



Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
στα Πληροφοριακά Συστήματα (MIS)

Φωνή επί Διαδικτυακού Πρωτοκόλλου Voice over Internet Protocol



Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών

Επιβλέπων Καθηγητής: Οικονομίδης Α. Αναστάσιος

Κυριαζοπούλου Χριστιάνα

Αριθμός Μητρώου: 24/10

Θεσσαλονίκη
Ιανουάριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Φωνή επί Διαδικτυακού Πρωτοκόλλου (ΦεΔΠ)», έγινε στα πλαίσια του μαθήματος «Δίκτυα Υπολογιστών» του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στα Πληροφοριακά Συστήματα (MIS) του Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι να αποτελέσει το εργαλείο που θα βοηθήσει τους αναγνώστες να κατανοήσουν την έννοια της τεχνολογίας ΦεΔΠ καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μεταδίδονται τα δεδομένα ήχου και εικόνας μέσω δικτύων IP, όπως είναι το Internet. Αναλύονται οι τεχνολογίες ΦεΔΠ, που εκτιμάται ότι θα αντικαταστήσουν το παραδοσιακό τηλεφωνικό σύστημα μεταγωγής κυκλώματος PSTN. Επίσης, παρουσιάζονται οι τηλεφωνικές συσκευές και το λογισμικό για ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέσω των οποίων ο κάθε χρήστης μπορεί να πραγματοποιεί και να λαμβάνει τηλεφωνικές κλήσεις με χαμηλό κόστος και υψηλή ποιότητα ήχου. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύντομη ανάλυση των πρωτοκόλλων σηματοδότησης H.323, SIP, MGCP και IAX2, τα οποία συμβάλλουν στο να εγκατασταθεί και να τερματιστεί μια τηλεφωνική κλήση μεταξύ δύο ή περισσότερων απομακρυσμένων χρηστών. Επιπρόσθετα, παρέχονται πληροφορίες σχετικά την ποιότητα υπηρεσιών (QoS), μια μέθοδο που επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν ποια από τα δεδομένα (φωνή, βίντεο, αρχεία), που εισέρχονται στο δίκτυο είναι πιο σημαντικά, και συνεπώς χρησιμοποιούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Παράλληλα, γίνεται μια σύντομη περιγραφή των πρωτοκόλλων μετάδοσης RTP, RTCP, RTSP και RSVP σχετικά με την συνεισφορά τους στην παροχή υπηρεσιών ποιότητας QoS. Τέλος, παρατίθενται τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και οι εφαρμογές της τεχνολογίας ΦεΔΠ.

ABSTRACT

This paper, entitled "Voice over Internet Protocol (VoIP)", was created in the

frames of the course "Computer Networks" of the Interdepartmental Postgraduate Program in Information Systems (MIS) of University of Macedonia.

The purpose of this paper is to constitute a tool that will help readers understand the meaning of VoIP technology and the way in which the audio data and video data are transmitted over IP networks, such as the Internet. The writer analyzes the VoIP technologies, that are assumed to replace the traditional circuit switched phone system PSTN. She also presents the IP phones and computer software through which each user can make and receive calls at low cost and with high quality of sound. Then, there is a brief analysis of the signaling protocols H.323, SIP, MGCP and IAX2, which help to establish and terminate a telephone call between two or more remote users. Additionally, the writer provides information regarding the quality of service (QoS), a method that allows users to control which data (voice, video, files), entering the network is most important, and therefore use more bandwidth. Moreover, there is a brief description of the transmission protocols RTP, RTCP, RTSP and RSVP, and their contribution to service quality QoS. Finally, the writer refers to the advantages, disadvantages and applications of VoIP technology.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	5
--------------------------	----------

2.Voice over IP	6
2.1 Ορισμός	6
2.2 Τρόπος Λειτουργίας.....	6
3.Τηλέφωνα IP	10
3.1 Softphones	10
3.2 Συσκευές	11
3.3 ATA (Analog Telephony Adapters)	12
4.Πρωτόκολλα Σηματοδοσίας	13
4.1 H.323	13
4.2 SIP	14
4.3 MGCP	15
4.4 IAX2	16
5.Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS)	16
5.1 RTP	17
5.2 RTCP	17
5.3 RTSP	18
5.4 RSVP	18
6.Πλεονεκτήματα	19
7.Μειονεκτήματα	19
8.Εφαρμογές	20
9.Συμπεράσματα	21
10.Βιβλιογραφία	22

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη δεκαετία του 1990, ένας σημαντικός αριθμός ερευνητών που προερχόταν τόσο από τον εκπαιδευτικό χώρο όσο και από τον επιχειρησιακό τομέα, έδειξε

ενδιαφέρον σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαν να μεταδοθούν η φωνή και το βίντεο μέσω IP δικτύων, ιδιαίτερα όσον αφορά τα εταιρικά Intranets και το Διαδίκτυο. Αυτή η τεχνολογία είναι γνωστή στις μέρες μας με την ονομασία VoIP. Με άλλα λόγια, πρόκειται για την διαδικασία της διάσπασης της φωνής ή του βίντεο σε πακέτα, της μετάδοσης των πακέτων αυτών μέσω ενός δικτύου IP, και της αναδιάταξής τους όταν φτάνουν στον προορισμό τους, έτσι ώστε δύο χρήστες να μπορούν να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας ήχο και εικόνα.

Παραδοσιακά, η επικοινωνία μεταξύ δύο χρηστών γινόταν μέσω των κλασικών δικτύων τηλεφωνίας PSTN, τα οποία δέσμευαν μια γραμμή αποκλειστικά και μόνο για αυτόν τον σκοπό. Αντίθετα, η τεχνολογία VoIP, που στηρίζεται στη μεταγωγή πακέτων, δίνει την δυνατότητα μέσα από την γραμμή να μεταδίδονται εκτός από φωνητικές πληροφορίες και άλλοι τύποι δεδομένων, όπως είναι τα αρχεία.

Στις μέρες μας, το VoIP γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλές και έχει ήδη αρχίσει να αντικαθιστά τα υφιστάμενα τηλεφωνικά δίκτυα, με αρκετούς ανθρώπους και επιχειρήσεις να επιλέγουν να ακυρώσουν την παραδοσιακή τηλεφωνική γραμμή και να χρησιμοποιούν αντ' αυτής την τεχνολογία VoIP. Τον Αύγουστο του 2003, κυκλοφόρησε το Skype και κέρδισε την ευρεία αποδοχή του καταναλωτικού κοινού. Ο κυριότερος λόγος που προτιμάται η υπηρεσία VoIP είναι η σημαντική μείωση του κόστους που προσφέρει για την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων έναντι του παραδοσιακού φορέα τηλεπικοινωνιών.

2. VOICE OVER IP

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο όρος Voice over IP (VoIP) ή στα ελληνικά "Φωνή επί διαδικτυακού πρωτοκόλλου (ΦεΔΠ)" είναι μια τεχνολογία υλικού και λογισμικού, η οποία επιτρέπει την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων μέσω υπολογιστικών δικτύων, όπως το Internet. Άλλοι όροι οι οποίοι χρησιμοποιούνται συχνά ως συνώνυμο της VoIP είναι οι εξής : τηλεφωνία IP (IP telephony), τηλεφωνία μέσω του Διαδικτύου (Internet telephony), φωνή μέσω ευρυζωνικών δικτύων (voice over broadband), ευρυζωνική τηλεφωνία (broadband telephony) και ευρυζωνικό τηλέφωνο (broadband phone).

Η VoIP μετατρέπει τα αναλογικά σήματα φωνής σε ψηφιακά πακέτα δεδομένων και υποστηρίζει την αμφίδρομη μετάδοση των συνομιλιών σε πραγματικό χρόνο (real-time) με τη χρήση του πρωτοκόλλου IP (Internet Protocol). Η υπηρεσία VoIP δεν αναφέρεται μόνο στη μετάδοση της φωνής πάνω από το Internet, αλλά πάνω από κάθε δίκτυο που στηρίζεται στο πρωτόκολλο IP (IP-based network), όπως είναι ένα ιδιωτικό εταιρικό δίκτυο.

Ο βασικός στόχος της δημιουργίας της υπηρεσίας VoIP είναι να δοθεί η δυνατότητα στο χρήστη να πραγματοποιεί δωρεάν τηλεφωνικές κλήσεις μέσω του Internet, παρακάμπτοντας εντελώς τα τέλη των τηλεφωνικών εταιριών .

2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το VoIP είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί ως βάση το πρωτόκολλο IP . Το IP είναι ένα σύνολο κανόνων που διέπουν τον τρόπο με τον οποίο τα πακέτα μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου. Με άλλα λόγια, τυποποιεί τη διαδικασία με την οποία διαβιβάζονται ή δρομολογούνται τα πακέτα μέσω του Διαδικτύου ή οποιουδήποτε άλλου δικτύου IP με βάση τις διευθύνσεις IP. Το VoIP αξιοποιεί τις δυνατότητες που προσφέρει το IP για τη μετάδοση πακέτων δεδομένων φωνής.

Επειδή όμως το IP δεν εγγυάται την βέβαιη παράδοση πακέτων, τον ρόλο αυτό αναλαμβάνει το TCP (Transmission Control Protocol). Το TCP είναι το πρωτόκολλο που εγγυάται αξιοπιστία σε μια μεταφορά, η οποία εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει απώλεια πακέτων, ότι τα πακέτα βρίσκονται στη σωστή σειρά, ότι μπορεί να υπάρχει καθυστέρηση αλλά περιορίζεται σε ένα αποδεκτό επίπεδο, καθώς και ότι δεν υπάρχει επικάλυψη των πακέτων. Στόχος είναι να διασφαλιστεί ότι λαμβάνονται όλα τα δεδομένα και με την σειρά με την οποία στάλθηκαν, έτσι ώστε η ομιλία να ακούγεται συνεχής και όχι διακοπτόμενη. Κατά τη μεταφορά των δεδομένων, το TCP λειτουργεί

λίγο πριν το IP. Το TCP δεσμεύει τα δεδομένα σε πακέτα TCP πριν τα στείλει στο IP, το οποίο με τη σειρά του τα συμπιέζει σε πακέτα IP.

Ένα πακέτο IP είναι ένα πακέτο δεδομένων, το οποίο αποτελείται από ένα φορτίο δεδομένων και μια κεφαλίδα IP (IP header). Τα δεδομένα αυτά (στην περίπτωση ενός δικτύου TCP/IP – τα TCP πακέτα) διασπώνται σε bits, τοποθετούνται σε αυτά τα πακέτα και μεταδίδονται πάνω από το δίκτυο. Μόλις τα πακέτα φτάσουν στον προορισμό τους, ανακατασκευάζονται στα αρχικά δεδομένα.

Το TCP/IP είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στις μέρες μας σε εφαρμογές που σχετίζονται με τη μετάδοση φωνητικής πληροφορίας. Αυτό οφείλεται στη βελτίωση της ταχύτητας των συνδέσεων που επιτρέπουν την ολοένα και πιο γρήγορη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δικτύων, η οποία με τη σειρά της συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του ήχου που μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο. Αξιοσημείωτη είναι επίσης, και η ανακάλυψη πως η ανθρώπινη φωνή μπορεί να συμπιεστεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε να διατηρηθεί αναλλοίωτη η ποιότητα και η χροιά της.

Προκειμένου λοιπόν να πραγματοποιηθεί μια τηλεφωνική κλήση μέσω ενός δικτύου Voice over IP, πρέπει να εκτελεστούν κάποιες λειτουργίες. Οι βασικότερες από αυτές είναι οι παρακάτω:

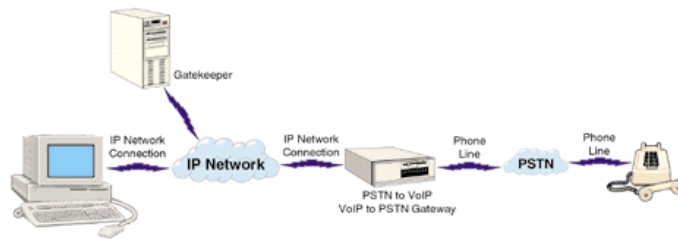
A. Σηματοδοσία

Η σηματοδοσία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στα VoIP συστήματα. Η λειτουργία αυτή εκτελείται από έναν ειδικό μηχανισμό, που ονομάζεται Gatekeeper. Ρόλος του Gatekeeper είναι να ενεργοποιεί, να διαχειρίζεται και να συντονίζει όλα τα μέρη ενός δικτύου που συμμετέχουν σε μια τηλεφωνική συνομιλία.

B. Αριθμοδότηση

Όπως είναι εύλογο, για την έναρξη μιας κλήσης απαιτείται η πληκτρολόγηση ενός τηλεφωνικού αριθμού. Ένα αναλογικό δίκτυο PSTN χαρακτηρίζεται από νούμερα τηλεφώνου. Αντίθετα, ένα IP δίκτυο έχει διευθύνσεις IP (IP addresses). Τα δύο αυτά συστήματα συνεργάζονται μεταξύ τους μέσω της μετάφρασης διευθύνσεων (address translation). Πιο συγκεκριμένα, στο VoIP, κάθε αριθμός τηλεφώνου αντιστοιχίζεται σε μια διεύθυνση IP. Κάθε φορά που μια συσκευή (ένας Η/Υ, ένα τηλέφωνο IP, ένα ATA, κλπ.) πραγματοποιεί μια κλήση VoIP, η διεύθυνση IP του μεταφράζεται σε αριθμό τηλεφώνου, ο οποίος στη συνέχεια μεταβιβάζεται στο δίκτυο PSTN. Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με τον τρόπο με τον οποίο τα domain names και οι διευθύνσεις ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail addresses) αντιστοιχίζονται σε

διευθύνσεις IP. Ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται για να συνδέσει το IP δίκτυο στο τηλεφωνικό δίκτυο, ονομάζεται Gateway.



Σχήμα 1: Αντιστοίχιση τηλεφωνικού αριθμού PSTN σε διεύθυνση IP

Γ. Διαχείριση δρομολόγησης κλήσεων

Με τον όρο δρομολόγηση κλήσης, νοείται η διαδρομή που ακολουθείται μέσα στο δίκτυο για να αρχίσει, να υλοποιηθεί και να τερματιστεί μια τηλεφωνική συνομιλία. Τα ψηφιακά πακέτα φωνής μπορούν να φτάσουν στον προορισμό τους ακολουθώντας πολλαπλές εναλλακτικές διαδρομές σύμφωνα με τους κανόνες δρομολόγησης του Internet. Όταν ξεκινάει η επικοινωνία ανάμεσα στους χρήστες της υπηρεσίας, δεσμεύονται πόροι από το δίκτυο. Με τον τερματισμό της κλήσης, οι πόροι αυτοί αποδεσμεύονται και είναι διαθέσιμοι για τους υπόλοιπους χρήστες του δικτύου που επιδιώκουν να αρχίσουν μια συνομιλία. Χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα όπως το H.323, το SIP και το MGCP, ενώ στο δίκτυο Asterisk υπάρχει πλέον το IAX2.

Η δρομολόγηση μιας κλήσης μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

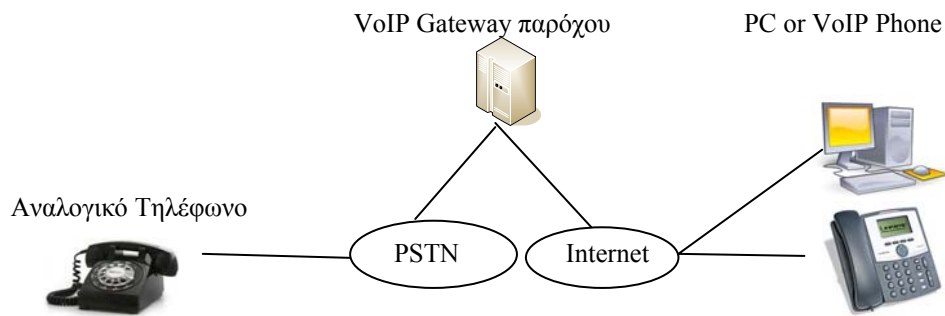
- ❖ Από χρήστη VoIP σε χρήστη VoIP (IP-IP)
- ❖ Από τηλέφωνο σε χρήστη VoIP (PSTN -IP)
- ❖ Από τηλέφωνο σε τηλέφωνο (PSTN – IP – PSTN)

Σχηματικά:

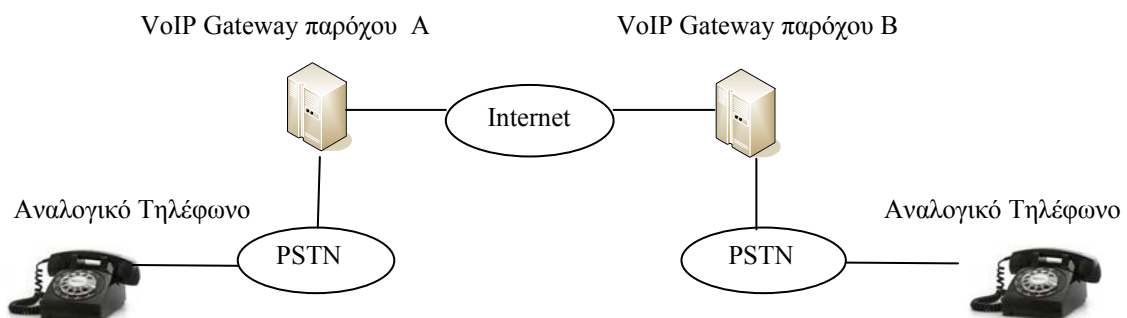
1^η Περίπτωση: Δρομολόγηση κλήσης από δίκτυο IP σε δίκτυο IP



2^η Περίπτωση: Δρομολόγηση κλήσης από δίκτυο PSTN σε δίκτυο IP



3^η Περίπτωση: Δρομολόγηση κλήσης από δίκτυο PSTN σε δίκτυο PSTN

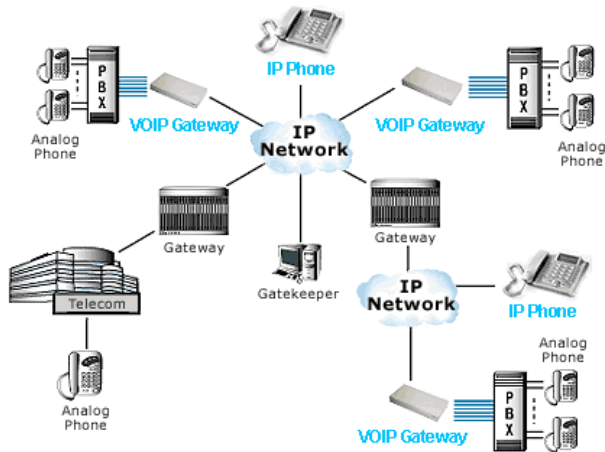


Δ. Ψηφιοποίηση και από-ψηφιοποίηση φωνής

Τα αναλογικά σήματα φωνής μετατρέπονται σε ψηφιακά προκειμένου να μεταδοθούν μέσα από το δίκτυο IP. Επίσης, τα σήματα αυτά συμπιέζονται ώστε γίνει οικονομία των πόρων του δικτύου. Η ανθρώπινη φωνή ασυμπιεστη απαιτεί εύρος ζώνης (bandwidth) αρκετών Mbps προκειμένου να ολοκληρωθεί μια τηλεφωνική κλήση. Μέσω της συμπίεσης όμως καταναλώνονται μόνο λίγα Kbps, εξασφαλίζοντας την ποιότητα και την αδιάκοπη συνέχεια της συνομιλίας. Η πιο δημοφιλής τεχνική κωδικοποίησης είναι η Παλμοκωδική Διαμόρφωση (Pulse Code Modulation - PCM), η οποία μετατρέπει τη φωνή σε ψηφιακή μορφή, με δειγματοληψία 8000 δειγμάτων το δευτερόλεπτο. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης και της συμπίεσης της φωνής υλοποιείται από έναν μηχανισμό που ονομάζεται coder.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η αντίστροφη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, το σήμα αποκωδικοποιείται και από ψηφιακό γίνεται αναλογικό, ώστε να ακουστεί στον δεύτερο συνομιλητή. Ο μηχανισμός που έχει αναλάβει αυτήν την λειτουργία ονομάζεται decoder. Οι μηχανισμοί coder και decoder ονομάζονται με μία λέξη codec.

Ενδεικτικό Διάγραμμα VoIP Δικτύου



3. ΤΗΛΕΦΩΝΑ IP

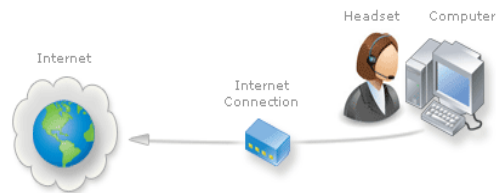
Ένα τηλέφωνο IP χρησιμοποιεί την τεχνολογία VoIP για την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων πάνω από ένα δίκτυο IP. Τηλέφωνα IP μπορούν να είναι Softphones που στηρίζονται σε ένα απλό λογισμικό ή συσκευές ειδικά σχεδιασμένες για αυτόν τον σκοπό που μοιάζουν με τα κανονικά ή τα ασύρματα τηλέφωνα. Ακόμη, κανονικά PSTN τηλέφωνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τηλέφωνα IP με την εφαρμογή ATA (Analog Telephony Adapters). Πιο αναλυτικά:

3.1 Softphones

Το softphone είναι μια εφαρμογή λογισμικού (software) που εκτελείται στον Η/Υ και προσφέρει τις ίδιες υπηρεσίες με ένα απλό τηλέφωνο. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ακουστικά και μικρόφωνο, τα οποία είναι συνδεδεμένα στην κάρτα ήχου του υπολογιστή, ή με ένα τηλέφωνο USB.

Για να είναι εφικτή μια συνομιλία πρέπει οι χρήστες να έχουν το ίδιο πρωτόκολλο επικοινωνίας και τουλάχιστον έναν κοινό μηχανισμό audio codec. Συνήθως επιλέγεται το πρωτόκολλο SIP ή το IAX2 εάν πρόκειται για ένα δίκτυο Asterisk. Επίσης, υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος από audio codecs, όπως είναι τα G711, G.722, G.723, G726, G729, GSM, iLBC, L16, Speex.

Τέλος, το softphone έχει τα τυπικά χαρακτηριστικά ενός κανονικού τηλεφώνου, όπως είναι τα DND, Mute, DTMF και άλλα, καθώς και ιδιαίτερα δικά του στοιχεία, όπως είναι το βίντεο και ο wide-band ήχος.

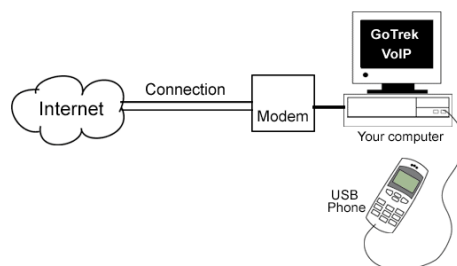


Σχήμα 2: Τοπολογία ενός softphone

3.2 Συσκευές

Υπάρχουν δύο τύποι συσκευών και ο κάθε άνθρωπος μπορεί να χρησιμοποιεί εκείνη που επιθυμεί. Οι συσκευές αυτές είναι οι εξής:

- **USB Phones** – Το USB Phone είναι μια ειδική τηλεφωνική συσκευή (ενσύρματη ή ασύρματη) που μοιάζει με το κανονικό τηλέφωνο και συνδέεται στη θύρα USB του υπολογιστή. Όταν συνδεθεί στη θύρα USB, ο υπολογιστής το αναγνωρίζει ως συσκευή ήχου. Αντιμετωπίζεται δηλαδή ως κάρτα ήχου, η οποία επιτρέπει στο χρήστη την αναπαραγωγή και την εγγραφή ήχου. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι πως δεν έχει κανένα πρωτόκολλο VoIP, αλλά παρέχει απλώς τον ήχο και την ανθρώπινη διεπαφή προκειμένου να υλοποιηθεί η υπηρεσία VoIP. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του είναι ότι λειτουργεί χωρίς τη χρήση πληκτρολογίου ή ακουστικών και μικροφώνου, και επομένως προστατεύει την ιδιωτικότητα της συνομιλίας και δεν ακούγεται σε όλους μέσα από τα ηχεία. Επίσης, προσφέρει βελτιωμένη ποιότητα ήχου μειώνοντας την ηχώ και την αλλοίωση φωνής που δημιουργούνται όταν ο ήχος μεταδίδεται μέσω του μικροφώνου και των ηχείων.



Σχήμα 3: Τοπολογία ενός USB Phone

- **VoIP Phones** – Υπάρχουν τρεις κατηγορίες VoIP τηλεφώνων:

- ✓ **VoIP τηλέφωνα με σύνδεση Ethernet**

Τα Ethernet VoIP τηλέφωνα είναι ιδιαίτερα εύχρηστα. Χρησιμοποιούν τις υποδοχές RJ-45 για να συνδεθούν τα τηλέφωνα VoIP με το διακομιστή VoIP (VoIP server) ή με την VoIP gateway στο δίκτυο Ethernet.

✓ **VoIP τηλέφωνα με σύνδεση WiFi / 802.11**

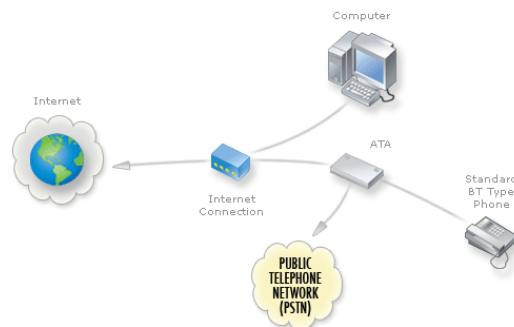
Τα Wi-Fi (802.11) VoIP τηλέφωνα παρέχουν τις ίδιες υπηρεσίες με τα Ethernet VoIP τηλέφωνα, αλλά το κάνουν ασύρματα. Το WiFi δίνει την δυνατότητα στα VoIP τηλέφωνα να συνδέονται με το διακομιστή VoIP ή με την VoIP gateway μέσω του ήδη υπάρχοντος WiFi δικτύου.

✓ **VoIP τηλέφωνα με σύνδεση dialup modem**

Τα VoIP τηλέφωνα με dialup modem σύνδεση είναι παρόμοια με τα Ethernet VoIP τηλέφωνα. Αντί να συνδεθούν σε ένα δίκτυο Ethernet, τα τηλέφωνα αυτά μεταδίδουν τον ήχο πάνω από το δίκτυο PSTN και τον μεταβιβάζουν σε VoIP παρόχους υπηρεσιών. Η χρήση αυτού του τύπου τηλεφώνου απαιτεί μια απλή αναλογική τηλεφωνική γραμμή. Παρόλα αυτά, επιτρέπει την πραγματοποίηση υπεραστικών και διεθνών κλήσεων πάνω από το δίκτυο VoIP.

3.3 ATA (Analog Telephony Adapters)

Οι συσκευές αυτές δίνουν την δυνατότητα να συνδεθεί ένα αναλογικό τηλέφωνο σε ένα δίκτυο VoIP. Στην ουσία, είναι συσκευές που χρησιμοποιούν ένα πρωτόκολλο VoIP (H.323, SIP, MGCP ή IAX) και παράλληλα προσφέρουν μια υποδοχή τηλεφώνου. Περιέχουν ένα τροφοδοτικό, μία θύρα Ethernet, μία ή περισσότερες θύρες FXS και ίσως και έναν σύνδεσμο FXO. Κωδικοποιούν και αποκωδικοποιούν σήματα φωνής χρησιμοποιώντας codec φωνής, όπως είναι τα G711, G729, GSM και άλλα. Η κύρια αρμοδιότητα τους είναι η πραγματοποίηση VoIP κλήσεων χωρίς να απαιτείται η αγορά νέων τηλεφώνων. Μια συσκευή ATA μπορεί να συνδεθεί στην πρίζα τηλεφώνου και στη συνέχεια να χρησιμοποιείται οποιοδήποτε τηλέφωνο που συνδέεται με την συγκεκριμένη εσωτερική τηλεφωνική καλωδίωση.



Σχήμα 4: Τοπολογία ενός ATA

4. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ

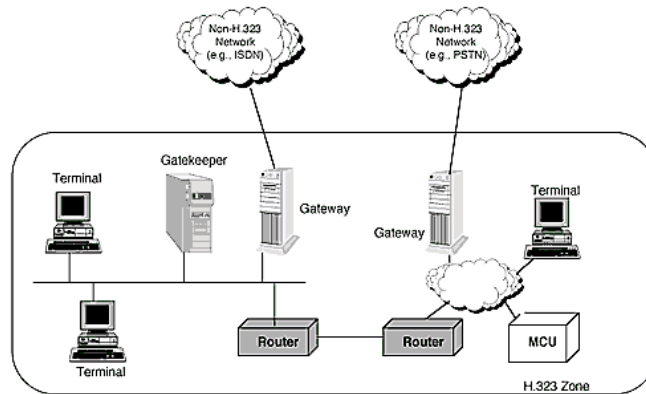
Όπως είδαμε και παραπάνω, σε ένα δίκτυο VoIP, το αναλογικό σήμα φωνής ψηφιοποιείται, συμπιέζεται, μετατρέπεται σε πακέτα IP και αποστέλλεται μέσω του δικτύου IP στον καλούμενο χρήστη. Στη διαδικασία αυτή συνδράμουν τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας. Ένα πρωτόκολλο σηματοδοσίας (signaling protocol) χρησιμοποιείται για να αρχίζει και να τερματίζει τηλεφωνικές κλήσεις, να εντοπίζει τον χρήστη στο άλλο άκρο της επικοινωνίας και να διαχειρίζεται τους πόρους του δικτύου. Τα συνηθέστερα και πιο γνωστά πρωτόκολλα σηματοδοσίας είναι τα εξής:

4.1 H.323

Το πρωτόκολλο H.323 είναι ένα πρότυπο που υλοποιήθηκε από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union - ITU). Η δημιουργία του οφείλεται στην ανάγκη μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο ήχου, βίντεο και δεδομένων πάνω από δίκτυα που βασίζονται στη μεταγωγή πακέτων (packet-based networks). Πρόκειται για ένα δυαδικό πρωτόκολλο, το οποίο χρησιμοποιεί τόσο το TCP όσο και το UDP. Το TCP διασφαλίζει την αξιόπιστη μεταφορά των πακέτων, ώστε να λαμβάνονται με τη σωστή σειρά και να μην υπάρχει περίπτωση να χαθούν. Το UDP χρησιμοποιείται για ροές ήχου και βίντεο, οι οποίες είναι ευαίσθητες στον παράγοντα χρόνο, αλλά δεν είναι τόσο ευαίσθητες σχετικά με την απώλεια πακέτων.

Το πρωτόκολλο H.323 αποτελείται από τέσσερα βασικά συστατικά στοιχεία, όπως φαίνεται και στην εικόνα :

- Terminal – το τελικό σημείο του χρήστη που θα μπορούσε να είναι ένα τηλέφωνο IP, ένα σύστημα τηλεδιάσκεψης υψηλής ευκρίνειας, λογισμικό Η/Υ κ.α.
- Gateway – συσκευή, η οποία επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ H.323 δικτύων και άλλων δικτύων, όπως τα PSTN ή ISDN δίκτυα.
- Multipoint Control Unit (MCU) – είναι υπεύθυνη για τη διασύνδεση περισσότερων των δύο τερματικών σταθμών. Αποτελείται από δύο οντότητες, το Multipoint Controller (MC) και το Multipoint Processor (MP).
- Gatekeeper – είναι ένα προαιρετικό στοιχείο του H.323 που παρέχει υπηρεσίες στο Terminal, στο Gateway και στο MCU. Αυτές οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν διευθυνσιοδότηση, έλεγχο αποδοχής, εξουσιοδότηση χρήστη, εύρος ζώνης, καταχώριση τελικού σημείου (endpoint registration) κ.α.



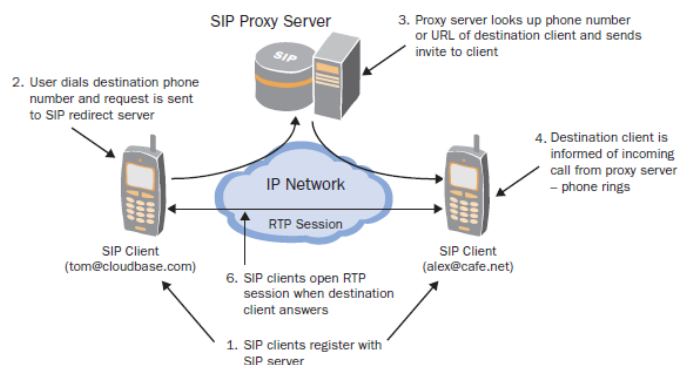
Σχήμα 5 : Πρωτόκολλο H.323

4.2 SIP

Το SIP (Session Initiation Protocol) είναι ένα IETF (Internet Engineering Task Force) πρωτόκολλο επικοινωνίας, το οποίο χρησιμοποιεί σηματοδοσία τύπου πελάτη-διακομιστή (client-server) για την πραγματοποίηση, την τροποποίηση και τον τερματισμό τηλεφωνικών κλήσεων VoIP. Μπορεί επίσης να λειτουργήσει σε TCP ή UDP, ακόμα και σε Hypertext Transfer Protocol (HTTP) και Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) επίπεδα λόγω της text-based τεχνολογίας του. Επίσης, χρησιμοποιεί προσκλήσεις (invitations) με σκοπό να δημιουργήσει μηνύματα SDP (create Session Description Protocol).

Με βάση τον τύπο πελάτη-διακομιστή, το SIP υλοποιείται σε δύο μορφές: τον διακομιστή Proxy και τον διακομιστή Redirect.

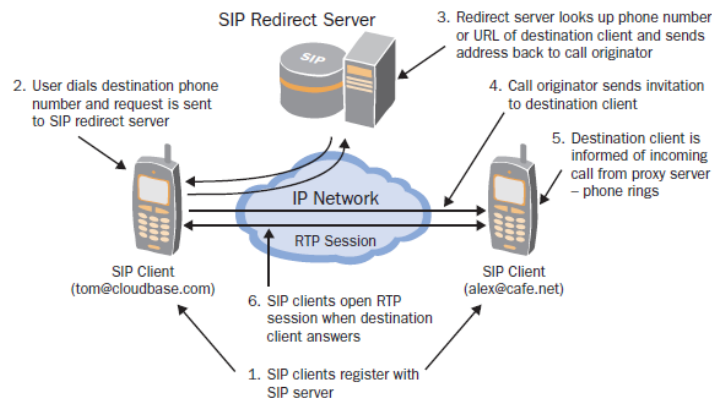
Ο διακομιστής Proxy, δέχεται αιτήματα από τους SIP πελάτες, τα οποία είτε τα απαντάει ο ίδιος είτε τα προωθεί σε άλλους διακομιστές. Οι διακομιστές Proxy μπορούν να κρύψουν τους SIP χρήστες. Στους άλλους χρήστες του δικτύου VoIP, οι προσκλήσεις σηματοδοσίας φαίνονται σαν να προέρχονται από τον Proxy.



Σχήμα 6: SIP Proxy Server

Όταν ο διακομιστής Redirect δέχεται αιτήματα από SIP πελάτες, αναζητά την διεύθυνση που του ζητήθηκε. Ο διακομιστής Redirect επιστρέφει την διεύθυνση και

ξεκινάει μια επικοινωνία μεταξύ του πελάτη και του διακομιστή SIP.



Σχήμα 7: SIP Redirect Server

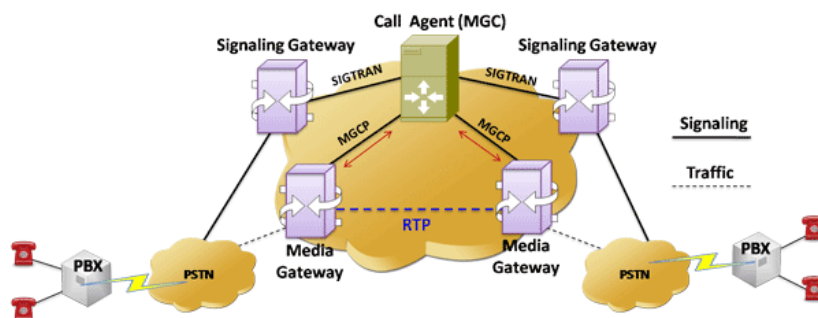
4.3 MGCP

Το MGCP(Media Gateway Control Protocol) είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης και κλήσεων για VoIP συνδέσεις. Αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει τα δύο βασικά πρωτόκολλα σηματοδότησης, SIP και H.323, ενώ χρησιμοποιεί το SGCP (Simple Gateway Control Protocol), καθώς και το πρωτόκολλο IP. Στις αρμοδιότητες του ανήκει ο έλεγχος των Media Gateways σε δίκτυα IP και δίκτυα PSTN.

Αποτελείται από τρία μέρη:

- έναν Call Agent ή αλλιώς Media Gateway Controller, ο οποίος ελέγχει και διαχειρίζεται τις IP-based συνδέσεις επικοινωνίας σε ένα δίκτυο VoIP.
- μία Media Gateway, η οποία μετατρέπει τα αναλογικά σήματα των τηλεφωνικών κυκλωμάτων σε πακέτα δεδομένων που διακινούνται μέσω του Internet ή άλλων δικτύων δεδομένων .
- μία Signaling Gateway, όταν συνδέεται στο PSTN .

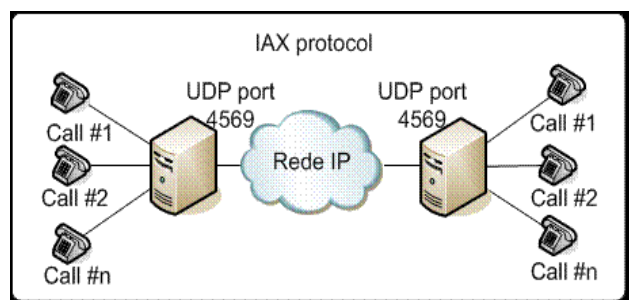
Ο Call Agent υποδεικνύει στην Media Gateway να ξεκινήσει, να διακόψει ή να τερματίσει μια επικοινωνία, αναφερόμενος κυρίως στις συνεδρίες RTP.



Σχήμα 8 : Πρωτόκολλο MGCP

4.4 IAX2

Το πρωτόκολλο IAX2 (Inter-Asterisk eXchange) δημιουργήθηκε από τον Mark Spencer και σχεδιάστηκε για να παρέχει έλεγχο και μετάδοση δεδομένων φωνής ανάμεσα στους διακομιστές Asterisk. Είναι ένα δυαδικό πρωτόκολλο και υποστηρίζεται από μια σειρά softswitches και PBXs. Προσφέρει σηματοδοσία και media. Επίσης, διευκολύνει τις VoIP συνδέσεις μεταξύ των διακομιστών, καθώς και μεταξύ των πελατών και των διακομιστών που το χρησιμοποιούν. Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι χρησιμοποιεί τη θύρα UDP 4569. Το γεγονός αυτό κάνει το IAX2 πιο ασφαλές αφού του δίνει τη δυνατότητα να δουλεύει πίσω από το NAT (Network Address Translation). Το κυριότερο όμως μειονέκτημα του είναι ότι υπάρχουν λίγες τερματικές συσκευές που το υποστηρίζουν και συνήθως χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση τηλεφωνικών κέντρων βασισμένων στο Asterisk®.



Σχήμα 9 : Πρωτόκολλο IAX2

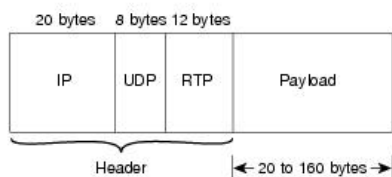
5. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (QUALITY OF SERVICE - QoS)

Η παροχή υπηρεσιών αναφέρεται σε μια ποικιλία τεχνολογιών και τεχνικών δικτύωσης, οι οποίες ασχολούνται με τον έλεγχο της διαθεσιμότητας των πόρων του δικτύου παρά με την πραγματική επίτευξη υπηρεσιών ποιότητας. Στόχος της QoS είναι να εγγυάται τη δυνατότητα ενός δικτύου να επιτυγχάνει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Τα στοιχεία που καθορίζουν την απόδοση του δικτύου στο πεδίο εφαρμογής του QoS είναι η παράδοση όλων των πακέτων που στάλθηκαν και μάλιστα με την σειρά με την οποία στάλθηκαν, η πιθανότητα ύπαρξης μιας μικρής καθυστέρησης κατά την μετάδοση τους, καθώς και ένα μικρό ποσοστό μετάδοσης λανθασμένου πακέτου .

Για να επιτευχθεί αυτή η αναμενόμενη απόδοση, έχουν δημιουργηθεί τέσσερα πρωτόκολλα που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο υποστηρίζονται οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου πάνω από το IP:

5.1 RTP

Το RTP (**Real-time Transport Protocol**) δημιουργήθηκε από την IETF και ορίζεται στο RFC 3550 από το 2003. Σχεδιάστηκε με σκοπό τη μεταγωγή real-time πακέτων που περιέχουν δεδομένα φωνής και βίντεο, πάνω από το IP. Για την μετάδοση ήχου και εικόνας εφαρμόζει τεχνολογίες multicast και unicast. Χρησιμοποιεί το UDP για τη μεταφορά δεδομένων, καθώς και κεφαλίδες (headers) που είναι παρόμοιες με το UDP και το IP.



Σχήμα 10: RTP δεδομένα σε ένα IP πακέτο

Το RTP δεν διασφαλίζει το επιθυμητό QoS. Ωστόσο, προσδιορίζει κάποια ανεπιθύμητα γεγονότα κατά την μεταφορά των πακέτων μέσα στο IP δίκτυο, όπως είναι η καθυστέρηση μετάδοσης των πακέτων (jitter), η παράδοση τους εκτός σειράς (out-of-order delivery) και η απώλεια τους (dropped packets).

5.2 RTCP

Το RTCP (**Real-Time Transport Control Protocol**) είναι στενά συνδεδεμένο με το RTP. Ρόλος του είναι να ελέγχει τις συνεδρίες RTP και να μεταδίδει πακέτα δεδομένων στους εκάστοτε συνομιλητές. Τα πακέτα που μεταφέρονται, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: τις αναφορές αποστολέα (SRs), τις αναφορές παραλήπτη (RRs), τα πακέτα περιγραφής της πηγής (SDES) και τα πακέτα τερματισμού της συνόδου (BYE). Βασικός στόχος του RTCP είναι να συλλέγει στοιχεία για τον αριθμό των πακέτων που καταλήγουν στον προορισμό τους, ώστε να διαπιστωθεί εάν το δίκτυο υποστηρίζει τις υπηρεσίες ποιότητας με τον κατάλληλο τρόπο.

Επίσης, το RTCP προβαίνει και σε έλεγχο της κυκλοφορίας του δικτύου. Είναι εύλογο πως όσο αυξάνεται το πλήθος των χρηστών που συμμετέχουν σε μια σύνοδο, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των πακέτων που αποστέλλονται. Έτσι, το RTCP ελέγχει την κυκλοφορία προκειμένου να εξοικονομηθούν πόροι στο δίκτυο και να μπορέσει το RTP να εξυπηρετήσει όσο περισσότερους χρήστες είναι δυνατό σε μια σύνοδο. Ο έλεγχος αυτός περιορίζεται συνήθως στο 5% της συνολικής κυκλοφορίας της συνόδου.

5.3 RTSP

Το RTSP (**Real Time Streaming Protocol**) είναι πρωτόκολλο σηματοδότησης. Ανήκει στο στρώμα εφαρμογής (application layer) του μοντέλου OSI και λειτουργεί ως συμπλήρωμα του RTP και του RTCP. Ο ρόλος του είναι να ελέγχει τις ροές δεδομένων που είναι συγχρονισμένες μεταξύ τους και περιέχουν πληροφορίες πολυμέσων, όπως ο ήχος και η εικόνα. Πρόκειται για τον ήχο και την εικόνα που παράγονται τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή σε μια συνομιλία και μεταφέρονται στο δίκτυο. Οι τεχνολογίες μετάδοσης που εφαρμόζονται είναι multicast και unicast. Παρόλα αυτά, η μεταφορά πακέτων πληροφορίας πολυμέσων δεν βρίσκεται μέσα στις αρμοδιότητες του RTSP.

Χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα μεταφοράς UDP και TCP. Επίσης, έχει αρκετά κοινά στοιχεία με το HTTP και παρέχει υπηρεσίες παρόμοιου επιπέδου για τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Δεν υπάρχει η έννοια της RTSP σύνδεσης. Σε μια σύνοδο RTSP, ο πελάτης (client) έχει τη δυνατότητα να ξεκινάει και να τερματίζει πολλές συνδέσεις προκειμένου να μεταβιβάσει τα αιτήματα του (requests) στον διακομιστή (server).

5.4 RSVP

Το RSVP (**Resource ReSerVation Protocol**) δημιουργήθηκε από την IETF και όπως φαίνεται και από το όνομα του, είναι ένα πρωτόκολλο για δέσμευση πόρων. Αποτελεί συμπλήρωμα του IP και ελέγχει τη μετάδοση των πακέτων δεδομένων σε ένα δίκτυο IP. Βασικός του ρόλος είναι να επιτρέπει τη διανομή QoS αιτήσεων για μια ροή δεδομένων συγκεκριμένης εφαρμογής. Οι εξυπηρετητές και οι δρομολογητές χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο πρωτόκολλο για τη παράδοση των QoS αιτήσεων στους δρομολογητές που βρίσκονται στο μονοπάτι αποστολής των πακέτων του δικτύου IP. Παρόλα αυτά, πρόκειται για ένα πρωτόκολλο multicast και unicast σηματοδότησης και όχι δρομολόγησης. Για να επιτευχθεί το επιθυμητό QoS χρησιμοποιούνται ορισμένοι μηχανισμοί ελέγχου κυκλοφορίας, οι οποίοι είναι οι εξής: **Admission Control** (ελέγχει εάν υπάρχουν οι απαραίτητοι πόροι προκειμένου να ικανοποιηθεί το ζητούμενο QoS), **Policy Control** (ελέγχει εάν ο χρήστης είναι εξουσιοδοτημένος για να του αποδοθεί το ζητούμενο QoS), **Packet Scheduler** (αποφασίζει για τη μετάδοση κάθε εξερχόμενου πακέτου σε μια διεπαφή) και **Packet Classifier** (καθορίζει τη δρομολόγηση κάθε εισερχόμενου πακέτου).

6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η υπηρεσία VoIP προσφέρει πληθώρα πλεονεκτημάτων στα άτομα που την χρησιμοποιούν. Μερικά από τα οφέλη είναι τα παρακάτω :

1. Ευκολότερη και ταχύτερη δρομολόγηση και επαναδρομολόγηση των τηλεφωνικών κλήσεων μέσω των υφισταμένων δικτύων δεδομένων χωρίς να απαιτείται η χρήση διαφορετικών δικτύων κίνησης φωνής και κίνησης δεδομένων.
2. Ασφαλείς κλήσεις με τη χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων, όπως το πρωτόκολλο πραγματικού χρόνου (Real Time Protocol-RTP).
3. Δυνατότητα σύνδεσης στον πάροχο υπηρεσιών VoIP από οπουδήποτε με μια γρήγορη σύνδεση στο Internet.
4. Δυνατότητα μετάδοσης περισσότερων από ένα τηλεφωνημάτων σε μια μόνο ευρυζωνική σύνδεση.
5. Μειωμένο κόστος για απομακρυσμένες κλήσεις.
6. Μειωμένο συνολικό κόστος λόγω απουσίας παγίων τελών.
7. Δωρεάν παροχή υπηρεσιών, οι οποίες χρεώνονται έξτρα από τις τηλεφωνικές εταιρίες, όπως είναι η αναγνώριση κλήσης, η προώθηση κλήσης, η αυτόματη επανάκληση, οι κλήσεις σύσκεψης και άλλα.
8. Νέες υπηρεσίες, όπως η συνδιάσκεψη μέσω βίντεο, η ανταλλαγή αρχείων και μηνυμάτων, η μετάδοση πληροφοριών στους διαθέσιμους χρήστες και άλλα.

7. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Παρόλα αυτά τα σημαντικά οφέλη που προαναφέρθηκαν, η μετάδοση φωνής μέσω του πρωτοκόλλου IP παρουσιάζει και μειονεκτήματα. Ορισμένα από αυτά είναι τα εξής :

1. Απαιτείται υψηλή ταχύτητα Internet για να πραγματοποιηθεί μια τηλεφωνική κλήση.
2. Η ποιότητα της φωνής είναι χαμηλότερη από ότι στα παραδοσιακά τηλέφωνα.
3. Η υπηρεσία δεν λειτουργεί όταν υπάρχει διακοπή ρεύματος.
4. Δεν υπάρχει άμεση σύνδεση με τους αριθμούς έκτακτης ανάγκης.
5. Υπάρχει πιθανότητα κλοπής των αποθηκευμένων φωνητικών δεδομένων από hackers.
6. Η υπηρεσία VoIP είναι επιρρεπής στους ιούς.

8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Στις μέρες μας υπάρχουν αρκετές εφαρμογές, οι οποίες προσφέρουν τηλεφωνία μέσω διαδικτύου. Η πιο δημοφιλής από αυτές είναι το **Skype**.

Το Skype είναι εφαρμογή λογισμικού που επιτρέπει στους χρήστες να πραγματοποιούν φωνητικές κλήσεις μέσω του Διαδικτύου. Οι κλήσεις προς άλλους χρήστες μέσω της υπηρεσίας Skype είναι δωρεάν. Το Skype υποστηρίζει την ανταλλαγή άμεσων μηνυμάτων, την αποστολή αρχείων και τη δυνατότητα συνδιάσκεψης. Χρησιμοποιεί τεχνολογία P2P (peer-to-peer). (www.Skype.com)

Επίσης, ευρέως διαδεδομένο είναι και το **Msn Messenger**. Το Msn Messenger προσφέρει υπηρεσίες συνδιάσκεψης με φωνή και βίντεο σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Στηρίζεται στο πρωτόκολλο SIP. (www.messenger.msn.com)

Άλλες εφαρμογές της VoIP που χρησιμοποιούνται συχνά είναι τα **Asterisk, Yahoo! Business Messenger, ICQ, Voipbuster, NetMeeting, Net2Phone, Firefly** και **Gnome-o-phone**.

Η υπηρεσία VoIP χρησιμοποιείται και από τα ελληνικά πανεπιστήμια με την ονομασία **Greek Universities NETwork (GUnet)**. Το GUnet δίνει την ευκαιρία σε ένα πανεπιστημιακό ίδρυμα να τηλεφωνεί εντελώς δωρεάν σε κάποιο άλλο ίδρυμα σε όλη την Ελλάδα. Για να πραγματοποιηθεί μία τηλεφωνική συνομιλία, πρέπει ο χρήστης να πληκτρολογήσει το 9 και τον καλούμενο αριθμό εφόσον καλεί από συσκευή αναλογικής τηλεφωνίας και να περιμένει ελάχιστα δευτερόλεπτα μέχρι να ξεκινήσει η κλήση. Εάν όμως ο χρήστης καλεί από τηλέφωνο VoIP ενός ιδρύματος, τότε μετά τον καλούμενο αριθμό πρέπει να πατήσει το πλήκτρο OK.

Η ένταξη του Πανεπιστημίου Μακεδονίας στο GUnet έγινε στις 25 Οκτωβρίου 2010.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναμφίβολα, η τεχνολογία VoIP είναι μια ιδιαίτερα ελκυστική εναλλακτική επιλογή έναντι του παραδοσιακού δικτύου τηλεφωνίας PSTN. Παρόλα αυτά, η υλοποίηση της δεν είναι μια απλή διαδικασία. Οι επιχειρήσεις κυρίως, αλλά και ο οποιοσδήποτε χρήστης, πρέπει να αντισταθμίσουν τα πλεονεκτήματα που παρέχει η υπηρεσία σε σύγκριση με τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν. Μέσα από αυτήν την μελέτη, θα επιλεγούν το πρωτόκολλο σηματοδοσίας που θα εφαρμοστεί, ο τεχνικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί και θα αξιολογηθεί εάν η συγκεκριμένη επιλογή παρέχει το προσδοκώμενο QoS.

Προς το παρόν, τα δίκτυα μετάδοσης χαρακτηρίζονται από καθυστερήσεις και απώλειες πακέτων, γεγονός που δυσχεραίνει την ποιότητα της τηλεφωνικής κλήσης. Επίσης, εγείρονται θέματα ασφάλειας σχετικά με τα μεταδιδόμενα δεδομένα καθώς τα πακέτα μπορούν να προσπελαστούν από οποιονδήποτε χρήστη. Ωστόσο, η τεχνολογία VoIP συνεχώς εξελίσσεται και βελτιώνεται ώστε να ξεπεραστούν τα συγκεκριμένα προβλήματα, και να αποτελεί την οικονομικότερη λύση επικοινωνίας. Στα τοπικά δίκτυα, όπου κατά κανόνα υπάρχει αρκετό εύρος ζώνης, οι εφαρμογές VoIP μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ελάχιστα ή καθόλου προβλήματα. Όμως σε δίκτυα μεγαλύτερης κλίμακας, όπως είναι το Internet, τα πρωτόκολλα μετάδοσης πρέπει να εφαρμοστούν κατάλληλα, ώστε η VoIP να λειτουργεί αποτελεσματικότερα.

Στο μέλλον, η πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων μέσω IP δικτύων θεωρείται δεδομένη. Ολοένα και περισσότεροι οργανισμοί τηλεπικοινωνιών ξεκινούν να προωθούν κλήσεις VoIP σε σταθερά δίκτυα τηλεφωνίας. Επίσης, ένας αυξανόμενος αριθμός επιχειρήσεων χρησιμοποιεί την δικτυακή υποδομή του για τηλεφωνία. Αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα αναπτυχθεί και η υπηρεσία Video over IP, η οποία θα παρέχει την δυνατότητα υλοποίησης βίντεο κλήσεων με ιδιαίτερα υψηλή ποιότητα και χωρίς καμία διακοπή. Ακόμη, οι χρήστες θα μπορούν να αποστέλλουν μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από και προς αναλογικά τηλέφωνα. Τέλος, ο κάθε χρήστης θα μπορεί από το σταθερό τηλέφωνο του να καλεί τον ηλεκτρονικό υπολογιστή άλλου χρήστη και αντίστροφα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://en.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP
<http://el.wikipedia.org/wiki/VoIP>
<http://voip.about.com/>
http://www.us-cert.gov/reading_room/understanding_voip.pdf
<http://www2.fcc.gov/cgb/consumerfacts/voip.pdf>
http://www.informationweek.com/whitepaper/download/showPDF.jhtml?id=61700576&site_id=300001&profileCreated
<http://viewer.bitpipe.com/viewer/viewDocument.do?accessId=13759958>
<http://communication.howstuffworks.com/ip-telephony1.htm>
http://archive.cn.juniper.net/solutions/literature/white_papers/200087.pdf
<http://www.rhyshaden.com/voice.htm>
<http://tech-electronics.blogspot.com/2010/07/voice-over-ip-voip.html>
http://www.immko.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=63:-voice-over-ip-voip&catid=36:tips&Itemid=2
<http://viewer.bitpipe.com/viewer/viewDocument.do?accessId=13760794>
<http://luca.ntop.org/VoIP.pdf>
<http://www.voipresource.net/VoIP-phones.htm>
<http://www.tech-faq.com/voip-phones.html>
<http://www.eutecticsinc.com/usbPhones/usbPhones.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Analog_telephone_adapter
<http://www.wisegeek.com/what-is-a-soft-phone.htm>
<http://www.technicalreview.gr/>
http://www.packetizer.com/ipmc/sip/papers/understanding_sip_voip/
<ftp://public.dhe.ibm.com/common/ssi/sa/wh/n/icw03003usen/ICW03003USEN.PDF>
http://viewer.media.bitpipe.com/1168033608_235/1291322403_769/E911_R14--UC-whtie-papers.pdf
<http://www.protocols.com/pbook/h323.htm>
<http://www.telecomspace.com/vop-h323.html>
<http://www.protocols.com/pbook/VoIPFamily.htm#SIP>
<http://www.sipcenter.com/sip.nsf/html/What+Is+SIP+Introduction>
<http://www.protocols.com/pbook/VoIPFamily.htm#mgcp>
<http://www.javvin.com/protocolMGCP.html>

<http://wirelesscafe.wordpress.com/2008/03/30/what-is-mgcp-medium-gateway-control-protocol/>

http://www.asteriskguide.com/mediawiki/index.php/The_IAX_protocol

<https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/IAX2+Security>

<http://www.unleashnetworks.com/lib/IAX2AnalyzerWhitepaper3.pdf>

http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Quality_of_Service

<http://www.wisegeek.com/what-is-qos.htm>

http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:G4_rYRaRcxMJ:www.ivci.com/pdf/whitepaper-qos-what-is-it-why-do-we-need-it-global-knowledge.pdf

<http://www.wifinotes.com/computer-networks/real-time-transport-protocol.html>

<http://www.jdsu.com/ProductLiterature/voipterm-wp-acc-tm-ae-0210.pdf>

<http://www.level5software.net/documents/Introduction%20What%20are%20RTP%20and%20RTCP.pdf>

<http://www.jkinfoline.com/rtp-vs-rtcp.html>

http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Real_time_control_protocol

<http://www.cse.iitd.ernet.in/~pkalra/siv864/streaming.pdf>

http://www.ehow.com/facts_6897172_rtp_rtsp-protocol.html

<http://www.free-computer-tips.info/networking-tips/what-is-rsvp-or-resource-reservation-protocol.html>

<http://www.pulsewan.com/data101/pdfs/rsvp.pdf>

http://en.wikipedia.org/wiki/SIP_Communicator

<http://www.skype.com/intl/en-us/support/user-guides/p2pexplained/>

<http://www.gunet.gr/>