



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ ORNET**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΡΑΚΑΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων : ΣΑΝΔΑΛΙΔΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ

Λαμία, Οκτώβριος 2013

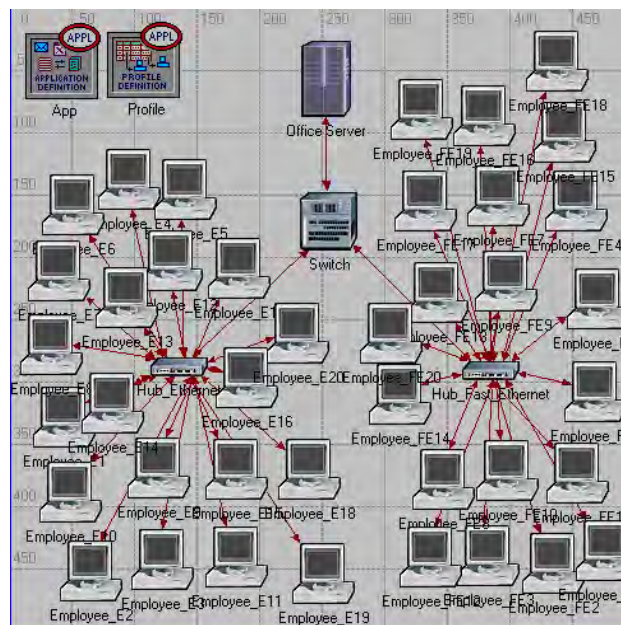
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ ORNET

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΠΑΡΑΚΑΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων : ΣΑΝΔΑΛΙΔΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ

Λαμία, Οκτώβριος 2013

***Αφιερώνεται στην οικογένεια μου και σε όλους τους ανθρώπους που
με στήριξαν στην προσπάθειά μου***

Δηλώνω υπεύθυνα ότι δεν έχω υποπέσει σε περιπτώσεις λογοκλοπής ή αντιγραφής, όπως αυτές διασαφηνίζονται παρακάτω

Παράκατης Κωνσταντίνος

Οδηγίες αποφυγής Λογοκλοπής και Αντιγραφής [απόσπασμα από <http://www.samos.aegean.gr/actuar/dlekkas/reports/OdigiesEPO12.pdf>]

- 1. Μην παραθέτετε κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί χωρίς να τα περικλείετε σε εισαγωγικά και χωρίς να αναφέρετε το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών σας, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάστηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Πρέπει να αναφέρετε πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.*
- 2. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική σας εργασία. Αυτό τιμωρείται ως αντιγραφή.*
- 3. Υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορείτε να εντάξετε στην εργασία σας εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια. Εσείς μπορείτε να χρησιμοποιείτε τέτοιο υλικό, με μέτρο, γιατί οι εργασίες είναι μικρού μεγέθους και πρέπει πάντα να κυριαρχούν οι δικές σας ιδέες.*
- 4. Αυστηρά τιμωρείται επίσης η παρουσίαση έργου άλλων ως προσωπικής εργασίας.*

Περίληψη

Τα τοπικά δίκτυα (Local Area Networks-LANs) είναι δίκτυα που λειτουργούν στην εμβέλεια ενός κτιριακού συγκροτήματος ή σε μία έκταση με μέγεθος μερικά μέτρα. Χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση προσωπικών υπολογιστών σε γραφεία και εταιρείες με σκοπό τον διαμοιρασμό των πόρων και την ανταλλαγή πληροφοριών. Τα δίκτυα LAN διακρίνονται από τα άλλα είδη δικτύων με βάση το μέγεθος τους, την τεχνολογία μετάδοσης τους και την τοπολογία τους.

Στόχος της παρούσας πτυχιακής αποτελεί η μοντελοποίηση δικτυακών αρχιτεκτονικών ALOHA και Ethernet. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό πακέτο OPNET IT Guru το οποίο μοντελοποιεί και προσομοιώνει διάφορα είδη δικτύων και εφαρμογών χρησιμοποιώντας κατάλληλο γραφικό περιβάλλον. Εξετάζονται LANs με μεταβλητό αριθμό σταθμών εργασίας και εφαρμογών υποστήριξης (πχ. FTP, HTTP). Χρησιμοποιώντας το λογισμικό OPNET εξάγεται η απόδοση των παραπάνω τεχνολογιών με βάση διάφορα κριτήρια όπως ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης bits όταν το δίκτυο είναι φορτωμένο με μεγάλο αριθμό κόμβων, η καθυστέρηση, δηλαδή ο μέσος χρόνος που χρειάζεται για να μεταδοθεί ένα πακέτο μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου, ο αριθμός συγκρούσεων, ο χρόνος απόκρισης εφαρμογών κλπ. Επιμέρους στόχοι αποτελούν η εκμάθηση του ακαδημαϊκού πακέτου OPNET, η θεωρητική ανάλυση των δικτυακών αρχιτεκτονικών, η προσομοίωση και η εξαγωγή αποτελεσμάτων για διάφορες παραμέτρους των δικτύων.

Λέξεις Κλειδιά: «Πρωτόκολλο ALOHA, Ethernet, Fast Ethernet, Hub, Ρυθμός Μετάδοσης Δεδομένων, CSMA/CD, OPNET, Απόδοση, Throughput»

Abstract

Local Area Networks-LANs are networks operating in a range of a building complex or in an area with a size up to a few meters. They are used for connecting personal computers inside offices of companies to share resources and exchange information. LANs are distinguished from other types of networks regarding their size, transmission technology and topology.

The aim of this thesis is to model and examine the performance of some ALOHA and Ethernet network architectures and applications. For this purpose a software package, OPNET IT Guru, is used, enabling with the aid of a graphic interface to model and simulate various types of networks. In this thesis we examine LANs with a variable number of workstations and supporting applications (e.g. FTP, HTTP). The performance is mainly investigated using criteria such as the maximum transmission rate of bits when the network is loaded with a large number of nodes, the delay, i.e., the average time it takes for a packet to be transmitted between two network nodes, the collision count number, the application download response etc. The main Individual goals of the study are to learn the OPNET academic package, to theoretically analyze network architectures, to simulate several network systems and parameters and to summarize the results for these networks.

Key Words: «ALOHA protocol, Ethernet, Fast Ethernet, Hub, transmission data rate, CSMA/CD, OPNET, Efficiency, Throughput»

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ	10
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	10
1.2 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
2 ΟΡΝΕΤ MODELER.....	12
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	12
2.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΟΡΝΕΤ	12
3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΛΟΗΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΤΗΕΡΝΕΤ	24
3.1 ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	24
3.2 ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΛΟΗΑ ΚΑΙ CSMA.....	25
3.3 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΤΗΕΡΝΕΤ	26
3.4 FTP ΚΑΙ ΗΤΤΡ	26
4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΤΗΕΡΝΕΤ ΚΑΙ FAST ΕΤΗΕΡΝΕΤ ΣΤΟ ΟΡΝΕΤ ΙΤ GURU MODELER	27
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	27
4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΤΗΕΡΝΕΤ & FAST ΕΤΗΕΡΝΕΤ	27
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ.....	35
5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΤΗΕΡΝΕΤ ΚΑΙ FAST ΕΤΗΕΡΝΕΤ ΣΤΟ ΟΡΝΕΤ ΙΤ GURU MODELER ΓΙΑ FTP, ΗΤΤΡ ΚΑΙ EMAIL ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	41
5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ.....	48
6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΛΟΗΑ ΚΑΙ CSMA.....	51
6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΑΛΟΗΑ ΚΑΙ CSMA.....	55
7 ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57

Πίνακας Εικόνων

Σχήμα 2-1: Ροή εργασιών (workflow).....	12
Σχήμα 2-2: Startup Wizard.....	13
Σχήμα 2-3: Δημιουργία Project WiFi με Σενάριο 2 κινητούς σταθμούς.....	14
Σχήμα 2-4: Παραμετροποίηση χαρακτηριστικών δικτύου.....	15
Σχήμα 2-5: Παλέτα Επιλογής Δικτυακών Εξαρτημάτων	15
Σχήμα 2-6: Τοπολογία Δικτύου.....	16
Σχήμα 2-7: Node Editor.....	17
Σχήμα 2-8: Process Editor.....	18
Σχήμα 2-9: Μενού επιλογών.....	19
Σχήμα 2-10: Επιλογή “Go To Parent Subnet”.....	19
Σχήμα 2-11: Επιλογή σεναρίων.....	20
Σχήμα 2-12: Επιλογή στατιστικών.....	21
Σχήμα 2-13: Παράμετροι προσομοίωσης.....	22
Σχήμα 2-14: Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων.....	23
Σχήμα 3-1: Τοπολογία αρτηρίας (Bus).....	24
Σχήμα 3-2: Τοπολογία δακτυλίου (ring).....	25
Σχήμα 3-3: Τοπολογία αστέρα (Star).....	25
Σχήμα 3-4: Τοπολογία δένδρου (Tree).....	26
Σχήμα 3-5: ALOHA.....	27
Σχήμα 4-1: Παραμετροποίηση Project.....	28
Σχήμα 4-2: Επιλογή τεχνολογίας ethernet.....	29
Σχήμα 4-3: Δημιουργία Ethernet LAN.....	29
Σχήμα 4-4: Ethernet LAN με 12 Σταθμούς και 1 Hub.....	30
Σχήμα 4-5: Παραμετροποίηση σταθμού ethernet	31
Σχήμα 4-6: Χαρακτηριστικά καλωδίου 10BaseT.....	32
Σχήμα 4-7: Επιλογή στατιστικών αναφορών δικτύου LAN.....	33
Σχήμα 4-8: Ρυθμίσεις προσομοίωσης.....	34
Σχήμα 4-9: 1ο project – Ethernet /Fast Ethernet LAN με 12 & 30 Workstations υπό χαμηλό και υψηλό φορτίο κίνησης.....	35
Σχήμα 4-10a: Ethernet Delay – Low Load – 12 Σταθμοί.....	35
Σχήμα 4-10b: Ethernet Delay – High Load – 12 Σταθμοί.....	35
Σχήμα 4-10c: Ethernet Delay – Low Load – 30 Σταθμοί.....	36
Σχήμα 4-10d: Ethernet Delay – High Load – 30 Σταθμοί.....	36
Σχήμα 4-11a: Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – Low Load – 12 Σταθμοί και 30 Σταθμοί.....	37
Σχήμα 4-11b: Fast Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – Low Load – 12 Σταθμοί και 30 Σταθμοί.....	37
Σχήμα 4-11c: Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 12 Σταθμοί.....	38
Σχήμα 4-11d: Fast Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 12 Σταθμοί.....	38
Σχήμα 4-11e: Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 30 Σταθμοί.....	38
Σχήμα 4-11f: Fast Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 30 Σταθμοί.....	38
Σχήμα 4-12a: Ethernet – Hub Collision Count – Low & High Load – 12 &30 Σταθμοί.....	39
Σχήμα 4-12b: Fast Ethernet – Hub Collision Count – Low & High Load – 12 &30 Σταθμοί.....	39
Σχήμα 4-13a: Fast Ethernet – Hub Utilization – Low & High Load – 12 &30 Σταθμοί.....	39
Σχήμα 4-13b: Fast Ethernet – Hub Utilization – Low & High Load – 12 &30 Σταθμοί.....	39
Σχήμα 4-14a: Ethernet & Fast Ethernet – Node “1” Collision Count – Low & High Load – 12 &30 Σταθμοί.....	40
Σχήμα 4-14b: Ethernet & Fast Ethernet – Node “8” Collision Count – Low & High Load – 12 &30 Σταθμοί.....	40

Σχήμα 4-14c: Ethernet & Fast Ethernet – Node “0” Traffic Received – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί.....	40
Σχήμα 4-14d: Ethernet & Fast Ethernet – Node “8” Traffic Received – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί.....	40
Σχήμα 5-1: FTP παραμετροποίηση	42
Σχήμα 5-2: Email παραμετροποίηση.....	43
Σχήμα 5-3: Http παραμετροποίηση	44
Σχήμα 5-4α: FTP Profile Configuration	45
Σχήμα 5-4b: HTTP & Email Profile Configuration.....	46
Σχήμα 5-5: Workstation Profile Configuration	46
Σχήμα 5-6a: Ethernet & Fast Ethernet LAN με 1EW και 1FEW	47
Σχήμα 5-6b: Ethernet & Fast Ethernet LAN με 20EW και 20FEW	48
Σχήμα 5-6c: Ethernet & Fast Ethernet LAN με 20EW και 20FEW	48
Σχήμα 5-7: Ethernet Delay.....	48
Σχήμα 5-8: Email Download Response.....	48
Σχήμα 5-9: HTTP Object Response.....	49
Σχήμα 5-10: FTP Download Response.....	49
Σχήμα 5-11: FTP Traffic Sent (packets/sec)	49
Σχήμα 5-12: FTP Traffic Received (packets/sec)	49
Σχήμα 5-13a: Ethernet Hub Average Collision Count	50
Σχήμα 5-13b: Fast Ethernet Hub Average Collision Count	50
Σχήμα 5-14a: Ethernet Hub<->Switch Average Packet Loss	50
Σχήμα 5-14b: Fast Ethernet Hub<->Switch Average Packet	50
Σχήμα 6-1: Μοντέλο σταθμού μετάδοσης ALOHA	51
Σχήμα 6-2: Μοντέλο σταθμού λήψης ALOHA	52
Σχήμα 6-3: Sub component (tx_proc) μοντέλου σταθμού μετάδοσης CSMA.....	52
Σχήμα 6-4: Παραμετροποίηση ALOHA	53
Σχήμα 6-5a: ALOHA LAN, 30 Nodes	53
Σχήμα 6-5b: ALOHA LAN, 60 Nodes	53
Σχήμα 6-6a: Παραμετροποίηση Προσομοίωσης	54
Σχήμα 6-6b: Παραμετροποίηση Προσομοίωσης	54
Σχήμα 6-7a: ALOHA και CSMA Channel Throughput με 30 Σταθμούς	55
Σχήμα 6-7b: ALOHA και CSMA Channel Throughput με 60 Σταθμούς	55

1 Πρόλογος

1.1. Γενικά

Σε αυτή τη πτυχιακή εργασία θα αποσαφηνίσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα λειτουργίας των τεχνολογιών ALOHA, Ethernet και Fast Ethernet καθώς και τα όρια απόδοσης στα οποία κινούνται αυτά τα πρωτόκολλα συναρτήσει το φόρτου κίνησης που έχουν να διαχειριστούν. Για το σκοπό αυτό εξετάστηκαν τοπικά δίκτυα- LANs με μεταβλητό αριθμό σταθμών εργασίας και εφαρμογών υποστήριξης (πχ. HTTP). Χρησιμοποιώντας το λογισμικό OPNET εξάγεται η απόδοση των παραπάνω τεχνολογιών με βάση διάφορα κριτήρια όπως ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης bits όταν το δίκτυο είναι φορτωμένο με μεγάλο αριθμό κόμβων, η καθυστέρηση, δηλαδή ο μέσος χρόνος που χρειάζεται για να μεταδοθεί ένα πακέτο μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου, ο αριθμός συγκρούσεων, ο χρόνος απόκρισης εφαρμογών κλπ. Επιμέρους στόχοι αποτελούν η εκμάθηση του ακαδημαϊκού πακέτου OPNET, η θεωρητική ανάλυση των δικτυακών αρχιτεκτονικών, η προσομοίωση και η εξαγωγή αποτελεσμάτων για διάφορες παραμέτρους των δικτύων.

1.2 Δομή Εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία δομείται ως εξής:

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί το εισαγωγικό κεφάλαιο της πτυχιακής, όπου περιγράφεται το αντικείμενο του προβλήματος και οι επιμέρους στόχοι της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται συνοπτική παρουσίαση του λογισμικού OPNET που χρησιμοποιήθηκε στη προσομοίωση των πρωτοκόλλων ALOHA και Ethernet. Παρουσιάζεται ένας σύντομος οδηγός υλοποίησης ενός απλού Έργου (Project) καθώς και τα κυριότερα χαρακτηριστικά του όπως Simulation Reports, Parameters κλπ.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή των μεθόδων ALOHA, Ethernet, Fast Ethernet, των μεθόδων μετάδοσης δεδομένων με τις τεχνικές μεταγωγής και των πρωτοκόλλων FTP και HTTP.

Στα επόμενα κεφάλαια, τέταρτο ως και έκτο, γίνεται προσομοίωση:

- a. Δικτύων Ethernet και Fast Ethernet με μικρό και μεγάλο φορτίο κίνησης.
- b. Εφαρμογών όπως HTTP, Email και FTP.
- c. Σύγκριση των πρωτοκόλλων ALOHA και CSMA.

Επιπλέον γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων των αντίστοιχων σεναρίων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, εξάγονται τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης.

2 OPNET Modeler

2.1 Γενικά

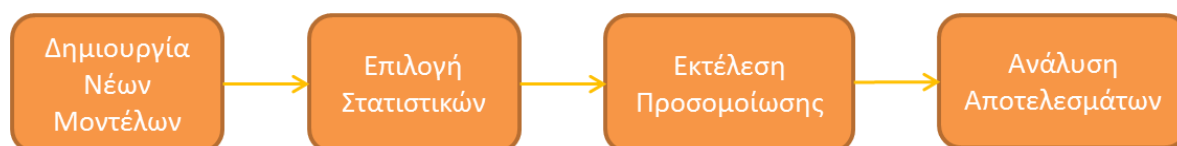
Ο προσομοιωτής δικτύου OPNET προσφέρει τα εργαλεία για το σχεδιασμό μοντέλου, προσομοίωσης, εξόρυξης δεδομένων και ανάλυσης ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Το OPNET μπορεί να προσομοιώσει μια μεγάλη ποικιλία από διαφορετικά δίκτυα. Οι χρήστες μπορούν επομένως να δουν οπτικά τον αντίκτυπο των ενεργειών τους. Οι ροές δεδομένων, απώλειες πακέτων, η ροή των μηνυμάτων ελέγχου/δρομολόγησης, οι αποτυχίες συνδέσεων κ.λπ. μπορούν να παρατηρηθούν από τους χρήστες με εποπτικό τρόπο. Αυτό αποτελεί την οικονομικώς πιο αποδοτική λύση για τη παρατήρηση της συμπεριφοράς διαφορετικών δικτύων και πρωτοκόλλων.

2.2 Εισαγωγή στο OPNET

Το OPNET-Optimized Network Engineering Tools μοντελοποιεί τη συμπεριφορά ενός ολόκληρου δικτύου. Παρέχει όλες εκείνες τις δυνατότητες που απαιτούνται για τη διαμόρφωση μεγάλων και πληρέστατων ενσύρματων ή ασύρματων δικτύων αποτυπωμένων λεπτομερώς, ώστε να είναι εφικτή η γρήγορη προσομοίωσή τους. Δουλεύοντας σε ένα εικονικό περιβάλλον είναι δυνατή η έγκαιρη διάγνωση των σχεδιαστικών προβλημάτων και η διόρθωσή τους πριν να υλοποιηθεί το δίκτυο.

Δημιουργία μοντέλων

Ο Project Editor χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων δικτύου, τη συλλογή στατιστικών στοιχείων απευθείας από κάθε αντικείμενο του δικτύου και την εκτέλεση μιας προσομοίωσης παρατηρώντας τα αποτελέσματα.



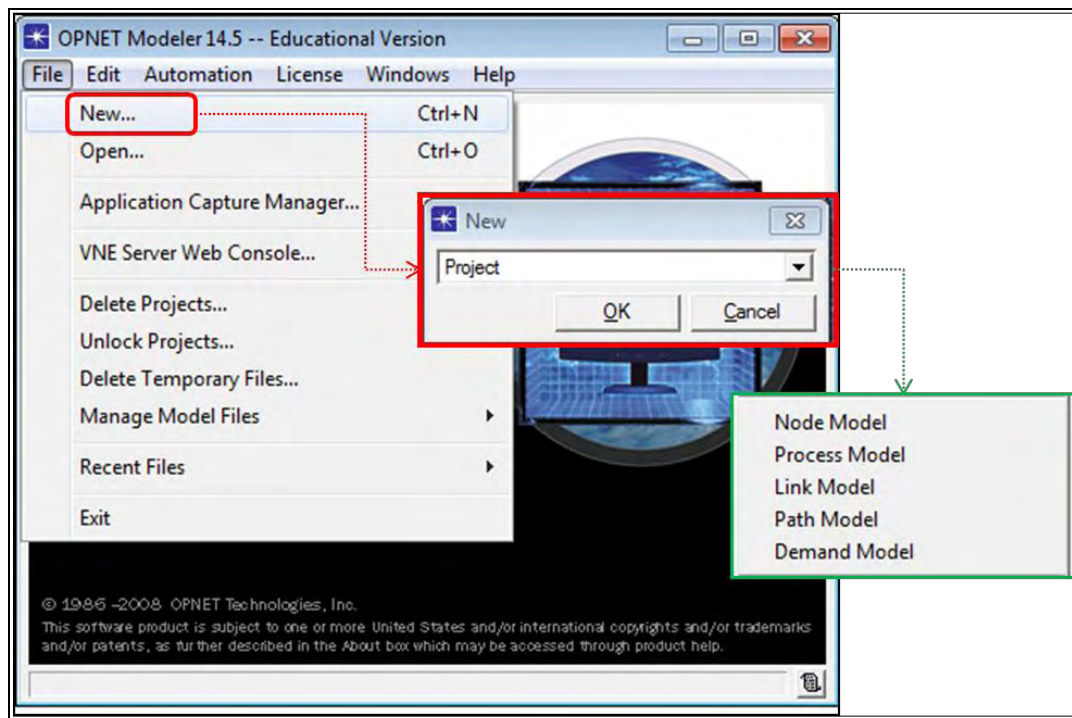
Σχήμα 2-1: Ροή εργασιών (workflow)

Project Editor

Ο project editor δημιουργεί, προσομοιώνει και αναλύει την απόδοση ενός δικτύου υπολογιστών. Δημιουργεί ένα μοντέλο δικτύου με βάση διάφορα δικτυακά πρότυπα από την τυποποιημένη βιβλιοθήκη, συλλέγει τις στατιστικές για το δίκτυο, τρέχει την προσομοίωση και εξάγει τα αποτελέσματα. Χρησιμοποιώντας τους ειδικευμένους συντάκτες που είναι προσβάσιμοι από το Project Editor από τη

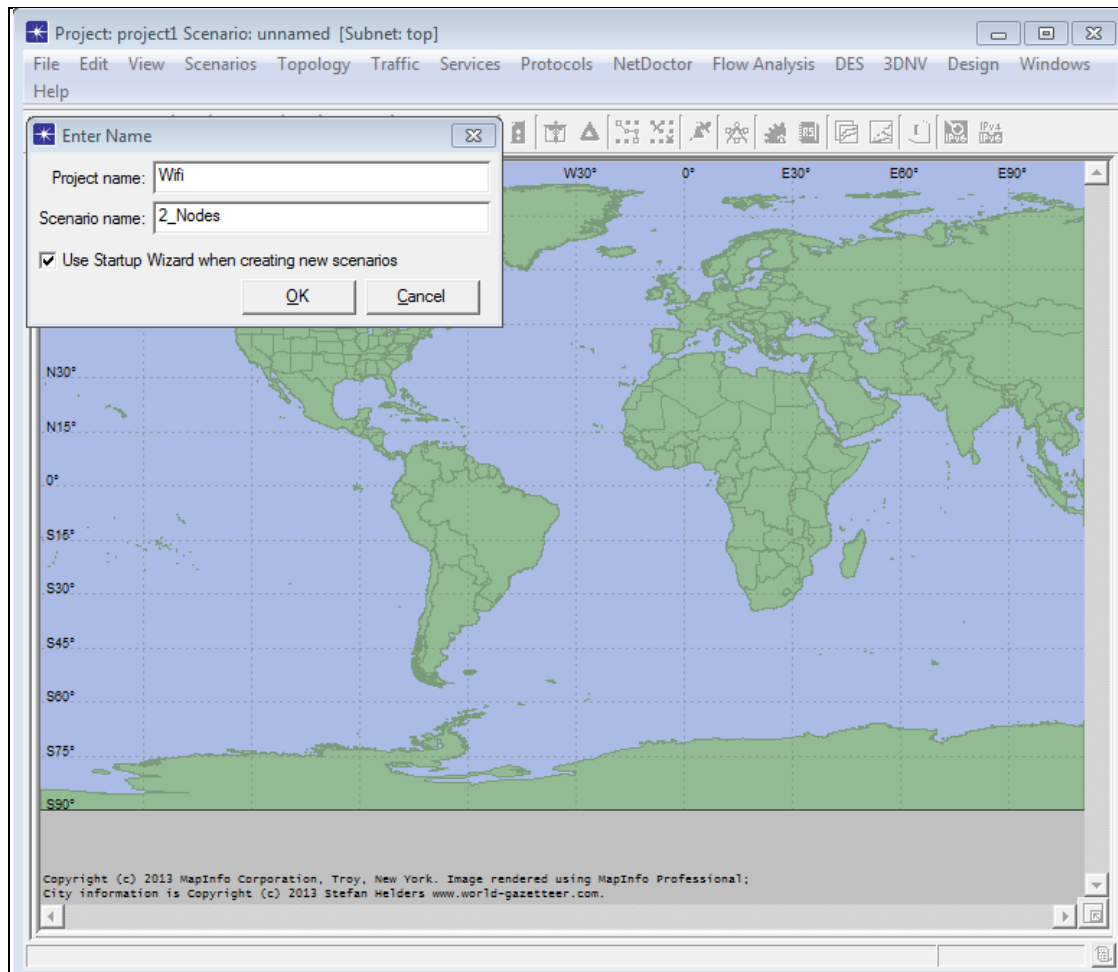
διαδρομή *File->New* κάποιος μπορεί να δημιουργήσει τα πρότυπα κόμβων και διαδικασίας, τα είδη πακέτων, τα φίλτρα και τις παραμέτρους.

Ένα νέο μοντέλο δικτύου απαιτεί πρώτα τη δημιουργία ενός νέου έργου (*Project*) με το αντίστοιχο σενάριο (*Scenario*). Ένα έργο είναι μια ομάδα σχετικών σεναρίων που καθένα αναφέρεται σε μια διαφορετική πτυχή (*attribute*) του δικτύου υπό μελέτη. Τα έργα μπορεί να περιέχουν πολλαπλά σενάρια. Μόλις έχει δημιουργηθεί ένα νέο έργο, μέσω του *Startup Wizard* (Σχήμα 1-2) μπορεί να υλοποιηθεί ένα νέο σενάριο.



Σχήμα 2-2: Startup Wizard

Ανάλογα με τον τύπο της διαμόρφωσης του δικτύου, ένα μοντέλο μπορεί να αποτελείται από υποδίκτυα, κόμβους και συνδέσεις. Οι κόμβοι, και οι συνδέσεις μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στα υποδίκτυα, τα οποία μπορούν έπειτα να αντιμετωπιστούν ως ενιαία αντικείμενα στο μοντέλο δικτύου. Αυτό είναι χρήσιμο για το διαχωρισμό του δικτύου σε εύχρηστα τμήματα.

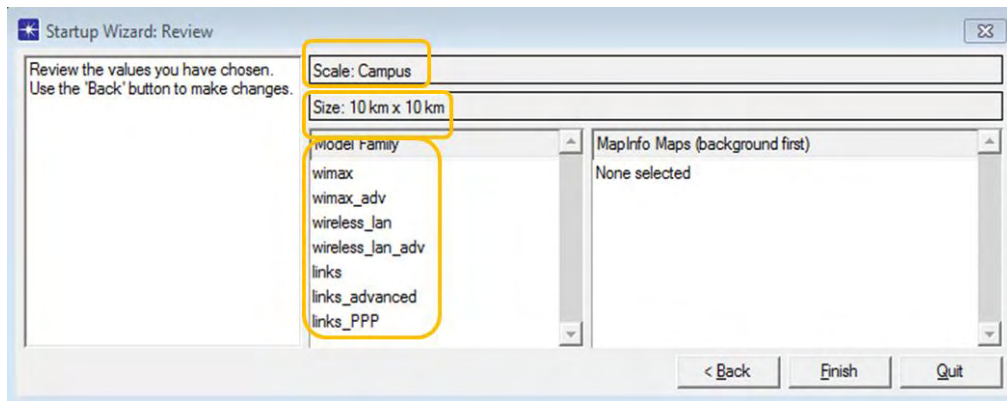


Σχήμα 2-3: Δημιουργία Project WiFi με Σενάριο 2 κινητούς σταθμούς

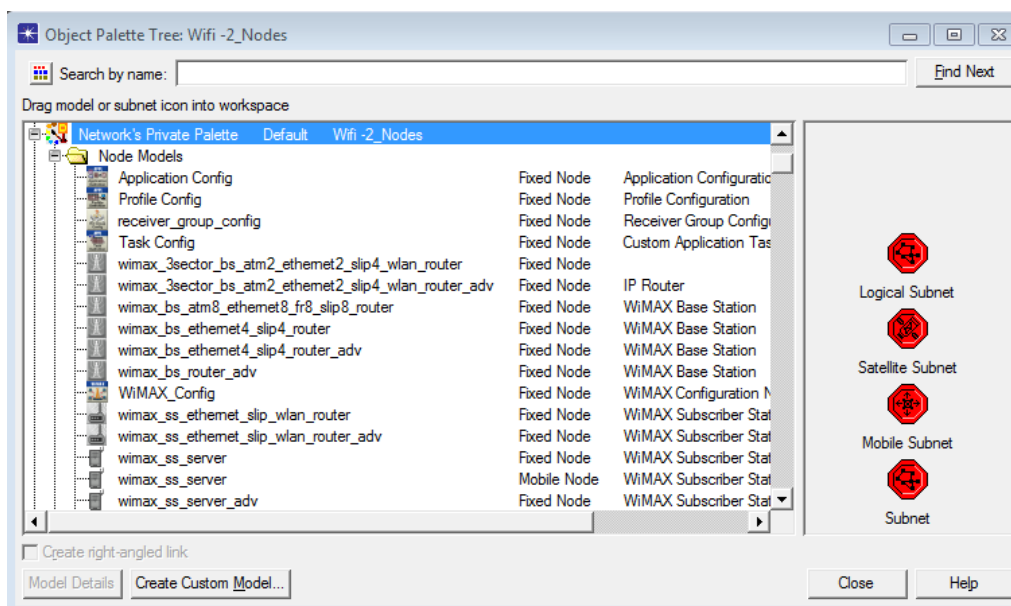
Υπάρχουν τρεις τρόποι για τη δημιουργία μιας νέας τοπολογίας δικτύου:

- ✓ Εισαγωγή στην τοπολογία (*Importing the topology*)
- ✓ Τοποθέτηση κάθε μεμονωμένου κόμβου από την παλέτα αντικειμένων στο χώρο εργασίας (*Configuration Pallet*)
- ✓ Δημιουργία ενός νέου δικτύου με τη χρήση της επιλογής *Rapid Configuration*. Με αυτό το τρόπο παρέχεται η δυνατότητα επιλογής της τοπολογίας του δικτύου με τα είδη των κόμβων καθώς και τις συνδέσεις μεταξύ των κόμβων (λεπτομερής περιγραφή δίνεται σε κάποια σενάρια που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της εργασίας).

Μετά την υλοποίηση της γενικής τοπολογίας του δικτύου θα πρέπει να προστεθούν τα επιπλέον εξαρτήματα (components) του σεναρίου όπως ένας διακομιστής (server), χρησιμοποιώντας τη δεύτερη μέθοδο που αναφέρεται παραπάνω, σύροντας δηλαδή το server από το αντικείμενο “παλέτα” στο χώρο εργασίας.

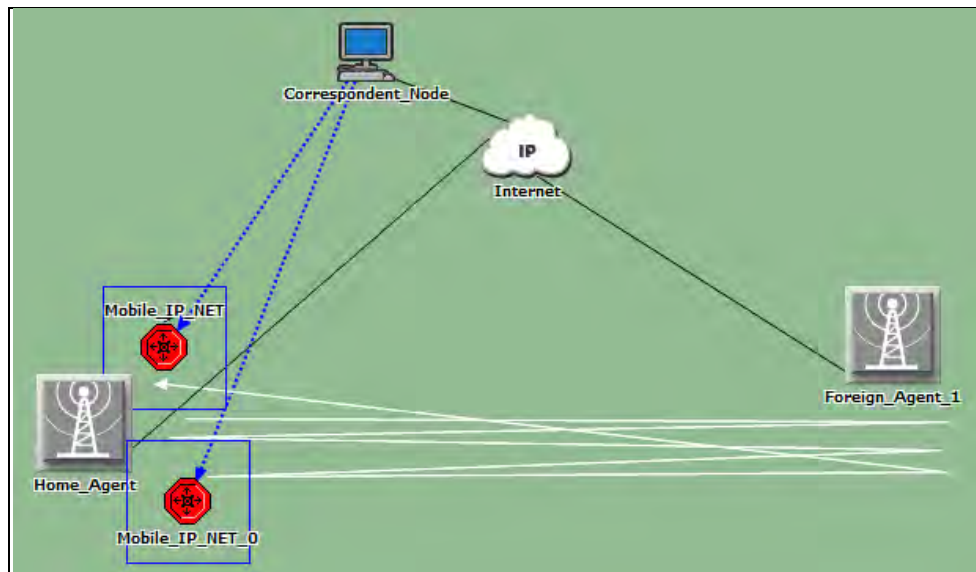


Σχήμα 2-4: Παραμετροποίηση χαρακτηριστικών δικτύου



Σχήμα 2-5: Παλέτα Επιλογής Δικτυακών Εξαρτημάτων

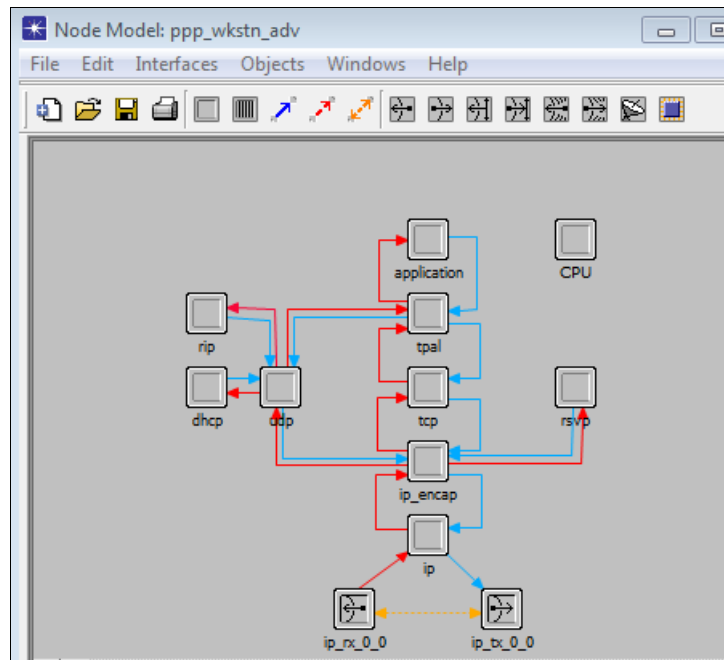
Αφού ολοκληρωθούν τα παραπάνω βήματα, δημιουργείται το ασύρματο δίκτυο που παρουσιάζεται παρακάτω με δυο κινητούς κόμβους, ένα server, δυο σταθερές WLAN κεραιές, τα αντίστοιχα links καθώς και τη διαδρομή που θα ακολουθηθεί από τους σταθμούς κατά την εκτέλεση του σεναρίου. Με διπλό κλικ πάνω σε κάθε εξάρτημα, εμφανίζεται το αντίστοιχο Node Model το οποίο θα αναλύσουμε σε επόμενη παράγραφο.



Σχήμα 2-6: Τοπολογία Δικτύου

The Node Editor

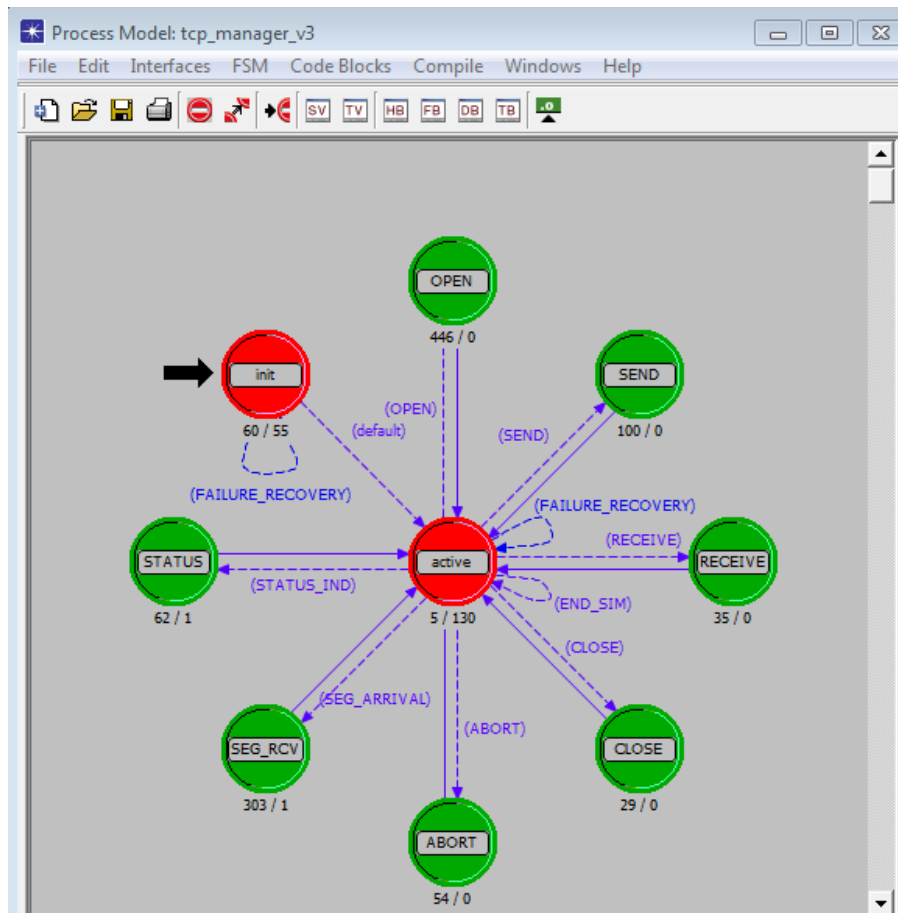
Ο node editor χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων των κόμβων. Τα μοντέλα κόμβων χρησιμοποιούνται έπειτα για να δημιουργήσουν τους κόμβους στο πλαίσιο δικτύων του project editor. Εσωτερικά, τα μοντέλα κόμβων του OPNET έχουν μια σπονδυλωτή δομή. Ένας κόμβος καθορίζεται με τη σύνδεση των διάφορων ενοτήτων. Οι συνδέσεις μεταξύ των ενοτήτων επιτρέπουν στα πακέτα και τις πληροφορίες κατάστασης να ανταλλάσσονται μεταξύ των ενοτήτων. Κάθε ενότητα που τοποθετείται σε έναν κόμβο εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο σκοπό, όπως η παραγωγή, η αναμονή, η επεξεργασία ή η διαβίβαση και η λήψη των πακέτων.



Σχήμα 2-7: Node Editor

The Process Model Editor

Για να δημιουργήσει τα πρότυπα που ελέγχουν την λειτουργικότητα του μοντέλου κόμβων που δημιουργήθηκαν στο Node Editor κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει τον Process Editor. Τα μοντέλα της διαδικασίας δημιουργούνται με εικονίδια που αντιπροσωπεύουν τις καταστάσεις και γραμμές που αντιπροσωπεύουν τις μεταβάσεις μεταξύ των καταστάσεων. Οι διαδικασίες που εκτελούνται σε κάθε κατάσταση ή για μια μετάβαση περιγράφονται από C ή C++ κώδικα.



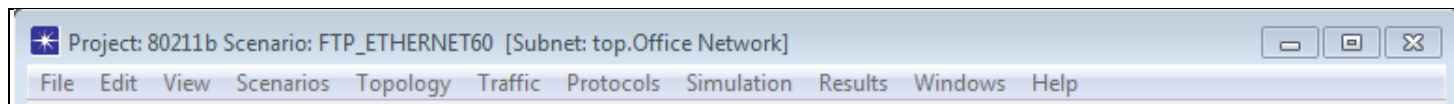
Σχήμα 2-8: Process Editor

The Link Model Editor

Αυτό το πρόγραμμα επεξεργασίας παρέχει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν νέοι τύποι σύνδεσης αντικειμένων. Κάθε νέος τύπος της σύνδεσης μπορεί να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και παρουσίαση. Είναι δυνατά επίσης συγκεκριμένα σχόλια και λέξεις κλειδιά για την εύκολη αναγνώριση .

Το μενού επιλογών

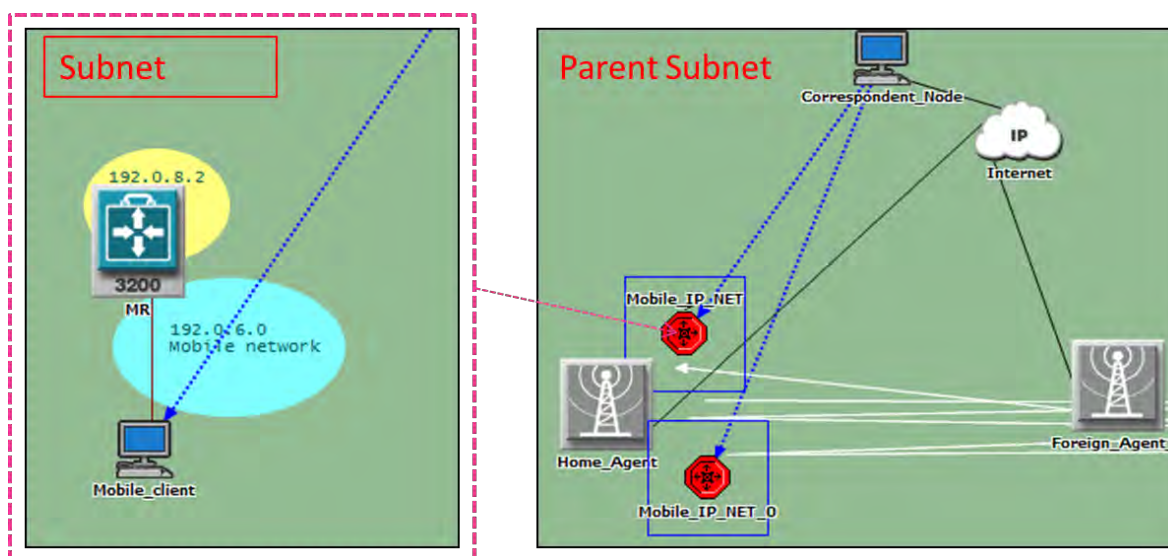
Κάθε editor έχει το δικό του μενού επιλογών . Το παρακάτω μενού βρίσκεται στον project editor. Στη συνέχεια αναλύονται τα κυριότερα tabs του μενού.



Σχήμα 2-9: μενού επιλογών

- **File Menu:**
 - ✓ New: Δημιουργεί ένα νέο χώρο εργασίας για την δημιουργία του μοντέλου.
 - ✓ Open: Ανοίγει υφιστάμενα μοντέλα.
 - ✓ Close: Κλείνει το τρέχοντα μοντέλα.
 - ✓ Save: Αποθηκεύει το υπάρχον μοντέλο.
 - ✓ Save as: Αποθηκεύει το υπάρχον μοντέλο με το αντίστοιχο όνομα
 - ✓ Page Setup: Ρυθμίσεις για την απεικόνιση του χώρου εργασίας
 - ✓ Print: Εκτύπωση του μοντέλου
 - ✓ Print All Subnets: Εκτύπωση όλων των υποδικτύων, εφόσον υπάρχουν.
 - ✓ Print Graphs: Εκτύπωση των γραφικών
 - ✓ Delete Projects: Διαγράφει project
 - ✓ Model Files: Διαγράφει, προσθέτει και ανανεώνει έτοιμα μοντέλα
 - ✓ Exit: Έξοδος από την εφαρμογή

- **View Menu:**
 - ✓ Go To Parent Subnet: Εάν έχουμε υποδίκτυα, μας οδηγεί στο κύριο

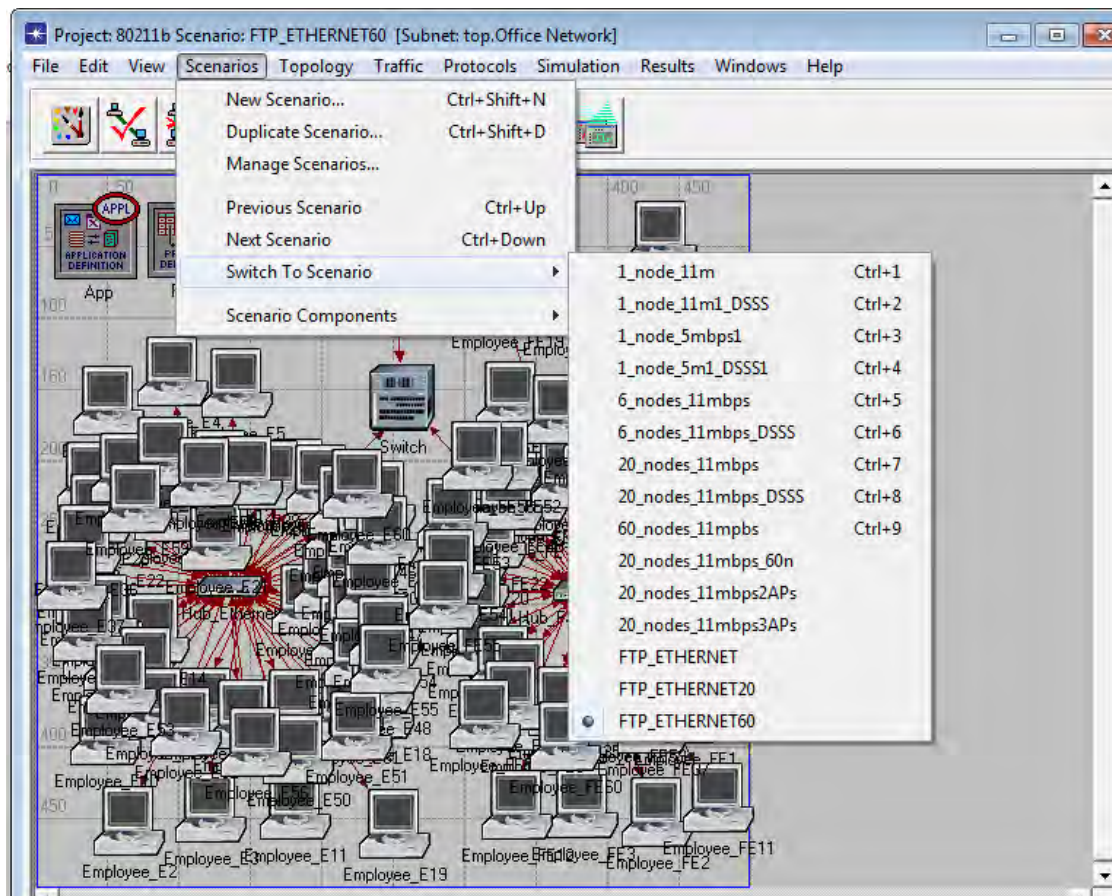


Σχήμα 2-10: επιλογή "Go To Parent Subnet"

- ✓ Show Network Browser: απεικονίζονται τα στοιχεία του γραφικού περιβάλλοντος σε μορφή Browser
- ✓ Zoom: κάνει ζουμ με διάφορες επιλογές
- ✓ Set View Properties: Ρυθμίσεις για την εμφάνιση του γραφικού περιβάλλοντος
- ✓ Background: Επιλογή χαρτών για το background
- ✓ Show Annotations in Subnet: Εμφάνιση συγκεκριμένων στοιχείων όταν έχουμε υποδίκτυο
- ✓ Path Objects: Εμφανίζει ή αποκρύπτει τα Path Objects στον Editor του OPNET

➤ Scenarios

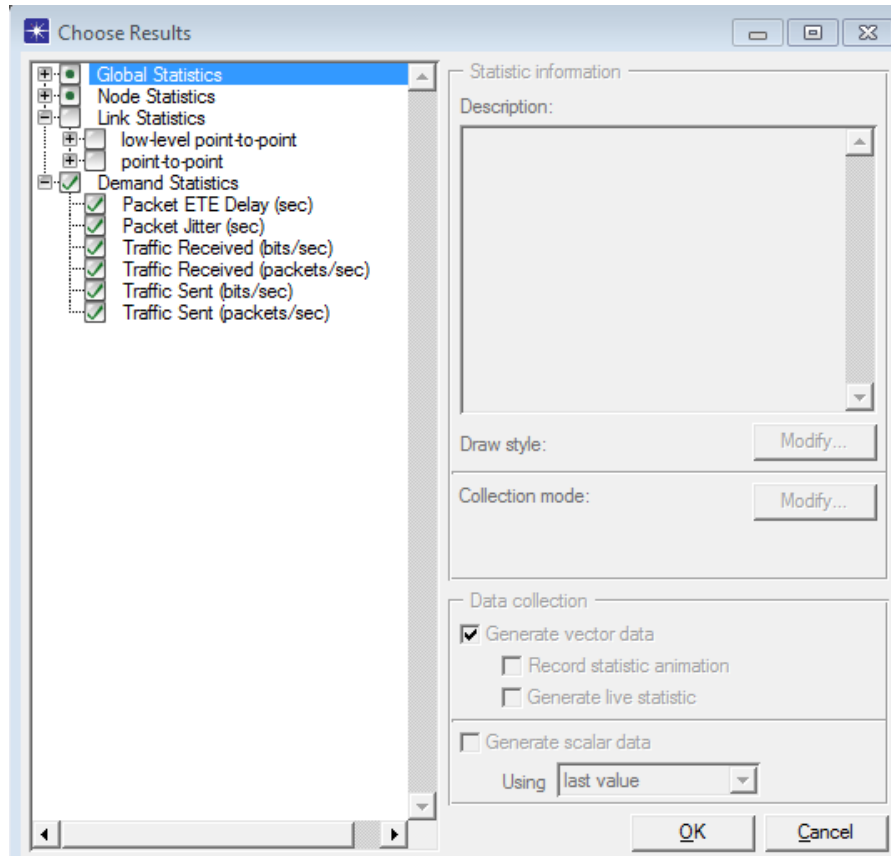
- ✓ New Scenario: Δημιουργία νέου σεναρίου
- ✓ Duplicate Scenario: Αντιγραφή σεναρίου και πρόσθεση ή αφαίρεση εξαρτημάτων, τροποποίηση μετρήσεων (πχ. Αύξηση μεγέθους πακέτων)
- ✓ Manages Scenarios: Διαχείριση υφιστάμενων σεναρίων
- ✓ Previous Scenario: Μετάβαση στα προηγούμενα σεσνάρια
- ✓ Next Scenario: Μετάβαση στο επόμενο σεσνάριο
- ✓ Switch to Scenario: Επιλογή σεναρίου ενός Project
- ✓ Scenario Components: Εισαγωγή ή εξαγωγή στοιχείων από ένα σεσνάριο



Σχήμα 2-11: επιλογή σεναρίων

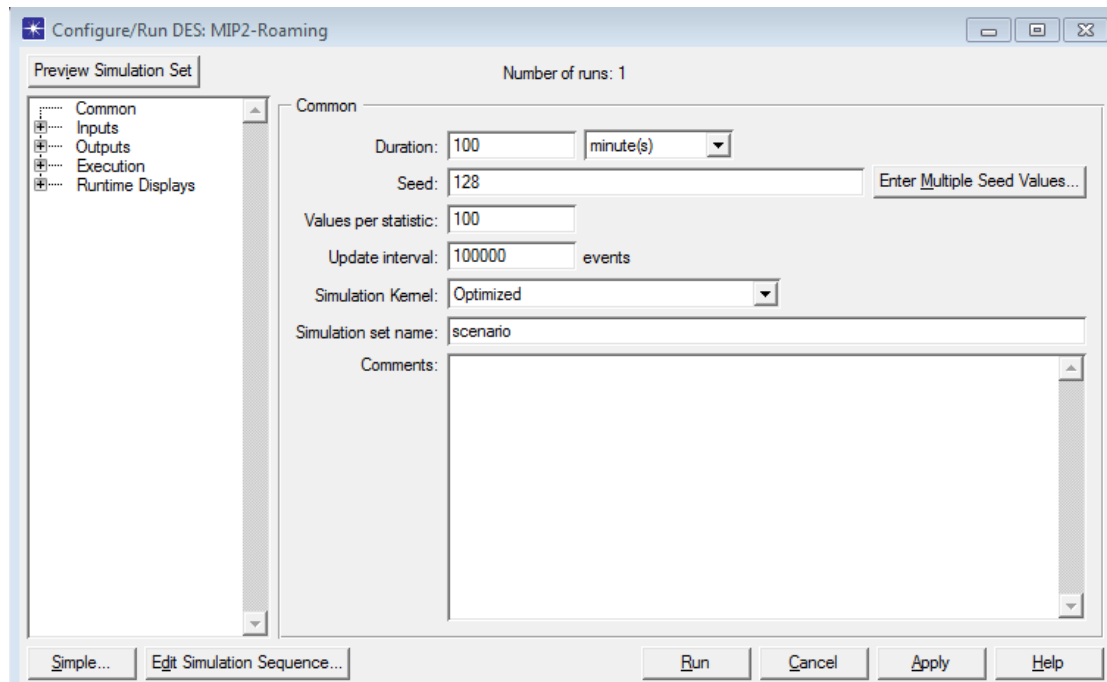
➤ **Simulation Menu**

- ✓ Choose Statistic Reports: επιλέγει την στατιστική αναφορά που θα δημιουργηθεί για το δίκτυο
- ✓ Define Statistic Report: Ανοίγει ή δημιουργεί μια νέα αναφορά.
- ✓ Choose Individual Statistics: Επιλέγουμε τι είδους στατιστικά θέλουμε να έχουμε στην αναφορά



Σχήμα 2-12: Επιλογή στατιστικών

- ✓ Choose Statistics (Advanced): Επιλογή πιο λεπτομερών στατιστικών
- ✓ Record Animation for Subnet: Καταγραφή της κίνησης των πακέτων για γραφική απεικόνιση
- ✓ Configure Discrete Event Simulation: εισαγωγή παραμέτρων προσομοίωσης όπως διάρκεια (πχ. 100 min)
- ✓ Run Discrete Event Simulation: Τρέξιμο της προσομοίωσης



Σχήμα 2-13: Παράμετροι προσομοίωσης

Project Editor Buttons



Ανοίγοντας την παλέτα αντικειμένων, μπορούμε να ανασύρουμε κάποιο έτοιμο εξοπλισμό του OPNET όπως ένα router ή ένα σταθμό εργασίας ALOHA. Με την επιλογή *configure palette* υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργήσουμε μια παλέτα που θα περιέχει μόνο τα αντικείμενα που θα χρειαστούμε ή να τροποποιήσουμε κάποια από αυτά έτσι ώστε να έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά.



Δίνεται η δυνατότητα ελέγχου για το αν οι συνδέσεις (Links) που υπάρχουν ανάμεσα στα διάφορα δικτυακά components λειτουργούν σωστά, δηλαδή υποστηρίζουν τη διασύνδεση των δυο αυτών εξαρτημάτων. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται σχετικό μήνυμα για τις κατάλληλες διορθώσεις.



Επιλέγοντας ορισμένα εξαρτήματα που υπάρχουν στην επιφάνεια εργασίας μπορούμε να καταργήσουμε τη λειτουργία τους, δηλαδή η προσομοίωση θα εκτελεσθεί σαν να μην υπάρχουν καθόλου αυτά.



Επαναφέρει εξαρτήματα που είχαν τεθεί εκτός λειτουργίας μέσω του προηγούμενου button.



Αν επιθυμούμε να βλέπουμε τα επιμέρους αντικείμενα ενός subnet, μπορούμε με διπλή επιλογή αυτού του κουμπιού να μεταβούμε στο ακριβώς πιο κάτω επίπεδο.



Με την επιλογή αυτή, το διάστημα εργασίας εστιάζει σε ένα ορθογώνιο κομμάτι που επιλέγουμε.



Η εστίαση επαναφέρεται στην πρωταρχική της κατάσταση.



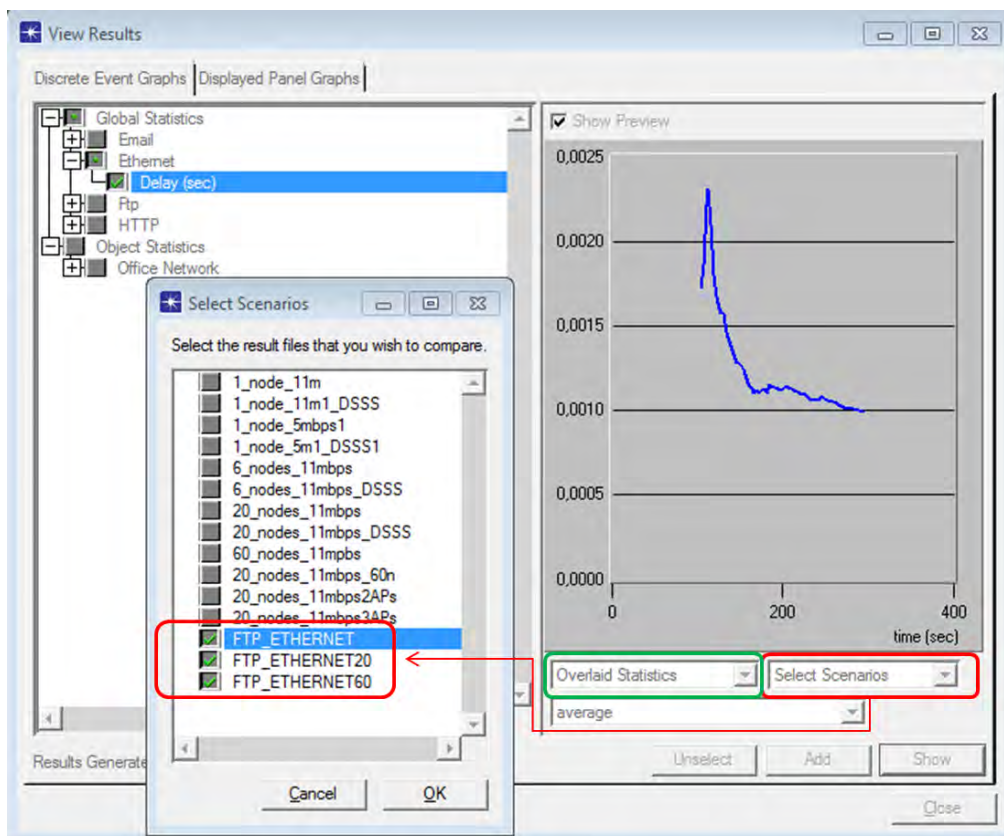
Με την επιλογή αυτή ανοίγουμε ένα παράθυρο, όπου επιλέγουμε τις παραμέτρους της προσομοίωσης, όπως είναι η διάρκεια. Με την επιλογή Run ξεκινάει η προσομοίωση.



Εδώ μπορούμε να ορίσουμε τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρει να δούμε με το πέρας της προσομοίωσης, καθώς και σε ποιες συνδέσεις. Επειδή μια προσομοίωση μπορεί να τρέξει παράλληλα για διαφορετικά σενάρια, από εδώ επιλέγουμε για ποια από αυτά θέλουμε να δούμε τα αποτελέσματα (και τη στατιστική απεικόνιση, πχ. Average), καθώς μπορεί να γίνει και σύγκριση τους στην ίδια γραφική παράσταση (*Overlaid Statistics*), Σχήμα 1-14.



Μετά τη προσομοίωση, εάν ανοίξουμε μερικά παράθυρα γραφικών παραστάσεων για να παρατηρήσουμε κάποια χαρακτηριστικά, με την επιλογή αυτή μπορούμε να τα αποκρύψουμε και στη συνέχεια να τα επαναφέρουμε.



Σχήμα 2-14: Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων

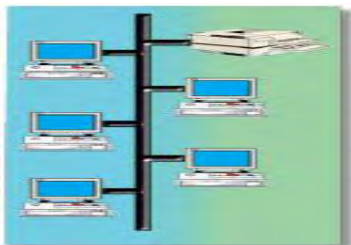
3 Βασικές έννοιες. Το σύστημα ALOHA και το πρότυπο ETHERNET

3.1 Τοπικά δίκτυα

Τα τοπικά δίκτυα (Local Area Networks-LANs) είναι δίκτυα που λειτουργούν εντός ενός κτιρίου. Διακρίνονται με βάση το μέγεθος τους, την τεχνολογία μετάδοσης τους και την τοπολογία τους ως ακολούθως

Πλήρες συνδετικό σχήμα: Απευθείας σύνδεση του κάθε σταθμού με όλους τους άλλους.

Τοπολογία αρτηρίας (Bus): Οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε ένα καλώδιο



Σχήμα 3-1: Τοπολογία αρτηρίας (Bus)

Πηγή: <http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C127/577/3749,16441/>

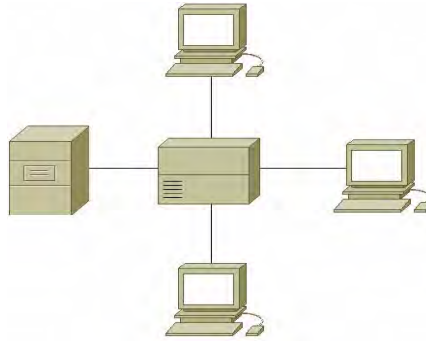
Τοπολογία δακτυλίου (Ring): Κλειστή αλυσίδα (σταθμών εργασίας) με διασυνδέσεις σε συγκεκριμένη κατεύθυνση.



Σχήμα 3-2: Τοπολογία δακτυλίου (ring)

Πηγή: <http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C127/577/3749,16441/>

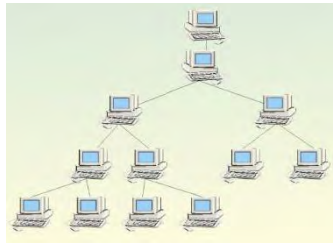
Τοπολογία αστέρα (Star): Οι σταθμοί συνδέονται σε ξεχωριστή κεντρική μονάδα



Σχήμα 3-3: Τοπολογία αστέρα (Star)

Πηγή: <http://www.e-club.gr/forum/16/11-----lan.html>

Τοπολογία δένδρου (Tree): Οι σταθμοί συνδέονται με μορφή διακλαδώσεων



Σχήμα 3-4: Τοπολογία δένδρου (Tree)

Πηγή:

<http://diktuateecr.wordpress.com/tag/%CE%A4%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CE%B4%CE%AD%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%85/>

3.2 Τα πρωτόκολλα ALOHA και CSMA

Το σύστημα ALOHA διαιρείται σε δύο εκδόσεις καθαρό ALOHA (pure ALOHA) και ALOHA με υποδοχές (slotted ALOHA). Αυτές διαφέρουν ως προς το αν ο χρόνος θα διαιρείται σε υποδοχές μέσα στις οποίες θα χωράνε όλα τα πακέτα. Επίσης το καθαρό ALOHA δεν χρειάζεται συγχρονισμό του χρόνου ενώ στο σύστημα ALOHA με υποδοχές είναι απαραίτητο.

Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πρωτόκολλο αίσθησης φέροντος (carrier sense), για τη μείωση του αριθμού των πακέτων που χάνονται λόγω της σύγκρουσης. Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση, όταν ένας σταθμός έχει κάτι να στείλει, ακούει πρώτα το κανάλι για να βεβαιωθεί ότι κανείς άλλος δεν μεταδίδει εκείνη τη στιγμή. Αν το κανάλι είναι σε κατάσταση idle, αρχίζει να μεταδίδει τα πακέτα του, αν όχι, ο σταθμός περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί το κανάλι. Αυτό το πρωτόκολλο ονομάζεται "1-persistent CSMA".

3.3 Το πρότυπο Ethernet

Το Ethernet χρησιμοποιείται ευρέως ως πρωτόκολλο ενσύρματης τοπικής δικτύωσης.

Αρχικά επέτρεπε ρυθμούς μετάδοσης 3 Mbps, έναντι των 10 Mbps που υπάρχουν σήμερα. Έχουν εμφανιστεί νεότερες εκδόσεις του Ethernet όπως

- Fast Ethernet με μέγιστο ρυθμό μετάδοσης τα 100Mbps.
- Gigabit Ethernet με μέγιστο ρυθμό μετάδοσης το 1Gbps.
- 10 Gigabit Ethernet με μέγιστο ρυθμό μετάδοσης τα 10Gbps.

3.4 FTP και HTTP

Το File Transfer Protocol (FTP), είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται ευρέως σε δίκτυα τα οποία υποστηρίζουν το πρωτόκολλο TCP/IP. Το Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol χρησιμοποιείται από τον Παγκόσμιο Ιστό για τη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε έναν διακομιστή και έναν πελάτη . (Krishnamurthy, 2001).

4 Προσομοίωση Σεναρίων Ethernet και Fast Ethernet στο OPNET IT Guru Modeler

4.1 Εισαγωγή

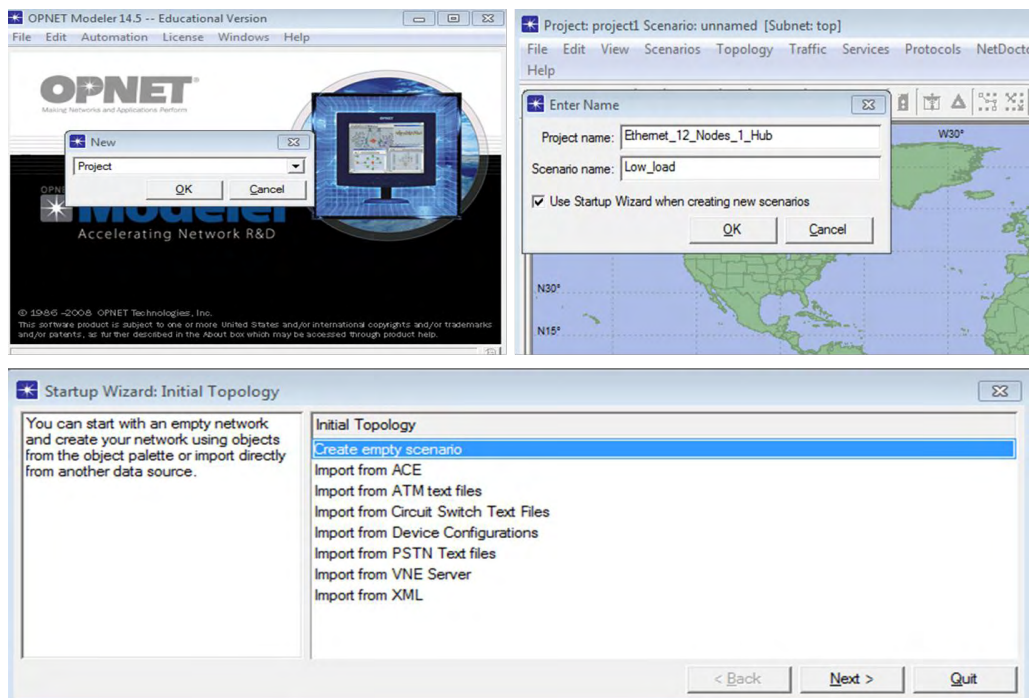
Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσομοιώσουμε τη τεχνολογία Ethernet και Fast Ethernet σε απλή τοπολογία αστέρα με μικρό και μεγάλο φορτίο κίνησης σε δίκτυο 12 και 30 σταθμών εργασίας με στόχο την διεξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων στην απόδοση των δυο τεχνολογιών.

4.2 Δημιουργία Μοντέλου Προσομοίωσης Ethernet & Fast Ethernet

Σε ένα κοινόχρηστο δίκτυο Ethernet, τα τερματικά συστήματα συνήθως συνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας ένα hub. Το hub αναμεταδίδει τυχόν εισερχόμενα πλαίσια (frames) σε όλες τις εξερχόμενες γραμμές. Το CSMA/CD MAC πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για να καθορίσει ποιος κόμβος (node) μπορεί να εκπέμψει σε οποιοδήποτε χρόνο καθώς και να επιλύσει συγκρούσεις (collisions) εάν δυο ή περισσότεροι κόμβοι εκπέμπουν ταυτόχρονα.

Σκοπός του πρώτου μοντέλου με τα πολλαπλά σενάρια που θα εκτελεστούν είναι ο προσδιορισμός της απόδοσης ενός κοινού δικτύου Ethernet υπό φορτίο.

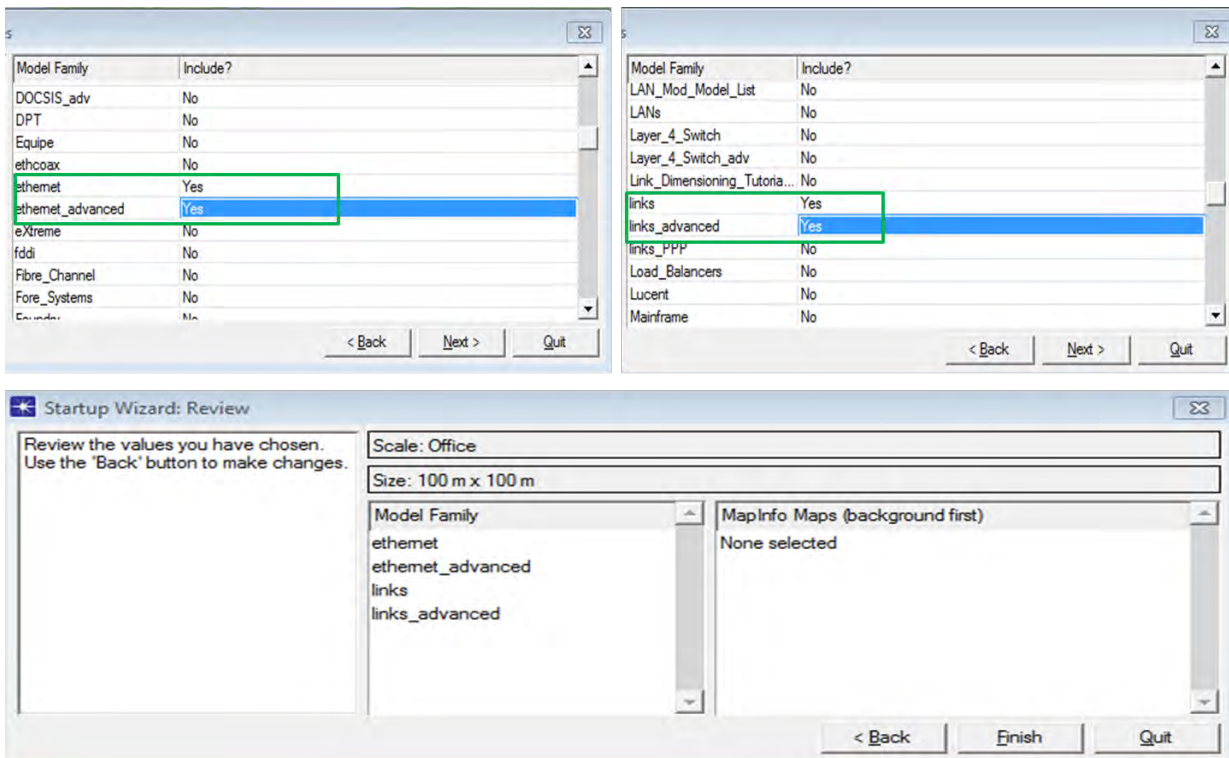
Για τη δημιουργία του μοντέλου, ξεκινάμε την εφαρμογή OPNET, και στο *File* tab επιλέγουμε *New*. Κατόπιν διαλέγουμε την επιλογή *Project* και πατάμε *OK*, αφού έχουμε επιλέξει το κατάλληλο όνομα τόσο για το project όσο και για το/α σενάριο/α που θα εκτελέσουμε. Στο πρώτο σενάριο του συγκεκριμένου έργου προσομοιώσαμε τη κίνηση μικρού φορτίου (*Low Load*). Στο παράθυρο *Initial Window*, επιλέγουμε *Create Empty Scenario* και στην επόμενη λίστα επιλογών που θα εμφανιστεί (*Choose Network Scale*), πατάμε *Office*, καθορίζοντας την παράμετρο της κλίμακας (*Specify Size*) σε 100m x 100m.



Σχήμα 4-1: Παραμετροποίηση Project

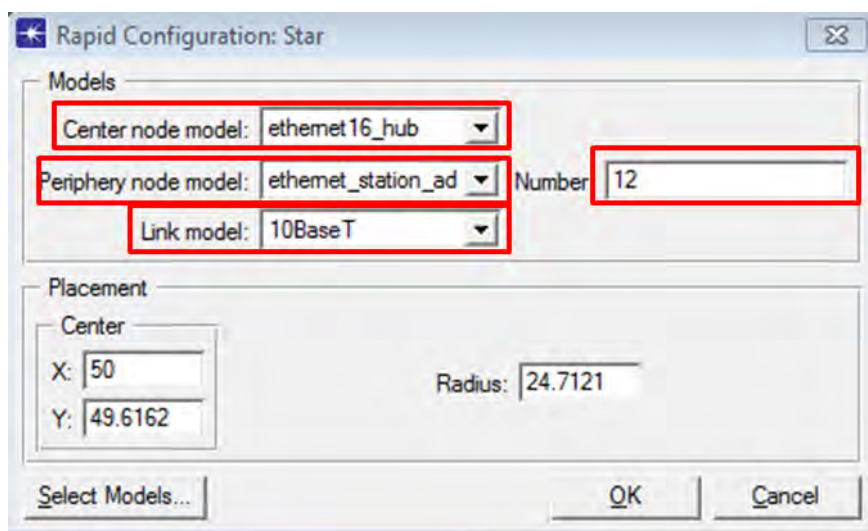
Στη συνέχεια, στο παράθυρο *Select Technologies* που θα εμφανιστεί, επιλέγουμε - από τη λίστα των τεχνολογιών που εμφανίζονται - τις ομάδες ethernet, ethernet advanced, links και links advanced οι οποίες περιέχουν εξοπλισμό (πχ. Ethernet switch, hub, router, workstation) και συνδέσμους (πχ. 10BaseT, 100BaseT) που σχετίζονται με τα πρωτόκολλα και τα πρότυπα που εφαρμόζονται στο ethernet. Τέλος, στο παράθυρο ανασκόπησης που εμφανίζεται, βλέπουμε όλες τις επιλογές που κάναμε, και πατάμε OK.

Όπως προαναφέρθηκε, στο πρώτο σενάριο θα δημιουργήσουμε ένα LAN στο οποίο όλοι οι σταθμοί θα είναι συνδεδεμένοι με ένα Ethernet Hub. Ένας εύκολος τρόπος για να δημιουργηθεί ένα δίκτυο με ένα μεγάλο αριθμό σταθμών στο OPNET είναι η χρησιμοποίηση του εργαλείου *Rapid Configuration*.



Σχήμα 4-2: Επιλογή τεχνολογίας ethernet

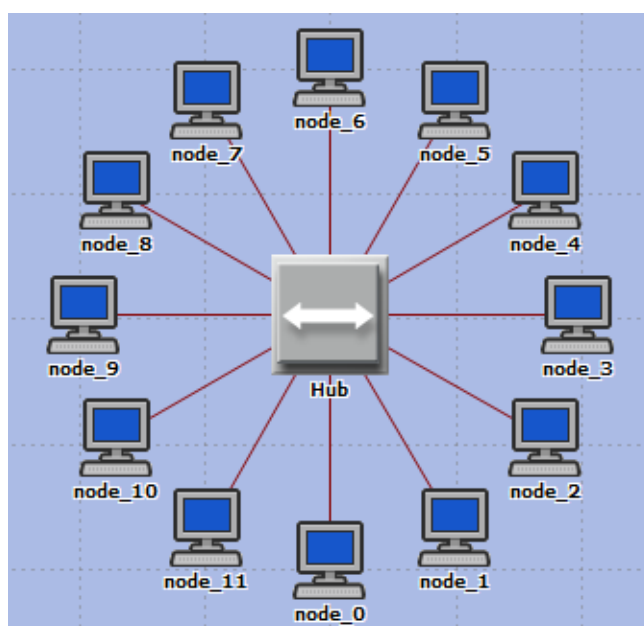
Επιλέγουμε στο *Topology* tab την επιλογή *Rapid Configuration*, θέτοντας το *Configuration* σε *Star*, και πατάμε OK. Στη κατηγορία *Models*, υπάρχουν τέσσερα πεδία, το *Center Node Model*, το *Periphery Node Model*, το *Link Model* και το *Number* στα οποία θέτουμε *ethernet16_hub*, *ethernet_station_adv*, *10BaseT* και *12*, αντιστοίχως. Πατώντας OK, δημιουργείται το LAN.



Σχήμα 4-3: Δημιουργία Ethernet LAN

Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο Hub, και επιλέγοντας το *View Node Description* εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης

συσκευής η οποία είναι ένας διανομέας Ethernet που υποστηρίζει συνδέσεις στα 10, 100 ή 1000 Mbps. Όλες οι πόρτες (ports) θα πρέπει να λειτουργούν με την ίδιο ρυθμό (βάσει του συνδεδεμένου link). Αυτή η συσκευή μπορεί να υποστηρίξει μοντέλα συνδέσμων 10baseT, 100BaseT ή 1000BaseX. Να σημειωθεί ότι το hub μπορεί να διαχειριστεί το μέγεθος *collision detection* για όλους τους σταθμούς που συνδέονται με αυτό. Τα πακέτα που λαμβάνονται από το hub, μεταδίδονται σε όλους τους σταθμούς ανεξάρτητα από τη διεύθυνση προορισμού στο πακέτο. Δεν δημιουργείται ουρά πακέτων στο hub αφού ο χρόνος επεξεργασίας θεωρείται ότι είναι μηδέν.

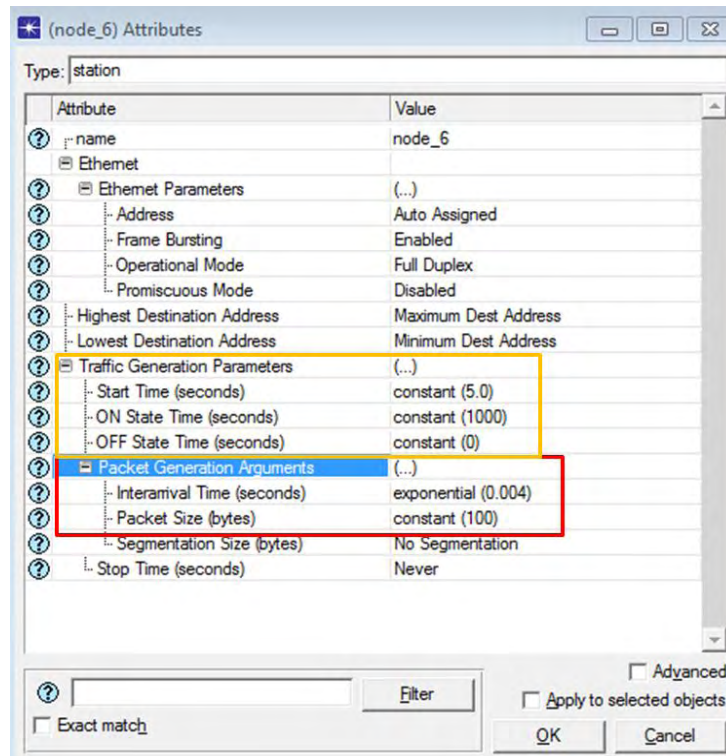


Σχήμα 4-4: Ethernet LAN με 12 Σταθμούς και 1 Hub

Επίσης, με δεξί κλικ πάνω στο hub μπορούμε να επιλέξουμε *Set Name* δίνοντας το όνομα που επιθυμούμε (πχ. Hub). Αντιστοίχως, με την επιλογή πάνω στους σταθμούς ethernet, παίρνουμε τις τεχνικές προδιαγραφές λειτουργίας τους. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο κόμβου *ethernet_station_adv* αντιπροσωπεύει ένα Ethernet σταθμό ο οποίος μπορεί να συνδεθεί με ένα άλλο σταθμό Ethernet, με ένα διανομέα Ethernet, ή με ένα Ethernet Bridge / Switch.

Στη συνέχεια θα δημιουργήσουμε τα traffic patterns για τους ethernet σταθμούς. Κάνοντας δεξί κλικ σε οποιονδήποτε από τους 12 σταθμούς, επιλέγουμε το *Select Similar Nodes*. Κατόπιν, με δεξί κλικ σε έναν από τους σταθμούς, διαλέγουμε το *Edit Attributes*. Κάνουμε check στο checkbox που βρίσκεται δίπλα στο *Apply Changes to Selected Objects*. Επεκτείνοντας τα χαρακτηριστικά (attributes) *Traffic Generation Parameters* και *Packet Generation Arguments*, θέτουμε το όρισμα *ON State Time* σε *constant(1000)*, και το όρισμα *OFF State Time* σε *constant(0)*. Αυτό διασφαλίζει ότι όλοι οι σταθμοί θα στέλνουν συνεχώς πακέτα. Το όρισμα *Interarrival Time (seconds)* το ορίζουμε σε *exponential(0.004)* και το *Packet Size (bytes)* σε *constant(100)*.

Επιλέγοντας OK, εφαρμόζονται οι παραπάνω αλλαγές σε όλους τους σταθμούς ταυτόχρονα.



Σχήμα 4-5: παραμετροποίηση σταθμού ethernet

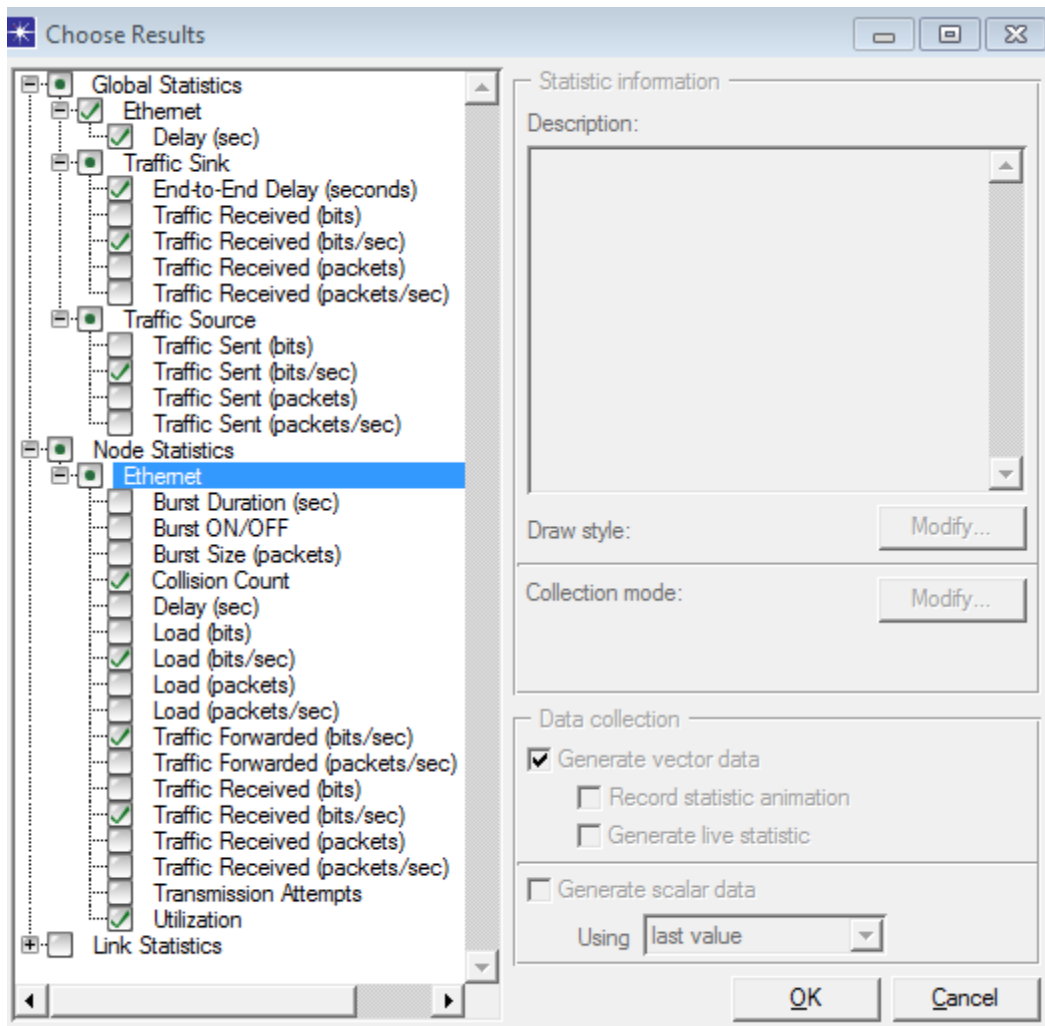
Κάθε σταθμός θα παράγει κίνηση κατά ένα μέσο ρυθμό του ενός 100-byte packet κάθε 4 milliseconds. Η μέση κίνηση που θα παράγει κάθε σταθμός βάσει του ενδιάμεσου χρόνου (interarrival time) και του μεγέθους των πακέτων είναι: $100 \text{ bytes/packet} * 8 \text{ bits/byte} * 1 \text{ packet}/0.004 \text{ sec} = 200 \text{ Kbps}$ (χαμηλό φορτίο).

Στο υφιστάμενο σενάριο χρησιμοποιείται το link 10BaseT. Όπως παρατηρούμε από το Edit Attributes μπορούμε να ορίσουμε σε ποια θύρα συνδέεται κάθε άκρη του καλωδίου μέσω του *port a* και *port b*. Στο παρόν δίκτυο βέβαια δεν χρειάζεται να γίνει κάποια αλλαγή σε καμιά ρύθμιση (το εύρος ζώνης του καλωδίου δίνεται σε bytes ανά δευτερόλεπτο).

Attribute	Value
name	Hub <-> node_7
model	10BaseT
transmitter a	Hub.hub_tx15
receiver a	Hub.hub_rx15
transmitter b	node_7.hub_tx0
receiver b	node_7.hub_rx0
Traffic Information	(...)
Number of Rows	1
Row 0	
Traffic Class	Not Set
Hub -> node_7	(...)
Average Packet Size (bytes)	Default
Traffic Load (bps)	NONE
node_7 -> Hub	(...)
Average Packet Size (bytes)	Default
Traffic Load (bps)	NONE

Σχήμα 4-6: χαρακτηριστικά καλωδίου 10BaseT

Στη συνέχεια παραμετροποιούνται τα settings της προσομοίωσης. Επιλέγουμε από το *Simulation tab* το *Choose Individual Statistics*. Στο παράθυρο που θα εμφανιστεί, επεκτείνουμε το *Global Statistics item* επιλέγοντας τις ακόλουθες αναφορές οι οποίες θα παραχθούν με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Τα *Global Statistics* αναφέρονται σε στατιστικά που αφορούν όλο το δίκτυο, τα *Node Statistics* είναι στατιστικά που αφορούν τα components του δικτύου και τα *Links Statistics* αφορούν τις συνδέσεις μεταξύ των αντικειμένων του δικτύου.



Σχήμα 4-7: επιλογή στατιστικών αναφορών δικτύου LAN

Ethernet Delay: αυτό το μέγεθος αντιπροσωπεύει την από άκρη σε άκρη καθυστέρηση όλων των πακέτων που λήφθηκαν από όλους τους σταθμούς.

Traffic Received (in bits/sec): η κίνηση που λήφθηκε από τους παραλήπτες (traffic sink) από όλους τους σταθμούς.

Traffic Sent (in bits/sec): η κίνηση που στάλθηκε από τις πηγές κίνησης προς όλους τους σταθμούς.

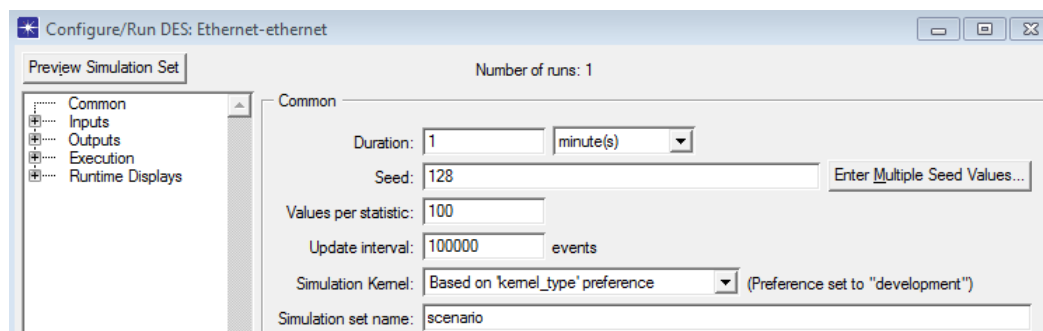
Collision count: αποτυπώνει το συνολικό αριθμό συγκρούσεων που αντιμετωπίστηκαν από το hub κατά τη διάρκεια της μετάδοσης πακέτων.

Node Ethernet Load (in bits/sec): το φορτίο που διαχειρίστηκε κάθε σταθμός εργασίας.

Node Collision count: αποτυπώνει το συνολικό αριθμό συγκρούσεων που αντιμετωπίστηκαν από τον κάθε σταθμό εργασίας κατά τη διάρκεια της μετάδοσης πακέτων.

Node Utilization: είναι το ποσοστό χρήσης του εύρους ζώνης (bandwidth) της σύνδεσης ανά σταθμό εργασίας.

Αφού ολοκληρωθεί η επιλογή των στατιστικών αναφορών, ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της προσομοίωσης, δηλαδή το χρόνο που θα διαρκέσει (duration) και τις τιμές που θα συλλεχθούν ανά στατιστικό (values per statistic).



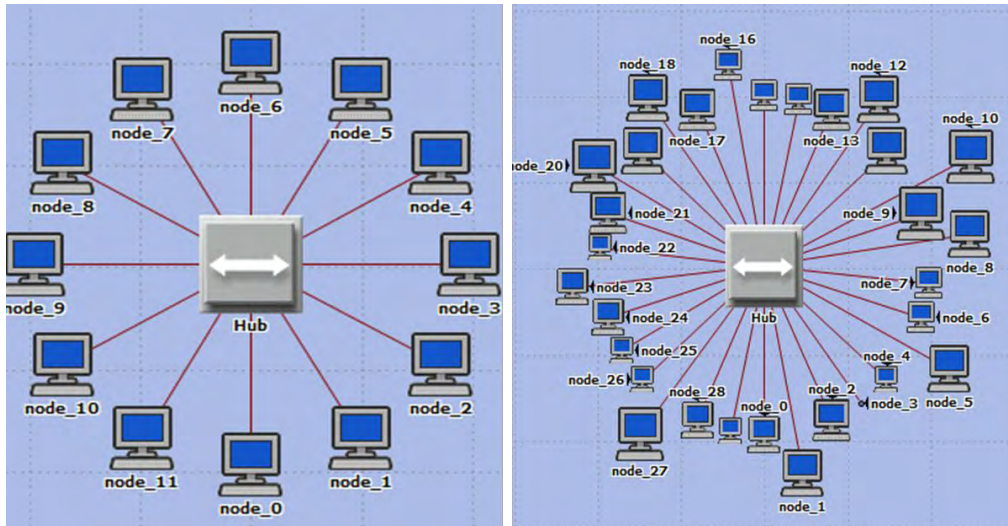
Σχήμα 4-8: ρυθμίσεις προσομοίωσης

Μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης (Run), το OPNET θα εμφανίσει ένα παράθυρο με διάφορα στοιχεία που αφορούν τη χρήση επεξεργαστικής ισχύος καθώς και δευτερεύοντα στατιστικά όπως χρόνους διάρκειας προσομοίωσης.

Κλείνουμε το προηγούμενο παράθυρο και πατάμε δεξί κλικ πάνω στο χώρο εργασίας επιλέγοντας View Results. Από εκεί πλέον μπορούμε να επιλέξουμε τα στατιστικά που θέλουμε να αναλύσουμε σε μορφή γραφήματος. Να σημειώσουμε εδώ ότι το κάθε γράφημα αφού επιλεγεί, εμφανίζεται ξεχωριστά και σε διαφορετικούς άξονες. Επιλέγοντας «Overlaid Statistics» μπορούμε να δούμε 2 ή παραπάνω γραφήματα στους ίδιους άξονες.

Κατ' επέκταση, δημιουργούμε τα υπόλοιπα σενάρια του υφιστάμενου project στα οποία προσομοιώνουμε links 10BaseT και 100BaseT, υψηλό φορτίο κίνησης και αυξημένο αριθμό nodes. Ιδιαίτερα για τη προσομοίωση του υψηλού φορτίου κίνησης, θα αλλάξουμε την υφιστάμενη παραμετροποίηση του ορίσματος *Interarrival Time (seconds)* (του *Packet Generation Arguments*) από *exponential(0.004)* σε *exponential(0.001)*. Η μέση κίνηση που θα παράγει κάθε σταθμός βάσει του ενδιαμέσου χρόνου (interarrival time) και του μεγέθους των πακέτων είναι: $100 \text{ bytes/packet} * 8 \text{ bits/byte} * 1 \text{ packet}/0.001 \text{ sec} = 800 \text{ Kbps}$ (υψηλό φορτίο).

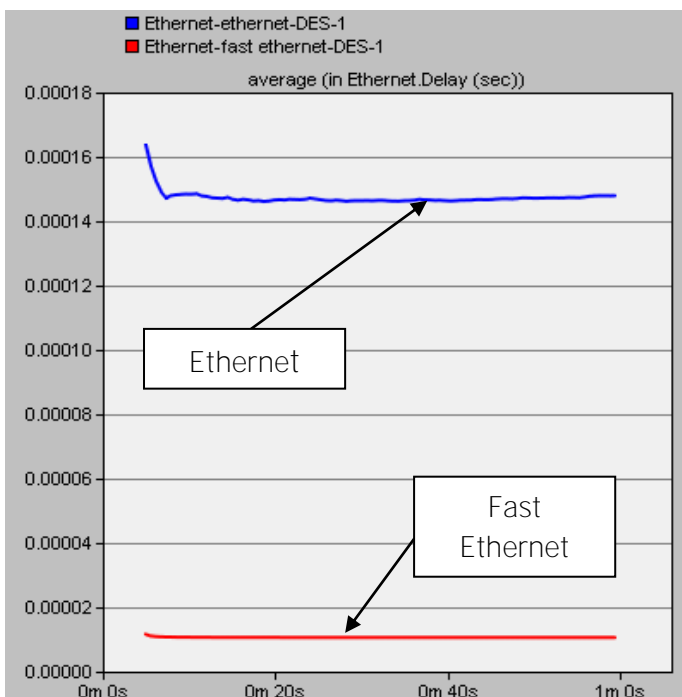
Τα αποτελέσματα των σεναρίων θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα συνολικά.



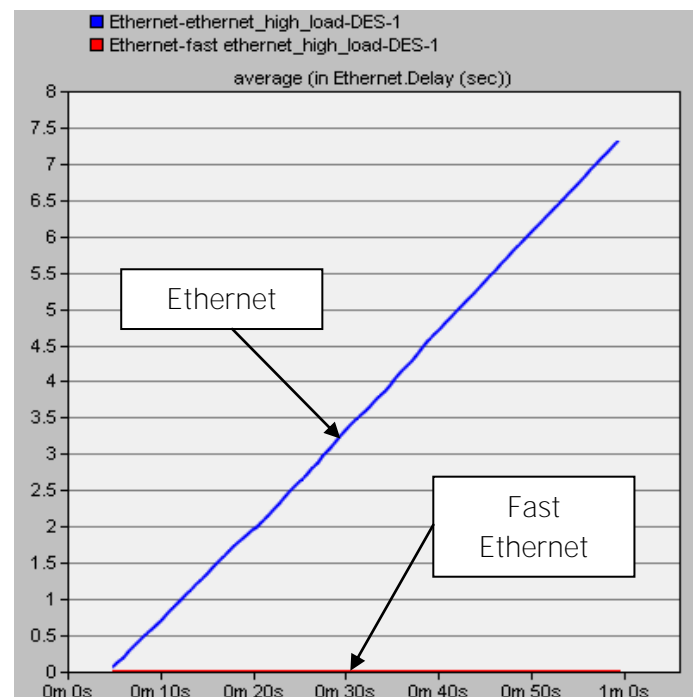
Σχήμα 4-9: 1ο project – Ethernet /Fast Ethernet LAN με 12 & 30 Workstations υπό χαμηλό και υψηλό φορτίο κίνησης

Στο 1^ο project ο χρόνος προσομοίωσης είναι 1 min λόγω του γεγονότος ότι το σενάριο με τους 30 σταθμούς στη περίπτωση του μεγάλου φορτίου κίνησης απαιτούσε πάρα πολύ μεγάλη υπολογιστική ισχύ, οπότε για να υπάρχει μέτρο σύγκρισης μεταξύ όλων των σεναρίων, ο χρόνος για όλα τα σεναρία ορίστηκε το 1 λεπτό. Στα γραφήματα που ακολουθούν το σενάριο των 12 σταθμών αναφέρεται ως DES-1 ενώ το σενάριο των 30 σταθμών 25-DES-1.

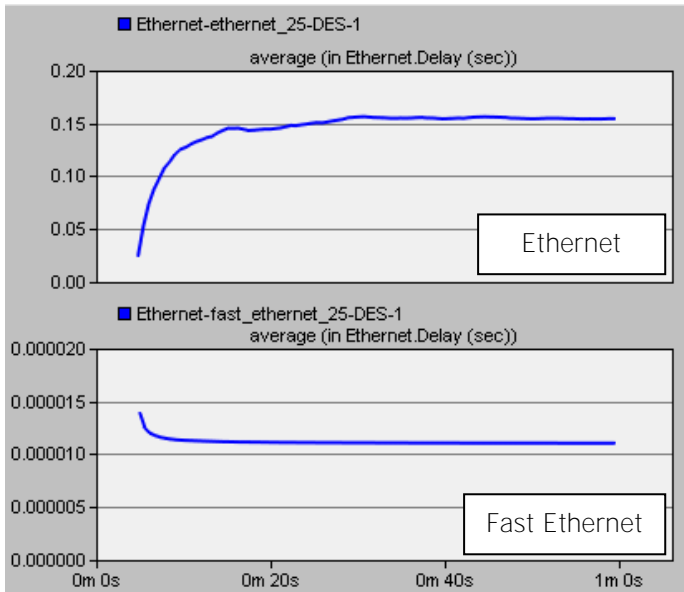
4.3 Ανάλυση



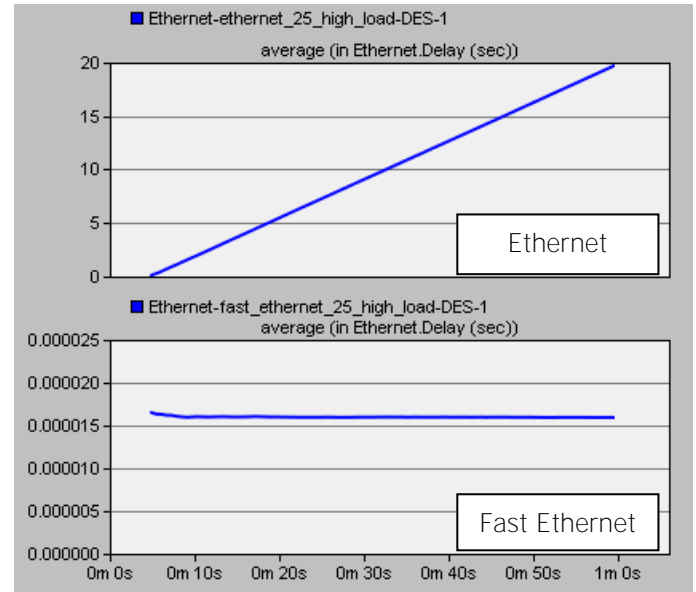
Σχήμα 4-10a: Ethernet Delay – Low Load – 12 Σταθμοί



Σχήμα 4-10b: Ethernet Delay – High Load – 12 Σταθμοί

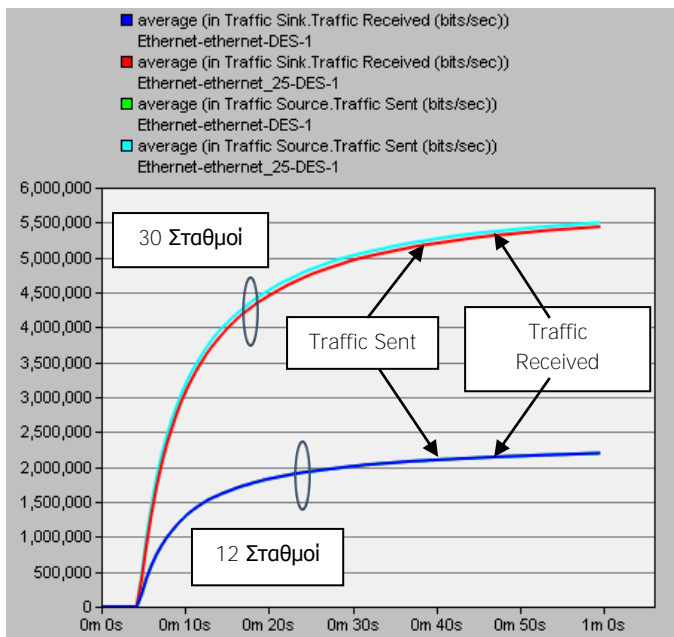


Σχήμα 4-10c: Ethernet Delay – Low Load – 30 Σταθμοί

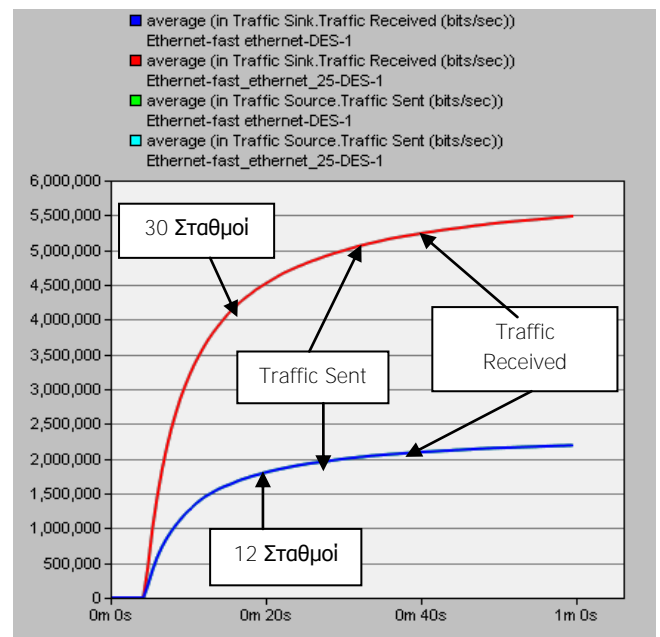


Σχήμα 4-10d: Ethernet Delay – High Load – 30 Σταθμοί

Από τα παραπάνω γραφήματα φαίνεται πως για κάθε σενάριο η end-to-end καθυστέρηση είναι πολύ μεγαλύτερη στη τεχνολογία ethernet (ethernet-DES-1) έναντι της τεχνολογίας fast ethernet (fast ethernet-DES-1), και μάλιστα όσο αυξάνει το φορτίο κίνησης καθώς και οι σταθμοί εργασίας, τόσο αυξάνει δραματικά η καθυστέρηση στο ethernet LAN εν αντιθέσει με τη καθυστέρηση του fast ethernet η οποία ανεξαρτήτως φόρτου ή πλήθους nodes παραμένει αμετάβλητη στα 0.00016 sec. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στο χαμηλό φορτίο (200 Kbps) με τους 12 σταθμούς, ο ρυθμός μετάδοσης είναι 2,4 Mbps ενώ στο υψηλό φορτίο (800 kbps) με τους 12 σταθμούς είναι 9,6 Mbps. Όταν οι σταθμοί αυξάνονται σε 30, οι αντίστοιχες τιμές γίνονται 6 Mbps και 14 Mbps για χαμηλό και υψηλό φορτίο αντιστοίχως, που σημαίνει ότι για το 10BaseT που υποστηρίζει ρυθμό μετάδοσης 10 Mbps, υπάρχει συμφόρηση άρα και καθυστέρηση.



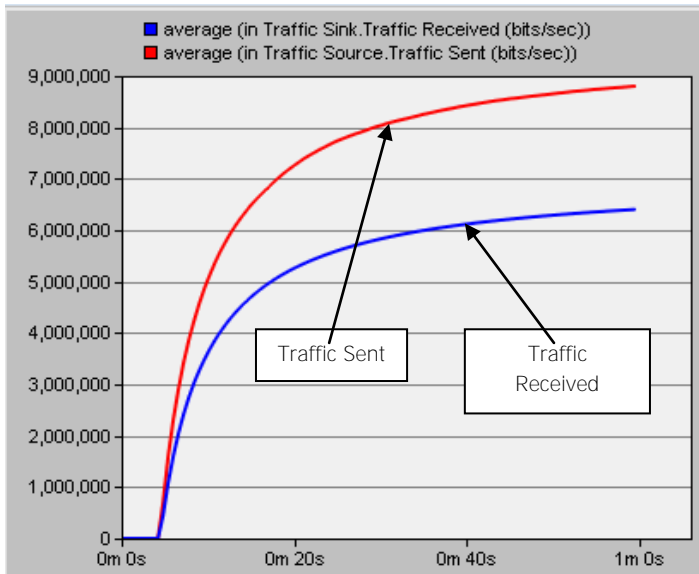
Σχήμα 4-11a: Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – Low Load – 12 Σταθμοί και 30 Σταθμοί



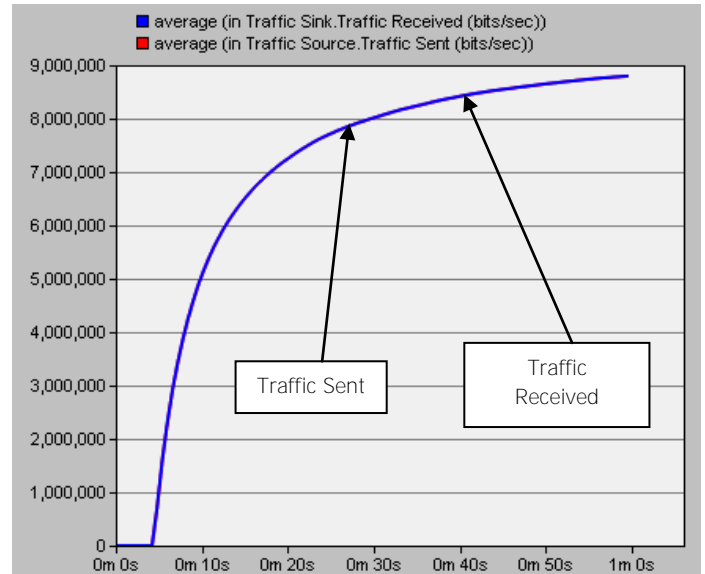
Σχήμα 4-11b: Fast Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – Low Load – 12 Σταθμοί και 30 Σταθμοί

Στα δυο παραπάνω γραφήματα εξετάζουμε την κίνηση που στέλνεται και λαμβάνεται από και προς τους σταθμούς για χαμηλό φορτίο κίνησης. Παρατηρούμε ότι για μικρό φορτίο, ανεξαρτήτως τεχνολογίας και πλήθους σταθμών, το packet loss είναι 0% στο τέλος της προσομοίωσης (1min). (Η μπλε και η πράσινη καμπύλη αφορά τους 12 σταθμούς ενώ η κόκκινη και η γαλάζια τους 30. Στα σχήματα η πράσινη καμπύλη συμπίπτει με τη μπλε ενώ στο δεύτερο σχήμα η γαλάζια πέφτει πάνω στην κόκκινη). Όπως φαίνεται και είναι φυσιολογικό, με την αύξηση των workstations, αυξάνεται η κίνηση που στέλνεται από και προς τους σταθμούς.

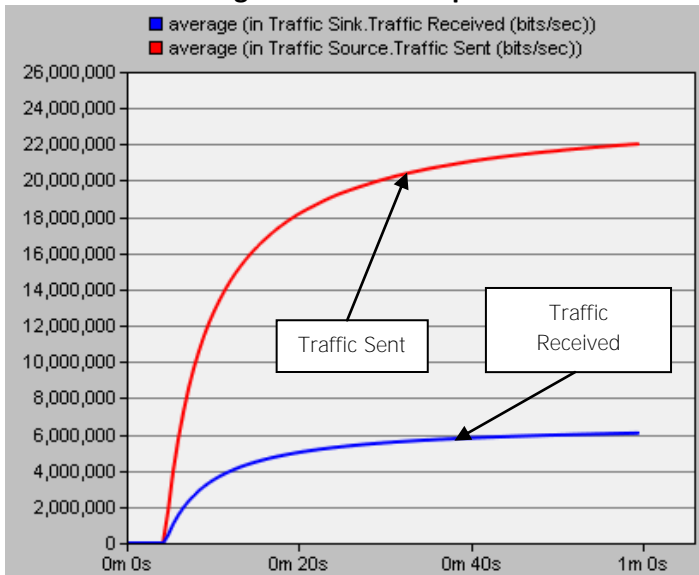
Στα επόμενα γραφήματα με υψηλό φορτίο κίνησης, παρατηρείται αυξημένο packet loss, μόνο στη τεχνολογία ethernet όπου στη περίπτωση των 12 σταθμών αυτό κυμαίνεται από 28% (σχήμα 4.11c) μέχρι 72% (σχήμα 4.11e). Από την άλλη, όταν χρησιμοποιούνται links 100BaseT, δεν παρατηρείται κανένα loss πακέτων (σχήμα 4.11d, 4.11f).



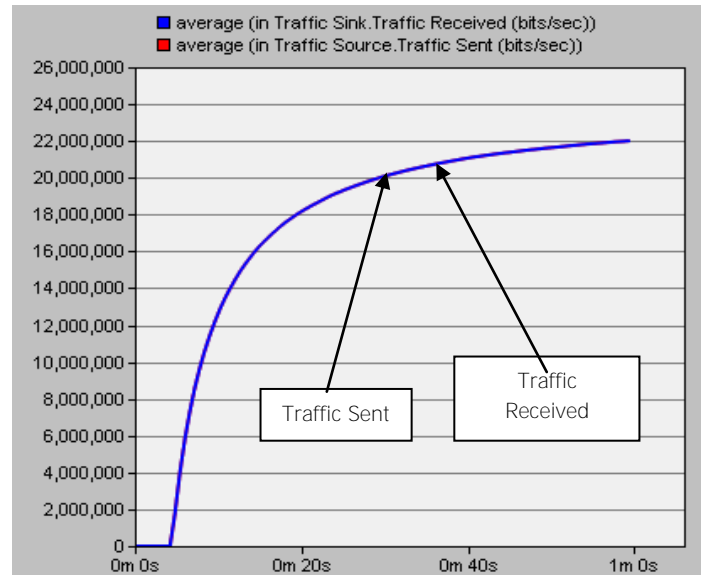
Σχήμα 4-11c: Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 12 Σταθμοί



Σχήμα 4-11d: Fast Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 12 Σταθμοί

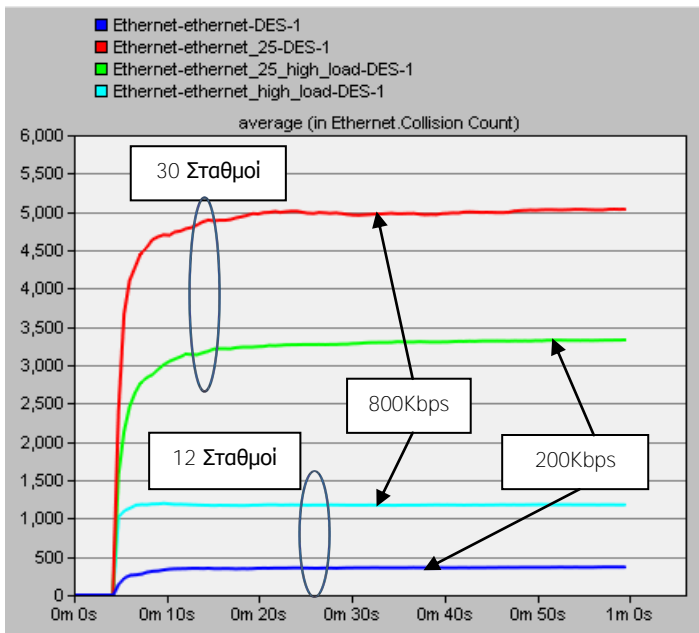


Σχήμα 4-11e: Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 30 Σταθμοί

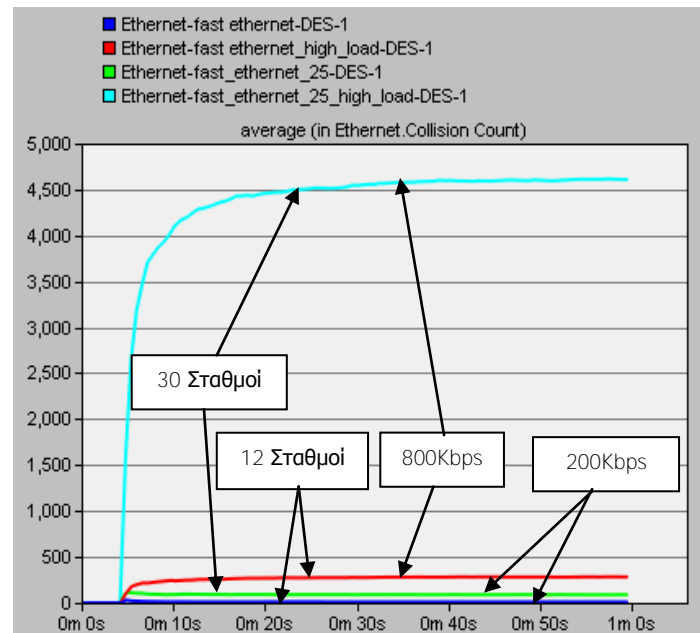


Σχήμα 4-11f: Fast Ethernet - Traffic Sent /Traffic received – High Load – 30 Σταθμοί

Στα επόμενα γραφήματα απεικονίζεται το πλήθος των συγκρούσεων στο hub, όπου στο ethernet το μέσο πλήθος των συγκρούσεων αυξάνεται με περίπου σταθερό ρυθμό (400 συγκρούσεις με 12 σταθμούς και χαμηλό φορτίο, 1200 συγκρούσεις με 12 σταθμούς και υψηλό φορτίο, 3400 συγκρούσεις με 30 σταθμούς και χαμηλό φορτίο και 5000 συγκρούσεις με 30 σταθμούς και υψηλό φορτίο). Στη περίπτωση του fast ethernet, το πλήθος των συγκρούσεων παρουσιάζει απότομη αύξηση της τάξεως του 93%, μόνο στο σενάριο των 30 σταθμών με υψηλό φορτίο.

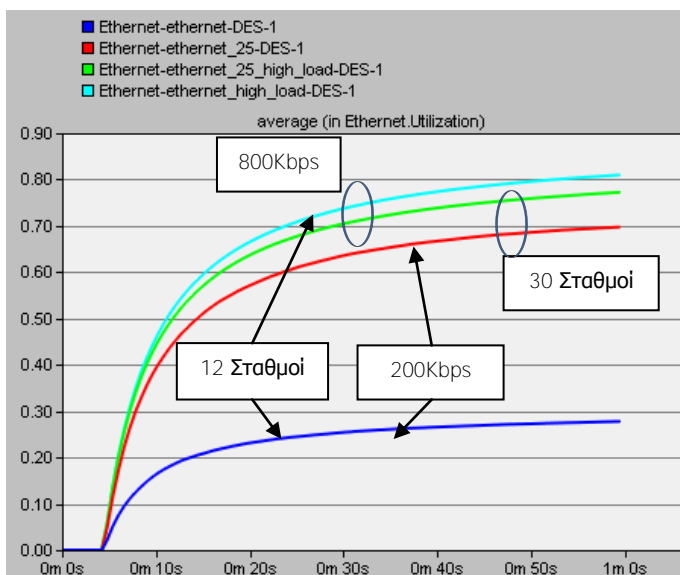


Σχήμα 4-12a: *Ethernet* – Hub Collision Count – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί

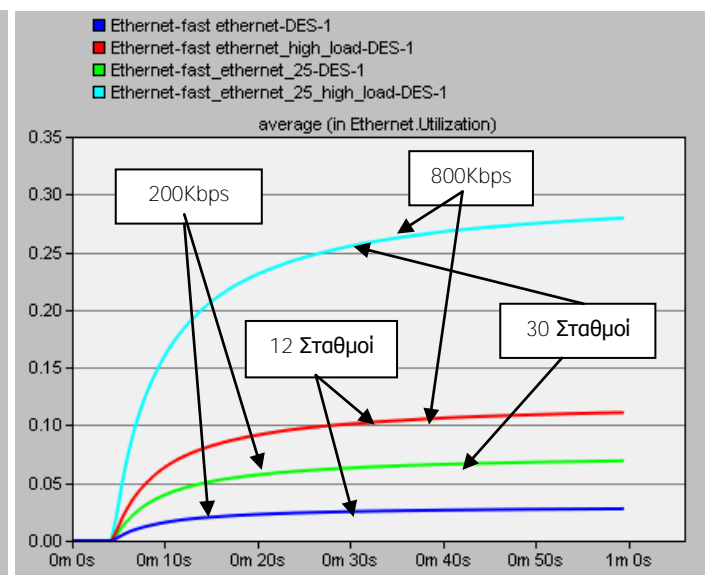


Σχήμα 4-12b: *Fast Ethernet* – Hub Collision Count – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί

Στα επόμενα γραφήματα εμφανίζεται το ποσοστό χρησιμοποίησης του εύρους του καναλιού από το hub ανά σενάριο, όπου εύκολα παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή που φθάνει το σενάριο του fast ethernet με το μέγιστο φορτίο και τους 30 σταθμούς, αποτελεί την ελάχιστη τιμή του σεναρίου ethernet με χαμηλό φορτίο και το μικρότερο (12) αριθμό σταθμών.

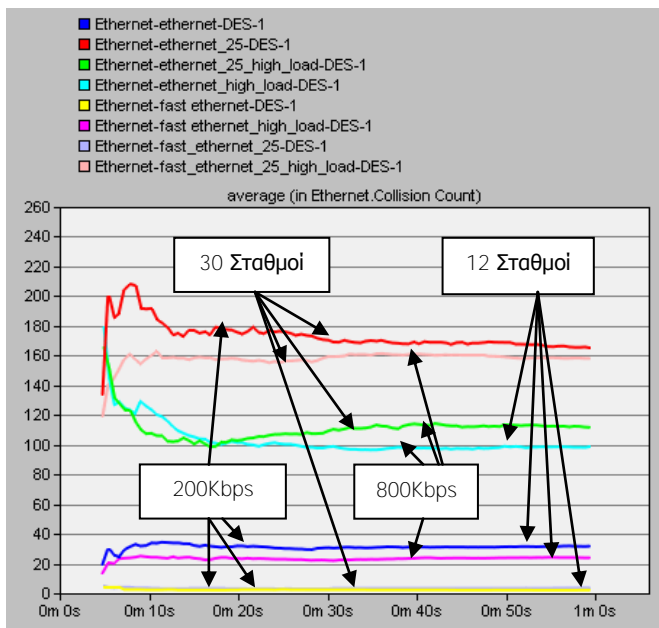


Σχήμα 4-13a: *Ethernet* – Hub Utilization – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί

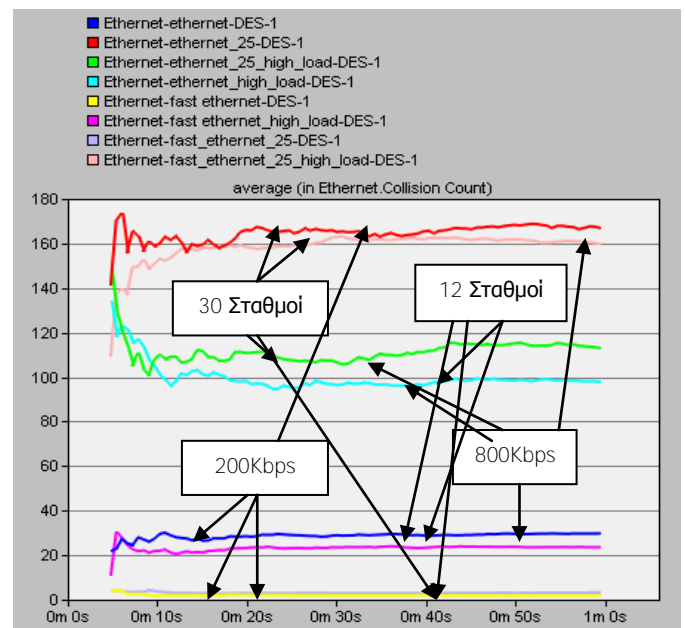


Σχήμα 4-13b: *Fast Ethernet* – Hub Utilization – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί

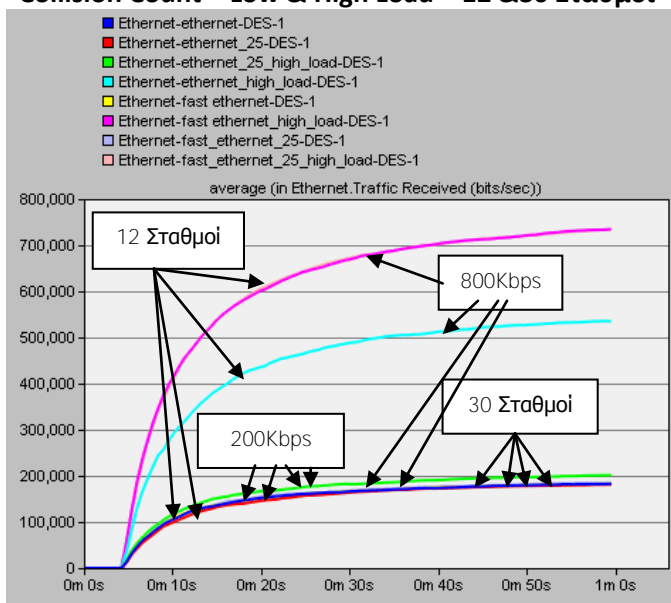
Στα επόμενα γραφήματα εμφανίζονται τα στατιστικά των σταθμών “1” και “8”, οι οποίοι μετέχουν σε όλα τα σενάρια προσομοιώσεων. Από ότι διακρίνεται, τόσο το πλήθος των συγκρούσεων όσο και η κίνηση που λαμβάνεται από τον κάθε σταθμό, κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα ανά σενάριο και τεχνολογία. Όπως αναμενόταν, με την αύξηση της κίνησης αυξάνει το πλήθος των συγκρούσεων. Να σημειωθεί ότι ο μέγιστος μέσος αριθμός συγκρούσεων (που λαμβάνει χώρα στο σενάριο με τους 30 σταθμούς, στο χαμηλό φορτίο, στο ethernet – κόκκινη γραμμή), και για τα δυο nodes ισούται περίπου με 180 συγκρούσεις, την ώρα που η μέγιστη τιμή συγκρούσεων στο hub φθάνει τις 5000 συγκρούσεις.



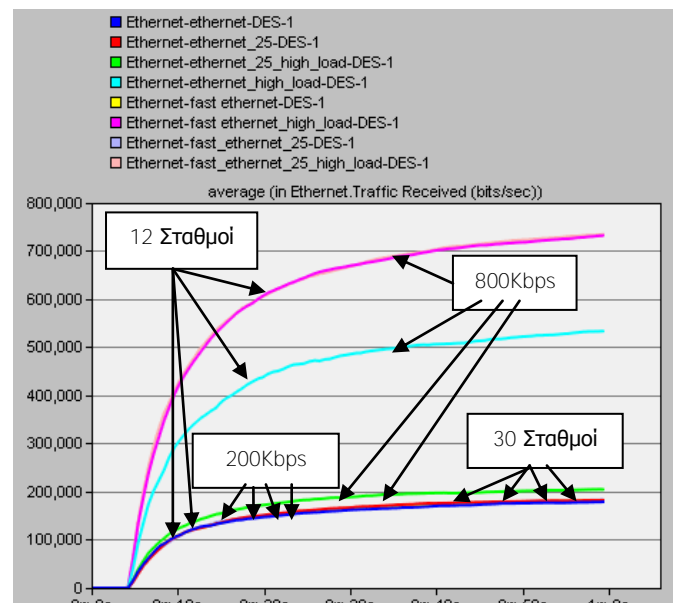
Σχήμα 4-14a: Ethernet & Fast Ethernet – Node “1” Collision Count – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί



Σχήμα 4-14b: Ethernet & Fast Ethernet – Node “8” Collision Count – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί



Σχήμα 4-14c: Ethernet & Fast Ethernet – Node “1” Traffic Received – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί



Σχήμα 4-14d: Ethernet & Fast Ethernet – Node “8” Traffic Received – Low & High Load – 12 & 30 Σταθμοί

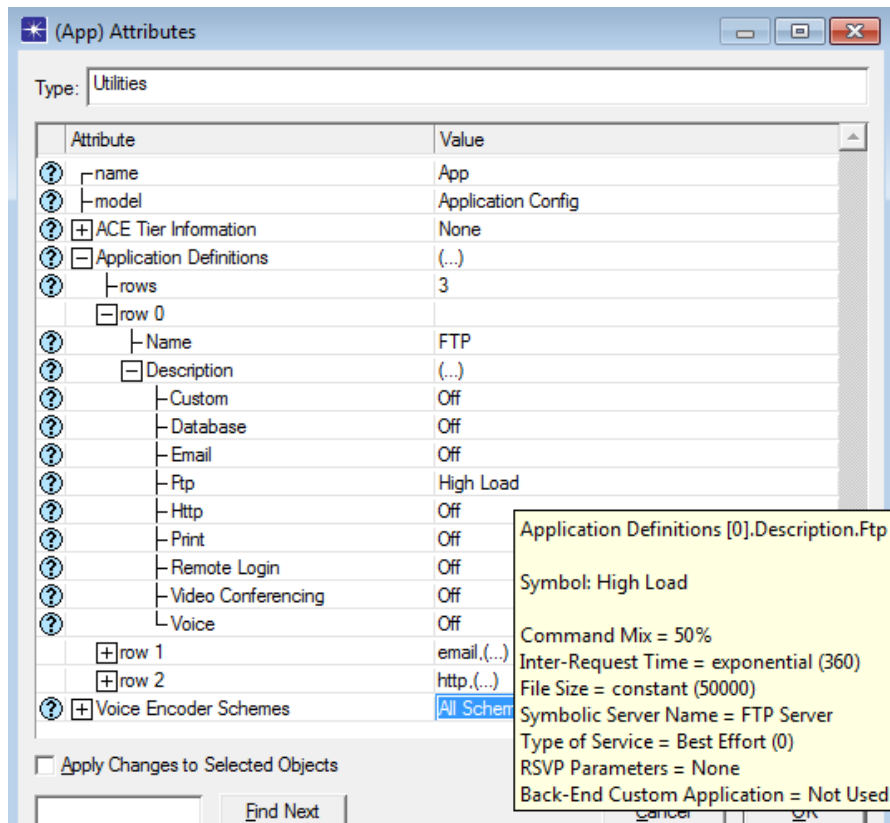
5 Προσομοίωση Σεναρίων Ethernet και Fast Ethernet στο OPNET IT Guru Modeler για FTP, HTTP και Email εφαρμογές

Στο κεφάλαιο αυτό, θα προσομοιωθεί σενάριο με FTP, HTTP και Email εφαρμογές σε τοπολογία αστέρα 1, 20 και 60 σταθμών εργασίας ανά τεχνολογία ethernet και fast ethernet, αντίστοιχα. Σκοπός της δεύτερης προσομοίωσης είναι η αποτελεσματική διερεύνηση της απόδοσης των παραπάνω δυο τεχνολογιών ως προς τα χαρακτηριστικά τους, σε συνηθισμένες software εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Στο επόμενο project θα χρησιμοποιηθούν τρεις εφαρμογές (FTP, HTTP & Email) παρουσία ενός ethernet server, ενός ethernet switch και δυο hubs. Για την υποστήριξη των εφαρμογών εισήχθησαν μία μονάδα διαμόρφωσης προφίλ χρηστών του συστήματος (*Profile Configuration*) και μία μονάδα διαμόρφωσης προφίλ χρήσης εφαρμογών (*Application Configuration*). Στόχος είναι η όσο πιο ρεαλιστική διαμόρφωση των προφίλ σε πραγματικές συνθήκες εργασίας και φόρτου δεδομένων.

Οι παρακάτω εικόνες περιλαμβάνουν μια συνολική εποπτική παρουσίαση των ρυθμίσεων που έγιναν. Μπορεί κανείς να διακρίνει ότι δημιουργήθηκε ένα προφίλ χρηστών με τη βοήθεια της μονάδας Profile Config, το οποίο ονομάστηκε “User”, και το οποίο περιλαμβάνει τη χρήση των 3 υπηρεσιών που προαναφέρθηκαν, και τα χαρακτηριστικά των οποίων ορίστηκαν ξεχωριστά, με τη βοήθεια της μονάδας Application Config.

Το Application Configuration χρησιμοποιείται για να περιγραφούν οι εφαρμογές που μπορεί να τρέχουν στους υπολογιστές. Από το Edit Attributes επιλέγουμε *Applications Definitions* και έπειτα στο πεδίο *rows* αλλάζουμε τη τιμή 0, που είναι η default τιμή, σε 3. Τα *rows* αναφέρονται στον αριθμό των εφαρμογών που χρησιμοποιούν οι χρήστες του δικτύου. Στην εν λόγω περίπτωση απαιτούνται 3 εφαρμογές.

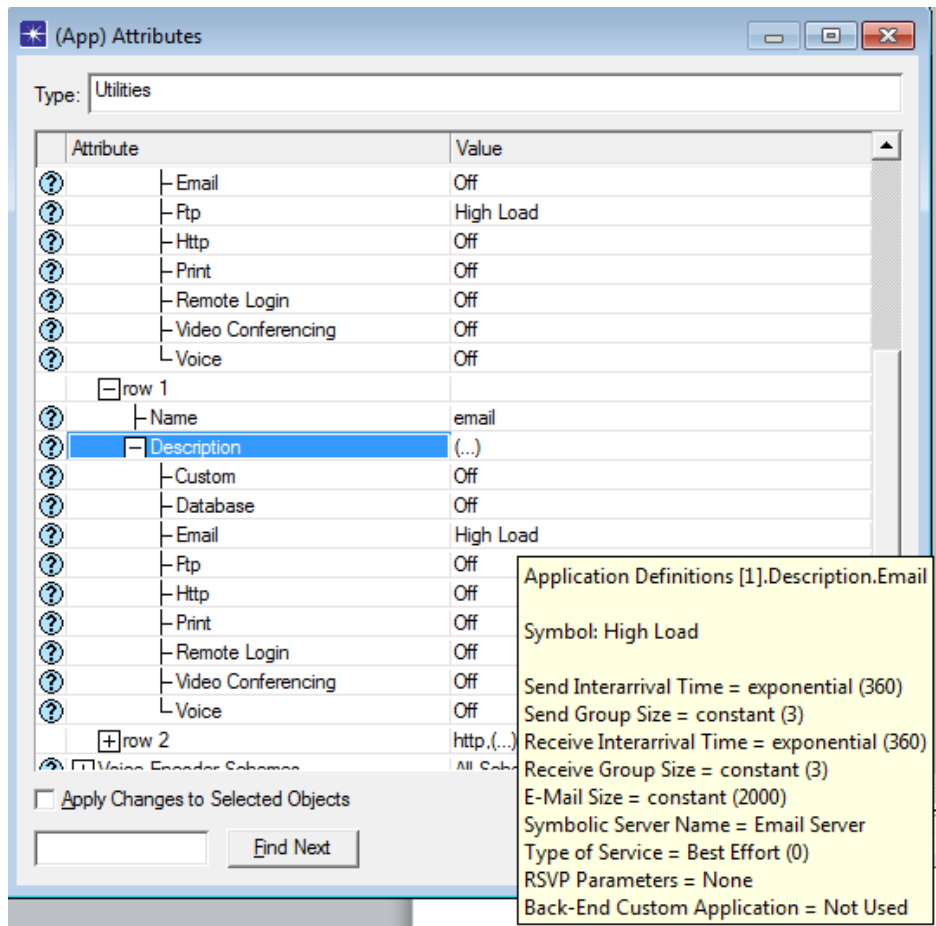
Επειδή η αρίθμηση των *rows* στο OPNET ξεκινάει από το 0, η πρώτη εφαρμογή FTP που έχουμε είναι το “row 0” που μόλις έχει εμφανιστεί. Στο πεδίο *name* του “row 0” ορίζουμε το όνομα της εφαρμογής ως “FTP”. Στο αμέσως επόμενο πεδίο “Description” καθορίζεται ο τύπος της εφαρμογής. Στο πεδίο *ftp* επιλέγουμε με διπλό κλικ και μπορούμε πλέον να ρυθμίσουμε την *ftp* εφαρμογή σε status “High Load”.



Σχήμα 5-1: FTP παραμετροποίηση

Η πρώτη ρύθμιση *Command Mix* αφορά το ποσοστό των δεδομένων που δέχεται ο χρήστης από τον Server σε αναλογία με το συνολικό όγκο των δεδομένων των αρχείων που ανταλλάσσονται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εφαρμογής. Για παράδειγμα, εάν έχουμε ρυθμίσει αυτό, σε 100% (στο δικό μας έργο είναι 50%) τότε ο χρήστης θα παίρνει όλα τα αρχεία από τον Server και εάν έχουμε ρυθμίσει αυτό, σε ποσοστό 0% ο χρήστης θα στέλνει όλα τα αρχεία στον Server. Στην επιλογή *Inter-Request Time* (ενδιάμεσος χρόνος διαδοχικών αιτήσεων) ορίζεται η χρονική περίοδος η οποία θα μεσολαβήσει από το ξεκίνημα μιας μεταφοράς αρχείου μέχρι το αντίστοιχο της επόμενης. Εδώ η επιλογή αυτή θα ρυθμιστεί ως *exponential(360)* (εκθετική κατανομή). Στην επιλογή *File Size* ορίζεται το μέγεθος των αρχείων που θα ανταλλάσσονται (σε bytes). Το μέγεθος ρυθμίζεται σε «constant(50000)». Τα υπόλοιπα πεδία δεν θα μας απασχολήσουν σε αυτό το project.

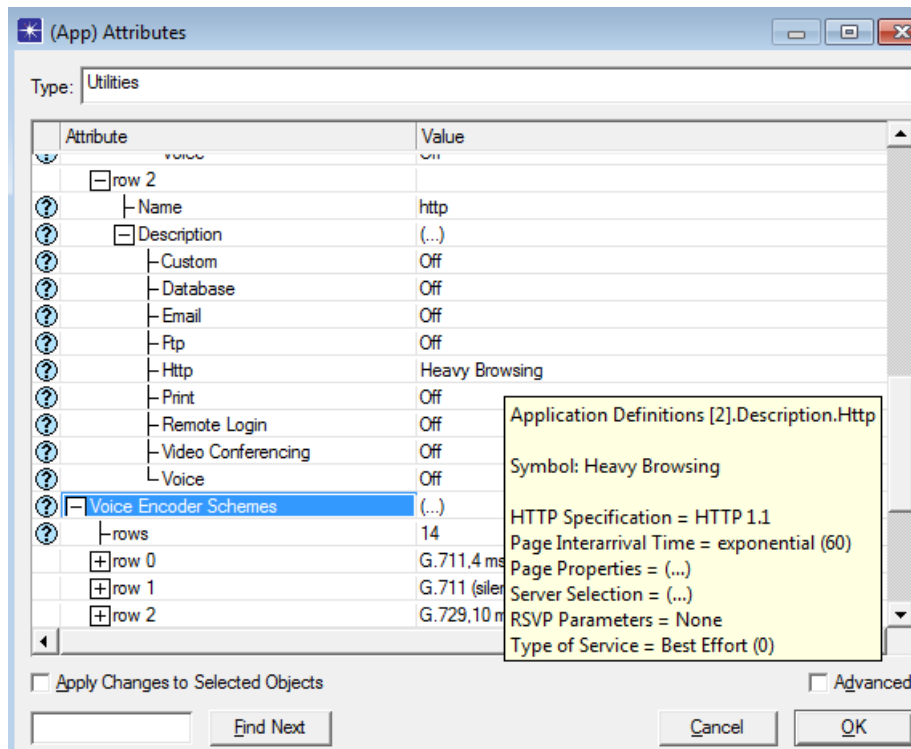
Με παρόμοιο τρόπο παραμετροποιούνται οι δυο εναπομένουσες εφαρμογές του Email (High Load) και του HTTP (Heavy Browsing).



Σχήμα 5-2: email παραμετροποίηση

Η λειτουργία της υπηρεσίας HTTP περιήγησης ξεκινάει επίσης οποιαδήποτε στιγμή, η διάρκειά της όμως μπορεί να παίρνει διάφορες τιμές, με βάση μια εκθετική κατανομή με μέση τιμή 60 sec. Στην περίπτωση της υπηρεσίας ανταλλαγής e-mail επιλέχθηκε έναρξη σε τυχαία στιγμή και απενεργοποίηση μόνο στο τέλος της προσομοίωσης, ενώ ορίστηκαν ενδιάμεσοι χρόνοι διαδοχικών αφίξεων και αναχωρήσεων μηνυμάτων αλληλογραφίας με βάση μια εκθετική κατανομή με μέση τιμή 360 sec, και το μέγεθος των μηνυμάτων με βάση την κανονική κατανομή και με μέση τιμή 2 KB. Οι υπόλοιπες επιλογές είναι επίσης ορατές στην εικόνα.

Το Profile Configuration χρησιμοποιείται για να καθορίζει τις συνήθειες των users δηλαδή ποιες εφαρμογές θα χρησιμοποιεί, πόσο συχνά και με πόση διάρκεια θα εκτελούνται.

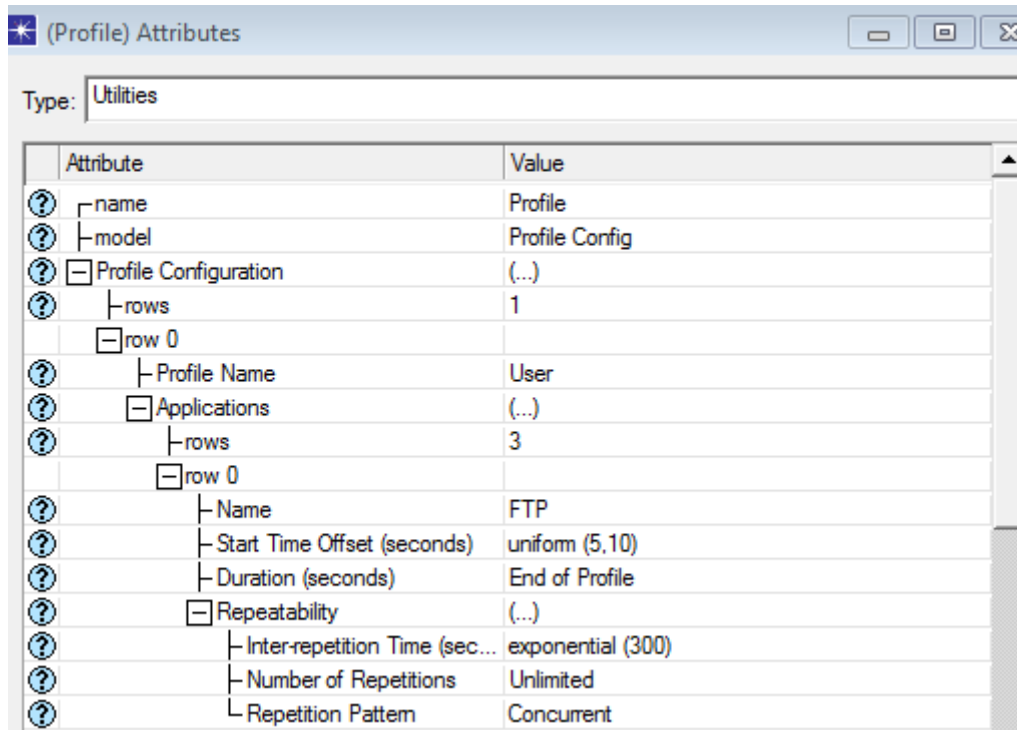


Σχήμα 5-3: Http παραμετροποίηση

Με δεξί κλικ στην επιλογή *Edit Attributes* πηγαίνουμε στο πεδίο Profile Configuration. Αρχικά το attribute *rows* έχει τη default τιμή μηδέν. Αλλάζοντας τη τιμή από μηδέν σε ένα, εμφανίζεται μια επιπλέον γραμμή “row 0” στην οποία θέτουμε το όνομα της υπηρεσίας που επιθυμούμε - στη προκειμένη περίπτωση “User” - στο πεδίο Profile Configuration και εν συνεχεία οριοθετούμε το πλήθος των εφαρμογών που θα υποστηρίζονται από τον Server θέτοντας τη τιμή τρία στο υποπεδίο *rows* της κατηγορίας *Applications*. Με αυτή τη παραμετροποίηση θα εκτελούνται παράλληλα τρία προφίλ χρηστών, μέχρι το τέλος της προσομοίωσης. Τα υποπεδία *row0*, *row1* και *row2* θα πάρουν αντίστοιχα τις ονομασίες των εφαρμογών που παραμετροποιήθηκαν στο component *Application Config*, δηλαδή FTP, Email & http. Κάθε ένα τέτοιο υποπεδίο έχει τέσσερα ορίσματα (συμπεριλαμβανομένου του Name που ορίσαμε προηγουμένως), όπως το πεδίο Duration το οποίο ορίζουμε ίσο με τη τιμή *End of Profile*. Τα ορίσματα *Inter-repetition Time* και *Number of repetitions* του πεδίου *Repeatability* λαμβάνουν τις τιμές “*exponential(300)*” - που αποτυπώνει το χρόνο σε δευτερόλεπτα που μεσολαβεί μεταξύ των επαναλήψεων, και *Unlimited*- που αποτυπώνει τον ατέρμονο αριθμό των επαναλήψεων.

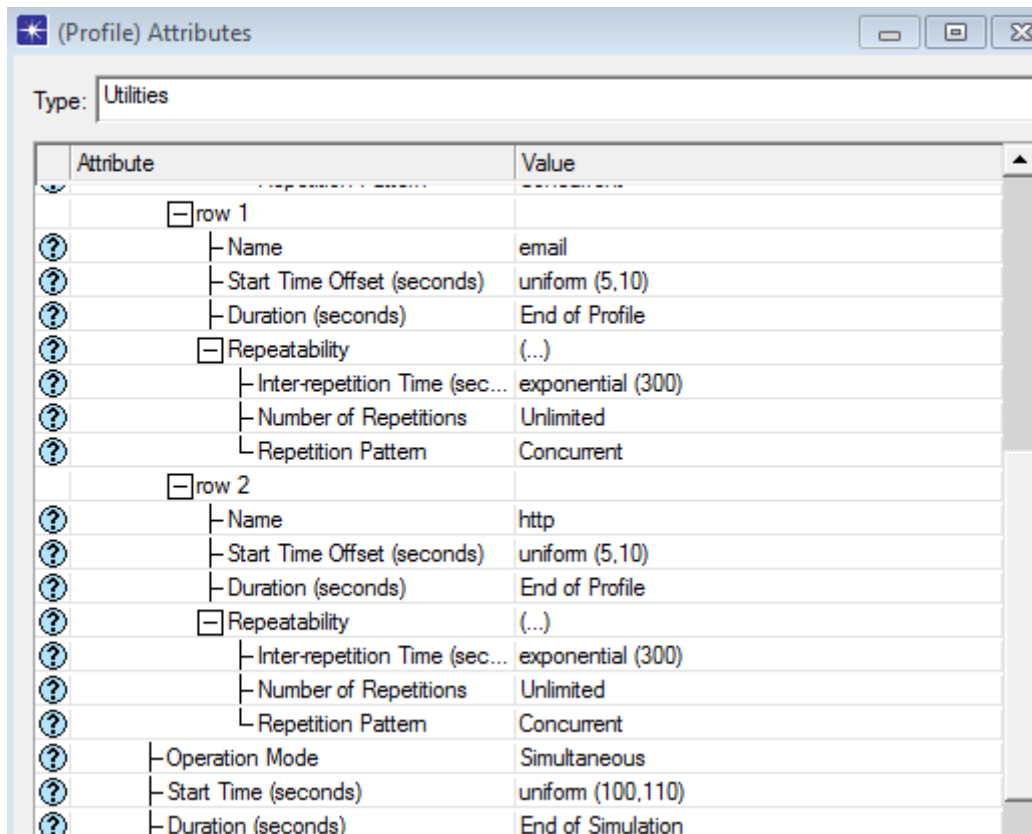
Στο συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιήθηκαν ethernet σταθμοί εργασίας. Το μοντέλο *ethernet_wkstn* είναι ένας σταθμός εργασίας με client-server εφαρμογές που τρέχουν πάνω από TCP/IP και UDP/IP. Ο σταθμός εργασίας υποστηρίζει μια υποκείμενη σύνδεση Ethernet με ρυθμό μετάδοσης 10 Mbps, 100 Mbps ή 1000 Mbps. Αυτός ο τύπος θέσης εργασίας απαιτεί ένα σταθερό ποσό χρόνου για τη

δρομολόγηση κάθε πακέτου, όπως καθορίζεται από το χαρακτηριστικό "IP Forwarding Rate" του κόμβου. Τα πακέτα δρομολογούνται βάσει της λογικής first-come-first-serve και μπορεί να συναντούν ουρές στα πρωτόκολλα χαμηλότερων layers, ανάλογα με τους ρυθμούς μετάδοσης των αντίστοιχων διεπαφών εξόδου.



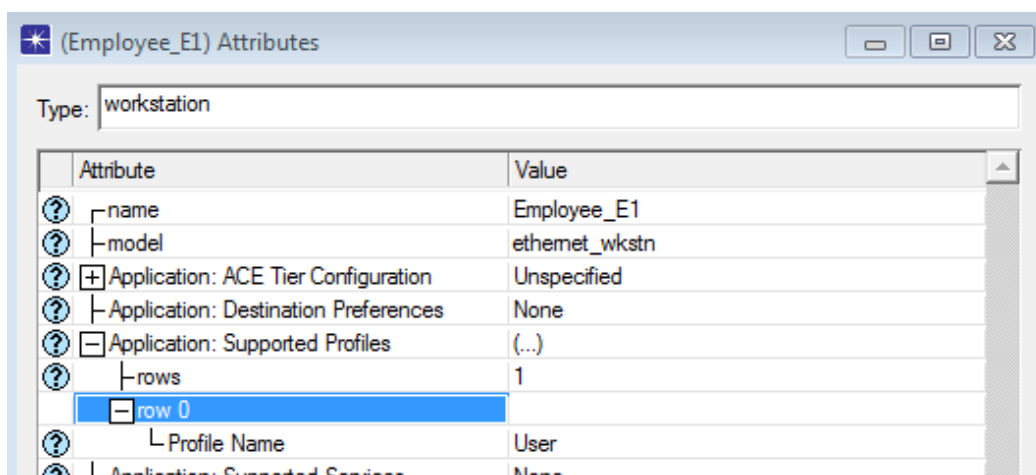
Attribute	Value
? name	Profile
? model	Profile Config
? Profile Configuration	(...)
? rows	1
row 0	
? Profile Name	User
? Applications	(...)
? rows	3
row 0	
? Name	FTP
? Start Time Offset (seconds)	uniform (5,10)
? Duration (seconds)	End of Profile
? Repeatability	(...)
? Inter-repetition Time (sec...)	exponential (300)
? Number of Repetitions	Unlimited
? Repetition Pattern	Concurrent

Σχήμα 5-4a: FTP Profile Configuration



Σχήμα 5-4b: HTTP & Email Profile Configuration

Στο πεδίο Application Supported Profiles του σταθμού εργασίας ορίζουμε τα προφίλ που θα τρέχουν στον υπολογιστή τα οποία έχουν δημιουργηθεί ήδη στο Profile Configuration, που στη προκειμένη περίπτωση είναι το profile "User".

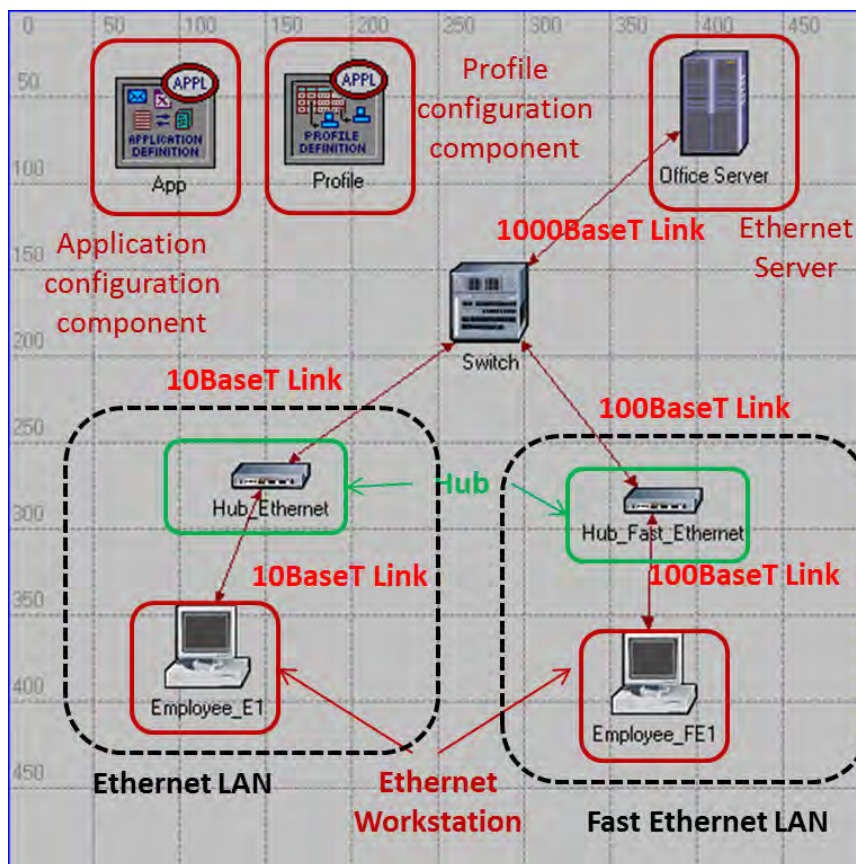


Σχήμα 5-5: Workstation Profile Configuration

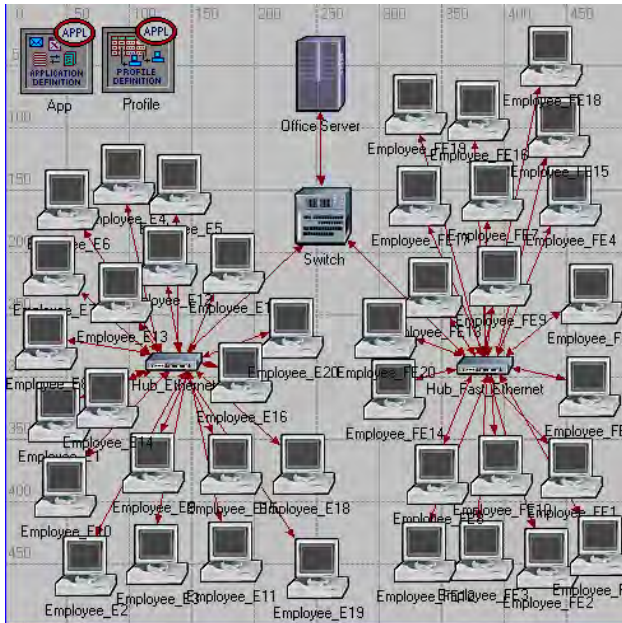
Και σε αυτή τη περίπτωση βάζοντας τη τιμή rows ίση με 1, επιλέγουμε το επιθυμητό προφίλ. Όλοι οι υπολογιστές θα τρέχουν με το ίδιο προφίλ, ανεξαρτήτως σε ποιο hub βρίσκονται.

Ο Ethernet_server είναι ένα component του OPNET στο οποίο δηλώνονται οι εφαρμογές που θα υποστηριχθούν από τους χρήστες του LAN, δηλαδή τα ethernet workstations. Συγκεκριμένα, με δεξί κλικ πάνω στο server και επιλέγοντας *Edit Attributes*, ορίζουμε τη τιμή του Attribute “ *Application: Supported Services:*” ίση με “All”.

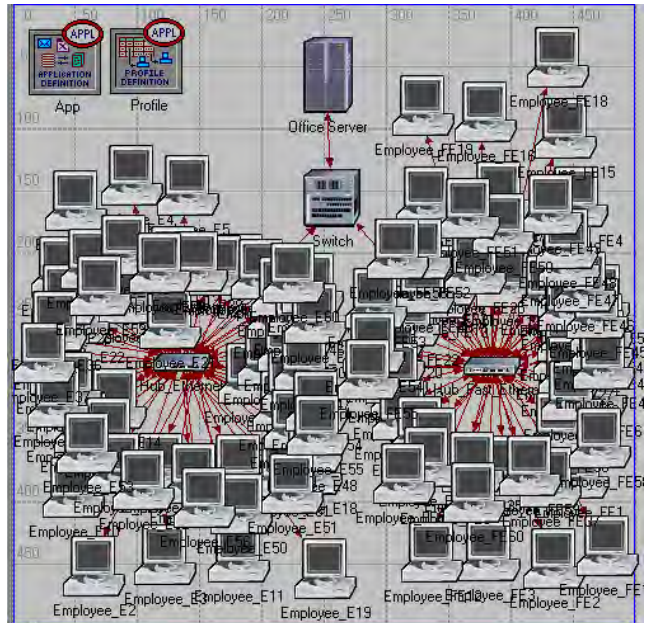
Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του 2^{ου} project. Ουσιαστικά το ένα hub εξυπηρετεί ένα ethernet LAN, ενώ το άλλο ένα fast ethernet LAN. Αυτό το σενάριο αποτελεί τη βάση των επόμενων δυο σεναρίων στα οποία προστίθενται ανά hub 20 και 60 workstations.



Σχήμα 5-6a: Ethernet & Fast Ethernet LAN με 1EW και 1FEW



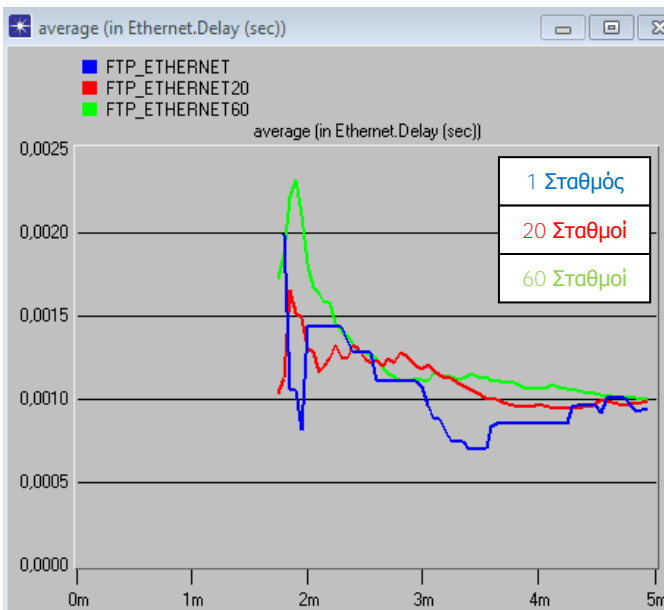
Σχήμα 5-6b: Ethernet & Fast Ethernet LAN με 20EW και 20FEW



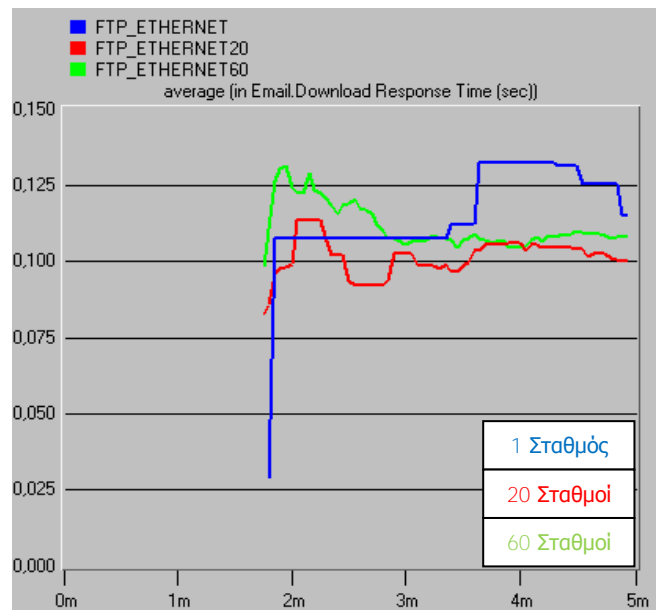
Σχήμα 5-6c: Ethernet & Fast Ethernet LAN με 60EW και 60FEW

5.1 Ανάλυση

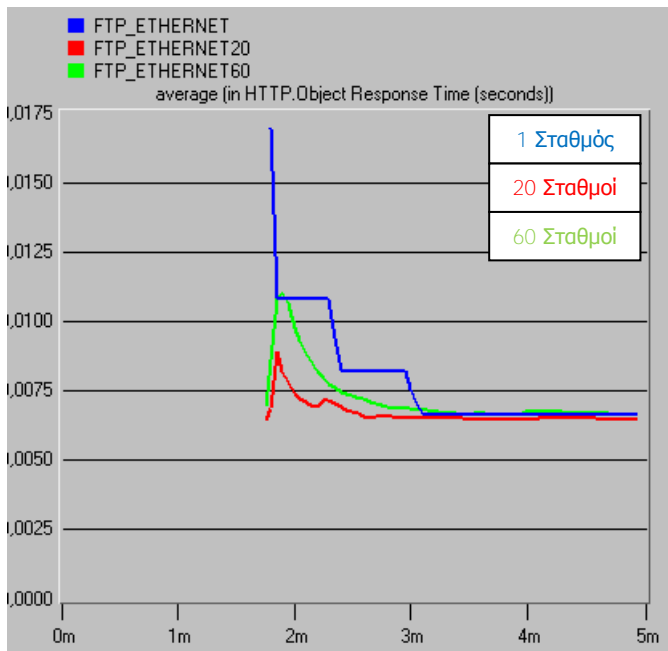
Σε αυτό το project στο οποίο έχουμε δώσει την ονομασία FTP-Ethernet, ο χρόνος προσομοίωσης και των τριών σεναρίων (1, 20, 60 σταθμοί εργασίας) είναι τα πέντε λεπτά. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων θα ξεκινήσει με τα Global Statistics που αποτυπώνονται παρακάτω. Αυτό σημαίνει ότι και οι τρεις εφαρμογές FTP, HTTP και Email τρέχουν παράλληλα.



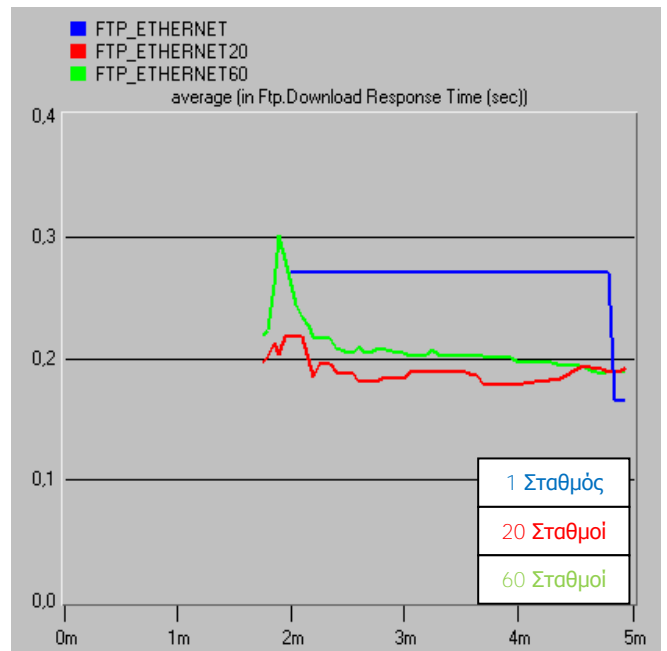
Σχήμα 5-7: Ethernet Delay



Σχήμα 5-8: Email Download Response

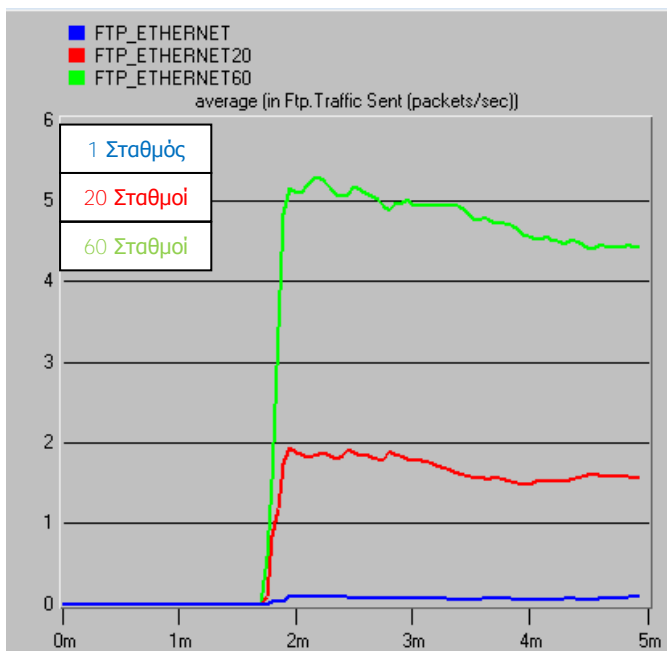


Σχήμα 5-9: HTTP Object Response

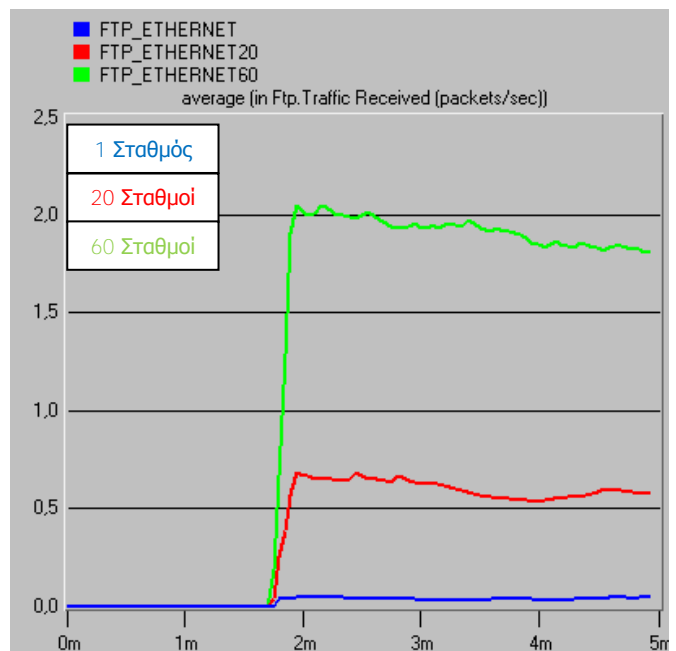


Σχήμα 5-10: FTP Download Response

Στα παραπάνω γραφήματα που αφορούν το απλό Ethernet καθίσταται προφανές ότι, δεν παρουσιάζονται εντυπωσιακές διαφορές ανάμεσα στα αποτελέσματα των απλούστερων, των λιγότερο συνωστισμένων σεναρίων του δικτύου, και στο πολυπληθές δίκτυο με τους 60 συνδεδεμένους σταθμούς εργασίας ανά LAN. Ο μέσος χρόνος απόκρισης της FTP εφαρμογής είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο χρόνο του HTTP και Email ανά σενάριο, αντιστοίχως.

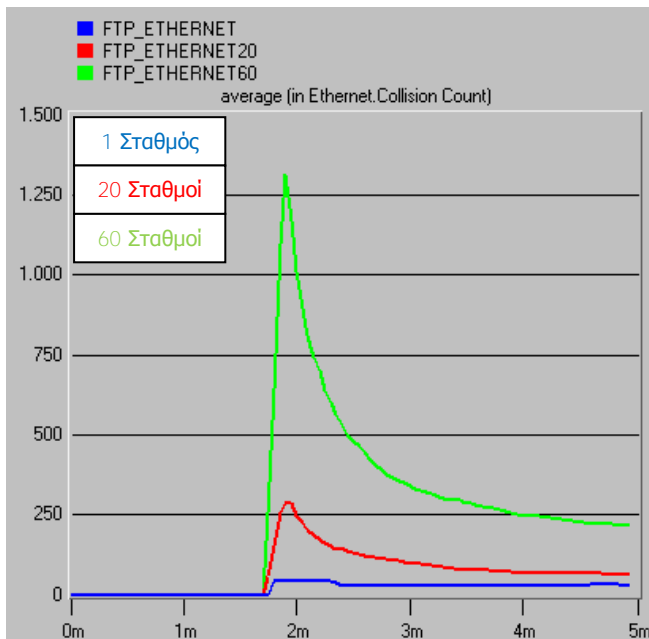


Σχήμα 5-11: FTP Traffic Sent (packets/sec)

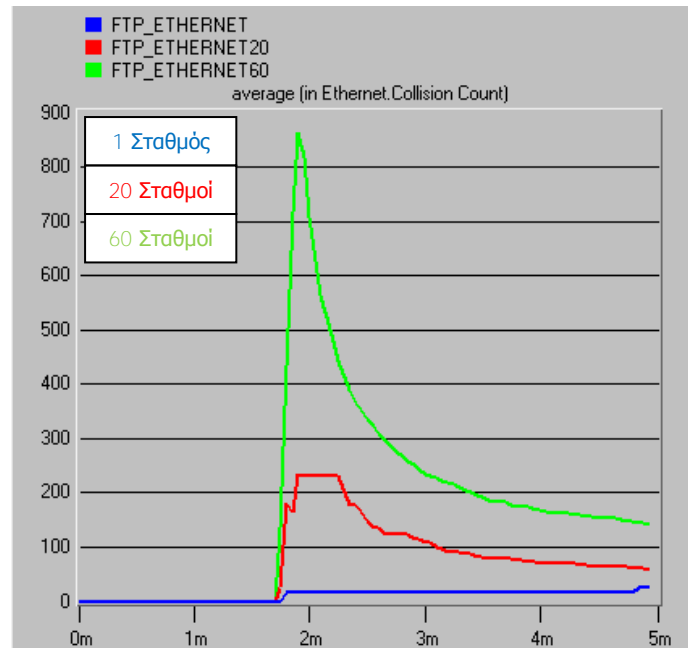


Σχήμα 5-12: FTP Traffic Received (packets/sec)

Από τα γραφήματα 5-11 και 5-12 φαίνεται ότι υπάρχει packet loss ανά σενάριο στο απλό Ethernet, με τις αντίστοιχες τιμές να κυμαίνονται σε 44% (1 σταθμός ανά hub), 60% (20 σταθμοί ανά hub) και 61% (60 σταθμοί ανά hub).

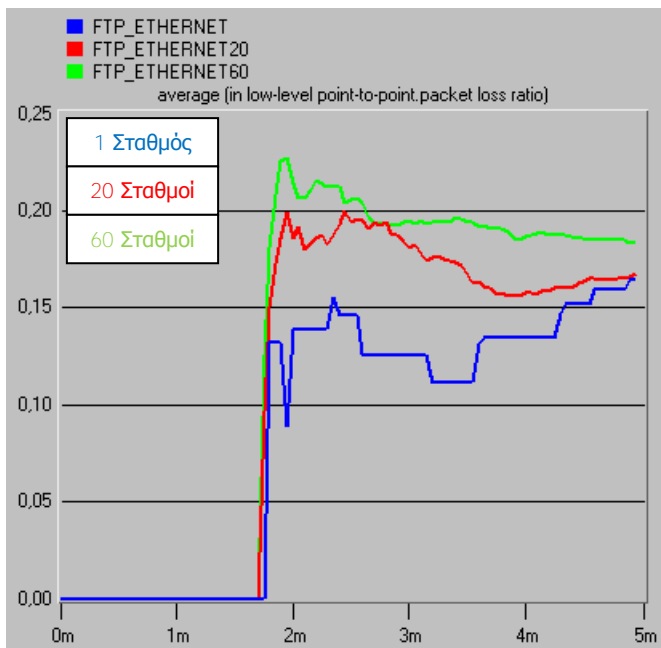


Σχήμα 5-13a: Ethernet Hub Average Collision Count

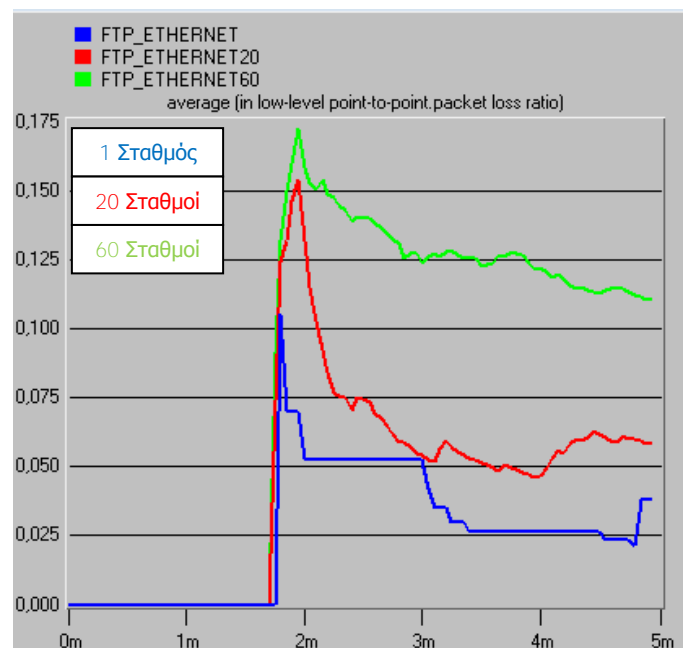


Σχήμα 5-13b: Fast Ethernet Hub Average Collision Count

Όπως παρατηρούμε από τα δυο παραπάνω γραφήματα, μόνο στη περίπτωση με τους 60 σταθμούς εργασίας υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής συγκρούσεων του ethernet hub και του fast ethernet.



Σχήμα 5-14a: Ethernet Hub<->Switch Average Packet Loss



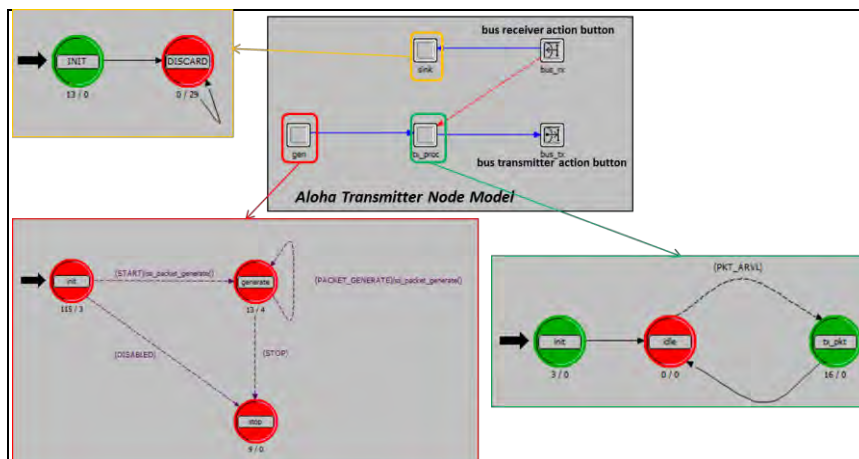
Σχήμα 5-14b: Fast Ethernet Hub<->Switch Average Packet Loss

Από το σχήμα 5-14a και 5-14b, φαίνεται ότι το packet loss μεταξύ των hubs και του switch είναι μεγαλύτερο στο ethernet link σε αντίθεση με το fast ethernet link.

6 Δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης ALOHA και CSMA

Το MAC (Medium Access) είναι ένα υποεπίπεδο του επιπέδου data link και ασχολείται κυρίως με τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για το διαμοιρασμό των πόρων και το καθορισμό του επόμενου πόρου που θα μπορούσε να τους χρησιμοποιήσει στη συνέχεια σε ένα κανάλι πολλαπλών προσβάσεων.

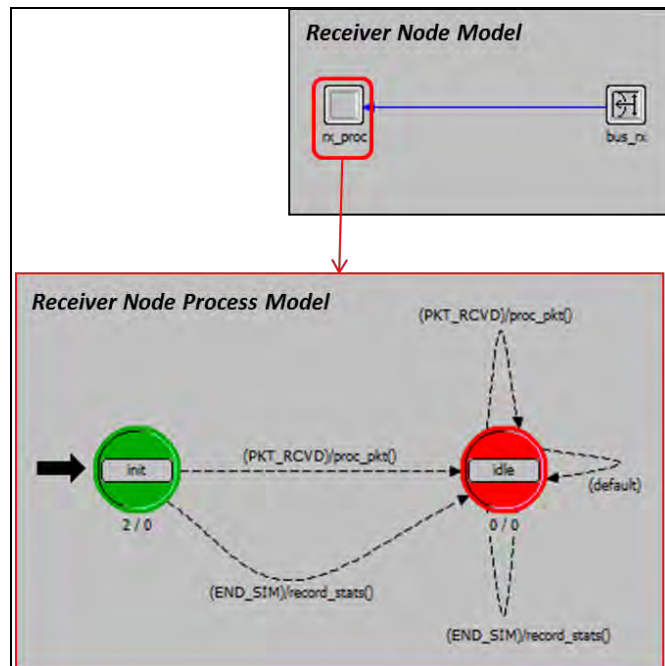
Ο απλούστερος αλγόριθμος στο επίπεδο MAC είναι το καθαρό (Pure) ALOHA. Σε αυτό το πρωτόκολλο, οι σταθμοί μεταδίδουν όποτε έχουν κάτι να στείλουν και στη συνέχεια ακούν το κανάλι για να μάθουν εάν καταστράφηκαν τυχόν πλαίσια από τη σύγκρουση, και στη συνέχεια αναμεταδίδουν αυτά τα πλαίσια. Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του MAC layer μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πρωτόκολλο αίσθησης φέροντος (carrier sense), για τη μείωση του αριθμού των πακέτων που χάνονται λόγω της σύγκρουσης.



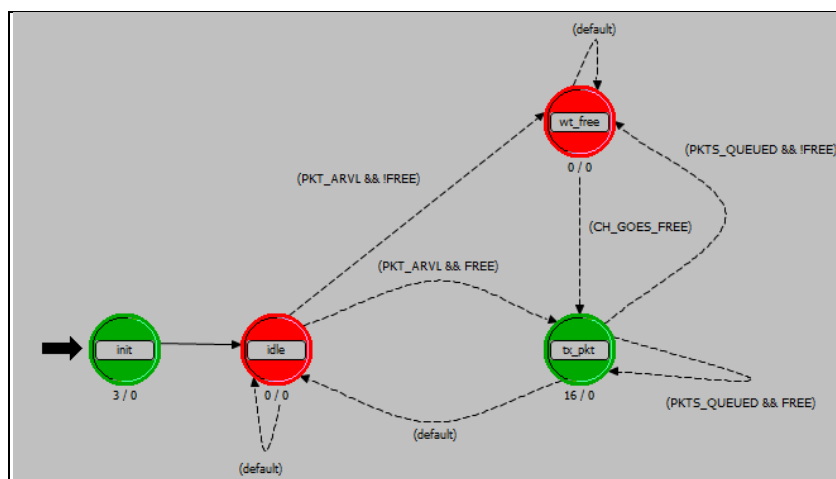
Σχήμα 6-1: μοντέλο σταθμού μετάδοσης ALOHA

Αρχικά θα προσομοιώσουμε ένα δίκτυο με 30 σταθμούς χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο ALOHA για την πρόσβαση στο κοινόχρηστο δίαυλο (bus). Για το σκοπό αυτό θα δημιουργήσουμε μια τοπολογία bus με μοντέλα σταθμού μετάδοσης (Transmitter Node Model, OPNET/cct_tx_ref) και λήψης (Receiver Node Model) που φαίνονται στα σχήματα 6-1 και 6-2, αντίστοιχα. Στην συνέχεια, θα προσθέσουμε επιπλέον 30 σταθμούς για να δούμε την επίπτωση του φορτίου στο throughput του καναλιού.

Για το σενάριο CSMA, θα χρησιμοποιηθεί η ακριβώς ίδια τοπολογία με το LAN του ALOHA, με τη μόνη διαφορά να εστιάζεται στη χρησιμοποίηση του μοντέλου OPNET/cct_csma_tx_ref ως μοντέλο σταθμών (σχήμα 6-3).



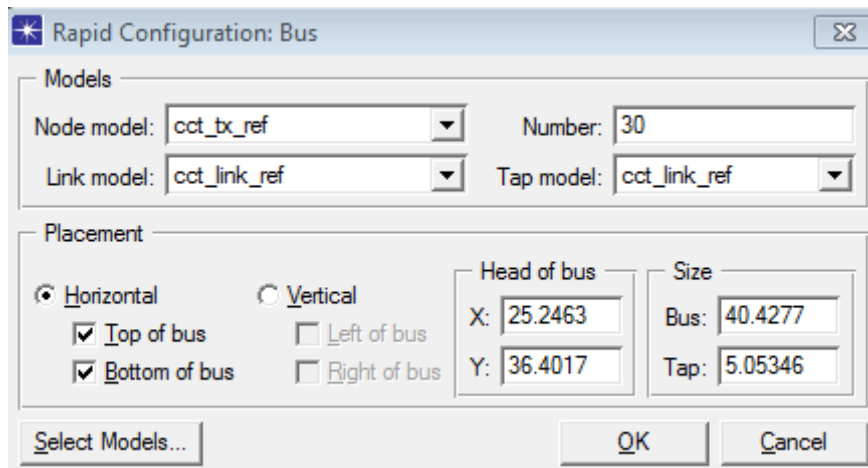
Σχήμα 6-2: μοντέλο σταθμού λήψης ALOHA



Σχήμα 6-3: sub component (tx_proc) μοντέλου σταθμού μετάδοσης CSMA

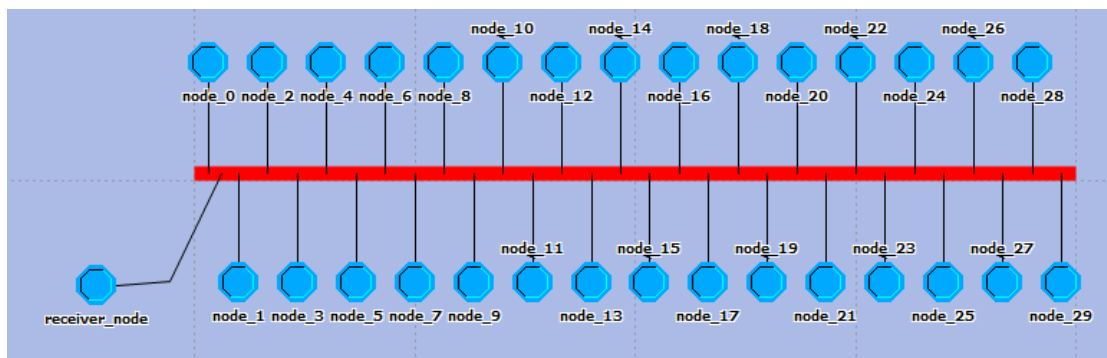
ALOHA LAN Τοπολογία

Πηγαίνουμε στην επιλογή του OPNET *Rapid Configuration*, και επιλέγουμε *Bus* και παραμετροποιούμε τα πεδία που εμφανίζονται με τις τιμές που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:

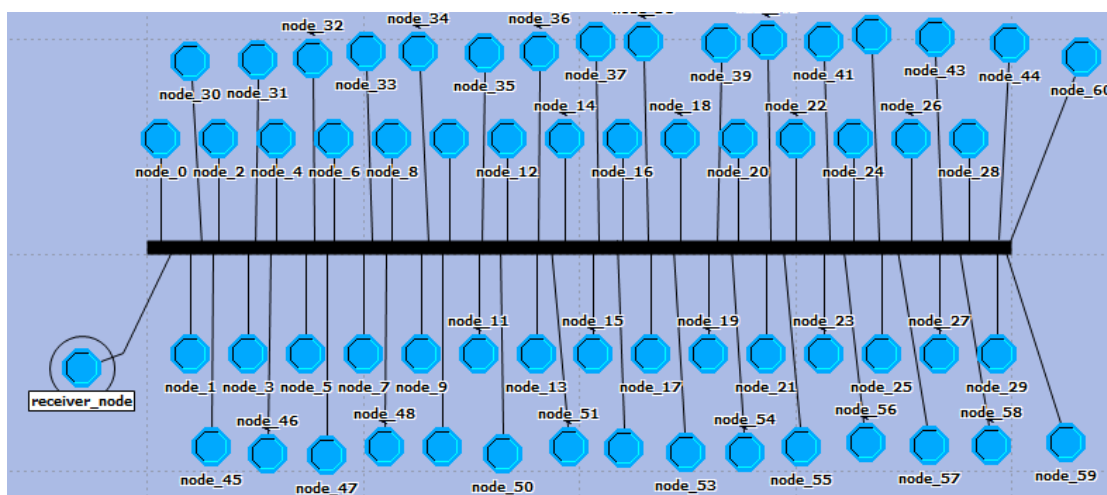


Σχήμα 6-4: Παραμετροποίηση ALOHA

Στη συνέχεια προσθέτουμε στο bus το σταθμό λήψης ώστε να ολοκληρωθεί η τοπολογία.



Σχήμα 6-5a: ALOHA LAN, 30 Nodes



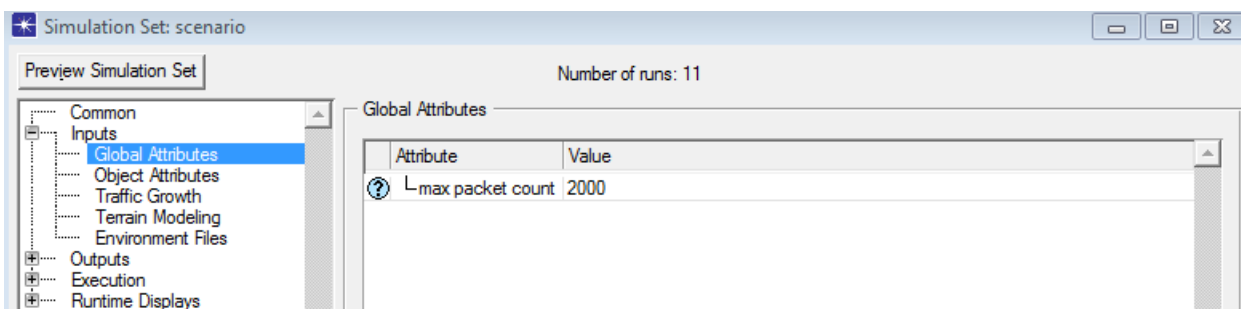
Σχήμα 6-5b: ALOHA LAN, 60 Nodes

CSMA LAN Τοπολογία

Με παρόμοιο τρόπο παραμετροποιούμε στο OPNET τη τοπολογία LAN με χρήση του πρωτόκολλου CSMA. Να σημειωθεί ότι τόσο στην υφιστάμενη τοπολογία όσο και στην τοπολογία ALOHA, ο αριθμός των πακέτων που ανταλλάχθηκαν καθόλα τη διάρκεια της προσομοίωσης είναι 2000.

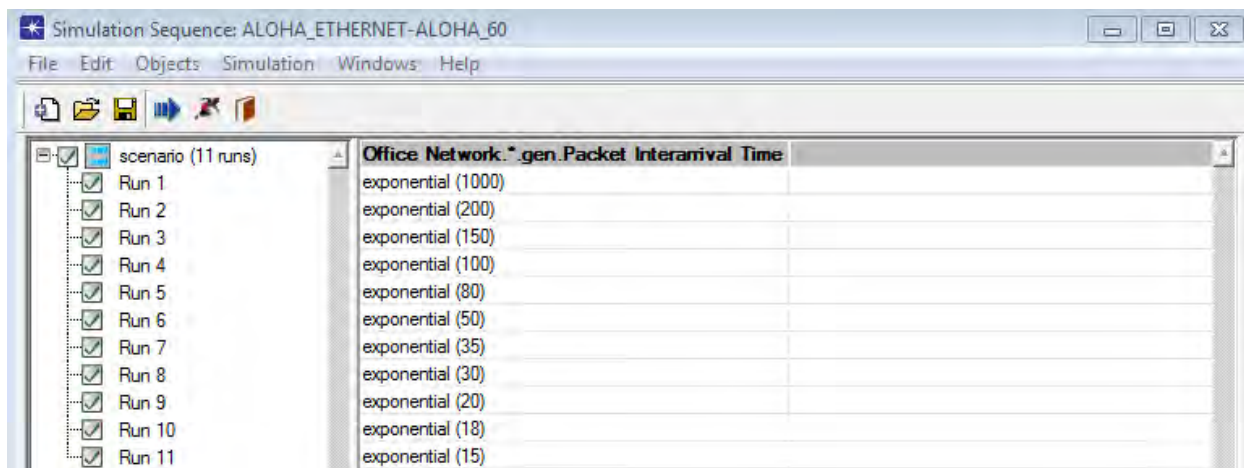
Παραμετροποίηση Προσομοίωσης

Πηγαίνουμε στο tab *Configure/Run Discrete Event Simulation (Advanced)*, δεξιά κλικ πάνω στο μοντέλο και επιλέγουμε Edit Attributes:



Σχήμα 6-6a: Παραμετροποίηση Προσομοίωσης

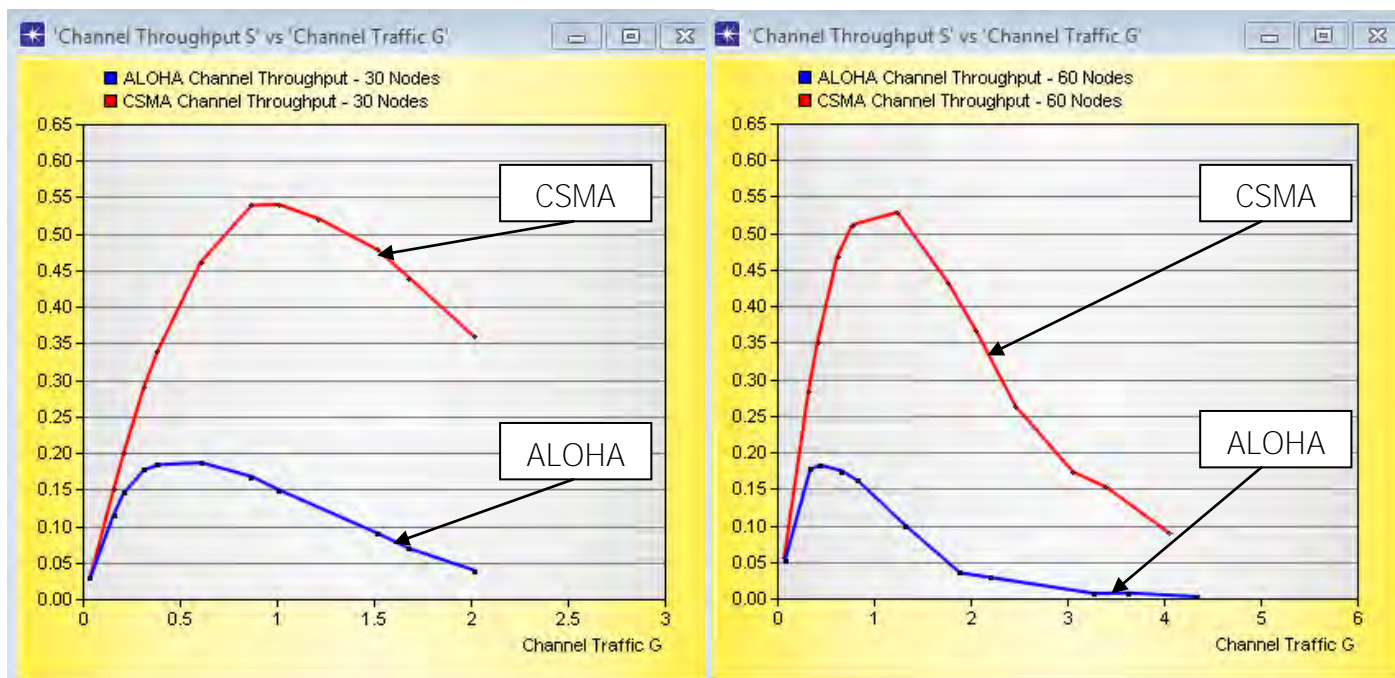
Επιλέγουμε πολλαπλές τιμές για τον interarrival χρόνο (exponential 1000, 200, 150, 100, 80, 50, 35, 30, 20, 18 και 15) και εκτελούμε την προσομοίωση.



Σχήμα 6-6b: Παραμετροποίηση Προσομοίωσης

6.1 Αποτελέσματα Προσομοίωσης ALOHA και CSMA

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γραφήματα που προέκυψαν από την εκτέλεση των σεναρίων του 3^{ου} project. Συγκεκριμένα συγκρίνουμε το καθαρό ALOHA με το CSMA για το δίκτυο των 30 και 60 κόμβων αντίστοιχα. Το throughput αντιπροσωπεύει το μέσο ρυθμό επιτυχούς λήψης πακέτων μέσω του καναλιού (G).



Σχήμα 6-7a: ALOHA και CSMA Channel Throughput με 30 Σταθμούς

Σχήμα 6-7b: ALOHA και CSMA Channel Throughput με 60 Σταθμούς

Από τα παραπάνω γραφήματα διαπιστώνουμε τη κυριαρχία του CSMA πάνω στο ALOHA για όλα τα φορτία κίνησης στο κανάλι. Η μέγιστη τιμή για το CSMA στο σενάριο με τους 30 και 60 σταθμούς λαμβάνεται όταν η κίνηση στο κανάλι φθάνει τη τιμή 1 και 1.5 αντίστοιχως. (Στη συνέχεια η τιμή του throughput μειώνεται λόγω της μη ανίχνευσης συγκρούσεων.)

Γενικά και για τα δυο πρωτόκολλα, το channel throughput αυξάνει και στη συνέχεια αρχίζει να μειώνεται όταν η κυκλοφορία στο κανάλι φθάσει μια συγκεκριμένη τιμή.

7 Επίλογος - Συμπεράσματα

Το αντικείμενο της πτυχιακής ήταν η ανάλυση της απόδοσης δικτυακών πρωτόκολλων και υπηρεσιών χρησιμοποιώντας το λογισμικό πακέτο OPNET. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν και προσομοιώθηκαν τρία projects με πολλαπλά σενάρια ανά project εστιάζοντας κυρίως στην απόδοση των τεχνολογιών συναρτήσει του αριθμού των σταθμών εργασίας, των εφαρμογών και της δικτυακής κίνησης.

Στο πρώτο project, εξετάσαμε Ethernet /Fast Ethernet LANs με 12 και 30 Workstations αντίστοιχα, υπό χαμηλό και υψηλό φορτίο κίνησης. Η end-to-end καθυστέρηση είναι πολύ μεγαλύτερη στη τεχνολογία ethernet (ethernet-DES-1) έναντι της τεχνολογίας fast ethernet. Παρατηρούμε ότι για μικρό φορτίο, ανεξαρτήτως τεχνολογίας και πλήθους σταθμών, το packet loss είναι πολύ μικρό, ενώ γενικά με την αύξηση της κίνησης αυξάνει το πλήθος των συγκρούσεων.

Στο δεύτερο project, εξετάσαμε σενάρια ανά τεχνολογία ethernet και fast ethernet αντίστοιχα, με FTP, HTTP και Email εφαρμογές σε τοπολογία αστέρα με διαφορετικούς σταθμούς εργασίας. Παρατηρήσαμε την απόδοση των παραπάνω δυο τεχνολογιών ως προς τα χαρακτηριστικά τους, σε συνηθισμένες εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Η προσομοίωση έδειξε ότι ο μέσος χρόνος απόκρισης της FTP εφαρμογής είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο χρόνο της HTTP και του Email και ενώ επιβεβαιώθηκε η μικρότερη καθυστέρηση που επιτυγχάνεται στη τοπολογία fast ethernet σε αντίθεση με τη τοπολογία ethernet.

Στο τρίτο project εξετάσαμε μοντέλα προσομοίωσης ALOHA και CSMA. Διαπιστώσαμε κυριαρχία του CSMA πάνω στο ALOHA για όλα τα φορτία κίνησης στο κανάλι.

Η παρούσα εργασία μπορεί επεκταθεί με την εξέταση διαφορετικών δικτυακών τοπολογιών ως προς τα παραπάνω σενάρια (διαφορετικός αριθμός κόμβων κλπ). Η σύγκριση επίσης της συμπεριφοράς σε ασύρματο περιβάλλον διάδοσης αποτελεί ένα ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης καθώς εκεί υπεισέρχονται αυξημένα φαινόμενα εξασθένησης της ισχύος των σημάτων σε συνάρτηση με την απόσταση.

Βιβλιογραφία

- [1]. Andrew S. Tanenbaum, "Δίκτυα Υπολογιστών", Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Τέταρτη αμερικάνικη έκδοση, 2007.
- [2]. Jean Walrand, "Δίκτυα Επικοινωνιών", Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1997.
- [3]. Norman Abramson, "The ALOHANet – Surfing for Wireless Data", University of Hawaii
- [4]. Norman Abramson, "The ALOHA System – Another alternative for computer communications", 1970.
- [5]. Norman Abramson, "Development of the ALOHANet", IEEE Transactions on Information Theory, vol.31, No.3, pp.119-123
- [6]. B. Krishnamurthy, and J. Rexford, Web Protocols and Practice: HTTP, Networking Protocols and traffic measurement, Addison-Wesley, Boston, MA, 2001
- [7]. Postel and J. Reynolds, "File Transfer Protocol (FTP)" RFC 959, Oct. 1985.
- [8]. J., Kurose and K., Ross "Computer Networking: A top-down approach featuring the internet", Pearson, 2003
- [9]. <http://www2.uth.gr>, "Εισαγωγή στο Internet".
- [10]. <http://www.computing.dcu.ie>, "Broadcast Networks".
- [11]. <http://en.wikipedia.org>, "ALOHANet".
- [12]. <http://www.edrawsoft.com>, "Ethernet LAN Diagram".
- [13]. <http://www.sheetudeep.com>, "Upgrading and repairing networks – Chapter 3".
- [14]. <http://www.geekonwheels.com>, "Ethernet basics LAN Local Area Networks".
- [15]. <http://www.thenetworkencyclopedia.com>, "Ethernet Switch".
- [16]. <http://mywnet.blogspot.com>, "Ethernet".
- [17]. "The Practical OPNET® User Guide for Computer Network Simulation", Adarshpal S. Sethi Vasil & Y. Hnatyshin
- [18]. "Unlocking the Power of OPNET Modeler", ZHENG LU & HONGJI YANG
- [19]. GNU Free Documentation License
http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/diktia/fdl.html