



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΙΚΟ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕΙΡΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ**  
**ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΛΥΚΕΙΟ**

**ΓΙΑΝΝΙΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**Επιβλέπων**  
**Δημητρίου Γεώργιος**

**Λαμία, Νοέμβριος 2018**



**UNIVERSITY OF THESSALY**

**SCHOOL OF SCIENCE**

**INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE**

**EDUCATIONAL TECHNIQUES USING VIRTUAL ENVIRONMENT  
SOFTWARE AND COMPUTER NETWORK COURSES  
IMPLEMENTATION FOR HIGH SCHOOL**

**GIANNIKAS KONSTANTINOS**

**Master thesis**

**DHMHTRIOY GEORGIOS**

**Lamia**

**November 2018**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ  
ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»**

**ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΙΚΟ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕΙΡΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ  
ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΛΥΚΕΙΟ**

**ΓΙΑΝΝΙΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
(ΑΕΜ 00203)**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**Λαμία, Νοέμβριος 2018**

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Τεχνικές Εκπαίδευσης με μαθήματα σε εικονικό περιβάλλον και υλοποίηση σειράς μαθημάτων Δικτύων Υπολογιστών για το Λύκειο» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο/Η ΔΗΛΩΝ/-ΟΥΣΑ

Ημερομηνία

Υπογραφή

**ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΙΚΟ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕΙΡΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ  
ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΛΥΚΕΙΟ**

**ΓΙΑΝΝΙΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**  
**( AM 00203 )**

**Τριμελής Επιτροπή:**

Όνοματεπώνυμο, Δημητρίου Γεώργιος

Όνοματεπώνυμο, Λουκόπουλος Αθανάσιος

Όνοματεπώνυμο, Σταμούλης Γεώργιος

**Επιστημονικός Σύμβουλος:**

Όνοματεπώνυμο, Δημητρίου Γεώργιος

## Ευχαριστίες

Καθώς πλησιάζω στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας και των μεταπτυχιακών μου σπουδών θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχήν τον καθηγητή κ. Δημητρίου Γεώργιο για τις πολύτιμες συμβουλές του, την καθοδήγηση και τη βοήθεια για την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας.

## Πρόλογος

Έχοντας πολλά χρόνια εκπαιδευτικός στην Επαγγελματική Εκπαίδευση, ένα από τα μαθήματα που ασχολήθηκα και αγάπησα ήταν και είναι τα «Δίκτυα Υπολογιστών» της Γ' τάξης του Επαγγελματικού Λυκείου. Πρόκειται για ένα πανελλαδικώς εξεταζόμενο μάθημα το οποίο είναι αρκετά δύσκολο για τους μαθητές.

Ο τελικός σκοπός της πτυχιακής μου εργασίας είναι να υλοποιήσω μια σειρά βιντεο-μαθημάτων πάνω στα «Δίκτυα Υπολογιστών» χρησιμοποιώντας το πιο δημοφιλές λογισμικό προσομοίωσης και μελέτης δικτύων που είναι το Packet Tracer της γνωστής εταιρείας Cisco. Θεωρώ πως με αυτά τα μαθήματα θα βοηθηθούν οι μαθητές του Επαγγελματικού Λυκείου, αλλά και οι σπουδαστές από ΙΕΚ, ΤΕΙ, ΑΕΙ να έρθουν σε επαφή με την επιστήμη των Δικτύων Υπολογιστών με έναν πιο ελκυστικό τρόπο και θα τους βοηθήσει να κατανοήσουν καλύτερα τις δύσκολες έννοιες που περιλαμβάνει η επιστήμη αυτή.

Επιπλέον, πέρα από την υλοποίηση των βιντεο-μαθημάτων – για τη δημιουργία των οποίων απαιτήθηκε ένα κατάλληλο λογισμικό τύπου screen recorder και video editing- έγινε και μελέτη πάνω στις τεχνικές και μεθοδολογίες εκπαίδευσης που χρησιμοποιούν τη δυνατότητα των λογισμικών προσομοίωσης (δηλ. εικονικού περιβάλλοντος) στα διάφορα μαθήματα της τεχνικής, κυρίως, εκπαίδευσης.

## ABSTRACT

Having many years of training in Professional Education, one of the lessons that I taught and loved was the "Computer Networks" in the third grade of Vocational Lyceum. This is a national-examined course which is quite difficult for students. The purpose of my final work is to implement a series of video courses on the "Computer Networks" using the most popular simulation software for networks "Packet Tracer" of Cisco company. I think these lessons will help the students of the "Technical Education" School, and students from vocational training institutes, colleges, universities to come into contact with science Computer Networks in a more attractive way and help them to understand the difficult concepts that this science includes. Moreover, beyond the implementation of the tutorial videos - for the creation of which required a suitable "screen recorder" software and video editing software- a study has been taken place on technical and training methodologies that the simulation softwares use (ie. Virtual Environment) to various courses, especially in technical education.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	9
------------------------------------	---

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Σύγχρονες Μέθοδοι Διδασκαλίας.....	15
2.3 Επίλογος.....	26

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

3.1 Εισαγωγή στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία.....	27
3.2 Τι είναι και τι προσφέρουν τα Εποπτικά Μέσα.....	28
3.3 Η Εισαγωγή της Πληροφορικής στην Εκπαίδευση.....	31
3.4 Ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής ως Μέσο Διδασκαλίας.....	31
3.5 Μοντέλα Εκπαίδευσης και Πληροφορική.....	33
3.6 Ο Ρόλος του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή στο Μοντέλο Εκπαίδευσης - Τρόποι Αξιοποίησης.....	35
3.7 Η Συμβολή της Πληροφορικής στη Μαθησιακή Διαδικασία.....	37
3.8 Οι Αντιλήψεις για τη Μέθοδο Παρέμβασης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία.....	38

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ</b> .....	40
--	----

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ**

5.1 Βασικές έννοιες στα Δίκτυα Υπολογιστών.....	50
5.2 Πρωτόκολλα Δρομολόγησης (Routing Protocols).....	59
5.3 Πρωτόκολλο «Επικαλύπτοντος Δένδρου» (STP protocol).....	69
5.4 Εικονικά Τοπικά Δίκτυα Υπολογιστών (VLANs).....	80
5.5 Πρωτόκολλο NAT (Network Address Translation).....	89
5.6 Λίστες Ελέγχου Πρόσβασης (Access Control Lists – ACL).....	92

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ</b> .....	97
6.1 Δίκτυο Peer to Peer.....	99
6.2 Τοπικό Δίκτυο 4 υπολογιστώ με χρήση Switch και Server.....	106
6.3 Διασύνδεση δύο Τοπικών Δικτύων με χρήση ενός Δρομολογητή.....	114
6.4 Διασύνδεση δύο Υποδικτύων με χρήση ενός Δρομολογητή.....	120
6.5 Στατική Δρομολόγηση με χρήση δύο Δρομολογητών.....	123
6.6 Στατική Δρομολόγηση με χρήση τριών Δρομολογητών.....	133
6.7 Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο WLAN – Απλό Παράδειγμα.....	137
6.8 Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο WLAN – Χρήση RADIUS Server και DHCP Server...	141
6.9 Γνωριμία με το περιβάλλον CLI – μέρος 1 <sup>ο</sup> .....	149
6.10 Γνωριμία με το περιβάλλον CLI – μέρος 2 <sup>ο</sup> .....	156
6.11 Δυναμική Δρομολόγηση RIP μεταξύ 2 Δρομολογητών.....	159
6.12 Δυναμική Δρομολόγηση RIP μεταξύ 3 Δρομολογητών.....	163
6.13 Δυναμική Δρομολόγηση RIP μεταξύ 4 Δρομολογητών και Εξισορρόπηση Κίνησης.....	165
6.14 Δυναμική Δρομολόγηση με το πρωτόκολλο RIP version 2 – Διασύνδεση 4 υποδικτύων με χρήση δύο δρομολογητών.....	168
6.15 Υλοποίηση Standard Access List σε Δίκτυο.....	174
6.16 Υλοποίηση Extended Access List σε Δίκτυο.....	177
6.17 Υλοποίηση του πρωτοκόλλου NAT σε Δρομολογητές.....	179
6.18 Δυναμική Δρομολόγηση OSPF – Εκλογή DR και BDR.....	185
6.19 Υλοποίηση VLAN με ένα Switch και Router.....	191
6.20 Υλοποίηση VLAN με δύο Switch και Router – Πρωτόκολλο VTP (Vlan Trunking Protocol).....	198
6.21 Υλοποίηση του πρωτοκόλλου DHCP – περίπτωση 1.....	202
6.22 Υλοποίηση του πρωτοκόλλου DHCP – περίπτωση 2.....	207
6.23 Υλοποίηση του πρωτοκόλλου STP (Spanning Tree Protocol).....	210
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	217
 <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	219
 <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	221



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σημερινή εποχή *οι εκπαιδευτικοί της Πληροφορικής* βρίσκονται αντιμέτωποι με πολλές προκλήσεις, όπως είναι για παράδειγμα, οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις, οι νεώτερες προσεγγίσεις στα θέματα διδακτικής, οι συχνές αλλαγές στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών των μαθημάτων, νέα σύγχρονα μαθήματα, αξιολόγηση του εκπαιδευτικού έργου, κ.α.

Για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν οι εκπαιδευτικοί σε όλες αυτές τις προκλήσεις, απαιτείται από την πλευρά τους να διατεθεί πολύς χρόνος ενασχόλησης, χρόνος που πολλές φορές δεν υπάρχει ή είναι ανεπαρκής, αφού πέρα από τα διδακτικά καθήκοντα έχουν και υπηρεσιακά καθήκοντα και φυσικά, ποικίλες οικογενειακές υποχρεώσεις.

Η ανάγκη για *«κατάλληλη ενισχυτική επιμόρφωση»* είναι, πλέον, απαραίτητη και «υποχρεωτική».

Η κατάσταση είναι παρόμοια σε διεθνές επίπεδο, με την *επιμόρφωση και τη δια βίου μάθηση* να αποτελούν τους βασικούς τρόπους αντιμετώπισης των παραπάνω τύπων προβλημάτων (Hur & Hara, 2007).

Όσον αφορά τα *εκπαιδευτικά καθήκοντα*, πέρα από την διαρκή ανάγκη «αυτο-επιμόρφωσης» στα νέα τεχνολογικά επιτεύγματα στο χώρο της πληροφορικής, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να «αναπροσαρμόσουν» τις μεθόδους διδασκαλίας των μαθημάτων τους.

Οι μαθητές δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία με ειδικά θέματα της πληροφορικής, όπως είναι ο προγραμματισμός υπολογιστών ή τα δίκτυα επικοινωνιών. Ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας και μετάδοσης της γνώσης δεν είναι αποτελεσματικός σε αυτούς τους τομείς, και απαιτούνται εναλλακτικές τεχνικές διδασκαλίας.

Έτσι, μία από τις δεξιότητες που πρέπει να έχει ο εκπαιδευτικός πληροφορικής για το σχεδιασμό και διδασκαλία των μαθημάτων του είναι η επιλογή της *«κατάλληλης στρατηγικής»*, ώστε να πετύχει τους διδακτικούς στόχους του κάθε διδακτικής ενότητας.

Η σχετική βιβλιογραφία για τις *«νέες στρατηγικές διδασκαλίας»* είναι πλούσια, με προτεινόμενες στρατηγικές αυτές της «εποικοδομητικής» μάθησης, της «διερευνητικής» μάθησης και της «ανακαλυπτικής» μάθησης. Σε αυτές τις «νέες» στρατηγικές εντάσσονται οι τεχνικές της «προσομοίωσης», της «επίδειξης», των «εργαστηριακών» οργάνων, η «ομαδοσυνεργατική» διδασκαλία, κ.α. Ο όρος *«ανακαλυπτική μάθηση»* έχει την έννοια πως οι μαθητές ανακαλύπτουν αρχές και αναπτύσσουν δεξιότητες μέσω πειραματισμού και πρακτικής.

Το κεντρικό αντικείμενο της εργασίας είναι η επισκόπηση εκείνων των τεχνικών εκπαίδευσης, όπου *τα μαθήματα γίνονται σε ένα «εικονικό περιβάλλον»*, δηλ. γίνεται χρήση κατάλληλων λογισμικών προσομοίωσης, ώστε να παρέχεται στους μαθητές ένας πιο ελκυστικός τρόπος παρουσίασης του μαθήματος και βαθύτερης κατανόησης των διαφόρων εννοιών που παρουσιάζονται προς μελέτη κάθε φορά.

Το λογισμικό προσομοίωσης που κάθε φορά χρησιμοποιείται (ανάλογα με τη φύση του μαθήματος) πέραν του πλεονεκτήματος να «τραβάει» την προσοχή των μαθητών και να «διεγείρει» το ενδιαφέρον τους, μπορεί με τη χρήση της κατάλληλης τεχνικής διδασκαλίας (π.χ. *ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας*) να ωθεί τους μαθητές να «διερευνούν» προβλήματα και ιδιαίτερες καταστάσεις, και να «ανακαλύπτουν» λύσεις και τελικά «νέες γνώσεις» στο τέλος της *διερευνητικής διαδικασίας*. Αναθέτει, για παράδειγμα, ο καθηγητής ποικίλα προβλήματα

προς επίλυση στους μαθητές, «αφήνοντας» σε αυτούς την πρωτοβουλία εύρεσης της λύσης, όπου ακόμα και αν οι μαθητές καταλήξουν σε λανθασμένη λύση, αυτό το αποτέλεσμα να παρέχει όφελος στους μαθητές – σύμφωνα με τη διδακτική αρχή της «εκμετάλλευσης του λάθους». Επιπλέον, τα προβλήματα που εμφανίζονται στο «εικονικό περιβάλλον» μοιάζουν περισσότερο με «απλή σπαζοκεφαλιά» παρά με «σοβαρό πρόβλημα» και η όλη δραστηριότητα για να το επιλύσει ο μαθητής αποτελεί γι' αυτόν *ένα είδος παιχνιδιού*.

Σε όλες αυτές τις «νέες» τεχνικές διδασκαλίας που μπορεί να χρησιμοποιήσει στα μαθήματά του ο εκπαιδευτικός λαμβάνονται υπόψη και αξιοποιούνται ποικίλες *διδακτικές αρχές*, όπως η διδακτική αρχή της «ελεύθερης συμμετοχής», της «ελκυστικότητας», της «εποπτείας», της «βίωσης και αναβίωσης», της «ανακάλυψης», της «συνερεύνησης», της «εκμετάλλευσης του λάθους», της «δημιουργικότητας», και άλλων.

Παραδείγματα τέτοιων ειδικών λογισμικών προσομοίωσης στο χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί το «Δ.Ε.Λ.Υ.Σ» (Διαδραστικό Εκπαιδευτικό Λογισμικό για Υπολογιστικά Συστήματα – αναφορά για αυτό γίνεται στο κεφάλαιο 4), το «Λογισμικό Δικτύων» (για τη δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης δικτυακών λειτουργιών), το «AppInventor», και αυτό το οποίο αξιοποιείται στην παρούσα εργασία για την «εργαστηριακή διδασκαλία» του μαθήματος «Δίκτυα Υπολογιστών» της Γ' τάξης του Επαγγελματικού Λυκείου στον τομέα της Πληροφορικής, που είναι το «Cisco Packet Tracer».

Επισταμένες έρευνες που έχουν γίνει διεθνώς, διαπιστώνουν την ύπαρξη *μαθησιακών δυσκολιών* σχετικών με ορισμένες έννοιες της Πληροφορικής, όπως τη λειτουργία των τμημάτων υλικού του υπολογιστή, του αντικειμενοστραφή προγραμματισμού, των δικτυακών λειτουργιών και επικοινωνιών.

Η χρήση των λογισμικών προσομοίωσης προσφέρουν σε αυτές τις περιπτώσεις νέες διδακτικές καταστάσεις που βοηθούν στην υπέρβαση των δυσκολιών, καθώς και ενίσχυση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μαθητών.

Να σημειωθεί πως κοινό σημείο σε όλες τις «νέες τεχνικές διδασκαλίας» είναι η ενεργή συμμετοχή του μαθητή.

Επιπλέον, στην παρούσα εργασία *έχουν υλοποιηθεί εκπαιδευτικά βιντεομαθήματα* για το μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών» (τα οποία αναδεικνύουν διάφορα θέματα δικτύωσης από απλά έως πολύ σύνθετα), όπου γίνεται χρήση του λογισμικού «Cisco Packet Tracer» ως το *«εικονικό περιβάλλον»* δημιουργίας-διαμόρφωσης-ανάλυσης και μελέτης δικτύων.

Το *Cisco Packet Tracer* μπορεί να προσομοιώσει μικρά έως αρκετά μεγάλα δίκτυα τα οποία μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Πολύ εύκολα στο γραφικό του περιβάλλον δημιουργούμε τις συσκευές του δικτύου που θέλουμε να δοκιμάσουμε και τις παραμετροποιούμε. Δημιουργούμε για παράδειγμα ένα ή περισσότερα PC ή Laptop τα οποία εξοπλίζουμε με κατάλληλο υλικό (όπως ασύρματη ή ενσύρματη ή ακόμα και dial-up σύνδεση, θύρες USB, κλπ) κάνουμε τις διαδικτυακές ρυθμίσεις (διευθύνσεις IP, μάσκα υποδικτύου, DNS server, κλπ) όπως ακριβώς θα κάναμε και με ένα πραγματικό PC. Με ανάλογο τρόπο

εξοπλίζουμε και ρυθμίζουμε μεταγωγείς (switches), δρομολογητές (routers), εξυπηρετητές (servers). Οι εξυπηρετητές μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να υποστηρίζουν διάφορες υπηρεσίες (services, όπως FTP, HTTP, DNS, DHCP, Firewall κλπ). Την καλωδίωση μεταξύ των συσκευών μπορούμε να την επιλέξουμε ή να την αποφασίσει το σύστημα αυτόματα. Επιτρέπει τη προσομοίωση «διεπαφής γραμμής εντολών» (CLI – Command Line Interface, με περιορισμένο όμως αριθμό εντολών) για την διαμόρφωση-ρύθμιση των δρομολογητών και μεταγωγέων, δηλ. την χρήση του λειτουργικού συστήματος IOS της Cisco.

Αφού "εγκατασταθούν" και ρυθμιστούν οι συσκευές μπορούν να αρχίσουν οι δοκιμές από τμήματα του δικτύου και να επεκταθούν στο σύνολό του. Οι δοκιμές γίνονται σε πραγματικό χρόνο με τα μέρη του δικτύου να ανταλλάσσουν πακέτα δεδομένων στα πλαίσια των λειτουργιών που τους έχουμε αναθέσει. Όταν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα στο δίκτυο τότε το λογισμικό Packet Tracer μας δίνει την δυνατότητα να παρακολουθήσουμε την διακίνηση των πακέτων βήμα - βήμα στην περιοχή που παρουσιάστηκε το σφάλμα. Μπορούμε να εξετάσουμε τη δρομολόγηση και τη δομή των πακέτων σχεδόν σε κάθε δυνατή λεπτομέρεια. Εξάλλου βασίζεται στο μοντέλο αναφοράς OSI και τα αντίστοιχα πρωτόκολλα. **Οι μαθητές μπορούν να συνθέσουν, να πειραματιστούν, να εκτελέσουν προμελετημένα σενάρια και να εντοπίσουν σφάλματα** σε ένα εικονικό δίκτυο. Η προσομοίωση διευκολύνει την παρουσίαση των εσωτερικών λειτουργιών του δικτύου, καθώς και την ανάλυση της κίνησης και δρομολόγησης των πακέτων, ακριβώς την στιγμή που συμβαίνει. Αυτή η οπτική ανάδραση προάγει τη δημιουργικότητα των μαθητών και την «επικοινωνιακή» μάθηση (μέσα από τον ενεργό πειραματισμό).

Τα **εκπαιδευτικά βιντεομαθήματα** αποτελούν multimedia αρχεία που περιγράφουν βήμα-βήμα την υλοποίηση ποικίλων περιπτώσεων δικτύωσης. Δημιουργήθηκαν με το ειδικό λογισμικό «καταγραφής οθόνης» **Camtasia Studio** της εταιρείας TechSmith (περισσότερα για αυτού του είδους λογισμικά αναφέρονται στο κεφάλαιο 6, καθώς και στο παράρτημα). Αυτά τα **βιντεομαθήματα** αποτελούν ένα **χρήσιμο «συμπληρωματικό βοήθημα»**, τα οποία παρακολουθούν οι μαθητές στην τάξη ή στο σπίτι, όσες φορές το επιθυμούν, ώστε να μπορέσουν να υλοποιήσουν τις αντίστοιχες «πρακτικές ασκήσεις» πιο εύκολα και πιο επιτυχημένα.

Τα βιντεομαθήματα αυτά έχουν «ανεβεί» στην **πλατφόρμα ηλεκτρονικής μάθησης του ΠΣΔ** (Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου), η οποία βρίσκεται στη διεύθυνση [eclass.sch.gr](http://eclass.sch.gr).

η-τάξη

Ενεργά εργαλεία

- Εγγραφα
- Ανακοινώσεις
- Ασκήσεις
- Βιβλίο Υλης
- Εργασίες
- Πληροφορίες
- Συνδέσεις Διαδικτύου
- Ανεργά εργαλεία
- Διαχείριση μαθήματος

Χαρτοφυλάκιο / ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ / Εγγραφα

ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εγγραφα

Ανεβάσμο αρχείου

Αρχικός κατάλογος

Τύπος	Όνομα	Μέγεθος	Ημερομηνία	αξ
📁	ΒΙΝΤΕΟΜΑΘΗΜΑΤΑ		02-09-2018	🔍
📄	ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ IP	100.51 KB	26-04-2018	🔍
📄	ΛΥΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ	1.55 MB	26-04-2018	🔍
📄	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΠΟ ΟΕΦΕ 2010	55.33 KB	26-04-2018	🔍
📄	ΤΟ ΝΕΟ ΕΠΙΣΗΜΟ "ΤΕΤΡΑΔΙΟ ΜΑΘΗΤΗ" ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ	3.63 MB	26-04-2018	🔍
📄	ΤΟ ΝΕΟ ΕΠΙΣΗΜΟ ΒΙΒΛΙΟ "ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ"	10.38 MB	26-04-2018	🔍
📄	ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ	3.15 MB	26-04-2018	🔍

Αποτελεί την **επίσημη πλατφόρμα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού** για τους εκπαιδευτικούς της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Εκεί μπορεί ο εκπαιδευτικός να παρέχει στους μαθητές του **εκπαιδευτικό υλικό των μαθημάτων του**, όπως σημειώσεις, ασκήσεις, ηλεκτρονικά βιβλία, κ.α.

η-τάξη

Ενεργά εργαλεία

- Εγγραφα
- Ανακοινώσεις
- Ασκήσεις
- Βιβλίο Υλης
- Εργασίες
- Πληροφορίες
- Συνδέσεις Διαδικτύου
- Ανεργά εργαλεία
- Διαχείριση μαθήματος

Χαρτοφυλάκιο / ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ / Εγγραφα

ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εγγραφα

Ανεβάσμο αρχείου

Αρχικός κατάλογος = ΒΙΝΤΕΟΜΑΘΗΜΑΤΑ

Επανω

Τύπος	Όνομα	Μέγεθος	Ημερομηνία	αξ
📄	ΜΑΘΗΜΑ 1 - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΛΟΥ ΟΜΟΤΙΜΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ	52.73 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 2 - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ SWITCH ΚΑΙ SERVER	46.68 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 3 - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ 2 LAN ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΜΕ SWITCH ΚΑΙ ROUTER	46.07 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 4 - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΥΟ ΥΠΟΔΙΚΤΥΩΝ ΣΕ LAN ΜΕ ΧΡΗΣΗ SWITCH ΚΑΙ ROUTER	41.97 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 5 - ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΥΟ ROUTERS	65.19 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 6 - ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 3 ROUTERS	56.94 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 7 - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ WLAN (ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ)	42.97 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 8 - ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ WLAN (ΣΥΝΘΕΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RADIUS SERVER)	47.7 MB	03-09-2018	🔍
📄	ΜΑΘΗΜΑ 9 - ΓΝΩΣΤΡΙΑ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ CLI (Command Line Interface) (ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ)	69.41 MB	03-09-2018	🔍

Αποτελεί σύγχρονη τάση να χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατάλληλες πλατφόρμες «ηλεκτρονικών μαθημάτων και ασύγχρονης επικοινωνίας» (**ηλεκτρονική τάξη**, «η-τάξη»).

Μια άλλη γενική ορολογία για αυτού του είδους τις πλατφόρμες αποτελεί ο όρος «**Moodle**» (Modular Object Oriented Developmental Learning Environment).

Σύμφωνα με τους Herrington, Reeves & Oliver (2005), σε πολλές χώρες του κόσμου μετά την αύξηση της διαθεσιμότητας των ΤΠΕ και τη βελτίωση της πρόσβασης στο Διαδίκτυο, **οι εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν συχνότερα διδακτικές παρεμβάσεις που βασίζονται στην ηλεκτρονική μάθηση (η-μάθηση) ως συμπλήρωμα της δουλειάς τους στην τάξη ή και σε αντικατάσταση ενός μέρους της.**

Ακολουθεί μια σύντομη εισαγωγή των παραδοσιακών και των νέων μεθόδων διδασκαλίας και μετά μια πλήρης περιγραφή των «σύγχρονων μεθόδων και τεχνικών διδασκαλίας», οι οποίες ενδείκνυται πλέον για τα ειδικά μαθήματα της πληροφορικής, αλλά και των άλλων μαθημάτων της τεχνικής, κυρίως, εκπαίδευσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλοι ενδιαφερόμαστε για την ποιότητα της εκπαίδευσης που παρέχουν τα εκπαιδευτικά μας συστήματα, δηλ. για το τι πρέπει να διδάξουμε, ποια θεωρία να προτιμήσουμε, με ποιον τρόπο να την εφαρμόσουμε, κ.α.

Σήμερα στο χώρο του σχολείου εφαρμόζονται *διάφορες μέθοδοι διδασκαλίας*. Άλλες προέρχονται από την «*παλιά παιδαγωγική*», άλλες από την «*νέα παιδαγωγική*» και άλλες από την «*σύγχρονη παιδαγωγική*».

Πολλές φορές στο σχολείο υλοποιείται ένας συνδυασμός αυτών των μεθόδων.

*Οι Παλιές μέθοδοι διδασκαλίας* στηρίζονται στην «*παλιά παιδαγωγική*», δηλ. στην αυθεντία και το κύρος του καθηγητή. Η παλιά παιδαγωγική είχε ως σημείο προσδιορισμού της ανάπτυξης και διαμόρφωσης του παιδιού το «*ώριμο άτομο*» και επεδίωκε να τροποποιήσει όσο το δυνατόν ταχύτερα και με οποιαδήποτε μέσα την συμπεριφορά του παιδιού σε συμπεριφορά ώριμου. Η αυθεντία και η επίδραση του καθηγητή υπεισέρχεται σε όλους τους τομείς της μάθησης και της διδασκαλίας. ***Ο μαθητής οφείλει να προσαρμοστεί στο ρυθμό μάθησης του καθηγητή.*** Όσο πιο γρήγορα το πετύχει αυτό ο μαθητής τόσο το καλύτερο γι' αυτόν. Αν δεν πετύχει την απαιτούμενη προσαρμογή, τότε θα χρησιμοποιηθούν διάφορα μέτρα πίεσης, όπως επιπλήξεις, τιμωρίες, απειλές, σαρκασμοί, κ.α. , ώστε με αυτά να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος σκοπός. ***Η βασική αρχή είναι ότι ο καθηγητής διδάσκει και ο μαθητής μαθαίνει.*** Αυτές οι μέθοδοι όπου η συμπεριφορά του καθηγητή είναι «*δεσποτική*» και «*αυταρχική*» χαρακτηρίζονται ως «*δασκαλοκεντρικές*».

Σε γενικές γραμμές στηρίζονται στη θεωρία του «*Συμπεριφορισμού*» με εκπροσώπους τους I. Pavlov, J.B Watson, E. L. Thorndike, B. F. Skinner και J. F. Herbart.

Ο Herbart εισήγαγε την «*Ερβατιανή Μέθοδο*», η οποία ορίζει την πενταμερή πορεία της διδασκαλίας (Προετοιμασία-Σύνδεση-Παρουσίαση-Γενίκευση-Εφαρμογή/Ασκήσεις). Είναι αυτή που προτιμάται στις μέρες μας από τους καθηγητές των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

*Οι Νέες μέθοδοι διδασκαλίας* στηρίζονται στην «*νέα παιδαγωγική*», δηλ. στην αρχή της ενεργούς και απόλυτης συμμετοχής του μαθητή στη μάθηση. Σύμφωνα με τις μεθόδους αυτές «*το σχολείο έχει δημιουργηθεί για το παιδί και όχι το παιδί για το σχολείο*». Ξεκινούν από το παιδί και κυρίως από τα ενδιαφέροντά του, προσπαθούν να προσαρμοστούν και να ανταποκριθούν σε αυτά και επιδιώκουν να αναπτύξουν στοιχεία αυθόρμητης δραστηριότητας από την πλευρά του. Δεν αποβλέπουν στο να μεταβάλλουν το παιδί σε ώριμο άνθρωπο, αλλά ***να αναπτύξουν την ιδιαίτερη προσωπικότητα του παιδιού.*** Για το λόγο αυτό, αυτές οι μέθοδοι χαρακτηρίζονται ως «*παιδοκεντρικές*» ή «*μαθητοκεντρικές*».

Στηρίζονται στη θεωρία του «εποικοδομητισμού» (constructivism) και κύριοι εκπρόσωποι είναι οι J. Piaget, S. Papert, R. Gagne, O. Decroly, J. Pestalozzi, J. Dewey, Maria Montessori και άλλοι πολλοί.

Όλοι οι παραπάνω συνετέλεσαν να δημιουργηθεί στο σχολείο και στην τάξη ένα κλίμα ελευθερίας, όπου ο αυθορμητισμός του παιδιού παίζει σημαντικό ρόλο και όπου γενικά ο μαθητής ενεργεί πραγματικά χωρίς να είναι απόλυτα υποταγμένος στον καθηγητή.

## 2.2 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Ενώ οι προηγούμενες δύο τάσεις της παιδαγωγικής (η παλιά και η νέα) έδιναν βάρος η μία στο «πρόσωπο του ωρίμου-καθηγητή» και η άλλη στο «πρόσωπο του παιδιού», η «**σύγχρονη παιδαγωγική**» προσπαθεί να δει τις τροποποιήσεις της συμπεριφοράς του μαθητή ως συνάρτηση των 3 προσδιοριστικών παραγόντων: του καθηγητή, του μαθητή και του περιβάλλοντος (σχολείο, κλίμα στην τάξη, σχέσεις καθηγητή-μαθητή, σχέσεις συμμαθητών).

Εξακολουθούν και εδώ να εφαρμόζονται οι διδακτικές μέθοδοι της «νέας παιδαγωγικής» που αναφέρθηκαν πιο πάνω, γιατί ανταποκρίνονται στις γενικότερες σύγχρονες απαιτήσεις της ψυχολογίας του παιδιού, κατά τις οποίες **η ενεργητική συμμετοχή του μαθητή στη μάθηση** αποτελεί εποικοδομητικό στοιχείο για το πραγματοποιούμενο έργο μέσα στο σχολείο.

Διαπιστώθηκε ότι το βασικό στοιχείο που έπρεπε να αλλάξει στο σχολείο ήταν οι σχέσεις ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και το μαθητή και **ιδιαίτερα οι τεχνικές και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μέσα στα σχολεία** για τη διαδικασία και τη μετάδοση των γνώσεων.

**Μάθηση** αποτελεί εκείνη τη «διεργασία του μετασχηματισμού της εμπειρίας σε γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις και αξίες, συναισθήματα» (Jarvis, 2004: 50).

Για τον Kolb, η **μάθηση** είναι μια συνεχής διαδικασία που εδράζει στην εμπειρία. Ο τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τις εμπειρίες τους ποικίλλει, ωστόσο η εμπειρία που θεωρείται ως ερέθισμα, προσφέρει πολύτιμες ευκαιρίες για προβληματισμό. Έτσι, **η μάθηση θεωρείται** «μια διαδικασία με την οποία η γνώση δημιουργείται μέσω του μετασχηματισμού της εμπειρίας» (Kolb, 1984: 38).



Η διαδικασία της μάθησης σύμφωνα με τον Kolb

Το μοντέλο υποστηρίζει ότι **η μάθηση επιτυγχάνεται**, εφόσον κάποιος διαπεράσει από όλα τα στάδια του κύκλου **ξεκινώντας από μια δεδομένη εμπειρία**, την οποία στοχάζεται, από την οποία μαθαίνει, βάσει της οποίας πειραματίζεται και τέλος διαμορφώνει ένα πλάνο δράσης σύμφωνα με τις λύσεις που αποφάσισε. Η επιτυχής ολοκλήρωση του μαθησιακού μοντέλου ακολουθεί μια σπειροειδή μάλλον κατεύθυνση, παρά κυκλική, καθώς η νέα δράση παρέχει νέες εμπειρίες, οι οποίες επεξεργάζονται και ούτω καθεξής.

Τα τέσσερα βήματα στο μοντέλο του Kolb παρέχουν μια πολύ απλή, αλλά ιδιαίτερα σαφή εξήγηση της **μαθησιακής διαδικασίας**.

Πλέον στην εποχή μας είναι σε εφαρμογή τα «**Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών**». Αυτά καθορίζουν ποιες είναι οι διδακτικές ενότητες, ποιοι είναι οι διδακτικοί στόχοι της κάθε ενότητας και σε πόσες ωριαίες διδασκαλίες περίπου θα καλυφθεί η ύλη της ενότητας.

Ο καθηγητής-δάσκαλος, πλέον, οφείλει να προετοιμαστεί κατάλληλα και να έχει σχεδιάσει τη διδασκαλία του έτσι, ώστε αυτή να πετύχει **τους διδακτικούς στόχους της κάθε ενότητας** του προγράμματος στο χρόνο που πρέπει.

Η έννοια της **στοχοθεσίας** είναι συνυφασμένη με τη σχεδίαση και την υλοποίηση **κατάλληλων μεθόδων διδασκαλίας**.

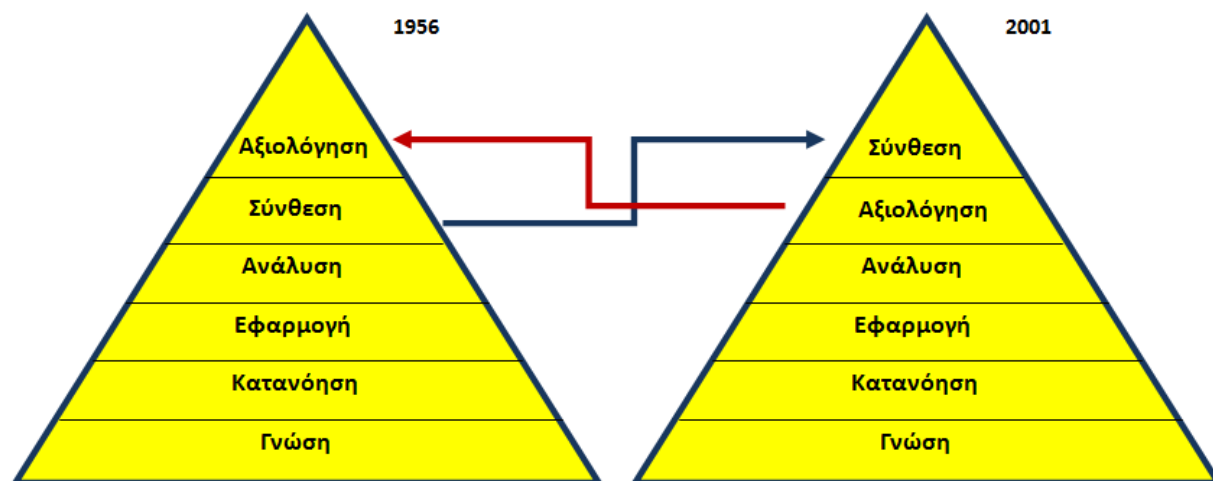
Όλα τα νέα μοντέλα διδασκαλίας περιλαμβάνουν και στόχους, εκτός από την σχεδίαση του μαθήματος.

Σύμφωνα με τον **Bloom** υπάρχουν 3 τύποι στόχων:

- ✓ **Οι γνωστικοί στόχοι**, που αφορούν τη γνώση για έννοιες, για ένα θέμα μιας γνωστικής περιοχής.
- ✓ **Οι συναισθηματικοί στόχοι**, που αναφέρονται στην ανάπτυξη συναισθημάτων, εσωτερικών κινήτρων, εκτιμήσεων και στάσεων σχετικά με τη μάθηση.
- ✓ **Οι ψυχοκινητικοί στόχοι**, που αναφέρονται στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων που έχουν να κάνουν με το χειρισμό, την κατασκευή, την συναρμολόγηση, τη σχεδίαση, κλπ.



Τώρα, οι «γνωστικοί στόχοι» κατά τον **Bloom**, ταξινομούνται ιεραρχικά όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (αριστερά). Το 2001 έγινε από τον Anderson και άλλους μια «αναθεώρηση» στην ταξινόμια του Bloom, οπότε στην εικόνα δεξιά φαίνεται η «**αναθεωρημένη**» ταξινόμηση των γνωστικών στόχων.



Η πυραμίδα των Γνωστικών Στόχων κατά Bloom (αριστερά) - Η «αναθεωρημένη» ταξινόμηση (δεξιά)

Τα επίπεδα της ταξινόμιας από κάτω προς τα πάνω έχουν ως εξής:

- **Γνώση:** ο μαθητής ανακαλεί βασική γνώση και πληροφορίες που έμαθε στο παρελθόν, θυμάται γεγονότα, ορολογία, βασικές έννοιες.
- **Κατανόηση:** ο μαθητής κατανοεί τις νέες έννοιες και γεγονότα, προσδιορίζει κοινά σημεία στις έννοιες ερμηνεύοντας, περιγράφοντας, οργανώνοντας, συγκρίνοντας και συσχετίζοντας τις νέες έννοιες με τις παλιές.
- **Εφαρμογή:** ο μαθητής επιλύει προβλήματα με την εφαρμογή της καινούργιας γνώσης, σχεδιάζει και κατασκευάζει.
- **Ανάλυση:** ο μαθητής εξετάζει και αναλύει τις πληροφορίες σε μικρότερα τμήματα με βάση κριτήρια ή δομές απλούστερες. Συμπεραίνει και βρίσκει στοιχεία για να καταλήξει σε γενικεύσεις.
- **Αξιολόγηση:** ο μαθητής παρουσιάζει σκέψεις και απόψεις κρίνοντας τα δεδομένα και τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμα, ελέγχει την εγκυρότητα των εννοιών ή την ποιότητα μιας εργασίας με βάση μια σειρά κριτηρίων, αξιολογεί μια κατασκευή.
- **Σύνθεση** (ή Δημιουργία): ο μαθητής συγκεντρώνει πληροφορίες για να σχεδιάσει και δημιουργήσει μια κατασκευή ή να διαμορφώσει μια λύση.

Έχοντας ο εκπαιδευτικός εις γνώση από το αναλυτικό πρόγραμμα ποια είναι η ύλη μιας ενότητας και ποιοι οι διδακτικοί στόχοι, οφείλει να δημιουργήσει το «**διδακτικό σενάριο**».



Το Διδακτικό Τρίγωνο (Κόμης 2004,2005)

Ένα **διδακτικό σενάριο** περιλαμβάνει **μια σειρά από «εκπαιδευτικές δραστηριότητες»** (άρα, οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες είναι τμήματα ενός διδακτικού σεναρίου). Μία Εκπαιδευτική Δραστηριότητα ενός σεναρίου διαρκεί 1-2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες, και εστιάζει στην επίτευξη ενός ή περισσότερων στόχων. Επιπλέον, κατά την ανάπτυξη μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κατάλληλο **διδακτικό υλικό** (ελεύθερα λογισμικά, εκπαιδευτικά εργαλεία, τεχνικά σχέδια, δημοσιευμένες επιστημονικές εργασίες ή έρευνες, πρακτικά συνεδρίων, επιστημονικά συγγράμματα, εννοιολογικούς χάρτες, κ.α.), καθώς και **φύλλα εργασίας** για την αξιολόγηση των μαθητών (π.χ. με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, σωστού-λάθους, συμπλήρωσης κενών, ασκήσεις, κλπ). Μπορούμε στο τέλος, να κάνουμε **ανάθεση εργασιών** για το σπίτι.

Στις «**Εκπαιδευτικές Δραστηριότητες**» διδασκαλίας του γνωστικού αντικείμενου, μπορούμε να εφαρμόσουμε διαφορετικές «**Διδακτικές Μεθόδους**» ανάλογα με τους στόχους που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε.

Ως «**Διδακτική Μέθοδος**» (ή Μέθοδος Διδασκαλίας) ορίζουμε την επιλογή της πορείας που θα ακολουθήσουμε κατά τη διεξαγωγή του μαθήματος, και ο κύκλος που θα διαγράψει αυτή για να καταλήξει στον προκαθορισμένο διδακτικό στόχο (ή στόχους).

**Οι σύγχρονες μέθοδοι διδασκαλίας** στηρίζονται σε μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες «**θεωρίες μάθησης**»:

- Εποικοδομητική μάθηση (constructivism)
- Ανακαλυπτική – Διερευνητική μάθηση
- Συνεργατική μάθηση
- Κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση

Έτσι, λοιπόν, οι **κυριότερες «Σύγχρονες Μέθοδοι Διδασκαλίας»** είναι:

- ✓ Η βιωματική μέθοδος
- ✓ Η μέθοδος της διερευνητικής μάθησης
- ✓ Η μέθοδος επεξεργασίας εννοιών (ή εποικοδομητισμός – constructive)
- ✓ Η ομαδοσυνεργατική μέθοδος
- ✓ Η μέθοδος Project (ή μέθοδος σύνθετης ερευνητικής εργασίας)
- ✓ Η εκπαιδευτική προσέγγιση κατά STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics).

Όλες ανήκουν στο πλαίσιο των **μαθητοκεντρικών μεθόδων**, όπου σημαντικό στοιχείο αποτελεί η ενεργός συμμετοχή του **μαθητή**, ενώ ο **καθηγητής** σε ρόλο συμβούλου, συντονιστή και εμπνευστή κατευθύνει το μαθητή προς τη γνώση.

Στο πλαίσιο των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, ανάλογα με την **επιλογή της μεθόδου διδασκαλίας** που χρησιμοποιούμε, μπορούμε να εφαρμόσουμε μια ή περισσότερες από τις παρακάτω **«τεχνικές διδασκαλίας»** (ή «διδασκτικές τεχνικές»):

- Διάλεξη (ή Εισήγηση)
- Συζήτηση
- Ερωτήσεις – Απαντήσεις
- Καταιγισμός Ιδεών (ή ιδεοθύελλα – “brain storming”)
- Χιονοστιβάδα
- Μελέτη περίπτωσης
- **Επίδειξη**
- **Πρακτική Άσκηση**
- **Προσομοιώσεις**
- Παιχνίδι ρόλων
- Αντιτιθέμενες Απόψεις (Debate)
- **Ομάδες Εργασίας**
- Δραστηριότητες άμεσης εμπειρίας
- Εννοιολογικός Χάρτης
- Μυθοπλασία
- Τεχνικές Kagan

**Κύριο χαρακτηριστικό** όλων των τεχνικών διδασκαλίας (εκτός της διάλεξης) είναι **η ενεργός συμμετοχή του μαθητή** στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Δεν είναι στους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας να αναλύσουμε όλες τις Μεθόδους Διδασκαλίας και όλες τις Διδασκτικές Τεχνικές (που μπορούν να εφαρμοστούν σε μια μέθοδο διδασκαλίας), αλλά **θα εξετάσουμε μόνον εκείνες που χρησιμοποιούνται στην δική μας περίπτωση της διδασκαλίας του **μαθήματος των «Δικτύων Υπολογιστών» στην Επαγγελματική Εκπαίδευση.****

Από τις έξι (αναφερόμενες παραπάνω) κυριότερες «*σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας*» θα κάνουμε μια μικρή αναφορά στις πρώτες τέσσερεις, και από τις «*τεχνικές διδασκαλίες*» θα εξετάσουμε μόνο τις: πρακτική άσκηση, επίδειξη και ομάδες εργασίας.

### ❖ Η Βιωματική Μέθοδος Διδασκαλίας

Σύμφωνα με τον Μπακιρτζή (2000) η παιδαγωγική του βιωματικού μοντέλου *επιτυγχάνει ενίσχυση της μάθησης* λόγω της ιδιότητάς της να επηρεάζει τη διαμόρφωση του ψυχικού κόσμου, της προσωπικότητας, των επιθυμιών, των αναγκών και των ενδιαφερόντων των μαθητών.

Ο *μαθητής που «βιώνει» το ζήτημα που ερευνά*, αυξάνει το επίπεδο της μάθησής του και *αποκτάει βαθύτερη κατανόηση των εννοιών* που μελετάει (ο μαθητής εμπλέκεται άμεσα στην πραγματικότητα που διδάσκεται ή ερευνά και ενεργεί με δραστική συμμετοχή στην όλη διαδικασία της μάθησης).

Όπως, εξάλλου, είπε και ο Evans (1994), ο καλύτερος τρόπος διδασκαλίας πηγάζει μέσα από τα βιώματα που έχουν αποκτήσει οι μαθητές από την εκτέλεση διαφόρων πειραμάτων και μέσα από τις διαδικασίες κατανόησης, εκτέλεσης, σύγκρισης και συμπερασματικότητας.

Το μοντέλο της *βιωματικής μάθησης* θεωρείται ιδιαίτερα ιδανικό για να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους να αναπτύξουν την νοημοσύνη τους, την *κριτική σκέψη* και γενικότερα την προσωπικότητά τους, αφού η εμπειρική έρευνα είναι ένας από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους ο άνθρωπος εξετάζει το περιβάλλον του (Τριλιανός, 2002, Κόκκοτας & Βλάχος, 2000).

Ειδικότερα η *εφαρμογή της βιωματικής μάθησης μέσω της διαδικασίας εκτέλεσης* ενός εργαστηριακού πειράματος (ή κατ' επέκταση *των προσομοιώσεων*) δίνει στους εκπαιδευόμενους τις δυνατότητες να βιώσουν το ζήτημα αλλά και να αναπτύξουν το ερευνητικό τους πνεύμα μέσω αντιμετώπισης επιστημονικών προσεγγίσεων (Woolnough & Allsop, 1985). Η μάθηση προερχόμενη μέσα από τη διαδικασία εκτέλεσης πειράματος αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της βιωματικής εκπαίδευσης (Δεδούλη, 2001).

Κατά τη διάρκεια της βιωματικής μάθησης σύμφωνα με το **μοντέλο του Kolb** (1984):

- εισάγουμε κίνητρα στους μαθητές να δεχτούν την εμπειρία της πειραματικής διαδικασίας,
- θέτουμε προβληματισμούς για σύγκριση με παλιότερες εμπειρίες,
- θέτουμε προβληματισμούς ώστε να προκύψουν ανάγκες για νέες εμπειρίες στις οποίες να μπορούν οι ίδιοι οι εκπαιδευόμενοι να πειραματιστούν πάνω σε αυτές.

**Οι εκπαιδευτικές τεχνικές μέσα στην τάξη :**

Οι εκπαιδευτικές τεχνικές μέσα στην τάξη δίνουν τη δυνατότητα να εφαρμόσουν οι εκπαιδευόμενοι τις γνώσεις τους και τις εμπειρίες τους για να λύσουν προβλήματα σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο. **Η χρήση του εργαστηριακού εξοπλισμού** σε μία σχολική μονάδα ή σε ένα σχολικό εργαστήριο μπορεί να αξιοποιηθεί για την εφαρμογή εργαστηριακών πρακτικών. Οι τεχνικές των **προσομοιώσεων**, του καταγιγισμού ιδεών, η **εργασία σε ομάδες** κ.α., αποτελούν τεχνικές διδασκαλίας μέσα στην τάξη.

Ειδικότερα στα **μαθήματα προσομοίωσης με χρήση υπολογιστή** οι εκπαιδευόμενοι μπορούν είτε ομαδικά είτε ατομικά να συνθέσουν τη λύση ενός σύνθετου προβλήματος κάτω από καταστάσεις στις οποίες δεν θα μπορούσαν να βρεθούν μέσα στο σχολείο. Για την επίτευξη του σκοπού της βιωματικής μάθησης θα πρέπει οι δραστηριότητες να είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τους στόχους και τις ανάγκες των μαθητών.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει ο **καθηγητής** είναι η ικανότητα του να **οργανώνει και να υποστηρίζει τις δραστηριότητες** της βιωματικής μάθησης. Επίσης, θα πρέπει ως **εμπιστοσύνη** να ενισχύει τους μαθητές στην εύρεση-αναζήτηση πληροφοριών, στην επίλυση προβλημάτων και στο πλαίσιο συνεργατικότητας μεταξύ των μελών της ομάδας. Ο καθηγητής θα πρέπει να **κατευθύνει τους μαθητές** με βάση τα βιώματα και τις εμπειρίες τους για την επίτευξη του σκοπού της εκπαιδευτικής δραστηριότητας.

#### ❖ **Η μέθοδος της διερευνητικής μάθησης** (ή διερευνητικής αναζήτησης)

Οι μαθητές πιστεύουν πως η οποιαδήποτε απάντηση βρίσκεται στα βιβλία. Αλλά, για να επιλύσουμε τα προβλήματα που συναντάμε στη ζωή μας χρειαζόμαστε πληροφορίες που δεν μπορούν να βρεθούν σε βιβλία ή εγχειρίδια, καθώς επίσης δεν γνωρίζουμε ούτε τι είδους πληροφορία χρειαζόμαστε ούτε ποια μεθοδολογία πρέπει να ακολουθήσουμε για να επεξεργαστούμε τα δεδομένα και να καταλήξουμε σε συμπεράσματα.

Σε αυτήν την μέθοδο **η μάθηση υλοποιείται με τη βοήθεια ερωτήσεων**, δεν εστιάζει όμως στην ορθότητα της απάντησης, αλλά στη **διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων** σε μια ερώτηση ή ένα πρόβλημα. Οι μαθητές μέσω της εμπλοκής τους στον προσδιορισμό του προβλήματος μαθαίνουν να **διερευνούν την αξιοποίηση μιας πληροφορίας**, να προβαίνουν στην **ανάπτυξη ιδεών με τη χρήση ερευνητικών μεθόδων** (σαν να είναι επιστήμονες) και στον αναστοχασμό για την επίτευξη της μαθησιακής διαδικασίας.

Μέσω της διερευνητικής αναζήτησης οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες που τους βοηθούν να:

- θέτουν επιστημονικούς στόχους
- εκφέρουν επιστημονικό λόγο και απόψεις
- τεκμηριώνουν επιστημονικά τις θέσεις τους
- συλλέγουν μεθοδικά τα επιστημονικά δεδομένα από πηγές
- αναπτύσσουν αναλυτική, δημιουργική και κριτική σκέψη
- συμμετέχουν στις διαδικασίες επίλυσης ενός προβλήματος

## ❖ Η Μέθοδος της επεξεργασίας εννοιών

Η μέθοδος επεξεργασίας εννοιών *στηρίζεται στις αρχές του εποικοδομητισμού* (constructivism). Μέσω της μεθόδου *ο μαθητής χτίζει τη νέα γνώση* βάση την προγενέστερη γνώση, τα βιώματα του και τις *εμπειρίες* του. Η μέθοδος επεξεργασίας εννοιών χαρακτηρίζεται από την ευκολία προσαρμογής στις ανάγκες και στις εμπειρίες των μαθητών. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που θα πρέπει να φέρει ο εκπαιδευτικός είναι η ικανότητα του να οργανώνει και να υποστηρίζει τις δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές θα κτίσουν τη νέα γνώση.

Οι φάσεις της μεθόδου είναι:

- **Πρώτη Φάση: Προετοιμασία διδακτικού πλαισίου - προβληματοποίηση**  
Οδηγούμε με δραστηριότητες το αντικείμενο της διδασκαλίας μέσω προβληματισμού των μαθητών.
- **Δεύτερη Φάση: Επαφή εκπαιδευόμενου με δεδομένα και επεξεργασία**  
Με καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, οι μαθητές αναζητούν δεδομένα και πληροφορίες που σχετίζονται με το προς εξέταση γνωστικό αντικείμενο της διδασκαλίας.
- **Τρίτη Φάση: Ανατροφοδότηση, συμπεράσματα και εφαρμογή/εξάσκηση**  
Οι μαθητές, καθώς έχουν συλλέξει πληροφορίες, διατυπώνουν συμπεράσματα τα οποία συσχετίζονται με τις εμπειρίες και τα βιώματα τους.
- **Τέταρτη Φάση: Αξιολόγηση**  
Ελέγχεται η πραγμάτωση των στόχων μέσω φύλλων αξιολόγησης.
- **Πέμπτη Φάση: Ανακεφαλαίωση**  
Στο πέμπτο στάδιο γίνεται ανακεφαλαίωση των κύριων σημείων τα οποία δομούν τα στοιχεία της νεοαποκτηθείσας γνώσης των μαθητών.

## ❖ Η Ομαδοσυνεργατική Μέθοδος

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στις *αρχές των «κοινωνικοπολιτιστικών θεωριών»* και έχει ως σκοπό την *ανάπτυξη ικανοτήτων συνεργασίας*, αλληλοσεβασμού, αλληλεπίδρασης και κοινωνικής συνείδησης *μεταξύ των μαθητών*. Κύριο γνώρισμα της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου είναι ότι οι μαθητές αποτελούν ολιγομελείς ομάδες όπου η κάθε μία έχει την ευθύνη της επίτευξης καθορισμένων στόχων (Ματσαγγούρας Η. , 1995).

Οι φάσεις της μεθόδου είναι:

- **Πρώτη Φάση: Προετοιμασία της διδασκαλίας, σχηματισμός ομάδων και ανάθεση έργου**  
Ο εκπαιδευτικός πρώτα, προσδιορίζει το θέμα και τους στόχους, μετά καθορίζει τις ομάδες και τα μέλη τους, και τέλος φροντίζει για την σύνταξη «συμβολαίου συνεργασίας» που θα το αποδέχονται όλα τα μέλη της κάθε ομάδας.

- **Δεύτερη Φάση: Ομαδοσυνεργατική επεξεργασία**  
Ο εκπαιδευτικός προσδιορίζει τα βήματα των εργασιών των μελών, μετά αποδίδονται ρόλοι σε κάθε μέλος της ομάδας, ορίζεται ο συντονιστής της ομάδας, πραγματοποιούνται οι εργασίες στην ομάδα, και τέλος συντάσσεται η όλη εργασία με τα στοιχεία των επιμέρους εργασιών των μελών της ομάδας.
- **Τρίτη Φάση: Παρουσίαση εργασιών**  
Ο συντονιστής της ομάδας παρουσιάζει τα αποτελέσματα των εργασιών της ομάδας, τίθενται ερωτήσεις και παρατηρήσεις από την ολομέλεια, ο εκπαιδευτικός συγκεντρώνει τα συμπεράσματα και τέλος, προβάλλεται η καινούργια γνώση.
- **Τέταρτη Φάση: Αξιολόγηση**  
Οι μαθητές αξιολογούν τον εαυτό τους και ο ένας τον άλλον με κριτήριο την επίτευξη των στόχων που είχαν τεθεί, καθώς και τον βαθμό επίτευξης της συνεργασίας.
- **Πέμπτη Φάση: Ανακεφαλαίωση**  
Γίνεται ανακεφαλαίωση των κύριων σημείων τα οποία δομούν τα στοιχεία της νεοαποκτηθείσας γνώσης των μαθητών.

#### ✚ Συγκεκριμένες Τεχνικές Διδασκαλίας (ή «Διδακτικές Τεχνικές»)

##### ❖ Η πρακτική άσκηση

Η τεχνική της πρακτικής άσκησης ορίζει ότι οι μαθητές ασχολούνται με ενέργειες που *συνδέουν τη θεωρία με την πράξη* μέσα από καταστάσεις *ενεργούς συμμετοχής* που έχουν ως τελικό στόχο οι μαθητές να οδηγηθούν σε δράση. Κατά την εφαρμογή της τεχνικής της πρακτικής άσκησης για να υπάρξουν θετικότερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα στο πλαίσιο μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στα κάτωθι:

- Τα χρονικά πλαίσια κάθε εκπαιδευτικής δράσης θα πρέπει να είναι αυστηρά καθορισμένα.
- Το κύριο ζήτημα το οποίο εξετάζεται δεν μπορεί να εξεταστεί στο σύνολο των λεπτομερειών του, ώστε να μπορέσει να ολοκληρωθεί η άσκηση στα στενά χρονικά πλαίσια.
- Θα πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στα *έντυπα* της πρακτικής άσκησης τα οποία διανέμουμε στους μαθητές. Τα έντυπα θα πρέπει να παρέχουν *σαφείς και καθορισμένες οδηγίες* έτσι, ώστε οι μαθητές να γνωρίζουν ακριβώς από την αρχή τι θα πρέπει να κάνουν και σε ποια ερωτήματα θα πρέπει να απαντήσουν. Επίσης, θα πρέπει οι βιβλιογραφικές πηγές να είναι σαφείς και κατατοπιστικές για το διαθέσιμο χρόνο που έχουν στη διάθεση τους οι μαθητές, ώστε να αντλήσουν τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται στην άσκηση.

##### ❖ Η Επίδειξη – Οι Προσομιώσεις

Η τεχνική της επίδειξης αφορά κάθε **δραστηριότητα** κατά την οποία οι **μαθητές** πρώτα **παρατηρούν τον εκπαιδευτικό** να εκτελεί την εκπαιδευτική πράξη και στη συνέχεια, σύμφωνα με τις οδηγίες του καθηγητή επαναλαμβάνουν οι ίδιοι την πράξη. Στην τεχνική της επίδειξης ο καθηγητής μπορεί να παρουσιάσει τις **εσφαλμένες πράξεις ή λύσεις** στις οποίες οι μαθητές θα μπορούσαν να υποπέσουν.

Κρίσιμο κριτήριο εφαρμογής της τεχνικής επίδειξης είναι η **καλή κατάσταση του εξοπλισμού** που θα πρέπει να υπάρχει, καθώς και η εξασφάλιση όλων των περιφερειακών συσκευών που θα πρέπει να είναι διαθέσιμα. Ο **καθηγητής** στο στάδιο κατά το οποίο ο μαθητής εκτελεί μια εκπαιδευτική πράξη θα πρέπει να είναι **υποστηρικτικός** και **εμπνευστικός**, ώστε να τον βοηθήσει να διατηρεί το ενδιαφέρον του και να ολοκληρώσει την άσκηση.

Εδώ εντάσσεται και η χρήση των **λογισμικών προσομοιώσεων**, που εφαρμόζονται ειδικά στην περίπτωση που δεν υπάρχει ο κατάλληλος εργαστηριακός εξοπλισμός (για να κάνει εκεί την επίδειξη ο καθηγητής και μετά οι μαθητές να υλοποιήσουν τις αντίστοιχες ασκήσεις). Όσον αφορά το μάθημα των «Δικτύων Υπολογιστών» αυτό είναι **απολύτως αναγκαίο**, διότι **το κόστος της αγοράς** των ειδικών δικτυακών συσκευών (switches, routers, κλπ) **είναι απαγορευτικό για το σχολείο**. Επιπλέον, οι μαθητές χρησιμοποιώντας το «ειδικό λογισμικό προσομοιώσεων» για το εργαστηριακό μάθημα, μπορούν να προβούν σε διάφορες δοκιμές και πειραματισμούς ποικίλων περιπτώσεων και να «ανακαλύψουν» την λειτουργικότητα ή τα προβλήματα που παράγονται κάθε φορά. Αυτές ονομάζονται **«δραστηριότητες ανακαλυπτικής μάθησης»**.

**Πλεονεκτήματα:**

- ✓ Η μάθηση επιτυγχάνεται μέσα από την «πράξη»
- ✓ Παρουσιάζονται οι «σωστές» πράξεις και οι «λανθασμένες» πράξεις, εναλλακτικές λύσεις, διαδικασίες, κλπ
- ✓ Εξασφαλίζεται η ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος

**Ο εκπαιδευτικός πρέπει:**

- ✓ Να φροντίζει για την ενεργοποίηση όλων των μαθητών
- ✓ Η στάση του να είναι υποστηρικτική και εμπνευστική
- ✓ Να σέβεται το δικαίωμα του λάθους
- ✓ Να σέβεται το ρυθμό κάθε μαθητή.

#### ❖ **Οι Ομάδες Εργασίας**

Η τεχνική της ομάδας εργασίας δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στη **συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας** και των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Ο καθηγητής θα πρέπει να παρατηρεί τις ομάδες, ώστε όλοι οι συμμετέχοντες να πραγματοποιούν τις ασκήσεις, **να εκτελούν πειράματα ή να επιλύουν προβλήματα** εξασφαλίζοντας έτσι την ενεργητική συμμετοχή τους και την ανταλλαγή απόψεων. Μερικά από τα σημεία προσοχής κατά τη δημιουργία και τη σύνθεση των ομάδων είναι τα εξής.

- Ο **αριθμός των μελών** σε μία **ομάδα** όταν είναι πολύ μικρός καθιστά την συνεργασία εύκολη. Στην περίπτωση που ο αριθμός των μελών της ομάδας



είναι πολύ μεγάλος η ανταλλαγή των απόψεων και των διαφόρων παρεμβάσεων που θέλει ο κάθε μαθητής να κάνει στην ομάδα μπορεί να δημιουργήσει πιέσεις ως προς το χρόνο και στις σχέσεις μεταξύ των μελών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, θετικότερα αποτελέσματα έρχονται όταν ο αριθμός των μελών σε μία ομάδα εκπαιδευομένων είναι *έως πέντε* (5) άτομα.

- Σε κάθε μία ομάδα θα πρέπει να υπάρχει ένας *οδηγός των εργασιών* (booklet) που θα πρέπει να εκτελέσουν ως ομάδα, αλλά και ως μέλη της κάθε ομάδας.
- *Χωροταξικά*, ο τρόπος με τον οποίο θα τοποθετηθούν οι εκπαιδευόμενοι αποτελεί σημείο αναφοράς για το βαθμό της συνεργασίας τους.
- Σε *κάθε ομάδα* θα πρέπει να υπάρχει *ένας συντονιστής*, ο οποίος θα καθορίζει τις εργασίες των μελών της ομάδας και είναι αυτός που θα επικοινωνεί με τον καθηγητή για την πορεία των εργασιών.
- Ο *καθηγητής* ως *εμπνευστής* και *κύριος συντονιστής* όλων των ομάδων καθ' όλη τη διάρκεια της εκπαιδευτικής δραστηριότητας μεταβαίνει από τη μία ομάδα στην άλλη, ώστε να παρατηρεί τα μέλη της, να ακούει τις απόψεις του καθενός μέσα στην ομάδα και να κατευθύνει την πορεία του έργου με στόχο την παραγωγή θετικότερων αποτελεσμάτων.
- Κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εργασιών μιας ομάδας προς την ολομέλεια, καλό είναι ο συντονιστής της ομάδας να πλαισιώνεται από τα μέλη της έτσι, ώστε, όταν τους απευθύνει το λόγο να μπορούν εκείνοι να συμπληρώνουν όπου αυτό είναι αναγκαίο.
- Στο τελικό στάδιο ο *καθηγητής* ενσωματώνει όλες τις πληροφορίες από όλες τις ομάδες, *συνθέτει και εξάγει τα συμπεράσματα* αξιοποιώντας τις απόψεις του κάθε συμμετέχοντα.

Η τεχνική της «ομάδας εργασίας» μπορεί να λειτουργήσει ως συμπληρωματική της «επίδειξης- προσομοιώσεων», όπου ο εκπαιδευτικός αναθέτει παραλλαγές των ασκήσεων που έχουν εκτελέσει προηγουμένως οι μαθητές ή νέες σύνθετες ασκήσεις, με σκοπό αυτοί να μελετήσουν-να ανακαλύψουν-και να επιλύσουν προβλήματα που μπορεί να ανακύψουν.

#### ***Πλεονεκτήματα:***

- ✓ Εξασφαλίζεται η ενεργός συμμετοχή και αναπτύσσεται ουσιαστικά η επικοινωνία μεταξύ των μαθητών.
- ✓ Μέσα στην ομάδα επιτυγχάνεται η ελεύθερη έκφραση της γνώμης και οι αυθόρμητες ανταλλαγές απόψεων.
- ✓ Το γεγονός ότι η εργασία γίνεται συνολικά ελευθερώνει τους μαθητές από το φόβο της αποτυχίας.
- ✓ Αναπτύσσεται ένα πνεύμα αμοιβαιότητας μεταξύ των μαθητών.
- ✓ Οι μαθητές μαθαίνουν να βοηθάνε ο ένας τον άλλον αντί να έχουν ανταγωνιστική στάση.

## 2.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Πρέπει ο εκπαιδευτικός να έχει γνώση όλων των εκπαιδευτικών τεχνικών που έχει στη διάθεσή του, ώστε να επιλέξει την κατάλληλη κάθε φορά. Κάθε μία έχει τα πλεονεκτήματά της και τα μειονεκτήματά της.

Είναι σκόπιμο οι εκπαιδευτικές τεχνικές να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά (ανάλογα με τις συνθήκες και τις απαιτήσεις του εκάστοτε μαθήματος), ώστε να επιτυγχάνονται τα καλύτερα αποτελέσματα και να μην χάνουν το ενδιαφέρον τους οι μαθητές.

Είναι, επίσης, σκόπιμο να δίνεται έμφαση σε εκείνες τις τεχνικές που ευνοούν την ενεργοποίηση των μαθητών και την μεταξύ τους συνεργασία.

Στην περίπτωση που στα μαθήματα θα γίνεται «χρήση εικονικού περιβάλλοντος», οι εκπαιδευτικές τεχνικές που είναι πιο κατάλληλες για τον εκπαιδευτικό είναι αυτές της «επίδειξης-προσομοίωσης», της «πρακτικής άσκησης» και της «ομάδας εργασίας».

Όπως αναφέραμε στην αρχή του κεφαλαίου, ο καθηγητής αναζητά το τέλειο. Όποτε το αγγίζει, καλό θα ήταν να γνωρίζει τι ήταν αυτό που τον οδήγησε στο θετικό αποτέλεσμα. Με την αξιοποίηση των «σύγχρονων διδακτικών τεχνικών», **ο καθηγητής ξεπερνά την τυχαία επιτυχία και αποκτά ισχυρά εφόδια για τον καλύτερο σχεδιασμό του μαθήματος και την επιτυχημένη διδασκαλία του.**

Στο επόμενο κεφάλαιο εξετάζουμε τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και της Τεχνολογίας ως σύγχρονο εποπτικό μέσο διδασκαλίας και τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν. Εξάλλου, για τα «μαθήματα σε εικονικό περιβάλλον» είναι απολύτως απαραίτητη η χρήση των υπολογιστών με τα κατάλληλα εκπαιδευτικά λογισμικά.

Οι δυνατότητες που προσφέρουν οι «νέες τεχνολογίες» για τη διδασκαλία των μαθημάτων της Πληροφορικής είναι πολύ μεγάλες τόσο για τη δημιουργία διδακτικών καταστάσεων που θα βοηθήσουν την υπέρβαση των δυσκολιών όσο και για την ενίσχυση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μαθητών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

### 3.1 Εισαγωγή στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία.

Όπως είναι γνωστό, η **Διδακτική** αποτελεί κλάδο της **Παιδαγωγικής** και εξετάζει τους τρόπους με τους οποίους γίνεται πιο αποτελεσματική η διδακτική διαδικασία. Ασχολείται με τους τρόπους, το περιεχόμενο, τις διαδικασίες, τα μέσα και τις τεχνικές οργάνωσης και διεξαγωγής της διδασκαλίας.

Η εξέλιξη, όμως, της εκπαίδευσης, η εμφάνιση νέων πεδίων γνώσης, η παράταση του χρόνου σπουδών και η **διδασκαλία νέων τεχνικών μεθόδων** συνοδεύονται με την εισαγωγή στην εκπαίδευση των **σύγχρονων εποπτικών μέσων** (τα οποία απευθύνονται με κάθε δυνατό τρόπο σε όλες τις αισθήσεις του μαθητή) και φέρνουν στο προσκήνιο τον προϋπάρχοντα -ήδη από την εποχή του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη- προβληματισμό για το κατά πόσον οι αισθήσεις είναι αξιόπιστοι μεταφορείς πληροφοριών του περιβάλλοντος.

Έτσι, με την **εισβολή της τεχνολογίας στην εκπαίδευση** με τη φιλοδοξία να βελτιωθεί η διδασκαλία και να καταστεί η μάθηση ευκολότερη και αποτελεσματικότερη, η τεχνολογία κλέβει το μονοπώλιο της γνώσης από το σχολείο και λειτουργεί ως ένα «παράλληλο σχολείο». Ο μαθητής αντλεί γνώσεις από την τεχνολογία όπως αντλεί γνώσεις από το σχολείο.

Και αναπτύσσεται, έτσι, ο **κλάδος της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας** με στόχο τη μελέτη των δυνατοτήτων των εποπτικών μέσων και τον τρόπο ένταξής τους στη διδακτική πράξη. Η Εκπαιδευτική Τεχνολογία πρέπει να θεωρηθεί ως ένας όρος ο οποίος χαρακτηρίζει την εφαρμογή και αξιοποίηση γνώσεων που προέρχονται τόσο από το χώρο των θετικών επιστημών (φυσική, μαθηματικά, χημεία, τεχνολογία) όσο και από το χώρο των θεωρητικών επιστημών (ψυχολογία, κοινωνιολογία, φιλοσοφία) για τη δημιουργία **ενός συστήματος εποπτικών μέσων και εποπτικού υλικού** με στόχο την αποτελεσματικότερη επίτευξη προκαθορισμένων διδακτικών στόχων.

Θεωρώντας τα διαδοχικά στάδια ανάπτυξης και εξέλιξης της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας παρατηρούμε ότι αυτή περιλαμβάνει δύο μερικώς επικαλυπτόμενες έννοιες: την Τεχνολογία στην Εκπαίδευση και την Τεχνολογία της Εκπαίδευσης.

**Η Τεχνολογία στην Εκπαίδευση** αναφέρεται κυρίως στην εφαρμογή των οπτικοακουστικών μέσων στη διδασκαλία. Χαρακτηρίζει την πρώτη περίοδο ανάπτυξης της εκπαιδευτικής τεχνολογίας και στηρίχτηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο του συμπεριφορισμού, όπου ορίζοντας τη μάθηση ως αλλαγή της συμπεριφοράς τα οπτικοακουστικά μέσα θεωρούνται φορείς αυτής της αλλαγής.

Η εξέλιξη του συμπεριφορισμού στο νεο-συμπεριφορισμό και η εμφάνιση της γνωστικής ψυχολογίας συμπίπτουν με την εξέλιξη της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας από Τεχνολογία στην Εκπαίδευση **σε Τεχνολογία της Εκπαίδευσης**. Έτσι, η τεχνολογία στην εκπαίδευση εκφράζει την εφαρμογή των σύγχρονων ψυχολογικών θεωριών της μάθησης με την επιλογή των

εποπτικών μέσων και τον τρόπο χρησιμοποίησής τους να ανταποκρίνονται στις ανάγκες, τις επιδιώξεις και τις γνώσεις του κάθε μαθητή ξεχωριστά.

Πρωταρχικός στόχος της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας είναι να παράσχει τόσο στο δάσκαλο όσο και στο μαθητή τα εφόδια εκείνα ώστε η τεχνολογία να χρησιμοποιηθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο προς όφελος της αγωγής του μαθητή αλλά και της διδακτικής του δάσκαλου.

Η εκπαιδευτική τεχνολογία προβάλλει και διευκολύνει τον καθοδηγητικό και συμβουλευτικό ρόλο του εκπαιδευτικού, τον αναδεικνύει σε συντονιστή της μάθησης και διευκολύνει τις ίσες ευκαιρίες μάθησης και τη βιωματική μάθηση (δια του βίου εκπαίδευση).

Στους στόχους αυτούς της εκπαιδευτικής τεχνολογίας σημαντικό ρόλο έρχεται να παίζει η **σύγχρονη τεχνολογία της πληροφορικής και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής** ως το πλέον οικείο σε όλους μας δημιούργημά της.

### 3.2 Τι είναι και τι προσφέρουν τα Εποπτικά Μέσα

Όλα τα αντικείμενα, οι συσκευές, οι εκδηλώσεις και τα φαινόμενα που συντελούν στην προαγωγή της μάθησης και στην ταχύρρυθμη μετάδοση γνώσεων και ιδεών με τη διέγερση της όρασης, της ακοής και των άλλων αισθήσεων, όλα όσα μας υποβοηθούν για να σχηματίσουμε ορθές παραστάσεις, σαφείς εποπτείες, ονομάζονται **εποπτικά ή οπτικοακουστικά μέσα**, διδακτικά βοηθήματα ή βοηθήματα διδασκαλίας.

Ορισμένοι διατυπώνουν την άποψη ότι τα λεγόμενα κλασσικά εποπτικά μέσα είναι αρκετά για την προσέλκυση της προσοχής των μαθητών και τη δημιουργία ορθών παραστάσεων. Από άλλους, σήμερα, τα μέσα αυτά θεωρούνται ανεπαρκή, και οι σύγχρονοι εκπαιδευτικοί τείνουν στη **χρησιμοποίηση σύγχρονων διδακτικών μέσων** προσπαθώντας να επιτύχουν περισσότερο ενεργητική, ζωντανή και συγκεκριμένη διδασκαλία.

Είναι, ωστόσο, γνωστή σε όλους η σημασία και η αξία τους σε όλους τους τομείς της εκπαίδευσης. Τόσο τα κλασσικά όσο και **τα σύγχρονα εποπτικά μέσα διδασκαλίας** διευκολύνουν τη μάθηση και συντελούν στην αισθητοποίηση του προφορικού λόγου.

«Το εποπτικό μέσο, παρατήρησε ο Spranger, είναι όργανο που υποβοηθά τη μετατροπή μιας μορφής πνεύματος σε συστατικό ψυχής». Γι' αυτό άλλωστε ονομάζονται εποπτικά μέσα, διότι «υποβοηθούν τη δημιουργία μάθησης σε βαθμό εποπτείας».

**Ως παιδαγωγικό βοήθημα, το εποπτικό μέσο** φαίνεται ότι ανταποκρίνεται πλήρως στις αντιλήψεις της σύγχρονης εκπαίδευσης η οποία δεν επιδιώκει να καταργήσει τις παραδοσιακές μεθόδους αλλά να τις καταστήσει σαφέστερες και αποδοτικότερες. Θα ήταν, βέβαια, υπερβολή να ισχυριστεί κανείς ότι τα εποπτικά μέσα αποτελούν την πανάκεια στα προβλήματα της παιδείας. Τα μέσα δεν μπορούν να υποκαταστήσουν το δάσκαλο, πολύ δε περισσότερο τη διδασκαλία. Ο Jean Giraud λέει: «έκαστον οπτικο-ακουστικόν μέσον προσφέρει μόνον ό,τι μπορεί να προσφέρει». Εμείς, πρέπει να το κάνουμε να προσφέρει ότι καλύτερο μπορεί.

Συνοπτικά, οι κυριότερες υπηρεσίες που προσφέρουν τα εποπτικά μέσα είναι οι ακόλουθες:

1. **Προκαλούν το ενδιαφέρον.** Το ενδιαφέρον είναι μια από τις ουσιαστικότερες προϋποθέσεις μάθησης. Όσο περισσότερο ο μαθητής ενδιαφέρεται για το μάθημα, τόσο περισσότερο αποδίδει η διδασκαλία. Σε πολλές δε περιπτώσεις το ενδιαφέρον που προκαλείται δεν

- αποτελεί μόνο άριστη προϋπόθεση μάθησης, αλλά επίσης έντονη παρακίνηση για συστηματικότερη μελέτη και κατανόηση της διδασκόμενης ύλης.
2. **Δημιουργούν σαφείς παραστάσεις.** Ο John Dewey λέει κατηγορηματικά: «Μεγάλο μέρος του χρόνου και της προσοχής που διαθέτουμε για την προπαρασκευή και διεξαγωγή της διδασκαλίας των μαθημάτων, θα μπορούσε να δαπανηθεί με σοφότερο και πιο ωφέλιμο τρόπο, για την εξάσκηση της παραστατικής ικανότητας του παιδιού και για να διαπιστώσουμε εάν αυτό σχηματίζει πάντοτε σαφείς, ευκρινείς και αναπτυσσόμενες παραστάσεις για τα διάφορα θέματα».
  3. **Διατηρούν τις παραστάσεις.** Πολλά από εκείνα που διδάσκονται μόνο με τη χρήση του προφορικού λόγου (προφορικά) σύντομα λησμονούνται. Οι οπτικές παραστάσεις, αντίθετα, διατηρούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και ανακαλούνται με μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια από τη μνήμη.
  4. **Διεγείρουν, συγκεντρώνουν και συγκρατούν την προσοχή.** Ο Κομένιος χαρακτηρίζει την προσοχή ως «το φως της μάθησης». Χωρίς την προσοχή η αφομοίωση των γνώσεων είναι αδύνατη. Η σχέση μάλιστα συγκέντρωσης της προσοχής και αποτελέσματος είναι γραμμική.
  5. **Συμβάλλουν στην κατανόηση του μαθήματος.** Συχνά, η προφορική διδασκαλία αποδεικνύεται ανεπαρκής και δημιουργεί αμφιβολίες (π.χ. στην προσπάθεια εξήγησης σχέσεων αντικειμένων ή τμημάτων ενός αντικειμένου). Στις περιπτώσεις αυτές τα εποπτικά μέσα συμβάλλουν αποτελεσματικά στην κατανόηση της διδασκαλίας και την απομάκρυνση των αμφιβολιών, δίνουν νόημα στο μάθημα και διευκολύνουν την αφομοίωσή του. Διευκολύνονται επίσης συγκρίσεις γνωστών με άγνωστα, συγκρίσεις μεγεθών, όγκων, σχημάτων, κ.τ.λ.
  6. **Εξοικονομούν πολύτιμο χρόνο.** Με τη χρήση εποπτικών μέσων η μετάδοση των γνώσεων είναι ταχύτερη κι επομένως η διάρκεια της διδασκαλίας είναι μικρότερη, αφού η διδασκαλία είναι περισσότερο παραστατική και τα αποτελέσματα πιο άμεσα σε σχέση με μια μόνο προφορική διδασκαλία όπου απαιτούνται πολλές ώρες για τη μετάδοση των ίδιων (ποσοτικά) γνώσεων.
  7. **Καταπολεμούν τη λογοκοπία.** Λογοκοπία (ή βερμπαλισμός) είναι η διδασκαλία στην οποία γίνεται μεγάλη χρήση του προφορικού λόγου. Είναι φανερό, πως τα εποπτικά μέσα με τη διέγερση και των λοιπών αισθήσεων, πλην της ακοής, αλλάζουν το ρόλο των μαθητών από αυτόν του απλού ακροατή σε αυτόν του ενεργά συμμετέχοντα.
  8. **Προάγουν την αυτενέργεια.** Τα εποπτικά μέσα διευκολύνουν και προάγουν σε μεγάλο βαθμό την εφαρμογή της εν λόγω διδακτικής αρχής. Αποτελούν άριστο μέσο για την πρόκληση, διατήρηση και προαγωγή της αυτενέργειας των μαθητών. Αφυπνίζουν και κεντρίζουν πολλές δυνατότητες των μαθητών, όπως η διάνοηση, η αντίληψη, η προσοχή, η παρατήρηση, το συναίσθημα.
  9. **Εξυπηρετούν τις ατομικές διαφορές.** Με τα εποπτικά μέσα, ο κάθε μαθητής σχηματίζει τις απαιτούμενες παραστάσεις ανάλογα με τις ικανότητές του, την ατομικότητά του, τον «τύπο» του.
  10. **Κάνουν τη διδασκαλία επίκαιρη.** Η συσχέτιση της διδασκαλίας με το περιβάλλον και τις εκφάνσεις της καθημερινής ζωής κάνει τη διδασκαλία επίκαιρη, την προσεγγίζει στη σκέψη, στα ενδιαφέροντα, στην πείρα, στις ανάγκες, στα συναισθήματα, στα βιώματα, στα

καθημερινά περιστατικά ζωής των μαθητών. Με τα εποπτικά μέσα μεταφέρονται στο χώρο του σχολείου παλμοί και στοιχεία της σύγχρονης ζωής, συνδέονται στενά διδασκαλία και ζωή, θεωρία και πράξη.

11. **Αισθητοποιούν τη διδασκαλία.** Η μάθηση ως προϊόν περισσότερων αισθήσεων είναι σαφέστερη και αρτιότερη. «Τίποτα δεν υπάρχει στο νου μας που να μην πέρασε πρώτα από κάποια αίσθηση» παρατήρησε ο John Lock.
12. **Εκσυγχρονίζουν την εκπαίδευση.** Ως εκσυγχρονισμός, βέβαια, δε λαμβάνεται ο εξοπλισμός των σχολείων με τα σύγχρονα μέσα διδασκαλίας. Δεν είναι φυσικά δυνατό να θεωρηθεί εκσυγχρονισμένο ένα σχολείο που στερείται των μέσων αυτών. Θεωρείται όμως εκσυγχρονισμένο όταν τα χρησιμοποιεί για να βελτιώσει και να κάνει αποδοτικότερη τη διδασκαλία.
13. **Καλλιεργούν το καλαισθητό συναίσθημα.** Με την καλλιτεχνικότητα του εποπτικού υλικού (ταινίες, εικόνες, slides) καλλιεργείται το καλαισθητικό συναίσθημα με τον αρμονικό συνδυασμό ήχου και εικόνας και με την εκλεκτική χρήση της μουσικής.
14. **Συνδράζουν θεωρία και πράξη.** Είναι εφικτός ο συνδυασμός ενημέρωσης και εξάσκησης, ακρόασης και παρατήρησης, προφορικού λόγου και εργαστηρίου, πληροφοριών και πειραμάτων, γνώσεων και δεξιοτήτων, παρουσίασης και εφαρμογής. Η διδασκαλία γίνεται πιο συγκεκριμένη και αυθεντική, πρακτική και εργαστηριακή.
15. **Διευκολύνουν τη διδασκαλία.** Τα εποπτικά μέσα δίνουν σχήμα και μορφή, νόημα και περιεχόμενο σε λέξεις και φράσεις, διευκολύνουν τη μεταβίβαση γνώσεων τόσο θεωρητικών όσο και πρακτικών.

Είναι βέβαια κατανοητό, ότι οι εικόνες και οι ήχοι δε διαθέτουν μαγικές δυνάμεις και οι δυνατότητες που προσφέρουν δεν είναι απεριόριστες. Είναι, επίσης, σαφές ότι δεν υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των διαφόρων εποπτικών μέσων. Δεν υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ του μαυροπίνακα και του διαφανοσκόπιου, ή μεταξύ της μακέτας και του σχολικού βιβλίου. Το κάθε μέσο μπορεί να αποδώσει το καλύτερο διδακτικό αποτέλεσμα εάν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα. Ο ανταγωνισμός ίσως αναφέρεται στη δυσκολία και στην πολυπλοκότητα της διαδικασίας επιλογής του μέσου το οποίο θα αποδώσει το καλύτερο διδακτικό αποτέλεσμα. Ο τελικός επιδιωκόμενος στόχος παραμένει ένας: περισσότερη μάθηση σε λιγότερο χρόνο και με λιγότερο κόπο των μαθητών.

Με τη βοήθεια των εποπτικών μέσων η διδακτική διαδικασία πλεονεκτεί:

- **ψυχολογικά**, με μεγαλύτερη διέγερση, συγκέντρωση και συγκράτηση του ενδιαφέροντος και της προσοχής,
- **παιδαγωγικά**, με τη διευκόλυνση της ευχερούς μάθησης, την εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειάς της και με τη δημιουργία σαφέστερων παραστάσεων,
- **διδακτικά**, με τον άριστο συνδυασμό θεωρίας και πράξης, τη διευκόλυνση της εφαρμογής βασικών διδακτικών αρχών και μεθόδων όπως η αυτενέργεια, η άμεση επαλήθευση, η επανατροφοδότηση και η ατομικότητα,
- **οργανωτικά**, με τη συστηματικότερη οργάνωση και ταξινόμηση της ύλης την εφαρμογή της μεθόδου της προγραμματισμένης διδασκαλίας, κλπ.

### 3.3 Η Εισαγωγή της Πληροφορικής στην Εκπαίδευση



Βασικός σκοπός της εκπαίδευσης σε όλον τον κόσμο είναι αυτό που ονομάζεται «αλφαριθμητισμός» για όλους τους ανθρώπους. Με τον όρο αυτό εννοούμε, κυρίως, τη δυνατότητα που έχει ο κάθε άνθρωπος να συμμετέχει στο κοινωνικό γίγνεσθαι. Είναι, ωστόσο, σαφές ότι με τις σημερινές παγκόσμιες εξελίξεις, γενικά αλλά και ειδικότερα στον τομέα των νέων τεχνολογιών, απαιτείται ο επανακαθορισμός της έννοιας «αλφαριθμητισμός». Ένας από τους κύριους λόγους της ευρείας **εξάπλωσης της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών** σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης είναι (εκτός από το γεγονός ότι είναι αναπόδραστο αποτέλεσμα της διαρκώς αυξανόμενης και επεκτεινόμενης χρήσης τους σε όλους σχεδόν τους τομείς της καθημερινής ζωής) ότι καθώς ο σημερινός κόσμος είναι προσανατολισμένος προς την τεχνολογία, το σχολείο θα πρέπει να δημιουργήσει πολίτες οι οποίοι να μπορούν να ζήσουν και να εργαστούν με τα εργαλεία αυτής της τεχνολογίας. Η επαφή των μαθητών με τη σύγχρονη τεχνολογία και την επιστήμη της πληροφορικής τους δίνει τη δυνατότητα να ξεπεράσουν τους πιθανούς φόβους που μπορούν να δημιουργήσουν οι νέες και άγνωστες τεχνολογίες και να αποκτήσουν εμπιστοσύνη στη χρήση τους.

Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως εφαρμόζεται στα σχολεία διαφόρων χωρών σήμερα, χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- στον «εναλφαριθμητισμό» στους υπολογιστές (**Ψηφιακός εγγραμματισμός**), και
- στη **χρήση του υπολογιστή ως μέσο διδασκαλίας και μάθησης** (CAL – Computer Assisted Learning , δηλ. στα ελληνικά «Εκμάθηση μέσω Υπολογιστή» ).

Σαν «εναλφαριθμητισμός» στους υπολογιστές (ή “ψηφιακός εγγραμματισμός”) μπορεί να οριστεί η γενική γνώση γύρω από τους υπολογιστές, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς τους στη διεκπεραίωση ειδικών εργασιών. Για παράδειγμα, ένας «εναλφάβητος» σε υπολογιστές μαθητής θα πρέπει να μπορεί να εξερευνήσει τα μαθηματικά γράφοντας π.χ. ένα πρόγραμμα που να απεικονίζει γραφικά μια συνάρτηση. Ένας «εναλφάβητος» σε υπολογιστές εκπαιδευτικός θα πρέπει να ξέρει πως να χρησιμοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή για να δημιουργήσει εκπαιδευτικά προγράμματα τα οποία θα βοηθήσουν τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση του διδασκόμενου αντικειμένου.

### 3.4 Ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής ως Μέσο Διδασκαλίας



Το 1977 οι Kemmis, Atkin και Wright πρότειναν ένα πλαίσιο για το δεύτερο τρόπο χρήσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή στην εκπαιδευτική διαδικασία -την εκμάθηση μέσω υπολογιστή- το οποίο, παρά τις ταχύτατες εξελίξεις της τεχνολογίας ισχύει ακόμη σήμερα. Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από 4 μοντέλα που αφορούν την εφαρμογή και χρήση της πληροφορικής στην εκπαιδευτική διαδικασία:

1. **Το μοντέλο διδασκαλίας** (instructional) ή **διδασκτική χρήση του υπολογιστή**. Βασίζεται στη θεωρία ότι ο καλύτερος τρόπος για να μάθει κάποιος ένα θέμα είναι να το χωρίσει σε πολλά μικρότερα μέρη και κατόπιν να συγκεντρώσει την προσοχή του σε καθένα από αυτά. Η θεωρία φαίνεται ελκυστική, δημιουργεί όμως ορισμένα προβλήματα. Ο διαχωρισμός ενός θέματος σε πολλά μικρότερα, καλά ορισμένα τμήματα χρειάζεται μεγάλη επιδεξιότητα και έχει πολλές απαιτήσεις από αυτούς που θα το πραγματοποιήσουν. Υπάρχει επίσης το πρόβλημα προσαρμογής των τμημάτων αυτών σε κάθε μαθητή ξεχωριστά. Ακόμη, ο διάλογος μαθητή-υπολογιστή περιορίζεται πολύ. Το μεγάλο πλεονέκτημα, ωστόσο, αυτού του μοντέλου είναι ότι από τη στιγμή που το εκπαιδευτικό πρόγραμμα έχει αναπτυχθεί και ολοκληρωθεί με μεγάλη προσοχή, προσφέρει εξατομικευμένη μάθηση σε μεγάλο αριθμό μαθητών διαφορετικών επιπέδων.
2. **Το μοντέλο αποκάλυψης** (revelatory) ή **ανακαλυπτική χρήση του υπολογιστή**. Το μοντέλο αυτό οδηγεί το μαθητή μέσα από μια διαδικασία μάθησης που συνίσταται σε έρευνα και ανακάλυψη. Το γνωστικό αντικείμενο και η θεωρία που το συνοδεύει αποκαλύπτονται σταδιακά στο μαθητή καθώς εκείνος χρησιμοποιεί το πρόγραμμα. **Η χρήση των προσομοιώσεων** είναι μια δυναμική τεχνική του μοντέλου αυτού και βοηθά το μαθητή να πειραματιστεί με καταστάσεις που διαφορετικά θα ήταν πολύ ακριβές, χρονοβόρες ή και επικίνδυνες. Τα προβλήματα του συγκεκριμένου μοντέλου εντοπίζονται αφενός στο γεγονός ότι ο μαθητής πρέπει να χρησιμοποιήσει τη φαντασία του κι έτσι η προσομοίωση δεν πρέπει να είναι υπερβολικά απλοποιημένη, αφετέρου στο ότι εάν ο μαθητής συζητήσει το θέμα με τους συμμαθητές του πριν το χειριστεί ο ίδιος θα είναι γνώστης του χειρισμού και της στρατηγικής και δεν θα ωφεληθεί.
3. **Το μοντέλο εικασίας** (conjectural) ή **ερευνητική χρήση του υπολογιστή**. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στη θεωρία ότι η γνώση σ' ένα θέμα μπορεί να αποκτηθεί από την ερευνητική εργασία του μαθητή πάνω σε αυτό το θέμα. Η ερευνητική αυτή εργασία υποστηρίζεται από τον υπολογιστή που είναι αποκλειστικά υπό τον έλεγχο του μαθητή. Έτσι, του δίνει τη **δυνατότητα να χειριστεί και να δοκιμάσει τις δικές του ιδέες και υποθέσεις στον υπολογιστή** (σχεδιάζοντας και δοκιμάζοντας μοντέλα καταστάσεων σε εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης). Όπως είναι φυσικό το να ενθαρρύνει κάποιος τους μαθητές να δημιουργήσουν και να δοκιμάσουν το δικό τους μοντέλο έχει μεγάλη εκπαιδευτική αξία. Το μειονέκτημα εντοπίζεται στο κόστος του λογισμικού που υποστηρίζει αυτό το μοντέλο.
4. **Το μοντέλο χειραφέτησης** (emancipatory) ή **απελευθερωτική χρήση του υπολογιστή**. Στο μοντέλο αυτό ο μαθητής χρησιμοποιεί τον ηλεκτρονικό υπολογιστή όπως όταν θέλει ένα



«δούλο» για να τον βοηθήσει στη διαδικασία της μάθησης. Το μοντέλο αυτό είναι μοναδικό για δυο λόγους: πρώτον γιατί ο μαθητής χρησιμοποιεί τον υπολογιστή αποκλειστικά και μόνο ως εργαλείο για την εξυπηρέτησή του, όπου και όταν τον χρειαστεί και δεύτερον γιατί ο υπολογιστής αναμειγνύεται μόνο κατά ένα μέρος στη διαδικασία μάθησης.

**Η εκμάθηση μέσω υπολογιστή** πραγματοποιείται από δύο διαφορετικές μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές:

1. Η πρώτη μέθοδος ονομάζεται **διδασκαλία με τη βοήθεια υπολογιστή** (CAI – Computer Assisted Instruction) και αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες από ψυχολόγους που είδαν τον υπολογιστή ως το ιδεώδες μέσο για να προσφέρει εξατομικευμένη διδασκαλία. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής υποσχόταν πολύ μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα από τα δύο άλλα μέσα που μέχρι τότε είχαν δοκιμαστεί: το βιβλίο και τη «μηχανή διδασκαλίας»

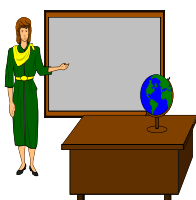
Διακρίνονται δύο κατηγορίες διδασκαλίας με τη βοήθεια υπολογιστή: η *διδασκτική* και η *εγκύμναση και εξάσκηση*. Στην πρώτη κατηγορία ο μαθητής διαβάζει ένα κείμενο στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και απαντά σε ερωτήσεις συνήθως πολλαπλών επιλογών. Το επόμενο κείμενο παρουσιάζεται ανάλογα με τις προηγούμενες απαντήσεις του μαθητή. Η δεύτερη κατηγορία είναι μια απλούστερη μορφή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξάσκηση νεοαποκτηθεισών πληροφοριών. Ο υπολογιστής παρουσιάζει την ερώτηση και ο μαθητής απαντά, κατόπιν κρίνει την απάντηση και το πρόγραμμα διακλαδώνεται σύμφωνα με την απάντηση αυτή.

2. **Ο υπολογιστής σαν εργαστήριο**. Η μέθοδος αυτή λειτουργεί περισσότερο σαν πηγή μάθησης παρά ως μέσο διδασκαλίας. Στον όρο «ο υπολογιστής σαν εργαστήριο» περιλαμβάνονται τα τρία τελευταία μοντέλα από αυτά που προαναφέρθηκαν. Ως παραδείγματα εφαρμογών του υπολογιστή σαν εργαστήριο θα μπορούσαν να αναφερθούν τα μαθηματικά, η άσκηση της γλώσσας, οι επιστήμες (φυσική, χημεία, βιολογία), η ιστορία, η γεωγραφία, η μουσική αλλά και σχεδόν όλα τα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος.

Ένας άλλος τομέας χρήσης της πληροφορικής τεχνολογίας στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης είναι η **Οργάνωση της Μάθησης με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή** (CML- Computer Managed Learning). Καλύπτει την περιοχή όπου ο υπολογιστής χρησιμοποιείται για να χειρίζεται και να κατευθύνει πληροφορίες για τεστ και να παρακολουθεί την πρόοδο του μαθητή και τις πηγές διδασκαλίας. Με τον τρόπο αυτό, ο εκπαιδευτικός απελευθερώνεται από εργασίες ρουτίνας (π.χ. τήρηση αρχείων, μαθητολόγιο, βαθμολογία, κλπ.) ενώ ταυτόχρονα γίνεται έγκαιρη η διάγνωση των ειδικών προβλημάτων κάθε μαθητή και προσφέρεται μεγαλύτερη ευκαμψία στη δημιουργία και βελτίωση του διδακτικού υλικού ώστε να αντιμετωπίζονται καλύτερα οι ανάγκες των μαθητών.

### 3.5 Μοντέλα Εκπαίδευσης και Πληροφορική

Η αντίληψη για το τι σημαίνει μάθηση, διδασκαλία και εκπαιδευτική διαδικασία επηρεάζει θεμελιακά όλους τους παράγοντες που αναμειγνύονται στη διαδικασία που καταλήγει στην εμφάνιση ενός εργαστηρίου υπολογιστών στην τάξη. Από το σχεδιασμό των απαιτούμενων τεχνικών προδιαγραφών των ηλεκτρονικών υπολογιστών μέχρι την απόφαση για τον τρόπο διείσδυσης της χρήσης τους στο αναλυτικό πρόγραμμα. Αυτή η αντίληψη που βέβαια αφορά όλα τα γνωστικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένου και αυτού της πληροφορικής, μπορεί να σκιαγραφηθεί συνοπτικά στα δύο παρακάτω μοντέλα:



**Μετάδοση πληροφοριών από τον εκπαιδευτικό-πομπό στο μαθητή-δέκτη.**

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η μάθηση θεωρείται ως ικανότητα του μαθητή να αναπαράγει τις μεταδιδόμενες από τον εκπαιδευτικό πληροφορίες όταν του ζητηθεί, δηλαδή σε συνθήκες αξιολόγησης. Η διδασκαλία είναι καθοδηγητική με βάση ένα αυστηρά προκαθορισμένο γνωστικό περιεχόμενο (το οποίο συνήθως καθορίζεται από εκπαιδευτικούς με χαμηλών απαιτήσεων μόρφωση). Το μοντέλο αυτό ενισχύει τις αυταρχικές κοινωνικές δομές και αφήνει αναλλοίωτο και μη εξελισσόμενο το εκπαιδευτικό σύστημα.

Στα πλαίσια του μοντέλου αυτού, υπάρχουν δύο τάσεις σε σχέση με τη θεώρηση του ρόλου του ηλεκτρονικού υπολογιστή:

- ✓ αυτή της μηχανοποίησης της διδασκαλίας, της χρήσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως υποκατάστατου του εκπαιδευτικού, και
- ✓ αυτή της χρήσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως εργαλείο για ποσοτική βελτιστοποίηση του ίδιου του μοντέλου διδασκαλίας.

Όμως, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αντικαταστήσει ούτε τον εκπαιδευτικό αλλά ούτε και το βιβλίο. Ο εκπαιδευτικός παίζει και πρέπει να παίζει κεντρικό ρόλο. Με τη χρήση του λόγου του κινητοποιεί τη φαντασία. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και το εκπαιδευτικό λογισμικό μπορούν να δράσουν συμπληρωματικά και να κινητοποιήσουν τις αισθήσεις.

Επίσης ο ρόλος του βιβλίου είναι σημαντικός. Αποτελεί βάση αναφοράς όπου μπορεί να ανατρέξει ο μαθητής κάθε στιγμή. Μεταφέρεται και ξεφυλλίζεται εύκολα. Πιστεύουμε, όμως, ότι η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και ποιοτικού εκπαιδευτικού λογισμικού μπορεί να βοηθήσει το έργο του εκπαιδευτικού και να συμπληρώσει κενά στη λειτουργία του συμβατικού, έντυπου βιβλίου.



Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό η **μάθηση** είναι **ενεργητική, βιωματική και με προσωπικό νόημα για το μαθητή**. Η μάθηση γίνεται συνεργατικά σε μικρές ομάδες, και η καθοδήγηση του εκπαιδευτικού έχει ρόλο παιδαγωγικό και συμβουλευτικό. Αναπτύσσεται διαλογική σχέση εκπαιδευτικού-μαθητή με ανάλογο βαθμό ευθύνης και αυτονομίας του μαθητή, η αξιολόγηση είναι ποιοτική και το εκπαιδευτικό σύστημα εξελισσόμενο.

Στα πλαίσια αυτού του μοντέλου ο υπολογιστής γίνεται εργαλείο έκφρασης και διεύρυνσης στα χέρια και τον έλεγχο των μαθητών.

### 3.6 Ο Ρόλος του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή στο Μοντέλο Εκπαίδευσης - Τρόποι Αξιοποίησης.



Ζούμε σε μια εποχή όπου οι κοινωνικές και εργασιακές συνθήκες εξελίσσονται ραγδαία. Ο μαθητής βομβαρδίζεται εξωσχολικά από «θόρυβο» πληροφοριών πλούσιων μεν, αλλά συχνά ασύνδετων και αναξιόπιστων. Μπορεί, ωστόσο, να έχει εύκολα πρόσβαση σε πληροφορίες πλουσιότερες, προσωπικά ενδιαφέρουσες και ποικίλες σε σχέση με ό,τι μπορεί να του δώσει ο οποιοσδήποτε δάσκαλος στα πλαίσια του εκπαιδευτικού συστήματος και ταυτόχρονα αμφισβητεί την αυθεντία του σχολικού θεσμού αλλά και γενικότερα την έννοια της αυθεντίας. Στην εργασιακή του ζωή σημασία θα έχει η ικανότητα να μαθαίνει καινούρια πράγματα και να τα εφαρμόζει, να θέτει στόχους και να κάνει προσωπικές επιλογές, να συνεργάζεται σε συνθήκες ανταγωνισμού αλλά και έντονης επικοινωνίας. Ο ρόλος της παιδείας είναι η διαμόρφωση ανθρώπων ικανών να θέτουν ενεργητικούς στόχους, να κρίνουν και να επιλέγουν πληροφορίες και να τις χρησιμοποιούν αποτελεσματικά. Δηλαδή η διαμόρφωση όχι ανθρώπων που «ξέρουν» αλλά ανθρώπων που είναι ικανοί να «μαθαίνουν». Αυτές είναι οι ικανότητες και η στάση απέναντι στη μάθηση που προσφέρονται στα πλαίσια της γενικής παιδείας.

Τα τελευταία χρόνια, η έρευνα δείχνει ότι η σκέψη στο παιδί διαμορφώνεται ποιοτικά και έχει τις καλύτερες πιθανότητες εξέλιξης μέσα από τη διαδικασία προσωπικών βιωμάτων μέσα στο κοινωνικό πλαίσιο. Τα «κλασσικά» εκπαιδευτικά συστήματα δίνουν πολύ λίγες τέτοιες ευκαιρίες στο μαθητή. Αξίζει στο σημείο αυτό να αναρωτηθούμε πόσο συχνά μπορεί μια μικρή ομάδα μαθητών να ασχοληθεί με μια εργασία που συμπεριλαμβάνει αναζήτηση, διερεύνηση και πειραματισμό και της οποίας το θέμα έχει γι' αυτούς προσωπικό ενδιαφέρον και νόημα και κατά πόσο μπορεί ένας εκπαιδευτικός να αναπτύξει συνεργατική σχέση καθοδήγησης μέσα σ' ένα τέτοιο πλαίσιο;

Από τη διεθνή εμπειρία εφαρμογής και έρευνας σχετικά με το θέμα αυτό, γνωρίζουμε ότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εκφραστικά εργαλεία από τους μαθητές προσφέροντας νέες δυνατότητες αναβάθμισης μαθησιακών διαδικασιών και πλούτο ευκαιριών για την κοινωνική δόμηση της γνώσης σε οποιοδήποτε μάθημα του αναλυτικού προγράμματος, αλλά και να επιτρέψουν στον εκπαιδευτικό να προβληματιστεί και να συμβάλλει στην ποιοτική εξέλιξη της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας.

Οι βασικές δραστηριότητες με βάση τις οποίες μπορεί να ενδυναμωθεί η μαθησιακή ικανότητα των μαθητών με **κατάλληλη χρήση της υπολογιστικής τεχνολογίας** είναι:

- ✓ Η συμβολική έκφραση και διερεύνηση λογικο-μαθηματικών νοητικών πεδίων σε αντικείμενα φυσικής και μαθηματικών, με προγραμματιστικές εφαρμογές.
- ✓ Ο πειραματισμός με προσομοιωτές εργαστηρίων ή καταστάσεων. Μια προσομοίωση μπορεί να είναι τόσο απλή όσο ένας γεωγραφικός χάρτης ή τόσο σύνθετη όσο ένα πρόγραμμα που

πραγματεύεται ένα οικονομικό μοντέλο ή ένα πρόγραμμα που επιτρέπει στο μαθητή να ανακαλύψει και να εκμεταλλευτεί ένα κοίτασμα πετρελαίου με όλες τις οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες των πράξεών του. Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να συμμετέχει σε δραστηριότητες οι οποίες μιμούνται -με περισσότερη ή λιγότερη επιτυχία- την πραγματικότητα και των οποίων η φυσική παρουσίαση μέσα στην τάξη θα ήταν δαπανηρή, χρονοβόρα και ίσως επικίνδυνη. Το βασικό πλεονέκτημα των προγραμμάτων προσομοίωσης είναι ακριβώς η δυνατότητά του να πληροφορεί το μαθητή για τα αποτελέσματα και τις συνέπειες των αποφάσεών του, ανατροφοδοτώντας έτσι τις επόμενες ενέργειές του και επιτρέποντάς του με τον τρόπο αυτό να εξερευνά τις διάφορες πλευρές της σχέσης αιτίου-αποτελέσματος.

- ✓ Η καταχώρηση, ταξινόμηση, οργάνωση, επεξεργασία, ανάλυση, αναζήτηση και έκθεση πληροφοριών με συστήματα Βάσεων Πληροφοριών. Ο μαθητής μαθαίνει να είναι οργανωτικός και να αναζητά τις πληροφορίες που τον ενδιαφέρουν.
- ✓ Η ανάλυση και διεξαγωγή συμπερασμάτων, με στατιστικά προγράμματα. Αναπτύσσεται, με τη βοήθεια των προγραμμάτων αυτών, στους μαθητές η ικανότητα δόμησης και άρθρωσης προβλημάτων και η επαγωγική γενίκευση μέσα από συγκεκριμένες παρατηρήσεις ή μετρήσεις.
- ✓ Η επικοινωνία με δίκτυα υπολογιστών και τηλεπικοινωνίες. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο επιτρέπει την επικοινωνία των μαθητών σε όλα τα μέρη του κόσμου. Κατάλληλα διαμορφωμένες παιδαγωγικές εφαρμογές επιτρέπουν την αλληλογραφία όχι μόνο κειμένου αλλά και άλλης δουλειάς που έχουν κάνει οι μαθητές με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (σχέδια, προγράμματα).
- ✓ Η ελεύθερη και γραμμική σχεδίαση, με εφαρμογές σχεδίασης. Στη γραμμική σχεδίαση όλα τα αντικείμενα μπορούν να αλλάξουν, να ομαδοποιηθούν και να μετακινηθούν. Στην ελεύθερη σχεδίαση με τη χρήση των χρώματα προσφέρεται η ευκαιρία για ανάπτυξη και τελειοποίηση της δημιουργικότητας των μαθητών.
- ✓ Η χρήση προγραμμάτων μουσικής σύνθεσης. Με τη βοήθεια των προγραμμάτων αυτών αναλύεται ο ήχος και οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να συνθέσουν τη δική τους μουσική είτε από την αρχή είτε να διαμορφώσουν και να αλλάξουν άλλα μουσικά κομμάτια.
- ✓ Οι κατασκευές και η τεχνολογία ελέγχου (ρομποτική). Οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν ή να χρησιμοποιήσουν έτοιμα μοντέλα (π.χ. κυκλώματα) και στη συνέχεια να κατασκευάσουν ή να χρησιμοποιήσουν μηχανισμούς ελέγχου για τα μοντέλα αυτά.

Οι παραπάνω κατηγορίες δραστηριοτήτων εννοούνται ως μέσο καινούριων τρόπων μάθησης κάθε γνωστικού αντικείμενου βασισμένου μεν στα αναλυτικά προγράμματα, αλλά κατάλληλα διαμορφωμένου.

Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι η **συνεχής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε νέες μεθόδους διδακτικής και στη χρήση της αντίστοιχης τεχνολογίας**, το τεχνικό μέρος της οποίας είναι ευνόητο, εύχρηστο και δεν απαιτεί πλεόνασμα τεχνικής γνώσης.

### 3.7 Η Συμβολή της Πληροφορικής στη Μαθησιακή Διαδικασία



Η εισαγωγή της πληροφορικής και η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στη διδασκαλία των διαφόρων διδακτικών αντικειμένων μπορούν να μεταβάλουν τους γνωστούς τρόπους διδασκαλίας και μάθησης ή απλώς να επιδράσουν σε αυτούς. Η προσφορά της πληροφορικής στη μαθησιακή διαδικασία μπορεί να διακριθεί σε τρία επίπεδα:

1. Ένα πρώτο επίπεδο -και ίσως το λιγότερο σημαντικό- αποτελεί η αξιοποίηση των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει ο υπολογιστής κυρίως λόγω των τεχνικών του χαρακτηριστικών. Η χρήση, για παράδειγμα, του υπολογιστή ως «ηλεκτρονικού πίνακα» δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή και στον εκπαιδευτικό να χρησιμοποιήσουν γραφικά, χρώμα, ήχο, να επέμβουν και να μεταβάλουν ή να τροποποιήσουν με εύκολο και απλό τρόπο την εικόνα στην οθόνη, να αποθηκεύσουν τη δουλειά τους και να συνεχίσουν αργότερα...
2. Ένα δεύτερο επίπεδο προσφοράς αποτελούν οι δυνατότητες που προκύπτουν από τη χρήση συγκεκριμένων προγραμμάτων και όχι από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος. Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα προσομοίωσης δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να εργαστεί σ' ένα περιβάλλον που προσπαθεί τουλάχιστον να φανεί ρεαλιστικό. Αυτό επιτυγχάνεται με το σχεδιασμό εφαρμογών στις οποίες υπεισέρχονται πολλές μεταβλητές, οι διαφορετικοί συνδυασμοί των οποίων καθορίζουν έναν αριθμό από διαφορετικούς «δρόμους» που μπορούν να ακολουθήσουν οι μαθητές για να επιτύχουν τους τελικούς στόχους της εφαρμογής. Ο κάθε μαθητής μπορεί, λοιπόν, ανάλογα με τις ανάγκες, τις ικανότητές του, τις επιδιώξεις, να βρει το δικό του ιδιαίτερο δρόμο για την απόκτηση της γνώσης. Αντίστοιχα, ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου που επιτρέπει εύκολες διορθώσεις ενθαρρύνει το συλλογικό γράψιμο, καθιστά εύκολο το σχεδιασμό και την πραγματοποίηση αλλαγών στο κείμενο, στη μορφή και στον τρόπο παρουσίασης, αναβαθμίζει δηλαδή τη διαδικασία γραφής. Απαλλάσσει έτσι τους μαθητές από τις κοπιώδεις και χρονοβόρες διαδικασίες που απαιτούνται για τη διόρθωση και την αλλαγή των χειρόγραφων κειμένων και τους επιτρέπει να ασχοληθούν απερίσπαστοι με το σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του περιεχομένου των θεμάτων που θέλουν να πραγματοποιούν και να καταγράψουν.
3. Το τρίτο επίπεδο, τέλος, προσφοράς χαρακτηρίζει τις μεταβολές που μπορούν να προκαλέσουν οι διάφορες κατηγορίες προγραμμάτων τόσο στον τρόπο συμμετοχής τους μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία όσο και στη διαχείριση και τον τρόπο παρουσίασης των γνώσεων. Από τα απλούστερα προγράμματα -προγράμματα που επιτρέπουν τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως ηλεκτρονικού πίνακα- μέχρι τα πλέον σύνθετα -προγράμματα προσομοίωσης, προγράμματα που δημιουργούν ένα περιβάλλον πολυμέσων ή υπερμέσων- διαπιστώνουμε μια σταδιακή μετατόπιση της στάσης και συμπεριφοράς του μαθητή απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία. Από την παθητική παρατήρηση πηγαίνει στην ενεργητική συμμετοχή για να φτάσει τελικά στη δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που ανταποκρίνεται στις δικές του ανάγκες και επιδιώξεις. Για παράδειγμα, σ' ένα πρόγραμμα σωστού-λάθους, ο μαθητής παρατηρεί και μαθαίνει να ακολουθεί τους κανόνες που το πρόγραμμα έχει θέσει. Ένα περισσότερο εξελιγμένο πρόγραμμα -π.χ. ένα

πρόγραμμα προσομοίωσης- επιτρέπει στο μαθητή να επιδρά στο μαθησιακό του περιβάλλον καθορίζοντας τις τιμές των μεταβλητών (όχι όμως και τον αριθμό ή τις μεταξύ τους σχέσεις) και ελέγχοντας το είδος των εξαγόμενων αποτελεσμάτων. Σ' ένα πρόγραμμα λογιστικών φύλλων, επεξεργασίας κειμένου και πολύ περισσότερο σ' ένα πρόγραμμα που οδηγεί στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος υπερμέσων προσφέρεται στο μαθητή το κατάλληλο περιβάλλον να θέσει στόχους και να επιλέξει τον τρόπο επίτευξής τους, να καθορίσει δηλαδή ο ίδιος το διδακτικό αντικείμενο και να δημιουργήσει το δικό του περιβάλλον μάθησης.

Παράλληλα με τη μεταβολή της σχέσης μαθητή-διδακτικού αντικειμένου παρατηρείται μια αντίστοιχη μεταβολή στον τρόπο δόμησης και παρουσίασης της γνώσης. Από τις αυστηρές αρχές της «προγραμματισμένης διδασκαλίας», όπου η γνώση δομείται με βάση τη σαφή διάκριση μεταξύ σωστού-λάθους οδεύουμε σε προγράμματα των οποίων η ανάπτυξη στηρίζεται στην κατάτμηση της γνώσης σε βασικές, στοιχειώδεις έννοιες, έτσι ώστε οι διαφορετικές επιλογές να οδηγούν σε διαφορετικές εκφράσεις του σωστού. Η διάκριση μεταξύ σωστού-λάθους, χωρίς να εμφανίζεται, γίνεται δυσδιάκριτη στα προγράμματα που επιτρέπουν στο μαθητή να θέσει ο ίδιος τους στόχους της διδασκαλίας και να καθορίσει τον τρόπο επιτυχίας τους.

Ανεξάρτητα από το είδος και την κατηγορία προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται, το γενικότερο συμπέρασμα που θα μπορούσε να εξαχθεί είναι ότι η εισαγωγή της πληροφορικής στην εκπαίδευση έχει ως στόχο να ελευθερώσει το μαθητή από χρονοβόρες και κοπιώδεις διαδικασίες και να στρέψει το ενδιαφέρον του στην έρευνα, την ανάλυση και την ερμηνεία φαινομένων και γεγονότων. Συγκρινόμενη με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, που σ' ένα μεγάλο μέρος τους στηρίζονται στην αποστήθιση, η διδασκαλία με τη βοήθεια του υπολογιστή δίνει έμφαση στην ποιότητα της επικοινωνίας, στη δημιουργική έκφραση, στην αναλυτική και συνθετική σκέψη.

### 3.8 Οι Αντιλήψεις για τη Μέθοδο Παρέμβασης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία

Για να αξιοποιηθεί η **πληροφορική τεχνολογία** σύμφωνα με τους παραπάνω προβληματισμούς πρέπει να υπάρχει μια συνεχής και συνεπής μέθοδος παρέμβασης στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η διεθνής πρακτική δείχνει ότι τρία είναι τα δομικά στοιχεία της επιτυχίας.

- Συνεργατική ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού από πανεπιστημιακούς φορείς επιστημών της αγωγής, ανάπτυξης τεχνολογίας και από χώρους εκπαιδευτικής πρακτικής.
- **Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών** όχι στενά στη χρήση των υπολογιστικών εργαλείων αλλά στις νέες δυνατότητες διδακτικής αντίληψης και μεθοδολογίας που επιτρέπει η χρήση τους και οι οποίες ταυτόχρονα αναβαθμίζουν το ρόλο και το έργο του εκπαιδευτικού.

- Εφαρμογή στα σχολεία, όχι απλά για την ποσοτική βελτιστοποίηση της καθιερωμένης διδασκαλίας, αλλά για την ποιοτική διαμόρφωση αναλυτικών προγραμμάτων και της όλης στάσης απέναντι στη μάθηση και τη διδασκαλία.

Όπως μας διδάσκει η εμπειρία από άλλες χώρες, κρίσιμος παράγοντας για το έναυσμα της συνειδητοποίησης του ποιοτικού ρόλου που μπορεί να παίξει η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι η εισαγωγή προσεγμένων και ολοκληρωμένων εφαρμογών σε μικρή κλίμακα. Με τη χρήση των εφαρμογών αυτών μπορεί να επιτευχθεί η εγρήγορση και η ενεργητική αντιμετώπιση της γνώσης από μαθητές και εκπαιδευτικούς.

Οι επιμέρους στόχοι είναι:

- Ανάπτυξη υπολογιστικών εργαλείων για διερευνητική μάθηση. Πρόκειται για εργαλεία σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να υποβοηθούν τη μετεξέλιξη του ρόλου του εκπαιδευτικού σε συνεχώς επιμορφωμένο παιδαγωγό (από απλό μεταφορέα γνώσης) και την ενθάρρυνση των μαθησιακών διαδικασιών δημιουργικής δόμησης της γνώσης και οργάνωσης της πληροφορίας μέσα από μια κοινωνική (συνεργατική) διαδικασία μάθησης.
- Ολοκληρωμένο πρότυπο χρήσης της πληροφορικής τεχνολογίας στην εκπαίδευση. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές γίνονται ταυτόχρονα εργαλείο για ποιοτική αναβάθμιση της διδακτικής, μαθησιακής και ευρύτερης εκπαιδευτικής διαδικασίας, την εκφραστική ενδυνάμωση των μαθητών και την απόκτηση βασικών ικανοτήτων χρήσης της τεχνολογίας αυτής, στοιχείων απαραίτητων σε κάθε πολίτη του αύριο.
- Ολοκληρωμένη προσέγγιση και πιστοποίηση ποιότητας. Η σύγχρονη αντίληψη για την ανάπτυξη τέτοιου είδους λογισμικού απαιτεί μια διαδικασία διεπιστημονική ανάμεσα στους χώρους της τεχνολογίας, της παιδαγωγικής, της κοινωνιολογίας της εκπαίδευσης, της γνωστικής ψυχολογίας και της παιδαγωγικής του εκάστοτε γνωστικού περιεχομένου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ανατροφοδότηση μεταξύ των σχεδιαστών και του χώρου χρήσης των λογισμικών, δηλαδή του σχολείου.

Αναμφίβολα, ο ρυθμός με τον οποίο η υπολογιστική τεχνολογία εισρέει στις διαδικασίες **εκπαίδευσης** αυξάνεται εκθετικά. Ο ρόλος όμως και ο τρόπος χρήσης αυτής της τεχνολογίας στο χώρο της Παιδείας είναι ένα ζήτημα που χρειάζεται και επιδέχεται κοινωνική διαμόρφωση, οραματισμό και επιρροή από επιστημονικά αρμόδιους φορείς στα πλαίσια μιας στρατηγικής.

Έως τώρα αναφερθήκαμε στις **μεθόδους διδασκαλίας** με έμφαση τις σύγχρονες μεθόδους και τεχνικές διδασκαλίας, και είδαμε αναλυτικά τη **συμβολή της τεχνολογίας** και της πληροφορικής στη **μαθησιακή διαδικασία** και τις μεγάλες δυνατότητες που παρέχουν.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα αναφερθούμε σε αρκετά άρθρα από πρακτικά συνέδριων σε θέματα «διδασκτικής της Πληροφορικής» και άλλες επιστημονικές έρευνες, που σχετίζονται με το θέμα της εργασίας μας, δηλ. **μαθήματα με χρήση υπολογιστή και ειδικού εκπαιδευτικού λογισμικού**.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ (ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ)

- ❖ Κάθε χρόνο το **ΠΕΚΑΠ** (Πανελλήνια Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής) διοργανώνει **συνέδρια** σε διάφορες πόλεις της Ελλάδος, ώστε να αναδειχθούν και να συζητηθούν όλα τα θέματα που έχουν σχέση με τη διδασκαλία και τη **διδασκτική της Πληροφορικής**.

**9<sup>ο</sup>** Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής ΠΕΚΑΠ

**Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ**

24 έως 26 Απριλίου 2015 | **ΚΑΣΤΟΡΙΑ**  
Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

**Διοργάνωση**

- Πανελλήνια Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής
- Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (Παιδαγωγική Σχολή και Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών)
- Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας (Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τμήμα Ψηφιακών Μέσων & Επικοινωνίας)
- Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. (Παράρτημα Δυτικής Μακεδονίας)

**Υπο την αιγίδα**

Χρυσός χορηγός: EPSON  
Αργυρός χορηγός: ORACLE  
Χάλκινοι χορηγοί: Altec Software, market2.gr, C.A.T.A.  
Χορηγοί επικοινωνίας: dti, Eyo, Opaeditelematic, ΦΩΝΗ-ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

Τα συνέδρια αυτά απευθύνονται σε :

- Καθηγητές Πληροφορικής
- Στελέχη της εκπαίδευσης
- Επιστήμονες και ερευνητές με ενδιαφέρον για την Πληροφορική στην εκπαίδευση
- Φοιτητές και σπουδαστές Πληροφορικής

**Σκοπός** του κάθε **συνεδρίου** είναι να προσφέρει ένα δημόσιο βήμα για να συζητηθούν θέματα που αφορούν:

- Τις ψηφιακές τεχνολογίες στη διδασκαλία και τη μάθηση
- Τις καινοτόμες διδακτικές μεθοδολογίες και τεχνικές που προωθούν νέες αντιλήψεις για την εκπαίδευση
- Το ψηφιακό και πληροφορικό «γραμματισμό» εκπαιδευτικών και μαθητών.



**11<sup>ο</sup>** Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής

**Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ**

5-7 Μαΐου 2017 | **ΧΑΛΚΙΔΑ**  
Συνεδριακό Κέντρο Περιφερειακής Ενότητας Εύβοιας

Υπό την αιγίδα: Πανεπιστήμιο Χαλκίδας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΠΕΚΑΠ

Διοργάνωση:

- Πανελλήνια Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική)
- Τ.Ε.Ι. Στερεάς Ελλάδας (Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού)

Χρυσός χορηγός: myip  
Αργυρός χορηγός: ORACLE ACADEMY, EPSON  
Χάλκινοι χορηγοί: CONCEPTUM, IK  
Χορηγοί επικοινωνίας: di.tyo, GreekInformatics

**12<sup>ο</sup>** Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής

**Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ**

4-6 Μαΐου 2018 | **ΑΙΓΑΛΕΩ**  
Συνεδριακό Κέντρο π. Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Υπό την αιγίδα: Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΠΕΚΑΠ

Διοργάνωση:

- Πανελλήνια Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής
- Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών)

Χρυσός χορηγός: EPSON  
Αργυρός χορηγός: ORACLE ACADEMY  
Χάλκινοι χορηγοί: CONCEPTUM, IK  
Χορηγοί επικοινωνίας: di.tyo, GreekInformatics

- ❖ Ένας άλλος θεσμός είναι τα Πανελλήνια Συνέδρια στη «**Διδακτική της Πληροφορικής**», τα οποία διοργανώνει η «Ελληνική Επιστημονική Ένωση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση» (**ΕΤΠΕ**) σε συνεργασία πάντα με **τμήμα Πανεπιστημίου**.

Το έναυσμα για την καθιέρωση αυτών των συνεδρίων αποτέλεσε η 1η Ημερίδα «Διδακτική της Πληροφορικής», που οργανώθηκε στην Αθήνα το 2001. Ακολούθησε μια Δημερίδα το 2003 στο Βόλο, που αποτελεί και την ουσιαστική αρχή του θεσμού. Από τότε το Συνέδριο **πραγματοποιείται κάθε δύο χρόνια** και έχει φιλοξενηθεί από διάφορα Πανεπιστήμια σε πολλές ελληνικές πόλεις: Κόρινθος (2005), Πάτρα (2008), **Αθήνα (2010)**, Φλώρινα (2012), Ρέθυμνο (2014) και Ιωάννινα (2016).

Στόχος του Συνεδρίου «**Διδακτική της Πληροφορικής**» είναι να αποτελέσει το βήμα παρουσίασης και διαλόγου σχετικά με ερευνητικές μελέτες και εργασίες, προτάσεις, αναλύσεις και θεωρητικά πλαίσια που σχετίζονται με τη Διδακτική της Πληροφορικής και τη διδασκαλία της Πληροφορικής σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Το Συνέδριο απευθύνεται στην επιστημονική και εκπαιδευτική κοινότητα που ασχολείται με την έρευνα στη διδακτική της Πληροφορικής και τη διδασκαλία της Πληροφορικής στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια εκπαίδευση και επιμόρφωση.

- ❖ Άλλη πηγή πληροφόρησης αποτελεί το περιοδικό "**Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση**" (<http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete>).

Το περιοδικό αυτό στοχεύει να αποτελέσει ένα φόρουμ διαλόγου, επικοινωνίας, ανταλλαγής ιδεών, αλληλεπίδρασης και συνεργασίας δύο μεγάλων επιστημονικών κοινοτήτων, οι οποίες είναι από τις πιο δυναμικές στη χώρα μας. Φιλοδοξεί να προσελκύσει και να δημοσιεύσει πρωτότυπες εργασίες, ερευνητικές μελέτες, αναφορές και βιβλιοκριτικές που επικεντρώνονται στο ευρύτερο επιστημονικό πεδίο των φυσικών-περιβαλλοντικών επιστημών και των τεχνολογιών στην εκπαίδευση.

- ❖ Επιπλέον, υλοποιούνται και **Συνέδρια «Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»**, όπου αρκετές φορές παρουσιάζονται θέματα που άπτονται του χώρου των καθηγητών Πληροφορικής και τους παρέχει ενημερώσεις στο κομμάτι των διδακτικών μεθοδολογιών.

**Ακολουθούν ορισμένα ενδεικτικά άρθρα** όπου αναφέρονται θέματα που σχετίζονται με την παρούσα διπλωματική εργασία, όπως είναι τα οφέλη ενός «εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης», τα οφέλη των ψηφιακών βίντεο (π.χ. βίντεο με προσομοιώσεις) και η χρησιμότητα ενός εργαλείου «ηλεκτρονικής μάθησης» (όπου μπορεί ένας εκπαιδευτικός να «ανεβάζει» υλικό για τους μαθητές του).

Τα παρακάτω 4 άρθρα είναι από το **5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο** στη «Διδακτική της Πληροφορικής» που έλαβε χώρα στην Αθήνα, στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ) στις 9-11 Απριλίου 2010 (οργανώθηκε από το τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΠΑ σε συνεργασία με την «Ελληνική Επιστημονική Ένωση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση»).

- **Τίτλος:** «Διερεύνηση της Οικοδόμησης Γνώσης σχετικά με το Υλικό του Η/Υ από μαθητές της Β΄ Γυμνασίου με τη βοήθεια Εκπαιδευτικού Λογισμικού, του Διαδικτύου και Εφαρμογών Γραφείου» (σελ. 127- 135, *Δ. Λιόβας, Π. Πολίτης και Β. Κόλλιας*)

Στο άρθρο αυτό ερευνάται και μελετάται η αξία της χρήσης ενός «**εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης**» για το υλικό του υπολογιστή (hardware). Και στη δική μας περίπτωση, για το μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών» γίνεται χρήση ενός κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης, που είναι το Cisco Packet Tracer (μιας και οι μαθητές δεν έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν με πραγματικές δικτυακές συσκευές).

Σε αυτήν την σχετική μελέτη, αναφέρεται πως οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει ικανοποιητικά νοητικά μοντέλα **για το υλικό και τη λειτουργία του υπολογιστή** (Bonar & Soloway, 1985; Rogalski & Vergnaud, 1987). Οι αναπαραστάσεις, που οικοδομούν οι χρήστες υπολογιστών σχετικά με το τεχνολογικό μέσο που χρησιμοποιούν, εξαρτώνται, τόσο από τις λειτουργίες και τις αναδράσεις του στις ενέργειες των χρηστών όσο και από τα έργα και τις πράξεις που οι χρήστες στοχεύουν να υλοποιήσουν με τη βοήθεια αυτού (Lévy, 1995). Σε σχετική έρευνα (Γρηγοριάδου & Κανίδης, 2002) αναδεικνύεται πως **οι μαθητές αντιμετωπίζουν συχνά δυσκολίες κατανόησης κατά τη διδασκαλία εννοιών** σχετικών με τη λειτουργία εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή, τις οποίες (εσωτερικές μονάδες) ο μαθητής δεν μπορεί να δει και με τις οποίες **δεν μπορεί να πειραματιστεί άμεσα**. Στην ίδια

έρευνα διαπιστώνεται ότι, τα στατιστικά διαγράμματα - στιγμιότυπα μιας λειτουργίας που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια, και με τα οποία γίνεται η περιγραφή των λειτουργιών του Η/Υ, δεν βοηθούν τους μαθητές στο να σχηματίσουν ορθά νοητικά μοντέλα σε σχέση με τις έννοιες αυτές, και **οι ερευνητές προτείνουν τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης** της εσωτερικής λειτουργίας και του υλικού των υπολογιστών, όπως είναι το **Δ.Ε.Λ.Υ.Σ** («Διαδραστικό Εκπαιδευτικό Λογισμικό για Υπολογιστικά Συστήματα»).

Έγινε, λοιπόν, κατάλληλη **«διδασκτική παρέμβαση»** με στόχο την εκμάθηση των χαρακτηριστικών και του τρόπου διασύνδεσης του επεξεργαστή, της κάρτας γραφικών και της μνήμης RAM, στη μητρική πλακέτα ενός Η/Υ, με τη βοήθεια αυτού του **Εκπαιδευτικού Λογισμικού**. Η παρέμβαση έγινε σε μαθητές της Β' τάξης Γυμνασίου, και πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου. Περιελάμβανε ερωτηματολόγια καταγραφής αρχικών και τελικών γνώσεων, αντιλήψεων και ιδεών, το **πολυμεσικό Εκπαιδευτικό Λογισμικό «Δ.Ε.Λ.Υ.Σ»**, φύλλο εργασιών – δραστηριοτήτων, λογισμικό περιήγησης στον Παγκόσμιο Ιστό (Internet Explorer), μια εφαρμογή δημιουργίας Παρουσιάσεων (PowerPoint 2003), καθώς και φύλλο παρατήρησης της διδασκαλίας.

**Το αποτέλεσμα της παρέμβασης κρίθηκε άκρως ικανοποιητικό**, καθώς επετεύχθη το σύνολο -σχεδόν- των παιδαγωγικο- διδασκικών στόχων.

- **Τίτλος:** «Διδασκαλία Μαθημάτων Τεχνικών Ειδικοτήτων με τη Χρήση Η/Υ» (σελ. 230-233, Α. Πλαγιάς)

Το άρθρο αυτό διερευνά την αποτελεσματικότητα της **διδασκαλίας ορισμένων μαθημάτων της ειδικότητας** των ηλεκτρολόγων με τη βοήθεια λογισμικού και Η/Υ. Στο θεωρητικό τμήμα της εργασίας αναλύθηκε ο ρόλος των υπολογιστών, η χρήση τους στην εκπαίδευση, αλλά και προβλήματα που προκύπτουν από αυτή. Στη συνέχεια αναφέρθηκαν οι συνθήκες παραγωγής **εκπαιδευτικού λογισμικού και συγκεκριμένα η χρησιμότητά του από τους εκπαιδευτικούς στα ΕΠΑ.Λ.**, στην ειδικότητα των ηλεκτρολόγων, των μηχανολόγων και των ηλεκτρονικών. Επίσης, παρουσιάστηκε και το θέμα της **επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στις Νέες Τεχνολογίες**.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι οι **εκπαιδευτικοί τοποθετούνται θετικά** ως προς την εφαρμογή των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αυτό συμφωνεί με την έρευνα του Ropp, ο οποίος διαπίστωσε πως πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν θετικές στάσεις για τις ΤΠΕ, αλλά **δεν** θεωρούν ότι είναι **επαρκώς προετοιμασμένοι** ώστε να διδάξουν με χρήση τεχνολογικών εργαλείων (Ropp, 1999).

Επιπλέον, τα στοιχεία της έρευνας δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί, μετά το πέρας της τεχνολογικής κατάρτισης, ναι μεν **έχουν θετική στάση, ως προς την ένταξη των ΤΠΕ στο σχολείο**, αλλά παράλληλα αναγνωρίζουν πως για να υπάρξει επιτυχημένη εφαρμογή τους και να έλθουν τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα θα πρέπει να προχωρήσουν σε **επιμόρφωση παιδαγωγικού χαρακτήρα**, με έμφαση στη μαθησιακή αξιοποίηση των ΤΠΕ. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ενσωμάτωση των ΤΠΕ μπορεί να βοηθήσει στο να **ξεπεραστούν υλικά και τεχνικά εμπόδια στη διδασκαλία και τη μάθηση**. Δεν είναι όμως

καθόλου προφανές σε ευρεία κλίμακα ότι οι ΤΠΕ, τα δίκτυα και τα υπερμέσα από μόνα τους είναι ικανά εργαλεία που προσδίδουν αξία στην εκπαιδευτική διαδικασία ή στην ποιότητα της εκπαίδευσης και στα αποτελέσματά της (Klein & Godinet, 2000). Οι νέες τεχνολογίες δεν αποτελούν από μόνα τους ένα παιδαγωγικό μέσο. Είναι η χρήση τους που τους προσδίδει μια τέτοια προοπτική. Σε κάθε περίπτωση, εφόσον **ο εκπαιδευτικός είναι αυτός που αποφασίζει** αν ο στόχος του επιτεύχθηκε, θα είναι ο ίδιος αυτός που θα καθορίζει και **την πιο αποτελεσματική διδακτική στρατηγική για τη μάθηση** (Leu, Karchmer & Leu, 1999).

- **Τίτλος:** «Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών Πληροφορικής: Χαρακτηριστικά και Προτιμήσεις» (σελ. 419-428, Γ. Φεσάκης, Τσ. Καρακίζα).

Και σε αυτήν την μελέτη-έρευνα τονίζεται η ανάγκη για **επαγγελματική αναβάθμιση των εκπαιδευτικών Πληροφορικής**. Η έρευνα έγινε σε 178 εκπαιδευτικούς Πληροφορικής με τη χρήση κατάλληλου ερωτηματολογίου και ως αποτέλεσμα αναδείχθηκε, αν και δεν ήταν αναμενόμενο, ότι μικρό ποσοστό των εκπαιδευτικών αξιοποιεί διάφορες ηλεκτρονικές υπηρεσίες. **Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στο έργο «επιμόρφωση εκπαιδευτικών Πληροφορικής» δε φάνηκε να έχουν μείνει ικανοποιημένοι από τις επιστημονικές γνώσεις, τις τεχνικές δεξιότητες και την παιδαγωγική κατάρτιση που έλαβαν**. Πάνω από τους μισούς έχουν μεγάλο ενδιαφέρον να επικαιροποιήσουν τις επιστημονικές τους γνώσεις και να επιμορφωθούν σε θέματα παιδαγωγικών και διδακτικής σε μελλοντικές επιμορφωτικές δράσεις. Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους επιθυμούν μελλοντική επιμόρφωση είναι η προσωπική τους ανέλιξη, αλλά και η επιστημονική συνδρομή τους στο έργο συναδέλφων άλλων ειδικοτήτων.

- **Τίτλος:** «Υποστήριξη Εκπαιδευτικών Πληροφορικής στη δημιουργία Σχεδίων Μαθημάτων που ενθαρρύνουν την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης στο περιβάλλον LAMS (Σ. Παπαδάκης και Μ. Κορδάκη, σελ. 390-398).

Σύμφωνα με τους Herrington, Reeves & Oliver (2005) σε πολλές χώρες του κόσμου μετά την αύξηση της διαθεσιμότητας των ΤΠΕ και τη βελτίωση της πρόσβασης στο Διαδίκτυο, **οι εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν συχνότερα διδακτικές παρεμβάσεις που βασίζονται στην ηλεκτρονική μάθηση (η-μάθηση) ως συμπλήρωμα της δουλειάς τους στην τάξη** ή και σε αντικατάσταση ενός μέρους της. Υπάρχουν αρκετά σύγχρονα **εργαλεία η-μάθησης** και ένα από αυτά –το οποίο αναφέρεται σε αυτήν την έρευνα- είναι το LAMS.

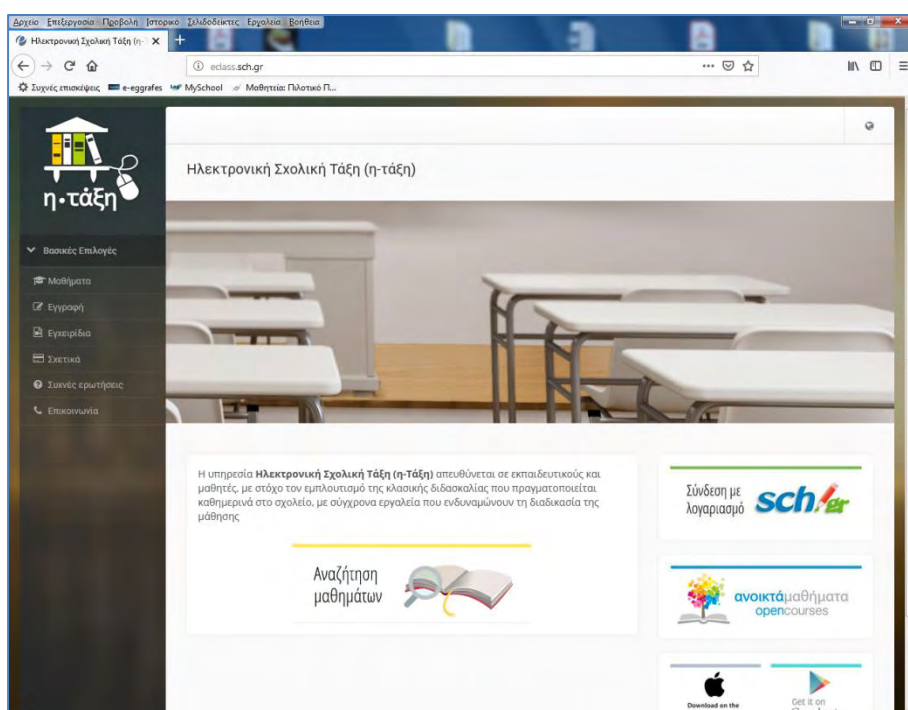
Το LAMS (Learning Activity Management System) είναι ένα Διαδικτυακό περιβάλλον μάθησης ανοικτού κώδικα, το οποίο **επιτρέπει τη σχεδίαση, διαχείριση και πραγματοποίηση συνεργατικών μαθησιακών δραστηριοτήτων**. Το LAMS παρέχει στους εκπαιδευτικούς ένα ιδιαίτερα διαισθητικό **εικονικό περιβάλλον συγγραφής ακολουθιών μαθησιακών δραστηριοτήτων** (learning scripts), οι οποίες στηρίζονται στο πρότυπο IMS Learning Design. **Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργούν, να προσαρμόζουν και να μοιράζονται ακολουθίες μαθησιακών δραστηριοτήτων**. Οι

δραστηριότητες που σχεδιάζονται με το LAMS μπορούν να περιλαμβάνουν ατομικές εργασίες, εργασίες μικρών και μεγάλων ομάδων, βασισμένες σε συγκεκριμένο περιεχόμενο και πρότυπα συνεργασίας.

Η σχετική έρευνα που έγινε ανέδειξε ότι, τελικώς, *οι εκπαιδευτικοί της Πληροφορικής χρειάζονται εκπαίδευση και υποστήριξη από συγκεκριμένα εργαλεία και παραδείγματα για την κατασκευή κατάλληλων σχεδίων μαθημάτων.*

Στην Ελλάδα, στο χώρο της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης υπάρχει σχετικό εργαλείο ηλεκτρονικής μάθησης, το «η-τάξη» (*eclass.sch.gr*) για τους εκπαιδευτικούς, ως ένας τρόπος να εμπλουτίσει ο εκπαιδευτικός το μάθημά του και να προσφέρει στους μαθητές του επιπλέον υλικό για μελέτη, ερωτήσεις, ακόμη και να «ανεβάσει» κάποια εκπαιδευτικά βίντεο που να έχουν σχέση με το μάθημα.

Και εγώ προσωπικά, έχω ανεβάσει τα βιντεομαθήματα που έχω δημιουργήσει στην παρούσα διπλωματική εργασία στο *περιβάλλον «η-τάξη»* για να μπορέσουν οι μαθητές μου να τα δουν –όποτε το θελήσουν- και να ωφεληθούν από αυτά.



Η πλατφόρμα «ηλεκτρονικής μάθησης» του Π.Σ.Δ

## ➤ Η Παιδαγωγική Αξιοποίηση του Ψηφιακού Βίντεο στην Εκπαίδευση

Μιας και η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει τη δημιουργία εκπαιδευτικών βιντεομαθημάτων, για χρήση τους στα μαθήματα ως εργαλείο μάθησης, γίνεται αναφορά στο άρθρο «*Η Παιδαγωγική Αξιοποίηση του Ψηφιακού Βίντεο στην Εκπαίδευση*» - που βρίσκεται στην διεύθυνση url:

<http://epri.korinthos.uop.gr/BlogsPortal/mps2017/2017/05/02/η-παιδαγωγικη-αξιοποιηση-του-ψηφιακου/>

Στο άρθρο αυτό αναφέρεται η διαπίστωση πως «τα τελευταία χρόνια το ψηφιακό βίντεο **βρίσκει εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς**, και ειδικά στους χώρους της εκπαίδευσης». Έχοντας το πλεονέκτημα του συνδυασμού ήχου και εικόνας, **το βίντεο έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορα εκπαιδευτικά πλαίσια υποστήριξης της μάθησης** (Bates, 1985) ως ένα δυναμικό εργαλείο οπτικοποίησης, αφήγησης, αφαίρεσης και αναγνώρισης, καθώς κερδίζει την προσοχή των μαθητών και δυναμώνει την μαθησιακή εμπειρία. Μέσω του διαδικτύου, ο καθένας μπορεί να έχει πρόσβαση σε πάρα πολλούς έτοιμους ψηφιακούς πόρους (ταινίες, εκπαιδευτικά βίντεο κ.α.), αλλά και να δημιουργήσει με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού τα δικά του βίντεο (ταινίες μικρού μήκους, animation, **μικροδιδασκαλίες** κ.α.).

Το βίντεο, ως μέσο οπτικοακουστικού λόγου, επιδιώκει και πετυχαίνει τη διατύπωση νοημάτων, τα οποία μένει να αποκωδικοποιήσει ο θεατής. Με την εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας να έχει μειώσει σημαντικά το κόστος παραγωγής, το βίντεο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί στην σχολική τάξη με στόχο την καταγραφή και ανάλυση αλληλεπιδράσεων (Pea & Hay, 2002), αλλά και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, της δημιουργικότητας και της συνεργατικής μάθησης (BECTA, 2004).

**Τα παιδαγωγικά πλεονεκτήματα** από την χρήση του ψηφιακού βίντεο είναι τα ακόλουθα:

i. **Διευκόλυνση της σκέψης και επίλυσης προβλημάτων**

Οι Shepard και Cooper (1982) αλλά και οι Mayer και Gallini (1990) συνέδεσαν την “οπτική απόδειξη” με τη διαδικασία της μνήμης και την ανάκληση της νέας γνώσης. Ο Allam (2006) παρατήρησε ότι η δημιουργική χρήση της κινούμενης εικόνας και ήχου με σκοπό να παρουσιάσει ένα θέμα είναι «πολύ ενδιαφέρουσα και διορατική». Προσθέτει, επίσης, ότι ενεργοποιεί τους μαθητές στο να αποκτήσουν μια σειρά από μεταβιβάσιμες δεξιότητες ειδικά όταν το σκηνοθετούν οι ίδιοι. Αυτές περιλαμβάνουν τις δεξιότητες της έρευνας, της συλλογικής εργασίας, της επίλυσης προβλημάτων και της απόκτησης οργανωτικών ικανοτήτων (Bijmens, ND).

ii. **Υποστήριξη μέσω αυθεντικής μάθησης – Ενίσχυση πρακτικών δεξιοτήτων**

Σε ορισμένες περιπτώσεις, το **βίντεο** μπορεί να είναι το ίδιο **καλός εκπαιδευτής** στο να μεταδώσει γεγονότα ή να κάνει **επίδειξη μιας διαδικασίας** υποστηρίζοντας την αυθεντική μάθηση. **Ο μαθητής** σε αυτή την περίπτωση, **μπορεί να δει** τις μεθόδους, τις διαδικασίες και τα στάδια μιας συγκεκριμένης εργασίας **όσες φορές χρειάζεται** (π.χ. βίντεο μελέτης περίπτωσης ή βίντεο με προσομοιώσεις). Επιπλέον, οι διαδραστικές λειτουργίες των σύγχρονων web-based συσκευών αναπαραγωγής πολυμέσων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προώθηση της προσέγγισης της «ενεργούς προβολής» (Galbraith, 2004).

iii. **Εμπνέει και βοηθά στην εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία**

Ο Willmot και άλλοι (2012) απέδειξαν πως η χρήση του ψηφιακού βίντεο μπορεί να εμπνεύσει και να εμπλέξει τους μαθητές, όταν ενσωματώνεται σε δραστηριότητες μαθητοκεντρικής μάθησης μέσω:

- αυξημένων κινήτρων για το μαθητή
- βελτίωσης της μαθησιακής εμπειρίας
- υψηλότερης βαθμολογίας
- δυναμικής ανάπτυξης, της σε βάθος μάθησης του αντικειμένου
- ανάπτυξης της αυτονομίας του μαθητή
- ενίσχυσης των επικοινωνιακών δεξιοτήτων
- απόκτησης κριτικής αξιολόγησης
- καλλιέργειας των ικανοτήτων για δημιουργική παραγωγή

Το συμμετοχικό μοντέλο μάθησης παρέχει μια χρήσιμη προοπτική για την επέκταση της *χρήσης του βίντεο στην εκπαίδευση* με διαδραστικούς, ολοκληρωμένους, και δημιουργικούς τρόπους. Η ιδέα της *χρήσης βίντεο στην τάξη* είναι συχνά ένας σημαντικός παράγοντας *παρακίνησης για ενεργό συμμετοχή* στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μαθητές είναι γενικά πιο ενθουσιώδεις μέσα από τη χρήση των νέων τεχνολογιών παρά με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Όπως είπε το 2004 ο S. Smaldino «το βίντεο μπορεί να μεταφέρει τον μαθητή σχεδόν οπουδήποτε και να επεκτείνει τα ενδιαφέροντά του πέρα από τους τοίχους της τάξης».

➤ **Το εκπαιδευτικό πρότυπο του μικροΚόσμου και οι Προσομοιώσεις/Οπτικοποιήσεις στο μάθημα των Φυσικών της Π/θμιας Εκπ/σης»**

Πρόκειται για μία μελέτη που αναφέρεται στα πρακτικά του 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών» που έλαβε χώρα στην Παιδαγωγική Σχολή του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (Φλώρινα) στις 7-10 Μαΐου 2009. Στην μελέτη αυτή παρουσιάζεται η ανάγκη οπτικοποίησης των προτύπων, η οποία είναι επιτακτική στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Γίνεται, επίσης, παρουσίαση μιας πρότασης εφαρμογής του εκπαιδευτικού προτύπου του μικροΚόσμου στο μάθημα των Φυσικών Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού, όπου κρίνεται απαραίτητη η υποστήριξή της με εκπαιδευτικό λογισμικό προσομοιώσεων- οπτικοποιήσεων. Προτείνονται τα κατάλληλα εκπαιδευτικά λογισμικά που εξυπηρετούν τον σκοπό αυτό, καθώς και πρακτικές εφαρμογές αυτών σε περιβάλλον σχολικής τάξης.

Αυτή η μελέτη έγινε στα πλαίσια των «πολλαπλών προσεγγίσεων της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών». Βγαίνει, έτσι, το συμπέρασμα πως προφανώς η χρήση κατάλληλου «εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοιώσεων» (και οπτικοποιήσεων) βοηθάει πολύ σε ορισμένα μαθήματα, ιδιαίτερα όταν αυτά είναι δύσκολα στην κατανόηση.

Δίνεται ένα μικρό απόσπασμα από το άρθρο αυτό:

«Μέσα από τα αποτελέσματα πρόσφατων ερευνών καταδεικνύεται πως η χρήση των εικονικών υλικών σε εικονικό εργαστήριο (Πειραματισμός σε Εικονικό Εργαστήριο – ΠΕΕ) και

συγκεκριμένα η χρήση αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στον Η/Υ έχουν θετική επίδραση τόσο στις γνώσεις περιεχομένου για το υπό μελέτη θέμα όσο και στο συναισθηματικό τομέα (Bell & Trundle 2008, Tao & Gunstone 1999, Vreman-de Olde & De Jong 2004, Zacharia et al. 2008)».

- Τέλος, το νεοσύστατο **Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής** (το οποίο δημιουργήθηκε από την συνένωση των ΑΤΕΙ Αθηνών και ΑΤΕΙ Πειραιά) διοργάνωσε μια σειρά διαλέξεων τον Μάιο και Ιούνιο του 2018 με τον τίτλο :

### **Εκπαίδευση στις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) «Παιδαγωγικά μέσω Καινοτόμων Προσεγγίσεων, Τεχνολογίες και Εκπαίδευση»**

Τρία από τα ποικίλα θέματα που παρουσιάστηκαν ήταν:

- «Δημιουργία Εκπαιδευτικών Βίντεο» και
- «Πλατφόρμες Ηλεκτρονικών Μαθημάτων και διαφανειών»
- «Εικονικά Περιβάλλοντα Μάθησης»

Απόσπασμα από το διαφημιστικό έντυπο παρουσιάζεται ευθύς παρακάτω:

#### **Θεματικές Ενότητες**

Τα θέματα που αναπτύσσονται είναι:

- Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών – Τεχνολογίες του Μέλλοντος
- Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση
- Δημιουργία Εκπαιδευτικών Ιστοσελίδων (εργαστήριο)
- Η εκπαίδευση στην Κοινωνία της Πληροφορίας
- WWW: Web-quest, *Πλατφόρμες Ηλεκτρονικών Μαθημάτων και διαφανειών*, μηχανές αναζήτησης και τεχνικές, σύγχρονες διαδικτυακές υπηρεσίες εκπαίδευσης
- Επίδειξη πλατφόρμας συνεργατικής μάθησης
- Σχεδιασμός online εκπαιδευτικών παρεμβάσεων
- *Δημιουργία Εκπαιδευτικών Βίντεο* (εργαστήριο)
- Ευφυή Διδακτικά Συστήματα
- *Εικονικά Περιβάλλοντα Μάθησης*

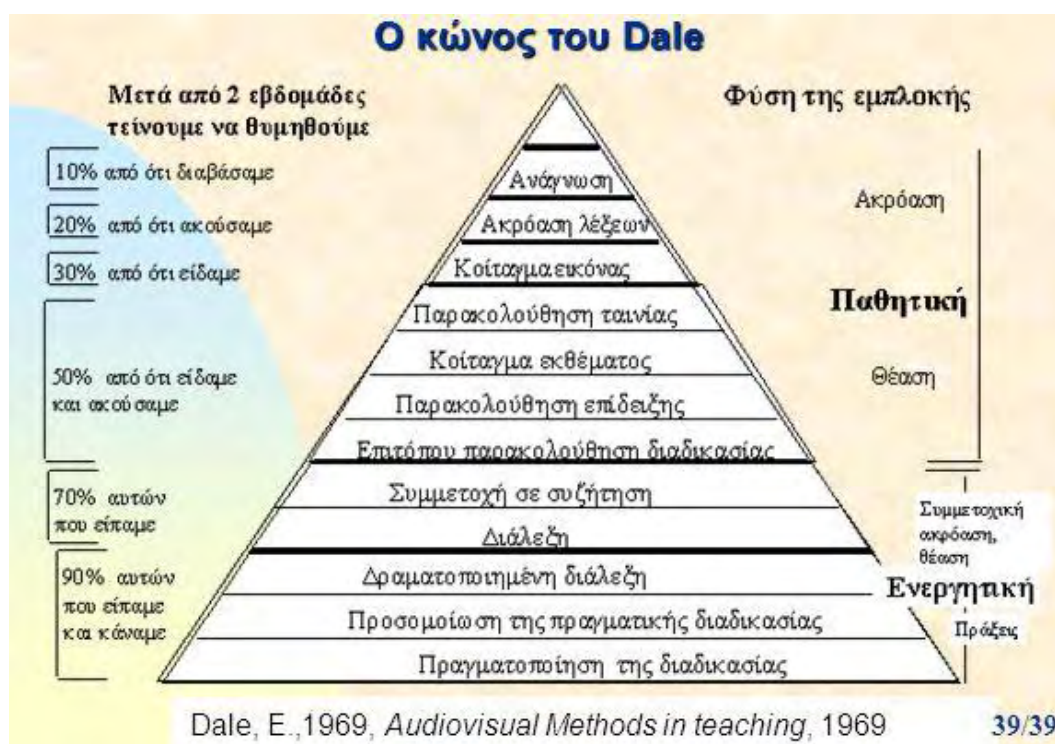
Από όλες τις παραπάνω αναφορές διαφαίνεται η χρησιμότητα και τα μαθησιακά οφέλη που παρέχει η **ενεργός εμπλοκή και συμμετοχή των μαθητών** με ειδικά λογισμικά προσομοίωσης,



όπου προσφέρεται ένα εικονικό περιβάλλον που σε αυτό οι μαθητές μπορούν να πειραματίζονται άφοβα, χωρίς τους κινδύνους που υπάρχουν στην πραγματική επαφή με τα αντικείμενα. **Δηλ. το λογισμικό προσομοίωσης ή το εικονικό περιβάλλον αποτελεί ένα εκπαιδευτικό εργαλείο που μπορεί να υποστηρίξει την εκπαιδευτική διαδικασία και να ενισχύσει την μάθηση.**

Επιπλέον, διαφαίνεται η αξία και τα «**παιδαγωγικά οφέλη της χρήσης ψηφιακών βίντεο**», όπως και η χρησιμότητα της «**πλατφόρμας ηλεκτρονικών μαθημάτων**» ως επιπλέον τρόπος υποστήριξης των μαθητών με επιπλέον υλικό πληροφόρησης και ασκήσεων.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται, όπως υποστηρίζει ο E. Dale, ότι ο άνθρωπος θυμάται καλύτερα και για περισσότερο καιρό όλα εκείνα τα «**πράγματα**» με τα οποία ενεπλάκηκε πιο ενεργά.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια περιγραφή των βασικών εννοιών στα Δίκτυα Υπολογιστών, όπως διαστρωμάτωση, μοντέλα αναφοράς, επίπεδα, πλαίσια, πακέτα και θα εστιάσουμε στην περιγραφή «*ειδικών θεμάτων δικτύων*», όπως τα πρωτόκολλα δρομολόγησης RIP και OSPF, τα εικονικά τοπικά δίκτυα (VLAN), το πρωτόκολλο NAT (Network Address Translation), το πρωτόκολλο Spanning Tree Protocol (STP) και τις «λίστες ελέγχου πρόσβασης» (ACLs).

### 5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

Ως **δίκτυο υπολογιστών** εννοούμε σύστημα επικοινωνιών το οποίο διαθέτει συσκευές τηλεπικοινωνιών, τηλεπικοινωνιακούς κόμβους καθώς και φυσικά μέσα διέλευσης της πληροφορίας (ενσύρματα ή ασύρματα μέσα). Τέτοια δίκτυα είναι το Διαδίκτυο (Internet), τα ιδιωτικά εταιρικά δίκτυα όπως τα τραπεζικά, τα σύγχρονα δίκτυα σταθερής και κινητής τηλεφωνίας, δίκτυα αισθητήρων, τηλεμετρίας, κτλ. Οι κύριες ιδιότητες ενός δικτύου είναι να επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να εκμεταλλεύονται την επεξεργαστική ικανότητα άλλων υπολογιστών, να έχουν πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων κτλ. Η μορφή σύνδεσης μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου ονομάζεται **τοπολογία δικτύου**.

Σε ένα δίκτυο υπολογιστών συναντάμε πρότυπα και τυποποιήσεις που διέπουν το τηλεπικοινωνιακό τμήμα και την υλοποίηση του υλικού μέρους, καθώς επίσης, και κανόνες επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών οι οποίοι ονομάζονται **πρωτόκολλα επικοινωνίας**.

Κάποια χρονική στιγμή (αρχές δεκαετίας του '80) διαμορφώθηκε το **μοντέλο αναφοράς** για τη Διασύνδεση Ανοικτών Συστημάτων (**OSI – Open System Interconnection**) από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (**ISO – International Standards Organization**) που προδιαγράφει **επτά στρώματα (ή επίπεδα)**, που το κάθε ένα από αυτά υλοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες, ώστε να είναι **εφικτή η διασύνδεση διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων**.

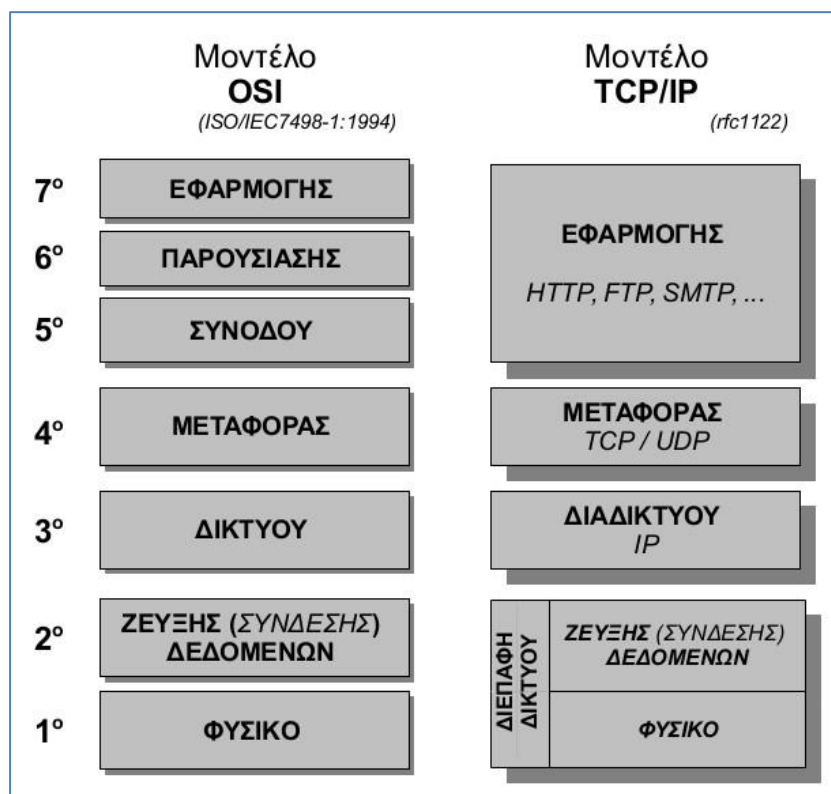
Το **μοντέλο αναφοράς OSI** αποτελούσε μια πρόταση προς τους κατασκευαστές υλικού και λογισμικού δικτύου χωρίς να είναι δεσμευτική – ο βαθμός υλοποίησης είχε αφηθεί σε αυτούς. Αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια της βιομηχανίας υπολογιστών να συμφωνήσει σε κοινά πρότυπα δικτύωσης, καταλήγοντας στη δημοσίευση του προτύπου το 1984. Αυτό το μοντέλο δεν εφαρμόστηκε επακριβώς ποτέ στην πράξη, αλλά χρησιμοποιήθηκε η φιλοσοφία της «διαστρωματωμένης αρχιτεκτονικής» ως μοντέλο επικοινωνίας στα Δίκτυα Επικοινωνιών.

Το μοντέλο αναφοράς που εφαρμόστηκε πρώτα στην πράξη και μετά έγινε πρότυπο είναι το **μοντέλο TCP/IP**, το οποίο εξακολουθεί και εφαρμόζεται παντού σε όλο τον κόσμο είτε μιλάμε για το Διαδίκτυο είτε για οικιακά και εταιρικά τοπικά δίκτυα. Είναι πιο παλιό από το μοντέλο OSI και περιγράφεται στο έγγραφο RFC1122 και RFC1123 του IETF (Internet Engineering Task Force).

Στις παρακάτω δύο εικόνες φαίνονται πρώτα για το μοντέλο OSI τα επτά επίπεδα που ορίζει και οι επιμέρους λειτουργίες του κάθε επιπέδου, και μετά η συσχέτιση των επιπέδων μεταξύ του μοντέλου OSI και μοντέλου TCP/IP (καθώς και τα επιμέρους πρωτόκολλα των επιπέδων).



*Επίπεδα και λειτουργίες του μοντέλου OSI*



*Αντιστοίχιση επιπέδων μοντέλου OSI και TCP/IP*

Στο **TCP/IP** το χαμηλότερο επίπεδο, που είναι το «**επίπεδο διεπαφής δικτύου**», δεν προδιαγράφεται και έτσι μπορεί να ακολουθηθεί διαφορετικές τεχνολογίες. Εδώ συναντάμε τις διάφορες τεχνολογίες τοπικών δικτύων, όπως είναι το Ethernet (στα ενσύρματα LAN) και το Wi-Fi (στα ασύρματα LAN).

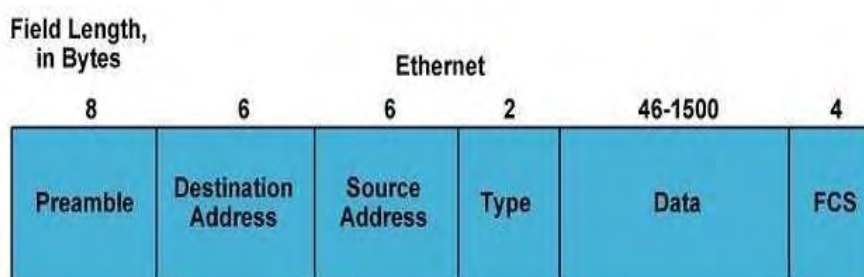
Το **Ethernet** είναι το πιο γνωστό Τοπικό Δίκτυο υπολογιστών ενσύρματης δικτύωσης. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Xerox κατά τη δεκαετία του '70 και έγινε δημοφιλές όταν η DEC και η Intel από κοινού με τη Xerox προχώρησαν στην προτυποποίησή του το 1980 με υποστηριζόμενο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 10Mbps, το οποίο είχε το χαρακτηριστικό όνομα «DIX Ethernet» (DIX από το αρχικό γράμμα του ονόματος της κάθε εταιρίας). Το 1985 το Ethernet έγινε αποδεκτό επίσημα από τον οργανισμό IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) ως το **πρότυπο IEEE 802.3**.

Σήμερα οι επιμέρους υπολογιστές του δικτύου συνδέονται ο καθένας σε ανεξάρτητη θύρα ενός μεταγωγέα (Switch) ή διανομέα (Hub). Έχουν εμφανιστεί νεότερες εκδόσεις του Ethernet, οι οποίες χρησιμοποιούν είτε καλώδια συνεστραμμένων ζευγών (UTP ή STP) είτε καλώδια οπτικών ινών:

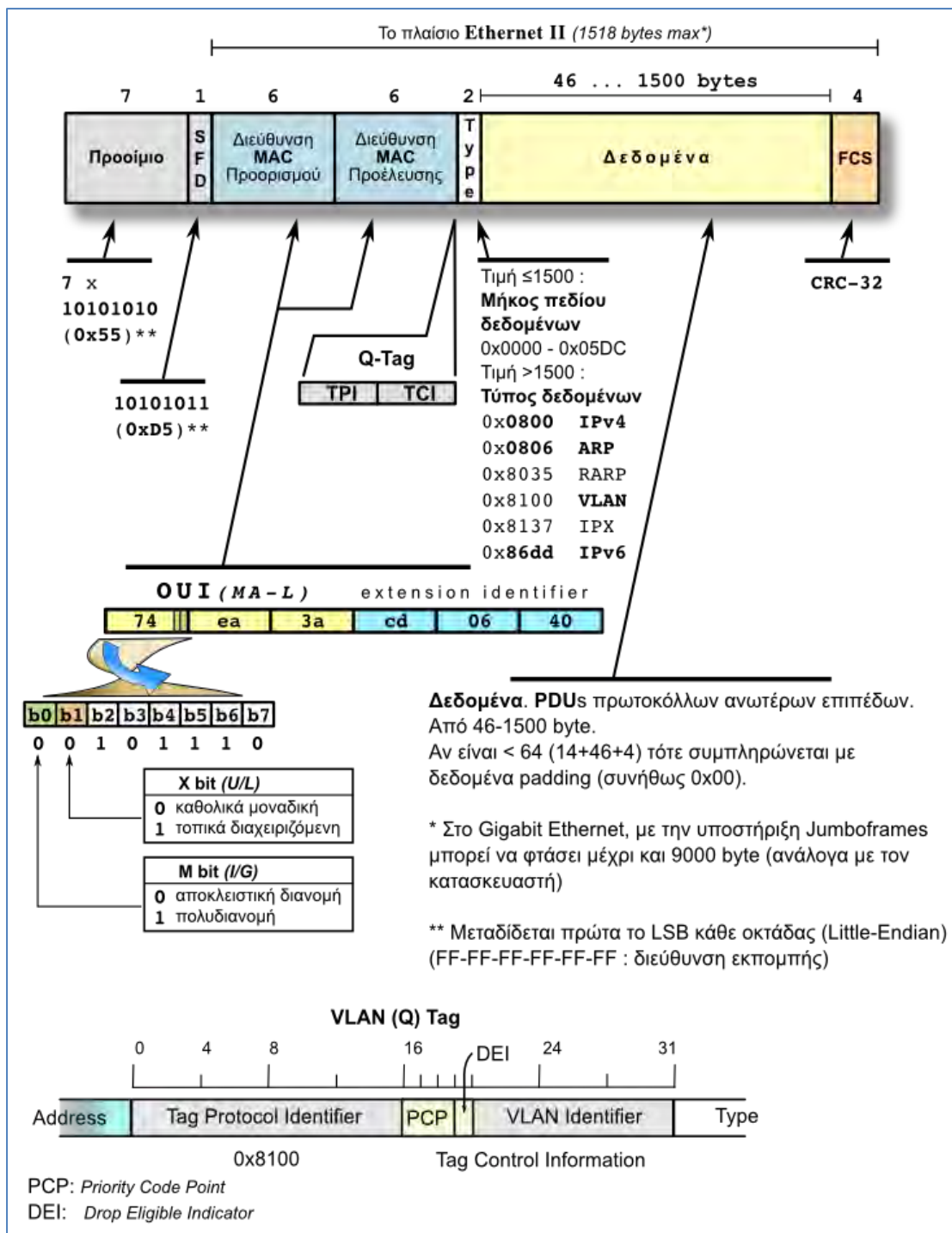
- **Fast Ethernet** (100 Mbps)
- **Gigabit Ethernet** (1000 Mbps ή 1Gbps)
- **10 Gigabit Ethernet** (10Gbps)
- **40 Gigabit Ethernet** (40Gbps)
- **100 Gigabit Ethernet** (100Gbps)

Πρακτικά, το Ethernet χρησιμοποιεί τη μέθοδο μετάδοσης δεδομένων σε μορφή **πλαισίων** (Frames) **μέγιστου μεγέθους** (MTU – Maximum Transmission Unit, «μέγιστη μονάδα εκπομπής») **1500 bytes** και ελάχιστου 46 bytes στο πεδίο «Δεδομένα» (“Payload”). Επιπλέον του πεδίου «Data», προστίθενται πληροφορίες όπως η φυσική διεύθυνση (MAC Address) παραλήπτη, η φυσική διεύθυνση αποστολέα, ο τύπος του ανώτερου πρωτοκόλλου που έχει ενθυλακωθεί στο πλαίσιο (π.χ. IP πακέτο), καθώς και δεδομένα για έλεγχο σφαλμάτων κατά τη μετάδοση (πεδίο CRC). Η μορφή ενός πλαισίου Ethernet φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα (πλαίσιο IEEE 802.3).

Ομοίως, όσον αφορά τα ασύρματα τοπικά δίκτυα «WiFi» (WLAN – Wireless LAN), υπάρχουν τα πλαίσια IEEE 802.11b/g/n που έχουν τη δική τους μορφή.



Βασική δομή ενός πλαισίου Ethernet



Δομή πλαισίου και διεύθυνσης MAC στο Ethernet

**Στο επίπεδο «δικτύου»** του μοντέλου TCI/IP επιτελούνται οι λειτουργίες της λογικής διευθυνσιοδότησης (δηλ. της απόδοσης λογικών διευθύνσεων – IP addresses- σε κάθε διεπαφή ενός κόμβου), της δημιουργίας πακέτων δεδομένων IP και της δρομολόγησης των πακέτων.

Μία διεύθυνση IP (**IP Address**) είναι ένας μοναδικός αριθμός που χρησιμοποιείται από συσκευές για τη μεταξύ τους αναγνώριση και συνεννόηση σε ένα δίκτυο υπολογιστών που χρησιμοποιεί το πρότυπο TCP/IP. Κάθε συσκευή που ανήκει στο δίκτυο πρέπει να έχει τη δική

της μοναδική διεύθυνση. Μία διεύθυνση IP μπορεί να θεωρηθεί το αντίστοιχο μιας διεύθυνσης κατοικίας ή ενός αριθμού τηλεφώνου για έναν υπολογιστή ή άλλη συσκευή δικτύου στο Διαδίκτυο. Όπως κάθε διεύθυνση κατοικίας και αριθμός τηλεφώνου αντιστοιχούν σε ένα και μοναδικό κτίριο ή τηλέφωνο, μια IP Address χρησιμοποιείται για τη μοναδική αναγνώριση ενός υπολογιστή ή άλλης συσκευής που συνδέεται στο δίκτυο.

### **Δυναμικές και στατικές διευθύνσεις IP**

Οι διευθύνσεις IP ορίζονται είτε μόνιμα (για παράδειγμα, σε έναν σταθμό εξυπηρέτησης ο οποίος βρίσκεται πάντα στην ίδια διεύθυνση) είτε προσωρινά από ένα πλήθος διαθέσιμων διευθύνσεων.

### **Δυναμικές διευθύνσεις IP**

Οι δυναμικές διευθύνσεις IP δίνονται για να αναγνωρίζονται προσωρινές συσκευές, όπως οι προσωπικοί υπολογιστές. Οι ISP (Internet Services Providers – Πάροχοι Υπηρεσιών Διαδικτύου) χρησιμοποιούν δυναμική κατανομή διευθύνσεων IP για να ορίσουν διευθύνσεις από ένα μικρό πλήθος διαθέσιμων σε ένα μεγαλύτερο αριθμό πελατών.

Σε επίπεδο τοπικού δικτύου, η δυναμική κατανομή διευθύνσεων IP απαιτεί έναν κεντρικό διακομιστή (server) για να ακούει τα αιτήματα και να αποδίδει μετά κατάλληλες ρυθμίσεις IP. Οι διευθύνσεις μπορούν να οριστούν τυχαία ή να βασιστούν σε μια προκαθορισμένη πολιτική. Το πιο συνηθισμένο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τον ορισμό διευθύνσεων δυναμικά είναι το ***Dynamic Host Configuration Protocol*** (DHCP). Είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται δυναμική κατανομή για ιδιωτικά δίκτυα. Δεδομένου ότι τα ιδιωτικά δίκτυα σπάνια παρουσιάζουν έλλειψη διευθύνσεων, είναι δυνατό να οριστεί η ίδια διεύθυνση στον ίδιο υπολογιστή με κάθε αίτηση.

### **Στατικές διευθύνσεις IP**

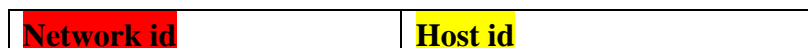
Οι στατικές διευθύνσεις IP (static IP addresses) χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίζονται συσκευές που απαιτείται να έχουν σταθερές διευθύνσεις. Οι εξυπηρετητές (servers) τυπικά χρησιμοποιούν στατικές διευθύνσεις IP. Η στατική διεύθυνση μπορεί να διαμορφωθεί άμεσα επάνω στη συσκευή ή ως μέρος της κεντρικής διαμόρφωσης DHCP που συσχετίζει τη MAC Address της συσκευής με μια στατική διεύθυνση.

Η διεύθυνση IP (version 4) είναι ένας **αριθμός των 32 bits** και γράφεται συνήθως ως ένας «αριθμός του δεκαδικού συστήματος» που αποτελείται **από τέσσερις ακέραιους αριθμούς που διαχωρίζονται με τελείες**. Κάθε ένας από τους τέσσερις αριθμούς μπορεί να πάρει τιμές από 0-255 στο Δεκαδικό σύστημα ( 00000000 – 11111111 στο Δυαδικό Σύστημα).

Παράδειγμα IP διεύθυνσης είναι το παρακάτω :

- 1100001.00010010.11011010.01100100                   στο Δυαδικό
- 193.18.218.100   στο Δεκαδικό

Στη πραγματικότητα η IP διεύθυνση αποτελείται από δυο μεταβαλλόμενα μέρη :



Στο πρώτο μέρος προσδιορίζεται το **αναγνωριστικό του δικτύου (network\_id)**, ενώ στο δεύτερο το **αναγνωριστικό του υπολογιστή (host\_id)** μέσα στο δίκτυο.

**Μάσκα Υποδικτύου (Subnet Mask)** είναι ένας αριθμός των 32 bits (όσο δηλ. και η διεύθυνση IP) που χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα τμήματα δικτύου (network\_id) και κόμβου (host\_id) σε μια διεύθυνση IP. Για τα bits που στην IP Address ανήκουν στο τμήμα «network\_id» η μάσκα έχει τα δικά της bit στην τιμή ‘1’ ενώ την τιμή ‘0’ την έχουν εκείνα τα bits της μάσκας όπου τα αντίστοιχα bits στην IP Address εκφράζουν το τμήμα «host\_id».

Ανάλογα με το πόσο μεγάλο είναι το τμήμα της IP διεύθυνσης που αφιερώνεται ως διεύθυνση δικτύου οι διευθύνσεις χωρίζονται σε πέντε τάξεις ή τύπους (**κλάσεις – classes**):

- Τάξη **A** : 7 bit διεύθυνση δικτύου/24 bit διεύθυνση H/Y [ ο 1<sup>ος</sup> αριθμός: **0-127** ]
- Τάξη **B** : 14 bit διεύθυνση δικτύου / 16 bit διεύθυνση H/Y [ ο 1<sup>ος</sup> αριθμός: **128-191** ]
- Τάξη **C** : 21 bit διεύθυνση δικτύου / 8 bit διεύθυνση H/Y [ ο 1<sup>ος</sup> αριθμός: **192-223** ]
- Τάξη **D** : για χρήση πολλαπλής εκπομπής (multicast) [ ο 1<sup>ος</sup> αριθμός: **224-239** ]
- Τάξη **E** : για μελλοντική χρήση [ ο 1<sup>ος</sup> αριθμός: **240-254** ]

Η Τάξη A υποστηρίζει 126 ( $2^7-2$ ) δίκτυα με 16.777.124 H/Y ανά δίκτυο. Subnet mask 255.0.0.0

Η Τάξη B υποστηρίζει 16.382 ( $2^{14}-2$ ) δίκτυα με 65.534 H/Y ανά δίκτυο. Subnet mask 255.255.0.0

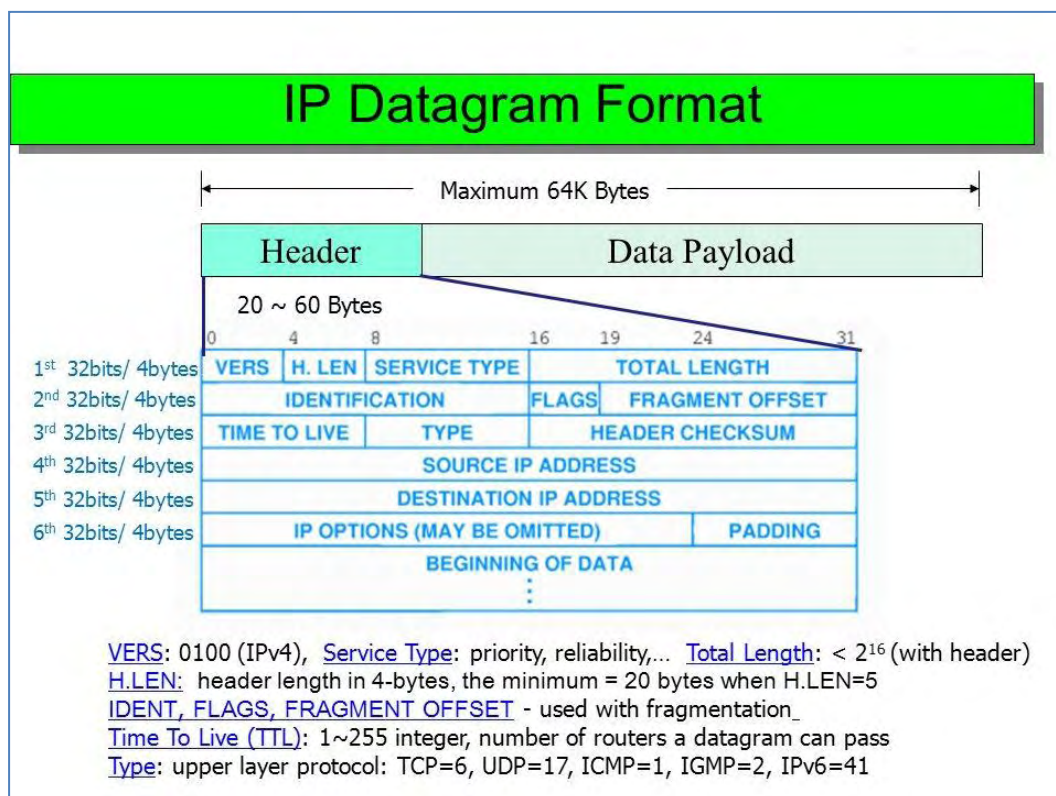
Η Τάξη C υποστηρίζει 2.097.150 ( $2^{21}-2$ ) δίκτυα με 254 H/Y ανά δίκτυο. Subnet mask 255.255.255.0

Συνολικά μπορούν να υπάρξουν 3.500.000.000 διευθύνσεις IP για αντίστοιχους κόμβους.

Επειδή παρουσιάζεται μεγάλη σπατάλη στην απόδοση των διευθύνσεων παρουσιάστηκε η ανάγκη για νεότερη έκδοση της διευθυνσιοδότησης IP (IP version 6).

Η “**Ανεξαρτήτου Κλάσεων Δρομολόγηση Υπερπεριοχών**” (Classless Inter Domain Routing - **CIDR**) καταργεί τις κλάσεις διευθύνσεων με αποτέλεσμα τα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή κάθε διεύθυνσης να καθορίζονται κατά περίπτωση με βάση τις ανάγκες κάθε οργανισμού . Το μέγεθος του τμήματος δικτύου προσδιορίζεται από το επίθεμα - suffix (χαρακτήρας / και ένας αριθμός από bit μάσκας μετά την διεύθυνση) που δηλώνει το μέγεθος της μάσκας δικτύου πχ. η διεύθυνση 192.168.50.8 με μάσκα 255.255.255.0 εκφράζεται ως : 192.168.50.8/24. Έτσι, είναι δυνατή η χρήση «μεταβλητού μήκους μάσκας υποδικτύωσης» (**VLSM – Variable Length Subnet Masking**).

Το κυρίαρχο πρωτόκολλο στο «Επίπεδο Δικτύου» (στο μοντέλο TCP/IP) είναι το **πρωτόκολλο IP**, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά του πακέτου από το δίκτυο όπου βρίσκεται ο αποστολέας προς το δίκτυο όπου βρίσκεται ο παραλήπτης, μέσα από τον «κυκεώνα» των συνδέσεων μεταξύ των δύο ξεχωριστών δικτύων. Καθώς το IP δρομολογεί το κάθε πακέτο μέσα στο όλο δίκτυο, προσπαθεί να το παραδώσει αλλά δεν μπορεί να εγγυηθεί ούτε ότι το πακέτο θα φθάσει στον προορισμό του ούτε ότι θα φθάσει χωρίς σφάλματα. Το πακέτο IP ονομάζεται και «**αυτοδύναμο πακέτο**» (IP Datagram) και η δομή του φαίνεται παρακάτω. Μέσα σε αυτό υπάρχουν οι **IP addresses αποστολέα και παραλήπτη** του πακέτου.



Το αυτοδύναμο πακέτο IP (IP datagram)

Όσον αφορά το «**Επίπεδο Μεταφοράς**», η βασική λειτουργία του είναι η παραλαβή δεδομένων από το ανώτερο επίπεδο, η διάσπαση αυτών σε μικρότερες μονάδες εάν χρειαστεί, η μεταφορά τους στο επίπεδο δικτύου και ανάλογα με την υπηρεσία η διασφάλιση ότι όλα τα τμήματα φτάνουν σωστά στην άλλη πλευρά. Υπό κανονικές συνθήκες, το επίπεδο μεταφοράς δημιουργεί μια ξεχωριστή «σύνδεση δικτύου» για κάθε «σύνδεση μεταφοράς» που απαιτείται από το επίπεδο εφαρμογής. Εάν η «σύνδεση μεταφοράς» απαιτεί υψηλό ρυθμό εξυπηρέτησης (throughput), το επίπεδο μεταφοράς μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές «συνδέσεις δικτύου», μοιράζοντας τα δεδομένα ανάμεσα στις συνδέσεις δικτύου για να βελτιώσει το ρυθμό εξυπηρέτησης.

Από την άλλη πλευρά, εάν η δημιουργία ή η συντήρηση μιας «σύνδεσης δικτύου» είναι ακριβή, το επίπεδο μεταφοράς μπορεί να **πολυπλέκει** πολλές «συνδέσεις μεταφοράς» στην ίδια «σύνδεση δικτύου» για να ελαττώσει το κόστος. Σε όλες τις περιπτώσεις το επίπεδο μεταφοράς χρειάζεται πάντα για να κάνει την πολυπλεξία διάφανη στο επίπεδο εφαρμογής. **Το επίπεδο**



**μεταφοράς καθορίζει επίσης τι είδους υπηρεσίες θα παρέχει το επίπεδο εφαρμογής.** Ο πιο γνωστός τύπος σύνδεσης μεταφοράς είναι ένα «σημείο σε σημείο κανάλι» ελεύθερο από σφάλματα, το οποίο παραδίδει μηνύματα με την σειρά με την οποία έχουν σταλεί.

Οι κύριες λειτουργίες του είναι:

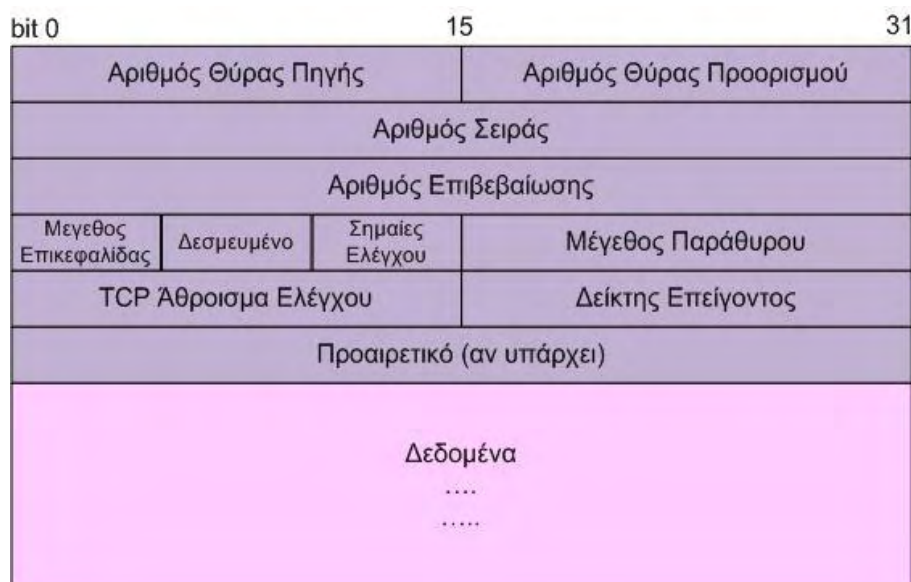
- Η Αποκατάσταση και τερματισμός της σύνδεσης σε επίπεδο μεταφοράς
- Η Μετάδοση των δεδομένων σύμφωνα με τον απαιτούμενο από το χρήστη βαθμό αξιοπιστίας (δηλ. με επιβεβαίωση παραλαβής πακέτου ή όχι).
- Ο Καθορισμός και επιλογή από το χρήστη της ποιότητας εξυπηρέτησης της σύνδεσης (όταν αυτό υπάρχει).
- Η Δυνατότητα πολύπλεξης μέσω της ίδιας ζεύξης και ο έλεγχος της ροής.

Μερικά από τα πρωτόκολλα που συναντούμε στο επίπεδο αυτό είναι:

- **TCP** – Transmission Control Protocol
- **UDP** – User Datagram Protocol

Το πρωτόκολλο **TCP** παρέχει υπηρεσίες «προσανατολισμένες στη σύνδεση» και εξασφαλίζει την αξιοπιστία της σύνδεσης. Αντιθέτως, το **UDP** είναι ένα πρωτόκολλο «μη προσανατολισμένο στη σύνδεση» και δεν παρέχει εγγύηση πως ότι αποστέλλεται θα φθάνει σωστά στον προορισμό.

Πιο συχνά στο επίπεδο μεταφοράς χρησιμοποιείται το TCP. Το TCP προσφέρει αξιόπιστη μετάδοση πάνω από το IP. Εγγυάται ότι τα πακέτα θα παραδοθούν στον προορισμό τους, ότι θα φθάσουν με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν και ότι τα περιεχόμενα των πακέτων θα παραμείνουν αναλλοίωτα (δηλ. χωρίς σφάλματα στη μετάδοση).



Πεδία της επικεφαλίδας ενός TCP τμήματος

Το «**TCP Segment**» (TCP τμήμα) το οποίο κατά την αποστολή του ενθυλακώνεται μέσα σε ένα «αυτοδύναμο πακέτο IP», περιέχει δύο σημαντικούς αριθμούς: τον «Αριθμό Θύρας Πηγής» (**Source TCP port**) και τον «Αριθμό Θύρας Προορισμού» (**Destination TCP port**). Η θύρα

είναι **ένας 16bit αριθμός**, ο οποίος «αντιστοιχεί» σε μία συγκεκριμένη διεργασία (από τις πολλές που εκτελούνται σε έναν υπολογιστή), δηλ. με απλά λόγια «δείχνει» ή «εκφράζει» κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή που είναι υπό εκτέλεση στον υπολογιστή-κόμβο. Το ζευγάρι αριθμών «TCP port» και «IP Address» (στην μία πλευρά) ονομάζεται «**υποδοχή**» (*socket*). Έτσι, **ένα πακέτο IP** το οποίο μέσα του «κουβαλάει» ένα τμήμα TCP (ή ένα πακέτο UDP) , **περιέχει δύο sockets**: ένα που «αντιστοιχεί» στην πλευρά του **αποστολέα** και ένα για την πλευρά του **παραλήπτη**. Αυτό, λοιπόν, το **ζευγάρι των sockets** υποδεικνύει «**συγκεκριμένη επικοινωνία**» μεταξύ δύο πλευρών, όπου οι δύο πλευρές δεν αφορούν απλά κόμβο με κόμβο, αλλά συγκεκριμένη διεργασία στην μία πλευρά που συνομιλεί με συγκεκριμένη διεργασία στην άλλη πλευρά. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στην περίπτωση που αντί για το πρωτόκολλο TCP υλοποιείται το πρωτόκολλο UDP στο επίπεδο μεταφοράς. Και στο πακέτο UDP («User Datagram Protocol») υπάρχουν οι δύο αριθμοί θύρας: «Source UDP port» και «Destination UDP port».

TCP Segment Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	31	
0	Source Port				Destination Port			
32	Sequence Number							
64	Acknowledgment Number							
96	Data Offset	Res	Flags			Window Size		
128	Header and Data Checksum				Urgent Pointer			
160...	Options							

UDP Datagram Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	31	
0	Source Port				Destination Port			
32	Length				Header and Data Checksum			

Επικεφαλίδες στο TCP τμήμα και στο UDP τμήμα

**Το επίπεδο εφαρμογής** περιέχει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που χρειάζονται συχνά. Η μεταφορά ενός αρχείου μεταξύ δύο διαφορετικών συστημάτων απαιτεί αντιμετώπιση αυτών και άλλων μη συμβατών καταστάσεων. Στο επίπεδο αυτό γίνεται η διαχείριση των κατανεμημένων εφαρμογών, όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η πλοήγηση στο WWW, η μεταφορά αρχείων, η απομακρυσμένη σύνδεση, κτλ.

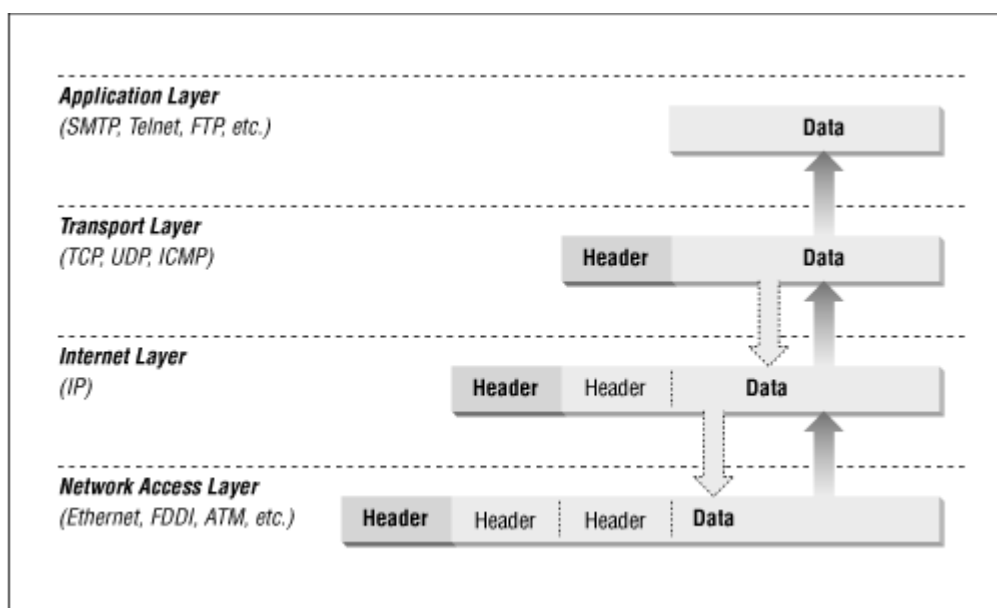
Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι οι εξής:

- Την εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν και την επιβεβαίωση της διαθεσιμότητας τους για συνομιλία.
- Την επιβεβαίωση η τον έλεγχο στο δικαίωμα της συνομιλίας.
- Τον καθορισμό αρμοδιοτήτων.
- Τον καθορισμό των διαδικασιών για τον έλεγχο της ροής των συνόδων και την αξιοπιστία της πληροφορίας.

Μερικά από τα «επιμέρους» πρωτόκολλα που συναντούμε στο επίπεδο αυτό είναι:

- **HTTP**: HyperText Transfer Protocol
- **FTP**: File Transfer Protocol
- **SMTP**: Simple Mail Transfer Protocol
- **IMAP**: Internet Messaging Access Protocol (IMAP4)
- **POP**: Post Office Protocol (POP3)
- **SNMP**: Simple Network Management Protocol
- **TFTP**: Trivial File Transfer Protocol
- **TELNET** (TELEcommunication NETwork)

Έτσι, συνολικά, γίνονται διαδοχικές «ενθυλακώσεις» κατά την μετάδοση της αρχικής πληροφορίας από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, όταν αυτή «διατρέχει» τα επίπεδα του μοντέλου **TCP/IP** από πάνω προς τα κάτω. Στην πλευρά του παραλήπτη υλοποιείται αντίστοιχα η διαδικασία της «αποθυλάκωσης», όπως η πληροφορία «ανεβαίνει» τα επίπεδα για να φτάσει τελικά στην εφαρμογή που θα λάβει την πληροφορία.

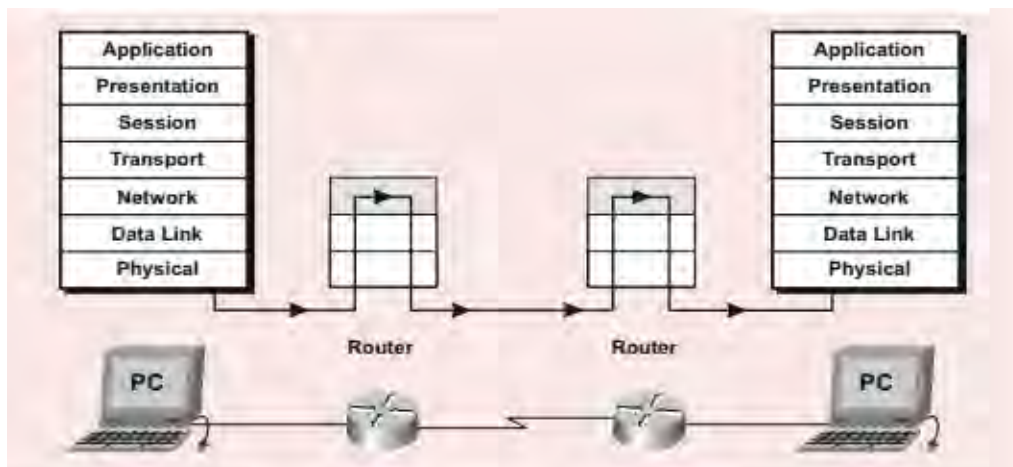


Οι ενθυλακώσεις και αποθυλακώσεις στο TCP/IP

## 5.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (ROUTING PROTOCOLS)

Ως **δρομολόγηση** (routing) ονομάζουμε την προώθηση των πακέτων βασιζόμενοι στην πληροφορία του 3<sup>ου</sup> επιπέδου του OSI (το Network Layer). Η δρομολόγηση, δηλ. βασίζεται στη

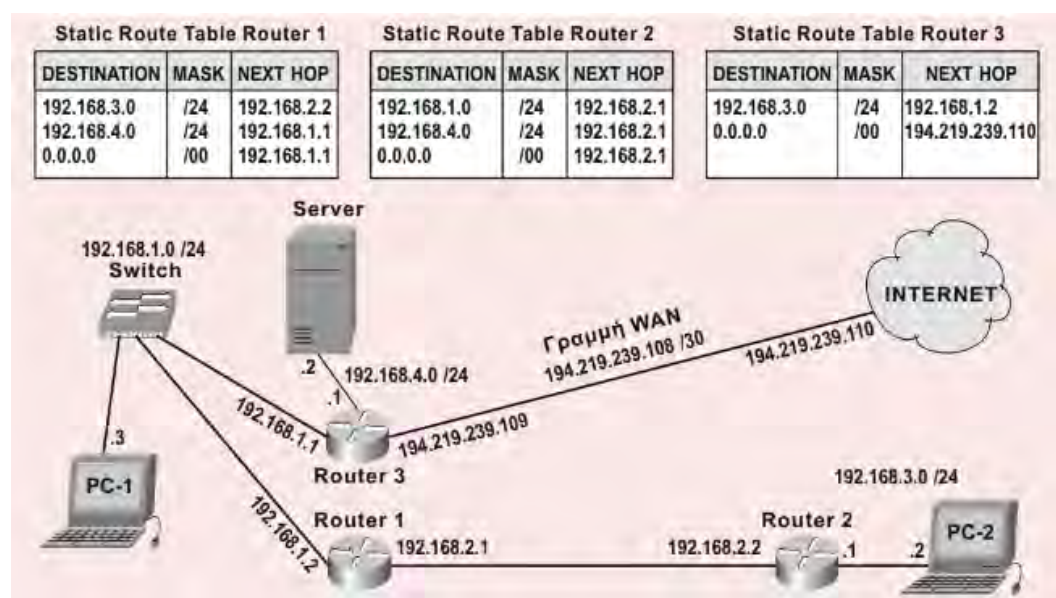
γνώση των διευθύνσεων 3<sup>ου</sup> επιπέδου για τα διάφορα πρωτόκολλα δρομολόγησης που χρησιμοποιούνται.



Επικοινωνία διαμέσου επιπέδου 3 συσκευών

Ο δρομολογητής προκειμένου να προωθήσει ένα πακέτο, πρώτα συμβουλευτεί τον **πίνακα δρομολόγησης** (routing table) που βρίσκεται αποθηκευμένος μέσα του και μετά προωθεί το πακέτο στην κατάλληλη ουρά εξόδου. Ο πίνακας δρομολόγησης περιέχει καταχωρήσεις με όλα τα πιθανά δίκτυα προορισμού και το δρόμο (next hop) που πρέπει να ακολουθηθεί.

Αν αυτές οι καταχωρήσεις στον πίνακα δρομολόγησης γίνονται με παρέμβαση από τον «διαχειριστή του δικτύου», τότε μιλάμε για «**στατική δρομολόγηση**». Αυτή είναι κατάλληλη μόνο για μικρά δίκτυα.



Καταχωρήσεις Στατικής Δρομολόγησης

Αν, όμως, αυτές οι καταχωρήσεις γίνονται αυτόματα μέσω κατάλληλων πληροφοριών και ενημερώσεων που ανταλλάσσουν μεταξύ τους οι δρομολογητές, τότε μιλάμε για «**δυναμική δρομολόγηση**» και υπάρχει κάποιο «πρωτόκολλο δρομολόγησης» που εκτελείται στο δρομολογητή. Στα μεγάλα δίκτυα χρησιμοποιείται η δυναμική δρομολόγηση.

Τα **Πρωτόκολλα Δρομολόγησης** (Routing Protocols) είναι ένα σύνολο από κανόνες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται από τους δρομολογητές, για να επικοινωνήσουν ο ένας με τον άλλον και να ενημερώνονται για τις αλλαγές που σημειώνονται στις διαδρομές και τον τρόπο προσέγγισης των διαφόρων δικτύων.

Έτσι, λοιπόν, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης καλούνται να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του **προσδιορισμού της «καλύτερης» διαδρομής** από την αφετηρία στον προορισμό. Ως «καλύτερη ή βέλτιστη διαδρομή» θεωρείται εκείνη που ικανοποιεί κάποιο «μετρήσιμο» χαρακτηριστικό (metric), και μπορεί αυτό να είναι είτε το εύρος ζώνης (bandwidth) των γραμμών της διαδρομής είτε η σχετική απόσταση (αριθμός βημάτων – hops) έως τον προορισμό είτε το κόστος των γραμμών είτε η καθυστέρηση (delay) είτε ο φόρτος της γραμμής (load) είτε συνδυασμός αυτών.

Η εκτίμηση της «καλύτερης διαδρομής» μέχρι τον προορισμό γίνεται από τους «**αλγόριθμους δρομολόγησης**» οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης ενημερώνουν τους πίνακες δρομολόγησης με τις αντιστοιχίες προορισμού και επόμενου βήματος (next hop) που λένε στο δρομολογητή σε ποια δικτυακή συσκευή να προωθήσει το κάθε εισερχόμενο πακέτο. Επιπλέον, στους πίνακες δρομολόγησης περιέχονται πληροφορίες που εκφράζουν το «βαθμό προτίμησης» μιας διαδρομής (επόμενο άλμα-βήμα), και είναι η τιμή **metric** (τιμή κόστους). Όσο πιο μικρή η τιμή αυτή για μια διαδρομή τόσο πιο προτιμώμενη είναι αυτή η διαδρομή. Δηλ. αν για το ίδιο δίκτυο προορισμού υπάρχουν παραπάνω από μία καταχωρήσεις στον πίνακα δρομολόγησης, θα προτιμηθεί εκείνη η διαδρομή για την οποία η τιμή metric είναι η μικρότερη.

Όταν ο δρομολογητής λαμβάνει ένα εισερχόμενο πακέτο, εξετάζει τη διεύθυνση προορισμού του, ελέγχει αν υπάρχει στον πίνακα δρομολόγησης καταχώριση σχετική με αυτήν τη διεύθυνση και προωθεί το πακέτο από την αντίστοιχη δικτυακή διασύνδεση (interface του router).

NETWORK DESTINATION	ADDRESS MASK	NEXT HOP	INTERFACE	METRIC
192.168.1.0	255.255.255.0	--	Eth 0	0
192.168.2.0	255.255.255.0	--	Ser 1	0
194.219.239.108	255.255.255.252	192.168.1.1	Eth 0	1
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.2.2	Ser 1	1
192.168.4.0	255.255.255.0	192.168.1.1	Eth 0	1
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.1	Eth 0	1

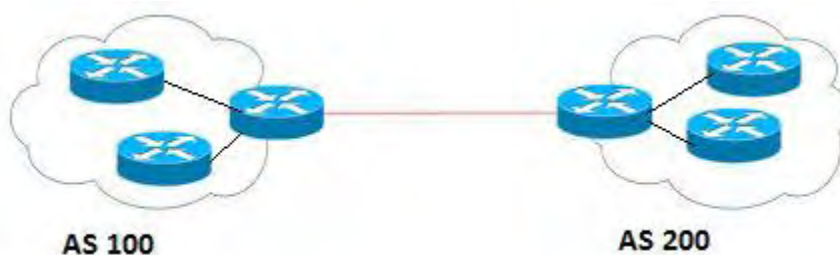
*Ο πίνακας δρομολόγησης*

Ειδικά στα πολύ μεγάλα δίκτυα, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης πρέπει να μπορούν να υποστηρίξουν έναν μεγάλο αριθμό από διευθύνσεις δικτύου και να λειτουργούν σε ένα περιβάλλον με πολλαπλά πρωτόκολλα δικτύου ή και δρομολόγησης.

Υπάρχουν **δύο βασικά είδη πρωτοκόλλων δρομολόγησης** (ή αλλιώς πρωτοκόλλων δυναμικής δρομολόγησης):

- Τα **Εσωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης** (Interior Gateway Protocols – **IGP**) που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των δρομολογητών σε ένα αυτόνομο σύστημα (autonomous system), καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικές με τους πίνακες δρομολόγησης που έχουν. Πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας αποτελούν τα RIP, OSPF, IS-IS, IGRP και EIGRP .
- Τα **Εξωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης** (Exterior Gateway Protocols – **EGP**) που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των δρομολογητών μεταξύ διαφορετικών αυτόνομων συστημάτων. Παράδειγμα πρωτοκόλλου αυτής της κατηγορίας αποτελεί το BGP (Border Gateway Protocol).

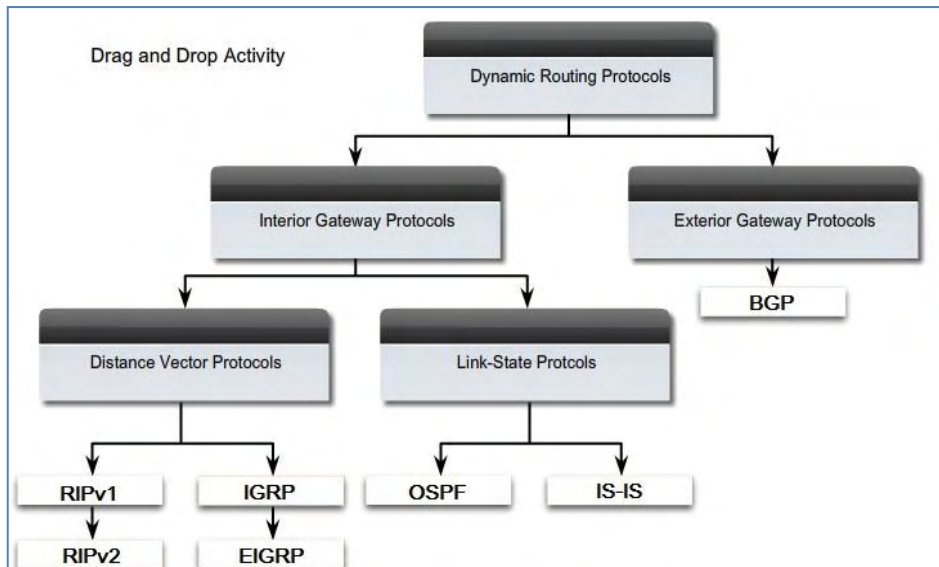
Ως «Αυτόνομο σύστημα» (**Autonomous System – AS**) εννοούμε ένα σύνολο δικτύων που εποπτεύονται από μια κοινή αρχή διαχείρισης και υπακούνε σε μια κοινή και σαφώς ορισμένη πολιτική δρομολόγησης. Η εσωτερική δομή αυτών των δικτύων (και των υποδικτύων τους) δεν είναι ορατή από τον υπόλοιπο κόσμο. Τυπικό παράδειγμα αυτόνομου συστήματος είναι το δίκτυο ενός «παρόχου υπηρεσιών Διαδικτύου» (ISP - Internet Services Provider). Κάθε Αυτόνομο Σύστημα προσδιορίζεται από έναν μοναδικό αριθμό (AS number), ο οποίος εκχωρείται από την IANA (Internet Assigned Numbers Authority) και χρησιμοποιείται για τη δρομολόγηση μεταξύ των αυτόνομων συστημάτων.



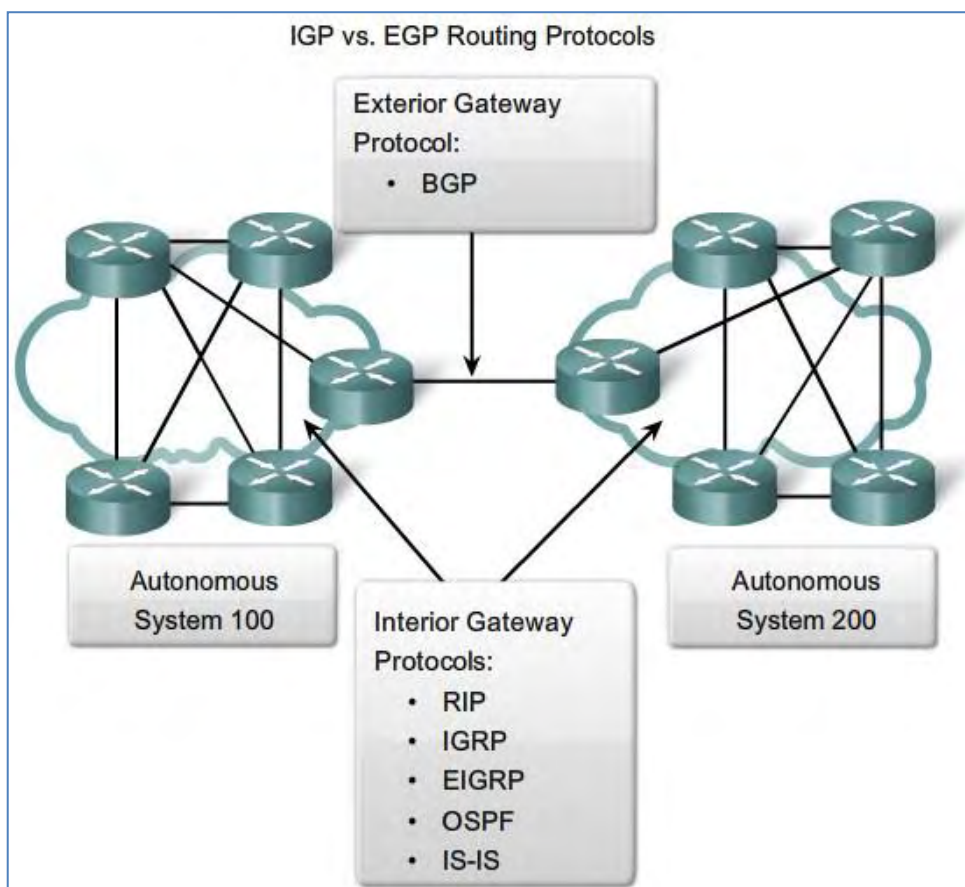
Σύνδεση δύο αυτόνομων συστημάτων

Για τα **εσωτερικά πρωτόκολλα δυναμικής δρομολόγησης** χρησιμοποιούνται τρεις βασικοί αλγόριθμοι επιλογής:

- ✓ Αλγόριθμοι Διανύσματος Απόστασης – **Distance Vector Algorithms**, όπου οι πίνακες δρομολόγησης αποτελούνται από μια σειρά προορισμών (vectors) και κόστη για τις αποστάσεις (distances) μέχρι τον προορισμό (π.χ. RIP, IGRP).
- ✓ Αλγόριθμοι Κατάστασης Σύνδεσης – **Link State Algorithms**. Τέτοιου είδους αλγόριθμος χρησιμοποιείται στο πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF.
- ✓ Υβριδική μορφή Distance Vector / Link State. Τέτοιου είδους αλγόριθμος χρησιμοποιείται στο πρωτόκολλο δρομολόγησης IS-IS και στο EIGRP.



Είδη Πρωτοκόλλων Δυναμικής Δρομολόγησης



Παραδείγματα Πρωτοκόλλων Δυναμικής Δρομολόγησης

➤ **Πρωτόκολλο RIP (Routing Information Protocol)**

Το RIP είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης **τύπου distance-vector** για δίκτυα IP. Χρησιμοποιεί ως παράμετρο μέτρησης (metric) τον αριθμό βημάτων (hops) που είναι η απόσταση μεταξύ της πηγής και του προορισμού.

Οι πίνακες δρομολόγησης περιέχουν εγγραφές με τιμές όπως αυτές που ξεκινάνε με το [R] μπροστά και φαίνονται στο παρακάτω σχήμα :

```
R2#show ip route
(**output omitted**)

Gateway of last resort is not set

R   192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0
C   192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C   192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/1
R   192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R   192.168.6.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0
R   192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R   192.168.8.0/24 [120/2] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1

It is 2 hops from R2 to 192.168.8.0/24
```

Ο πίνακας δρομολόγησης σε έναν δρομολογητή

Πρώτη τιμή είναι η IP διεύθυνση του προορισμού (δίκτυο ή κόμβος), μετά ακολουθεί μέσα σε τετράγωνα αγκύλες η τιμή της «διαχειρίσιμης απόστασης» (**Administrative Distance – AD**) και ο αριθμός αλμάτων (hops) μέχρι το δίκτυο προορισμού, και τέλος ακολουθεί ο ορισμός εξόδου για το πακέτο, δηλ. μέσω ποιας θύρας (ip address του επόμενου κόμβου, όπου θα οδηγηθεί το πακέτο) του δρομολογητή θα οδηγηθεί προς τα έξω το πακέτο για να φθάσει στον προορισμό του.

Για το RIP το administrative distance είναι 120.

Ο μέγιστος αριθμός hops δεν πρέπει να ξεπερνάει το 15. Όταν η παράμετρος metric λάβει την τιμή 16 και άνω, τότε ο προορισμός θεωρείται μη προσπελάσιμος.

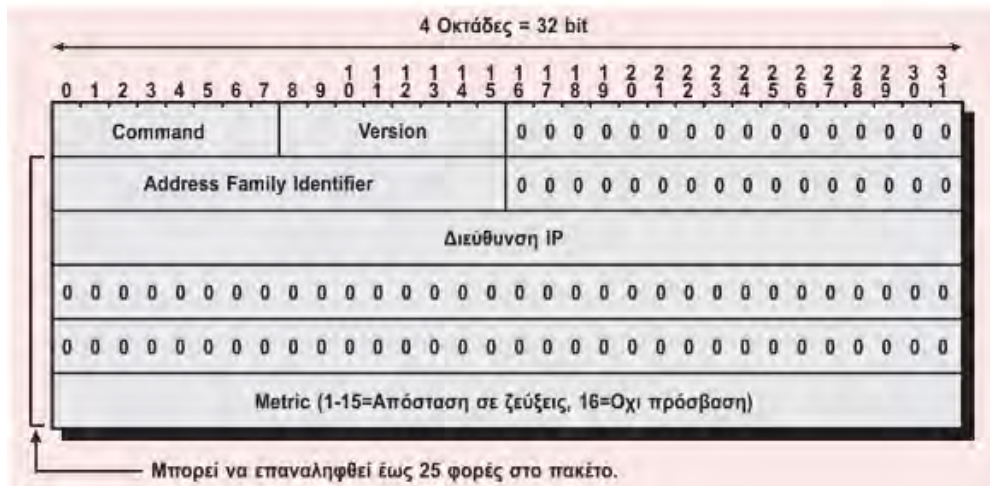
Κάθε δρομολογητής ανταλλάσει με τους άμεσα γειτονικούς δρομολογητές τις πληροφορίες των πινάκων δρομολόγησης κάθε 30 δευτερόλεπτα, ακόμη κι αν δεν υπάρχουν αλλαγές (μηνύματα routing-update).

Όταν ο δρομολογητής λάβει μια αλλαγή περιμένει 90 δευτερόλεπτα προτού την χρησιμοποιήσει οριστικά.

Τα πακέτα του RIP μεταδίδονται μέσω της θύρας 520 του πρωτοκόλλου UDP κάνοντας χρήση της Broadcast IP διεύθυνσης 255.255.255.255 .

Η μορφή ενός πακέτου RIP έχει ως εξής:





Δομή του πακέτου RIP

Περιγραφή των πεδίων του πακέτου RIP:

**Command (8 bits):** αν έχει την τιμή 1 προσδιορίζει πακέτο απαίτησης για αποστολή πληροφοριών του πίνακα δρομολόγησης, ενώ με τη τιμή 2 πακέτο απάντησης που περιέχει τα ζητούμενα στοιχεία.

**Version (8 bits):** προσδιορίζει τον αριθμό έκδοσης του RIP (version 1 ή 2).

**Address Family Identifier (16 bits):** έχει τιμή 2 για πρωτόκολλο IP.

**IP Address (32 bits):** όπου καταγράφεται η διεύθυνση IP προορισμού.

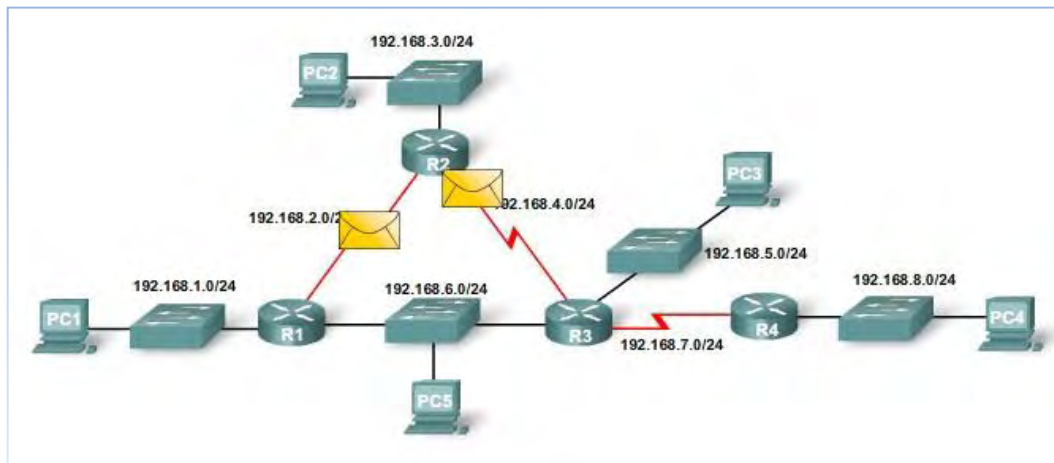
**Metric:** παίρνει τιμές από 1 ως και 15 και καταγράφει τον αριθμό των hops. Αν το πεδίο έχει τη τιμή 16, σημαίνει ότι δεν υπάρχει δρόμος σύνδεσης με την επιθυμητή διεύθυνση. Σημειώνεται επίσης ότι μπορούν να υπάρχουν το πολύ ως 25 ζεύγη εγγραφών (IP διεύθυνση - Metric) σε κάθε πακέτο RIP.

Το πρωτόκολλο RIP είναι κατάλληλο για μικρά σε μέγεθος δίκτυα, όπου δηλ. ο αριθμός των ενδιάμεσων δρομολογητών μέχρι το δίκτυο προορισμού είναι μέχρι 15. Κι αυτό, γιατί καθώς το δίκτυο μεγαλώνει ανταλλάσσεται ένα μεγάλο ποσό πληροφορίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ακόμα και όταν η τοπολογία του δικτύου δεν έχει αλλάξει) με αποτέλεσμα να περιορίζεται το διαθέσιμο εύρος ζώνης και να αυξάνεται ο χρόνος σύγκλισης (convergence time – είναι ο χρόνος που απαιτείται μέχρι όλοι οι δρομολογητές να συμφωνήσουν σχετικά με την τοπολογία του δικτύου από τη στιγμή που θα προκύψει μια αλλαγή).

### ➤ Πρωτόκολλο OSPF (Open Shortest Path First)

Το OSPF είναι ένα link state πρωτόκολλο δρομολόγησης IP δικτύων και ανήκει στην κατηγορία των Interior Gateway Protocol, που σημαίνει πως διανέμει την πληροφορία δρομολόγησης μεταξύ των δρομολογητών οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο αυτόνομο σύστημα.

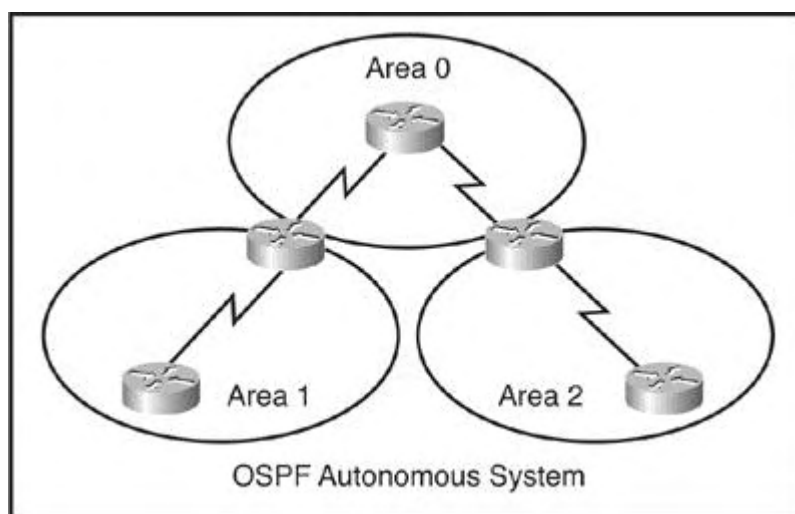
Το OSPF είναι open standard (RFC 1247) και χρησιμοποιείται από πολλούς κατασκευαστές δικτυακών προϊόντων. Βασίζεται στον **αλγόριθμο του Dijkstra** και έχει administrative distance **110**. Επίσης, επιτρέπει το διαμοιρασμό της κίνησης ανάμεσα σε μονοπάτια τα οποία έχουν το ίδιο «βάρος» (metric).



Παράδειγμα σύνθετου δικτύου

Το περιβάλλον δρομολόγησης στο OSPF οργανώνεται **ιεραρχικά**. Στην ιεραρχία υπάρχουν δύο κύρια συστατικά:

- **Περιοχή (area):** μια περιοχή είναι ομαδοποίηση από διαδοχικά δίκτυα που περιέχουν δρομολογητές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF. Οι περιοχές είναι λογικές υποδιαιρέσεις των αυτόνομων συστημάτων. Η τοπολογία της κάθε περιοχής δεν είναι ορατή στις άλλες περιοχές και κάθε περιοχή διατηρεί τη δική της «τοπολογιακή βάση δεδομένων».
- **Αυτόνομο σύστημα (autonomous system):** είναι η μεγαλύτερη οντότητα εντός του OSPF δικτύου και αποτελείται από μια συλλογή δικτύων τα οποία έχουν κοινά χαρακτηριστικά και ακολουθούν κοινή πολιτική δρομολόγησης.

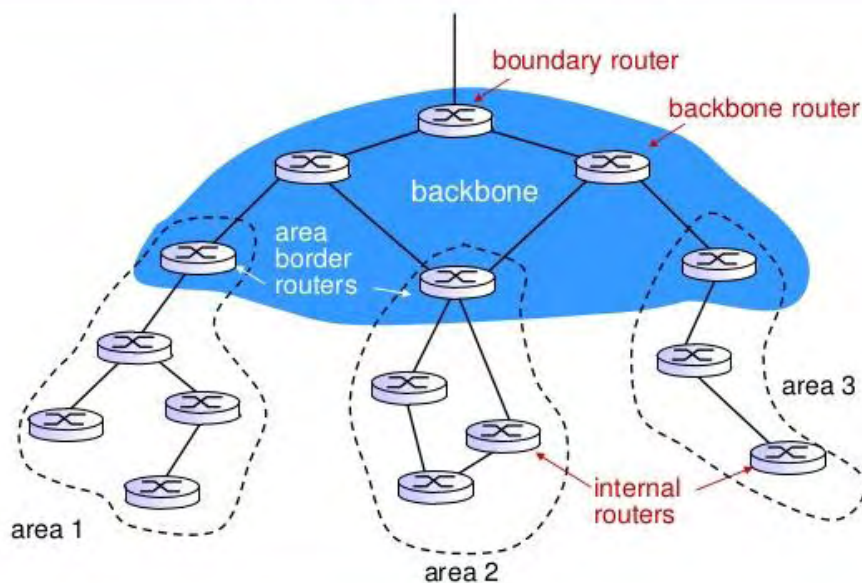


Διασύνδεση τριών αυτόνομων συστημάτων

Στο OSPF υπάρχουν διάφορες «οντότητες δρομολόγησης» (δηλ. τύποι δρομολογητή όσον αφορά το ρόλο του):

- ✓ Δρομολογητής Ορίων Περιοχής (ή Συνοριακός δρομολογητής περιοχής – Area Border Router – ABR): έχει διασυνδέσεις σε πολλαπλές περιοχές και διατηρεί βάσεις τοπολογίας για κάθε περιοχή που συνδέεται.
- ✓ Δρομολογητής Ορίων Αυτόνομου Συστήματος (ή Συνοριακός δρομολογητής αυτόνομου συστήματος – Autonomous System Boundary Router – ASBR): ανταλλάσσει πληροφορίες δρομολόγησης με δρομολογητές που ανήκουν σε άλλα αυτόνομα συστήματα.
- ✓ Δρομολογητής Κορμού (Backbone Router – BR): έχει μια διασύνδεση (interface) προς το δίκτυο κορμού.
- ✓ Εσωτερικός δρομολογητής (Internal Router – IR): είναι ο δρομολογητής που συνδέει εσωτερικά δίκτυα, εντός της ίδιας περιοχής (area).

## Hierarchical OSPF



11

Ιεραρχικό OSPF αυτόνομο σύστημα

Το OSPF απαιτεί περισσότερη μνήμη και περισσότερη υπολογιστική ισχύ απ' ότι το RIP. Οι δρομολογητές σχηματίζουν εικόνα για όλο το δίκτυο, υπολογίζοντας την «καλύτερη διαδρομή» μέσω του αλγορίθμου Dijkstra.

Τα βασικά βήματα που ακολουθεί ένας OSPF δρομολογητής είναι:

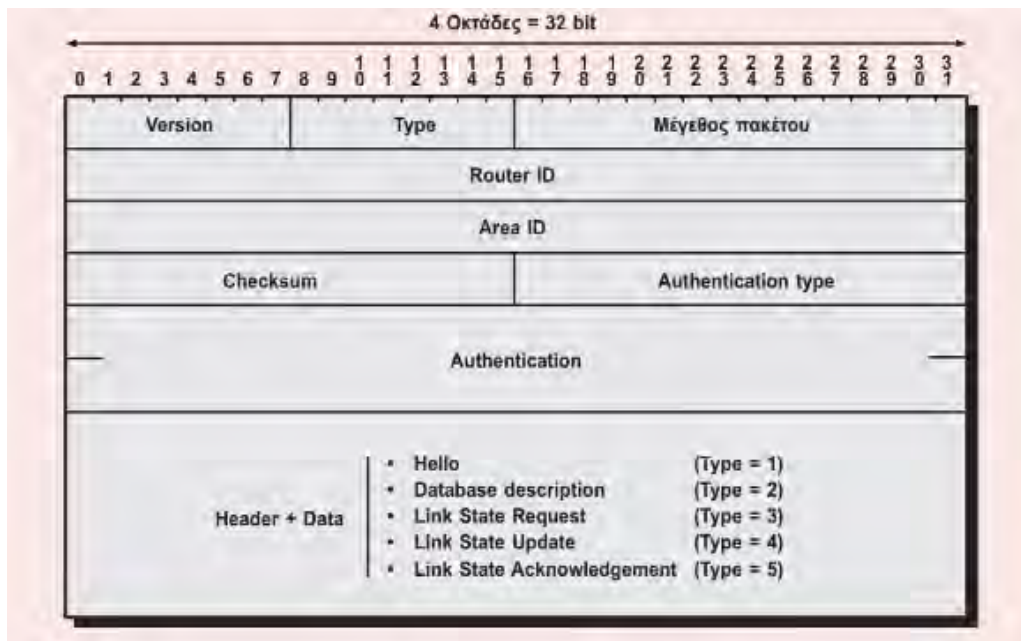
- Εντοπισμός των γειτονικών δρομολογητών
- Επιλογή του designated δρομολογητή (DR router).

- Δημιουργία σχέσεων επικοινωνίας με τους γειτονικούς δρομολογητές (“γειτνιάσεις”).
- Συγχρονισμός των βάσεων δεδομένων.
- Επεξεργασία του πίνακα δρομολόγησης
- Δημοσίευση των καταστάσεων των γραμμών προς το υπόλοιπο δίκτυο.

Ο εντοπισμός των δρομολογητών γίνεται με τη χρήση πακέτων HELLO. Μετά από την ανάλυση των πακέτων HELLO γίνεται ο ορισμός του Designated Router (DR) και του Backup Designated Router (BDR). Ο Designated Router έχει την αρμοδιότητα να ενημερώνει πλέον αυτός τους άλλους δρομολογητές σε όλα τα δίκτυα OSPF. Δημιουργεί για το σκοπό αυτό σχέσεις «γειτνιάσης» με τους υπόλοιπους δρομολογητές. Ομοίως, και ο BDR router δημιουργεί σχέσεις γειτονίας με τους άλλους δρομολογητές. Ο BDR router είναι σε ετοιμότητα να αναλάβει τις λειτουργίες και το ρόλο του DR router, εάν ο τελευταίος πάθει κάποια βλάβη ή βγει εκτός λειτουργίας.

Ο συγχρονισμός των βάσεων δεδομένων επιτυγχάνεται με τα πακέτα LSU (Link State Updates).

Η μορφή ενός πακέτου στο OSPF έχει ως εξής:



Δομή πακέτου OSPF

Περιγραφή των πεδίων του πακέτου OSPF:

**Version** (8 bits): αναφέρει τον αριθμό έκδοσης του πρωτοκόλλου.

**Type** (8 bits): περιγράφεται ο τύπος του πρωτοκόλλου (type 1 ή 2 ή 3 ή 4 ή 5).

**Length** (16 bits): περιέχεται το μήκος του πακέτου συμπεριλαμβανομένου και του header.

**Router ID** (32 bits): που περιγράφει τον αποστολέα του πακέτου

**Area ID** (32 bits): για τη διεύθυνση της περιοχής που βρίσκεται ο αποστολέας (OSPF area).

**Checksum** (16 bits): χρησιμεύουν για την αναγνώριση σφαλμάτων του header.

**Authentication type** και πεδίο **Authentication**: χρησιμοποιούνται για την επικύρωση του πακέτου.

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF σχεδιάστηκε για να ξεπεράσει τους περιορισμούς του RIP, το οποίο προκαλούσε σοβαρά προβλήματα σε μεγάλα δίκτυα, όπως:

- *Περιορισμός μεγέθους* – στο RIP η πληροφορία δεν μπορούσε να φθάσει στον προορισμό αν αυτός βρισκόταν σε απόσταση μεγαλύτερη των 15 αλμάτων (δηλ. αν μεσολαβούσαν περισσότεροι από 15 δρομολογητές μεταξύ πηγής και προορισμού). Στο OSPF δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό αλμάτων (hops).
- *Αναποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης* – στο RIP ο κάθε δρομολογητής έστελνε ολόκληρο τον πίνακα δρομολόγησης του σε όλους του γειτονικούς δρομολογητές κάθε 30 δευτερόλεπτα, ενώ στο OSPF οι πίνακες δρομολόγησης αποστέλλονται μόνο όταν έχει συμβεί κάποια αλλαγή, γεγονός που σημαίνει ότι ο «χρόνος σύγκλισης» (convergence time) είναι πολύ μικρότερος απ' ότι στο RIP .
- *Στοιχειώδης επιλογή δρόμου* – στο RIP δεν λαμβάνονται υπόψη το κόστος των συνδέσεων και οι καθυστερήσεις στο δίκτυο, αφού οι επιλογές της δρομολόγησης βασίζονται αποκλειστικά στον αριθμό αλμάτων (hops). Το OSPF επιτρέπει πολλαπλές διαδρομές ίδιου κόστους.

Τέλος, ακολουθεί ένας πίνακας σύγκρισης μεταξύ των δύο δημοφιλών πρωτοκόλλων δρομολόγησης που περιγράψαμε.

Features	RIP		OSPF
	Version 1	Version 2	
Algorithm	Bellman-Ford		Dijkstra
Path Selection	Hop based		Shortest Path
Routing	Classful	Classless	Classless
Transmission	Broadcast	Multicast	Multicast
Administrative Distance	120		110
Hop Count Limitation	15		No Limitation
Authentication	No	MD5	MD5
Protocol	UDP		IP
Convergence Time	RIP>OSPF		

Σύγκριση πρωτοκόλλων RIP και OSPF

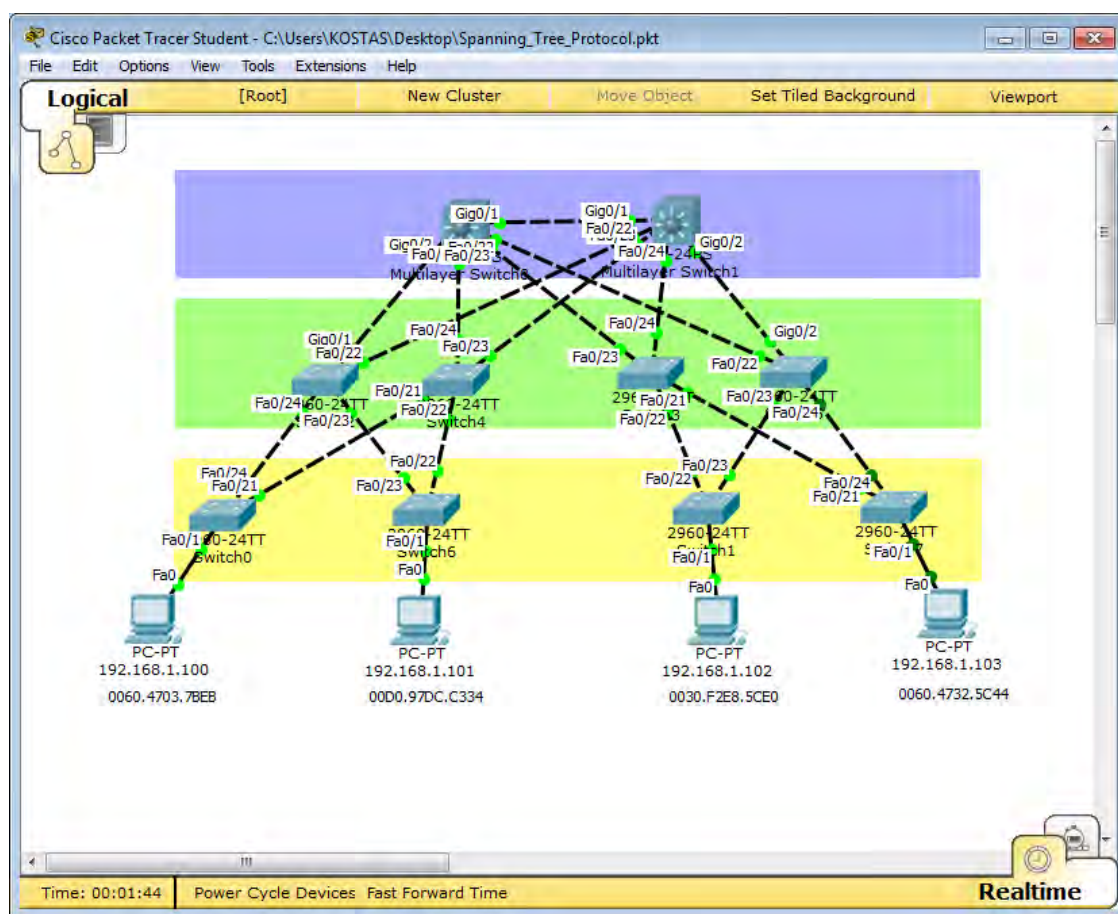
### 5.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ «ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΝΤΟΣ ΔΕΝΔΡΟΥ» (STP)

Το πρωτόκολλο «επικαλύπτοντος ή συνδεδετικού δένδρου» (*Spanning Tree Protocol – STP*) είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στους μεταγωγείς (ή πιο παλιά στις γέφυρες –

bridges) με σκοπό να επιλύσει τα προβλήματα «κυκλοφορίας βρόχου» των πλαισίων (“Layer 2 Switching Loops”).

Το STP ανήκει στο επίπεδο 2 του μοντέλου αναφοράς OSI (δηλ. επίπεδο ζεύξης ή σύνδεσης δεδομένων – Data Link Layer) και η βασική του λειτουργία είναι να εξαλείψει τους βρόχους που υπάρχουν σε ένα μεγάλο τοπικό δίκτυο, *όταν μεταξύ των μεταγωγών (switches) υπάρχουν πολλές συνδέσεις* και δημιουργούν έτσι πολλαπλές διαδρομές μεταξύ δύο κόμβων. Ο στόχος είναι θέτοντας τις θύρες των μεταγωγών είτε σε κατάσταση «προώθησης» (*forwarding*) είτε σε κατάσταση «αποκλεισμού» (*blocking*) να διαμορφωθεί μία ενεργή διαδρομή μεταξύ δύο κόμβων ή όπως αλλιώς θα λέγαμε, *ένα μόνο ενεργό μονοπάτι* (το οποίο ονομάζεται «επικαλύπτον δένδρο» - spanning tree).

Βασίζεται στον *αλγόριθμο STA* (Spanning Tree Algorithm), ο οποίος αρχικά εφαρμόστηκε την εποχή που μεσουρανούσαν οι ειδικές δικτυακές συσκευές επιπέδου 2, οι γέφυρες (bridges). Οι μεταγωγείς (switches) θεωρούνται ως «γρήγορες γέφυρες πολλών θυρών», οπότε ό,τι ισχύει για τις γέφυρες ισχύει το ίδιο και για τους μεταγωγείς. Γι’ αυτό, στο πρωτόκολλο STP χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι που έχουν να κάνουν με τη λέξη «bridge», αλλά ισχύουν εξίσου τα ίδια πράγματα και για τα switch (οπότε στην παρακάτω ανάλυση και μελέτη του πρωτοκόλλου STP, όπου γίνεται χρήση του όρου «*bridge*» εννοείται στη θέση του ο όρος «*switch*»).



Σύνθετο δίκτυο με μεταγωγείς που χρησιμοποιούν το STP

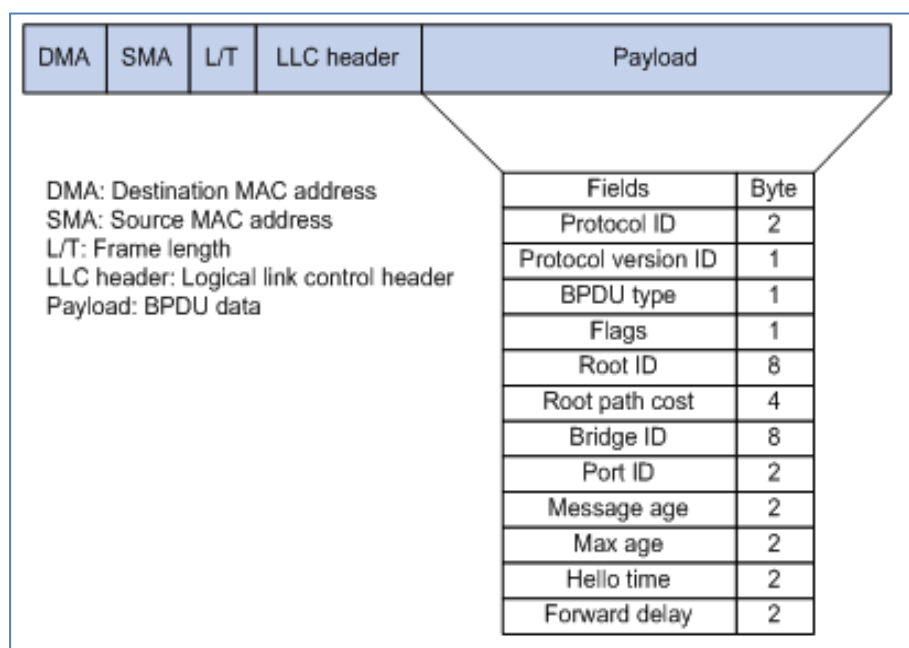
Η λειτουργία του πρωτοκόλλου STP βασίζεται στην επικοινωνία μεταξύ των μεταγωγών, ώστε όλοι να πληροφορηθούν για το ποιοι είναι οι βρόχοι (loops) στο δίκτυο και αυτοί να «αφαιρεθούν» θέτοντας συγκεκριμένες θύρες σε κατάσταση “blocking”. Αυτή η επικοινωνία ανάμεσα στους μεταγωγείς γίνεται με την **ανταλλαγή ειδικών μηνυμάτων** που ονομάζονται **BPDU** (Bridge Protocol Data Unit – «Μονάδες Δεδομένων Πρωτοκόλλου Γέφυρας»). Με τη βοήθεια των μηνυμάτων αυτών προσπαθεί το πρωτόκολλο STP «να μάθει την τοπολογία του όλου τοπικού δικτύου» και τους φυσικούς βρόχους, ώστε μετά να επέμβει καταλλήλως και να ορίσει τα ενεργά μονοπάτια που θα υπάρχουν, χωρίς την ύπαρξη βρόχων.

**Οι μεταγωγείς**, μόλις ξεκινάει η λειτουργία τους, αποστέλλουν προς όλες τις θύρες τους (broadcast) **ένα πλαίσιο BPDU** χρησιμοποιώντας ως “**Source MAC Address**” τη φυσική διεύθυνση της ίδιας της θύρας που αποστέλλει το πλαίσιο. Ο μεταγωγός, στην αρχή, δε γνωρίζει τίποτα για τους άλλους μεταγωγείς που βρίσκονται γύρω από αυτόν, γι’ αυτό αποστέλλει τα μηνύματα BPDU προς όλες τις θύρες του, ώστε να φθάσουν οι πληροφορίες (που βρίσκονται μέσα στο BPDU) σε όλα τα switch του δικτύου. Ως “**Destination MAC Address**” το BPDU πλαίσιο έχει την ειδική διεύθυνση «**πολλαπλής διανομής του STP**» που είναι η «**01-80-C2-00-00-00**», ώστε να ληφθεί το πλαίσιο από όλα τα switches που βρίσκονται σε κατάσταση «ακρόασης» (listening) - αυτό σημαίνει πως λόγω της ειδικής αυτής “Destination MAC Address” αν το BPDU πλαίσιο ληφθεί από υπολογιστή, αυτός θα το απορρίψει, μιας και ένα BPDU πλαίσιο έχει νόημα μόνο για τα switches.

Τα μηνύματα BPDU αποστέλλονται από κάθε θύρα (port) ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2 δευτερολέπτων, συνήθως), ώστε να εξασφαλιστεί ένα σταθερό τοπικό δίκτυο χωρίς βρόχους.

Γενικά, υπάρχουν 3 τύποι μηνυμάτων BPDU: το «Configuration BPDU», το «Topology Change Notification BPDU» και το «Topology Notification Acknowledgement» (με τις συντομογραφίες αντίστοιχα CBPDU, TCN BPDU και TNA BPDU).

Αυτό το μήνυμα που αρχικά δημιουργούν και αποστέλλουν τα switches είναι **BPDU τύπου «Configuration»** (CBPDU – **Configuration BPDU**) και η μορφή του έχει ως εξής:



Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται τα πεδία ενός πλαισίου CBPDU (εκτός της αρχής και του τέλους). Το πεδίο «DMA» περιέχει τη φυσική διεύθυνση προορισμού (που όπως αναφέρθηκε αυτή είναι η 01-80-C2-00-00-00), το πεδίο «SMA» περιέχει τη φυσική διεύθυνση αποστολέα (που είναι η MAC Address της θύρας που «εκπέμπει» το πλαίσιο), το πεδίο «L/T» (που σημαίνει “Length / Type”) έχει την τιμή «0x3» (δηλ. τη δεκαεξαδική τιμή 3), το πεδίο «LLC HEADER» που είναι ένα σύνθετο πεδίο μήκους 3 bytes έχει τις τιμές “0x42” (για το υπο-πεδίο DSAP - Destination Service Access Point), “0x42” (για το υπο-πεδίο SSAP - Source Service Access Point) και “0x3” (για το υπο-πεδίο Control Bit).

Τα υπόλοιπα πεδία ανήκουν στο τμήμα «STP BDU» (αυτό που αναγράφεται ως «Payload»):

- **Protocol Identifier** (2 bytes): Περιέχει τη τιμή 0000 για το πρότυπο IEEE 802.1d.
- **Protocol Version Identifier** (1 byte): Περιέχει τη τιμή 0.
- **Message Type** (1 byte): Περιέχει το τύπου του μηνύματος του BPDU (δηλ. Configuration BPDU ή TCN BPDU).
- **Flags** (1 byte): Περιέχει 8 bits. Από τα 8 αυτά bits μόνο τα δύο χρησιμοποιούνται. Το 1<sup>ο</sup> bit που περιέχει τη πληροφορία για το αν υπάρχει αλλαγή στη τοπολογία ( Topology Change bit: TC) και το 8<sup>ο</sup> bit που περιέχει τη πληροφορία βεβαίωσης για το αν έχει υπάρξει αλλαγή στο τοπολογία (Topology Change Acknowledgement: TCA).
  - 1: Topology Change Flag
  - 2: unused 0
  - 3: unused 0
  - 4: unused 0
  - 5: unused 0
  - 6: unused 0
  - 7: unused 0
  - 8: Topology Change Ack
- **Root ID** (8 bytes): Περιέχει το μοναδικό αναγνωριστικό του μεταγωγέα, που ο αποστολέας πιστεύει πως είναι το switch-ρίζα (“root switch” ή root bridge”) καταγράφοντας τον αριθμό προτεραιότητας (2 bytes) ακολουθούμενο από την MAC Address του Switch (6 bytes).
- **Root Path Cost** (4 bytes): Περιέχει τη πληροφορία του κόστους της διαδρομής από τη θύρα μετάδοσης προς το “root switch”.
- **Bridge ID** (8 bytes): Περιέχει το μοναδικό αναγνωριστικό του Switch που μεταδίδει το μήνυμα.
- **Port ID** (2 bytes): Περιέχει το αναγνωριστικό της θύρας του Switch μέσω του οποίου μεταδόθηκε το μήνυμα.
- **Message Age** (2 bytes): Περιέχει το συνολικό χρόνο που έκανε το μήνυμα BPDU να μεταδοθεί από το “root switch” προς το επόμενο switch. Το “root switch” στέλνει το BPDU μήνυμα με μια τιμή 0 και κάθε επόμενο switch που δέχεται το μήνυμα προσθέτει 1 σε αυτή τη τιμή.



- **Maximum Age** (2 bytes): Περιέχει τη τιμή του χρονικού ορίου που θέτει το “root switch” και χρησιμοποιείται για να περιοριστεί το χρονικό διάστημα για το οποίο θεωρείται έγκυρο το τελευταίο μήνυμα και μετά διαγράφεται. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 20 δευτερόλεπτα.
- **Hello Time** (2 bytes): Περιέχει το χρονικό διάστημα αποστολής περιοδικών BPDUs από το “root switch” προς όλα τα άλλα switch. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 2 δευτερόλεπτα.
- **Forward Delay** (2 bytes): Περιέχει το χρονικό όριο για το οποίο ένα switch θα πρέπει να περιμένει πριν μια θύρα μεταβεί σε μια νέα κατάσταση (π.χ από την κατάσταση Listening στην κατάσταση Learning) αφού έχει προηγηθεί κάποια αλλαγή στη τοπολογία του δικτύου. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 15 δευτερόλεπτα.

- **Καταστάσεις Λειτουργίας των Θυρών ενός Switch**

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας ενός switch οι θύρες του μπορούν να μεταβαίνουν από τη μία κατάσταση λειτουργίας σε μία άλλη, ανάλογα από τις εκάστοτε συνθήκες στα διάφορα σημεία του δικτύου, ώστε να προσαρμόζονται σε οποιαδήποτε αλλαγή συμβεί στην όλη τοπολογία. Οι καταστάσεις λειτουργίας των θυρών ενός switch είναι οι ακόλουθες πέντε:

- **Αποκλεισμού (Blocking):** Όλες οι θύρες ενός switch όταν ενεργοποιούνται για πρώτη φορά είναι σε κατάσταση “μπλοκαρίσματος”. Σε αυτήν την κατάσταση οι θύρες δεν μπορούν να προωθήσουν κίνηση ούτε να προσθέσουν τις φυσικές διευθύνσεις από άλλες συσκευές στο πίνακα των φυσικών διευθύνσεων (arp table). Μπορούν να ακούν μόνο τα BPDUs μηνύματα από τα γειτονικά switch για να πληροφορούνται για τυχόν αλλαγές που γίνονται στο δίκτυο. Σκοπός της κατάστασης «αποκλεισμού» είναι να αποτρέψει την ύπαρξη βρόχων.
- **Ακρόασης (Listening):** Μία θύρα μεταβαίνει σε αυτή τη κατάσταση, όταν το switch πιστεύει ότι η θύρα αυτή μπορεί να επιλεγεί ως «*root port*» ή ως «*designated port*» (θα αναφερθώ σε αυτές τις έννοιες λίγο παρακάτω). Από εδώ και μετά, η θύρα προετοιμάζεται για να μεταβεί σταδιακά στην κατάσταση «προώθησης», όπου θα μπορεί να προωθεί πλαίσια δεδομένων. Σε αυτήν, όμως, την κατάσταση δεν μπορεί ακόμα ούτε να λάβει ούτε να στείλει *πλαίσια δεδομένων*. Επιτρέπεται, όμως, να δέχεται και να στέλνει BPDUs μηνύματα για να μπορεί να συμμετέχει στη διαδικασία της δημιουργίας της τοπολογίας του STP. Τότε η θύρα μπορεί να χαρακτηριστεί ως «root port» ή ως «designated port», αφού το switch ενημερώσει καταλλήλως τα άλλα switch στέλλοντας BPDUs μηνύματα. Αν η θύρα δεν χαρακτηριστεί ως «root port» ή ως «designated port», τότε επιστρέφει στη κατάσταση «αποκλεισμού» (blocking).
- **Εκμάθησης (Learning):** Αν η θύρα, ενώ βρίσκεται στην κατάσταση “Listening”, χαρακτηριστεί ως «root port» ή ως «designated port» μετά από μια χρονική περίοδο που λέγεται “Forward Delay” μεταβαίνει στην κατάσταση “Learning”. Η θύρα εξακολουθεί να στέλνει και να δέχεται BPDUs μηνύματα, όπως και πριν, αλλά επιπλέον μπορεί να «μαθαίνει» και να προσθέτει στο πίνακα του τις φυσικές διευθύνσεις άλλων συσκευών. Ο χρόνος “Forward Delay” που χρειάζεται για τη

μετάβαση από την κατάσταση “Listening” στην κατάσταση “Learning” έχει αρχικά την τιμή δεκαπέντε δευτερόλεπτα.

- **Προώθησης (Forwarding):** Μετά από άλλη μια χρονική περίοδο “Forward Delay” στην κατάσταση “Learning” επιτρέπεται στη θύρα να μεταβεί στη κατάσταση “Forwarding”. Σε αυτή τη κατάσταση η θύρα μπορεί να στέλνει και να δέχεται πλαίσια δεδομένων, να μαθαίνει τις φυσικές διευθύνσεις και να τις προσθέτει στο πίνακα του, και φυσικά, να στέλνει και να δέχεται BPDUs μηνύματα. Δηλ. βρίσκεται σε πλήρη λειτουργικότητα.
- **Απενεργοποίησης (Shutdown ή Disabled):** Οι θύρες τίθενται σε αυτή τη κατάσταση από το διαχειριστή, όταν τις απενεργοποιεί για κάποιο λόγο ή όταν υπάρξει κάποια βλάβη. Η κατάσταση αυτή είναι «αδιαίτερη» και δεν αποτελεί μέρος της φυσιολογικής εξέλιξης του STP για μια θύρα.

### ➤ Εκλογή του «Root Switch»

Οι επιπλέον συνδέσεις μεταξύ των μεταγωγέων λειτουργούν ως «εφεδρικές» και βοηθούν στην αποτροπή προβλημάτων σε περίπτωση που μια ενεργή σύνδεση σταματήσει να λειτουργεί. Το πρωτόκολλο STP, όπως αναφέρθηκε, έχει ως στόχο να θέσει κάποιες από τις «επιπλέον συνδέσεις» των μεταγωγών σε κατάσταση «blocking», διότι διαφορετικά σε περίπτωση broadcast και multicast μεταδόσεων πλαισίων θα δημιουργηθεί το πρόβλημα του «broadcast storm», δηλ. της υπερφόρτωσης του δικτύου από τη μεγάλη κίνηση δεδομένων.

Για να συμφωνήσουν όλοι οι μεταγωγείς σε μια τοπολογία χωρίς βρόχους, θα πρέπει να υπάρχει *ένα κοινό σημείο αναφοράς* που θα το χρησιμοποιήσουν για καθοδήγηση. Αυτό το σημείο αναφοράς ονομάζεται «**Root Bridge**» ή «**Root Switch**».

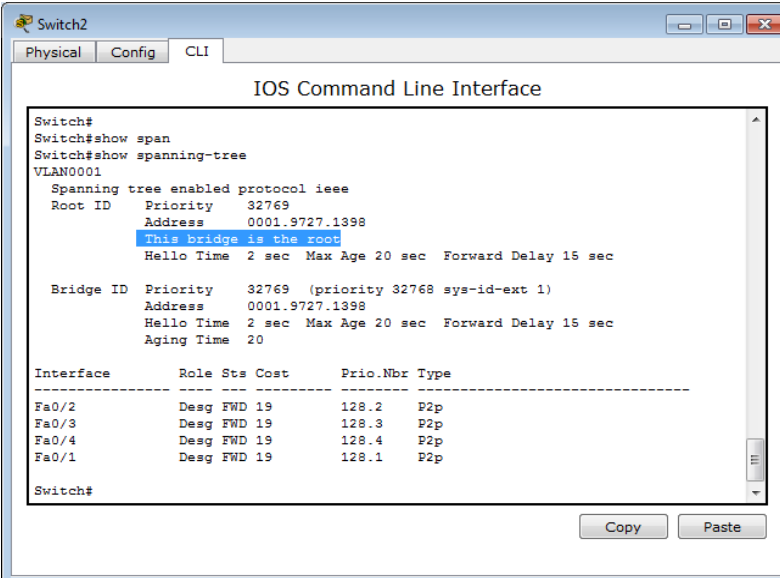
Το «**Root Switch**» επιλέγεται μέσω μιας διαδικασίας εκλογής που γίνεται μεταξύ όλων των συνδεδεμένων switches στο δίκτυο. Κάθε μεταγωγός (switch) έχει μια μοναδική ταυτότητα, το *αναγνωριστικό* του – «**Bridge ID**» (ή «Switch ID»), το οποίο χρησιμοποιούν για να ξεχωρίζει το καθένα από τα υπόλοιπα. Το αναγνωριστικό «Switch/Bridge ID» αποτελείται από μια τιμή των 8 bytes και *περιέχει δύο πεδία*: το «Bridge Priority» μήκους 2 bytes και την «Bridge MAC Address» (μήκους 6 bytes) που έχει ως ειδική διεύθυνση το switch (διαφορετική από την MAC Address της κάθε θύρας).

- **Προτεραιότητα Γέφυρας** (Bridge Priority ή Switch Priority – 2 bytes): Είναι η προτεραιότητα ή το «βάρος» ενός switch σε σχέση με τα άλλα switches. Το πεδίο αυτό έχει μία τιμή από 0–65.535. Η προεπιλεγμένη τιμή για όλες τα switches είναι η 32.768. Η τιμή αυτή, φυσικά, μπορεί να αλλαχτεί από το διαχειριστή του δικτύου.
- **Φυσική διεύθυνση Γέφυρας** (Bridge MAC Address – 6 bytes): Η διεύθυνση αυτή, είναι μία μοναδική ταυτότητα που αποδίδεται στα switches για την επικοινωνία. Αυτή η διεύθυνση μπορεί να προκύψει είτε από τον ίδιο τον κατασκευαστή της συσκευής είτε από ένα πλήθος 1024 διευθύνσεων που έχουν ανατεθεί σε κάθε κατασκευαστή και

εξαρτάται από το μοντέλο του switch. Αυτή η ειδική διεύθυνση δεν μπορεί να αλλαχθεί από το διαχειριστή.

Όταν ένα switch έρθει για **πρώτη φορά σε λειτουργία**, δεν έχει πλήρη εικόνα για το ποιες άλλες συσκευές υπάρχουν γύρω του και έτσι **θεωρεί τον εαυτό του ως «Root Switch»**. Αυτό, όπως είναι λογικό, αλλάζει καθώς και τα άλλα switches τίθενται σε λειτουργία και συμμετέχουν στην διαδικασία της εκλογής στέλνοντας τα δικά τους μηνύματα BPDU. Παρόλα αυτά, μόνο τα μηνύματα που έχουν πληροφορίες για το «πραγματικό» “Root Switch” εξακολουθούν να προωθούνται μέσω των switches. Τα υπόλοιπα μηνύματα που εκπέμπουν τα άλλα switches θεωρούνται σιγά-σιγά «κατώτερα» σε σχέση με αυτά του «πραγματικού» “Root Switch” με αποτέλεσμα να μην προωθούνται πλέον και να απορρίπτονται από το δίκτυο.

Η **διαδικασία της εκλογής** του “Root Switch” (Root Bridge/Switch Election) έχει ως εξής: Κάθε switch ξεκινάει τη λειτουργία του στέλνοντας **μηνύματα “Configuration BPDU”** που περιέχουν ως αναγνωριστικό “γέφυρας ρίζας” (Root ID) ίδιο με το δικό του «αναγνωριστικό γέφυρας» (Bridge ID) και ως «αναγνωριστικό αποστολέα γέφυρας» (Sender Bridge ID) πάλι ίδιο με το δικό του αναγνωριστικό γέφυρας (Bridge ID). Το αναγνωριστικό αποστολέα γέφυρας (“Sender Bridge ID”) ενημερώνει τα υπόλοιπα switches για το ποιος είναι ο αποστολέας του BPDU μηνύματος που αποστέλλεται.



```
Switch2
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Switch#
Switch#show span
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32769
           Address    0001.9727.1398
           This bridge is the root
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
           Address    0001.9727.1398
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20

Interface  Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2     Desg FWD 19        128.2   P2p
Fa0/3     Desg FWD 19        128.3   P2p
Fa0/4     Desg FWD 19        128.4   P2p
Fa0/1     Desg FWD 19        128.1   P2p
Switch#
```

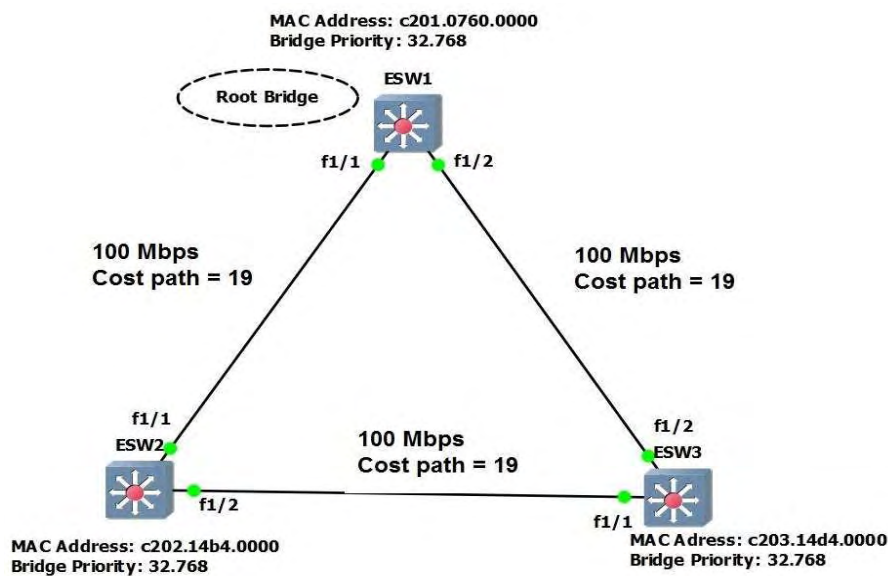
Εκτέλεση εντολής «show spanning-tree»

Τα μηνύματα BPDU που λαμβάνει το κάθε switch αναλύονται για να ανακοινωθεί το καλύτερο “Root Switch”. **Καλύτερο “Root Switch”** είναι **το switch που έχει τη χαμηλότερη τιμή** ως «Bridge ID». Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, το “Bridge ID” περιέχει δύο πεδία. Αν δύο switches έχουν την ίδια προτεραιότητα γέφυρας (Bridge Priority), τότε καλύτερο είναι το switch με τη μικρότερη φυσική διεύθυνση (Bridge MAC Address). Επομένως, όταν ένα switch λάβει ένα BPDU μήνυμα στο οποίο αναφέρεται καλύτερο “Root Bridge ID”, τότε το switch αντικαθιστά το δικό του “Root Bridge ID” με αυτό του μηνύματος BPDU που έλαβε και προωθεί καινούργιο μήνυμα BPDU διατηρώντας το δικό του αναγνωριστικό αποστολέα γέφυρας.

Όταν όλα τα switches στείλουν μεταξύ τους αρκετά μηνύματα BPDU, η εκλογή θα *συγκλίνει* και όλα τα switches θα συμφωνήσουν στην ύπαρξη κάποιου από αυτά ως «γέφυρα ρίζα». Είναι προφανές πως, αν ένα καινούργιο switch μπει σε λειτουργία και έχει χαμηλότερη τιμή προτεραιότητας (ή ίσης τιμής προτεραιότητας αλλά χαμηλότερη τιμή φυσικής διεύθυνσης), θα αποστείλει μηνύματα BPDU υποστηρίζοντας πως αυτό είναι πλέον η «νέα γέφυρα- ρίζα».

Η εκλογή γέφυρας ρίζας (“Root Bridge Election”) είναι μια διαρκής διαδικασία μιας και όλα τα switch *κάθε δύο δευτερόλεπτα αποστέλλουν μηνύματα BPDU* όπου μέσα σε αυτά αναφέρεται το «αναγνωριστικό γέφυρας ρίζας» για το έως τότε συγκεκριμένο “Root Bridge/Switch”.

Ένα παράδειγμα εκλογής του “Root Bridge” φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Παράδειγμα εκλογής του «Root Bridge»

Σε αυτό το δίκτυο *υπάρχουν τρία switch* τα οποία έχουν την ίδια τιμή προτεραιότητας γέφυρας (την 32768). Συνδέονται *μεταξύ τους με Fast Ethernet συνδέσεις* οι οποίες έχουν ως «τιμή κόστους διαδρομής» την τιμή 19. Τα τρία switch επιχειρούν να εκλέξουν τον εαυτό τους ως «γέφυρα ρίζα», αλλά έχουν *ίδια «τιμή προτεραιότητα γέφυρας»* (Bridge Priority). Κατά συνέπεια, η εκλογή γίνεται με *κριτήριο την μικρότερη φυσική διεύθυνση μεταξύ αυτών* και, όπως φαίνεται, τη μικρότερη φυσική διεύθυνση την έχει το switch ESW1 (που είναι η C2-01-07-60-00-00), οπότε αυτό θα αποτελεί για όλους το “Root Bridge”. Σημειωτέον πως σε ένα δίκτυο υπάρχει μόνο μία «Root Bridge» και όλες οι θύρες της θέτονται σε κατάσταση «forwarding».

### ➤ Εκλογή των «Root Ports» (θύρες ρίζα ή θύρες κορμού)

Αφού ολοκληρωθεί η εκλογή του “Root Bridge” ως σημείο αναφοράς για όλο το δίκτυο, πρέπει το καθένα από τα υπόλοιπα switch να κατανοήσει ποια είναι η σχέση του με το σημείο αναφοράς, δηλ. το “Root Bridge”. Έτσι, επιλέγεται μία από τις θύρες του κάθε switch ως **θύρα**

**ρίζας (root port).** Η “root port” έχει πάντα κατεύθυνση προς το εκλεγμένο «Root Switch», και η θύρα που θα επιλεγεί είναι αυτή που θα έχει το μικρότερο «κόστος διαδρομής» (path cost) προς το “Root Bridge”. Όλες οι θύρες «root ports» τίθενται σε κατάσταση «forwarding» και το ότι η θύρα «root» βρίσκεται πιο κοντά στην «Root Bridge» δεν σημαίνει ότι είναι η κοντινότερη διαδρομή, αλλά πως είναι ο πιο γρήγορος δρόμος για να φτάσει ένα πλαίσιο στην «Root Bridge».

Το STP χρησιμοποιεί τον όρο «κόστος διαδρομής» (path cost) για να καθορίσει **ποια θύρα** στα άλλα switch (εκτός, δηλ. του “root switch”) **θα επιλεγθεί ως «root port»**. Το “root path cost” του κάθε switch προσδιορίζεται με τον εξής τρόπο:

Πρώτον, το “Root Bridge” αποστέλλει ένα BPDU μήνυμα με ένα “root path cost” ίσο με το 0, διότι οι θύρες που στέλνουν το μήνυμα είναι οι θύρες του “Root Switch”. Στη συνέχεια, όταν το επόμενο κοντινό switch παραλάβει αυτό το μήνυμα, προσθέτει το “path cost” της ίδιας της θύρας που έλαβε το μήνυμα. Έπειτα, προωθεί το μήνυμα BPDU με το νέο αθροιστικό κόστος ως το “root path cost”. Τέλος, το “root path cost” αυξάνεται από την είσοδο του “path cost” της θύρας καθώς λαμβάνονται τα μηνύματα BPDU σε κάθε επόμενο switch. Μετά την προσαύξηση του “root path cost”, τα switch καταγράφουν τις τιμές αυτές στη μνήμη τους. Όταν ένα μήνυμα BPDU λαμβάνεται από μια άλλη θύρα και το νέο “root path cost” είναι μικρότερο από την προηγούμενη τιμή που είχε αποθηκεύσει η θύρα, αυτή η νέα χαμηλότερη τιμή γίνεται το νέο “path cost” του switch. Επιπρόσθετα, το χαμηλότερο κόστος της τιμής ενημερώνει το switch πως η διαδρομή προς το “Root Switch” είναι καλύτερη χρησιμοποιώντας αυτή τη θύρα σε σχέση με τις άλλες θύρες. Έτσι, η νέα “root port” είναι η θύρα που έχει τη χαμηλότερη τιμή του “root path cost”.

**Ένα switch μπορεί να έχει ενεργό μόνο ένα “root port”**. Το “root path cost” προς το “Root Switch” υπολογίζεται από το άθροισμα των “path cost” που έχουν εκχωρηθεί εξ’ ορισμού σε κάθε θύρα. Οι εκχωρήσεις γίνονται συνήθως ως συνάρτηση του εύρους ζώνης των συνδέσεων. Όσο πιο μεγάλο είναι το εύρος ζώνης τόσο πιο μικρό είναι το “path cost”, έτσι ώστε η διαδρομή προς το “Root Bridge” να είναι η πιο γρήγορη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η τιμή του “path cost” ανάλογα με την ταχύτητα της θύρας του switch.

Bandwidth	Path Cost
4 Mbps	250
10 Mbps	100
16 Mbps	62
45 Mbps	39
100 Mbps	19
155 Mbps	14
200 Mbps	12
622 Mbps	6
1 Gbps	4
2 Gbps	3
10 Gbps	2

Σχέση «Ταχύτητας θύρας» με «Path Cost θύρας»

### ➤ Εκλογή των «Designated Ports» (καθορισμένες θύρες)

Μετά την επιλογή των “root ports”, το STP θα κάνει επιπλέον υπολογισμούς για να ορίσει σε κάθε switch του δικτύου (εκτός του “Root Bridge”) μία θύρα «Designated» με παρόμοιο τρόπο, όπως έγινε με τον ορισμό των «root ports».

Τα switch επιλέγουν την «Designated θύρα» σε σχέση με το συνολικό “path cost” προς τη “root port”. Αν κόστος δύο θυρών είναι το ίδιο, η θύρα με το μικρότερο «Bridge ID» θα επιλεγεί ως η «Designated θύρα». Κάθε switch έχει μία μόνον “Designated θύρα”.

Η «Designated θύρα» βρίσκεται σε κατάσταση «προώθησης» (forwarding) και χρησιμοποιείται για την προώθηση της κίνησης από και προς τα switch στο δίκτυο. Οι υπόλοιπες θύρες που δεν έχουν οριστεί ούτε ως “Root Ports” ούτε ως “Designated Ports” θεωρούνται ως «εναλλακτικές θύρες» (Alternative ports ή Non-Designated ports) και τίθενται σε κατάσταση «αποκλεισμού» (Blocking) όπου δεν προωθείται κίνηση μέσω αυτών των θυρών.

### ➤ Χρόνος Σύγκλισης (convergence time)

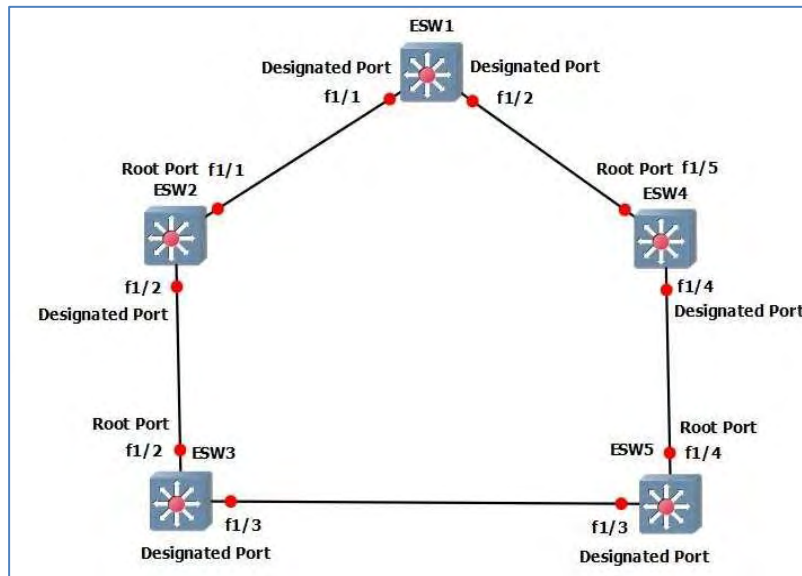
Ο όρος «Χρόνος Σύγκλισης» αφορά το χρονικό διάστημα που περνάει μέχρις ότου όλα τα switch του δικτύου έχουν φτάσει στη τελική τους διαμόρφωση στην τοπολογία του STP, και συνεπώς, στην ολοκλήρωση της λειτουργίας του πρωτοκόλλου.

Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις στις οποίες το STP εκτελεί μια «επαναδιαμόρφωση» (reconfiguration) των switch, που μπορεί να είναι είτε μερική είτε ολική. Η πιο απλή περίπτωση είναι όταν ξεκινάει η λειτουργία του δικτύου και τα switch θα τεθούν σε λειτουργία για πρώτη φορά, οπότε και θα πρέπει να συμφωνήσουν σιγά-σιγά σε μια νέα τοπολογία και βάση δεδομένων. Με απλά λόγια, ο «χρόνος σύγκλισης» είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τις θύρες των switch όταν έρχονται για πρώτη φορά σε λειτουργία να μεταβούν από την κατάσταση “blocking” σε κατάσταση “forwarding” και να ξεκινήσει η προώθηση των δεδομένων. Ο συνολικός χρόνος σύγκλισης των θυρών από τη μετάβαση της κατάστασης τους από “listening” σε “learning” και “forwarding” είναι συνολικά **30 δευτερόλεπτα** (15 sec + 15 sec ή 2\* “Forward Delay”). Αυτό συμβαίνει γιατί οι θύρες δεν βρίσκονταν σε κατάσταση “Blocking” με αποτέλεσμα να εξοικονομείται χρόνος 20 δευτερόλεπτων, που είναι ο χρόνος “Max Age”. Αν οι θύρες βρίσκονται στην κατάσταση “Blocking”, τότε ο χρόνος μετάβασης στην τελική κατάσταση “Forwarding” είναι **50 δευτερόλεπτα** (2\* “Forward Delay” + 20 sec “Max Age”) που είναι και ο προεπιλεγμένος χρόνος των switch. Αυτή η χρονική σύγκλιση ονομάζεται «**Initial Convergence**».

Μια άλλη περίπτωση είναι όταν λαμβάνει χώρα «επαναδιαμόρφωση» της τοπολογίας του δέντρου του STP στην περίπτωση που μια ενεργή σύνδεση παθαίνει κάποια βλάβη και καταρρέει, οπότε θα πρέπει να αντικατασταθεί από κάποια άλλη. Αυτού του είδους η σύγκλιση ονομάζεται «**Convergence After Failure**».

Ακόμα και μια διακοπή σύνδεσης στο δίκτυο έχει διαφορετικές επιπτώσεις και επιδράσεις στο χρόνο «επανα-σύγκλισης» του STP ανάλογα σε ποιο σημείο της τοπολογίας έχει συμβεί η βλάβη. Το STP αναφέρεται σε δύο ειδών βλάβες: την «άμεση» βλάβη (Direct Failure) και την «έμμεση» βλάβη (Indirect Failure).

Για να γίνει κατανοητό τι είναι η «*άμεση βλάβη*» (direct failure) και τι είναι η «*έμμεση βλάβη*» (indirect failure) και από ποια “οπτική γωνία” βλέπει την κάθε βλάβη ένα switch, δίνεται ως παράδειγμα το παρακάτω δίκτυο.



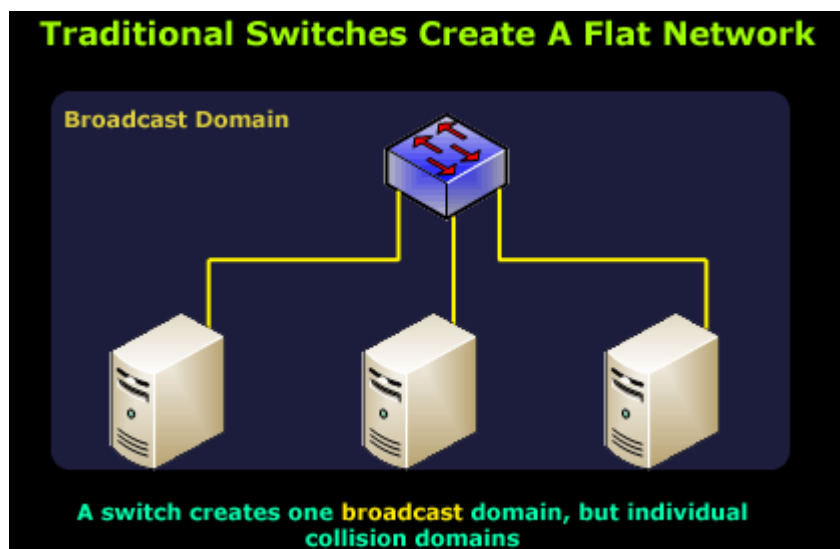
Παράδειγμα «άμεσης» - «έμμεσης» βλάβης στα switch

Έχει διαμορφωθεί η παραπάνω τοπολογία STP και ως “Root Bridge” έχει επιλεγθεί το ESW1. Έτσι, αν για παράδειγμα παρουσιαστεί βλάβη στο “root port” του switch ESW2 το ίδιο το switch θα θεωρήσει τη βλάβη αυτή ως «*άμεση*» και αφού αυτή η θύρα δεν θα λειτουργεί το STP θα ενεργήσει αναλόγως για να επιλύσει το πρόβλημα. Για το switch ESW3 αυτή η βλάβη θεωρείται ως «*έμμεση*», διότι η θύρα που παρουσιάζει το πρόβλημα δεν είναι δική του, αλλά ανήκει στο switch ESW2. Το switch ESW3 θα χάσει το δρόμο του προς “Root Bridge” (που είναι το ESW1) και θα πρέπει να ενημερωθεί μέσω των μηνυμάτων BPDU από τα γειτονικά switch για την αλλαγή που έχει συμβεί στη τοπολογία, αφού πλέον δεν μπορεί να προωθήσει πληροφορίες μέσω του ESW2.

Άρα, όταν μία θύρα ενός switch έχει κάποια βλάβη και δεν λειτουργεί, το ίδιο το switch την θεωρεί ως «*άμεση βλάβη*» ενώ αντίθετα τα γειτονικά switch την αντιμετωπίζουν ως «*έμμεση βλάβη*». Και στις δύο περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια της σύγκλισης δεν γίνεται προώθηση των πλαισίων μέσω των switch.

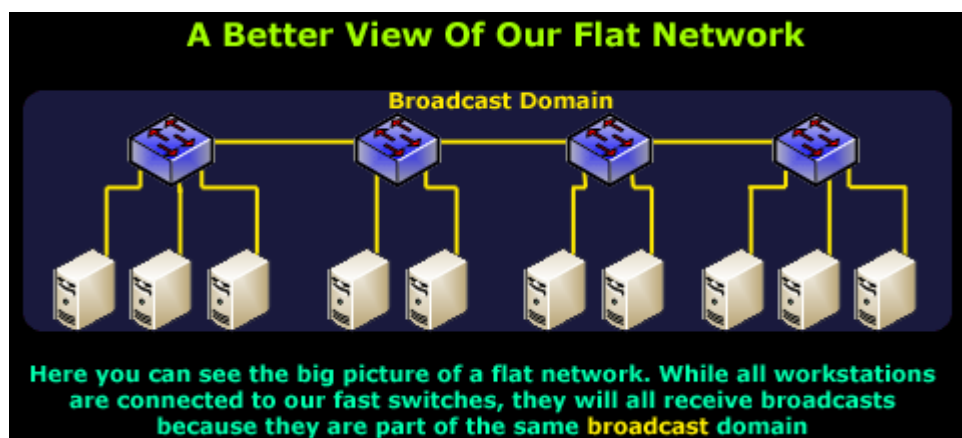
## 5.4 ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (VLANs)

Ένα τοπικό δίκτυο που αποτελείται μόνο από μεταγωγείς χαρακτηρίζεται με τον όρο «*Flat Network*». Ένα τέτοιο δίκτυο αποτελεί μια ενιαία περιοχή μετάδοσης (broadcast domain), έτσι ώστε κάθε κόμβος να παρακολουθεί την οποιαδήποτε αποστολή πακέτου που μεταδίδεται.



Δίκτυο «Flat Network» απλής μορφής

Όταν δηλ. γίνεται μια μετάδοση broadcast, το switch προωθεί τα μηνύματα broadcast σε όλους τους υπολογιστές που ανήκουν στο ίδιο τοπικό δίκτυο. Έτσι, και στο πάνω σχήμα και στο κάτω σχήμα όλοι οι υπολογιστές λαμβάνουν τα διάφορα broadcast μηνύματα που μεταδίδει κάποιος από τους υπολογιστές του δικτύου, ανήκουν όλοι οι υπολογιστές στο ίδιο “broadcast domain”.



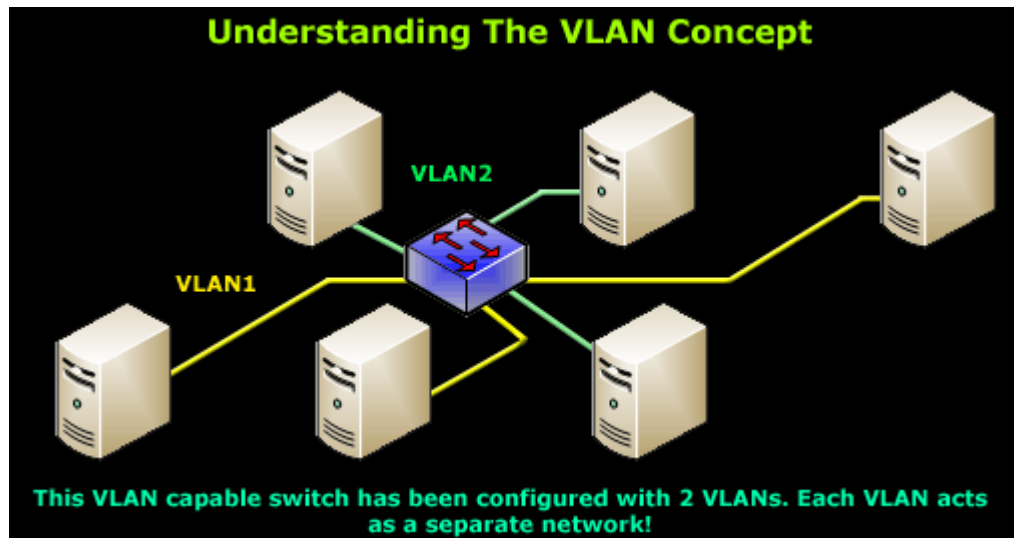
Παράδειγμα «Broadcast Domain» σε σύνθετο δίκτυο

Αλλά, εξακολουθεί, όπως είναι γνωστό, κάθε θύρα του switch να αφορά ένα ξεχωριστό «collision domain» (περιοχή σύγκρουσης).

Αν θέλουμε να περιορίσουμε την κίνηση σε ένα μεγάλο τοπικό δίκτυο, έτσι ώστε κάποιες ομάδες υπολογιστών να αποτελούν ένα «*ξεχωριστό LAN*» και η οποιαδήποτε μετάδοση που

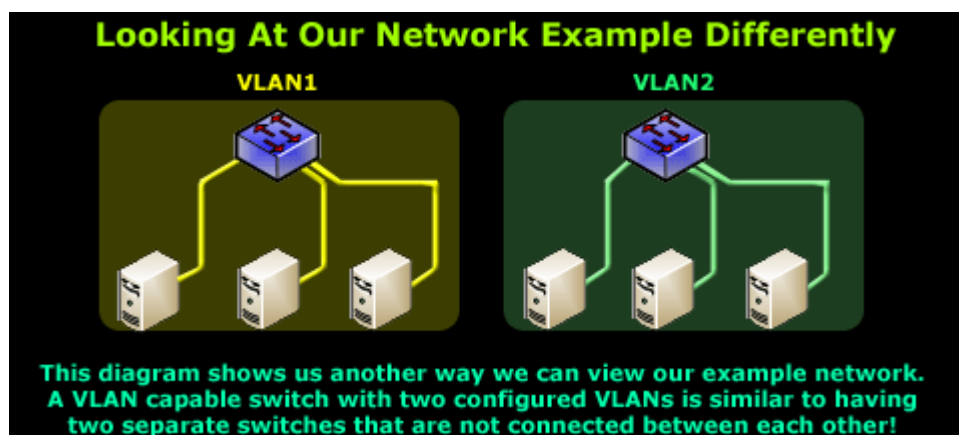


τους αφορά να γίνεται μόνο σε αυτούς και όχι στους υπόλοιπους υπολογιστές (ή κόμβους γενικότερα), τότε θα πρέπει να ορίσουμε ένα «εικονικό τοπικό δίκτυο» (Virtual LAN).



Παράδειγμα χρήσης δύο VLANs σε ένα switch

Τα «Εικονικά Τοπικά Δίκτυα» (Virtual LAN) είναι το αποτέλεσμα μιας **ομαδοποίησης** Υπολογιστών και άλλων συσκευών ενός μεγάλου LAN σε **μικρότερες ομάδες** των οποίων τα μέλη μπορούν να επικοινωνούν μόνον μεταξύ τους σαν να βρίσκονται σε ένα ανεξάρτητο LAN. Φαίνονται πως ανήκουν στο ίδιο τοπικό δίκτυο ανεξάρτητα από την γεωγραφική τους θέση και ανήκουν στον ίδιο «ενιαίο τομέα μετάδοσης» (broadcast domain). Η ομαδοποίηση αυτή ορίζεται στο switch χωρίς οι σταθμοί του δικτύου να εμπλέκονται στη διαδικασία. Ένα Switch μπορεί να υποστηρίξει ένα ή περισσότερα VLAN και **κάθε θύρα του switch πρέπει να ανήκει σε ένα μόνο VLAN**.

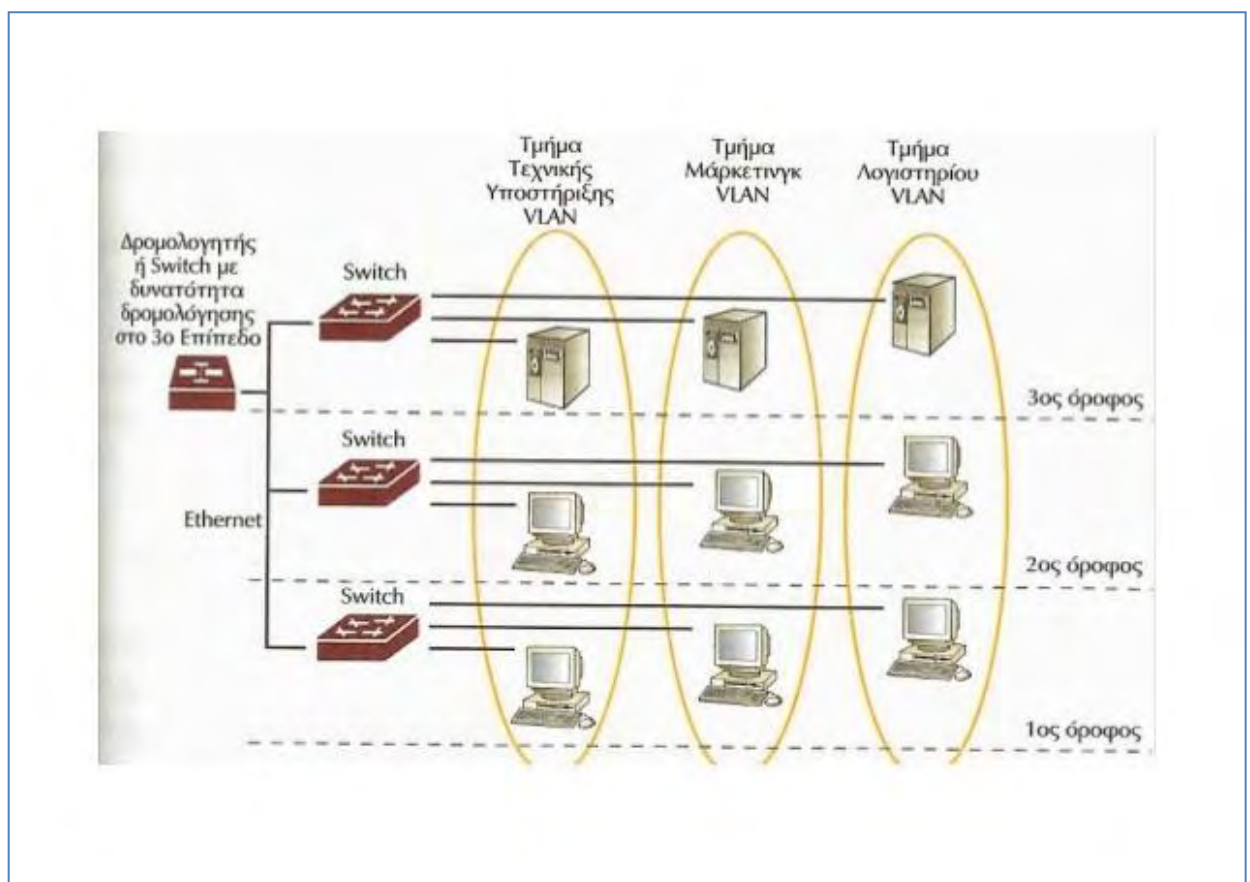


Παρομοίωση λειτουργίας switch που έχει δύο VLANs

Καθορίζοντας για κάθε θύρα ενός switch σε ποιο συγκεκριμένο VLAN θα ανήκει, δημιουργούμε τα VLANs και είναι σαν να έχουμε ξεχωριστά LAN μέσα στο ίδιο αρχικό LAN. Στην ουσία, μοιάζει σαν να έχουμε ξεχωριστά switch για κάθε VLAN (όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα).

Τα *οφέλη* από την χρήση και εφαρμογή των «εικονικών τοπικών δικτύων» είναι τα εξής:

- **Περιορισμός της δικτυακής κίνησης broadcast:** όσο μεγαλώνει ένα δίκτυο σε αριθμό κόμβων τόσο αυξάνεται και η δικτυακή κίνηση broadcast, με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης του δικτύου. Με τον χωρισμό του αρχικού μεγάλου τοπικού δικτύου σε μικρότερα VLANs, η κίνηση αυτή περιορίζεται μέσα στα όρια του εκάστοτε VLAN, καθώς τώρα αυτό αποτελεί ξεχωριστό «πεδίο εκπομπής» (broadcast domain).
- **Καλύτερη Ασφάλεια:** με την χρήση των VLANs, κόμβοι που ανήκουν σε τμήμα με αυξημένες ανάγκες ασφάλειας μπορούν να αποτελέσουν ξεχωριστό VLAN και έτσι να αποτραπεί η πρόσβαση σε αυτούς από κόμβους που βρίσκονται σε άλλο τμήμα.
- **Εύκολη Διαχείριση Δικτύου:** Η ομαδοποίηση στο επίπεδο 2 είναι πιο εύκολη και πιο αποτελεσματική από την υποδικτύωση στο επίπεδο 3 και την εξυπηρέτηση από routers.



Διαφορετικά VLAN σε ένα LAN

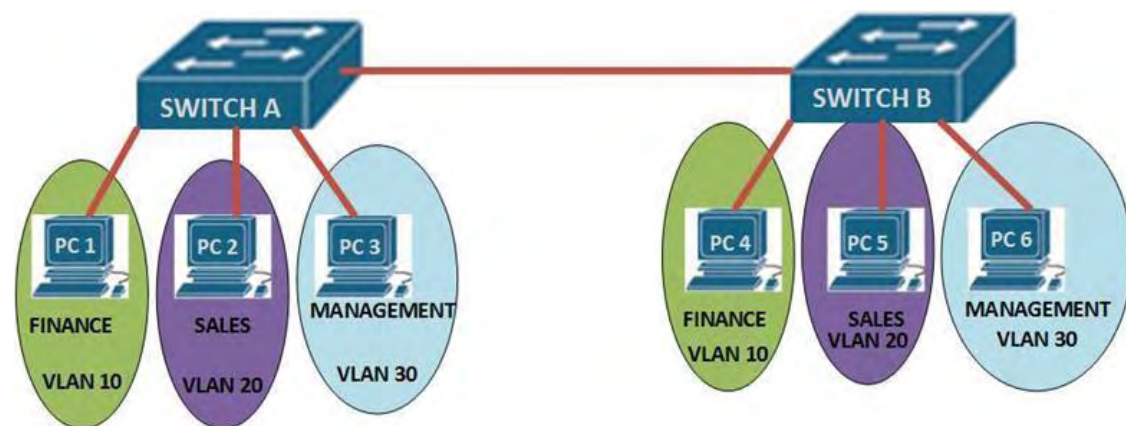
Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται το *παράδειγμα μιας επιχείρησης* που εφαρμόζει τη φιλοσοφία των VLAN στο πολυώροφο κτίριο που στεγάζεται. Σε κάθε όροφο υπάρχουν switches που συνδέονται μεταξύ τους με *κατακόρυφη καλωδίωση* και οι διάφοροι υπολογιστές που βρίσκονται στον κάθε όροφο συνδέονται με τη σειρά τους στις θύρες του switch που βρίσκεται στον όροφο με τη χρήση *οριζόντιας καλωδίωσης*. Η επιχείρηση έχει διάφορα *τμήματα*, όπως μάρκετινγκ, λογιστηρίου, τεχνικής υποστήριξης, πωλήσεων, κλπ. Όμως, τα τμήματα αυτά δεν βρίσκονται συγκεντρωμένα στον ίδιο χώρο, αλλά διάσπαρτα στους ορόφους του κτιρίου. Είναι λογικό η κίνηση στο δίκτυο να παρατηρείται κυρίως μεταξύ των υπολογιστών που ανήκουν στο ίδιο τμήμα, και δεν υπάρχει λόγος να μεταδίδονται τα πλαίσια αυτά στους υπολογιστές των

άλλων τμημάτων. Αλλά, σε μια μετάδοση broadcast με προορισμό τους υπολογιστές του ίδιου τμήματος, τα πλαίσια θα πηγαίνουν σε όλο το δίκτυο και όχι μόνο στο τμήμα. Η λύση, κανονικά, θα ήταν να γίνει προμήθεια αρκετών switches (ή άλλων ενεργών δικτυακών συσκευών) για να γίνει η διασύνδεση του κάθε τμήματος, διαδικασία που είναι πιο ακριβή και τεχνικώς πιο δύσκολη. Αντιθέτως, η **δημιουργία ξεχωριστών VLAN για κάθε τμήμα** και η αντιστοίχιση των υπολογιστών στο κατάλληλο VLAN αποτελεί **καλύτερη λύση**, μιας και αξιοποιείται ο ήδη υπάρχον δικτυακός εξοπλισμός για τη δημιουργία ξεχωριστού broadcast πεδίου για κάθε τμήμα. Η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών που ανήκουν σε διαφορετικά VLANs μπορεί να γίνει με τη χρήση είτε δρομολογητή είτε switch Layer 3. Βέβαια, εννοείται πως οι υπολογιστές του ίδιου VLAN πρέπει να έχουν τις κατάλληλες ρυθμίσεις IP, ώστε να ανήκουν στο ίδιο λογικό υποδίκτυο (ανεξάρτητα από τη φυσική τους θέση στο δίκτυο).

### ➤ Αντιστοίχιση των υπολογιστών σε VLAN

Υπάρχουν **δύο μέθοδοι αντιστοίχισης** ενός σταθμού εργασίας σε κάποιο συγκεκριμένο VLAN (τις χρησιμοποιούν, για παράδειγμα, οι συσκευές switch της σειράς Catalyst της εταιρίας Cisco) : Static VLAN και Dynamic VLAN.

Στο **Static VLAN** η αντιστοίχιση των υπολογιστών γίνεται με βάση τις θύρες των switches. Έχει προηγηθεί στο configuration του switch η δημιουργία των VLANs με το δικό τους αριθμό ID και το δικό τους όνομα και κατόπιν έχει οριστεί για την κάθε θύρα σε ποιο VLAN ID θα ανήκει. Οι χρήστες γίνονται μέλη ενός VLAN βάση της θύρας του switch στην οποία είναι συνδεδεμένοι. Δεν απαιτείται κάποιο πρωτόκολλο συμμετοχής για τις συσκευές. Θεωρούν αυτόματα πως έχουν συνδεθεί σε κάποιο vlan, όταν συνδέονται σε μια θύρα. Οι θύρες των switch ανατίθενται σε VLANs χειροκίνητα από τον διαχειριστή του δικτύου. Οι θύρες ενός switch μπορούν να ανατεθούν και να ομαδοποιηθούν σε πολλά VLANs. Ακόμα και αν συνδέονται αρκετές συσκευές στο ίδιο switch, η κίνηση δεν θα περάσει από τις συσκευές αυτές αν είναι συνδεδεμένες σε θύρες που ανήκουν σε διαφορετικά VLANs. Για να συμβεί αυτό, μια δικτυακή συσκευή επιπέδου 3 πρέπει να χρησιμοποιηθεί (π.χ. δρομολογητής). Αυτός ο τρόπος αντιστοίχισης των υπολογιστών σε VLANs αποτελεί την πιο συνηθισμένη λύση για τους διαχειριστές των δικτύων.



Παράδειγμα χρήσης τριών VLANs με δύο switch

Στο *Dynamic VLAN* η αντιστοίχιση των υπολογιστών γίνεται με βάση τη φυσική τους διεύθυνση (MAC Address). Όταν μια συσκευή συνδέεται με μια θύρα του switch, το switch πρέπει να κάνει αναζήτηση σε μια βάση δεδομένων για να εξακριβώσει τη συμμετοχή του χρήστη στο VLAN. Τα «δυναμικά» VLANs, αντίθετα με τα «στατικά» VLANs, δεν απαιτούν από το διαχειριστή να διαμορφώσει τις θύρες των switches, αλλά να διαμορφώσει έναν κεντρικό εξυπηρετητή που λέγεται Vlan Member Policy Server (VMPS). Το VMPS χρησιμοποιείται για να χειριστεί τις παραμέτρους των θυρών των switches που συμμετέχουν σε vlan. Το VMPS περιέχει μια βάση δεδομένων από όλες τις φυσικές διευθύνσεις των υπολογιστών καθώς και σε ποιο vlan ανήκουν αυτές οι φυσικές διευθύνσεις. Τις πληροφορίες αυτές πρέπει να τις εκχωρεί ο διαχειριστής κάθε φορά που συνδέεται μια καινούργια συσκευή. Για την ακρίβεια, ο διαχειριστής δημιουργεί λίστες με διευθύνσεις MAC για κάθε VLAN. Αυτός ο τρόπος δημιουργίας VLAN αποτελεί την πιο δύσκολη λύση τόσο σε επίπεδο διαχείρισης όσο και σε επίπεδο υλοποίησης, και παρόλο που προσφέρει υψηλή επίδοση, δεν το προτιμούν οι διαχειριστές των δικτύων.

### ➤ **VLAN Trunks**

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, οι υπολογιστές ενός δικτύου δεν έχουν επίγνωση της ύπαρξης των VLANs και της δομής τους, και θεωρούν πως είναι συνδεδεμένοι σε ένα κανονικό τμήμα του δικτύου. Επίσης, για να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ κόμβων που ανήκουν σε διαφορετικά VLANs απαιτείται η χρήση ενός δρομολογητή.

Ένα VLAN μπορεί να υπάρχει σε περισσότερα από ένα switches, οπότε χρειάζεται μεταξύ των switches μια φυσική σύνδεση που ονομάζεται «*σύνδεση trunk*» και οι θύρες που διασυνδέονται με μια σύνδεση “trunk” πρέπει να έχουν οριστεί ως «trunk ports».

Μία *σύνδεση trunk* ή μια θύρα του switch που είναι ρυθμισμένη ως *trunk port*, μπορεί να μεταφέρει δεδομένα όχι από ένα, αλλά από όλα τα VLANs που υπάρχουν στο δίκτυο χρησιμοποιώντας μία μόνο σύνδεση. Για να μπορέσει να γίνει αυτό, απαιτείται η χρήση κάποιου ειδικού πρωτοκόλλου «ενθυλάκωσης» της πληροφόρησης για το VLAN ID στο οποίο ανήκει ένα πλαίσιο. Υπάρχουν δύο πρωτόκολλα «VLAN Frame Tagging» που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την περίπτωση: το *ISL* (Inter-Switch Link) της Cisco και το *IEEE 802.1Q*. Το πρώτο απαιτεί για όλα τα switch που βρίσκονται στο δίκτυο να είναι της εταιρίας Cisco ενώ το δεύτερο, όχι. Πιο συχνό στη χρήση είναι το 802.1Q του IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer), το οποίο προσθέτει την *πληροφορία «Q-Tag»* μέσα στο πλαίσιο Ethernet.

Οι συνδέσεις «trunk» χρησιμοποιούνται στις διασυνδέσεις switch με switch και switch με router.

Καθώς ο αριθμός των VLANs αυξάνεται σε ένα δίκτυο, αυξάνεται και ο αριθμός των συνδέσεων μεταξύ τους. Θα μπορούσαν δύο switches να συνδεθούν μεταξύ τους με ξεχωριστές συνδέσεις για το κάθε vlan. Αλλά είναι πιο αποτελεσματική η χρήση των συνδέσεων trunk, αφού μπορεί να αντικαταστήσει πολλές ατομικές συνδέσεις των VLANs.

### ➤ **VLAN Frame Tagging**

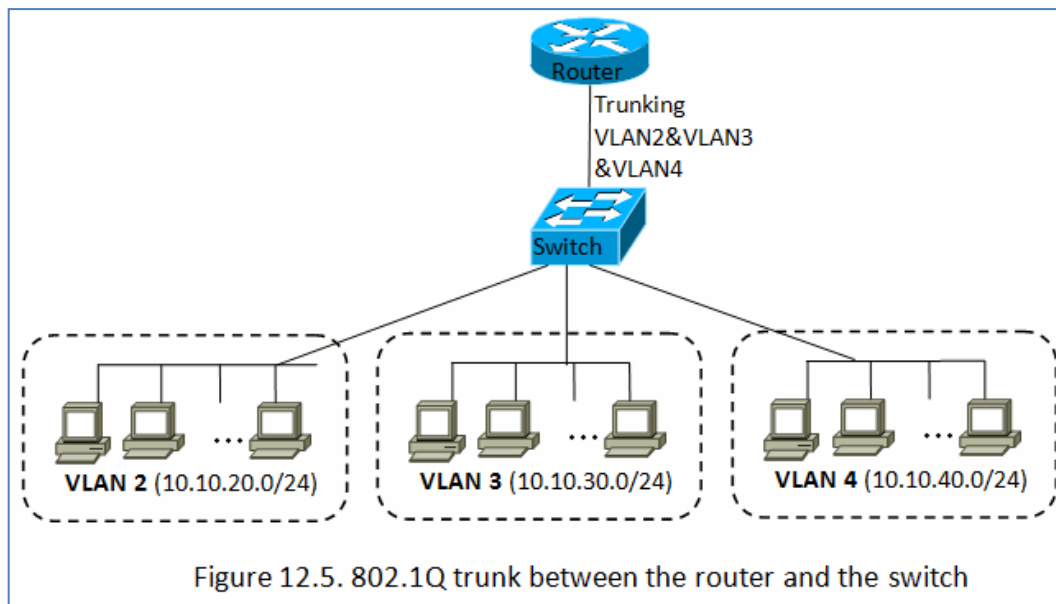
Με τη χρήση των συνδέσεων trunk έχουμε μεταφορά δεδομένων από διάφορα VLANs τα οποία ένα switch θα πρέπει να λάβει και να αναμεταδώσει αναγνωρίζοντας το προορισμό τους. Για να επιτευχθεί αυτό, η διαδικασία «frame identification» ή «tagging», εκχωρεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό σε κάθε πλαίσιο που μεταφέρεται μέσω της σύνδεσης trunk. Αυτό το αναγνωριστικό είναι κάποιος αριθμός που εκφράζει το VLAN ID.

Καθώς τα πλαίσια μεταφέρονται μέσω της trunk σύνδεσης, το αναγνωριστικό τοποθετείται στην επικεφαλίδα του πλαισίου. Καθώς τα switches δέχονται και αναμεταδίδουν τα πλαίσια αυτά, το αναγνωριστικό τους εξετάζεται για να καθοριστεί σε ποιο VLAN ανήκουν.

Αν τα πλαίσια πρέπει να μεταφέρονται μεταξύ συνδέσεων trunk το αναγνωριστικό vlan παραμένει στην επικεφαλίδα του πλαισίου. Διαφορετικά, αν έχουν ως προορισμό κάποιον τελικό χρήστη τα switches αφαιρούν το αναγνωριστικό αυτό πριν μεταδοθεί το πλαίσιο στο χρήστη. Ως εκ τούτου, τα ίχνη των εμπλεκόμενων VLANs παραμένουν κρυφά στον τελικό χρήστη.

Η ταυτοποίηση του vlan αναγνωριστικού μπορεί να διεξαχθεί με διαφορετικές μεθόδους, που κάθε μια από αυτές χρησιμοποιεί διαφορετικό μηχανισμό αναγνωριστικού: η μέθοδος ISL και η μέθοδος 802.1Q. Πρόκειται για τους **2 κύριους τύπους «πρωτοκόλλων ενθυλάκωσης»** που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για να μεταφέρουν τα δεδομένα διαμέσου των «trunk συνδέσεων».

Η μέθοδος «VLAN Tagging» δεν εφαρμόζεται μόνον στις συνδέσεις (trunk) switch με switch, αλλά **και μεταξύ switch και router**, στην περίπτωση που γίνεται χρήση του δρομολογητή για τη διασύνδεση των VLANs μεταξύ τους.



Διασύνδεση τριών VLANs διαμέσου router

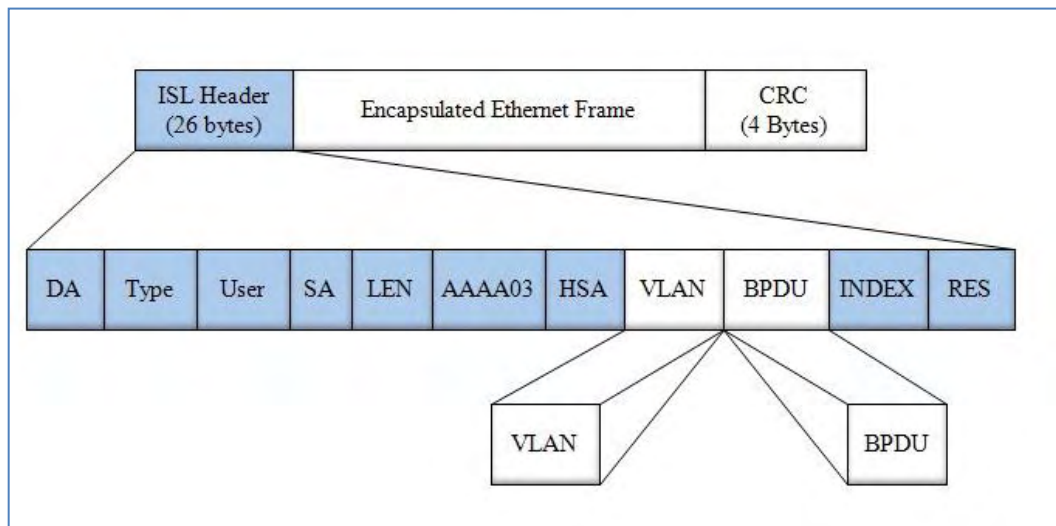
Αυτή η περίπτωση ονομάζεται «Router on a stick».

### ➤ ISL (Inter-Switch Link)

Το «*Inter-Switch Link*» *πρωτόκολλο* είναι δημιουργία της εταιρίας Cisco με σκοπό τη διατήρηση του vlan αναγνωριστικού του πλαισίου της πηγής μέσω των συνδέσεων trunk. Το ISL εφαρμόζει την «ταυτοποίηση» πλαισίου στο επίπεδο 2 ενθυλακώνοντας κάθε πλαίσιο μεταξύ μιας επικεφαλίδας και μιας ουράς. Οποιοδήποτε Cisco switch ή router που είναι διαμορφωμένο για το ISL μπορεί να διαχειριστεί και να καταλάβει τις πληροφορίες του ISL vlan.

Όταν ένα πλαίσιο προορίζεται από μία trunk σύνδεση για κάποιο router ή switch, το ISL προσθέτει μια *επικεφαλίδα μεγέθους 26 bytes* και μια *ουρά μεγέθους 4 bytes* στο πλαίσιο (“two-level tagging scheme”). Η πηγή vlan αναγνωρίζεται από το αναγνωριστικό vlan (VLAN ID) που έχει μέγεθος 10-bit και βρίσκεται στην *επικεφαλίδα*. Υποστηρίζονται μέχρι και 1000 VLANs. Η *ουρά* περιέχει έναν έλεγχο CRC για να εγγυηθεί την ακεραιότητα του νέου εμπλουτισμένου πλαισίου. Επειδή το ISL προσθέτει στην αρχή και στο τέλος του πλαισίου πληροφορίες, ονομάζεται και «*double tagging*» *πρωτόκολλο*.

Η μορφή μιας «επικεφαλίδας» ISL έχει ως εξής:



Η επικεφαλίδα ISL

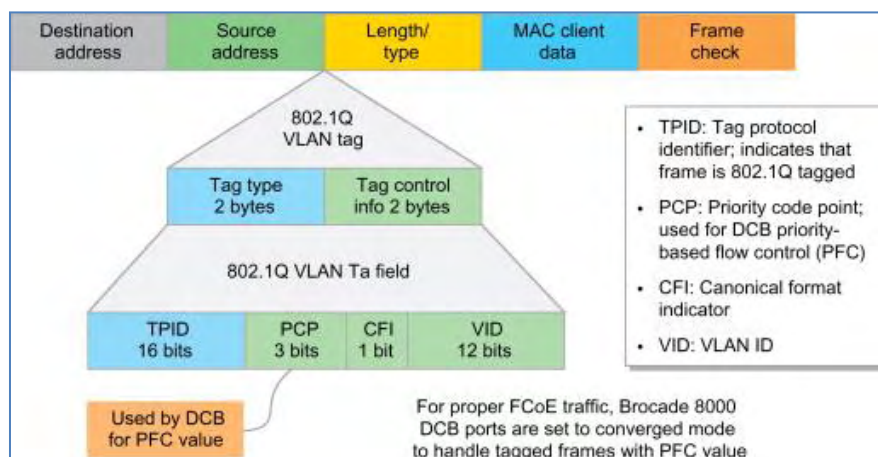
Περιγραφή των πεδίων της επικεφαλίδας ISL:

- **DA:** “Destination Address” – διεύθυνση πολλαπλού προορισμού (40 bits) – “01-00-0c-00-00”.
- **Type:** περιγραφή των τύπων των ενθυλακωμένων πλαισίων (4 bits).
- **User:** περιγραφή του τύπου επέκτασης του πεδίου (ή καθορίζει τις προτεραιότητες του Ethernet) – 4bits.
- **SA:** “Source Address” – η φυσική διεύθυνση του switch (48 bits – MAC Address).
- **LEN:** το μήκος του πλαισίου που περιέχει όλα τα προηγούμενα και το πεδίο CRC (16 bits).
- **AAAA03:** Standard SNAP 802.2 LLC επικεφαλίδα (3 bytes)
- **HAS:** τα πρώτα 3 bytes του SA.

- **VLAN**: το Vlan ID (15 bits) – χρησιμοποιούνται μόνον τα χαμηλότερα bits για 1024 VLANs.
- **BPDU**: σηματοδοτεί αν το πλαίσιο είναι BPDU – (1bit).
- **INDEX**: προσδιορισμός κωδικού θύρας (16 bits) – αφορά τη θύρα στο switch η οποία έχει οριστεί ως «trunk port».
- **RES**: χρησιμοποιείται για πρόσθετες πληροφορίες (16 bits).

### ➤ IEEE 802.1Q

Είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο «πρωτόκολλο ενθυλάκωσης» για την μεταφορά των δεδομένων στα διάφορα VLANs. Υποστηρίζει έως και 4096 VLANs (σε αντίθεση με το ISL που υποστηρίζει μέχρι 1000). Στη διαδικασία «ενθυλάκωσης» τοποθετείται ένα επιπλέον ειδικό πεδίο, το «**Q-Tag**» μήκους 4 bytes, στην επικεφαλίδα κάθε πλαισίου δεδομένων ακριβώς μετά το πεδίο «Source Address» και πριν το πεδίο «Type/Length», όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Η ενθυλάκωση του «Q-Tag» σε ένα πλαίσιο Ethernet

Το «**Q-Tag**» περιέχει 2 μέρη: το «**TPID**» (Tag Protocol ID – 2 bytes) και το «**TCI**» (Tag Control Information- 2 bytes), το οποίο διαιρείται σε 3 τμήματα. Η ακριβής περιγραφή έχει ως εξής:

- **TPID** (Tag Protocol ID): έχει την τιμή 0x8100 (2 bytes).
- **PCP** (Priority Code Point ή User Priority): προσδιορίζει το επίπεδο προτεραιότητας του πλαισίου (3 bits) – το 1 εκφράζει τη χαμηλότερη προτεραιότητα, το 7 την υψηλότερη προτεραιότητα, και το 0 σημαίνει καλύτερη προσπάθεια.
- **CFI** (Canonical Format Indicator): χρησιμοποιείται –αν χρειαστεί- μαζί με το πεδίο «User Priority» για να σηματοδοτήσει τα πλαίσια που μπορεί να «πέσουν», σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης. Τα τελευταία χρόνια το πεδίο αυτό (που έχει μήκος 1 bi) τονομάζεται και «Drop Eligible Indicator» (DEI).

- VLAN\_ID: καθορίζει τον «κωδικό» VLAN στο οποίο ανήκει το πλαίσιο (12 bits).

### ➤ VLAN Trunking Protocol (VTP)

Η διαμόρφωση και ρύθμιση ενός μικρού vlan δικτύου και των συνδέσεων vlan trunk είναι εύκολη υπόθεση για τον διαχειριστή. Αντιθέτως όμως, η διαχείριση των vlan και των vlan trunk ports σε μεγάλα δίκτυα με διασυνδεδεμένα switches είναι αρκετά δύσκολο.

Η εταιρεία Cisco ανέπτυξε το *πρωτόκολλο Vlan Trunking Protocol* (VTP), το οποίο είναι αρκετά χρήσιμο στη δημιουργία, διαχείριση και τη συντήρηση ενός μεγάλου τοπικού δικτύου που περιέχει πολλά διασυνδεδεμένα switches. Με το VTP επίσης μπορούμε να διαχειριστούμε την προσθήκη, την αφαίρεση και την μετονομασία ενός vlan από ένα κεντρικό σημείο χωρίς καμία χειροκίνητη παρέμβαση. Έτσι, το VTP μειώνει τη διαχείριση του δικτύου σε ένα δίκτυο μεταγωγής.

Το πρωτόκολλο VTP ορίζει *τρεις τρόπους λειτουργίας* για ένα switch: “Server Mode”, “Client Mode” και “Transparent Mode”.

- Λειτουργία «*Server Mode*»: αποτελεί την προεπιλεγμένη λειτουργία VTP σε όλα τα μοντέλα Cisco Switches. Σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας το switch αποτελεί τον «απόλυτο χειριστή» της VLAN περιοχής (“VTP Domain”), θεωρείται, δηλ. ο «VTP Domain Controller». Στο switch αυτό ο διαχειριστής μπορεί να δημιουργήσει τα διάφορα VLAN (όνομα και Id), να τα τροποποιήσει ή να διαγράψει κάποια από αυτά. Το switch θα αποστέλλει όλες τις σχετικές πληροφορίες (VTP advertisements) προς τα άλλα switches διαμέσου των «trunk συνδέσεων». Οι VLAN διαμορφώσεις βρίσκονται αποθηκευμένες στη μνήμη NVRAM του switch.
- Λειτουργία «*Client Mode*»: στη λειτουργία «VTP πελάτη» το switch λαμβάνει τις πληροφορίες ρύθμισης παραμέτρων από τον “VTP Server” και αυτόματα έχει γνώση για όλα τα VLAN, την οποία αποθηκεύει στην τοπική «VLAN database». Δεν επιτρέπεται στο switch αυτό να δημιουργήσει, να τροποποιήσει ή να διαγράψει VLANs.
- Λειτουργία «*Transparent Mode*»: στη λειτουργία αυτή το switch προωθεί προς τα άλλα switches όλες τις πληροφορίες «ενημέρωσης» που αποστέλλει ένα «VTP Server» switch, στέλνει δηλ. ενημερώσεις που αφορούν τα VLANs των άλλων switches. Το ίδιο δεν λαμβάνει υπόψη αυτές τις πληροφορίες διαμόρφωσης VLAN, αλλά διατηρεί τη δική του λίστα VLAN – μπορεί να έχει τα δικά του τοπικά VLANs.





Παράδειγμα των τριών καταστάσεων λειτουργίας VTP

Έτσι, λοιπόν, με το πρωτόκολλο VTP μπορούμε τις ρυθμίσεις VLAN σε ένα switch να τις «περάσουμε» αυτόματα και σε όλα τα υπόλοιπα switch του δικτύου, ορίζοντας το ένα ως «VTP Server» και τα υπόλοιπα ως «VTP Clients». Όλα τα switch θα ανήκουν στην ίδια περιοχή «VTP Domain» και μπορεί να οριστεί κάποιος κωδικός ασφαλείας (password) για την περιοχή αυτή.

## 5.5 NETWORK ADDRESS TRANSLATION (NAT)

Το NAT (Network Address Translation) είναι ένα **ειδικό πρωτόκολλο** 3<sup>ου</sup> επιπέδου που εκτελούν οι πύλες (gateways), όπως π.χ. οι δρομολογητές. Χρησιμοποιείται για την **αντιστοίχιση** των **ιδιωτικών IP διευθύνσεων** (Private IP Addresses) που υπάρχουν σε ένα τοπικό δίκτυο με τις **δημόσιες IP διευθύνσεις** (Public IP Addresses) του Internet που είναι καταχωρημένες από τον κεντρικό φορέα διαχείρισης IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

Υπάρχουν περιοχές διευθύνσεων IP που δεν μπορούν να υπάρχουν στο Internet και οι οποίες χρησιμοποιούνται ως «**αδιωτικές διευθύνσεις IPv4**» σε τοπικά δίκτυα. Αυτές ορίζονται στο έγγραφο **RFC1918 του IETF** με τον τίτλο «Address Allocation for Private Internets» και είναι οι εξής:

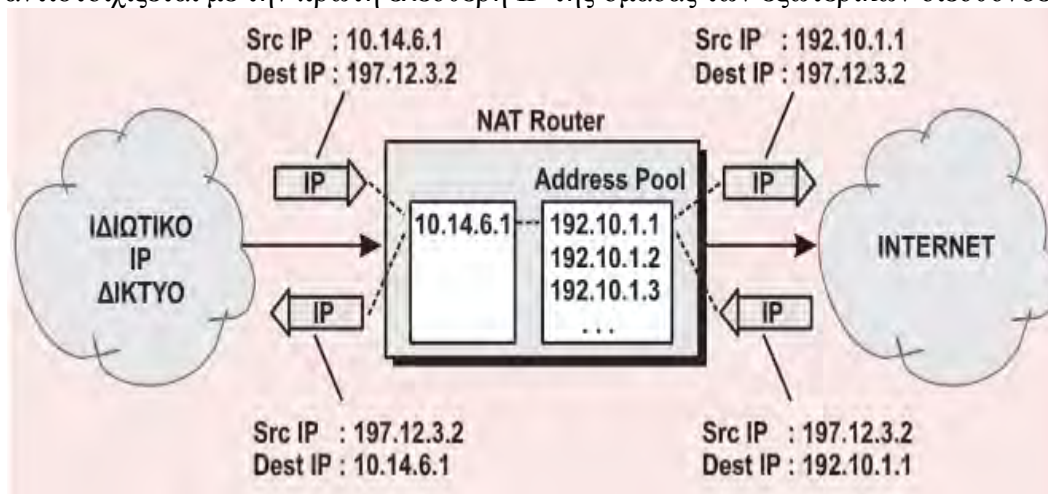
Τάξη – Class	ΑΠΟ	ΕΩΣ
A	10.0.0.0	10.255.255.255
B	172.16.0.0	172.31.255.255
C	192.168.0.0	192.168.25.255

Πρακτικά, λοιπόν, το NAT υλοποιείται εκεί που συνδέεται το ιδιωτικό δίκτυο με το δημόσιο Διαδίκτυο. Έτσι, καταφέρνουμε να χρησιμοποιούμε την ίδια ιδιωτική IP διεύθυνση σε διαφορετικούς υπολογιστές που ανήκουν σε διαφορετικά τοπικά δίκτυα οπουδήποτε, αλλά όταν αποκτούν πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω του NAT τους παρέχονται διαφορετικές δημόσιες καταχωρημένες διευθύνσεις.

Θα μπορούσαμε λοιπόν να παρομοιάσουμε τη λειτουργία του NAT με αυτήν που παρέχει ένα ιδιωτικό εταιρικό τηλεφωνικό κέντρο που ενώ προς το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο έχει ένα αριθμό κλήσης, εσωτερικά εξυπηρετεί πολλές τηλεφωνικές συσκευές.

Οι **τύποι NAT** είναι οι εξής : Στατικός, δυναμικός και PAT (Port Address Translation).

1. **Στατικός (Static):** Σε αυτόν τον τύπο η **αντιστοίχιση** μεταξύ των ιδιωτικών (ή εσωτερικών) IP διευθύνσεων κάθε τοπικού δικτύου και των δημόσιων IP του Διαδικτύου είναι **σταθερή**. Χρησιμοποιείται σε κόμβους εξυπηρέτησης (Servers), όπως Web Servers, FTP Servers και Mail Servers των οποίων, ως γνωστόν, οι διευθύνσεις IP είναι σταθερές.
2. **Δυναμικός (Dynamic/Pool):** Με τον τύπο αυτό **μια μικρή ομάδα δημόσιων (ή εξωτερικών) IP διευθύνσεων** εξυπηρετεί τις εσωτερικές IP χωρίς να αντιστοιχίζονται μία προς μία. Όταν ένας υπολογιστής θέλει να επικοινωνήσει με το Internet αντιστοιχίζεται με την πρώτη ελεύθερη IP της ομάδας των εξωτερικών διευθύνσεων.



Δυναμικό NAT

3. **Port Address Translation:** Σε αυτόν τον τύπο μια **δημόσια IP διεύθυνση** μπορεί να χρησιμοποιηθεί **ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες** του τοπικού δικτύου μέσω των θυρών στο TCP. Αποτελεί την πιο συνηθισμένη περίπτωση, καθώς υποστηρίζει τη μοναδική σύνδεση ενός LAN με το Internet, μέσω π.χ. ενός οικιακού δρομολογητή ADSL. Ονομάζεται και **NAT overloading** (υπερφόρτωση διευθύνσεων) και αποτελεί βασικό παράγοντα «εξοικονόμησης διευθύνσεων IP» του Internet, αφού μπορούμε να έχουμε πρόσβαση από πολλά PC ενός LAN αρκεί να υπάρχει έστω και μία δημόσια διεύθυνση IP. Ο τύπος αυτός εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα τη δυνατότητα πολύπλεξης του TCP/UDP που επιτρέπει να επιτυγχάνονται περισσότερες της μιας ταυτόχρονες συνδέσεις με το Internet χρησιμοποιώντας τις θύρες TCP (ή UDP). Για να καταλάβουμε καλύτερα το μηχανισμό αυτό να θυμηθούμε ότι στις επικεφαλίδες των πακέτων IP και των TCP segments έχουμε τις εξής τέσσερις αριθμητικές πληροφορίες:
  - **Source IP Address** με την εσωτερική IP του (π.χ. 192.168.1.5)

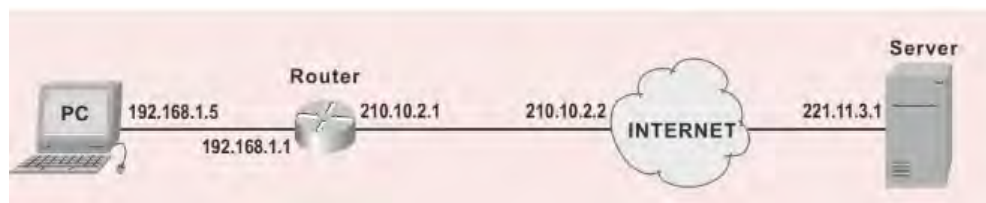
- **Source TCP/UDP Port**, που βάζει ο αποστολέας σε αυτό το πακέτο για να χαρακτηρίσει την εφαρμογή που ξεκινάει την σύνδεση (session) από την πλευρά του αποστολέα, π.χ. TCP port 1331
- **Destination IP Address** με τη δημόσια IP Διεύθυνση Παραλήπτη (π.χ. 221.11.3.1)
- **Destination TCP/UDP Port**, με τον αριθμό θύρας TCP (ή UDP) που σχετίζεται με την εφαρμογή στην πλευρά του παραλήπτη, π.χ. για σύνδεση με Web Server θα είναι TCP port 80.

Ο συνδυασμός των τεσσάρων αυτών αριθμών προσδιορίζει μια συγκεκριμένη σύνδεση.

Ας δούμε ένα παράδειγμα λειτουργίας NAT του τύπου Port Address Translation.

Έστω ότι έχουμε ένα τοπικό δίκτυο όπου η επικοινωνία των σταθμών του γίνεται με εσωτερικές (ή ιδιωτικές – private) IP διευθύνσεις κλάσης C, π.χ. 192.168.1.x . Το δίκτυο αυτό συνδέεται στο Internet μέσω ενός δρομολογητή ο οποίος διαθέτει λειτουργία NAT και έχει μια δημόσια (ή εξωτερική) IP διεύθυνση, π.χ. την 210.10.2.1.

Ένα PC που ανήκει σε ένα τοπικό δίκτυο με ιδιωτική IP διεύθυνση 192.168.1.5 προσπαθεί να βγει στο Διαδίκτυο μέσω του Δρομολογητή που έχει εσωτερική IP 192.168.1.1 και εξωτερική 210.10.2.1 με σκοπό να προσπελάσει σελίδες σε ένα Εξυπηρετητή Web με εξωτερική IP 221.11.3.1.



*Παράδειγμα μετατροπής Port Translation*

Ο δρομολογητής λαμβάνει το πακέτο IP που έρχεται από το PC με προορισμό το Διαδίκτυο και πριν το προωθήσει στην έξοδο του, αντιγράφει την ιδιωτική IP διεύθυνση του PC αλλά και τον αριθμό της θύρας και τα τοποθετεί σε ένα πίνακα. Ο δρομολογητής αλλάζει την ιδιωτική IP διεύθυνση του αποστολέα (καθώς δεν είναι γνωστή στο Διαδίκτυο) με τη δική του δημόσια IP διεύθυνση. Επίσης, αντικαθιστά αν χρειαστεί, την TCP θύρα αποστολέα με ένα TCP προσωρινό αριθμό που δίνει ο ίδιος για να χαρακτηρίσει την συγκεκριμένη επικοινωνία (session) και μετά αποστέλλει το πακέτο προς το Διαδίκτυο.

Ο ειδικός αυτός πίνακας του δρομολογητή διαθέτει τώρα την αντιστοιχία της ιδιωτικής IP διεύθυνσης του PC και του αριθμού της θύρας TCP που έδωσε ο δρομολογητής.

	SOURCE		DESTINATION	
	IP address	TCP port	IP address	TCP port
<b>ΑΙΤΗΣΗ</b>				
Από PC προς Router :	192.168.1.5	1331	192.168.1.1	80
Από Router προς Web Srv:	210.10.2.1	1331	221.11.3.1	80
<b>ΑΠΑΝΤΗΣΗ</b>				
Από Web Srv προς Router:	221.11.3.1	80	210.10.2.1	1331
Από Router προς PC:	192.168.1.1	80	192.168.1.5	1331

1 Αντιστοίχιση πορτών E/ E στο Port Address Translation

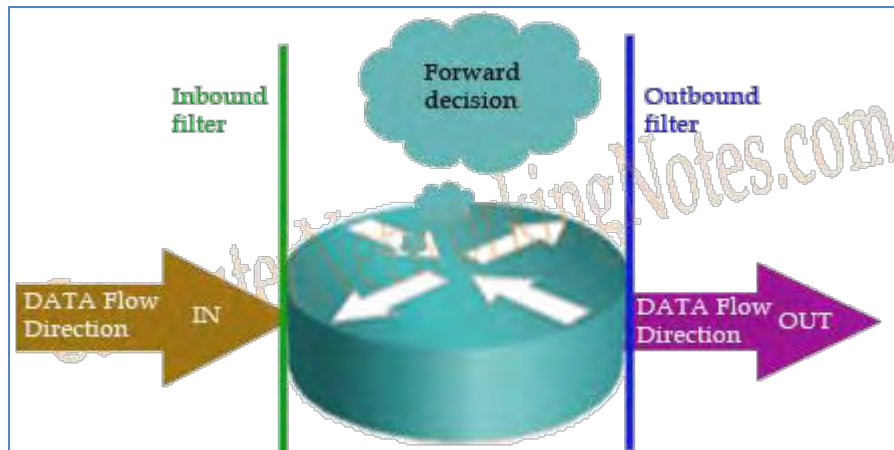
Στην απάντηση ο WEB Server αποστέλλει το πακέτο προς την εξωτερική IP διεύθυνση του δρομολογητή (δηλ. την 210.10.2.1) με TCP πόρτα προορισμού τον αριθμό που είχε ορίσει ο δρομολογητής για το session αυτό.

Ο δρομολογητής ελέγχει την TCP θύρα προορισμού στο εισερχόμενο πακέτο και το αποστέλλει στο κατάλληλο PC με την εσωτερική του διεύθυνση (δηλ. την 192.168.1.5). Αν ένα δεύτερο PC θέλει μια άλλη σύνδεση με το Διαδίκτυο, ο δρομολογητής χορηγεί στα πακέτα του δεύτερου PC μια νέα TCP θύρα , ενώ διατηρεί την ίδια IP διεύθυνση αποστολέα (210.10.2.1) και το στέλνει στο Διαδίκτυο, ξεχωρίζοντας τα δύο μηνύματα με τον διαφορετικό αριθμό TCP θύρας. Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζεται το παράδειγμα μετατροπής τύπου Port Address Translation (PAT). Λέγεται και «NAT / Port Forwarding».

## 5.6 ACCESS CONTROL LISTS (ACLs)

Μία από τις σημαντικότερες δεξιότητες που πρέπει να έχει ένας διαχειριστής δικτύου είναι η γνώση και κατανόηση των βασικών προβλημάτων ασφάλειας και διαχείρισης δικτυακής ροής της πληροφορίας. Στην πιο απλή περίπτωση, αυτό συνεπάγεται να έχει ο διαχειριστής γνώση για τις «**Λίστες Ελέγχου Πρόσβασης**» (Access Control Lists – **ACLs**), ώστε να μπορεί να ελέγχει και να φιλτράρει την κίνηση IP.

Τις ACL λίστες *τις εφαρμόζουμε στους δρομολογητές* των δικτύων. Αυτές οι «λίστες ελέγχου» μπορούν να ρυθμιστούν έτσι, ώστε να φιλτράρουν τόσο τα *εισερχόμενα* όσο και τα *εξερχόμενα πακέτα*, παίζοντας κατά κάποιο τρόπο ένα ρόλο παρόμοιο με αυτόν των Firewalls.



Router με δυνατότητα φιλτραρίσματος


Οι λίστες ACL επιτρέπουν στους **διαχειριστές** να ελέγχουν την κίνηση εντός και εκτός δικτύου. Μπορεί να είναι ο έλεγχος τόσο **απλός** που να επιτρέπει ή όχι την κίνηση των πακέτων με βάση τις IP Addresses ή τόσο **περίπλοκος** που να φιλτράρει την κίνηση με βάση τη θύρα TCP (ή UDP) και έτσι να μην επιτρέπεται η πρόσβαση σε συγκεκριμένες υπηρεσίες, όπως π.χ. FTP.

Γενικά, οι «λίστες ελέγχου πρόσβασης» (ACLs) προσφέρουν τις εξής εργασίες:

- ✓ Περιορίζουν την κυκλοφορία στο δίκτυο επιφέροντας έτσι αύξηση της απόδοσης του δικτύου. Π.χ. αν μέσα στο δίκτυο μιας επιχείρησης δεν επιθυμούμε την κυκλοφορία βίντεο, θα εφαρμόσουμε την κατάλληλη λίστα ACL που θα μπλοκάρει την κυκλοφορία βίντεο και θα μειωθεί σημαντικά με αυτόν τον τρόπο ο φόρτος του δικτύου.
- ✓ Παρέχουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας για την πρόσβαση στο δίκτυο. Μπορούν, για παράδειγμα, οι λίστες ACL να επιτρέψουν σε έναν κεντρικό υπολογιστή να έχει πρόσβαση σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου και να απαγορεύσουν σε άλλον υπολογιστή να αποκτήσει πρόσβαση στην ίδια περιοχή του δικτύου.
- ✓ Μπορούν να φιλτράρουν συγκεκριμένους τύπους κυκλοφορίας με τη χρήση του κατάλληλου φίλτρου, π.χ. να επιτρέψουν την κυκλοφορία e-mail κίνησης, αλλά να απαγορεύσουν την κίνηση telnet sessions.

## Why Use ACLs?

- *Filtering: Manage IP traffic by filtering packets passing through a router*
- *Classification: Identify traffic for special handling*

  
**CertificationKits**

2012 Copyright CertificationKits LLC

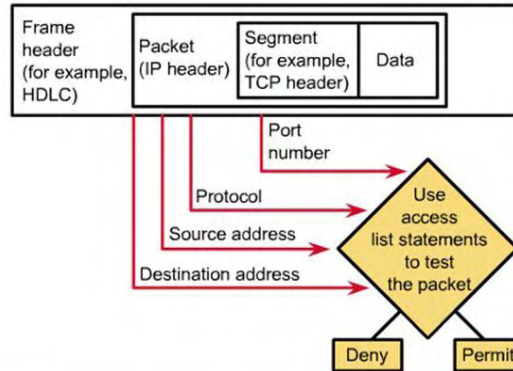
Χρήση λίστας ACL σε ένα δίκτυο

Υπάρχουν δύο τύποι «Access Lists»: οι Standard ACLs και οι Extended ACLs.

- **Standard Access Lists:** οι «τυπικές» λίστες ελέγχου πρόσβασης (**Standard ACL**) που δημιουργούνται σε ένα δρομολογητή παίρνουν έναν αριθμό από 1-99 και εφαρμόζονται σε εκείνη τη διεπαφή (interface) του router που βρίσκεται πιο κοντά προς το δίκτυο («**Closest to the Destination**») για το οποίο θέλουμε να επιτρέπεται ή να απαγορεύεται η πρόσβαση σε αυτό με βάση την “**Source IP Address**” του πακέτου IP.
- **Extended Access Lists:** οι «εκτεταμένες» λίστες ελέγχου πρόσβασης (**Extended ACL**) είναι πιο πολύπλοκες, παίρνουν έναν αριθμό από 100-199 και φιλτράρουν την ροή των πακέτων IP με βάση την “**Source IP Address**” και την “**Destination IP Address**”, και επιπλέον, αν το επιθυμούμε, με βάση τον αριθμό “**port TCP ή UDP**” (που αφορά συγκεκριμένες υπηρεσίες – services) ή άλλα πρωτόκολλα, όπως π.χ. πρωτόκολλα δρομολόγησης (OSPF, EIGRP). Αυτές οι λίστες εφαρμόζονται σε εκείνη τη διεπαφή του δρομολογητή που βρίσκεται πιο κοντά στην «πηγή», δηλ. στο δίκτυο που βρίσκεται ο αποστολέας («**Closest to the Source**»). Με αυτόν τον τρόπο φιλτραρίσματος απομακρύνεται η «ανεπιθύμητη» κυκλοφορία χωρίς να διέρχεται μέσα στην υποδομή του δικτύου στο οποίο ανήκει ο δρομολογητής.
- **Named Access Lists:** δεν πρόκειται για κάποια διαφορετική περίπτωση λίστας, είναι είτε **standard** τύπου είτε **extended** τύπου, όπου αντί για αριθμό γίνεται χρήση κάποιας λέξης (name) για την «αναγνώριση» της συγκεκριμένης λίστας.

## Access Control Lists

The Cisco IOS access list will check the packet type and upper layer headers.



Version 3.1

8

Παράμετροι φιλτραρίσματος σε μία λίστα ACL

Οι «**εκτεταμένες**» λίστες ελέγχου πρόσβασης (Extended ACLs) προσφέρουν στο διαχειριστή ενός δικτύου **μεγαλύτερη ευελιξία** στο είδος της κίνησης που μπορεί να φιλτραριστεί (permit ή deny).

## Standard Versus Extended Access List

Standard	Extended
Filters based on source	Filters based on source and destination
Permits or denies entire TCP/IP protocol suite	Specifies a specific IP protocol and port number
Range: 1 through 99	Range: 100 through 199

Διαφορές μεταξύ της λίστας Standard ACL και της Extended ACL

Οι εντολές που πρέπει να δοθούν στο «ρυθμιστικό περιβάλλον» του δρομολογητή (CLI mode) έχουν την ακόλουθη σειρά: πρώτα δημιουργείται η κατάλληλη λίστα (είτε standard είτε extended) και μετά προσδιορίζεται σε ποια συγκεκριμένη διεπαφή (interface) του δρομολογητή θα εφαρμοστεί αυτή η λίστα και ποια ροή κίνησης θα αφορά – «εισερχόμενη» ή «εξερχόμενη» (inbound ροή ή outbound ροή).

Παράδειγμα σχετικών εντολών σε περιβάλλον CLI φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Standard versus Extended IPv4 ACLs  
**Types of Cisco IPv4 ACLs**

**Standard ACLs**

```
access-list 10 permit 192.168.30.0 0.0.0.255
```

Standard ACLs filter IP packets based on the source address only.

**Extended ACLs**

```
access-list 103 permit tcp 192.168.30.0 0.0.0.255 any eq 80
```

Extended ACLs filter IP packets based on several attributes, including the following:

- Source and destination IP addresses
- Source and destination TCP and UDP ports
- Protocol type/ Protocol number (example: IP, ICP, UDP, TCP, etc.)

Η εντολή «access-list» σε περιβάλλον CLI ενός router



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

Για να μπορέσει κάποιος να δημιουργήσει τα δικά του βιντεο-μαθήματα θα χρειαστεί ένα κατάλληλο λογισμικό τύπου screen recorder, δηλ. πρόγραμμα «καταγραφής οθόνης».

Η καταγραφή οθόνης (Screen Recording) είναι μια διαδικασία κατά την οποία ο χρήστης καταγράφει τα όσα συμβαίνουν στην οθόνη του με σκοπό να τα παρουσιάσει πιο παραστατικά ως βίντεο. Επιπλέον κατά την καταγραφή της οθόνης, ακούγεται και η φωνή του χρήστη με τη βοήθεια του μικροφώνου του υπολογιστή και αν το επιθυμεί μπορεί να φαίνεται και ο ίδιος με τη βοήθεια της κάμερας.

Στο Διαδίκτυο αν ψάξεις κανείς θα βρει μια ποικιλία από τέτοιου είδους λογισμικά όπου άλλα είναι δωρεάν και άλλα είναι εμπορικά που σημαίνει ότι πρέπει να τα αγοράσεις, αν και μπορεί να κατεβάσει μια έκδοση trial δηλ. δοκιμαστική για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Ορισμένα γνωστά λογισμικά τύπου screen recorder είναι τα ακόλουθα:

- Icecream Screen Recorder (<https://icecreamapps.com/Screen-Recorder/>)
- Active Presenter (<https://atomisystems.com/download>)
- oCam (<http://ohsoft.net/eng/>)
- CamStudio (<https://camstudio.org>)
- Open Broadcast Software – OBS (<https://obsproject.com/>)
- Apowersoft Δωρεάν Online Εγγραφέας Οθόνης (<https://www.apowersoft.gr/free-online-screen-recorder>)
- Techsmith Camtasia Studio ([www.techsmith.com](http://www.techsmith.com))

Το λογισμικό «Techsmith **Camtasia Studio**» χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την υλοποίηση των δικών μας βιντεο-μαθημάτων, λόγω της πολύ καλής τεκμηρίωσης και εκπαιδευτικών tutorials που διατίθενται στο site της κατασκευάστριας εταιρίας, αλλά και λόγω του γεγονότος πως είναι το πιο δημοφιλές λογισμικό από τους χρήστες που «έχουν ανεβάσει» διάφορων περιεχομένων βίντεο στο YouTube.

Το Camtasia Studio της TechSmith είναι ένα λογισμικό που βοηθάει στη διδασκαλία εργαστηριακών κυρίως μαθημάτων, όπως word, excel, powerpoint, access, photoshop, eclipse για διάφορες γλώσσες προγραμματισμού κλπ., χωρίς την ανάγκη της ύπαρξης βιντεοπροβολέα, ο οποίος είτε δεν είναι πάντα διαθέσιμος είτε συναντάμε προβλήματα φωτεινότητας, ευκρίνειας κλπ. σε αίθουσες διδασκαλίας που δεν είναι κατάλληλα διαμορφωμένες. Το Camtasia Studio επιτρέπει στον καθηγητή να δημιουργήσει εκπαιδευτικά βιντεο-μαθήματα. Οι μαθητές-σπουδαστές την ώρα του εργαστηρίου μπορούν να παρακολουθούν το σχετικό βιντεο-μάθημα στον υπολογιστή τους ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον χρησιμοποιώντας ακουστικά και ταυτόχρονα μπορούν να υλοποιούν τα βήματα που βλέπουν και ακούν από το βίντεο. Η χρήση του βιντεο-μαθήματος μπορεί να γίνει και τμηματικά, ένα μέρος του εργαστηρίου να είναι κανονική διάλεξη και το υπόλοιπο (η άσκηση) να γίνεται μέσω του βιντεο-μαθήματος.

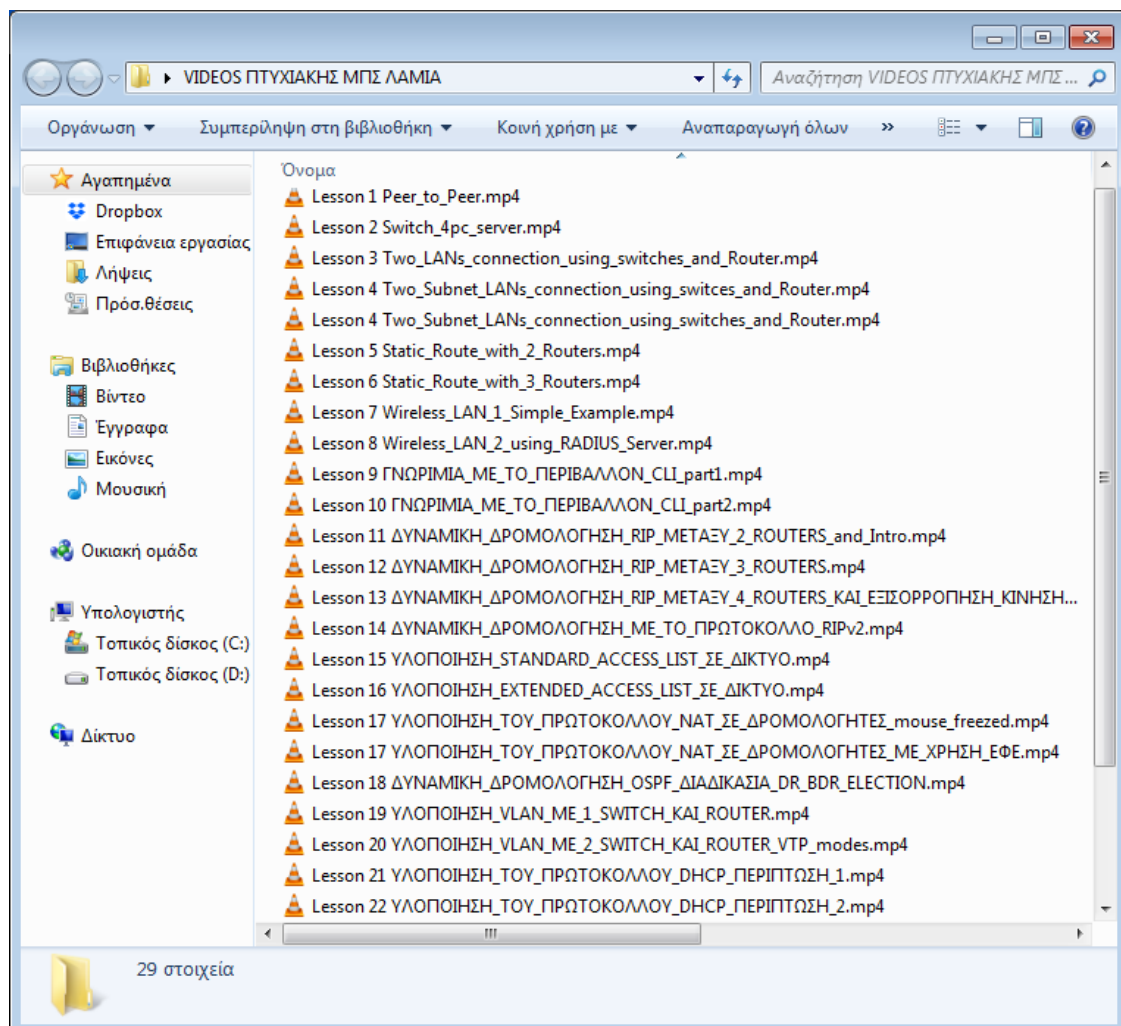
Τα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από τη χρήση του είναι τα ακόλουθα:

1. Επιτάχυνση της διαδικασίας μάθησης από τους μαθητές. Ο καθένας μαθαίνει με το δικό του ρυθμό (έτσι διδακτικά ακολουθείται η «αρχή της ατομικής ιδιαιτερότητας») και μπορεί να ρωτήσει το διδάσκοντα χωρίς να διακόπτεται το μάθημα. Επίσης, αν κάποιοι μαθητές έχουν ιδιαίτερο πρόβλημα στην κατανόηση, μπορούν να κάνουν επανάληψη σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του βιντεο-μαθήματος.

2. Υπάρχει καλύτερος έλεγχος του μαθήματος από το διδάσκοντα, ο οποίος πια διευκολύνεται στο έργο του και πλέον ο ρόλος του είναι να λύσει συγκεκριμένες απορίες των φοιτητών και να ελέγχει την πρόοδο του εργαστηρίου.

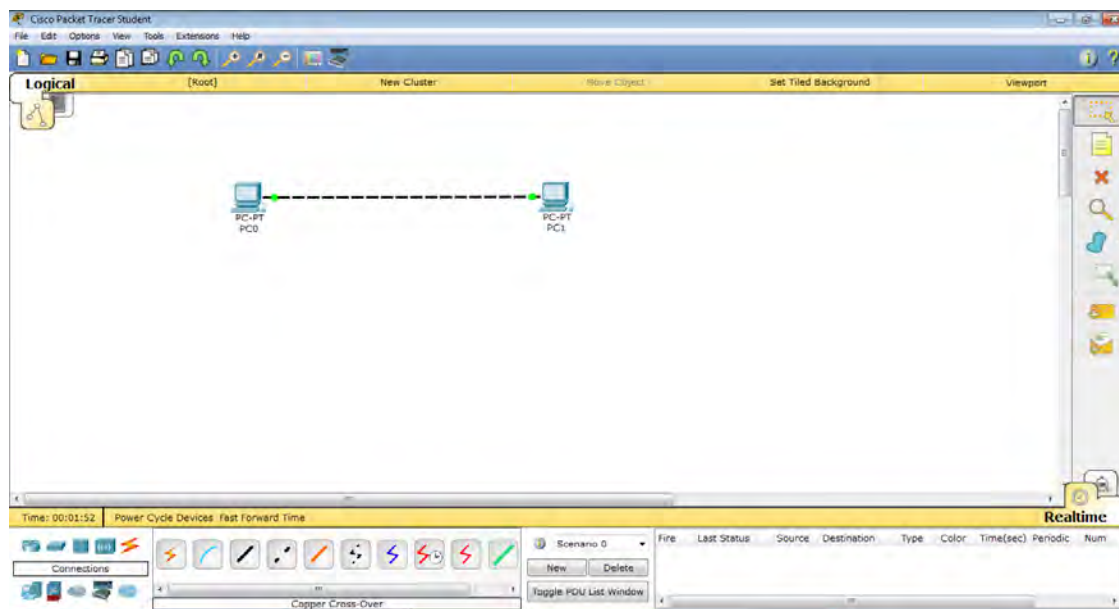
3. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να «κατεβάσουν» το βιντεο-μάθημα (αν το επιθυμεί και το επιτρέψει ο καθηγητής) από το σπίτι και να επαναλάβουν το εργαστήριο, γεγονός που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο αν χάσουν κάποιο μάθημα.

Παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό, περιγράφονται τα **είκοσι-τρία μαθήματα** που εκτελέστηκαν στο περιβάλλον του Cisco Packet Tracer και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε (κάθε υλοποιημένο μάθημα που έγινε στο Packet Tracer έχει αποθηκευτεί σε αρχείο \*.pkt).



## 6.1 ΜΑΘΗΜΑ 1 : Δίκτυο Peer to Peer

Θα παρουσιάσουμε τη δημιουργία μιας «απευθείας» σύνδεσης 2 υπολογιστών , υλοποιώντας έτσι ένα μικρό «ομότιμο» δίκτυο, όπως αλλιώς ονομάζεται (**peer-to-peer** δικτύωση), και θα κάνουμε διάφορους πειραματισμούς και στο “logical” περιβάλλον και στο “physical” περιβάλλον.



Εννοείται πως έχουμε κατεβάσει και εγκαταστήσει κάποια από τις τελευταίες εκδόσεις του λογισμικού Cisco Packet Tracer , οπότε κάθε φορά βρισκόμαστε μέσα στο περιβάλλον του λογισμικού, όπου μπορούμε να δημιουργήσουμε το «εικονικό μας παράδειγμα».

Επιλέγουμε το πλαίσιο επιλογής τύπου συσκευής “ **End Devices**” και παίρνουμε έναν υπολογιστή PC (η πρώτη από αριστερά επιλογή με το όνομα **generic**) και με τη διαδικασία Drag ‘n’ Drop το σέρνουμε και το τοποθετούμε στο περιβάλλον εργασίας (**workspace**). Βλέπουμε πως αυτόματα ο υπολογιστής παίρνει το όνομα **PC0** και είναι συσκευή τύπου “PC-PT” (δηλ. προσωπικός σταθερός υπολογιστής, απλού τύπου του Packet Tracer).

Κατόπιν, επιλέγουμε ξανά έναν υπολογιστή PC και με “Drag ‘n’ Drop” τον τοποθετούμε και αυτόν δεξιά από τον προηγούμενο υπολογιστή. Αυτός παίρνει αυτόματα το όνομα **PC1**.

Αν θελήσουμε να δώσουμε άλλο όνομα στις συσκευές μας (που εδώ πρόκειται για δύο υπολογιστές), απλά κάνουμε κλικ με το ποντίκι πάνω στο όνομα αυτό, οπότε ανοίγει ένα μικρό πλαίσιο κειμένου για να δώσουμε το επιθυμητό όνομα – label).

Τώρα πρέπει να συνδέσουμε τις συσκευές μεταξύ τους και να κάνουμε μερικές δοκιμές για να δούμε ότι ο ένας υπολογιστής επικοινωνεί με τον άλλον.

Στο αντίστοιχο βιντεομάθημα γίνεται μια αναφορά σχετικά με τους δύο συνηθισμένους τύπους χάλκινων καλωδίων που συνδέουν θύρες Ethernet:

- καλώδιο τύπου **Straight-Through** (ή συνδεσμολογίας Straight-Through ) – το λέμε και «ευθύ καλώδιο» Ethernet.
- καλώδιο τύπου **Cross-Over** (ή συνδεσμολογίας Cross-Over) – το λέμε και «ανάστροφο καλώδιο» Ethernet.

Αναφέρεται στο βιντεομάθημα για κάθε τύπο καλωδίου πως ακριβώς έχει η συνδεσμολογία στο εσωτερικό του, καθώς και σε ποιες περιπτώσεις σύνδεσης χρησιμοποιείται το κάθε ένα.

Για παράδειγμα, το **ευθύ καλώδιο** το χρησιμοποιούμε για να συνδέσουμε ενσυρμάτως έναν υπολογιστή που διαθέτει προσαρμογέα Ethernet με θύρα ενός Hub ή Switch.

Το **ανάστροφο καλώδιο** το χρησιμοποιούμε για την απευθείας σύνδεση δύο υπολογιστών που διαθέτουν προσαρμογέα Ethernet, όπως επίσης και όταν συνδέω απευθείας υπολογιστή με δρομολογητή.

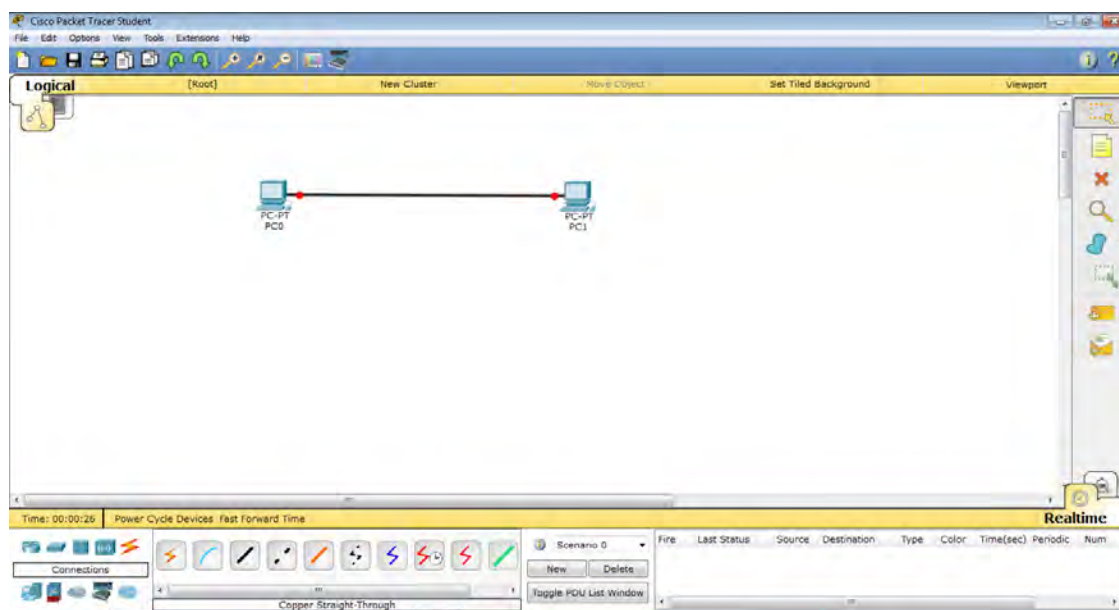
Οπότε στο παράδειγμά μας, που χρειαζόμαστε ένα ανάστροφο καλώδιο ( cross-over cable), πηγαίνω στην επιλογή «καλώδια» (**Connections**) και αναζητώ ένα τέτοιο (**copper cross-over**).

Αφού επιλέξω το καλώδιο, πηγαίνω πάνω στον έναν υπολογιστή (π.χ. τον PC0) και με κλικ επιλέγω τη θύρα FastEthernet0.

Στη συνέχεια πηγαίνω στον άλλον υπολογιστή και πάλι με κλικ επιλέγω τη θύρα FastEthernet0. Αφήνω το ποντίκι και η σύνδεση επιτυγχάνεται.

Έτσι, έχουμε πετύχει την «**φυσική σύνδεση**» των δύο υπολογιστών.

Αν αντί για καλώδιο cross-over επιλέξω ένα καλώδιο straight-through και το τοποθετήσω ανάμεσα στους δύο υπολογιστές με τον τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως, θα παρατηρήσω πως τα μικρά κυκλάκια που βρίσκονται δίπλα σε κάθε μία από τις κάρτες Ethernet των υπολογιστών έχει κόκκινο χρώμα, που σημαίνει πως δεν έχει επιτευχθεί η σωστή φυσική σύνδεση. Αυτό περιγράφεται αναλυτικά στο αντίστοιχο βιντεομάθημα. Η αντίστοιχη εικόνα στο Cisco Packet Tracer έχει ως εξής:



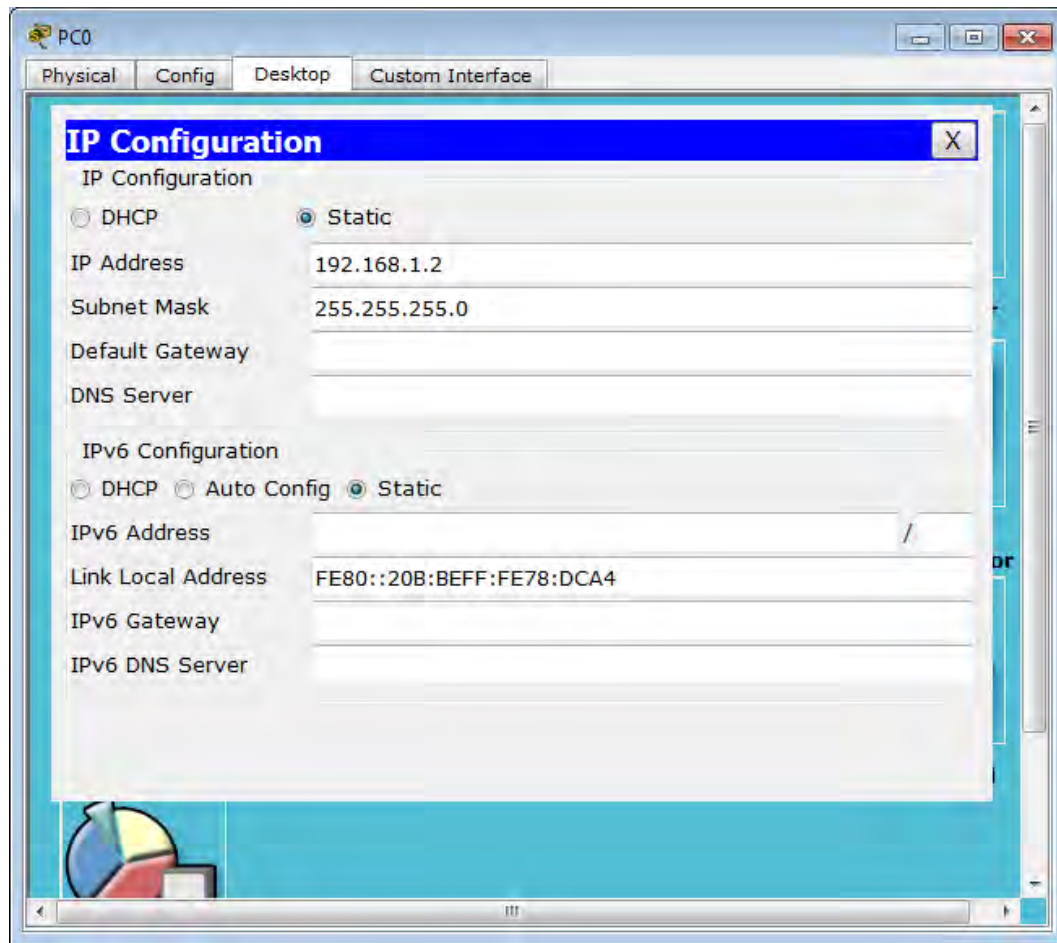
Οπότε, λοιπόν, έχουμε χρησιμοποιήσει ως καλώδιο σύνδεσης ένα τύπου “copper cross-over” και τα «κυκλάκια σύνδεσης» έχουν πια πράσινο χρώμα.

Για να μπορέσει, όμως, να επικοινωνήσει ο υπολογιστής PC0 με τον υπολογιστή PC1 θα πρέπει να επιλεγούν και να τοποθετηθούν διευθύνσεις IP στις συσκευές.



Κάνω πρώτα κλικ πάνω στο εικονίδιο του υπολογιστή **PC0**, από το παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγω την καρτέλα “**Desktop**”, και μετά κάνω κλικ στην εφαρμογή “**IP Configuration**”.

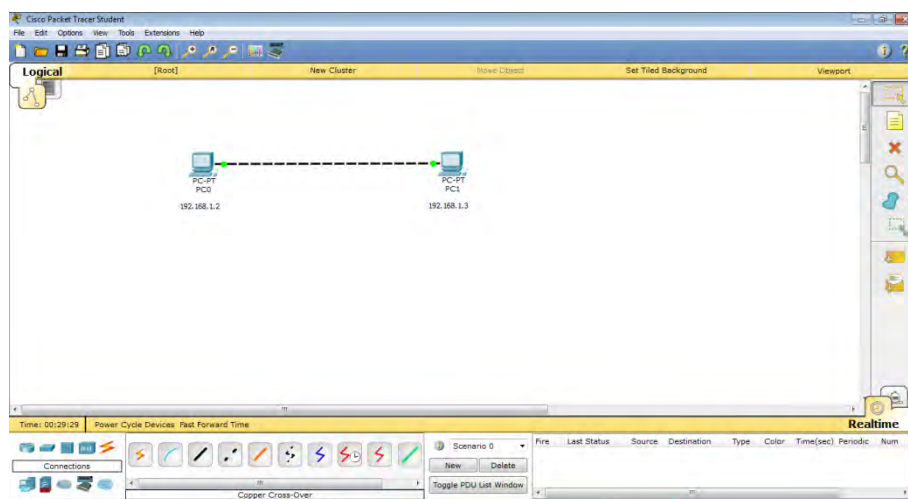
Προσέχω πρώτα να είναι επιλεγμένο το radio button “**Static**”. Δίνω ως IP Address την **192.168.1.2** και όταν επιλέγω την Subnet Mask συμπληρώνεται αυτόματα η προκαθορισμένη μάσκα **255.255.255.0**. Δεν χρειάζεται στο παράδειγμά μας να δώσουμε τιμές στα πεδία “Default Gateway” και “DNS Server”. Τέλος, κάνω κλικ στο [X] για να τερματίσει η εφαρμογή “IP Configuration”.



Με παρόμοιο τρόπο, δίνω για το PC1 την IP Address **192.168.1.3** και μάσκα υποδικτύου την **255.255.255.0** .

Μετακινώντας το ποντίκι πάνω σε κάθε συσκευή βλέπω και τις ρυθμίσεις IP που έχει.

Αν θέλω να φαίνονται οι διευθύνσεις, μπορώ να τις τοποθετήσω ως σχόλια (επιλέγοντας από τη δεξιά κατακόρυφη εργαλειοθήκη το εργαλείο “Place Note”).



Τώρα που και οι δυο υπολογιστές έχουν ρυθμιστεί , μπορώ να δοκιμάσω την επικοινωνία με τη χρήση της *εντολής ping*.

Πηγαίνω στις ρυθμίσεις του υπολογιστή PC0 (κάνοντας κλικ πάνω στο εικονίδιο του υπολογιστή) , επιλέγω την καρτέλα «Desktop» και την εφαρμογή «Command Prompt» →C:\> και δίνω την εντολή *ping 192.168.1.3* με την οποία παίρνω απάντηση (reply) 3 ή 4 φορές.

Αυτό σημαίνει ότι η διευθυνσιοδότηση που επιλέξαμε λειτούργησε και έχουμε ένα μίνι τοπικό δίκτυο σε λειτουργία.

Τώρα, μπορούμε να δοκιμάσουμε κάτι διαφορετικό.

Θα κάνουμε το “**Simple PDU Test**” : από την δεξιά κατακόρυφη εργαλειοθήκη (που ονομάζεται “Common Tool Bar”) επιλέγω τον «κλειστό κίτρινο φάκελο». Τώρα, όπως σέρνω το ποντίκι παρατηρώ πως μαζί με αυτό κινείται και το σχήμα ενός άσπρου φακέλου. Κάνω κλικ πάνω στον έναν υπολογιστή και μετά κλικ πάνω στον άλλον υπολογιστή.

Κάτω δεξιά όπου βρίσκεται το τμήμα που ονομάζεται «User-created packet box» εμφανίζεται μια καταχώριση όπου λέει «**Successful** – Source PC0 – Destination PC1 – Type ICMP».

Μπορώ να επαναλάβω την ίδια διαδικασία όσες φορές θέλω και να παρακολουθώ την επιτυχή ή όχι έκβαση.

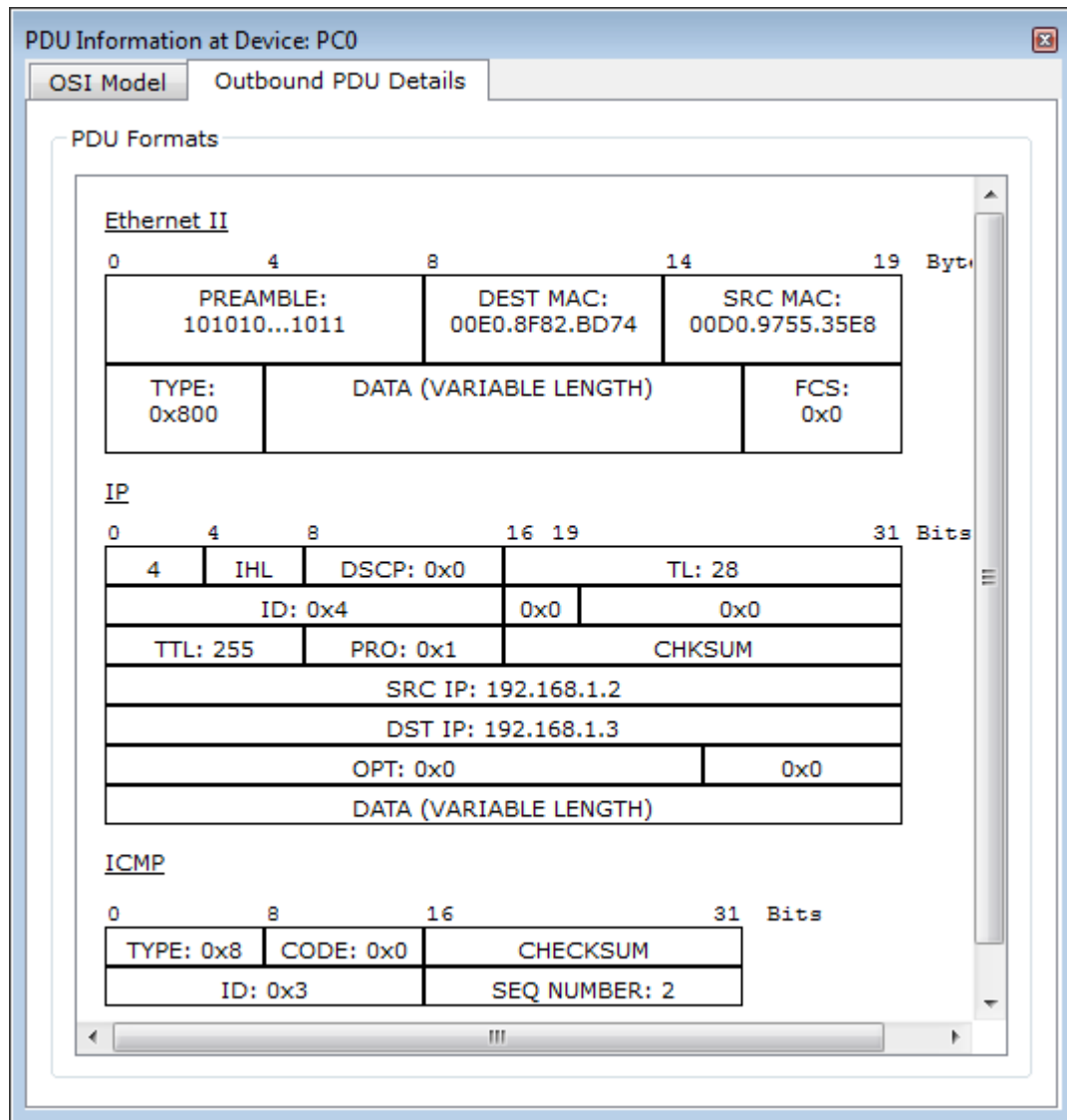
Πηγαίνω στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης και αλλάζω το **mode** από Real Time σε **Simulation**.

Εδώ, μπορώ να παρακολουθήσω τα πακέτα που περνούν -ανάλογα με την εφαρμογή/πρωτόκολλο που τρέχει- με παρόμοιο τρόπο, όπως συμβαίνει στην εφαρμογή WireShark .

Μπορώ να προσθέσω λοιπόν ένα PDU, με την επιλογή του εικονιδίου με τον κίτρινο φάκελο που έχει ένα σταυρό κάτω αριστερά, στον υπολογιστή

Στην επιλογή “Edit Filters” επιλέγω μόνο το πρωτόκολλο ICMP και στη συνέχεια επιλέγω το “Auto Capture / Play”.

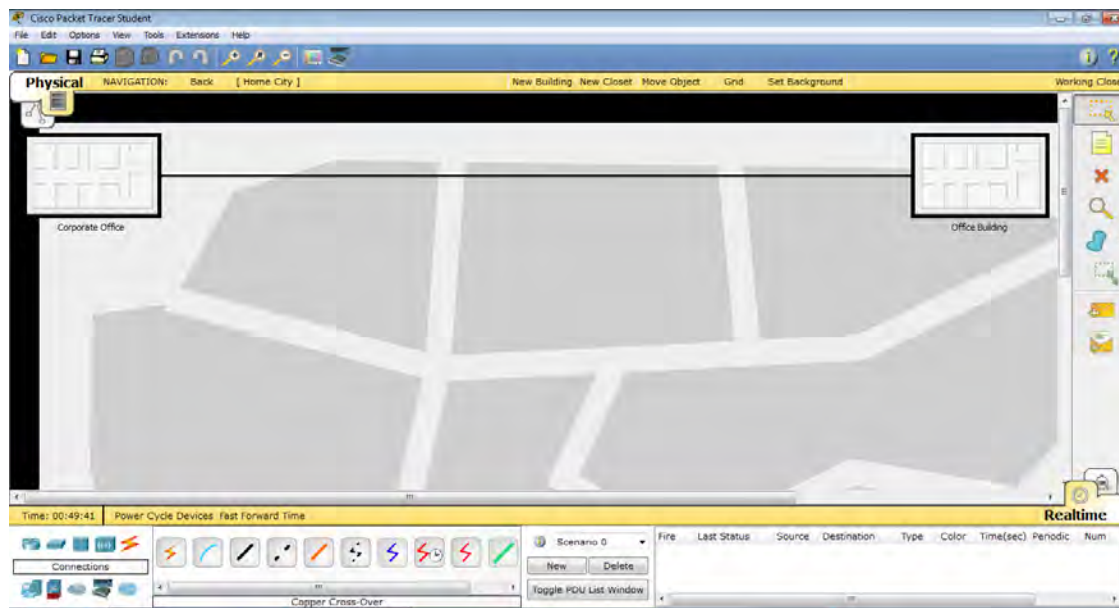
Παρακολουθώ τη μετακίνηση των **πακέτων ICMP** μεταξύ των συσκευών. Αν κάνω κλικ πάνω στο «κλειστό φάκελο» που εκφράζει πακέτο IP μπορώ να δω τα περιεχόμενά του.



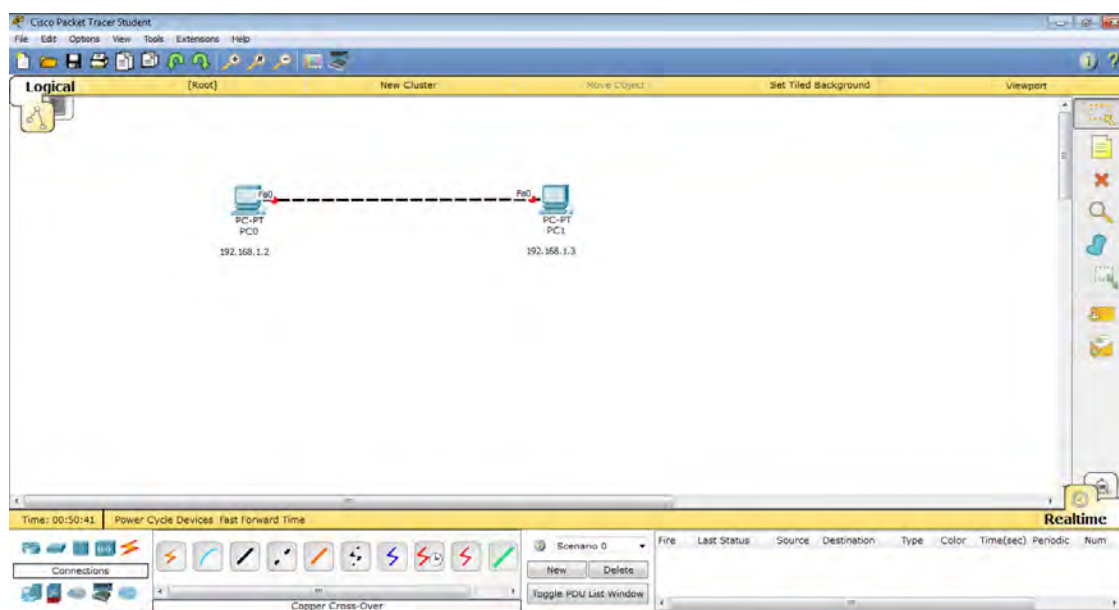
Έτσι, βλέπω πως πρόκειται για ένα **πλαίσιο Ethernet** όπου μέσα του έχει «ενθυλακωθεί» ένα **πακέτο IP** (με αποστολέα τον κόμβο 192.168.1.2 και παραλήπτη τον 192.168.1.3), και με τη σειρά του το πακέτο IP περιέχει μέσα του ως πληροφορία ένα **πακέτο-μήνυμα ICMP** τύπου “0x8”, δηλ. “**Echo Request**” που αφορά την εκτέλεση της εντολής Ping.

Στο βιντεομάθημα γίνεται επίδειξη του «**physical**» **περιβάλλοντος**, όπου στα πλαίσια πειραματισμού παρατηρώ πως επηρεάζει η αύξηση του μήκους της καλωδίωσης ανάμεσα στους δύο υπολογιστές την επικοινωνία μεταξύ τους.





Δημιουργήσαμε ένα **νέο κτίριο** (“Office Building”) στο φυσικό περιβάλλον και μεταφέραμε τον έναν από τους δύο υπολογιστές στο νέο κτίριο. Μετά, μετακινήσαμε το νέο κτίριο, ώστε να είναι μακρύτερα από το άλλο κτίριο και **η απόσταση να είναι μεγαλύτερη των 100 μέτρων**. Γυρνώντας πίσω στο “logical” περιβάλλον παρατηρώ πως η σύνδεση δεν λειτουργεί (τα μικρά **κυκλάκια** που βρίσκονται δίπλα στις κάρτες Ethernet των υπολογιστών έχουν γίνει **κόκκινα**).



Εκτελώντας τώρα την **εντολή ping** από τον έναν υπολογιστή προς τον άλλον (ή με το “Simple PDU test”), διαπιστώνω πως έχουμε **σφάλμα και αποτυχία** στην επικοινωνία.

Στην πορεία του βιντεομαθήματος, **αλλάζω τις κάρτες δικτύου Ethernet** των υπολογιστών σε άλλες που να δέχονται καλώδιο οπτικής ίνας (εκεί μαθαίνω πως για να αλλάξω την κάρτα δικτύου, πρέπει πρώτα να κλείσω τον κάθε υπολογιστή από το κουμπί ON/OFF και μετά να προβώ στην αλλαγή του τύπου της κάρτας δικτύου).

Τώρα, διαπιστώνω πως η επικοινωνία επανήλθε (μιας και ως γνωστόν το καλώδιο οπτικής ίνας καλύπτει πολύ μεγαλύτερη απόσταση).

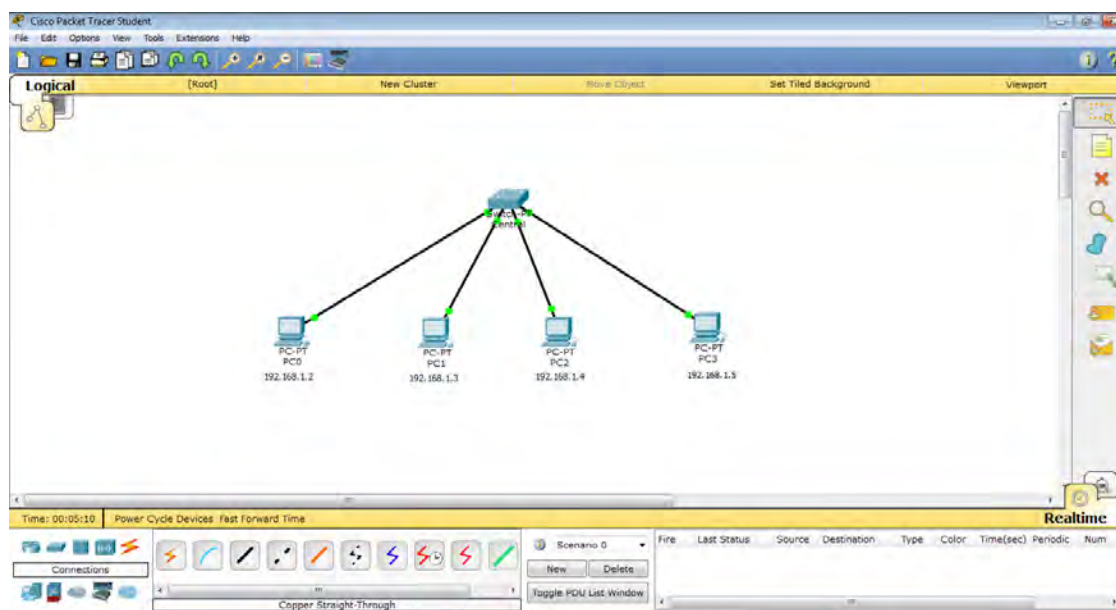
Με όλους αυτούς τους **πειραματισμούς** παρατηρώ πως επαληθεύονται «πρακτικά» οι γνώσεις που έχω σε θεωρητικό επίπεδο, χάρη στο εξαιρετικό αυτό πρόγραμμα δημιουργίας-διαμόρφωσης-ελέγχου-προσομοίωσης δικτύων σε εικονικό περιβάλλον.

Με παρόμοιο τρόπο, θα μπορούσα στο “physical” περιβάλλον να δημιουργήσω μια **νέα πόλη** και να μεταφέρω εκεί τον υπολογιστή PC1, έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ των 2 υπολογιστών να μεγαλώσει πολύ και να ξεπεράσει τα μερικά χιλιόμετρα, και τελικά να διαπιστώσω σε ποια απόσταση του καλωδίου οπτικής ίνας θα διακοπεί η φυσική ζεύξη.

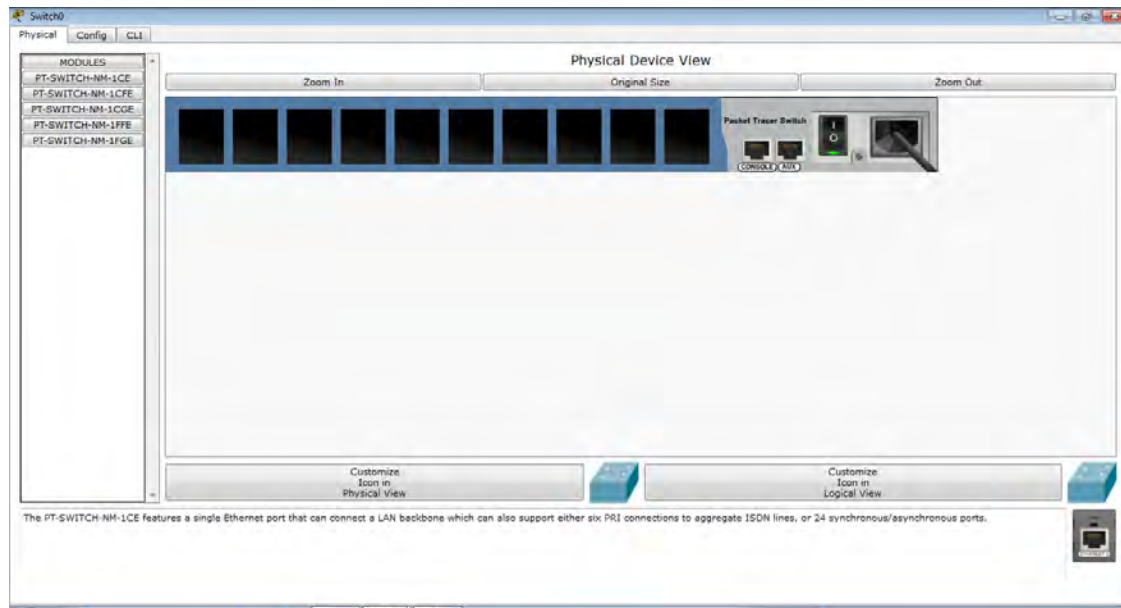
Αποθηκεύω το τρέχων εικονικό δίκτυο ως αρχείο με το όνομα Peer\_to\_peer\_full.pkt , ώστε όποτε το θελήσω να το ανοίξω ξανά και να πειραματιστώ μαζί του.

## 6.2 ΜΑΘΗΜΑ 2 : Τοπικό Δίκτυο 4 υπολογιστών με χρήση Switch και Server

Σε αυτό το μάθημα δημιουργούμε αρχικά ένα μικρό τοπικό δίκτυο (LAN) με τέσσερις υπολογιστές ως κόμβους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός μεταγωγέα (switch).

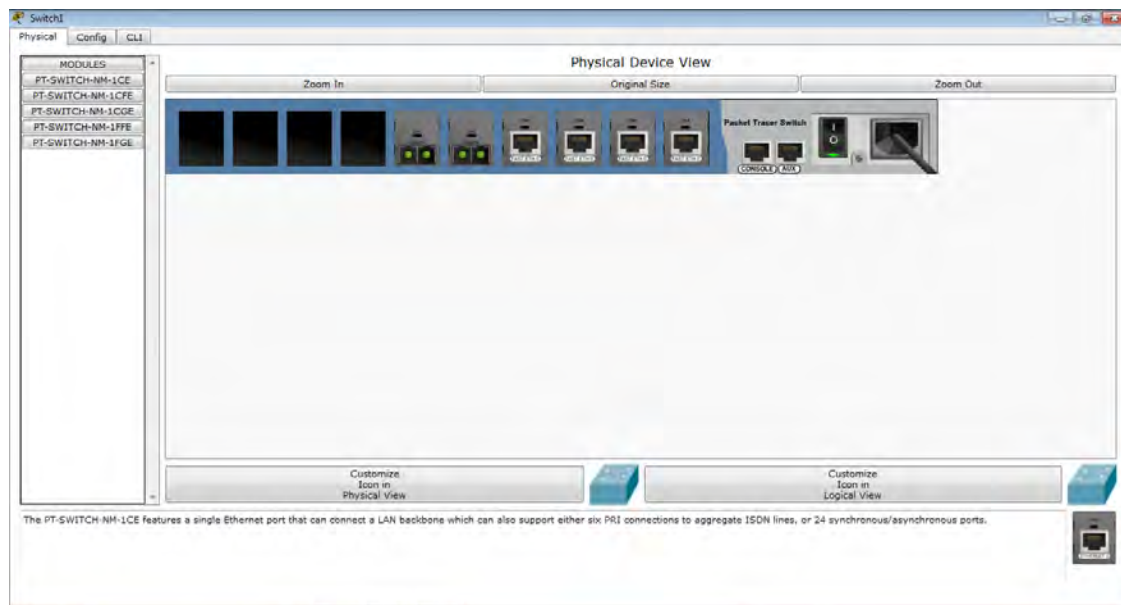


Πρώτα επιλέγω από το «πλαίσιο επιλογής τύπου συσκευής» την κατηγορία «Switches» και από το δεξιό τμήμα επιλέγω το μοντέλο «Generic Switch-PT». Ο Τύπος “Generic” υπάρχει δύο φορές: αυτός που είναι πιο δεξιά ονομάζεται “Generic Switch-PT-empty” που σημαίνει πως αρχικά δεν διαθέτει καθόλου δικτυακές θύρες (network modules), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



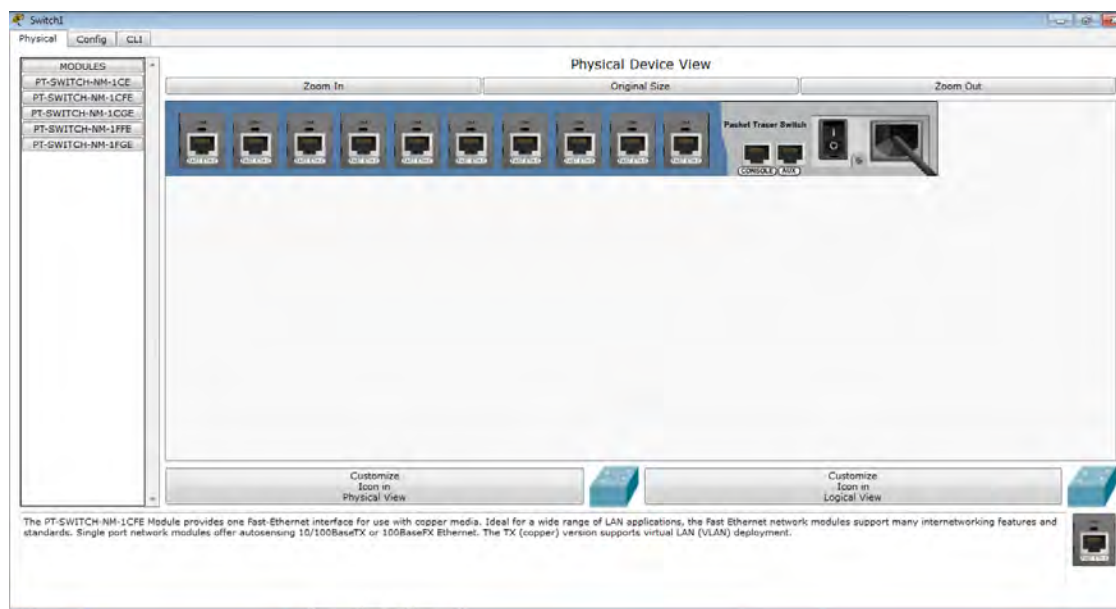
Εγώ έχω επιλέξει τον πρώτο από αριστερά τύπο “Generic”.

Κάνοντας κλικ πάνω στο switch αυτό, ανοίγει το παράθυρο με διάφορες επιλογές. Είμαι στην καρτέλα “**Physical**” όπου φαίνεται η πίσω όψη του switch με τις θύρες που διαθέτει αρχικά. Παρατηρώ πως έχει 4 θύρες τύπου 100Base-TX και 2 θύρες τύπου 100Base-FX. Έχει επίσης, και 4 υποδοχές κενές για να τοποθετήσω αν θέλω καινούργια κυκλώματα Fast Ethernet (network modules).



Στα πλαίσια των πειραμάτων, μαθαίνω πώς να αλλάζω κάποια από αυτά τα modules και να τοποθετώ καινούργια. Έστω ότι επιθυμώ να έχει το switch σε όλες του τις υποδοχές κυκλώματα Fast Ethernet για καλώδια UTP / STP , δηλ. να είναι τα modules τύπου 100Base-TX. Πρώτα,

θέτω το switch σε κατάσταση OFF (δηλ. το σβήνω από το διακόπτη του) και «αφαιρώ» τα δύο 100Base-FX modules με ενέργειες “drag ‘n’ drop” προς τα δεξιά. Μετά, πάλι με διαδοχικά “drag ‘n’ drop” από αριστερά προς τα δεξιά (σε κάθε άδεια υποδοχή) σέρνω το κατάλληλο κύκλωμα που είναι το “PT-SWITCH-NM-1CFE” (που σημαίνει αν αποκωδικοποιήσουμε τον όρο, «γενικού τύπου Packet Tracer switch – Network Module με μία θύρα Copper Fast Ethernet» ). Έτσι τελικά γεμίζω το switch με 10 θύρες Fast Ethernet για χάλκινο καλώδιο UTP/STP.



Θέτω σε λειτουργία ON τον μεταγωγέα και κλείνω το παράθυρο.

Τώρα, θα τοποθετήσω στο **περιβάλλον εργασίας** (workspace) τους 4 υπολογιστές-κόμβους.

Από το «πλαίσιο επιλογής τύπου συσκευής» επιλέγω την κατηγορία «**End Devices**», παίρνω από το δεξιό τμήμα συσκευών έναν υπολογιστή PC και με τη διαδικασία «Drag ‘n’ Drop» το σύρω και το τοποθετώ στο περιβάλλον εργασίας. Αυτός παίρνει αυτομάτως το όνομα PC0.

Με παρόμοιο τρόπο τοποθετώ άλλους 3 υπολογιστές στο περιβάλλον εργασίας. Στη συνέχεια, συνδέω τον κάθε έναν από αυτούς (από τη θύρα FastEthernet) με χάλκινο **καλώδιο τύπου “Straight-Through”** με μια διαθέσιμη θύρα FastEthernet του Switch.

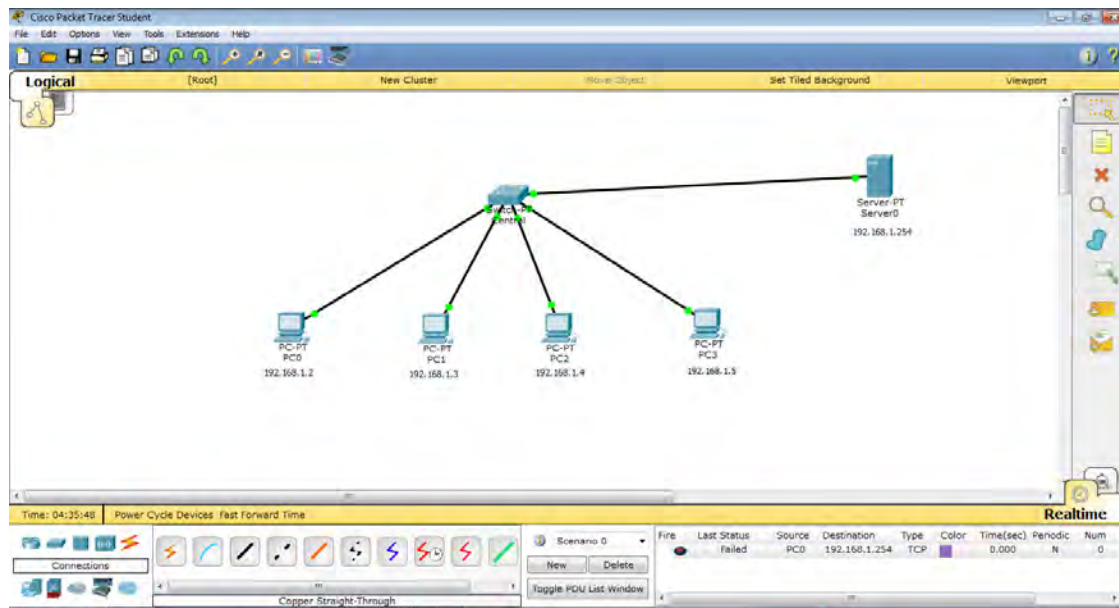
Κατόπιν ορίζω σε κάθε υπολογιστή **σταθερές ρυθμίσεις IP**, π.χ. στον υπολογιστή PC0 θέτω ως **IP Address** την 192.168.1.2 και ως **Subnet Mask** την τιμή 255.255.255.0 (αφήνω κενές τις τιμές για τα “Default Gateway” και “DNS Server”). Σε κάθε επόμενο υπολογιστή ορίζω ως IP Address μια επόμενη λογική τιμή, όπως είναι η 192.168.1.3 κ.ο.κ.

Τώρα έχουμε **τέσσερεις υπολογιστές συνδεδεμένους** μεταξύ τους διαμέσου ενός μεταγωγέα και έχει δημιουργηθεί ένα φυσικό και λογικό δίκτυο. Για την ακρίβεια, οι 4 υπολογιστές είναι **μέλη του ίδιου φυσικού, αλλά και λογικού δικτύου**.

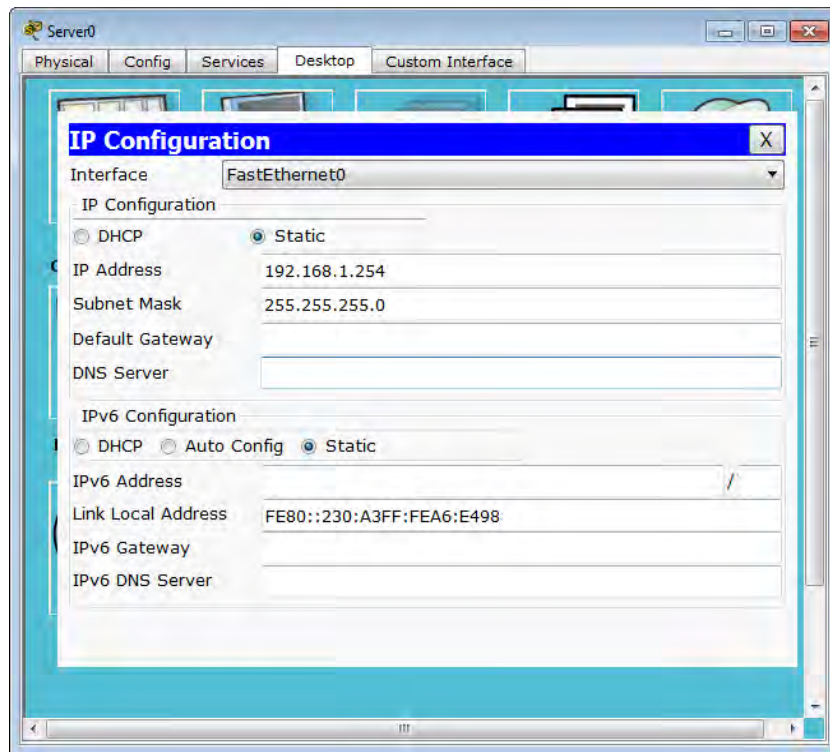
Οπότε, μπορούμε να ελέγξουμε την επικοινωνία μεταξύ τους με τους τρόπους που γνωρίσαμε στο πρώτο μάθημα, δηλ. είτε με την χρήση της εντολής ping σε γραμμή εντολών είτε με το

“simple PDU test” είτε με το “Simulation Mode test” όπου μπορώ να δω και να μελετήσω τα περιεχόμενα των PDUs που ανταλλάσσονται.

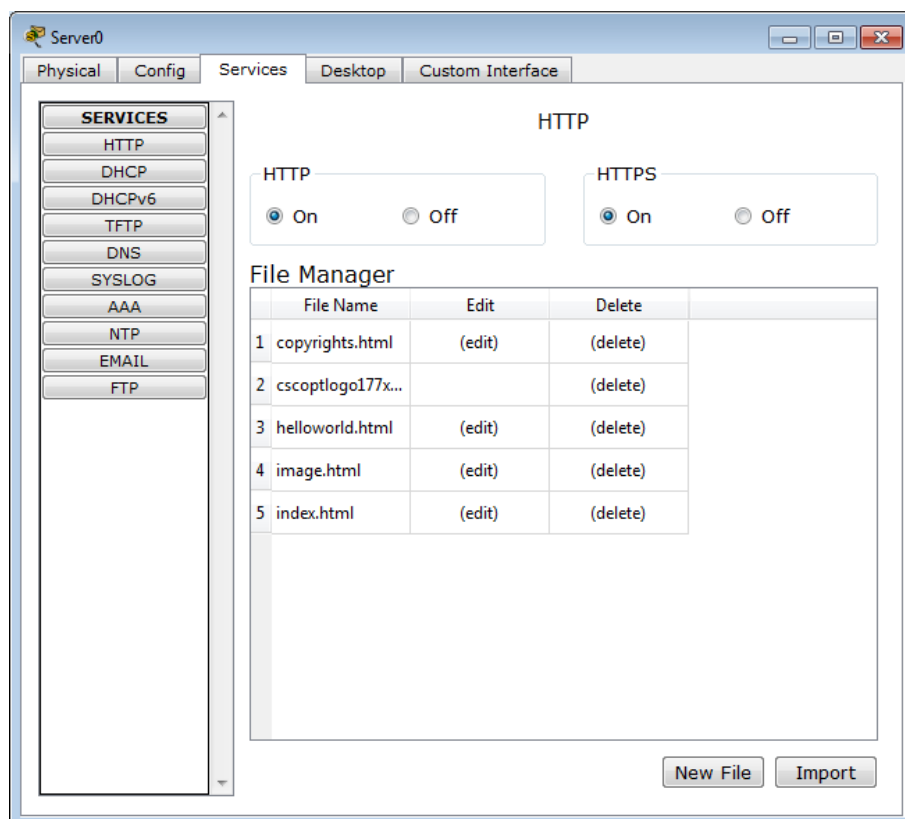
Τώρα ήρθε η στιγμή να συνδέσω στο LAN έναν υπολογιστή Server. Για να το καταφέρω αυτό, από το «πλαίσιο επιλογής τύπου συσκευής» επιλέγω το τρίτο από αριστερά **υπολογιστή Generic** όπου ο υπολογιστής έχει το **σχήμα Tower** και τον τοποθετώ στο workspace. Παίρνει αυτόματα το όνομα **Server0**. Κατόπιν, συνδέω με χάλκινο καλώδιο Straight-Through τη θύρα FastEthernet του Server με μία διαθέσιμη θύρα του Switch.



Κάνω κλικ πάνω στον **υπολογιστή Server** για να ανοίξει το παράθυρο ρυθμίσεων. Πρώτα, θα του θέσω μία IP Address με τέτοια τιμή που να ανήκει στο ίδιο λογικό δίκτυο με τους άλλους κόμβους, π.χ. την 192.168.1.254 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0 . Αυτό γίνεται από την **καρτέλα “Desktop”** και τη λειτουργία **“IP Configuration”**.



Στο ίδιο παράθυρο ρυθμίσεων του Server, κάνοντας κλικ στην **καρτέλα “Services”** μπορώ να ενεργοποιήσω (ή να απενεργοποιήσω) διάφορες υπηρεσίες (services) που θέλω να προσφέρει (ή όχι) ο Server στους άλλους υπολογιστές.



Αρχικά, είναι ενεργοποιημένες οι **υπηρεσίες HTTP** και **HTTPS**, οι υπηρεσίες **FTP** και **TFTP**, καθώς και η υπηρεσία **EMAIL** (SMTP service και POP3 service).

Δεν είναι, όμως, ενεργοποιημένες οι υπηρεσίες **DHCP** και **DNS**.

Τώρα θα προβώ σε διάφορα πειράματα επικοινωνίας υπολογιστή με τον Server.

Πέρα από τους γνωστούς τρόπους με τη χρήση της εντολής ping και το εργαλείο “simple PDU Test” (όπου χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ICMP – δηλ. σαν την εντολή Ping), έχω τώρα και επιπλέον δυνατότητες ελέγχου της επικοινωνίας.

Ένας από αυτούς είναι το εργαλείο “**Complex PDU Test**” είτε σε “Real-Time Mode” είτε σε “Simulation Mode”.

Κάνω κλικ στο εργαλείο “Complex PDU Test” και σέρνω το ποντίκι πάνω στον υπολογιστή PC0 και κάνω κλικ πάνω του. Εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:

The screenshot shows a window titled "Create Complex PDU" with the following fields and options:

- Source Settings:**
  - Source Device: PC0
  - Outgoing Port: FastEthernet0 (dropdown menu)
  - Auto Select Port:
- PDU Settings:**
  - Select Application: PING (dropdown menu)
  - Destination IP Address: [empty text box]
  - Source IP Address: [empty text box]
  - TTL: 32 (text box)
  - TOS: 0 (text box)
  - Sequence Number: [empty text box]
  - Size: 0 (text box)
- Simulation Settings:**
  - One Shot Time: [empty text box] Seconds (radio button selected)
  - Periodic Interval: [empty text box] Seconds (radio button unselected)

A "Create PDU" button is located at the bottom right of the window.

Αντί για PING επιλέγω στο “Select Application” το πρωτόκολλο HTTP, ως Destination IP Address θέτω την 192.168.1.254 δηλ. τη διεύθυνση του Server, ως Starting Source Port βάζω μια τυχαία τιμή από 1000 ως 65535 (π.χ. 6000) και τέλος ως “One Shot Time” θέτω το 0, για να ξεκινήσει αμέσως η αποστολή του PDU μόλις κάνω κλικ στο κουμπί “Create PDU”.

Ως αποτέλεσμα φαίνεται στο τμήμα κάτω δεξιά η πρόταση “Successful”. Με τον ίδιο τρόπο, μπορώ να δοκιμάσω και τα πρωτόκολλα HTTPS, FTP, TFTP, POP3 και SMTP. Όλα

καταλήγουν σε επιτυχημένη αποστολή PDU από τον υπολογιστή PC0 προς τον Server0 και αντιστρόφως.

Αν, όμως στο “Complex PDU Test” θέσω ως πρωτόκολλο (στο Select Application) το DNS ή το DHCP δεν θα έχω επιτυχημένη μετάδοση, διότι πολύ απλά δεν ανταποκρίνεται στα αντίστοιχα πακέτα PDU ο Server αφού δεν λειτουργούν σε αυτόν οι αντίστοιχες υπηρεσίες (services).

The screenshot shows the 'Create Complex PDU' dialog box with the following settings:

- Source Settings:**
  - Source Device: PC0
  - Outgoing Port: FastEthernet0
  - Auto Select Port:
- PDU Settings:**
  - Select Application: HTTP
  - Destination IP Address: 192.168.1.254
  - Source IP Address: (empty)
  - TTL: 32
  - TOS: 0
  - Starting Source Port: 6000
  - Destination Port: 80
  - Size: 0
- Simulation Settings:**
  - One Shot:  Time: 0 Seconds
  - Periodic:  Interval: (empty) Seconds

There is a 'Create PDU' button at the bottom right of the dialog.

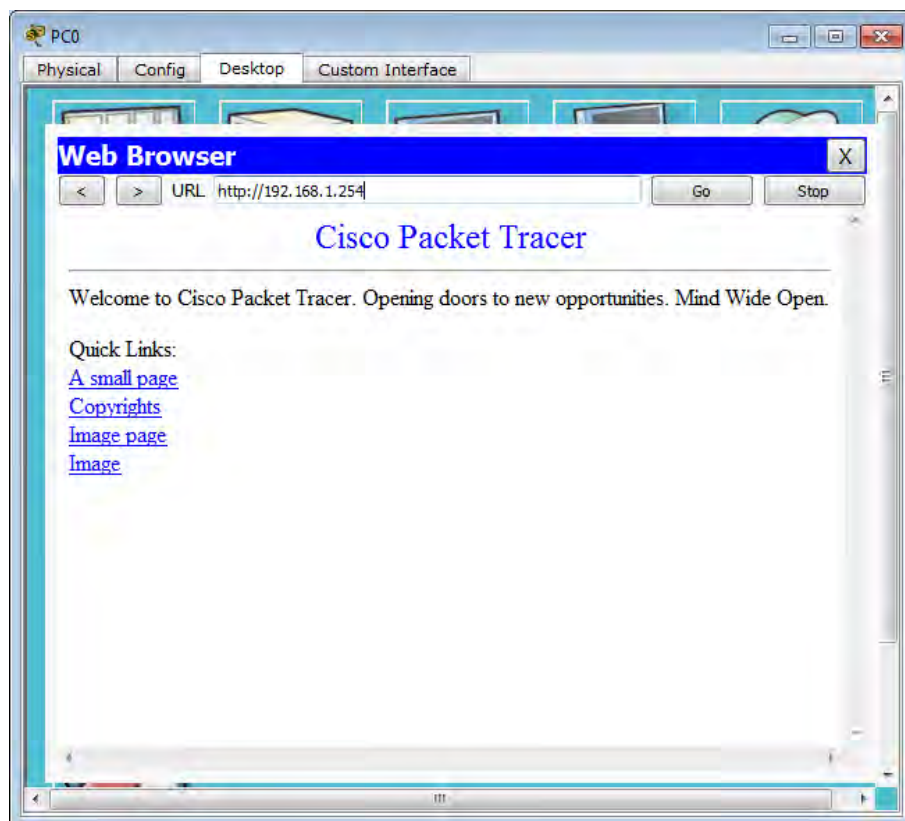
Μπορώ ακριβώς τα ίδια τεστ να τα κάνω και σε “Simulation Mode”, ώστε να μελετήσω τα περιεχόμενα των - ανάλογων προς τα πρωτόκολλα «τύπου Application» - PDU.

Ένας άλλος τρόπος για να εξακριβώσω π.χ. αν οι υπηρεσίες HTTP και HTTPS λειτουργούν στον Server και υπάρχει η σχετική επικοινωνία και ανταπόκριση, είναι να πάω σε κάποιον από τους υπολογιστές, να κάνω κλικ πάνω του και να επιλέξω να τρέξει η εφαρμογή “Web Browser”, οπότε ανοίγει ένας φυλλομετρητής.

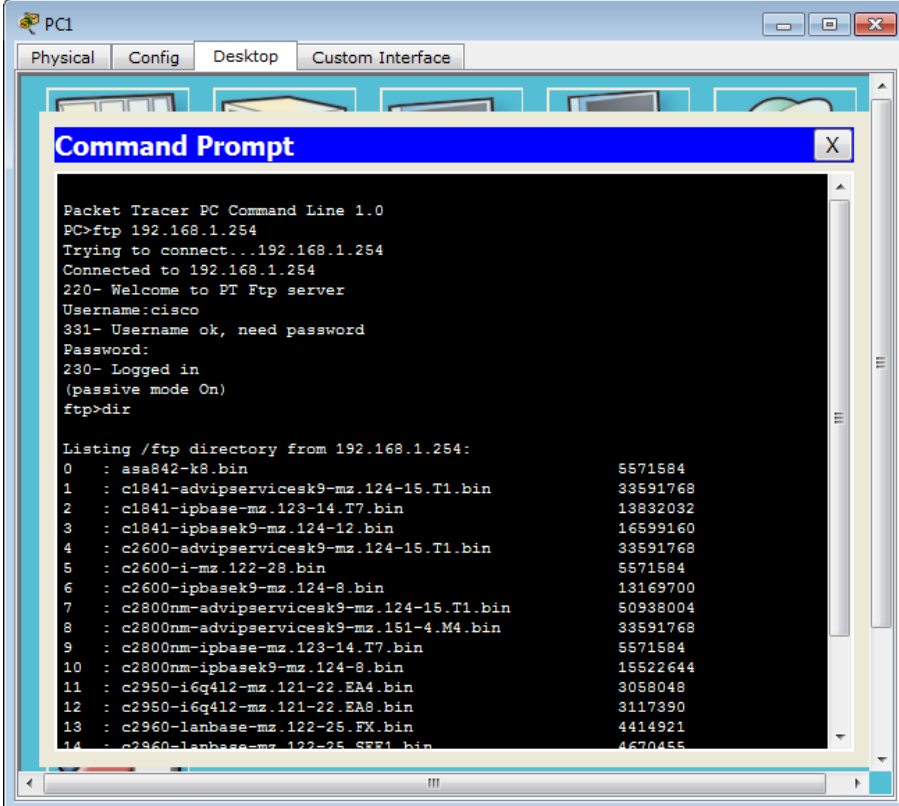




Στο φυλλομετρητή δίνω ως URL είτε το <http://192.168.1.254> είτε το <https://192.168.1.254> και βλέπω το αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Τέλος, ένας άλλος τρόπος για να ελέγξω το πρωτόκολλο FTP και την επικοινωνία του Server0 ως FTP Server, είναι να πάω σε Command Prompt λειτουργία κάποιου υπολογιστή, και να εκτελέσω την εντολή [ftp 192.168.1.254](ftp://192.168.1.254) . Η υπηρεσία FTP στον Server έχει εγγραφμένο έναν χρήστη με *όνομα* cisco και *password* πάλι το cisco. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, η υπηρεσία λειτουργεί κανονικά.



```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ftp 192.168.1.254
Trying to connect...192.168.1.254
Connected to 192.168.1.254
220- Welcome to FT Ftp server
Username:cisco
331- Username ok, need password
Password:
230- Logged in
(passive mode On)
ftp>dir

Listing /ftp directory from 192.168.1.254:
 0 : asa842-k8.bin                               5571584
 1 : c1841-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin      33591768
 2 : c1841-ipbase-mz.123-14.T7.bin              13832032
 3 : c1841-ipbasek9-mz.124-12.bin               16599160
 4 : c2600-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin     33591768
 5 : c2600-i-mz.122-28.bin                      5571584
 6 : c2600-ipbasek9-mz.124-8.bin                13169700
 7 : c2800nm-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin   50938004
 8 : c2800nm-advipservicesk9-mz.151-4.M4.bin    33591768
 9 : c2800nm-ipbase-mz.123-14.T7.bin           5571584
10 : c2800nm-ipbasek9-mz.124-8.bin             15522644
11 : c2950-i6q412-mz.121-22.EA4.bin           3058048
12 : c2950-i6q412-mz.121-22.EA8.bin           3117390
13 : c2960-lanbase-mz.122-25.FX.bin            4414921
14 : c2960-lanbase-mz.122-25.SF31.bin         4670455
```

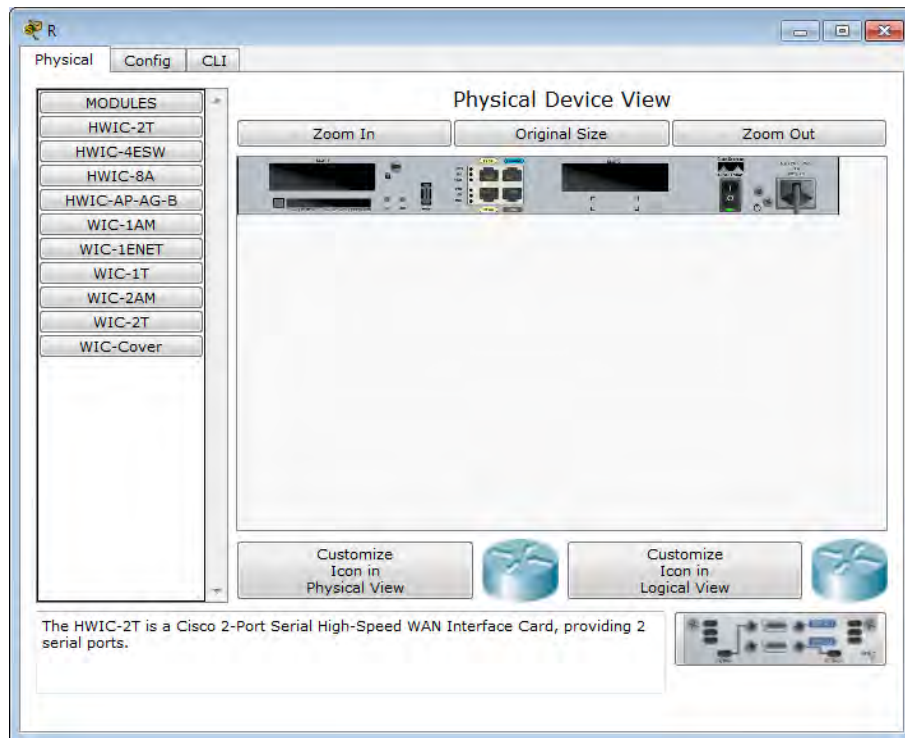
Και εδώ, αποθηκεύω το όλο παράδειγμα του τοπικού δικτύου (LAN) με το όνομα π.χ. “Switch\_4pc\_Server.pkt” .

### 6.3 ΜΑΘΗΜΑ 3 : Διασύνδεση δύο Τοπικών Δικτύων με χρήση ενός Δρομολογητή

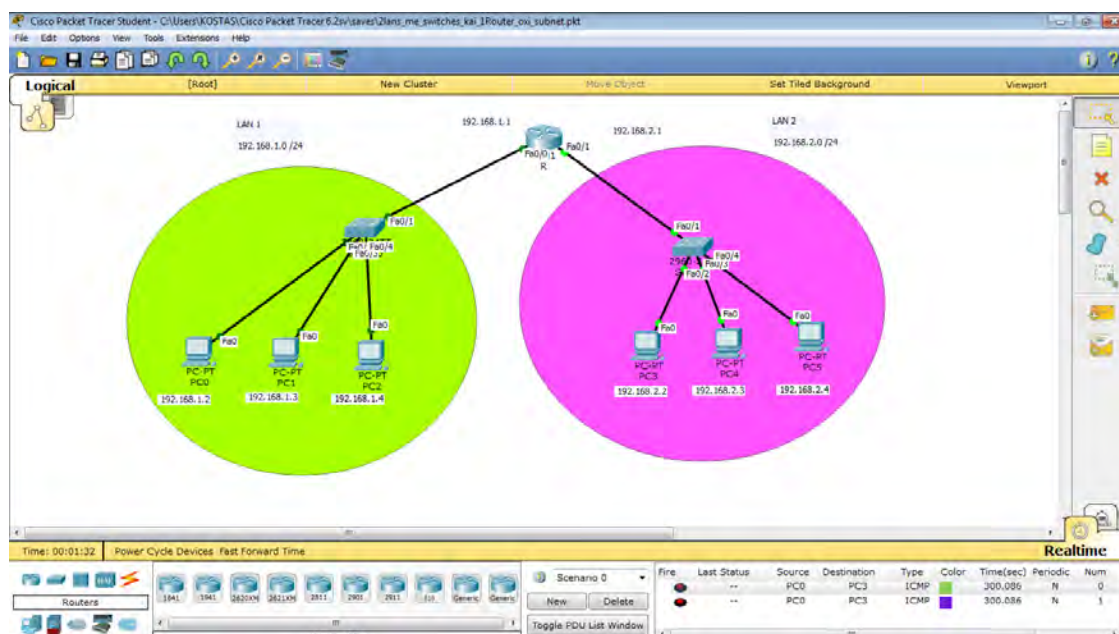
Αυτό το μάθημα αποτελεί μια εξέλιξη-επέκταση του προηγούμενου μαθήματος, όπου είχαμε δημιουργήσει ένα Τοπικό Δίκτυο (LAN) στο οποίο οι υπολογιστές συνδέονταν μεταξύ τους διαμέσου ενός Switch.

Εδώ, δημιουργώ με ακριβώς παρόμοιο τρόπο, δύο Τοπικά Δίκτυα που το κάθε ένα θα περιλαμβάνει 3 Η/Υ και ένα Switch.

Κατόπιν, το κάθε ένα από τα δύο Switch θα συνδέεται στη θύρα Fast Ethernet ενός Δρομολογητή Cisco (μοντέλο 1841). Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, ο δρομολογητής Cisco 1841 έχει δύο θύρες Fast Ethernet, και φυσικά μία θύρα Console και μία θύρα Auxiliary.



Χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Place Note» μπορώ σε κάθε Η/Υ να αναφέρω στην κάτω πλευρά του ποια θα είναι η IP Address που θα έχει (και την οποία θα την θέσω αμέσως μετά). Το ίδιο κάνω και για τις 2 θύρες Fast Ethernet του δρομολογητή. Το κάθε ένα LAN θα αποτελεί ένα ξεχωριστό «λογικό δίκτυο»: το **αριστερό LAN** θα ανήκει στο δίκτυο 192.168.1.0 /24 και το **δεξιό LAN** θα ανήκει στο λογικό δίκτυο 192.168.2.0 /24. Αυτή την πληροφορία μπορώ, επίσης, να την τοποθετήσω σε εμφανή σημείο πάνω από το κάθε LAN.



Χρησιμοποιώντας το εργαλείο «Draw a polygon» (από την δεξιά κατακόρυφη εργαλειοθήκη - “Common Tool Bar”), μπορώ να σχηματίσω δύο οβάλ σχήματα περιμετρικά από το κάθε LAN.

Έτσι, στο «περιβάλλον εργασίας» έχω δημιουργήσει το νέο εικονικό μας δίκτυο, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.

Για να ολοκληρωθεί το παράδειγμά μας και να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των 2 LAN, θα πρέπει σε κάθε κόμβο να θέσω τις κατάλληλες IP ρυθμίσεις.

Με το γνωστό τρόπο που είδαμε στο μάθημα 2, θέτω σε κάθε *H/Y* τις ακόλουθες τιμές:

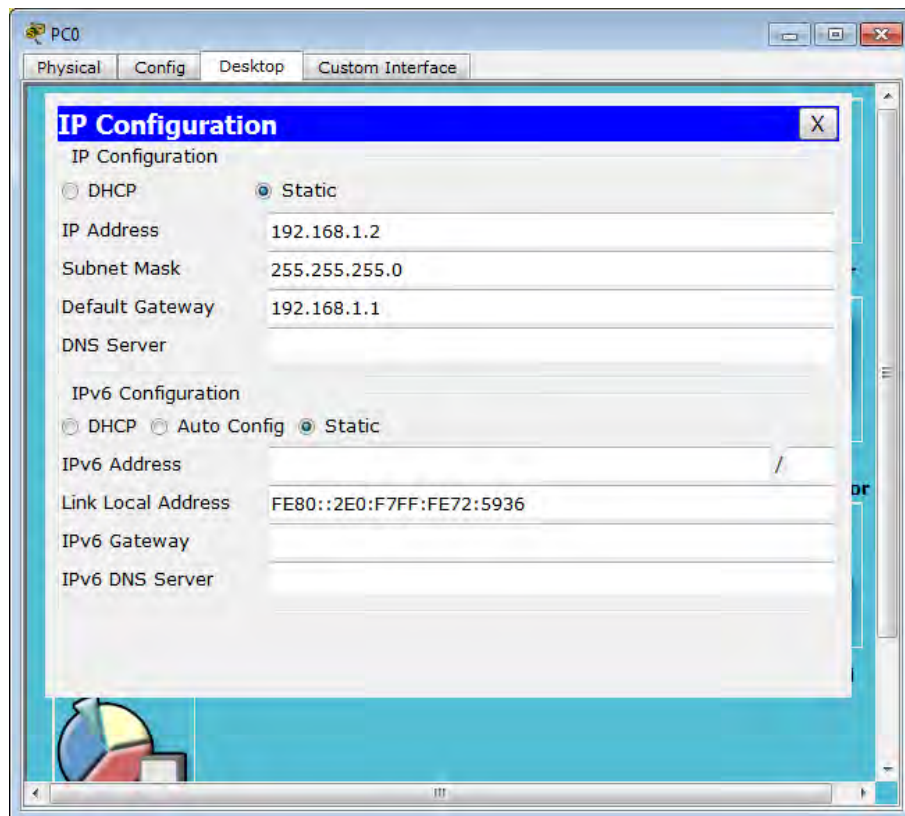
**IP Address:** 192.168.1.x αν ανήκει στο αριστερό LAN *ή* 192.168.2.x αν ανήκει στο δεξιό LAN. Όπου x βάζω έναν αριθμό από το 2 και μετά.

**Subnet Mask:** 255.255.255.0

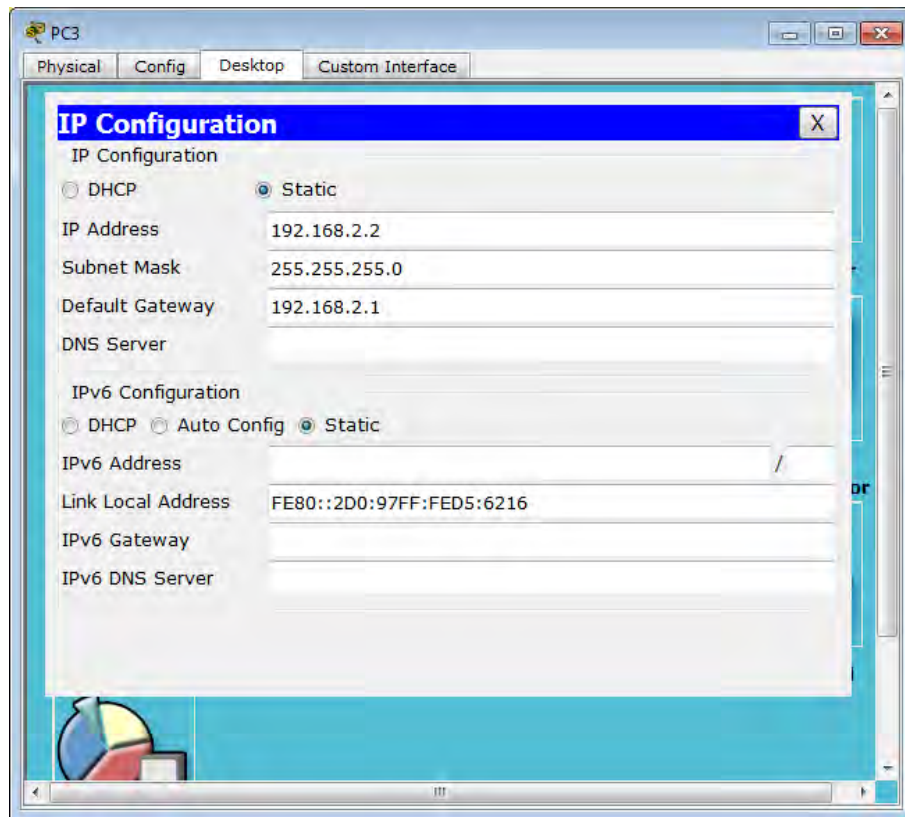
**Default Gateway:** 192.168.1.1 για το αριστερό LAN ή 192.168.2.1 για το δεξιό LAN.

Οι παραπάνω ρυθμίσεις τίθενται κάνοντας πρώτα κλικ σε κάθε *H/Y*, από το παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγω την *καρτέλα “Desktop”* και μετά επιλέγω την *εφαρμογή “IP Configuration”*.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο ρυθμίσεων για τον *H/Y PC0*, ο οποίος ανήκει στο αριστερό LAN.



Ενώ, στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται το παράθυρο ρυθμίσεων για τον *H/Y PC3* ο οποίος ανήκει στο δεξιό LAN.

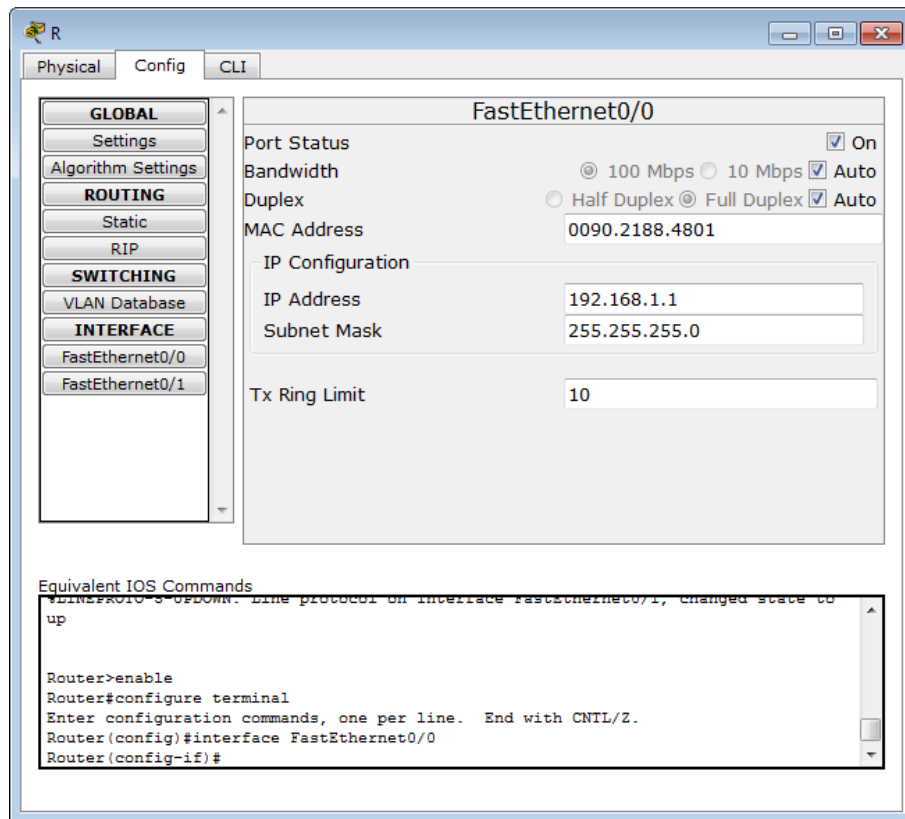


Τώρα, όσον αφορά το δρομολογητή, πρέπει να αναθέσω σε κάθε Fast Ethernet θύρα την κατάλληλη IP Address , ώστε να ανήκει στο αντίστοιχο λογικό δίκτυο, και τέλος ενεργοποιώ τις θύρες (διότι αρχικά είναι σε κατάσταση down).

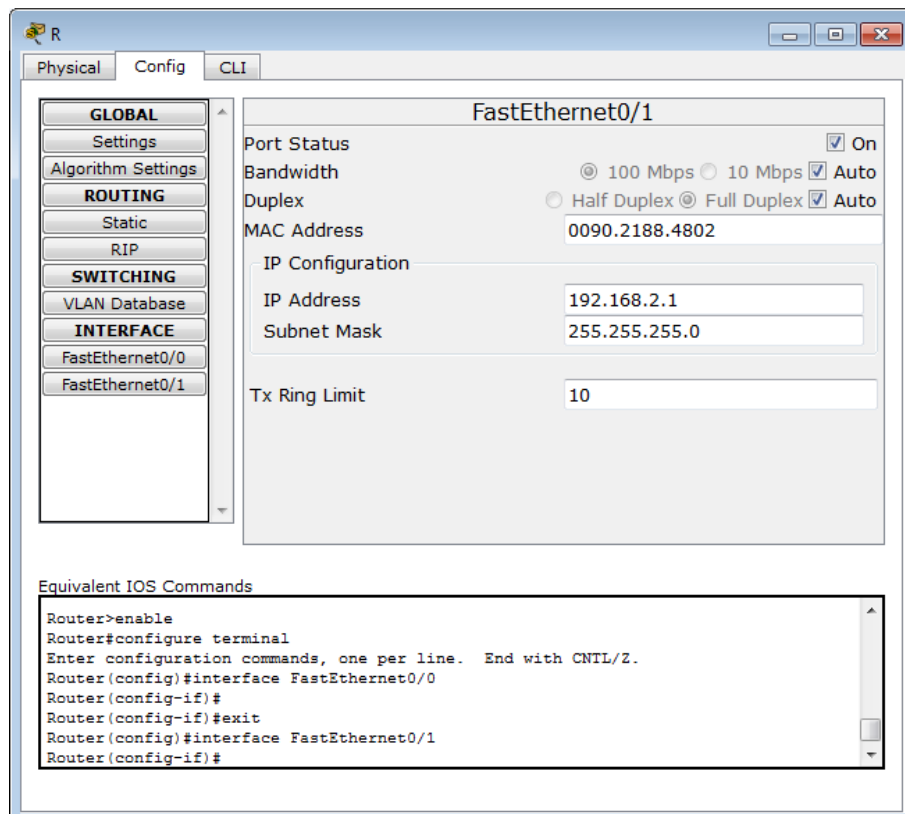
Η διαδικασία που ακολουθώ είναι η εξής:

Κάνω κλικ πάνω στην εικόνα του δρομολογητή. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγω την **καρτέλα “Config”**. Στην αριστερή κατακόρυφη μπάρα υπάρχει η **ομάδα «INTERFACE»** και ακριβώς από κάτω βρίσκονται οι επιλογές “FastEthernet0/0” και “FastEthernet0/1”.

Κάνω πρώτα κλικ στην επιλογή “FastEthernet0/0” και εκεί ορίζω ως IP Address την 192.168.1.1 και μάσκα υποδικτύου την 255.255.255.0 . Μετά, κάνω κλικ στο check box πάνω δεξιά στο [ ] On , ώστε να ενεργοποιηθεί η θύρα (Port Status: ON).



Στη συνέχεια κάνω κλικ στην επιλογή “FastEthernet0/1”, ορίζω ως IP Address την 192.168.2.1 και μάσκα υποδικτύου την 255.255.255.0. Έπειτα, κάνω κλικ στο check box πάνω δεξιά στο [ ] On, ώστε να ενεργοποιηθεί η θύρα (Port Status: ON).



Στο κάτω μέρος του παραθύρου υπάρχει μια περιοχή που έχει ως τίτλο το “*Equivalent IOS Commands*”. Εκεί μπορώ να δω ποιες είναι οι εντολές που εκτελούνται στο περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή (σχετική αναφορά για το περιβάλλον ρυθμίσεων *CLI* -Command Line Interface- γίνεται στο μάθημα 9 και 10).

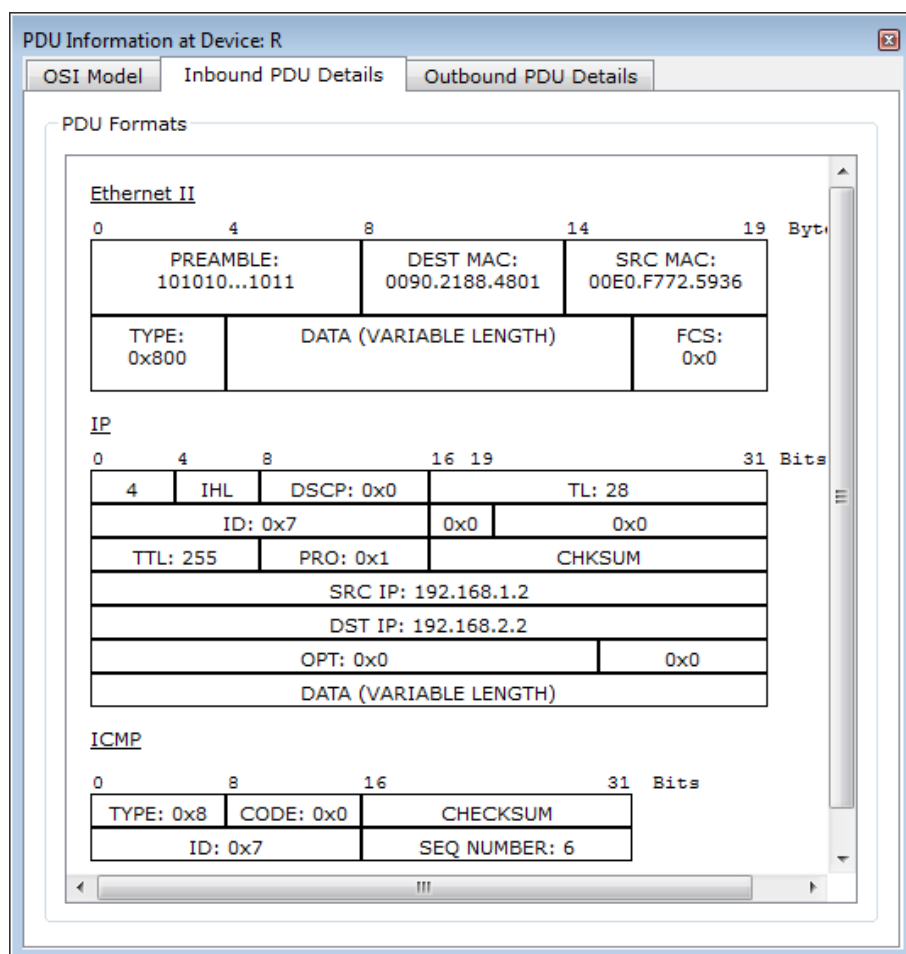
Στο παρόν μάθημα, όλες οι ρυθμίσεις για τον Δρομολογητή γίνονται από την καρτέλα “Config” που αποτελεί ένα GUI περιβάλλον ρυθμίσεων.

Τώρα που είναι πλέον ενεργοποιημένες οι θύρες του δρομολογητή μπορώ να ελέγξω την επικοινωνία μεταξύ των δύο LAN με τους τρόπους που μάθαμε στα προηγούμενα μαθήματα, όπως είναι η εντολή *ping* και το εργαλείο “Simple PDU Test” είτε σε “Real Time Mode” είτε και σε “Simulation Mode”.

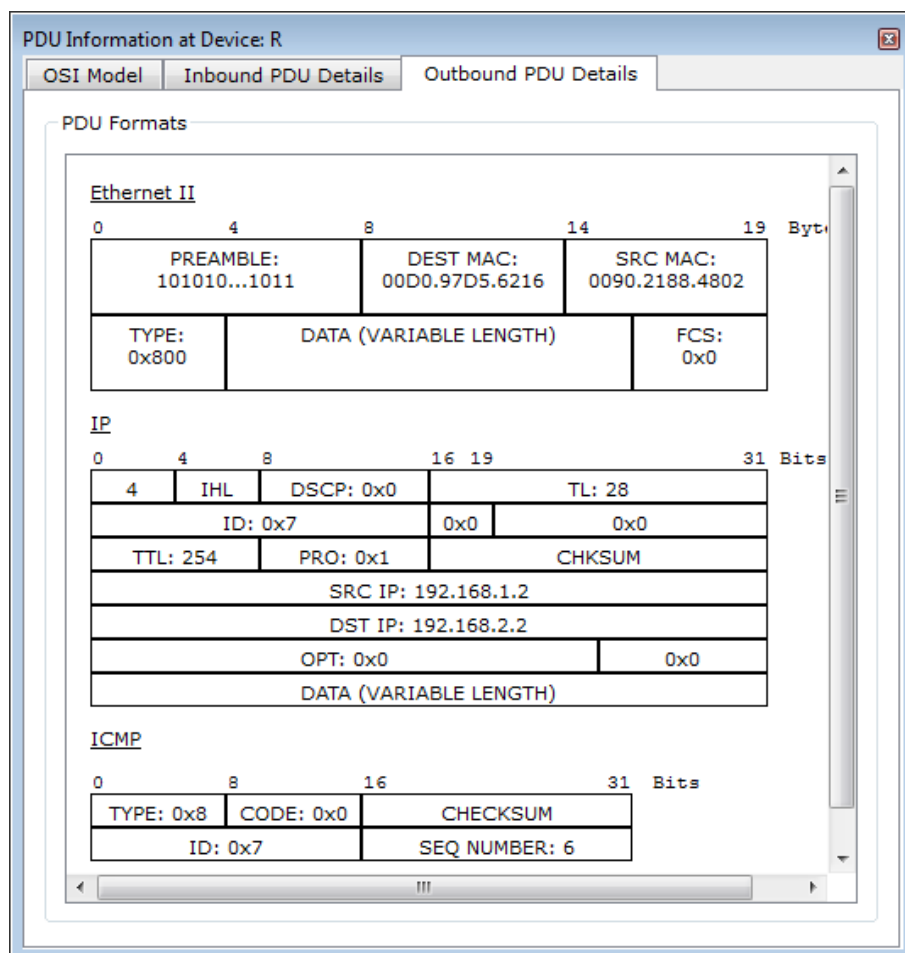
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί η μελέτη των πλαισίων Ethernet που ανταλλάσσονται ανάμεσα στα δύο LAN.

Για παράδειγμα, κάνοντας σε “*Simulation Mode*” τον έλεγχο επικοινωνίας μεταξύ των H/Y PC0 και PC3 χρησιμοποιώντας το εργαλείο “Simple PDU Test”, παρατηρώ τα περιεχόμενα του πλαισίου Ethernet που λαμβάνει ο δρομολογητής από το PC0 και του πλαισίου Ethernet που αποστέλλει ο δρομολογητής στον PC3.

Στο πλαίσιο Ethernet που λαμβάνει ο δρομολογητής (*Inbound PDU*) ως Destination MAC Address έχει οριστεί αυτή της θύρας FastEthernet0/0 του δρομολογητή (00:90:21:88:48:01), μιας και αυτή η πλευρά του δρομολογητή έχει οριστεί σε κάθε H/Y του αριστερού LAN ως “Default Gateway”.



Ομοίως, στο εξερχόμενο πλαίσιο Ethernet (**Outbound PDU**) ως Source MAC Address έχει οριστεί αυτή της θύρας FastEthernet0/1 του δρομολογητή (00:90:21:88:48:02) και φυσικά ως Destination MAC Address η φυσική διεύθυνση του PC3.



Αποθηκεύω το τρέχον παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «2lans\_me\_switches\_kai\_1Router.pkt».

#### 6.4 ΜΑΘΗΜΑ 4 : Διασύνδεση δύο Υποδικτύων με χρήση ενός Δρομολογητή

Σε αυτό το μάθημα γίνεται τροποποίηση του προηγούμενου παραδείγματος, όπου τα δύο LAN θα αποτελούν **υποδίκτυα** του ίδιου αρχικού λογικού δικτύου 192.168.1.0 /24.

Για να μην γίνεται σπατάλη IP διευθύνσεων , είναι προτιμότερο να «σπάει» ένα μεγάλο δίκτυο σε μικρότερα, τα οποία ονομάζονται «**υποδίκτυα**» (subnets).

Έτσι, αντί να χρησιμοποιεί το αριστερό LAN τις IP διευθύνσεις του λογικού δικτύου 192.168.1.0 /24 και το δεξιό LAN τις IP διευθύνσεις του λογικού δικτύου 192.168.2.0 /24, θα οριστεί το αριστερό δίκτυο να έχει τη **διεύθυνση 192.168.1.0 /27** και το δεξιό δίκτυο τη **διεύθυνση 192.168.1.32 /27**.



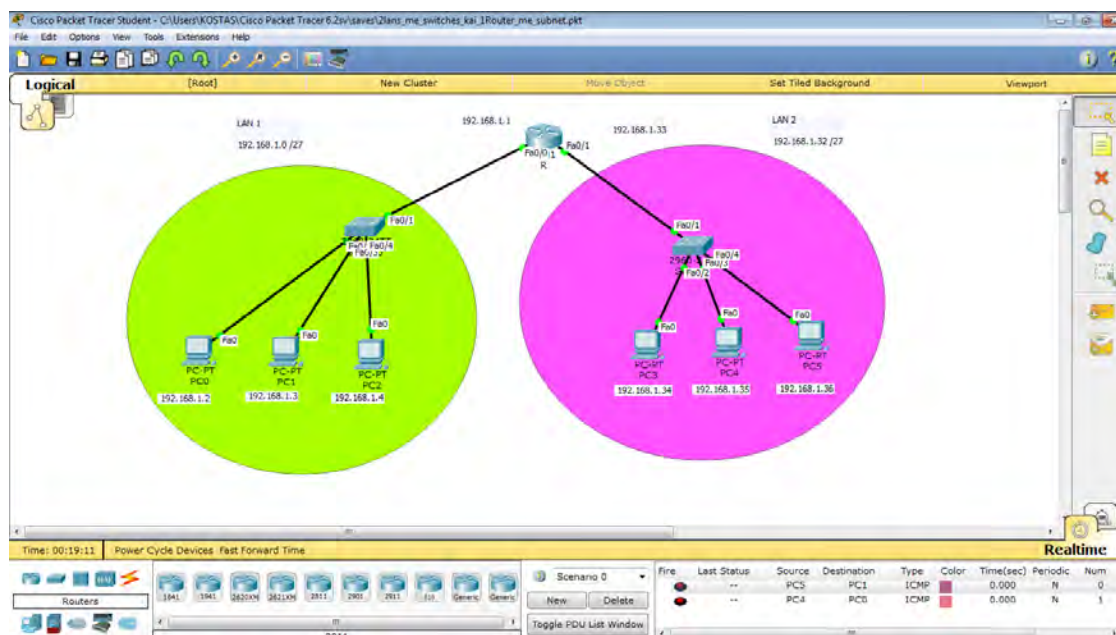
Στο μάθημα γίνεται εκτενής αναφορά στον τρόπο δημιουργίας των υποδικτύων και τελικά ορίζονται 8 υποδίκτυα που το κάθε ένα θα περιέχει *έως το πολύ 30 κόμβους*.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει για το καθένα υποδίκτυο τις διαθέσιμες IP διευθύνσεις που θα περιλαμβάνει:

A/A subnet	IP Address ΥΠΟΔΙΚΤΥΟΥ	Περιοχή IP Address για τους HOST	Broadcast IP Address
0	192.168.1.0 /27	192.168.1.1 – 192.168.1.30	192.168.1.31
1	192.168.1.32 /27	192.168.1.33 – 192.168.1.62	192.168.1.63
2	192.168.1.64 /27	192.168.1.65 – 192.168.1.94	192.168.1.95
3	192.168.1.96 /27	192.168.1.97 – 192.168.1.126	192.168.1.127
4	192.168.1.128 /27	192.168.1.129 – 192.168.1.158	192.168.1.159
5	192.168.1.160 /27	192.168.1.161 – 192.168.1.190	192.168.1.191
6	192.168.1.192 /27	192.168.1.193 – 192.168.1.222	192.168.1.223
7	192.168.1.224 /27	192.168.1.225 – 192.168.1.254	192.168.1.255

Η *Νέα Μάσκα Υποδικτύου* (Subnet Mask) θα είναι η **255.255.255.224** ( ή /27 ) και όχι η 255.255.255.0 .

Έτσι, τροποποιούμε το παράδειγμα δικτύου του προηγούμενου μαθήματος, ώστε οι Η/Υ του αριστερού LAN να αποτελούν κόμβους του υποδικτύου «0» (του πίνακα) και οι Η/Υ του δεξιού LAN να αποτελούν κόμβους του υποδικτύου «1».



Για το *αριστερό υποδίκτυο*, οι 3 Η/Υ θα έχουν ως IP Address τις 192.168.1.2 , 192.168.1.3 και 192.168.1.4 . Ως μάσκα υποδικτύου ορίζω σε όλους την 255.255.255.224 και ως “Default Gateway” την 192.168.1.1 (που είναι η IP Address της θύρας FastEthernet0/0 του δρομολογητή).

Για το *δεξιό υποδίκτυο*, οι 3 Η/Υ θα έχουν ως IP Address τις 192.168.1.34 , 192.168.1.35 και 192.168.1.36 . Ομοίως, ως μάσκα υποδικτύου ορίζω σε όλους την 255.255.255.224 και ως “Default Gateway” την 192.168.1.33 (που είναι η IP Address της θύρας FastEthernet0/1 του δρομολογητή).

Τέλος, *στο δρομολογητή* ορίζω για την θύρα που βρίσκεται προς το *αριστερό δίκτυο* (δηλ. την FastEthernet 0/0) την IP Address 192.168.1.1 και Subnet Mask την 255.255.255.224 , ενώ για τη θύρα που συνδέεται με το *δεξιό δίκτυο* (δηλ. την FastEthernet 0/1) ορίζω την IP Address 192.168.1.33 και Subnet Mask την 255.255.255.224.

The screenshot shows the configuration window for the FastEthernet0/0 interface. The left sidebar has the 'INTERFACE' section expanded to 'FastEthernet0/0'. The main area displays the following settings:

- Port Status:  On
- Bandwidth:  100 Mbps  10 Mbps  Auto
- Duplex:  Half Duplex  Full Duplex  Auto
- MAC Address: 0090.2188.4801
- IP Configuration:
  - IP Address: 192.168.1.1
  - Subnet Mask: 255.255.255.224
- Tx Ring Limit: 10

Below the configuration fields, the 'Equivalent IOS Commands' window shows the following commands:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-if)#
```

The screenshot shows the configuration window for the FastEthernet0/1 interface. The left sidebar has the 'INTERFACE' section expanded to 'FastEthernet0/1'. The main area displays the following settings:

- Port Status:  On
- Bandwidth:  100 Mbps  10 Mbps  Auto
- Duplex:  Half Duplex  Full Duplex  Auto
- MAC Address: 0090.2188.4802
- IP Configuration:
  - IP Address: 192.168.1.33
  - Subnet Mask: 255.255.255.224
- Tx Ring Limit: 10

Below the configuration fields, the 'Equivalent IOS Commands' window shows the following commands:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-if)#
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface FastEthernet0/1
Router(config-if)#
```

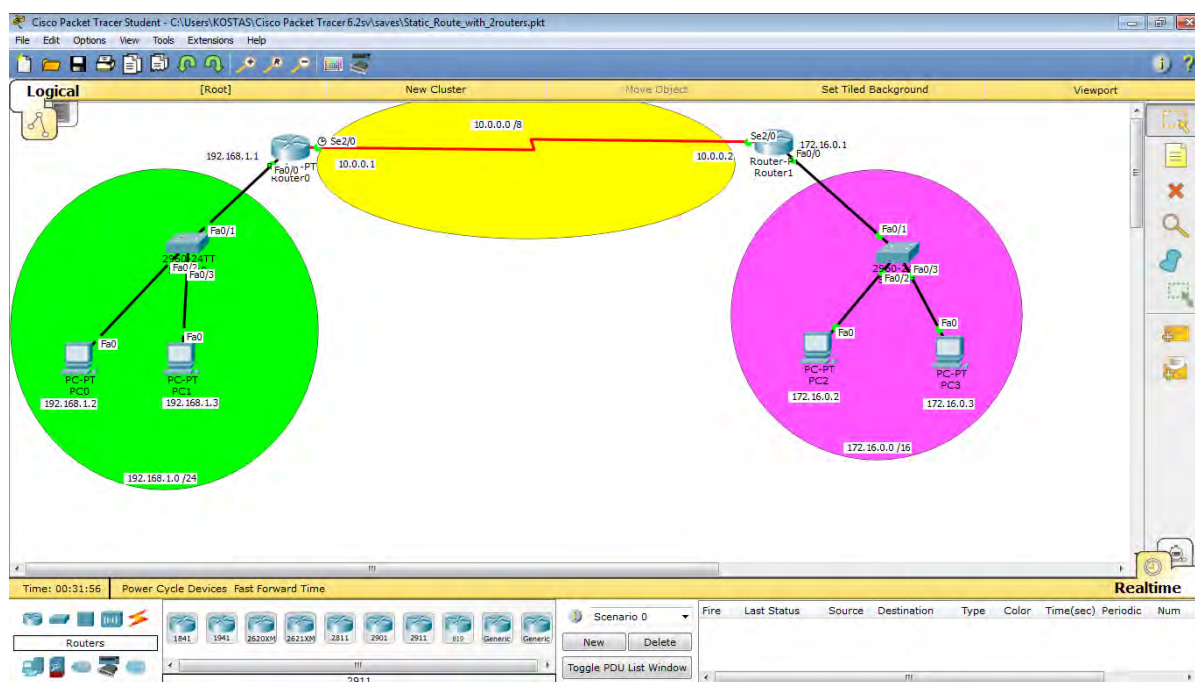
Και εδώ κλείνει το μάθημα αφού γίνεται επαλήθευση της επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων από το ένα υποδίκτυο προς το άλλο υποδίκτυο με τη χρήση της εντολής ping και του εργαλείου “Simple PDU Test”.

Αποθηκεύω το παρόν παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «2lans\_me\_switches\_kai\_1Router\_me\_subnet».

## 6.5 ΜΑΘΗΜΑ 5 : Στατική Δρομολόγηση με χρήση δύο Δρομολογητών

Στο μάθημα αυτό γίνεται παρουσίαση της «στατικής δρομολόγησης» μεταξύ δύο δρομολογητών, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα *καλώδιο «serial DCE-DTE»* (όπως π.χ. είναι η μισθωμένη γραμμή – Leased Line) και στην άλλη άκρη τους συνδέεται ο καθένας με ένα άλλο δίκτυο. Ο σκοπός είναι να μπορέσει να γίνει δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των δύο ακραίων – μακρινών δικτύων.

Η όλη τοπολογία έχει ως εξής:



Η δημιουργία του όλου δικτύου ξεκινάει από την αρχή *βήμα-βήμα*: πρώτα επιλέγω από την ομάδα των *δρομολογητών* το μοντέλο «*Generic Router-PT*» και με κινήσεις drag 'n' drop μεταφέρω στο περιβάλλον εργασίας (workspace) δύο τέτοιους δρομολογητές. Επέλεξα αυτό το μοντέλο δρομολογητή, διότι περιλαμβάνει σειριακές διεπαφές (Serial interfaces) πέραν των FastEthernet διεπαφών. Η διασύνδεση μεταξύ τους γίνεται με το ειδικό καλώδιο “Serial DCE” το οποίο συνδέεται στη θύρα Serial2/0 του κάθε ενός δρομολογητή. Στο δρομολογητή που συνδέεται πρώτα το καλώδιο θα οριστεί μετά και ο ρυθμός μετάδοσης (clock rate) στο καλώδιο, μιας και αυτός θα αποτελεί την DCE πλευρά της διασύνδεσης ενώ ο απέναντι δρομολογητής θα αποτελεί την DTE πλευρά.

Στην συνέχεια, κάτω από τον κάθε ένα δρομολογητή τοποθετούμε από ένα *switch* (μοντέλο π.χ. **2960-24TT**) , κάτω από το κάθε ένα switch τοποθετούμε δύο υπολογιστές, και τέλος υλοποιούμε τις συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, δηλ. κάθε H/Y συνδέεται μέσω της θύρας FastEthernet σε μια διαθέσιμη θύρα του δικού του switch και το κάθε ένα switch συνδέεται με την θύρα FastEthernet0/0 του γειτονικού του δρομολογητή.

Με το εργαλείο «*Place Note*» τοποθετώ σχετικά labels, ώστε σε κάθε H/Y να αναγράφεται από κάτω η IP Address που θα έχει, και σε κάθε θύρα των δρομολογητών να αναγράφεται δίπλα οι IP Addresses που θα έχουν αυτές.

Η τοπολογία του όλου δικτύου έτσι όπως έχει οριστεί **περιέχει 3 ξεχωριστά δίκτυα** και επέλεξα, επίτηδες, να χρησιμοποιήσω IP Addresses από περίπτωση δικτύου **κλάσης A** και **κλάσης B** και **κλάσης C**.

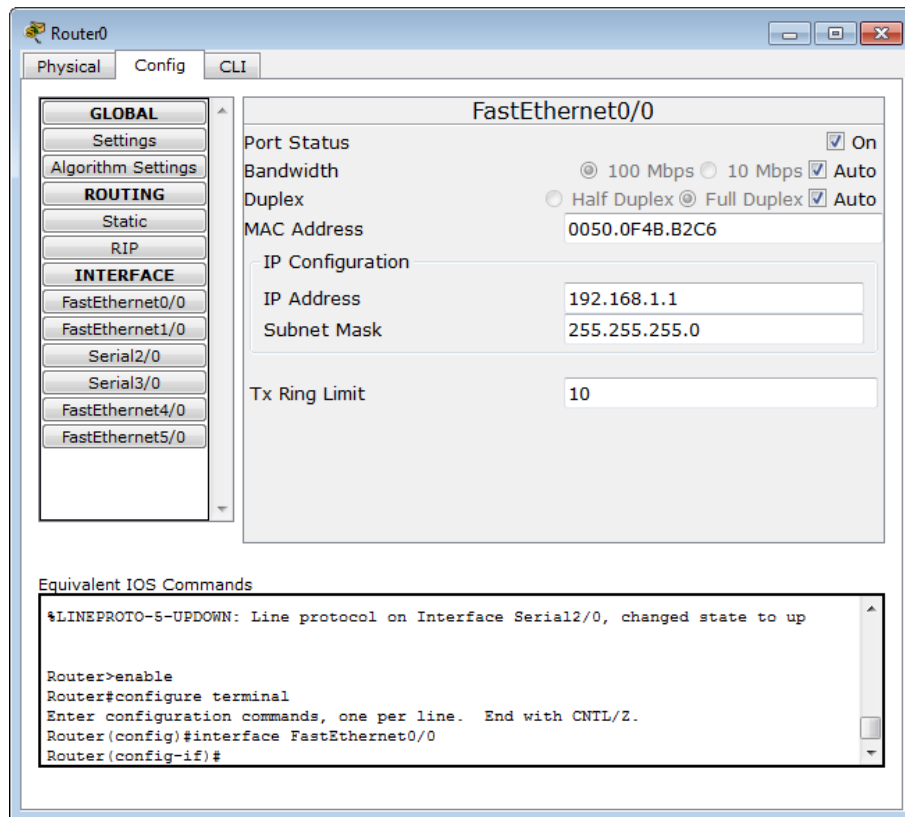
**Το αριστερό δίκτυο** με το switch και τους δύο H/Y θα είναι **κλάσης C**, το **δεξιό δίκτυο** με το άλλο switch και τους δύο H/Y θα είναι **κλάσης B**, και τέλος το δίκτυο που υπάρχει ανάμεσα στους δύο δρομολογητές θα είναι κλάσης A.

Χρησιμοποιώ το ειδικό εργαλείο «*Draw a polygon*» για να σχηματίσω 3 χρωματιστά οβάλ σχήματα που το κάθε ένα να προσδιορίζει εμφανώς ένα από τα τρία δίκτυα. Έτσι, καταλήγω στο σχήμα που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.

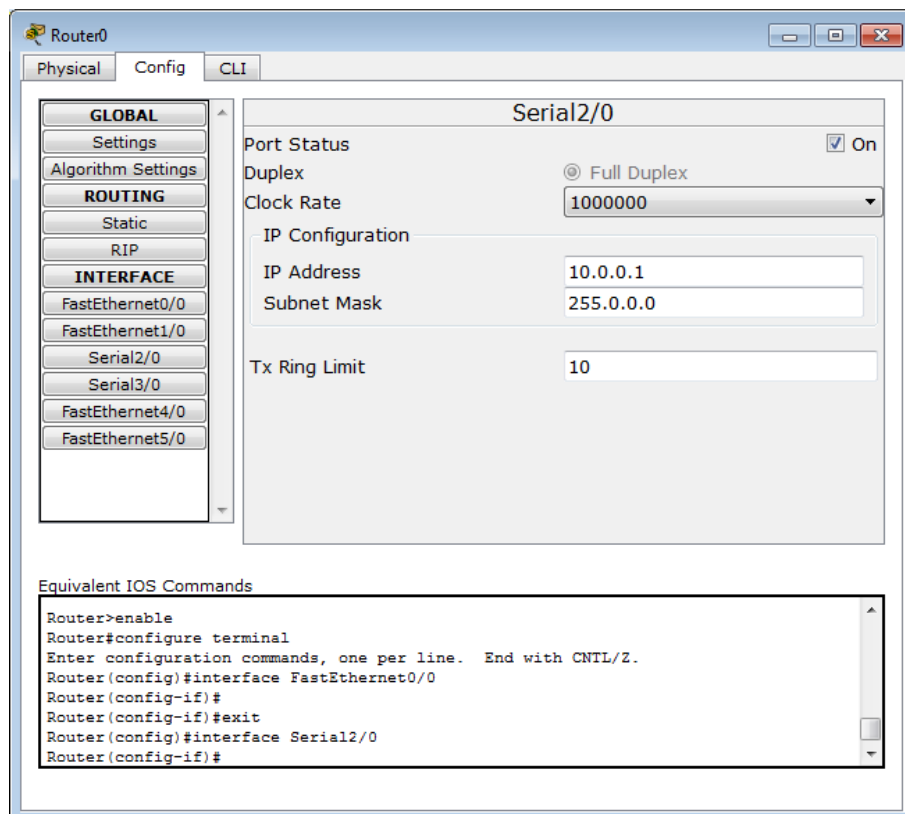
Στη συνέχεια, πρέπει να ορίσω «χειροκίνητα» (**static**) τις IP ρυθμίσεις σε κάθε H/Y και στους δύο δρομολογητές.

Με το γνωστό πλέον τρόπο, ορίζω σε κάθε H/Y **στατικές τιμές** IP Address, Μάσκας Υποδικτύου και Default Gateway. Για παράδειγμα, **στο αριστερό δίκτυο** (που είναι κλάσης C) ορίζω στον H/Y PC0 ως IP Address την 192.168.1.2, ως Subnet Mask την 255.255.255.0 και ως Default Gateway την 192.168.1.1 (η οποία θα είναι η IP Address που θα έχει η θύρα FastEthernet0/0 του αριστερού δρομολογητή). Αντίστοιχα, για **το δεξιό δίκτυο** (που θα είναι κλάσης B), ορίζω στον H/Y PC2 ως IP Address την 172.16.0.2, ως Subnet Mask την 255.255.0.0 και ως Default Gateway την 172.16.0.1 (η οποία θα είναι η IP Address που θα έχει η θύρα FastEthernet0/0 του δεξιού δρομολογητή).

Μετά, μεταβαίνω σε κάθε δρομολογητή **στο περιβάλλον ρυθμίσεων του** για να ορίσω για κάθε διεπαφή του τις κατάλληλες ρυθμίσεις IP: ξεκινάω από τον **αριστερό δρομολογητή**, κάνω κλικ επάνω του και από το παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγω την **κάρτελα «Config»**. Από την **ομάδα «Interfaces»** που βρίσκεται στην αριστερή κατακόρυφη μπάρα επιλέγω πρώτα π.χ. τη **διεπαφή FastEthernet0/0** και ορίζω ως IP Address την 192.168.1.1, ως Subnet Mask την 255.255.255.0 και τέλος κάνω κλικ επάνω δεξιά το  On , για να ενεργοποιηθεί η διεπαφή. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η σχετική αναφορά.



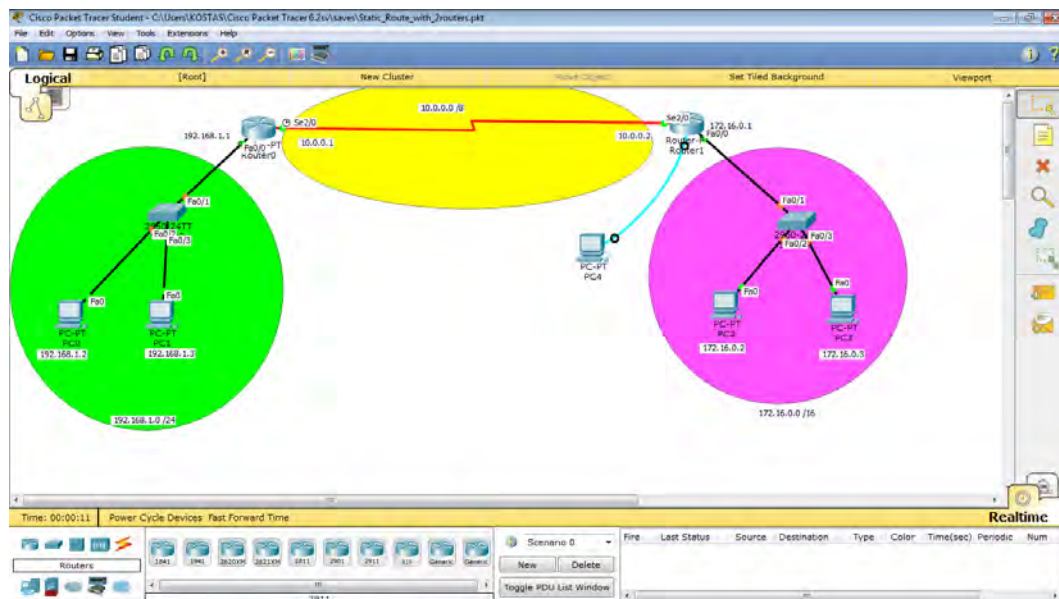
Στη συνέχεια επιλέγω τη **διεπαφή Serial2/0** και ορίζω ως IP Address την 10.0.0.1 , ως Subnet Mask την 255.0.0.0 , ως Clock Rate την τιμή 1.000.000 (δηλ. ρυθμό μετάδοσης 1 Mbps), και τέλος κάνω κλικ στο Check Box [  ] On , για να ενεργοποιηθεί και αυτή η διεπαφή.



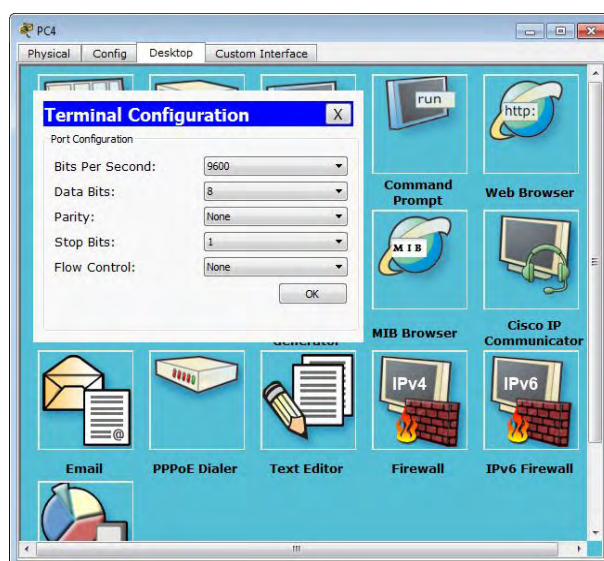
Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο μάθημα, σε αυτό το βήμα του «γραφικού περιβάλλοντος ρυθμίσεων» του δρομολογητή, ακριβώς από κάτω στην περιοχή «Equivalent IOS Commands» φαίνονται οι «πραγματικές» εντολές που δίνονται στο δρομολογητή για να επιτευχθούν οι αντίστοιχες ρυθμίσεις.

Στον *δεξιό δρομολογητή*, οι ρυθμίσεις γίνονται σε ένα «ρεαλιστικό» περιβάλλον ρυθμίσεων, που είναι αυτό που επιτυγχάνεται με την απευθείας πρόσβαση στο δρομολογητή διαμέσου της θύρας console.

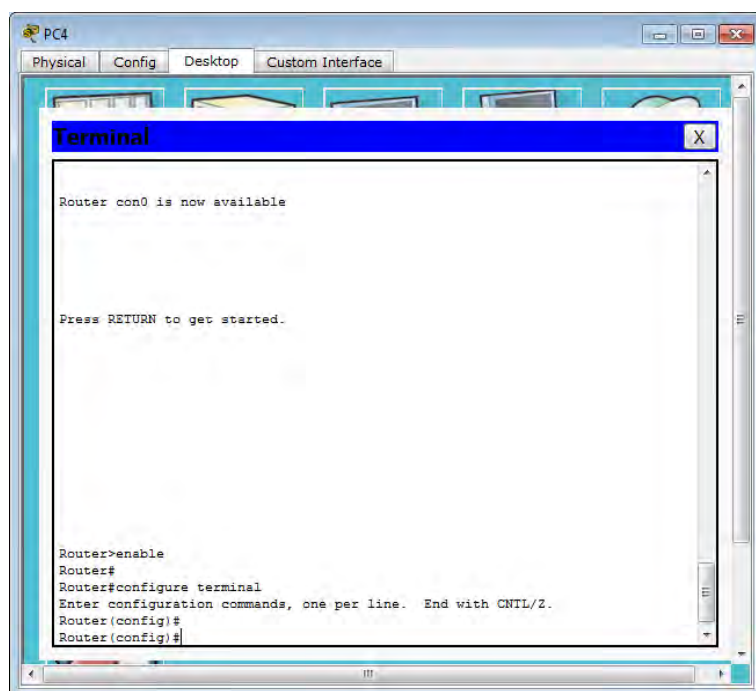
Στο περιβάλλον εργασίας προσθέτω δεξιά έναν Η/Υ (παίρνει αυτόματα το όνομα *PC4*) και τον *συνδέω με ένα καλώδιο «Console» με το δρομολογητή*: η μία πλευρά του καλωδίου συνδέεται στη *θύρα Console* του δρομολογητή και η άλλη πλευρά του καλωδίου συνδέεται στη *σειριακή θύρα RS-232* του Η/Υ.



Κάνω κλικ στο εικονίδιο του Η/Υ PC4 και από την *καρτέλα «Desktop»* επιλέγω την *εφαρμογή «Terminal»* που σημαίνει «λειτουργία προσομοίωσης τερματικού». Στο παράθυρο που εμφανίζεται αφήνω τις ρυθμίσεις ως έχει (9600 bps, 8bits data, None parity, 1 stop bit, None Flow Control ) και πατάω [OK].



Έτσι, βρίσκομαι σε απευθείας σύνδεση με το περιβάλλον ρυθμίσεων του δεξιού δρομολογητή. Αρχικά βρίσκομαι σε «*User Exec Mode*» όπου δεν έχω τη δυνατότητα να κάνω ρυθμίσεις παρά μόνον να δω αν θέλω τις τρέχουσες ρυθμίσεις και την τρέχουσα κατάσταση του δρομολογητή. Π.χ. με την εντολή **show version** βλέπω πληροφορίες σχετικά με το ποιο είναι το μοντέλο του δρομολογητή, ποιον επεξεργαστή χρησιμοποιεί, πόση μνήμη ROM και RAM έχει, ποιες διεπαφές διαθέτει, κλπ. Με την εντολή **show ip interface brief** μπορώ να δω πληροφορίες σχετικά με τις διεπαφές του δρομολογητή, όπως αν είναι ενεργοποιημένες και αν έχουν πάρει IP Address. Στην κατάσταση «*User Exec Mode*» το prompt εντολών είναι το “**Router>**” (δηλ. το όνομα του δρομολογητή –που εξ’ ορισμού είναι Router- και το σύμβολο “>”). Για να μπορέσω να μπω σε λειτουργία να θέσω ρυθμίσεις, πρώτα πρέπει να μπω σε *κατάσταση “Privileged Mode”* με την εντολή “enable” (οπότε το prompt αλλάζει σε “**Router#**”), και μετά να μπω σε κατάσταση ρυθμίσεων με την εντολή “configure terminal”, όπου το prompt έχει τη μορφή “**Router(config)#**”.



Τώρα, για να θέσω τις κατάλληλες ρυθμίσεις IP εκτελώ διαδοχικά τις ακόλουθες εντολές:

```
Router(config)# interface fa0/0
Router(config-if)# ip address 172.16.0.1 255.255.0.0
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# interface se2/0
Router(config-if)# ip address 10.0.0.2 255.0.0.0
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# exit
Router(config)# exit
Router#
```

**Εξήγηση των εντολών:** πρώτα επιλέγω τη διεπαφή FastEthernet0/0 με την οποία ο δεξιός δρομολογητής συνδέεται με το δεξιό switch και κατ’ επέκταση με το δίκτυο 172.16.0.0 /16. Θέτω ως IP Address την **172.16.0.1** και ως Subnet Mask την **255.255.0.0**. Μετά, ενεργοποιώ τη διεπαφή (status ON).

Στη συνέχεια, επιλέγω τη διεπαφή Serial2/0 και θέτω σε αυτήν ως IP Address την **10.0.0.2** και ως Subnet Mask την **255.0.0.0** . Τέλος, ενεργοποιώ και αυτήν τη διεπαφή.

Έτσι, σε πρώτη φάση, το δίκτυο είναι έτοιμο για να πειραματιστώ και να διαπιστώσω τη λειτουργικότητά του.

Με τη χρήση της *εντολής ping* διαπιστώνω πως από τον H/Y PC0 (που ανήκει στο αριστερό δίκτυο) έχω επικοινωνία με τον H/Y PC1, καθώς και με τον αριστερό δρομολογητή είτε στη θύρα FastEthernet0/0 είτε στη διεπαφή Serial2/0.

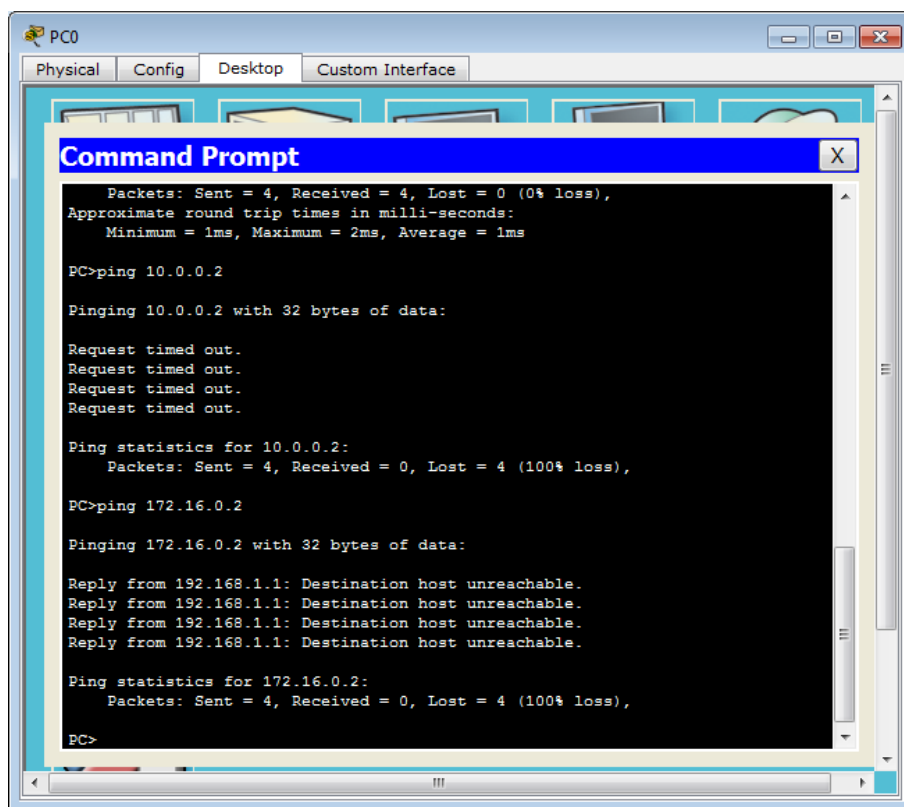
Οι εντολές που εκτελώ διαδοχικά από το περιβάλλον «Command Prompt» του PC0 είναι οι εξής:

```
Ping 192.168.1.3
```

```
Ping 192.168.1.1
```

```
Ping 10.0.0.1
```

Αν, τώρα, θελήσω να επικοινωνήσω είτε με το δεξιό δρομολογητή είτε με κάποιον από τους H/Y στο δεξιό δίκτυο (π.χ. τον PC3 που έχει την IP Address 172.16.0.2), παρατηρώ πως όχι μόνον αποτυγχάνει η τελική επικοινωνία, αλλά στην απάντηση που λαμβάνει ο PC0 στην προσπάθειά του να επικοινωνήσει με τον PC3 αναγράφεται το μήνυμα **“Destination Host Unreachable”** και το μήνυμα αυτό το λαμβάνει από τον αριστερό δρομολογητή ( “Reply from 192.168.1.1”).



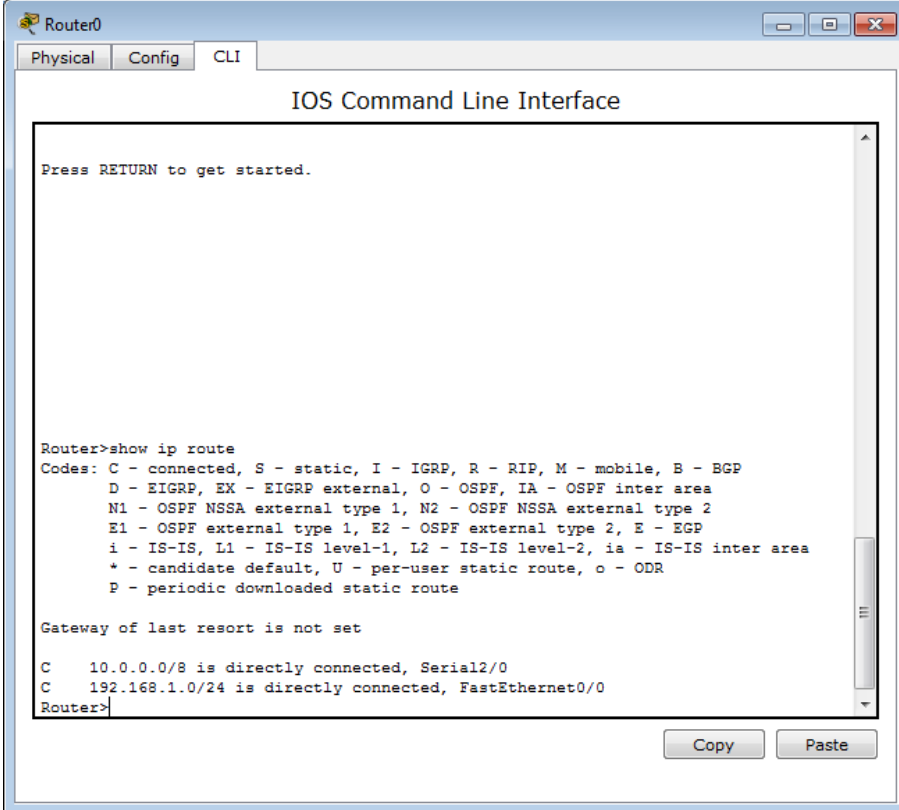
```
PC0
Physical Config Desktop Custom Interface
Command Prompt
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
  Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms
PC>ping 10.0.0.2
Pinging 10.0.0.2 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Ping statistics for 10.0.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
PC>ping 172.16.0.2
Pinging 172.16.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.1: Destination host unreachable.
Ping statistics for 172.16.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
PC>
```

Αυτό συμβαίνει διότι ο αριστερός δρομολογητής δεν γνωρίζει την ύπαρξη του δικτύου 172.16.0.0 /16 , αλλά ούτε και ο δεξιός δρομολογητής γνωρίζει την ύπαρξη του δικτύου 192.168.1.0 /24 .

Αυτό εύκολα μπορώ να το διαπιστώσω παρατηρώντας τον *πίνακα δρομολόγησης* σε κάθε δρομολογητή. Για να δω τον πίνακα δρομολόγησης του αριστερού router «μπαίνω» σε



λειτουργία “Command Line Interface” (καρτέλα CLI στο παράθυρο του router, όταν κάνω κλικ πάνω του) και εκτελώ την εντολή “**show ip route**” στην κατάσταση «User Exec Mode».



```
Router0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Press RETURN to get started.

Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
Router>
```

Από τον *πίνακα δρομολόγησης του αριστερού δρομολογητή* πληροφορούμαι πως ο δρομολογητής γνωρίζει την ύπαρξη 2 δικτύων , αυτών με τα οποία συνδέεται απευθείας (directly Connected): το 192.168.1.0 /24 και το 10.0.0. /8 .

Το ίδιο συμβαίνει *και με το δεξιό δρομολογητή*. Γνωρίζει την ύπαρξη των δικτύων 10.0.0.0 /8 και 172.16.0.0 /16 , με τα οποία συνδέεται απευθείας. Αυτό σημαίνει το γράμμα “C” στις δύο εγγραφές που έχει ο πίνακας δρομολόγησης.

Δηλ. κάθε ένας από τους δύο δρομολογητές γνωρίζει την ύπαρξη δύο μόνον δικτύων (αυτών με τα οποία συνδέεται απευθείας), αλλά αγνοεί την ύπαρξη του τρίτου δικτύου.

```
Router1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Press RETURN to get started.

Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
C    172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
Router>
```

Έτσι, για να υπάρχει λειτουργικότητα και επικοινωνία σε όλο το δίκτυο θα πρέπει να προσθέσω σε κάθε δρομολογητή τη «γνώση» για την ύπαρξη του δικτύου που δεν γνωρίζει. Δηλ. όσον αφορά τον αριστερό δρομολογητή **πρέπει να προσθέσω «χειροκίνητα» στον πίνακα δρομολόγησης μια εγγραφή** για το δίκτυο 172.16.0.0 /16 και ομοίως στο δεξιό δρομολογητή να προσθέσω εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0 /24. Αυτή η διαδικασία όπου ο «διαχειριστής δικτύου» προσθέτει την πληροφόρηση για την ύπαρξη και προσέγγιση ενός νέου δικτύου ονομάζεται **«στατική δρομολόγηση» και είναι κατάλληλη για μικρά δίκτυα.**

Να θυμίσω πως η εντολή ping αποστέλλει προς τον προορισμό πακέτα ICMP τύπου “Echo Request” και ο προορισμός αποστέλλει πίσω πακέτα ICMP τύπου “Echo Reply”.

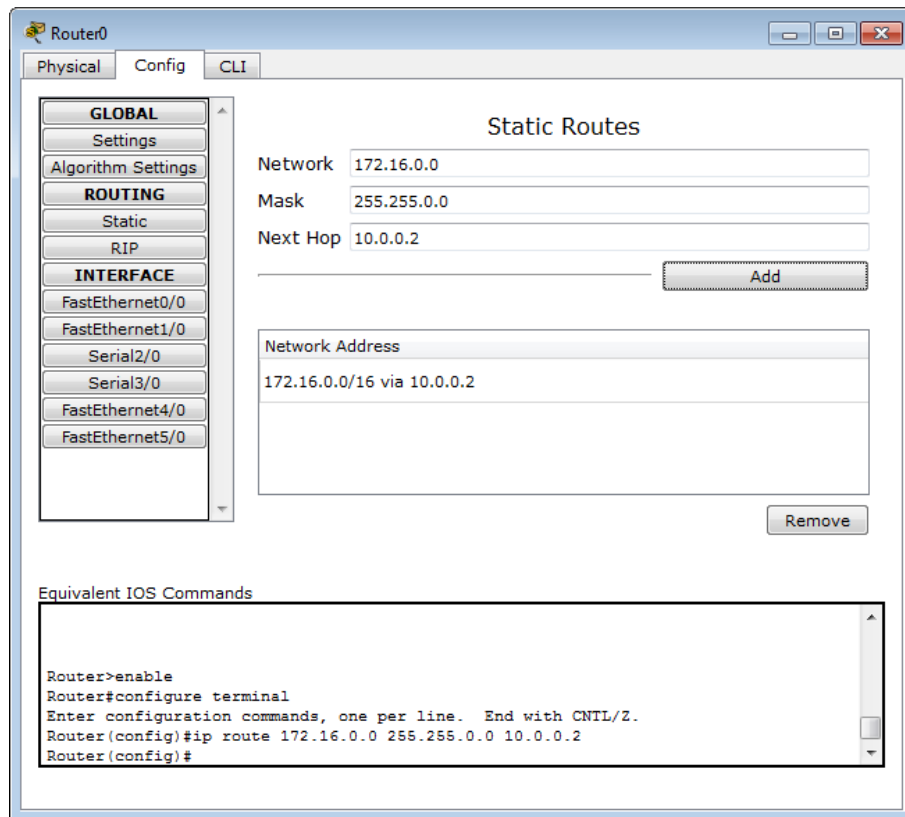
Αυτό σημαίνει πως δεν αρκεί να γίνει η παραπάνω διαδικασία μόνο στον ένα δρομολογητή, αλλά και στους δύο.

Υπάρχουν **δύο τρόποι** να το κάνω αυτό στο Cisco Packet Tracer.

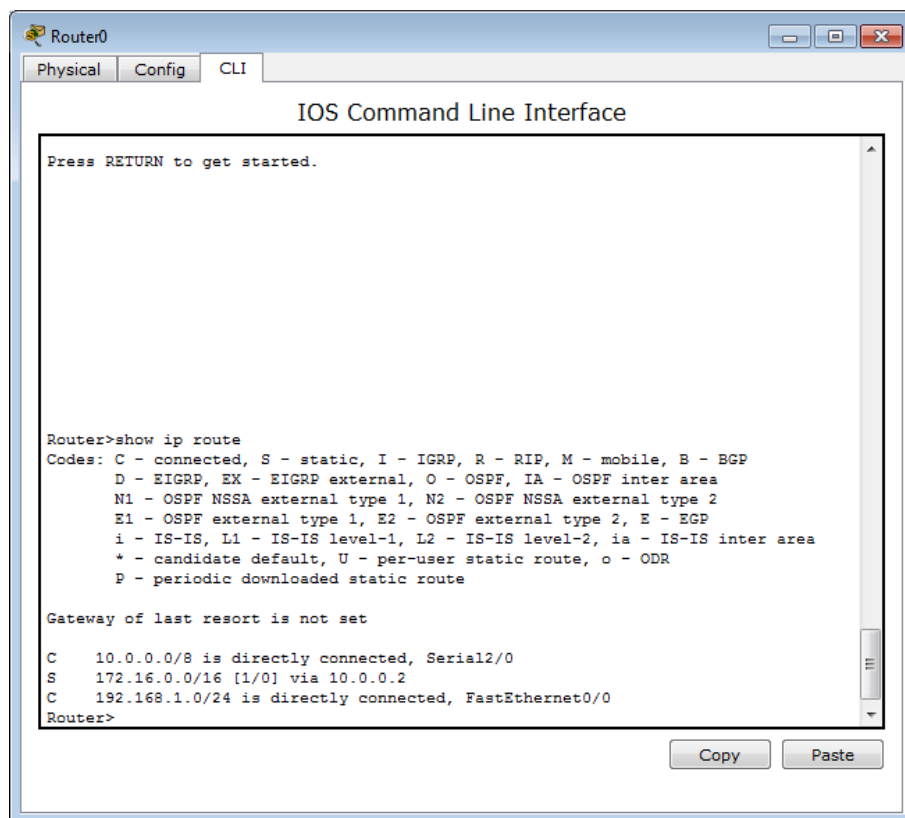
Ο πιο εύκολος είναι μέσω του GUI περιβάλλοντος ρυθμίσεων που είναι η **καρτέλα “Config”**. Εκεί υπάρχει αριστερά στην **ομάδα “ROUTING”** η επιλογή **“Static”**.

Για την περίπτωση του αριστερού δρομολογητή, στο **πεδίο “Network”** πληκτρολογώ τη διεύθυνση 172.16.0.0, στο **πεδίο “Mask”** πληκτρολογώ 255.255.0.0 και στο **πεδίο “Next Hop”** πληκτρολογώ τη διεύθυνση IP της απέναντι πλευράς που είναι η 10.0.0.2. Τέλος, κάνω κλικ στο κουμπί “Add”. Έτσι, στο **πεδίο «Network Address»** αναγράφεται η πληροφορία “172.16.0.0 /16 via 10.0.0.2”, δηλ. ότι για να προωθήσει ο δρομολογητής πακέτα που έχουν προορισμό το δίκτυο 172.16.0.0 /16, θα τα προωθήσει προς την πλευρά που βρίσκεται ως επόμενος κόμβος ο 10.0.0.2, άρα διαμέσου της διεπαφής Serial2/0.

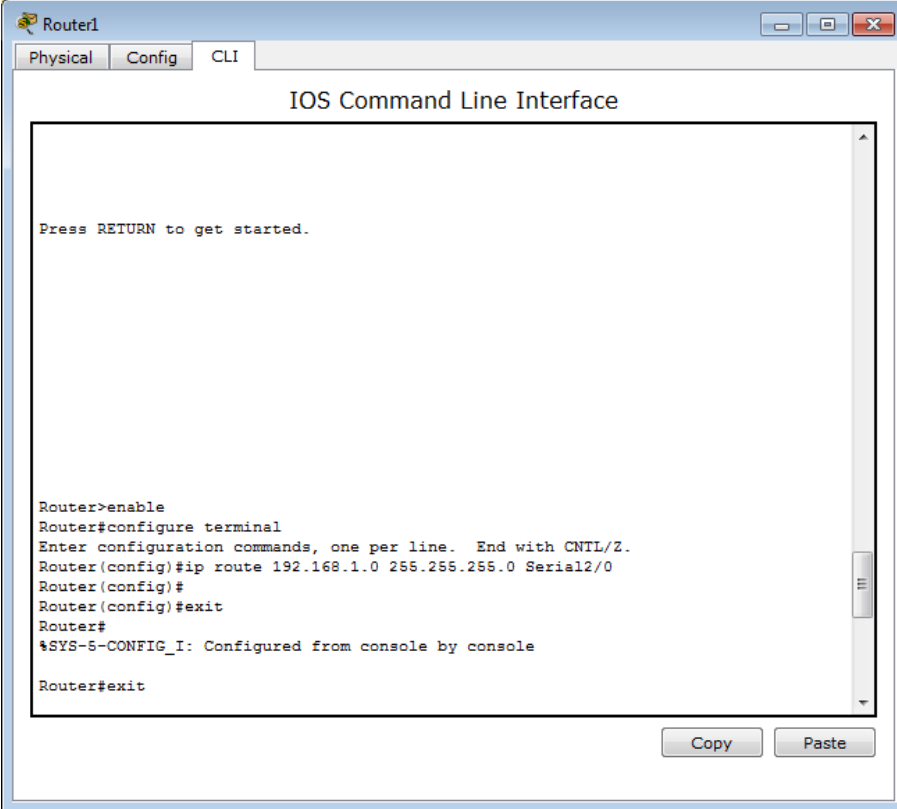
Στην **περιοχή “Equivalent IOS Commands”** που βρίσκεται ακριβώς από κάτω βλέπω ποιες είναι οι αντίστοιχες εντολές στο «καθαρό» περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή (και τις οποίες θα εφαρμόσω μετά στον δεξιό δρομολογητή).



Αν τώρα δω ξανά τον πίνακα δρομολόγησης του αριστερού δρομολογητή, θα διαπιστώσω ότι έχει προστεθεί μία ακόμη εγγραφή τύπου “Static” (S) , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εκτελώντας την εντολή *show ip route*).



Ο άλλος τρόπος ορισμού στατικής δρομολόγησης (τον οποίον εφαρμόζω στο δεξιό δρομολογητή) είναι να πάω στην “**κάρτελα CLI**”, μπαίνω σε λειτουργία “Privileged Mode”, μετά μπαίνω σε “Configuration Mode” και πληκτρολογώ την εντολή “**ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 serial2/0**”. Θα μπορούσα εναλλακτικά να έχω δώσει την εντολή “**ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.1**” που έχει ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα. Δηλ. όταν ο δεξιός δρομολογητής λαμβάνει από δεξιά πακέτα με προορισμό το δίκτυο 192.168.1.0 /24 θα τα προωθεί προς τα αριστερά του, διαμέσου της διεπαφής Serial2/0 για να πάνε στην απέναντι πλευρά που είναι η διεπαφή 10.0.0.1 .



```
Router1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Press RETURN to get started.

Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 Serial2/0
Router(config)#
Router(config)#exit
Router#
#SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Router#exit
```

Έτσι, στον πίνακα δρομολόγησης του δεξιού δρομολογητή έχει προστεθεί μια ακόμα εγγραφή τύπου “Static”, δηλ. στατικής δρομολόγησης, που αναφέρει το εξής: «S 192.168.1.0 /24 is directly connected, Serial2/0».

Ο σχετικός πίνακας δρομολόγησης του δρομολογητή Router1 φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

```

Router1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router>
Router>
Router>
Router>
Router>
Router>
Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
C    172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
S    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial2/0
Router>
Copy Paste

```

Τώρα το όλο δίκτυο είναι έτοιμο και πλήρως λειτουργικό και για να το διαπιστώσω αυτό, **προσθέτω** στο δίκτυο 172.16.0.0 /16 **έναν υπολογιστή Server** στον οποίον θέτω ως IP Address την 172.16.0.254 και ως Subnet Mask την 255.255.0.0 .

Ακολουθώ μετά επαληθεύω την επικοινωνία από άκρη σε άκρη με **εντολές ping**, με το **εργαλείο “Simple PDU Test”**, με το **εργαλείο “Complex PDU Test”** σε “Simulation Mode” με προορισμό τον υπολογιστή Server για τις υπηρεσίες HTTP και HTTPS όπου μπορώ να μελετήσω τα αντίστοιχα πακέτα που ταξιδεύουν στο δίκτυο, και τέλος με την εφαρμογή “Web Browser” κάποιου από τους Η/Υ του αριστερού δικτύου όπου δίνω την url <http://172.16.0.254> και βλέπω την ιστοσελίδα που φιλοξενεί ο Server.

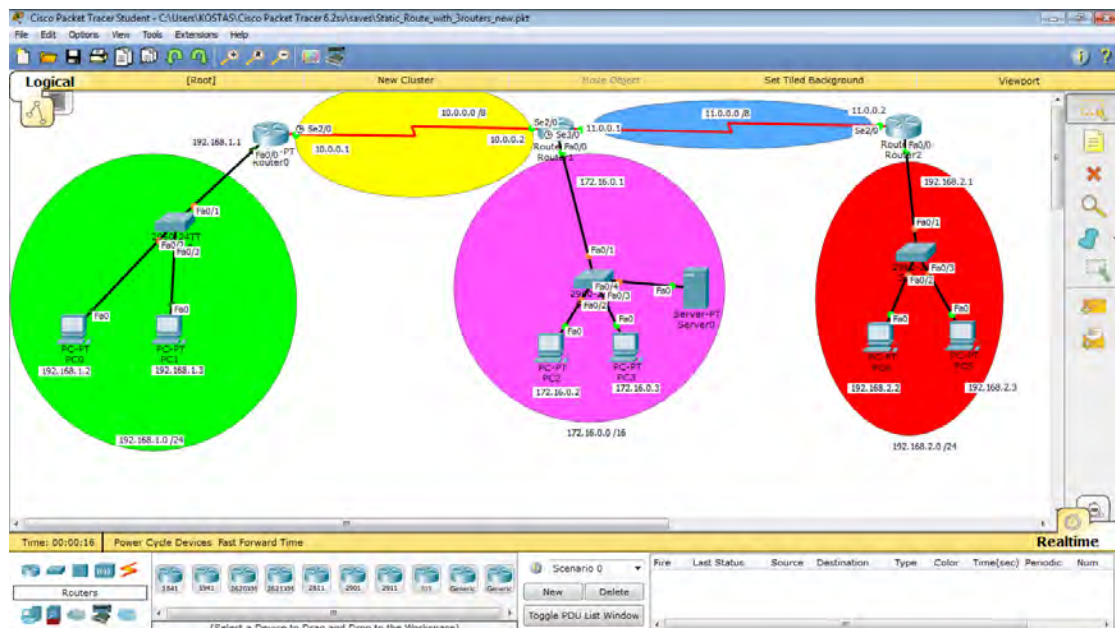
Όλες αυτές οι δοκιμές είναι γνωστές από το «μάθημα 2».

Κλείνοντας, αποθηκεύω και αυτό το παράδειγμα εικονικού δικτύου με το όνομα «Static\_Route\_with\_2routers.pkt».

## 6.6 ΜΑΘΗΜΑ 6 : Στατική Δρομολόγηση με χρήση τριών Δρομολογητών

Το μάθημα αυτό αποτελεί **επέκταση του προηγούμενου** όπου προστίθεται ένας ακόμη δρομολογητής (με το όνομα **Router2**) δεξιότερα από τους άλλους δύο. Θα συνδέεται με το δρομολογητή **Router1** μέσω σειριακής διασύνδεσης (επειδή θα βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση) και πάνω του θα συνδέεται και ένα δίκτυο LAN κλάσης C με τη διεύθυνση 192.168.2.0 /24.

Η όλη υλοποίηση που θα γίνει φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Ο τρόπος δημιουργίας και προσθήκης του δεξιότερου δρομολογητή (Router2) με επιπλέον ένα switch και άλλους δύο υπολογιστές είναι εύκολος και γνωστός από τα προηγούμενα μαθήματα. Μεταξύ του **Router1** και **Router2** χρησιμοποιώ **καλώδιο DTE** και συνδέω με αυτό τη διεπαφή Serial3/0 του Router1 με τη διεπαφή Serial2/0 του Router2.

Κατόπιν, θέτω τις κατάλληλες IP Addresses στους **δύο υπολογιστές** (δηλ. τις 192.168.2.2 και 192.168.2.3 με μάσκα υποδικτύου την 255.255.255.0 και default gateway την 192.168.2.1).

Μετά πηγαίνω στο δρομολογητή **Router2** (καρτέλα “Config” , ομάδα “INTERFACES”) και ορίζω για τη **διεπαφή FastEthernet0/0** την IP διεύθυνση 192.168.2.1 με μάσκα την 255.255.255.0 και για τη **διεπαφή Serial2/0** την IP διεύθυνση 11.0.0.2 με μάσκα την 255.0.0.0 .

Τέλος, πηγαίνω και στον **Router1** για να ορίσω για τη **διεπαφή Serial3/0** ως IP διεύθυνση την 11.0.0.1 με μάσκα την 255.0.0.0 .

Έως εδώ έχω ολοκληρώσει την προσθήκη του νέου δρομολογητή και του νέου LAN, καθώς και τις ρυθμίσεις IP κάθε διεπαφής είτε δρομολογητή είτε υπολογιστή.

Τώρα, θα πρέπει να ελέγξω τους πίνακες δρομολόγησης σε κάθε δρομολογητή. Επειδή συνολικά **στο όλο δίκτυο υπάρχουν 5 επιμέρους δίκτυα** (όπου στην παραπάνω εικόνα αυτά φαίνονται με ξεχωριστά χρωματιστά οβάλ σχήματα) θα πρέπει και ο κάθε δρομολογητής να έχει 5 εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης που υπάρχει στη μνήμη τους.

Από το προηγούμενο μάθημα γνωρίζω πως ο δρομολογητής **Router0** και ο δρομολογητής **Router1** «γνωρίζουν» την ύπαρξη 3 δικτύων: το 192.168.1.0 /24 , το 10.0.0.0 /8 και το 172.16.0.0 /16.

Ο δρομολογητής **Router0** αγνοεί την ύπαρξη του δικτύου 11.0.0.0 /8 και του δικτύου 192.168.2.0 /24 ενώ ο δρομολογητής **Router1** αγνοεί την ύπαρξη του δικτύου 192.168.2.0 /24 (το δίκτυο 11.0.0.0 /8 γίνεται γνωστό στο δρομολογητή Router1 μόλις όρισα για τη διεπαφή Serial3/0 την IP διεύθυνση 11.0.0.1).

Επιπλέον, στο νέο δρομολογητή **Router2** – ο οποίος γνωρίζει την ύπαρξη των δύο δικτύων 11.0.0.0 /8 και 192.168.2.0 /24 με τα οποία συνδέεται άμεσα - **πρέπει να προστεθεί η γνώση και για τα υπόλοιπα τρία δίκτυα.**

Με τους τρόπους **προσθήκης εγγραφής «στατικής δρομολόγησης»** που ειπώθηκαν στο προηγούμενο μάθημα μπορώ να προσθέσω τις κατάλληλες εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης του κάθε ενός δρομολογητή, και έτσι να είναι ολοκληρωμένη η όλη διαμόρφωση του δικτύου.

Μπορώ στο τέλος να προβώ στην **επαλήθευση της λειτουργικότητας του δικτύου** με τους γνωστούς τρόπους, όπως είναι η εντολή ping και το εργαλείο “Simple PDU Test” ενώ με το “Simulation Mode” μπορώ να παρακολουθήσω και την κίνηση των πακέτων από άκρη σε άκρη.

Παρατηρώντας π.χ. τα πλαίσια που αποστέλλει ο υπολογιστής PC0 προς τον PC2 κατά την εκτέλεση της εντολής ping ( ή με το εργαλείο “Simple PDU Test” ) σε Simulation Mode, βλέπω πως ο δρομολογητής Router0 λαμβάνει πλαίσιο Ethernet από το Switch0 ενώ προς τη σειριακή γραμμή DCE-DTE αποστέλλει ένα πλαίσιο HDLC (όπου μέσα του έχει ενθυλακωθεί το πακέτο IP).

The screenshot displays the 'PDU Information at Device: Router0' window, showing the details of an outgoing packet. The window has three tabs: 'OSI Model', 'Inbound PDU Details', and 'Outbound PDU Details'. The 'Outbound PDU Details' tab is selected, showing the following packet structure:

**Ethernet II**

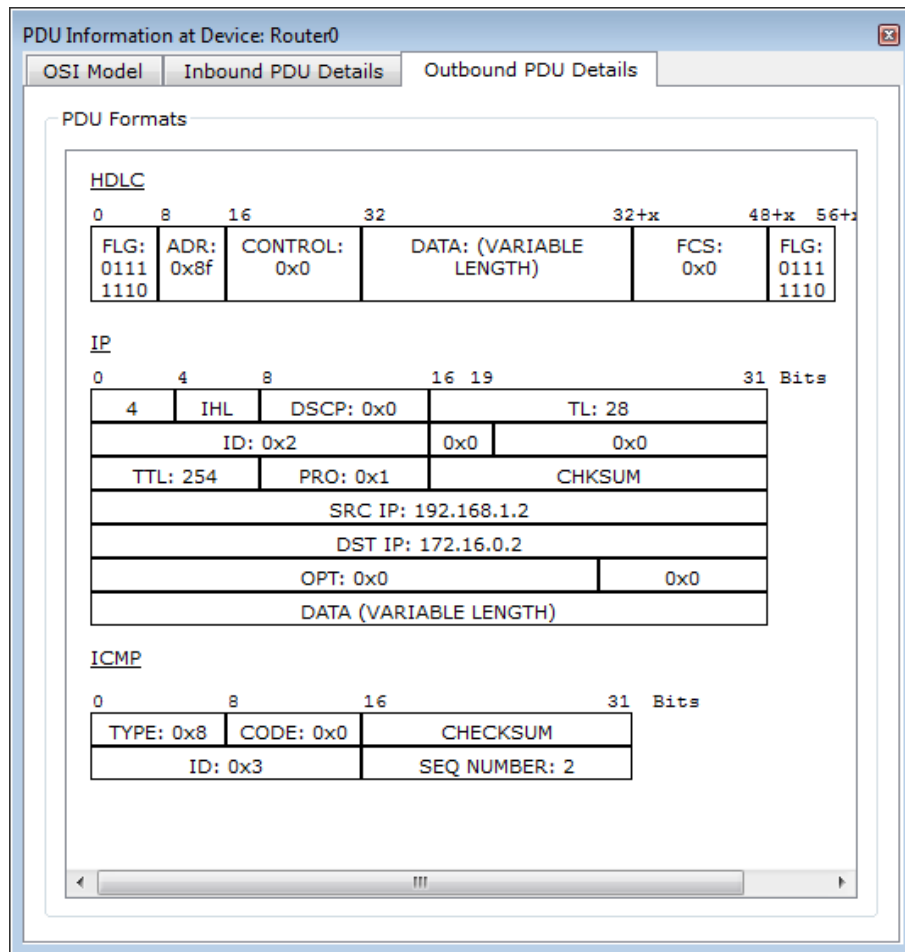
0	4	8	14	19	Bytes
PREAMBLE: 101010...1011		DEST MAC: 0050.0F4B.B2C6		SRC MAC: 000C.CFED.8E03	
TYPE: 0x800		DATA (VARIABLE LENGTH)		FCS: 0x0	

**IP**

0	4	8	16	19	31	Bits
IHL		DSCP: 0x0		TL: 28		
ID: 0x2		0x0		0x0		
TTL: 255		PRO: 0x1		CHKSUM		
SRC IP: 192.168.1.2						
DST IP: 172.16.0.2						
OPT: 0x0				0x0		
DATA (VARIABLE LENGTH)						

**ICMP**

0	8	16	31	Bits
TYPE: 0x8		CODE: 0x0		CHECKSUM
ID: 0x3		SEQ NUMBER: 2		



Ο σκοπός του μαθήματος αυτού ήταν να αναδείξει πως η **στατική δρομολόγηση ενδείκνυται μόνον για μικρά δίκτυα**, μιας και η οποιαδήποτε αλλαγή ή προσθήκη απαιτεί από την πλευρά του «διαχειριστή δικτύου» να ενημερώσει καταλλήλως **όλους τους δρομολογητές** που υπάρχουν στο δίκτυο, εργασία που είναι επίπονη και χρονοβόρα. Γι' αυτό προτιμάται η χρήση πρωτοκόλλων «δυναμικής δρομολόγησης», όπως είναι το RIP και το OSPF τα οποία αναφέρονται στα επόμενα μαθήματα.

Επίσης, γίνεται αναφορά στην έννοια του “Default Gateway” ή “**Gateway of last resort**” που υλοποιείται στους δρομολογητές με τη γνωστή εντολή “ip route” δίνοντας για το δίκτυο προορισμού ως **IP Address την 0.0.0.0** και ως **Subnet Mask την 0.0.0.0**, που σημαίνει για τον εκάστοτε δρομολογητή πως αν λάβει ένα πακέτο για «άγνωστο» δίκτυο προορισμού θα το προωθήσει από εκείνη τη διεπαφή του που έχει οριστεί με την εντολή αυτή. Η αντίστοιχη εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης έχει μπροστά το σύμβολο “S\*”, δηλ “Static default candidate” (ή “Gateway of last resort”).

Έτσι, π.χ. στο δρομολογητή **Router0** αντί να προσθέσω δύο εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης με τις εντολές “ip route 11.0.0.0 255.0.0.0 serial2/0” και “ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 serial2/0”, θα μπορούσα να έδω την εντολή “**ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 serial2/0**” και έτσι να έχω το ίδιο αποτέλεσμα.

Αποθηκεύω και αυτό το παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «Static\_Route\_with\_3routers.pkt».



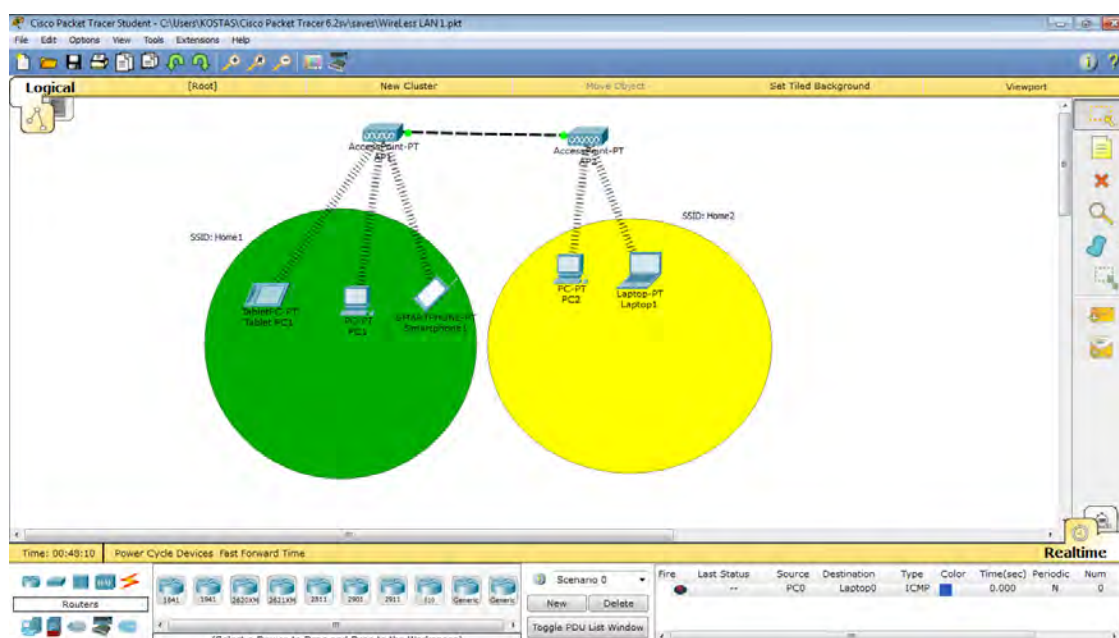
## 6.7 ΜΑΘΗΜΑ 7 : Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο WLAN – Απλό Παράδειγμα

Στο μάθημα αυτό για πρώτη φορά γίνεται αναφορά στις ασύρματες συνδέσεις που δημιουργούνται μεταξύ συσκευών WiFi και Access Points.

Εδώ δημιουργείται βήμα βήμα ένα απλό ασύρματο δίκτυο το οποίο περιλαμβάνει δύο συσκευές Access Point διασυνδεδεμένες μεταξύ τους με καλώδιο Ethernet. Κάθε Access Point δημιουργεί τη δική του περιοχή εκπομπής, όπου υπάρχει ξεχωριστό SSID όνομα. Για το αριστερό Access Point (AP1) το όνομα SSID θα είναι το “Home1” ενώ για το δεξιό Access Point (AP2) το όνομα SSID θα είναι το “Home2”.

Σε κάθε ασύρματη περιοχή τοποθετούμε ποικιλία συσκευών, όπως Tablet, SmartPhone, Laptop, PC με δική του κάρτα ασύρματης σύνδεσης (τύπου Wi-Fi ή IEEE 802.11b).

Το αποτέλεσμα είναι το ακόλουθο:

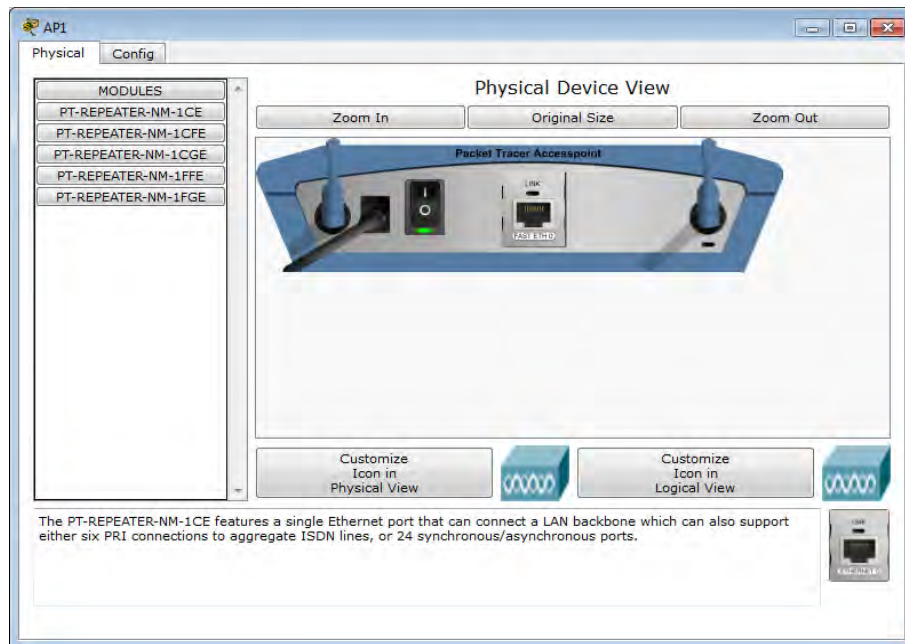


Για να δημιουργήσω το δίκτυο, πρώτα τοποθέτησα δύο φορές τη συσκευή «Generic AccessPoint-PT» που βρίσκεται στην ομάδα «Wireless Devices», όπου ονόμασα το αριστερό Access Point ως AP1 και το δεξιό Access Point ως AP2.

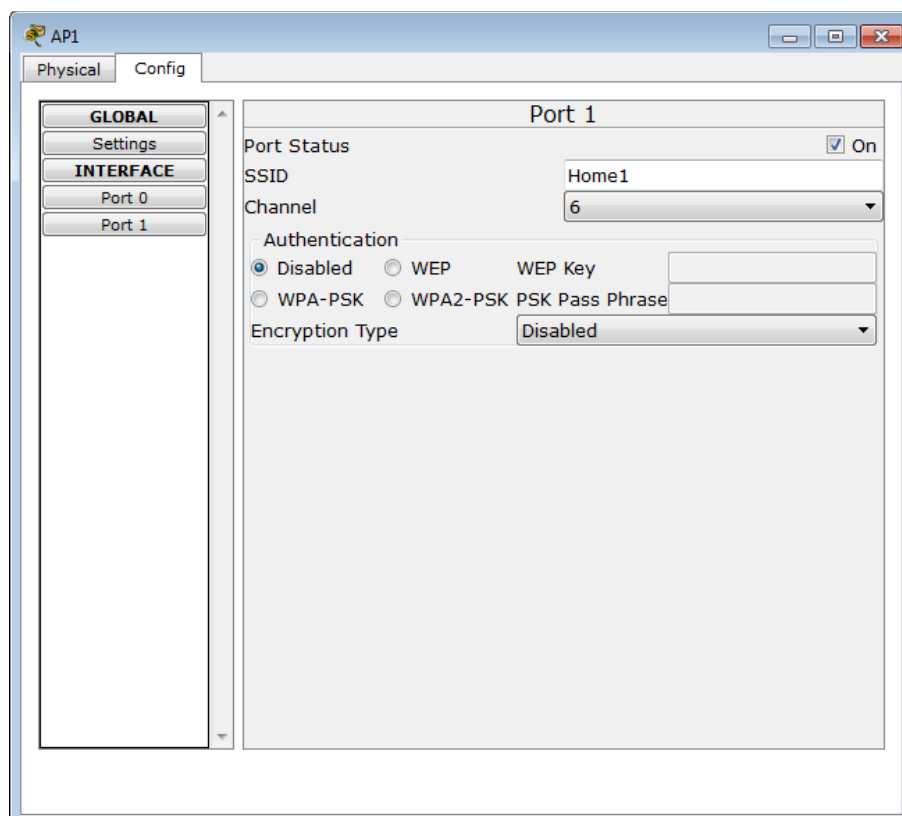
Μετά, από την ομάδα «Custom Made Devices» τοποθετώ στην αριστερή περιοχή SSID έναν υπολογιστή «Wireless PC» και από την ομάδα «End Devices» τοποθετώ στην ίδια περιοχή ένα «Tablet-PT» και ένα «SmartPhone-PT».

Με παρόμοιο τρόπο τοποθετώ στη δεξιά περιοχή έναν υπολογιστή «PC-PT» (που αρχικά έχει μόνο κάρτα δικτύου Ethernet) και ένα υπολογιστή «Laptop-PT» (που και αυτό έχει κάρτα δικτύου Ethernet).

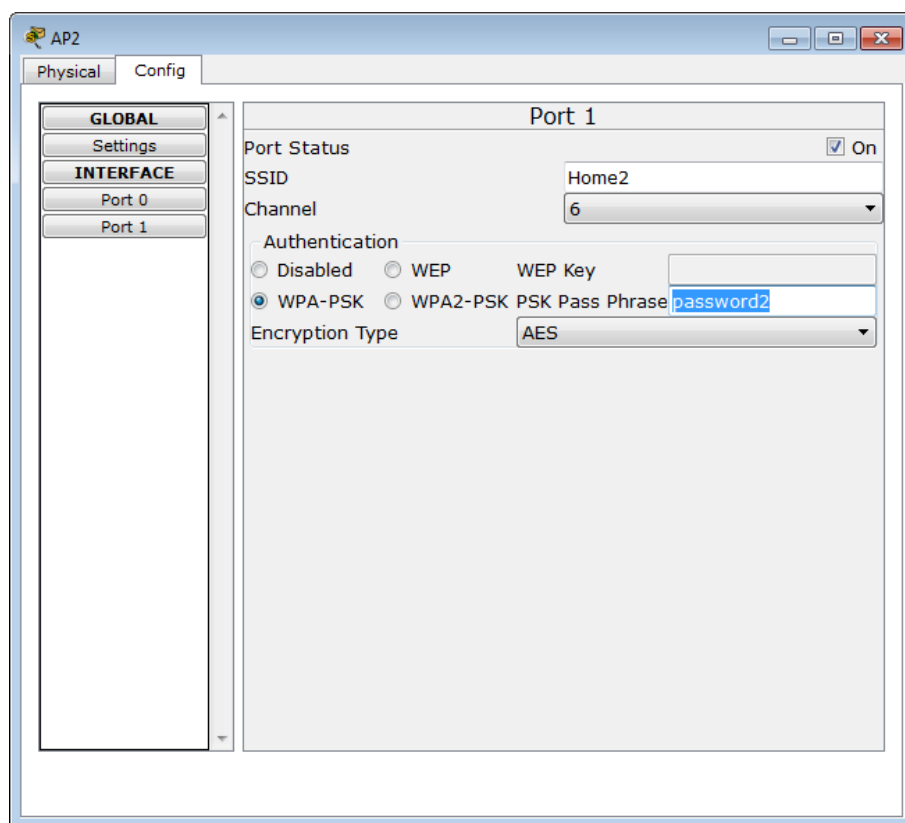
Το κάθε ένα Access Point περιλαμβάνει μία θύρα Ethernet και μέσω αυτών των θυρών τα διασυνδέω μεταξύ τους χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο «Copper Cross-Over».



Επιπλέον, αλλάζω σε κάθε Access Point το εξ' ορισμού όνομα SSID που αρχικά είναι το "default". Στο αριστερό Access Point πηγαίνω στην καρτέλα "Config", κάνω κλικ από αριστερά στη θύρα "Port 1" και θέτω ως όνομα SSID το «Home1» και επιλέγω να είναι "Disabled" η διαδικασία του Authentication, δηλ. οι συσκευές που βρίσκονται εντός εμβέλειας του αριστερού Access Point AP1 να συνδέονται με το αυτό χωρίς να τους ζητείται κάποιος κωδικός (κρυπτογραφημένος με κάποια μέθοδος αυθεντικοποίησης, όπως είναι π.χ. η WEP, η WPA ή η WPA2).



Αντίστοιχα, για το δεξιό Access Point (AP2) στις ρυθμίσεις του θέτω ως όνομα SSID το «Home2» και ως Authentication θέτω τη μέθοδο WPA-PSK με κωδικό (PSK Pass Phrase) τη λέξη “Password2”.



Τώρα θα ρυθμίσω κατάλληλα τις ασύρματες συσκευές του χρήστη. Όσον αφορά το αριστερό τμήμα (δηλ. το SSID Home1) πηγαίνω στις ρυθμίσεις της κάθε συσκευής (καρτέλα “Config” , Interface “Wireless0”) και στην ασύρματη διεπαφή ορίζω να συνδέεται με το SSID “Home1” χωρίς την ύπαρξη διαδικασίας αυθεντικοποίησης (δηλ. Disabled το Authentication).

Στο δεξιό τμήμα (SSID Home2) οι δύο συσκευές χρήστη που είναι ο σταθερός υπολογιστής PC2 και ο φορητός υπολογιστής Laptop1 δεν έχουν ασύρματη κάρτα δικτύου, αλλά μόνον Ethernet. Οπότε, θα πρέπει να την αντικαταστήσω με μια κατάλληλη κάρτα για ασύρματη δικτύωση. Αυτό για να γίνει (όπως μάθαμε στα πρώτα δύο μαθήματα) πρώτα «σβήνω» τον υπολογιστή (είτε τον σταθερό είτε το φορητό), με drag ‘n’ drop αφαιρώ την Ethernet κάρτα δικτύου και προσθέτω μια κάρτα-module «PT-HOST-NM-1W» για τον σταθερό υπολογιστή και module «PT-LAPTOP-NM-1W» για το φορητό υπολογιστή.

Κατόπιν, τους ρυθμίζω να συνδέονται στο δίκτυο με SSID το “Home2” και ενεργοποιημένη τη διαδικασία Authentication με τη μέθοδο WPA-PSK και κωδικό πρόσβασης τη λέξη «password2».

Έτσι, μετά από λίγο βλέπω πως όλες οι ασύρματες συσκευές χρήστη συνδέονται ασυρμάτως με το αντίστοιχο Access Point στο οποίο την περιοχή βρίσκονται.

Τώρα, αν αφήσω το ποντίκι πάνω σε κάθε συσκευή χρήστη, παρατηρώ πως οι IP Addresses που έχουν είναι του τύπου 169.254.x.x /16. Αυτό συμβαίνει διότι αρχικά όλες οι ασύρματες κάρτες είναι ρυθμισμένες να λαμβάνουν ρυθμίσεις από κάποιον DHCP Server (που στην περίπτωση

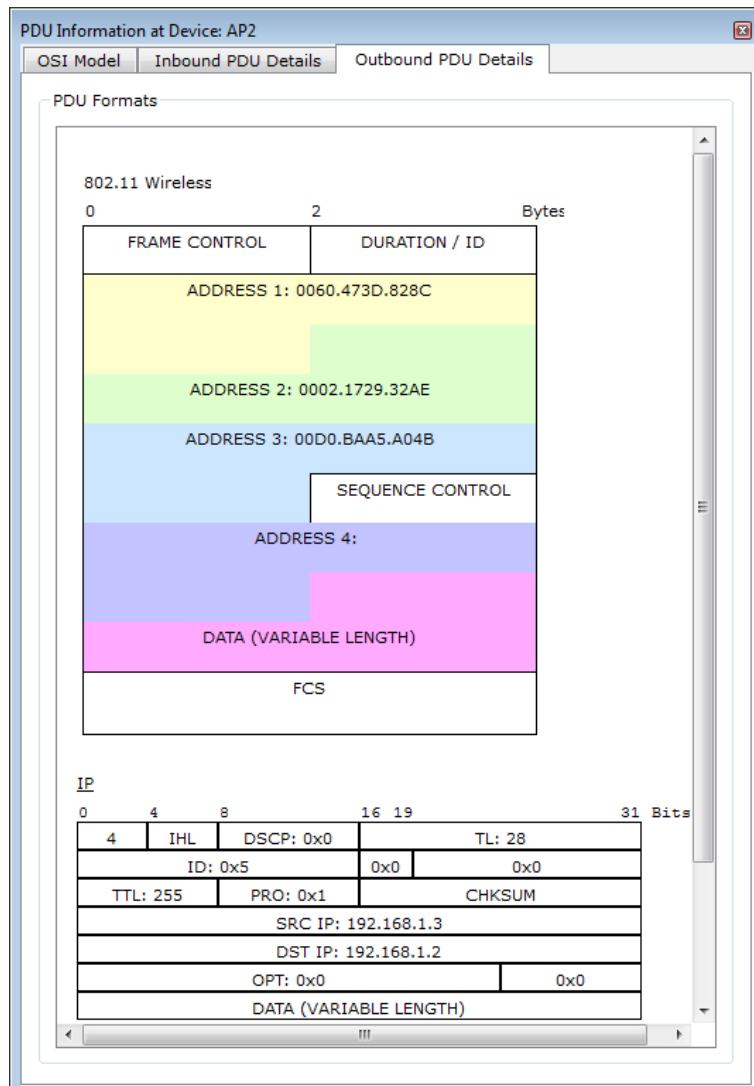
μας δεν υπάρχει). Έτσι, λαμβάνει χώρα η λειτουργία «APIPA» (Automatic Private IP Addressing), η οποία ενεργοποιείται αυτόματα σε κάθε συσκευή όταν δεν υπάρχει στο δίκτυο κάποιος κόμβος που να εκτελεί χρέη “DHCP Server” (DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol). Η λειτουργία αυτή αποδίδει στη συσκευή μια τυχαία IP Address κλάσης B από την περιοχή 169.254.0.0 – 169.254.255.255 .

Για να είναι, λοιπόν, λειτουργικό το ασύρματο δίκτυο και να είναι εφικτή η επικοινωνία από άκρη σε άκρη, αποδίδω –με τον γνωστό τρόπο- ρυθμίσεις IP που να ταιριάζουν σε οικιακό δίκτυο, πχ 192.168.1.0 /24.

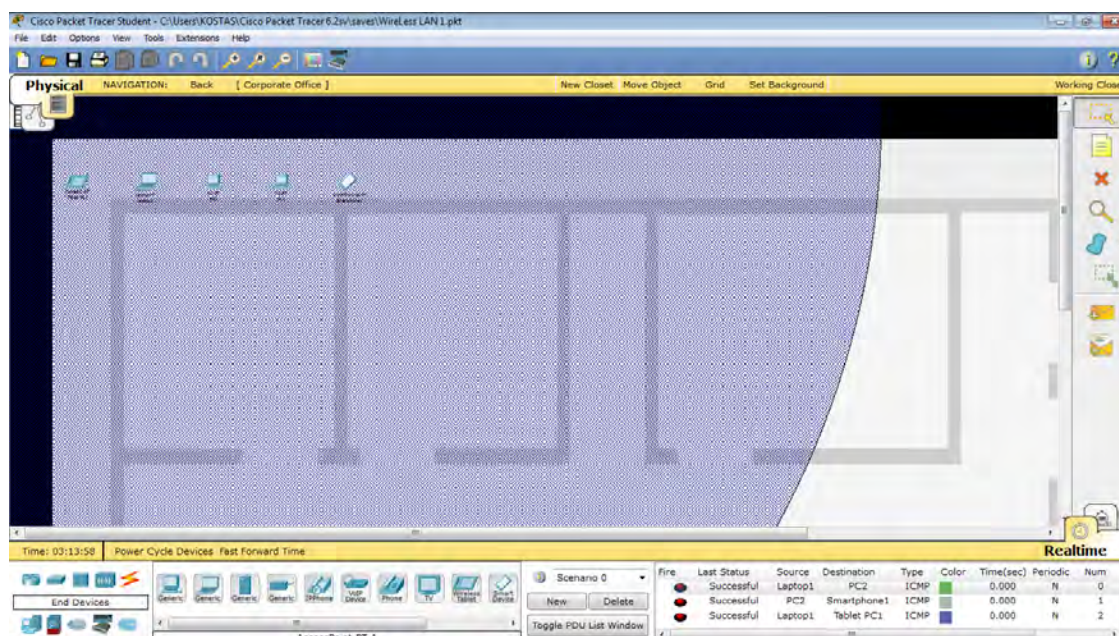
Έτσι, στις τρεις ασύρματες συσκευές του SSID “Home1” θέτω ως IP Address τις 192.168.1.2 , 192.168.1.3 και 192.168.1.5 με μάσκα την 255.255.255.0 .

Ομοίως, στις συσκευές του SSID “Home2” θέτω ως IP Address τις 192.168.1.11 και 192.168.1.12 με μάσκα την 255.255.255.0 .

Ελέγγω με τη χρήση της εντολής ping και με τη χρήση του εργαλείου “Simple PDU Test” την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών είτε του ίδιου SSID είτε από την μία πλευρά προς την άλλη, και διαπιστώνω πως όλα δουλεύουν μια χαρά. Σε Simulation Mode μπορώ να δω και τη μορφή των πλαισίων τύπου IEEE 802.11b .



Κλείνοντας το μάθημα, κάνω μια αναφορά σχετικά με την εμβέλεια του κάθε ενός Access Point όσον αφορά τη δική του περιοχή SSID. Πηγαίνοντας από το “Logical Environment” στο “Physical Environment” μπορώ να δω την εμβέλεια της περιοχής SSID.



Αν σύρω κάποια από τις ασύρματες συσκευές χρήστη έξω από την περιοχή που καλύπτει το Access Point, βλέπω μόλις γυρίσω στο “Logical” περιβάλλον εργασίας πως η συσκευή αυτή δεν συνδέεται πλέον με το Access Point.

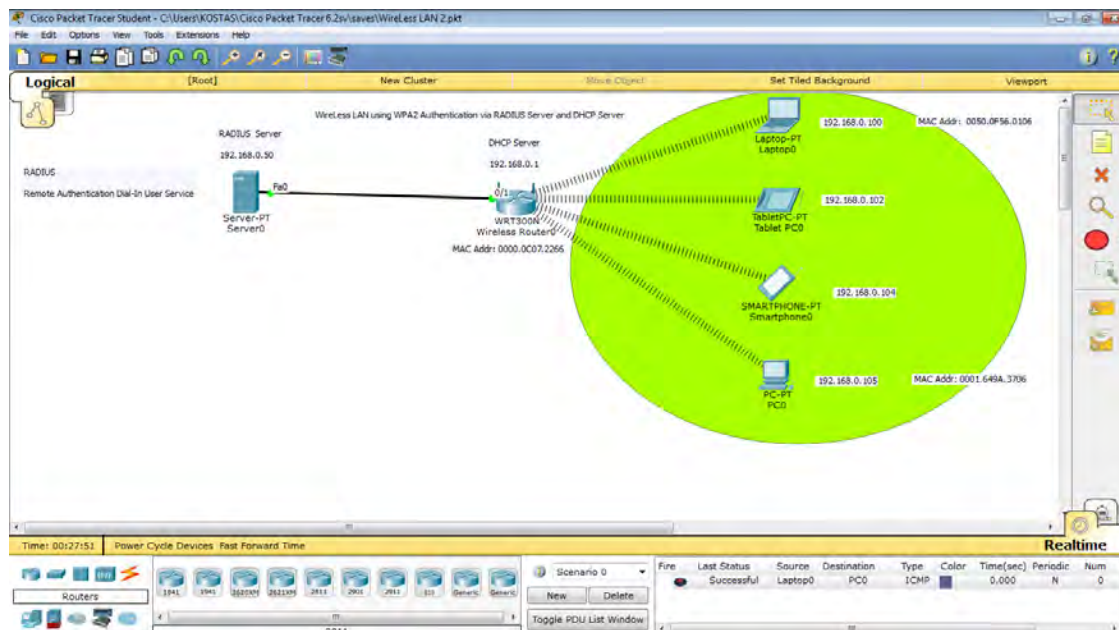
Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «Wireless LAN 1.pkt».

## 6.8 ΜΑΘΗΜΑ 8 : Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο WLAN – Χρήση RADIUS Server και DHCP Server

Εξέλιξη του προηγούμενου παραδείγματος ασυρμάτου τοπικού δικτύου αποτελεί το μάθημα αυτό, όπου χρησιμοποιείται *εξελιγμένη συσκευή Wireless Router* (της εταιρίας LinkSys) και ειδικός υπολογιστής Server που να παρέχει στους τελικούς χρήστες Authentication με χρήση RADIUS Server (υπηρεσία AAA).

Το *μοντέλο* του Wireless Router είναι το **WRT300N** της εταιρίας **Linksys**, το οποίο χρησιμοποιείται και *ως Access Point* για τις ασύρματες συσκευές του χρήστη, και *ως DHCP Server* για να δίνει τις αναγκαίες ρυθμίσεις IP και συνδέεται με τον *υπολογιστή* που εκτελεί χρέη **RADIUS Server** για να πιστοποιεί τους χρήστες που προσπαθούν να συνδεθούν στο ασύρματο δίκτυο.

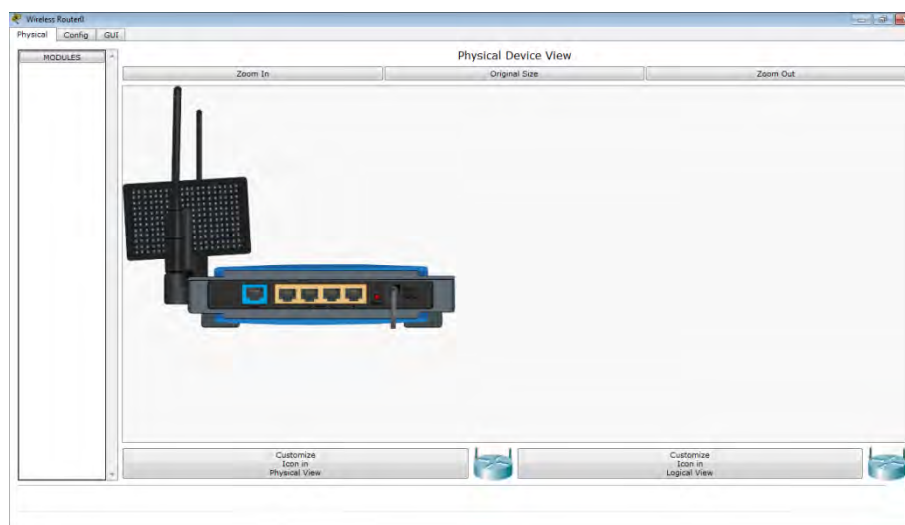
Η τελική υλοποίηση θα είναι αυτή ακριβώς που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Για να χτίσω σιγά-σιγά αυτό το εικονικό δίκτυο εργάζομαι ως εξής:  
 Πρώτα από την **κατηγορία «End Devices»** επιλέγω και τοποθετώ στο περιβάλλον εργασίας ένα φορητό υπολογιστή (Laptop-PT), ένα Tablet, ένα Smartphone και έναν σταθερό υπολογιστή (PC-PT). Επιλέγω να βρίσκονται δεξιά όλες αυτές οι τελικές συσκευές χρήστη.  
 Έπειτα, από την **κατηγορία «Wireless Devices»** επιλέγω και τοποθετώ στο περιβάλλον εργασίας λίγο πιο αριστερά από τις τελικές συσκευές χρήστη ένα **ασύρματο router** τον **WRT300N**.  
 Τέλος, από την **κατηγορία «End Devices»** επιλέγω έναν υπολογιστή **Server** και τον τοποθετώ στο περιβάλλον εργασίας αριστερότερα από τον ασύρματο δρομολογητή.

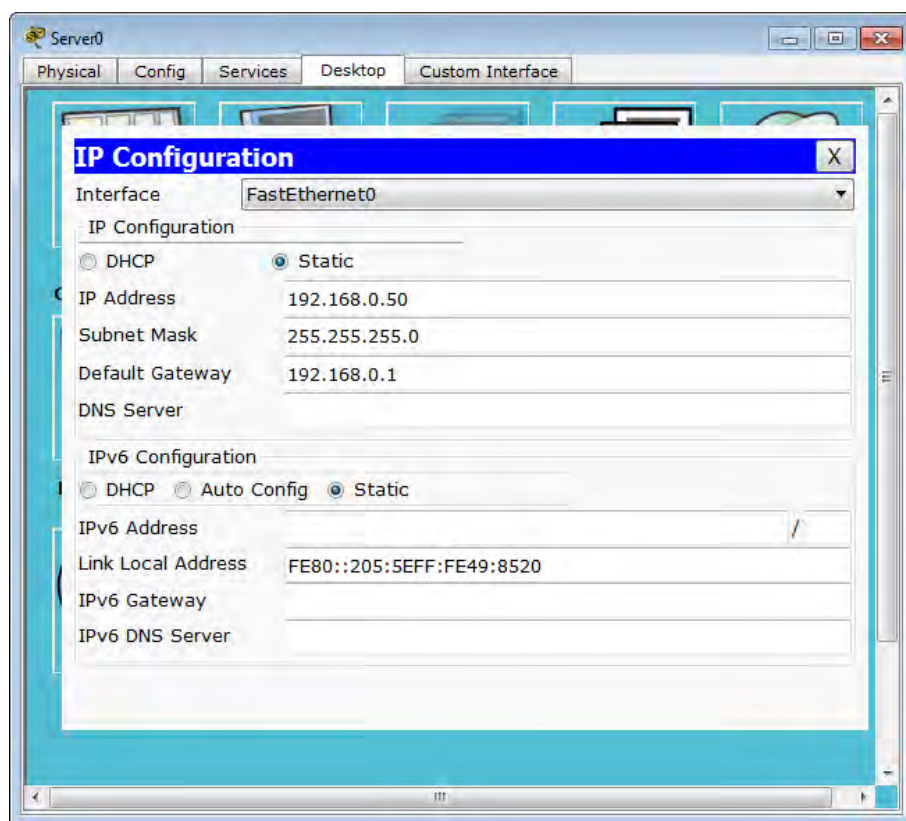
Τώρα, θα προχωρήσουμε στις αναγκαίες ρυθμίσεις όλων των συσκευών που υπάρχουν στο δίκτυο. Ξεκινάω από τον Server και τον Wireless Router.

Προτού ξεκινήσω τις ρυθμίσεις του Server, με ένα καλώδιο «Copper Straight-Through» συνδέω τον Server με μία από τις 4 θύρες Ethernet του Wireless Router, π.χ την Ethernet1.



Πηγαίνω τώρα στον *Server* για να του αποδώσω **μια σταθερή IP διεύθυνση**, τέτοια ώστε να ανήκει στο λογικό δίκτυο 192.168.0.0 /24 , διότι το μοντέλο WRT300N –όπως θα δούμε- έχει αρχικά την IP Address 192.168.0.1 /24 και ως DHCP Server προσφέρει ρυθμίσεις IP σε αυτή την περιοχή διευθύνσεων.

Από την καρτέλα «Desktop» του Server επιλέγω την εφαρμογή «IP Configuration» και ως IP Address ορίζω την **192.168.0.50**, ως Subnet Mask την 255.255.255.0 και ως **Default Gateway** την **192.168.0.1** (που θα είναι η IP διεύθυνση του Wireless Router WRT300N).



Κλείνω την εφαρμογή «IP Configuration» και πηγαίνω στην **καρτέλα «Services»**. Εκεί επιλέγω από το αριστερό κατακόρυφο μενού υπηρεσιών την **υπηρεσία AAA**, όπου το όνομα προέρχεται από τα αρχικά γράμματα των αγγλικών λέξεων Authentication, Authorization, Accounting (**πιστοποίηση – έγκριση – παρακολούθηση**). Η υπηρεσία αυτή αφορά τις διαδικασίες που απαιτούνται για να έχουμε ένα ασφαλές σύστημα.

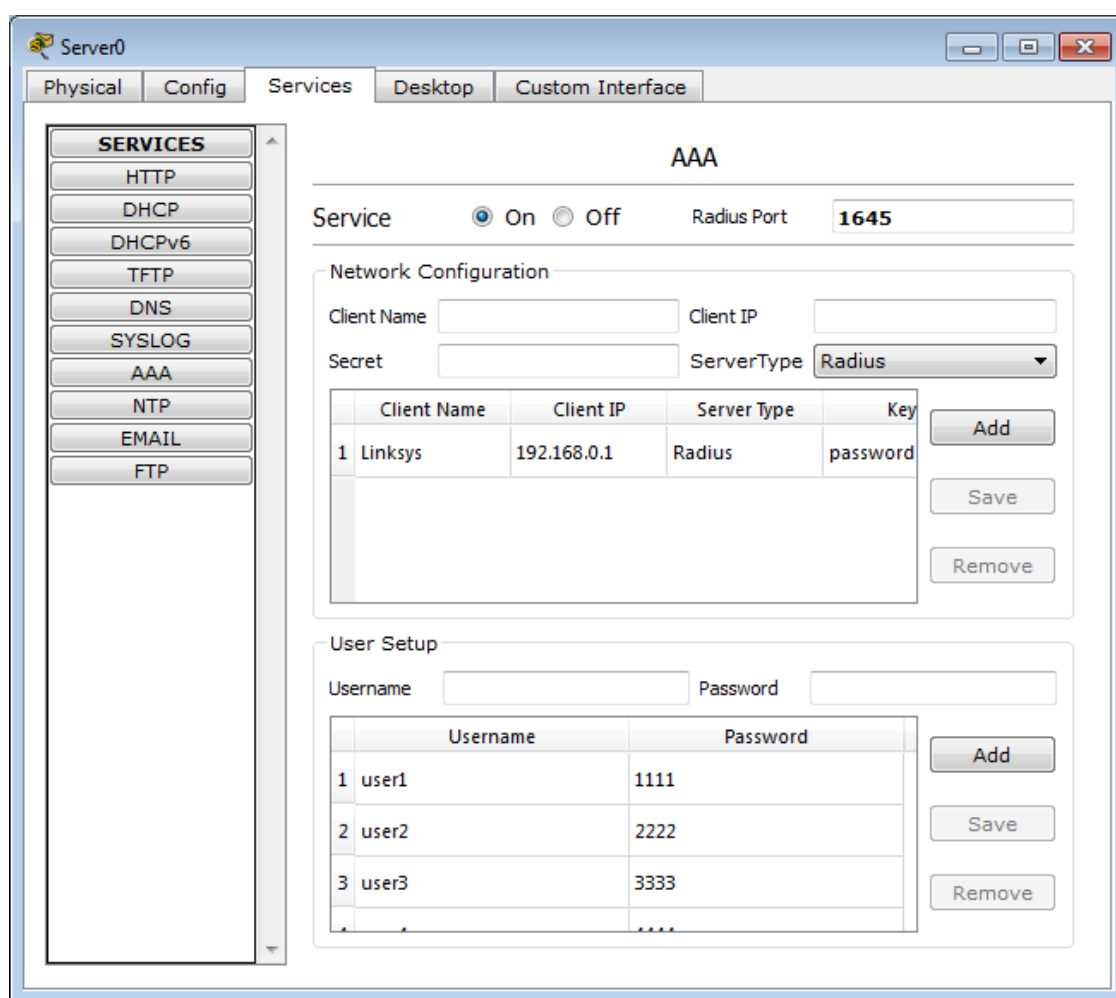
Η **Πιστοποίηση** είναι η διαδικασία με την οποία καθορίζεται ποιος έχει πρόσβαση στο LAN. Απλές μέθοδοι έγκρισης χρησιμοποιούν μια βάση δεδομένων που αποτελείται από usernames και passwords στον server πρόσβασης.

Η **Έγκριση** είναι η ικανότητα του περιορισμού των δικτυακών υπηρεσιών σε διαφορετικούς χρήστες βάση μιας δυναμικά εφαρμοζόμενης λίστας πρόσβασης (access-list) που μερικές φορές αναφέρεται και ως "προφίλ χρήστη" και που βασίζεται στο δίδυμο username-password.

Η **παρακολούθηση** είναι το τρίτο κύριο συστατικό ενός ασφαλούς συστήματος. Οι διαχειριστές του συστήματος μπορούν, αν θέλουν, να χρεώσουν τους πελάτες τους για την ώρα που παρέμειναν συνδεδεμένοι στο δίκτυο μέχρι και να παρακολουθήσουν ύποπτες προσπάθειες σύνδεσης στο δίκτυο.

Στο παράδειγμα του μαθήματος, **όταν μια συσκευή ασύρματη θελήσει να συνδεθεί** στο ασύρματο δίκτυο (που το SSID θα έχει π.χ. το όνομα Linksys), προτού εγκατασταθεί η

ασύρματη ζεύξη με τον Wireless Router (ο οποίος έχει ενσωματωμένο κύκλωμα Access Point), γίνεται έλεγχος από τον Server για να διαπιστωθεί αν ο χρήστης της συσκευής έχει το δικαίωμα να συνδεθεί με το όλο δίκτυο. Αυτός ο έλεγχος βασίζεται στο ζευγάρι *username – password* που στέλνει στον Router η ασύρματη συσκευή χρήστη και ελέγχεται αν αυτό το ζευγάρι είναι καταχωρημένο στη σχετική Βάση Δεδομένων του Server. Το πρωτόκολλο που εφαρμόζεται στον Server είναι το **RADIUS** (“Remote Authentication Dial-In User Service”) και έτσι ο RADIUS Server είναι ένας Server «πρόσβασης, πιστοποίησης και παρακολούθησης». Όπως φαίνεται στην καρτέλα «AAA», η standard Radius Port είναι η 1645, και στην πρώτη περιοχή ρυθμίσεων που έχει το όνομα “Network Configuration” θέτω τις εξής ρυθμίσεις: στο πεδίο “Client Name” βάζω το όνομα του SSID, δηλ Linksys, στο πεδίο “Client IP” βάζω την τιμή 192.168.0.1 (δηλ. την IP διεύθυνση του ασύρματου router), στο πεδίο “Secret” βάζω μια λέξη-κλειδί (την οποία θα βάλω και στον router για να επικοινωνούν μεταξύ τους) π.χ την λέξη “password”, και αφήνω στο πεδίο “Server Type” την προεπιλεγμένη τιμή “Radius”. Τέλος, κάνω κλικ δεξιά στο κουμπί “Add” για να καταχωρηθεί η αντίστοιχη εγγραφή στον Server.

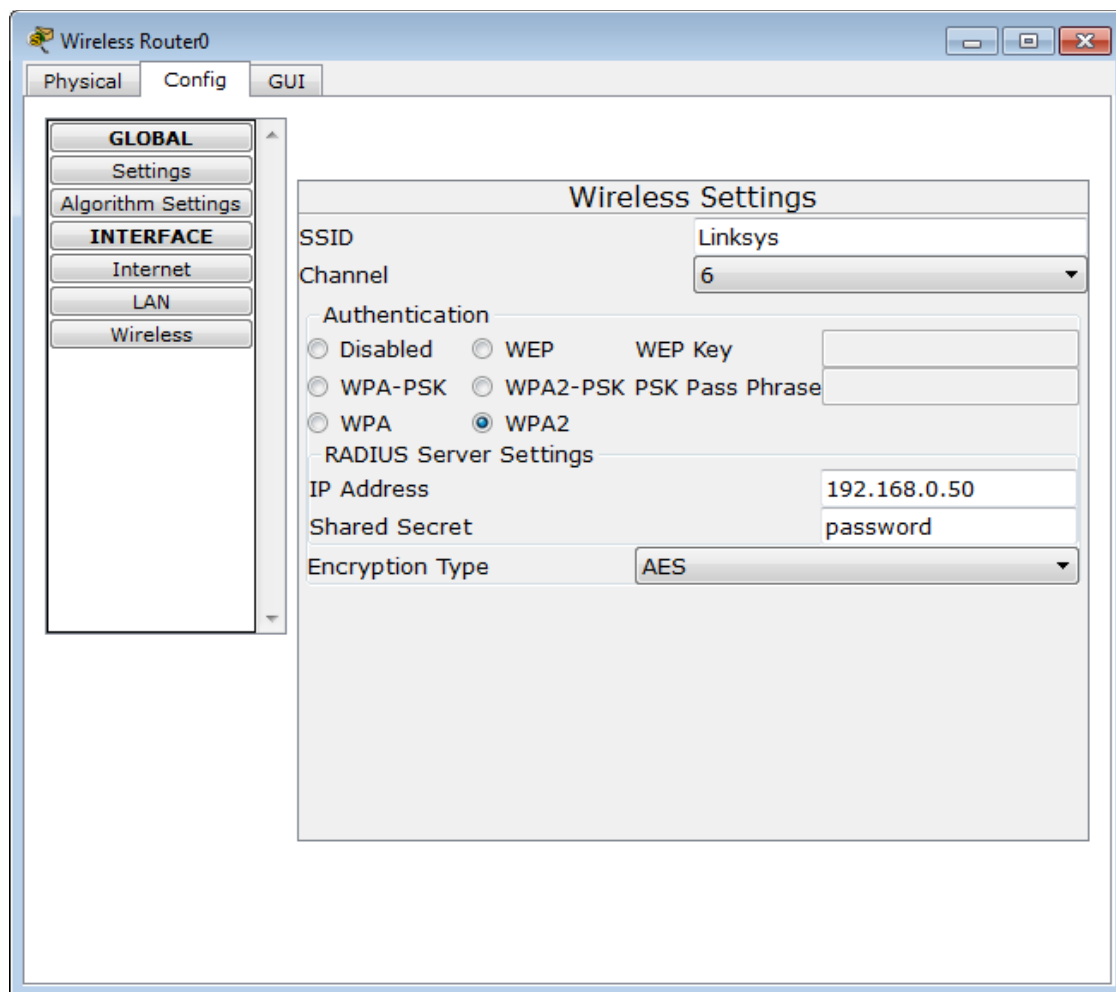


Στην επόμενη περιοχή που έχει το τίτλο “User Setup” τίθενται τα ζευγάρια *username-password* με βάση τα οποία πιστοποιούνται οι χρήστες των ασύρματων συσκευών, ώστε να τους εγκριθεί η πρόσβαση στο δίκτυο. Στο πεδίο “Username” θέτω π.χ το όνομα “user1” και στο πεδίο “Password” την τιμή «1111» και μετά κάνω κλικ στο κουμπί “Add” που βρίσκεται δεξιά. Με παρόμοιο τρόπο προσθέτω ακόμα τέσσερα ζευγάρια username-password, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.



Αφού τελειώσα με τις ρυθμίσεις του Server, *ενεργοποιώ την υπηρεσία* (service) επιλέγοντας το κουμπι (radio button) [On].

Στη συνέχεια, πηγαίνω στις **ρυθμίσεις του Wireless Router**. Στην καρτέλα «Config» κάνω κλικ αριστερά στην επιλογή «Wireless» (της ομάδας “INTERFACES”) και εδώ υπάρχουν αρκετές ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν: στο *πεδίο “SSID”* δίνω την τιμή «Linksys», πιο κάτω στην περιοχή «Authentication» ορίζω ως μέθοδο το “WPA2”, στην περιοχή «RADIUS Server Settings» θέτω στο *πεδίο «IP Address»* την τιμή 192.168.0.50 (δηλ. την IP διεύθυνση του Server) και στο *πεδίο «Shared Secret»* την λέξη “password” (την οποία είχα δώσει ως secret λέξη και στον Server).



Τώρα, πηγαίνω στην *καρτέλα “GUI”* και εμφανίζεται *σε γραφικό περιβάλλον* ένα ολοκληρωμένο interface ρυθμίσεων. Αρχικά εμφανίζονται οι ρυθμίσεις της καρτέλας “Setup”, όπου από προεπιλογή έχει αποδοθεί στο Router η IP Address 192.168.0.1 με μάσκα υποδικτύου την 255.255.255.0, και είναι ενεργοποιημένη η υπηρεσία “DHCP Server” με Start IP Address την 192.168.0.100 και End IP Address την 192.168.0.149 (δηλ. 50 διαθέσιμες διευθύνσεις για τους κόμβους που εισέρχονται στο δίκτυο).

<b>Internet Setup</b>	
Internet Connection type	Automatic Configuration - DHCP
Optional Settings (required by some internet service providers)	Host Name: <input type="text"/> Domain Name: <input type="text"/> MTU: <input type="text"/> Size: 1500
<b>Network Setup</b>	
Router IP	IP Address: 192 . 168 . 0 . 1 Subnet Mask: 255.255.255.0
DHCP Server Settings	DHCP Server: <input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disabled <input type="button" value="DHCP Reservation"/> Start IP Address: 192.168.0. 100 Maximum number: 50

Αφού τελειώσα με τις αναγκαίες ρυθμίσεις στον Server και στον Wireless Router ήρθε η σειρά των ασύρματων συσκευών χρήστη.

Στο *Tablet* και στο *Smartphone* από την καρτέλα “Config” ορίζω ως όνομα SSID τη λέξη Linksys, ως μέθοδο Authentication ορίζω την WPA2 και στα πεδία “User ID” “Password” θέτω οποιοδήποτε από τα 5 ζευγάρια τιμών που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων του RADIUS Server, για παράδειγμα το ζεύγος «user2» και «2222». Τέλος, στην περιοχή «IP Configuration» θέτω την επιλογή DHCP. Μετά από λίγο στην περιοχή “IP Configuration” θα εμφανιστεί η IP Address που δόθηκε στην συσκευή από το Wireless Router.

<b>GLOBAL</b>	
Settings	
Algorithm Settings	
<b>INTERFACE</b>	
Wireless0	
3G/4G Cell1	

<b>Wireless0</b>	
Port Status	On
Bandwidth	300 Mbps
MAC Address	0001.9737.0E8E
SSID	Linksys
Authentication	
<input type="radio"/> Disabled	<input type="radio"/> WEP WEP Key: <input type="text"/>
<input type="radio"/> WPA-PSK	<input type="radio"/> WPA2-PSK PSK Pass Phrase: <input type="text"/>
<input type="radio"/> WPA	<input checked="" type="radio"/> WPA2 User ID: user2
	Password: ●●●●
Encryption Type	AES
IP Configuration	
<input checked="" type="radio"/> DHCP	<input type="radio"/> Static
IP Address	192.168.0.102
Subnet Mask	255.255.255.0
IPv6 Configuration	
<input checked="" type="radio"/> DHCP	<input type="radio"/> Auto Config
	<input type="radio"/> Static

Στον *σταθερό υπολογιστή* αφαιρώ την κάρτα δικτύου Ethernet και προσθέτω μια κάρτα ασύρματης δικτύωσης (module) “PT-HOST-NM-1W”, όπως έγινε στο προηγούμενο μάθημα και μετά στην καρτέλα “Config” επιλογή «Wireless» προβαίνω σε παρόμοια βήματα όπως παραπάνω.

Στο *φορητό υπολογιστή* αφαιρώ την κάρτα δικτύου Ethernet και προσθέτω μια εξελιγμένη κάρτα ασύρματης δικτύωσης – για να πειραματιστώ με μια διαφορετική περίπτωση- το module “WPC300N” αντί του κλασικού “PT-LAPTOP-NM-1W” (υπάρχει αντίστοιχα και για τον σταθερό υπολογιστή το module WMP300N).

Τώρα που ο φορητός υπολογιστής έχει εγκατεστημένη μέσα του την *κάρτα WPC300N της Linksys* προστίθεται η δυνατότητα ρύθμισής της μέσω ειδικής εφαρμογής με Web Interface. Αυτή βρίσκεται στην καρτέλα “Desktop” *εφαρμογή «PC Wireless»*. Στην αρχική οθόνη της εφαρμογής υπάρχει το μήνυμα «No association with access point». Πηγαίνω στην καρτέλα “Profiles” και κάνω κλικ στο κουμπί “New” και μου ζητείται να δώσω ένα όνομα για το νέο προφίλ. Δίνω τη λέξη “MyProfile” και κάνω κλικ στο κουμπί [OK]. Στην επόμενη οθόνη όπου γίνεται σάρωση για τα διαθέσιμα ασύρματα δίκτυα (“available wireless network”) αναφέρεται ότι βρέθηκε ένα με όνομα SSID “Linksys” με σήμα 91%. Κάνω κλικ στο *κουμπί “Advanced Setup”* που βρίσκεται κάτω δεξιά. Στην επόμενη οθόνη αφήνω την προεπιλεγμένη επιλογή “Infrastructure Mode” ως τύπο Wireless mode και το “Linksys” ως όνομα «Wireless Network Name» και κάνω κλικ στο [Next]. Στην επόμενη οθόνη, όπου φαίνεται η προεπιλογή «Obtain network settings automatically (DHCP)» κάνω πάλι κλικ στο κουμπί [Next].

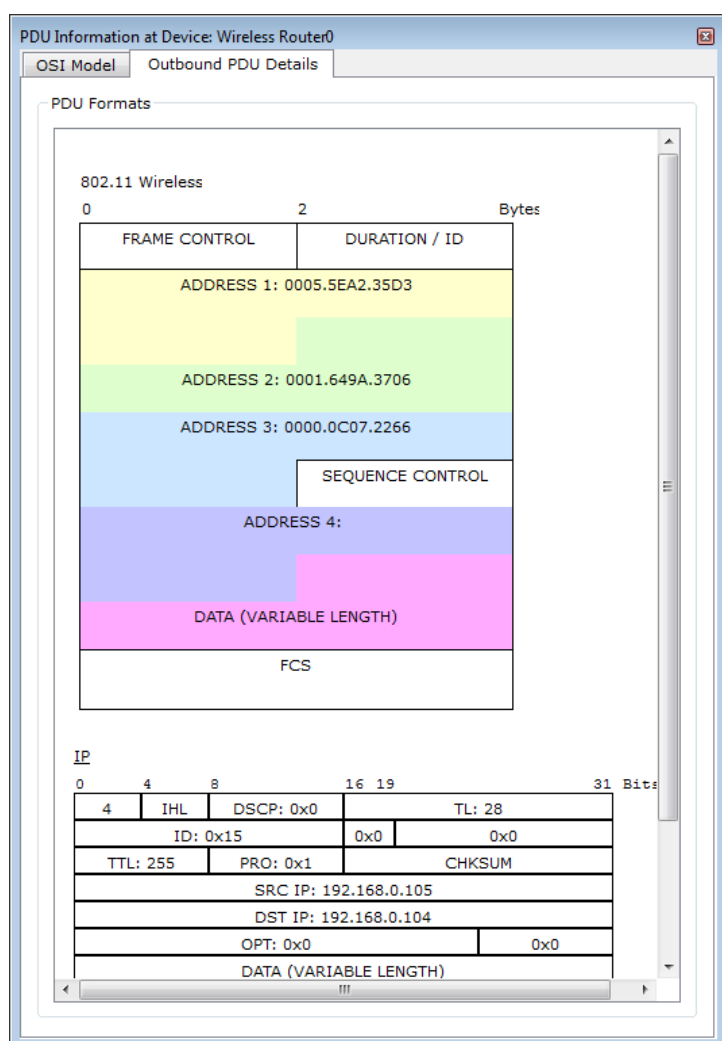
Τώρα, στην καινούργια οθόνη με τον τίτλο «Wireless Security» αλλάζω την επιλογή από «Disabled» σε «WPA2-Enterprise» και κάνω κλικ στο [Next]. Εδώ δίνω στο πεδίο “Login Name” και στο πεδίο “Password” τις τιμές “user5” και “5555” αντίστοιχα (ή γενικά κάποιο από τα 5 ζεύγη τιμών username-password που έχω καταχωρίσει στον RADIUS Server και δεν το έχω δώσει προηγουμένως για χρήση σε άλλη συσκευή). Κάνω κλικ στο [Next] και βλέπω τέλος όλες τις ρυθμίσεις σε αυτό το νέο προφίλ (με το όνομα MyProfile).



Κάνω κλικ στο [Save] και όλες οι ρυθμίσεις αποθηκεύονται. Στην οθόνη της εφαρμογής τώρα εμφανίζεται το μήνυμα “Congratulations!”, κάνω κλικ στο *κουμπί «Connect to Network»* και μετά από λίγο εμφανίζεται το μήνυμα “You have successfully connected to the access point”. Είμαι έτοιμος και κλείνω την εφαρμογή «PC Wireless».

Έτσι, τελείωσα και με τις ρυθμίσεις όλων των ασύρματων συσκευών χρήστη. Σημειωτέον πως αν δεν δώσω σε κάποια συσκευή μια αποδεκτή τιμή για το ζευγάρι username-password δεν θα επιτευχθεί ζεύξη με τον Wireless Router (διότι δεν θα πιστοποιηθεί από τον Server).

Είμαι έτοιμος να *ελέγξω την επικοινωνία* μεταξύ όλων των συσκευών με τους γνωστούς τρόπους ελέγχου. Ενδιαφέρον και εδώ, παρουσιάζει η *περίπτωση του Simulation Mode* όπου μπορώ να παρακολουθήσω την όλη διαδικασία εκπομπής και λήψης των πλαισίων. Για παράδειγμα, αν εκτελέσω το “Simple PDU Test” μεταξύ του PC0 και του Smartphone (και από τα πρωτόκολλα έχω επιλέξει να παρακολουθώ το ICMP μόνον), παρατηρώ πως όταν εκπέμπει το PC0 το πρώτο πακέτο, αυτό αποστέλλεται μέσα σε πλαίσιο του τύπου 802.11 (και όχι πλαίσιο Ethernet, όπως είναι φυσικό), το λαμβάνει το τμήμα Access Point του Wireless Router, αυτό επιχειρεί να δημιουργήσει πλαίσιο Ethernet – το οποίο μετά το απορρίπτει – και στέλνει στον αέρα (σαν broadcast) ένα πλαίσιο 802.11 (με το πακέτο icmp του PC0) με σκοπό να το λάβει το Smartphone (βέβαια, όλοι οι κόμβοι λαμβάνουν το πλαίσιο 802.11, αλλά οι υπόλοιποι το απορρίπτουν αφού δεν τους αφορά).



Παρατηρώντας την επικεφαλίδα του πλαισίου 802.11 βλέπω πως εκτός από την MAC Address του αποστολέα και του παραλήπτη, υπάρχει και μια τρίτη MAC Address που είναι του Access Point.

Έτσι, μπορώ να μελετήσω όσο πιο αναλυτικά θέλω την όλη συμπεριφορά του δικτύου.

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «Wireless LAN 2.pkt».

## 6.9 ΜΑΘΗΜΑ 9 : Γνωριμία με το περιβάλλον CLI – μέρος 1<sup>ο</sup>

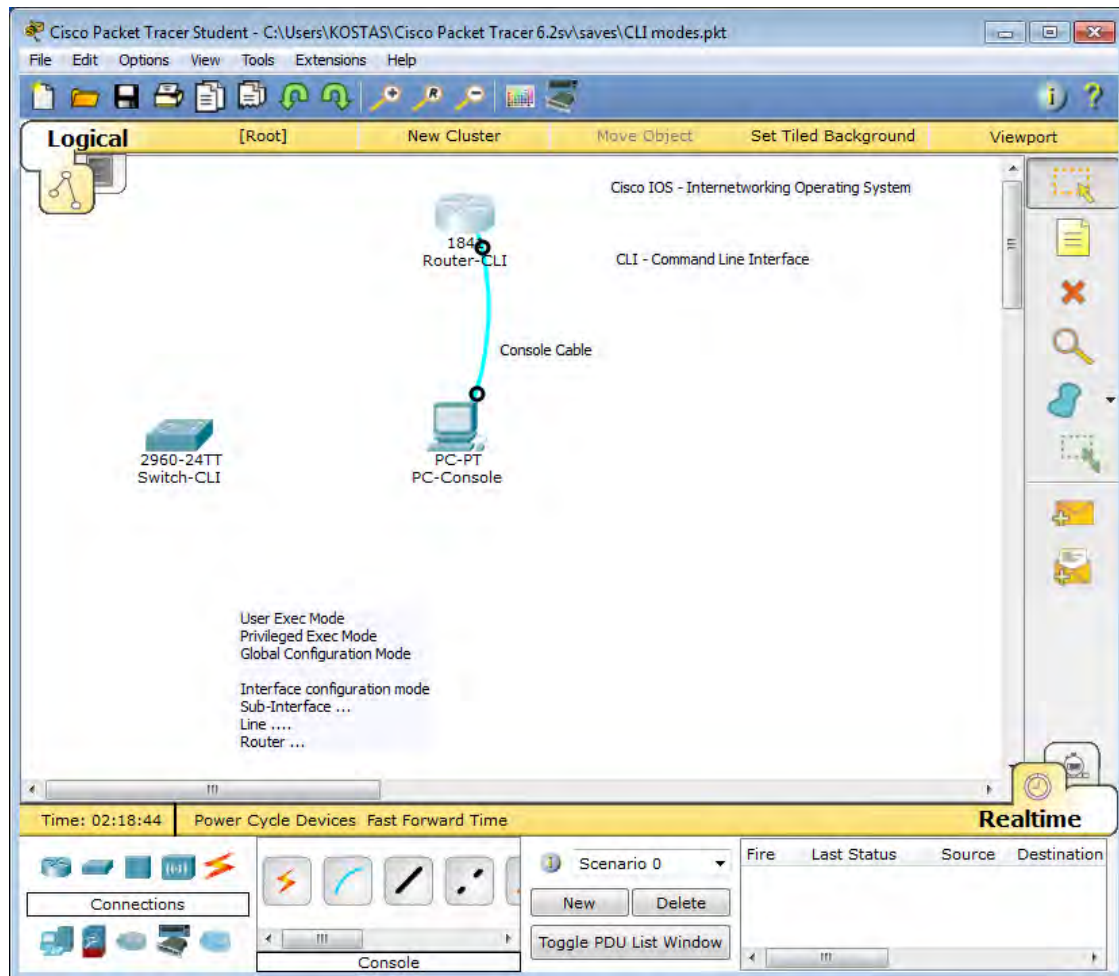
Στο μάθημα αυτό γίνεται παρουσίαση του περιβάλλοντος CLI ( Command Line Interface), που αποτελεί μια έκδοση «γραμμής εντολών» για το ειδικό λειτουργικό σύστημα της Cisco, το IOS (Internetworking Operating System), το οποίο υπάρχει σε όλες τις ειδικές δικτυακές συσκευές όπως είναι οι δρομολογητές (routers) και οι μεταγωγείς (switches).

Γενικά, υπάρχουν 3 τρόποι με τους οποίους μπορώ να συνδεθώ με το περιβάλλον ρυθμίσεων των δικτυακών συσκευών της Cisco: είτε με τη **θύρα console** χρησιμοποιώντας ένα ειδικό καλώδιο που λέγεται “console cable” είτε με τη **θύρα auxiliary** (“aux”) χρησιμοποιώντας το “console cable” καλώδιο είτε τέλος **μέσω του δικτύου** με την εφαρμογή telnet (ή την εφαρμογή SSH – Secure Shell) αφού πρώτα έχει προηγηθεί η απόδοση κωδικών (passwords) στο Switch ή στο Router (με τους τρόπους που θα αναφερθούν παρακάτω στο μάθημα αυτό).



Στην εικόνα παραπάνω φαίνεται η πίσω πλευρά ενός δρομολογητή, όπου στη μέση διακρίνονται δεξιά οι δύο ειδικές θύρες για απευθείας σύνδεση με το περιβάλλον ρυθμίσεων (CLI), οι οποίες είναι η “**console port**” και η “**aux port**”.

Όπως αναφέρθηκε, η πρόσβαση στις ειδικές αυτές θύρες γίνεται με το *καλώδιο “console cable”* του οποίου η μία άκρη έχει *βύσμα RJ-45* και «κουμπώνει» στην ειδική θύρα console ή στην auxiliary και η άλλη άκρη που έχει *βύσμα D-9* συνδέεται στην σειριακή θύρα RS-232 ενός υπολογιστή.



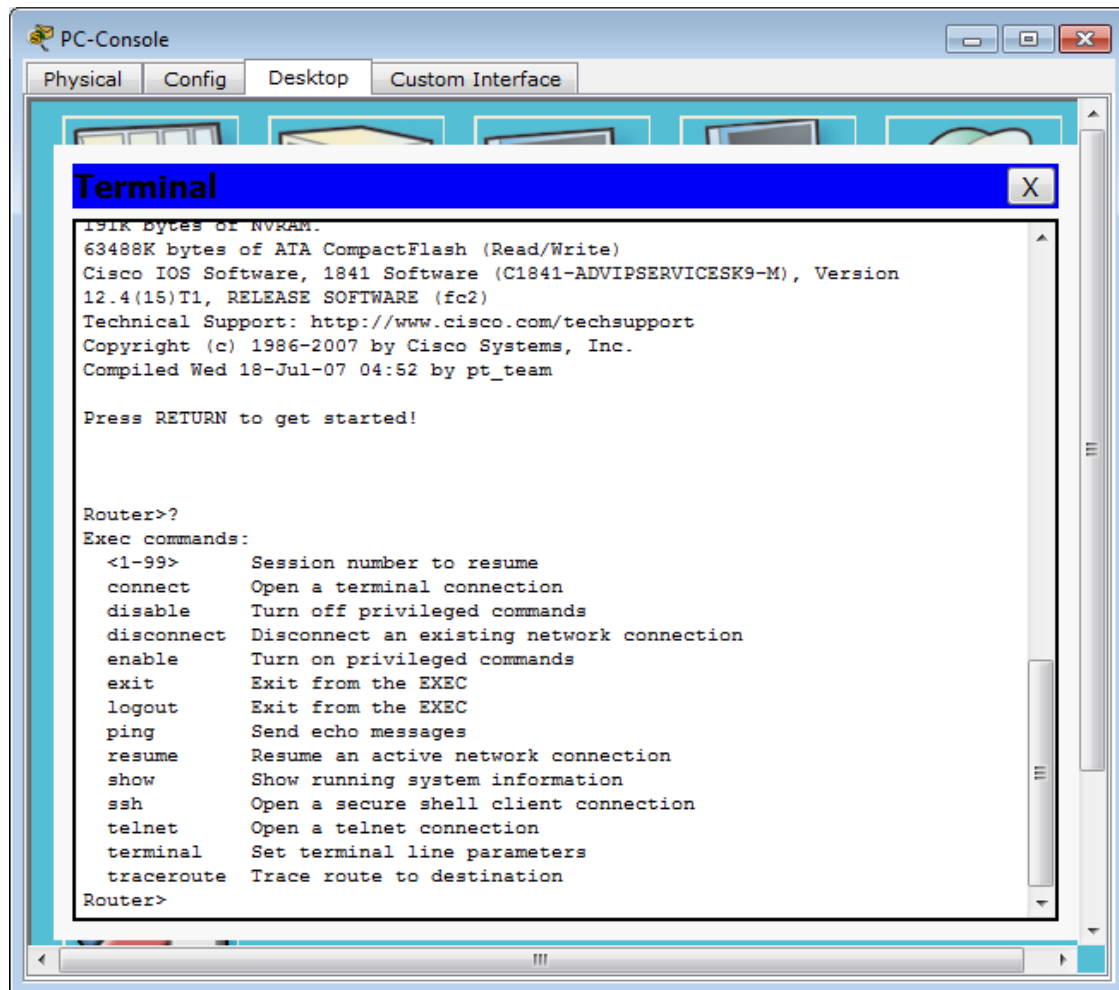
Στις δοκιμές χρησιμοποίησα για αρχή τον υπολογιστή PC0 (τον οποίο μετονόμασα σε PC-Console) συνδέοντάς τον με ένα καλώδιο “console” πάνω στην αντίστοιχη θύρα του δρομολογητή Cisco 1841 (στον οποίον έδωσα το όνομα Router-CLI).

Από τον υπολογιστή χρησιμοποιώ την *εφαρμογή “Terminal”* που βρίσκεται στην καρτέλα “Desktop”, η οποία εφαρμογή έχει αρχικά τις ρυθμίσεις 9600-8-N-1 χωρίς Flow Control. Τις αφήνω ως έχουν και κάνω κλικ στο [OK].

Στην επόμενη οθόνη εμφανίζεται το περιβάλλον «γραμμής εντολών» του λειτουργικού συστήματος IOS ή αλλιώς το περιβάλλον CLI (σε πραγματική μορφή).

Εκεί φαίνονται διάφορες πληροφορίες περί του δρομολογητή και της έκδοσης του λειτουργικού του συστήματος και στο τέλος πατώντας [Enter] εμφανίζεται το «προτροπικό μήνυμα» “**Router>**” (ή αλλιώς το *prompt* του λειτουργικού).

Αρχικά, η κατάσταση λειτουργίας από την οποία ξεκινάω στο περιβάλλον CLI ονομάζεται “User Exec Mode”. Εδώ δεν προσφέρονται πολλές δυνατότητες στο διαχειριστή παρά λίγες εντολές τις οποίες μπορώ να βλέπω πατώντας το σύμβολο “?” και [Enter].



Όπως φαίνεται παραπάνω, στο διαθέσιμο ρεπερτόριο εντολών υπάρχει η εντολή ping, η εντολή show, η εντολή enable και άλλες.

Με την **εντολή show** μπορώ να δω ποικίλες πληροφορίες σχετικά με την δικτυακή συσκευή (που στην προκειμένη περίπτωση είναι δρομολογητής). Αν δεν γνωρίζω τίποτα για την σύνταξη μιας εντολής, μετά το όνομά της πληκτρολογώ το “?” και μου εμφανίζονται πληροφορίες μόνον για την εντολή αυτή με το ποιες είναι οι διαθέσιμες παράμετροι που έχει αυτή. Π.χ

**Router>show ?**

```
arp          Arp table
cdp          CDP information
class-map    Show QoS Class Map
clock        Display the system clock
controllers  Interface controllers status
crypto       Encryption module
dot11        IEEE 802.11 show information
flash:       display information about flash: file system
frame-relay  Frame-Relay information
history      Display the session command history
hosts        IP domain-name, lookup style, nameservers, and host table
interfaces   Interface status and configuration
ip           IP information
ipv6         IPv6 information
```



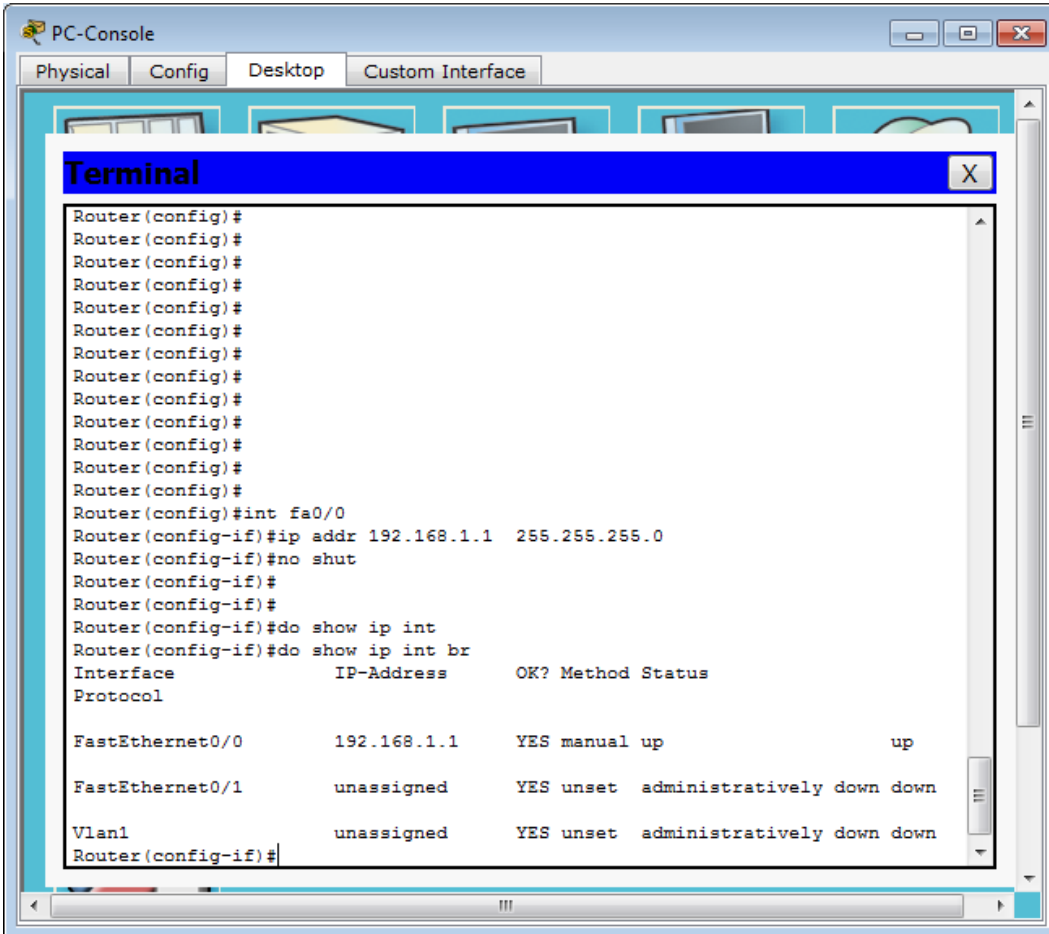


περάσουμε στην επόμενη κατάσταση λειτουργίας που λέγεται «κατάσταση ρυθμίσεων» ή “Global Configuration Mode”) με την εντολή *enable password* ή *enable secret* (στη δεύτερη περίπτωση ο κωδικός κρυπτογραφείται και δεν φαίνεται με την εντολή *show running-config*). Για παράδειγμα εκτελώντας την εντολή *enable password CISCO*, πλέον θα ζητείται κωδικός για την μετάβαση από την κατάσταση “User Mode” στην “Privileged Mode” και ο κωδικός αυτός θα είναι η λέξη “CISCO”.

Για να μεταβώ στην κατάσταση ρυθμίσεων (“Global Configuration Mode”) πληκτρολογώ –ενώ βρίσκομαι σε κατάσταση “Privileged” - την εντολή *configure terminal* και πατάω [Enter]. Τώρα το prompt παίρνει τη μορφή “*Router(config)#*”.

Και εδώ με τη χρήση της «βοήθειας» του πλήκτρου “?” μπορώ να δω ποιες νέες εντολές και δυνατότητες μου προσφέρονται.

Για να διαχειριστώ κάποια διεπαφή υπάρχει η επόμενη κατάσταση που λέγεται “*Interface Configuration Mode*” και για να μεταβώ σε αυτήν δίνω την εντολή *interface* ακολουθούμενη από την ακριβή περιγραφή της διεπαφής την οποία θέλω να διαχειριστώ. Γνωρίζοντας πως π.χ. ο δρομολογητής Cisco 1841 έχει δύο διεπαφές Fast Ethernet με τα ονόματα *FastEthernet0/0* και *FastEthernet0/1*, για να διαχειριστώ και να ρυθμίσω την πρώτη διεπαφή πληκτρολογώ την εντολή *interface fastethernet0/0* (ή πιο σύντομα *interface fa0/0*). Παρατηρώ πως τώρα το prompt γίνεται “*Router(config-if)#*”. Για να αποδώσω στη διεπαφή την IP διεύθυνση 192.168.1.1 με μάσκα την 255.255.255.0 η εντολή που πληκτρολογώ είναι η *ip address 192.168.1.1 255.255.255.0* και πατάω [Enter]. Μετά, δίνω την εντολή *no shutdown* (ή πιο σύντομα *no shut*).



```
PC-Console
Physical Config Desktop Custom Interface
Terminal
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ip addr 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shut
Router(config-if)#
Router(config-if)#
Router(config-if)#do show ip int
Router(config-if)#do show ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status
Protocol
FastEthernet0/0    192.168.1.1     YES manual up
                   up
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset  administratively down down
Vlan1              unassigned      YES unset  administratively down down
Router(config-if)#
```

Αν θελήσω να διαπιστώσω εάν έγινε η ρύθμιση που έχω ορίσει (που όπως παραπάνω αναφέρθηκε αυτό γίνεται με την **εντολή show ip interface brief** στην κατάσταση “**User Exec Mode**”), επειδή βρίσκομαι σε κατάσταση λειτουργίας που είναι πιο μετά την κατάσταση “User Mode” και θέλω να εκτελέσω την εντολή show , **θέτω μπροστά** από την εντολή που θα εκτελούσα **τη λέξη do**, δηλ. πληκτρολογώ **do show ip interface brief** (ή μια πιο σύντομη έκδοσή της).

Αργότερα που θα συνδέσω με καλώδιο “Copper Cross-Over” έναν υπολογιστή (π.χ τον PC2) με το δρομολογητή διαμέσου των διεπαφών Fast Ethernet, ήταν αναγκαίο να γίνει η παραπάνω ρύθμιση, για να «βλέπει» ο ένας τον άλλον. Αυτό θα μου χρειαστεί πιο κάτω για να δοκιμάσω τον **τρίτο τρόπο σύνδεσης** ενός υπολογιστή με το περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή.

Με την **εντολή exit** μεταβαίνω μια κατάσταση πιο πίσω, δηλ. από την κατάσταση λειτουργίας “Interface Configuration Mode” μεταφέρομαι στην κατάσταση “Global Configuration Mode” και πληκτρολογώντας ξανά exit μεταβαίνω στην κατάσταση “Privileged Exec Mode”, κοκ.

Προηγουμένως όρισα **κωδικό** για τη μετάβαση από την κατάσταση “User Mode” στην κατάσταση “Privileged Mode”. Άλλα σημεία στα οποία πρέπει ένας διαχειριστής να ορίσει **passwords** είναι στην πρόσβαση από τη **θύρα console**, στην πρόσβαση από τη **θύρα auxiliary** και στην πρόσβαση **μέσω δικτύου** μέσω των telnet sessions. Όλα αυτά γίνονται από την κατάσταση λειτουργίας “**Global Configuration Mode**”.

Για να ορίσω κωδικό που θα ζητείται όταν κάποιος αποκτάει απευθείας πρόσβαση στο router (ή switch) μέσω της θύρας “console port”, οι εντολές που δίνω είναι οι :

```
Router(config)# line con 0           [ επιλέγεται η θύρα console – γραμμή 0 ]
Router(config-line)# password concisco [ αποδίδεται ο κωδικός concisco ]
Router(config-line)# login           [ ενεργοποιείται η διαδικασία του να ζητείται
                                     κωδικός κατά την είσοδο από τη θύρα console ]
```

Το ίδιο για τη θύρα auxiliary γίνεται με τις ακόλουθες εντολές:

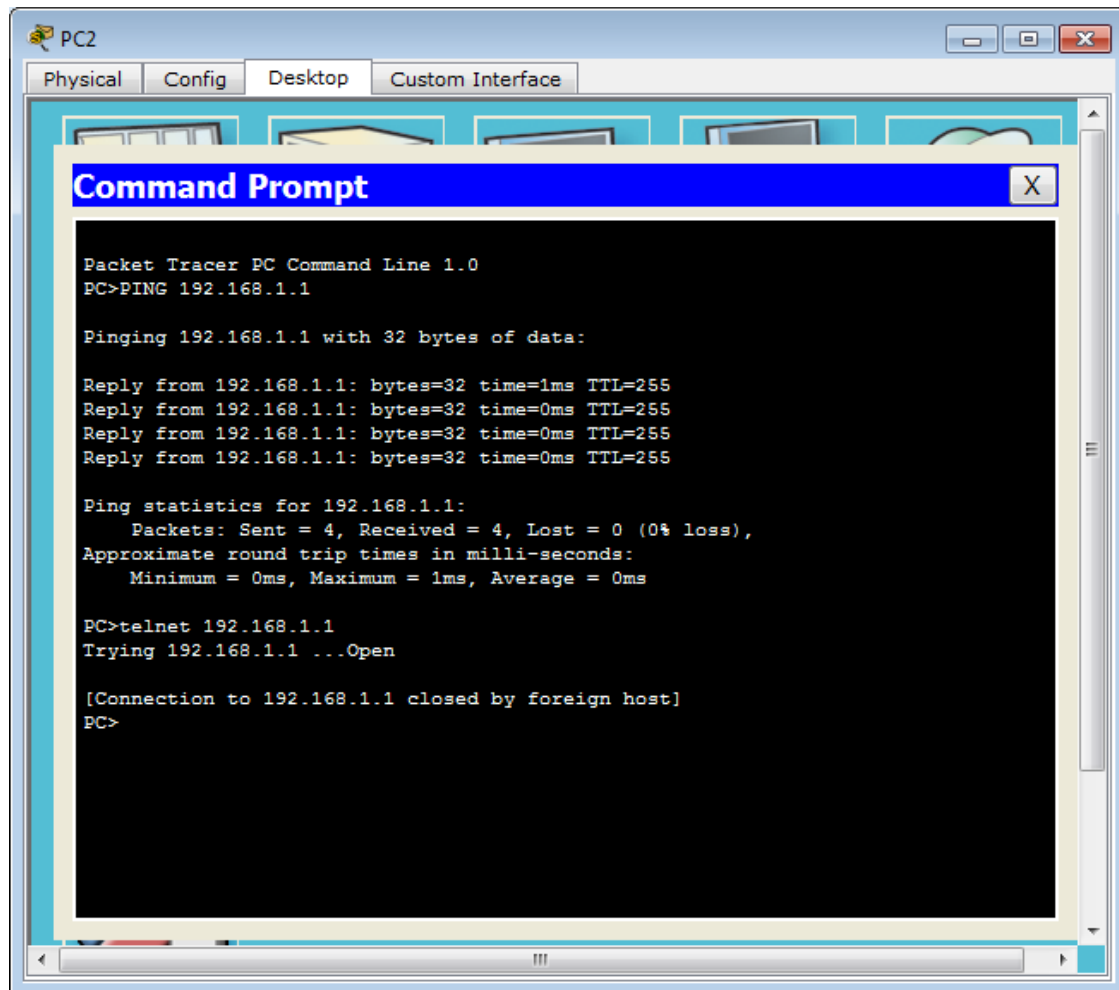
```
Router(config)# line aux 0
Router(config-line)# password auxcisco
Router(config-line)# login
```

Τώρα, όσον αφορά τις telnet sessions («συνδιαλέξεις») – που μπορεί να είναι ταυτόχρονα περισσότερες από μία- θα πρέπει να ορίσω **να ζητείται password** οποτεδήποτε υλοποιείται μια συνδιάλεξη telnet (ή SSH) από κάποιον κόμβο του δικτύου προς την IP Address της διεπαφής του router.

Αν δεν οριστεί password για τις telnet sessions (μέσω εικονικών τερματικών γραμμών – virtual terminals lines - vty) δεν μπορεί κάποιος υπολογιστής να συνδεθεί με το router χρησιμοποιώντας την εντολή “telnet 192.168.1.1”.

Έτσι, στο παράδειγμα εδώ, τοποθετώ ένα δεύτερο υπολογιστή, τον PC0, στο περιβάλλον εργασίας του Cisco Packet Tracer και τον συνδέω χρησιμοποιώντας καλώδιο cross-over με το δρομολογητή στη διεπαφή FastEthernet0/0 . Αποδίδω στον υπολογιστή την IP Address 192.168.1.2, την Subnet Mask 255.255.255.0 και την Default Gateway 192.168.1.1 .

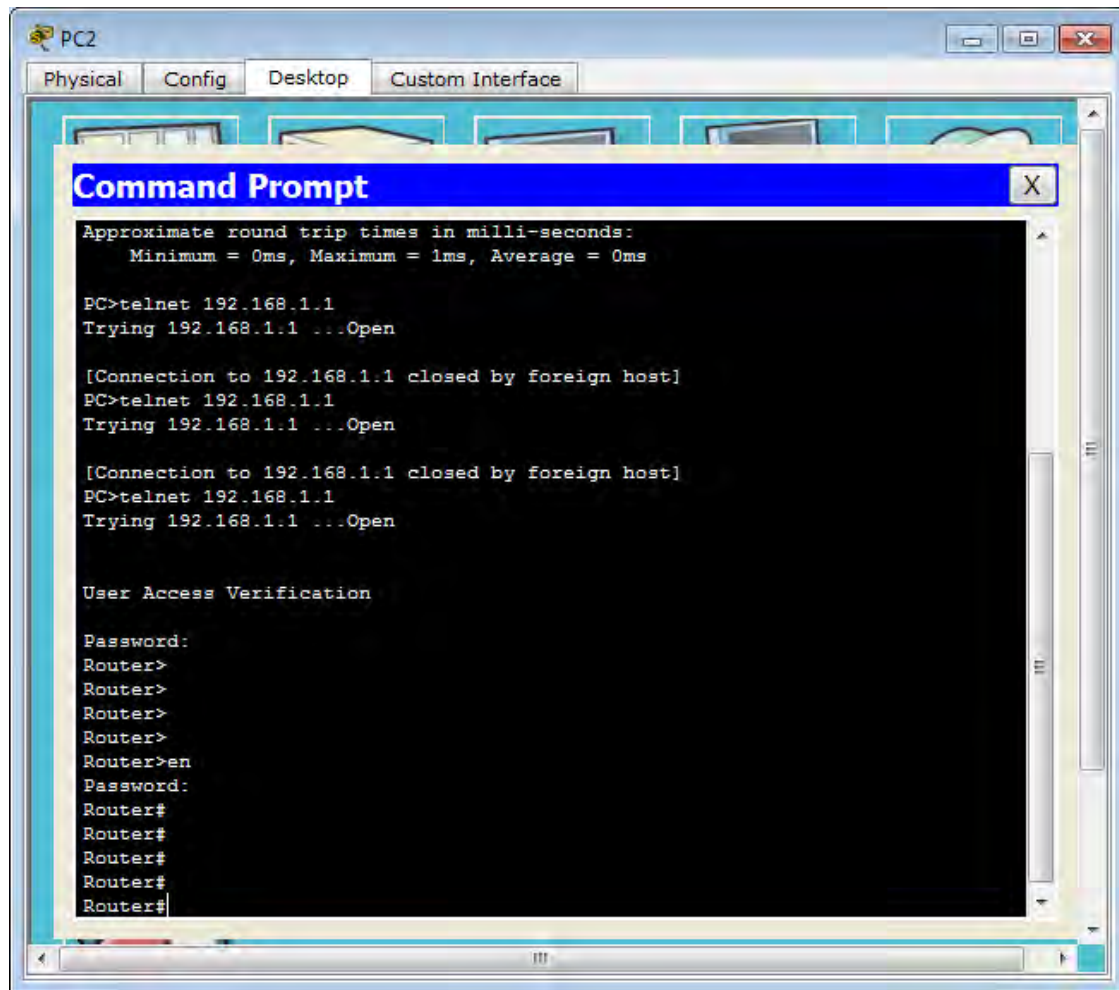
Αν στον υπολογιστή μεταβώ στην καρτέλα “Desktop” , εκτελέσω την εφαρμογή “Command Prompt” και πληκτρολογήσω την εντολή telnet 192.168.1.1 , δεν θα μπορέσει να γίνει η σύνδεση με το περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή.



Αν ορίσω για τις «θύρες εικονικών τερματικών γραμμών» (vty lines) κάποιον κωδικό πρόσβασης, τότε θα είναι εφικτή η σύνδεση στο περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή – μέσω της telnet session. Ο ορισμός κωδικού γίνεται με τις ακόλουθες εντολές σε “Global Configuration Mode”:

```
Router(config)# line vty 0 15  
Router(config-line)# password vtycisco  
Router(config-line)# login
```

Τώρα δοκιμάζοντας ξανά από τον υπολογιστή PC2 την **εντολή telnet 192.168.1.1** σε γραμμή εντολών (“Command Prompt”) όλα θα λειτουργούν κανονικά και γίνεται η σύνδεση του υπολογιστή με το περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή. Εμφανίζεται το μήνυμα «User Access Verification» και ζητείται password. Δίνω ως κωδικό τη λέξη vtycisco και επιτυγχάνεται η σύνδεση στην κατάσταση λειτουργίας “User Exec Mode”.



Όλοι οι κωδικοί που έχουν τεθεί φαίνονται με την εντολή *show running-config* στην κατάσταση “Privileged Mode”. Αν θέλω να μην είναι αναγνωρίσιμοι (δηλ. να μην φαίνονται σε clear text) εκτελώ την εντολή *service password-encryption* σε κατάσταση “Global Configuration Mode”, και έτσι οι κωδικοί πρόσβασης εμφανίζονται κρυπτογραφημένοι.

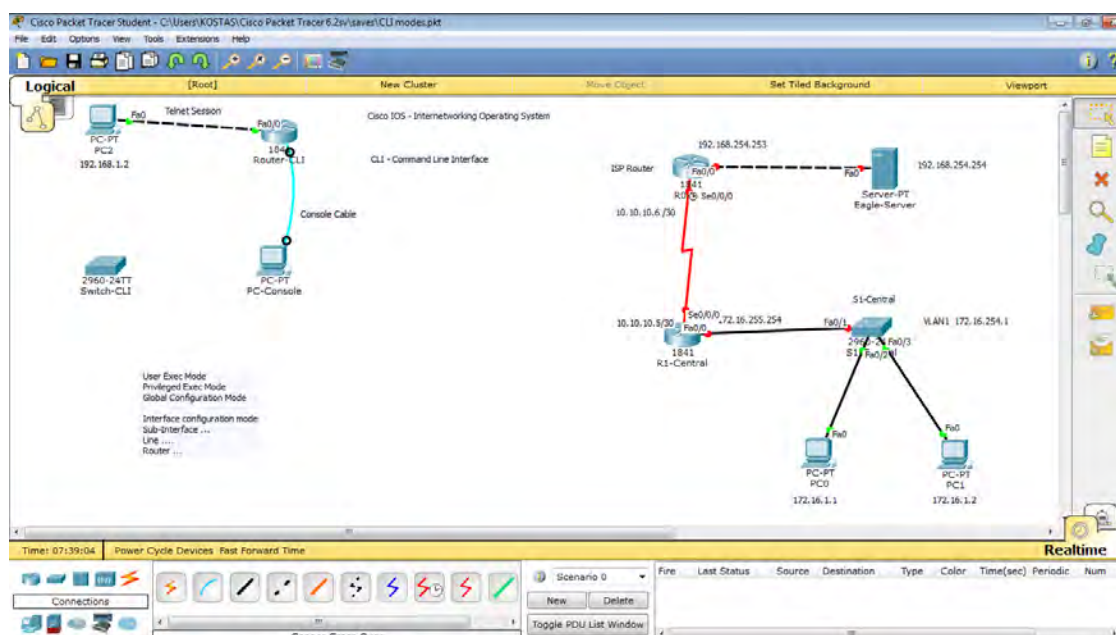
Επειδή το prompt έχει τη γενική μορφή “Router>”, μπορώ να αλλάξω *το όνομα του δρομολογητή* και έτσι το prompt θα έχει τη μορφή «νέο όνομα» ακολουθούμενο από το “>” (ή το “#”). Η κατάλληλη εντολή δίνεται σε “Global Configuration Mode” και είναι η *hostname* π.χ. *hostname R1-ISP*, οπότε το prompt θα έχει τη μορφή “R1-ISP>”.

Αν, τώρα, θέλω όλες οι ρυθμίσεις που έχω κάνει να αποθηκευτούν, ώστε κάθε φορά που ο δρομολογητής ξεκινάει (power on) να φορτώνονται αυτόματα, δίνω την εντολή *copy running-config startup-config* (σε κατάσταση “Privileged Mode”), ώστε οι «τρέχουσες ρυθμίσεις» να αποθηκευτούν στη μνήμη NVRAM του δρομολογητή.

## 6.10 ΜΑΘΗΜΑ 10 : Γνωριμία με το περιβάλλον CLI – μέρος 2<sup>ο</sup>

Στο δεύτερο μέρος του μαθήματος γίνεται **πρακτική εφαρμογή** των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων **εντολών σε περιβάλλον CLI**, όπως είναι η εφαρμογή ρυθμίσεων IP στις διεπαφές δικτύωσης, απόδοση νέου ονόματος στην συσκευή, καθορισμός passwords , και αποθήκευση των όλων ρυθμίσεων στη μνήμη NVRAM.

Έχω ένα έτοιμο παράδειγμα δικτύου, το οποίο έχω φτιάξει προηγουμένως και βρίσκεται στο περιβάλλον εργασίας (workspace) στο δεξιό μέρος (το αριστερό μέρος το χρησιμοποίησα στο πρώτο μέρος του μαθήματος). Αυτό το δίκτυο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Έχω τοποθετήσει όλες τις αναγκαίες δικτυακές συσκευές και υπολογιστές, έχει γίνει η κατάλληλη διασύνδεση με καλώδια, έχουν μπει ετικέτες με τα επιθυμητά ονόματα για τις συσκευές και τις IP διευθύνσεις.

Στους **υπολογιστές – σταθερούς** και **Server-** γίνεται η απόδοση των στατικών ρυθμίσεων IP με το γνωστό τρόπο, δηλ. καρτέλα “Desktop” και εκτέλεση της **εφαρμογής “IP Configuration”**. Για τον Server οι ρυθμίσεις είναι αντίστοιχα 192.168.254.254 , 255.255.255.0 , Gateway η 192.168.254.253. Για τους υπολογιστές PC0 και PC1 οι ρυθμίσεις είναι 172.16.1.1 (και .2), μάσκα 255.255.0.0 και gateway η 172.16.255.254 .

Στους δύο δρομολογητές και στο switch οι ρυθμίσεις θα γίνουν με τη βοήθεια των εντολών σε CLI Mode που διαθέτει το Cisco IOS και που έγινε εκτενής αναφορά στο πρώτο μέρος του μαθήματος.

Ξεκινάω από τον **επάνω δρομολογητή**, «μπαίνω» στο περιβάλλον CLI και εκτελώ τις εντολές διαμόρφωσης των διεπαφών, εφαρμογή στατικής δρομολόγησης, ορισμού password και αλλαγής ονόματος.

```
Router> enable
```

```
Router# configure terminal
```

```
Router(config)# interface fa0/0
```

```
Router(config-if)# ip address 192.168.254.253 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)# no shutdown
```

```

Router(config-if)# interface se0/0/0
Router(config-if)# ip address 10.10.10.6 255.255.255.252
Router(config-if)# clock rate 1000000
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# exit
Router(config)# ip route 172.16.0.0 255.255.0.0 se0/0/0
Router(config)# enable secret r0cisco
Router(config)# hostname R0-ISP
R0-ISP(config)# exit
R0-ISP# copy running-config startup-config

```

Αντίστοιχα οι εντολές για τον **κάτω δρομολογητή** έχουν ως εξής:

```

Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# interface fa0/0
Router(config-if)# ip address 172.16.255.254 255.255.0.0
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# interface se0/0/0
Router(config-if)# ip address 10.10.10.5 255.255.255.252
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# exit
Router(config)# ip route 192.168.254.0 255.255.255.0 se0/0/0
Router(config)# enable secret r1cisco
Router(config)# hostname R1-Central
R1-Central(config)# exit
R1-Central# copy running-config startup-config

```

Και για να είναι **εφικτή η σύνδεση** στο περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή από μακρινό υπολογιστή με την **εντολή “telnet 172.16.255.254”**, πρέπει να έχει οριστεί κωδικός πρόσβασης στις «γραμμές εικονικών τερματικών» (**vty** – virtual terminal lines):

```

R1-Central# configure terminal
R1-Central(config)# line vty 0 15
R1-Central(config-line)# password vtycisco
R1-Central(config-line)# login
R1-Central(config-line)# exit
R1-Central(config)# exit
R1-Central# copy running-config startup-config

```

Τέλος, για το **switch** οι εντολές ρυθμίσεων είναι οι ακόλουθες (εξ' αρχής όλες οι θύρες του switch ανήκουν στο vlan1 και μπορώ να θέσω IP Address στο «εικονικό» interface vlan1):

```

Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch(config)# interface vlan1
Switch(config-if)# ip address 172.16.254.1 255.255.0.0
Switch(config-if)# no shutdown
Switch(config-if)# exit
Switch(config)# enable secret s1cisco
Switch(config)# line vty 0 15
Switch(config-line)# password vtycisco
Switch(config-line)# login

```

```
Switch(config-line)# exit
Switch(config)# hostname S1-Central
S1-Central(config)# exit
S1-Central# copy running-config startup-config
```

Τώρα είναι τα πάντα έτοιμα και ρυθμισμένα, οπότε μπορώ να προβώ σε έλεγχο επικοινωνίας από άκρη σε άκρη με τη χρήση των εντολών ping, με το εργαλείο “Simple PDU Test”, με την εφαρμογή “Web Browser” των PC0 και PC1 προς τον Server βάζοντας ως url την IP Address του Server (δηλ. την 192.168.254.254).

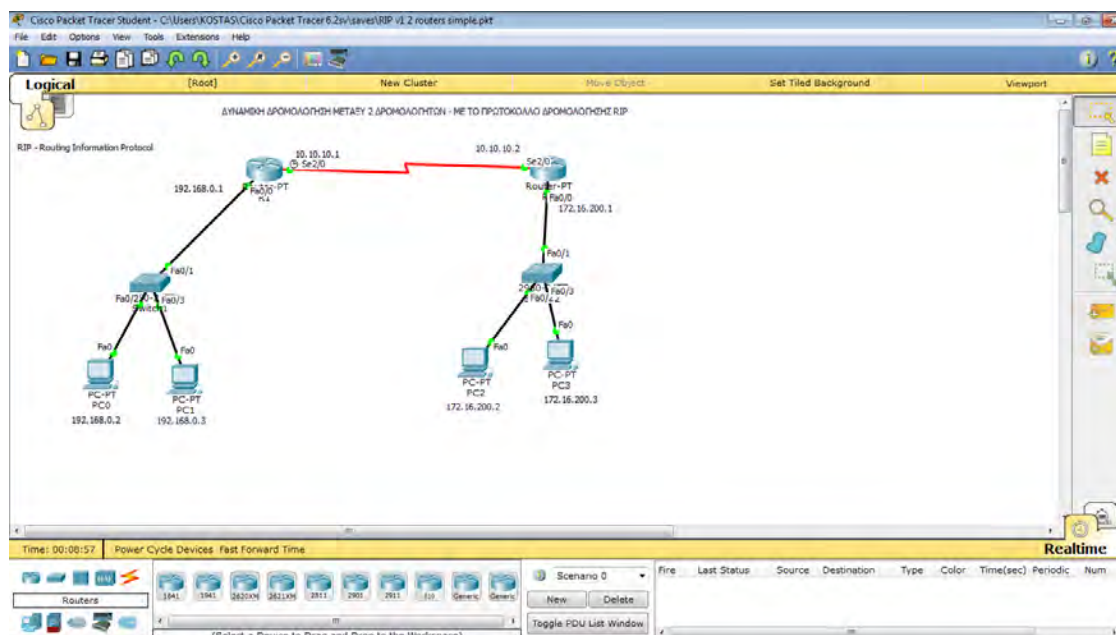
Τέλος, δοκιμάζω να συνδεθώ στον κάτω δρομολογητή και στο switch από τον υπολογιστή PC0 ή PC1 στο περιβάλλον ρυθμίσεών τους, χρησιμοποιώντας την εντολή “telnet 172.16.255.254” (για τον κάτω δρομολογητή) ή την “telnet 172.16.254.1” (για το switch).

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «CLI modes.pkt».

## 6.11 ΜΑΘΗΜΑ 11 : Δυναμική Δρομολόγηση RIP μεταξύ 2 Routers

Σε αυτό το μάθημα γίνεται πρώτα μια εκτενής αναφορά στα πρωτόκολλα δρομολόγησης, τις κατηγορίες και τα είδη, και μετά ξεκινάει το πρώτο παράδειγμα χρήσης του δυναμικού πρωτοκόλλου δρομολόγησης **RIP** (θα ακολουθήσουν ακόμη τρεις περιπτώσεις στα επόμενα μαθήματα).

Δημιουργώ το δίκτυο που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου έχω θέσει στατικές IP ρυθμίσεις στους υπολογιστές και στους δύο δρομολογητές Cisco 1841 και αυτές οι ρυθμίσεις αποτυπώνονται στις ετικέτες (labels) που βρίσκονται δίπλα τους.



Κάθε ένας δρομολογητής συνδέεται με ένα τοπικό δίκτυο διαμέσου της θύρας FastEthernet0/0, όπου για τον αριστερό δρομολογητή το LAN έχει τη διεύθυνση IP 192.168.0.0 /24 (δηλ. είναι

κλάσης C) και για το δεξιό δρομολογητή το LAN έχει τη διεύθυνση IP 172.16.0.0 /16 (δηλ. είναι κλάσης B).

Παρόλο που έχουν τεθεί οι κατάλληλες IP ρυθμίσεις σε όλες τις διεπαφές, εντούτοις **δεν υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των δύο LANs**, διότι ο κάθε δρομολογητής γνωρίζει την ύπαρξη μόνον των δύο δικτύων με τα οποία είναι απευθείας συνδεδεμένος. Δηλ. ο αριστερός δρομολογητής δεν γνωρίζει τίποτα για το δεξιό LAN και, ομοίως, ο δεξιός δρομολογητής δεν γνωρίζει τίποτα για το αριστερό LAN.

Όπως είναι γνωστό από προηγούμενα μαθήματα, **μία λύση** είναι ο διαχειριστής του δικτύου να εφαρμόσει **στατική δρομολόγηση** στους δύο δρομολογητές.

Στο παρόν παράδειγμα, όμως, το ζητούμενο είναι **μόνοι τους οι δύο δρομολογητές** να ανταλλάξουν τις αναγκαίες πληροφορίες και τελικά να αποκτήσουν τη γνώση για όλα τα επιμέρους δίκτυα που υπάρχουν.

Έτσι, σε κάθε δρομολογητή ενεργοποιώ το **πρωτόκολλο δυναμικής δρομολόγησης RIP** (Routing Information Protocol), που είναι κατάλληλο για σχετικά μικρά δίκτυα.

Για να γίνει αυτό, πηγαίνω πρώτα στον **αριστερό δρομολογητή** ( με hostname **Router0**), μπαίνω στο περιβάλλον ρυθμίσεων (**CLI**) και εκτελώ τις ακόλουθες εντολές:

```
Router0> enable
Router0# configure terminal
Router0(config)# router rip
Router0(config)# network 192.168.0.0
Router0(config)# network 10.10.10.0
```

Η τρίτη εντολή είναι αυτή που θέτει σε λειτουργία το δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP (έκδοσης 1 εξ'ορισμού), το οποίο θεωρεί πως όλα τα δίκτυα έχουν IP ρυθμίσεις σύμφωνα με τις standard κλάσεις (A, B, C) . Οι επόμενες δύο εντολές ορίζουν τα δύο δίκτυα ( classful) με τα οποία είναι απευθείας συνδεδεμένος ο δρομολογητής, ώστε αυτά να κάνει advertise στους άλλους δρομολογητές. Επίτηδες, στη δεύτερη εντολή «ενημέρωσης» για το δίκτυο, αντί να ορίσω το δίκτυο ως 10.0.0.0 το έβαλα ως 10.10.10.0 . Το πρωτόκολλο RIP, όμως, το θεωρεί ως δίκτυο κλάσης A, άρα το εκλαμβάνει ως δίκτυο 10.0.0.0 /8.

Με παρόμοιο τρόπο, **στο δεξιό δρομολογητή** (με hostname **Router1**) δίνω τις παρακάτω εντολές στο περιβάλλον CLI:

```
Router1> enable
Router1# configure terminal
Router1(config)# router rip
Router1(config)# network 172.16.0.0
Router1(config)# network 10.0.0.0
Router1(config)# exit
```

Αφού έχει ενεργοποιηθεί το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP και στους δύο δρομολογητές, ο **κάθε δρομολογητής στέλνει ανά τακτά χρονικά διαστήματα** (των 30 δευτερολέπτων) στο γειτονικό του δρομολογητή πληροφορίες με **τις εγγραφές που περιέχει ο δικός του πίνακας δρομολόγησης**, όποτε έτσι μετά από λίγο έχουν πληροφορηθεί και οι δύο δρομολογητές για την ύπαρξη του τρίτου δικτύου –που πριν δεν γνώριζαν- καθώς και από ποιο δρόμο θα πάνε τα πακέτα που θα έχουν ως προορισμό το δίκτυο αυτό.

Αν εκτελέσω στο δεξιό δρομολογητή την **εντολή “show ip route”** θα δω την εξής εικόνα:



```
R2
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Press RETURN to get started!

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial2/0, changed state to up

Router>
Router>
Router>enable
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
C    172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
R    192.168.0.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, 00:01:33, Serial2/0
Router#
```

Στον πίνακα δρομολόγησης υπάρχει μια νέα καταχώρηση, με την πληροφορία «**R 192.168.0.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, Serial2/0**», που σημαίνει πως αποτελεί μια εγγραφή δυναμικής δρομολόγησης RIP, και για να πάει ένα πακέτο στο δίκτυο προορισμού 192.168.0.0 (που θεωρείται κλάσης C) θα περάσει μέσα από τη διεπαφή Serial2/0 (που οδηγεί απέναντι στη διεπαφή με την IP Address 10.10.10.1). Το ζεύγος τιμών [120/1] αφορά τη «**διαχειρίσιμη απόσταση**» (Administrative Distance – AD) που είναι 120 και το «βήμα» (hop) δηλ. την απόσταση από τον τρέχων δρομολογητή μέχρι εκείνον στον οποίο συνδέεται απευθείας το δίκτυο 192.168.0.0/24, που είναι 1 (βήμα). Η τιμή AD=120 είναι standard για το πρωτόκολλο RIP.

Αν θελήσω να παρακολουθήσω τη διαδικασία της ανταλλαγής πληροφοριών (advertise) μεταξύ των δύο δρομολογητών, στο περιβάλλον CLI του ενός δρομολογητή εκτελώ την εντολή “**debug ip rip**” σε κατάσταση λειτουργίας privileged.

Αυτές οι ανταλλαγές πληροφόρησης λαμβάνουν χώρα ανά 30 δευτερόλεπτα περίπου. Αν θελήσω να σταματήσει στο περιβάλλον CLI αυτή η «πληροφόρηση» περί της ανταλλαγής ενημερώσεων, πληκτρολογώ την εντολή “**no debug ip rip**” ή “**undebug all**”.

```
Router>
Router>
Router>
Router>en
Router#
Router#
Router#debug ip rip
RIP protocol debugging is on
Router#
Router#
Router#RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via FastEthernet0/0
(172.16.200.1)
RIP: build update entries
network 10.0.0.0 metric 1
RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via Serial2/0 (10.10.10.2)
RIP: build update entries
network 172.16.0.0 metric 1
RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via FastEthernet0/0 (172.16.200.1)
RIP: build update entries
network 10.0.0.0 metric 1
RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via Serial2/0 (10.10.10.2)
RIP: build update entries
network 172.16.0.0 metric 1
undebug all
All possible debugging has been turned off
Router#
Router#
```

Τώρα είναι ολοκληρωμένη η υλοποίηση αυτή του δικτύου και αν δοκιμάσω την επικοινωνία από άκρη σε άκρη θα διαπιστώσω πως όλα λειτουργούν κανονικά.

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ipconfig

FastEthernet0 Connection: (default port)

Link-local IPv6 Address.....: FE80::205:5EFF:FECC:DE75
IP Address.....: 172.16.200.2
Subnet Mask.....: 255.255.0.0
Default Gateway.....: 172.16.200.1

PC>ping 192.168.0.2

Pinging 192.168.0.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=12ms TTL=126
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 12ms, Average = 4ms

PC>
```



Στο περιβάλλον ρυθμίσεων (CLI) του *δρομολογητή* R3 (με hostname **Router3**) εκτελώ τις ακόλουθες εντολές:

```
Router3> enable
Router3# configure terminal
Router3(config)# router rip
Router3(config)# network 192.168.1.0
Router3(config)# network 11.0.0.0
Router3(config)# exit
```

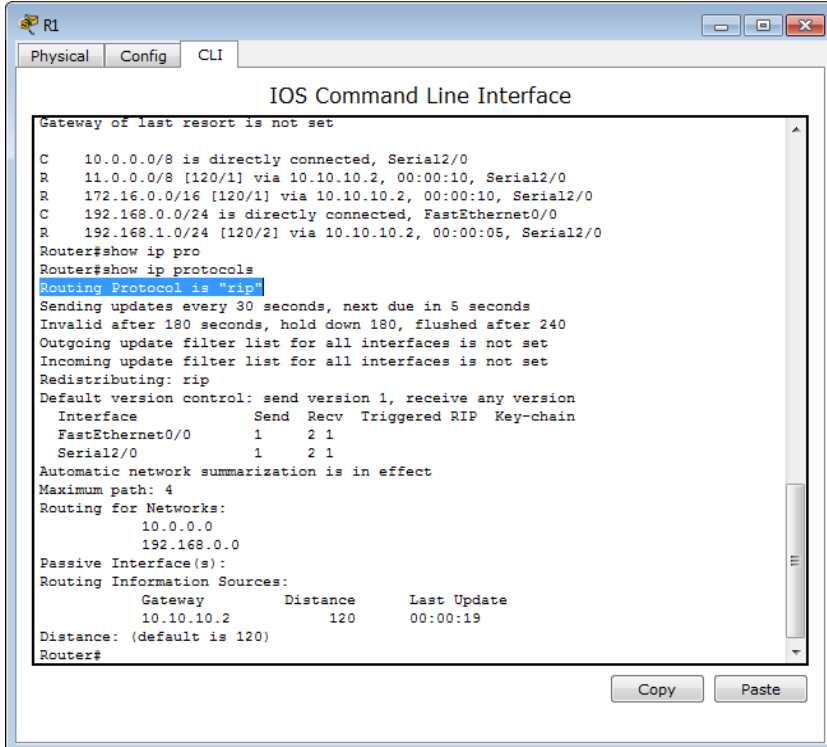
Στο *δρομολογητή* R2 πηγαίνω στο περιβάλλον ρυθμίσεων CLI και εκτελώ τις εξής εντολές:

```
Router1> enable
Router1# configure terminal
Router1(config)# router rip
Router1(config)# network 11.0.0.0
Router1(config)# exit
```

Τώρα όλα είναι έτοιμα. Εντός ολίγου ξεκινάει οι ανταλλαγές πληροφοριών περί των εγγραφών στους πίνακες δρομολόγησης που έχει ο κάθε ένας δρομολογητής, αυτοί γνωστοποιούνται σε όλους τους γειτονικούς δρομολογητές, γίνεται ενημέρωση – προσθήκη νέας καταχώρισης στον πίνακα- και τελικά **ο κάθε δρομολογητής θα έχει συνολικά 5 καταχωρήσεις στον πίνακα δρομολόγησής του**, μιας και το όλο δίκτυο περιέχει 5 επιμέρους δίκτυα: το 192.168.0.0/24 , το 10.0.0.0/8, το 172.16.0.0/16, το 11.0.0.0/8 και το 192.168.1.0/24.

Ελέγχοντας την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων του δικτύου είτε με την εντολή ping είτε με το εργαλείο “Simple PDU Test” επιβεβαιώνομαι για τη σωστή λειτουργία του.

Επιπλέον εντολές σε CLI με πληροφορίες για το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP είναι οι ακόλουθες: “*show ip protocols*” και “*show protocols*”.



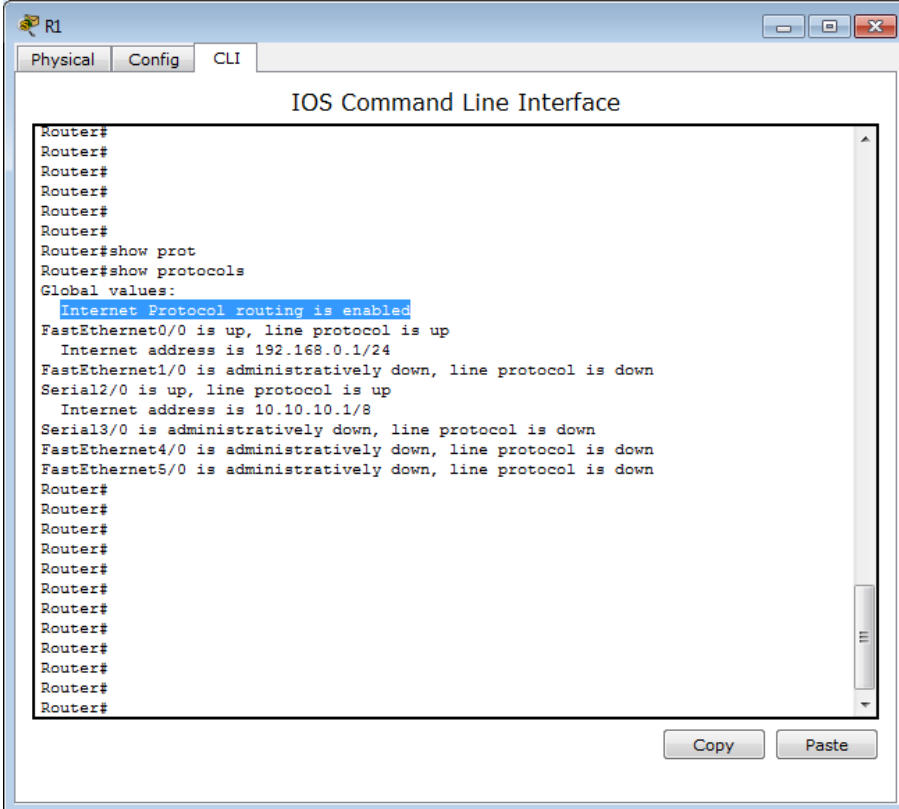
```
Gateway of last resort is not set

C 10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
R 11.0.0.0/8 [120/1] via 10.10.10.2, 00:00:10, Serial2/0
R 172.16.0.0/16 [120/1] via 10.10.10.2, 00:00:10, Serial2/0
C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R 192.168.1.0/24 [120/2] via 10.10.10.2, 00:00:05, Serial2/0
Router#show ip pro
Router#show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 5 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send Recv Triggered RIP Key-chain
  FastEthernet0/0      1    2  1
  Serial2/0           1    2  1
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    10.0.0.0
    192.168.0.0
  Passive Interface(s):
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    10.10.10.2      120          00:00:19
  Distance: (default is 120)
Router#
```

Εκτελώντας για παράδειγμα στο δρομολογητή R1 την εντολή “show ip protocols” (όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα) βλέπω διάφορες ενημερωτικές πληροφορίες, όπως ότι το

«ενεργό πρωτόκολλο δρομολόγησης είναι το RIP», ότι κάθε 30 seconds γίνονται updates (δηλ. στέλνει εκ νέου ο κάθε δρομολογητής στους γειτονικούς του ολόκληρο τον πίνακα δρομολόγησης που έχει εκείνη τη στιγμή), ότι η έκδοση του RIP είναι η «1», ότι τα δίκτυα 10.0.0.0 και 192.168.0.0 «αποστέλλονται ως advertisement» και άλλες πληροφορίες.

Ομοίως, η εντολή “show protocols” παρουσιάζει πληροφορίες για τις διεπαφές του δρομολογητή, όπως αν είναι ενεργές (up) και ποια είναι η IP διεύθυνσή τους.



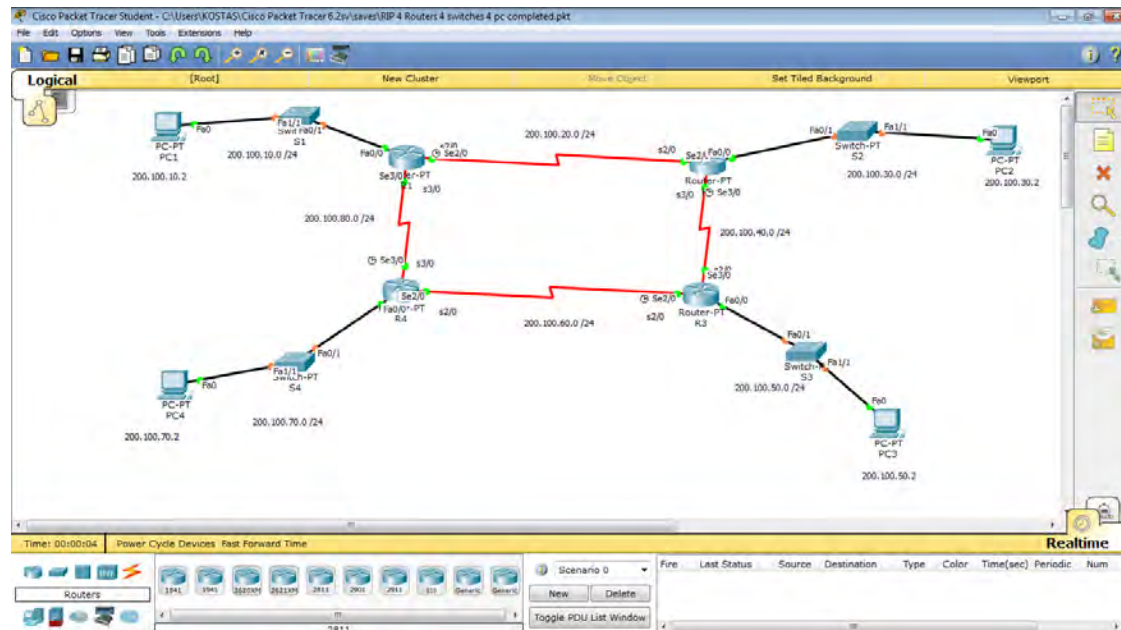
```
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#show prot
Router#show protocols
Global values:
Internet Protocol routing is enabled
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.168.0.1/24
FastEthernet1/0 is administratively down, line protocol is down
Serial2/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 10.10.10.1/8
Serial3/0 is administratively down, line protocol is down
FastEthernet4/0 is administratively down, line protocol is down
FastEthernet5/0 is administratively down, line protocol is down
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
```

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «RIP v1 using 3 routers.pkt».

### 6.13 ΜΑΘΗΜΑ 13 : Δυναμική Δρομολόγηση RIP μεταξύ 4 Routers και Εξισορρόπηση κίνησης.

Όπως και πριν, έτσι και εδώ έχουμε μια *επέκταση-προσθήκη του προηγούμενου παραδείγματος*, όπου προστίθεται ένας ακόμη δρομολογητής με τέτοιο τρόπο, όμως, ώστε να σχηματίζεται τοπολογία δακτυλίου. Το ζητούμενο εδώ είναι να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της διαδρομής όταν οι δύο εμπλεκόμενοι κόμβοι *αποστολέας-παραλήπτης* βρίσκονται σε «διαγωνίως» αντικριστά δίκτυα. Δηλ. στο παράδειγμα δικτύου που έχει υλοποιηθεί εδώ και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, ο υπολογιστής PC1 που βρίσκεται στο δίκτυο 200.100.10.0

/24 (αυτό που είναι **αριστερά από το δρομολογητή R1**) μπορεί να αποστείλει πακέτα με προορισμό τον υπολογιστή PC3 που βρίσκεται στο δίκτυο 200.100.50.0 /24 (βρίσκεται **δεξιά από το δρομολογητή R3**) είτε από το «άνω μονοπάτι» (R1 -> R2 -> R3) είτε από το «κάτω» μονοπάτι (R1 -> R4 -> R3).



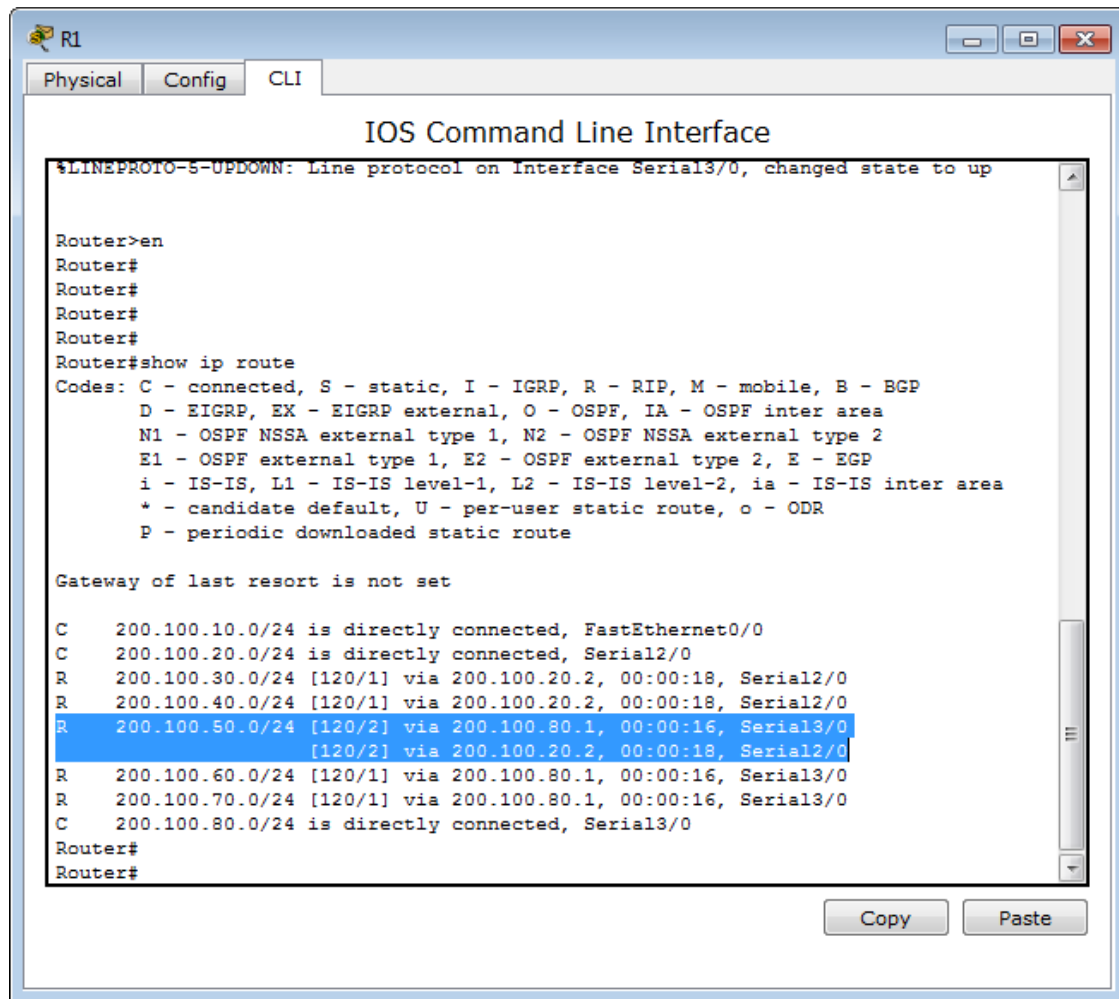
Το όλο δίκτυο αποτελείται από **8 επιμέρους δίκτυα**. Σε κάθε δρομολογητή συνδέονται απευθείας πάνω τους 3 δίκτυα ενώ για τα υπόλοιπα 5 «πληροφορείται την ύπαρξή τους» από τους γειτονικούς του δρομολογητές με τη βοήθεια του πρωτοκόλλου δρομολόγησης RIP.

Έτσι, εκτελώντας στο δρομολογητή R1 σε κατάσταση CLI την εντολή “**show ip route**” η οποία **εμφανίζει τον πίνακα δρομολόγησης**, παρατηρώ πως για το δίκτυο-προορισμό 200.100.50.0 /24 **υπάρχουν 2 καταχωρήσεις** με την ίδια τιμή metric ( [120/2] ).

**Η μία καταχώρηση** αναφέρει πως για τον προορισμό αυτόν τα πακέτα θα εξέρχονται από τη διεπαφή **Serial3/0** προς τον επόμενο κόμβο που έχει την IP Address 200.100.80.1 (δηλ. προς το δρομολογητή R4 – «η κάτω πορεία»), ενώ **η άλλη καταχώρηση** αναφέρει πως για τον ίδιο προορισμό τα πακέτα θα εξέρχονται από τη διεπαφή **Serial2/0** προς τον επόμενο κόμβο που έχει την IP Address 200.100.20.2 (δηλ. προς το δρομολογητή R2 – «η πάνω πορεία»).

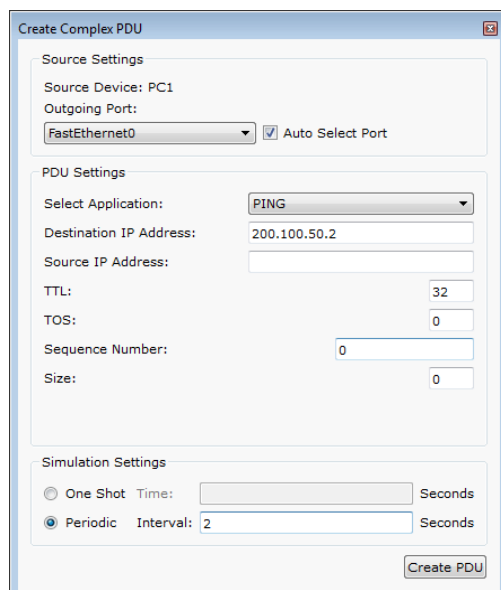
Κατά τα άλλα, συνολικά έχει ο πίνακας δρομολόγησης καταχωρήσεις για 8 δίκτυα, όπου τα 3 είναι “**Connected**” (δηλ. απευθείας συνδεδεμένα στο δρομολογητή) και τα υπόλοιπα 5 είναι “**Rip**” (δηλ. πληροφορία που προήλθε από τη χρήση του πρωτοκόλλου RIP).

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται όλα αυτά που μόλις αναλύθηκαν.



Μπορώ με γραφικό τρόπο να διαπιστώσω πως σε κάθε αποστολή πακέτων από το PC1 προς PC3 τη μία φορά επιλέγεται το «άνω δρομολόγιο» και την επόμενη φορά επιλέγεται το «κάτω δρομολόγιο».

Πηγαίνω σε λειτουργία “*Simulation Mode*” και επιλέγω το εργαλείο “*Complex PDU Test*”.



Με το ποντίκι κάνω κλικ πάνω στο εικονίδιο του PC1. Αμέσως ανοίγει το παράθυρο του “Complex PDU Test” και ορίζω τα ακόλουθα: ως “*Application*” θέτω το PING, ως “*Destination IP Address*” βάζω τη διεύθυνση IP του PC3 (δηλ. την 200.100.50.2), ως “*Sequence Number*” βάζω 0, και ως “*Simulation Settings*” θέτω στο «Periodic Interval» την τιμή 2 Seconds. Στο τέλος κάνω κλικ στο *κουμπί “Create PDU”*.

Στο παράθυρο “Simulation Panel” κάνω κλικ στο κουμπί “Auto Capture / Play” για να ξεκινήσει η προσομοίωση. Εκεί πράγματι παρατηρώ πως τα πακέτα τη μία φορά ακολουθούν την «πάνω διαδρομή» και την επόμενη φορά ακολουθούν την «κάτω διαδρομή».

Αυτό σημαίνει πως γίνεται αυτόματα «*διαμοιρασμός του φορτίου κίνησης*» (ή όπως αλλιώς λέγεται «*εξισορρόπηση φορτίου*»).

Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της αλλαγής συμπεριφοράς του δικτύου, όταν για κάποιο λόγο «πέσει» μια σύνδεση ανάμεσα σε 2 δρομολογητές. Για παράδειγμα, αν «αφαιρέσω» τη γραμμή σύνδεσης ανάμεσα στο δρομολογητή R2 και στο δρομολογητή R3 και μετά εφαρμόσω την ίδια προσομοίωση που έκανα προηγουμένως, θα παρατηρήσω πως τα πακέτα κινούνται από το ένα πια και μοναδικό μονοπάτι που συνδέει τον υπολογιστή PC1 με τον υπολογιστή PC3, και αυτό είναι R1->R4->R3.

Χάρη στο πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP οι δρομολογητές πληροφορήθηκαν την αλλαγή που έγινε στο δίκτυο, αφού στα επόμενα RIP Updates έλαβαν από τους δρομολογητές R2 και R3 «ενημερωμένους» πίνακες δρομολόγησης, όπου απουσίαζε η καταχώρηση για το δίκτυο 200.100.40.0 /24, και έτσι «άλλαξαν» και σε αυτούς οι δικοί τους πίνακες δρομολόγησης.

Μπορώ και εδώ να δοκιμάσω την εντολή “show ip protocols” σε κάθε δρομολογητή και να μελετήσω τις πληροφορίες που παρουσιάζονται.

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «RIP 4 routers 4 switches 4 pc.pkt».

## **6.14 ΜΑΘΗΜΑ 14 : Δυναμική Δρομολόγηση με το πρωτόκολλο RIP version 2 , Διασύνδεση 4 υποδικτύων με χρήση δύο δρομολογητών.**

Στα τρία προηγούμενα μαθήματα έγινε παρουσίαση του πρωτοκόλλου δρομολόγησης RIP και στα αντίστοιχα παραδείγματα δικτύων *χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 1 του πρωτοκόλλου RIP* (ή όπως αλλιώς γράφεται πιο σύντομα - *RIPv1*). Αυτό δε δημιουργεί κάποιο πρόβλημα όταν όλα τα διασυνδεδεμένα δίκτυα ακολουθούν την standard μάσκα υποδικτύου που ορίζει ο «πρώτος» αριθμός της IP Address του δικτύου (classfull περίπτωση).

Όταν όμως γίνεται χρήση υποδικτύωσης, οπότε έχουμε διασκορπισμένα στο όλο δίκτυο κάποια επιμέρους υποδίκτυα της ίδιας αρχικής classfull περίπτωσης δικτύου, τότε τα πράγματα δεν λειτουργούν όπως πρέπει. Σε αυτή την περίπτωση *χρησιμοποιείται η βελτιωμένη “classless” έκδοση του πρωτοκόλλου RIP*, που είναι η έκδοση 2 (*RIPv2*).

Για να το δω αυτό, πρώτα δημιουργώ *ένα παράδειγμα δικτύου που περιλαμβάνει δύο δρομολογητές “Router-PT”* (ο οποίος τύπος δρομολογητή έχει 4 διεπαφές FastEthernet και 2 διεπαφές Serial) που βρίσκονται μακριά ο ένας από τον άλλον και γι’ αυτό συνδέονται μεταξύ τους με μια σύγχρονη σειριακή σύνδεση (π.χ. μισθωμένη γραμμή). Σε κάθε δρομολογητή

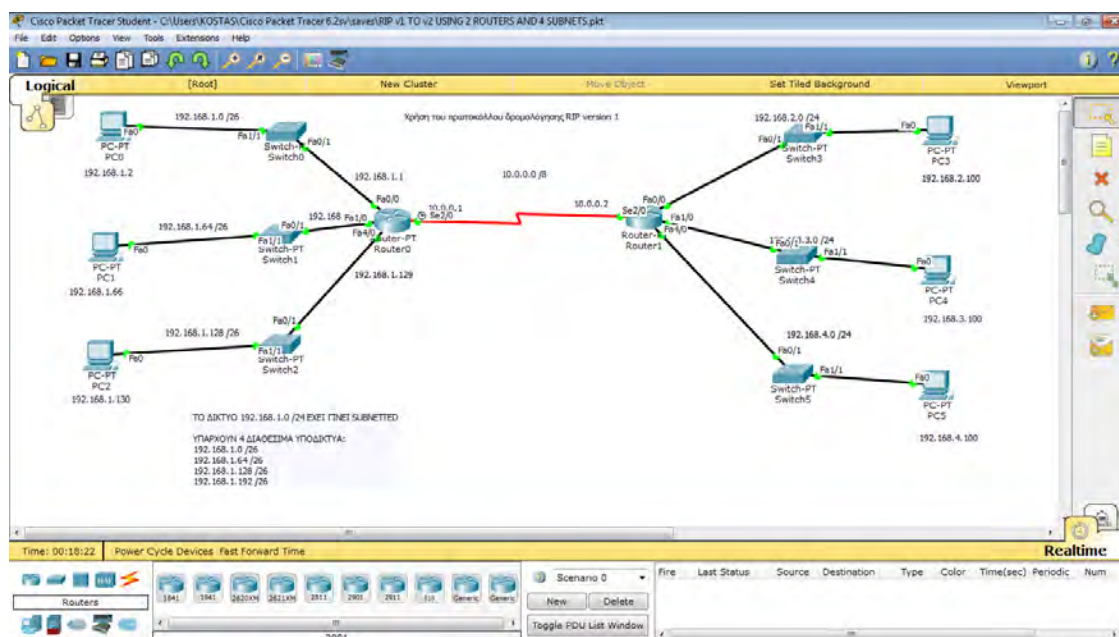


συνδέονται απευθείας 3 ξεχωριστά δίκτυα Ethernet. Έτσι, συνολικά υπάρχουν 6 δίκτυα Ethernet (3 αριστερά και 3 δεξιά).

Στον **αριστερό δρομολογητή**, όμως, τα 3 ξεχωριστά δίκτυα Ethernet είναι **υποδίκτυα** του ίδιου αρχικού “classful” δικτύου, αυτού που έχει την IP Address 192.168.1.0 /24.

**Έχω δημιουργήσει**, λοιπόν, στο αριστερό τμήμα του παραδείγματος δικτύου **3 υποδίκτυα**: το 192.168.1.0 /26 , το 192.168.1.64 /26 και το 192.168.1.128 /26.

Στο **δεξιό δρομολογητή** τα 3 δίκτυα Ethernet που συνδέονται σε αυτόν είναι: το 192.168.2.0 /24, το 192.168.3.0 /24 και το 192.168.4.0 /24.



Όπως θα διαπιστώσω, δεν θα υπάρχει κανένα πρόβλημα επικοινωνίας επειδή τυχαίνει **τα 3 ξεχωριστά υποδίκτυα να βρίσκονται «μαζεμένα» στην ίδια πλευρά**, δηλ. στον αριστερό δρομολογητή Router0.

Έχω δημιουργήσει το παραπάνω δίκτυο (όπως φαίνεται στην εικόνα), έχω ορίσει σε όλες τις διεπαφές τις κατάλληλες IP ρυθμίσεις, όπως αυτές φαίνονται στις ετικέτες δίπλα στις διεπαφές, και απομένει να ενεργοποιήσω στους δύο δρομολογητές το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP. **Για τα 3 αριστερά υποδίκτυα** ως μάσκα ορίζεται η 255.255.255.192 (ή αλλιώς /26) και default gateway η πρώτη διαθέσιμη IP Address σε κάθε υποδίκτυο, δηλ. για το πρώτο υποδίκτυο είναι η 192.168.1.1 , για το δεύτερο υποδίκτυο είναι η 192.168.1.65 και για το τρίτο είναι η 192.168.1.129.

Πριν την ενεργοποίηση του πρωτοκόλλου RIP **ο πίνακας δρομολόγησης** του κάθε δρομολογητή **θα περιλαμβάνει 4 καταχωρήσεις** που έχουν να κάνουν με τα 4 απευθείας πάνω του (“directly connected”) συνδεδεμένα δίκτυα (ή υποδίκτυα). Για παράδειγμα, για το δρομολογητή Router0 ο πίνακας δρομολόγησης (Routing Table) είναι ο ακόλουθος:

```
Router0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router>en
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
     192.168.1.0/26 is subnetted, 3 subnets
C      192.168.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      192.168.1.64 is directly connected, FastEthernet1/0
C      192.168.1.128 is directly connected, FastEthernet4/0
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#
```

Πηγαίνω, πρώτα, στο *δρομολογητή Router0* για να ενεργοποιήσω το πρωτόκολλο RIP και να δηλώσω ποια δίκτυα θα «δημοσιεύονται» προς την άλλη πλευρά. Είμαι σε CLI mode και εκτελώ τις ακόλουθες εντολές:

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# hostname R0
R0(config)# router rip
R0(config-router)# network 10.0.0.0
R0(config-router)# network 192.168.1.0
R0(config-router)# network 192.168.1.64
R0(config-router)# network 192.168.1.128
R0(config-router)# exit
R0(config)# exit
```

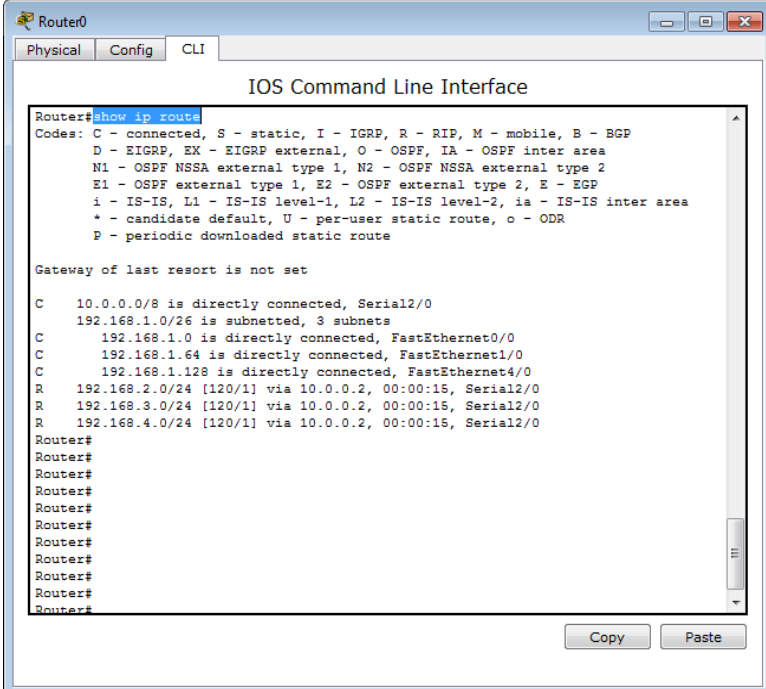
Ομοίως, πηγαίνω και στο *δεξιό δρομολογητή Router1* και εκτελώ τις εξής εντολές σε CLI mode:

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# hostname R1
R1(config)# router rip
R1(config-router)# network 10.0.0.0
R1(config-router)# network 192.168.2.0
R1(config-router)# network 192.168.3.0
R1(config-router)# network 192.168.4.0
R1(config-router)# exit
```

R1(config)# exit

Με την εντολή “*show ip route*” βλέπω ξανά σε κάθε δρομολογητή τον αντίστοιχο πίνακα δρομολόγησης που έχει «ενημερωθεί» καταλλήλως.

Για τον *αριστερό δρομολογητή* ο «ενημερωμένος» πίνακας δρομολόγησης έχει ως εξής:

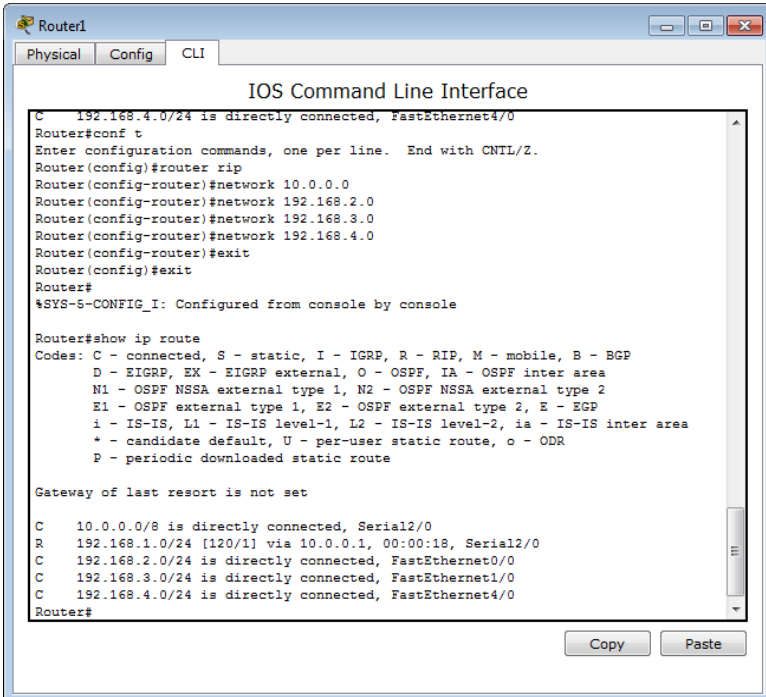


```
Router0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
     192.168.1.0/26 is subnetted, 3 subnets
C       192.168.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.1.64 is directly connected, FastEthernet1/0
C       192.168.1.128 is directly connected, FastEthernet4/0
R     192.168.2.0/24 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:15, Serial2/0
R     192.168.3.0/24 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:15, Serial2/0
R     192.168.4.0/24 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:15, Serial2/0
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
```

Για το *δεξιό δρομολογητή* ο «ενημερωμένος» πίνακας δρομολόγησης έχει ως εξής:



```
Router1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
C    192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet4/0
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router rip
Router(config-router)#network 10.0.0.0
Router(config-router)#network 192.168.2.0
Router(config-router)#network 192.168.3.0
Router(config-router)#network 192.168.4.0
Router(config-router)#exit
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

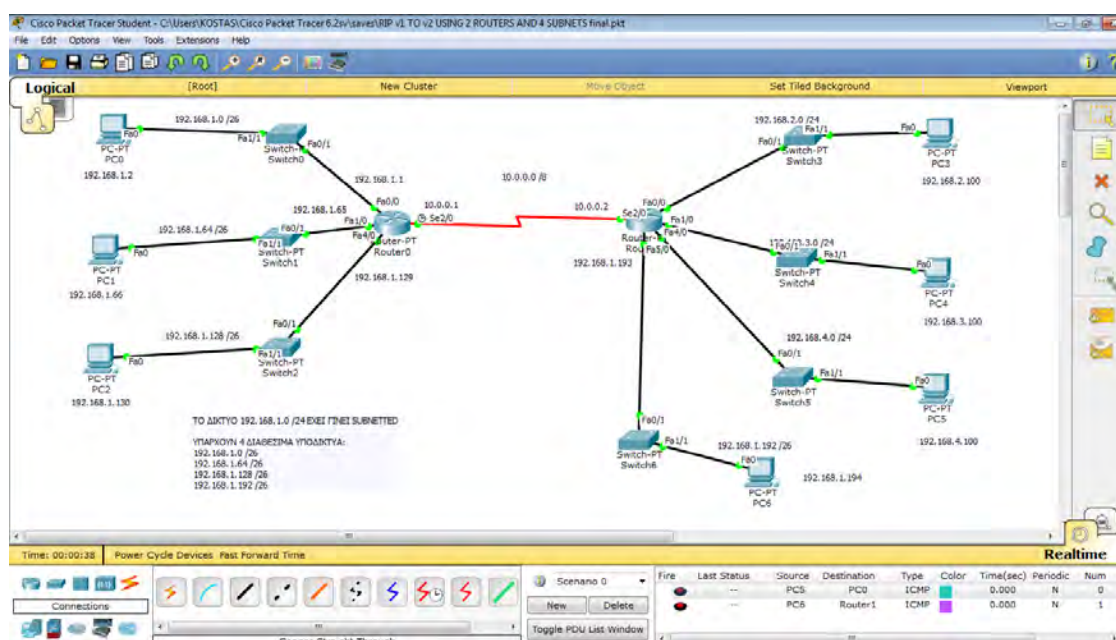
Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
R     192.168.1.0/24 [120/1] via 10.0.0.1, 00:00:18, Serial2/0
C     192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C     192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C     192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet4/0
Router#
```

Παρατηρώ πως ενώ στον πίνακα δρομολόγησης του **αριστερού δρομολογητή** υπάρχουν **3 καταχωρήσεις με την ένδειξη «R»** (δηλ. γνωστοποίηση μέσω RIP), στον πίνακα του **δεξιού δρομολογητή** υπάρχει **μία μόνο καταχώρηση με την ένδειξη «R»**, δηλ τα 3 αριστερά ξεχωριστά υποδίκτυα «φαινονται» ως ένα δίκτυο κλάσης C (δηλ. /24 μάσκας). Όπως αναφέρθηκε αυτό συμβαίνει διότι “by default” σε ισχύ είναι **η έκδοση 1** του πρωτοκόλλου **RIP**, η οποία δεν υποστηρίζει “classless” περιπτώσεις δικτύων.

Δοκιμάζοντας με την εντολή ping ή με το εργαλείο “Simple PDU Test” την **επικοινωνία** μεταξύ οποιωνδήποτε ακραίων κόμβων, **όλα λειτουργούν κανονικά.**

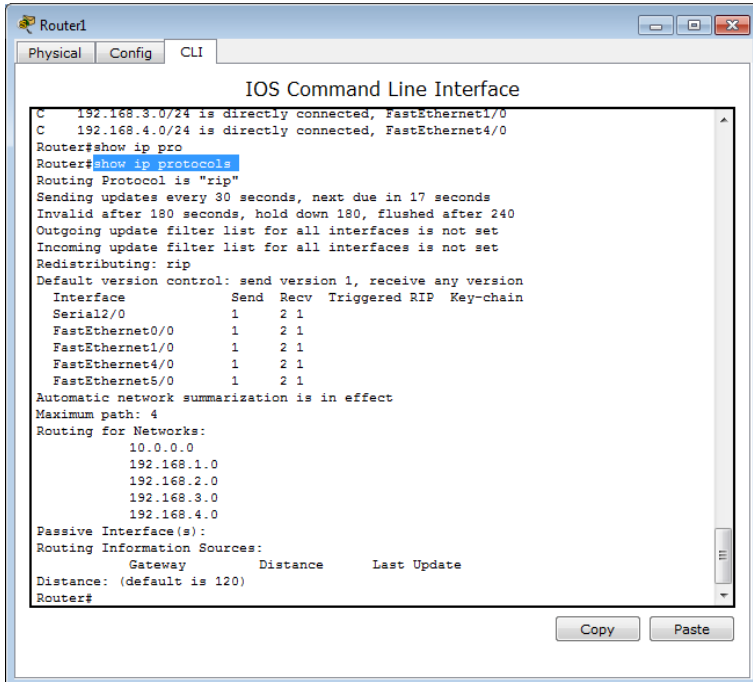
Συνεχίζω το τρέχων παράδειγμα δικτύου και **προσθέτω** στο δεξί δρομολογητή **ένα καινούργιο δίκτυο Ethernet** το οποίο αποτελεί το ξεχωριστό υποδίκτυο 192.168.1.192 /26, δηλ. το 4<sup>ο</sup> υποδίκτυο της «αρχικής» περίπτωσης δικτύου κλάσης C 192.168.1.0/24 (δηλ. προσθέτω ένα ακόμη switch το οποίο συνδέεται με την επόμενη διαθέσιμη διεπαφή fast ethernet του δρομολογητή Router1, π.χ την FastEthernet5/0, και προσθέτω έναν υπολογιστή PC6 πάνω στο switch που θα έχει την IP Address 192.168.1.194, την Subnet Mask 255.255.255.192, και default gateway την 192.168.1.193, που είναι η IP Address της διεπαφής Fa5/0 του Router1).



Έτσι, για το **αρχικό δίκτυο κλάσης C** το οποίο είχα «σπάσει» σε 4 υποδίκτυα, έχω τώρα την περίπτωση να έχω τα τρία από αυτά στο αριστερό τμήμα του όλου δικτύου (και συνδεδεμένα στον αριστερό δρομολογητή) και το άλλο υποδίκτυο το έχω συνδέσει στο δεξί δρομολογητή. Φυσικά, θα πρέπει να ενημερώσω το δεξί δρομολογητή να προστεθεί στο πρωτόκολλο RIP η «γνώση» για το νέο δίκτυο (δηλ. το 192.168.1.192 /26), ώστε να «δημοσιεύεται» και αυτό στους γειτονικούς δρομολογητές (εντολές router rip και network 192.168.1.192 στον Router1).

Υπάρχει, έτσι, ένα «παράλογο» φαινόμενο: λόγω του RIPv1, και οι δύο δρομολογητές θεωρούν πως το δίκτυο 192.168.1.0 /24 βρίσκεται στη δική τους πλευρά συνδεδεμένο. Και αν προσπαθήσω να κάνω ping από το νέο PC που βρίσκεται στο υποδίκτυο 192.168.1.192 /26, θα διαπιστώσω πως αυτός δεν μπορεί να επικοινωνήσει με κανέναν από τους υπολογιστές που βρίσκονται στο αριστερό τμήμα (και ανήκουν στο ίδιο αρχικό κλάσης C δίκτυο 192.168.1.0).

Εκτελώντας στον **Router1** την εντολή “*show ip protocols*” βλέπω τις εξής πληροφορίες:



```
Router1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C 192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet4/0
Router#show ip pro
Router#show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 17 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
  Serial2/0          1    2    1
  FastEthernet0/0    1    2    1
  FastEthernet1/0    1    2    1
  FastEthernet4/0    1    2    1
  FastEthernet5/0    1    2    1
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    10.0.0.0
    192.168.1.0
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Passive Interface(s):
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
  Distance: (default is 120)
Router#
```

Δηλ. το ισχύον πρωτόκολλο δρομολόγησης είναι το RIP version 1, και τα δίκτυα που «δημοσιεύονται» είναι τα 10.0.0.0 , 192.168.2.0 , 192.168.3.0 , 192.168.4.0 και το 192.168.1.0, το οποίο υπάρχει και στον αριστερό δρομολογητή Router0.

Η λύση στο πρόβλημα είναι να ενημερώσω και τους δύο δρομολογητές να θέσουν σε εφαρμογή την έκδοση 2 του πρωτοκόλλου RIP , και να «ξαναδώσω» το προς «δημοσίευση» δίκτυα.

Άρα, για το **δρομολογητή Router0** (αριστερός δρομολογητής) δίνω σε CLI mode τις ακόλουθες εντολές:

```
R0> enable
R0# conf t
R0(config)# no router rip
R0(config)# router rip
R0(config-router)# version 2
R0(config-router)# network 10.0.0.0
R0(config-router)# network 192.168.1.0
R0(config-router)# network 192.168.1.64
R0(config-router)# network 192.168.1.128
R0(config-router)# exit
R0(config)# exit
R0#
```

Για το **δρομολογητή Router1** (δεξιός δρομολογητής) δίνω σε CLI mode τις ακόλουθες εντολές:

```
R1> enable
R1# conf t
R1(config)# no router rip
R1(config)# router rip
R1(config-router)# version 2
R1(config-router)# network 10.0.0.0
```

```

R1(config-router)# network 192.168.2.0
R1(config-router)# network 192.168.3.0
R1(config-router)# network 192.168.4.0
R1(config-router)# network 192.168.1.192
R1(config-router)# exit
R1(config)# exit
R1#

```

Με αυτόν τον τρόπο *οι δύο δρομολογητές ενημερώνονται σωστά για όλα τα υποδίκτυα* και δοκιμάζοντας την επικοινωνία μεταξύ όλων των κόμβων μεταξύ τους όλα λειτουργούν κανονικά. Για παράδειγμα, δοκιμάζοντας από τον νέο υπολογιστή PC6 να κάνω ping προς τους υπολογιστές PC0, PC1 και PC2, τα αποτελέσματα είναι successful.

```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ipconfig

FastEthernet0 Connection: (default port)

    Link-local IPv6 Address . . . . . : FE80::206:2AFF:FE85:23BE
    IP Address. . . . . : 192.168.1.194
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.192
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.193

PC>ping 192.168.1.2

Pinging 192.168.1.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 192.168.1.2: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

PC>

```

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «RIP v1 TO v2 using 2 routers and 4 SUBNETS.pkt».

## 6.15 ΜΑΘΗΜΑ 15 : Υλοποίηση Standard Access List σε Δίκτυο

Στα τελευταία τέσσερα μαθήματα έγινε αναφορά στο πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP, το οποίο είναι πολύ δημοφιλές και κατάλληλο για σχετικά μικρά δίκτυα (υπάρχει ο περιορισμός στο

μέγιστο αριθμό βημάτων). Στο 18<sup>ο</sup> μάθημα θα μελετηθεί, επιπλέον, η περίπτωση του πρωτοκόλλου δρομολόγησης OSPF το οποίο εφαρμόζεται σε μεγαλύτερα δίκτυα.

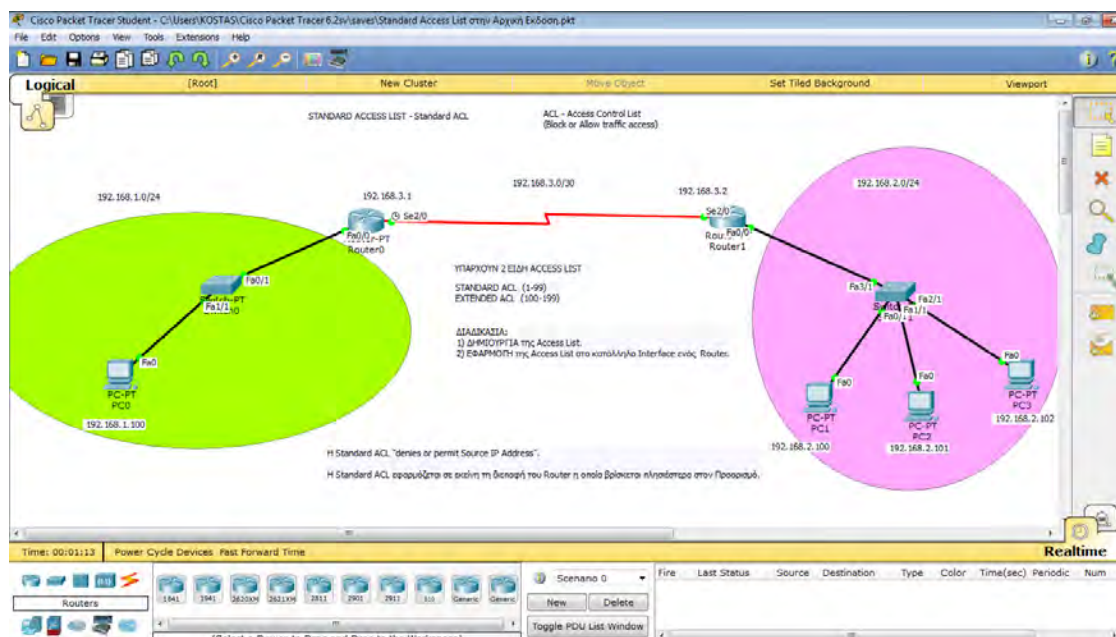
Στο παρόν μάθημα γίνεται αναφορά στις «*Access Control List*» (*ACL*). Αφορά κανόνες που εφαρμόζονται σε κάποιον δρομολογητή και σε συγκεκριμένη διεπαφή του, οι οποίοι κανόνες καθορίζουν ποια εισερχόμενα πακέτα θα επιτρέπεται να διέρχονται (“permit” - forward) ή θα απορρίπτονται (“deny” – reject).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες Access List: η Standard ACL και η Extended ACL.

Η *Standard Access List* εφαρμόζεται σε εκείνη τη διεπαφή του δρομολογητή η οποία βρίσκεται πλησιέστερα στο δίκτυο προορισμού («closest to the destination») για το οποίο θέλουμε να επιτρέπεται ή όχι η πρόσβαση με βάση την Source IP Address του πακέτου.

Η *Extended Access List*, αντίθετα, εφαρμόζεται σε εκείνη τη διεπαφή του δρομολογητή που βρίσκεται πλησιέστερα στην πηγή (δηλ. στο κόμβο αποστολέα) και το φιλτράρισμα γίνεται με βάση το ζευγάρι Source IP Address-Destination IP Address, καθώς και –αν το θελήσω– τον τύπο του ανώτερου πρωτοκόλλου TCP ή UDP ή άλλο πιο ανώτερο.

Στο μάθημα αυτό χρησιμοποιείται ένα έτοιμο παράδειγμα δικτύου με σκοπό να εφαρμοστεί η *περίπτωση της Standard Access List*.



Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, υπάρχουν 3 ξεχωριστά δίκτυα: **το αριστερό LAN** με IP Address 192.168.1.0/24 (το οποίο συνδέεται μέσω switch με τη διεπαφή FastEthernet0/0 του δρομολογητή Router0 που βρίσκεται στο αριστερό μέρος), **το δεξιό LAN** με IP Address 192.168.2.0/24 (το οποίο συνδέεται μέσω switch με το δρομολογητή Router1 που βρίσκεται στο δεξιό μέρος), και τέλος το δίκτυο 192.168.3.0/30 που συνδέει τους δύο δρομολογητές μεταξύ τους (μέσω των διεπαφών Serial2/0).

Έχουν οριστεί οι κατάλληλες IP ρυθμίσεις σε όλες τις διεπαφές και απομένει να οριστεί σε κάθε δρομολογητή **στατική δρομολόγηση** για το δίκτυο που δεν είναι συνδεδεμένο απευθείας πάνω του, δηλ. για τον αριστερό δρομολογητή δίνεται η εντολή “*ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.3.2*” και για το δεξιό δρομολογητή δίνεται η εντολή “*ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.3.1*”.

Έτσι, οι υπολογιστές του αριστερού LAN επικοινωνούν κανονικά με όλους τους υπολογιστές του δεξιού LAN.

Έστω, ότι θέλω για τον υπολογιστή PC1 (που βρίσκεται στο δεξιό LAN) να του απαγορευτεί η πρόσβαση προς το αριστερό LAN 192.168.1.0/24, ενώ για τους υπόλοιπους υπολογιστές του δεξιού LAN να τους επιτρέπεται κανονικά η πρόσβαση.

Αυτό σημαίνει πως **θα εφαρμόσω μία Standard Access List** και αυτή θα εφαρμοστεί στον αριστερό **δρομολογητή Router0** και συγκεκριμένα στη **διεπαφή FastEthernet0/0**, διότι αυτή η διεπαφή συνδέεται απευθείας με το LAN 192.168.1.0/24.

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσω είναι δύο: 1) δημιουργία της access list και 2) εφαρμογή της access list στην κατάλληλη διεπαφή του δρομολογητή. Στο βήμα 1, πρώτα ορίζω τους κανόνες «deny» και στο τέλος τους κανόνες «permit».

Έτσι, οι εντολές που θα εκτελεστούν στον αριστερό δρομολογητή είναι οι ακόλουθες (σημειωτέον πως μπορώ σε κάθε εντολή να δίνω στο τέλος της τον χαρακτήρα “?”, ώστε να εμφανίζεται βοήθεια για την υπόλοιπη σύνταξη της):

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# access-list 1 deny host 192.168.2.101
Router(config)# access-list 1 permit any
Router(config)# int fa0/0
Router(config-if)# ip access-group 1 out
```

Εκτελώντας την εντολή “**show running-config**” σε privileged mode, μπορώ να δω πως στη **διεπαφή FastEthernet0/0** έχει εφαρμοστεί η **access list με αριθμό 1** (οι αριθμοί 1-99 αφορούν standard access list), και πιο κάτω φαίνονται οι «κανόνες» που ορίζει αυτή η λίστα, δηλ. ότι απαγορεύεται (“**deny**”) σε πακέτο που προέρχεται από τον κόμβο-host με την IP Address 192.168.2.101 να εξέλθει από τη διεπαφή fa0/0, ενώ για τους άλλους host να επιτρέπεται η διέλευση (“**permit**”).

Πράγματι, πηγαίνοντας στους υπολογιστές PC1 και PC3 στο περιβάλλον “command prompt” και εκτελώντας την εντολή «**ping 192.168.1.100**» αυτή λειτουργεί με επιτυχία, αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο για τον υπολογιστή PC2.

Αν θελήσω να ορίσω και για τον υπολογιστή PC2 τον ίδιο κανόνα φιλτραρίσματος «deny», **πρέπει να επαναορίσω την Access List** θέτοντας πρώτα τους δύο κανόνες «deny» και μετά τον κανόνα «permit», και μετά να την εφαρμόσω στη διεπαφή FastEthernet0/0.

Κλείνοντας το μάθημα, επεκτείνω το παράδειγμα με την **προσθήκη ενός ακόμη LAN** (με την IP Address δικτύου 192.168.4.0/24) **στον αριστερό δρομολογητή**. Προσθέτω στα πλαίσια της «**στατικής δρομολόγησης**» την καταχώρηση στον πίνακα δρομολόγησης του δεξιού router που έχει να κάνει με το καινούργιο LAN (εντολή “**ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.3.1**”). Επιχειρώντας να δοκιμάσω αν ο υπολογιστής PC2 –που δεν έχει πρόσβαση στο LAN 192.168.1.0/24- μπορεί να επικοινωνήσει με τους υπολογιστές του καινούργιου LAN, διαπιστώνω πως η επικοινωνία αυτή λειτουργεί κανονικά. Πράγματι, το ζητούμενο ήταν ο υπολογιστής PC2 να μην έχει πρόσβαση μόνον προς το δίκτυο 192.168.1.0/24, ενώ οπουδήποτε αλλού να επικοινωνεί κανονικά. Γι’ αυτό το λόγο, η **Standard Access List** έχει οριστεί να εφαρμόζεται «**πλησιέστερα στον προορισμό**» (“**closest to the destination**”).

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «Standard Access List.pkt».





```

Router> enable
Router# conf t
Router(config)# access-list 100 deny ip host 192.168.2.101 192.168.1.0 0.0.0.255
Router(config)# access-list 100 deny ip 192.168.2.102 0.0.0.0 192.168.1.0 0.0.0.255
Router(config)# access-list 100 permit ip any any
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)# ip access-group 100 in
Router(config-if)#exit

```

**Η σύνταξη** των 2 εντολών “deny” access-list *έχει ως εξής*: μετά το όνομα της εντολής ακολουθεί ένας **αριθμός από το 100 έως το 199**, μετά ακολουθεί η **λέξη “deny” ή “permit”** (ανάλογα με το τι επιθυμώ), **ακολουθεί το πρωτόκολλο** για το οποίο θα ισχύσει το “deny” ή το “permit” (π.χ. εδώ βάλουμε γενικά για όλο το πρωτόκολλο ip και οποιοδήποτε ανώτερο), στη συνέχεια ορίζω πρώτα τον **“source”** (κόμβο ή δίκτυο) και μετά τον **“destination”** (κόμβο ή δίκτυο). Ο ορισμός είτε του “source” είτε του “destination” περιλαμβάνει δύο παραμέτρους: **την IP διεύθυνση και τα “wildcard bits”** που ορίζουν αν αναφέρομαι σε κόμβο ή σε δίκτυο. Τα “wildcard bits” είναι ακριβώς το αντίστροφο (inverse) της μάσκας υποδικτύου, δηλ. αν αναφέρομαι σε δίκτυο π.χ. κλάσης C η μάσκα υποδικτύου είναι η 255.255.255.0 ενώ τα “wildcard bits” θα είναι 0.0.0.255. Ομοίως, αν αναφέρομαι σε κόμβο η subnet mask είναι η 255.255.255.255 ενώ τα “wildcard bits” θα είναι 0.0.0.0. Ειδικά για την περίπτωση κόμβου, μπορώ να χρησιμοποιήσω το συνδυασμό «host» και την IP Address του κόμβου, π.χ. host 192.168.2.101.

Για να διαπιστώσω αν το ζητούμενο επιτεύχθηκε, πηγαίνω σε κάθε έναν από τους υπολογιστές PC1, PC2 και PC3 του LAN 192.168.2.0/24 και δοκιμάζω στην εφαρμογή **“Command Prompt”** να κάνω ping προς τον κόμβο 192.168.4.100 και μετά ping προς τον κόμβο 192.168.1.100. Πράγματι, διαπιστώνω πως όλοι οι αυτοί οι υπολογιστές επικοινωνούν με το δίκτυο 192.168.4.0/24, αλλά όσον αφορά το δίκτυο 192.168.1.100/24 επικοινωνεί με αυτό μόνον ο υπολογιστής PC1 (που έχει την IP Address 192.168.2.100), ενώ οι υπολογιστές **PC2** και **PC3** όχι, διότι ο δεξιός δρομολογητής απορρίπτει τα πακέτα τους – τους απαντάει με το μήνυμα «Reply from 192.168.2.1: **Destination host unreachable**».

Έστω, τώρα, πως υπάρχει ένας **Web Server** στο «απαγορευμένο» (για τα PC2 και PC3) LAN 192.168.1.0/24, και επιθυμώ σε αυτόν τον Server να έχουν πρόσβαση όλοι οι υπολογιστές του LAN 192.168.2.0/24 (δηλ. και οι δύο υπολογιστές PC2 και PC3), αλλά να ισχύει η «απαγόρευση» για οτιδήποτε άλλο (άρα να φιλτράρονται π.χ. τα πακέτα του ping είτε προς τον PC0 είτε προς τον Web Server). Τι ενέργειες πρέπει να γίνουν;

Προσθέτω στο κάτω αριστερό LAN έναν υπολογιστή Server, του αποδίδω τις κατάλληλες IP ρυθμίσεις, π.χ. ως IP Address την 192.168.1.254, ως Subnet Mask την 255.255.255.0 και ως Default Gateway την 192.168.1.1. Φροντίζω να είναι ενεργοποιημένες οι υπηρεσίες (services) HTTP και HTTPS.

Πηγαίνω **σε περιβάλλον CLI στο δεξιό δρομολογητή**, όπου θα «καταργήσω» την Extended Access List 100 και θα την επαναορίσω από την αρχή σύμφωνα με τον νέο ζητούμενο στόχο. Οι εντολές που δίνω είναι οι εξής:

```

Router> enable
Router# conf t
Router(config)# no access-list 100

```

```
Router(config)# access-list 100 permit tcp 192.168.2.0 0.0.0.255 192.168.1.254 0.0.0.0 eq 80
Router(config)# access-list 100 permit tcp 192.168.2.0 0.0.0.255 192.168.1.254 0.0.0.0 eq 443
Router(config)# access-list 100 permit ip 192.168.2.0 0.0.0.255 192.168.4.0 0.0.0.255
Router(config-if)#exit
```

Παραμένει από πριν στο δεξιό δρομολογητή σε ισχύ ότι η **Access List 100 θα εφαρμόζεται στα εισερχόμενα (inbound) πακέτα στη διεπαφή FastEthernet0/0**, και όσον αφορά τους κανόνες της λίστας, εννοείται πάντα στο τέλος πως σε ισχύ είναι ο «deny any any», δηλ. πέραν του οτιδήποτε έχει οριστεί να επιτρέπεται (permit), για όλα τα υπόλοιπα από οποιονδήποτε (“any”) αποστολέα προς οποιονδήποτε («any») προορισμό θα έχουμε «deny». Επομένως, όλοι οι υπολογιστές του δικτύου 192.168.2.0/24 επιτρέπεται να **έχουν πλήρη πρόσβαση στο πάνω αριστερό δίκτυο 192.168.4.0 /24**, αλλά όσον αφορά το κάτω αριστερό δίκτυο 192.168.1.0/24 δεν έχουν πλήρη πρόσβαση – μόνον πρόσβαση στον Web Server (192.168.1.254) και μόνον για τα πακέτα που περιέχουν «τμήματα TCP» με θύρα είτε αποστολέα είτε προορισμού την 80 (Http) και την 443 (Https).

Πράγματι, διαπιστώνω με τη **χρήση της εντολής ping** πως οι υπολογιστές PC1, PC2, PC3 κάνουν κανονικά ping με τον υπολογιστή 192.168.4.100, αλλά τα πακέτα απορρίπτονται από το δεξιό δρομολογητή όταν κάνουν ping προς το δίκτυο 192.168.1.0/24 είτε ο προορισμός αφορά τον PC0 (192.168.1.100) είτε αφορά τον Web Server (192.168.1.254). Αντιθέτως, εκτελώντας την εφαρμογή «Web Browser» και οι τρεις υπολογιστές PC1,PC2,PC3 έχουν πρόσβαση στην ιστοσελίδα του Web Server ( και με <http://192.168.1.254> και με <https://192.168.1.254> ).

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «Extended Access List.pkt».

## 6.17 ΜΑΘΗΜΑ 17 : Υλοποίηση του πρωτοκόλλου NAT σε Δρομολογητές

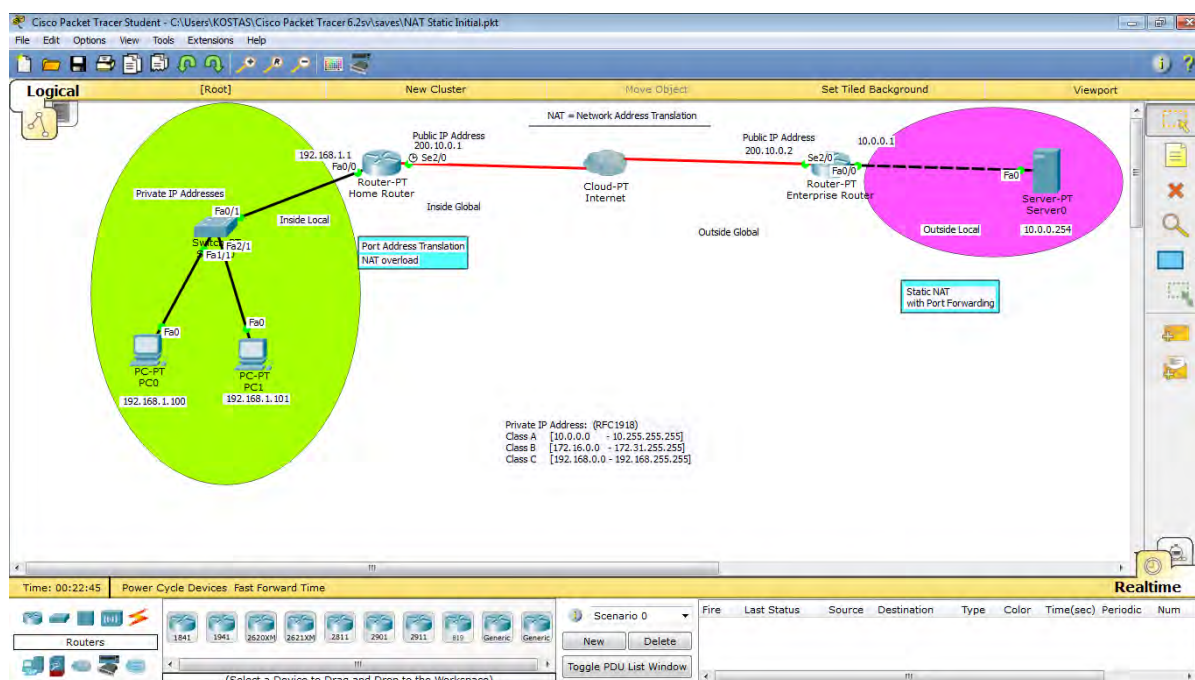
Στο καινούργιο αυτό μάθημα γίνεται αναλυτική παρουσίαση για το **πρωτόκολλο NAT** (Network Address Translation), που αφορά έναν μηχανισμό που διαθέτουν οι δρομολογητές με βάση τον οποίον γίνεται μια **αντιστοίχιση των «εσωτερικών» IP Addresses** (Private IP ή Internal IP ή Local IP) **με μία «εξωτερική ή δημόσια» IP Address** (Public IP ή External IP ή Global IP).

**Οι τύποι NAT** είναι οι εξής : ο στατικός, ο δυναμικός και ο PAT (Port Address Translation).

1. **Στατικός (Static):** Σε αυτόν τον τύπο η **αντιστοίχιση** μεταξύ των ιδιωτικών IP addresses κάθε τοπικού δικτύου καθώς και των δημόσιων IP του Internet **είναι σταθερή**. Χρησιμοποιείται σε servers του τύπου **web/mail servers** των οποίων οι διευθύνσεις είναι σταθερές.
2. **Δυναμικός (Dynamic/pool):** Με τον τύπο αυτό **μια μικρή ομάδα εξωτερικών IP διευθύνσεων** εξυπηρετεί τις εσωτερικές IP χωρίς να αντιστοιχίζονται μία προς μία. Όταν ένας υπολογιστής θέλει να επικοινωνήσει με το Internet αντιστοιχίζεται με την πρώτη ελεύθερη IP της ομάδας των εξωτερικών διευθύνσεων.

3. **PAT (Port Address Translation):** Σε αυτό το τύπο *μια καταχωρημένη (Public) IP διεύθυνση* μπορεί ταυτόχρονα να χρησιμοποιηθεί από πολλούς χρήστες του τοπικού δικτύου μέσω των θυρών TCP / UDP. Η περίπτωση αυτή *εμφανίζεται συχνότερα* από τις άλλες καθώς υποστηρίζει τη μοναδική σύνδεση ενός LAN με το Internet, μέσω π.χ. ενός οικιακού ADSL / VDSL δρομολογητή. Ονομάζεται και «**NAT Overload**» (υπερφόρτωση διευθύνσεων) και αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, αφού μπορούμε να έχουμε πρόσβαση από πολλά PC ενός LAN προς το Internet, αρκεί να υπάρχει έστω και μία δημόσια διεύθυνση Διαδικτύου.

Έχω δημιουργήσει για το μάθημα αυτό, το δίκτυο που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, και έχω αποδώσει σε όλες τις διεπαφές (δρομολογητών και υπολογιστών) τις κατάλληλες IP ρυθμίσεις.



Αριστερά βρίσκεται ένα οικιακό δίκτυο και δεξιά ένα εταιρικό δίκτυο.

Στο *οικιακό δίκτυο* θα εφαρμοστεί (ως δεύτερο σενάριο πειραματισμού) ο τρίτος τύπος του πρωτοκόλλου NAT, δηλ. το «*Port Address Translation με NAT Overload*».

Στο *εταιρικό δίκτυο* θα εφαρμοστεί ο πρώτος τύπος NAT, δηλ. το «*Static NAT*» (πρώτο σενάριο πειραματισμού).

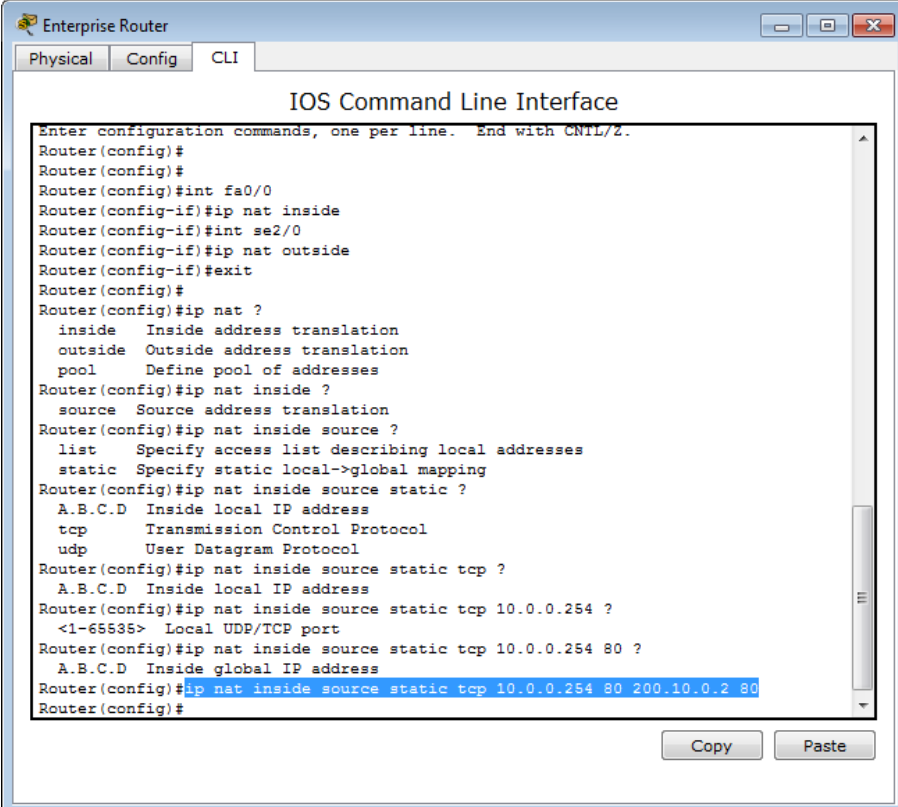
Στους δύο δρομολογητές εφαρμόζουμε *ως στατική δρομολόγηση* την περίπτωση του «Default Route ή *Gateway of last resort*», δηλ. για οποιοδήποτε άγνωστο προορισμό τα πακέτα θα εξέρχονται από μια συγκεκριμένη διεπαφή του δρομολογητή, που στην περίπτωσή μας είναι η Serial2/0. Για να το πετύχω αυτό, εκτελώ και στους δύο δρομολογητές την εντολή “*ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Se2/0*” .

Ως *πρώτο σενάριο* στο μάθημα αυτό, θέλω όποτε κάποιος υπολογιστής από το οικιακό δίκτυο συνδέεται μέσω της εφαρμογής Web Browser με τον Web Server του εταιρικού δικτύου, αυτό να γίνεται δίνοντας τη δημόσια IP Address που είναι η 200.10.0.2 (και όχι με την εσωτερική IP του Web Server που είναι η 10.0.0.254 – και η οποία δεν είναι γνωστή στο έξω κόσμο). Για να το πετύχω αυτό απαιτούνται δύο βήματα: πρώτον, να ορίσω στο δρομολογητή σε ποια διεπαφή του βρίσκεται η «εσωτερική πλευρά» του δικτύου (δηλ. η Local πλευρά – inside, αυτή που έχει

τις Private IP διευθύνσεις) και σε ποια διεπαφή του βρίσκεται η «εξωτερική» πλευρά (Global – outside, αυτή που έχει τη μία ή περισσότερες Public IP διευθύνσεις), και δεύτερον να ορίσω επακριβώς ποια θα είναι η αντιστοίχιση και ο τύπος του πρωτοκόλλου NAT.

Για να υλοποιήσω το πρώτο σενάριο, πηγαίνω σε περιβάλλον CLI στον «εταιρικό» δρομολογητή (“*Enterprise Router*”) και εκτελώ τις ακόλουθες *εντολές*:

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# int fa0/0
Router(config-if)# ip nat inside
Router(config-if)# int se2/0
Router(config-if)# ip nat outside
Router(config-if)# exit
Router(config)# ip nat inside source static tcp 10.0.0.254 80 200.10.0.2 80
Router(config)# exit
Router#
```



The screenshot shows the CLI interface of an Enterprise Router. The window title is "Enterprise Router" and it has tabs for "Physical", "Config", and "CLI". The main area is titled "IOS Command Line Interface" and contains the following text:

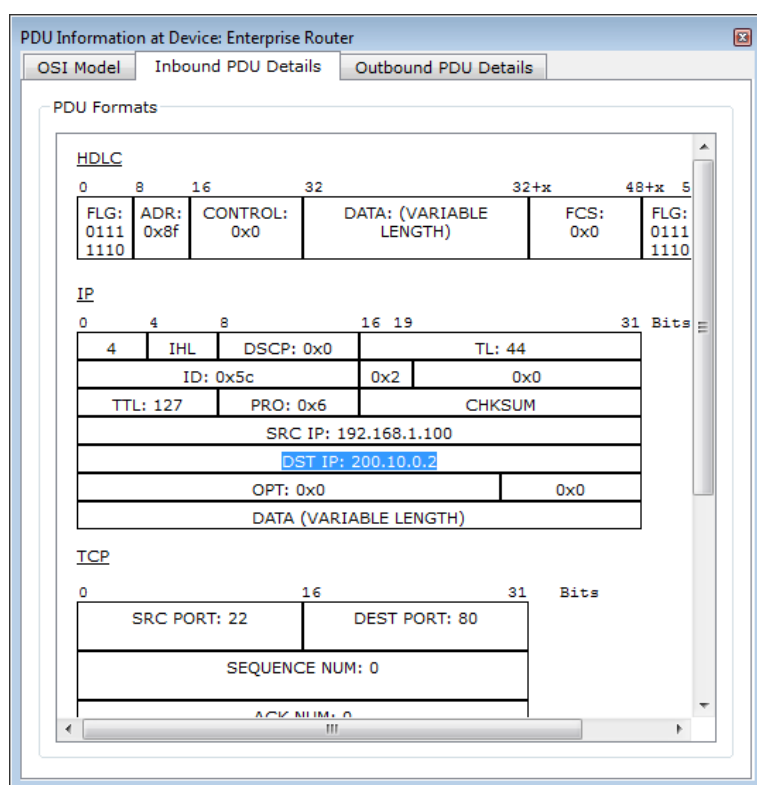
```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ip nat inside
Router(config-if)#int se2/0
Router(config-if)#ip nat outside
Router(config-if)#exit
Router(config)#
Router(config)#ip nat ?
  inside  Inside address translation
  outside  Outside address translation
  pool     Define pool of addresses
Router(config)#ip nat inside ?
  source  Source address translation
Router(config)#ip nat inside source ?
  list    Specify access list describing local addresses
  static  Specify static local->global mapping
Router(config)#ip nat inside source static ?
  A.B.C.D Inside local IP address
  tcp     Transmission Control Protocol
  udp     User Datagram Protocol
Router(config)#ip nat inside source static tcp ?
  A.B.C.D Inside local IP address
Router(config)#ip nat inside source static tcp 10.0.0.254 ?
  <1-65535> Local UDP/TCP port
Router(config)#ip nat inside source static tcp 10.0.0.254 80 ?
  A.B.C.D Inside global IP address
Router(config)#ip nat inside source static tcp 10.0.0.254 80 200.10.0.2 80
Router(config)#
```

At the bottom of the window, there are "Copy" and "Paste" buttons.

Στη σχετική βοήθεια που υπάρχει κατά την σύνταξη της τελευταίας εντολής (χρησιμοποιώντας τον χαρακτήρα “?” κάθε φορά) βλέπω τον όρο «*local IP address*» και τον όρο «*global IP address*». Ο πρώτος έχει να κάνει με την εσωτερική IP διεύθυνση (που εδώ αφορά την 10.0.0.254 του Web Server) και ο δεύτερος έχει σχέση με την εξωτερική ή δημόσια IP διεύθυνση που είναι η 200.10.0.2 . Αυτό που ορίζει αυτή η εντολή (η “ip nat inside source static .....”) είναι να αντιστοιχηθεί η εξωτερική IP address με την συγκεκριμένη εσωτερική IP address, όταν το TCP port του πακέτου που έρχεται στο δρομολογητή είναι το 80 (υπηρεσία Web). Δηλ. όταν από τον έξω κόσμο (του εταιρικού δικτύου) έρχεται ένα πακέτο με

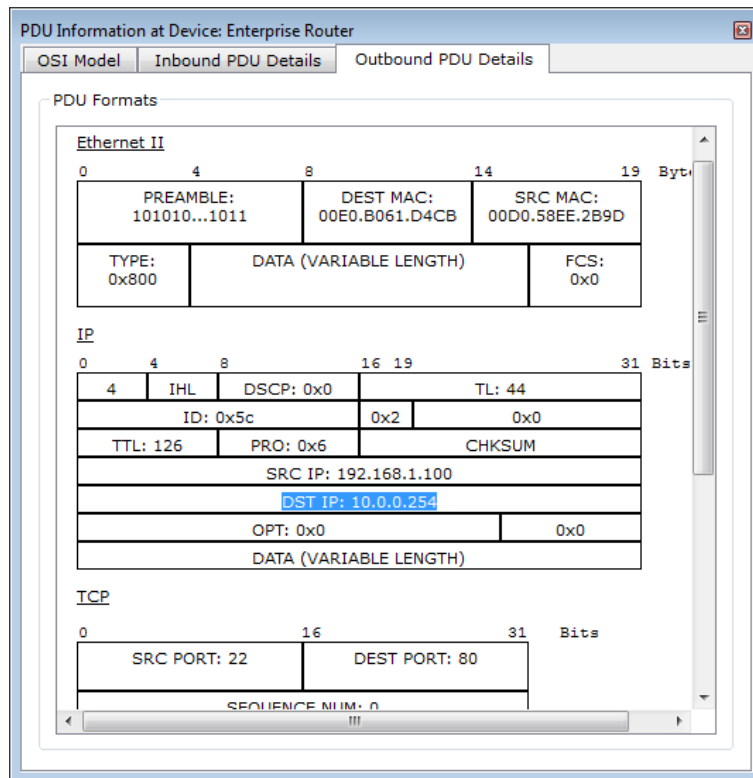
Destination IP Address την 200.10.0.2 και TCP Port την 80, ο δρομολογητής το προωθεί στο εσωτερικό του δίκτυο προς τον κόμβο που έχει την IP Address 10.0.0.254 με destination TCP port πάλι την 80. Έτσι, τελικά αυτό οδηγείται στην υπηρεσία HTTP του Web Server. Ο όρος «*inside*» αφορά την πλευρά του εταιρικού δρομολογητή, που για αυτόν ο όρος «*outside*» αφορά τον έξω κόσμο.

Αν, τώρα, πάω στον υπολογιστή PC0 (που έχει την IP address 192.168.1.100) και κάνω κλικ στην εφαρμογή «Web Browser», δίνοντας ως url το <http://200.10.0.2> βλέπω κανονικά την ιστοσελίδα που βρίσκεται στον Web Server (ο οποίος «κρύβεται» πίσω από το δεξιό δρομολογητή). Μπορώ να εξετάσω τα σχετικά πακέτα που ανταλλάσσονται στην προκειμένη περίπτωση, επιλέγοντας τη λειτουργία “Simulation Mode” και το εργαλείο “Complex PDU Test” (με το οποίο κάνω κλικ στον υπολογιστή PC0, ορίζω στις παραμέτρους ως «Select Application» το HTTP, ως «Destination Address» την 200.10.0.2, «Source Port» μια τυχαία τιμή π.χ. 12345). Όταν κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης φθάσει το πακέτο PDU από τον PC0 στο εταιρικό δρομολογητή, κάνω κλικ πάνω στο πακέτο για να μελετήσω τα περιεχόμενά του και διαπιστώνω τα εξής:



Το «εισερχόμενο» πακέτο (“*Inbound PDU*”) έχει ως «Destination IP address» την 200.10.0.2 και «Destination TCP Port» την 80, και το «εξερχόμενο» πακέτο (“*Outbound PDU*”) έχει ως «Destination IP address» την 10.0.0.254 και «Destination TCP Port» ξανά την 80. Αυτό σημαίνει πως ο εταιρικός δρομολογητής αντιστοιχίζει την εξωτερική IP address 200.10.0.2 με την εσωτερική IP address 10.0.0.254.

Μπορώ, επίσης, να εκτελέσω στον εταιρικό δρομολογητή την εντολή “*show ip nat translations*” και να πληροφορηθώ τις αντιστοιχίες μεταξύ των Private IP με τις Public IP διευθύνσεις.

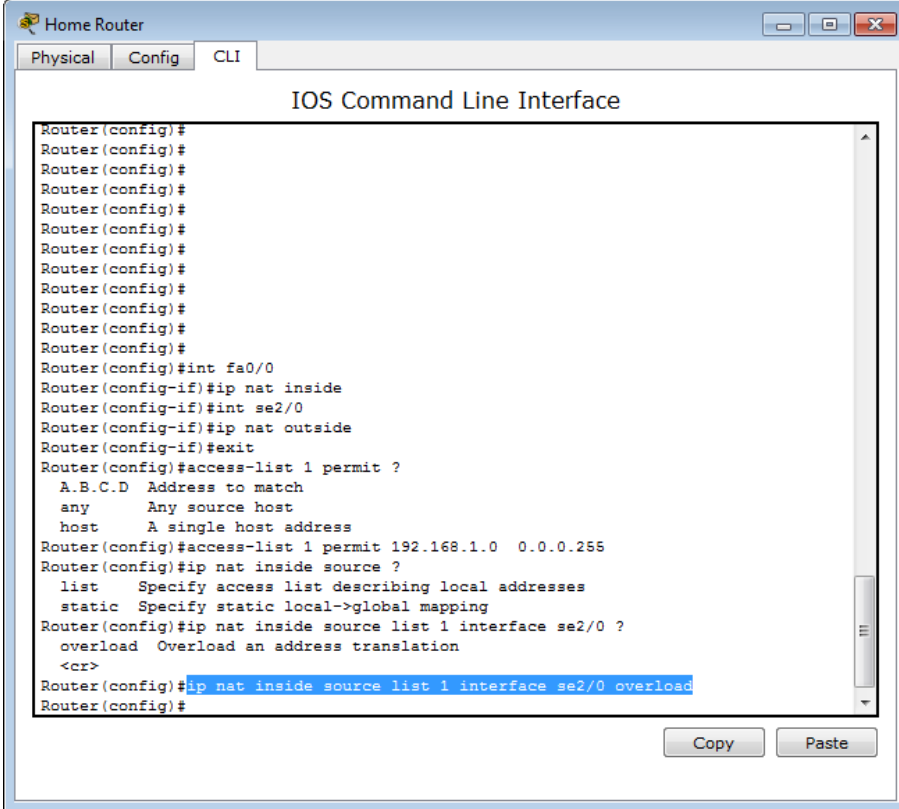


Πάω, τώρα, στο **δεύτερο σενάριο** πειραματισμού που έχει να κάνει με την εφαρμογή του τρίτου τύπου NAT στο οικιακό δίκτυο, κάτι που είναι πολύ συνηθισμένο. Δηλ. θα ρυθμίσω τον **οικιακό δρομολογητή** (“Home Router”) να **αντιστοιχεί οποιαδήποτε εσωτερική IP διεύθυνση** των υπολογιστών **με την μία και μοναδική «δημόσια» IP διεύθυνση** που έχει αποδοθεί στον οικιακό δρομολογητή από τον «Πάροχο υπηρεσιών Διαδικτύου» (ISP).

Όπως έκανα και στον «εταιρικό» δρομολογητή, **ορίζω πρώτα** στον «οικιακό δρομολογητή» ποια διεπαφή του συνδέεται με την εσωτερική πλευρά του δικτύου (**πλευρά “inside”**) και ποια διεπαφή του συνδέεται με την εξωτερική πλευρά (**πλευρά “outside”**). Μετά, ορίζω επακριβώς να εφαρμοστεί ο μηχανισμός «Port Address Translation – NAT Overload», όπου όταν κάποιος υπολογιστής του εσωτερικού LAN επιχειρήσει να επικοινωνήσει με το Διαδίκτυο, ο οικιακός δρομολογητής καταγράφει στον «Πίνακα NAT» (“NAT Pool”) την εσωτερική IP διεύθυνση του υπολογιστή και δίπλα μια τυχαία διαθέσιμη θύρα TCP ή UDP (ως source port) και προωθεί προς τα έξω το πακέτο με “source IP address” την Public IP 200.10.0.1 . Έτσι, όταν επιστρέψει πίσω στον οικιακό δρομολογητή ένα πακέτο απαντητικό, ελέγχει ο οικιακός δρομολογητής την τιμή «destination port” του πακέτου, συμβουλευόμενος τον πίνακα NAT και **ανακαλύπτει με ποια εσωτερική IP διεύθυνση αντιστοιχεί αυτή η θύρα προορισμού**, οπότε στέλνει προς τον αντίστοιχο εσωτερικό υπολογιστή το πακέτο. Και επειδή υπάρχουν πολλοί κόμβοι στο εσωτερικό LAN που ανά πάσα στιγμή θα επικοινωνούν με το Διαδίκτυο (πολλές εσωτερικές IP διευθύνσεις), ενεργοποιώ το «NAT Overload» και για να αναφερθώ σε «ομάδα εσωτερικών IP διευθύνσεων, **δημιουργώ μια «Access List»** την οποία θα χρησιμοποιήσω καταλλήλως στην αντίστοιχη εντολή «ip nat». Έτσι, οι εντολές που δίνω σε περιβάλλον CLI στον οικιακό δρομολογητή είναι:

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# int fa0/0
```

```
Router(config-if)# ip nat inside
Router(config-if)# int se2/0
Router(config-if)# ip nat outside
Router(config-if)# exit
Router(config)# access-list 1 permit 192.168.1.0 0.0.0.255
Router(config)# ip nat inside source list 1 interface se2/0 overload
Router(config)# exit
Router#
```



The screenshot shows a window titled "Home Router" with a "CLI" tab selected. The main area displays the "IOS Command Line Interface" with the following commands and prompts:

```
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#
Router(config)#int fa0/0
Router(config-if)#ip nat inside
Router(config-if)#int se2/0
Router(config-if)#ip nat outside
Router(config-if)#exit
Router(config)#access-list 1 permit ?
  A.B.C.D Address to match
  any Any source host
  host A single host address
Router(config)#access-list 1 permit 192.168.1.0 0.0.0.255
Router(config)#ip nat inside source ?
  list Specify access list describing local addresses
  static Specify static local->global mapping
Router(config)#ip nat inside source list 1 interface se2/0 ?
  overload Overload an address translation
  <cr>
Router(config)#ip nat inside source list 1 interface se2/0 overload
Router(config)#
```

At the bottom of the CLI window, there are "Copy" and "Paste" buttons.

Τώρα είναι έτοιμος και ρυθμισμένος ο οικιακός δρομολογητής, οπότε μπορώ να προβώ στις ανάλογες δοκιμές επικοινωνίας. Από τους υπολογιστές PC0 και PC1 κάνω ping προς την 200.10.0.2, καθώς και πρόσβαση στον Web Server μέσω της εφαρμογής «Web Browser» δίνοντας ως url την <http://200.10.0.2>.

Όλα λειτουργούν σωστά, και αν εκτελέσω την εντολή “show ip nat translations” διαπιστώνω πως πράγματι υπάρχει αντιστοιχία των εσωτερικών διεύθυνσεων IP (“inside local”) με την εξωτερική-δημόσια διεύθυνση IP (“inside global”) για το οικιακό LAN, ενώ για το «απέναντι» δίκτυο η αντίστοιχη αναφορά χρησιμοποιεί τους όρους «Outside global – Outside Local».

Φυσικά, μπορώ και εδώ να χρησιμοποιήσω την λειτουργία “Simulation Mode” και να μελετήσω τα πακέτα (PDU) που διακινούνται στο όλο δίκτυο.



```

Home Router
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#
Router#
Router#show ip nat ?
  statistics      Translation statistics
  translations    Translation entries
Router#show ip nat translations
Pro  Inside global      Inside local      Outside local     Outside global
icmp 200.10.0.1:1       192.168.1.101:1  200.10.0.2:1     200.10.0.2:1
icmp 200.10.0.1:2       192.168.1.101:2  200.10.0.2:2     200.10.0.2:2
icmp 200.10.0.1:3       192.168.1.101:3  200.10.0.2:3     200.10.0.2:3
icmp 200.10.0.1:4       192.168.1.101:4  200.10.0.2:4     200.10.0.2:4
icmp 200.10.0.1:5       192.168.1.100:5  200.10.0.2:5     200.10.0.2:5
icmp 200.10.0.1:6       192.168.1.100:6  200.10.0.2:6     200.10.0.2:6
icmp 200.10.0.1:7       192.168.1.100:7  200.10.0.2:7     200.10.0.2:7
icmp 200.10.0.1:8       192.168.1.100:8  200.10.0.2:8     200.10.0.2:8
tcp  200.10.0.1:1025     192.168.1.101:1025 200.10.0.2:80    200.10.0.2:80
tcp  200.10.0.1:1030     192.168.1.100:1030 200.10.0.2:80    200.10.0.2:80

Router#show ip nat statistics
Total translations: 2 (0 static, 2 dynamic, 2 extended)
Outside Interfaces: Serial2/0
Inside Interfaces: FastEthernet0/0
Hits: 22 Misses: 10
Expired translations: 8
Dynamic mappings:
Router#
Copy Paste

```

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «NAT Static.pkt».

## 6.18 ΜΑΘΗΜΑ 18 : Δυναμική Δρομολόγηση OSPF – Εκλογή DR & BDR

Στο μάθημα αυτό γίνεται εκτενής αναφορά στο *πρωτόκολλο δυναμικής δρομολόγησης OSPF* (Open Shortest Path First), το οποίο είναι *τύπου Link State πρωτόκολλο*, σε αντίθεση με το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP που μελετήθηκε σε προηγούμενα μαθήματα και είναι τύπου Distance Vector πρωτόκολλο (υπάρχει σχετική αναφορά και στα δύο αυτά πρωτόκολλα στην ενότητα 7.1 του κεφαλαίου 7).

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF είναι *κατάλληλο για σχετικά μεγάλα δίκτυα* και οι δρομολογητές που εφαρμόζουν το πρωτόκολλο αυτό μαθαίνουν την τοπολογία όλου του δικτύου.

Ως παράδειγμα δικτύου θα χρησιμοποιηθεί αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Στο κάτω μέρος του ξεχωρίζει η *περιοχή «OSPF area 0»* που είναι μια περιοχή «multi access» μιας και υπάρχουν εκεί 4 δρομολογητές που συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός κεντρικού switch. Αυτοί οι *δρομολογητές είναι οι R0, R1, R2 και R3*, που από τη μια μεριά (η «κοινή» μεριά) συνδέονται στο κοινό δίκτυο 192.168.50.0/24 διαμέσου των διεπαφών FastEthernet0/0 και από την άλλη μεριά διαμέσου των διεπαφών FastEthernet1/0 συνδέεται ο καθένας με ένα LAN διεύθυνσης IP “αντίστοιχης” με το όνομα του router, δηλ. ο R0 συνδέεται με το LAN 192.168.0.0/24, ο R1 συνδέεται με το LAN 192.168.1.0/24, ο R2 συνδέεται με το LAN 192.168.2.0/24 και ο R3 συνδέεται με το LAN 192.168.3.0/24. Επιπλέον, ο δρομολογητής **R1** αποτελεί την *«πόλη» προς τον έξω κόσμο*, μιας και συνδέεται μέσω της διεπαφής Serial2/0 με



```

R3#
*****
R0> enable
R0# configure terminal
R0(config)# router ospf 1
R0(config-router)# network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0
R0(config-router)# network 192.168.50.0 0.0.0.255 area 0
R0(config-router)# passive-interface fa1/0
R0(config-router)# end
R0#
*****
R1> enable
R1# configure terminal
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)# network 192.168.50.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)# passive-interface fa1/0
R1(config-router)# default-information originate
R1(config-router)# end
R1# show ip ospf neighbor

```

The screenshot shows a Cisco IOS Command Line Interface window for Router R1. The window title is "R1" and it has tabs for "Physical", "Config", and "CLI". The main content area displays the following text:

```

IOS Command Line Interface
*****
Router (config-router)#default-information originate
Router (config-router)#end
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#show ip ospf ?
<-1-65535>      Process ID number
border-routers  Border and Boundary Router Information
database        Database summary
interface       Interface information
neighbor        Neighbor list
virtual-links   Virtual link information
<-cr>
Router#show ip ospf nei
Router#show ip ospf neighbor

```

The output of the `show ip ospf neighbor` command is displayed as a table:

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.50.3	1	FULL/BDR	00:00:39	192.168.50.3	FastEthernet0/0
192.168.50.2	1	FULL/DR	00:00:30	192.168.50.2	FastEthernet0/0
192.168.50.10	1	2WAY/DROTHER	00:00:31	192.168.50.10	FastEthernet0/0

At the bottom of the window, there are "Copy" and "Paste" buttons.

Έχω τελειώσει τις ρυθμίσεις OSPF σε όλους τους εμπλεκόμενους δρομολογητές και στον R1 εκτελώ την εντολή “*show ip ospf neighbor*”. Στο αποτέλεσμα της εκτέλεσης βλέπω ποιοι είναι οι γείτονες OSPF δρομολογητές, ποιοι έχουν οριστεί ως **DR** (Designated Router) και **BDR** (Backup Designated Router), και για κάθε «γείτονα» δρομολογητή βλέπω το “ID” του και τον

αριθμό προτεραιότητας (“Priority”), που σε όλους ισούται με 1 (η default τιμή προτεραιότητας).

```
01:02:56: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.50.2 on FastEthernet0/0 from
LOADING to FULL, Loading Done

Router(config-router)#default-information originate
Router(config-router)#end
Router#
#SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#show ip ospf ?
<1-65535>      Process ID number
border-routers Border and Boundary Router Information
database      Database summary
interface     Interface information
neighbor      Neighbor list
virtual-links Virtual link information
<cr>
Router#show ip ospf nei
Router#show ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri   State           Dead Time   Address           Interface
192.168.50.3   1     FULL/BDR        00:00:39   192.168.50.3     FastEthernet0/0
192.168.50.2   1     FULL/DR         00:00:30   192.168.50.2     FastEthernet0/0
192.168.50.10  1     2WAY/DROTHER    00:00:31   192.168.50.10    FastEthernet0/0
```

Η εκτέλεση των εντολών έγινε πρώτα στον R2, μετά στον R3, μετά στον R0, και τέλος στον R1.

Κανονικά σε μια διαδικασία εκλογής των δρομολογητών DR και BDR επιλέγεται ως «*Designated Router*» ο δρομολογητής που έχει την *υψηλότερη τιμή “priority”* και αν έχουν όλοι οι δρομολογητές την «ίδια τιμή προτεραιότητας», επιλέγεται ο *δρομολογητής με το υψηλότερο ID* (που σε κάθε δρομολογητή είναι η μεγαλύτερη IP address από τις διεπαφές του).

Έτσι, θα έπρεπε στην παρούσα περίπτωση να οριστεί ως DR ο δρομολογητής R1, γιατί έχει το ID «200.10.10.253» (είναι η διεύθυνση IP της διεπαφής Serial2/0), εντούτοις DR έγινε ο δρομολογητής R2, διότι σε αυτόν ξεκίνησε πρώτα η λειτουργία του πρωτοκόλλου OSPF, και BDR έγινε ο δρομολογητής R3 που ήταν στη σειρά ο δεύτερος δρομολογητής που ενεργοποιήθηκε το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF.

Εάν θελήσω να επηρεάσω την επιλογή DR και BDR, μπορώ να ορίσω σε κάποιον δρομολογητή υψηλή τιμή “priority”, κάτι που θα κάνω παρακάτω.

Πέρα από την εντολή “*show ip ospf neighbor*”, άλλες εντολές με πληροφορίες για το πρωτόκολλο OSPF είναι οι ακόλουθες: “*show ip protocols*”, “*show ip ospf interface fa0/0*”, “*show ip ospf database*”.

Έστω, τώρα, πως θέλω να οριστεί ο δρομολογητής R0 ως DR και ο R3 ως BDR. Θα ορίσω στον R0 την “priority” να έχει την τιμή 100 και στον R3 την τιμή 50.

R0> enable

```

R0# configure terminal
R0(config)# int fa0/0
R0(config-if)# ip ospf priority 100
R0(config-if)# end
R0#

```

```

R3> enable
R3# configure terminal
R3(config)# int fa0/0
R3(config-if)# ip ospf priority 50
R3(config-if)# end
R3#

```

Έπειτα, για να ξεκινήσει από την αρχή η όλη διαδικασία εκλογής του DR και BDR δρομολογητή, θα κλείσω σε όλους τους OSPF δρομολογητές τη διεπαφή FastEthernet0/0 και ύστερα θα τις ενεργοποιήσω ξανά.

Για να **μελετήσω τα πακέτα OSPF** που ανταλλάσσονται μεταξύ των δρομολογητών, πηγαίνω σε λειτουργία **“Simulation Mode”**, από τα πρωτόκολλα επιλέγω να παρακολουθείται μόνον το OSPF και κάνω κλικ στο κουμπί **“Auto Capture/Play”**. Κάνοντας κλικ πάνω σε κάποιο από τα πακέτα που διακινούνται, μπορώ να δω αναλυτικά τα περιεχόμενά του.

The screenshot displays the 'PDU Information at Device: SwCentral' window, showing the details of an OSPF Hello packet. The window is divided into three main sections: Ethernet II, IP, and OSPF Hello.

**Ethernet II:**

0	4	8	14	19	Bytes
PREAMBLE: 101010...1011		DEST MAC: 0100.5E00.0005		SRC MAC: 00D0.5834.A4EE	
TYPE: 0x800		DATA (VARIABLE LENGTH)		FCS: 0x0	

**IP:**

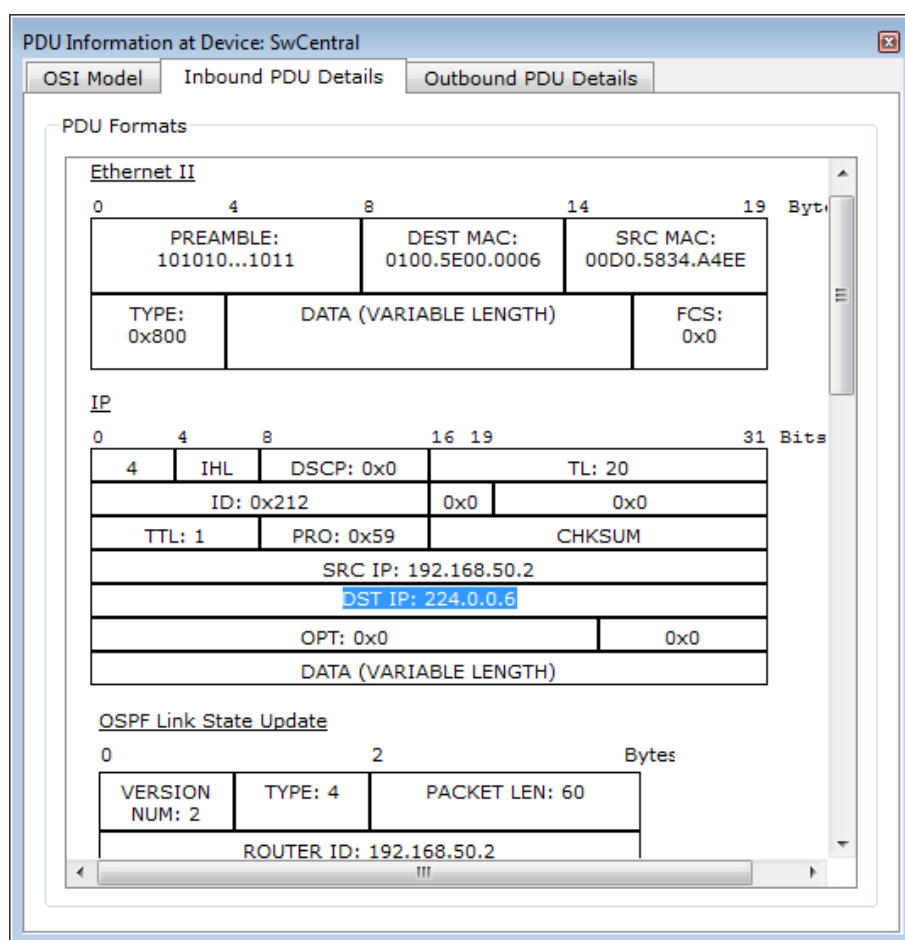
0	4	8	16	19	31	Bits	
4		IHL		DSCP: 0x0		TL: 20	
ID: 0x1f8				0x0		0x0	
TTL: 1		PRO: 0x59		CHKSUM			
SRC IP: 192.168.50.2							
DST IP: 224.0.0.5							
OPT: 0x0					0x0		
DATA (VARIABLE LENGTH)							

**OSPF Hello:**

0	2	Bytes
VERSION NUM: 2		TYPE: 1
PACKET LEN: 56		
ROUTER ID: 192.168.50.2		

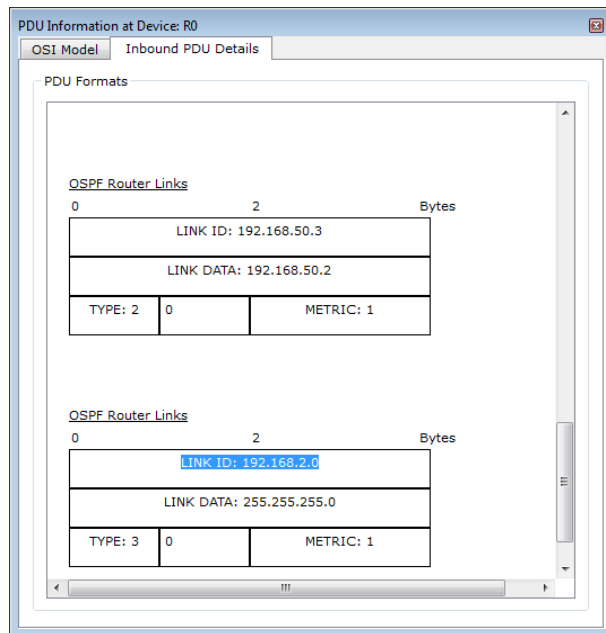
Στο πακέτο που αποστέλλει ο δρομολογητής R2 (που έχει την IP address 192.168.50.2) παρατηρώ πως αυτό έχει προορισμό την **multicast IP address 224.0.0.5**, που εννοεί όλους τους OSPF δρομολογητές, **η Destination MAC Address είναι η 0100-5E00-0005** (όπως ορίζεται στο βιβλίο της θεωρίας). Μέσα στο πακέτο IP εμπεριέχεται ένα **μήνυμα “OSPF Hello”**, μέσα στο οποίο αναφέρονται πληροφορίες, όπως ποιο είναι το ID του δρομολογητή-αποστολέα, ποιος είναι ο DR δρομολογητής, ποιος είναι ο BDR δρομολογητής, και ποιοι είναι οι «γείτονες» δρομολογητές (“Neighbors”).

Στη συνέχεια των πειραματισμών, ενώ βρίσκομαι σε “**Simulation Mode**” κλείνω τη διεπαφή FastEthernet1/0 του δρομολογητή R2, για να μελετήσω τα **νέα πακέτα LSU** (Link State Updates) που θα στείλει ο R2 προς τον DR δρομολογητή.



Στο PDU που αποστέλλει ο R2 παρατηρώ πως στο IP πακέτο ορίζεται ως «Destination IP Address» η **224.0.0.6** που είναι μια **multicast διεύθυνση** και εννοεί τον DR δρομολογητή, στο πλαίσιο Ethernet η «**Destination MAC Address**» είναι η **0100-5E00-0006**, μέσα στο πακέτο IP περιέχεται ένα μήνυμα “OSPF Link State Update”, όπου πιο κάτω αναφέρει ο R2 πως η σύνδεση (link) 192.168.2.0 δεν είναι διαθέσιμη.

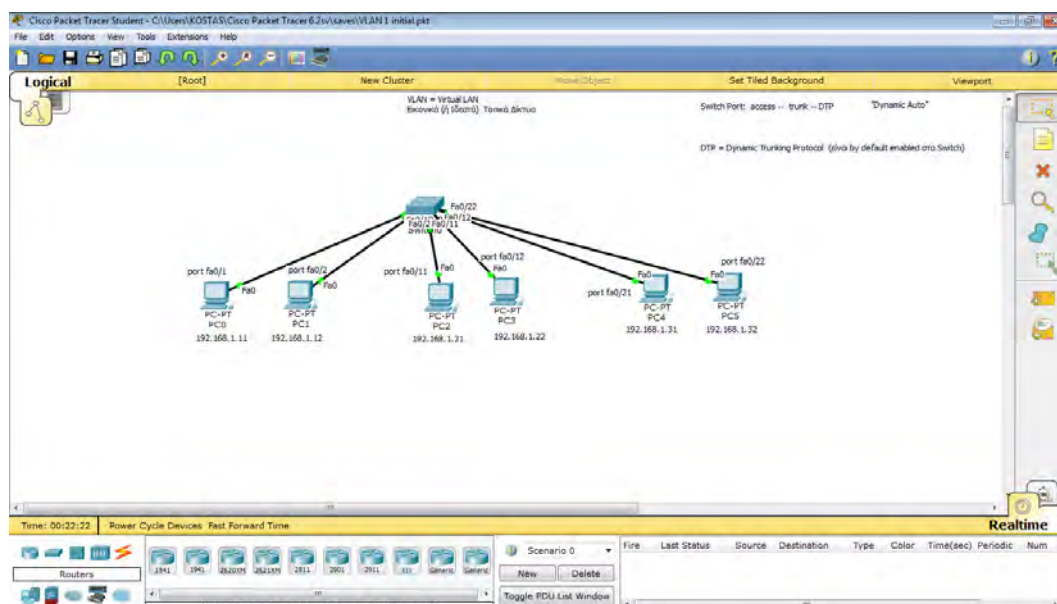
Αν μετά από λίγο, ενεργοποιήσω στον R2 τη διεπαφή FastEthernet1/0, ο δρομολογητής R2 θα αποστείλει νέο μήνυμα “**LSA – Link State Advertisement**”, όπου αναφέρει πως η σύνδεση προς το δίκτυο 192.168.2.0 είναι ξανά διαθέσιμη.



Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «OSPF DR BDR ELECTION.pkt».

## 6.19 ΜΑΘΗΜΑ 19 : Υλοποίηση VLAN με ένα Switch και Router

Στο νέο αυτό μάθημα γίνεται αναλυτική αναφορά στα Virtual LAN – «*εικονικά τοπικά δίκτυα*». Πρόκειται για επιμέρους «τοπικά δίκτυα» μέσα σε ένα τοπικό δίκτυο. Το μάθημα ξεκινάει πρώτα με την παρουσίαση της απλής, γνωστής περίπτωσης τοπικού δικτύου, που αποτελείται από 6 υπολογιστές και 1 switch.



**Όλοι οι υπολογιστές είναι μέλη του ίδιου LAN** – αφού συνδέονται στο ίδιο switch- και έχουν ρυθμιστεί να είναι **όλοι μέλη του ίδιου λογικού δικτύου 192.168.1.0/24** , οπότε η επικοινωνία μεταξύ τους λειτουργεί κανονικά.

Σε ένα switch **όλες οι θύρες (ports) αρχικά ανήκουν στο ίδιο «vlan»**, αυτό με τον αριθμό «1», γι' αυτό η επικοινωνία ανάμεσα σε όλες τις θύρες γίνεται κανονικά. Αν, όμως, θελήσω να χωρίσω τους 6 υπολογιστές σε ξεχωριστά ζευγάρια, π.χ οι 2 αριστεροί, οι 2 μεσαίοι και οι 2 δεξιοί, τότε θα πρέπει με κάποιο τρόπο να ορίσω πως το κάθε ζευγάρι **ανήκει σε «ξεχωριστό» LAN**. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να **ορίσω** στο switch **3 καινούργια vlan**: το **vlan 10** (με το όνομα grammateia), το **vlan 20** (με το όνομα teachers), το **vlan 30** (με το όνομα students) και επιπλέον, το **vlan 77** (με το όνομα management – που θα χρησιμεύσει για απομακρυσμένη διαχείριση του switch).

Για να το πετύχω αυτό, ρυθμίζω κατάλληλα το switch. **Μπαίνω σε περιβάλλον CLI**, δημιουργώ τρία νέα “Virtual LAN” με το όνομά τους και τον αριθμό τους, και μετά αναθέτω σε κάθε ένα από αυτά συγκεκριμένες θύρες του switch. **Οι εντολές που εκτελώ είναι οι ακόλουθες:**

```
Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch(config)# vlan 10
Switch(config-vlan)# name grammateia
Switch(config-vlan)# vlan 20
Switch(config-vlan)# name teachers
Switch(config-vlan)# vlan 30
Switch(config-vlan)# name students
Switch(config-vlan)# vlan 77
Switch(config-vlan)# name management
Switch(config-vlan)# exit

Switch(config)# interface range fa0/1-2
Switch(config-if-range)# switchport mode access
Switch(config-if-range)# switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)# exit

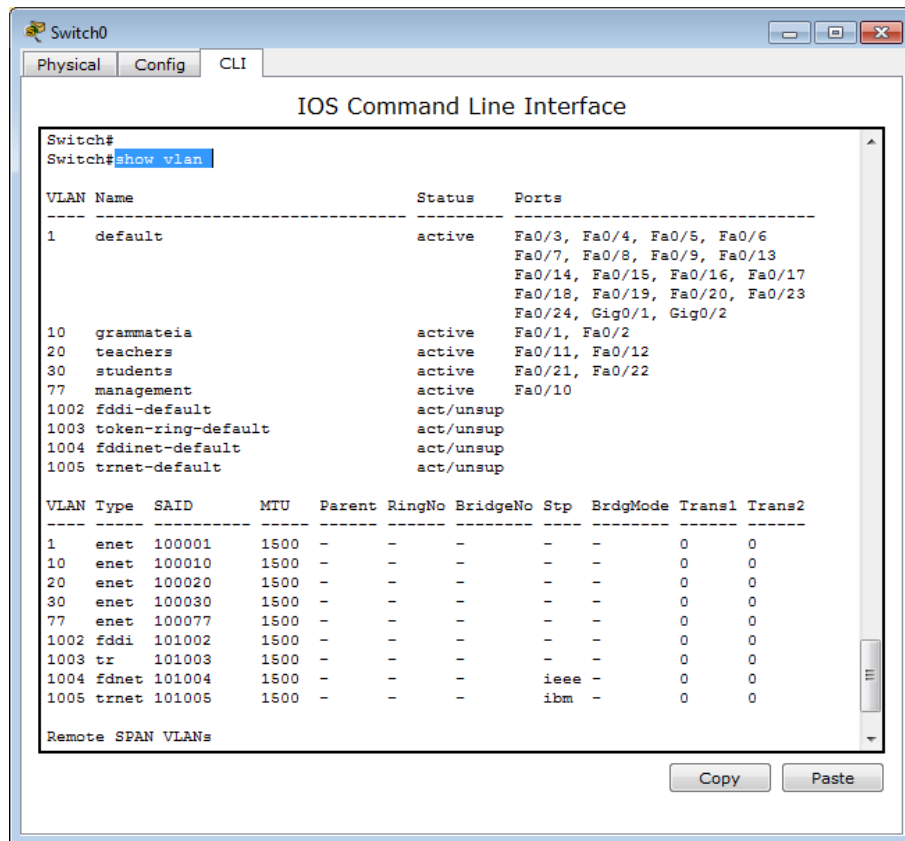
Switch(config)# interface range fa0/11-12
Switch(config-if-range)# switchport mode access
Switch(config-if-range)# switchport access vlan 20
Switch(config-if-range)# exit

Switch(config)# interface range fa0/21-22
Switch(config-if-range)# switchport mode access
Switch(config-if-range)# switchport access vlan 30
Switch(config-if-range)# exit

Switch(config)# interface fa0/10
Switch(config-if)# switchport mode access
Switch(config-if)# switchport access vlan 77
Switch(config-if)# end
Switch#
```

Οι κατάλληλες ρυθμίσεις έγιναν και για να δω στο switch πληροφορίες σχετικές με το ποια vlan έχουν οριστεί και ποιες θύρες ανήκουν σε αυτά, εκτελώ την εντολή “**show vlan**”, “**show vlan brief**” και την εντολή “**show run**” (συντομογραφία της εντολής «show running-config»).





Αν δοκιμάσω, τώρα, την επικοινωνία μεταξύ του υπολογιστή PC0 (που ανήκει πλέον στο vlan 10) και των υπολογιστών PC2 ή PC3 ή PC4 ή PC5, αυτή θα αποτύχει, παρόλο που οι ρυθμίσεις IP είναι οι σωστές, ώστε όλοι οι υπολογιστές να ανήκουν στο ίδιο λογικό υποδίκτυο. Όπως, αναφέρθηκε παραπάνω, **οι υπολογιστές ανά δύο (PC0-PC1, PC2-PC3, PC4-PC5) ανήκουν σε ξεχωριστά LAN.**

Ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί **η επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών “LAN”** είναι να χρησιμοποιηθεί **ένας δρομολογητής**. Προτού τον προσθέσω στο δίκτυο, αλλάζω τις ρυθμίσεις IP για τους υπολογιστές του vlan 20 και τους υπολογιστές του vlan 30, ώστε **να ανήκουν και στο ίδιο υποδίκτυο**, και μετά θα ενεργοποιήσω στο switch τη δυνατότητα να μπορώ από μακριά να συνδέομαι με έναν υπολογιστή στο switch, για να «μπαίνω» στο περιβάλλον ρυθμίσεων CLI.

Στους υπολογιστές **PC2 και PC3** δίνω τις εξής ρυθμίσεις IP: IP Address την 192.168.2.21 και .22, Subnet Mask 255.255.255.0, Default Gateway 192.168.2.1.

Στους υπολογιστές **PC4 και PC5** δίνω τις εξής ρυθμίσεις IP: IP Address την 192.168.3.31 και .32, Subnet Mask 255.255.255.0, Default Gateway 192.168.3.1.

Πηγαίνω στο switch **σε περιβάλλον CLI** και εκτελώ τις εξής **εντολές**:

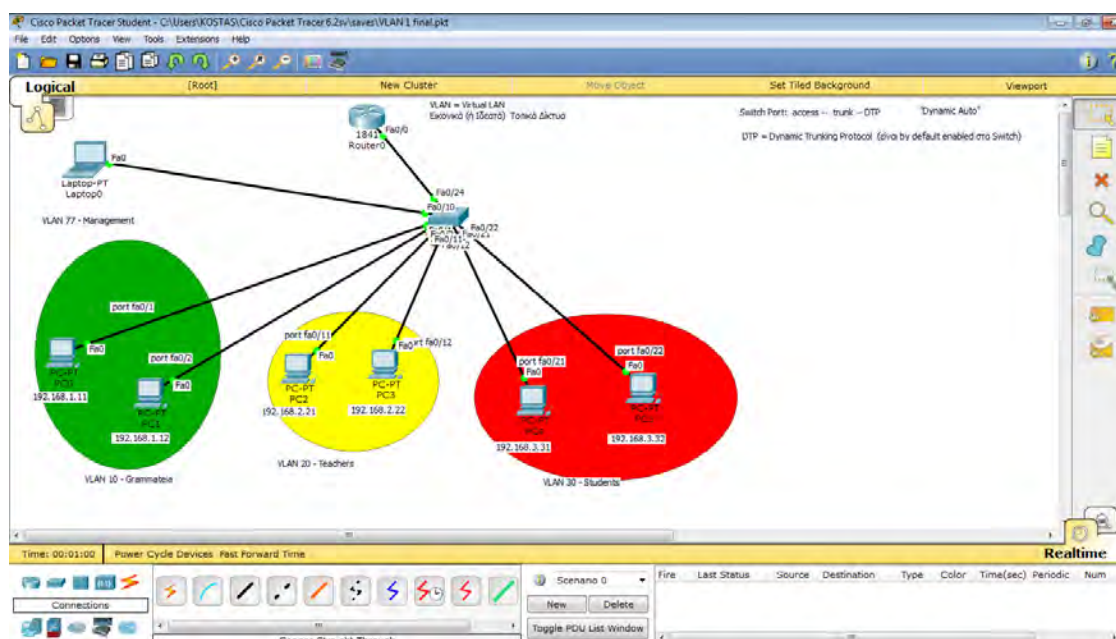
```
Switch> enable
Switch# conf t
Switch(config)# line vty 0 15
Switch(config-line)# password cisco
Switch(config-line)# login
Switch(config-login)# exit
Switch(config)# enable secret 1234
Switch(config)# int vlan 77
```

```
Switch(config-if)# ip address 192.168.77.2 255.255.255.0
Switch(config-if)# exit
Switch(config)# exit
Switch# show running-config
Switch# show vlan
```

Με τις παραπάνω εντολές αποδίδω στο **virtual interface για το vlan77** την IP Address 192.168.77.2 (με μάσκα 255.255.255.0) , για να μπορέσω να συνδεθώ στο switch διαμέσου ενός υπολογιστή, τον οποίον θα συνδέσω στη θύρα fa0/10 του switch. Θα χρησιμοποιήσω την εντολή σε περιβάλλον «Command Prompt» του υπολογιστή **“telnet 192.168.77.2”**. Ο υπολογιστής αυτός θα έχει ρυθμιστεί να έχει ως IP Address την 192.168.77.10, μάσκα υποδικτύου την 255.255.255.0 και default gateway την 192.168.77.1 (η οποία πιο μετά θα ανατεθεί στο δρομολογητή).

Όπως αναφέρθηκε στο μάθημα 10- για να μπορώ **μέσω «telnet session»** να συνδεθώ με μια δικτυακή συσκευή, **θα πρέπει να έχω ορίσει σε αυτήν passwords σε δύο σημεία: πρώτον**, στη γραμμή «virtual terminal line» (vty line) και **δεύτερον**, στη μετάβαση από τη «User Exec Mode» σε «Privileged Exec Mode».

**Προσθέτω ένα δρομολογητή** στο δίκτυο πάνω από το switch και συνδέω τη διεπαφή FastEthernet του δρομολογητή **με τη θύρα FastEthernet0/24 του switch**. Αυτή η σύνδεση μεταξύ του router και του switch αποτελεί μια **«trunk σύνδεση»**, δηλ. μια γραμμή που πάνω της θα διακινούνται τα πλαίσια-πακέτα από το ένα vlan στο άλλο vlan.



Για να μπορέσει ο **δρομολογητής** να «αντιλαμβάνεται» από ποιο vlan προέρχεται ένα πλαίσιο-πακέτο και σε ποιο vlan πρέπει να πάει, θα πρέπει **να του ενεργοποιήσω τη δυνατότητα του «encapsulation» για το πρότυπο 802.1q** , και επιπλέον θα πρέπει **στο interface Fa0/0 να ορίσω 4 sub-interfaces**, ένα για κάθε vlan με τις κατάλληλες IP διευθύνσεις. Οι **εντολές** που πρέπει να εκτελέσω **σε περιβάλλον CLI** είναι οι ακόλουθες:

```
Router> enable
Router# conf t
```

```

Router(config)# int fa0/0.1
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 10
Router(config-subif)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-subif)# exit
Router(config)# int fa0/0.2
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 20
Router(config-subif)# ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Router(config-subif)# exit
Router(config)# int fa0/0.3
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 30
Router(config-subif)# ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
Router(config-subif)# exit
Router(config)# int fa0/0.7
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 77
Router(config-subif)# ip address 192.168.77.1 255.255.255.0
Router(config-subif)# exit
Router(config)# int fa0/0
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# end
Router# show run

```

The screenshot shows the IOS Command Line Interface for Router0. The configuration is as follows:

```

interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/0.1
encapsulation dot1Q 10
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.2
encapsulation dot1Q 20
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.3
encapsulation dot1Q 30
ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.7
encapsulation dot1Q 77
ip address 192.168.77.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown

```

Τώρα, *ο δρομολογητής είναι έτοιμος* να δεχθεί και να μεταβιβάσει ορθά τα πλαίσια από το ένα vlan στο άλλο vlan. Με τη χρήση της εντολής ping και του εργαλείου “Simple PDU Test” επαληθεύω την σωστή επικοινωνία σε όλο το δίκτυο.

Προχωρώ στη **μελέτη των PDU** που διακινούνται σε όλο το δίκτυο, ώστε να παρατηρήσω ποια νέα πεδία προστίθενται στα πλαίσια Ethernet, τα οποία πεδία αποτελούν την **πληροφορία Q-Tag**. Πηγαίνω σε λειτουργία “*Simulation Mode*”, κάνω χρήση του **εργαλείου “Simple PDU Test”** (για το πρωτόκολλο ICMP) μεταξύ δύο υπολογιστών που ανήκουν σε διαφορετικά vlan και «παρατηρώ» τα περιεχόμενα των PDUs, ιδιαίτερα όταν αυτά φτάνουν στο switch, αλλά και μετά που φτάνουν στο router.

Έστω ότι αποστολέας είναι το **PC0** (IP 192.168.1.11) και παραλήπτης το **PC2** (IP 192.168.2.21). Στο Switch το πλαίσιο Ethernet που φθάνει έχει την εξής μορφή:

The screenshot shows the 'PDU Information at Device: Switch0' window with three tabs: 'OSI Model', 'Inbound PDU Details', and 'Outbound PDU Details'. The 'Inbound PDU Details' tab is active, displaying the following structure:

**Ethernet II** (0-19 Bytes):

0-4	4-8	8-14	14-19
PREAMBLE: 101010...1011	DEST MAC: 0030.A3A4.0901	SRC MAC: 00E0.F7D7.D773	
TYPE: 0x800	DATA (VARIABLE LENGTH)		FCS: 0x0

**IP** (0-31 Bits):

0-4	4-8	8-16	16-19	19-31
IHL: 4	DSCP: 0x0	TL: 28		
ID: 0x4		0x0	0x0	
TTL: 255	PRO: 0x1	CHKSUM		
SRC IP: 192.168.1.11				
DST IP: 192.168.2.21				
OPT: 0x0			0x0	
DATA (VARIABLE LENGTH)				

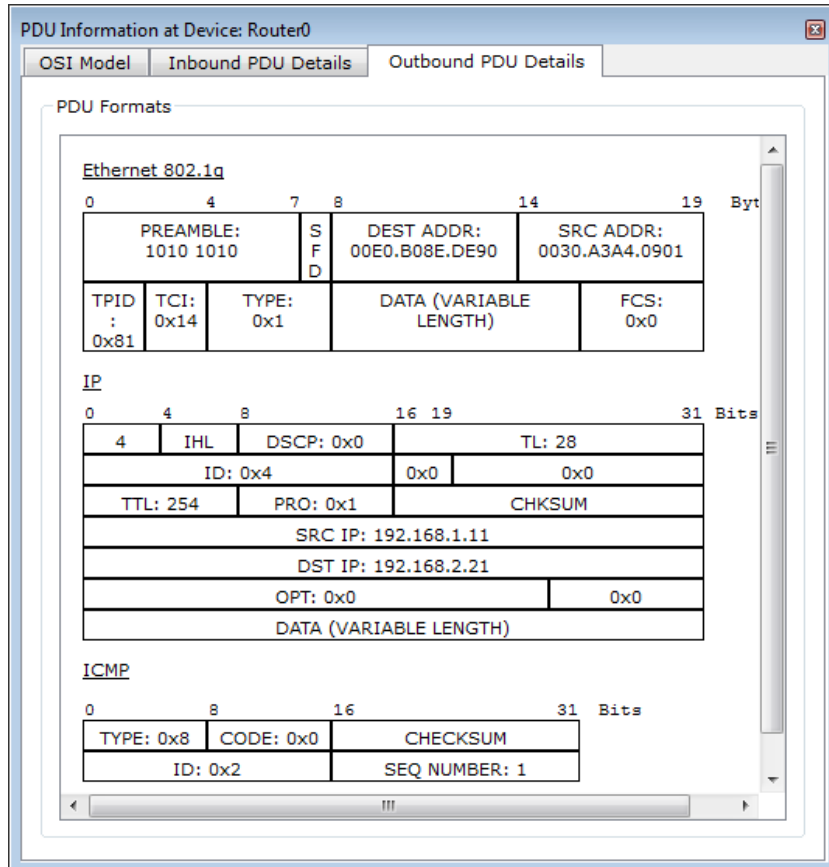
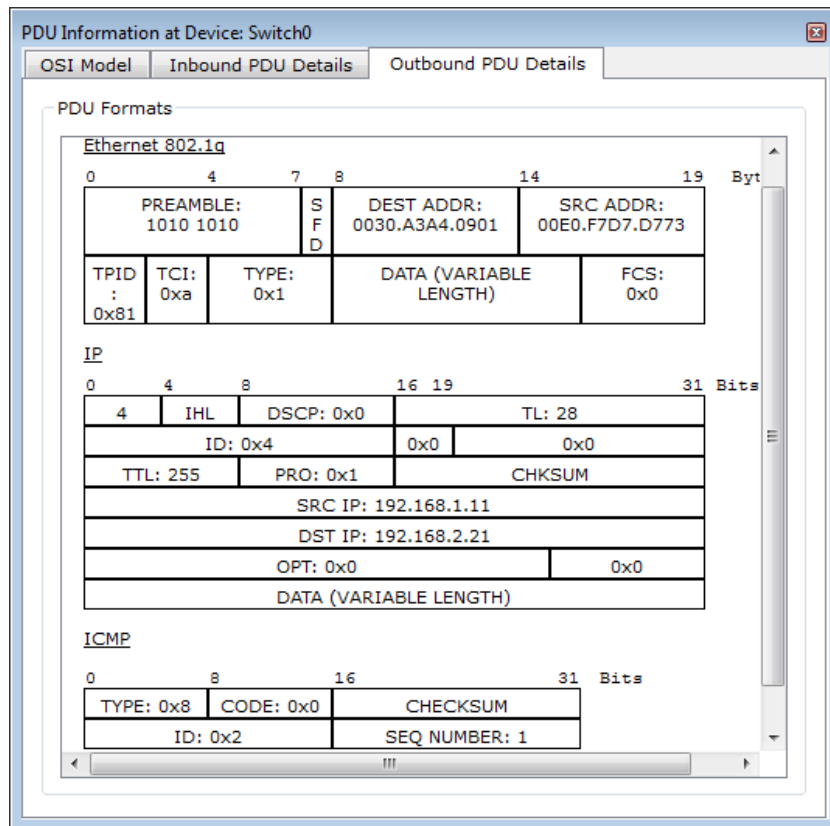
**ICMP** (0-31 Bits):

0-8	8-16	16-31
TYPE: 0x8	CODE: 0x0	CHECKSUM
ID: 0x2		SEQ NUMBER: 1

Το πλαίσιο Ethernet που εξέρχεται, όμως, από το Switch έχει την μορφή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Παρατηρώ πως μετά το πεδίο «Source MAC Address» **έχουν προστεθεί δύο νέα πεδία**: το πεδίο «**TPID**» που έχει την τιμή 0x8100 και το πεδίο «**TCI**» που έχει την τιμή 0xA που εκφράζει τον αριθμό του VLAN – δηλ vlan 10, που είναι το vlan στο οποίο ανήκει ο αποστολέας.

Με την μορφή αυτή φτάνει μετά το πλαίσιο στο δρομολογητή, ο οποίος επεξεργάζεται το πλαίσιο, «βλέπει» πως παραλήπτης είναι κόμβος με την IP 192.168.2.21 και το προωθεί στο sub-interface Fa0/0.2, που σημαίνει κατ' επέκταση πως πηγαίνει για κόμβο στο vlan 20 (σε δεκαεξαδική μορφή 0x14).

Αυτό το «εξερχόμενο» από το δρομολογητή πλαίσιο Ethernet (που περιέχει πληροφορία Q-Tag για το vlan για το οποίο προορίζεται) **φτάνει με τη σειρά του ξανά στο Switch**, το οποίο βλέπει την πληροφορία «TCI», αναγνωρίζει πως το πλαίσιο έχει ως προορισμό κόμβο από το vlan 20, αφαιρεί την πληροφορία «Q-Tag» και προωθεί το πλαίσιο ως κανονικό πλαίσιο Ethernet στο PC2. Οι επόμενες εικόνες αναδεικνύουν όλα αυτά.





«cross-over» που *συνδέεται στη θύρα Fa0/23 στο κάθε switch*. Αυτή η «ειδική» σύνδεση θα πρέπει να οριστεί ως *«trunk link»*.

Ο λόγος που πρέπει να είναι η *σύνδεση* αυτή *«trunk»* είναι για να μπορεί πάνω της να *μεταφέρει πλαίσια από οποιοδήποτε VLAN* (δηλ. πλαίσια που θα περιέχουν μέσα τους πληροφορία “Q-tag”), αλλά και ειδική πληροφορία σχετικά με το ποια VLANs έχουν οριστεί στο πρώτο switch και να μεταφερθεί αυτή στα άλλα switch, ώστε αυτόματα να δημιουργηθούν και σε αυτά όμοια VLANs. Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνει χώρα το πρωτόκολλο VTP (Vlan Trunking Protocol) *για τη ρύθμιση των VLANs*.

Ρυθμίζω το *αριστερό switch* (δηλ. το «αρχικό» switch) σε *λειτουργία «VTP Server»* και ορίζω ένα όνομα για το “VTP Domain” ( η «κοινή» περιοχή στην οποία θα ανήκουν τα εμπλεκόμενα switch. Το *δεξιό switch* (δηλ. το «καινούργιο» που προστέθηκε στο δίκτυο) το ρυθμίζω σε *λειτουργία «VTP Client»* και ορίζω να ανήκει στο ίδιο «VTP Domain» με το άλλο Switch.

Αυτό σημαίνει πως η πληροφορία για τα VLANs που υπάρχουν στο switch “VTP Server” θα αποσταλεί υπό μορφή μηνυμάτων (*VTP Advertisements*) στο switch “VTP Client”, και έτσι θα δημιουργηθούν αυτόματα στο δεξιό switch τα ίδια VLANs. Εγώ μετά, αρκεί να ορίσω ποιες θύρες θα αποτελούν μέλη του κάθε ενός ξεχωριστού VLAN.

Λόγω του *πρωτοκόλλου DTP* (Dynamic Trunking Protocol) που «τρέχει» σε κάθε switch, μόλις ρυθμίσω στο δεξιό switch να λειτουργεί η θύρα Fa0/23 *σε κατάσταση «trunk»* αυτόματα *και η «απέναντι» θύρα Fa0/23 στο άλλο switch θα ρυθμιστεί σε λειτουργία «trunk»*.

Πηγαίνω, πρώτα, στο καινούργιο switch (που τοποθέτησα δεξιότερα από το αρχικό) και εκτελώ τις παρακάτω *εντολές* σε περιβάλλον CLI:

```
Switch> en
Switch# conf t
Switch(config)# int fa0/23
Switch(config-if)# switchport mode trunk
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan 1-100
Switch(config-if)# exit
Switch(config)# exit
Switch#
```

Τώρα που όρισα τη θύρα Fa0/23 του δεξιού switch (Switch1) να βρίσκεται σε λειτουργία «trunk», στο αριστερό switch η δική του θύρα Fa0/23 – που αρχικά είναι σε λειτουργία «Dynamic Auto» - θα τεθεί και αυτή σε λειτουργία «trunk».

Πηγαίνω, μετά, στο *αριστερό switch (Switch0)* και εκτελώ τις ακόλουθες *εντολές* (σε περιβάλλον CLI) για να το θέσω σε κατάσταση “*VTP Server*” και να ονομάσω ως «school» την περιοχή “VTP Domain” (επιπλέον, δημιουργώ ακόμα ένα VLAN – το «κτιριο» με id 99) :

```
Switch> en
Switch# conf t
Switch(config)# vtp mode server
Switch(config)# vtp domain school
Switch(config)# vlan 99
Switch(config-vlan)# name ktirio
Switch(config-vlan)# end
```

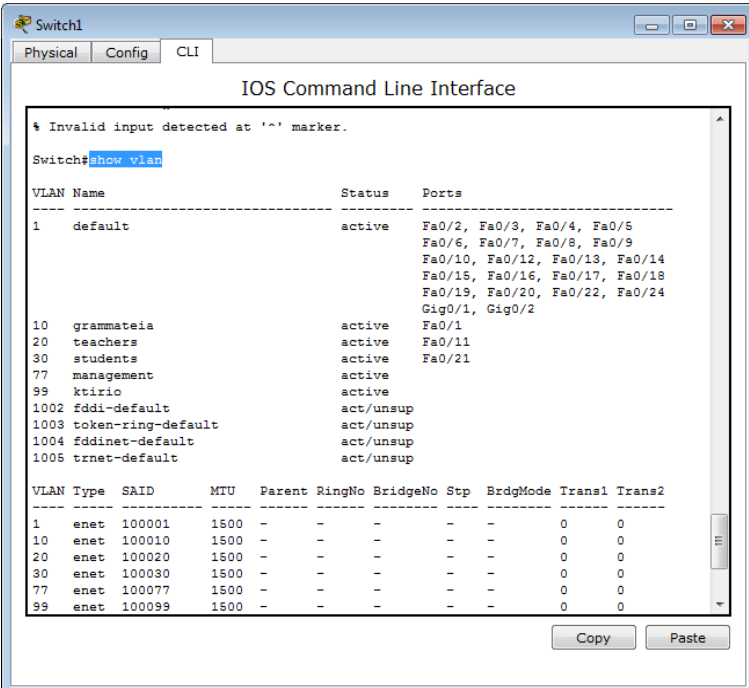
Για να θέσω το *δεξιό switch (Switch1)* σε κατάσταση “*VTP Client*” και να ανήκει στην ίδια «κοινή» περιοχή (VTP Domain) με το αριστερό switch, εκτελώ τις εξής εντολές:

```
Switch> en
Switch# conf t
Switch(config)# vtp mode client
Switch(config)# vtp domain school
Switch(config)# end
Switch#
```

Για να γίνουν οι κατάλληλες ρυθμίσεις στο δεξιό switch, ώστε το PC6 να ανήκει στο VLAN 10, το PC7 να ανήκει στο VLAN 20 και το PC8 να ανήκει στο VLAN 30, εκτελώ τις ακόλουθες εντολές σε αυτό:

```
Switch# conf t
Switch(config)# int fa0/1
Switch(config-if)# switchport mode access
Switch(config-if)# switchport access vlan 10
Switch(config-if)# exit
Switch(config)# int fa0/11
Switch(config-if)# switchport mode access
Switch(config-if)# switchport access vlan 20
Switch(config-if)# exit
Switch(config)# int fa0/21
Switch(config-if)# switchport mode access
Switch(config-if)# switchport access vlan 30
Switch(config-if)# exit
```

Εκτελώντας την εντολή “*show vlan*” στο δεξιό switch βλέπω πως έχουν δημιουργηθεί - αυτόματα- και σε αυτό τα 5 VLANs που υπάρχουν ήδη στο αριστερό switch: το 10, 20, 30, 77 και το 99.

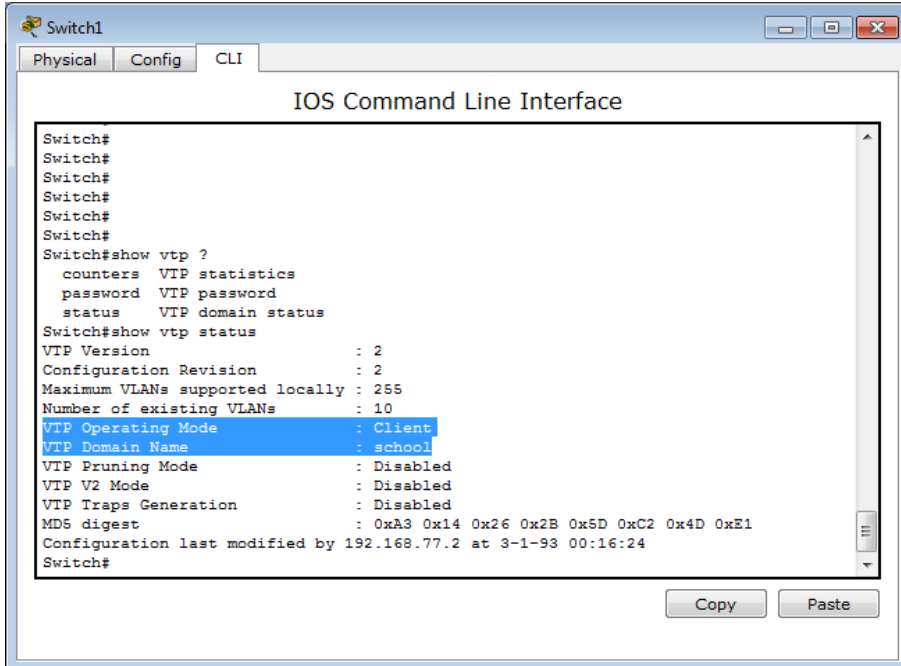


```
Switch1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
% Invalid input detected at '^' marker.
Switch#show vlan
VLAN Name                Status    Ports
-----
1  default                 active    Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5
                               Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9
                               Fa0/10, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14
                               Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18
                               Fa0/19, Fa0/20, Fa0/22, Fa0/24
                               Gig0/1, Gig0/2
10  grammateia             active    Fa0/1
20  teachers                active    Fa0/11
30  students                active    Fa0/21
77  management              active
99  ktirio                  active
1002 fddi-default            act/unsup
1003 token-ring-default   act/unsup
1004 fddinet-default       act/unsup
1005 trnet-default         act/unsup

VLAN Type  SAID    MTU    Parent RingNo BridgeNo Stp    BrdgMode Trans1 Trans2
-----
1  enet  100001  1500  -     -     -     -     -     0     0
10 enet  100010  1500  -     -     -     -     -     0     0
20 enet  100020  1500  -     -     -     -     -     0     0
30 enet  100030  1500  -     -     -     -     -     0     0
77 enet  100077  1500  -     -     -     -     -     0     0
99 enet  100099  1500  -     -     -     -     -     0     0
```

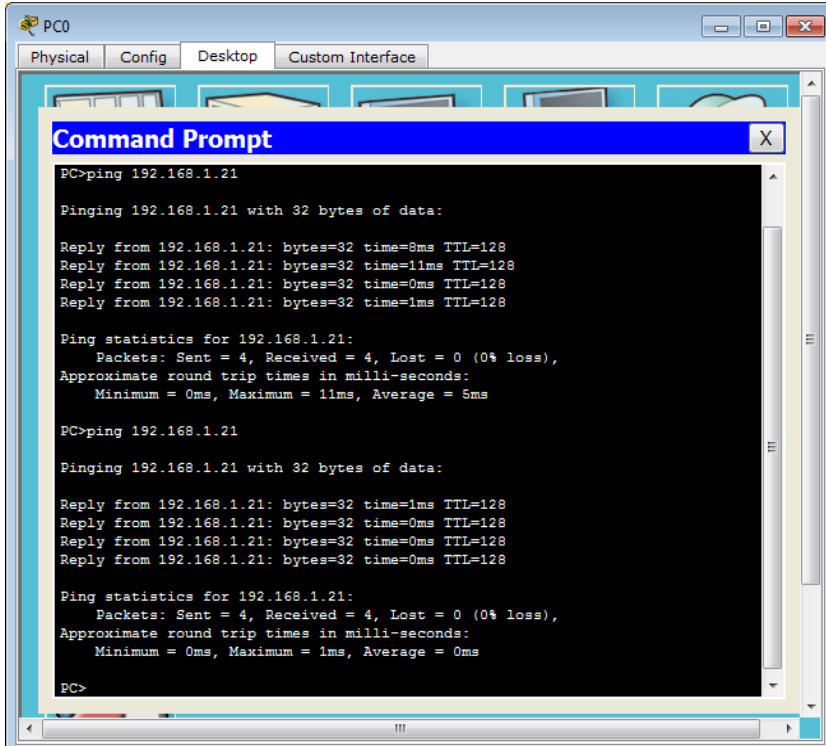


Η εντολή “*show vtp status*” εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με το ποιο είναι το «VTP Mode» του switch και το όνομα του «VTP Domain».



```
Switch1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Switch#
Switch#
Switch#
Switch#
Switch#
Switch#
Switch#show vtp ?
  counters VTP statistics
  password VTP password
  status VTP domain status
Switch#show vtp status
VTP Version                : 2
Configuration Revision     : 2
Maximum VLANs supported locally : 255
Number of existing VLANs   : 10
VTP Operating Mode         : Client
VTP Domain Name            : school
VTP Pruning Mode           : Disabled
VTP V2 Mode                : Disabled
VTP Traps Generation       : Disabled
MD5 digest                  : 0xA3 0x14 0x26 0x2B 0x5D 0xC2 0x4D 0xE1
Configuration last modified by 192.168.77.2 at 3-1-93 00:16:24
Switch#
```

Έγιναν όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις, ώστε και στα δύο switch *οι υπολογιστές που ανήκουν στο ίδιο VLAN* να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, και μάλιστα *χωρίς την ανάγκη ύπαρξης του δρομολογητή*. Για του λόγου το αληθές, πηγαίνω στο δρομολογητή και «κλείνω» (*shutdown*) τη διεπαφή *Fa0/0*. Μετά, χρησιμοποιώντας την εντολή *ping* δοκιμάζω την επικοινωνία μεταξύ του PC0 που βρίσκεται στον αριστερό switch και του PC6 που βρίσκεται στο δεξιό switch ( και οι δύο υπολογιστές ανήκουν στο ίδιο VLAN, το 10):



```
PC0
Physical Config Desktop Custom Interface
Command Prompt
PC>ping 192.168.1.21

Pinging 192.168.1.21 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=11ms TTL=128
Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.21:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 5ms

PC>ping 192.168.1.21

Pinging 192.168.1.21 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.21: bytes=32 time=0ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.21:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

PC>
```

**Βλέπω πως όλα λειτουργούν κανονικά.** Το ίδιο παρατηρώ δοκιμάζοντας είτε την εντολή ping είτε το εργαλείο “Simple PDU Test” μεταξύ δύο οποιονδήποτε υπολογιστών που ανήκουν στο ίδιο VLAN αλλά σε ξεχωριστά switch, πχ. PC2 με PC7 ή PC5 με PC8 ή PC1 με PC6.

Κάνοντας τις ίδιες δοκιμές σε **λειτουργία “Simulation Mode”** (με επιλεγμένο το πρωτόκολλο ICMP), μπορώ να παρατηρήσω **την πορεία των PDU από άκρη σε άκρη** και να μελετήσω την πληροφορία «Q-Tag» στα περιεχόμενα των PDU.

**Ενεργοποιώ τη διεπαφή Fa0/0 του δρομολογητή** (ο οποίος χρειάζεται για την επικοινωνία από το ένα VLAN στο άλλο), και σε λειτουργία “Simulation Mode” κάνω τις ίδιες δοκιμές **μεταξύ απομακρυσμένων υπολογιστών που ανήκουν σε διαφορετικά VLAN**. Θα παρατηρήσω πως τώρα τα PDU διακινούνται από τη μία άκρη προς την άλλη διαμέσου του δρομολογητή.

Για παράδειγμα, κάνοντας ping ο υπολογιστής **PC0** (που συνδέεται στο αριστερό switch και ανήκει στο VLAN 10) προς το **PC8** (που συνδέεται στο δεξιό switch και ανήκει στο VLAN 30), παρατηρώ πως **η πορεία του PDU έχει ως εξής**: PC0 -> Switch0 -> Router -> Switch0 -> Switch1 -> PC8.

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «VLAN 2 switch me 1 router kai VTP.pkt».

## 6.21 ΜΑΘΗΜΑ 21 : Υλοποίηση του πρωτοκόλλου DHCP – περίπτωση 1

Σε όλα σχεδόν τα μαθήματα έως τώρα, **έθετα «στατικές» ρυθμίσεις IP** στους υπολογιστές του δικτύου, διότι με εξυπηρετούσε και με διευκόλυνε να είναι ήδη γνωστή η IP διεύθυνση κάθε κόμβου στις δοκιμές επικοινωνίας που θα έκανα αμέσως μετά.

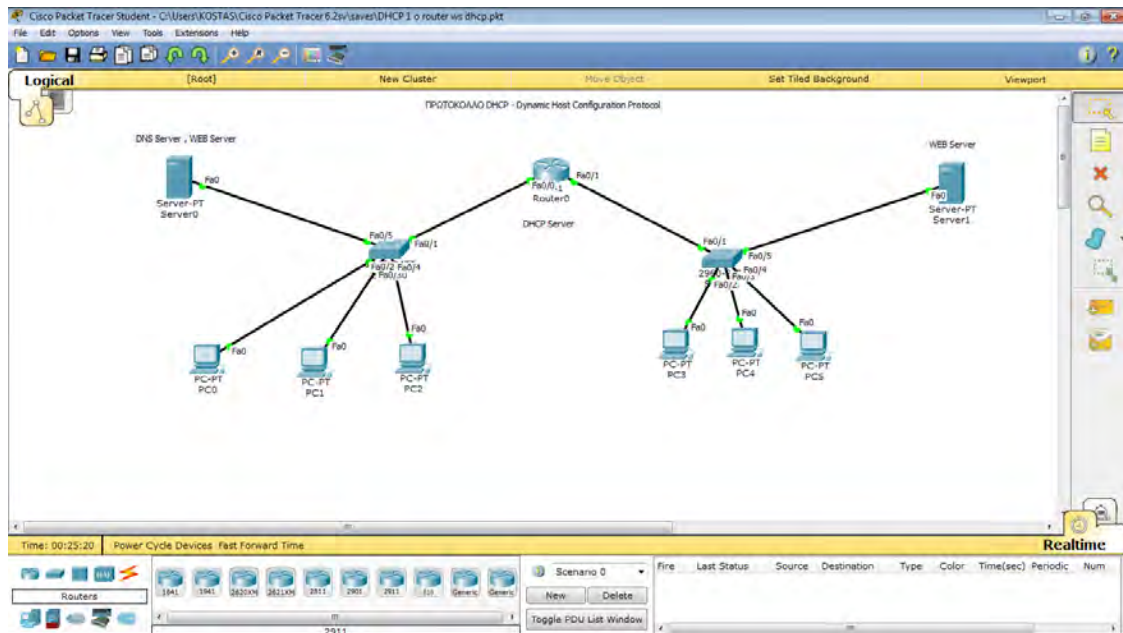
Στην πράξη, όμως, λειτουργεί η **«αυτόματη απόδοση ρυθμίσεων IP»** σύμφωνα με το **πρωτόκολλο DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol). Το DHCP **ακολουθεί το μοντέλο Client/Server**, που σημαίνει πως σε κάποιον κόμβο «τρέχει» η υπηρεσία DHCP (**DHCP Server**) και στην άλλη μεριά υπάρχει ο πελάτης DHCP (**DHCP Client**) που είναι ο οποιοσδήποτε υπολογιστής που συνδέεται στο δίκτυο. Συνήθως, τον **ρόλο του DHCP Server** σε ένα δίκτυο αναλαμβάνει ο **δρομολογητής**, αλλά αν το θελήσει διαφορετικά ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να ανατεθεί αυτός ο ρόλος σε υπολογιστή τύπου Server.

**Στο πρώτο παράδειγμα** υλοποίησης του πρωτοκόλλου DHCP, ο router του δικτύου θα παρέχει την υπηρεσία «DHCP Server».

Δημιουργώ το **δίκτυο** που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου χρησιμοποιείται ένας δρομολογητής, δύο switch και **σε κάθε switch συνδέεται** μια ομάδα 3 απλών υπολογιστών και ενός υπολογιστή τύπου Server για να προσφέρουν υπηρεσίες WEB.

Το **αριστερό τοπικό δίκτυο** θα είναι ένα δίκτυο IP κλάσης C με διεύθυνση **192.168.1.0 /24** και το **δεξιό τοπικό δίκτυο** θα είναι και αυτό κλάσης C με διεύθυνση **192.168.2.0 /24**.

Στο **δρομολογητή** ορίζω στη **διεπαφή FastEthernet0/0** (που συνδέεται με το αριστερό switch) την **IP Address 192.168.1.1** (με Subnet Mask 255.255.255.0) και στη **διεπαφή FastEthernet0/1** (που συνδέεται με το δεξιό switch) την **IP Address 192.168.2.1** (με Subnet Mask 255.255.255.0).



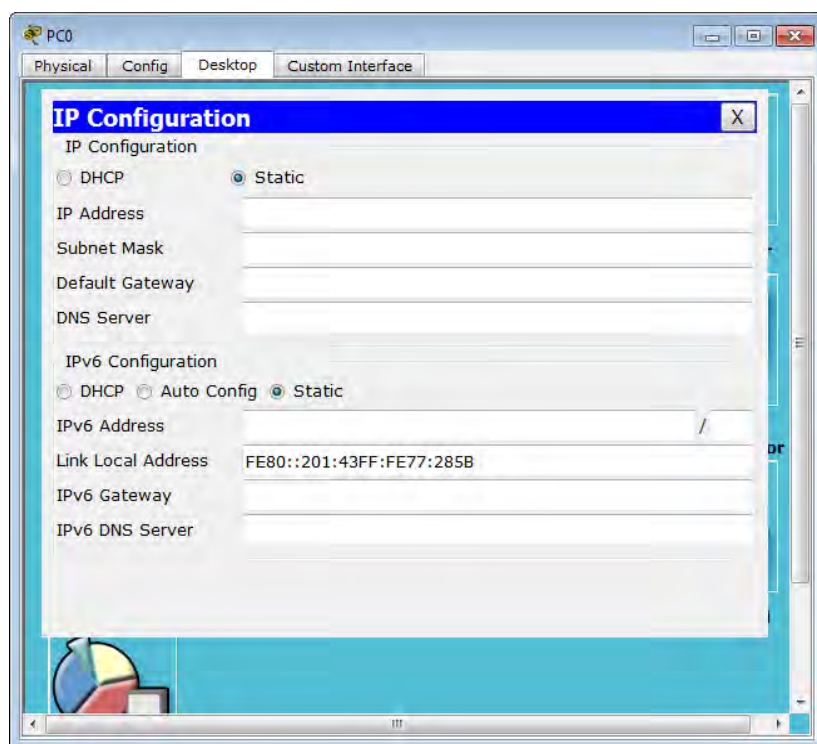
Για να το πετύχω αυτό, πηγαίνω στο router σε περιβάλλον CLI και εκτελώ τις ακόλουθες εντολές:

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# int fa0/0
Router(config-if)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)# int fa0/1
Router(config-if)# ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Router(config-if)# exit
Router(config)#
```

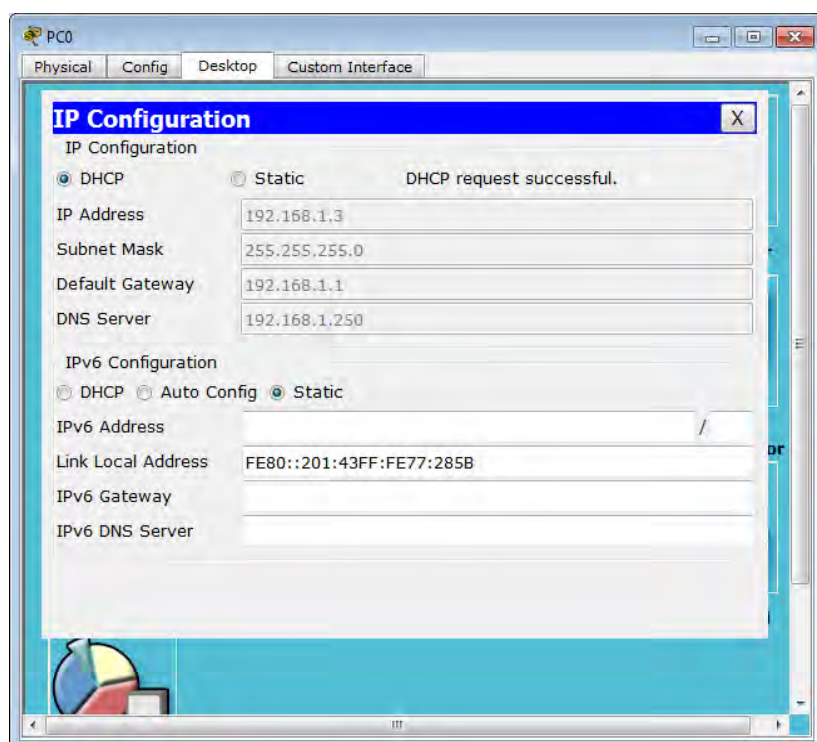
Στη συνέχεια, προχωρώ στην ενεργοποίηση και ρύθμιση της υπηρεσίας «DHCP Server» :

```
Router(config)# ip dhcp pool Left
Router(dhcp-config)# default-router 192.168.1.1
Router(dhcp-config)# network 192.168.1.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)# dns-server 192.168.1.250
Router(dhcp-config)# exit
Router(config)# ip dhcp pool Right
Router(dhcp-config)# default-router 192.168.2.1
Router(dhcp-config)# network 192.168.2.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)# dns-server 192.168.1.250
Router(dhcp-config)# exit
Router(config)# int fa0/0
Router(config-if)# no shutdown
Router(config)# int fa0/1
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# end
Router#
```

Ο δρομολογητής, πλέον, είναι έτοιμος, οπότε πηγαίνω σε κάθε έναν υπολογιστή για να ενεργοποιήσω και εκεί το τμήμα “DHCP client”. Αρχικά στους υπολογιστές το τμήμα “IP Configuration” είναι ρυθμισμένο στο “Static”.

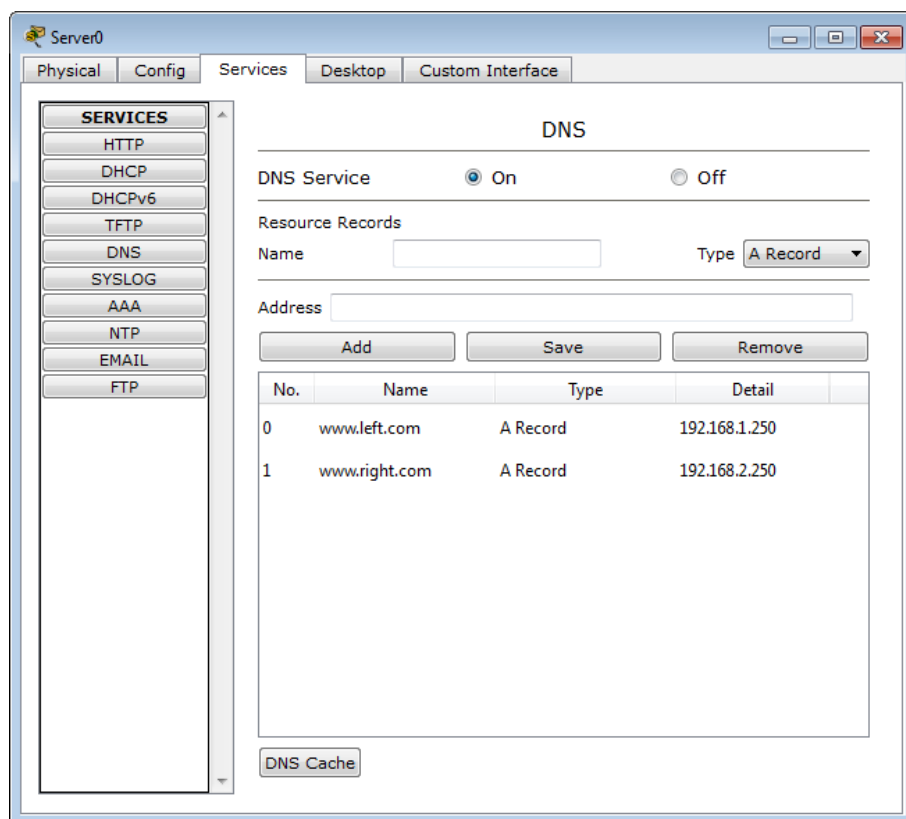


Κάνω κλικ στο **radio button** που αναγράφει δεξιά τη λέξη “DHCP” και σε λίγα δευτερόλεπτα ο υπολογιστής έχει δεχθεί από τον DHCP Server (δηλ. από τον router) τις κατάλληλες ρυθμίσεις IP ανάλογα σε ποιο LAN βρίσκεται (Left ή Right).



Επιπλέον, έχω τοποθετήσει σε κάθε LAN από έναν υπολογιστή Server: έναν στο αριστερό LAN (που θα παρέχει υπηρεσία WEB, αλλά και υπηρεσία DNS) και έναν στο δεξιό LAN (που αυτός θα λειτουργεί ως WEB Server μόνον).

Στον **αριστερό Server** θέτω στατικές ρυθμίσεις IP: Διεύθυνση IP την 192.168.1.250, Subnet Mask την 255.255.255.0, Default Gateway την 192.168.1.1. Σε αυτόν, ενεργοποιώ επιπλέον και την **υπηρεσία DNS**, αφού πρώτα προσθέσω δύο εγγραφές: το [www.left.com](http://www.left.com) να αντιστοιχεί στη διεύθυνση 192.168.1.250 και το [www.right.com](http://www.right.com) να αντιστοιχεί στη διεύθυνση 192.168.2.250.

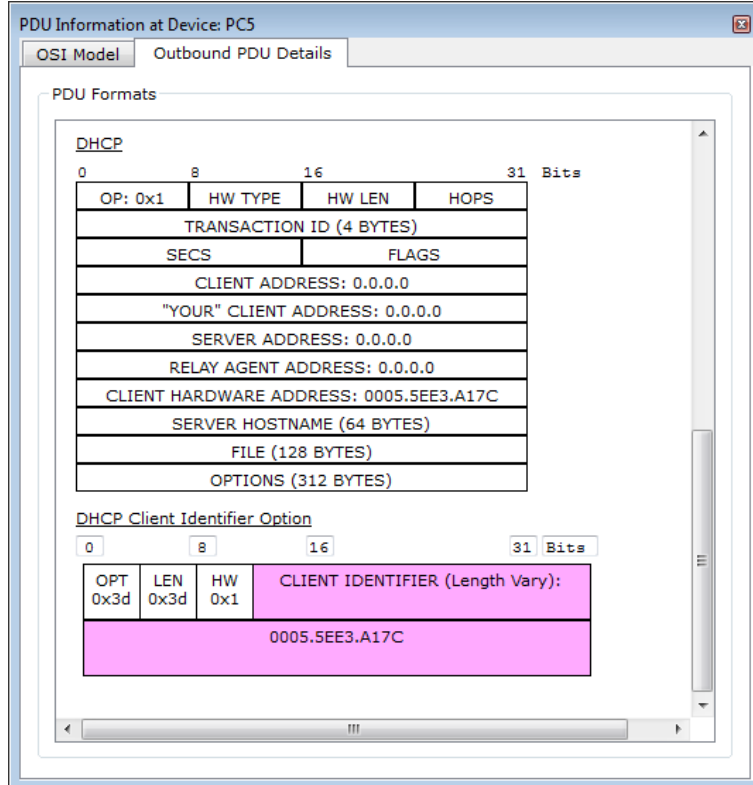
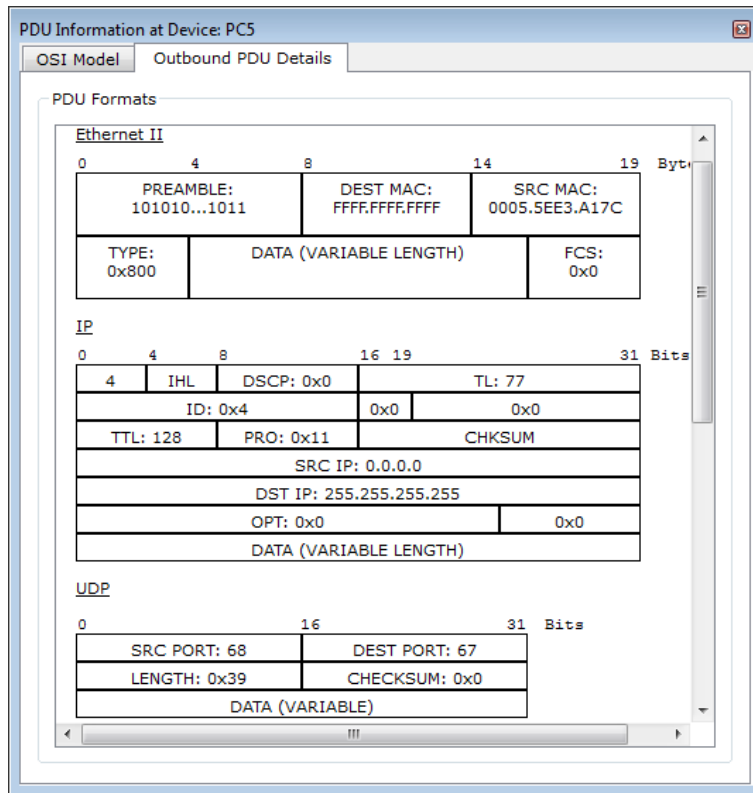


Στο **δεξιό Server** θέτω ως στατικές IP ρυθμίσεις τις εξής: IP Address 192.168.2.250, Subnet Mask 255.255.255.0, Default Gateway 192.168.2.1, DNS Server 192.168.1.250 . Σε αυτόν αφήνω ενεργοποιημένη μόνον την υπηρεσία WEB.

Αφού έχουν «πάρει» όλοι οι άλλοι υπολογιστές «αυτόματα» ρυθμίσεις IP, **επαληθεύω την επικοινωνία μεταξύ τους** από άκρη σε άκρη είτε με την εντολή **ping** είτε με το εργαλείο **“Simple PDU Test”**. Θα διαπιστώσω πως όλα λειτουργούν μια χαρά χάρη στο δρομολογητή. Μπορώ, επιπλέον, να διαπιστώσω πως από τον κάθε υπολογιστή συνδέομαι είτε στον αριστερό WEB Server είτε στο δεξιό WEB Server με την εφαρμογή **“Web Browser”** όπου ως url δίνω την IP Address του Server ή την αντίστοιχη ονοματολογία – [www.left.com](http://www.left.com) ή [www.right.com](http://www.right.com) .

Κλείνοντας το μάθημα, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον **να παρατηρήσω τη διαδικασία επικοινωνίας μεταξύ ενός “DHCP Client” και του “DHCP Server”**. Πηγαίνω σε λειτουργία **“Simulation Mode”** και μαρκάρω για «παρακολούθηση» μόνον τα πρωτόκολλα UDP και DHCP. Πηγαίνω στην καρτέλα **“Desktop”** ενός υπολογιστή, π.χ. του PC5 και επιλέγω την εφαρμογή **“IP Configuration”**. Κάνω κλικ στο radio button **“Static”** και μετά κάνω κλικ στο radio button **“DHCP”** για να ξεκινήσει η διαδικασία «Requesting IP Address».

Πατώντας διαδοχικά το *κουμπί «Capture / Forward»* της προσομοίωσης παρακολουθώ τις 4 φάσεις της «συνομιλίας» μεταξύ του “DHCP Client” και του “DHCP Server”: “DHCP DISCOVER”, “DHCP OFFER”, “DHCP REQUEST”, “DHCP ACK”.



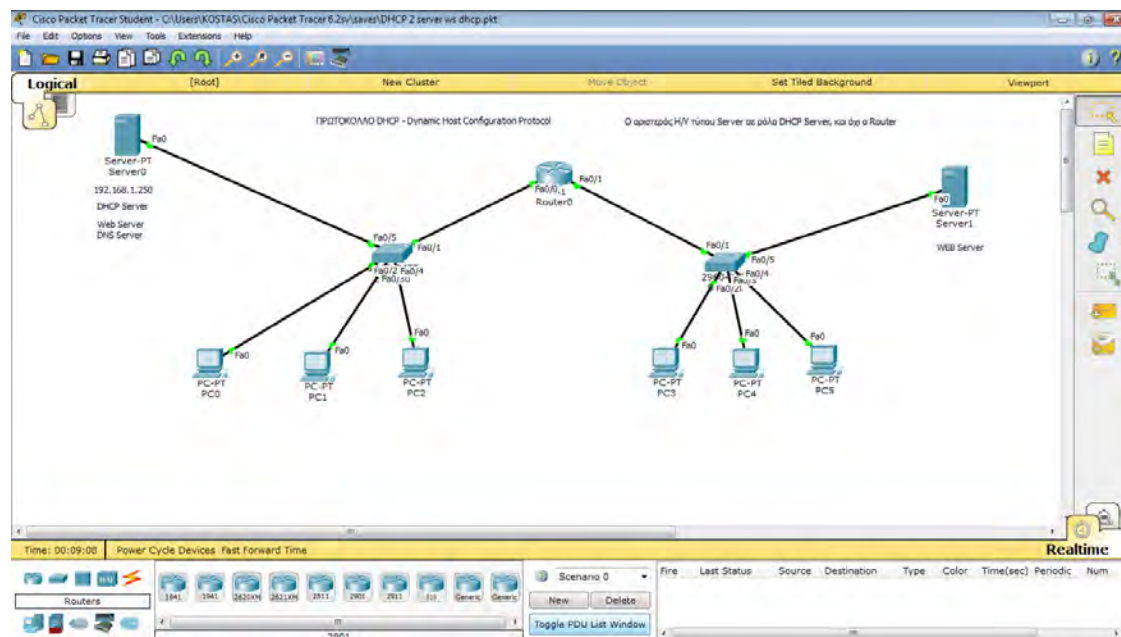
Έτσι σιγά σιγά μελετώ αναλυτικά τα περιεχόμενα σε όλα τα PDU και επιβεβαιώνω τις σχετικές πληροφορίες που αναφέρονται για το πρωτόκολλο DHCP στη θεωρία του βιβλίου.

Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «DHCP 1 ο router ws dhcp.pkt».

## 6.22 ΜΑΘΗΜΑ 22 : Υλοποίηση του πρωτοκόλλου DHCP – περίπτωση 2

Στο προηγούμενο μάθημα το ρόλο του DHCP Server τον είχε αναλάβει ο δρομολογητής του δικτύου, ο οποίος κάνει και τη διασύνδεση του αριστερού LAN με το δεξιό (το κάθε LAN αποτελεί ξεχωριστό IP δίκτυο).

Στο μάθημα αυτό, θα αλλάξω τα δεδομένα, έτσι ώστε *το ρόλο του DHCP Server* να τον επιτελεί *ο αριστερός υπολογιστής τύπου Server*, ο οποίος έχει τη σταθερή IP Address 192.168.1.250.



Πρώτα, πρέπει να πάω *σε κάθε υπολογιστή* και να επαναφέρω την *επιλογή «Static»* όσον αφορά το «IP Configuration».

Μετά, πηγαίνω στο *router*, για να «*ακυρώσω*» τις *προηγούμενες ρυθμίσεις* και να τον προετοιμάσω ξανά από την αρχή με τα καινούργια, πλέον, δεδομένα. Είμαι στο περιβάλλον CLI και εκτελώ την *εντολή “reload”* σε Privileged κατάσταση:

```
Router> en
Router# reload
```

Η εντολή αυτή αναγκάζει το δρομολογητή να κάνει “reset” (δηλ. σαν *να τίθεται off και μετά on*), και επειδή δεν είχα αποθηκεύσει πριν το “running configuration” στη NVRAM,

φορτώνεται από την αρχή το “startup configuration”, σύμφωνα με το οποίο ο δρομολογητής δεν έχει καμία αρχική ρύθμιση. Θα προχωρήσω μετά με το δρομολογητή.

Πηγαίνω, τώρα, στον *υπολογιστή Server του αριστερού LAN* (το οποίο, θυμίζω, έχει την IP διεύθυνση 192.168.1.0/24), μεταβαίνω στην *καρτέλα «Services»* και από την αριστερή μπάρα επιλέγω την *υπηρεσία «DHCP»*. Στην κύρια περιοχή ρυθμίσεων για το DHCP έχει αρχικά μία καταχώριση με το όνομα «serverPool». Αλλάζω τις ρυθμίσεις που ήδη υπάρχουν και θέτω τα ακόλουθα:

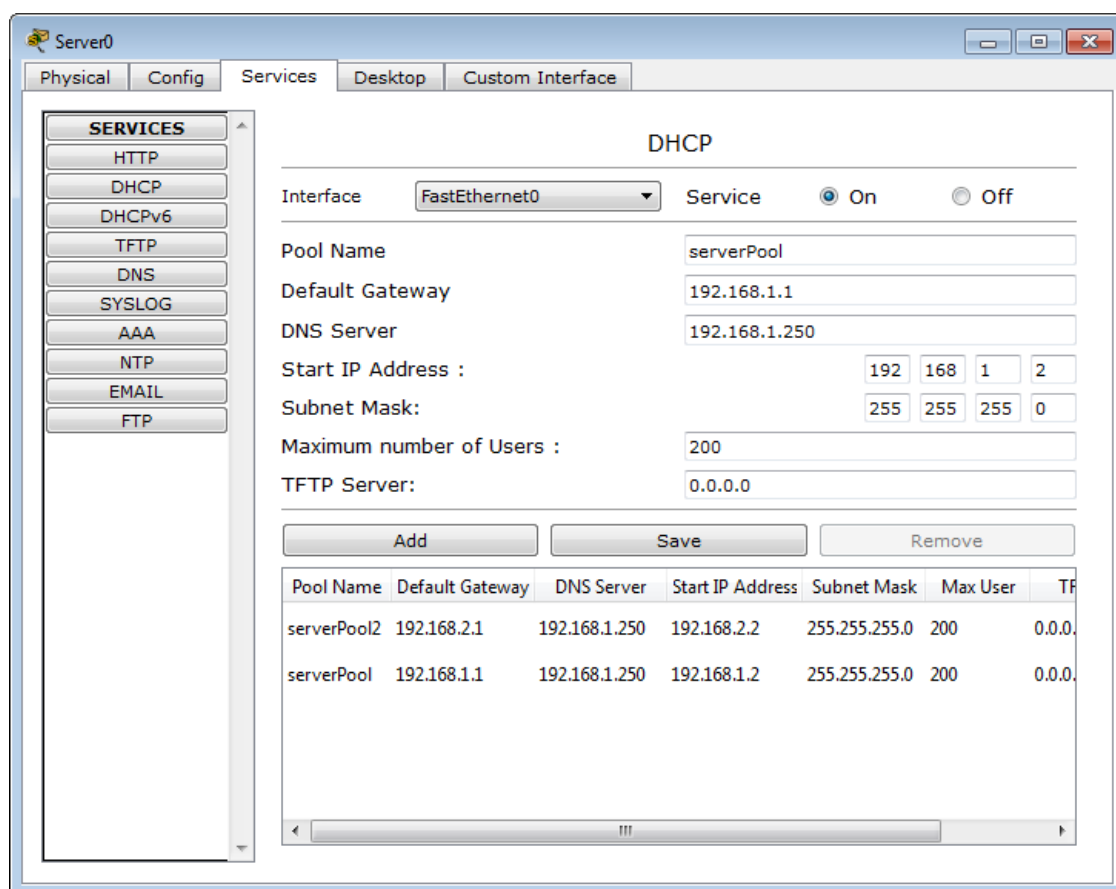
Default Gateway: 192.168.1.1

DNS Server: 192.168.1.250

Start IP Address: 192.168.1.2

Subnet Mask: 255.255.255.0

Maximum number of User: 200, και πατάω το *κουμπί “Save”*.



Έτσι, αποθηκεύτηκε η πρώτη ομάδα ρυθμίσεων που αφορά τους υπολογιστές του αριστερού LAN. Στη συνέχεια, αλλάζω καταλλήλως τις τιμές των παραπάνω πεδίων έτσι, ώστε το πεδίο «Pool Name» να έχει την τιμή “serverPool2”, το πεδίο «Default Gateway» την τιμή 192.168.2.1 και το πεδίο «Start IP Address» την τιμή 192.168.2.2. Τα υπόλοιπα τα αφήνω ως έχουν, και πατάω το *κουμπί “Add”*. Αυτή η δεύτερη ομάδα ρυθμίσεων αφορά τους υπολογιστές του δεξιού LAN. Τέλος, ενεργοποιώ την υπηρεσία DHCP κάνοντας κλικ στο radio button “On” που βρίσκεται δεξιά από τη λέξη “Service” (στη γραμμή κάτω από τον τίτλο «DHCP»).

Κατόπιν, είναι *η σειρά του δρομολογητή* να ορίσω στις δύο διεπαφές του τις κατάλληλες IP ρυθμίσεις και να τις ενεργοποιήσω. Πηγαίνω σε περιβάλλον CLI και εκτελώ τις παρακάτω *εντολές*:



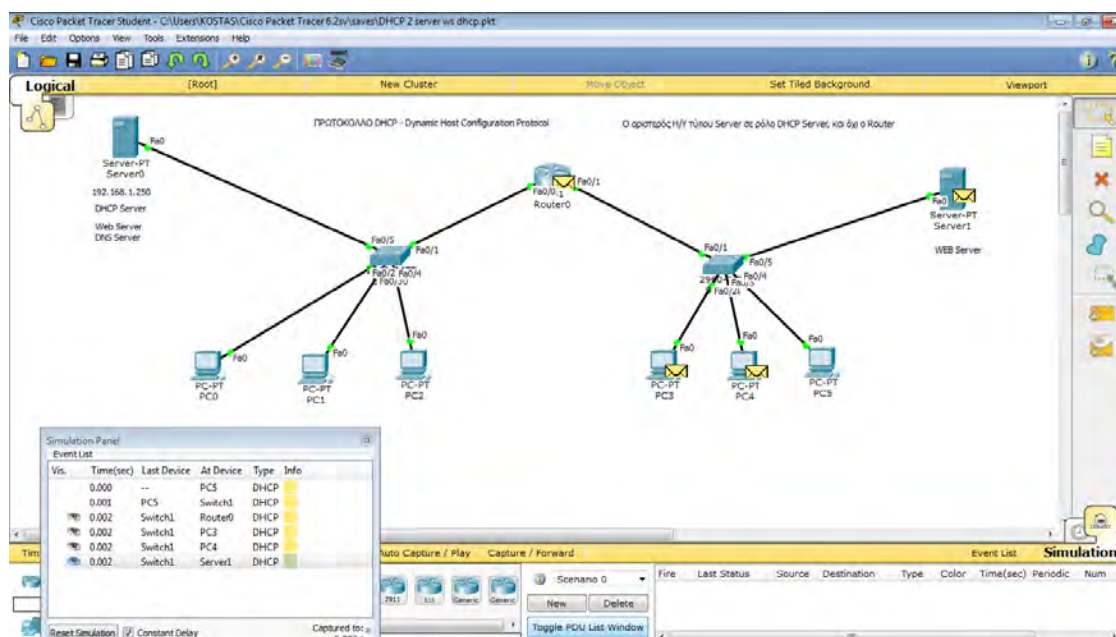
```

Router> en
Router# configure terminal
Router(config)# int fa0/0
Router(config-if)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)# ip helper-address 192.168.1.250
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# int fa0/1
Router(config-if)# ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Router(config-if)# ip helper-address 192.168.1.250
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# end
Router#

```

Σε αυτή την φάση έχουν γίνει όλες αναγκαίες οι ρυθμίσεις στον αριστερό υπολογιστή Server και στο δρομολογητή.

Τώρα, πρέπει να πάω **σε κάθε υπολογιστή** και να ενεργοποιήσω την **επιλογή «DHCP»** όσον αφορά το «IP Configuration». Έτσι, ο υπολογιστής λαμβάνει από τον νέο DHCP Server τις κατάλληλες ρυθμίσεις IP ανάλογα σε ποιο LAN βρίσκεται. Μπορώ **να παρακολουθήσω την πορεία** της διαδικασίας «Requesting IP Address» και **να μελετήσω τα πακέτα PDU** που ανταλλάσσονται ανάμεσα στον DHCP Server και τον υπολογιστή που μόλις του ενεργοποίησα την επιλογή «DHCP» για το «IP Configuration» (π.χ PC5), όπως έκανα στο τέλος του προηγούμενου μαθήματος (δηλ. σε «**Simulation Mode**» επιλέγοντας να παρακολουθώ μόνον τα **πρωτόκολλα UDP και DHCP**).



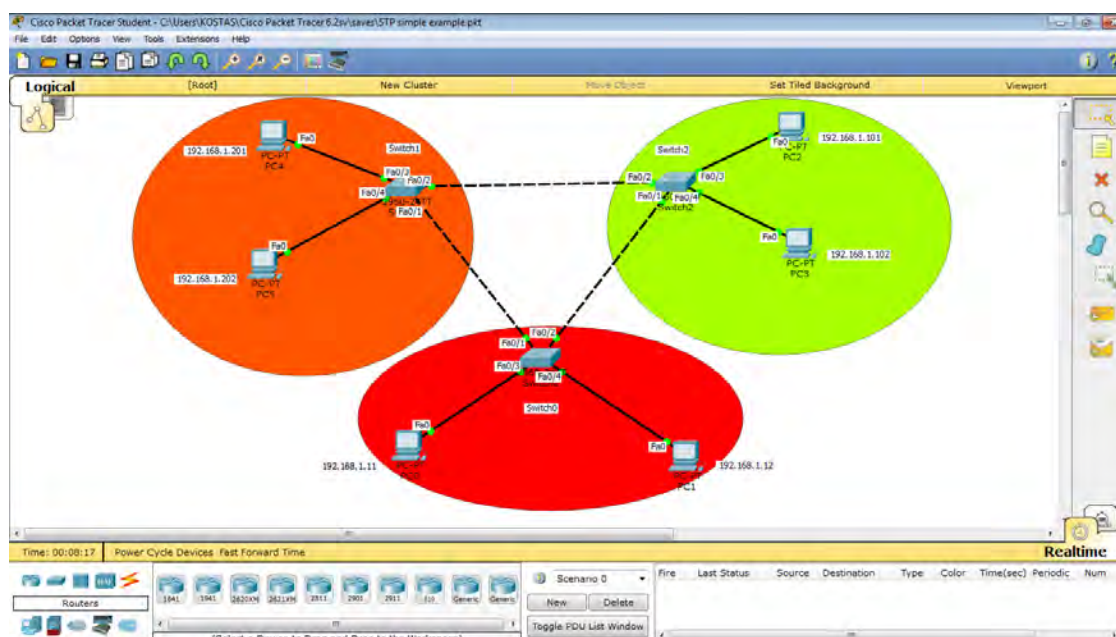
Επίσης, μπορώ μέσω της εφαρμογής «Web Browser» σε οποιονδήποτε υπολογιστή να ελέγξω την επικοινωνία με τους δύο Web Servers, τον αριστερό ([www.left.com](http://www.left.com)) και τον δεξιό ([www.right.com](http://www.right.com)).

Αποθηκεύω το τρέχον παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «DHCP 2 o Server ws dhcp.pkt».

## 6.23 ΜΑΘΗΜΑ 23: Υλοποίηση του πρωτοκόλλου STP (Spanning Tree Protocol)

Το πρωτόκολλο «επικαλύπτοντος ή συνδετικού δέντρου» (Spanning Tree Protocol - STP) χρησιμοποιείται για να λύσει τα προβλήματα κυκλοφορίας βρόχου των πλαισίων (layer 2 loops) και να διαμορφώσει *ένα μόνον ενεργό μονοπάτι* που ονομάζεται «επικαλύπτων δένδρο». Ο σκοπός του είναι να δημιουργήσει *μία τοπολογία χωρίς βρόχους*, όταν υπάρχουν πολλές διασυνδέσεις ανάμεσα στους μεταγωγείς (switches).

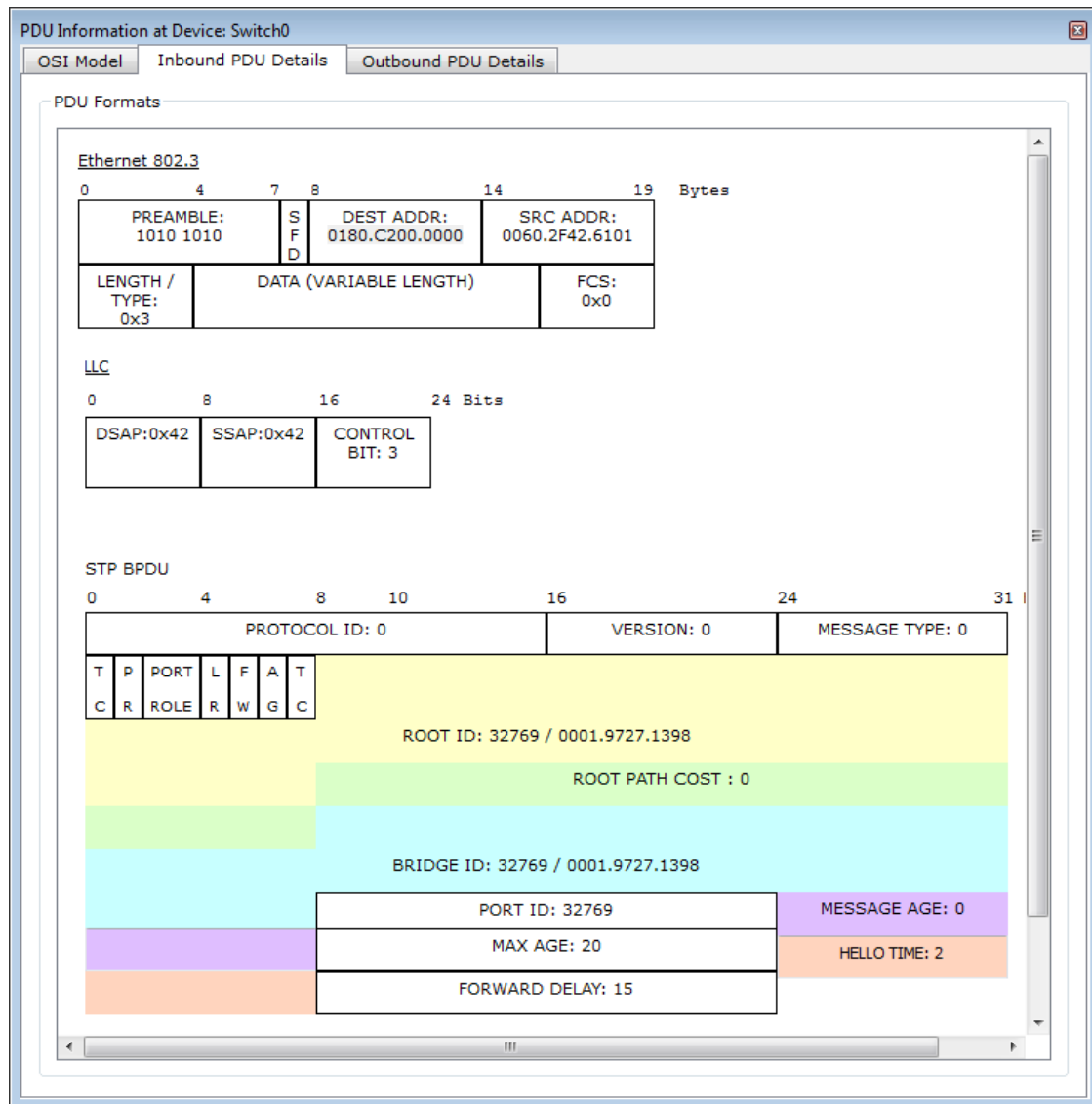
Στο μάθημα αυτό, στα πλαίσια εκμάθησης περί της λειτουργίας του πρωτοκόλλου STP και του αποτελέσματος που επιφέρει, δημιουργώ στο περιβάλλον εργασίας (*workspace*) το παρακάτω δίκτυο, ως απλό παράδειγμα μελέτης του STP:



Χρησιμοποιώ 3 μεταγωγείς Cisco 2960, τους οποίους συνδέω μεταξύ τους με καλώδια χάλκινα cross-over με τέτοιον τρόπο, ώστε να δημιουργείται ένας βρόχος μεταξύ τους (loop). Σε κάθε switch συνδέω δύο υπολογιστές, για να επιβεβαιώσω αργότερα την επικοινωνία σε όλο το δίκτυο.

Αφού δημιουργήσω το εικονικό αυτό δίκτυο, πηγαίνω σε λειτουργία «*Simulation Mode*», ορίζω για *παρακολούθηση μόνον το πρωτόκολλο STP* και πατάω διαδοχικά το κουμπί “Capture/Forward”, για να παρακολουθήσω βήμα-βήμα όλη την αρχική διαδικασία του αλγορίθμου “Spanning Tree” (STA – Spanning Tree Algorithm), καθώς και να δω τα περιεχόμενα των Configuration BPDUs (CBPDU – Configuration Bridge Protocol Data Units).

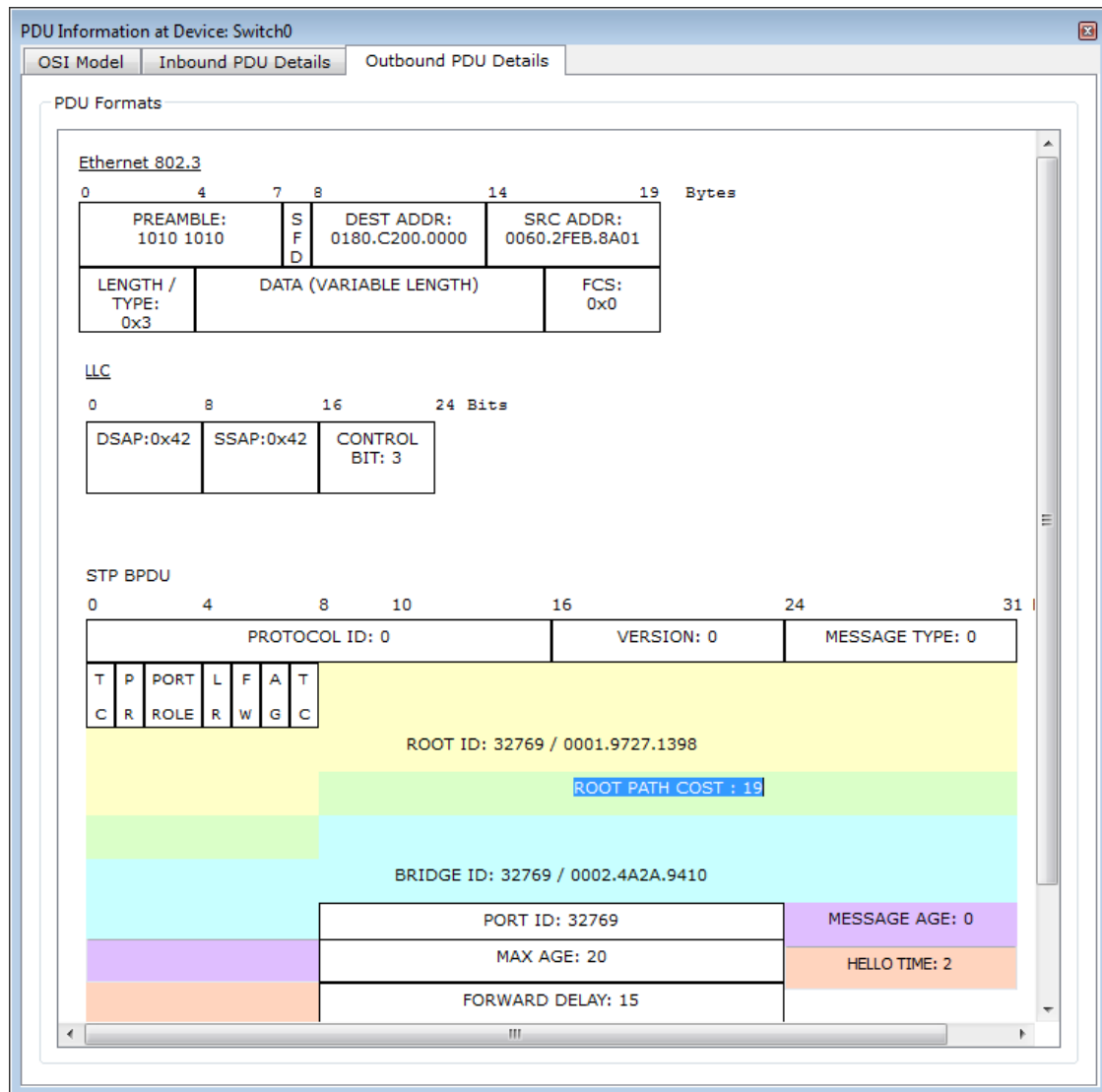
Όπως είναι γνωστό, στην αρχή όλα τα switch εκπέμπουν προς όλες τις κατευθύνσεις “*broadcast*” πλαίσια BPDU (στην broadcast MAC Address του STP 01-80-c2-00-00-00, ως Destination MAC Address των πλαισίων). Η πολλαπλή αυτή αποστολή πλαισίων BPDU αποτελεί μέρος της διαδικασίας του «ορισμού» της γέφυρας/μεταγωγού που θα είναι “root” (root bridge). Για παράδειγμα, στην προσομοίωση βλέπω πως το πάνω δεξιό switch (*Switch2*) ξεκινάει και στέλνει τα BPDU πλαίσια σε όλες τις θύρες του, και κάνοντας κλικ στο PDU που λαμβάνει το *Switch0* (Inbound PDU) έχω την ακόλουθη εικόνα για τα περιεχόμενά του:



Εδώ, πράγματι, βλέπω ότι η **Destination MAC Address είναι η 01-80-C2-00-00-00**, και μέσα στο πεδίο «DATA» έχει ενθυλακωθεί ένα «STP BPDUs», το οποίο έχει τα εξής περιεχόμενα: ως «ROOT ID» και «BRIDGE ID» έχει τεθεί το Bridge ID του Switch2 (δηλ. αρχικά το **Switch2** θεωρεί πως αυτό το ίδιο είναι το Root Bridge), ως «ROOT PATH COST» έχει τεθεί το 0, και τέλος, στους χρόνους «Hello Time», «Forward Delay», «MAX AGE» έχουν οριστεί οι προεπιλεγμένες τιμές που είναι αντίστοιχα 2 sec. , 15 sec. , 20 sec.

Το **Switch0** λαμβάνει αυτό το BPDUs από το Switch2, παρατηρεί πως το Bridge ID του Switch2 (32769 / 0001.9727.1398) είναι μικρότερο από το δικό του Bridge ID (32769 / 0002.4A2A.9410), και έτσι στο BPDUs που τώρα θα εκπέμψει προς τα έξω broadcast, θα αναφέρει ως «ROOT ID» το ID του Switch2, ως «BRIDGE ID» το δικό του (δηλ. το ID του Switch0) και ως «ROOT PATH COST» προσθέτει το cost για τη δική του θύρα λήψης που είναι τύπου Fast Ethernet (αυτή έχει cost '19').

Τα περιεχόμενα του BPDUs που αποστέλλει το **Switch0** φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Αν, τώρα, επιστρέψω σε κανονική λειτουργία (“*Real Time*”), θα διαπιστώσω πως οι θύρες που συνδέουν μεταξύ τους τα 3 switch είναι *όλες σε κατάσταση «Forward»* (πράσινος μικρός κύκλος), *εκτός από τη θύρα Fa0/1 του Switch1*, η οποία θύρα διασυνδέει το Switch1 με το Switch0. Αυτή η θύρα τέθηκε από το πρωτόκολλο STP σε κατάσταση «Listening» (πορτοκαλί μικρός κύκλος), που σημαίνει πως μπορεί να λαμβάνει πλαίσια BPDUs, αλλά δεν θα προωθεί τα κανονικά πλαίσια Ethernet που λαμβάνει («λειτουργία blocked»).

Προτού δοκιμάσω με την εντολή ring να επαληθεύσω την επικοινωνία από άκρη σε άκρη και να παρατηρήσω την πορεία των αντίστοιχων πακέτων “Echo Request” και “Echo Reply”, αποδίδω *σε κάθε υπολογιστή* τις παρακάτω *διευθύνσεις IP* (η μάσκα υποδικτύου είναι /24) :

- PC0 – 192.168.1.11
- PC1 – 192.168.1.12
- PC2 – 192.168.1.101
- PC3 – 192.168.1.102
- PC4 – 192.168.1.201
- PC5 – 192.168.1.202

Τα *PC0* και *PC1* είναι συνδεδεμένα στο *Switch0*, τα *PC2* και *PC3* είναι συνδεδεμένα στο *Switch2*, και, τα *PC4* και *PC5* είναι συνδεδεμένα στο *Switch1*.

Παρακολουθώντας σε λειτουργία “Simulation Mode” (για το πρωτόκολλο ICMP) την εκτέλεση της εντολής ping ανάμεσα στον υπολογιστή PC0 και τον υπολογιστή PC4 (ή PC5), διαπιστώνω πως **η πορεία που ακολουθούν τα πακέτα είναι PC0 -> Switch0 -> Switch2 -> Switch1 -> PC4**. Δηλ. επειδή η διασύνδεση «Switch0 – Switch1» δεν λειτουργεί – λόγω του STP- **τα πακέτα** για να πάνε από το Switch0 προς το Switch1 (όπου βρίσκεται ο τελικός αποδέκτης) **περνάνε διαμέσου του Switch2**.

Για να διαπιστώσω ποιο από τα 3 switch είναι το “**Root Bridge**”, εκτελώ σε περιβάλλον CLI την εντολή “**show spanning-tree**” και στις πληροφορίες που εμφανίζονται ελέγχο την MAC Address του “Root ID” και την MAC Address του “Bridge ID”. Αν είναι ίδιες, συμπεραίνω πως αυτό το switch είναι το “Root Bridge” (υπάρχει, εξάλλου, και η φράση «This bridge is the root»).

Στο **Switch0** η εντολή εμφανίζει τις εξής πληροφορίες:

```

Switch0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Switch#show span
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32769
Address 0001.9727.1398
Cost 19
Port 2(FastEthernet0/2)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0002.4A2A.9410
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 20

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/4 Desg FWD 19 128.4 P2p
Fa0/3 Desg FWD 19 128.3 P2p
Fa0/2 Root FWD 19 128.2 P2p
Fa0/1 Desg FWD 19 128.1 P2p
Switch#
Copy Paste

```

Στο **Switch1** βλέπω τα ακόλουθα:

```

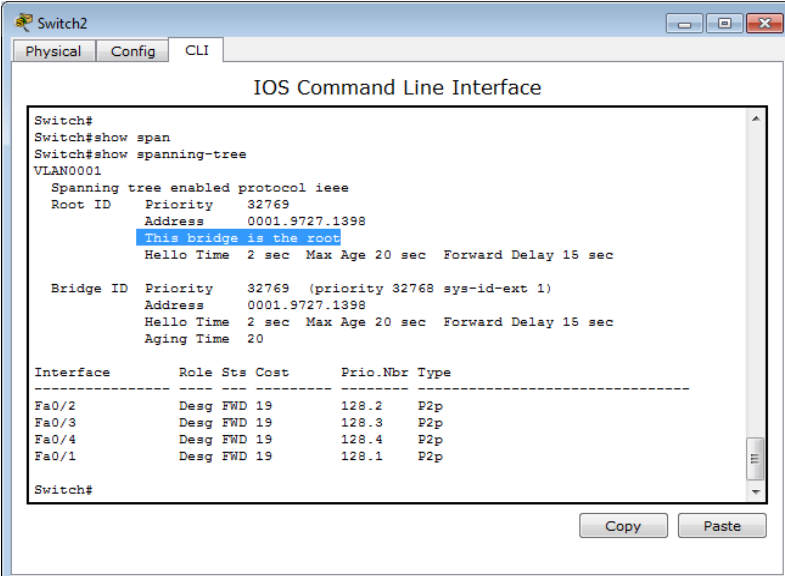
Switch1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Switch#show span
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32769
Address 0001.9727.1398
Cost 19
Port 2(FastEthernet0/2)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0090.2B53.E65C
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 20

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/1 Altn BLK 19 128.1 P2p
Fa0/2 Root FWD 19 128.2 P2p
Fa0/3 Desg FWD 19 128.3 P2p
Fa0/4 Desg FWD 19 128.4 P2p
Switch#
Copy Paste

```

Στο *Switch2* βλέπω τις εξής πληροφορίες:



```
Switch2
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Switch#
Switch#show span
Switch#show spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32769
Address 0001.9727.1398
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0001.9727.1398
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 20

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2 Desg FWD 19 128.2 P2p
Fa0/3 Desg FWD 19 128.3 P2p
Fa0/4 Desg FWD 19 128.4 P2p
Fa0/1 Desg FWD 19 128.1 P2p

Switch#
```

*Επειδή* και στα 3 switch το «*Bridge Priority*» είναι το ίδιο (με την προεπιλεγμένη τιμή 32768+1), ως “Root Bridge” ορίζεται εκείνο το switch που έχει την *μικρότερη* “MAC Address” στο δικό της “Bridge ID”. Έτσι, το switch αυτό είναι τελικά το *Switch2*.

Επιπλέον πληροφορίες που εμφανίζει η εντολή “show spanning-tree” είναι σχετικά με τις θύρες του κάθε switch, όπως όνομα θύρας (Interface), ρόλος (Role), κατάσταση (Status), κόστος (Cost).

Οι *επιτρεπτές καταστάσεις* είναι:

- **FWD** (Forwarding – Προώθησης) για τις θύρες που επιτελούν το ρόλο “Root” (Root port) ή το ρόλο “Designated” (Desg port).
- **BLK** (Blocking - Αποκλεισμού) για τις θύρες που επιτελούν το ρόλο “Alternate” (Altn port).

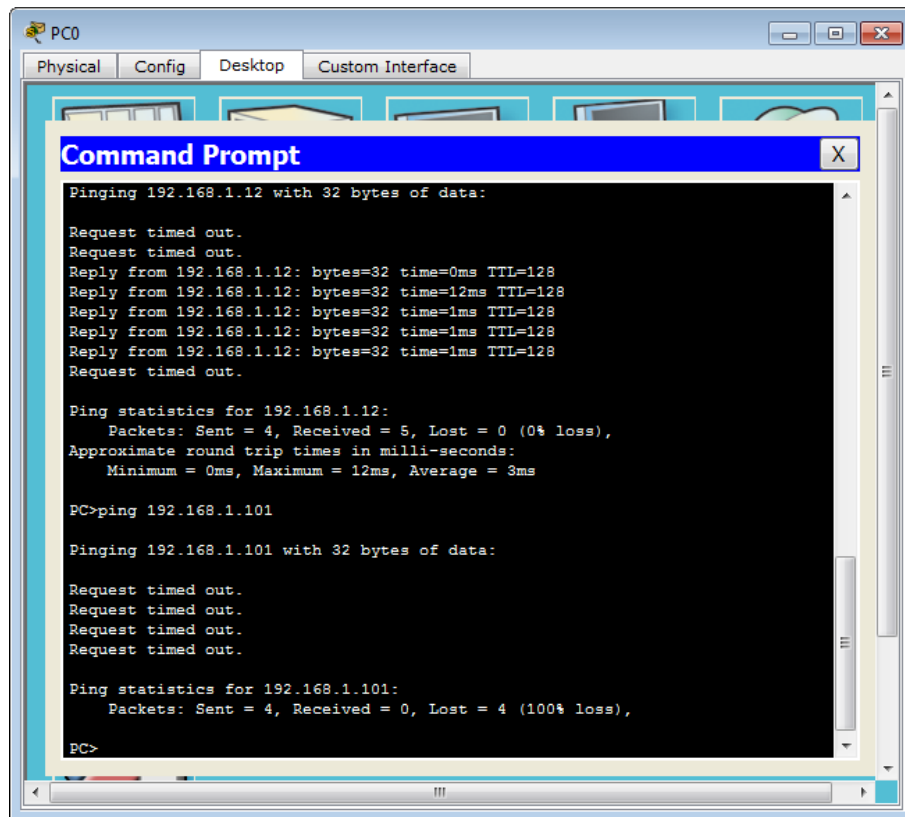
Στο Switch2 – που είναι το “Root Bridge”- όλες οι θύρες του είναι σε κατάσταση “forward”, στα άλλα δύο switch υπάρχει μία μόνο θύρα “root port” και οι υπόλοιπες είναι “designated ports”, εκτός μίας στο Switch1 που είναι “alternated port” (και άρα blocked).

Αν θελήσω να οριστεί *κάποιο άλλο switch ως “Root Bridge”*, θα πρέπει να παρέμβω σε αυτό και να του *αλλάξω το “Bridge Priority”* (μιας και η MAC Address στο “Bridge ID” δεν αλλάζει). Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση της εντολής “**spanning-tree vlan 1 root primary**” ή της εντολής “**spanning-tree vlan 1 priority <num>**”, όπου <num> ένας αριθμός πολλαπλάσιος του 4096.

Πηγαίνω σε *περιβάλλον CLI* σε κάθε switch και εκτελώ τις ακόλουθες *εντολές*:

```
Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch(config)# no spanning-tree vlan 1
```

Έτσι *απενεργοποιώ το πρωτόκολλο STP*, με αποτέλεσμα όλες οι θύρες σε κάθε switch να βρίσκονται σε κατάσταση “forwarding” (προώθησης). Αυτό σημαίνει πως οι οποιοδήποτε βρόχοι υπάρχουν στο όλο δίκτυο, θα είναι ενεργοί. Αν, τώρα, ξαναδοκιμάσω την εντολή ping ανάμεσα στο PC0 PC4 (ή π.χ. το PC2) *θα διαπιστώσω πως υπάρχει πρόβλημα επικοινωνίας*.



```
PC0
Physical Config Desktop Custom Interface

Command Prompt
Pinging 192.168.1.12 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time=12ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time=1ms TTL=128
Request timed out.

Ping statistics for 192.168.1.12:
    Packets: Sent = 4, Received = 5, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 12ms, Average = 3ms

PC>ping 192.168.1.101

Pinging 192.168.1.101 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 192.168.1.101:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

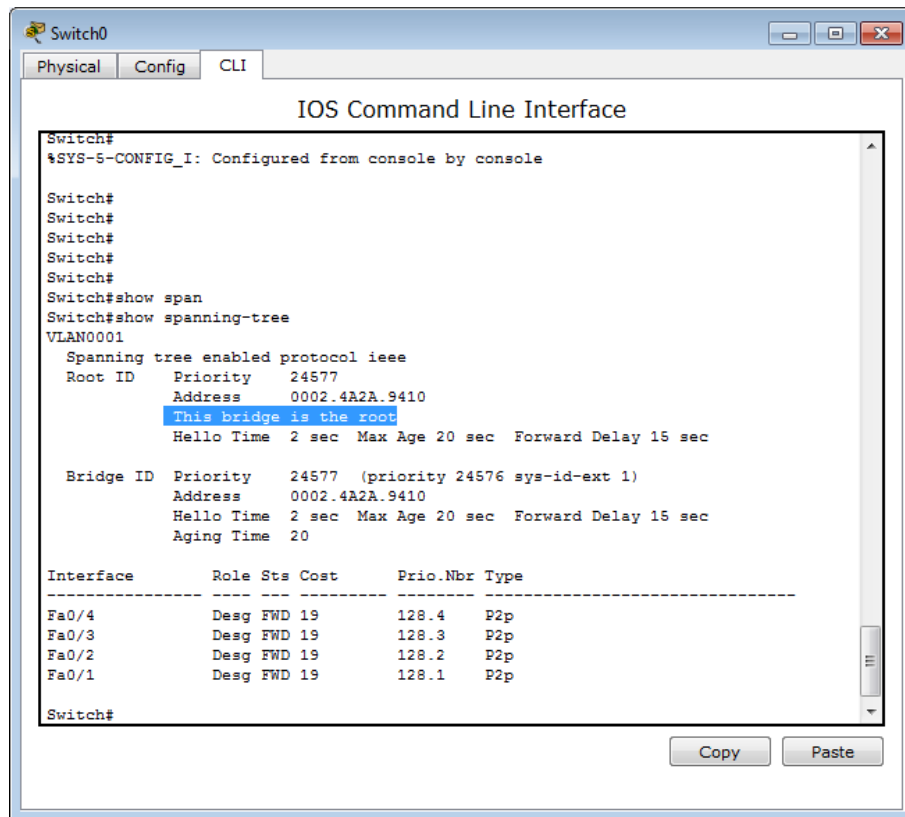
PC>
```

Από το γεγονός αυτό, διαφαίνεται η **μεγάλη χρησιμότητα του πρωτοκόλλου STP** σε ένα δίκτυο (είτε μικρό είτε μεγάλο), όπου υπάρχουν επιπλέον διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων switch, δημιουργώντας βρόχους. Το **STP «εξαλείφει» αυτούς τους βρόχους** διατηρώντας μόνον εκείνα τα μονοπάτια που χρειάζονται.

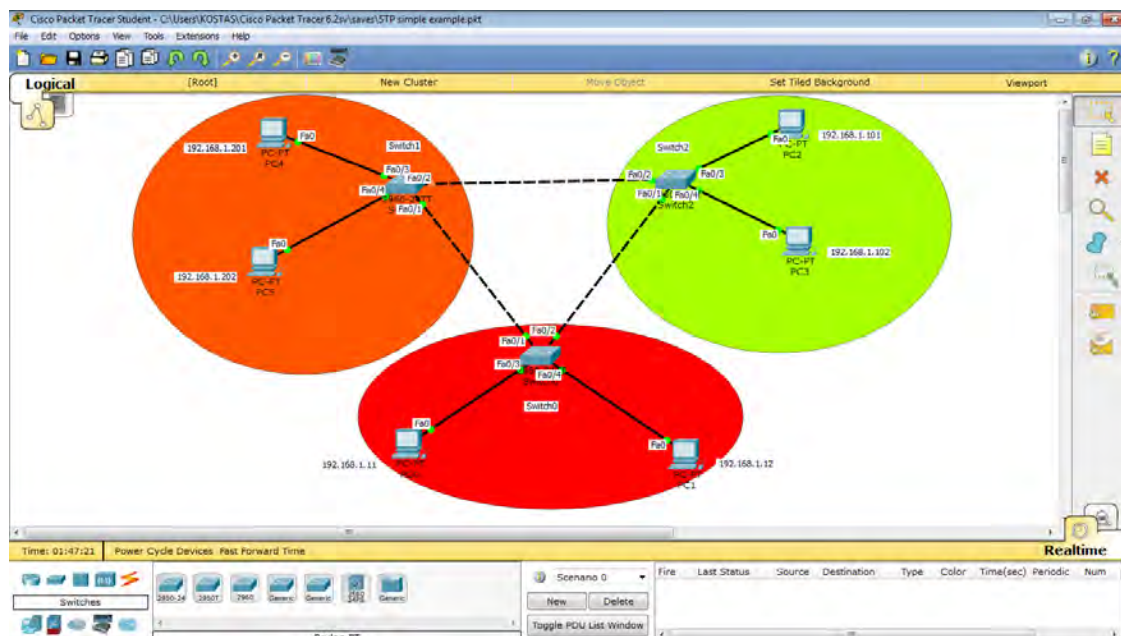
Έστω, πως επιθυμώ να οριστεί το **Switch0** ως το νέο “**Root Bridge**”. Εκτελώ σε αυτό την εντολή “**spanning-tree vlan 1 root primary**” (ώστε να έχει το “Bridge Priority” μικρότερη τιμή από την προεπιλεγμένη τιμή 32769 που θα έχουν τα άλλα δύο switch) , και **ενεργοποιώ ξανά το πρωτόκολλο STP** σε όλα τα switch με την εντολή “**spanning-tree vlan 1**” .

Περιμένω να δω στο περιβάλλον εργασίας (workspace) στις θύρες των 3 switch να γίνουν τα μικρά κυκλάκια «πράσινα», και μετά με τη βοήθεια της εντολής “**show spanning-tree**” μελετώ τις σχετικές πληροφορίες σε κάθε switch, για να διαπιστώσω αν το Switch0 είναι πλέον το “Root Bridge” (καθώς, και ποιο είναι τώρα το δικό του “Bridge Priority”).

Πραγματικά, όπως φαίνεται και στην παρακάτω σχετική εικόνα, το **Switch0** είναι το νέο “**Root Bridge**” με “**Priority**” 24577 (δηλ. 24576+1).



Στο περιβάλλον εργασίας βλέπω πως η *θύρα Fa0/2* του Switch1 (που διασυνδέει το Switch1 με το Switch2) είναι σε κατάσταση *“blocked”*.



Αποθηκεύω το τρέχων παράδειγμα εικονικού δικτύου ως αρχείο με το όνομα «STP simple examble.pkt».



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ταχύτατη ανάπτυξη της επιστήμης της πληροφορικής και της τεχνολογίας δημιούργησε ένα υψηλό επίπεδο απαιτήσεων όσον αφορά τις γνώσεις και δεξιότητες που είναι αναγκαίες για την επαγγελματική σταδιοδρομία ενός ατόμου.

Η επαγγελματική κατάρτιση συνδέεται στενά με την επαγγελματική εκπαίδευση. Η επαγγελματική εκπαίδευση αποβλέπει στην απόκτηση γνώσεων και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που προετοιμάζουν τους νέους για την ένταξή τους στην παραγωγική διαδικασία και την αγορά εργασίας.

Ο εκπαιδευτικός θεσμός σήμερα βρίσκεται αναγκαστικά στο επίκεντρο των εξελίξεων. Ο εκπαιδευτικός της επαγγελματικής εκπαίδευσης οφείλει να εγκαταλείψει το «παλαιό σχολείο της λογοκοπίας και της παθητικής μάθησης» και να οδηγηθεί στο «σχολείο της εργασίας και της ενεργητικής μάθησης». Για το σκοπό αυτόν, όπως είδαμε στα κεφάλαια 2 και 3, **ο εκπαιδευτικός «οπλίζεται» με γνώσεις πάνω στις σύγχρονες μεθόδους & τεχνικές διδασκαλίας**, που θα τον βοηθήσουν να προετοιμάσει σωστά τους νέους επαγγελματίες του αύριο.

Στο σημείο αυτό έγκειται η ιδιαίτερη συμβολή των ΤΠΕ στην επαγγελματική εκπαίδευση. Η χρήση των **εκπαιδευτικών βίντεο**, των προσομοιώσεων, των **εικονικών περιβαλλόντων**, των συστημάτων διαχείρισης μάθησης (moodle – LMS) μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα της επαγγελματικής (κυρίως) εκπαίδευσης.

Στην παρούσα εργασία προσπαθήσαμε να αναδείξουμε (και θεωρητικά και πρακτικά) τα τεράστια πλεονεκτήματα που προσφέρει **ένα «εικονικό περιβάλλον» μάθησης**. Όπως ανέφερε ο Wilson το 1997, το «εικονικό περιβάλλον είναι ένα σχεδιασμένο μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή περιβάλλον προσομοίωσης, στο οποίο ο χρήστης αποκτά 3D εμπειρίες», ενώ ο J. Bruner είχε πει ότι «οι μαθητές ανακαλύπτουν αρχές ή αναπτύσσουν δεξιότητες μέσω πειραματισμού και πρακτικής».

Όλα τα παραπάνω εκπαιδευτικά εργαλεία αποβλέπουν ιδιαίτερα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (πέραν της αποτελεσματικότερης κατανόησης των διαφόρων δύσκολων εννοιών) και δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητευόμενους να ακολουθούν το δικό τους ρυθμό μάθησης, πράγμα που τα καθιστά ευέλικτα, ευχάριστα και δημιουργικά.

**Ως πρακτική εφαρμογή** «μάθησης σε εικονικό περιβάλλον» χρησιμοποιήθηκε το ειδικό λογισμικό προσομοίωσης δικτύων για το μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών» του Επαγγελματικού Λυκείου (και γενικότερα της Τεχνικής Εκπαίδευσης, δηλ. ΙΕΚ, ΑΤΕΙ, ΑΕΙ) **Cisco Packet Tracer**.

Το Cisco Packet Tracer αποτελεί **ένα ισχυρό πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων** που επιτρέπει στους χρήστες να:

- Δημιουργήσουν δίκτυα με πολύ μεγάλο αριθμό συσκευών,
- Πειραματιστούν με την συμπεριφορά του δικτύου,

- Εκτελέσουν «έτοιμα» σενάρια σε πραγματικό χρόνο (Real Mode), αλλά και με ελεγχόμενο τρόπο (Simulation Mode),
- Παρατηρήσουν τα συμβάντα στο όλο δίκτυο με τη χρήση κατάλληλων φίλτρων,
- Εντοπίσουν τυχόν σφάλματα στη λειτουργία του δικτύου, να τα ελέγξουν εξονυχιστικά και να τα αντιμετωπίσουν, όπως ακριβώς θα συνέβαινε και σε ένα πραγματικό δίκτυο και χωρίς τον κίνδυνο ζημιάς ή ατυχήματος.

Συνοψίζοντας, η σχεδίαση και η λειτουργίας ενός «πραγματικού» δικτύου με την βοήθεια των εργαλείων προσομοίωσης, αποτελεί όχι μόνο ένα **εκπαιδευτικό βοήθημα** κατανόησης των βασικών εννοιών, της λειτουργίας και των αρχών σχεδίασης ενός δικτύου, αλλά και ένα πολύ σημαντικό εργαλείο μέσα από το οποίο οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εξετάσουν και να αναλύσουν τυχόν επεκτάσεις ενός δικτύου, (ασύρματες συνδέσεις, προσθήκη αισθητήρων), αλλά και τα πολλαπλά περιθώρια βελτίωσης της λειτουργίας του, σαν αποτέλεσμα τροποποιήσεων σε αυτό.

Τέλος, να τονιστεί και η σημαντική συμβολή των **«εκπαιδευτικών βίντεο-μαθημάτων»** (video tutorials) στην εκπαιδευτική διαδικασία, αφού με αυτά ο μαθητής μπορεί να δει ξανά και ξανά (δηλ. με το δικό του ρυθμό μάθησης) οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμήσει τα βήματα μιας «πρακτικής διαδικασίας» (π.χ. την **επίδειξη** ενός «πειράματος» από τον καθηγητή του), ώστε να κατανοήσει πλήρως το αντίστοιχο μάθημα και να το υλοποιήσει και αυτός όσο πιο σωστά γίνεται. Το εκπαιδευτικό βίντεο χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για την **ενίσχυση των πρακτικών δεξιοτήτων** μαθητευόμενων (π.χ. φοιτητών), μιας και προωθεί την «αυτοκατευθυνόμενη μάθηση», αυξάνει το ενδιαφέρον και ενεργοποιεί τους μαθητές να βρουν τις δικές τους λύσεις, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την αυτοπεποίθησή τους.

Ελπίζω αυτή η εργασία να κατάφερε να αναδείξει τη χρήση του «εικονικού περιβάλλοντος» ως **μια αποτελεσματική εναλλακτική προσέγγιση διδασκαλίας**, και να δώσει το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη και εφαρμογή είτε σε πιο σύνθετες περιπτώσεις δικτύων υπολογιστών είτε σε άλλες περιπτώσεις μαθημάτων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ-ΛΑΓΟΓΙΑΝΝΗΣ, ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΑΘΗΝΑ 1999

ΚΟΚΚΟΤΑΣ Π. , ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΘΗΝΑ 1998

ΚΟΜΗΣ Β. , ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΤΠΕ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ, ΑΘΗΝΑ 2004

ΚΟΜΗΣ Β. , ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, ΑΘΗΝΑ 2005

ΛΙΑΝΤΙΝΗΣ Δ. , *ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ* , Α. Ε. , ΑΘΗΝΑ 1988.

ΜΑΡΚΑΣΙΩΤΗΣ Ι. , ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ ΑΘΗΝΑ 2005

ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΦΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ, ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ, ΑΘΗΝΑ 2001

ΤΡΙΑΝΑΝΟΣ Α. , ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ, ΑΥΤΟΕΚΔΟΣΗ, ΑΘΗΝΑ 2004

ΦΟΥΣΚΑΣ Γ. , ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Ι, ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ 2002

ΦΡΑΓΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ , *ΨΥΧΟΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ* , GUTENBERG , ΑΘΗΝΑ 1994.

ΦΡΑΓΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ , *Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ - ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΩΝ ΑΝΑΤΟΛΗΣ ΚΑΙ ΔΥΣΗΣ* , GUTENBERG , ΑΘΗΝΑ 1986.

YVES BERTRAND, ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ, ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ, ΑΘΗΝΑ 1999

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ**

[https://en.wikipedia.org/wiki/Packet\\_Tracer](https://en.wikipedia.org/wiki/Packet_Tracer)

<https://www.netacad.com>

<https://learningnetwork.cisco.com>

<https://www.howtonetwork.com>

<https://www.udemy.com/cisco-100-101-icnd1-exam-training/>

<http://apprize.info/network/tracer/index.html>

<https://www.techsmith.com/tutorial-camtasia.html>

<http://www.boson.com/netsim-cisco-network-simulator>

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/datasheet-listing.html>

[http://eclass2.teilam.gr/modules/document/file.php/INF144/σχεδίαση\\_δικτύων\\_5η\\_ασκηση.pdf](http://eclass2.teilam.gr/modules/document/file.php/INF144/σχεδίαση_δικτύων_5η_ασκηση.pdf)

<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/nexus5000/sw/configuration/guide/cli/CLIConfigurationGuide/RPVSpanningTree.pdf>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ CAMTASIA STUDIO

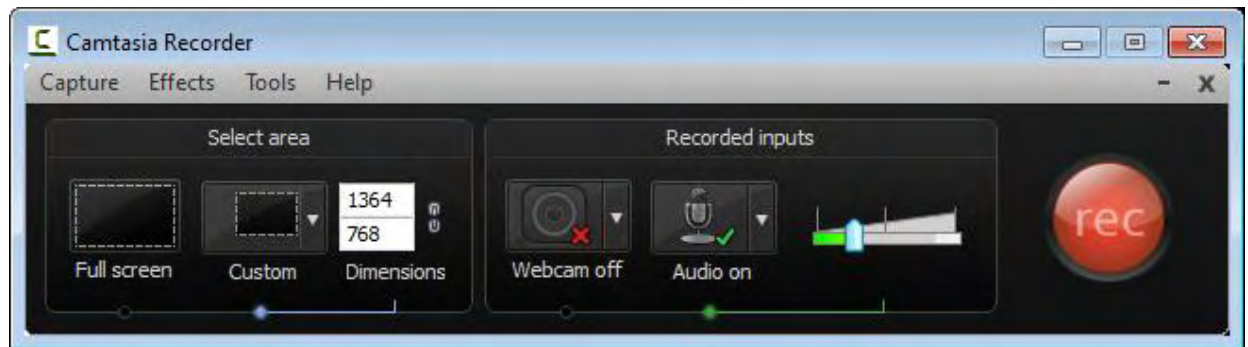
#### ➤ Βασικά Μέρη

Η εφαρμογή περιλαμβάνει δύο ξεχωριστά τμήματα: το **Camtasia Recorder** και το **Camtasia Studio**.

Μπορούμε όποτε θέλουμε να μεταφερθούμε από το ένα τμήμα στο άλλο.



Όταν ξεκινάει η εφαρμογή Camtasia Studio εμφανίζεται σε ξεχωριστό παράθυρο η πιο πάνω εικόνα, όπου αν κάνουμε κλικ πάνω αριστερά στην επιλογή-εικονίδιο “Record the screen” ξεκινάει να εκτελείται το ξεχωριστό τμήμα του προγράμματος Camtasia Recorder.



Το **Camtasia Recorder** το χρησιμοποιούμε για να καταγράψουμε σε βίντεο το μάθημα (στην ουσία καταγράφεται οτιδήποτε συμβαίνει στην οθόνη του υπολογιστή μας μαζί με τους ήχους που παράγονται από τον υπολογιστή ή και από το μικρόφωνο) και αποθηκεύει το παραγόμενο αρχείο σε μορφή .trec (Techsmith RECORDing), ενώ με το **Camtasia Studio** μπορούμε να επεξεργαστούμε (όποτε το θελήσουμε) το αρχείο τύπου .trec, να προσθέσουμε τα διάφορα εφέ (π.χ. σχήματα, επεξηγήσεις, υπογραμμίσεις, κ.α.), να αποθηκεύσουμε το τελικό μας έργο σε αρχείο τύπου .camproj (δηλ. CAMtasia PROJect) και από αυτό το τελικό έργο να δημιουργήσουμε ένα αρχείο βίντεο οποιουδήποτε format από το μενού “File” και την επιλογή “Produce and share”.

## ➤ Βασικές λειτουργίες του Camtasia Recorder

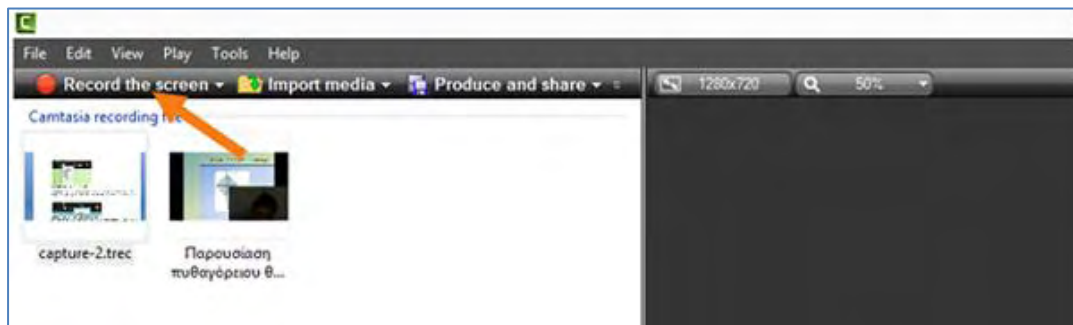


*Η αρχική οθόνη της εφαρμογής Camtasia Studio*

Το Camtasia διαθέτει ποικίλες λειτουργίες. Δύο από αυτές όπως αναφέραμε παραπάνω είναι η καταγραφή-δημιουργία βίντεο και η επεξεργασία. Η καταγραφή γίνεται με το εργαλείο Camtasia Recorder.

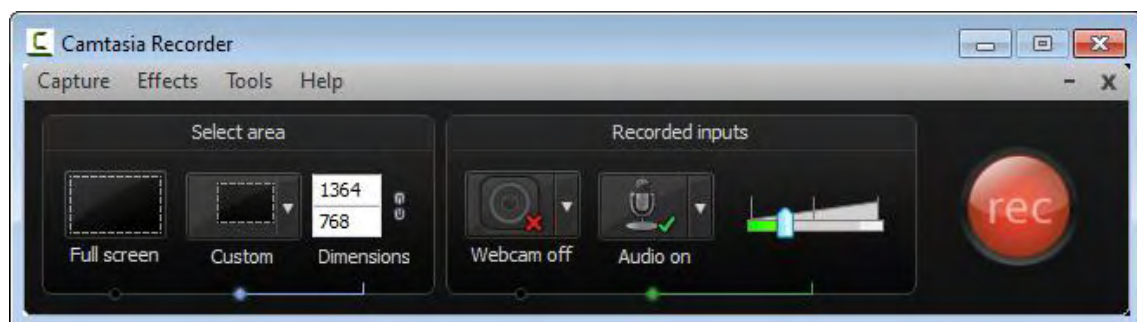
Όταν ολοκληρώσουμε την βιντεοσκόπηση τότε μπορούμε μέσω του Camtasia Studio να επεξεργαστούμε το βίντεο που δημιουργήσαμε αφαιρώντας τα σημεία που θέλουμε (π.χ. αν κάναμε κάποιο λάθος κατά τη βιντεοσκόπηση μπορούμε να αφαιρέσουμε αυτό το τμήμα του βίντεο), προσαρμόζοντας τον ήχο, προσθέτοντας κάποια εφέ κοκ.

Για να ξεκινήσει η εφαρμογή **Camtasia Recorder** είτε κάνουμε κλικ στο εικονίδιο “Record the screen” στο ξεχωριστό παράθυρο που φαίνεται στην αρχική οθόνη του Camtasia Studio είτε (αφού έχουμε «φύγει» από την αρχική οθόνη) κάνουμε κλικ στην επιλογή “Record the screen” η οποία βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη γραμμή Μενού είτε από το μενού Tools επιλέγοντας την επιλογή “Record the screen” είτε τέλος πατώντας ταυτόχρονα τα πλήκτρα [CTRL] και [R].



*Ο 2ος τρόπος για να ξεκινήσει το Camtasia Recorder*

Έτσι, εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο (Camtasia Recorder) από το οποίο μπορούμε να κάνουμε όλες τις ρυθμίσεις που αφορούν την βιντεοσκόπηση.



*Ρύθμιση επιλογών εγγραφής Βίντεο*

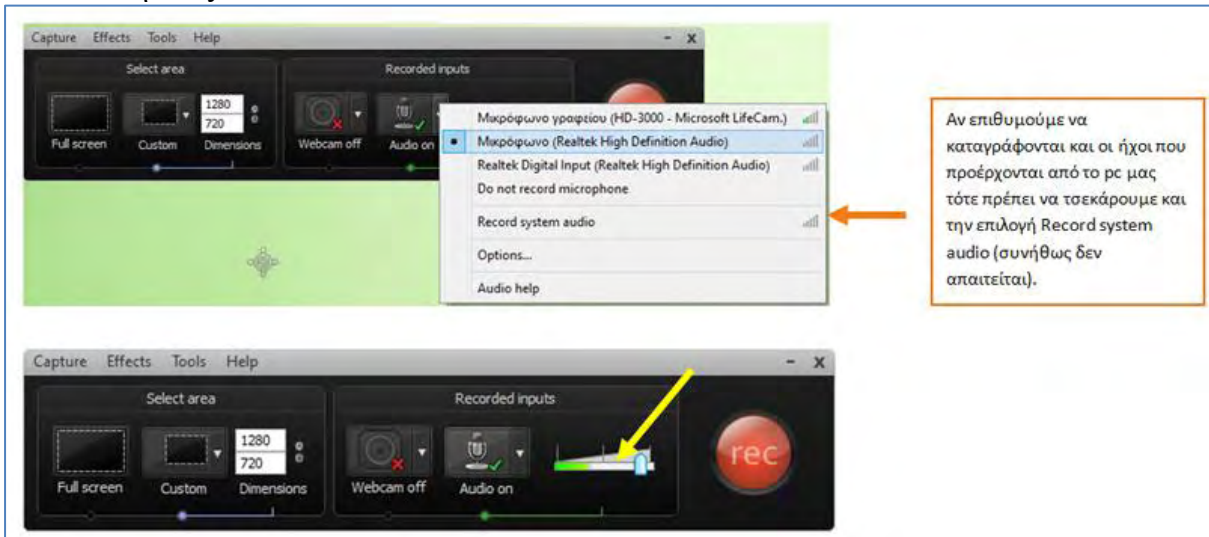
### ➤ Ρύθμιση μικροφώνου και ήχου

Από την περιοχή "**Recorded inputs**" που βρίσκεται δεξιά ρυθμίζουμε τον ήχο πατώντας στο βελάκι που είναι δίπλα στο εικονίδιο του μικροφώνου. Επιλέγουμε από την εμφανιζόμενη λίστα το μικρόφωνο από το οποίο επιθυμούμε να ακουγόμαστε (κατά

προτίμηση επιλέγουμε ένα εξωτερικό μικρόφωνο και όχι αυτό που ενδεχομένως έχει ενσωματωμένο ο υπολογιστής μας).

Στη συνέχεια ρυθμίζουμε την ένταση του μικροφώνου από την μπάρα που εμφανίζεται ώστε να ακουγόμαστε δυνατά και καθαρά.

Για να έχουμε ένα καλό αποτέλεσμα δεν πρέπει η ένταση του μικροφώνου να είναι απαραίτητα στο μέγιστο σημείο της, αλλά ανάλογα με το μικρόφωνο που χρησιμοποιούμε και την απόσταση που έχουμε από αυτό θα βρούμε το σημείο εκείνο που ο ήχος μας είναι ικανοποιητικός.



Ρύθμιση μικροφώνου και ήχου

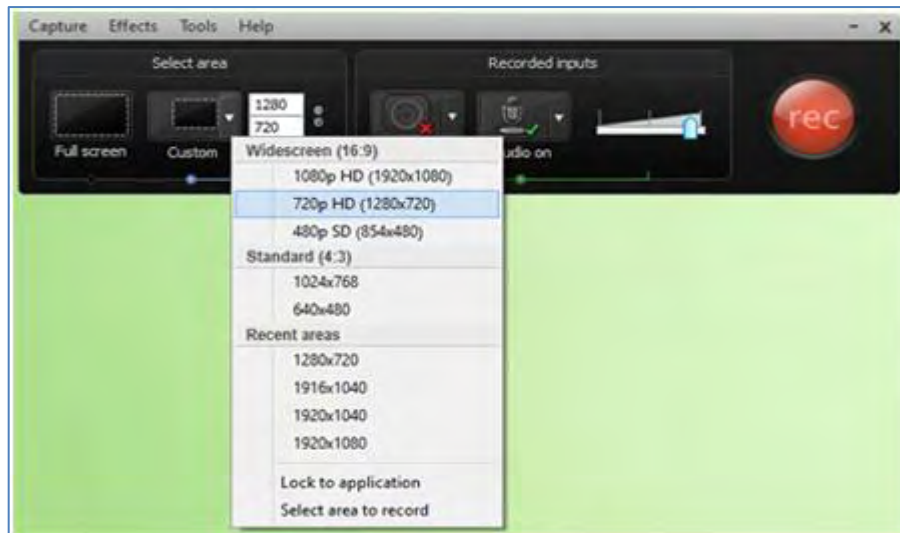
### ➤ Διαστάσεις του βίντεο και περιοχή εγγραφής

Μπορούμε να βιντεοσκοπήσουμε είτε ολόκληρη την οθόνη μας είτε μέρος αυτής.

Η περιοχή επιλογών που βρίσκεται αριστερά περιλαμβάνει δύο κουμπιά-επιλογές.

- ✓ Αν επιθυμούμε να βιντεοσκοπήσουμε ολόκληρη την οθόνη μας τότε πατάμε το κουμπί “**Full screen**”.
- ✓ Αν επιθυμούμε να βιντεοσκοπήσουμε μέρος αυτής από το βελάκι που εμφανίζεται δίπλα στο κουμπί “**Custom**” επιλέγουμε μία από τις προτεινόμενες διαστάσεις.
- ✓ Πατάμε το “**Select area to record**” για να επιλέξουμε μόνοι μας ακριβώς ποιο τμήμα της οθόνης θα βιντεοσκοπήσουμε.





*Επιλογή διαστάσεων του Βίντεο*

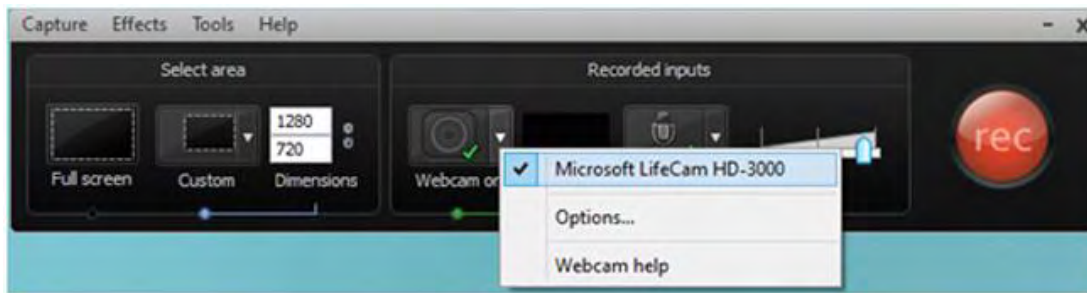
Αν επιλέξουμε το **“Select area to record”** θα εμφανιστούν στην οθόνη δύο κόκκινες γραμμές και ο δείκτης του ποντικιού μας θα μετατραπεί σε σταυρό. Σύρουμε κρατώντας πατημένο το πλήκτρο του ποντικιού για να καλύψουμε όλη την περιοχή που θέλουμε να βιντεοσκοπηθεί.

Το φωτεινό ορθογώνιο που εμφανίζεται μας δείχνει το τμήμα της οθόνης που θα βιντεοσκοπηθεί. Ότι είναι εκτός αυτού δεν θα φαίνεται. Μπορούμε να μετακινήσουμε το ορθογώνιο αυτό για να βιντεοσκοπήσουμε ακριβώς την περιοχή που θέλουμε, πηγαίνοντας σε μία από τις ακμές του και σύροντας το όταν το δείκτης του ποντικιού αλλάξει σε σταυρό.

### ➤ Βιντεοσκόπηση και μιας κάμερας

Για να δημιουργήσουμε βίντεο στο οποίο θα καταγράφεται πέρα από την οθόνη του υπολογιστή και ο ομιλητής μέσω της κάμερας του υπολογιστή του ενεργοποιούμε την κάμερα πατώντας πάνω στο εικονίδιο **“Webcam”**.

Αν θέλουμε να αλλάξουμε την κάμερα από την οποία γίνεται η λήψη πατάμε στο βελάκι και επιλέγουμε από την λίστα την επιθυμητή (π.χ. αν έχουμε προσθέσει εξωτερική κάμερα στο φορητό υπολογιστή μας και θέλουμε η λήψη να γίνεται από αυτήν και όχι από την ενσωματωμένη που υπάρχει).



Χρήση μιας Webcam

## ➤ Συντομεύσεις πληκτρολογίου (Hotkeys)

Διευκολύνει πολύ κατά την βιντεοσκόπηση να μπορούμε να κάνουμε παύση (Pause) ή διακοπή της εγγραφής (Stop) ανά πάσα στιγμή και με τον τρόπο που είναι πιο εξυπηρετικός κάθε φορά.

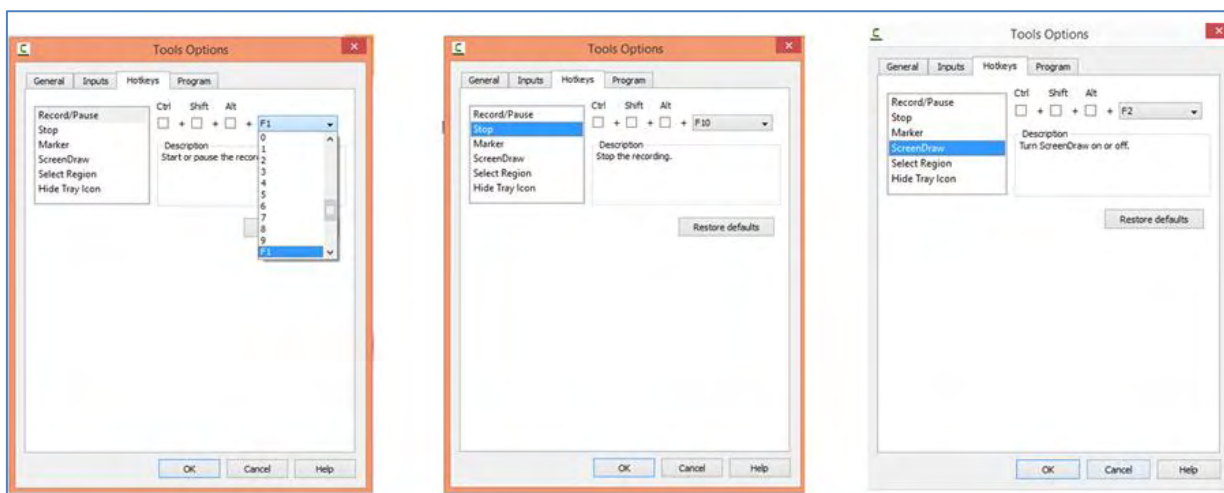
Υπάρχουν δύο τρόποι: Ο ένας είναι να εντοπίσουμε το αντίστοιχο κουμπί στο Camtasia Recorder και ο δεύτερος είναι πατώντας ένα πλήκτρο (ή συνδυασμό πλήκτρων) στο πληκτρολόγιο. Επιλέγουμε από το κουμπί "Tools" την επιλογή "Options".

Στην καρτέλα **Hotkeys** στην αριστερή πλευρά εμφανίζονται σε ένα πλαίσιο οι λειτουργίες που είναι διαθέσιμες κατά την βιντεοσκόπηση και δεξιά πατώντας πάνω στο βελάκι μπορούμε να επιλέξουμε με ποιο κουμπί από το πληκτρολόγιο επιθυμούμε να εκτελείται κάθε λειτουργία.

Αν λοιπόν θέλουμε να πατάμε το F1 για να ξεκινά η εγγραφή ή να κάνουμε παύση, τότε επιλέγουμε από το αριστερό πλαίσιο το Record/Pause και δεξιά το F1.

Στη συνέχεια επιλέγουμε το Stop και δεξιά το αντίστοιχο πλήκτρο που επιθυμούμε. Ομοίως για τις υπόλοιπες επιλογές αν θεωρούμε ότι κάποια από αυτές μας είναι χρήσιμη. Τέλος πατάμε OK και μπορούμε πατώντας είτε το F1 (ή όποιο κουμπί έχουμε επιλέξει) είτε το REC να ξεκινήσουμε την καταγραφή. Με το ίδιο πλήκτρο βέβαια κάνουμε και παύση.

Για να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο **Screen Draw** που μας δίνει τη δυνατότητα να γράφουμε με τη γραφίδα και να προσθέτουμε σχήματα πάνω στην οθόνη μας ή σε οποιαδήποτε εφαρμογή προβάλουμε κατά την εγγραφή του βίντεο επιλέγουμε επίσης μια συντόμευση πληκτρολογίου πχ το πλήκτρο F2. Έτσι πατώντας το πλήκτρο αυτό ενώ γίνεται η εγγραφή, εμφανίζονται στο παράθυρο Screen Recorder όλες οι διαθέσιμες επιλογές.



## ➤ Εγγραφή, παύση και διακοπή

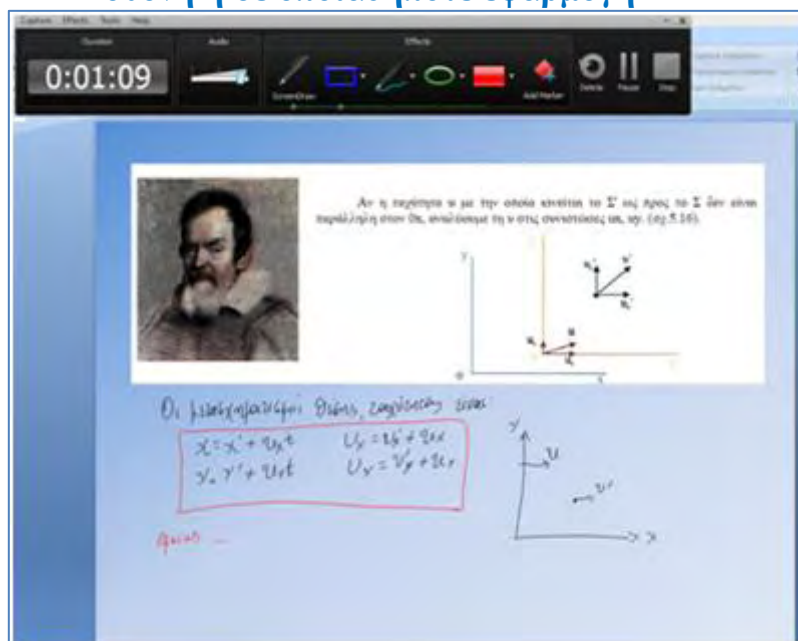
Αφού διαμορφώσουμε την οθόνη μας έτσι ώστε να έχουμε κλειστά όλα τα αρχεία που δεν θέλουμε να φαίνονται ή αντίστοιχα ανοιχτά όλα όσα θέλουμε να δείξουμε στο βίντεο τότε μπορούμε να ξεκινήσουμε την εγγραφή πατώντας από το πληκτρολόγιο το κουμπί που ορίσαμε στο προηγούμενο βήμα (π.χ. το F9) ή πατώντας το κουμπί REC από το Recorder. Γίνεται αντίστροφη μέτρηση και μετά από 3 δευτερόλεπτα η εγγραφή αρχίζει. Μπορούμε ανά πάσα στιγμή να πατήσουμε Παύση (κουμπί Pause) ή διακοπή (κουμπί Stop) αν ολοκληρώσαμε τη βιντεοσκόπηση.



Εγγραφή και παύση εγγραφής

Στην περίπτωση που κάνουμε κάποιο λάθος μπορούμε να επαναλάβουμε το σημείο που δεν μας άρεσε και έπειτα κάνοντας μία μικρή επεξεργασία να αφαιρέσουμε από το τελικό βίντεο μόνο το τμήμα εκείνο που δεν ήταν καλό. Επομένως, δεν είναι απαραίτητο κάθε φορά να σταματάμε την εγγραφή και να ξεκινάμε από την αρχή αφού μπορούμε εύκολα να αφαιρέσουμε τελικά οτιδήποτε δεν μας αρέσει.

## ➤ Χρήση του Screen Draw – για να γράψουμε με τη γραφίδα μας στην οθόνη ή σε οποιαδήποτε εφαρμογή



Χρήση του Screen Draw για σχεδίαση

Πατώντας από το πληκτρολόγιο το κουμπί F2 που ορίσαμε παραπάνω ως συντόμευση για το Screen Draw ( ή τον default συνδυασμό των πλήκτρων [CTRL]+[SHIFT]+[D]) αυτόματα εμφανίζονται στο παράθυρο Screen Recorder κάποια επιπλέον εργαλεία. Μεταξύ άλλων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη γραφίδα (Pen), αλλά και σχήματα όπως αυτά που εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα, ενώ παράλληλα έχουμε τη δυνατότητα να αλλάζουμε χρώμα και πάχος γραμμής σε αυτά.



*Επιλογή εργαλείων στο Screen Draw*

### ➤ Αποθήκευση της καταγραφής

Όταν ολοκληρώσουμε την καταγραφή (δηλ. πατήσουμε το κουμπί Stop) αυτόματα εμφανίζεται το παράθυρο Preview στο οποίο αναπαράγεται το βίντεο που δημιουργήθηκε.

- ✓ Μπορούμε να αποθηκεύσουμε το αρχείο μας και να το επεξεργαστούμε αμέσως μετά, πατώντας του κουμπί “Save and Edit”.
- ✓ Αν θέλουμε να έχουμε τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε το αρχείο, αλλά δεν θέλουμε αυτό να γίνει τώρα πατάμε το βελάκι κάτω από το “Save and Edit” και επιλέγουμε “Save as”. Στη συνέχεια ονομάζουμε το αρχείο μας και ορίζουμε που θα αποθηκευτεί. Όταν χρειαστεί μπορούμε να το ανοίξουμε και να το επεξεργαστούμε μέσω του Camtasia Studio.
- ✓ Εξάγουμε άμεσα το αρχείο σε βίντεο πατώντας το κουμπί “Produce” αν δεν επιθυμούμε να κάνουμε καμία επεξεργασία ή αλλαγή.
- ✓ Τέλος, διαγράφουμε την καταγραφή που μόλις κάναμε αν δεν μας ικανοποιεί πατώντας το “Delete”.



*Αποθήκευση του Βίντεο*

### ➤ Παραγωγή Produce

Από το παράθυρο Production Wizard που εμφανίζεται μετά την αποθήκευση μπορούμε να ορίσουμε τι μορφή και ποια χαρακτηριστικά αναπαραγωγής θα περιέχει. Καθώς στην προκειμένη περίπτωση αυτό που μας ενδιαφέρει είναι τα βίντεό μας να μπορούν να

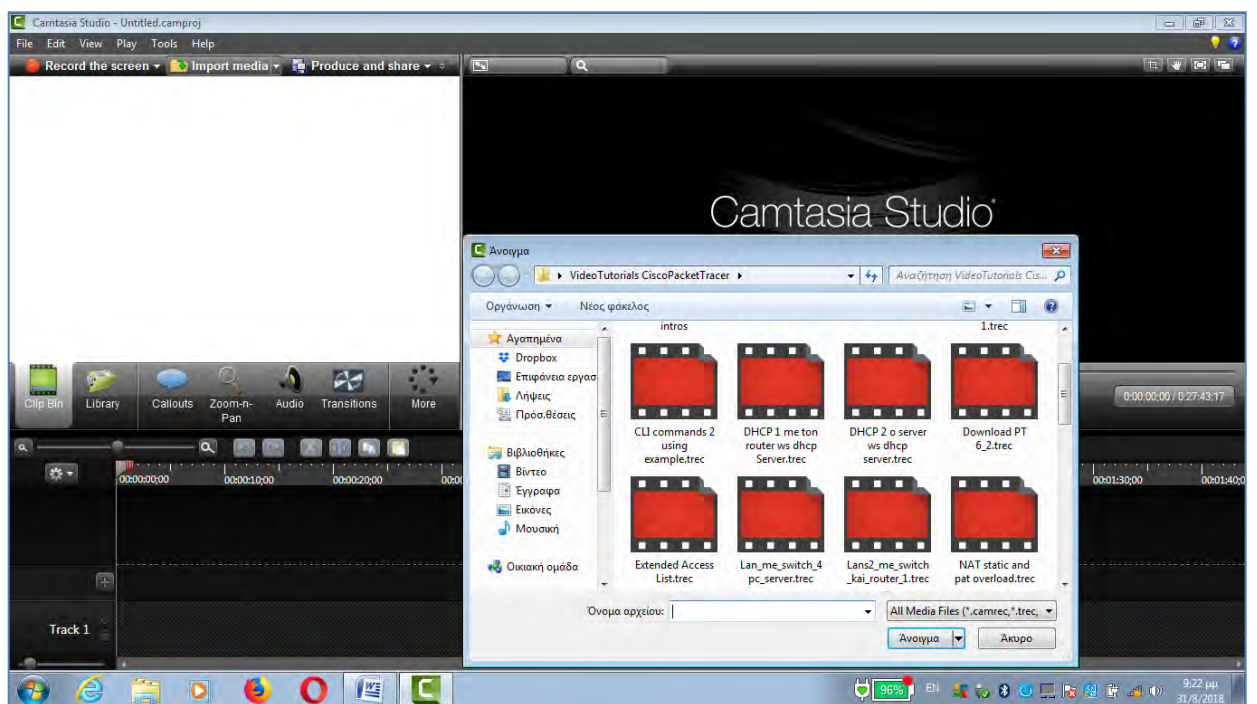
αναπαραχθούν σε όσο το δυνατόν περισσότερους υπολογιστές και κινητές συσκευές δεν επιλέγουμε κάποια εξεζητημένη μορφή βίντεο, αλλά αυτήν που εξυπηρετεί περισσότερο π.χ. MP4 σε 720p (“MP4 only up to 720p”). Κάνουμε κλικ στο κουμπί «Επόμενο» και ορίζουμε το όνομα και το φάκελο στον οποίο θα αποθηκεύσουμε το βίντεο. Στη συνέχεια ακολουθεί η μετατροπή του βίντεο που διαρκεί αρκετά λεπτά (ανάλογα με τις δυνατότητες του επεξεργαστή του υπολογιστή μας). Όταν ολοκληρωθεί αυτόματα αναπαράγεται το βίντεο.



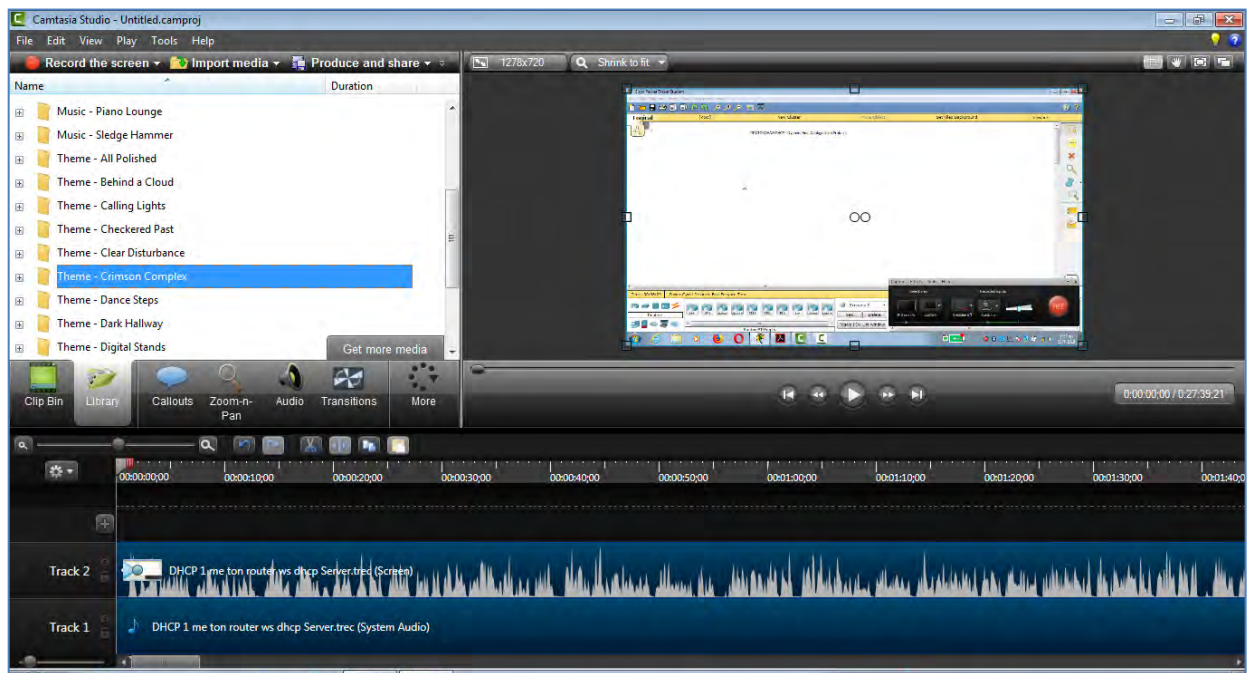
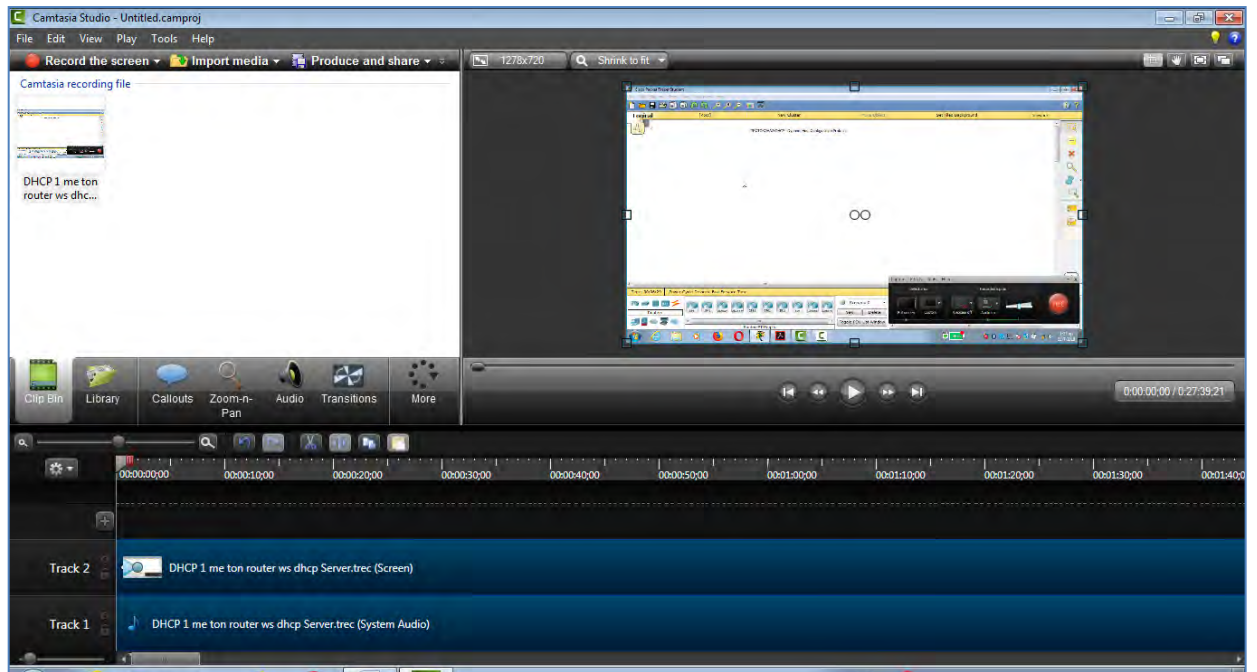
*Παραγωγή βίντεο και μετατροπή τύπου αρχείου*

## ➤ Βασικές λειτουργίες του Camtasia Studio

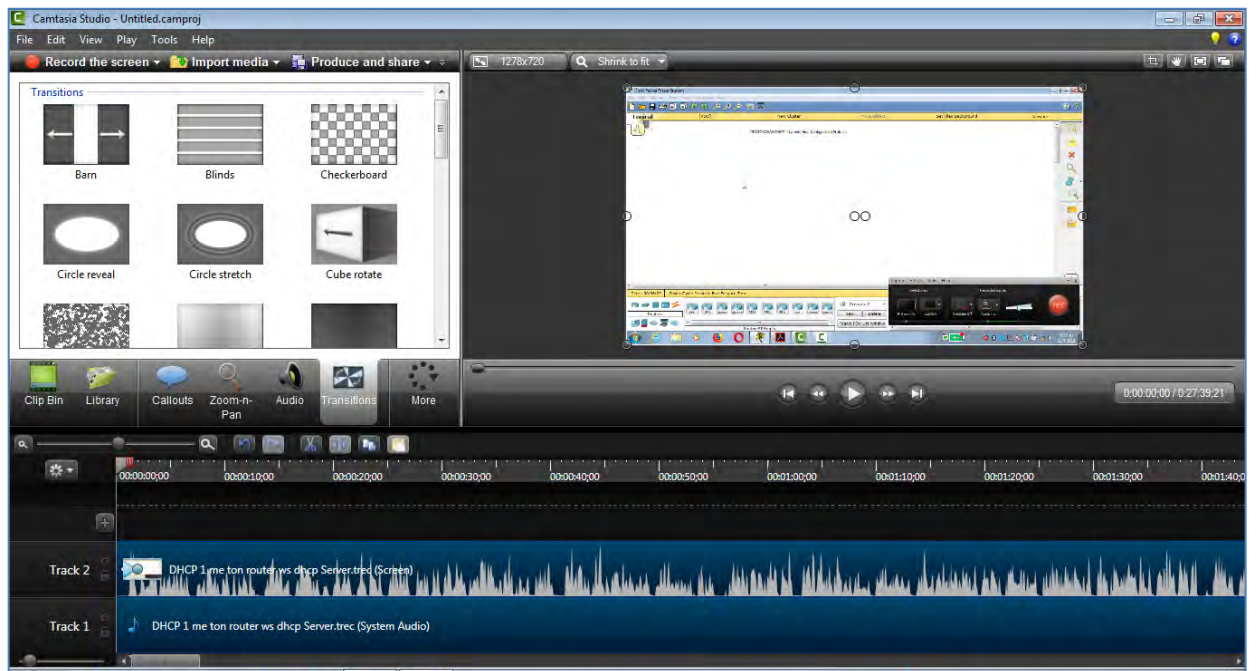
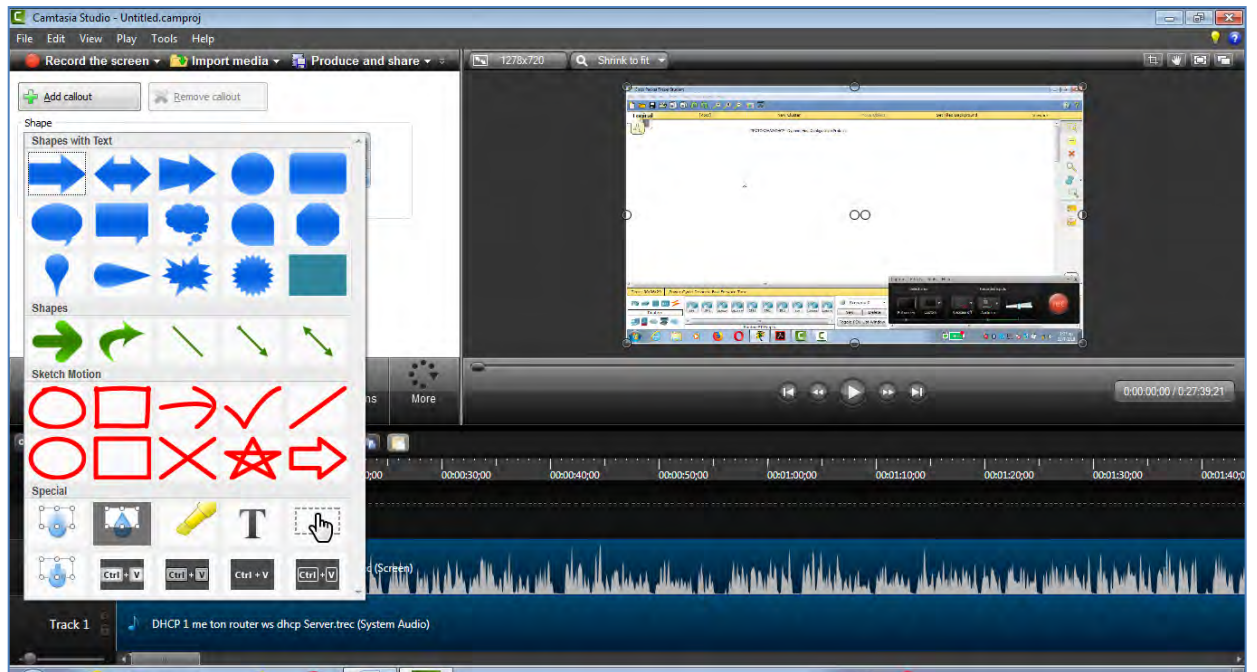
Ακολουθούν εικόνες από το λογισμικό, όπου φαίνονται οι επιλογές “Clip Bin”, “Library”, “Callouts”, “Transitions”

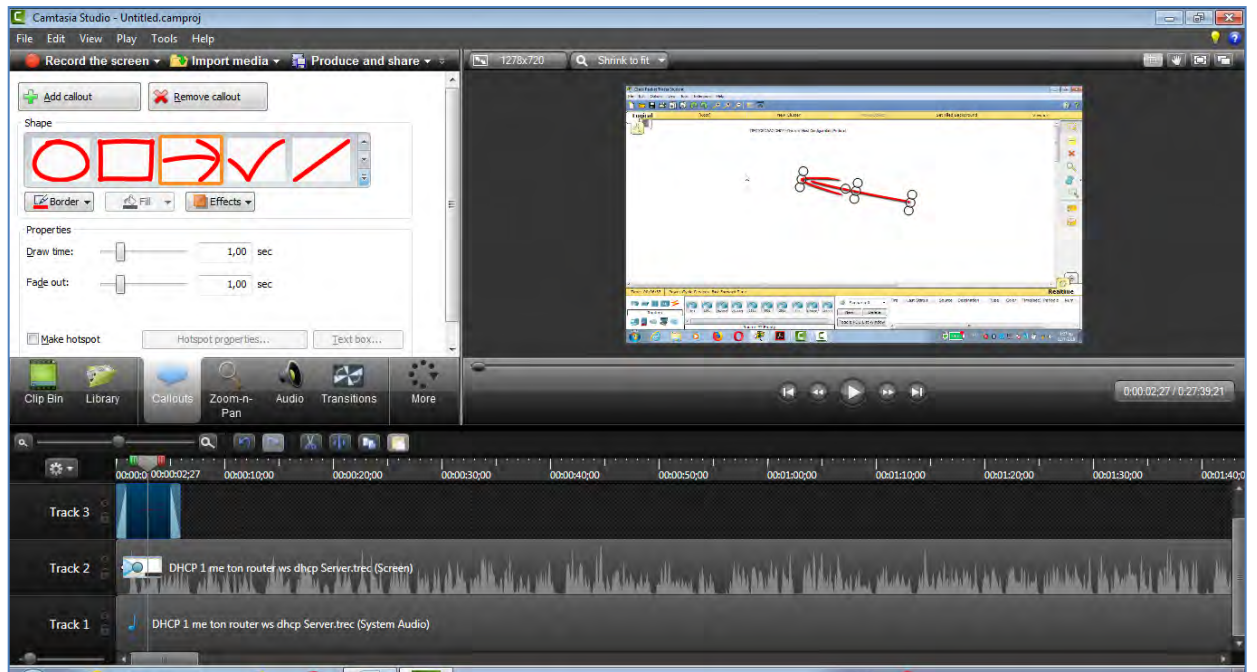












### ➤ Αποθήκευση και Έξοδος (Save and Edit)

Επιλέγοντας “Save and Edit” αφού γίνει η αποθήκευση μεταφερόμαστε στο παράθυρο του Camtasia Studio όπου μπορούμε να κάνουμε επεξεργασία. Όταν ολοκληρώσουμε την επεξεργασία επιλέγουμε «Produce and Share» προκειμένου να εξάγουμε το βίντεο στην τελική του μορφή ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται παραπάνω.

