



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

**Η Τηλεφωνία στο Διαδίκτυο: Εξελίξεις και
Ποιότητα Υπηρεσίας/Εμπειρίας**

ΛΑΤΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Επιβλέπων
ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Λαμία, 10-4-2019



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

Internet Telephony: Developments and Quality of Service/Experience

LATOU CHARIKLEIA

Master thesis

STAMOULIS GEORGE

Lamia 10-4-2019



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

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

**Η Τηλεφωνία στο Διαδίκτυο: Εξελίξεις και
Ποιότητα Υπηρεσίας/Εμπειρίας**

ΛΑΤΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επιβλέπων
ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

Λαμία, 10-4-2019

«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 «Η Τηλεφωνία στο Διαδίκτυο: Εξελίξεις και Ποιότητα Υπηρεσίας/Εμπειρίας» 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

Η Τηλεφωνία στο Διαδίκτυο: Εξελίξεις και Ποιότητα Υπηρεσίας/Εμπειρίας

ΛΑΤΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ

Τριμελής Επιτροπή:

Σταμούλης Γεώργιος

Βαβουγιός Διονύσιος

Κοζύρη Μαρία

Επιστημονικός Σύμβουλος:

Κορίνθιος Ιωάννης

Περιεχόμενα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΩΝ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1. VoIP- Βασικές Έννοιες και ιστορική αναδρομή	9
1.1. Ιστορική αναδρομή	9
1.2. Τεχνολογία VoIP	11
1.3. Τηλεφωνία μεταγωγής κυκλώματος vs τηλεφωνία μεταγωγής πακέτων	11
1.4. Λειτουργία VoIP	14
1.5. Χαρακτηριστικά VoIP.....	15
1.6. Υλικό του VoIP δικτύου	16
1.6.1. ATA (Analog Telephone Adaptor).....	17
1.6.2. VoIP συσκευές (IP-Phones, Soft-phones)	18
1.6.4. IP PBX (Private branch exchange).....	19
1.6.5. VoIP gateway, gatekeeper.....	22
1.6.6. IP δίκτυο	22
1.6.7. SBC (Session Border Controllers).....	23
1.7. Επιπλέον ορολογία VoIP	24
1.7.1. IVR (Interactive Voice Response)	24
1.7.2. DID (Direct Inward Dialing).....	24
1.7.3. RFC (Request for Comments)	24
1.7.4. Από Voice-mail σε e-mail	25
1.7.5. ENUM	25
1.7.6. WebRTC	25
1.8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του VoIP	26
2. VoIP-Ζητήματα αρχιτεκτονικής και Υπηρεσίες	28
2.1.1. Πρωτόκολλο IP	28
2.1.2. VoIP: Πρωτόκολλα.....	29
2.2. Τα πρωτόκολλα RTP/RTCP	30
2.2.1. RTP.....	30
2.2.2. RTCP	32

2.3. Το πρωτόκολλο MGCP.....	33
2.4. Το πρωτόκολλο MEGACO/H.248.....	34
2.5. Το πρωτόκολλο IAX	36
2.6. Τα πρωτόκολλα σηματοδότησης.....	37
2.6.1. Το πρωτόκολλο H.323	37
2.6.2. SIP (Session Initiation Protocol).....	39
2.6.2.1. Περιγραφή του SIP (Session Initiation Protocol).....	39
2.6.2.2. SIP Οντότητες	41
2.6.2.3. Η ορολογία του πρωτοκόλλου SIP	42
2.6.2.4. SIP Requests	44
2.6.2.5. SIP Responses	46
2.6.2.6. SIP και CODEC.....	48
2.6.2.7. Παράδειγμα κλήσης SIP	50
2.7. Το πρωτόκολλο SDP (Session Description Protocol)	51
2.8. VoIP εφαρμογές	52
2.8.1. Μελέτη Περίπτωσης: VoIP με το Skype	52
2.8.2. Μελέτη Περίπτωσης: VoIP με το Viber	54
2.8.3. Skype vs Viber.....	55
3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (QoS) και ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ (QoE)	56
3.1. Εισαγωγή	56
3.2. Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service-QoS)	56
3.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την QoS	57
3.3.1. Εύρος ζώνης (bandwidth).....	57
3.3.2. Καθυστερήση (end-to-end delay)	57
3.3.3. Διακύμανση καθυστέρησης (jitter delay)	58
3.3.4. Ρυθμός απώλειας δεδομένων (packet loss rate)	58
3.3.5. Ηχώ (Echo).....	59
3.3.6. Ανίχνευση Δραστηριότητας Φωνής (Voice Activity Detection)	59
3.3.7. Φτωχή Συμπίεση (Poor Compression)	60
3.4. Ποιότητα Εμπειρίας (Quality of Experience - QoE)	61
3.5. Κατηγοριοποίηση μεθόδων αξιολόγησης VoIP	62
3.5.1. Η μέθοδος MOS.....	63
3.5.2. Η μέθοδος PESQ	64
3.5.3. Η μέθοδος E-Model	64

4. ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ VoIP	67
4.1. Απαιτήσεις Ασφάλειας	67
4.2. Τεχνολογίες Ασφάλειας	69
4.2.1. Κρυπτογράφηση Συμμετρικού Κλειδίου (Symmetric Cryptography)	69
4.2.2. Κρυπτογράφηση Δημοσίου Κλειδίου (Public-key Cryptography)	70
4.3. Πολιτικές Ασφάλειας	74
5. MOBILE VOIP (mVoIP)	76
5.1. Voice over WiFi (VoWiFi)	77
5.1.1. Θετικά Χαρακτηριστικά VoWiFi	77
5.1.2. Αρνητικά Χαρακτηριστικά VoWiFi	78
5.2. Voice over LTE (VoLTE)	78
5.2.1. Θετικά Χαρακτηριστικά VoLTE	80
5.2.2. Αρνητικά Χαρακτηριστικά VoLTE	81
5.3. Συνδυασμός VoWiFi και VoLTE	81
5.4. RCS (Rich Communication Services)	82
5.5. Συνδυασμός VoLTE και RCS	86
5.6. IMS (IP Multimedia Subsystem)	87
6. ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ VoIP	90
6.1. Επιχειρησιακή αξία VoIP	90
6.2. VoIP στο GUNET	92
6.3. Μελλοντικές κατευθύνσεις	93
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	97
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΩΝ

RCS Rich Communication Services

PSTN Public Switched Telephone Network = Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής

POTS Plain Old Telephone Systems

ATA Analog Telephone Adaptor = Μετατροπέας Αναλογικού Τηλεφώνου

IVR Interactive Voice Response = Αλληλεπιδραστική Φωνητική Απόκριση

SBC Session Border Controllers

UDP User Datagram Protocol

SSRC Synchronization source identifier

MSU Multipoint Conference Unit

CSC Call Switching Center =Κέντρο Μεταγωγής Κλήσεων

VC Virtual Circuit =Εικονικό Κύκλωμα

MGCP Media Gateway Control Protocol = Πρωτόκολλο Σηματοδοσίας και Ελέγχου Επικοινωνίας

ATM Analog Telephone Adaptor

RTP Real-Time Transfer Protocol

SDP Session Description Protocol

IAX Inter-Asterisk eXchange

QoE Quality of Experience

MOS Mean Opinion Score

DID Direct Inward Dialing

ITU International Telecommunication Union = Διεθνής Επικοινωνιακός Οργανισμός

PESQ Perc eptual Evaluation of Speech Quality

VOIP voice over ip

ISDN Integrated Services Digital Network

BRA basic rate access

PRA primary rate access

FDM Frequency Domain Multiplexing

TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol

TDM Time Division Multiplexing

UDP user datagram protocol

FXS/FXO foreign exchange subscriber / foreign exchange office

SIP Session Initiation Protocol)

MRF Media Processing in 4G/LTE Networks

GSM global system for mobile communications

IMS IP Multimedia Subsystem

LTE long term evolution

PBX Private branch exchange

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική μελέτη, ανάλυση και περιγραφή της τεχνολογίας VoIP (Voice Over IP). Πρόκειται για μια τεχνολογία νέας γενιάς, η οποία χρησιμοποιεί τα δίκτυα IP για τη μεταφορά φωνής με υψηλή ποιότητα και χαμηλό κόστος και εκτιμάται ότι θα αντικαταστήσει το παραδοσιακό τηλεφωνικό σύστημα μεταγωγής κυκλώματος PSTN.

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μια αναδρομή στο υπάρχον παραδοσιακό δίκτυο τηλεφωνίας και μια εισαγωγή στην τεχνολογία VoIP, τα χαρακτηριστικά της, τον τρόπο λειτουργίας της, καθώς και το υλικό και λογισμικό που χρειάζεται για να λειτουργήσει. Ολοκληρώνεται με μια παρουσίαση των θετικών και αρνητικών χαρακτηριστικών αυτής της σύγχρονης τεχνολογίας.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια σύντομη αναφορά σε ζητήματα αρχιτεκτονικής της τεχνολογίας και παρουσιάζονται τα πρωτόκολλα που χαρακτηρίζουν την τεχνολογία. Περιγράφονται τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και σηματοδότησης RTP/RTCP, MGCP, MEGACO, SIP και H.323 και IAX2 σχετικά με την συνεισφορά τους στην παροχή υπηρεσιών ποιότητας (QoS) και εμπειρίας (QoE), ενώ ακολουθούν μελέτες περίπτωσης VoIP με το λογισμικό Skype και με το λογισμικό Viber και σύγκρισή τους, καθώς και άλλες δημοφιλείς VoIP εφαρμογές.

Το Κεφάλαιο 3 επικεντρώνεται σε ζητήματα ασφάλειας και τεχνικές και πολιτικές που παρέχουν ασφάλεια.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται μια σύντομη αναφορά στο όλο και αναπτυσσόμενο mVoIP (mobile Voice Over IP), μέσα από τα χαρακτηριστικά των βασικών μορφών του, VoLTE και VoWiFi, RCS και την ενοποίησή τους IMS.

Το Κεφάλαιο 5 πραγματεύεται εμπορικά ζητήματα της τεχνολογίας VoIP. Παρουσιάζεται η τρέχουσα εμπορική της αξία και οι μελλοντικές προοπτικές της.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα αυτή της βιβλιογραφικής μελέτης και η βιβλιογραφία-δικτυογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

ABSTRACT

This paper is a bibliographic study, analysis and description of VoIP (Voice OverIP) technology. This is a new generation of technology that uses high quality and low cost voice transmission IP networks and is expected to replace the traditional PSTN switching telephone system.

Chapter 1 gives an overview of the existing traditional telephony network and an introduction to VoIP technology, its features, how it works, and the hardware and software it needs to work. It is completed with a presentation of the positive and negative features of this modern technology.

Chapter 2 gives a brief reference to technology architecture issues and presents the protocols that characterize the technology. Describe the communication and signaling protocols RTP / RTPC, MGCP, MEGACO, SIP and H.323 and IAX2 on their contribution to providing quality service (QoS) and experience (QoE), followed by case studies VoIP with Skype software and Viber software and their comparison, as well as other popular VoIP applications.

Chapter 3 focuses on security issues and techniques and policies that provide security.

Chapter 4 gives a brief introduction to the growing Voice over IP (mVoIP), through the features of its two main forms, VoLTE and VoWiFi.

Chapter 5 deals with commercial issues of VoIP technology. It presents its current commercial value and future prospects.

At the end, the conclusions of the bibliographic study and the used bibliography are showed.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη δεκαετία του 1990, με την αυγή της ευρείας χρήσης του διαδικτύου, η έρευνα των νέων τεχνολογιών στράφηκε στον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαν να μεταδοθούν η φωνή και/ή το video μέσω του διαδικτύου (IP δίκτυο) κυρίως για λόγους κόστους, επίδοσης του δικτύου αλλά και ευκολίας στη διαλειτουργία με άλλες εφαρμογές δεδομένων. Αυτή η τεχνολογία είναι ευρύτερα γνωστή με την ονομασία VoIP (Voice Over IP). Περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές τα εξής βήματα: διάσπαση της φωνής ή του video σε πακέτα δεδομένων, μετάδοσης των πακέτων αυτών μέσω ενός δικτύου IP που λειτουργεί με μεταγωγή πακέτου και αναδιάταξης τους όταν φτάνουν στο άκρο-προορισμό τους. Με τον τρόπο αυτό, δύο χρήστες μπορούν να επικοινωνούν αμφίδρομα χρησιμοποιώντας ήχο και/ή video σε πραγματικό χρόνο.

Η τεχνολογία VoIP που γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής, εφαρμόζεται πλέον και στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών και σταδιακά αντικαθιστά τα υφιστάμενα τηλεφωνικά δίκτυα, με αρκετούς χρήστες και επιχειρήσεις να την επιλέγουν κύρια για το χαμηλό της κόστος, αλλά και για την ποιότητα και την ευελιξία της, καθώς έχει τη δυνατότητα να ενσωματώνει εύκολα και άλλους τύπους δεδομένων.

Το μέλλον της προδιαγράφεται εξαιρετικά ευοίωνο, ειδικά αν αναλογιστεί κανείς την ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών του Διαδικτύου, της κινητής τηλεφωνίας και των συσκευών smartphones.

1. VoIP- Βασικές Έννοιες και ιστορική αναδρομή

1.1. Ιστορική αναδρομή

Πολλά είναι τα στάδια εξέλιξης της τηλεφωνικής επικοινωνίας από την εφεύρεση του τηλεφώνου από τον Alexander Bell το 1876 μέχρι σήμερα. Στα τέλη του 19ου αιώνα, δημιουργήθηκαν τα τηλεφωνικά συστήματα POTS (Plain Old Telephone Systems) και το Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής (PSTN), τα οποία παρείχαν την κλασική υπηρεσία μεταφοράς φωνής με αναλογικό τρόπο (Βράκας, 2013).

Το Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής (PSTN), βασίζεται στο δίκτυο των συρμάτων χαλκού και/ή οπτικών ινών που διασχίζουν τον πλανήτη. Μέχρι σχετικά πρόσφατα στα PSTN η δρομολόγηση κλήσεων φωνής γινόταν με μεταγωγή κυκλώματος πράγμα που σήμαινε ότι ο χρήστης χρησιμοποιούσε ένα φυσικό ή νοητό κύκλωμα αποκλειστικά για την διάρκεια της επικοινωνίας και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα σπατάλη πόρων του δικτύου και τελικά μεγαλύτερο κόστος (Βράκας, 2013).

Το PSTN εξελίχθηκε στο ISDN (Integrated Services Digital Network- Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών) από το 1988 και έπειτα. Ο όρος Ψηφιακό υποδεικνύει πως η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με ψηφιακό τρόπο, ο οποίος υπερέχει σε ταχύτητα και επίδοση του αναλογικού. Ο όρος Δίκτυο υποδεικνύει πως δεν πρόκειται για μια απλή σύνδεση σημείου-προς σημείου, αλλά περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό που μεσολαβεί από το τηλεφωνικό κέντρο μέχρι τον τελικό χρήστη. Όποιος διαθέτει αυτό τον εξοπλισμό μπορεί να πραγματοποιήσει κλήσεις, ακόμα και από και προς αναλογικές συσκευές, αφού τα δίκτυα διασυνδέονται μεταξύ (Ψαρουδάκης, 2014). Ο όρος Ενοποιημένων Υπηρεσιών δηλώνει ότι ενσωματώνει φωνή και δεδομένα στην ίδια γραμμή, προσθέτοντας παράλληλα χαρακτηριστικά, τα οποία δεν ήταν διαθέσιμα στην κλασική τηλεφωνία (Πομπόρτσας Αν. 2000).

Το ISDN περιλαμβάνει τηλεπικοινωνιακά πρότυπα τα οποία επιτρέπουν την ταυτόχρονη ψηφιακή μετάδοση φωνής, video, δεδομένων και άλλων υπηρεσιών, όπως είναι οι πληροφορίες χρέωσης, η εκτροπή κλήσης, η παρουσίαση της ταυτότητας του καλούντος (called ID) και η αναγνώριση κακόβουλης κλήσης.

Το ISDN διακρίνεται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Τη BRA (Basic Rate Access)- Βασικής Πρόσβασης: χρησιμοποιείται κυρίως από ιδιώτες και μικρά γραφεία. Προσφέρονται στο χρήστη δύο κανάλια κίνησης (B channels) των 64 Kbps το κάθε ένα και ένα κανάλι σηματοδότησης (D channel) των 16Kbps. Τα δύο B κανάλια είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και το κάθε ένα

χωριστά, έχει την δυνατότητα να μεταφέρει ήχο και άλλα δεδομένα ή και να συνδυαστούν φτάνοντας τα 128 kbps. Έτσι, σε μία γραμμή ISDN είναι δυνατό να υπάρχουν 2 διαφορετικές τηλεφωνικές συνδιαλέξεις ταυτόχρονα.

- Τη PRA (Primary Rate Access)- Πρωτεύουσας πρόσβασης: χρησιμοποιείται από μεγάλες εταιρείες και οργανισμούς. Προσφέρονται στο χρήστη τριάντα κανάλια κίνησης (B channels) των 64kbps και ένα D κανάλι σηματοδότησης των 64kbps. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα ταυτόχρονης πραγματοποίησης 30 διαφορετικών τηλεφωνικών συνδιαλέξεων (Cole & Rosenbluth, 2001) (Πομπόρτσος Αν. 2000).

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη και οι αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών οδήγησαν στην εισαγωγή μιας νέας τηλεφωνικής υπηρεσίας. Πρόκειται για το Voice over IP (VoIP) ή τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου, η οποία μπορεί να οριστεί ως το σύνολο των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για να προσφερθεί φωνητική επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, με καλή ποιότητα, με ελάχιστο κόστος, μέσω του Internet Protocol (IP) βασισμένη στη μεταγωγή πακέτων δεδομένων που υποστηρίζεται από το Διαδίκτυο. Μέσω της VoIP τεχνολογίας μπορούν επιπλέον να αποστέλλονται μηνύματα, video, fax και γενικότερα αρχεία με τη χρήση των τεχνολογιών και υποδομής του Διαδικτύου.

Ιστορικά η πρώτη φορά που έγινε αναφορά σε VoIP πρωτόκολλα ήταν το 1973, όπου υλοποιήθηκε Network Voice Protocol για τη μετάδοση σημάτων φωνής πάνω από IP δίκτυα από την δίκτυο APRANET.

Το 1995, έκανε την εμφάνισή του το πρώτο δικτυακό λογισμικό τηλεφώνου από την εταιρία Volcatel και το πρώτο IP τηλέφωνο το οποίο χρησιμοποιούσε κάρτα ήχου και μικρόφωνο, αλλά και modem, λόγω έλλειψης ευρυζωνικής διαθεσιμότητας. Όμως η ποιότητα φωνής ήταν υποδεέστερη της κλασικής τηλεφωνικής επικοινωνίας.

Η σταδιακή αποδοχή της υπηρεσίας από το ευρύ κοινό οδήγησε την κατασκευή συσκευών που υποστηρίζουν την επικοινωνία από υπολογιστή σε τηλέφωνο και από τηλέφωνο σε τηλέφωνο. Οι τηλεφωνικές κλήσεις γίνονται από οποιονδήποτε σε οποιονδήποτε, είτε αριθμούς VoIP, είτε αριθμούς τηλεφώνου PSTN. Η εξέλιξη του Διαδικτύου, από ενσύρματο σε ασύρματο επέτρεψε την επικοινωνία και των κινητών τηλεφώνων με VoIP, η οποία αποτελεί την mVoIP τεχνολογία. Έτσι, σήμερα γίνεται λόγος για ταχύτατους ρυθμούς ανάπτυξης της VoIP τεχνολογίας και το μέλλον της προδιαγράφεται ευοίωνο, ειδικά αν συνυπολογιστεί η Video over IP τεχνολογία, η

οποία ακολουθεί την ίδια λογική με την VoIP με τη διαφορά ότι χρησιμοποιείται για την μετάδοση πληροφορίας video πάνω από IP δίκτυα. (Πομπόρτσας, 2003).

1.2. Τεχνολογία VoIP

Όπως είπαμε η τεχνολογία VoIP υποστηρίζει τη μετάδοση φωνής πάνω από τα IP δίκτυα. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια των πρωτοκόλλων Διαδικτύου το αναλογικό σήμα της ανθρώπινης φωνής μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα κι έπειτα συμπιέζεται σε πακέτα IP που δρομολογούνται στο αντίστοιχο δίκτυο. Πρακτικά, γίνεται ενοποίηση των δικτύων φωνής και δεδομένων, ενώ υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης email, video και άλλων διαδικτυακών εφαρμογών.

Εκτός από τα πρωτόκολλα Διαδικτύου, στην τεχνολογία VoIP συμμετέχουν και πρωτόκολλα σηματοδοσίας, τα οποία στόχο έχουν να εγκαθιστούν και να τερματίζουν μια κλήση.

Η τεχνολογία VoIP είναι κατάλληλη για τις σύγχρονες ανάγκες επικοινωνίας πολυμεσικών δεδομένων. Μέσω μια τυπικής σύνδεσης στο Διαδίκτυο, οποιοσδήποτε χρήστης μπορεί να επικοινωνήσει και τηλεφωνικά δίχως επιπλέον οικονομική επιβάρυνση (Πομπόρτσας, 2003).

1.3. Τηλεφωνία μεταγωγής κυκλώματος vs τηλεφωνία μεταγωγής πακέτων

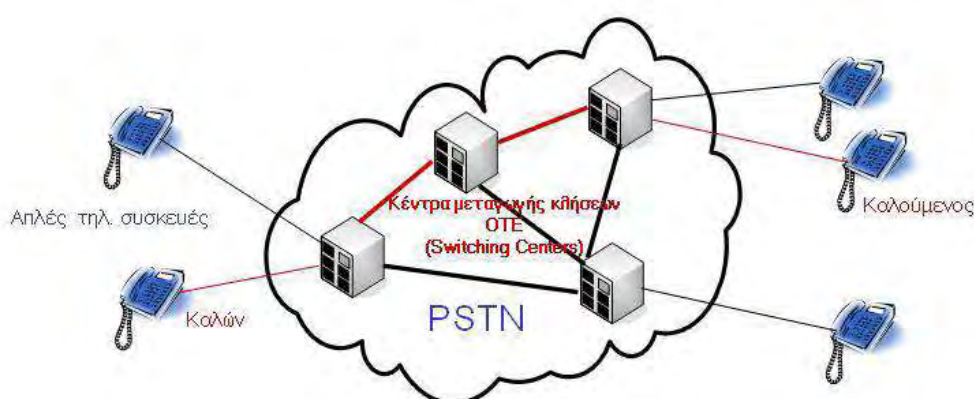
Μεταγωγή ονομάζεται η διαδικασία η οποία εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα θα φτάσουν στο σωστό προορισμό τους. Οι δυο πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες μεταγωγής είναι η μεταγωγή κυκλώματος και η μεταγωγή πακέτων. Ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η ποιότητα των τηλεφωνικών υπηρεσιών εξαρτάται άμεσα από την τεχνολογία μεταγωγής που χρησιμοποιούν. Στο παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο PSTN χρησιμοποιείται το δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, ενώ στην τεχνολογία VoIP χρησιμοποιείται το δίκτυο μεταγωγής πακέτων (Ψαρουδάκης, 2014).

Η επικοινωνία μέσω μεταγωγής κυκλώματος απαιτεί το επικοινωνιακό μονοπάτι ανάμεσα σε δύο σταθμούς να είναι διαρκώς ενεργό, και περιλαμβάνει τρεις φάσεις: α. την αποκατάσταση του κυκλώματος, β. την μεταφορά των δεδομένων και γ. την αποσύνδεση του κυκλώματος. Η μεταφορά των δεδομένων χαρακτηρίζεται ως διαφανής, αφού τα δεδομένα δεν επιδέχονται καμία επεξεργασία πριν ή κατά τη διέλευσή τους από το δίκτυο. Αυτό το κύκλωμα παραμένει ενεργό καθ' όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας των κόμβων, ακόμα και όταν δεν ανταλλάσσουν δεδομένα. Η

δέσμευση των απαιτούμενων πόρων είναι αποκλειστική και όταν δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης, αυτοί είναι αδρανείς. Η απόδοση μιας τέτοιου είδους μεταγωγής είναι εγγυημένη.

Κατά τη μεταγωγή κυκλώματος, η διαίρεση του πόρου εύρος ζώνης (bandwidth) μπορεί να γίνει είτε με Πολυπλεξία με Διαίρεση Συχνότητας (FDM-Frequency Domain Multiplexing), είτε με Πολυπλεξία με επιμερισμό χρόνου (TDM-Time Division Multiplexing).

Στο παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο, τα Κέντρα Μεταγωγής Κλήσεων (Call Switching Centers) αναλαμβάνουν τη στιγμή της κλήσης τη δέσμευση και τη δημιουργία του κυκλώματος, ενώ οι τηλεφωνικές συσκευές είναι συμβατικές, χωρίς επιπλέον δυνατότητες.



Εικόνα 1: Δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος.

Το δίκτυο μεταγωγής πακέτων αρχικά τεμαχίζει τα προς μετάδοση μηνύματα σε πακέτα μικρού αριθμού bytes, στα οποία προστίθεται και η επικεφαλίδα με στοιχεία του αποστολέα, του παραλήπτη και του τρόπου διαίρεσης και έπειτα προσπαθεί να βρει την διαδρομή με το ελάχιστο κόστος στο δίκτυο. Το κόστος υπολογίζεται είτε σε αριθμό αλμάτων (Hops), είτε σε αναμενόμενη καθυστέρηση ή σε άλλα μέτρα. Τα πρωτόκολλα σηματοδότησης είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση της υπηρεσίας και του τελικού σταθμού προορισμού. Τα πακέτα χρησιμοποιούν τους πόρους του δικτύου μόνο όταν τους χρειάζονται και όχι αποκλειστικά. Σε περίπτωση ταυτόχρονης ζήτησης των πόρων, εφαρμόζεται κάποια συγκεκριμένη πολιτική χρήσης τους. Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι, υπάρχουν απώλειες, καθυστερήσεις και γενικότερα συμφόρηση του δικτύου (Κυριαζοπούλου, 2011).

Η μεταγωγή πακέτων αναλαμβάνει δυο σημαντικές λειτουργίες, τη δρομολόγηση και την προώθηση. Η δρομολόγηση καθορίζει τη διαδρομή που ακολουθεί το πακέτο από την προέλευση στον προορισμό. Οι συσκευές δικτύων που τη διεκπεραιώνουν είναι οι Δρομολογητές (Routers). Η προώθηση είναι η μετακίνηση πακέτων από μια εισερχόμενη

ζεύξη στην κατάλληλη εξερχόμενη ζεύξη. Οι συσκευές δικτύων που τη διεκπεραιώνουν είναι είτε οι Δρομολογητές είτε οι Μεταγωγείς (Switches).

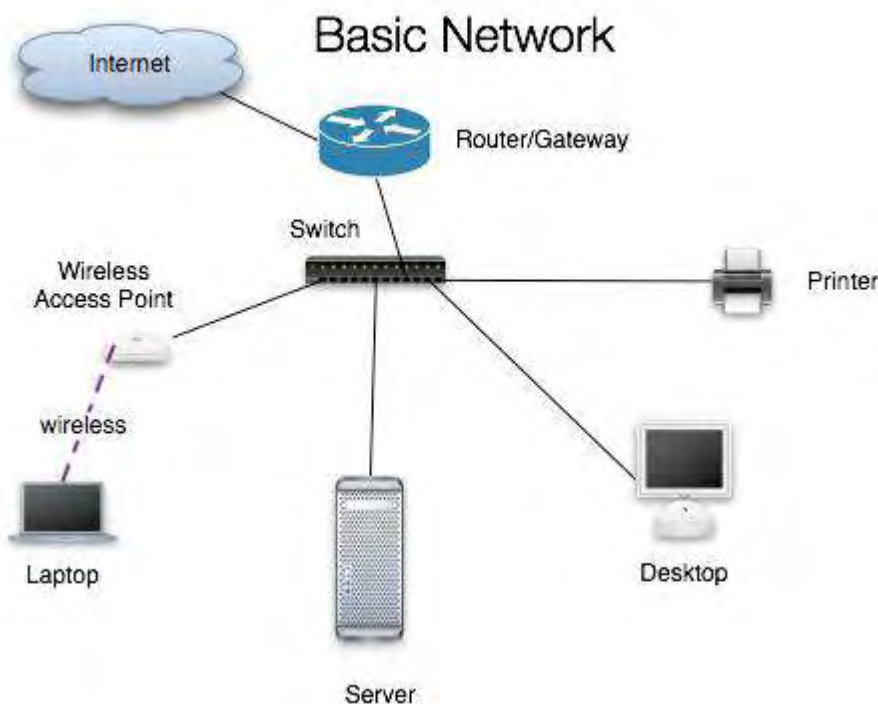
Υπάρχουν δυο βασικοί μέθοδοι προώθησης μηνυμάτων, η μέθοδος με Αυτοδύναμα Πακέτα (Datagrams) και η μέθοδος με Εικονικά Κυκλώματα (Virtual Circuits) (Αγιομυργιανάκης, 2007).

Με τα αυτοδύναμα πακέτα η προώθηση γίνεται ανάλογα με τη διεύθυνση προορισμού, η οποία εμπεριέχεται σε κάθε πακέτο και χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί ο επόμενος κόμβος. Τα αυτοδύναμα πακέτα ακόμα και αν έχουν τον ίδιο προορισμό, ενδέχεται να μην ακολουθούν όλα την ίδια διαδρομή. Έτσι, μπορεί να καταφτάσουν με άλλη σειρά από αυτήν που αρχικά απεστάλησαν. Επομένως, πρέπει να τοποθετηθούν εκ νέου στην αρχική τους διάταξη.

Κατά τη μέθοδο εικονικού κυκλώματος (virtual circuit), πριν την αποστολή των πακέτων αποκαθίσταται ένα σταθερό νοητό κύκλωμα μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη από όπου θα περάσουν όλα τα πακέτα που αφορούν μια συγκεκριμένη επικοινωνία. Η διαδρομή των πακέτων καθορίζεται εξ αρχής και παραμένει σταθερή, ώσπου να διακοπεί η επικοινωνία των δύο άκρων. Οι ενδιαμέσοι κόμβοι (Μεταγωγείς) είναι υπεύθυνοι απλά και μόνο για τη προώθηση των μηνυμάτων. Δεν απαιτείται να λάβουν καμιά απόφαση κι έτσι δε διαθέτουν καμιά πληροφορία για την κατάσταση του δικτύου.

Στα πλεονεκτήματα του δικτύου μεταγωγής κυκλώματος συμπεριλαμβάνονται το σταθερό και συγκεκριμένο εύρος ζώνης μεταξύ των σταθμών επικοινωνίας κι επομένως η σταθερή ποιότητα της υπηρεσίας και η αξιοπιστία. Κυριότερο μειονέκτημα των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι η ελλιπής διαχείριση των πόρων του Διαδικτύου.

Από την άλλη, τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων υπερτερούν στον οικονομικό τομέα, μιας και το κόστος τους είναι χαμηλό, αλλά παρουσιάζουν χαμηλή ποιότητα υπηρεσίας σε περιπτώσεις συμφόρησης. Είναι ιδανικά για τη μετάδοση συνεχών σημάτων με μεγάλη διάρκεια, όπως είναι η μετάδοση φωνής στο τηλεφωνικό δίκτυο και η μετάδοση εικόνας (Αγιομυργιανάκης, 2007).



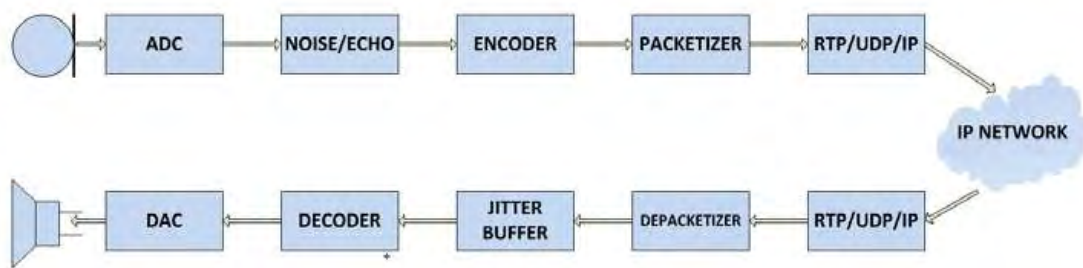
Εικόνα 2: Δίκτυο μεταγωγής πακέτων.

1.4. Λειτουργία VoIP

Η τηλεφωνία VoIP σαν υπηρεσία εκτελεί τη μεταφορά δεδομένων φωνής από άκρο σε άκρο.

Τα αναλογικά ηχητικά σήματα της ανθρώπινη φωνής μετατρέπονται σε ψηφιακά πακέτα πληροφορίας, τα οποία μπορούν να μεταδοθούν στο Διαδίκτυο. Έτσι με μια τυπική σύνδεση Διαδικτύου μπορεί κάποιος να πραγματοποιεί δωρεάν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό. Το VoIP είναι μια ανερχόμενη τεχνολογία, η οποία μπορεί να κυριαρχήσει, αφού με τη χρήση και την εξάπλωσή της παρακάμπτονται οι τηλεφωνικές εταιρείες και η συνδρομή σε αυτές. Δεν αποκλείεται στο μέλλον η τεχνολογία αυτή να αντικαταστήσει πλήρως το υπάρχον τηλεφωνικό σύστημα, μετατρέποντας τον παγκόσμιο ιστό σε ένα ενιαίο δίκτυο, με πολλές υπηρεσίες, ανάμεσά τους και τη μετάδοσή φωνής. (Hersent & Petit, 2005).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά προϊόντα VoIP που καθιστούν δυνατή την επίτευξη VoIP κλήσεων. Θα ακολουθήσει η περιγραφή των πρωτοκόλλων και της αρχιτεκτονικής που υποστηρίζονται στην τεχνολογία VoIP, καθώς και παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη και να περιορίζονται με σκοπό την βέλτιστη λειτουργία. Ακολουθεί ένα απλοποιημένο διάγραμμα που δείχνει συνοπτικά τη λειτουργία ενός συστήματος VoIP στην πλευρά του χρήστη (Αγιομυργιανάκης, 2007).



Εικόνα 3: Λειτουργία του VoIP συστήματος στην πλευρά του χρήστη.

Στον αποστολέα η φωνή του χρήστη αρχικά ψηφιοποιείται, δηλαδή χωρίζεται σε μικρά τμήματα φωνής, τα οποία μετά συμπιέζονται στον encoder (κωδικοποιητή). Η έξοδος του κωδικοποιητή (encoder) είναι συμπιεσμένα κομμάτια φωνής που ονομάζονται frames (πλαίσια). Στη συνέχεια στον packetizer ένα ή περισσότερα frames πακετίζονται και αποτελούν το φορτίο (payload) ενός πακέτου. Τέλος προστίθενται οι επικεφαλίδες των πρωτοκόλλων, δηλαδή οι πρόσθετες πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση (όπως RTP/UDP/IP) και το πακέτο αποστέλλεται στον παραλήπτη μέσω ενός IP δικτύου.

Στον παραλήπτη ο depacketizer ανακτά το φορτίο των IP πακέτων που περιέχουν τα δεδομένα φωνής και τοποθετεί τα frames σε ένα χώρο προσωρινής αποθήκευσης, τον καταχωρητή (buffer). Ο buffer διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξάλειψη του jitter, δηλαδή της διακύμανσης της καθυστέρησης των πακέτων που λαμβάνονται και για το λόγο αυτό ονομάζεται jitter buffer. Ένα frame παραμένει στον buffer μέχρι τη στιγμή που πρέπει να αποκωδικοποιηθεί, οπότε και αποσυμπιέζεται με τον κατάλληλο decoder (αποκωδικοποιητή), μετατρέπεται σε αναλογικό σήμα και τελικά σε ήχο. Προφανώς, ο κωδικοποιητής και ο αποκωδικοποιητής αφορούν ίδιου τύπου (συμβατή) συμπίεση και αποσυμπίεση και συνθέτουν τον χρησιμοποιούμενο CODEC. (Hersent & Petit, 2005).

1.5. Χαρακτηριστικά VoIP

Το πιο γνωστό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας VoIP είναι το σημαντικό οικονομικό όφελος συγκριτικά με την κλασική τηλεφωνία. Όλες οι κλήσεις, αστικές/υπεραστικές, διεθνείς, οι κλήσεις προς κινητά στοιχίζουν ουσιαστικά ελάχιστα ή καθόλου. Οι κλήσεις

μεταξύ χρηστών του ίδιου παρόχου συνήθως πραγματοποιούνται εντελώς δωρεάν. Δεν είναι αυτό το μοναδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα όμως της τεχνολογίας VoIP.

Η ποιότητα της επικοινωνίας είναι ρυθμιζόμενη. Οι χρήστες μέσω των τερματικών συστημάτων μπορούν και ελέγχουν την ανταλλαγή των δεδομένων. Έτσι, επιλέγουν για παράδειγμα το μέγεθος συμπίεσης των δεδομένων με κριτήριο το εύρος ζώνης του δικτύου ή το είδος και την ποιότητα της πληροφορίας που μεταδίδεται.

Η εγκατάσταση και η διαμόρφωση του δικτύου VoIP είναι πολύ εύκολη και καθόλου δαπανηρή, αφού δεν απαιτεί επιπλέον καλωδίωση και παρέχει την ευελιξία προσθήκης νέων χρηστών, νέων τερματικών και επεκτάσεων.

Τα δίκτυα VoIP συνοδεύονται από εύκολες και πρακτικές διεπαφές χρήστη. Με τον τρόπο αυτό, και ένας απλός χρήστης ρυθμίζει και διαχειρίζεται εύκολα το τηλεφωνικό του σύστημα, τη λειτουργία ή την εξέλιξη της συνδιάλεξής του κ.α.

Παρέχεται εφάμιλλη εξυπηρέτηση στους χρήστες των VoIP δικτύων, όπως η άμεση αναγνώριση ταυτότητας του καλούντα, η καλύτερη καταγραφή εισερχομένων και εξερχομένων κλήσεων, ο τηλεφωνητής, η δυνατότητα περιαγωγής, καθώς η υπηρεσία διεθνούς περιαγωγής (International Roaming) παρέχει τη δυνατότητα να γίνεται χρήση του κινητού τηλεφώνου ενώ βρίσκεται κάποιος στο εξωτερικό. Όταν βρίσκεστε στο εξωτερικό, μπορείτε, μέσω της διεθνούς περιαγωγής, να κάνετε χρήση όλων των υπηρεσιών που είναι διαθέσιμες στην Ελλάδα (π.χ. κλήσεις, SMS, MMS, υπηρεσίες δεδομένων, κλπ), εκτροπή των κλήσεων οπουδήποτε ανά τον κόσμο, αναμονή κλήσης, κ.α. (Αγιομυργιανάκης, 2007).

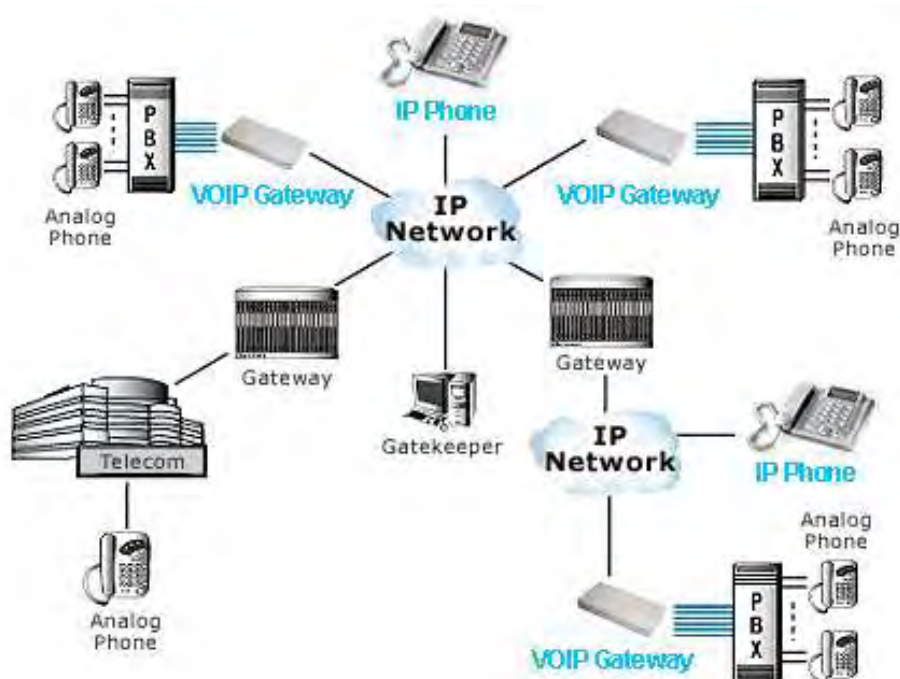
1.6. Υλικό του VoIP δικτύου

Η δομή του VoIP δικτύου είναι παρόμοια με αυτή του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου μεταγωγής κυκλώματος (PSTN) και παρέχει παρόμοιες λειτουργίες με αυτό.

Τα μέρη που απαρτίζουν ένα πρότυπο VoIP δίκτυο είναι:

1. ATA (Analogue Telephone Adaptor)
2. VoIP συσκευές (IP Phones, Softphones)
3. USB phones
4. IP PBX (VoIP τηλεφωνικά κέντρα)
5. VoIP Gateways, Gatekeepers
6. Δίκτυο IP
7. Session Border Controllers (SBCs)

Έχουν αναπτυχθεί VoIP συσκευές, αλλά χρησιμοποιούνται και κάποιες συμβατικές με σκοπό να εξυπηρετούν την VoIP τηλεφωνία (Sauter, 2017).



Εικόνα 4: Πρότυπο VoIP δίκτυο

1.6.1. ATA (Analog Telephone Adaptor)

Ο ATA, Μετατροπέας Αναλογικού Τηλεφώνου, είναι μια απλή συσκευή που κύρια λειτουργία της είναι να μετατρέπει την ανθρώπινη φωνή σε πακέτα δεδομένων και το αντίστροφο. Επιτρέπει τη σύνδεση μιας κλασικής τηλεφωνικής συσκευής με έναν υπολογιστή ή με την παροχή Internet για χρήση VoIP. Ουσιαστικά, το αναλογικό σήμα που λαμβάνει από το κλασικό τηλέφωνο, το μετατρέπει σε ψηφιακό. Οι ATA δεν εξυπηρετούν αποκλειστικά και μόνο τα αναλογικά τηλέφωνα, αλλά και συσκευές όπως fax, modem και άλλα. Περιέχουν πύλες FXS ή/και FXO (foreign exchange subscriber / foreign exchange office). Τα FXS και FXO είναι τα ονόματα των θυρών που χρησιμοποιούνται από τις Αναλογικές τηλεφωνικές γραμμές (επίσης γνωστές ως POTS – Plain Old Telephone Service, δηλαδή απλή παλιά τηλεφωνική υπηρεσία).

FXS – Η διεπαφή Foreign eXchange Subscriber είναι η θύρα που πραγματικά παρέχει την αναλογική γραμμή στο συνδρομητή. Με άλλα λόγια, είναι η 'πρίζα στον τοίχο' που παρέχει το σήμα επιλογής, το ρεύμα της μπαταρίας και την τάση του κουδουνισμού.

FXO – Η διεπαφή Foreign eXchange Office είναι η θύρα που λαμβάνει την αναλογική γραμμή. Είναι η πρίζα στο τηλέφωνο ή στη συσκευή φαξ, ή η πρίζα(ες) στο αναλογικό τηλεφωνικό σας σύστημα. Παρέχει μια ένδειξη σηκώματος/κατεβάσματος του ακουστικού (κλείσιμο βρόχου). Λόγω του ότι η θύρα FXO βρίσκεται πάνω σε μια συσκευή, όπως ένα φαξ ή ένα τηλέφωνο, η τελευταία αποκαλείται συχνά 'συσκευή FXO'.

Τα FXO και FXS συνδυάζονται πάντα, όπως μία αρσενική με μια θηλυκή πρίζα.

Χωρίς PBX, ένα τηλέφωνο συνδέεται απευθείας στη θύρα FXS που παρέχει μια εταιρεία τηλεφωνίας.

Υπάρχουν πολλές εναλλακτικές προτάσεις στην αγορά, αλλά ο αριθμός των θυρών Ethernet, FXS και FXO θα καθορίσει το κόστος του ATA και το πόσες γραμμές θα συνδεθούν μέσω του ATA. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι σημαντικά για την οικιακή χρήση, αλλά πολύ περισσότερο για τις επιχειρήσεις (Κυριαζοπούλου, 2011).



Εικόνα 5: Περιγραφή του ATA

1.6.2. VoIP συσκευές (IP-Phones, Soft-phones)

Τα IP-phones μοιάζουν πολύ με τις κλασικές τηλεφωνικές συσκευές, αφού διαθέτουν μικρόφωνο, ακουστικό και πλήκτρα. Επιπλέον όμως, είναι εξοπλισμένα με το κατάλληλο υλικό και λογισμικό, ώστε να πραγματοποιούν κλήσεις μέσω του Διαδικτύου και η διεπαφή χρήσης τους είναι αρκετά εξελιγμένη. Τα IP-phones συνδέονται απευθείας σε μια θύρα Ethernet ενός router και επικοινωνούν με μια πύλη VoIP. Επομένως, δεν απαιτούν σύνδεση με υπολογιστή ή κατάλληλο λογισμικό. Αποτελούν κάτι ενδιάμεσο ανάμεσα στο παραδοσιακό τηλέφωνο και το soft-phone. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές επιλογές IP-phones που παρέχουν στους χρήστες ποικίλες λειτουργίες και δυνατότητες.

Μια παραλλαγή του IP-phone είναι ένα IP-phone WiFi. Αυτό συνδέεται ασύρματα στο Διαδίκτυο.

Τα softphones είναι λογισμικό που απαιτεί έναν υπολογιστή ή Smartphone με σύνδεση στο Διαδίκτυο και βασικό εξοπλισμό ήχου, όπως κάρτα ήχου, ηχεία και μικρόφωνο. Επιτρέπουν στους χρήστες να πραγματοποιούν τηλεφωνικές κλήσεις απευθείας από τον υπολογιστή ή το smartphone τους. Τα softphones συνδέονται συχνότερα σε κινητούς και οικιακούς χρήστες. Στις επιχειρήσεις, τον τελευταίο καιρό τα

softphones τείνουν να αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά τηλέφωνα γραφείου και αποκαλούνται συχνά Soft Clients.

Οι χρήστες βρίσκονται αντιμέτωποι με το ερώτημα ποιο από τα δύο είναι καλύτερο και ποιο να προτιμήσουν. Η απάντηση σε αυτά τα ερωτηματικά εξαρτάται άμεσα από τις ανάγκες και τις προσδοκίες των χρηστών. Στα πλεονεκτήματα των IP phones ανήκει η ευχρηστία τους, η μόνιμη σύνδεση τους με το δίκτυο IP και η αναλογία της ευκρίνειας των τηλεφωνικών κλήσεων με αυτές των παραδοσιακών τηλεφώνων (Κυριαζοπούλου, 2011).

Τα Soft phones, από την άλλη, παρέχουν ευελιξία στους κινητούς χρήστες μέσω των laptop ή του Smartphone τους, έχουν συνήθως χαμηλότερο κόστος και δεν απαιτούν εξειδικευμένη εγκατάσταση.



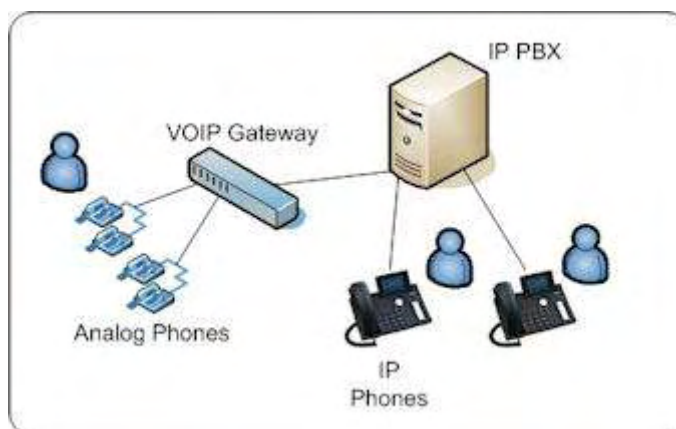
Εικόνα 6: IP-phones, Soft-phones

1.6.4. IP PBX (Private branch exchange)

Πρόκειται για λογισμικό που μετατρέπει έναν υπολογιστή σε τηλεφωνικό κέντρο, και είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί από μικρές ή μεγάλες επιχειρήσεις, ώστε να διαχειρίζονται τις VoIP κλήσεις. Είναι ουσιαστικά ο τρόπος με τον οποίο οι χρήστες πραγματοποιούν τηλεφωνικές κλήσεις χρησιμοποιώντας ένα κεντρικό σύστημα μεταγωγής και όχι πολλές ανεξάρτητες τηλεφωνικές γραμμές. Είναι σχεδιασμένα να χειρίζονται αποτελεσματικά την κίνηση μεταξύ κάθε επιμέρους σταθμού μέσα σε μια συγκεκριμένη επιχείρηση και να λειτουργούν ως πύλη προς το εξωτερικό δίκτυο. Τα πιο διαδεδομένα τέτοιου είδους λογισμικά είναι το Asterisk της εταιρίας Digium, το 3CX Phone System, το Dialxia, το Trixbo.

Τα IP PBX παρέχουν επιπλέον θετικά χαρακτηριστικά από αυτά των PBX. Τα PBX (ακόμα και τα παραδοσιακά) υποστηρίζουν ταυτότητα καλούντος, κλήσεις τριών δρόμων,

προώθηση κλήσεων, voicemail κ.λ.π. Όλα αυτά μετατρέπονται σε πιο «έξυπνες» λειτουργίες με τη χρήση των IP δικτύων.



Εικόνα 7: IP PBX

Τα θετικά χαρακτηριστικά των IP PBX και τα πλεονεκτήματα από τη χρήση τους κυρίως έναντι των συμβατικών τηλεφωνικών κέντρων συνοψίζονται παρακάτω.

Το IP PBX είναι πολύ πιο εύκολο στην εγκατάσταση και ρύθμιση από ένα ιδιόκτητο τηλεφωνικό σύστημα. Αφού λειτουργεί ως λογισμικό σε έναν υπολογιστή μπορεί να αξιοποιήσει την ικανότητα επεξεργασίας του υπολογιστή, της διεπαφής χρήστη και των λειτουργιών του υπολογιστή. Οποιοσδήποτε έχει εμπειρία στη δικτύωση και στους υπολογιστές μπορεί να εγκαταστήσει και να συντηρήσει ένα IP PBX. Αντίθετα, ένα ιδιόκτητο τηλεφωνικό σύστημα απαιτεί συχνά έναν εγκαταστάτη εκπαιδευμένο σε αυτό το συγκεκριμένο σύστημα.

Η διαχείρισή του είναι ευκολότερη λόγω διαδικτυακής ή GUI διεπαφής χρήσης, με την οποία οι σύγχρονοι χρήστες του Διαδικτύου είναι πολύ εξοικειωμένοι. Αντίθετα, Τα ιδιόκτητα τηλεφωνικά συστήματα διαθέτουν δύσκολες διεπαφές χρήστη, οι οποίες συχνά σχεδιάζονται για παραμετροποίηση μόνο από τεχνικούς των συγκεκριμένων τηλεφωνικών κέντρων.

Με ένα IP PBX καθίσταται εύκολη η πρόσβαση σε έναν πάροχο VoIP για υπεραστικές και διεθνείς κλήσεις. Η μηνιαία εξοικονόμηση είναι σημαντική. Ειδικά αν οι χρήστες είναι εταιρείες με υποκαταστήματα, μπορούν εύκολα να συνδέσουν τα απομακρυσμένα IP PBX και να πραγματοποιούν δωρεάν εσωτερικές τηλεφωνικές κλήσεις.

Ένα IP PBX επιτρέπει τη σύνδεση IP-phone απευθείας σε μια τυπική θύρα Ethernet, η οποία συνήθως υπάρχει και μοιράζεται με τον παρακείμενο υπολογιστή. Τα soft-phones εγκαθίστανται απευθείας σε υπολογιστή συνδεδεμένο με το τοπικό δίκτυο. Με τον τρόπο

αυτό, εξαλείφεται η επιπρόσθετη καλωδίωση του τηλεφώνου και καθίσταται πολύ πιο εύκολη η προσθήκη ή η μετακίνηση των επεκτάσεων.

Τα IP PBX βασίζονται στο ανοικτό πρότυπο SIP. Κάθε χρήστης μπορεί να συνδυάσει και να αντιστοιχίσει οποιοδήποτε υλικό ή λογισμικό τύπου SIP με οποιοδήποτε IP PBX που βασίζεται σε SIP, είτε είναι θύρα PSTN ή πάροχος VoIP.

Τα ιδιόκτητα τηλεφωνικά κέντρα τείνουν να ξεπεραστούν. Η προσθήκη περισσότερων τηλεφωνικών γραμμών ή επεκτάσεων απαιτεί συχνά δαπανηρές μονάδες υλικού. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται ένα εντελώς καινούριο τηλεφωνικό σύστημα. Δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο με ένα IP PBX. Ένας υπολογιστής έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται εύκολα έναν μεγάλο αριθμό τηλεφωνικών γραμμών και επεκτάσεων, απλά και μόνο με την προσθήκη περισσότερων συσκευών συνδεδεμένων στο τοπικό δίκτυο (Κυριαζοπούλου, 2011).

Η περιαγωγή και η διαδικασία της εύκολης μετακίνησης γραφείων έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς. Δυστυχώς τα παραδοσιακά PBX χρειάζονται τροποποιήσεις και επεκτάσεις για να τοποθετηθούν σε νέα θέση. Με ένα IP PBX ο χρήστης απλώς παίρνει το τηλέφωνό του στο νέο του γραφείο. Επίσης, οι κλήσεις μπορούν να εκτραπούν οπουδήποτε στον κόσμο λόγω των χαρακτηριστικών του πρωτοκόλλου SIP.

Με ένα IP PBX η χρησιμότητα του τηλεφώνου είναι καλύτερη. Τα τηλέφωνα SIP είναι πιο εύχρηστα, αφού όλες οι λειτουργίες εκτελούνται εύκολα από ένα φιλικό προς το χρήστη GUI. Επιπλέον, οι χρήστες έχουν καλύτερη εικόνα της κατάστασης των άλλων επεκτάσεων, των εισερχόμενων κλήσεων, των ουρών κλήσεων και της παρουσίας μέσω των πελατών.

Τα αρνητικά χαρακτηριστικά των IP PBX είναι το αυξημένο αρχικό κόστος για αγορά εξοπλισμού ή για αντικατάσταση των παραδοσιακών περιφερειακών συσκευών. Σε περίπτωση ξεπερασμένου IP δικτύου, ίσως να είναι απαραίτητη και η αναβάθμιση όλου του δικτύου με σκοπό την υποστήριξη μεταδόσεων υψηλής ποιότητας. Κάτι τέτοιο είναι δαπανηρό και απαιτεί τεχνικές γνώσεις και εμπειρία στην VoIP τεχνολογία.

Παρόλα αυτά, η επένδυση σε ένα IP PBX που βασίζεται σε λογισμικό συνίσταται απόλυτα, όχι μόνο για τις νέες εταιρείες που αγοράζουν τηλεφωνικό σύστημα, αλλά και για εταιρείες που έχουν ήδη ένα PBX. Ένα IP PBX προσφέρει τόσο σημαντική οικονομία στη διαχείριση, τη συντήρηση και το κόστος κλήσεων, και έτσι η αναβάθμιση σε ένα IP PBX, θα πρέπει να είναι η προφανής επιλογή για κάθε εταιρεία.

1.6.5. VoIP gateway, gatekeeper

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει καταστήσει τις δυο συσκευές εφάμιλλες. Μια συσκευή VoIP gateway είναι ουσιαστικά μια πύλη, η οποία επιτρέπει την αποστολή ή/και τη λήψη φωνητικών σημάτων μέσω των Πρωτοκόλλων Διαδικτύου. Διαθέτει διεπαφή χρήσης τόσο με τα δίκτυα IP, όσο και με τις τηλεφωνικές υπηρεσίες PSTN. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους:

- Τη μετατροπή των εισερχόμενων γραμμών PSTN σε VoIP/SIP:
Επιτρέπει τη λήψη και την πραγματοποίηση των κλήσεων στο κανονικό δίκτυο τηλεφωνίας. Σε κάποιες περιπτώσεις επιχειρήσεων, είναι προτιμότερη η χρήση των παραδοσιακών τηλεφωνικών γραμμών, λόγω άμεσης διαθεσιμότητας.
- Τη σύνδεση ενός παραδοσιακού τηλεφωνικού συστήματος με το δίκτυο IP:
Επιτρέπει την πραγματοποίηση των κλήσεων μέσω VoIP. Οι κλήσεις μπορούν τότε να πραγματοποιηθούν μέσω ενός παρόχου υπηρεσιών VoIP ή μέσω Διαδικτύου.

Έτσι, οι VoIP gateways διακρίνονται σε αναλογικές και ψηφιακές μονάδες. Οι ψηφιακές χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του VoIP τηλεφωνικού συστήματος με τις ψηφιακές τηλεφωνικές γραμμές, ενώ οι αναλογικές μονάδες για τη σύνδεση των παραδοσιακών τηλεφώνων και συσκευών fax με ένα τηλεφωνικό σύστημα VoIP. (Κυριαζοπούλου, 2011).

1.6.6. IP δίκτυο

Ένα IP δίκτυο είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP (IPv4 ή IPv6) για την αποστολή και λήψη μηνυμάτων μεταξύ ενός ή περισσότερων υπολογιστών. Ένα IP δίκτυο προϋποθέτει να επικοινωνούν όλοι οι υπολογιστές (hosts) και οι κόμβοι (nodes ή routers) του δικτύου με τη στοίβα (stack) πρωτοκόλλων TCP/IP.

Σε κάθε συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο IP είτε είναι υπολογιστής (host), είτε δρομολογητής (router), είτε μεταγωγέας (switch), είτε κινητό τηλέφωνο, tablet κ.α έχει αποδοθεί τουλάχιστον μια μοναδική λογική διεύθυνση IP, η οποία τη διακρίνει από οποιαδήποτε άλλη. Η επικοινωνία διεξάγεται με τη βοήθεια και τη χρήση αυτών των διευθύνσεων.

Οποιαδήποτε έκταση και αν έχει ένα δίκτυο επικοινωνίας είτε είναι τοπικό δίκτυο (LAN), είτε μικρό ή μεγάλο δίκτυο (π.χ. ενός παρόχου), το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για την μεταφορά των δεδομένων.

Τα δεδομένα συνθέτουν αυτοτελή πακέτα δεδομένων (datagrams) που αποτελούνται από τη διεύθυνση του παραλήπτη, τη διεύθυνση του αποστολέα και βέβαια τα δεδομένα που μεταφέρονται και δρομολογούνται στον προορισμό τους, δηλαδή

μεταφέρονται από κόμβο σε κόμβο χωρίς όμως προκαθορισμένη διαδρομή (Βράκας, 2013).

1.6.7. SBC (Session Border Controllers)

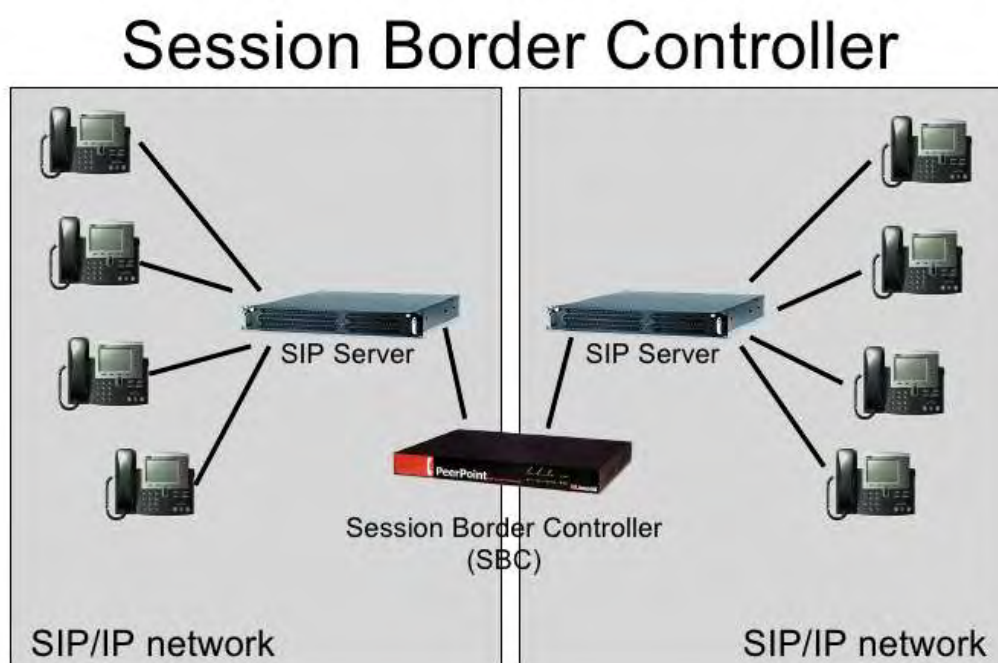
Τα SBC είναι συσκευές ή εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στα VoIP δίκτυα με σκοπό να ελέγχουν τη σηματοδότηση και την κυκλοφορία του δικτύου.

Ο όρος Session (Σύννοδος) περιγράφει την επικοινωνία μεταξύ δύο μερών, στην περίπτωση της VoIP τεχνολογίας, μια τηλεφωνική κλήση. Εκτός από την αμφίδρομη ροή πληροφοριών, μια σύννοδος περιλαμβάνει πληροφορίες όπως στατιστικά στοιχεία και δείκτες της ποιότητας κλήσης.

Ο όρος Border (Σύννορο) περιγράφει την οριοθέτηση ενός δικτύου ή υποδικτύου. Τα SBC αναλαμβάνουν την πολιτική της επικοινωνίας σε αυτά τα όρια.

Ο όρος Controller(Ελεγκτής) αναφέρεται στο γεγονός ότι τα SBC επιδρούν στη ροή πληροφοριών κατά τις περιόδους σύνδεσης, καθώς διασχίζουν τα σύνορα μεταξύ ενός τμήματος ενός δικτύου και ενός άλλου.

Παρόλο που στο παρελθόν τα SBC υποστήριζαν διάφορα πρωτόκολλα σηματοδότησης, (π.χ. το H.323), τα SBC επικεντρώνονται τώρα στο πρωτόκολλο SIP (Session Initiation Protocol), (Κυριαζοπούλου,2011).



Εικόνα 8: Session Border Controller

1.7. Επιπλέον ορολογία VoIP

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται διάφοροι όροι που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία VoIP.

1.7.1. IVR (Interactive Voice Response)

Πρόκειται για την αλληλεπιδραστική φωνητική απόκριση μέσω της VoIP τεχνολογίας. Είναι ένα σύστημα που τηρείται σε υπολογιστή και επιτρέπει σε ένα χρήστη που πραγματοποιεί VoIP κλήση να κάνει επιλογές μέσα από ένα φωνητικό μενού με προ-ηχογραφημένα μηνύματα ή/και δυναμικά μηνύματα βάσει ερωτημάτων, αναγνωρίζοντας είτε το πάτημα πλήκτρων είτε ομιλίας (Κυριαζοπούλου, 2011).

Τα IVRs χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή δημοσκοπήσεων και ερευνών, την παροχή χρήσιμων πληροφοριών στους πελάτες και τη διαχείριση βασικών συναλλαγών χωρίς τη βοήθεια υπαλλήλου του τμήματος εξυπηρέτησης πελατών.

1.7.2. DID (Direct Inward Dialing)

Η DID ή DDI (direct dial-in) είναι μια τηλεπικοινωνιακή δυνατότητα που προσφέρεται στους χρήστες. Η εταιρεία τηλεφωνίας παραχωρεί μια σειρά από αριθμούς που αποδίδονται στο PBX του πελάτη τους και μεταδίδει τον τηλεφωνικό αριθμό που καλείται στο PBX, έτσι ώστε μια εσωτερική επέκταση ενός PBX να είναι άμεσα προσπελάσιμη για έναν εξωτερικό καλούντα.

Η υπηρεσία DID έχει παρόμοια λειτουργία για τις επικοινωνίες VoIP, όπως και με το PSTN. Για να επιτρέπεται η επικοινωνία ανάμεσα σε δίκτυα VoIP και PSTN, οι αριθμοί DID εκχωρούνται σε μια πύλη επικοινωνίας. Η πύλη συνδέει τα δυο δίκτυα, δρομολογώντας τις κλήσεις μεταξύ των δύο δικτύων.

Η πλειοψηφία των παρόχων χρεώνει ένα μικρό ποσό ανά αριθμό ανά μήνα και στη συνέχεια η χρέωση γίνεται ανά λεπτό ή ανά αριθμό καναλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Για τον καλούντα, αυτοί οι αριθμοί μπορούν να αντιστοιχιστούν σε κάποιες τοποθεσίες, ώστε να χαρακτηριστούν ως τοπικές κλήσεις. Σε κάποιες χώρες όπως στις ΗΠΑ ή τη Μεγάλη Βρετανία, οι αριθμοί DID δίνονται δωρεάν.

Η αντίστοιχη υπηρεσία DID για εξερχόμενες κλήσεις από το PBX προς την κεντρική υπηρεσία αποκαλείται άμεση εξωτερική κλήση (DOD).

1.7.3. RFC (Request for Comments)

Τα RFCs είναι μια σειρά από αριθμημένα πληροφοριακά έγγραφα και πρότυπα του Διαδικτύου, τα οποία ακολουθούνται ευρέως από εμπορικά λογισμικά και εταιρείες Πληροφορικής. Τα RFCs κατηγοριοποιούνται σε:

- Καλύτερες τρέχουσες πρακτικές
- Πρότυπα διαδικτύου, που έχουν το δικό τους σχήμα αρίθμησης
- Ενημερωτικά έγγραφα (ιδέες, ιδιόκτητες τεχνικές)
- Πειραματικές ιδέες, έρευνα
- Σχέδια προτύπων, προτεινόμενα πρότυπα (Κυριαζοπούλου, 2011)

1.7.4. Από Voice-mail σε e-mail

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της VoIP σχετικά με τη φωνή και το fax, συνδυάζονται σε μια πολύ ενδιαφέρουσα λειτουργία, αυτή της μετατροπής των μηνυμάτων ήχου που αποστέλλονται από χρήστες μέσω voice-mail σε αρχεία ήχου τύπου π.χ wav ή mp3. Τα αρχεία αποστέλλονται άμεσα στο χρήστη σε μορφή e-mail για να είναι πάντα διαθέσιμα. Τα IP PBX είναι υπεύθυνα για αυτή τη μετατροπή στο πλαίσιο της ενοποιημένης επικοινωνίας (Κυριαζοπούλου, 2011).

1.7.5. ENUM

Το ENUM παραπέμπει στο όρο enumeration και σημαίνει χαρτογράφηση αριθμών τηλεφώνου. Πίσω από αυτή τη συντομογραφία κρύβεται η εξής καταπληκτική ιδέα, κάποιος χρήστης να είναι προσβάσιμος οπουδήποτε στον κόσμο με τον ίδιο αριθμό και μέσω της βέλτιστης και φθηνότερης διαδρομής. Η γενική ιδέα πίσω από το ENUM είναι η ενοποίηση του διεθνούς δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου μεταγωγής (PSTN), με τη διεύθυνση στο Διαδίκτυο. Το ENUM παίρνει έναν αριθμό τηλεφώνου και τον συνδέει με μια διεύθυνση διαδικτύου (είτε URL ή είτε IP) που δημοσιεύεται στο σύστημα DNS και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις επικοινωνίες μέσω Διαδικτύου. Επιπρόσθετα, μπορούν να καθοριστούν διαφορετικές διαδρομές για διαφορετικούς τύπους κλήσεων (π.χ. άλλη για φωνητική κλήση, άλλη για αποστολή fax, άλλη για voice-mail) (Κυριαζοπούλου, 2011).

Το ENUM για να λειτουργήσει πρέπει να υποστηρίζεται από τις τηλεφωνικές συσκευές του αποστολέα και του παραλήπτη. Αν και αποτελεί νέο πρότυπο και δεν είναι τόσο διαδεδομένο, εντούτοις είναι πολύ επαναστατικό και φιλικό προς το χρήστη

1.7.6. WebRTC

Πρόκειται για ένα δωρεάν έργο ανοιχτού κώδικα που παρέχει στους browsers και στις εφαρμογές για κινητά τηλέφωνα επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο. Επιτρέπει την επικοινωνία ήχου και εικόνας να λειτουργεί μέσα σε ιστοσελίδες και κινητές συσκευές, καθώς και την άμεση επικοινωνία υψηλής ποιότητας μεταξύ των χρηστών, δίχως την εγκατάσταση plugins ή άλλων εφαρμογών. Έτσι, χρησιμοποιείται και στην VoIP τεχνολογία και τα αντίστοιχα τηλέφωνα και υποστηρίζεται από το Google Chrome και το Mozilla τόσο

για υπολογιστές, όσο και για Android συσκευές, κ.α. Τυποποιήθηκε μέσω της W3C και της IETF και ο υποστηριζόμενος CODEC είναι ο VP8.

Η πύλη WebRTC συνδέει το WebRTC με μια καθιερωμένη τεχνολογία VoIP όπως είναι το SIP και υποστηρίζει εφαρμογές browser-to-browser για φωνητικές κλήσεις, συνομιλία μέσω video και μηνύματα χωρίς τη χρήση εσωτερικών ή εξωτερικών πρόσθετων (Κυριαζοπούλου, 2011).

1.8. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του VoIP

Η VoIP τεχνολογία είναι ραγδαία αναπτυσσόμενη.

Προσφέρει στους χρήστες της άτομα, οργανισμούς ή εταιρείες τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος συγκριτικά με την παραδοσιακή επικοινωνία των ίδιων δυνατοτήτων. Αυτό οδηγεί στην μείωση των υπεραστικών και διεθνών χρεώσεων.
- Ευελιξία και λειτουργικότητα. Χρησιμοποιείται οπουδήποτε, αρκεί να υπάρχει πρόσβαση σε αντίστοιχο δίκτυο. Υπάρχει υψηλή διαθεσιμότητα αριθμών παροχών VoIP σε όλο τον κόσμο.
- Ευκολία στη διαχείριση ενός ενιαίου δικτύου τόσο για τη φωνητική επικοινωνία, όσο και για τη μεταφορά δεδομένων, αντί για δύο ξεχωριστά δίκτυα.
- Δυνατότητα ενσωμάτωσης και άλλων υπηρεσιών που είναι διαθέσιμες σε ένα δίκτυο. Με τον ίδιο αριθμό VoIP έχουμε πλήθος υπηρεσιών όπως video conversation, voice-mail, ανταλλαγή μηνυμάτων κ.α χωρίς επιπλέον χρεώσεις και με εύκολη διαχείριση από τον προσωπικό λογαριασμό του χρήστη.
- Μεγάλη δυνατότητα επέκτασιμότητας. Επέκτασης της δικτυακής υποδομής, μόνο με τη χρήση κατάλληλων τερματικών και χωρίς επιπλέον προμήθεια υλικού. Εξυπηρετεί τις ιδιαίτερες ανάγκες επέκτασης των επιχειρήσεων.
- Συμβατότητα με πολλές και διαφορετικές συσκευές, υπολογιστές, smartphones tablets, ipods κ.α. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε SIP προσαρμογέας είτε μία συσκευή VoIP.
- Μεταφερισιμότητα. Δυνατότητα μεταφοράς του παραδοσιακού τηλεφωνικού αριθμού σε έναν VoIP πάροχο.

Ταυτόχρονα όμως, υπάρχουν και αρκετά **μειονεκτήματα**, τα οποία πρέπει να περιοριστούν με σκοπό να εδραιωθεί η τεχνολογία VoIP.

- Σχετικά αυξημένο κόστος αρχικής εγκατάστασης που οφείλεται στο κόστος της κατάλληλης τηλεφωνικής συσκευής και του λογισμικού.
- Έλλειψη παροχής πλήρους ασφάλειας. Τα μεταφερόμενα δεδομένα απειλούνται από ιούς και υποκλοπές του Διαδικτύου.
- Η ποιότητα της επικοινωνίας πλήττεται από φαινόμενα όπως απώλεια πακέτων, σύγκρουση κλπ που οφείλονται στη λειτουργία του διαδικτύου.
- Τα τηλέφωνα VoIP απαιτούν συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και σε περίπτωση διακοπής διακόπτεται η επικοινωνία.
- Χαμηλό δείκτη εμπειρίας, εξοικείωσης και χρήσης του Διαδικτύου από κάποιους χρήστες και επομένως έλλειψη εμπιστοσύνης στην τεχνολογία VoIP.

Για να αντιμετωπιστούν ή να περιοριστούν τα αρνητικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας VoIP, προτείνονται κάποια μέτρα. Για παράδειγμα, συχνά υιοθετείται η χρήση UPS, ή χρήση μιας PSTN τηλεφωνικής σύνδεσης τουλάχιστον για κλήσεις έκτακτης ανάγκης, για να αντιμετωπιστεί η προβληματική κατάσταση που δημιουργείται με τη διακοπή ηλεκτροδότησης.

Επίσης, οι κανόνες συμπεριφοράς και προστασίας που ακολουθούνται στο Διαδίκτυο γενικά, πρέπει να ακολουθούνται και για να μετριαστούν οι κίνδυνοι της VoIP.

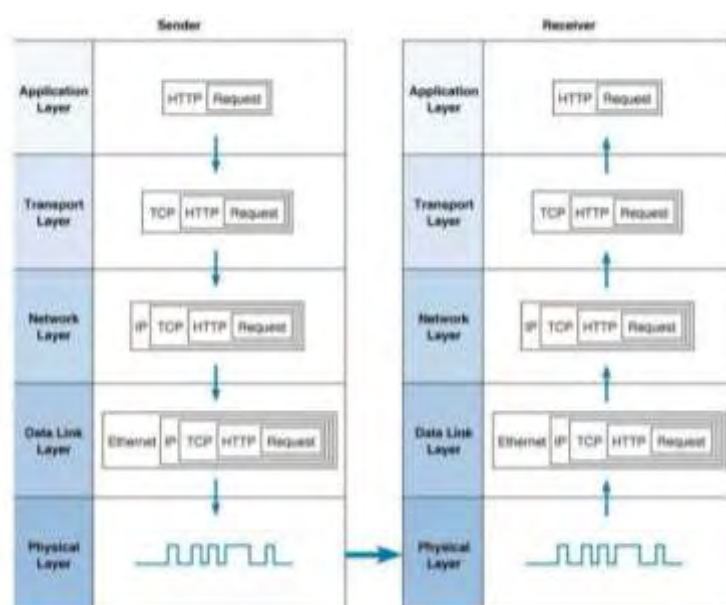
Συμπερασματικά, η VoIP και η παραδοσιακή τηλεφωνία είναι γενικά εφάμιλλα ασφαλείς. Την υπεροχή στη VoIP την προσφέρει η δυνατότητα κρυπτογράφησης της συνομιλίας. Η πράξη αποκαλύπτει πως προβλήματα συνδεσιμότητας και ποιότητας κλήσης, αντιμετωπίζονται με καλύτερης ποιότητας και κάλυψης δίκτυα, όπως τα μοντέρνα δίκτυα κινητών επικοινωνιών 3G/4G και στο κοντινό μέλλον 5G (Κυριαζοπούλου, 2011).

2. VoIP-Ζητήματα αρχιτεκτονικής και Υπηρεσίες

2.1.1. Πρωτόκολλο IP

Το Voice over IP (VoIP), χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol) για τη μετάδοση φωνής (Voice). Με άλλα λόγια το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στο επίπεδο Δικτύου είναι πάντα το IP, και στα χαμηλότερα επίπεδα (Φυσικό και Συνδέσμου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε διαθέσιμο πρωτόκολλο αρκεί να υποστηρίζεται η συμβατότητα με IP. Στα ανώτερα επίπεδα (Μεταφοράς και Εφαρμογής) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν διάφορα πρωτόκολλα, αναλόγως με τις υλοποιήσεις.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα δυνατά πρωτόκολλα ανά επίπεδο για τη στοίβα πρωτοκόλλων (protocol stack) TCP/IP.



Πίνακας 1: Πρωτόκολλα του TCP/IP

Λειτουργίες του πρωτοκόλλου IP είναι: η διευθυνσιοδότηση των κόμβων του διαδικτύου και η δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων από έναν υπολογιστή προς έναν τελικό προορισμό, κατά μήκος ενός ή περισσότερων δικτύων.

Κάθε πακέτο δεδομένων (datagram) δημιουργείται με τη διαδικασία της ενθυλάκωσης και αποτελείται από μια κεφαλίδα και τα δεδομένα. Στην κεφαλίδα εμπεριέχονται πληροφορίες για τα δεδομένα του πακέτου και φυσικά οι διευθύνσεις αφετηρίας και προορισμού.

Το πρωτόκολλο IP είναι μια υπηρεσία χωρίς σύνδεση και είναι ανεξάρτητο από την τεχνολογία του υλικού του κάθε δικτύου.

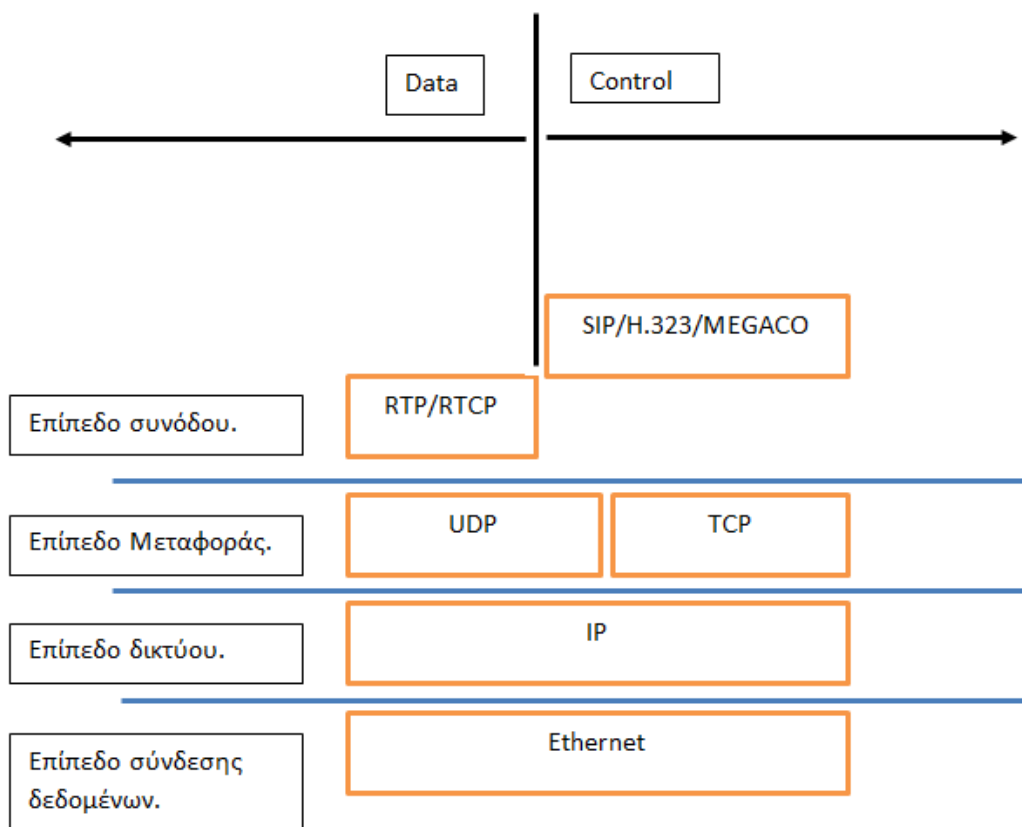
Το πρωτόκολλο IP δεν παρέχει αξιοπιστία. Μπορεί να συμβεί κατά την εκτέλεση του αλλοίωση στα δεδομένα, απώλεια datagram, επίδοση δεδομένων με καθυστέρηση ή εκτός σειράς (Ρενέση, 2008).

2.1.2. VoIP: Πρωτόκολλα

Μια σύνοδος επικοινωνίας σε ένα δίκτυο VoIP διακρίνεται σε δυο βασικά στάδια: α) στη δημιουργία και μετάδοση των πακέτων της φωνής και β) στον έλεγχο της κλήσης.

Τα δυο στάδια υλοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα των δικτύων IP και από διαφορετικά πρωτόκολλα. Το πρώτο στάδιο υλοποιείται στο επίπεδο μεταφοράς από το πρωτόκολλο RTP (Real Time Transport Protocol) που υλοποιείται πάνω από το πρωτόκολλο UDP (User Datagram Protocol). Το δεύτερο στάδιο υλοποιείται στο επίπεδο συνόδου από τα πρωτόκολλα SIP (Session Initiation Protocol) και H.323, τα οποία καλούν είτε το TCP είτε το UDP στο επίπεδο μεταφοράς και συνεργάζονται με ποικίλα πρωτόκολλα, όπως τα SDP, RTP, RTCP και το MEGACO/H.248.

Τα παραπάνω πρωτόκολλα, καθώς και κάποια άλλα προσεγγίζονται στη συνέχεια, με σκοπό να περιγραφεί ο τρόπος υλοποίησης μιας VoIP κλήσης.



Εικόνα 9: Πρωτόκολλα τεχνολογίας VoIP ανά επίπεδο δικτύου και χρήσης.

2.2. Τα πρωτόκολλα RTP/RTCP

Τα πρωτόκολλα RTP και RTCP συνδέονται στενά. Το RTP πραγματοποιεί την παράδοση των δεδομένων πραγματικού χρόνου (ήχου, video, κ.λ.π) και το RTCP χρησιμοποιείται για την ανάδραση σχετικά με την ποιότητα της παραπάνω υπηρεσίας.

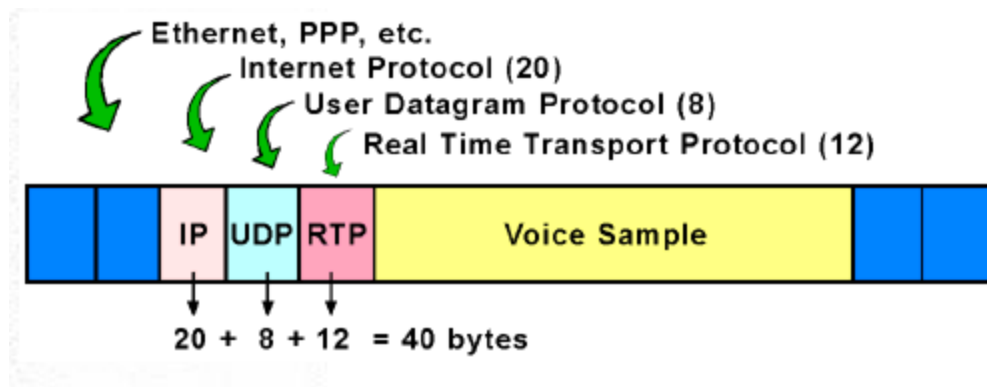
Αρχικά σχεδιάστηκαν για multicast επικοινωνία (πολυμερείς συνόδους), αλλά στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν και για unicast επικοινωνία (διμερείς συνόδους). Γενικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για μονόδρομη, όσο και για αμφίδρομη επικοινωνία (Ρενέση, 2008).

2.2.1. RTP

Το RTP (Real-time Transfer Protocol) είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου για την μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου (όπως είναι τα πολυμεσικά δεδομένα του video και του ήχου) μέσω των IP δικτύων. Χρησιμοποιείται συχνά για τη μεταφορά PCM, ACC, and MP3 αρχείων ήχου και MPEG and H.263 αρχείων video.

Το πρωτόκολλο RTP λειτουργεί πάνω από το πρωτόκολλο UDP. Ο αποστολέας ενθυλακώνει ένα κομμάτι μέσων σε ένα πακέτο RTP, έπειτα το ενθυλακώνει σε ένα τμήμα UDP και στη συνέχεια παραδίδει το τμήμα στο IP πρωτόκολλο. Ο παραλήπτης εξάγει το πακέτο RTP από το τμήμα UDP, στη συνέχεια, αποσπά το κομμάτι των δεδομένων-μέσων από το πακέτο RTP, και στη συνέχεια περνάει το κομμάτι στη συσκευή αναπαραγωγής πολυμέσων για αποκωδικοποίηση και εκτέλεση.

Η μετάδοση του πρωτόκολλου RTP μέσω των πρωτοκόλλων UDP και του IP διαμορφώνει ανάλογα και την επικεφαλίδα του αντίστοιχου πακέτου. Η επικεφαλίδα του IP είναι 20 bytes, του UDP είναι 8 bytes και του RTP 12 bytes. Άρα ένα RTP/UDP/IP πακέτο έχει επικεφαλίδα 40 bytes (Φαφούλα, 2008).



Εικόνα 10: Ένα πακέτο RTP/UDP/IP

Τα τέσσερα κύρια πεδία επικεφαλίδας πακέτων RTP είναι το α) ο τύπος του φορτίου δεδομένων, β) ο σειριακός αριθμός των πακέτων (sequence number), γ) η χρονοσήμανση πακέτων (time stamping) και δ) το πεδίο ταυτοποίησης του αποστολέα.

Το πεδίο του τύπου φορτίου δεδομένων στο πακέτο RTP είναι μήκους 7 bits. Στην περίπτωση μετάδοσης ήχου, το πεδίο τύπου του τύπου φορτίου δεδομένων δείχνει τον τύπο κωδικοποίησης του ήχου (για παράδειγμα, PCM, GSM, MPEG audio κ.α) που χρησιμοποιείται. Εάν ένας αποστολέας αποφασίσει να αλλάξει την κωδικοποίηση στη μέση μιας περιόδου σύνδεσης, είτε για να αυξηθεί η ποιότητα του ήχου, είτε για να μειωθεί το bit rate, μπορεί να ενημερώσει τον παραλήπτη μέσω αυτού του πεδίου. Στην περίπτωση μετάδοσης video, το πεδίο ωφέλιμου φορτίου δείχνει αντίστοιχα τον τύπο κωδικοποίησης του video (MPEG 1, MPEG 2, H.261 κ.α.) που χρησιμοποιείται. Και πάλι, ο αποστολέας μπορεί να αλλάξει κωδικοποίηση video κατά τη διάρκεια της συνόδου και ενημερώνει τον παραλήπτη μέσω αυτού του πεδίου.

Άλλα σημαντικά πεδία είναι τα εξής:

- **Πεδίο σειριακού αριθμού (sequence number) των πακέτων**

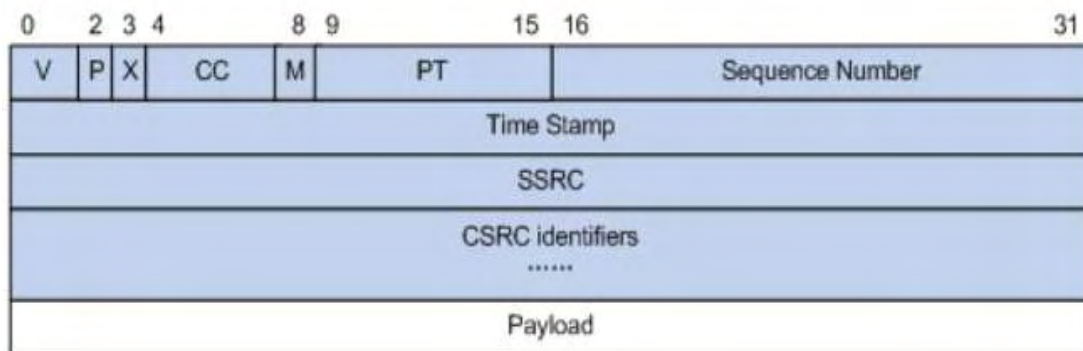
Το πεδίο αυτό έχει μήκος 16 bits. Ο σειριακός αριθμός αυξάνει κατά ένα κάθε φορά που αποστέλλεται ένα πακέτο RTP. Η αρίθμηση των πακέτων (sequence numbering) απαιτείται γιατί το πρωτόκολλο UDP δεν παραδίδει τα πακέτα με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν. Χρησιμοποιώντας τον σειριακό αριθμό, ο παραλήπτης έχει τη δυνατότητα να τα βάλει στη σωστή σειρά. Οι αριθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται επίσης για να ανιχνεύονται οι απώλειες κατά την μετάδοση των πακέτων.

- **Πεδίο χρονοσήμανσης (time stamp) πακέτων**

Το πεδίο αυτό έχει μήκος 32 bits. Η χρονοσήμανση των πακέτων (time stamping) είναι σημαντική για τον παραλήπτη ώστε να κατασκευάσει ξανά τα αρχικά δεδομένα όπως μεταδόθηκαν από τον αποστολέα. Επίσης, χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό των ροών δεδομένων, video και ήχου και στον υπολογισμό στατιστικών στοιχείων μιας ροής.

- **Πεδίο αναγνωριστικού προέλευσης συγχρονισμού (SSRC)**

Το πεδίο SSRC (Synchronization source identifier) έχει μήκος 32 bits. Προσδιορίζει τον αποστολέα του πακέτου RTP. Συνήθως, σε κάθε σύνοδο RTP αποδίδεται μια μοναδική SSRC. Η SSRC δεν είναι η διεύθυνση IP του αποστολέα, αλλά ένας αριθμός που εκχωρείται τυχαία όταν ξεκινά η σύνοδος (Κυριαζοπούλου, 2011).



Εικόνα 11: Μια επικεφαλίδα RTP

2.2.2. RTCP

Το πρωτόκολλο RTPC δεν μεταφέρει δεδομένα κατά τη διάρκεια μιας συνόδου επικοινωνίας. Αυτό το κάνει το πρωτόκολλο RTP, με το οποίο συνεργάζεται στενά. Η πρωταρχική λειτουργία του RTPC είναι να παρακολουθεί, να ελέγχει τη μετάδοση των δεδομένων και να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS), καθώς και αναγνώριση του αποστολέα (source identification) και το συγχρονισμό ανάμεσα σε πιθανά διαφορετικά μέσα και τον τερματισμό της συνόδου.

Το εύρος ζώνης που καταναλώνει η RTCP κίνηση μιας RTP συνόδου, οφείλει να περιορίζεται μέχρι το πολύ 5% του συνολικού εύρους ζώνης που καταναλώνει η σύνοδος. Ανάμεσα στην αποστολή δύο RTCP πακέτων πρέπει να μεσολαβούν τουλάχιστον 5 δευτερόλεπτα.

Το πρωτόκολλο RTCP διακρίνει διάφορους τύπους πακέτων: πακέτο αναφοράς αποστολέα (Sender Report-SR), πακέτο αναφοράς παραλήπτη (Receiver Report-RR), πακέτο περιγραφής αποστολέα (Source Description-SDES), πακέτο αντίο (Goodbye-BYE) και συναρτήσεις εφαρμογής (Application specific-APP.) Επιπλέον, το πρωτόκολλο είναι επεκτάσιμο και επιτρέπει τα πακέτα RTCP για συγκεκριμένη εφαρμογή (Ρενέση, 2008).

- **Αναφορά αποστολέα (Sender Report, SR)**

Η αναφορά αποστολέα αποστέλλεται περιοδικά από τους ενεργούς αποστολείς με σκοπό τα στατιστικά στοιχεία μετάδοσης και λήψης για όλα τα πακέτα RTP που αποστέλλονται. Η αναφορά αποστολέα περιλαμβάνει ένα απόλυτο χρονικό σήμα, το οποίο είναι ο αριθμός των δευτερολέπτων που έχουν περάσει από τα μεσάνυχτα της 1ης Ιανουαρίου 1900. Η απόλυτη χρονική σήμανση επιτρέπει στον δέκτη να συγχρονίζει μηνύματα RTP.

- **Αναφορά του παραλήπτη (Receiver Report, RR)**

Η αναφορά του παραλήπτη αφορά παθητικούς συμμετέχοντες, αυτούς που δεν στέλνουν πακέτα RTP. Η αναφορά ενημερώνει τον αποστολέα σχετικά με την ποιότητα της υπηρεσίας.

- **Περιγραφή αποστολέα (SDES)**

Η περιγραφή αποστολέα χρησιμοποιείται για την παροχή πρόσθετων πληροφοριών για τον αποστολέα όπως το όνομα, η διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, ο αριθμός τηλεφώνου, το όνομα της εφαρμογής και άλλα.

- **Αντίο (Goodbye-BYE)**

Ο τύπος αυτός επισημαίνει την αποχώρηση από τη σύνοδο ενός ή περισσότερων μελών.

2.3. Το πρωτόκολλο MGCP

Το MGCP (Media Gateway Control Protocol) είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης και ελέγχου επικοινωνίας που χρησιμοποιείται στα δίκτυα VoIP. Στηρίζεται σε εντολές και αποκρίσεις σε μορφή κειμένου.

Η αρχιτεκτονική του MGCP περιγράφεται στο πρότυπο RFC 2805 και είναι κατηγορίας master-slave, επειδή οι πύλες των μέσων (media gates-MGs) ελέγχονται από έναν πράκτορα ελέγχου κλήσεων, τον ελεγκτή πύλης μέσων (media gateway controller-MGC) ή πράκτορα κλήσης (call agent-CA). Το σύστημα αποτελείται από τουλάχιστον ένα MGC ή CA και μία ή περισσότερες πύλες πολυμέσων, οι οποίες μετατρέπουν τα σήματα που προέρχονται από δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος και δίκτυα μεταγωγής πακέτου και τουλάχιστον μιας πύλης σηματοδότησης (signal gate-SG) όταν συνδέεται με δίκτυο PSTN. Οι πύλες των πολυμέσων και τα τελικά σημεία έχουν περιορισμένη ευφυΐα, ενώ οι MGC/CA περισσότερη. Αυτοί, είναι οι υπεύθυνοι για το συγχρονισμό τους και τον έλεγχο των πυλών με την αποστολή αιτημάτων και αποκρίσεων (Φαφούλα, 2008).

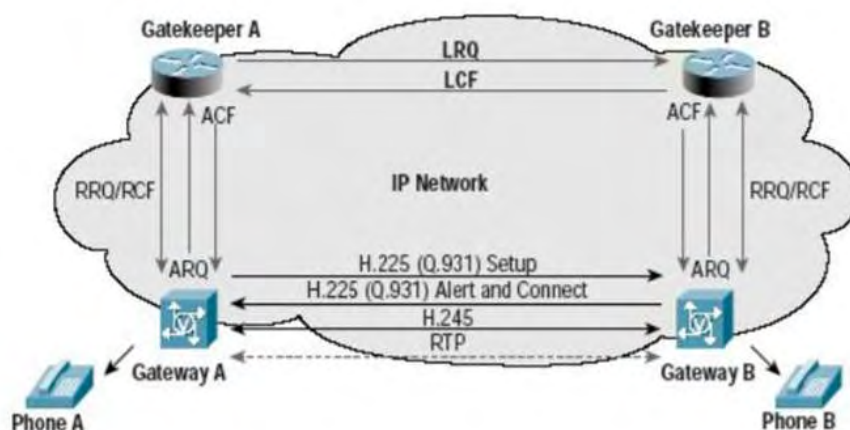
Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει εννέα εντολές (ένα ρήμα τεσσάρων γραμμάτων) AUER, AUCX, CRCX, DLCX, EPCF, MDCX, NTFY, RQNT και RSIP. Οι απαντήσεις αρχίζουν με έναν τριψήφιο κωδικό αριθμητικής απάντησης που προσδιορίζει την έξοδο ή το αποτέλεσμα της συναλλαγής.

Οι εντολές περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια:

AUER: Έλεγχος τελικού σημείου (από τον CA),

AUCX: Έλεγχος σύνδεσης (από τον CA),

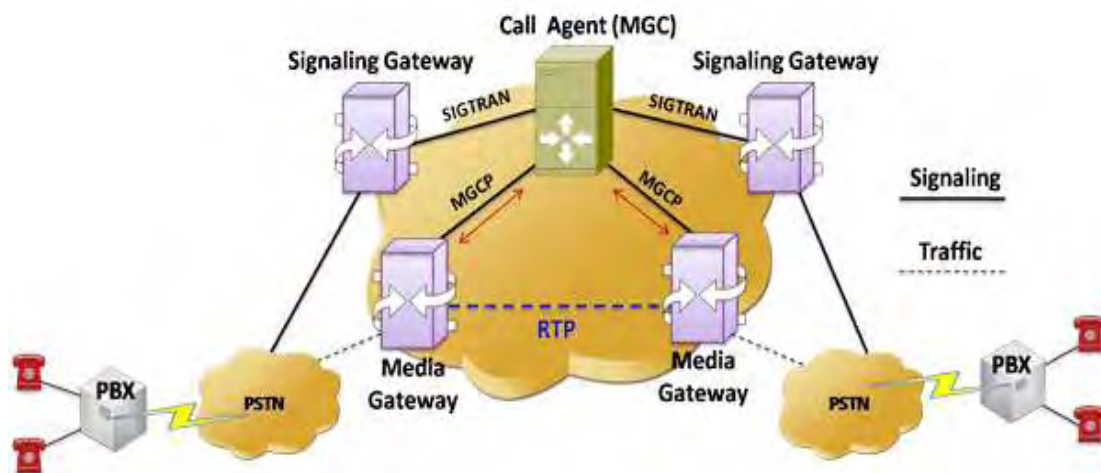
CRCX: Δημιουργία σύνδεσης (από τον CA για ένα τελικό σημείο),
 DLCX: Διαγραφή σύνδεσης (από τον CA ή ένα τελικό σημείο για ένα άλλο τελικό σημείο),
 MDCX: Τροποποίηση σύνδεσης (από τον CA για ένα τελικό σημείο),
 RQNT: Αίτηση ειδοποίησης (από τον CA σε ένα τελικό σημείο),
 EPCF: Διαμόρφωση τελικού σημείου (από τον CA σε ένα τελικό σημείο),
 NTFY: Ειδοποίηση (από ένα τελικό σημείο στον CA),
 RSIP: Επανεκκίνηση σε εξέλιξη (από ένα τελικό σημείο στον CA).



Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου MGCP

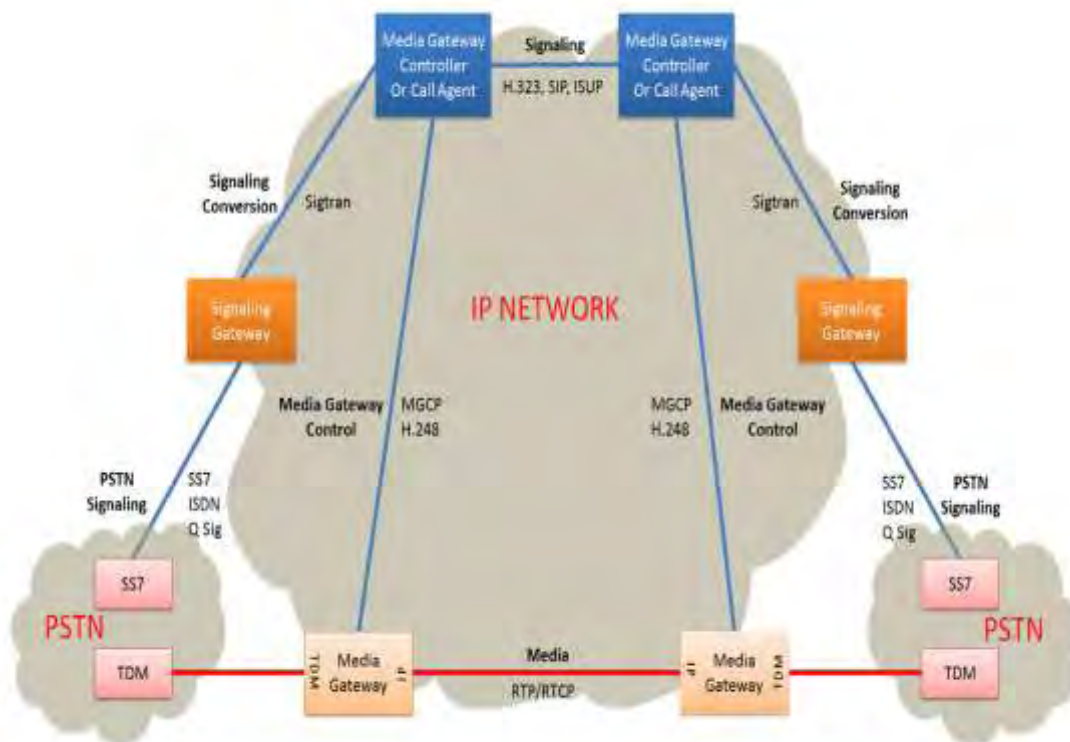
2.4. Το πρωτόκολλο MEGACO/H.248

Μια πιο εξελιγμένη έκδοση του MGCP είναι το MEGACO/H.248, το οποίο προήλθε από τη συνεργασία των οργανισμών ITU και IETF και παρέχει λειτουργίες όμοιες με του MGCP.



Εικόνα 13: Το πρωτόκολλο MGCP

Λόγω του χαμηλού επιπέδου της δομής ελέγχου, το MEGACO/H.248 θεωρείται ως συμπληρωματικό των πρωτοκόλλων H.323 και SIP (Session Initiation Protocol). Ενώ ένας ελεγκτής πύλης μέσων (MGC) χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο MEGACO/H.248 για την εγκατάσταση και τον έλεγχο των πυλών πολυμέσων (Media Gates-MGs), άλλα πρωτόκολλα VoIP, όπως το SIP και το H.323, χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ των MGCs (Φαφούλα, 2008).



Εικόνα 14: Το πρωτόκολλο MEGACO/H.248

Το μοντέλο MEGACO/H.248 είναι πιο πολύπλοκο από το μοντέλο MGCP (Media Gateway Control Protocol) και παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία κατά τον καθορισμό του ελέγχου των μέσων. Η κωδικοποίηση του μπορεί να είναι είτε κείμενο, είτε δυαδική μορφή. Το πρωτόκολλο μεταφοράς του μπορεί να είναι TCP, UDP ή SCTP, ενώ στο MGCP το πρωτόκολλο μεταφοράς είναι αποκλειστικά το UDP.

2.5. Το πρωτόκολλο IAX

Το Inter-Asterisk eXchange (IAX) είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που υπάρχει στο Asterisk PBX (Private Branch Exchange) και υποστηρίζεται και από μερικά άλλα συστήματα PBX, soft-switches, και soft-phones. Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά συνόδων VoIP μεταξύ servers και τερματικών συσκευών.

Το IAX είναι ένα δυαδικό κωδικοποιημένο πρωτόκολλο που έχει σχεδιαστεί κυρίως για VoIP, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε τύπο μέσων ακόμα και video.

Το πρωτόκολλο IAX δεν χρησιμοποιεί το RTP πρωτόκολλο, αλλά το User Datagram Protocol σε μια συγκεκριμένη θύρα Internet (τη θύρα 4569) για την αποστολή και λήψη σηματοδότησης και μέσων. Το IAX διασχίζει εύκολα τα τείχη προστασίας και χρησιμοποιεί λιγότερους πόρους σε σύγκριση με το RTP.

Αντί να αναλύει εντολές κειμένου, το IAX χρησιμοποιεί δυαδικά ψηφία, αφού αυτός είναι ο αμεσότερος τρόπος επικοινωνίας των συσκευών.

Το πρωτόκολλο IAX μεταδίδει πακέτα ήχου με μόνο 4 bytes στην κεφαλίδα και απαιτεί πολύ μικρό εύρος ζώνης. Για πολλαπλές και ταυτόχρονες κλήσεις, το κανάλι IAX μειώνει το φορτίο κάθε καναλιού συνδυάζοντας τα δεδομένα διαφόρων καναλιών σε ένα πακέτο. Έτσι, συρρικνώνεται ο αριθμός των κεφαλίδων αλλά και ο αριθμός των πακέτων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα ασύρματα δίκτυα.

Το πρωτόκολλο IAX επεκτείνεται με σκοπό να συμπεριλάβει την κρυπτογράφηση και τη λειτουργία ενδοεπικοινωνίας. Η έλλειψη ενός αυστηρά καθορισμένου και τεκμηριωμένου προτύπου, είναι ένα αρνητικό σημείο του πρωτοκόλλου. Παρόλα αυτά, έχουν κυκλοφορήσει στο εμπόριο πολλά νέα προϊόντα συμβατά με το IAX.

Ο στόχος του πρωτοκόλλου IAX είναι να κάνει το VoIP τόσο απλό, όσο και το PSTN, έτσι ώστε απλοί χρήστες να μπορούν να συνδέουν και να χρησιμοποιούν άμεσα και με ελάχιστο κόστος IP-phones (Ρενέση, 2008).

2.6. Τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας

Τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας είναι υπεύθυνα για την έναρξη, την τροποποίηση, τον έλεγχο και τον τερματισμό μιας συνόδου με έναν ή περισσότερους συμμετέχοντες. Στην περίπτωση της VoIP τεχνολογίας, η σύνοδος είναι μια φωνητική κλήση.

Δύο από τα πιο δημοφιλή πρωτόκολλα σηματοδοσίας στα IP δίκτυα είναι το H.323 και το SIP (Session Initiation Protocol). Σκοπός και των δυο είναι η ανάλυση των παραμέτρων μιας VoIP κλήσης, η επικοινωνία των χρηστών-ακόμα κι αν βρίσκονται σε διαφορετικά δίκτυα- και η μεταφορά των δεδομένων φωνής. Για αυτό το λόγο έχουν πολλά κοινά στοιχεία, αλλά και πολλές διαφορές.

Και τα δυο πρωτόκολλα σηματοδοσίας είναι συνεχώς αναπτυσσόμενα και εμπλουτίζονται διαρκώς με καινούργιες υπηρεσίες και εφαρμογές. Λειτουργούν ανταγωνιστικά, αλλά και συμπληρωματικά μεταξύ τους (Φωτιάδου, 2006).

2.6.1. Το πρωτόκολλο H.323

Το πρωτόκολλο σηματοδοσίας H.323 δημιουργήθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Επικοινωνίας ITU και αποτελεί εξέλιξη του πρωτοκόλλου H.320. Σκοπός του είναι η υποστήριξη μετάδοσης πολυμεσικών εφαρμογών και υπηρεσιών φωνής πάνω από δίκτυα IP, περιορίζοντας το χαρακτηριστικό της καθυστέρησης. Στα χαρακτηριστικά των σύγχρονων δικτύων έπρεπε να συνυπολογιστεί η μεγάλη αύξηση της ταχύτητας στη μετάδοση, στην προβολή και στην αποθήκευση της πληροφορίας. Έχει πολύ καλή συνεργασία με τα τηλεφωνικά δίκτυα PSTN και ISDN, μιας που ο πρόγονός του το πρωτόκολλο H.320 είχε δημιουργηθεί αρχικά για το PSTN.

Κύρια χαρακτηριστικά του είναι η ανεξαρτησία από κατασκευαστές χρηστών, από είδος χρηστών (PC, soft-phones, κ.α), από εγκατεστημένες υποδομές δικτύων και η δυνατότητα multicasting επικοινωνία. Γενικότερα, το πρωτόκολλο σηματοδοσίας H.323 αποτελεί ένα ενιαίο πρότυπο διαχείρισης πληροφορίας φωνής και video που ενσωματώνει πολλές, παλιές και νέες τεχνολογίες διαφορετικών κατασκευαστών.

Το πρωτόκολλο H.323 αποτελείται από τέσσερις οντότητες: τα Terminals, τα Multipoint Control Units (MCUs), τα Gatekeepers και προαιρετικά τα Gateways. Το σύνολο των Terminals, των Gateways και των MCUs που ελέγχονται από μία Gatekeeper, συνθέτουν μία H.323 ζώνη (Φωτιάδου, 2006).

H.323 Components



Εικόνα 15: Αρχιτεκτονική βασισμένη στο πρότυπο H.323

- **Terminals**

Τερματικά, τελικά σημεία χρηστών. Οι χρήστες επικοινωνούν αμφίδρομα και μεταδίδουν υποχρεωτικά ηχητικά σήματα, και προαιρετικά άλλα δεδομένα και video.

Πρόκειται για τα τελικά σημεία χρηστών, που υποστηρίζουν αμφίδρομη επικοινωνία σίγουρα φωνής και προαιρετικά video και άλλων τύπων δεδομένων. Το H.323 καθορίζει τον τρόπο επικοινωνίας των διαφορετικών τερματικών. Τα τερματικά θα πρέπει επιπλέον να υποστηρίζουν:

- το πρότυπο H.245 για τον καθορισμό των καναλιών επικοινωνίας μεταξύ των τερματικών,
- το πρότυπο Q.931 για της σηματοδότηση της τηλεφωνικής κλήσης,
- το πρότυπο RAS (Registration/Admission /Status) για την επικοινωνία με το gatekeeper,
- τα RTP/ RTCP πρωτόκολλα για την αποστολή και τη λήψη των πακέτων φωνής,
- το πρότυπο G.711 για τη συμπίεση και την απόδοση των πακέτων φωνής με ρυθμό 54 ή 64 Kbps σε ένα τοπικό δίκτυο.

- **Multipoint Conference Unit (MCU)**

Είναι η μονάδα που καθορίζει και ελέγχει την ταυτόχρονη διασύνδεση τριών και πλέον τερματικών σταθμών. Αποτελείται από έναν MC (Multipoint Controller), ο οποίος μέσω του πρωτοκόλλου H.245 επιτυγχάνει τη συνεννόηση των τερματικών με σκοπό την επίτευξη της επικοινωνίας τους και επικουρικά ανακαλύπτει τους αποστολείς multicast πακέτων. Επιπλέον, μπορεί να διαθέτει και ένα ή περισσότερους MPs (Multipoint

Processors), οι οποίοι αναλαμβάνουν ουσιαστικά τη μετάδοση της φωνής και/ή του video, μέσω της δρομολόγησης και της ανάλογης ανάμειξης.

- **Gatekeeper**

Αποτελεί μια από τις σημαντικότερες οντότητες του H.323 πρωτοκόλλου. Μπορεί να μην υπάρχει ως αυτόνομη συσκευή, αλλά να είναι ενσωματωμένο στην Gateway ή στο MCU.

Οι υπηρεσίες που υποχρεωτικά παρέχει είναι η μετάφραση των διευθύνσεων των τερματικών σε πραγματικές IP διευθύνσεις, μέσω του προτύπου RAS (Registration/ Admission/Status), ο έλεγχος του εύρους ζώνης και η διαχείριση των H.323 ζωνών. Επιπλέον, προαιρετικά μπορεί να παρέχει σηματοδότηση έλεγχου κλήσης, αδειοδότηση της κλήσης, διαχείριση των κλήσεων, δρομολόγηση της σηματοδότησης των κλήσεων κ.α.

- **Gateway**

Είναι μια προαιρετική οντότητα για το H.323. Δεν είναι υποχρεωτική όταν τα τερματικά επιθυμούν επικοινωνία αποκλειστικά εντός του τοπικού δικτύου. Περιλαμβάνει τη φυσική και λογική διεπαφή χρήσης μεταξύ των τηλεφωνικών συσκευών και του επικοινωνιακού δικτύου. Λειτουργεί συμβατικά για PSTN δίκτυα, ενώ όταν πρόκειται για IP δίκτυα πρώτα μετατρέπει τα τηλεφωνικά κυκλώματα σε πακέτα δεδομένων, τα οποία έπειτα δρομολογεί ανάλογα μέσω του gatekeeper και του προτύπου RAS (Φαφούλα, 2008).

2.6.2. SIP (Session Initiation Protocol)

2.6.2.1. Περιγραφή του SIP (Session Initiation Protocol)

Το πρωτόκολλο σηματοδότησης SIP δημιουργήθηκε από την εταιρεία IETF (Internet Engineering Task Force) στον αντίποδα του πρωτοκόλλου H.323 της εταιρείας ITU και δημοσιεύθηκε πρώτη φορά το 1999. Από τότε δημιουργήθηκαν πολλές τροποποιημένες και βελτιωμένες εκδόσεις του, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν με ιδιαίτερο ενδιαφέρον και μεγάλη απήχηση. Χαρακτηρίζεται για την απλότητα του στην υλοποίηση, την επεκτασιμότητα του, και την ανεξαρτησία του από τα πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου και τις ποικίλες αρχιτεκτονικές.

Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο του στρώματος εφαρμογής του προτύπου TCP/IP. Χρησιμοποιείται κυρίως για να εγκαθιστά, να τροποποιεί και να τερματίζει διμερείς (unicast) ή πολυμερείς (multicast) συνόδους επικοινωνίας πολυμέσων (κυρίως κλήσεις VoIP ή video μέσω δικτύου), ανάμεσα σε δυο ή περισσότερα τερματικά.

Το πρωτόκολλο SIP παρέχει τις εξής βασικές λειτουργικότητες: εντοπισμό του χρήστη, διαθεσιμότητα του χρήστη, δυνατότητες της συσκευής του χρήστη, εγκατάσταση της συνόδου επικοινωνίας και διαχείριση της συνόδου επικοινωνίας.

Περιλαμβάνει στοιχεία από δύο βασικά πρωτόκολλα του Internet. Από το πρωτόκολλο HTTP (Hyper-Text Transfer Protocol) έχει δανειστεί τη σχεδίαση πελάτη-εξυπηρετητή (client-server) και τη χρήση των URL (Uniform Resource Locators) και URI (Uniform Resource Identifiers). Από το SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) έχει υιοθετήσει την κωδικοποίηση του κειμένου και την μορφή της επικεφαλίδας των μηνυμάτων, ενώ χρησιμοποιεί το UTF-8 (Uniform Transformation Format-8) σύνολο χαρακτήρων. Με ένα URI αποδίδονται διευθύνσεις στους χρήστες του πρωτοκόλλου SIP. Η γενική μορφή ενός SIP URI είναι: SIP:user:password@host:port;uri-parameters?headers, δηλαδή αποτελείται από το όνομα του χρήστη και το όνομα του host.

Το SIP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδοσίας που πρέπει να συνεργαστεί με άλλα πρωτόκολλα –όπως το RTP, RTPC, το MGCP, το MEGACO και το SDP (Session Description Protocol) με σκοπό τη λειτουργία ενός δικτύου επικοινωνίας.

Τα μηνύματα που ανταλλάσσονται ανάμεσα σε δυο χρήστες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις αιτήσεις και στις αποκρίσεις (requests και responses). Η αίτηση είναι ένα SIP μήνυμα που στέλνεται από έναν πελάτη (client) σε έναν εξυπηρετητή (server), με σκοπό ο server να εκτελέσει μια συγκεκριμένη λειτουργία. Αντίστοιχα, η απόκριση είναι ένα SIP μήνυμα που στέλνεται πίσω από έναν εξυπηρετητή (server) σε έναν πελάτη (client) απαντώντας για την κατάσταση του αιτήματος του πελάτη. Πιο συγκεκριμένα, μια τελική απόκριση (Final Response) είναι η απόκριση, η οποία τερματίζει την SIP συναλλαγή μηνυμάτων και είναι της μορφής 2xx, 3xx, 4xx, 5xx και 6xx.

Το πρωτόκολλο SIP έχει αρκετές δυνατότητες και πολλές χρήσεις, αλλά δεν έχει τη δυνατότητα πλήρους περιγραφής όλων των παραμέτρων μιας VoIP κλήσης. Για το λόγο αυτό καλεί και χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SDP (Session Description Protocol), για τον λεπτομερή προσδιορισμό των παραμέτρων της συνόδου (Ρενέση, 2008).

2.6.2.2. SIP Οντότητες

Οι λογικές οντότητες που απαρτίζουν ένα πρωτόκολλο SIP είναι οι User Agents και οι servers δικτύου (SIP Registrar Servers, SIP Proxy Servers και SIP Redirect).

- **User Agent (UAs)**

Είναι το λογισμικό που είναι εγκατεστημένο στις συσκευές των τελικών χρηστών. Διακρίνονται σε δυο είδη: τον UAC (User Agent Client) και τον UAS (User Agent Server). Ο UAC είναι μια εφαρμογή client, που εκτελεί τα SIP Requests, ενώ ο UAS είναι μια εφαρμογή server, η οποία όταν λάβει ένα SIP Request από τον χρήστη, το επεξεργάζεται και απαντά αναλόγως στο χρήστη. Οι User Agents επομένως είναι υπεύθυνοι για την επικοινωνία ανάμεσα στους χρήστες, είτε διαδραματίζοντας το ρόλο client, είτε το ρόλο server.

- **Redirect Server**

Ο SIP Redirect Server δέχεται τα SIP Requests, αλλά αντί να τα προωθήσει, ειδοποιεί τον αποστολέα για το επόμενο άλμα και τον αφήνει να μετακινήσει το μήνυμα στον τελικό του προορισμό. Οι SIP Redirect Servers συνήθως δεν είναι αυτόνομοι, αλλά συνυπάρχουν στο ίδιο υλικό με τους SIP Registrar Servers και τους SIP Proxy Servers.

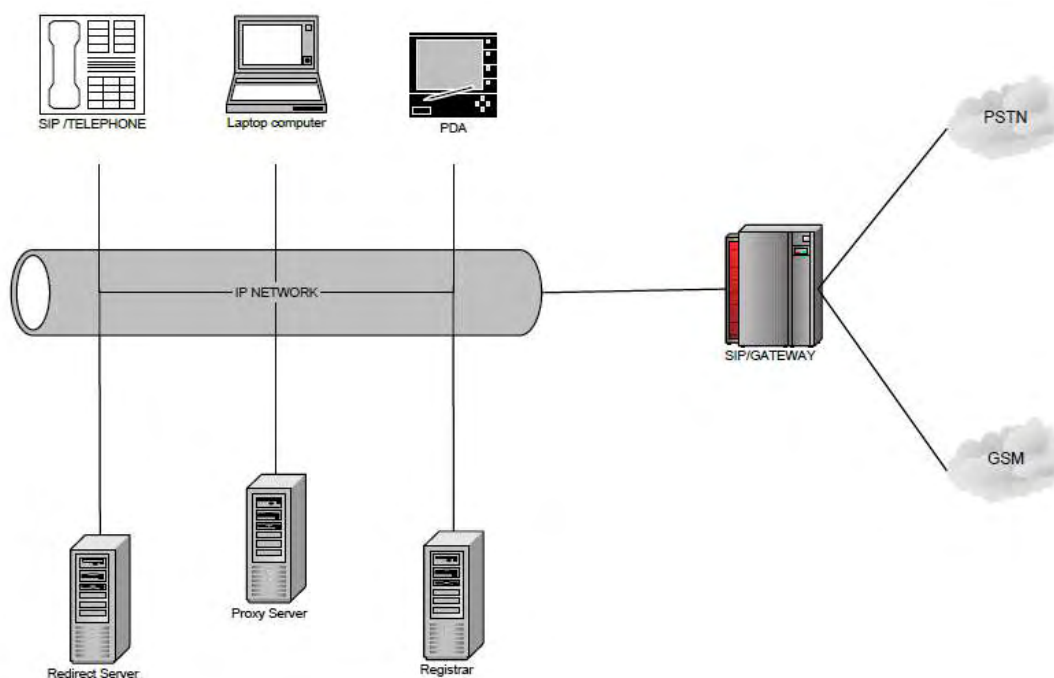
- **Registrar Server**

Ο SIP Registrar Server δέχεται REGISTER requests. Νωρίτερα, κάθε SIP Registrar Server έχει δεχτεί εγγραφές από τους χρήστες και τοποθέτησε αυτές τις καταχωρίσεις (που ουσιαστικά αποτελούν πληροφορίες θέσης) σε μια βάση δεδομένων γνωστή ως υπηρεσία εντοπισμού θέσης. Η διαδικασία εγγραφής συνδέει έναν χρήστη με ένα συγκεκριμένο domain (διεύθυνση IP). Όταν υπάρχει μια εισερχόμενη περίοδος σύνδεσης για έναν χρήστη εντός του domain, ο SIP Proxy Server ρωτά τον Registrar Server για να καθορίσει τη διαδρομή των μηνυμάτων σηματοδότησης.

- **Proxy Server**

Είναι το λογισμικό που εκτελείται από τους κεντρικούς κόμβους ενός VoIP δικτύου και αποδέχεται τα requests που υποβάλλονται από τους SIP UAs (User Agents Clients) για την εγκατάσταση επικοινωνίας.

Πρώτα, επικοινωνεί με τον SIP Registrar Server για να λάβει τη σχετική πληροφορία για τον εντοπισμό της τρέχουσας θέση του χρήστη που καλείται. Όταν ο χρήστης αυτός εντοπιστεί τότε το SIP request προωθείται στον UAS (User Agent Server) του χρήστη, ή σε άλλον καταλληλότερο SIP Proxy Server. Στην περίπτωση που ο χρήστης που καλείται δεν βρεθεί μετά συγκεκριμένο αριθμό προσπαθειών, τότε ο SIP Proxy Server αποστέλλει ένα ανάλογο SIP response, στον αρχικό χρήστη που έστειλε το αίτημα για επικοινωνία. Ένας SIP Proxy Server ερμηνεύει και εάν κρίνει απαραίτητο, τροποποιεί ένα SIP request πριν το προωθήσει στον αντίστοιχο SIP UA ή σε άλλον SIP Proxy Server (Πενέση, 2008).



Εικόνα 16: Αρχιτεκτονική συστήματος SIP

2.6.2.3. Η ορολογία του πρωτοκόλλου SIP

- **AOR (Address-Of-Record)**

Είναι το αναγνωριστικό κάθε χρήστη, το οποίο καθορίζει το domain και έτσι χαρακτηρίζεται η θέση του χρήστη.

- **Call**

Είναι ο όρος που σημαίνει έναρξη μιας επικοινωνίας πολυμέσων ανάμεσα σε δυο οντότητες του συστήματος.

- **Call Stateful**

Μια οντότητα αποκαλείται stateful αν η κατάσταση του παραμένει σταθερά ενεργή από την αρχή μιας συνομιλίας με INVITE request μέχρι το πέρας της, με το BYE Request.

- **Client**

Είναι μια οποιαδήποτε οντότητα ενός δικτύου, η οποία στέλνει SIP requests και δέχεται SIP responses. Ένας Client δεν είναι απαραίτητο να διαδρά με έναν ανθρώπινο χρήστη.

- **Conference**

Είναι μια πολυμεσική επικοινωνία που περιλαμβάνει πολλούς συμμετέχοντες.

- **Final Response**

Είναι η απάντηση, η οποία τερματίζει την SIP συναλλαγή. Διακρίνεται από την προσωρινή απάντηση, η οποία δεν τερματίζει τη συναλλαγή SIP μηνυμάτων. Όλες οι τελικές απαντήσεις έχουν μορφή 2xx, 3xx, 4xx, 5xx και 6xx.

- **Request**

Ένα SIP μήνυμα που στέλνεται από τον πελάτη (Client) σε κάποιον εξυπηρετητή (Server), με σκοπό να προκαλέσει την απάντηση του Server, η οποία ουσιαστικά είναι η εκτέλεση μιας διαδικασίας.

- **Response**

Ένα SIP μήνυμα που στέλνεται από έναν εξυπηρετητή (Server) σε έναν πελάτη (Client) ως απάντηση στο SIP Request που του είχε αποστείλει νωρίτερα.

- **Ringback**

Ένα τονικό σήμα που παράγεται από την συσκευή που καλεί και δίνει την πληροφορία ότι στην συσκευή του καλούμενου αναπαράγεται ήχος κλήσης.

- **Dialog**

Μια από άκρο-σε-άκρο σύνδεση ανάμεσα σε δύο User Agents, με στόχο να επικοινωνήσουν με ανταλλαγή SIP μηνυμάτων. Κάθε διάλογος χαρακτηρίζεται από ένα call-ID.

- **Header**

Είναι η επικεφαλίδα ενός SIP μηνύματος, που περιέχει πληροφορίες για το μήνυμα. Διακρίνεται σε διάφορα πεδία (header fields). Τα πεδία αυτά περιλαμβάνουν το όνομα ενός χαρακτηριστικού και μία ή περισσότερες τιμές για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

- **Home Domain**

Είναι το domain που παρέχει κάποια υπηρεσία στο χρήστη του SIP. Το domain αυτό βρίσκεται και στην AOR (Address-Of-Record) του χρήστη.

- **Location Service**

Είναι ο τρόπος με τον οποίο οι SIP Servers εντοπίζουν την πιθανή θέση του καλούμενου χρήστη. Αποτελείται από μια λίστα αντιστοίχισης των AORs σε μία ή περισσότερες διευθύνσεις, όπου μπορεί να είναι διαθέσιμος ο χρήστης.

- **SIP Server**

Είναι μια οντότητα του δικτύου, που δέχεται SIP requests με σκοπό να τις εξυπηρετήσει και στέλνει πίσω SIP response ως απάντηση σε αυτές τις αιτήσεις.

- **SIP Transaction**

Είναι η συναλλαγή που εκτελείται ανάμεσα σε έναν client και έναν server και περιλαμβάνει όλα τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ τους (Ρενέση, 2008).

2.6.2.4. SIP Requests

Οι SIP Requests αναγνωρίζονται στη γραμμή αίτησης (Request-line). Η Request-line περιλαμβάνει το όνομα μιας από τις έξι μεθόδους που ακολουθούν, ένα ζητούμενο URI (Request-URI) που δηλώνει τον χρήστη ή την υπηρεσία, στην οποία αναφέρεται το συγκεκριμένο SIP request και την έκδοση του πρωτοκόλλου, χωρισμένα μεταξύ τους με ένα κενό χαρακτήρα.

Οι έξι μέθοδοι είναι οι REGISTER, INVITE, ACK, CANCEL, BYE, OPTIONS

Μέθοδος REGISTER

- **Η μέθοδος REGISTER**

Χρησιμοποιείται από τον User Agent για να δηλώσει στο SIP δίκτυο την τρέχουσα διεύθυνση επικοινωνίας του, δηλαδή το AOR της κάθε οντότητας.

Τα πεδία που περιλαμβάνει ένα REGISTER Request είναι τα: Call-ID, CSeq, From, To, Via, και Max-Forwards. (Αγιομυργιαννάκης, 2007).

- **Η μέθοδος INVITE**

Χρησιμοποιείται από τον User Agent όταν θέλει να ξεκινήσει τη διαδικασία επικοινωνίας με έναν άλλο User Agent. Το μήνυμα μιας μεθόδου INVITE μπορεί να περιέχει πληροφορίες μέσου του αποστολέα, πληροφορίες για τη σύνοδο (π.χ. ποιότητα υπηρεσίας QoS) ή πληροφορίες ασφάλειας. Η οντότητα που στέλνει το INVITE request δημιουργεί ένα μοναδικό Call-ID, που χαρακτηρίζει όλη τη σύνοδο, εγκαθιστά μια κλήση μεταξύ των δύο User Agents, που διαρκεί, ώσπου ένα BYE request σταλεί από έναν από τους δύο και τερματίζεται η σύνοδος.

Τα πεδία που περιλαμβάνει ένα INVITE request είναι τα: Call-ID, CSeq, From, To, Via, και Max-Forwards. (Αγιομυργιαννάκης, 2007).

- **Η μέθοδος ACK**

Χρησιμοποιείται από τον User Agent για την επιβεβαίωση ότι έχει λάβει μια τελική απάντηση για ένα INVITE request και μόνο που έστειλε προηγουμένως. Το πεδίο CSeq της επικεφαλίδας δεν αυξάνεται για ένα ACK Request, αλλά αλλάζει μόνο για τη μέθοδο που επιτυγχάνει. Έτσι, ο αριθμός του ACK αντιστοιχίζεται με τον αριθμό CSeq του INVITE στο οποίο αναφέρεται.

- **Μέθοδος CANCEL**

Χρησιμοποιείται για τον τερματισμό κλήσεων από έναν User Agent ή αναζητήσεων από έναν Proxy Server, αφού έχει ληφθεί μια 1xx απάντηση.

- **Μέθοδος BYE**

Χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τους User Agents για τον τερματισμό μιας συνόδου τους. Αποστέλλεται αποκλειστικά και μόνο ανάμεσα στους συμμετέχοντες User Agents, χωρίς τη διαμεσολάβηση κάποιου Server.

Τα πεδία που πρέπει να υπάρχουν σε ένα INVITE Request είναι: Call-ID, CSeq, From, To, Via, Max-Forwards (Αγιομυργιαννάκης, 2007).

2.6.2.5. SIP Responses

Δημιουργείται από έναν SIP Server ή από έναν User Agent Server ως απάντηση σε ένα SIP request κάποιου User Agent Client UAC. Η απάντηση περιλαμβάνει μια γραμμή κατάστασης (Status-line), η οποία περιέχει έναν τριψήφιο κωδικό (status code) και την εξήγηση (reason) που αντιστοιχεί σε αυτόν τον κωδικό. Οι κωδικοί αυτοί χωρίζονται σε έξι ομάδες, οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- 1xx (Informational), Ενημερωτικές απαντήσεις που υποδεικνύουν ότι ο server πραγματοποιεί ακόμα ενέργειες και δεν έχει ακόμη μια οριστική απάντηση. Ένας server στέλνει μια απάντηση 1xx αν βρίσκεται στην αναμονή περισσότερο από 200 ms για να αποκτήσει μια τελική απάντηση. Οι απαντήσεις 1xx δεν μεταδίδονται αξιόπιστα και δεν προκαλούν στον client να στείλει μια μέθοδο ACK. Συγκεκριμένα,

100=Γίνεται προσπάθεια

180=Το τηλέφωνο χτυπά

181=Η κλήση προωθείται

182=Η κλήση βρίσκεται σε αναμονή

183=Πρόσδος συνόδου

- 2xx (Success), Το αίτημα επιτεύχθηκε. Οι πληροφορίες που επιστρέφονται με την απάντηση εξαρτώνται από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται στο αίτημα. Συγκεκριμένα,

200=OK

202=έγινε αποδοχή: Χρησιμοποιείται για παραπομπές

- 3xx (Redirection), Παρέχουν πληροφορίες για τη νέα τοποθεσία του χρήστη ή για εναλλακτικές υπηρεσίες που μπορεί να ικανοποιήσουν την κλήση. Συγκεκριμένα,

300=Πολλαπλές Επιλογές

301=Μετακινήθηκε μόνιμα

302=Μετακινήθηκε προσωρινά

305=Χρησιμοποιήστε διακομιστή μεσολάβησης

380=Εναλλακτική υπηρεσία

- 4xx (Client error), Αποκρίσεις οριστικής αποτυχίας από έναν συγκεκριμένο server. Ο client δεν πρέπει να επαναλάβει το ίδιο αίτημα χωρίς τροποποίηση.

Ωστόσο, το ίδιο αίτημα σε διαφορετικό server μπορεί να είναι επιτυχές.

Συγκεκριμένα,

400=Κακή αίτηση

401=Έλλειψη εξουσιοδότησης: Χρησιμοποιείται μόνο από καταχωρητές. Οι διακομιστές μεσολάβησης θα πρέπει να χρησιμοποιούν εξουσιοδότηση εκπροσώπου 407

402=Απαιτείται πληρωμή (Δεσμεύεται για μελλοντική χρήση)

403=Απαγορεύεται

404=Ο χρήστης δεν βρέθηκε

405=Η μέθοδος δεν επιτρέπεται

406=Μη αποδεκτή μέθοδος

407=Απαιτείται επαλήθευση εκπροσώπου

408=Πέρασ χρόνιου ορίου αίτησης: Ο χρήστης δεν βρέθηκε έγκαιρα

410=Αποχώρησε: Ο χρήστης κάποτε υπήρχε, αλλά δεν είναι πλέον διαθέσιμος εδώ

413=Υπερβολικά μεγάλη οντότητα αίτησης

414=Υπερβολικά μεγάλη αίτηση-URI

415=Μη υποστηριζόμενος τύπος μέσων

416=Μη υποστηριζόμενο σχήμα URI

420= Κακή επέκταση χρησιμοποιούμενου πρωτοκόλλου SIP, δεν αναγνωρίζεται από το διακομιστή

421=Απαιτείται επέκταση

423=Υπερβολικά σύντομο διάστημα

480=Προσωρινά μη διαθέσιμη

481=Η κλήση/συναλλαγή δεν υπάρχει

482=Ανιχνεύτηκε βρόχος

483=Υπερβολικά πολλές μεταπηδήσεις

484=Ατελής διεύθυνση

485=Δεν είναι αμφίσημη

486=Απασχολημένη εδώ

487=Η αίτηση τερματίστηκε

488=Μη αποδεκτή εδώ

491=Η αίτηση εκκρεμεί

493=Μη αποκρυπτογραφήσιμη: Δεν ήταν δυνατή η αποκρυπτογράφηση τμήματος του σώματος του S/MIME

- 5xx (Server failure), Απαντήσεις αποτυχίας που δίνονται όταν ένας ίδιος oserver έχει σφάλει. Συγκεκριμένα,
500=Εσωτερικό σφάλμα δακομιστή
501=Δεν εφαρμόστηκε: Η μέθοδος αίτησης SIP δεν εφαρμόστηκε εδώ
502=Κακή πύλη
503=Μη διαθέσιμη υπηρεσία
504=Πέρασ χρόνικου ορίου διακομιστή
505=Μη υποστηριζόμενη έκδοση: Ο διακομιστής δεν υποστηρίζει αυτή την έκδοση του πρωτοκόλλου SIP
513=Υπερβολικά μεγάλο μήνυμα
- 6xx (Global failure). Ο server έχει οριστικές πληροφορίες σχετικά με έναν συγκεκριμένο χρήστη, όχι μόνο το συγκεκριμένο παράδειγμα που αναγράφεται στο URI-Request. Συγκεκριμένα,
600=Απασχολημένη παντού
603=Απόρριψη
604=Δεν υπάρχει πουθενά
606=Μη αποδεκτή (Φράγκος, 2014)

2.6.2.6. SIP και CODEC

Ο CODEC (COder-DECoder) είναι υπεύθυνος για δυο πολύ σημαντικές λειτουργίες της τεχνολογίας VoIP. Αρχικά, μετατρέπει ένα αναλογικό φωνητικό σήμα σε ψηφιακή μορφή, ώστε αυτό να μπορεί να μεταδοθεί εύκολα. Έπειτα, μετατρέπει το συμπιεσμένο ψηφιακό σήμα στην αρχική αναλογική μορφή του, έτσι ώστε να μπορεί να επαναληφθεί.

Υπάρχουν πολλοί CODECs διαθέσιμοι στην αγορά. Κάποιοι είναι δωρεάν, ενώ άλλοι χρειάζονται άδεια. Διαφέρουν στην ποιότητα του ήχου και ποικίλλουν ανάλογα με το εύρος ζώνης. Το υλικό, τηλεφωνικές συσκευές, πύλες κ.λ.π συνεργάζονται με πολλούς από αυτούς.

Η επιλογή του κατάλληλου CODEC είναι πολύ σημαντική για την τεχνολογία VoIP, μιας που καθορίζεται ο ρυθμός δεδομένων που θα έχουν τα πακέτα σε μια IP συνδιάλεξη και αυτό είναι ιδιαίτερο σημαντικό για τη φύση του διαδικτύου και του φωνητικού σήματος.

Οι πιο δημοφιλείς audio CODECs που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο είναι:

- **G.711**

Δημιουργήθηκε από την ITU (International Telecommunication Union) το 1972 για χρήση στην ψηφιακή τηλεφωνία. Έχει δύο εκδόσεις: Το A-Law χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και σε Διεθνή Δίκτυα, το uLaw χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία.

Χρησιμοποιεί λογαριθμική συμπίεση. Συμπιέζει κάθε δείγμα 16 bit στα 8 bit, επιτυγχάνοντας έτσι λόγο συμπίεσης 1:2.

Το bitrate είναι 64 kbit/s για κάθε κατεύθυνση, οπότε μια κλήση καταναλώνει 128 kbit/s.

Χρησιμοποιείται ευρέως από το δίκτυο PSTN, οπότε έχει δοκιμαστεί και παρέχει την καλύτερη ποιότητα φωνής. Το μειονέκτημά του είναι ότι καταναλώνει περισσότερο εύρος ζώνης από άλλους κωδικοποιητές. Έτσι, λειτουργεί καλύτερα σε τοπικά δίκτυα όπου το εύρος ζώνης είναι μεγάλο.

- **G.729**

Ο G.729 είναι ένας CODEC με χαμηλές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Παρέχει καλή ποιότητα ήχου.

Κωδικοποιεί τον ήχο σε πλαίσια μήκους 10 ms. Με δεδομένη συχνότητα δειγματοληψίας 8 kHz, ένα πλαίσιο 10 ms περιέχει 80 δείγματα ήχου. Κωδικοποιεί κάθε πλαίσιο σε 10 bytes, έτσι το bitrate είναι 8 kbps σε μία κατεύθυνση.

Το G.729 δεν είναι δωρεάν. Οι τελικοί χρήστες που θέλουν να χρησιμοποιήσουν αυτόν τον CODEC θα πρέπει να αγοράσουν μια συσκευή που το υλοποιεί (π.χ. τηλέφωνο VoIP ή πύλη).

Μια συχνά χρησιμοποιούμενη παραλλαγή του G.729 είναι η G.729a. Είναι συμβατό με τον αρχικό CODEC, αλλά έχει χαμηλότερες απαιτήσεις σε CPU.

- **G.723.1**

Το G.723.1 είναι το αποτέλεσμα ενός διαγωνισμού που ανακοίνωσε η ITU με σκοπό να σχεδιάσει έναν κωδικοποιητή που θα επιτρέπει κλήσεις πάνω από συνδέσεις μόντεμ 28,8 και 33 kbps.

Υπάρχουν δύο εκδόσεις του G.723.1. Και οι δύο λειτουργούν σε πλαίσια ήχου 30 ms (δηλαδή 240 δείγματα), αλλά οι αλγόριθμοι τους διαφέρουν. Το bitrate της πρώτης έκδοσης είναι 6.4 kbps και το πλαίσιο 24bytes, ενώ της δεύτερης παραλλαγή είναι 5.3 kbps και το πλαίσιο 20bytes.

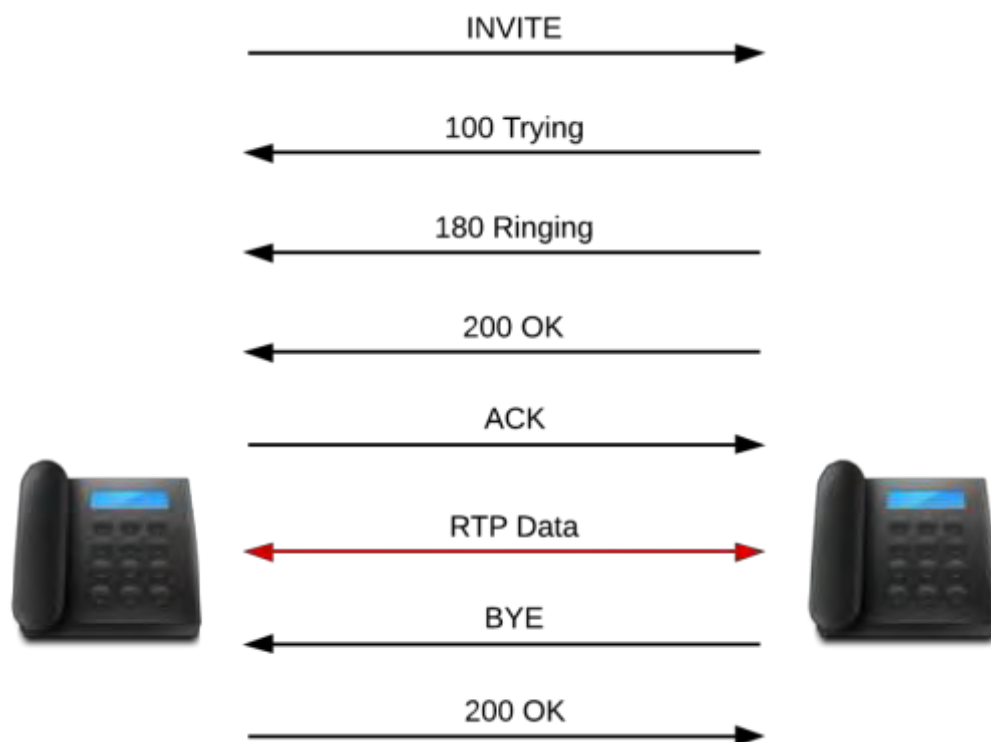
- **GSM 06.10**

Το GSM 06.10 είναι ένας CODEC που σχεδιάστηκε για κινητά δίκτυα GSM. Είναι επίσης γνωστό ως Full Rate GSM. Αυτή η παραλλαγή του κωδικοποιητή GSM μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα, έτσι το βρίσκουμε συχνά σε opensource εφαρμογές VoIP.

Το CODEC λειτουργεί σε πλαίσια ήχου μήκους 20 ms και συμπιέζει κάθε πλαίσιο σε 33 bytes, έτσι το bitrate να είναι 13 kbps (Φράγκος, 2014)

2.6.2.7. Παράδειγμα κλήσης SIP

Μια σύνοδος sip ανάμεσα σε δυο τηλεφωνικές συσκευές πραγματοποιείται με τον ακόλουθο τρόπο βήμα προς βήμα:



Εικόνα 17: Σύνοδος SIP ανάμεσα σε δυο τηλέφωνα

- Η τηλεφωνική συσκευή που επιθυμεί την κλήση στέλνει μια πρόσκληση.
- Το καλούμενο τηλέφωνο στέλνει πληροφοριακή απόκριση 100=Γίνεται προσπάθεια – πίσω.
- Όταν το καλούμενο τηλέφωνο αρχίσει να χτυπά, στέλνεται μια απόκριση 180=κουδούνισμα.
- Όταν ο καλών σηκώσει το τηλέφωνο, το τηλέφωνό του στέλνει μια απόκριση 200=OK.
- Το τηλέφωνο που πραγματοποιεί την κλήση αποκρίνεται με ACK=αναγνώριση.
- Η πραγματική συνομιλία μεταδίδεται ως δεδομένα μέσω RTP.
- Όταν ο καλών κλείσει το τηλέφωνο, στο τηλέφωνο που πραγματοποιεί την κλήση στέλνεται μια απόκριση BYE.

- Το τηλέφωνο που πραγματοποιεί την κλήση αποκρίνεται με μια απόκριση 200=OK (Φράγκος, 2014)

2.7. Το πρωτόκολλο SDP (Session Description Protocol)

Το πρωτόκολλο SDP προσδιορίζεται από το RFC 4566 και δημοσιεύτηκε το 2006. Χρησιμοποιείται για να περιγράφει πλήρως τις συνόδους πολυμέσων που έχει εγκαταστήσει το πρωτόκολλο SIP και χρησιμοποιεί κώδικα κειμένου.

Περιγράφει την IP διεύθυνση (host name, IPv4, IPv6), τον αριθμό του port (που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά), τον τύπο των δεδομένων (ήχος, video, κ.λ.π.), τον αλγόριθμο κωδικοποίησης των δεδομένων (PCM, MPEG II κ.λ.π.), το θέμα της συνόδου και το χρόνο έναρξης και λήξης της συνόδου.

Το SDP αποτελείται από γραμμές της μορφής <character> = <value>, όπου <character> είναι ένα κεφαλαίο/πεζό λατινικό γράμμα και <value> είναι ένα δομημένο κείμενο.

Το SDP αποτελείται από τρία κύρια τμήματα: σύνδεση, χρονισμό και μέσα. Κάθε μήνυμα μπορεί να περιέχει πολλές περιγραφές χρονισμού και μέσων, αλλά μόνο μία περιγραφή περιόδου σύνδεσης.

Ο ορισμός των εν λόγω τμημάτων και το πιθανό περιεχόμενό τους έχουν ως εξής. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι δεν μπορεί να υπάρχει κάθε χαρακτήρας / τιμή σε ένα μήνυμα SDP.

Ακολουθεί ο προσδιορισμός των τμημάτων και το πιθανό περιεχόμενό τους. Ας σημειωθεί πως ένα μήνυμα SDP δεν περιέχει όλους τους ακόλουθους χαρακτήρες.

- **Περιγραφή συνόδου**

v=(αριθμός έκδοσης πρωτοκόλλου, προς το παρόν μόνο 0)

o=(αναγνωριστικό δημιουργού και συνόδου όνομα χρήστη, αναγνωριστικό, αριθμός έκδοσης, διεύθυνση δικτύου)

s=(όνομα περιόδου σύνδεσης: υποχρεωτική με τουλάχιστον ένα κωδικό UTF-8)

i=(τίτλος συνεδρίασης ή σύντομες πληροφορίες)

u= (URI της περιγραφής)

e=(μηδέν ή περισσότερες διευθύνσεις ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με προαιρετικό όνομα επαφών)

p=(μηδέν ή περισσότερους αριθμούς τηλεφώνων με προαιρετικό όνομα επαφών)

c=(πληροφορίες σύνδεσης - δεν απαιτούνται εάν περιλαμβάνονται σε όλα τα μέσα)

b= (μηδενικές ή περισσότερες γραμμές πληροφοριών εύρους ζώνης)

Μια ή περισσότερες περιγραφές χρονισμού

z=(προσαρμογές ζώνης ώρας)

k=(κλειδί κρυπτογράφησης)

a=(μηδέν ή περισσότερες γραμμές χαρακτηριστικών περιόδου σύνδεσης)

Καμιά ή περισσότερες περιγραφές μέσων

m=(όνομα μέσου και διεύθυνση μεταφοράς)

i=(τίτλος μέσων ή πεδίο πληροφοριών)

c=(πληροφορίες σύνδεσης - προαιρετικά αν συμπεριληφθούν στο επίπεδο συνόδου)

b=(μηδενικές ή περισσότερες γραμμές πληροφοριών εύρους ζώνης)

k=(κλειδί κρυπτογράφησης)

a=(μηδενικές ή περισσότερες γραμμές χαρακτηριστικών μέσων - παρακάμπτοντας τις γραμμές χαρακτηριστικών περιόδου σύνδεσης)

- **Περιγραφή χρονισμού (υποχρεωτική)**

t=(χρόνος λειτουργίας της περιόδου λειτουργίας)

r=(μηδέν ή περισσότεροι χρόνοι επανάληψης)

- **Περιγραφή των μέσων (εάν υπάρχει) (Φράγκος, 2014)**

2.8. VoIP εφαρμογές

Κάποιες VoIP εφαρμογές που είναι εξαιρετικά δημοφιλείς στις μέρες μας, με εκατομμύρια εγγεγραμμένους χρήστες και τεράστιο όγκο μεταφοράς δεδομένων καθημερινά είναι το Skype, το Viber, το X-Lite,. Θα ακολουθήσει μια μελέτη περίπτωσης για τα Skype και Viber, καθώς και μια σύγκριση μεταξύ τους ως τα πιο κυρίαρχα της αγοράς.

2.8.1. Μελέτη Περίπτωσης: VoIP με το Skype

Το Skype είναι μια εξαιρετικά δημοφιλής εφαρμογή VoIP με περισσότερους από 50 εκατομμύρια λογαριασμούς ενεργούς καθημερινά. Αρχικά προοριζόταν για επικοινωνία από υπολογιστή σε υπολογιστή. Πλέον, χρησιμοποιείται από οποιαδήποτε συσκευή IP είναι συνδεδεμένη στο διαδίκτυο, υπολογιστές με οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα (Windows, MacOS, Linux), tablets, smartphones με

λειτουργικό σύστημα (Windows Phone, iOS, Android ή BlackBerry), σταθερά τηλέφωνα συμβατά με το Skype, smart-tvs άλλα ακόμα και συσκευές όπως playstation Vita.

Προσφέρει δυνατότητα κλήσεων σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου, σε οποιοδήποτε δίκτυο τηλεφωνίας, σταθερής και κινητής, με καθόλου ή πολύ χαμηλές χρεώσεις, Chat, δυνατότητα αποστολής SMS, αποστολής αρχείων και δυνατότητα τηλεδιάσκεψης.

Η εταιρεία Skype ιδρύθηκε το 2003, αναπτύχθηκε ταχύτατα και αφού προσεγγίστηκε από διάφορες εξαιρετικά πετυχημένες εταιρείες, τελικά εξαγοράστηκε από τη Microsoft το 2011. Το πρωτόκολλο Skype είναι ιδιωτικό και οι αλγόριθμοι και τα πρότυπα που το αφορούν κρυπτογραφημένα. Είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια ο τρόπος λειτουργίας του Skype. Η ιστοσελίδα του Skype και οι μελέτες μετρήσεων από ερευνητές προσδιορίζουν σε κάποιο βαθμό την λειτουργία του Skype.

Σε γενικές γραμμές, η ποιότητα ήχου του Skype είναι καλύτερη από αυτή της POTS (Plain Old Telephone Service) που παρέχεται από το τηλεφωνικό σύστημα της καλωδιακής τηλεόρασης (Η δειγματοληψία στο Skype είναι 16000 δείγματα/δευτερόλεπτο ή υψηλότερη, ενώ στο POTS περίπου 8000 δείγματα/δευτερόλεπτο). Το Skype αποστέλλει πακέτα ήχου και video μέσω του πρωτοκόλλου UDP. Το πρωτόκολλο TCP το χρησιμοποιεί για τα πακέτα ελέγχου ή στην περίπτωση που τα πακέτα δεδομένων εμποδίζονται από συγκεκριμένα τείχη προστασίας.

Οι χρήστες του Skype είναι οργανωμένοι σε μια ιεραρχική δομή και κάθε χρήστης χαρακτηρίζεται ως super peer ή ως τυπικός peer. Το Skype δημιουργεί ένα ευρετήριο που αντιστοιχίζει τα ονόματα χρήστη Skype σε τρέχουσες IP διευθύνσεις και αριθμούς θυρών). Αυτό το ευρετήριο διανέμεται στους super peers.

Ας υποθέσουμε ότι ο χρήστης A κάνει επιτυχές login στο Skype. Τότε, του ανατίθεται ένας super peer, με τον οποίο ο χρήστης A μπορεί να επικοινωνεί στέλνοντας και λαμβάνοντας μηνύματα ελέγχου. Το ίδιο συμβαίνει και για τον χρήστη B όταν συνδέεται στο Skype. Όταν ο A θέλει να καλέσει τον B, ενημερώνει τον super peer του, ο οποίος με τη σειρά του ενημερώνει τον super peer του B, ο οποίος με τη σειρά του ενημερώνει τον B για την εισερχόμενη κλήση του A. Αν ο B αποδεχτεί την κλήση, οι δύο αντίστοιχοι super peers επιλέγουν έναν τρίτο super peer, τον relay peer του οποίου η δουλειά είναι να αναμεταδίδει δεδομένα μεταξύ των A και B. Ο relay

peer δεν πρέπει να περιορίζεται από τη μέθοδο NAT (Network Address Translation), η οποία μετασχηματίζει μια διεύθυνσης IP σε άλλη διεύθυνση, τροποποιώντας τις πληροφορίες της διεύθυνσης δικτύου στην κεφαλίδα των IP πακέτων. Η NAT απαγορεύει έναν εξωτερικό χρήστη να επικοινωνήσει με έναν εσωτερικό. Με τον τρόπο αυτό, οι δυο χρήστες Α και Β έχουν μια σύνδεση από άκρο σε άκρο, παρόλο που κανείς τους δεν μπορεί να δεχθεί μια σύνοδο εκτός δικτύου.

Το Skype είναι εύκολο στη λήψη στην εγκατάσταση και τη χρήση σε οποιαδήποτε έκδοση του. Με την εισαγωγή των στοιχείων του λογαριασμού χρήστη, ζητά να γίνει συγχρονισμός των επαφών με όλες τις ήδη υπάρχουσες επαφές Skype ή να μην γίνει καθόλου συγχρονισμός. Έχει εξαιρετική ποιότητα φωνής κατά τη διάρκεια κλήσης είτε μέσω WiFi, είτε με δίκτυο 3G ή 4G. Η videoκλήση που είναι το κατεξοχήν χαρακτηριστικό του Skype, είναι αρκετά καλή. Η ποιότητα φωνής είναι πολύ καλή, το video αρκετά σαφές, και γενικά δίνει στο χρήστη μια αρκετά καλή εμπειρία. Επίσης, οι φωνητικές κλήσεις ανάμεσα σε διαφορετικά δίκτυα 3G, 4G ή wifi και διαφορετικά λειτουργικά συστήματα είναι ικανοποιητικές (Αγιομυργιαννάκης, 2007).

2.8.2. Μελέτη Περίπτωσης: VoIP με το Viber

Το Viber δημιουργήθηκε στα τέλη του 2010 αποκλειστικά για το λειτουργικό σύστημα της Apple και το iPhone στον αντίποδα του Skype. Σήμερα είναι διαθέσιμο για όλα τα λειτουργικά συστήματα για smartphones, όπως το Android, το Windows Phone, το BlackBerry OS, το Symbian και άλλα. Είναι δωρεάν και μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει ανάμεσα σε χρήστες με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, αρκεί αυτοί να είναι online σε κάποιο δίκτυο wifi, 3G ή 4G.

Μετά την εγκατάσταση του, το Viber δεν ζητά νέα εγγραφή ή σύνδεση, απλά και μόνο τη χώρα και τον αριθμό του κινητού τηλεφώνου του χρήστη. Στη συνέχεια, γίνεται ένας γρήγορος συγχρονισμός με τον κατάλογο επαφών του. Ο συγχρονισμένος πλέον κατάλογος δείχνει τα ονόματα των επαφών του χρήστη, και ποιες επαφές διαθέτουν την εφαρμογή Viber. Πατώντας σε ένα όνομα, εμφανίζονται επιπλέον οι επιλογές "Viber Call - Free Call" και "Send Message - Free Message".

Για κάθε νέο μήνυμα, το Viber στέλνει μια popup ειδοποίηση, και η εφαρμογή ξεκινά αυτόματα για να ληφθεί μια κλήση. Εάν το άτομο το οποίο δέχεται μια κλήση Viber δεν είναι online ή έχει απενεργοποιημένο το Viber, η κλήση δεν πραγματοποιείται, αλλά μόλις αυτός γίνει online, ειδοποιείται για την κλήση. Αυτά είναι από τα θετικά χαρακτηριστικά του Viber που αντιμετωπίζονται με ευχαρίστηση από τους χρήστες.

Σχετικά με την ποιότητα των κλήσεων Viber, υπάρχει μια μικρή ηχώ στην έναρξη της συνομιλίας, η οποία μειώνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της κλήσης (Ψαρουδάκης, 2014).

2.8.3. Skype vs Viber

Καθώς οι δυο εφαρμογές δεν λειτουργούν πανομοιότυπα, εξυπηρετούν τους χρήστες τους με διαφορετικό τρόπο. Αν όμως για οποιονδήποτε λόγο, πρέπει να επιλεγεί ένα από τα δυο, ακολουθεί η σύγκρισή τους, με γνώμονα την ευκολία χρήσης, το κόστος, τη δημοτικότητα, την κινητικότητα, την κατανάλωση δεδομένων και την ποιότητα κλήσης (Βράκας, 2013).

- **Ευκολία στη χρήση**

Και τα δυο λογισμικά είναι φιλικά ως προς το χρήστη. Το Viber όμως κερδίζει στα σημεία όσο αναφορά την κινητή τηλεφωνία, η οποία χρησιμοποιείται στις μέρες μας συνεχώς.

- **Κόστος**

Στις δωρεάν εκδόσεις τους και τα δυο λογισμικά προσφέρουν τις ίδιες υπηρεσίες. Στην έκδοση του Skype όμως που είναι επί πληρωμή, για κινητά και σταθερά τηλέφωνα, το Viber δεν παρέχει τέτοιες υπηρεσίες. Έτσι, νικητής θεωρείται το Skype.

- **Δημοτικότητα**

Το Skype σήμερα έχει πενταπλάσιους χρήστες από το Viber.

- **Κινητικότητα**

Το Viber υπερέχει ξεκάθαρα, μια που δημιουργήθηκε εξ αρχής για κινητά τηλέφωνα.

- **Κατανάλωση δεδομένων**

Το Viber καταναλώνει 250kb ανά λεπτό κλήσης, ενώ το Skype πολύ περισσότερα.

- **Ποιότητα κλήσης**

Το Skype υπερτερεί στην ποιότητα κλήσης, τόσο στη φωνή, όσο και στο video.

Συμπερασματικά, αν η μνήμη και ο αποθηκευτικός χώρος δεν αποτελούν πρόβλημα στη συσκευή, προτείνεται η εγκατάσταση και των δυο εφαρμογών για βέλτιστη χρήση και μέγιστη ικανοποίηση (Bergström, 2004).

3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (QoS) και ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ (QoE)

3.1. Εισαγωγή

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά μιας σύγχρονης εφαρμογής ή υπηρεσίας είναι η ποιότητα, η οποία μπορεί να καταστεί παράγοντας αποδοχής ή αποφυγής της εν λόγω τεχνολογίας, εφαρμογής ή υπηρεσίας, από τους χρήστες. Μια πρώτη βασική μετρική της ποιότητας, κοινά αποδεκτή τόσο από το χρήστη, όσο και από τον πάροχο της υπηρεσίας είναι η Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS), η οποία επικεντρώνεται στην ποιότητα των τεχνικών χαρακτηριστικών.

Τα τελευταία χρόνια όμως, έχει γίνει αντιληπτό πως μόνο τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του δικτύου της εφαρμογής ή της τεχνολογίας δεν καθιστούν ποιοτική την εμπειρία που βιώνουν οι χρήστες. Στόχος είναι η ικανοποίηση των τελικών χρηστών με κάθε τρόπο, επομένως πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητές τους. Η μετρική αυτής της ποιότητας ονομάζεται Ποιότητα Εμπειρίας (QoE), είναι ένα υπερσύνολο της Ποιότητας Υπηρεσιών και περιλαμβάνει τη συνολική ικανότητα αποδοχής μιας τεχνολογίας από το χρήστη.

3.2. Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service-QoS)

Όλο και περισσότεροι χρήστες παγκοσμίως χρησιμοποιούν την τεχνολογία VoIP για τη αλληλεπιδραστική μετάδοσης φωνής σε πραγματικό χρόνο. Οι χρήστες αυτοί είναι συνηθισμένοι στην καλή ποιοτικά επικοινωνία μέσω του τηλεφωνικού δικτύου PSTN. Επομένως επιθυμούν μια αντίστοιχα ποιοτική υπηρεσία μετάδοσης φωνής μέσω των IP δικτύων.

Κύριος σκοπός είναι η πραγματοποίηση μιας από άκρο σε άκρο επικοινωνίας που παρέχει στους χρήστες ποιότητα φωνής χωρίς να θυσιάζεται ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων και η κάλυψη του δικτύου σε περιπτώσεις συμφόρησης.

Οι υπηρεσίες ονομάζονται ανελαστικές (inelastic), όταν απαιτούν ένα ορισμένο κατώτατο εύρος ζώνης και μια ορισμένη μέγιστη καθυστέρηση για να λειτουργήσουν ομαλά. Αντίθετα, οι ελαστικές (elastic) υπηρεσίες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν πολύ ή λίγο εύρος ζώνης ανάλογα με το πόσο είναι διαθέσιμο εκείνη τη στιγμή. Οι μαζικές εφαρμογές μεταφοράς αρχείων που υλοποιούνται με το πρωτόκολλο TCP είναι συνήθως ελαστικές.

Ποικίλοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της υπηρεσίας μετάδοσης φωνής μέσω IP δικτύων, οι βασικότεροι παρουσιάζονται στη συνέχεια (Πετρουλάκη, 2015).

3.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την QoS

3.3.1 Εύρος ζώνης (bandwidth)

Ως εύρος ζώνης (bandwidth) ορίζεται η ποσότητα της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρει ένα δίκτυο σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το εύρος ζώνης δεν είναι πρακτικά απεριόριστο και μετριέται σε bits per sec. Το διαθέσιμο μέγεθος του εύρους ζώνης της σύνδεσης ανάμεσα στα δυο άκρα υποδεικνύει κατά πόσο μια κλήση θα πραγματοποιηθεί και θα ολοκληρωθεί με επιτυχία. Εάν μια κλήση διατηρεί και λαμβάνει εγγύηση x Mbps του εύρους ζώνης της σύνδεσης, και ποτέ δεν μεταδίδει με ρυθμό μεγαλύτερο του x , τότε η κλήση θα παρουσιάσει απόδοση χωρίς απώλειες και καθυστέρηση (Πετρουλάκη, 2015).

3.3.2. Καθυστερήση (end-to-end delay)

Ως καθυστέρηση (delay) ορίζεται το χρονικό διάστημα από την στιγμή που η φωνή εξέρχεται από το στόμα του ομιλητή μέχρι να φτάσει δια μέσου του δικτύου στο αυτί του ακροατή. Στα σύγχρονα τηλεφωνικά δίκτυα διακρίνονται τρεις τύποι καθυστερήσεων: η καθυστέρηση διάδοσης στους συνδέσμους (propagation delay), η καθυστέρηση αναμονής σε ουρά στους δρομολογητές (queuing delay) και η καθυστέρηση διαχείρισης ή επεξεργασίας στο τελικό σύστημα (handling or processing delay).

Η καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay), μετριέται από τη στιγμή που το τελευταίο bit του πακέτου μεταδίδεται από το άκρο-αποστολέα της σύνδεσης μέχρι το τελευταίο αυτό bit να παραληφθεί από τον κόμβο-παραλήπτη. Η καθυστέρηση διάδοσης είναι ανάλογη της απόστασης αποστολέα-παραλήπτη και συνήθως δεν είναι μεγάλη.

Η καθυστέρηση διαχείρισης/επεξεργασίας (handling or processing delay), αναφέρεται σε ποικιλόμορφες καθυστερήσεις που προκαλούνται από διαφορετικές ενέργειες και συσκευές κατά τη μετάδοση της πληροφορίας, όπως είναι για παράδειγμα, η πακετοποίηση και η μεταγωγή πακέτων. Οι καθυστερήσεις επεξεργασίας είναι πολύ πιο έντονες στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων.

Η καθυστέρηση αναμονής σε ουρά (queuing delay) είναι το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το μήνυμα ανατίθεται σε μια ουρά για μετάδοση έως την στιγμή που αρχίζει να μεταδίδεται. Η καθυστέρηση αυτή παρουσιάζεται όταν στέλνονται περισσότερα πακέτα από όσα η διεπαφή μπορεί να χειριστεί σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Για υπηρεσίες συνομιλίας σε πραγματικό χρόνο, όπως η VoIP, οι καθυστερήσεις από άκρο σε άκρο που είναι μικρότερες από τα 150 msecs δεν γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο αυτί. Οι καθυστερήσεις από 150 έως 400 msecs μπορεί να είναι αποδεκτές, αλλά δεν είναι ιδανικές. Οι καθυστερήσεις που υπερβαίνουν τα 400 msecs μπορεί να εμποδίζουν

σοβαρά τη διαδραστικότητα στη φωνητική επικοινωνία. Ο παραλήπτης αγνοεί πακέτα που καθυστερούν περισσότερο από ένα συγκεκριμένο όριο, για παράδειγμα, 400 msec. Έτσι, αυτά τα πακέτα πρακτικά χάνονται (Πετρουλάκη, 2015).

3.3.3. Διακύμανση καθυστέρησης (jitter delay)

Το jitter ορίζεται ως η συχνότητα μεταβολής της καθυστέρησης κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Εάν κατά τη διάρκεια μιας συνόδου η καθυστέρηση είναι σταθερή, δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα. Αν όμως η καθυστέρηση είναι μεταβαλλόμενη, ο παραλήπτης πιθανόν να δυσκολεύεται να συγχρονιστεί και έτσι η επικοινωνία μπορεί να καταστεί προβληματική ή ανεπιτυχής.

Το πρόβλημα του jitter λύνεται με την προσωρινή αποθήκευση (buffering) στο σημείο προορισμού. Ο δρομολογητής προορισμού παράγει με σταθερό ρυθμό και αποστέλλει τα πακέτα φωνής στον τελικό χρήστη. Καθυστέρηση μπορεί να υπάρχει, αλλά τα πακέτα μεταδίδονται συγχρονισμένα κι έτσι δεν γίνεται αισθητή από τον χρήστη.

Ο χρόνος παραμονής στον jitter buffer μπορεί να είναι σταθερός ή μεταβλητός και εξαρτάται από το jitter του δικτύου. Όσο μεγαλύτερος όμως είναι, τόσο πιο απίθανο είναι να φτάσει κάποιο πακέτο αργοπορημένο. Αυτό όμως σημαίνει μεγαλύτερη συνολική καθυστέρηση και μείωση της ποιότητας επικοινωνίας. Ο καθορισμός του buffer delay γίνεται συνήθως σε περιόδους παύσης της συνομιλίας με σκοπό να μη γίνει αντιληπτή η καθυστέρηση από τους χρήστες.

Το jitter μετριέται σε timestamps κατά το πρωτόκολλο RTCP με τη συνάρτηση:

$$J(i) = ((i-1) + (|D(i-1,i)| - j(i-1))) / 16, \text{ όπου:}$$

$J(i)$: Η διακύμανση καθυστέρησης (jitter) για το i -οστό πακέτο

D : Η χρονική απόκλιση δυο συνεχόμενων πακέτων.

Η χρονική απόκλιση υπολογίζεται από την παρακάτω συνάρτηση.

$$D(i,j) = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i), \text{ όπου:}$$

S_i : Το RTP timestamp του πακέτου i .

R_i : Ο χρόνος άφιξης σε μονάδα χρόνου ίδια με του RTP timestamp για το πακέτο i (CHOI, 2009),.

3.3.4. Ρυθμός απώλειας δεδομένων (packet loss rate)

Ως ρυθμός απώλειας πακέτων (packet loss rate) ορίζεται ο λόγος των συνολικών πακέτων που δεν φτάνουν στον παραλήπτη προς τον συνολικό αριθμό των απεσταλμένων πακέτων. Η συμφόρηση του δικτύου οδηγεί στην απώλεια των πακέτων. Όταν η προσωρινή

μνήμη (buffer) των δρομολογητών γεμίζει, δεν μπορεί να δεχτεί επιπλέον πακέτα και τα απορρίπτει. Έτσι αυξάνονται τα λάθη μετάδοσης.

Η απώλεια θα μπορούσε να εξαλειφθεί με την αποστολή των πακέτων μέσω του πρωτοκόλλου TCP που είναι πιο αξιόπιστο αντί του πρωτοκόλλου UDP. Όμως, οι μηχανισμοί αναμετάδοσης συχνά θεωρούνται απαγορευτικοί για τη φωνητική ευκρίνεια του δέκτη κι έτσι οι εφαρμογές VoIP εκτελούνται από προεπιλογή μέσω του πρωτοκόλλου UDP.

Η απώλεια συνεχόμενων πακέτων (bursty loss) έχει μεγαλύτερη επίδραση στην ποιότητα από ό,τι έχει η απώλεια μεμονωμένων πακέτων. Σημαντικό ρόλο στο βαθμό επίδρασης του ρυθμού απώλειας πακέτου διαδραματίζει και ο αλγόριθμος PLC (Packet Loss Concealment), ο οποίος εκτελείται στον κωδικοποιητή. Ο ρυθμός απώλειας γενικά θεωρείται ανεκτός αν είναι έως 5%.

Ο ρυθμός απώλειας πακέτων εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του jitter buffer. Ένας jitter buffer με μεγάλη χωρητικότητα, αυξάνει την καθυστέρηση και μειώνει την απώλεια των πακέτων, ενώ ένας με μικρή χωρητικότητα καλύπτει τις ανάγκες για μικρή καθυστέρηση, αλλά αυξάνει την απόρριψη πακέτων. Ένας προσαρμοστικός jitter buffer διατηρεί το ποσοστό απώλειας πακέτων σχετικά μικρό, με όσο το δυνατό μικρότερη καθυστέρηση (Πετρουλάκη, 2015).

3.3.5. Ηχώ (Echo)

Ως ηχώ ορίζεται η επιστροφή της φωνής του χρήστη με καθυστέρηση, με διαφορετική στάθμη ήχου. Στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα η ηχώ διακρίνεται σε ακουστική και σε ηλεκτρική. Η ακουστική ηχώ δημιουργείται στο ακουστικό μέσω της συσκευής του τηλεφώνου, ενώ η ηλεκτρική δημιουργείται από το υλικό της γραμμής ζεύξης. Η ηχώ παρουσιάζεται όταν η καθυστέρηση επιστροφής είναι πάνω από 50 msec. Η ηχώ είναι γενικά ανεπιθύμητη. Ένα μικρό ποσό ηχούς, η οποία ονομάζεται παράπλευρη (sidetone) είναι επιθυμητή σε κάποιες περιπτώσεις.

Με σκοπό την αύξηση της ποιότητας της κλήσης χρησιμοποιούνται echo cancellers, λογισμικά με τα οποία εντοπίζεται η ηχώ και αφαιρείται. Η αφαίρεση της ηχούς δεν βελτιώνει απλά την ποιότητα, αλλά επίσης μειώνει την κατανάλωση εύρους ζώνης χάρη στην τεχνική της για καταστολή της σιγής (Πετρουλάκη, 2015).

3.3.6. Ανίχνευση Δραστηριότητας Φωνής (Voice Activity Detection)

Η ανίχνευση δραστηριότητας φωνής (Voice Activity Detection, VAD) είναι η διαδικασία για την ανίχνευση του μεγέθους της ομιλίας που μετρείται σε decibels (db)

και στη συνέχεια λαμβάνεται η απόφαση για την διακοπή της φωνής πριν τη διαμόρφωση ή την πακετοποίησή της.

Στις περιπτώσεις των σύγχρονων δικτύων επικοινωνίας, υπάρχουν αμφίδρομα κανάλια των 64 χιλιάδων bps, και χρησιμοποιούνται είτε η επικοινωνία είναι μονόδρομη, είτε αμφίδρομη. Με τον τρόπο αυτό, σπαταλιέται τουλάχιστον το 50% του συνολικού εύρους ζώνης (bandwidth). Αν συνυπολογιστούν, οι μικρές ή μεγαλύτερες παύσεις στους διαλόγους, το ποσοστό αυτό της σπατάλης του εύρους ζώνης αυξάνεται.

Στην περίπτωση της VoIP τεχνολογίας, το ποσοστό του “χαμένου” εύρους ζώνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς, όπως για τη μεταφορά άλλων τύπων δεδομένων. Για το λόγο αυτό, όταν η μέθοδος VAD ανιχνεύει μια κάθοδο του λεκτικού εύρους, περιμένει ένα σταθερό χρονικό διάστημα 200 ms και έπειτα σταματά να τοποθετεί φωνητικά πλαίσια σε πακέτα.

Δυο πολύ σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η μέθοδος VAD είναι η δυσκολία διάκρισης της καθαρής ομιλίας από τον παρασιτικό θόρυβο, αλλά και ο αυστηρός καθορισμός της αρχής και του τέλους της ομιλίας (Πετρουλάκη, 2015).

3.3.7. Φτωχή Συμπίεση (Poor Compression)

Στα δίκτυα τηλεφωνίας εδραιώθηκε η διαμόρφωση κωδικών παλμών (Pulse Code Modulation, PCM). Η τεχνική αυτή μετατρέπει τον ήχο από αναλογικό σήμα σε ψηφιακό, πραγματοποιώντας δειγματοληψία του αναλογικού σήματος 8000 φορές ανά δευτερόλεπτο. Έπειτα, κάθε δείγμα μετατρέπεται σε έναν αριθμητικό κώδικα.

Κύριος λόγος εδραίωσης της PCM είναι ότι η αναλογική μετάδοση περνώντας μέσα από ενισχυτές για την ενίσχυση του σήματος, ενισχύει αισθητά και τον θόρυβο. Αντίθετα, τα ψηφιακά δείγματα διακρίνονται εύκολα από τον θόρυβο κι έτσι δημιουργείται και μεταδίδεται ένας καθαρός ήχος. Στη συνέχεια, ορίζεται το πλήθος των δειγμάτων φωνής που στέλνεται ανά πλαίσιο. Αυτό εξαρτάται άμεσα από το είδος των κωδικοποιητών και αποκωδικοποιητών που χρησιμοποιούνται και από την ισορροπία ανάμεσα στο εύρος ζώνης και του αντίκτυπου της απώλειας πακέτων στο δίκτυο.

Τεχνικές κωδικοποίησης κυματομορφών που εκμεταλλεύονται τα χαρακτηριστικά των ίδιων των κυματομορφών είναι οι PCM και ADPCM. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί ποικίλες τεχνικές όπως η LPC, η CELP, η MP-MLQ. Κάθε μια σχεδιάστηκε για συγκεκριμένη χρήση κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας. Τελικός σκοπός όλων είναι η ποιότητα του ήχου που μεταφέρεται.

Η ποιότητα του ήχου, της φωνής συγκεκριμένα στην VoIP τεχνολογία, εκτιμάται με δύο τρόπους: υποκειμενικά και αντικειμενικά. Οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται την ποιότητα του ήχου υποκειμενικά, ενώ διάφορες συσκευές αξιολογούν την ποιότητα της φωνής αντικειμενικά με τη βοήθεια μετρήσεων και αλγορίθμων. Οι μετρήσιμες, αντικειμενικές ποιοτικές μετρήσεις, όπως είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο και η συνολική διαστρέβλωση φωνής δεν συσχετίζονται άμεσα με την ανθρώπινο αισθητηριακό κριτήριο για την ποιότητα της φωνής, το οποίο είναι ο στόχος των περισσότερων τεχνικών συμπίεσης φωνής, που χρησιμοποιούνται στην VoIP τεχνολογία (Πετρουλάκη, 2015).

3.4. Ποιότητα Εμπειρίας (Quality of Experience - QoE)

Η ποιότητα εμπειρίας (Quality of Experience- QoE) κατά την ITU (International Telecommunication Union) ορίζεται ως η καθολική αποδοχή μιας εφαρμογής ή υπηρεσίας, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή με υποκειμενικά κριτήρια από τους τελικούς χρήστες. Δεν περιλαμβάνει μόνο τα ποιοτικά κριτήρια της υπηρεσίας, με βάση αντικειμενικά μετρήσιμα στοιχεία που προκύπτουν από την μεταφορά των δεδομένων μέσα από το σύνολο του δικτύου (πελάτες, τερματικά, γραμμές επικοινωνίας, υποδομές υπηρεσιών κλπ). Η ποιότητα εμπειρίας εμπεριέχει αθροιστικά την εσωτερική κατάσταση του χρήστη ως προς την υπηρεσία (τις προσδοκίες, τα κίνητρα, τις ανάγκες, την αντίληψη, τη διάθεση), τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας (πολυπλοκότητα, σκοπός, ευχρηστία, λειτουργικότητα, συνάφεια) και του γενικότερου πλαισίου μέσα στο οποίο βιώνεται η υπηρεσία (πχ κοινωνικό, οικονομικό, τεχνολογικό κλπ).

Επομένως, η ποιότητα εμπειρίας-QoE παρουσιάζεται ως ένα ανώτερο επίπεδο, μια προέκταση της ποιότητας υπηρεσιών-QoS και είναι πάρα πολύ σημαντική για το σχεδιασμό των διαφόρων υπηρεσιών, μιας και αυτό που ενδιαφέρει τελικά το χρήστη είναι το κατά πόσο η υπηρεσία που χρησιμοποιεί θα ανταποκριθεί στις ανάγκες του και θα του παρέχει ευχαρίστηση. Η προοπτική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική από τεχνική, εμπορική και νομική σκοπιά.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα εμπειρίας (QoE) στην τεχνολογία VoIP είναι: η συνολική καθυστέρηση που επηρεάζει την ποιότητα μιας συνόδου επικοινωνίας και εξαρτάται άμεσα με την ποιότητα υπηρεσιών του IP δικτύου, καθώς και η ποιότητα του ηχητικού σήματος που φτάνει στον χρήστη και αντίστοιχα καθιστά ικανοποιητική ή όχι την επικοινωνία (Πετρουλάκη, 2015).

3.5. Κατηγοριοποίηση μεθόδων αξιολόγησης VoIP

Οι μέθοδοι αξιολόγησης της ποιότητας εμπειρίας QoE της VoIP διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τις υποκειμενικές και τις αντικειμενικές.

Κατά τις υποκειμενικές μεθόδους ορισμένα δείγματα ομιλίας στέλνονται μέσω του συστήματος δικτύου σε κάποιους χρήστες με συγκεκριμένο προφίλ και αυτοί οφείλουν να τα αξιολογήσουν. Οι μέθοδοι αυτές χαρακτηρίζονται από πολλά μειονεκτήματα όπως είναι το αυξημένο κόστος, η δυσκολία επανάληψή τους και η δυσκολία ευρείας χρήσης.

Οι υποκειμενικές μέθοδοι μπορεί να είναι εργαστηριακές ή μέθοδοι μαζικής ανάθεσης. Στις εργαστηριακές μεθόδους οι χρήστες αξιολογούν την υπηρεσία υπό αυστηρά καθορισμένες και σταθερές συνθήκες π.χ ένταση θορύβου περιβάλλοντος κλπ. Στις μεθόδους μαζικής ανάθεσης, στους χρήστες ανατίθεται η αξιολόγηση μέσω μιας Διαδικτυακής πλατφόρμας που υλοποιήθηκε για αυτό το σκοπό.

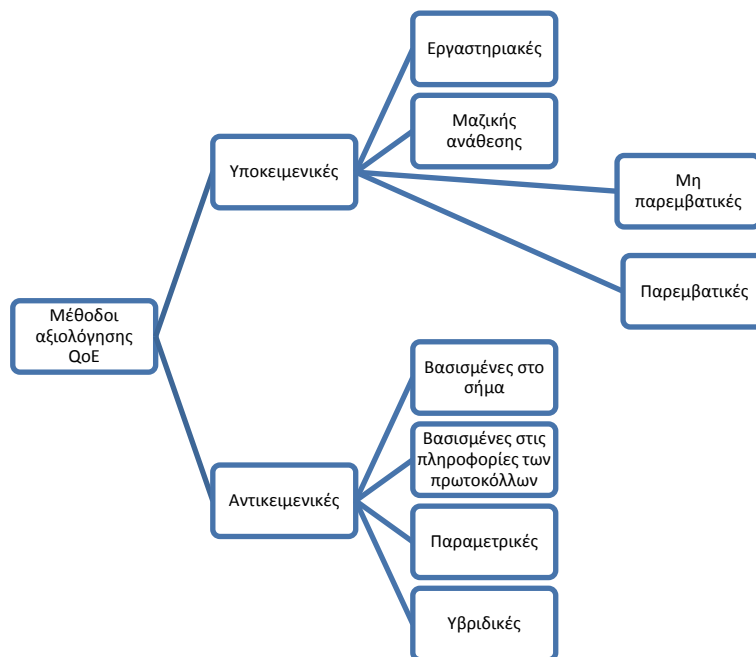
Οι αντικειμενικές μέθοδοι αξιολόγησης στοχεύουν στην όσο το δυνατό γρηγορότερη και ακριβέστερη αξιολόγηση της υπηρεσίας, ακόμα και τη στιγμή της εκτέλεσης της υπηρεσίας, με τη χρήση των αλγοριθμικών διαδικασιών. Διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: στα μοντέλα βασισμένα στο σήμα (signal-based models), στα παραμετρικά μοντέλα (parametric models), τα μοντέλα που στηρίζονται στις πληροφορίες των πρωτοκόλλων (protocol information-based models) και τα υβριδικά μοντέλα (hybrid models). Τα μοντέλα βασισμένα στο σήμα μπορεί να είναι μοντέλα με πλήρη χρήση του σήματος, με μειωμένη χρήση του σήματος, ή χωρίς χρήση του σήματος.

Οι αντικειμενικές μέθοδοι χωρίζονται και σε άλλες δύο κατηγορίες, στις παρεμβατικές (intrusive) και στις μη παρεμβατικές (non-intrusive).

Στις παρεμβατικές (intrusive) μεθόδους γίνεται μία αλγοριθμική σύγκριση ανάμεσα στο αρχικό φωνητικό σήμα, και στο σήμα που παραλαμβάνεται μετά την πορεία του στο δίκτυο. Οι παρεμβατικές μέθοδοι είναι ακριβείς, αλλά αδυνατούν να χρησιμοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο.

Οι μη παρεμβατικές μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο, γιατί για την αξιολόγηση χρησιμοποιούνται κάποιες παράμετροι του σήματος (όχι το ίδιο αρχικό σήμα) και/ή του δικτύου μετάδοσης (parameter-based) και μαθηματικά μοντέλα που μετασχηματίζουν το QoS σε QoE.

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση περιγράφεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Εικόνα 18: Ταξινόμηση Μεθόδων Αξιολόγησης QoE

Η μέθοδος αξιολόγησης που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως: τη φύση της υπηρεσίας, το σκοπό της εκτίμησης, την επιθυμητή προσέγγιση και τα διαθέσιμα στοιχεία εισόδου.

Στην VoIP τεχνολογία οι μέθοδοι που είναι δημοφιλέστερες για την αξιολόγηση της είναι η MOS, η PESQ και το E-model και περιγράφονται στη συνέχεια (Πετρουλάκη, 2015).

3.5.1. Η μέθοδος MOS

Η μέθοδος αξιολόγησης MOS (Mean Opinion Score) αποτελεί προϊόν της εταιρείας ITU. Κάποιοι χρήστες αξιολογούν υποκειμενικά την ποιότητα της ομιλίας σε μία κλίμακα από το 1 έως το 5. Ο βαθμός 1 δηλώνει την χαμηλότερη ποιότητα, ενώ το 5 την υψηλότερη.

Βαθμός MOS	Ποιότητα ομιλίας
1	Κακή
2	Φτωχή
3	Μέτρια
4	Καλή
5	Εξαιρετική

Πίνακας 2: Κλίμακα MOS

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η μέση τιμή της υποκειμενικής αξιολόγησης των χρηστών υπό συγκεκριμένες συνθήκες, όπως είναι για παράδειγμα ο χώρος με χαμηλό θόρυβο.

Οι κλίμακες αξιολόγησης είναι ποικίλες. Η πιο διαδεδομένη είναι η ACR (Absolute Category Rating), κατά την οποία οι χρήστες αξιολογούν φωνητικά σήματα χωρίς να έχουν ακούσει τα αρχικά σήματα. Συχνά χρησιμοποιείται και η DCR (Degradation Category Rating), κατά την οποία οι χρήστες αξιολογούν τα φωνητικά σήματα, αφού έχουν ακούσει και τα αρχικά, πριν την παραμόρφωση. Τελικά, προκύπτει ένας βαθμός ως ο μέσος όρος των επιμέρους αξιολογήσεων (Πετρουλάκη, 2015).

3.5.2. Η μέθοδος PESQ

Η μέθοδος PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) χαρακτηρίζεται ως η πιο σύγχρονη μέθοδος αξιολόγησης φωνητικών σημάτων. Αποτελεί μία παρεμβατική αντικειμενική μέθοδο που συνδυάζει δύο άλλες αντικειμενικές μεθόδους, τις PSQM+ και PAMS. Είναι προϊόν του ITU και κύρια χρήση του είναι η αξιολόγηση περιορισμένου εύρους ζώνης τηλεφωνικά δίκτυα.

Το PESQ είναι ένα αλγόριθμος πλήρους αναφοράς. Δηλαδή, έχει πρόσβαση και χρησιμοποιεί το αρχικό σήμα αναφοράς για να κάνει την όποια σύγκριση. Μπορεί να συγκρίνει κάθε δείγμα του σήματος αναφοράς (από την πλευρά του συνομιλητή) με κάθε αντίστοιχο δείγμα του υποβαθμισμένου σήματος (από την πλευρά του ακροατή). Τέτοιου είδους μετρήσεις είναι ιδιαίτερα ακριβείς και μπορούν εύκολα να επαναληφθούν. Κατά την εφαρμογή της PESQ σε δίκτυα συγκρίνει δύο φωνητικά σήματα, το αρχικό και το τελικό σήμα που παραλαμβάνεται από το VoIP τηλεφωνικό δίκτυο και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά, το μέγεθος της παραμόρφωσης ή/και της καθυστέρησης, κάνει μια αξιολόγηση στην κλίμακα MOS. Στη συνέχεια, το PESQ αξιολογεί την επίδραση της παραμόρφωσης στην ακουστικότητα του σήματος κατά την κλίμακα MOS από 1 (κακή) έως 5 (εξαιρετική), (Πετρουλάκη, 2015).

3.5.3. Η μέθοδος E-Model

Η μέθοδος E-Model είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μη παρεμβατική αντικειμενική μέθοδος αξιολόγησης της ποιότητας μιας φωνητικής επικοινωνίας. Το E-Model δημιουργήθηκε αρχικά από τον οργανισμό ETSI, στη συνέχεια παραλήφθηκε από τον ITU και από τότε η μέθοδος E-Model επεκτείνεται και βελτιώνεται συνεχώς ώστε να καλύψει τις ανάγκες αξιολόγησης για χρήση του στην τεχνολογία VoIP.

Το E-Model υπολογίζει ένα παράγοντα R ως συνάρτηση διαφόρων παραγόντων, με βάση την εξίσωση:

$$R=R_o-I_s-I_d-I_e+A, \text{ όπου:}$$

R_o: ο λόγος του σήματος προς τον θόρυβο (π.χ. θόρυβο δωματίου, θόρυβο κυκλώματος) (SNR – Signal to Noise Ratio)

I_s: το άθροισμα των επιδράσεων παραγόντων που συμβαίνουν σχεδόν ταυτόχρονα με την ομιλία (π.χ. ένταση, παραμόρφωση κβαντοποίησης)

I_d: η επίδραση παραγόντων που σχετίζονται με την καθυστέρηση (π.χ ηχώ)

I_e: η επίδραση παραγόντων που σχετίζονται με τον εξοπλισμό όπως CODEC και packet loss rate

A: παράγοντας πλεονεκτήματος ή προσδοκίας (advantage or expectation factor), ο οποίος παίρνει τιμές για συμβατική-ενσύρματη ζεύξη: 0, για κινητή ζεύξη εντός κτιρίου: 5, για κινητή ζεύξη σε γεωγραφική περιοχή ή μέσα από κινούμενο όχημα, 10, για ζεύξη από απομακρυσμένη περιοχή με δύσκολη πρόσβαση, 20

Η συνάρτηση παίρνει τιμές από 0 ως 120, αλλά οι τυπικές τιμές του R για περιορισμένου εύρους ζώνης δίκτυο τηλεφωνίας είναι 50-94.

Οι τιμές του R μπορούν να μετατραπούν στην κλίμακα MOS με βάση τη συνάρτηση:

$$MOS = \begin{cases} 1, R \leq 0 \\ 1 + 0,035R + R(R - 60)(100 - R)7 \times 10^{-6}, 0 < R < 100 \\ 4,5, R \geq 100 \end{cases}$$

R-παράγοντας	MOS	Ποιότητα Ομιλίας	Ικανοποίηση χρηστών
100-90	4,34	Εξαιρετική	Πολύ ικανοποιημένοι
90-80	4,03	Καλή	Ικανοποιημένοι
80-70	3,6	Μέτρια	Μερικοί δυσαρεστημένοι
70-60	3,1	Φτωχή	Αρκετοί δυσαρεστημένοι
60-50	2,58	Κακή	Σχεδόν όλοι δυσαρεστημένοι

Πίνακας 3: Αντιστοιχία R-παράγοντα, κλίμακας MOS

Οι περισσότερες παράμετροι του παράγοντα R, σχετίζονται με την αναλογική μετάδοση της φωνής και για αυτές το πρότυπο δίνει προκαθορισμένες τιμές. Αν ληφθεί υπόψη πως στο VoIP η κύρια επίδραση στην ποιότητα προέρχεται από την καθυστέρηση, τον CODEC και την απώλεια πακέτων, η εξίσωση μπορεί να απλοποιηθεί και να τροποποιηθεί σε **R = 94.2 - I_d - I_e + A**, όπου:

I_d: η καθυστέρηση στο σήμα και ισούται **I_d=I_{dte}+I_{dle}+I_{dd}**, με I_{dle} την ηχώ του ακροατή, I_{dte} τη ηχώ ομιλητή, I_{dd} την απόλυτη καθυστέρηση του κύριου σήματος

I_e: η επίδραση παραγόντων που σχετίζονται με το CODEC και το packet loss rate, εκφράζεται προσεγγιστικά με τρεις παραμέτρους (λ₁, λ₂, λ₃), που χαρακτηρίζουν

τον τύπο του CODEC, την απόδοσή του και τον ρυθμό απώλειας πακέτων και δίνεται από την εξίσωση: $I_e = \lambda_1 + \lambda_2 \ln(1 + \lambda_3 p)$, όπου η λ_1 παράμετρος εκφράζει την επίδραση της παραμόρφωσης του CODEC όταν δεν υπάρχουν απώλειες πακέτων στην ποιότητα της φωνής, ενώ οι λ_2 και λ_3 εκφράζουν την επίδραση της απώλειας πακέτων στην απόδοση του CODEC (Πετρουλάκη, 2015).

CODEC	Frames/packet	λ_1	λ_2	λ_3
G.711	1	0	30	15
G.729	1	10	47.82	18

Πίνακας 4: Πειραματικός προσδιορισμός των συντελεστών (λ_1 , λ_2 , λ_3) στα CODEC G.711, G,729

4. ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ VoIP

4.1. Απαιτήσεις Ασφάλειας

Όσο η τεχνολογία VoIP αποκτά μεγαλύτερη αποδοχή και γίνεται μια από τις κυριότερες τεχνολογίες επικοινωνιών, η ασφάλεια της καθίσταται ένα σημαντικό ζήτημα. Το ζήτημα αυτό αποκτά μεγαλύτερες διαστάσεις, αν αναλογιστεί κανείς ότι το VoIP βρίσκεται στον αντίποδα του ασφαλέστερου συστήματος επικοινωνίας του POTS (Plain Old Telephone System).

Από την σκοπιά της ασφάλειας, η τεχνολογία VoIP είναι ένα τεράστιο πρόβλημα, αφού συνδυάζει όλα τα τρωτά σημεία των IP Δικτύων και των Δικτύων μεταφοράς φωνής. Παρόλα αυτά, υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης και θωράκισης της ασφάλειας.

Είναι πολύ σημαντικό, οι οργανισμοί, οι κατασκευαστές και οι πάροχοι να κατανοήσουν και να εξοικειωθούν με τις βασικές κατηγορίες των απειλών της ασφάλειας πριν ασχοληθούν με την ανάπτυξη του VoIP. Αλλά και κατά τη διάρκεια χρήσης του δικτύου, θα πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίσουν και να αντιμετωπίσουν τα τρωτά του σημεία.

Για το λόγο αυτό, έχει αναπτυχθεί το VoIPSA's VoIP Security Threat Taxonomy. Η VOIPSA (VoIP Security Alliance) παρέχει μια κατηγοριοποίηση των απειλών της ασφάλειας της τεχνολογίας VoIP.

Κάποιες από τις απειλές που αντιμετωπίζουν οι χρήστες της τεχνολογίας VoIP και έχουν εντοπιστεί και ταξινομηθεί είναι: **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε. Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**

- **Κλοπή Ταυτότητας και Υπηρεσίας**

Η Κλοπή Υπηρεσίας, γνωστή και με τον όρο phreaking στο χώρο της τηλεφωνίας, είναι ένα είδος υποκλοπής των στοιχείων ταυτότητας, όπως το όνομα χρήστη, ο κωδικός πρόσβασης και ο αριθμός τηλεφώνου με σκοπό τη χρήση των υπηρεσιών VoIP από κάποιους, δίχως να αναλαμβάνουν το κόστος, αλλά μεταβιβάζοντας το σε άλλους. Η απαλλαγή από το κόστος επιβάρυνσης δεν είναι η βασικότερη αιτία του phreaking, αλλά η υποκλοπή σημαντικών πληροφοριών, όπως είναι τα δεδομένα μιας επιχείρησης. Οι επιθέσεις παρακολούθησης κλήσεων, οι οποίες καλούνται eavesdropping, λαμβάνουν χώρα, επειδή το πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιείται κατά τη διεξαγωγή της συνομιλίας, συνήθως δεν είναι κρυπτογραφημένο, όπως συμβαίνει με το RTP. Ένας προτεινόμενος τρόπος αντιμετώπισης είναι η χρήση του ασφαλούς RTP πρωτοκόλλου

(SRTP), το οποίο προσφέρει κρυπτογράφηση και αυθεντικοποίηση από την έναρξη της συνόδου.

- **Vishing**

Vishing ονομάζεται το Phishing στο χώρο του VoIP. Κάποιος καλεί κάποιον χρήστη προσποιούμενο έναν αξιόπιστο οργανισμό (π.χ. την τράπεζά του ή μια κρατική υπηρεσία) και ζητά εμπιστευτικές και συχνά κρίσιμες πληροφορίες.

- **Ιοί και κακόβουλο λογισμικό**

Όπως όλες οι Διαδικτυακές εφαρμογές, έτσι και η τεχνολογία VoIP είναι εκτεθειμένη σε ιούς, σκουλήκια, δούρειους ίππους και γενικά κακόβουλο λογισμικό, το οποίο μπορεί να εισβάλει στις συσκευές όπως υπολογιστές, tablets, smartphones κλπ και να βλάψει τις VoIP εφαρμογές.

- **DoS (Denial of Service)-Άρνηση της Υπηρεσίας**

Ως DoS ορίζεται ως η άρνηση μια συσκευής ή του δικτύου να παρέχει την υπηρεσία ή τη σύνδεση στο δίκτυο. Αυτό πραγματοποιείται με την κατανάλωση του εύρους ζώνης του δικτύου, την υπερφόρτωση του δικτύου ή των εσωτερικών πόρων της συσκευής.

Ο χρήστης κατακλύζεται με μηνύματα ελέγχου του πρωτοκόλλου SIP, τα οποία τερματίζουν πρόωρα την κλήση. Ο εισβολέας μπορεί να αποκτήσει ακόμα απομακρυσμένο έλεγχο στις εγκαταστάσεις διαχείρισης του δικτύου με σκοπό να συνεχίσει την κακόβουλη προσπάθειά του.

- **SPIT (Spamming over Internet Telephony)**

Το Spamming πάνω από την τεχνολογία VoIP είναι η μαζική αποστολή φωνητικών μηνυμάτων, δίχως τη θέληση των παραληπτών. Αφού οι χρήστες VoIP, διαθέτουν μια διεύθυνση IP, είναι εύκολο για τους spammers να αποστέλλουν μαζικά φωνητικά μηνύματα.

Ο χρήστης κατακλύζεται με μηνύματα που δεν τον ενδιαφέρουν ή που μπορεί να περιέχουν κακόβουλο λογισμικό ή και να κάνουν vishing. Έτσι, απαιτείται περισσότερος αποθηκευτικός χώρος, αλλά και πιο αξιόπιστα εργαλεία διαχείρισης της τεχνολογίας VoIP.

- **Αλλοίωση κλήσης**

Μετά από μια επίθεση, η ποιότητα της κλήσης μπορεί να αλλοιωθεί είτε με θόρυβο, είτε με διαστήματα σιγής, είτε με απρόσμενο τερματισμό.

- **Επιθέσεις διαμεσολαβητή**

Κατά τις επιθέσεις διαμεσολαβητή, ο εισβολέας διακόπτει την κυκλοφορία των πακέτων του πρωτοκόλλου SIP και μεταμφιέζεται σε έναν από τους συμμετέχοντες στην κλήση. Με τον τρόπο αυτό, υποκλέπτει τις κλήσεις.

- **Επιθέσεις επανάληψης**

Κατά τις επιθέσεις επανάληψης (replay) ουσιαστικά επαναλαμβάνεται μια τυπική και νόμιμη συνδιάλεξη σε βάρος κάποιου νόμιμου χρήστη. Σε ένα δίκτυο VoIP, οι επιθέσεις replay επηρεάζουν το πρωτόκολλο SIP. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, προτείνεται το ασφαλές πρωτόκολλο επικοινωνίας SIPS.

Συνοψίζοντας, οι απαιτήσεις ασφάλειας των VoIP υπηρεσιών, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις σημαντικές κατηγορίες: εμπιστευτικότητας ή μυστικότητας (οι πληροφορίες να μεταδίδονται ιδιωτικά και μυστικά), ακεραιότητας (οι πληροφορίες που στέλνει ο αποστολέας να φτάνουν ακέραιες, χωρίς τροποποιήσεις στον παραλήπτη), και διαθεσιμότητας (οι πληροφορίες και οι υπηρεσίες πρέπει να είναι διαθέσιμες για χρήση όταν απαιτείται) (Πομπόρτσας, 2003).

4.2. Τεχνολογίες Ασφάλειας

Με βάση τις απαιτήσεις ασφάλειας για τις VoIP υπηρεσίες, γίνεται μια πρώτη γνωριμία με κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες που εξασφαλίζουν αυθεντικότητα, ακεραιότητα, μυστικότητα. Οι δυο κυριότερες τεχνολογίες είναι αυτή του διαμοιραζόμενου κλειδιού (shared-key) και η κρυπτογράφηση δημοσίου κλειδιού (Public-key cryptography). Οι βασικότερες λειτουργίες τους και τα συστατικά τους στοιχεία παρουσιάζονται στη συνέχεια.

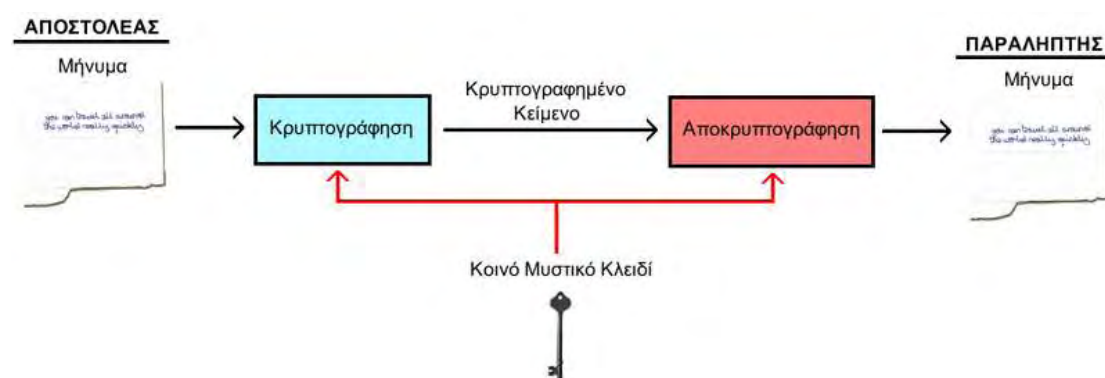
4.2.1. Κρυπτογράφηση Συμμετρικού Κλειδιού (Symmetric Cryptography)

Ένας τρόπος για να διασφαλιστεί η αυθεντικότητα είναι ο αποστολέας και ο παραλήπτης να μοιράζονται έναν μυστικό κωδικό πρόσβασης, το οποίο ονομάζεται διαμοιραζόμενο κλειδί. Το διαμοιραζόμενο κλειδί είναι άγνωστο σε ένα τρίτο χρήστη.

Ο αποστολέας με τη βοήθεια μιας συνάρτησης κατακερματισμού υπολογίζει την αριθμητική τιμή (hash) του περιεχομένου του μηνύματος που θέλει να αποστείλει. Μαζί με το μήνυμα, επισυνάπτει και τη hash τιμή του. Όταν ο παραλήπτης, λάβει το μήνυμα, χρησιμοποιώντας το διαμοιραζόμενο κλειδί υπολογίζει τη hash τιμή του. Στη συνέχεια, συγκρίνει τη hash τιμή που έλαβε από τον αποστολέα, με την hash τιμή που αυτός υπολόγισε. Εάν οι δυο τιμές ταυτίζονται, τότε επιβεβαιώνεται η ακεραιότητα του μηνύματος και η αυθεντικότητα του αποστολέα. Επειδή κανένας άλλος δεν γνωρίζει το

διαμοιραζόμενο κλειδί, δεν μπορεί να υποκλέψει τα μηνύματα, γιατί δεν μπορεί να τα αποκρυπτογραφήσει.

Το σύστημα αυτό δουλεύει καλά και με επιτυχία όταν οι πηγές δεδομένων είναι λιγοστές. Η διαδικασία κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης γίνονται ταχύτατα, χωρίς την κατανάλωση σημαντικής υπολογιστική ισχύς. Όταν οι πηγές δεδομένων όμως αυξάνονται και κάθε αποστολέας θα πρέπει να χρησιμοποιεί ένα μοναδικό κλειδί για τα δεδομένα που αποστέλλει σε έναν παραλήπτη, οι επιβαρύνσεις μπορεί να γίνουν τεράστιες ως απαγορευτικές. Επιπλέον, το διαμοιραζόμενο κλειδί πρέπει να ανταλλάσσεται με ασφαλή τρόπο και εάν για κάποιο λόγο χαθεί, όλες οι συσκευές που το χρησιμοποιούν θα πρέπει να λάβουν ένα νέο διαμοιραζόμενο κλειδί.



Εικόνα 19: Κρυπτογράφηση Συμμετρικού Κλειδιού

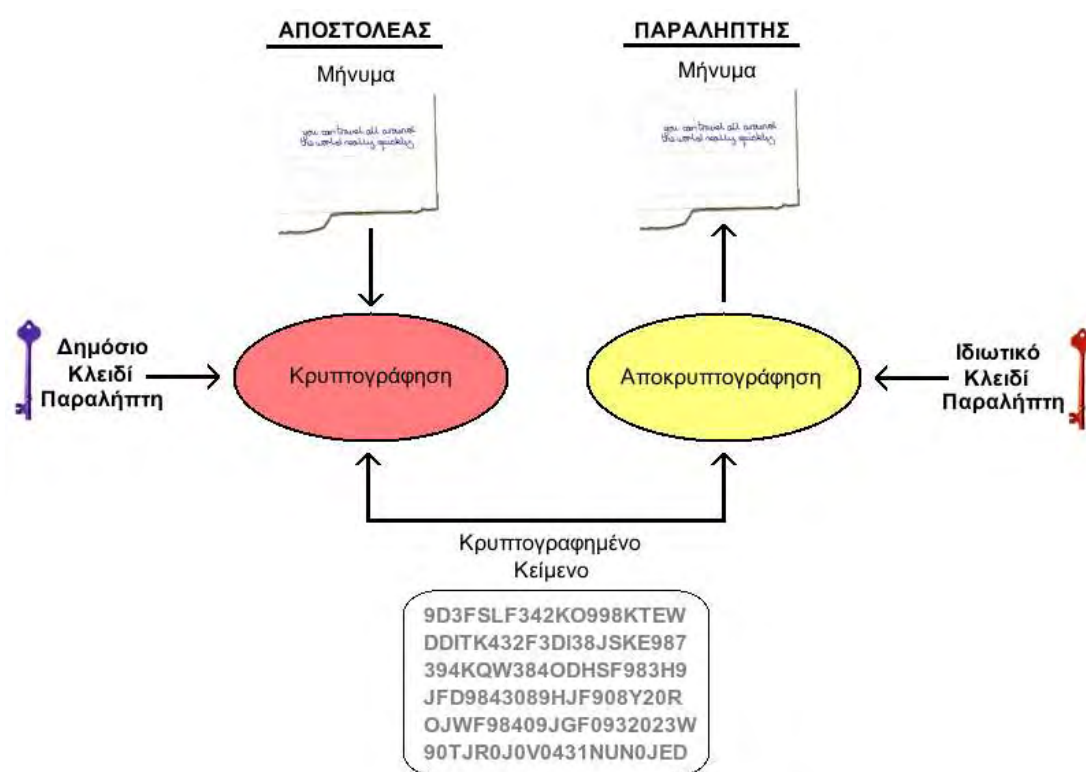
4.2.2. Κρυπτογράφηση Δημόσιου Κλειδιού (Public-key Cryptography)

Με σκοπό την αποφυγή των δυσκολιών που φέρνει η τεχνική του διαμοιραζόμενου κλειδιού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κρυπτογράφηση Δημόσιου Κλειδιού.

Ο αποστολέας και ο παραλήπτης σε αυτή την περίπτωση δεν μοιράζονται ένα κοινό μυστικό κλειδί, αλλά διαθέτουν διαφορετικά κλειδιά για διαφορετικές λειτουργίες. Το ένα κλειδί είναι το ιδιωτικό και το άλλο το δημόσιο. Το ιδιωτικό κλειδί παραμένει κρυφό και μυστικό, ενώ το δημόσιο κλειδί ανακοινώνεται στους παραλήπτες. Οι servers δημοσίων κλειδιών διαθέτουν τα δημόσια κλειδιά όλων των χρηστών. Τα δυο κλειδιά συνδέονται με μια μαθηματική σχέση, αλλά με κανέναν τρόπο δεν μπορεί να υπολογιστεί το ιδιωτικό από το δημόσιο κλειδί. Συνήθως ονομάζονται ασύμμετρα κλειδιά και αναπαριστούνται στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης που μπορούν να ακολουθηθούν. Η κάθε μια παράγει και διαφορετικό αποτέλεσμα.

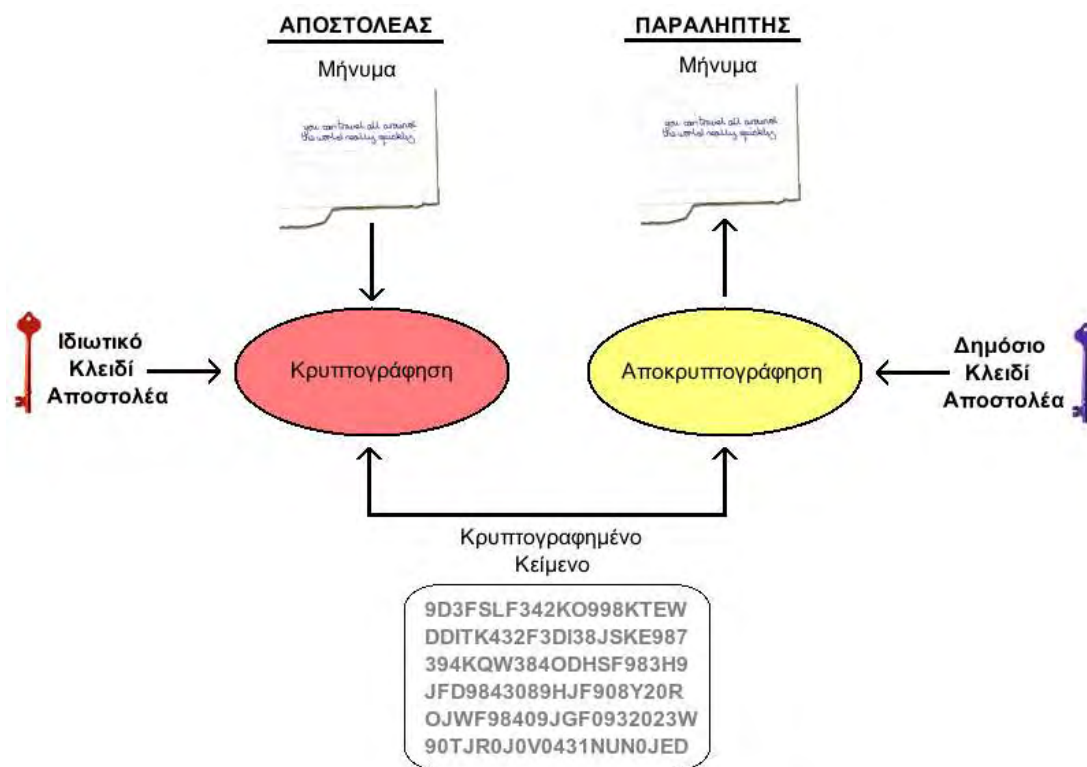
Ο αποστολέας χρησιμοποιήσει το δημόσιο κλειδί του παραλήπτη και κρυπτογραφεί το μήνυμα, πριν το αποστείλει. Ο παραλήπτης το αποκρυπτογραφεί με το ιδιωτικό κλειδί του. Αφού το ιδιωτικό κλειδί του παραλήπτη είναι μυστικό και γνωστό μόνο στον ίδιο, μόνο αυτός μπορεί να αποκρυπτογραφήσει το μήνυμα και να το διαβάσει. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η εμπιστευτικότητα του μηνύματος.



Εικόνα 20: Κρυπτογράφηση Δημόσιου Κλειδιού (εμπιστευτικότητα)

Με αυτή τη μέθοδο όμως, ο αποστολέας μπορεί να δηλώσει ψεύτικη ταυτότητα και ο παραλήπτης να νομίσει ότι το μήνυμα στάλθηκε από κάποιον άλλο.

Για να επιτευχθεί πιστοποίηση του αποστολέα, αυτός θα πρέπει να χρησιμοποιήσει το ιδιωτικό του κλειδί για την κρυπτογράφηση του μηνύματος, πριν το στείλει. Στη συνέχεια, ο παραλήπτης το αποκρυπτογραφεί με το δημόσιο κλειδί του αποστολέα. Αφού, το ιδιωτικό κλειδί του αποστολέα είναι μυστικό και γνωστό μόνο σε αυτό, ο παραλήπτης μπορεί να είναι βέβαιος για την ταυτότητα του αποστολέα.



Εικόνα 21: Κρυπτογράφηση Δημόσιου Κλειδιού (πιστοποίηση)

Μπορούν να επιτευχθούν ταυτόχρονα η πιστοποίηση του αποστολέα και η εμπιστευτικότητα του μηνύματος, αν συνδυαστούν οι δυο παραπάνω τεχνικές. Ο αποστολέας θα κρυπτογραφήσει το μήνυμα πρώτα με το δικό του ιδιωτικό κλειδί και έπειτα με το δημόσιο κλειδί του παραλήπτη. Ο παραλήπτης θα το αποκρυπτογραφήσει πρώτα με το ιδιωτικό του κλειδί (για να πετύχει εμπιστευτικότητα) και στη συνέχεια θα αποκρυπτογραφήσει το αποτέλεσμα με το δημόσιο κλειδί του αποστολέα (για να πετύχει πιστοποίηση).

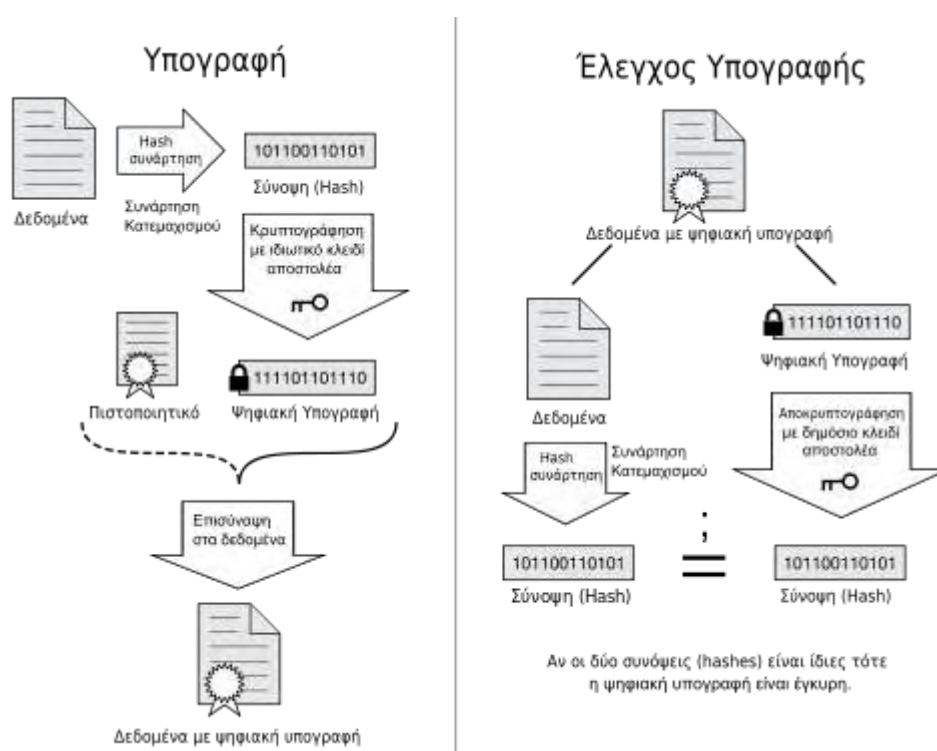
Η κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού όπως περιγράφηκε παραπάνω και η συνάρτηση κατατεμαχισμού (hash function) εφαρμόζονται στις ψηφιακές υπογραφές και τα πιστοποιητικά (Πομπόρτσας, 2003).

4.2.2.1. Ψηφιακές Υπογραφές (Digital Signatures)

Μια ψηφιακή υπογραφή λειτουργεί σαν την πραγματική υπογραφή στον πραγματικό κόσμο και αποτελεί έναν τρόπο την πιστοποίηση ενός μηνύματος ή ενός συνόλου δεδομένων. Οι ψηφιακές υπογραφές χρησιμοποιούν ένα σύνολο συμπληρωματικών αλγορίθμων, ένα για την υπογραφή και ένα άλλο για την επαλήθευση. Η συνάρτηση κατακερματισμού (hash function) εκτελείται στο μήνυμα και παράγεται η λεγόμενη σύνοψη. Η σύνοψη αφού κρυπτογραφηθεί με το ιδιωτικό κλειδί

του αποστολέα και επισυναφθεί ένα πιστοποιητικό του δημόσιου κλειδιού (το οποίο έχει εκδοθεί από κάποιο αξιόπιστο οργανισμό υπηρεσιών πιστοποίησης και ταυτοποιεί ένα δημόσιο κλειδί με τον δικαιούχο του μετασχηματίζεται σε μια ψηφιακή υπογραφή και επισυνάπτεται στο μήνυμα. Ο παραλήπτης ελέγχει την υπογραφή με τον αλγόριθμο επαλήθευσης στο αρχικό περιεχόμενο του μηνύματος, αλλά δεν λαμβάνει υπόψη του την ίδια την υπογραφή, καθώς επίσης και στο δημόσιο κλειδί του αποστολέα.

Η ψηφιακή υπογραφή αποκρυπτογραφείται με το δημόσιο κλειδί του αποστολέα και παράγεται η σύνοψη. Παράλληλα, υπολογίζεται η σύνοψη του ληφθέντος μηνύματος. Αν οι δύο συνόψεις είναι ίδιες σημαίνει ότι το μήνυμα έχει την υπογραφή του αποστολέα (που ανήκει το δημόσιο κλειδί) και ότι το μήνυμα δεν έχει παραποιηθεί κατά τη μεταφορά.



Εικόνα 22: Ψηφιακές Υπογραφές

4.2.2.2. Πιστοποιητικά (Certificates)

Τα πιστοποιητικά αποτελούν μια λύση στο πρόβλημα της διανομής του δημόσιου κλειδιού. Το δημόσιο κλειδί ενός χρήστη αποστέλλεται στην αρχή πιστοποιητικών (Certificate Authority, CA). Η αρχή πιστοποιητικών ελέγχει την ταυτότητα του χρήστη και εκδίδει ένα πιστοποιητικό που επιβεβαιώνει την ταυτότητα του χρήστη και του δημόσιου κλειδιού του και υπογράφεται από την ίδια CA. Υπάρχουν

πολλές αρχές πιστοποιητικών, τότε το δημόσιο κλειδί που εκδίδεται από κάθε μια πρέπει να παρέχεται σε κάθε συσκευή.

Στην αρχή της επικοινωνίας κάθε χρήστης παρουσιάζει το πιστοποιητικό του στους συνομιλητές του. Οι συνομιλητές εκτελούν έναν αλγόριθμο επαλήθευσης υπογραφών για να ελέγξει ότι η αρχή πιστοποιητικών που έχει υπογράψει το πιστοποιητικό είναι έμπιστη. Εάν η υπογραφή επικυρωθεί, τότε το δημόσιο κλειδί και η ταυτότητα της οντότητας αποθηκεύεται τοπικά στο σύστημα. Συνεπώς, το δημόσιο κλειδί της έμπιστης αρχής πιστοποιητικών έχει παρουσιαστεί σε όλες τις συσκευές. Αφού εμφανίζονται τα πιστοποιητικά, τα οποία περιλαμβάνουν τα δημόσια κλειδιά, τότε η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών του συστήματος είναι εξασφαλισμένη.

4.3. Πολιτικές Ασφάλειας

Αναμφισβήτητα, υπάρχει ένα σύνολο απειλών της ασφάλειας αλλά ταυτόχρονα υπάρχουν και οι μέθοδοι για την αντιμετώπιση αυτών. Είναι πρακτικά αδύνατο να αναπτυχθούν τεχνολογίες ασφάλειας για την αντιμετώπιση κάθε πιθανής απειλής. Συνεπώς, απαιτείται από κάθε χρήστη ή κάθε εταιρεία να αξιολογήσουν και να αντιμετωπίσουν κατά προτεραιότητα τους κινδύνους που απειλούν την ασφάλεια του συστήματός τους.

Οι κύριοι και εμπειρικοί κανόνες για να μετριαστούν οι κίνδυνοι ασφάλειας στην τεχνολογία VoIP δεν διαφέρουν και πολύ από τους κανόνες και στο λοιπό Διαδίκτυο. (Πομπόρτσης, 2003).

- **Χρήση ασφαλούς εξοπλισμού VoIP**

Το πρωτόκολλο ασφάλειας WEP (Wired Equivalent Privacy) είναι πλέον ξεπερασμένο. Αποτελεί μια παλαιότερη και λιγότερο ασφαλή τεχνολογία. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να συνοδεύεται από σύγχρονα πρότυπα ασύρματης ασφάλειας όπως τα WiFi Protected Access (WPA), WPA2 και IEEE 802.11i. Με τον τρόπο αυτό, στο δίκτυο θα λαμβάνουν μέρος μόνο πιστοποιημένοι χρήστες και η κρυπτογράφηση θα είναι εγγυημένη.

- **Χρήση τείχους προστασίας (firewall) VoIP**

Υπάρχουν τείχη προστασίας ειδικά σχεδιασμένα για την τεχνολογία VoIP, που εντοπίζουν ασυνήθιστα πρότυπα κλήσεων και παρακολουθούν για ενδείξεις επίθεσης. Τα τείχη αυτά είναι γνώστες της VoIP σηματοδοσίας των πρωτοκόλλων και η λειτουργία τους στηρίζεται στην επιθεώρηση του περιεχομένου των μηνυμάτων σηματοδοσίας. Τα είδη αυτά των firewalls τα οποία σχετίζονται με τις εφαρμογές VoIP

ονομάζονται ALG (Application-Layer Gateways), πύλες του επιπέδου εφαρμογής του δικτύου.

Εάν τα μηνύματα σηματοδοσίας είναι κρυπτογραφημένα, τότε τα firewalls δεν λειτουργούν σωστά. Καλό είναι επομένως να χρησιμοποιηθεί ένα ιδιωτικό διάστημα διευθύνσεων για VoIP αντί για το NAT (Network Address Translation).

- **Συνδυασμός VPN και VoIP**

Χρησιμοποιώντας VPN (Virtual Private Network) τεχνολογία, δημιουργείται ένα ασφαλές δίκτυο ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα απομακρυσμένα σημεία. Κάτι τέτοιο επιτρέπει την ασφαλή μεταφορά δεδομένων με κρυπτογράφηση και ασφαλή πρωτόκολλα. Τέτοια πρωτόκολλα είναι το PPTP, το L2TP και το OpenVPN. Η επιλογή του πρωτοκόλλου εξαρτάται κυρίως από τη συμβατότητά του ή όχι με το λειτουργικό σύστημα της κάθε συσκευής. Σε όλα τα προηγούμενα, πρέπει να κρατηθούν οι ισορροπίες όσο αναφορά την παρεχόμενη ποιότητα των υπηρεσιών, την ταχύτητα και το κόστος.

- **Χρήση δύο συνδέσεων**

Καλό θα ήταν να υπάρχει δεύτερη σύνδεση Internet αποκλειστικά για τη γραμμή VoIP, ώστε οι ιοί ή οι επιθέσεις που απειλούν το δίκτυο δεδομένων να μην επηρεάσουν την υπηρεσία της VoIP.

- **Ενημερωμένη προστασία από ιούς**

Θα πρέπει να υπάρχουν εγκατεστημένα προγράμματα για προστασία από ιούς και κακόβουλο λογισμικό και μάλιστα να είναι ενημερωμένα.

- **Κωδικός Πρόσβασης και Έλεγχος Προσπέλασης**

Οι προεπιλεγμένοι κωδικοί πρόσβασης στις διάφορες συσκευές VoIP, πρέπει να αλλάζονται, αφού είναι πιθανό να προβλεφθούν. Επίσης, το password πρέπει να αλλάζει σε τακτά χρονικά διαστήματα και να παραμένει μυστικό.

5. MOBILE VOIP (mVoIP)

Οι χρήστες των ασύρματων δικτύων δραστηριοποιούνται σε πολλούς τομείς τα τελευταία χρόνια: επιχειρήσεις, εκπαίδευση, υγεία, χώρο μεταποίησης, χονδρικό και λιανικό εμπόριο. Πολλοί είναι οι λόγοι που καθιστούν την χρήση των ασύρματων δικτύων απαραίτητη για τη δραστηριότητά τους. Αυτοί οι χρήστες είναι συνήθως σε κίνηση, είτε επειδή δεν έχουν μια συγκεκριμένη έδρα, είτε επειδή απαιτείται να είναι μακριά από την έδρα τους μεγάλο χρονικό διάστημα. Η πρόσβαση τους σε βασικές πληροφορίες πρέπει να είναι άμεση, όπως και η επικοινωνία με συνεργάτες, υπαλλήλους κλπ .

Σε αυτό το πλαίσιο, το Mobile VoIP ή απλά mVoIP εμφανίζεται ως η πλέον προφανής λύση για τη φωνητική επικοινωνία κινητού τύπου που χρειάζονται οι χρήστες αυτοί.

Το Mobile VoIP είναι μια επέκταση κινητικότητας σε ένα δίκτυο VoIP. Δύο τύποι επικοινωνίας υποστηρίζουν γενικά: ασύρματα πρωτόκολλα για επικοινωνία μικρής εμβέλειας, όπου όλοι οι σταθμοί βάσης είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο LAN και επικοινωνία ευρύτερης περιοχής χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα 3G/4G ή ακόμα και WiFi.

Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες που επιτρέπουν την ενσωμάτωση ενός φορητού ακουστικού σε ένα δίκτυο VoIP. Μία εφαρμογή μετατρέπει την κινητή συσκευή σε έναν SIP client, ο οποίος στη συνέχεια χρησιμοποιεί ένα δίκτυο δεδομένων για αποστολή και λήψη μηνυμάτων SIP και για αποστολή και λήψη RTP για τη διαδρομή της φωνής. Αυτή η διαδικασία απαιτεί επικοινωνίες IP υψηλής ταχύτητας, όπως η ADSL, η WiFi ή WiMAX.

Το Mobile VoIP απαιτεί μια ισορροπία μεταξύ οικονομίας και κινητικότητας. Για παράδειγμα, η μετάδοση φωνής μέσω WiFi είναι μια θεωρητικά δωρεάν υπηρεσία, αλλά είναι διαθέσιμη μόνο στην περιοχή κάλυψης ενός μόνο σημείου πρόσβασης WiFi.

Αφού οι κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων εκμεταλλεύτηκαν ισχυρότερους επεξεργαστές και λιγότερο δαπανηρή μνήμη, τα smartphones έγιναν ικανά να στέλνουν και να λαμβάνουν μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, να περιηγούνται στο Διαδίκτυο και να επιτρέπουν σε έναν χρήστη να παρακολουθεί τηλεόραση και όλα αυτά με συγκριτικά χαμηλό κόστος. Οι χρήστες του mVoIP αναμένεται να πολλαπλασιαστούν τα επόμενα χρόνια.

Το επιχειρηματικό μοντέλο του κλάδου κινητής τηλεφωνίας έρχεται σε σύγκρουση με τις προσδοκίες των χρηστών του Διαδικτύου ότι η πρόσβαση είναι ελεύθερη και γρήγορη χωρίς πρόσθετες χρεώσεις για την επίσκεψη σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, όσο μακριά και να φιλοξενούνται. Εξαιτίας αυτού, οι περισσότερες καινοτομίες στο κινητό VoIP θα προέρχονται πιθανώς από πανεπιστήμια και εταιρικά δίκτυα, έργα ανοιχτού λογισμικού όπως το Asterisk και εφαρμογές όπου τα οφέλη είναι αρκετά υψηλά για να δικαιολογούν ακριβά πειράματα (ιατρικά, στρατιωτικά κ.λ.π.).

Η VoIP έχει χαμηλές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης κι έτσι θεωρητικά η VoIP μέσα από ασύρματα (τοπικά τουλάχιστον) δίκτυα είναι εύκολη στην υλοποίηση και τη χρήση της. Πρακτικά, ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών είναι δύσκολος, ο χειρισμός διαφορετικών μέσων προβληματικός και τελικά η ποιότητα ήχου δεν είναι και τόσο καλή και οι διακοπές συχνές (Βράκας, 2013).

5.1. Voice over WiFi (VoWiFi)

Με τον όρο Voice over WiFi (VoWiFi) περιγράφεται η υπηρεσία, με την οποία πραγματοποιούνται κλήσεις πάνω από δίκτυα WiFi, δηλαδή όπου υπάρχει σύνδεση WiFi.

Με την τεχνολογία VoWiFi, οι συνδρομητές της κινητής τηλεφωνίας μπορούν να χρησιμοποιούν κανονικά το κινητό τους τηλέφωνο, σαν να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο κινητής, αλλά η κλήση πραγματοποιείται μέσω WiFi. Οι κλήσεις και τα SMS μέσω WiFi μπορούν να πραγματοποιούνται μέσω οποιουδήποτε οικιακού router ή οποιουδήποτε WiFi hotspot, ανεξάρτητα από τον πάροχο δικτύου ή τον κάτοχο.

Η χρήση VoWiFi τα τελευταία χρόνια διαρκώς αυξάνεται. Σύμφωνα με την Cisco, η κίνηση VoWiFi προβλέπεται αυξηθεί από το 15,7% της συνολικής VoIP το 2015 στο 52,9% της εν λόγω κίνησης το 2020.

Στην Ελλάδα, εισήγαγε την VoWiFi πρώτη η εταιρία COSMOTE στις 8 Μαρτίου 2017.

5.1.1. Θετικά Χαρακτηριστικά VoWiFi

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία VoWiFi έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο στην ποιότητα και την αξιοπιστία κλήσεων και προτιμάται από πολλούς χρήστες γιατί:

Ο αριθμός των hotspot WiFi αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό και πολλές επιχειρήσεις και σπίτια διαθέτουν σύνδεση WiFi.

Το VoWiFi επιτρέπει και σε μη συνδρομητές - δηλαδή σε συσκευές δίχως κάρτα SIM, όπως είναι τα tablet με WiFi, να πραγματοποιούν κλήσεις.

Το WiFi λειτουργεί σε μη εξουσιοδοτημένες ζώνες συχνотήτων, οπότε το VoWiFi μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς άδεια κάποιου ασύρματου χειριστή.

Το VoWifi παρέχει καλύτερη κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους, από την τυπική κινητή τηλεφωνία.

5.1.2. Αρνητικά Χαρακτηριστικά VoWiFi

Το WiFi είναι μια υπηρεσία που αρχικά δεν είχε σχεδιαστεί για να υποστηρίζει το σήμα της φωνής και όταν τα δίκτυα WiFi της επιχείρησης έχουν υπερφορτωθεί με τη ροή άλλου είδους δεδομένων, η μετάδοσης φωνής περνά σε δεύτερη μοίρα.

Το WiFi είναι μια μη εξουσιοδοτημένη συχνότητα, σε αντίθεση με τις εξουσιοδοτημένες συχνότητες της κινητής τηλεφωνίας γι' αυτό χαρακτηρίζεται από παρεμβολές από πολλές πηγές.

Δεν υπάρχει ξεκάθαρη η αυτόματη σύνδεση για κλήσεις WiFi. Οι καλούντες δεν μεταφέρονται αυτόματα από το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας στο δίκτυο WiFi όταν μπαίνουν σε ένα κτίριο με ένα ή περισσότερα hotspot WiFi.

Η συντήρηση του δικτύου WiFi είναι προβληματική. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας δεν είναι υπεύθυνες για την αντιμετώπιση προβλημάτων και την επιδιόρθωση δικτύων WiFi. Οι οικιακοί χρήστες WiFi και τα τμήματα πληροφορικής των επιχειρήσεων είναι υπεύθυνα για τη συντήρησή του (Ψαρουδάκης, 2014).

5.2. Voice over LTE (VoLTE)

Με τον όρο Voice over LTE (VoLTE) ορίζεται η πραγματοποίηση κλήσεων μέσω των δικτύων 4G/4G+ (LTE: 3GPP Long Term Evolution). Η τεχνολογία VoLTE επιτρέπει ταχύτερη πραγματοποίηση κλήσεων κινητής τηλεφωνίας και μειώνει την κατανάλωση ενέργειας επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας της κινητής συσκευής και προσφέρει αναβαθμισμένη ποιότητα ήχου. Επιπλέον, επιτρέπει την κίνηση δεδομένων με ταχύτητες 4G/4G+ κατά τη διάρκεια μίας φωνητικής κλήσης αλλάζοντας την εμπειρία του multitasking μέσω της κινητής τηλεφωνίας.

Η μετάδοση της φωνής στηρίζεται στα δίκτυα LTE. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των δικτύων είναι αποκλειστική υποστήριξη μεταγωγής πακέτων (είτε αυτοδύναμου πακέτου, είτε εικονικού κυκλώματος) και όχι η μεταγωγή κυκλώματος. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η χαμηλή καθυστέρηση και η χρήση τεχνολογίας

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) στο downlink και SC-FDMA στο uplink. Διακρίνεται από MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output, δηλαδή χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραίες και για μετάδοση και για λήψη σήματος με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων. Πετυχαίνουν 100 Mbps στο downlink και 50 Mbps στο uplink, με μειωμένες καθυστερήσεις, ειδικά στο δίκτυο, λιγότερο από 10ms.

Στόχοι της LTE δεν είναι μόνο η VoIP, αλλά η ευελιξία και κλιμάκωση στο εύρος ζώνης, ο συνδυασμός και ταυτόχρονη χρήση TDD (Time Division Duplex) και FDD (Frequency Division Duplex).

Σταδιακά όλο και περισσότεροι φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας εφαρμόζουν την VoIP μέσω LTE (VoLTE).

Οι περισσότερες από τις συσκευές LTE που ενεργοποιήθηκαν από το 2014 έχουν τη δυνατότητα VoLTE, οι πάροχοι συνήθως απενεργοποιούν το χαρακτηριστικό μέχρι να βελτιστοποιηθούν πλήρως τα δίκτυά τους και να είναι έτοιμα να υποστηρίξουν την υπηρεσία αυτή. Η μετάδοση του iPhone 6 από την Apple το 2015 αποτέλεσε μεγάλη ώθηση παγκοσμίως, ειδικά στην περιοχή της Βόρειας Αμερικής, όπου μόνο οι ΗΠΑ έχουν πάνω από 100 εκατομμύρια χρήστες iPhone. Το γεγονός αυτό δεν αφήνει καμία επιλογή για παρόχους που δεν είναι ακόμα έτοιμοι να αναβαθμίσουν τα δίκτυα VoLTE για τις πιο σύγχρονες συσκευές.

Με το βασικό VoLTE να γίνεται ευρέως διαδεδομένο, οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών έχουν αρχίσει να προσφέρουν δυνατότητες προστιθέμενης αξίας, όπως να ενσωματώνουν και άλλες συσκευές εκτός SIM με την βασική συνδρομή του χρήστη. Η δυνατότητα κλήσης πολλών συσκευών είναι μια τέτοια δυνατότητα, όπου ο ίδιος αριθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κλήση οποιασδήποτε από τις καταχωρημένες συσκευές του χρήστη. Μια άλλη εκδοχή αυτής της υπηρεσίας είναι η εναλλαγή κλήσεων από WiFi σε 3G/4G/5G και το αντίστροφο, ανάλογα με τις υπάρχουσες δυνατότητες κάλυψης.

Όταν η τηλεφωνική συσκευή κάποιου χρήστη έχει προκαλέσει μια φωνητική σύνοδο και στη συνέχεια μεταβαίνει σε μια περιοχή όπου δεν παρέχεται κάλυψη LTE, καλείται η διαδικασία ενισχυμένης ενιαίας ραδιοφωνικής συνομιλίας eSRVCC (Enhanced Single Radio Voice Call Continuity)

Υπάρχει μια λίστα με αρκετούς δείκτες απόδοσης που συνιστώνται για την παρακολούθηση των χρηστών, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απόδοση και η

ποιότητα των υπηρεσιών VoLTE στα δίκτυά τους. Ένας από αυτούς είναι η χρήση του VoLTE: ο αριθμός των ταυτόχρονων κλήσεων VoLTE εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Ο αριθμός των ταυτόχρονων κλήσεων VoLTE προσδιορίζει τόσο την πραγματική χρήση του VoLTE, όσο και το φορτίο VoLTE στο δίκτυο.

Καθώς οι εξελίξεις των VoLTE αναπτύσσονται σε όλο τον κόσμο, οι προκλήσεις δικτύου που σχετίζονται με VoLTE βελτιστοποιούνται και η υπηρεσία VoLTE μπορεί να καθιερωθεί ως η κύρια λύση φωνής στα δίκτυα LTE. Μέχρι να συμβεί αυτό και εφόσον εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται άλλα εναλλακτικά φωνητικά όπως το Circuit Switched FallBack (CSFB). Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν εκτιμήσεις της δυνητικής χωρητικότητας για VoLTE και πόσες κλήσεις αποκλίνουν από το δίκτυο. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τη βοήθεια εντοπισμού πιθανών λαθών στην κάλυψη LTE, συμβάλλοντας στη βελτίωση της αποτελεσματικής κάλυψης του VoLTE και τη βελτίωση της εμπειρίας των χρηστών, ενώ παρεκκλίνουν από το παραδοσιακό δίκτυο. Στην Ελλάδα, εισήγαγε την VoLTE πρώτη η εταιρία COSMOTE στις 8 Μαρτίου 2017 (Φράγκος, 2014).

5.2.1. Θετικά Χαρακτηριστικά VoLTE

Τα βασικά θετικά χαρακτηριστικά που προσδίδει στην επικοινωνία το VoLTE παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Το πιο αξιοσημείωτο όφελος που έχουν οι χρήστες της VoLTE είναι η φωνή υψηλής ευκρίνειας. Τα παραδοσιακά δίκτυα φωνής μεταδίδουν φωνητικές κλήσεις χρησιμοποιώντας έναν κωδικοποιητή 8 kbps. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν κωδικοποιητή 13 kbps με σύγχρονες μεθόδους συμπίεσης. Το αποτέλεσμα είναι μια κλήση που είναι αισθητά πιο ξεκάθαρη από μια τυπική κλήση κινητού τηλεφώνου.

Η τεχνολογία VoLTE επιτρέπει στους ασύρματους φορείς να παραδώσουν ένα νέο σύνολο υπηρεσιών βασισμένων σε πρότυπα που αναφέρονται ως RCS (Rich Communications Services). Αυτές οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν videoκλήσεις, μεταφορά αρχείων, μετάφραση γλωσσών σε πραγματικό χρόνο, άμεσων μηνυμάτων κ.α. Επίσης, υπάρχουν υπηρεσίες που θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από τη VoLTE που κανείς δεν έχει ακόμη σκεφτεί ακόμα.

Η VoLTE μπορεί να προσφέρει πραγματική διαλειτουργικότητα συσκευών. Πρακτικά, αυτό σημαίνει πως αν κάποιο smartphone υποστηρίζει αρκετές ασύρματες ζώνες

LTE, ο χρήστης θα μπορεί να μεταφέρει τη συσκευή σε οποιαδήποτε εταιρεία κινητής τηλεφωνίας και να έχει τόσο φωνητική όσο και υπηρεσία δεδομένων.

5.2.2. Αρνητικά Χαρακτηριστικά VoLTE

Δεν παύει όμως η τεχνολογία VoLTE να έχει και αρνητικά χαρακτηριστικά, η εξάλειψη των οποίων αποτελεί πρόκληση για το μέλλον.

Το πρώτο που παρατηρεί κανείς, είναι οι χαμένες κλήσεις, τουλάχιστον στην αρχή. Η VoLTE είναι μια νέα τεχνολογία, η οποία δεν λειτουργεί επιτυχώς παντού και πάντα. Ο βασικότερος λόγος ματαίωσης της κλήσης είναι επειδή απαιτείται οι δυο συνομιλητές να βρίσκονται εντός κάλυψης του LTE δικτύου. Το δίκτυο κινητής πρόσβασης όμως χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβλητότητα, απώλεια πακέτων λόγω εξασθένησης, αυξημένη καθυστέρηση και ηχώ.

Επιπλέον, η τεχνολογία περιορίζεται σε συγκεκριμένες συσκευές, που διαθέτουν υλικό και λογισμικό που επιτρέπει τη λειτουργία VoLTE. Σε αυτό συντελούν ο αυξημένος αριθμός και ποικιλία κωδικοποιητών, η συνύπαρξη IPv6 και IPv4 σε 4G/5G και LTE, η αυξημένη ανάγκη σε εύρος ζώνης.

Η VoLTE χρειάζεται να μειώσει την εξάρτηση από τα παλαιότερα δίκτυα τηλεπικοινωνίας. Η ταυτόχρονη σύνδεση φωνής και δεδομένων είναι ένα κίνητρο για τη συντομότερη ανάπτυξη της VoLTE (Radisys, 2011).

5.3. Συνδυασμός VoWiFi και VoLTE

Συνδυάζοντας τις τεχνολογίες VoWiFi και VoLTE, επιτρέπεται η αυτόματη μετάβαση ανάμεσα στα δίκτυα κατά τη διεξαγωγή μιας κλήσης. Αν ο χρήστης μετακινηθεί εκτός του δικτύου WiFi, ακόμα και κατά τη διεξαγωγή μιας κλήσης, η επικοινωνία θα συνεχιστεί κανονικά με την κλήση να μεταφέρεται στο δίκτυο 4G/4G+ χωρίς να διακοπεί. Το ίδιο συμβαίνει και κατά την αντίθετη μετάβαση, δηλαδή από το δίκτυο 4G/5G σε δίκτυο WiFi.

Η ποιότητα των κλήσεων μέσω WiFi και LTE, είναι υψηλής ευκρίνειας (HD Voice-High Definition Voice), και προσφέρουν καθαρό ήχο, χωρίς περιβαλλοντικό θόρυβο, ακόμα και όταν οι χρήστες μιλούν χαμηλόφωνα. Βέβαια, το μέλλον είναι πιο ελπιδοφόρο για το VoWifi, αντί για το VoLTE και αυτό γιατί τα δίκτυα 4G/4G+ βελτιώθηκαν μέσα σε 6 χρόνια. (Sauter, 2017)

Συμπερασματικά, τα οφέλη από τη χρήση των VoLTE και VoWiFi συνεισφέρουν μια πολύ καλή εμπειρία χρήσης τόσο από ατομικούς καταναλωτές, όσο και από εταιρικούς χρήστες. Όταν οι πελάτες βιώνουν καλή εξυπηρέτηση και σταθερές υπηρεσίες, είναι πολύ πιθανό να παραμείνουν στον πάροχο της υπηρεσίας και μέσω της θετικής τους κριτικής να προσελκύσουν νέους πελάτες.

5.4. RCS (Rich Communication Services)

Το RCS (Rich Communication Services) είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των φορέων κινητής τηλεφωνίας και μεταξύ του φορέα και της συσκευής, και στοχεύει στην αντικατάσταση των μηνυμάτων SMS/MMS με ένα πλουσιότερο και πιο διαδραστικό σύστημα μηνυμάτων κειμένου-υπηρεσιών. Αναφέρεται επίσης ως Advanced Messaging, Advanced Communications, Joyn, Message+ και SMS+.

Στην ουσία, πρόκειται για τη διάδοχο κατάσταση των SMS/MMS που επιτρέπει στους χρήστες την αποστολή φωτογραφιών υψηλότερης ανάλυσης, τη συμμετοχή τους σε ομαδικές συνομιλίες, την πραγματοποίηση video κλήσεων, την κατάσταση αναφοράς όπως το αποδεικτικό παράδοσης/ανάγνωσης, την κοινοποίηση της τοποθεσίας, και όλα τα προηγούμενα κάνοντάς χρήση του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας (2G, 3G, 4G, 5G) ή WiFi και όχι τη σύνδεση στο διαδίκτυο. (<https://www.techgear.gr/rcs-android-messages-118379>)

Το RCS δεν διαφέρει πολύ από τις OTT (Over The Top) υπηρεσίες. Ο όρος OTT αναφέρεται στους παρόχους περιεχομένου που διανέμουν μέσα ροής δεδομένων ως αυτόνομα προϊόντα και μάλιστα απευθείας στους καταναλωτές μέσω του Διαδικτύου, παρακάμπτοντας τις τηλεπικοινωνίες, την πολυκαναλική τηλεόραση και τις πλατφόρμες τηλεοπτικών εκπομπών που παραδοσιακά λειτουργούν ως διανομείς τέτοιων περιεχομένων. Παρόλα αυτά RCS και OTT διαφέρουν στα εξής σημεία:

1. Δυνατότητα εμπλουτισμένης κλήσης RCS μέσω των αξιόπιστων τηλεπικοινωνιακών παρόχων (π.χ παραδοσιακές κλήσεις CS και VoLTE), που εγγυώνται QoS.
2. Διαθεσιμότητα των νόμιμων διεπαφών και διαδικασιών παρακολούθησης.
3. Δυνατότητα παροχής QoS για RCS σε εφαρμογές OTT. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν πολλές εφαρμογές ανταγωνίζονται για εύρος ζώνης IP.
4. Πρόσβαση μέσω της κάρτα SIM, χωρίς επιπρόσθετο έλεγχο ταυτότητας χρήστη ή άλλου είδους αλληλεπιδράσεις.

Μια αξιοσημείωτη τάση του RCS είναι η αύξηση του μεγέθους των μέσων που μοιράζονται οι χρήστες. Όταν οι μεταφορές αρχείων φτάνουν στο εύρος του GB, οι εταιρείες αναγκάζονται να εφαρμόσουν μεταφορές αρχείων που βασίζονται σε HTTP (HyperText Transfer Protocol) και όχι σε MSRP (Message Session Relay Protocol), το οποίο συνηθίζεται κατά κανόνα στο RCS, για instant messaging και διαμοιρασμό φωτογραφιών.

Το RCS υπερτερεί των SMS/MMS για τους χρήστες σε αρκετά σημεία, όπως στο διευρυμένο σύνολο χαρακτήρων, το μεγαλύτερο μέγεθος μηνυμάτων και τη σύνθετη αναφορά κατάστασης. Το κυριότερο πλεονέκτημα του είναι ότι συνδέεται με τον αριθμό

του κινητού τηλεφώνου και όχι με μια εφαρμογή, γεγονός που δεν προϋποθέτει λήψεις. Η RCS επιτρέπει επίσης την υποστήριξη πολλαπλών συσκευών.

Η νέα εποχή αυτής της τεχνολογίας- αγοράς της ανταλλαγής μηνυμάτων παρέχει μια συνεπή και πιο εξελιγμένη εμπειρία ανταλλαγής μηνυμάτων για δισεκατομμύρια καταναλωτές παγκοσμίως.

Οι λειτουργίες και τεχνικές δυνατότητες που έχουν συμφωνηθεί από τη βιομηχανία για την παγκόσμια ανάπτυξη του RCS συμπεριλαμβάνονται στο Universal Profile της GSMA. Το Universal Profile διασφαλίζει ότι η βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών παραμένει στο επίκεντρο των ψηφιακών επικοινωνιών, επιτρέποντας στις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας, τους κατασκευαστές συσκευών (OEMs) και τις εταιρείες ανάπτυξης λειτουργικών συστημάτων (OS) να παρέχουν ή να βιώνουν αυτή τη συναρπαστική νέα υπηρεσία μηνυμάτων με συνέπεια, γρήγορα και απλά. Αυτή τη στιγμή, το Universal Profile υποστηρίζεται παγκοσμίως από 47 εταιρείες κινητής τηλεφωνίας, 11 κατασκευαστές OEMs, και 2 εταιρείες ανάπτυξης λειτουργικών συστημάτων (OS) για κινητά τηλέφωνα, τη Google και τη Microsoft. (5G Americas Global Organizations Forge July 2016)

Το Universal Profile RCS εμφανίζεται αυτή τη στιγμή με δυο εκδόσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει βασικά χαρακτηριστικά όπως συνομιλία, ομαδική συζήτηση, μεταφορά αρχείων, ηχητικά μηνύματα, κοινή χρήση βίντεο, πολυ-συσκευή, εμπλουτισμένη κλήση, κοινή χρήση τοποθεσίας και ζωντανή μετάδοση. Η δεύτερη, πιο εξελιγμένη, αντιμετωπίζει τα μηνύματα ως πλατφόρμα, ως API, plug-in εφαρμογή και παρέχει βελτιωμένη πιστοποίηση ταυτότητας και ασφάλεια εφαρμογής, με στόχο την εμπορικότητα. Το ευχάριστο είναι πως αν ο παραλήπτης δεν υποστηρίζει κάποια από αυτές τις εκδόσεις, το σύστημα τον επιστρέφει αυτόματα σε SMS ή MMS.

Πρόγονοι του Universal Profile ξεκίνησαν την εμφάνισή τους μια δεκαετία νωρίτερα, το 2007. Κάθε έκδοση αποτελούσε επέκταση της προηγούμενης, αλλά η εξέλιξη πραγματοποιήθηκε με αργά βήματα. Η έκδοση 1 έκανε λόγο για πρώτη φορά για εμπλουτισμό φωνής και συνομιλίας με διαμοιρασμό περιεχομένου και διευρυμένο αρχείο διευθύνσεων. Η έκδοση 2 πρόσθεσε την ευρυζωνική πρόσβαση στο RCS, ενώ η έκδοση 3 επικεντρώθηκε στη συσκευή ευρείας ζώνης ως βασικής συσκευής. Η έκδοση 4 συμπεριέλαβε την τεχνολογία LTE, ενώ η έκδοση 5 ασχολήθηκε με την παγκόσμια διαλειτουργικότητα. (5G Americas Global Organizations Forge July 2016)

Οι προδιαγραφές του RCS παρουσίασαν ταχεία εξέλιξη από τις πρώτες υπηρεσίες RCS-e και χαρακτηρίστηκαν ως Join. Οι τρέχουσες προδιαγραφές είναι αρκετά ώριμες ώστε

οι φορείς εκμετάλλευσης να αναπτύξουν κοινές τεχνολογίες ανταλλαγής μηνυμάτων, όπως η αυτόνομη ανταλλαγή μηνυμάτων και οι υπηρεσίες βασισμένες σε συνομιλίες με παρουσία. Υπάρχουν δύο διαφορετικές τεχνολογίες για να ενεργοποιηθούν οι υπηρεσίες μηνυμάτων: το OMA CPM (Open Mobile Alliance Converged IP Messaging) και το OMA SIMPLE IM. Το OMA CPM αποτελεί εξέλιξη του OMA SIMPLE IM, και προσφέρει πολλά επιπρόσθετα χαρακτηριστικά, όπως την υποστήριξη πολλαπλών συσκευών, την αλληλεπίδραση μηνυμάτων και την αποθήκευση μηνυμάτων βάσει δικτύου που δεν είναι διαθέσιμα με το OMA SIMPLE IM. Οι πάροχοι της Βόρειας Αμερικής αναπτύσσουν μηνύματα RCS κατά βάση με το OMA CPM και το πρότυπο RCS 5.1 / 5.2, ενώ οι ευρωπαϊκοί πάροχοι με βάση το OMA SIMPLE IM και το πρότυπο RCS 5.3 / 6.0. Τέτοιου είδους θέματα βέβαια καθορίζονται από τις απαιτήσεις του marketing και τα χρονοδιαγράμματα ανάπτυξης των προϊόντων-υπηρεσιών (Χουρδάκη, 2012).

Αξιοσημείωτη ήταν η ένταξη της Google στην υποστηρικτική ομάδα του RCS στις αρχές του 2016. Οι μελλοντικές συσκευές Android με ενσωματωμένη την υποστήριξη των πελατών για την εμπλουτισμένη κλήση GSMA θεωρούνται πολλά υποσχόμενες, επειδή ευθυγραμμίζουν τις δυνατότητες του χειριστή και της συσκευής προς την ίδια κατεύθυνση. Οι υπηρεσίες του RCS ενισχύονται περαιτέρω από την επερχόμενη κυκλοφορία του πηγαίου κώδικα του πελάτη και των API της Google. Η υιοθέτηση του RCS θα επιτρέψει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες τύπου RCS, όπως η ομαδική συζήτηση και η κοινή χρήση φωτογραφιών υψηλής ευκρίνειας. Αυτό θα ενισχύσει την υπηρεσία των SMS, η οποία χρησιμοποιείται από περισσότερους από 4 δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως.

Μια βασική τροποποίηση στο RCS είναι η άφιξη των ενσωματωμένων clients RCS στην Βόρεια Αμερική, τα οποία αναπτύσσονται πλέον ως πρότυπο σε μια σειρά Android συσκευών. Έτσι, οι χρήστες έχουν στη διάθεσή τους μια ενσωματωμένη εφαρμογή μηνυμάτων που είναι RCS. Τα ποσοστά υιοθέτησης των συνδρομητών σταδιακά αυξάνονται λόγω της επιτυχίας αυτών των νέων συσκευών.

Η Google ως πρωτοπόρος του RCS, αναφέρει ως βασική υλοποίηση τη χρήση του τις επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, ζωντανές ενημερώσεις για επερχόμενες εκδρομές, κάρτες επιβίβασης, ακόμα και η επιλογή της θέσης του πελάτη στο μεταφορικό μέσο μέσα από την αντίστοιχη εφαρμογή Android Messages. Όλα αυτά δεν θα πραγματοποιούνται μέσω της σύνδεσης κινητής τηλεφωνίας, αλλά μέσω διαδικτύου και θα λειτουργούν σε πολλαπλές συσκευές, επιτρέποντας στους συνδρομητές να επικοινωνούν μέσω της συνδεδεμένης συσκευής που τους ταιριάζει καλύτερα. Δηλαδή, κάθε χρήστης μπορεί να έχει πολλές

συσκευές, όπως ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα tablet, συνδεδεμένες ταυτόχρονα με τον ίδιο λογαριασμό. Το RCS χρησιμοποιεί μηχανισμούς για τη συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με την παρουσία σε διάφορες συσκευές και δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να επιλέξουν σε ποιες συσκευές να απαντήσουν σε ένα μήνυμα IP, για παράδειγμα. Τελικά, το RCS επιτρέπει στους χρήστες να συνδέονται, να μοιράζονται και να οργανώνουν τη συνδεδεμένη ζωή τους.

Η GSMA, τα μέλη κινητής τηλεφωνίας της και η Google έχουν αναπτύξει ένα σχέδιο υποστήριξης RCS στο μελλοντικό λειτουργικό σύστημα Android. Πρώτος στόχος είναι η ανάπτυξη ενός κοινού, καθολικού προφίλ, το οποίο θα παρέχει μια συνεπή εμπειρία τελικού χρήστη με πλούσιες δυνατότητες επικοινωνίας και θα αποτελεί τη βάση για όλες τις διαλειτουργικές εφαρμογές RCS για συσκευές που χρησιμοποιούν οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα

Ένα κρίσιμο θέμα είναι η κρυπτογράφηση και η ασφάλεια, ειδικά στο χώρο της ανταλλαγής μηνυμάτων. Το αρχικό πρωτόκολλο RCS επέτρεψε την εφαρμογή της κρυπτογράφησης πελάτη-διακομιστή, αλλά προς το παρόν, δεν προσφέρεται κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο και αυτό δεν το καθιστά τόσο ασφαλές. Το πρωτόκολλο θα πρέπει επίσης να ασχοληθεί και να εμποδίζει την αποστολή μηνυμάτων ανεπιθύμητης αλληλογραφίας στην τηλεφωνική συσκευή, καθώς και να εξασφαλίζει την επαλήθευση της επωνυμίας για κάθε εμπλεκόμενη εταιρεία που αποστέλλει μηνύματα. (<https://www.gsma.com/futurenetworks/rcs>)

Για να παρέχει ένα επίπεδο μελλοντικής απόδειξης, το πλαίσιο RCS περιλαμβάνει επεκτασιμότητα υπηρεσιών. Αυτό επιτρέπει στους φορείς εκμετάλλευσης να χρησιμοποιούν το RCS ως πλατφόρμα για την έγκαιρη ανάπτυξη νέων υπηρεσιών, χωρίς να επηρεάζουν τις υπάρχουσες υπηρεσίες RCS τους. Εάν χρειαστεί, αυτές οι επεκτάσεις υπηρεσιών μπορούν να προστεθούν στις κύριες προδιαγραφές RCS για παγκόσμια υιοθεσία.

Το RCS επιτρέπει την ευελιξία, καθώς και σταδιακά και ανεξάρτητα κομμάτια εξέλιξης των υπηρεσιών. Οι πάροχοι επικοινωνίας μπορούν να επιλέξουν να εφαρμόσουν κάποιες λειτουργίες μηνυμάτων και / ή τηλεφωνίας RCS από τις προδιαγραφές RCS. Αφού οι λειτουργίες έχουν αναλυθεί λεπτομερώς στις προδιαγραφές RCS και συμπεριλαμβάνονται στο παγκόσμιο ενοποιημένο προφίλ της βιομηχανίας, η διαλειτουργικότητα και η εμπειρία των χρηστών διασφαλίζονται χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό εντοπισμού δυνατοτήτων, αποφεύγοντας έτσι τη δοκιμή και το σφάλμα.

Με την πάροδο του χρόνου, κάθε πάροχος επικοινωνίας εισάγει όλο και περισσότερα χαρακτηριστικά από το παγκόσμιο ενοποιημένο προφίλ των χαρακτηριστικών RCS. Το άθροισμα της διαλειτουργικής επικοινωνίας εξακολουθεί να αυξάνεται μεταξύ όλων των χρηστών

Το RCS μπορεί κάλλιστα να συνεργαστεί με το WebRTC και να ενοποιηθούν με σκοπό να αλληλοσυμπληρώνονται, ώστε να καταστούν εφικτές λύσεις σχετικά με την τηλεϊατρική, την εξυπηρέτηση πελατών και την παρακολούθηση βίντεο. Οι επεκτάσεις υπηρεσιών τέτοιου είδους μπορούν να προστεθούν στις κύριες προδιαγραφές RCS για παγκόσμια εφαρμογή. (5G Americas Global Organizations Forge July 2016)

Το πρωτόκολλο RCS δεν έχει υιοθετηθεί ακόμα από την Apple και έτσι δεν είναι γνωστό αν τα τηλέφωνα της πρόκειται να το υποστηρίξουν. Η ζεύξη μεταξύ Android και iOS συσκευών ως τότε θα συνεχίσει να πραγματοποιείται μέσω των εφαρμογών WhatsApp και Facebook Messenger. Σε αναμονή των εξελίξεων επομένως για την επιτυχία και την εδραίωση του RCS.

5.5. Συνδυασμός VoLTE και RCS

Κατά την εισαγωγή VoLTE και RCS Messaging σε δίκτυα και συσκευές, είναι σημαντική η κατανόηση της θέσης και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο. Μπορούν να συνυπάρχουν και τα δυο στην ίδια τηλεφωνική συσκευή που εξυπηρετείται από το ίδιο δίκτυο και να χρησιμοποιείται από την ίδια συνδρομή χρησιμοποιώντας τον ίδιο αριθμό τηλεφώνου. Κάτι τέτοιο αποτελεί θεμελιώδη εξέλιξη προς την πλούσια επικοινωνία του μέλλοντος. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η λήψη απόφασης από τους παρόχους τηλεπικοινωνίας σχετικά με το πότε θα εισαχθούν συγκεκριμένες δυνατότητες και λειτουργίες και πώς θα εξελιχθεί το δίκτυο, αναλόγως και με την εξέλιξη της συσκευής.

Οι συνδρομητές αναμένουν μια προβλέψιμη, υψηλής ποιότητας υπηρεσία ανεξάρτητα από το αν βρίσκονται στο σπίτι, σε περιαγωγή ή σε διαφορετικά περιβάλλοντα (π.χ. εσωτερικούς χώρους, υπαίθρια, γραφεία, ξενοδοχεία). Οι προσδοκίες των χρηστών για την ποιότητα και το κόστος πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη κατά την περιγραφή των περιπτώσεων χρήσης και εμπειρίας. Αυτές οι ανάγκες μπορεί ακόμη και να εξαρτώνται από το τρέχον περιβάλλον και να διαφέρουν κατά την περιαγωγή ή την οικιακή χρήση. Για παράδειγμα, μια τηλεοπτική κλήση μέσω Wi-Fi μπορεί να προτιμάται όταν κάποιος βρίσκεται σε ξενοδοχείο και σε περιαγωγή, ενώ η χρήση LTE όταν χρησιμοποιεί το δίκτυο τοπικού φορέα.

Το δίκτυο IMS, το οποίο περιγράφεται στη συνέχεια, είναι υπεύθυνο να υποστηρίζει τις διαφορετικές υλοποιήσεις RCS και VoLTE στην ίδια συσκευή και τη χρήση της συσκευής

σε συνάρτηση με την τεχνολογία που επιλέγει ο χρήστης. Οι τεχνολογίες πρόσβασης πιθανό να είναι LTE, WCDMA, GSM, CDMA ή WiFi και σε διάφορους συνδυασμούς, ανάλογα με την αγορά. Ανάλογα με τη συσκευή, το IMS για τον ίδιο χρήστη και τη ίδια συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για VoLTE, αποκλειστικά για μηνύματα RCS ή για συνδυασμό VoLTE και RCS. Το VoLTE χρησιμοποιεί πάντα το IMS APN (Access Point Name) για να διασφαλίσει τις σωστές ρυθμίσεις QoS και την κατάλληλη συμπεριφορά περιαγωγής. Το RCS μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε το IMS APN (Access Point Name), είτε το Internet APN (Access Point Name), είτε το WiFi όπως ορίζεται στο GSMA PRD IR.51.

Μια παράμετρος που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στις υπηρεσίες VoLTE και RCS είναι η προσβασιμότητα σε άτομα με αναπηρίες.

Σε κλασικά δίκτυα επικοινωνίας, η προσβασιμότητα παρέχεται μέσω της χρήσης συσκευών TTY (γνωστών ως teletypewriter ή text telephony). Τα άτομα με ειδικές ανάγκες χρησιμοποιούν συσκευές TTY για την αποστολή και λήψη μηνυμάτων κειμένου που μεταδίδονται μέσω του δικτύου με τη μορφή ήχων Baudot. Καθώς οι πάροχοι μεταβαίνουν σε ένα δίκτυο IP, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ενός εσωτερικού πληκτρολογίου στην οθόνη μιας ασύρματης συσκευής και όχι ο εξαναγκασμός του χρήστη να φέρει μια ογκώδη αυτόνομη συσκευή TTY.

5.6. IMS (IP Multimedia Subsystem)

Η αρχιτεκτονική IMS (IP Multimedia Subsystem) είναι μια αρχιτεκτονική ελέγχου σύνδεσης η οποία καλείται μέσω ανοιχτών διεπαφών να συνδυάσει κυρίως τα μηνύματα RCS και το VoLTE, αλλά και οποιαδήποτε άλλη υπηρεσία VAS (value-added service) στην ίδια τηλεφωνική συσκευή μέσω της ίδιας συνδρομής και του ίδιου αριθμού τηλεφώνου και μάλιστα με ομοιογενή τρόπο. Στις υπηρεσίες VAS συμπεριλαμβάνονται ενδεικτικά διαγωνισμοί και ψηφοφορίες, livestreaming, υπηρεσίες τοποθεσίας, αναπάντητες κλήσεις, “κινητή διαφήμιση”, ringtones, “κινητή τηλεόραση”, stickers κ.α. Το δίκτυο IMS έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται πολλαπλές καταχωρίσεις από διαφορετικούς SIP clients, πολλαπλές μεθόδους ελέγχου ταυτότητας που χρησιμοποιούνται από τις διάφορες στοίβες SIP στη συσκευή και την ικανότητα να ελέγχει και να ταξινομεί τη ροή. Στα οφέλη ενός δικτύου IMS περιλαμβάνονται η σύγκλιση των δικτύων κινητής και σταθερής πρόσβασης, η υποστήριξη των υπηρεσιών πολυμέσων, η δυνατότητα κατασκευής δικτύων πολλαπλών ειδών, το μειωμένο κόστος και η πολυπλοκότητα των δικτύων (Χουρδάκη, 2012).

Το IMS σχεδιάστηκε αρχικά στα τέλη της δεκαετίας του 1990 ως μέρος ενός σχεδίου παγκόσμιας ανάπτυξης δικτύων κινητής τηλεφωνίας που θα διασυνδέεται με το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής (PSTN). Το IMS αποτελεί μέρος του προγράμματος

συνεργασίας τρίτης γενιάς (3rd Generation Partnership Project-3GPP). Μια υπηρεσία επικοινωνίας IMS αναγνωρίζεται από το 3GPP IMS Communication Service Identifier (ICSI), ενώ μια εφαρμογή αναγνωρίζεται από το 3GPP IMS Application Reference Identifier (IARI).

Από αρχιτεκτονικής άποψης, το IMS αποτελείται από τρία διαφορετικά επίπεδα: το επίπεδο συνδεσιμότητας, το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο υπηρεσιών/εφαρμογής. Το επίπεδο συνδεσιμότητας αποτελείται από τους δρομολογητές, τους διακόπτες και τα στοιχεία πρόσβασης στο δίκτυο του παρόχου. Ουσιαστικά, είναι το επίπεδο στο οποίο οι μεμονωμένοι χρήστες συνδέονται στο δίκτυο μέσω τηλεφώνων, φορητών ή μη υπολογιστών. Το επίπεδο ελέγχου περιλαμβάνει διακομιστές ελέγχου, οι οποίοι διαχειρίζονται τις ρυθμίσεις, και τον τερματισμό της κλήσης ή των δεδομένων. Το πιο σημαντικό σε αυτό το επίπεδο είναι η λειτουργία ελέγχου συνόδου κλήσεων (CSCF), ένας διακομιστής SIP που χειρίζεται τη ρύθμιση κλήσεων μεταξύ των τελικών συσκευών. Το επίπεδο υπηρεσιών ή εφαρμογής αποτελείται από διακομιστές περιεχομένου ή εφαρμογών που παρέχουν πλήθος βελτιωμένων λειτουργιών υπηρεσιών για δίκτυα με δυνατότητα IMS.

Οι συνδρομητές, οι χρήστες δηλαδή του IMS, προσδοκούν μια υπηρεσία υψηλής ποιότητας ανεξάρτητα από το αν βρίσκονται στο σπίτι, σε περιαγωγή ή σε διαφορετικά περιβάλλοντα (π.χ. εσωτερικούς χώρους, υπαίθρια, γραφεία, ξενοδοχεία). Οι προσδοκίες των χρηστών για την ποιότητα και το κόστος πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη κατά την περιγραφή των περιπτώσεων χρήσης και εμπειρίας. Για παράδειγμα, μια τηλεοπτική κλήση μέσω WiFi μπορεί να προτιμάται όταν ο χρήστης βρίσκεται σε ξενοδοχείο και περιαγωγή, ενώ το LTE μπορεί να είναι προτιμότερο στο δίκτυο τοπικού φορέα.

Το αρχικό όραμα της IMS - η παροχή ενός παγκόσμιου διαλειτουργικού επικοινωνιακού οικοσυστήματος που υποστηρίζει τις βασικές και προηγμένες υπηρεσίες - θα πρέπει να είναι ο τελικός στόχος για τη μετάβαση σε έναν παγκόσμιο ιστό. Το ερώτημα είναι εάν αυτός ο τελικός στόχος πρέπει να επιτευχθεί μέσω των φορέων εκμετάλλευσης κινητών επικοινωνιών που αναπτύσσουν IMS και RCS ή μέσω ενός "δρόμου" που θα οριστεί ακόμη μέσω μιας συλλογής παρόχων OTT. Για την απάντηση οι φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας και IMS, είναι σημαντικό να εντοπίσουν τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα και τα σημεία μετάβασης που χρειάζονται οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας για να είναι επιτυχείς και να ευημερούν στον τομέα των παρόχων επικοινωνιών.

Το RCS είναι το ζωτικό μέρος αυτής της στρατηγικής. Παρέχει τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για το IMS ως επικοινωνία πλήρους υπηρεσίας. Τα 3GPP, OMA και GSMA έχουν διαμορφώσει προφίλ και έχουν τυποποιήσει πολλαπλές υπηρεσίες επικοινωνίας IMS

(IMS Commserv). Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οικιακές και διεθνείς διασυνδέσεις υπηρεσιών. Οι εφαρμογές μπορούν να αξιοποιήσουν αυτές τις υπηρεσίες ως κανάλια μεταφοράς για να επιτύχουν επικοινωνία από εφαρμογή σε εφαρμογή, τόσο σε οικιακό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ένας πάροχος εφαρμογών θα πρέπει να επιλέξει μία ή περισσότερες υπηρεσία/ες επικοινωνίας IMS ως υποκείμενη υπηρεσία για τη μεταφορά εφαρμογών. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή κληρονομεί τα χαρακτηριστικά της υποκείμενης υπηρεσίας, όπως είναι οι κανόνες QoS, και οι κανόνες συνόδου ή μέσων.

Ένας χρήστης μπορεί να έχει διάφορες συσκευές, όπως ένα smartphone και μια συσκευή μόνο για δεδομένα. Αυτές οι δύο συσκευές μπορεί να ενσωματώνουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Εάν μια συσκευή μόνο για δεδομένα υποστηρίζει videoκλήσεις, αλλά το smartphone δεν το κάνει, το ερώτημα εντοπισμού δυνατοτήτων από τον χρήστη B θα δείξει ότι ο χρήστης A έχει την δυνατότητα video. Το δίκτυο IMS θα φτάσει και θα συνδέσει ένα αίτημα videoκλήσης προς τη συσκευή μόνο για δεδομένα.

Το GSMA PRD IR.92 καλύπτει τις βασικές δυνατότητες και τις συμπληρωματικές υπηρεσίες IMS. Η IMS τηλεφωνία μπορεί να αναπτυχθεί μέσω LTE χωρίς να βασίζεται σε οποιαδήποτε υποδομή παλαιού τύπου (πακέτο ή CS). Παρόλα αυτά, το GSMA PRD IR.92 εξετάζει πρόσθετα χαρακτηριστικά που μπορούν να εφαρμοστούν για τους παρόχους και τα δίκτυα που ενδέχεται να επιθυμούν να υποστηρίξουν ταυτόχρονη κάλυψη CS από το δίκτυο IMS τους. Αυτό αναφέρεται ως IMS Centralized Services (ICS) και παρέχει συνεπή υπηρεσία για όλους τους συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας. Επωφελούνται από αυτό και συνεχίζουν τις υπηρεσίες τους οι συνδρομητές που είναι σε κλήση VoLTE, αλλά αφήνουν την κάλυψη LTE λόγω ταξιδιού ή κίνησης εντός μεγάλων κτιρίων. Η συνέχεια της υπηρεσίας εκπληρώνεται από την ενιαία ραδιοφωνική συνομιλία (SR-VCC) ή την ενισχυμένη έκδοση της, eSRVCC.

Το GSMA PRD IR.92 παρέχει τη βάση για τον ορισμό άλλων υπηρεσιών όπως το GSMA PRD IR.94 ως IMS Profile για Conversational Video Service, καθώς και το GSMA PRD IR.58 ως IMS Profile for Voice over HSPA (VoHSPA). Το IR.92 καθορίζει επίσης ειδικές λειτουργίες, όπως είναι η παγκόσμια τηλεφωνία κειμένου (GTT) και οι αλληλεπιδράσεις δικτύου που απαιτούνται για την υποστήριξη της μεταφοράς κειμενικών μέσων (κείμενο σε πραγματικό χρόνο), όπως είναι οι οδηγίες για τη ρύθμιση του διακομιστή. Η επαλήθευση των λεπτομερειών μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών τεκμηριώνεται στο GSMA PRD RCC.51, το οποίο καθορίζει τις δοκιμές από άκρο σε άκρο των VoLTE, ViLTE και RCS Messaging over IMS (Χουρδάκη, 2012).

6. ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ VoIP

6.1. Επιχειρησιακή αξία VoIP

Αφού έγινε μια πλήρης περιγραφή της τεχνολογίας VoIP και παρουσιάστηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, θα ακολουθήσει μια προσπάθεια μελέτης των χαρακτηριστικών που την καθιστούν απαραίτητη κυρίως για τις επιχειρήσεις.

- **Τεράστια αύξηση των αριθμών VoIP**

Στην πραγματικότητα, οι πάροχοι αναπτύσσουν ταχύτατα την υποδομή τους για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση από τους πελάτες. Πολύ λίγες τεχνολογίες έχουν γίνει τόσο κυρίαρχοι σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα, όπως το VoIP. Τα στατιστικά κάνουν λόγο για 1 δισεκατομμύριο χρήστες του VoIP σήμερα. Αν αναλογιστούμε ότι υπάρχουν 7 δισεκατομμύρια άνθρωποι στον πλανήτη, είναι ένα καταπληκτικό επίτευγμα για μια τεχνολογία που ήταν ανύπαρκτη μέχρι πρόσφατα.

- **Εξοικονόμηση Χρημάτων**

Αν κάποια επιχείρηση επιλέξει την τεχνολογία VoIP αντί του δημόσιου δικτύου τηλεφωνίας PSTN για να κάνει τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, τότε κερδίζει χρήματα, ειδικά αν οι κλήσεις που κάνει είναι διεθνείς. Αφού το VoIP χρησιμοποιεί τη σύνδεση στο Διαδίκτυο, το μοναδικό κόστος που έχει η επιχείρηση είναι αυτό για την παροχή υπηρεσιών Διαδικτύου στον αντίστοιχο πάροχο-ISP (Internet Service Provider). Συνήθως, απαιτείται αξιοπρεπής ταχύτητα, η οποία παρέχεται από μια σύνδεση ADSL. Με τον τρόπο αυτό το μηνιαίο κόστος σύνδεσης είναι συγκεκριμένο και ανεξάρτητο από των αριθμών των κλήσεων, το είδος και τη διάρκειά του.

Έρευνες με στατιστικά στοιχεία έχουν δείξει πως η χρήση του VoIP έναντι του PSTN μπορεί να εξοικονομήσει σε μια επιχείρηση έως και 40% αν πραγματοποιεί συνήθως αστικές κλήσεις και έως 90% αν πραγματοποιεί συνήθως διεθνείς κλήσεις.

- **Συνδιασκέψεις**

Με το PSTN, μπορούν να συνδιαλέγονται ταυτόχρονα μόνο δύο χρήστες. Με το VoIP, μπορεί να οργανωθεί μια τηλεδιάσκεψη με πολλούς χρήστες από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου σε πραγματικό χρόνο. Μια γραμμή πρόσβασης, έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί πολλαπλές και ταυτόχρονες κλήσεις και δεδομένα, αφού το VoIP συμπιέζει τα πακέτων δεδομένων πριν τη μετάδοση. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα εξυπηρετικό για μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις με προσωπικό σε όλο τον πλανήτη (Ψαρουδάκης, 2014).

- **Δωρεάν ή Φθηνό Υλικό και Λογισμικό**

Για να γίνει κάποιος χρήστη του VoIP, αφού είναι χρήστης του Διαδικτύου, τα μόνα που πρέπει να προμηθευτεί είναι λογισμικό (πχ Skype, Viber κ.α), το οποίο συνήθως είναι δωρεάν ή έχει μικρό κόστος αγοράς, και υλικό όπως κάρτα ήχου, ηχεία και μικρόφωνο, τα οποία επίσης έχουν μικρό κόστος.

- **Χρήσιμα Χαρακτηριστικά**

Τα χαρακτηριστικά του VoIP είναι χρήσιμα τόσο σε προσωπικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο επιχείρησης. Κάποια από αυτά είναι η πλούσια διαχείριση εισερχομένων και εξερχομένων κλήσεων, η αναγνώριση ταυτότητας καλούντος, οι λίστες επαφών, ο προσωπικός τηλεφωνητής, η ταυτόχρονη μεταφορά φωνής, κειμένου, εικόνας ακόμα και video.

- **Πιο Αποδοτική Χρήση του Εύρους Ζώνης**

Μεγάλα ποσοστά μια συνδιάλεξης είναι σιωπή. Το VoIP εκμεταλλεύεται αυτά τα διαστήματα σιωπής με τη μεταφορά δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιείται το εύρος ζώνης αποδοτικά για άλλες υπηρεσίες και εφαρμογές. Το ίδιο συμβαίνει και με τη συμπίεση των δεδομένων, πριν τη μεταφορά της φωνής.

- **Απομακρυσμένη εργασία**

Μέσω της τεχνολογίας VoIP, το σπίτι, το εξοχικό ή το δωμάτιο ξενοδοχείου μπορεί να μετατραπεί σε τμήμα του γραφείου της εταιρείας. Ένας υπάλληλος μπορεί να χρησιμοποιήσει αποδοτικά το VoIP και να συνεχίσει την εργασία του οποτεδήποτε, ακόμα και αν μη βρίσκεται στο γραφείο. Η εταιρεία μόνο κέρδος μπορεί να έχει από μια τέτοια προοπτική.

- **Ανάπτυξη Λογισμικού πιο παραγωγική**

Οι προγραμματιστές εφαρμογών Διαδικτύου μπορούν εύκολα και ευέλικτα να αναπτύσσουν εφαρμογές VoIP. Έχουν στη διάθεσή τους πολλαπλά είδη δεδομένων, ευέλικτη δρομολόγηση και εύρωστη σηματοδότηση, κάνοντας χρήση των πρωτοκόλλων, των servers και των προγραμμάτων περιήγησης του Διαδικτύου. Επομένως, η εξυπηρέτηση πελατών της υπηρεσίας είναι ανταγωνιστική και το ηλεκτρονικό εμπόριο πιο αποτελεσματικό.

- **Fax μέσω IP**

Η αποστολή fax μέσω του PSTN είναι μια υπηρεσία με υψηλό κόστος κυρίως για μεγάλες αποστάσεις. Χαρακτηρίζεται από χαμηλής ποιότητας αναλογικά σήματα και ασυμβατότητα μεταξύ των συσκευών που επικοινωνούν. Η μετάδοση fax σε

πραγματικό χρόνο με το VoIP χρησιμοποιεί απλά και μόνο το κατάλληλο λογισμικό για να μετατρέψει τα δεδομένα σε πακέτα να τα παραδώσει πλήρως και αξιόπιστα. Με το VoIP, δεν χρειάζεται η συσκευή για την αποστολή και λήψη fax.

6.2. VoIP στο GUNET

Η υπηρεσία VoIP και τα πλεονεκτήματά της έχουν αναγνωριστεί πλήρως από το Ακαδημαϊκό Διαδίκτυο GUnet, γι' αυτό και αποτελεί μια από τις πρωταρχικές του δραστηριότητες.

Το Ακαδημαϊκό Διαδίκτυο GUnet είναι Αστική Εταιρεία μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα και ιδρύθηκε στις 12 Σεπτεμβρίου 2000, έχει έδρα την Αθήνα και μέλη της είναι όλα τα Ακαδημαϊκά Ιδρύματα (20 Πανεπιστήμια και 16 ΤΕΙ). Σκοπός της Εταιρείας είναι η διευκόλυνση της έρευνας και της εκπαίδευσης με γνώμονα την Κοινωνία της Πληροφορίας. Πιο αναλυτικά, επιδιώκεται η ανάπτυξη και η υποστήριξη του ακαδημαϊκού δικτύου όλων των Πανεπιστημίων και ΤΕΙ της χώρας, η παροχή δικτυακών υπηρεσιών στα μέλη του δικτύου και σε οποιοδήποτε τρίτο (φορείς, ινστιτούτα, ιδρύματα) εθνικό ή διεθνές, συνεργάζεται με αυτά.

Στόχος της υπηρεσίας VoIP στο GUNET είναι η παροχή τηλεφωνικής επικοινωνίας χωρίς χρέωση μεταξύ των τελικών χρηστών των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων. Με αυτό τον τρόπο αξιοποιείται η δυνατότητα του δικτύου δεδομένων για μεταφορά πακέτων φωνής, ενισχύεται η συνεργασία και η επικοινωνία μεταξύ των μελών της Ακαδημαϊκής Κοινότητας και ταυτόχρονα περιορίζονται τα τηλεπικοινωνιακά τέλη των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων.

Τα Ιδρύματα της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης της Χώρας που χρησιμοποιούν το VoIP είναι:

- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
- Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας
- Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών
- Ίδρυμα Τεχνολογίας Έρευνας
- Ιόνιο Πανεπιστήμιο
- ΙΤΕ/ΕΙΧΗΜΥΘ
- Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Πανεπιστήμιο Κρήτης
- Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
- Πανεπιστήμιο Πατρών
- Πανεπιστήμιο Πειραιώς
- Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
- Πολυτεχνείο Κρήτης
- ΤΕΙ Αθήνας
- ΤΕΙ Κρήτης
- ΤΕΙ Μεσολογγίου
- ΤΕΙ Σερρών
- ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας
- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ο αριθμός των ιδρυμάτων διαρκώς αλλάζει. Το δίκτυο συχνά εμπλουτίζεται και με ιδρύματα Ελλάδα από την Ευρώπη ή/και τη Αμερική, το δίκτυο ViDeNet (Βράκας, 2013).

6.3. Μελλοντικές κατευθύνσεις

Το VoIP αποτελεί κάτι περισσότερο από μια απλή υπηρεσία. Είναι μια τεχνολογία, η οποία εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες του Διαδικτύου και μεταφέρει δεδομένα φωνής, αφού αυτά μετατραπούν σε πακέτα δεδομένων. Η τεχνολογία VoIP συνδέεται άρρηκτα με το Διαδίκτυο και οι δυο τομείς εξελίσσονται παράλληλα. Κάποια μειονεκτήματα της τεχνολογίας που σχετίζονται με θέματα ασφάλειας, ποιότητας στην επικοινωνία λόγω καθυστερήσεων ή απώλειας φωνής όλο και περιορίζονται, αφού νέα πρωτόκολλα και μέθοδοι τα αντιμετωπίζουν. Έτσι, όλο κι περισσότεροι χρήστες εμπιστεύονται και υιοθετούν την VoIP τεχνολογία στις μέρες μας.

Όλο και μεγαλύτερος αριθμός οργανισμών και επιχειρήσεων υιοθετούν τα φιλοξενούμενα συστήματα VoIP, δηλαδή τα cloud PBX, λόγω της μεγαλύτερης οικονομικής δυνατότητας και του χαμηλότερου κόστους συντήρησης που τους προσφέρουν οι παρόχοι VoIP. Κάτι τέτοιο είναι και η καλύτερη επιλογή για τη μετάβαση από την κλασική τηλεφωνία, στην VoIP, ενώ για την ίδια την τεχνολογία μια ευκαιρία για μεγαλύτερη εμβέλεια και κυριαρχία. Οι ταχύτητες του Διαδικτύου συνεχώς αυξάνονται και το κόστος του εξοπλισμού VoIP διαρκώς μειώνεται. Επομένως, το μέλλον των φιλοξενούμενων υπηρεσιών VoIP χαρακτηρίζεται ευοίωνο.

Κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει τον αντίκτυπο που έχουν τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης στις σύγχρονες διαπροσωπικές σχέσεις. Οι επιχειρήσεις από τις πλευρά τους αξιοποιούν τις δυνατότητές τους για νέες συνεργασίες και καινούργιο πελατολόγιο. Οι υπηρεσίες VoIP ακολούθησαν αυτή τη νέα τάση και πλέον οι πλατφόρμες των κοινωνικών μέσων και η VoIP είναι συνεργαζόμενες και αλληλένδετες. Κλασικό παράδειγμα η εφαρμογή Messenger και το WhatsApp.

Προβλέπεται πως σύντομα η τεχνολογία VoIP θα αποτελέσει τον κύριο τρόπο πραγματοποίησης τηλεφωνικών κλήσεων και όχι μόνο. Θα προστεθούν οι δυνατότητες για videoκλήσεις, τηλεδιασκέψεις κ.α. Προς αυτή την κατεύθυνση, συντελούν και οι συσκευές smartphones που γίνονται όλο και πιο εύχρηστες και λειτουργικές.

Σε λίγα χρόνια λοιπόν, η παραδοσιακή τηλεφωνία θα είναι παρελθόν στις αναπτυγμένες χώρες. Οι πάροχοι VoIP τηλεφωνίας ολοένα και πληθαίνουν και τα νέα κτήρια καλωδιώνονται πλέον με καλώδιο UTP Cat5e ή Cat6 ή οπτική ίνα για να υποστηρίζουν όχι μόνο τηλεφωνικές συνδέσεις δικτύου. Οι αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές θα είναι δυσεύρετες και η τηλεφωνία θα είναι μια πρόσθετη υπηρεσία του Διαδικτύου.

Καθώς το VoIP καθίσταται ολοένα και πιο δημοφιλές, οι απαιτήσεις των καταναλωτών αυξάνονται επίσης. Υπάρχουν τέσσερις νέες τάσεις στην που σίγουρα θα αλλάξουν τη τεχνολογία VoIP προς το καλύτερο.

- **Τεχνολογία 5G**

Μπορεί οι δοκιμές της τεχνολογίας 5G να ξεκίνησαν, όμως η ευρεία χρήση της αναμένεται τα επόμενα χρόνια. Το 5G αναμένεται να είναι περίπου 10 φορές ταχύτερο από το τρέχον 4G. Μια αύξηση αυτού του μεγέθους αναμφισβήτητα θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα οποιασδήποτε επιχείρησης χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο. Θα βελτιώσει επίσης την ποιότητα των VoIP κλήσεων, μειώνοντας ή ακόμα και εξαλείφοντας την αστάθεια, τις απώλειες μεταφοράς δεδομένων και την χαμηλή ποιότητα κλήσεων. Παράλληλα, οι τηλεδιασκέψεις και οι videoκλήσεις θα είναι τόσο αναβαθμισμένες, συνοδευόμενες από video 4K και 8K. Με μεγαλύτερη αξιοπιστία, το VoIP προβλέπεται να γίνει η προεπιλεγμένη μέθοδος επικοινωνίας των επιχειρήσεων.

- **VoIP Mobility**

Η VoIP τεχνολογία έχει γίνει ήδη πιο φιλική προς το κινητό τηλέφωνο. Οι εταιρείες αναζητούν ήδη τρόπους για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση των χρηστών, να παρέχουν υψηλότερη ταχύτητα, μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία. Η VoIP μέσω της

κινητής τηλεφωνίας σταδιακά δίνει λύση σε όλα τα προηγούμενα και προσφέρει δυνατότητες για καλύτερη επιχειρηματική επικοινωνία εν κινήσει και ουσιαστικά απεριόριστη διεθνή ή/και απομακρυσμένη επικοινωνία.

- **Ενσωμάτωση CRM**

Πολλές επιχειρήσεις χρησιμοποιούν το VoIP για να δημιουργήσουν και να διαχειριστούν τις πελατειακές τους σχέσεις. Παράλληλα, η τεχνολογία, κινείται προς την διαλειτουργικότητα, και προσπαθεί με τις διασυνδέσεις προγραμματισμού εφαρμογών (Application Programming Interfaces - APIs) να συνδέσει τα εργαλεία διαχείρισης σχέσεων πελάτη (CRM-Client Relationship Management) με την υπηρεσία VoIP. Μαζί, οι τεχνολογίες αυτές έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν αποδοτικότητα και παραγωγικότητα στις επιχειρήσεις, αφού θα τις προστατεύσουν από άσκοπες και περίπλοκες διαδικασίες.

- **Τεχνολογία IoT (Internet of Things)**

Το Internet of Things (IoT) είναι μια από τις πιο σύγχρονες τεχνολογικές προσεγγίσεις. Το 2015, υπήρχαν περίπου 15,4 δισεκατομμύρια συσκευές ή μηχανισμοί IoT που με έναν διακόπτη on/off είχαν άμεση πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Μέχρι το 2020, ο αριθμός αυτός αναμένεται να υπερδιπλασιαστεί στα 30 δισεκατομμύρια, ενώ το 2025 θα φτάσει στα 75,4 δισεκατομμύρια. Οι συσκευές που συνθέτουν το IoT έχουν εφαρμοστεί πετυχημένα στο Smart Home. Το IoT σε συνδυασμό με το VoIP για να φέρει επανάσταση στο χώρο εργασίας ή στο Smart Office, δίνοντας στους εργαζόμενους τη δυνατότητα να πραγματοποιούν απομακρυσμένες κλήσεις σε χώρους εργασίας, χώρους εκδηλώσεων ή ακόμη θέτοντας σε λειτουργία απλές ή συνθετότερες συσκευές με το πάτημα ενός κουμπιού από απόσταση. Ο αριθμός των εφαρμογών VoIP Smart Office θα μπορούσε να είναι ατελείωτος.

Για πολλές επιχειρήσεις, το VoIP είναι ήδη πραγματικότητα. Παράλληλα, με τις πολλές και ταυτόχρονες επαναστατικές εξελίξεις, το VoIP πιθανά να γίνει το νέο πρότυπο για την επιχειρησιακή επικοινωνία. Οι εταιρείες που παραμένουν ενήμερες για αυτές τις εξελίξεις είναι σίγουρο πως θα αποκτήσουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στο εγγύς μέλλον (Χουρδάκη, 2012).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες εμφανίστηκε και αναπτύσσεται ραγδαία η τεχνολογία VoIP. Πρόκειται για την τεχνολογία μετάδοσης της φωνής μέσα από τα δίκτυα IP. Χαρακτηρίζεται από ελάχιστο ή καθόλου κόστος και πολύ καλή ποιότητα του μεταδιδόμενου σήματος. Για την υλοποίησή και την υποστήριξή της αναπτύχθηκαν μια σειρά από πρωτόκολλα και το κατάλληλο υλικό και λογισμικό.

Όσο η τεχνολογία VoIP αποκτά μεγαλύτερη αποδοχή και γίνεται μια από τις κυριότερες τεχνολογίες επικοινωνιών, η ασφάλεια της καθίσταται ένα σημαντικό ζήτημα. Από τη μια έχει αναπτυχθεί το VoIPSA's VoIP Security Threat Taxonomy, που παρέχει μια κατηγοριοποίηση των απειλών της ασφάλειας της τεχνολογίας VoIP και από την άλλη εφαρμόζονται οι ενδεδειγμένες πολιτικές ασφάλειας.

Με την εδραίωση των δικτύων 4G/4G+ και WiFi της κινητής τηλεφωνίας, εξελίσσεται παράλληλα και η τεχνολογία mVoIP μέσω των VoWifi και VoLTE, του RCS και του IMS. Η επιχειρησιακή αξία των σύγχρονων αυτών τεχνολογιών είναι πολύ σημαντική και το μέλλον τους ελπιδοφόρο. Προβλέπεται ότι το παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο σύντομα θα αντικατασταθεί πλήρως από αυτές τις τεχνολογίες.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adnan Saleem (2012), Leveraging IMS for VoLTE and RCS Services in LTE Networks, ETSI Workshop – RCS, VoLTE, and Beyond Kranj, Slovenia. D. Bergström, An analysis of Skype VoIP application for use in a corporate environment, <http://www.geocities.com/bergstromdennis/>, October 2004.

CHOI J. (2009), Quality of Service (QoS) and Quality of Experience (QoE): Concept, Architecture, Parameters and Performance, KAIST, Korea. LORENZ P. (n.d.), QoS and QoE in the Next Generation Networks and Wireless Networks, IEEE.

Hersent O., Petit J., Gurle D. (2005), Beyond VoIP Protocols: Understanding Voice Technology and Networking Techniques for IP Telephony, Wiley, ISBN-13: 978-0470023624

Kurose, James F. (2013), Computer networking: a top-down approach

Promode K.Verma , Ling Wang (2001), Voice over IP Networks , Quality of Service, Pricing and Security,ISBN 978-3-642-14329-8

R. G. Cole and J. H. Rosenbluth (2001), Voice over ip performance monitoring, SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 31, no. 2, pp. 9–24.

Radisys White Paper (2011), MRF Media Processing in 4G/LTE Networks

Sauter Martin (2017) From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and

5G Americas (July 2016) The Evolution of 3GPP Communications Services

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγιομυργιαννάκης Ν.** (2007). Sinusoidal coding of speech for voice over IP. Πανεπιστήμιο Κρήτης. Σχολή Θετικών και Τεχνολογικών Επιστημών. Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών. Διαθέσιμο στο: www.eadd.gr. (Τελευταία πρόσβαση στις: 05/01/2019)
- Βράκας Ν.** (2013). Enhancing security and privacy in VOIP/IMS environments. Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων. Διδακτορική Διατριβή. Διαθέσιμο στο: www.Didaktorika.gr. (τελευταία πρόσβαση στις: 05/01/2019).
- Κυριαζοπούλου Χ.** (2011). Φωνή επί Διαδικτυακού Πρωτοκόλλου. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Διαθέσιμο στο www.conta.uom.gr. (τελευταία πρόσβαση στις 10/01/2019).
- Παπαδημητρίου Γ. & Πομπόρτσας Α.** (2003). Ασφάλεια Δικτύων υπολογιστών, εκδ. Τζιόλα.
- Πετρουλάκη Κ.** (2015). Ποιότητα εμπειρίας (QuE) σε φωνητικές υπηρεσίες πακέτων (VOIP) πάνω από ασύρματα δίκτυα. Διπλωματική εργασία. Τ.Ε.Ι Πελοποννήσου. Διαθέσιμο στο www.nestor.teipel.gr. (τελευταία πρόσβαση στις: 10/01/2019).
- Πομπόρτσας Αν.** (2000), Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες Επικοινωνιών, Εκδόσεις: Τζιόλα, ISBN: 960-7219-64-3.
- Πομπόρτσας Αν., Παπαδημητρίου Γ.** (2003) Ασφάλεια Δικτύων Υπολογιστών, Εκδόσεις: Τζιόλα, ISBN: 960-8050-88-X.
- Ρενέση Ε.** (2008). Μελέτη και ανάπτυξη εφαρμογής VOIP με τη χρήση του SIP πρωτοκόλλου. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο στο www.nemertes.lis.upatras.gr. (τελευταία πρόσβαση στις 11/01/2019).
- Φαφούλα Ι.** (2008). Ασφάλεια VOIP. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Πειραιά. Διαθέσιμο στο www.dione.unipi.gr. (τελευταία πρόσβαση στις: 9/01/2019).
- Φράγκος Α.** (2014). Μέτρηση απόδοσης και αξιοπιστίας συστήματος τηλεφωνίας VOIP στηριγμένο στο πρωτόκολλο SIP με τη χρήση εργαλείων SIPP και VOIP MONITOR. Διπλωματική εργασία. Τ.Ε.Ι Κρήτης. Διαθέσιμο στο www.nefeli.lib.teicrete.gr. (τελευταία πρόσβαση στις 10/01/2019).
- Φωτιάδου Α.** (2006). Πρωτόκολλα υλοποίησης VOIP. Διπλωματική εργασία. Τ.Ε.Ι. Ηπείρου. Διαθέσιμο στο www.apothetirio.teiep.gr. (τελευταία πρόσβαση στις 10/01/2019).
- Χουρδάκη Κ.** (2012). Αξιολόγηση ποιότητας εμπειρίας VOIP κλήσεων σε LTE δίκτυα δύο επιπέδων. Διπλωματική εργασία. Ε.Κ.Π.Α. Διαθέσιμο στο www.pergamos.lib.uoa.gr. (τελευταία πρόσβαση στις 10/01/2019).
- Ψαρουδάκης Δ.** (2014). VOICE OVER IP FORENSICS. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Πολυτεχνική Σχολή. Διαθέσιμο στο www.eadd.gr. (τελευταία πρόσβαση στις 05/01/2019)