



**Α.Τ.Ε.Ι ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ VoIP**

**Εφραιμίδης Παναγιώτης (ΚΑΣ : 503516)**

**Επιβλέπων καθηγητής : Α. Παπακώστας**

**Θεσσαλονίκη 2009**

## **Περίληψη**

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση της VoIP τεχνολογίας και των παραγόντων που είναι σε θέση να επηρεάσουν την ποιότητα στις κλήσεις που πραγματοποιεί ένας χρήστης. Περιλαμβάνεται μια περιγραφή στα πρωτόκολλα και στον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί η VoIP τεχνολογία αναλύοντας την συνδεσιμότητά τους και τον τρόπο λειτουργία τους, στη συνέχεια αναλύονται οι κλίμακες και οι τεχνικές μέτρησης της βαθμολόγησης της ποιότητας σε VoIP κλήσεις και τέλος, εξετάζονται οι παράγοντες που συμβάλουν στην ομαλή διεξαγωγή των κλήσεων.

Στα πλαίσια της εργασίας στήθηκε ένα VoIP τηλεφωνικό κέντρο με τη χρήση του trixbox και του κατάλληλου software και hardware VoIP εξοπλισμού και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν κάποιες κλήσεις ενώ γινόταν ταυτόχρονη καταγραφή των στοιχείων που είναι σε θέση να αλλοιώσουν την ποιότητα στις κλήσεις αυτές. Με τις μετρήσεις αυτές, που αναλύθηκαν με τη βοήθεια δύο προγραμμάτων, εξετάστηκε ποιος παράγοντας και σε τι βαθμό είναι ικανός να αλλοιώσει το ακουστικό αποτέλεσμα.

## **Abstract**

The purpose of this project is the research and analysis of VoIP technology and factors that can affect the quality of VoIP calls made by someone. There is included an overview of the protocols and the software and hardware equipment that is used with VoIP technology analyzing how they are connected to each other and how they function, then there is an analysis of the scales and techniques that are used to measure VoIP calls' quality and lastly factors that contribute to the correct conduct of VoIP calls have been examined.

For the experimental part of the project trixbox and the appropriate software and hardware VoIP equipment have been used in order to set up a VoIP call center, and then several calls were made while the factors that can affect call quality were simultaneously recorded. With these measurements, that were analyzed by using two programs, we examined which factor and how much can affect the hearing outcome.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	6
---------------	---

## ΜΕΡΟΣ Α

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> Τεχνολογία VoIP

1.1 Γενικά .....	7
1.1.1 Πλεονεκτήματα του VoIP .....	8
1.1.2 Τα μειονεκτήματα.....	8
1.2 Εξοπλισμός VoIP .....	10
1.3 Πρωτόκολλα VoIP .....	12
1.3.1 Πρωτόκολλα σηματοδότησης (signaling).....	13
1.3.2 Πρωτόκολλο SIP .....	13
1.3.3 Πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων .....	15
1.3.4 Πρωτόκολλο RTP.....	16
1.3.5 Πρωτόκολλο RTCP .....	16

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> Ποιότητα επικοινωνίας

2.1 Ποιότητα υπηρεσιών.....	17
2.2 Κατηγορίες εφαρμογών.....	17
2.3 Απαιτήσεις εφαρμογών .....	18
2.4 Ποιότητα VoIP κλήσεων.....	18

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> Παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα μιας κλήσης

3.1 Γενικά.....	19
3.2 Codecs .....	19
3.3 Διαθέσιμο bandwidth .....	21
3.4 Traffic.....	21
3.5 Εξοπλισμός .....	22
3.6 VoIP πάροχοι.....	22
3.7 Διαθέσιμοι πόροι server VoIP τηλεφωνικού κέντρου .....	23

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> Ανάλυση μεγεθών και κλιμάκων μέτρησης**

4.1 Γενικά.....	24
4.2 Packet loss .....	24
4.3 Latency .....	25
4.4 Jitter.....	26
4.5 Κλίμακες μέτρησης.....	26
4.6 MOS .....	27
4.7 E-model .....	28

## **ΜΕΡΟΣ Β**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> Πειραματικό μέρος**

5.1 Εισαγωγή.....	30
5.2 Εξοπλισμός πραγματοποίησης κλήσεων VoIP.....	30
5.3 VoIP πάροχος .....	31
5.4 VoIP τηλεφωνικό κέντρο .....	31
5.4.1 TRIXBOX.....	32
5.4.2 Πλεονεκτήματα .....	33
5.4.3 Μειονεκτήματα .....	33
5.4.4 ASTERISK .....	33
5.4.5 Εγκατάσταση trixbox .....	34
5.4.6 Ρύθμιση trixbox.....	34
5.5 Ρύθμιση εξοπλισμού VoIP .....	38
5.5.1 X-Lite .....	38
5.5.2 SPA 941 .....	39
5.5.3 SPA 3102.....	41

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> Μετρήσεις**

6.1 Προγράμματα μετρήσεων .....	43
6.1.1 WIRESHARK.....	43
6.1.2 CommView .....	44
6.2 Λήψη μετρήσεων .....	44
6.3 Αποτελέσματα .....	49
6.4 Συμπεράσματα μετρήσεων.....	56

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> Συμπεράσματα**

7.1 Γενικά συμπεράσματα.....	59
7.2 Περαιτέρω έρευνα.....	60

## **Βιβλιογραφία**

Βιβλία – white papers .....	61
Internet .....	62

## Πρόλογος

Η τεχνολογία VoIP είναι ο τρόπος που συνδέεται η κλασική τηλεφωνία με τις δυνατότητες του internet. Ο βασικός λόγος που εμφανίζεται δελεαστική στους υποψήφιους χρήστες είναι η πλήρης φορητότητα που προσφέρει και η αρκετά χαμηλότερες τιμές της έναντι στους κλασικούς PSTN παρόχους.

Ενώ σαν τεχνολογία δεν είναι ιδιαίτερα καινούρια, ειδικά αν λάβουμε υπ' όψιν μας τους ρυθμούς ανάπτυξης της τεχνολογίας γενικά στις μέρες μας, εντούτοις στην Ελλάδα έγινε πιο γνωστή κυρίως τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας και των συνδέσεων υψηλών ταχυτήτων.

Ένα βασικά ερώτημα όμως που πρέπει να απαντηθεί για τον υποψήφιο χρήστη είναι το κατά πόσο η ποιότητα των VoIP κλήσεων μπορεί να ανταπεξέλθει στις προσδοκίες του, και τι μπορεί να κάνει αυτός από τη μεριά του για να βελτιώσει την κατάσταση.

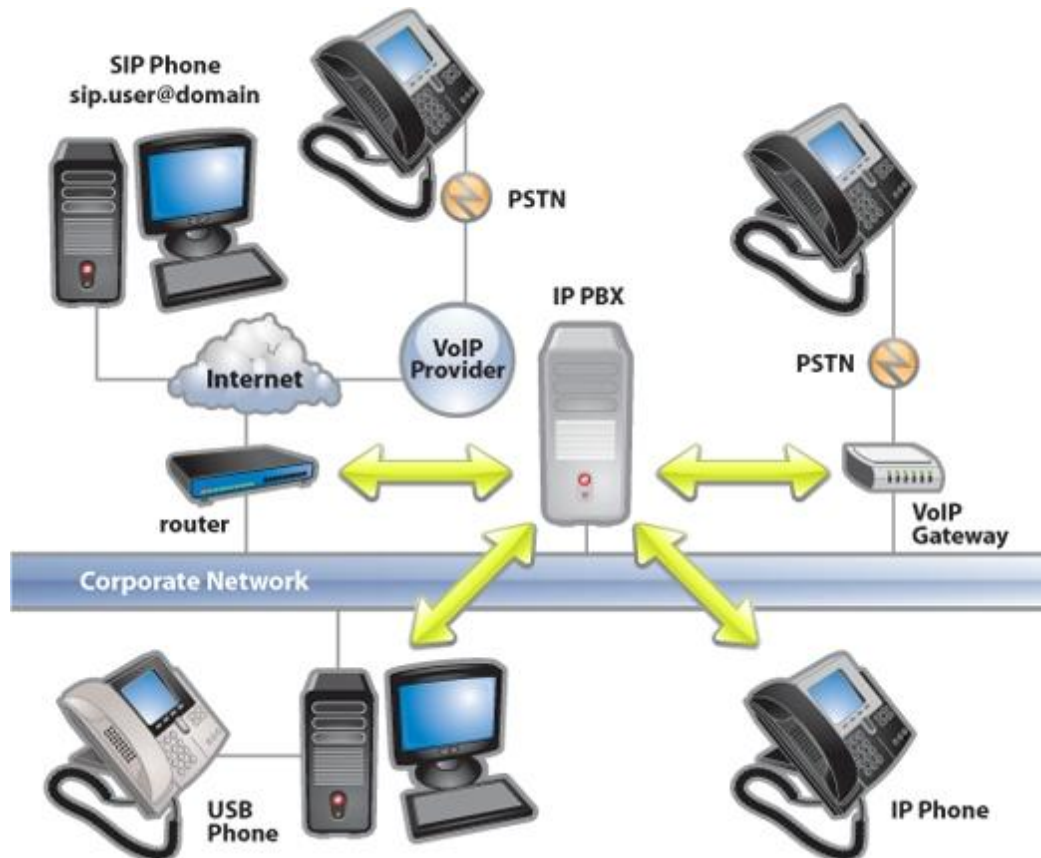
Αυτή η εργασία έχει σαν σκοπό να απαντήσει αυτό το ερώτημα αναλύοντας την τεχνολογία VoIP και εξετάζοντας και μελετώντας τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα σε VoIP κλήσεις

## ΜΕΡΟΣ Α

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> Τεχνολογία VoIP

#### 1.1 Γενικά

Το Voice over IP (γνωστό και ως VoIP, Τηλεφωνία IP και Τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου) αφορά μία τεχνολογία που καθιστά δυνατή τη δρομολόγηση φωνητικών συνδιαλέξεων μέσω του Διαδικτύου ή ενός δικτύου υπολογιστών. Οι τηλεφωνικές κλήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν προς οποιοδήποτε προορισμό/άτομο: προς αριθμούς VoIP, καθώς και προς άτομα που διαθέτουν κανονικούς αριθμούς τηλεφώνου.



Σχήμα 1.1 : Γενική λειτουργία VoIP

Το VoIP είναι μια μέθοδος, όπου αναλογικά ακουστικά σήματα, όπως η φωνή, μετατρέπονται σε ψηφιακά πακέτα δεδομένων και μεταδίδονται μέσω δικτύου.

Οι παραδοσιακές τηλεφωνικές υπηρεσίες παίρνουν τη φωνή και την μετατρέπουν σε ηλεκτρονικό σήμα, το οποίο μεταδίδεται μέσω εταιρικών τηλεφωνικών καλωδίων. Το σήμα αυτό μετατρέπεται στη συνέχεια σε ήχο, μέσω του τηλεφώνου δέκτη.

Από την άλλη πλευρά, το VoIP διαχειρίζεται τη φωνή όπως και κάθε άλλη πληροφορία που αποστέλλεται μέσω Διαδικτύου, μετατρέποντας την σε πακέτα δεδομένων. Τα πακέτα αυτά κωδικοποιούνται σε αρχεία δεδομένων, αποστέλλονται μέσω Διαδικτύου και κωδικοποιούνται πάλι σε ήχο από κάποιον υπολογιστή ή άλλη συσκευή (π.χ. έναν μετατροπέα τηλεφώνου VoIP).

Για να χρησιμοποιήσει κάποιος τις VoIP υπηρεσίες χρειάζεται τον κατάλληλο εξοπλισμό VoIP, software ή/και hardware, σύνδεση στο internet, κατά προτίμηση ADSL, και ένα λογαριασμό σε κάποιον VoIP πάροχο.

Για το VoIP δεν είναι απαραίτητη η ευρυζωνική σύνδεση στο internet, καθώς μπορεί να λειτουργήσει και με απλές dial-up (ISDN ή PSTN) συνδέσεις. Ωστόσο η μόνιμη σύνδεση και το μεγάλο bandwidth που προσφέρουν οι ευρυζωνικές συνδέσεις, βελτιώνουν την ποιότητα της επικοινωνίας.

Τέλος, στις μέρες μας οι υπηρεσίες VoIP τηλεφωνίας δεν είναι προνόμιο μόνο των χρηστών του internet, καθώς μέσω του πρωτοκόλλου IMS (IP multimedia Subsystem) είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν υπηρεσίες VoIP τηλεφωνίας από τα κινητά τηλέφωνα (αρκεί να υποστηρίζεται από την συσκευή), παρέχοντας στον χρήστη και αυτή την δυνατότητα πέρα από άλλες υπηρεσίες του internet όπως chat, e-mail, κλπ.

### **1.1.1 Πλεονεκτήματα του VoIP**

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του VoIP είναι το μειωμένο κόστος. Οι υπηρεσίες VoIP είναι πολύ φθηνότερες από τις παραδοσιακές τηλεφωνικές υπηρεσίες και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμα και δωρεάν.

Άλλο πλεονέκτημα του VoIP είναι η φορητότητά του – καθώς χρησιμοποιεί το παγκόσμιο δίκτυο του Διαδικτύου, οι χρήστες δεν δεσμεύονται με κάποια συγκεκριμένη τοποθεσία, για διάφορες υπηρεσίες.

Τέλος, υπηρεσίες όπως αναμονή κλήσης, εκτροπή κλήσης, ένδειξη αριθμού του καλούντος, IVR (δρομολόγηση της κλήσης στο κατάλληλο νούμερο ανάλογα με τις επιλογές), που πολλοί πάροχοι τις χρεώνουν επιπλέον, είναι δωρεάν σε εφαρμογές ανοιχτού κώδικα για το VoIP όπως είναι το asterisk και το trixbox.

### **1.1.2 Τα μειονεκτήματα**

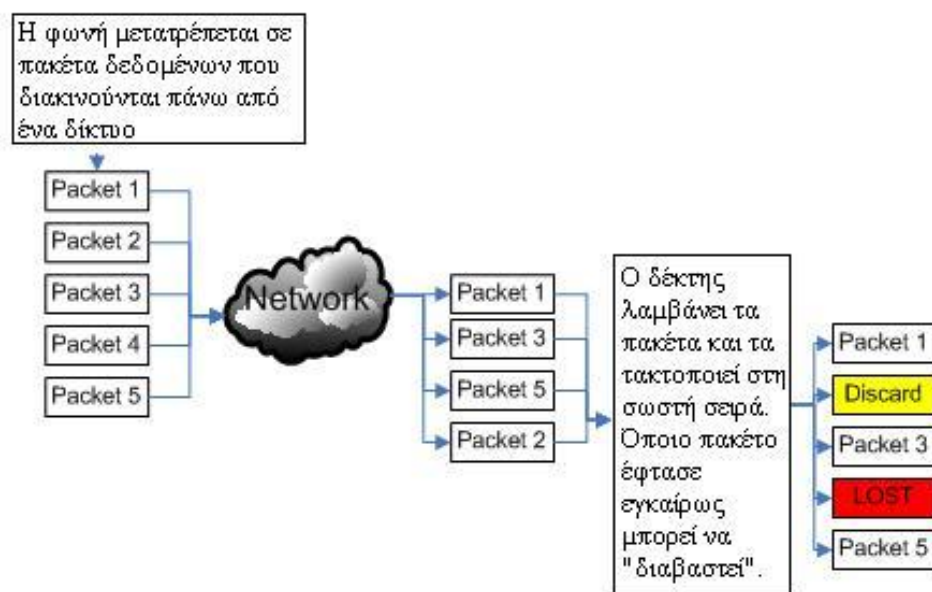
Όπως με κάθε τι, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα.

Η τεχνολογία VoIP προσπαθεί να περάσει φωνή πάνω από μία υποδομή η οποία δεν σχεδιάστηκε αρχικά γι' αυτό το σκοπό. Επίσης, η φωνή περνάει πάνω από ένα δίκτυο το



οποίο μεταφέρει κι άλλα δεδομένα, κάτι το οποίο μπορεί να δημιουργήσει διακοπές στην συνομιλία. Ωστόσο, μέτρα μπορούν και έχουν παρθεί ώστε να εξασφαλιστεί η ποιότητα της φωνής δίνοντας σχεδόν την ίδια ποιότητα με την συμβατική τηλεφωνία και σχεδόν την ίδια διαθεσιμότητα.

Το βασικό πρόβλημα με το VoIP είναι η ποιότητα της επικοινωνίας. Για να υπάρχει όσο το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα αυτό που θέλουμε είναι να μην υπάρχουν χαμένα πακέτα, και ο χρόνος που κάνει το κάθε πακέτο για να φτάσει από τον αποστολέα στον αποδέκτη να είναι ο μικρότερος δυνατός. Ένας χρόνος πάνω από 300ms δημιουργεί πρόβλημα στην επικοινωνία.



**Σχήμα 1.2 : Διαδικασία μετάδοσης και λήψης πακέτων δεδομένων στο internet**

Ένα σοβαρό θέμα που έχει προκύψει με τις κλήσεις μέσω internet είναι το κατά πόσο είναι ασφαλείς. Δυστυχώς, από τη στιγμή που το σήμα γίνεται ψηφιακό, και “σπάει” σε πολλά πακέτα, μπορεί κάποιος εύκολα να τα υποκλέψει και εν τέλει να αναπαράγει την συνομιλία. Η μόνη λύση για να προστατευτεί κάποιος από αυτό είναι με την κρυπτογράφηση των δεδομένων και τη χρήση κάποιου software ή hardware firewall, κάτι που όμως και πάλι δεν μπορεί να του εξασφαλίσει 100% ότι οι συνομιλίες του δεν θα διαρρεύσουν σε κάποιον.

Ένα άλλο πρόβλημα εμφανίζεται με τις κλήσεις ανάγκης. Χρησιμοποιώντας μια τηλεφωνική γραμμή ο πάροχος ξέρει σε ποιο σημείο είμαστε και έτσι μπορεί να κατευθύνει την κλήση στο πλησιέστερο τμήμα εξυπηρέτησης. Με το VoIP όμως κάτι

τέτοιο δεν είναι εύκολο. Ο λόγος είναι ότι καθώς η IP από την οποία γίνεται η κλήση μπορεί να είναι δυναμική ή να βγαίνει μέσα από κάποιο ιδιωτικό δίκτυο, το τηλεφωνικό κέντρο δεν έχει τη δυνατότητα να ξέρει το σημείο της κλήσης.

Τέλος ένα ακόμα μειονέκτημα του VoIP είναι ότι είναι άμεσα εξαρτημένος ο χρήστης από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και από τον πάροχο του Internet.

## **1.2 Εξοπλισμός VoIP**

Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε την VoIP τηλεφωνία πρέπει να προμηθευτούμε τις απαραίτητες συσκευές και λογισμικό που θα μας επιτρέψουν να πραγματοποιήσουμε τις κλήσεις.

Οι περισσότερες εταιρίες που δημιουργούν λογισμικό για VoIP κλήσεις το διαθέτουν δωρεάν και το μόνο που χρειάζεται να κάνει ο χρήστης από τη μεριά του είναι να κάνει ένα account σε κάποιον VoIP πάροχο και να ρυθμίσει κατάλληλα το λογισμικό που θέλει να χρησιμοποιήσει.

Οι VoIP συσκευές που κυκλοφορούν στο εμπόριο χωρίζονται σε VoIP τηλέφωνα και σε ATA (analog telephone adaptor), δηλαδή μετατροπείς αναλογικών τηλεφώνων. Και εδώ ο χρήστης πρέπει να κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις για να λειτουργήσουν οι συσκευές.

Άρα οι τρεις λύσεις ενός χρήστη για να πραγματοποιήσει VoIP κλήσεις είναι :

A) Με ένα κοινό αναλογικό τηλέφωνο και έναν ATA (analog telephone adaptor) μετατροπέα. Αυτό που κάνει ο ATA μετατροπέας είναι να μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό, μετατρέποντας ένα οποιοδήποτε αναλογικό τηλέφωνο, ασύρματο ή ενσύρματο σε IP τηλέφωνο. Συνδέουμε την τηλεφωνική συσκευή στον ATA και αυτόν στο router/switch. Πλέον οι περισσότερες από αυτές τις συσκευές δίνουν την δυνατότητα στους χρήστες να έχουν δύο γραμμές ενεργές με την ίδια συσκευή. Η μία γραμμή είναι για τον VoIP πάροχο και η άλλη για τον PSTN πάροχο.



**Σχήμα 1.3 : ATA – Μετατροπέας αναλογικού τηλεφώνου**

Β) Με IP τηλεφωνικές συσκευές. Αυτές οι συσκευές εξωτερικά είναι όμοιες με τις κοινές τηλεφωνικές συσκευές μόνο που αντί για RJ-11 βύσμα έχουν RJ-45. Έτσι μπορούν να συνδεθούν απευθείας πάνω σε ένα router. Υπάρχουν VoIP τηλέφωνα τα οποία προσφέρουν μέχρι και 4 ταυτόχρονες γραμμές, καμία όμως δεν υποστηρίζει PSTN πάροχο. Έχουν δυνατότητες καταχώρησης αριθμών, αναγνώριση κλήσεων και γενικά όλες τις λειτουργίες που έχουν και τα σύγχρονα αναλογικά τηλέφωνα.



**Σχήμα 1.4 : Τηλεφωνικές συσκευές VoIP**

Γ) Με εξειδικευμένο λογισμικό που εξομοιώνει μια τηλεφωνική συσκευή, ένα μικρόφωνο και ηχεία.



Σχήμα 1.5 : Παράδειγμα εξειδικευμένου software (πρόγραμμα X-Lite)

### 1.3 Πρωτόκολλα VoIP

Σύμφωνα με το μοντέλο OSI (Ανοικτής Διασύνδεσης Συστημάτων), η δομή του internet είναι διαβαθμισμένη σε επτά στρώματα. Αυτά είναι :

- Το φυσικό επίπεδο, που όπως υποδηλώνει το όνομα του ορίζει τις φυσικές προδιαγραφές που πρέπει να έχουν οι συσκευές.
- Το επίπεδο ζεύξης, που ορίζει τα πρωτόκολλα διασύνδεσης μεταξύ των συσκευών πχ Ethernet, 802.11, κλπ.
- Το επίπεδο δικτύου, που ορίζει τον τρόπο καθορισμού της διευθυνσιοδότησης στους χρήστες του δικτύου
- Το επίπεδο μεταφοράς, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά αρχείων, όπως, tcp, udp, ftp, κλπ.
- Το επίπεδο συνόδου, που είναι υπεύθυνο για την έναρξη, την διεξαγωγή και των τερματισμό μιας σύνδεσης ενός χρήστη με έναν άλλον ή με κάποιο τερματικό.
- Το επίπεδο παρουσίασης, στο οποίο τα δεδομένα, μέσω codecs κωδικοποιούνται, συμπιέζονται και τελικά έρχονται στην μορφή που αντιλαμβάνονται οι εφαρμογές.
- Το επίπεδο εφαρμογών, που δίνει στο χρήστη τα εργαλεία έτσι ώστε να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του δικτύου, πχ e-mail, http, ftp, κλπ.

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιηθούν VoIP κλήσεις ανήκουν στο επίπεδο μεταφοράς και σε αυτό των εφαρμογών. Από το επίπεδο μεταφοράς χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα πρωτόκολλα σηματοδότησης (signaling) και κατά βάση το SIP και από το επίπεδο μεταφοράς κυρίως τα RTP και RTCP.

### **1.3.1 Πρωτόκολλα σηματοδότησης (signaling)**

Πρωτόκολλο σηματοδότησης είναι ένα σύνολο από κανόνες και ρυθμίσεις που αφορούν την έναρξη, την διαδικασία, την διεξαγωγή, και τον τερματισμό μια συνεδρίας. Υπάρχουν αρκετά πρωτόκολλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους χρήστες με σκοπό να μπορέσουν να συνομιλήσουν με άλλα άτομα. Για την εξυπηρέτηση της VoIP τηλεφωνίας έχουν αναπτυχθεί διάφορα τέτοια πρωτόκολλα μερικά από τα οποία είναι τα : SIP, H.323, MIME, MGCP, SDP, κλπ. Αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι τα H.323 και SIP, με το SIP (Session Initiation Protocol – Πρωτόκολλο εκκίνησης συνόδου) να είναι το δημοφιλέστερο.

### **1.3.2 Πρωτόκολλο SIP**

Το πρωτόκολλο έναρξης συνόδου SIP (session initiation protocol) είναι αυτό το οποίο έχει πλέον επικρατήσει για την τηλεφωνία μέσω internet αλλά και γενικά σε on line εφαρμογές μετάδοσης ήχου και εικόνας. Το SIP αναλαμβάνει την διεξαγωγή, τη διαχείριση και τον τερματισμό μιας συνεδρίασης.

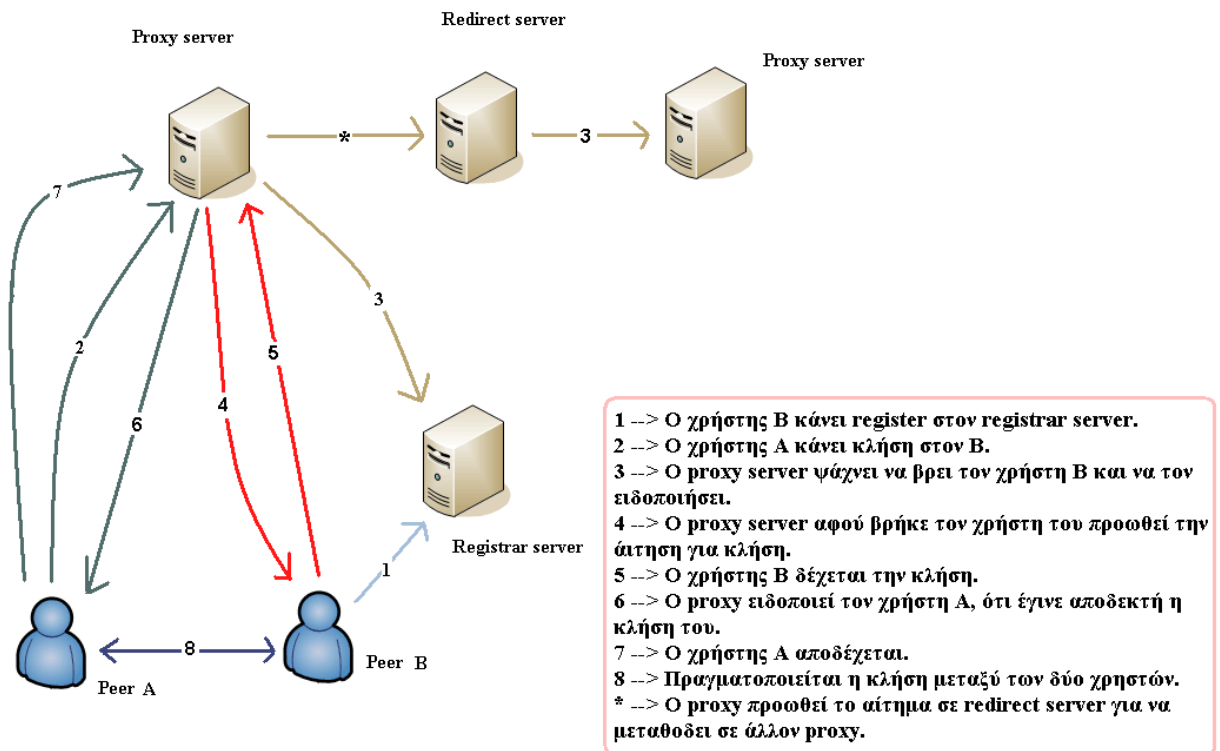
Το SIP στη βασική δομή του μοιάζει με το web protocol HTTP και το e-mail protocol SMTP. Αυτό είναι σημαντικό γιατί μπορεί να συνεργαστεί πολύ εύκολα με java, σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα, κάτι που βοήθησε πολύ στο να αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως. Αυτό έγινε γιατί πολλές υπηρεσίες που συνεργάζονται με το VoIP, όπως αναμονή κλήσης, τηλεφωνητής, προώθηση κλήσης κλπ, γίνονται με προγράμματα που γράφονται σε γλώσσα java.

Μέσω του SIP ωφελούνται τόσο ο εκάστοτε πάροχος όσο και ο χρήστης. Ο πάροχος μπορεί εύκολα και γρήγορα να προσαρμόσει νέες τεχνολογίες και νέες υπηρεσίες, χρησιμοποιώντας τη δομή και τις δυνατότητες του που του εξασφαλίζει το SIP, ενώ ο χρήστης μπορεί εύκολα να πραγματοποιήσει μια συνδιάσκεψη χωρίς να χρειάζεται να κάνει πολύπλοκες ρυθμίσεις.

Υπάρχουν βέβαια και αρνητικά σημεία στο SIP, όπως το ότι δεν μπορεί να κάνει κάποιον έλεγχο στη συνδιάσκεψη και κυρίως ότι δεν μπορεί από μόνο του να παρέχει ποιότητα υπηρεσίας (QoS).

Για μία συνδιάσκεψη μέσω SIP απαιτούνται τέσσερις βασικές παράμετροι.

- α) Συσκευές VoIP, ATA ή software phones που να υποστηρίζουν το πρότυπο SIP. Αν ο χρησιμοποιούμενος, από τους χρήστες, εξοπλισμός δεν υποστηρίζει το πρωτόκολλο τότε είναι εξ αρχής αδύνατη η επικοινωνία μεταξύ τους.
- β) Διακομιστές καταχώρησης χρηστών SIP (SIP Registrar Servers). Αυτοί είναι βάσεις δεδομένων οι οποίες γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή ποιος χρήστης είναι συνδεδεμένος και πού βρίσκεται αυτός. Κάτι το οποίο είναι πολύ χρήσιμο καθώς δεν περιορίζει τους χρήστες στον να μπορούν να δεχτούν κάποια κλήση μόνο σε ένα σημείο, αλλά και ούτε χρειάζεται να ξέρουν πού ακριβώς είναι ο άλλος χρήστης με τον οποίο θέλουν να επικοινωνήσουν.
- γ) Ενδιάμεσοι διακομιστές SIP (SIP Proxy servers). Οι ενδιάμεσοι διακομιστές SIP δέχονται τις κλήσεις από τους χρήστες και εκτελούν τους ελέγχους και τις αναζητήσεις που απαιτούνται στους αντίστοιχους διακομιστές καταχώρησης χρηστών SIP. Όταν βρουν τον χρήστη που ψάχνουν τότε είτε δρομολογούν την κλήση σε αυτόν.
- δ) Διακομιστές αναμετάδοσης SIP (SIP Redirect servers). Η δουλειά τους είναι να δρομολογούν την κλήση σε άλλον proxy server, ψάχνοντας να βρουν τον τελικό χρήστη σε περίπτωση που αυτός βρίσκεται σε διαφορετικό διακομιστή καταχώρησης χρηστών.



Σχήμα 1.6 : Παράδειγμα λειτουργίας πρωτοκόλλου SIP

Για όλους τους servers, Registrar / Proxy / Redirect, υπεύθυνος για το στήσιμο, τη λειτουργία και την συντήρηση είναι ο εκάστοτε VoIP πάροχος που θα επιλέξει ο χρήστης για την πραγματοποίηση των VoIP κλήσεων, εφόσον φυσικά ο πάροχος λειτουργεί βάση αυτού του πρωτοκόλλου.

### 1.3.3 Πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων

Μία άλλη σημαντική, για τη λειτουργία και την ποιότητα στις κλήσεις, κατηγορία πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές VoIP είναι αυτή των πρωτοκόλλων μεταφοράς δεδομένων.

Η επικοινωνία μεταξύ δύο χρηστών δεν είναι δυνατή χωρίς τη χρήση αυτών των πρωτοκόλλων. Αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο για αυτόν τον σκοπό είναι τα RTP (Real time Transport Protocol – Πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων σε πραγματικό χρόνο) και RTCP (Real Time Control Protocol – Πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς δεδομένων σε πραγματικό χρόνο), με το πρώτο να χρησιμοποιείται για την μεταφορά των δεδομένων, ενώ το δεύτερο για τον περιοδικό έλεγχο της αποστολής καθώς και των παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα επικοινωνίας.

### **1.3.4 Πρωτόκολλο RTP**

Το πρωτόκολλο RTP χρησιμοποιείται από εφαρμογές με σκοπό να μεταφερθούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή για μεταφορά εικόνας και ήχου ή ταυτόχρονη μετάδοση και των δύο. Και άλλες όμως εφαρμογές μπορούν να ωφεληθούν από τις λειτουργίες και τις δυνατότητες που προσφέρει αυτό το πρωτόκολλο μιας και επιτρέπει την άμεση σύνδεση και μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε δύο σημεία

Το RTP διασφαλίζει αποτελεσματικότητα μειώνοντας τα μεγάλα πακέτα δεδομένων σε πιο μικρά, κάνοντας πιο εύκολη τη διαχείρισή τους. Αυτό που κάνει είναι να κρατά τα δεδομένα του σήματος και να συμπιέζει τα δεδομένα που αφορούν στις ιδιότητες του πακέτου, διασφαλίζοντας παράλληλα την έγκυρη παράδοση του πακέτου, κάτι που είναι απαραίτητο για την διασφάλιση της ποιότητας σε μια VoIP κλήση.

### **1.3.5 Πρωτόκολλο RTCP**

Η χρησιμότητα του πρωτοκόλλου RTCP είναι ότι μπορεί να συλλέξει πληροφορίες που σχετίζονται με την ποιότητα μιας κλήσης, πληροφορίες όπως, packet loss, latency κλπ. Κάτι το οποίο είναι πολύ χρήσιμο, καθώς αυτά τα στοιχεία τα κάνει διαθέσιμα για οποιαδήποτε εφαρμογή τα χρειάζεται με σκοπό να συγκρίνει, και στη συνέχεια να βελτιώσει την ποιότητα επικοινωνίας, αλλάζοντας παραμέτρους όπως π.χ ο codec.

Αυτό που κάνει το RTCP πρωτόκολλο είναι να μαζεύει τις διάφορες πληροφορίες και στη συνέχεια να στέλνει δύο ειδών πακέτα δεδομένων. Το ένα είδος που στέλνει σε κάθε άκρο της συνεδρίας έχει δεδομένα, ως αποστολέας και το άλλο ως δέκτης.

Τα δύο πρωτόκολλα RTP και RTCP είναι άρρηκτα συνδεδεμένα στον τρόπο που λειτουργούν. Το ένα ουσιαστικά βασίζεται στο άλλο και βοηθούν στην ομαλή διεξαγωγή μιας κλήσης.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> Ποιότητα επικοινωνίας**

### **2.1 Ποιότητα υπηρεσιών**

Η ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) είναι η ικανότητα της συνεργασίας όλως των στρωμάτων ενός δικτύου για την σωστή λειτουργία αυτού έτσι ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει επαρκώς στις απαιτήσεις του χρήστη. Αυτό που θέλουμε να επιτευχθεί είναι η σωστή αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες όλων των εφαρμογών.

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιεί ταυτόχρονα ένας χρήστης έχουν μεταξύ τους διαφορετικές απαιτήσεις σε bandwidth που χρειάζονται διαθέσιμο, στον τρόπο που διαχειρίζονται τα πακέτα δεδομένων, κλπ

### **2.2 Κατηγορίες εφαρμογών**

Οι διάφορες εφαρμογές στο internet αλλά και στα δίκτυα γενικότερα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, έχοντας σαν κριτήριο τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζονται από την αποστολή και τη λήψη των πακέτων δεδομένων.

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται όλες οι εφαρμογές που δεν επηρεάζονται από την απώλεια κάποιων πακέτων ή από τον χρόνο που θα κάνουν αυτά να φτάσουν στον προορισμό τους είναι δηλαδή εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου. Τέτοιες εφαρμογές είναι κυρίως p2p προγράμματα για διαμοιρασμό αρχείων, υπηρεσίες e-mail και web κλπ. Η λειτουργία τους παραμένει σταθερή άσχετα από το πότε έφτασε το κάθε πακέτο και με ποια σειρά, και στην περίπτωση που υπάρχει απώλεια, η εφαρμογή θα ζητήσει να ξανασταλθεί το πακέτο.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει εφαρμογές που επηρεάζονται από τους χρόνους αποστολή και λήψης των πακέτων, από την σειρά που αυτά έχουν έρθει καθώς και από τυχόν απώλειες, είναι δηλαδή εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η μετάδοση συνεχούς ροής video (streaming video), η τηλεφωνία μέσω internet (VoIP), η τηλεδιάσκεψη (teleconferencing), τα παιχνίδια μέσω διαδικτύου (on line games), κλπ.

## 2.3 Απαιτήσεις εφαρμογών

Για να δουλέψουν σωστά και απροβλημάτιστα οι εφαρμογές που ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις που πρέπει να καλυφθούν από την γραμμή internet των χρηστών. Τέτοιες απαιτήσεις είναι :

- Υψηλό εύρος ζώνης (bandwidth).
- Μικρός χρόνος καθυστέρησης (jitter).
- Λίγες απώλειες πακέτων (packet loss)
- Σταθερή σύνδεση

## 2.4 Ποιότητα VoIP κλήσεων

Στις υπηρεσίες τηλεπικοινωνίας, το σημαντικότερο θέμα που πρέπει να μελετηθεί και να βρεθούν οι βέλτιστες λύσεις για αυτό, είναι η ποιότητα της επικοινωνίας. Η τηλεφωνία μέσω internet είναι και αυτή μια υπηρεσία τηλεπικοινωνίας. Η ποιότητα στο VoIP έχει να κάνει με το πόσο καλά ακούει ο ένας συνομιλητής τον άλλον, αν υπάρχουν καθυστερήσεις, αν υπάρχει ηχώ, διακοπές στην ομιλία, παραμόρφωση στον ήχο κλπ.

Σε περίπτωση εμφάνισης κάποιου ή κάποιων από τα παραπάνω προβλήματα τότε η ποιότητα της επικοινωνίας πέφτει πάρα πολύ μέχρι και στο σημείο να είναι αδύνατη.

Όπως με όλα τα ψηφιακά δεδομένα έτσι και με την ομιλία, για να μπορέσει να μεταδοθεί μέσω internet και γενικά μέσω ενός δικτύου υπολογιστών, ο ήχος μετατρέπεται σε ψηφιακή πληροφορία η οποία διαιρείται σε πολλά μικρά πακέτα, γνωστά ως πακέτα δεδομένων.

Το πόσο γρήγορα ή αργά θα φτάσουν αυτά τα πακέτα, αν ο δέκτης θα τα λάβει ή όχι με τη σωστή σειρά, πόσο γρήγορα οι codecs που χρησιμοποιούνται μπορούν να κάνουν το αναλογικό σήμα ψηφιακό και το ανάποδο, όλα αυτά επιδρούν και επηρεάζουν την ποιότητα μιας VoIP συνδιάλεξης.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα μιας κλήσης

### 3.1 Γενικά

Για να μπορέσει ένας χρήστης να πραγματοποιήσει VoIP κλήσεις, εκμεταλλευόμενος την υπάρχουσα τεχνολογία και χρησιμοποιώντας την με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να πετύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα, το οποίο είναι μια κλήση χωρίς ηχώ, διακοπές, καθυστερήσεις κλπ πρέπει να λάβει υπ όψιν του, τους παράγοντες οι οποίοι είναι σε θέση να επηρεάσουν μια VoIP κλήση.

Αυτοί οι παράγοντες είναι :

- Ο codec που θα χρησιμοποιηθεί για την μετατροπή και την επεξεργασία των δεδομένων.
- Το διαθέσιμο bandwidth της γραμμής του χρήστη και αν μπορεί με αυτό να αξιοποιήσει την VoIP τεχνολογία.
- Το τυχόν ταυτόχρονο traffic που μπορεί να υπάρχει προερχόμενο από άλλες υπηρεσίες.
- Ο εξοπλισμός που θα επιλεγεί από τον χρήστη.
- Ο VoIP πάροχος του οποίου οι υπηρεσίες θα χρησιμοποιηθούν.
- Και τέλος, στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί ένα VoIP τηλεφωνικό κέντρο, οι πόροι του υπολογιστή που θα δουλεύει ως server.

### 3.2 Codecs

Για την κωδικοποίηση του ήχου σε πακέτα δεδομένων απαιτείται κάποιος codec. Codec είναι ένας αλγόριθμος ο οποίος κωδικοποιεί και αποκωδικοποιεί τα διάφορα αναλογικά δεδομένα σε ψηφιακά. Όλοι οι codecs έχουν δημιουργηθεί σύμφωνα με κάποια πρότυπα τα οποία καθορίζουν το πώς θα ψηφιοποιηθούν τα ηχητικά σήματα, πόσο μέγεθος θα έχει το κάθε πακέτο δεδομένων και πόσα πακέτα θα πρέπει να έχουν φτάσει για να γίνει η αποκωδικοποίηση από ψηφιακό σε ηχητικό σήμα.

Από τη στιγμή που η φωνή είναι και αυτή ένα αναλογικό δεδομένο πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιος αλγόριθμος και από τις δύο πλευρές της συνομιλίας. Στην μεριά του αποστολέα η φωνή κωδικοποιείται, και μεταφέρεται μέσω δικτύου στον δέκτη όπου αποκωδικοποιείται, για να μπορέσει ο δέκτης να καταλάβει τι λέει ο αποστολέας.

Ένας codec ανάλογα με το πόσο υψηλή συμπίεση δεδομένων θα κάνει, τόση περισσότερη ώρα θα χρειαστεί. Αυτό το στοιχείο προσθέτει στη συνολική καθυστέρηση του ήχου. Ένας καλός codec λοιπόν, και έχει καλή ποιότητα, και κάνει τη συμπίεσή στη λιγότερη δυνατή ώρα.

Ο codec που θα διαλέξουν να χρησιμοποιήσουν οι χρήστες παίζει σπουδαίο ρόλο και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα σε μια VoIP κλήση. Μέσω του codec γίνεται το πρώτο βήμα στη διαδικασία μετάδοσης του ηχητικού σήματος από το ένα άκρο της συνομιλίας στο άλλο.

Ο τρόπος με τον οποίο δουλεύουν οι codecs βασίζεται πάνω στις ίδιες λειτουργίες, στις οποίες όμως δίνεται διαφορετική προτεραιότητα ανάλογα με τον codec. Τα στάδια που ακολουθούνται μέχρι την δημιουργία ενός πακέτου δεδομένων είναι η ψηφιοποίηση, δηλαδή δειγματοληψία, η συμπίεση, και η οργάνωση στη σωστή σειρά και όλα αυτά απαιτούν κάποιο χρόνο. Συνήθως τα πακέτα που δημιουργούν οι codecs είτε είναι μεγάλα σε μέγεθος, με χαμηλή συμπίεση, είτε είναι το ανάποδο, δηλαδή μικρά σε μέγεθος με υψηλή συμπίεση.

Στην πρώτη περίπτωση συνήθως ο ήχος είναι καλύτερος καθώς η δειγματοληψία βασίζεται σε πολλά δείγματα και με την χαμηλή συμπίεση το αποτέλεσμα είναι σχεδόν σαν τον αρχικό ήχο. Όμως το μεγάλο μέγεθος των πακέτων είναι ένα σημαντικό μειονέκτημα το οποίο στο τέλος μπορεί να αλλοιώσει την ποιότητα σε μια κλήση λόγω μεγάλων χρόνων καθυστέρησης και απώλεια αρκετών πακέτων δεδομένων.

Στη άλλη περίπτωση, τα μειωμένα σε μέγεθος πακέτα, είναι κάτι το οποίο μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά την ποιότητα της κλήσης, η υψηλή όμως συμπίεση σημαίνει ότι εξαρχής ο ήχος δεν θα ακουστεί όπως ήταν πριν κωδικοποιηθεί.

Διάφοροι codecs που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι : G.711 που είναι ο πιο διαδεδομένος (με μέγιστο MOS 4.4), G.721-3, G.726-29, LPC10, Speex, iLBC, EVRC, DVI, L16.

Το χαρακτηριστικό που κάνει τον G.711 να χρησιμοποιείται περισσότερο από τους άλλους codecs είναι ο μεγάλος βαθμός συμβατότητάς του. Οποιοδήποτε είδος software ή hardware σχετίζεται με VoIP τηλεφωνία, ένας από τους codecs που υποστηρίζει είναι αυτός. Είναι ανοιχτού κώδικα, άρα δωρεάν, κάνει πολύ καλή ψηφιοποίηση δημιουργώντας μέτριου μεγέθους πακέτα. Το μόνο αρνητικό του είναι ότι χρειάζεται, σε σχέση με τους άλλους codecs, περισσότερο bandwidth από τη γραμμή.

Εξίσου καλός είναι και ο G.729 για τον οποίο όμως απαιτείται από τους χρήστες να προμηθευτούν άδεια για την χρήση του. Χρησιμοποιεί λιγότερο bandwidth από τον G.711

και μπορεί να ανταπεξέλθει γρηγορότερα σε τυχόν λάθη κατά την κωδικοποίηση του ηχητικού σήματος.

Θετικό είναι το γεγονός ότι τόσο ο hardware όσο και ο software εξοπλισμός VoIP συνήθως δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να διαλέξει ο ίδιος ποιος codec θα χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση των κλήσεων. Αντίστοιχη δυνατότητα δίνουν και ορισμένοι VoIP πάροχοι. Υπάρχουν όμως άλλοι πχ Skype, που είναι το software ρυθμισμένο με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διαλέγει μόνο του τον κατάλληλο codec ανάλογα με το είδος της γραμμής, το traffic στο δίκτυο, κλπ.

### **3.3 Διαθέσιμο bandwidth**

Στις μέρες η ευρυζωνικότητα και οι μεγάλες ταχύτητες στον internet είναι γεγονός και για τη χώρα μας, και μάλιστα σε τιμές και πακέτα ιδιαίτερα ελκυστικά, κάτι που μόνο θετικά μπορεί να λειτουργήσει για τον υποψήφιο χρήστη internet. Δυστυχώς όμως, είναι ακόμα γεγονός ότι σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας το λεγόμενο γρήγορο internet ακόμα δεν έχει φτάσει εκεί.

Είναι γεγονός ότι η τεχνολογία VoIP δεν απαιτεί μεγάλο μέρος του bandwidth της σύνδεσης, και πάλι όμως, απαιτεί περισσότερο από ότι μπορούν να προσφέρουν οι απλές PSTN συνδέσεις, για να είναι το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα το καλύτερο δυνατό.

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω είναι οι μη προνομιούχοι κάτοχοι συνδέσεων με μεγάλο bandwidth, αν θέλουν να πραγματοποιούν VoIP κλήσεις να είναι αναγκασμένοι να συμβιβαστούν με το ότι η ποιότητα στις κλήσεις τους δεν θα είναι σε καλά επίπεδα, ίσως ακόμα και ούτε καν σε ανεκτά.

### **3.4 Traffic**

Ακόμα και όμως όταν ένας χρήστης έχει το απαιτούμενο, και ίσως και πολύ περισσότερο, διαθέσιμο bandwidth δεν σημαίνει αυτόματα ότι έχει ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της VoIP υπηρεσίας. Αυτό γιατί αυτή η τεχνολογία είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο που εξαρτάται πολύ όχι από το μέγεθος των αρχείων αλλά από τους χρόνους καθυστέρησης και από την επιτυχή μεταφορά όλων των πακέτων που μεταφέρουν τα σχετικά με την κλήση, δεδομένα.

Σε περίπτωση που ο χρήστης θελήσει μαζί με την πραγματοποίηση μιας VoIP κλήσης, να χρησιμοποιήσει ταυτόχρονα το υπόλοιπο διαθέσιμο bandwidth της γραμμής του, για να

κατεβάσει κάποιο αρχείο ή για να κάνει stream κάποιο video κλπ, τότε η ποιότητας αυτής της κλήσης είναι εκ των προτέρων καταδικασμένη.

Μεγάλο traffic σημαίνει πολλά ταυτόχρονα πακέτα δεδομένων στον router, ο οποίος πρέπει να δει ποιο είναι για ποια υπηρεσία, να τα ταξινομήσει, να τα διευθετήσει και στη συνέχεια να γίνουν διαθέσιμα στις εκάστοτε εφαρμογές. Κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλους χρόνους αναμονής για τα πακέτα και άρα και μεγάλους χρόνους παράδοσης από τον αποστολέα στον δέκτη, καθώς και αρκετά πακέτα χαμένα ή σε λάθος σειρά τα οποία όμως δεν μπορούν να αξιοποιηθούν και άρα πρέπει να ζητηθούν για να ξανασταλούν.

Αυτό είναι ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα σχετικά με την VoIP τεχνολογία, καθώς η ίδια δεν ζητά από τον χρήστη μεγάλο μέρος bandwidth. Από τη μια πλευρά λοιπόν ο χρήστης εκ των προτέρων ξέρει πως χωρίς άλλο traffic μπορεί να αυξηθεί η ποιότητα των VoIP κλήσεων, από την άλλη ξέρει επίσης πως εκείνη την ώρα στην ουσία δεσμεύει για την VoIP τεχνολογία, όλη τη διαθεσιμότητα της γραμμής του.

### **3.5 Εξοπλισμός**

Ο εξοπλισμός που θα επιλέξει ο χρήστης για την πραγματοποίηση των VoIP κλήσεων είναι κάτι πολύ σημαντικό αφενός και γιατί το κόστος δεν είναι αμελητέο, αφετέρου γιατί με την λάθος επιλογή μπορεί εύκολα να οδηγηθεί σε προβλήματα και άσκοπη ταλαιπωρία.

Στο εμπόριο υπάρχει μια πληθώρα επιλογών τόσο σε hardware όσο και σε software από τις οποίες μπορεί να διαλέξει κάποιος αυτήν ή αυτές που θα καλύψουν τις ανάγκες του. Για να το κάνει όμως αυτό θα πρέπει πρώτα να ξοδέψει χρόνο έτσι ώστε να μάθει τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε μίας διαθέσιμης επιλογής που μπορεί να τον ενδιαφέρει, καθώς υπάρχουν διαφορές στις υποστηριζόμενες υπηρεσίες, στις επιλογές του setup και κατ' επέκταση της παραμετροποίησης, όπως επίσης και κάποιου τυχόν περιορισμού σε υποστηριζόμενους παρόχους, codecs αλλά και πρωτόκολλα. Για παράδειγμα συσκευές SIP δεν δουλεύουν με το δημοφιλές πρόγραμμα skype όπως και συσκευές skype δεν υποστηρίζουν άλλους SIP παρόχους.

### **3.6 VoIP πάροχοι**

Για να μπορέσει ένας χρήστης να πραγματοποιήσει VoIP τηλεφωνικές κλήσεις είναι απαραίτητο να επιλέξει έναν πάροχο VoIP υπηρεσιών. Στο εξωτερικό υπάρχουν πολλοί

τέτοιοι πάροχοι, άλλοι που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο SIP όπως voipbuster, 12voip κλπ, και άλλοι όπως το skype, που χρησιμοποιούν κάποιο πρωτόκολλο που οι ίδιοι έχουν φτιάξει πάνω στο οποίο θα δουλέψει η εφαρμογή τους. Στην Ελλάδα πρώτος VoIP πάροχος ήταν η Altec με το i-call και ακολούθησε η HOL με το e-voice. Πλέον υπάρχει η Omnicoice και η Viva VoIP.

Οι πάροχοι μεταξύ τους, τόσο του εξωτερικού όσο και του εσωτερικού έχουν αρκετές διαφορές. Ο τελικός χρήστης καλό θα ήταν για τον ίδιο να ασχοληθεί και με αυτόν τον παράγοντα για να μην βρεθεί να αντιμετωπίζει δυσάρεστες για αυτόν συνέπειες. Διαφορές ανάμεσα στους παρόχους υπάρχουν τόσο σε υποστηριζόμενες υπηρεσίες και χρεώσεις όσο και στο πρωτόκολλα στο οποίο έχουν βασιστεί, στους codecs που υποστηρίζουν, στο bandwidth που έχουν διαθέσιμο και στο σύνολο των κλήσεων που μπορούν να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα.

### **3.7 Διαθέσιμοι πόροι server VoIP τηλεφωνικού κέντρου**

Η λύση ενός υπολογιστή που θα λειτουργήσει ως server ενός VoIP τηλεφωνικού κέντρου, πέρα από μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις, έχει αρχίσει να γίνεται ιδιαίτερα αγαπητή και από πολλούς απλούς χρήστες οι οποίοι ζητάνε κάτι παραπάνω από το να κάνουν απλώς μια VoIP κλήση.

Η χρήση ενός VoIP τηλεφωνικού κέντρου μπορεί να προσφέρει πολλές σημαντικές υπηρεσίες οι οποίες μπορούν να συμβάλουν αποφασιστικά στη λειτουργία μιας επιχείρησης.

Αυτό που θα πρέπει να προσέξει κάποιος όμως, στην περίπτωση που καταφύγει στην λύση ενός VoIP τηλεφωνικού κέντρου, είναι οι διαθέσιμοι πόροι του υπολογιστή που θα λειτουργεί ως server αυτού του κέντρου. Αυτό γιατί η διαθέσιμη μνήμη τόσο σε Ram όσο και σε επίπεδο σκληρών δίσκων, καθώς επίσης και η διαθέσιμη επεξεργαστική ισχύ είναι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τον συνολικό αριθμό ταυτόχρονων κλήσεων που μπορεί να εξυπηρετήσει το VoIP τηλεφωνικό κέντρο, χωρίς να επηρεαστεί η ποιότητά τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> Ανάλυση μεγεθών και κλιμάκων μέτρησης

### 4.1 Γενικά

Οι παράγοντες που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3 είναι αυτοί που μπορούν να μεταβάλλουν τα μεγέθη που επηρεάζουν την ποιότητα μιας VoIP τηλεφωνικής κλήσης.

Αυτά τα μεγέθη είναι :

- Η απώλεια πακέτων δεδομένων (packet loss).
- Ο χρόνος που κάνει το κάθε πακέτο να πάει από τον αποστολέα στον παραλήπτη (latency).
- Οι διακυμάνσεις του χρόνου ανάμεσα στα διάφορα πακέτα που ακολουθούν την ίδια διαδρομή (jitter).

### 4.2 Packet loss

Στον ψηφιακό κόσμο του διαδικτύου για να μπορέσει να μεταδοθεί οποιαδήποτε πληροφορία, είτε είναι εικόνα, είτε ήχος, είτε έχει να κάνει με ανταλλαγή αρχείων και πληροφοριών, πρέπει να “τεμαχιστεί” σε πακέτα δεδομένων. Το κάθε πρόγραμμα ανάλογα με τους αλγόριθμους με τους οποίους είναι εξοπλισμένο σπάει σε πακέτα την πληροφορία και την μεταδίδει από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Κανονικά, για να μεταδοθεί πλήρως η πληροφορία που θέλουμε, πρέπει να φτάσουν όλα τα πακέτα που την αποτελούν και στον μικρότερο δυνατό χρόνο.

Το packet loss είναι το ποσοστό που μας δείχνει πόσα πακέτα χάθηκαν κατά τη μεταφορά τους στο δίκτυο, σε σύγκριση με τον συνολικό αριθμών πακέτων που στάλθηκαν.

Απώλεια πακέτων δεδομένων έχουμε από προβληματικό hardware, από μεγάλο φόρτωμα δικτύου, δηλαδή όταν ταυτόχρονα υπάρχει μεγάλη κίνηση και στα πακέτα που αποστέλλονται και σε αυτά που λαμβάνονται με αποτέλεσμα κάποια να χαθούν. Επίσης απώλεια μπορεί να συμβεί από λάθη κατά τη μετάδοση, ή από χαμηλό buffer στον δέκτη, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ταξινομηθούν με τη σωστή σειρά και στο σωστό χρόνο τα πακέτα που έρχονται.

Όταν υπάρξει απώλεια δεδομένων οι εφαρμογές έχουν την τάση να προσπαθούν να επανακτήσουν τα χαμένα πακέτα. Κάθε φορά που ένα πακέτα φτάνει στον προορισμό του



ο δέκτης ενημερώνει τον αποστολέα ότι το συγκεκριμένο πακέτο ήρθε. Αν ο αποστολέας δεν λάβει κάποια πληροφόρηση σχετικά με κάποιο πακέτα τότε αυτόματα το ξαναστέλνει.

Ανάλογα με το είδος της εφαρμογής που τρέχουμε, η απώλεια πακέτων δεδομένων έχει διαφορετική μορφή. Σε περίπτωση γραπτού κειμένου τότε εμφανίζονται λάθη, σε on line παιχνίδια εμφανίζονται “κενά” ανάμεσα στις ενέργειες των παικτών.

Στην περίπτωση των VoIP συνδιαλέξεων το πρόβλημα της απώλειας πακέτων γίνεται εμφανές, με το να υπάρχουν “κενά” στην ομιλία των συμμετεχόντων σε αυτή. Σε περίπτωση που το ποσοστό του packet loss είναι λιγότερο ή μέχρι 1% (με χρήση του codec G.711) τότε δύσκολα γίνεται αντιληπτό κάποιο πρόβλημα στην επικοινωνία των δύο πλευρών. Αν όμως το ποσοστό αυτό ξεπερνά το 1%, και όσο μεγαλύτερο γίνεται, δυσχεραίνει την επικοινωνία σε σημείο που μπορεί να γίνει και αδύνατη.

### **4.3 Latency**

Latency είναι η καθυστέρηση, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται κάθε πακέτο πληροφορίας για να φτάσει από τον αποστολέα στον δέκτη. Μπορούμε να μετρήσουμε αυτήν την καθυστέρηση είτε στην διαδρομή από τον αποστολέα στον δέκτη είτε στη διαδρομή από τον αποστολέα στον δέκτη, και πάλι πίσω. Στη δεύτερη περίπτωση δεν πρόκειται για το ίδιο πακέτο που θα κάνει και την ανάποδη διαδρομή. Αυτήν θα την κάνει ουσιαστικά μια πληροφορία επιβεβαίωσης ότι το πακέτο έχει φτάσει στον προορισμό του.

Αυτού του είδους η καθυστέρηση, αποτελείται από τέσσερις τύπους καθυστερήσεων :

α) Καθυστέρηση στην κωδικοποίηση. Ανάλογα με τον codec που έχει επιλέξει ο αποστολέας του ηχητικού σήματος, χρειάζεται κάποιος χρόνος για να μπορέσει το σήμα να επεξεργαστεί και να γίνει η μετατροπή του από αναλογικό σε ψηφιακό.

β) Καθυστέρηση στην διαδικασία δημιουργίας και οργάνωσης των πακέτων δεδομένων. Από τη στιγμή που ο ήχος θα γίνει ψηφιακός, αρχίζει η διαδικασία κατά την οποία ο codec χωρίζει αυτό το ψηφιακό σήμα σε πακέτα, τα κατηγοριοποιεί και τα οργανώνει για να γίνει σωστή μετάδοση και να φτάσει στο δέκτη ο ήχος όπως ήταν στην αρχική του μορφή.

γ) Καθυστέρηση που οφείλεται σε αυξημένη κίνηση δεδομένων στο δίκτυο. Κάθε στιγμή ένα router είναι πολύ πιθανό να έχει να διαχειριστεί έναν μεγάλο αριθμό, είτε σε όγκο είτε σε είδος, πακέτων δεδομένων. Δεν μπορεί όμως να εξυπηρετεί ταυτόχρονα όλα τα πακέτα που φτάνουν με αποτέλεσμα να τα βάζει σε ουρές αναμονής μέχρι να μπορέσει να τα

ταξινομήσει. Ανάλογα με το πόσο γρήγορα ή αργά, έχει το router, τη δυνατότητα να ταξινομεί τα πακέτα που φτάνουν μεταβάλλεται και ο χρόνος παραμονής τους στις ουρές.

δ) Τελευταίος τύπος καθυστέρησης είναι αυτός που οφείλεται στην αποκωδικοποίηση. Αφού ο δέκτης λάβει έναν αριθμό πακέτων δεδομένων, τότε ο codec που χρησιμοποιείται στην πλευρά του, αναλαμβάνει να συγκεντρώσει όλα αυτά τα πακέτα και να τα αποκωδικοποιήσει, μετατρέποντας έτσι το ψηφιακό σήμα, και πάλι σε αναλογικό. Όσο πιο γρήγορα γίνει αυτή η διαδικασία, τόσο πιο γρήγορα θα είναι ο δέκτης σε θέση να ακούσει το ηχητικό σήμα.

#### **4.4 Jitter**

Ενώ με τον όρο latency εννοούμε την καθυστέρηση μέχρι να φτάσει ένα πακέτο από τη μία πλευρά της συνομιλίας στην άλλη, με τον όρο jitter εννοούμε την διακύμανση στην καθυστέρηση ενός συνόλου πακέτων που μετακινούνται από το ένα άκρο στο άλλο.

Για παράδειγμα, ο codec που χρησιμοποιείται από τη μία πλευρά της τηλεφωνικής κλήσης πρέπει να δέχεται πακέτα ανά 20 ms, έτσι ώστε να μπορεί να αποκωδικοποιεί το σήμα, και να ακούει ο δέκτης έναν “φυσιολογικό” ήχο. Τα πακέτα όμως έρχονται σε μια σειρά πχ 20-25-40-10 (ms). Αυτήν την διακύμανση στις καθυστερήσεις την ονομάζουμε jitter.

Γι να αποφευχθεί αυτή η διακύμανση στους χρόνους που κάνουν τα πακέτα δεδομένων για να φτάσουν από την μία άκρη της συνομιλίας στην άλλη, και άρα να εξαλειφθεί το jitter υπάρχει μια λύση που όμως δεν είναι η καλύτερη δυνατή. Η λύση αυτή είναι να τοποθετηθεί ένα jitter buffer στην πλευρά του δέκτη. Η λειτουργία αυτού του buffer είναι να αποθηκεύει τα πακέτα καθώς έρχονται ανά “κύματα”, και να τα τακτοποιεί σε σωστή σειρά, και μόλις συμπληρωθεί ο αριθμός τους, τότε να τα στέλνει στον codec για αποκωδικοποίηση. Το πρόβλημα με αυτήν την μέθοδο είναι ότι έτσι προστίθεται και άλλη καθυστέρηση στον συνολικό χρόνο που θα κάνει το κάθε πακέτο από την αποστολή του μέχρι την παράδοσή του.

#### **4.5 Κλίμακες μέτρησης**

Για να μετρήσουμε την ποιότητα της επικοινωνίας υπάρχουν τρόποι και μέσω λογισμικού αλλά και μέσω hardware. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται call monitoring, δηλαδή παρακολούθηση κλήσης.

Υπάρχουν δύο τρόποι για να πραγματοποιηθεί μια μέτρηση. Ένας είναι ο ενεργητικός, όπου προσομοιώνεται μια κλήση και παρακολουθείται η ποιότητα της. Αυτό επιτρέπει στον πάροχο να διαπιστώσει τις δυνατότητες του δικτύου του και της υπηρεσίας του. Επίσης δίνει τη δυνατότητα να προβλεφθούν τυχόν προβλήματα από αστάθεια στο δίκτυο.

Ο δεύτερος τρόπος είναι ο παθητικός. Αυτός ο τρόπος κάνει real-time παρακολούθηση της κλήσης καθώς ελέγχει τα ίδια τα πακέτα της κλήσης.

Για να “βαθμολογηθεί” η ποιότητα της κλήσης υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης. Χωρίζονται σε δύο ομάδες. Η μία ομάδα περιλαμβάνει αυτές που είναι υποκειμενικού χαρακτήρα και η άλλη αυτές που είναι αντικειμενικού, καθώς έχουν έναν συγκεκριμένο τρόπο στο να βγάζουν αποτέλεσμα για την κάθε κλήση.

Υποκειμενικού χαρακτήρα είναι μόνο η κλίμακα MOS (mean opinion score), ενώ στη δεύτερη κατηγορία υπάρχουν οι : E-model, PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality), PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), MNB (Measuring Normalized Blocks).

Από αυτές τις κλίμακες χρησιμοποιούνται οι MOS και η κλίμακα E-model. Οι άλλες κλίμακες είτε από τον σχεδιασμό τους δεν είναι εφικτό να δώσουν σωστά αποτελέσματα είτε πλέον οι τεχνικές που χρησιμοποιούν για να βγάλουν τις μετρήσεις τους δεν είναι αξιόπιστες.

Οι MNB, PESQ και PSQM χρησιμοποιούν μία παρόμοια τεχνική. Στέλνουν ένα ηχητικό σήμα και στη συνέχεια το συγκρίνουν όπως έχει φτάσει στην άλλη πλευρά της κλήσης, με τη βοήθεια συγκεκριμένων αλγόριθμων. Το πρόβλημα όμως που τις καθιστά μη αποτελεσματικές, είναι ότι δεν έχουν δημιουργηθεί για δίκτυα μετάδοσης πακέτων δεδομένων. Έτσι οι μετρήσεις που κάνουν δεν είναι αποτελεσματικές.

## **4.6 MOS**

Ο βαθμός προσωπικής άποψης MOS (mean opinion score) είναι μια κλίμακα για να μετρήσουμε την ποιότητα σε μια κλήση βασισμένη αποκλειστικά στο πώς φάνηκε στους συμμετέχοντες σε αυτήν. Μια ομάδα ανθρώπων ακούν μια κλήση και στη συνέχεια βαθμολογούν το αποτέλεσμα σύμφωνα με την προσωπική τους άποψη.

Η βαθμονόμηση της κλίμακας MOS είναι από το 1 (μικρότερο) έως το 5 (μεγαλύτερο). Μέχρι στιγμής το 4.4 είναι το υψηλότερο σκορ που μπορεί να επιτευχθεί από τεχνικής πλευράς. Γενικά ένας βαθμός από 3.5 και πάνω αντιπροσωπεύει μια “καλή” κλήση.

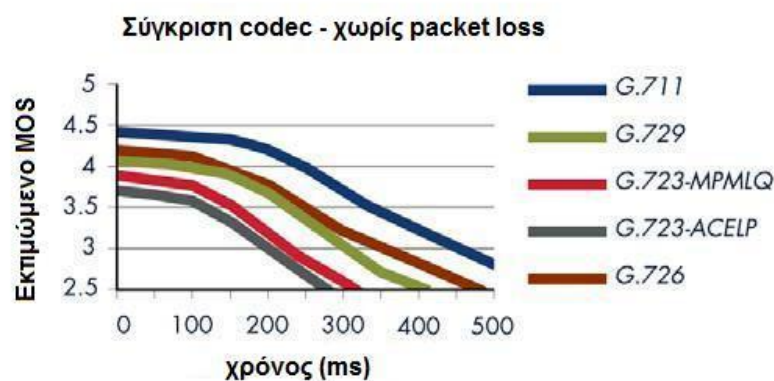
Η κλίμακα MOS έχει χρησιμοποιηθεί σαν κλίμακα μέτρησης από πολύ παλιά και για αναλογικές κλήσεις. Ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται, αλλά πλέον με τα ψηφιακά δεδομένα, η τεχνική που χρησιμοποιείται για να αποδώσει την ποιότητα σε μια κλήση δεν είναι η πιο αποδοτική.

Για να πραγματοποιηθεί μια βαθμολόγηση, μια ομάδα ανθρώπων ακούν μια κλήση και στη συνέχεια, ανάλογα με το πώς φάνηκε στον καθένα της δίνουν έναν βαθμό, ο οποίος αντιπροσωπεύει την ποιότητα που είχε η κλήση σύμφωνα με την προσωπική άποψη του κάθε συμμετέχοντα.

Τα μειονεκτήματα της χρησιμοποίησης μια τέτοια κλίμακας για να μετρήσουμε την ποιότητα σε κλήσεις βασισμένες σε μετάδοση ψηφιακών δεδομένων είναι αρκετά, κάτι που την καθιστά ως λιγότερο αξιόπιστη από τη λύση του e-model.

Μειονεκτήματα είναι οι μεγάλες απαιτήσεις σε χρόνο και κόστος. Χρειάζονται τουλάχιστον δύο άτομα, όσα περισσότερα τόσο καλύτερα, γιατί το αποτέλεσμα θα πλησιάζει ένα γενικό στάνταρ. Πρέπει οι συμμετέχοντες να ακούσουν κάθε κλήση από την αρχή μέχρι το τέλος για να μπορέσουν να αποφασίσουν για την ποιότητά της.

Αυτός ο τρόπος μέτρησης είναι πολύ δύσχρηστος όταν κάνουμε συνέχεια αλλαγές, αλλά και όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε πολύπλοκα στημένα δίκτυα.



Σχήμα 3.1 : Εκτιμώμενο MOS score διαφορετικών codec σε κλήση χωρίς traffic

## 4.7 E-model

Η κλίμακα βαθμολόγησης E-model είναι πιο αποδεκτή για μέτρηση ποιότητας. Αυτό γιατί η τεχνική που χρησιμοποιείται εδώ έχει να κάνει με αξιολόγηση αντικειμενικών παραγόντων που έχουν σχέση με μια κλήση.

Εδώ ο δείκτης βαθμολόγησης είναι ο παράγοντας R. Οι τιμές που παίρνει είναι από 0, το κατώτερο, μέχρι 100, το ανώτερο. Για περισσότερη διευκόλυνση όλα τα αποτελέσματα αυτής της κλίμακας μπορούμε να τα αντιστοιχήσουμε στην κλίμακα MOS.

Η εξίσωση που υπολογίζει τον παράγοντα R είναι η παρακάτω :

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A, \text{ όπου}$$

- )  $R_0$  είναι η βαθμολογία βασισμένη στο SNR,
- )  $I_s$  είναι εξασθένηση από θόρυβο που εισάγεται μαζί με το ηχητικό σήμα,
- )  $I_d$  είναι η εξασθένηση από καθυστερήσεις όπως packet loss, μεγάλο latency, ηχώ,
- )  $I_e$  είναι η εξασθένηση λόγω επιλογής codec με χαμηλό bit rate
- ) και A είναι ένας παράγοντας που ευνοεί την κλήση σαν αποτέλεσμα διάφορων συγκυριών.

Λόγω της τεχνολογίας, που μας επιτρέπει να διασφαλίσουμε την μη μετάδοση θορύβου μαζί με το ηχητικό σήμα που θέλουμε, ο λόγος  $I_s$  συχνά είναι 0. Επίσης συχνά 0 είναι και ο λόγος A, οπότε η σχέση για τον παράγοντα R απλοποιείται στην :

$$R = R_0 - I_d - I_e$$

Η κλίμακα βαθμολόγησης E-model είναι αυτή που προτιμάται λόγω του ότι είναι αντικειμενική, μιας και βασίζεται σε παράγοντες που μπορούν να μετρηθούν, είναι πολύ πιο γρήγορη και λιγότερο απαιτητική στην εφαρμογή της και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μικρού εύρους, όσο και σε μεγάλου εύρους δίκτυα.

Ικανοποιημένοι χρήστες	R - Value	MOS
<b>Μέγιστο σκορ με codec τον G.711</b>	93	4.4
<b>Πολύ ικανοποιημένοι</b>	90 – 100	4.3 – 5.0
<b>Ικανοποιημένοι</b>	80 – 90	4.0 – 4.3
<b>Μερικοί ικανοποιημένοι</b>	70 – 80	3.6 – 4.0
<b>Αρκετοί απογοητευμένοι</b>	60 – 70	3.1 – 3.6
<b>Σχεδόν όλοι απογοητευμένοι</b>	50 – 60	2.6 – 3.1
<b>Δεν συστήνεται</b>	0 - 50	1.0 – 2.6

**Πίνακας 3.1: Πίνακας αντιστοιχίας κλίμακας MOS με E-model**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> Πειραματικό μέρος

### 5.1 Εισαγωγή

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων των παραγόντων που επηρεάζουν τις VoIP κλήσεις στήθηκε ένα τηλεφωνικό κέντρο και με τον κατάλληλο VoIP εξοπλισμό πραγματοποιήθηκαν κλήσεις προς αριθμούς σταθερής τηλεφωνίας κάτω από διάφορες συνθήκες.

Προτιμήθηκαν αριθμοί σταθερής τηλεφωνίας για να μην παρουσιαστεί πρόβλημα στην ποιότητα της κλήσης, προερχόμενο από το κατά πόσο ο δέκτης της κλήσης έχει επαρκές σήμα στο σημείο όπου βρίσκεται.

Οι παράμετροι οι οποίες ελέγχθηκαν για το κατά πόσο είναι ικανές και σε τι βαθμό, να επηρεάσουν την ποιότητα μιας κλήσης, είναι οι εξής :

- Οι VoIP συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των κλήσεων.
- Ορισμένοι από τους codecs που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους ενδιαφερόμενους χρήστες.
- Το κατά πόσο επηρεάζει μια κλήση το εάν είναι φορτωμένο ή όχι το δίκτυο (χωρίς traffic / με traffic).
- Και τέλος πόσο μπορεί να επηρεαστεί η ποιότητα μιας κλήσης από τους διαθέσιμους πόρους του υπολογιστή που λειτουργεί σαν τηλεφωνικό κέντρο.

Ο βασικός περιορισμός στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας ήταν το κόστος. Λόγω κόστους δεν ήταν δυνατή η αγορά και ο έλεγχος επιπλέον VoIP εξοπλισμού, ούτε ήταν δυνατή η χρήση παραπάνω του ενός VoIP παρόχων. Ένας δεύτερος περιορισμός είχε να κάνει με το hardware του υπολογιστή στον οποίο εγκαταστάθηκε το trixbox. Λόγω του ότι η τεχνολογία αναπτύσσεται με ταχύτετους ρυθμούς δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν πολλές συνθέσεις υπολογιστών για να δοκιμαστούν οι κλήσεις σε διάφορες συνθήκες παρεχόμενων πόρων.

### 5.2 Εξοπλισμός πραγματοποίησης κλήσεων VoIP

Για την πραγματοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκε το software phone X-lite (<http://www.counterpath.com/>), το VoIP phone Linksys SPA941 (<http://www.cisco.com/en/US/products/ps10038/index.html>) και το VoIP ATA Linksys

spa3102 (<http://www.cisco.com/en/US/products/ps10027/index.html>) μαζί με ένα αναλογικό τηλέφωνο.

Το x-lite επιλέχτηκε καθώς είναι δωρεάν, εύχρηστο στη χρήση και στη ρύθμιση του και με αρκετές επιλογές, δεν καταναλώνει πολλούς πόρους από τον υπολογιστή και τέλος είναι προτεινόμενο και από αρκετούς VoIP παρόχους αλλά και χρήστες.

Οι VoIP συσκευές της Linksys προτιμήθηκαν, διότι παρά το ότι είναι πιο ακριβές από άλλες ανταγωνιστικές προτάσεις, είναι λύσεις δοκιμασμένες, με πληθώρα επιλογών, εύκολες στη ρύθμισή τους και τέλος και αυτές προτείνονται από παρόχους και χρήστες VoIP υπηρεσιών.

### **5.3 VoIP πάροχος**

Για την διεκπεραίωση της εργασίας, ο πάροχος που προτιμήθηκε ήταν η Omnicoice καθώς οι χρεώσεις της είναι άκρως ανταγωνιστικές με προτάσεις του εξωτερικού, δίνει με ελάχιστο κόστος, αριθμό τηλεφώνου στα πρότυπα της ΕΕΤΤ, παρέχει επιπλέον υπηρεσίες αποστολής sms, voicemail και τηλεφωνητή, με τις δύο τελευταίες να είναι δωρεάν, έχει καλή τεχνική υποστήριξη, υποστηρίζοντας μέχρι και live help από το site της, και τέλος, μέχρι της στιγμή της επιλογής, δεν υπήρχαν δυσμενείς σχόλια από άλλους χρήστες.

### **5.4 VoIP τηλεφωνικό κέντρο**

Για να στήσουμε ένα τηλεφωνικό κέντρο υπάρχουν διάφορες λύσεις στις οποίες μπορούμε να καταφύγουμε. Κάποιες από αυτές είναι δωρεάν ενώ άλλες όχι. Υπάρχουν εφαρμογές που απευθύνονται σε οικιακούς χρήστες και επιχειρήσεις, οι οποίες αναπτύσσονται και εξελίσσονται κυρίως λόγω της κοινότητας χρηστών που έχουν πίσω τους, και άλλες που είναι μόνο για επιχειρήσεις, με υποστήριξη όλη μέρα κλπ.

Διάφορες εμπορικές λύσεις είναι πχ τα DialApplet και Switchvox τα οποία βασίζονται στο Asterisk, απλά στη ρύθμιση, διαθέτουν αρκετές λειτουργίες και υποστήριξη, καθώς και τα 3CX Phone System και Vonexsus, τα οποία είναι για windows.

Δωρεάν εφαρμογές είναι το sipXecs που έχει έκδοση και για windows και ανοιχτού κώδικα, και τα elastix και trixbox που είναι μόνο ανοιχτού κώδικα και βασίζονται και τα δύο στο asterisk. Το trixbox πλέον έχει και εμπορική έκδοση.

Για το δικό μας τηλεφωνικό κέντρο θα προτιμηθεί η δωρεάν έκδοση του trixbox που είναι μια λύση σίγουρη και δοκιμασμένη, ικανή να ανταπεξέλθει στη μελέτη για την

ποιότητα της επικοινωνίας σε ένα VoIP σύστημα. Το trixbox, προτιμάται από απλούς χρήστες που θέλουν να οργανώσουν ένα μικρό τηλεφωνικό κέντρο στο σπίτι τους, μέχρι εταιρίες και επιχειρήσεις, μικρές και μεγάλες, που αναζητούν αρκετά πράγματα από ένα τηλεφωνικό κέντρο.

Στο internet μπορεί κάποιος να βρει πολλούς οδηγούς αναφερόμενους στο trixbox και το στήσιμό του, καθώς και αρκετά forums με μέλη που ασχολούνται με αυτό και να αναζητήσει εκεί χρήσιμες πληροφορίες και απαντήσεις στις ερωτήσεις του.

#### 5.4.1 TRIXBOX



Το trixbox ([www.trixbox.org](http://www.trixbox.org)) είναι μια διανομή Linux από την εταιρία Fonality, που πλέον βγαίνει σε δύο εκδόσεις, την δωρεάν έκδοση CE (community edition) και την εμπορική έκδοση PRO. Η διαφορά τους είναι ότι στην έκδοση PRO παρέχεται στον χρήστη τεχνική υποστήριξη για το στήσιμο και την συντήρηση του trixbox.

Στην έκδοση 2.6, “πατάει” στην διανομή CentOS 5.5. Δίνει μια σειρά από εργαλεία για να μπορέσει να το χρησιμοποιήσει κάποιος που έχει σαν σκοπό να φτιάξει ένα τηλεφωνικό κέντρο. Η διανομή περιλαμβάνει τα CentOS 5.5, Asterisk 1.4, FreePBX 2.3, Web MeetMe 3 κ.ά.

Οι δυνατότητες που μας παρέχονται είναι πάρα πολλές, όπως ηχητικά μηνύματα, IVR, τηλεφωνητής, εμφάνιση/απόκρυψη αριθμού, εκτροπή, καταγραφή, αναμονή κλήσης, music on hold, κλπ.

Το trixbox, σαν όλες τις εκδόσεις Linux ,δεν απαιτεί κάποια συγκεκριμένη σύνθεση υπολογιστή για να λειτουργήσει. Παλιοί υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επειδή όμως η ομιλία ψηφιοποιείται, ο επεξεργαστής επιφορτίζεται αρκετά πράγμα που σημαίνει ότι αν κάποιος θέλει να χρησιμοποιήσει το trixbox σε επαγγελματικό χώρο με πολλές ταυτόχρονες συνομιλίες, τότε θα πρέπει αναλόγως να αυξήσει και την επεξεργαστική ισχύ και τη μνήμη ram. Επίσης ανάλογα με τη χρήση θα πρέπει να προμηθευτούμε και τον σκληρό δίσκο. Σε περίπτωση που θέλουμε να γίνεται καταγραφή συνομιλιών και ανάλογα με το διάστημα που θέλουμε να μένουν αποθηκευμένες οι ανάγκες μας σε gbs αυξάνονται. Από τον κατασκευαστή προτείνεται cpu στα 2.4 GHz



και 512 ram αλλά αρκετοί χρήστες το χρησιμοποιούν με μικρότερης δυναμικότητας υπολογιστές.

Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκε ένας AMD 64 3000+ με 2 gb ram και 80gb σκληρός δίσκος.

Τέλος, το κόστος για να στήσουμε ένα τηλεφωνικό κέντρο με την CE έκδοση του trixbox θα εξαρτηθεί από τον υπολογιστή στον οποίο θα εγκατασταθεί το trixbox και το hardware που θα χρησιμοποιήσουμε για το τηλεφωνικό μας κέντρο.

#### **5.4.2 Πλεονεκτήματα**

Τα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση του trixbox για τηλεφωνικό κέντρο είναι ότι είναι δωρεάν, έχει πολλές δυνατότητες και λειτουργίες, υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία και μια μεγάλη κοινότητα χρηστών για βοήθεια, και ότι δεν είναι δύσκολο στη χρήση και την συντήρησή του.

#### **5.4.3 Μειονεκτήματα**

Ένα τηλεφωνικό κέντρο με χρήση trixbox έχει και αυτό ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία είναι το κόστος των ATA και VoIP συσκευών που είναι πιο ακριβές από τις συνηθισμένες αναλογικές και το ότι απαιτείται η χρήση ενός υπολογιστή σε λειτουργία όλη τη μέρα.

#### **5.4.4 ASTERISK**

Το Asterisk είναι μια δωρεάν, PBX (private branch exchange – διαμεταγωγέας τηλεφωνικών συστημάτων) εφαρμογή ανοικτού κώδικα. Δημιουργήθηκε από την εταιρεία Digium το 1999, με σκοπό να μπορεί να εγκατασταθεί σε έναν οποιονδήποτε Linux server, ο οποίος θα αποκτούσε τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και σαν τηλεφωνικό κέντρο. Οι λειτουργίες του είναι αυτές ενός πλήρους τηλεφωνικού κέντρου. Τέλος δίνει τη δυνατότητα στις συσκευές που συνδέει ο χρήστης σε αυτό, να επικοινωνούν τόσο μεταξύ τους, όσο και με άλλες μέσω VoIP ή PSTN παρόχων.

### 5.4.5 Εγκατάσταση trixbox

Η διαδικασία εγκατάστασης του trixbox είναι πολύ απλή. Πρώτα ρυθμίζουμε από τη μητρική να κάνει boot (εκκίνηση) από το cd-rom. Βάζουμε το cd με το trixbox στο cd-rom drive και περιμένουμε.

Σύντομα θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη :



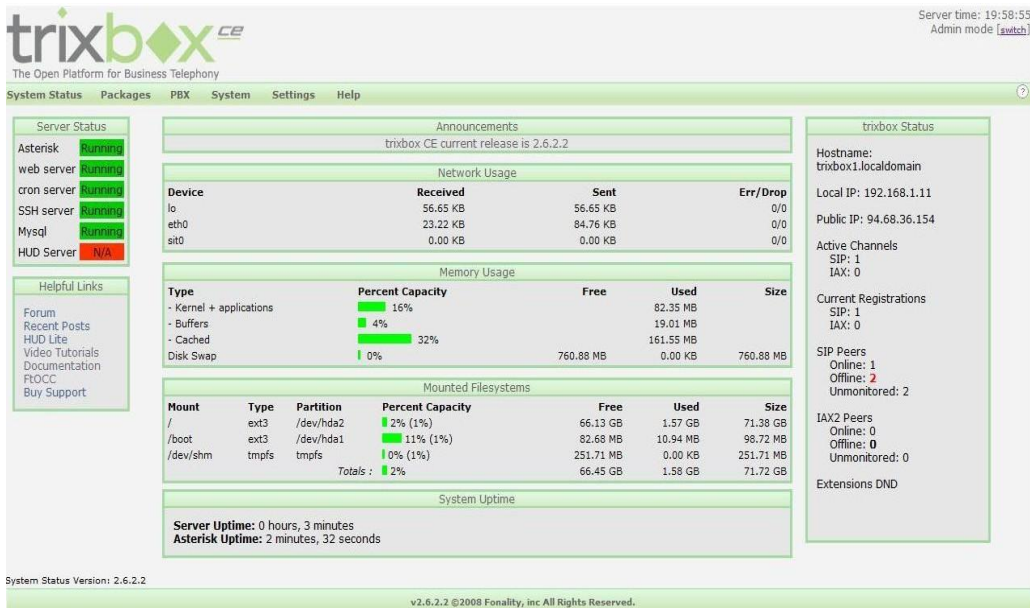
**Σχήμα 5.1 : Πρώτη οθόνη εγκατάστασης trixbox**

Πατάμε enter και ξεκινάει η διαδικασία της εγκατάστασης. Στην επόμενη οθόνη θα μας ζητήσει να δηλώσουμε την διάταξη του πληκτρολογίου. Επιλέγουμε ελληνικά και πατάμε enter. Στη συνέχεια είναι η επιλογή για τη ρύθμιση ώρας και ημερομηνίας. Στην τελευταία οθόνη θα επιλέξουμε το password για το root account και μετά απλά θα περιμένουμε για περίπου 15 λεπτά μέχρι να τελειώσει η διαδικασία της εγκατάστασης.

Από κει και πέρα μπορούμε να συνδεθούμε στο pc με το trixbox από ένα άλλο pc ανοίγοντας έναν browser της αρεσκείας μας και πληκτρολογώντας την ip διεύθυνση που έχουμε δώσει στο trixbox.

### 5.4.6 Ρύθμιση trixbox

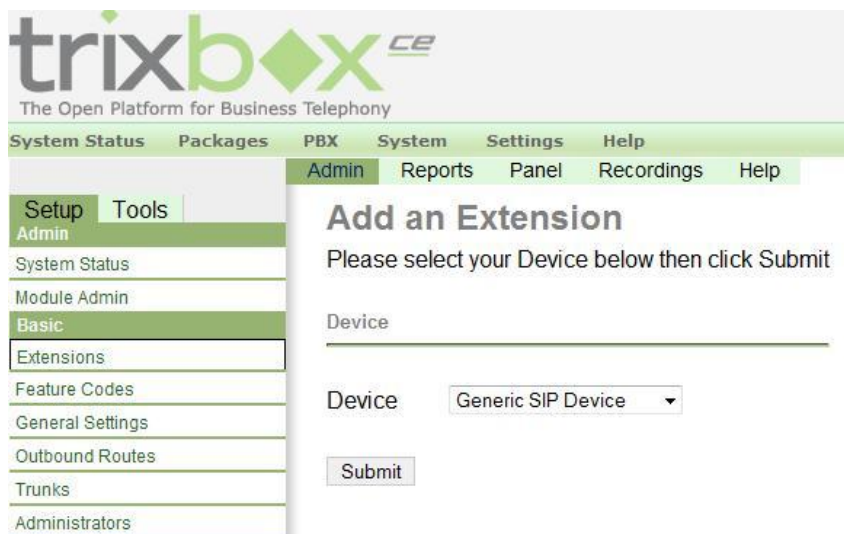
Για να μπορέσουμε να ρυθμίσουμε το trixbox ανοίγουμε, από ένα pc συνδεδεμένο στο ίδιο δίκτυο με τον υπολογιστή στον οποίο έχουμε εγκαταστήσει το trixbox, έναν browser της αρεσκείας μας και πληκτρολογούμε τη ip που έχουμε δώσει στο pc που τρέχει το trixbox. Στο παράθυρο που θα βγει πληκτρολογούμε τα στοιχεία του root account και συνδεόμαστε με πλήρη δικαιώματα στο trixbox.



Σχήμα 5.2 : trixbox system status

Επόμενο βήμα είναι να δημιουργήσουμε extensions. Ένα extension για κάθε μία τηλεφωνική συσκευή που θα χρησιμοποιήσουμε. Δεν υπάρχει κάποιος θεωρητικός μέγιστος αριθμός συσκευών που υποστηρίζει το trixbox. Ο περιορισμός όμως μπαίνει από τους πόρους του υπολογιστή στον οποίο έχουμε στήσει το trixbox.

Για να δημιουργήσουμε ένα extension πάμε στο μενού PBX και εκεί επιλέγουμε PBX settings. Στο μενού που εμφανίζεται στα αριστερά θα επιλέξουμε το Extensions. Στο νέο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε στο tab Device το Generic SIP device και πατάμε submit.



Σχήμα 5.3 : Αρχή δημιουργίας extensions

Στο επόμενο παράθυρο που θα εμφανιστεί θα συμπληρώσουμε στο User Extension το εσωτερικό νούμερο του τηλεφώνου, στο Display name, το όνομα που θέλουμε να εμφανίζεται όταν θα καλούμε άλλη συσκευή του δικτύου μας και τέλος στο tab secret, θα δώσουμε ένα password.

## Add SIP Extension

Add Extension

---

User Extension	<input type="text" value="101"/>
Display Name	<input type="text" value="x-lite"/>
CID Num Alias	<input type="text"/>
SIP Alias	<input type="text"/>

Device Options

---

This device uses sip technology.

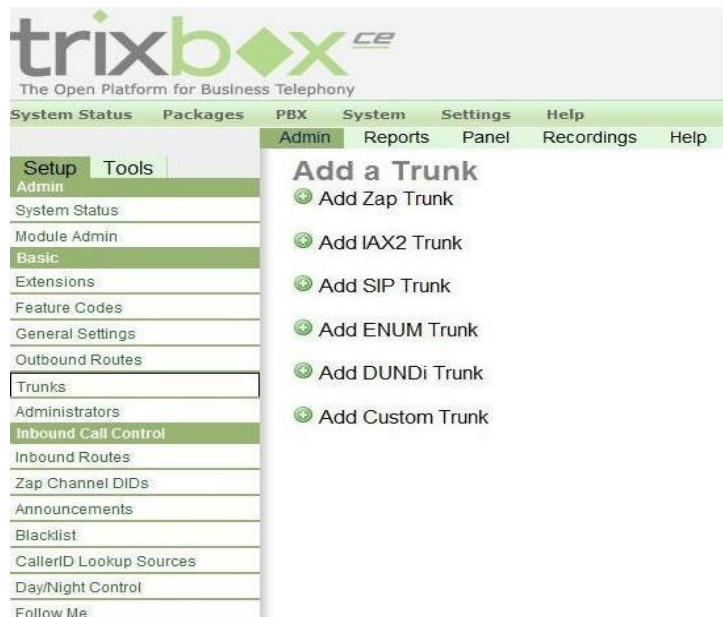
secret	<input type="text" value="x-lite"/>
dtmfmode	<input type="text" value="rfc2833"/>

**Σχήμα 5.4 : Συμπλήρωση στοιχείων extension (Παράδειγμα για X-Lite)**

Τώρα η συσκευή μας είναι έτοιμη. Κάθε φορά που θα θέλουμε να τη χρησιμοποιήσουμε αυτή θα “ διαβάξει “ από το trixbox τα στοιχεία που θα χρειάζεται για να πραγματοποιήσει την κλήση.

Στη συνέχεια θα κάνουμε ένα SIP trunk. Στο trunk δίνουμε τις ρυθμίσεις που χρειάζονται για να μπορέσει το trixbox να συνεργαστεί με τον VoIP πάροχό μας.

Από το μενού PBX επιλέγουμε PBX settings και εκεί επιλέγουμε το Trunks και Add SIP trunk



**Σχήμα 5.5 : Δημιουργία καινούριου trunk**

Στο πεδίο outbound caller ID βάζουμε το όνομα του πάροχου

**General Settings**

Outbound Caller ID:

Never Override CallerID:

Maximum Channels:

Disable Trunk:  Disable

Monitor Trunk Failures:   Enable

**Σχήμα 5.6 : Συμπλήρωση ονόματος παρόχου**

Στη συνέχεια συμπληρώνουμε το πεδίο Peer details με τα κατάλληλα στοιχεία

Trunk Name:

PEER Details:

```

fromdomain=sip.omnivoice.eu
host=sip.omnivoice.eu
fromuser= XXXX
username= XXXX
secret= XXXX
type=peer
allow=ulaw&alaw
context=from-trunk
disallow=all
nat=yes
insecure=very

```

**Σχήμα 5.7 : Συμπλήρωση στοιχείων στο peer details**

Τέλος συμπληρώνουμε το registration string και πατάμε submit changes

## Registration

Register String:

user:pass @sip.omnivoice.eu/user

Submit Changes

Σχήμα 5.8 : Συμπλήρωση στοιχείων του account

## 5.5 Ρύθμιση εξοπλισμού VoIP

Τώρα που ρυθμίσαμε τα extensions και το trunk στο trixbox θα ρυθμίσουμε τα VoIP τηλέφωνα που θα χρησιμοποιήσουμε. Η διαδικασία είναι πολύ εύκολη και γρήγορη. Χαρακτηριστικό είναι ότι στο status και των τριών τηλεφώνων, για να ξέρουμε ότι όλα είναι δουλεύουν σωστά, θα εμφανίζεται η λέξη registered.

### 5.5.1 X-Lite

Το X-Lite είναι ένα πολύ εύκολο στη χρήση και στη ρύθμισή του, VoIP software phone. Εκτός από αυτό χρειαζόμαστε και ένα μικρόφωνο. Αφού το κατεβάσουμε και το εγκαταστήσουμε, κάνουμε δεξί κλικ μέσα στο πρόγραμμα και επιλέγουμε sip account settings.



Σχήμα 5.9 : X-Lite menu

Εκεί συμπληρώνουμε τα αντίστοιχα πεδία με τα κατάλληλα στοιχεία τα οποία είναι ίδια με το αντίστοιχο extension στο trixbox.

The screenshot shows the 'Properties of Account 1' dialog box with the following settings:

- User Details:**
  - Display Name: x-lite
  - User name: 101
  - Password: ••••••
  - Authorization user name: 101
  - Domain: 192.168.1.11
- Domain Proxy:**
  - Register with domain and receive incoming calls
  - Send outbound via:
    - domain
    - proxy (Address: )
- Dialing plan:** /.

**Σχήμα 5.10 : X-Lite account settings**

### 5.5.2 SPA 941

Αφού συνδέσουμε το SPA941 μέσω του router, του δίνουμε μια ip της αρεσκείας μας. Στη συνέχεια ανοίγουμε έναν browser και πληκτρολογώντας την ip διεύθυνση που του έχουμε δώσει μπαίνουμε στο menu του. Εκεί επιλέγουμε admin login και advanced για να δούμε όλες τις διαθέσιμες επιλογές.

Info	System	SIP	Provisioning	Regional	Phone	Ext 1	Ext 2	Ext 3	Ext 4	User	<a href="#">User Login</a>	<a href="#">basic</a>	<a href="#">advanced</a>	
											<a href="#">Personal Directory</a>	<a href="#">Call History</a>		
<b>System Information</b>														
DHCP:	Enabled			Current IP:	192.168.1.12									
Host Name:	SipuraSPA			Domain:										
Current Netmask:	255.255.255.0			Current Gateway:	192.168.1.1									
Primary DNS:	192.168.1.1			Secondary DNS:										
<b>Product Information</b>														
Product Name:	SPA-941			Serial Number:	4KM00H708843									
Software Version:	5.1.8			Hardware Version:	1.0.2(1245)									
MAC Address:	000E08D4F435			Client Certificate:	Installed									
Licenses:	None													
<b>Phone Status</b>														
Current Time:	4/22/2009 16:42:20			Elapsed Time:	06:05:17									
Broadcast Pkts Sent:	6			Broadcast Bytes Sent:	2052									
Broadcast Pkts Recv:	807			Broadcast Bytes Recv:	69596									
Broadcast Pkts Dropped:	0			Broadcast Bytes Dropped:	0									
RTP Packets Sent:	0			RTP Bytes Sent:	0									
RTP Packets Recv:	0			RTP Bytes Recv:	0									
SIP Messages Sent:	2630			SIP Bytes Sent:	914512									
SIP Messages Recv:	2367			SIP Bytes Recv:	988383									
External IP:														
<b>Ext 1 Status</b>														
Registration State:	Not Registered			Last Registration At:										
Next Registration In:				Message Waiting:	No									
Mapped SIP Port:														
<b>Ext 2 Status</b>														
Registration State:	Registered			Last Registration At:	4/22/2009 15:54:49									
Next Registration In:	718 s			Message Waiting:	No									
Mapped SIP Port:														
<b>Ext 3 Status</b>														
Registration State:	Not Registered			Last Registration At:										
Next Registration In:				Message Waiting:	No									
Mapped SIP Port:														

**Σχήμα 5.11 : Κεντρικό menu Spa941**

Από εκεί επιλέγουμε το tab Ext 1 και συμπληρώνουμε τα στοιχεία που χρειάζονται δίνοντας προσοχή να είναι τα ίδια με αυτά που δηλώσαμε στο αντίστοιχο extension του trixbox. Αφού τα συμπληρώσουμε ελέγχουμε στο tab Ext 1 status αν γράφει registered και τότε η συσκευή είναι έτοιμη για χρήση.



<b>SIP Settings</b>			
SIP Port:	5061	SIP 100REL Enable:	no ▾
EXT SIP Port:		Auth Resync-Reboot:	yes ▾
SIP Proxy-Require:		SIP Remote-Party-ID:	no ▾
Referor Bye Delay:	4	Refer-To Target Contact:	yes ▾
Referee Bye Delay:	0	SIP Debug Option:	none ▾
Refer Target Bye Delay:	0	Sticky 183:	no ▾
Auth INVITE:	no ▾		
<b>Call Feature Settings</b>			
Blind Attn-Xfer Enable:	no ▾	MOH Server:	
Message Waiting:	no ▾	Auth Page:	no ▾
Default Ring:	1 ▾	Auth Page Realm:	
Conference Bridge URL:		Auth Page Password:	
Mailbox ID:		Voice Mail Server:	
State Agent:		CFWD Notify Serv:	no ▾
CFWD Notifier:			
<b>Proxy and Registration</b>			
Proxy:	192.168.1.11	Use Outbound Proxy:	no ▾
Outbound Proxy:		Use OB Proxy In Dialog:	yes ▾
Register:	yes ▾	Make Call Without Reg:	no ▾
Register Expires:	3600	Ans Call Without Reg:	no ▾
Use DNS SRV:	no ▾	DNS SRV Auto Prefix:	no ▾
Proxy Fallback Intvl:	3600	Proxy Redundancy Method:	Normal ▾
<b>Subscriber Information</b>			
Display Name:	spa941	User ID:	102
Password:	*****	Use Auth ID:	no ▾
Auth ID:			
Mini Certificate:			
SRTP Private Key:			
<b>Audio Configuration</b>			
Preferred Codec:	G711u ▾	Use Pref Codec Only:	no ▾
G729a Enable:	yes ▾	G723 Enable:	yes ▾
G726-16 Enable:	yes ▾	G726-24 Enable:	yes ▾
G726-32 Enable:	yes ▾	G726-40 Enable:	yes ▾
Release Unused Codec:	yes ▾	DTMF Process AVT:	yes ▾
Silence Supp Enable:	no ▾	DTMF Tx Method:	Auto ▾
<b>Dial Plan</b>			
Dial Plan:	(xxx.)		
Enable IP Dialing:	yes ▾		

Σχήμα 5.12 : Συμπλήρωση στοιχείων στο Ext 1

### 5.5.3 SPA 3102

Για το SPA 3102 θα ακολουθήσουμε την ίδια διαδικασία με το SPA 941. Θα το συνδέσουμε, θα του δώσουμε μια ip και κατόπιν, ανοίγοντας έναν browser θα πληκτρολογήσουμε την ip διεύθυνση που του έχουμε δώσει για να μπούμε στο menu του. Εκεί επιλέγουμε admin login και advanced.

**LINKSYS**  
A Division of Cisco Systems, Inc.

Linksys Phone Adapter Configuration

Router | **Voice**

Info | System | SIP | Provisioning | Regional | **Line 1** | PSTN Line | User 1 | PSTN User | User Login | basic | advanced

**Product Information**

Product Name:	SPA-3102	Serial Number:	FM600H316102
Software Version:	3.3.6(GW)	Hardware Version:	1.4.5(a)
MAC Address:	000E08CFD073	Client Certificate:	Installed
Customization:	Open		

**System Status**

Current Time:	4/6/2009 18:56:17	Elapsed Time:	00:03:08
RTP Packets Sent:	0	RTP Bytes Sent:	0
RTP Packets Recv:	0	RTP Bytes Recv:	0
SIP Messages Sent:	43	SIP Bytes Sent:	16248
SIP Messages Recv:	12	SIP Bytes Recv:	5535
External IP:			

**Line 1 Status**

Hook State:	On	Registration State:	Registered
Last Registration At:	4/6/2009 18:54:11	Next Registration In:	112 s
Message Waiting:	No	Call Back Active:	No
Last Called Number:		Last Caller Number:	
Mapped SIP Port:			
Call 1 State:	Idle	Call 2 State:	Idle
Call 1 Tone:	None	Call 2 Tone:	None
Call 1 Encoder:		Call 2 Encoder:	
Call 1 Decoder:		Call 2 Decoder:	
Call 1 FAX:		Call 2 FAX:	
Call 1 Type:		Call 2 Type:	

Σχήμα 5.13 : Κεντρικό menu Spa3102

Στη συνέχεια επιλέγουμε το tab Line 1 και συμπληρώνουμε τα στοιχεία που απαιτούνται σύμφωνα με το αντίστοιχο extension που δημιουργήσαμε στο trixbox.

**SIP Settings**

SIP Port:	5061	SIP 100REL Enable:	no
EXT SIP Port:		Auth Resync-Reboot:	yes
SIP Proxy-Require:		SIP Remote-Party-ID:	yes
SIP GUID:	no	SIP Debug Option:	none
RTP Log Intvl:	0	Restrict Source IP:	no
Referor Bye Delay:	4	Refer Target Bye Delay:	0
Referee Bye Delay:	0	Refer-To Target Contact:	no
Sticky 183:	no		

**Call Feature Settings**

Blind Attn-Xfer Enable:	no	MOH Server:	
Xfer When Hangup Conf:	yes		

**Proxy and Registration**

Proxy:	192.168.1.11		
Outbound Proxy:			
Use Outbound Proxy:	no	Use OB Proxy In Dialog:	yes
Register:	yes	Make Call Without Reg:	no
Register Expires:	240	Ans Call Without Reg:	no
Use DNS SRV:	no	DNS SRV Auto Prefix:	no
Proxy Fallback Intvl:	390	Proxy Redundancy Method:	Normal
Voice Mail Server:		Mailbox Subscribe Expires:	2147483647

**Subscriber Information**

Display Name:	spa3102	User ID:	103
Password:	*****	Use Auth ID:	no
Auth ID:			
Mini Certificate:			
SRTP Private Key:			

Σχήμα 5.14 : Συμπλήρωση στοιχείων στο Line 1

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> Μετρήσεις

### 6.1 Προγράμματα μετρήσεων

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν δύο προγράμματα, το Wireshark και το CommView. Με το πρώτο έγινε η καταγραφή των κλήσεων και μια πρώτη ανάλυση αποτελεσμάτων και με το δεύτερο έγινε πιο λεπτομερής εξέταση. Και τα δύο προγράμματα δίνουν στον χρήστη την δυνατότητα να δουλέψει με το ίδιο αρχείο, σώζοντάς το στην κατάλληλη μορφή ανάλογα με το πρόγραμμα που θέλει να δουλέψει, κάτι πολύ εύχρηστο.

#### 6.1.1 WIRESHARK

Το wireshark είναι ένα πρόγραμμα που επιτρέπει την καταγραφή και την ανάλυση όλων των ειδών traffic που διέρχονται σε ένα δίκτυο σε πραγματικό χρόνο. Έχει εκδόσεις τόσο για windows όσο και για linux και είναι δωρεάν. Έχει ξεκινήσει από το 1998 με το όνομα Ethereal. Υποστηρίζει την πλειονότητα των πρωτοκόλλων επικοινωνίας πράγμα που το κάνει ένα ιδανικό εργαλείο για να μπορέσει κάποιος να κάνει λεπτομερή καταγραφή του είδους του traffic που διέρχεται ανά πάσα στιγμή από το δίκτυο του.

Ανάμεσα στα άλλα πρωτόκολλα, το wireshark μπορεί να αναγνωρίσει το SIP που χρησιμοποιείται και από το trixbox, να καταγράψει τις συνομιλίες και την κίνηση των πακέτων κατά τη διάρκεια όλης της συνομιλίας με όλες τις λεπτομέρειες.

Μέσω της ανάλυσης από το wireshark μπορούμε να δούμε τα χαμένα πακέτα που τυχόν είχαμε σε μία κλήση, το πλήθος των πακέτων που ήρθε με λάθος σειρά, να δούμε τον χρόνο που έκανε το κάθε ένα πακέτο να φτάσει στον προορισμό του και τέλος μας δίνεται η δυνατότητα να δούμε τον Delta time κάθε πακέτου. Delta time είναι ο χρόνος που πρέπει να μεσολαβεί μεταξύ των πακέτων κατά την αποστολή ή λήψη τους. Αυτός ο χρόνος καθορίζεται από τον codec που έχουμε επιλέξει.

Επειδή το trixbox είναι στημένο στην διανομή Linux CentOS 5.5 έχουμε την δυνατότητα να εγκαταστήσουμε το wireshark για την καταγραφή των VoIP κλήσεων. Στη συνέχεια, για την ανάλυση αυτών των κλήσεων, θα μεταφέρουμε το αρχείο με τις καταγραμμένες κλήσεις από το pc με το trixbox σε ένα άλλο pc με windows.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων έγιναν κλήσεις σε σταθερά τηλέφωνα κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Με, και χωρίς άλλου είδους traffic, ταυτόχρονα περισσότερες

από μια κλήσεις, μειώνοντας τους διαθέσιμους πόρους στο pc που τρέχει το trixbox, αλλάζοντας codec και αλλάζοντας συσκευές.

### 6.1.2 CommView

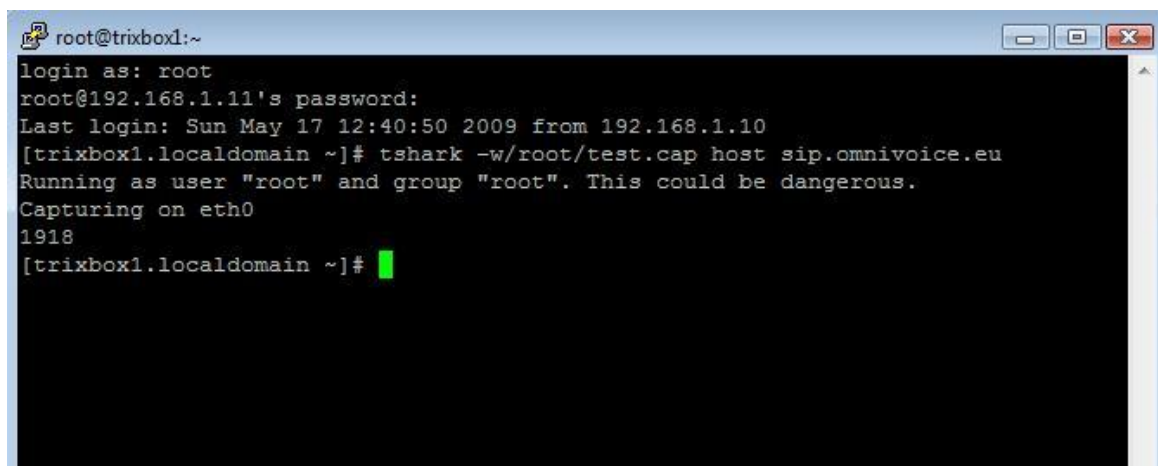
Η εταιρεία Tamo Soft έχει αναπτύξει το πρόγραμμα CommView (<http://www.tamos.com/products/commview/>) το οποίο κάνει και αυτό ανάλυση μεταφοράς δεδομένων σε ένα δίκτυο αλλά είναι προσανατολισμένο για επεξεργασία δεδομένων από VoIP κλήσεις.

Αναγνωρίζει και αυτό, όπως και το wireshark μια μεγάλη ομάδα πρωτοκόλλων αλλά δίνει επιπλέον περαιτέρω στοιχεία για εξέταση όπως average bandwidth που “κατανάλωσαν” τα πακέτα, MOS score και R-value. Επίσης εμφανίζει λεπτομερή διαγράμματα για jitter, packet loss κλπ.

Για τις ανάγκες τις εργασίας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμαστική έκδοση των 30 ημερών, που είναι όμως πλήρως λειτουργική.

## 6.2 Λήψη μετρήσεων

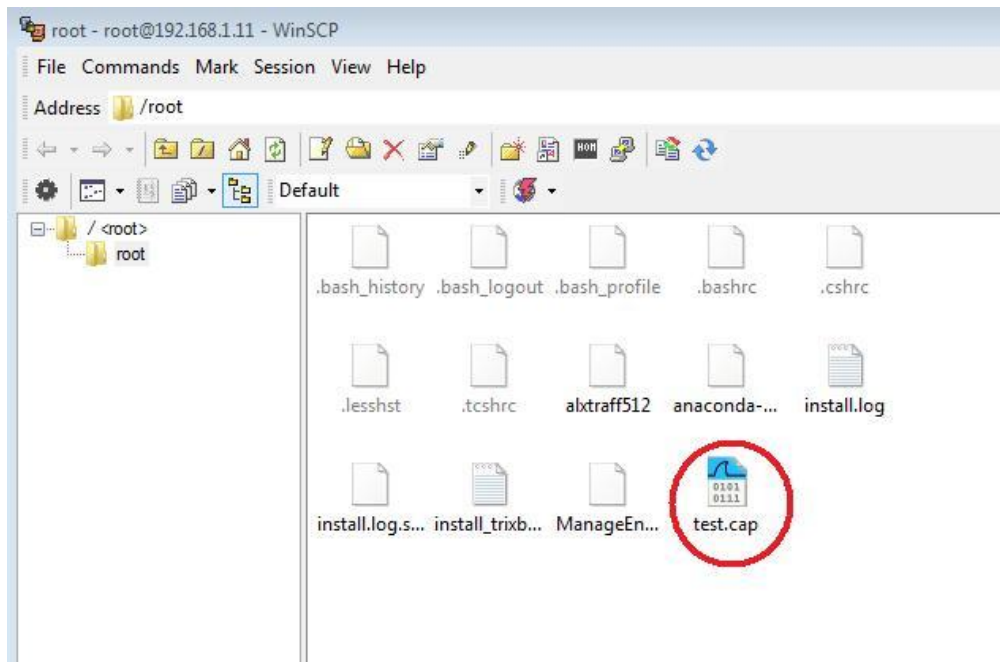
Για να γίνει η καταγραφή των δεδομένων μιας κλήσης και η μετέπειτα επεξεργασία της ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Η εγκατάσταση του Wireshark στον υπολογιστή με το trixbox ξεκινάει να καταγράφει όλα τα πακέτα.



```
root@trixbox1:~  
login as: root  
root@192.168.1.11's password:  
Last login: Sun May 17 12:40:50 2009 from 192.168.1.10  
[trixbox1.localdomain ~]# tshark -w/root/test.cap host sip.omnivoice.eu  
Running as user "root" and group "root". This could be dangerous.  
Capturing on eth0  
1918  
[trixbox1.localdomain ~]# █
```

Σχήμα 6.1 : Διαδικασία καταγραφής πακέτων με το Wireshark

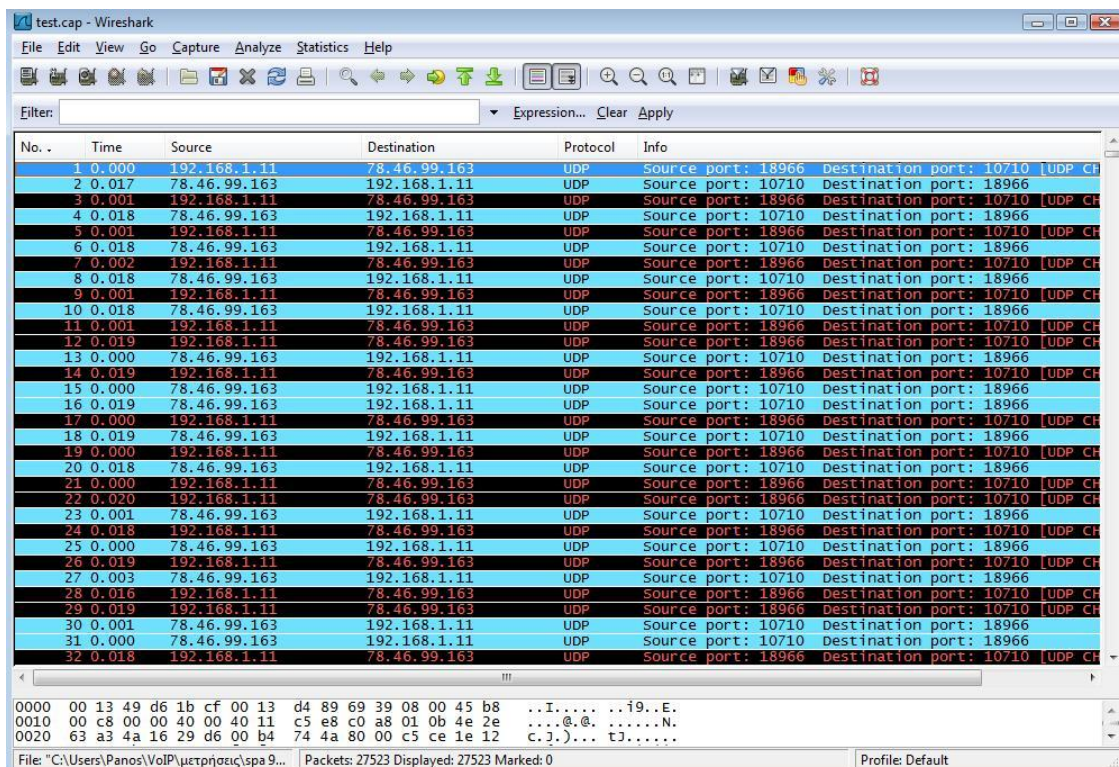
Στη συνέχεια βρίσκουμε το αρχείο από τη θέση στην οποία έχει δημιουργηθεί και το μεταφέρουμε στο pc που θα δουλέψουμε.



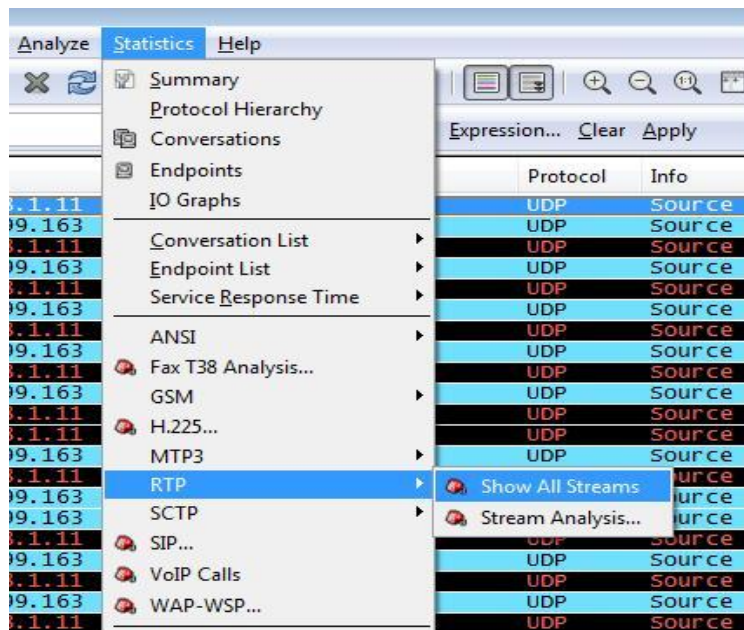
Σχήμα 6.2 : Εύρεση αρχείου τύπου wireshark

Από αυτόν τον υπολογιστή, μέσω των προγραμμάτων Wireshark και CommView, θα επεξεργαστούμε το αρχείο που μας ενδιαφέρει και θα βγάλουμε τα συμπεράσματά μας αναλύοντας τα δεδομένα που μας κάνουν διαθέσιμα.

Πρώτα φορτώνουμε το αρχείο στο Wireshark και αφού ανοίξει επιλέγουμε Statistics → RTP → show all streams

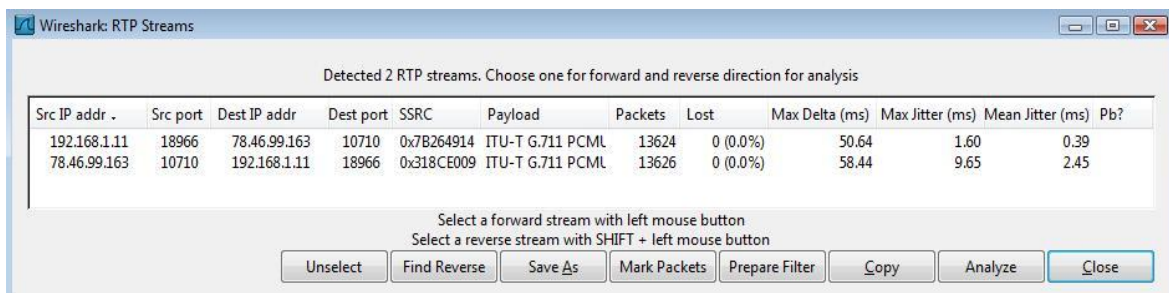


Σχήμα 6.3 : Δείγμα επεξεργασίας αρχείου με wireshark



**Σχήμα 6.4 : Διαδικασία εύρεσης RTP διαδρομών**

Τώρα μας έχει εμφανιστεί ένα παράθυρο που μας δείχνει πόσες διαδρομές πακέτων καταγράφηκαν από το πρόγραμμα καθώς και μια συνολική εικόνα για το πόσα πακέτα στάλθηκαν, το packet loss, max και mean jitter, ποιος codec χρησιμοποιήθηκε, κλπ.



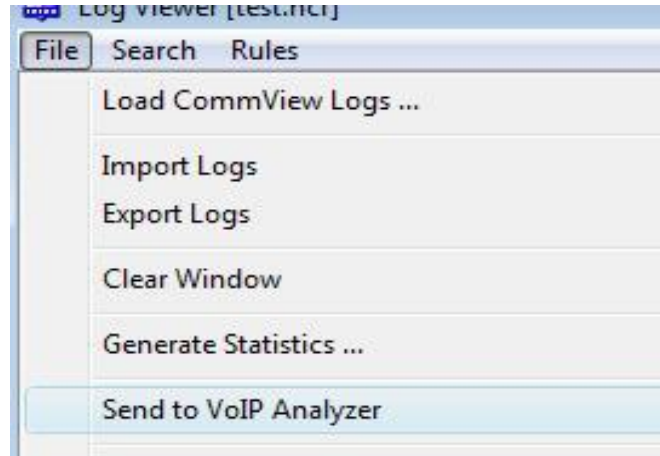
**Σχήμα 6.5 : Γενικές πληροφορίες των RTP διαδρομών**

Για να δούμε πληροφορίες σχετικά με το κάθε πακέτο ξεχωριστά, επιλέγουμε τη διαδρομή που θέλουμε και πατάμε Analyze.



## Σχήμα 6.7 : Δείγμα επεξεργασίας αρχείου με CommView

Από εδώ πατάμε File → Send to VoIP Analyzer.



Σχήμα 6.8 : Διαδικασία ανάλυσης VoIP κλήσεων

Στο νέο παράθυρο που άνοιξε μπορούμε να δούμε και εδώ στοιχεία για packet loss, average bandwidth που κατανάλωσαν τα πακέτα, καθώς και τους βαθμούς στις κλίμακες MOS και E – model.

Start Time	End Time	Duration	RTP Packet Count	Average Bandwidth (kbps)	Total Traffic (bytes)	Max Jitter (ms)	Lost Packets	MOS Score	R-Factor	Duplicate Packets	Sequence Number
39:31 μμ	4:44:03 μμ	0:04:32,5	13626	83,59	2.915.964	9,65	0	4,4	93,2	0	
39:31 μμ	4:44:03 μμ	0:04:32,5	13624	83,57	2.915.536	1,60	0	4,4	93,2	0	

Pac...	Time	Time Int...	SSRC	Seq...	RTP Times...	Payload Name	Jitter (ms)	Marker
1	16:39:31,109691	0,000000	831315977	15145	499814848	ITU-T G.711 P...	0,00	
2	16:39:31,129774	0,020083	831315977	15146	499815008	ITU-T G.711 P...	0,01	
3	16:39:31,149370	0,019596	831315977	15147	499815168	ITU-T G.711 P...	0,03	
4	16:39:31,170296	0,020926	831315977	15148	499815328	ITU-T G.711 P...	0,09	
5	16:39:31,190007	0,019711	831315977	15149	499815488	ITU-T G.711 P...	0,10	
6	16:39:31,211686	0,021679	831315977	15150	499815648	ITU-T G.711 P...	0,20	
7	16:39:31,231707	0,020021	831315977	15151	499815808	ITU-T G.711 P...	0,19	
8	16:39:31,250894	0,019187	831315977	15152	499815968	ITU-T G.711 P...	0,23	
9	16:39:31,271071	0,020177	831315977	15153	499816128	ITU-T G.711 P...	0,22	
10	16:39:31,290789	0,019718	831315977	15154	499816288	ITU-T G.711 P...	0,23	
11	16:39:31,312475	0,021686	831315977	15155	499816448	ITU-T G.711 P...	0,32	
12	16:39:31,331702	0,019227	831315977	15156	499816608	ITU-T G.711 P...	0,35	
13	16:39:31,355641	0,023959	831315977	15157	499816768	ITU-T G.711 P...	0,57	
14	16:39:31,392369	0,036728	831315977	15158	499816928	ITU-T G.711 P...	1,58	
15	16:39:31,393269	0,000900	831315977	15159	499817088	ITU-T G.711 P...	2,68	
16	16:39:31,412022	0,018753	831315977	15160	499817248	ITU-T G.711 P...	2,59	
17	16:39:31,440791	0,028769	831315977	15161	499817408	ITU-T G.711 P...	2,97	
18	16:39:31,452924	0,012133	831315977	15162	499817568	ITU-T G.711 P...	3,28	
19	16:39:31,473370	0,020446	831315977	15163	499817728	ITU-T G.711 P...	3,10	
20	16:39:31,494306	0,020936	831315977	15164	499817888	ITU-T G.711 P...	2,97	
21	16:39:31,514014	0,019708	831315977	15165	499818048	ITU-T G.711 P...	2,80	
22	16:39:31,532988	0,018974	831315977	15166	499818208	ITU-T G.711 P...	2,69	
23	16:39:31,553446	0,020458	831315977	15167	499818368	ITU-T G.711 P...	2,55	
24	16:39:31,573407	0,019961	831315977	15168	499818528	ITU-T G.711 P...	2,39	

Σχήμα 6.9 : Ανάλυση δεδομένων VoIP κλήσεων



Από το tab charts μπορούμε να δούμε τα διαγράμματα που μας ενδιαφέρουν.



Σχήμα 6.10 : Παράδειγμα jitter διαγράμματος

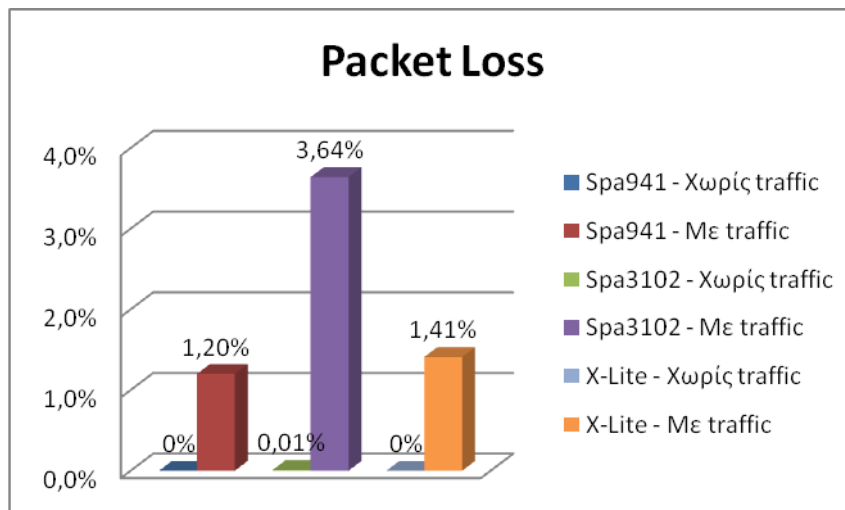
### 6.3 Αποτελέσματα

Για να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή ποιότητα σε μια VoIP κλήση θα πρέπει το packet loss να είναι στο 0% και ο χρόνος jitter να είναι ο μικρότερος δυνατός. Αυτό θα έχει θεωρητικά σαν αποτέλεσμα την καλή ποιότητα κάτι το οποίο συνεπάγεται μεγάλους βαθμούς στις κλίμακες MOS και E – model. Κάτι το οποίο αποδεικνύεται και πειραματικά κάνοντας κλήση χωρίς άλλου είδους traffic, και χρησιμοποιώντας για codec τον G.711 που είναι κοινά αποδεκτός ως ο καλύτερος για VoIP κλήσεις.

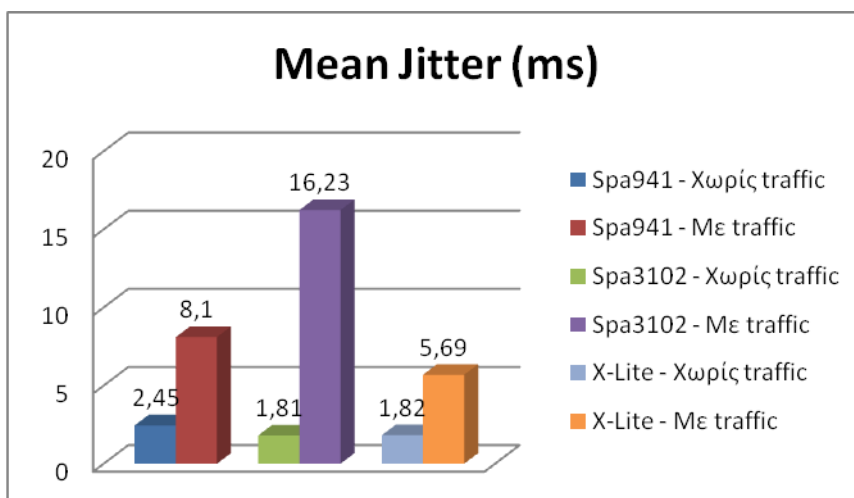
Αυτό που ήταν το πρώτο για να ελεγχθεί αν και κατά πόσο επηρεάζει μια VoIP κλήση ήταν η ταυτόχρονη ύπαρξη και άλλου είδους traffic, κατά τη διάρκεια της κλήσης. Για να γίνει αυτό έγινε από μια κλήση με το κάθε τηλέφωνο, με traffic δημιουργημένο από download με torrents και χρησιμοποιώντας τον codec G.711 και στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα με αυτά που έδωσαν κλήσεις με τον ίδιο codec αλλά χωρίς άλλο traffic.

**Πίνακας 6.1 : Σύγκριση αποτελεσμάτων με και χωρίς traffic**

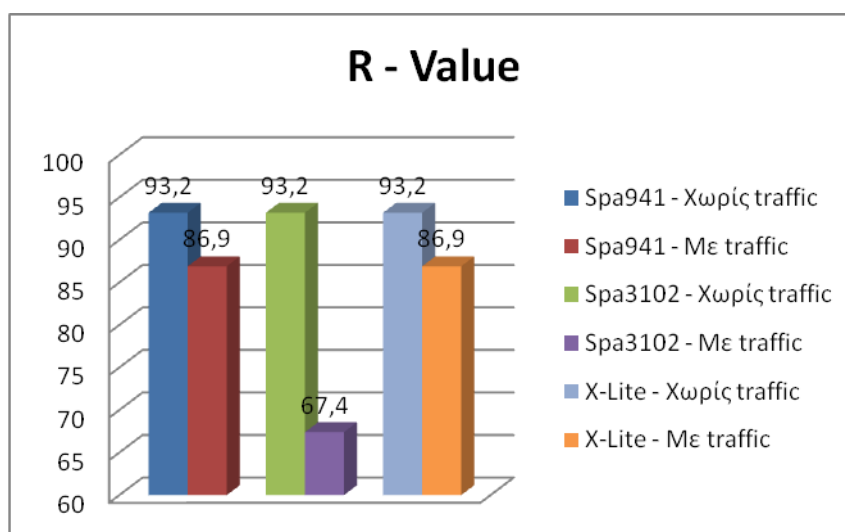
Εξοπλισμός	Spa941		Spa3102		X-Lite	
VoIP	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Traffic	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Packet Loss	0%	1,2%	0,01%	3,64%	0%	1,41%
Mean Jitter(ms)	2,45	8,1	1,81	16,23	1,82	5,69
MOS score	4,4	4,2	4,4	3,5	4,4	4,2
R - Value	93,2	86,9	93,2	67,4	93,2	86,9



**Σχήμα 6.11 : Σύγκριση packet loss σε κλήσεις με και χωρίς traffic**



**Σχήμα 6.12 : Σύγκριση mean jitter σε ms σε κλήσεις με και χωρίς traffic**



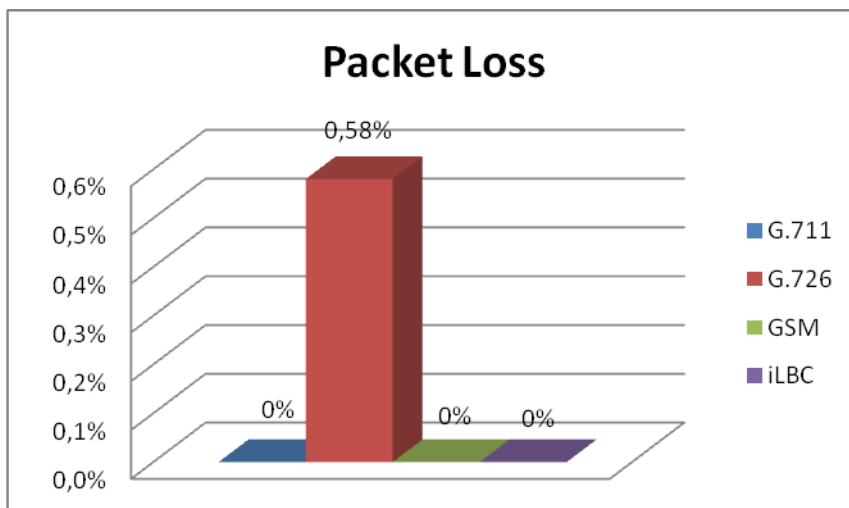
**Σχήμα 6.13 : Σύγκριση R – value σε κλήσεις με και χωρίς traffic (μεγαλύτερος βαθμός σημαίνει καλύτερη ποιότητα)**

Από τα παραπάνω εύκολα συμπεραίνουμε ότι με ταυτόχρονο traffic η κλήση μας δεν θα είναι καλή και πράγματι υπήρχαν διακοπές στην ομιλία και από τις δύο πλευρές και αρκετή καθυστέρηση.

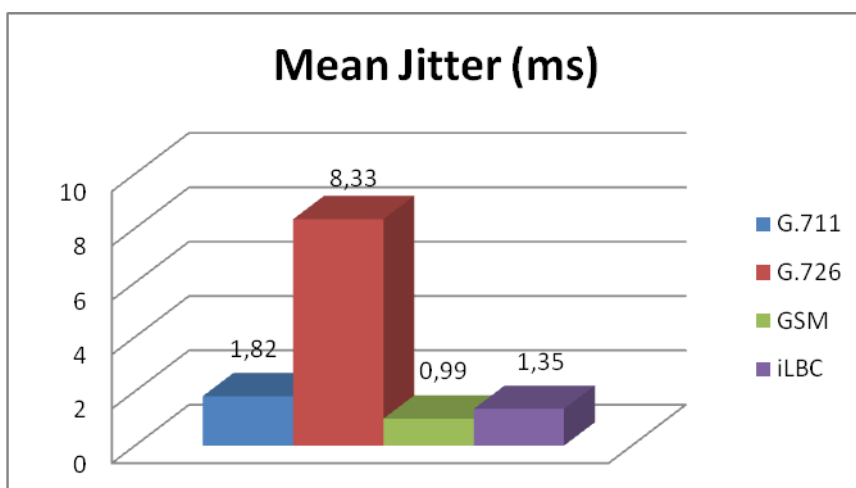
Στη συνέχεια εξετάστηκε το πόσο επηρεάζει την VoIP κλήση, ο εκάστοτε codec που θα χρησιμοποιηθεί. Για αυτόν τον σκοπό εξετάστηκαν 4 codecs, οι G.711, G.726, GSM και iLBC. Όλες οι κλήσεις έγιναν, χωρίς traffic, μέσω του X-Lite καθώς ήταν το μόνο που υποστήριζε και τους 4 codecs.

**Πίνακας 6.2 : Σύγκριση διαφορετικών Codec**

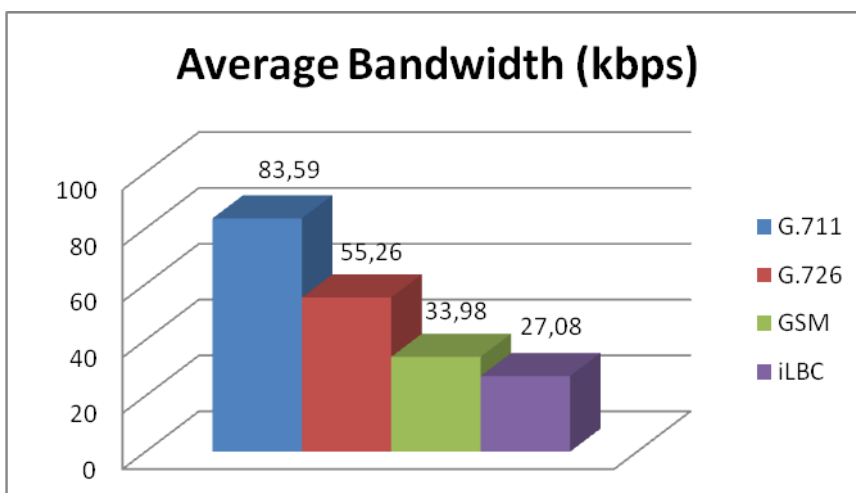
Codec	G.711	G.726	GSM	iLBC
<b>Packet loss</b>	0%	0.58%	0%	0%
<b>Mean Jitter(ms)</b>	1,82	8,33	0,99	1,35
<b>Av. Bandwidth (kbps)</b>	83,59	55,26	33,98	27,08
<b>MOS score</b>	4,4	4,1	3,7	4,1
<b>R – Value</b>	93,2	83,3	73,2	81,2



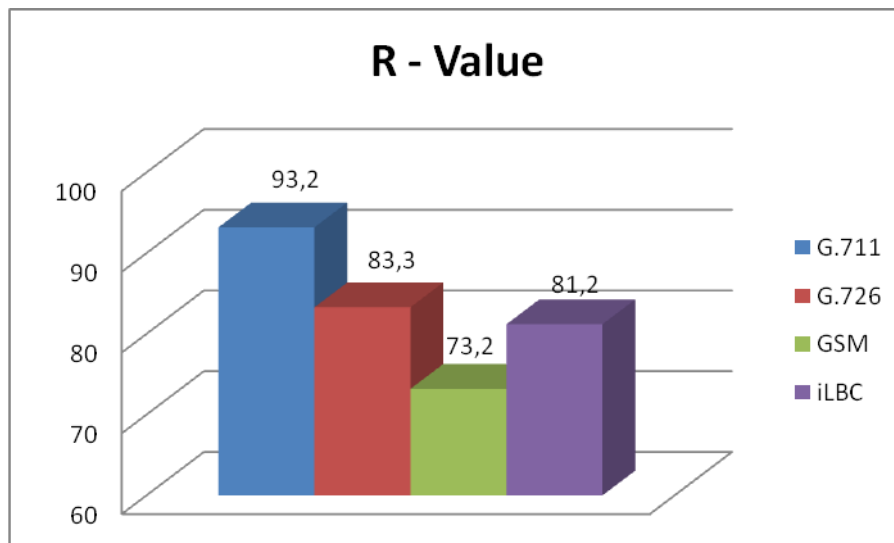
Σχήμα 6.14 : Σύγκριση packet loss με χρήση διαφορετικών codecs



Σχήμα 6.15 : Σύγκριση mean jitter σε ms με χρήση διαφορετικών codecs



Σχήμα 6.16 : Σύγκριση μέσου μεγέθους σε Kbps πακέτων με χρήση διαφορετικών codecs



**Σχήμα 6.17 : Σύγκριση R – value με χρήση διαφορετικών codecs**

Από τις πιο πάνω μετρήσεις, παρά το μικρό ποσοστό packet loss στον G.726, βλέπουμε ότι θεωρητικά και οι 4 codec τα πάνε το ίδιο καλά. Όμως οι βαθμοί που καταγράφονται στις κλίμακες MOS και E – model είναι διαφορετικοί και δείχνουν ότι τελικά δεν κάνουν όλοι την ίδια καλή δουλειά. Αυτό γίνεται εξαιτίας των αλγόριθμων που χρησιμοποιούνται από τους codecs, τη διαφορετική τεχνική ψηφιοποίηση δεδομένων, τη διαφορετική συχνότητα δειγματοληψίας κλπ.

Βλέπουμε ότι ο G.711 που πετυχαίνει τον μεγαλύτερο βαθμό, αλλά και πρακτικά ήταν ο καλύτερος, καταναλώνει το περισσότερο bandwidth από τους 4. Εκτός από την κλήση με τον G.711, στις άλλες υπήρξαν κάποιες λίγες, αλλά αισθητές διακοπές, ακουγόntonταν “χιόνια”, η ομιλίες δεν ήταν καθαρές γενικά σε όλη τη διάρκεια της κλήσης, και υπήρξε σε κάποια σημεία πρόβλημα με ηχώ.

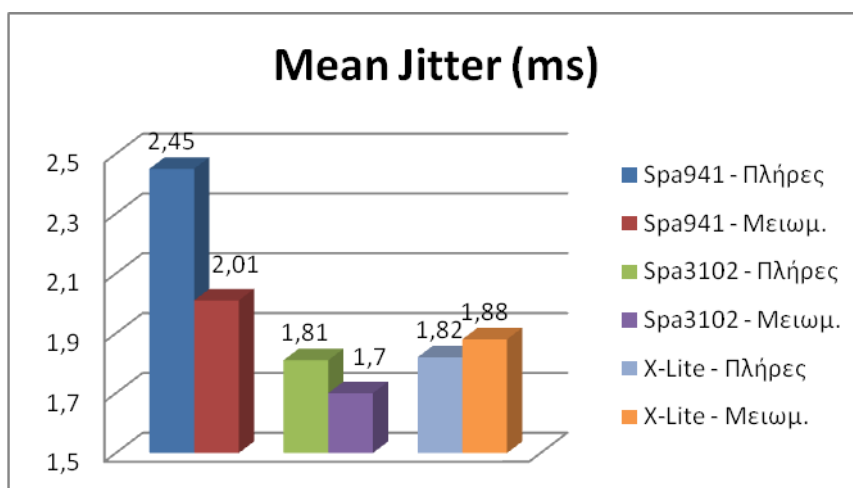
Το πλεονέκτημα όμως των άλλων codecs έχει να κάνει με το bandwidth που απαιτούν από τη γραμμή του χρήστη. Στις μέρες βέβαια είναι λίγοι οι χρήστες του internet που δεν έχουν αναβαθμίσει τις γραμμές τους σε DSL, οπότε πρακτικά με την επιλογή του codec G.711, ο χρήστης της VoIP τεχνολογίας έχει εξασφαλιστεί από αυτόν τον παράγοντα. Η επιλογή κάποιου άλλου codec θα βοηθήσει τους “μη προνομιούχους” κατόχους DSL συνδέσεων και σίγουρα βοήθησε πολύ και στα προηγούμενα χρόνια που κάθε Kbit ήταν υπολογίσιμο.

Τρίτος παράγοντας που εξετάστηκε ήταν οι διαθέσιμοι πόροι του υπολογιστή που έτρεχε το VoIP τηλεφωνικό κέντρο trixbox. Και εδώ έγιναν από μία κλήση από κάθε

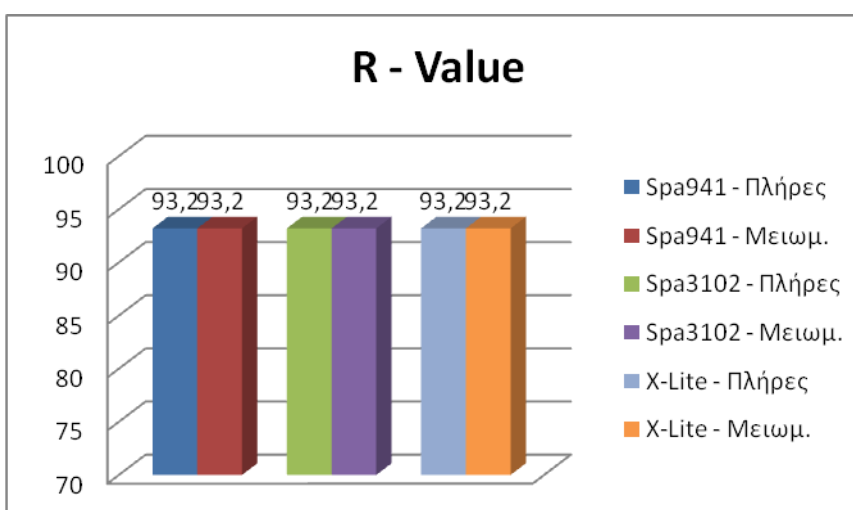
τηλέφωνο, χωρίς traffic και με codec τον G.711 αλλά τώρα, στο pc με το trixbox μειώθηκε η διαθέσιμη μνήμη RAM από 2 gbs σε 512 mbs και η ταχύτητα της CPU από 1,8 Ghz σε 1,2 Ghz.

**Πίνακας 6.3 : Σύγκριση διαθέσιμων πόρων**

Εξοπλισμός VoIP	Spra941		Spra3102		X-Lite	
	Πλήρες	Μειωμ.	Πλήρες	Μειωμ.	Πλήρες	Μειωμ.
Σύστημα						
Packet Loss	0%	0%	0,01%	0%	0%	0%
Mean Jitter(ms)	2,45	2,01	1,81	1,7	1,82	1,88
MOS score	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
R - Value	93,2	93,2	93,2	93,2	93,2	93,2



**Σχήμα 6.18 : Σύγκριση mean jitter σε ms σε διαφορετική σύνθεση server**



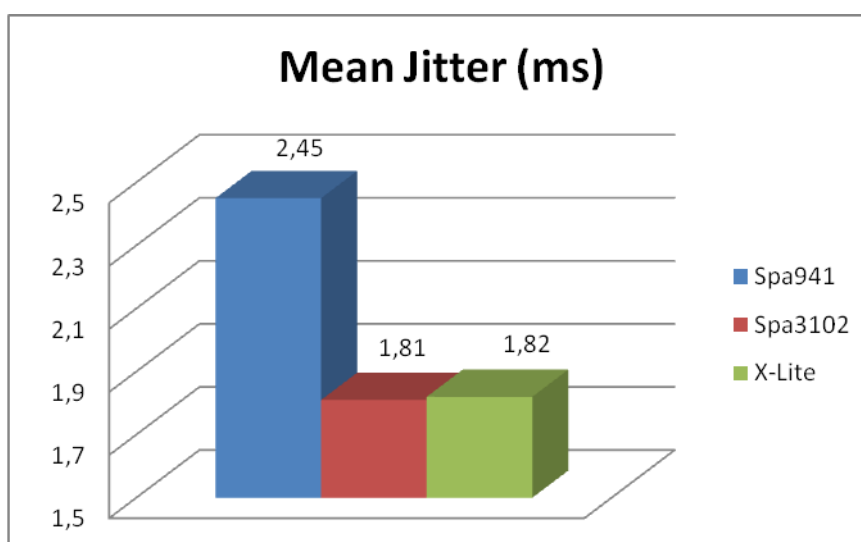
**Σχήμα 6.19 : Σύγκριση R – value σε διαφορετική σύνθεση server**

Σε αυτή την περίπτωση οι μετρήσεις μας δείχνουν ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα. Υπάρχει όμως ένα θέμα με τις ταυτόχρονες κλήσεις που θα μπορούσε να εξυπηρετήσει το μηχάνημα ανά πάσα στιγμή. Είναι βέβαιο ότι κάθε κλήση δεσμεύει ένα “τιμήμα” από τους διαθέσιμους πόρους του συστήματος. Λόγω κόστους των συσκευών όμως, δεν ήταν εφικτό να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες που θα μας έδειχναν ένα όριο στις πόσες κλήσεις μπορεί να “σηκώσει” ο server του trixbox.

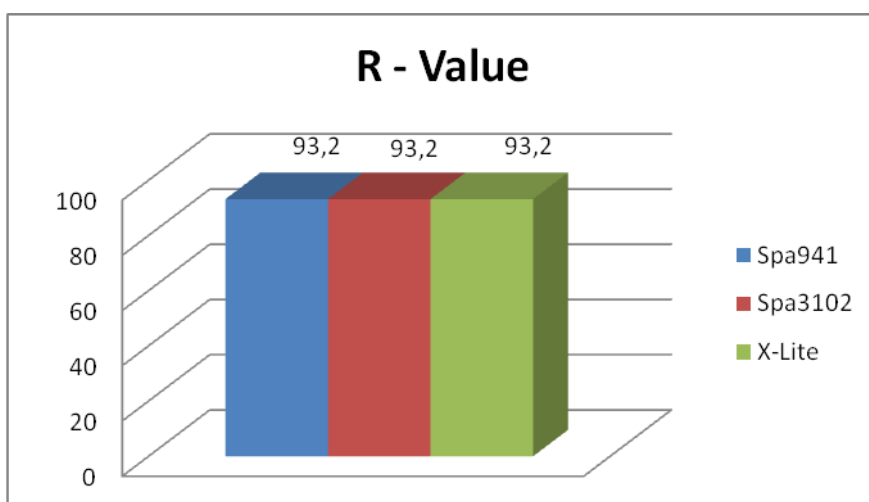
Τέλος, θα εξετάσουμε το αν ο εξοπλισμός VoIP που χρησιμοποιήθηκε μπορούσε να επηρεάσει τις κλήσεις. Έγινε πάλι τρεις κλήσεις, μία από κάθε τηλέφωνο, χωρίς ταυτόχρονα να υπάρχει άλλο traffic, και ο codec ήταν ο G.711.

**Πίνακας 6.4 : Σύγκριση VoIP εξοπλισμού**

Εξοπλισμός VoIP	Spa941	Spa3102	X-lite
<b>Packet loss</b>	0%	0,01%	0%
<b>Mean Jitter (ms)</b>	2,45	1,81	1,82
<b>MOS score</b>	4,4	4,4	4,4
<b>R - Value</b>	93,2	93,2	93,2



**Σχήμα 6.20 : Σύγκριση mean jitter σε ms με χρήση διαφορετικού εξοπλισμού**



**Σχήμα 6.21 : Σύγκριση R-value με χρήση διαφορετικού εξοπλισμού**

Αν και με το ATA Spa3102 καταγράφηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό packet loss στην πράξη δεν παρατηρήθηκε κάτι κατά τη διάρκεια της κλήσης και έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο εξοπλισμός που θα επιλέξουμε δεν θα αλλοιώσει την ποιότητα των κλήσεών μας.

#### **6.4 Συμπεράσματα μετρήσεων**

Από τις πιο πάνω μετρήσεις, αν και δεν ήταν δυνατόν να αξιολογηθούν όλες οι παράμετροι που παίζουν ρόλο στην τελική ποιότητα που έχει μια VoIP κλήση, μπορούν να βγουν αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία καλύπτουν την πλειονότητα των απλών χρηστών και ίσως σε έναν ποσοστό και κάποιους που θα θέλουν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της VoIP τεχνολογίας στην επιχείρησή τους.

Ότι μας έδειξε η θεωρητική μελέτη, για το τι μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα μιας VoIP κλήσης, αυτό επιβεβαιώθηκε και με την πειραματική μελέτη. Η VoIP τεχνολογία είναι άμεσα εξαρτημένη από την γρήγορη ανταπόκριση και μετάδοση των δεδομένων κάτι το οποίο είναι σε μεγάλο ποσοστό αποτέλεσμα από τις σωστές επιλογές του χρήστη και τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυό του.

Από τους παράγοντες που είχαμε τη δυνατότητα να εξετάσουμε αν και σε ποιο βαθμό είναι σε θέση να επιδράσουν στην τηλεφωνία μέσω internet, βλέπουμε ότι αυτοί είναι κυρίως το ταυτόχρονο επιπλέον traffic και οι χρησιμοποιούμενοι codecs. Το καλό είναι ότι στις μέρες μας με την εξέλιξη της τεχνολογίας ο κάθε χρήστης με λίγες βασικές



γνώσεις πάνω στο VoIP θα είναι σε θέση και μόνος του να πετύχει τις βέλτιστες συνθήκες κατά τη διάρκεια των κλήσεων έτσι ώστε να μην αλλοιώνεται η ποιότητά τους.

Από τη στιγμή που πλέον όλοι οι πάροχοι internet ανακοινώνουν συνεχώς νέες μειώσεις στις υπάρχουσες διαθέσιμες γραμμές ή αύξηση του παρεχόμενου bandwidth, και είναι υπαρκτή η προσπάθεια τους να κάνουν διαθέσιμες τις υπηρεσίες τους σε όσες περισσότερες περιοχές μπορούν, είναι εύκολο για τον υποψήφιο χρήστη internet και VoIP υπηρεσιών να λύσει με μικρό κόστος τον πρόβλημα με τον παράγοντα bandwidth.

Όσο αναφορά τον codec που θα χρησιμοποιηθεί, ο G.711 που είναι ο καλύτερος μέχρι στιγμής για χρήση σε VoIP κλήσεις, υποστηρίζει από τους περισσότερους VoIP παρόχους και τις περισσότερες επιλογές του VoIP εξοπλισμού. Αυτό είναι σημαντικό γιατί είναι κάτι που μπορεί εξ αρχής να ενεργοποιηθεί και να μην χρειάζεται από την μεριά του ο χρήστης να χάσει χρόνο και χρήμα στην προσπάθειά του να βρει τη βέλτιστη λύση σε αυτόν τον τομέα. Βέβαια σε περίπτωση που ο χρήστης VoIP υπηρεσιών δεν διαθέτει σύνδεση με μεγάλο διαθέσιμο bandwidth τότε θα έχει να αντιμετωπίσει πρόβλημα σχετικά με την επιλογή codec. Αυτό που προκύπτει είναι ότι όσο πιο μεγάλο σε μέγεθος το κάθε πακέτο, τόσο καλύτερος και καθαρότερος είναι ο ήχος. Αυτό γιατί γίνεται καλύτερη κωδικοποίηση με μικρότερη συμπίεση κάτι που ευνοεί την ποιότητα. Codec που τα παραγόμενα πακέτα είναι μικρά σε μέγεθος, υστερούν στην ποιότητα, γιατί ο σκοπός τους είναι να ανταπεξέλθουν με ελάχιστη χρήση πόρων.

Πλέον υπάρχει στη διαθεσιμότητα των χρηστών μια μεγάλη ποικιλία τόσο από software και hardware όσο και παρόχων, που μπορούν άνετα να καλύψουν όλες τις ανάγκες των χρηστών σε θέματα τηλεφωνίας και υπηρεσιών. Έτσι, ο κάθε ένας διαθέτοντας κάποιον χρόνο στη μελέτη για την κατανόηση της VoIP τεχνολογίας και το τι μπορεί να του προσφέρει, μπορεί να είναι σε θέση να αναζητήσει τις λύσεις που του ταιριάζουν και ικανοποιούν τις ανάγκες του. Πιο πολύ ο πάροχος όπως και ο εξοπλισμός, θα επηρεάσουν την πρακτική ευκολία και το τελικό κόστος προς τον χρήστη, παρά είναι σε θέση να επηρεάσουν το ηχητικό αποτέλεσμα σε μια VoIP κλήση.

Έχοντας λύσει τα παραπάνω θέματα, τα οποία απαιτούν κάποιο χρόνο κυρίως για τη σωστή ενημέρωση του χρήστη αυτό το οποίο μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα ανά πάσα στιγμή και ίσως χωρίς να το καταλαβαίνει ο χρήστης είναι το θέμα του traffic. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που και άλλα άτομα αξιοποιούν διάφορες on line υπηρεσίες από την ίδια σύνδεση στο internet. Μπορεί πολύ εύκολα να δημιουργηθεί πρόβλημα το οποίο να μην μπορεί να ανακαλυφθεί και συνεπώς να λυθεί εγκαίρως.

Επίσης εύκολα μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα στις VoIP κλήσεις κάνοντας χρήση ενός VoIP τηλεφωνικού κέντρου όταν το μηχάνημα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως server δεν έχει επιλεγθεί με τα σωστά κριτήρια. Από τους διαθέσιμους πόρους αυτού του συστήματος, θα εξαρτηθεί το όριο των ταυτόχρονων κλήσεων που θα μπορεί να εξυπηρετεί ο server. Συνθέσεις παλαιότερης τεχνολογίας με λιγότερες δυνατότητες και κατ' επέκταση λιγότερους διαθέσιμους πόρους, θα είναι σε θέση να εξυπηρετούν λιγότερες κλήσεις, από σύνολο πιο “δυνατά”.

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> Συμπεράσματα

### 7.1 Γενικά συμπεράσματα

Εύκολα από όλα τα παραπάνω μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι VoIP κλήσεις και καλή ακουστική ποιότητα είναι κάτι το εφικτό. Ποιότητα μάλιστα που φτάνει τους συνηθισμένους PSTN παρόχους και μάλιστα με σημαντικά λιγότερη χρέωση.

Πρέπει όμως να ικανοποιηθούν πρώτα κάποιες συγκεκριμένες απαιτήσεις έτσι ώστε ο τελικός χρήστης να είναι σε θέση να απολαύσει την συγκριμένη υπηρεσία. Πρέπει να γίνουν κάποιες σωστές επιλογές από την αρχή, και έχουν να κάνουν με τη σύνδεση στο internet, τον πάροχο, τον VoIP εξοπλισμό, τον codec και πιθανώς τον server που θα χρησιμοποιηθεί. Αυτά είναι που μπορούν να επηρεάσουν αλλά με την κατάλληλη επιλογή από την πλευρά του χρήστη μπορεί να είναι σίγουρος ότι έχει κάνει τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό. Στη συνέχεια αυτό που πρέπει να προσεχθεί, και είναι κάτι το οποίο πρέπει να γίνεται για κάθε μία κλήση ξεχωριστά είναι η παρακολούθηση του traffic στο δίκτυο. Είναι κάτι που όσο καλά ρυθμισμένος και να είναι ο VoIP και ο internet εξοπλισμός του χρήστη, δυστυχώς για αυτόν, δεν μπορεί να τον βοηθήσει στην συγκεκριμένη περίπτωση.

Η VoIP τεχνολογία αν και στην Ελλάδα δεν έχει ακουστεί πολύ, στο εξωτερικό είναι ευρέως διαδεδομένη και χρησιμοποιείται από πολλούς χρήστες παγκοσμίως. Υπάρχουν φυσικά περιθώρια βελτίωσης ίσως όχι τόσο σε ότι αφορά την ποιότητα στις κλήσεις που θα πραγματοποιήσει ο τελικός χρήστης αλλά σε άλλα θέματα όπως κυρίως η ασφάλεια των δεδομένων στα πακέτα που διακινούνται κατά τη διάρκεια μιας κλήσεις και η εξασφάλιση της υπάρχουσας ποιότητας αλλά με την δυνατότητα για ταυτόχρονη αποστολή εκτός του ήχου και άλλου είδους traffic π.χ. stream video, σε μια κλήση.

## 7.2 Περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα εργασία, λόγω σημαντικής αύξησης του κόστους, δεν ήταν δυνατόν να αξιολογηθούν και να δοκιμαστούν περισσότεροι του ενός VoIP παρόχων. Κάτι το οποίο έχει αρκετό ενδιαφέρον καθώς υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ τους τόσο σε επίπεδο τιμών όσο και σε παρεχόμενων υπηρεσιών, πέρα αυτής της πραγματοποίησης VoIP κλήσεων.

Ένα ακόμα θέμα που θα είχε ενδιαφέρον να δούμε είναι το πόσο καλά θα μπορούσε να ανταπεξέλθει ο server του trixbox με ταυτόχρονες κλήσεις, κάτι το οποίο πάλι λόγω κόστους δεν ήταν δυνατόν να μελετηθεί. Είναι όμως κάτι σημαντικό για εκείνους που θέλουν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες μιας τέτοιας δομής για επαγγελματικούς σκοπούς.

## Βιβλιογραφία

### Βιβλία – white papers

- David Gomillion, Barrie Dempster, “Building telephony systems with Asterisk”, PACKT publishing, 09/2005
- Barrie Dempster, Kerry Garrison, “Trixbox Made Easy”, PACKT publishing, 09/2006
- William C. Hardy, “VoIP Service Quality – Measuring and evaluating packet-switched voice”, McGraw Hill, 2003
- Jonathan Davidson, James Peters, “Voice over IP Fundamentals”, Cisco press, 2000
- Jonathan Davidson, James Peters, Manoj Bhatia, Satish Kalidindi, Sudipto Mukherjee, “Voice over IP Fundamentals, 2<sup>nd</sup> edition”, Cisco press, 06/2006
- Alan B. Johnston, Henry Sinnreich, “Internet Communications Using SIP, 2<sup>nd</sup> edition”, Wiley Publishing, 2006
- Farrel, Ash, Davie, Evans, Filsfils, Loshin, Medhi, Morrow, Perea, Peterson, Ramasmy, Strassner, Vijayananda, Wang, “Network Quality of Service – know it all”, Morgan Kaufmann publishers, 2009
- O. Hersent, J.P. Petit, D. Gurle, “Beyond VoIP protocols”, John Wiley & Sons, Ltd., 2005
- Syed A. Ahson, Mohammad Ilyas, “VoIP Handbook – Applications, Technologies, Reliability, and Security”, CRC Press, 2009
- Alan B. Johnston “SIP : understanding the Session Initiation Protocol 2<sup>nd</sup> edition”, Artech House, 2004
- An T. Le, “VoIP QoS monitoring”, ICONS – USF, 02/2008
- John Q. Walker, “A Handbook for Successful VoIP Deployment: Network Testing, QoS, and More”, NetIQ, 2002
- John Q. Walker, “Assessing VoIP Call Quality Using the E-model”, NetIQ, 2002
- Ben Teitelbaum, “VoIP and QoS – You can’t always get what you want”, VoIP workshop TAMU, 04/2002
- Leandro Carvalho, Edjair Mota, Regeane Aguiar, “An E-Model Implementation for Speech Quality Evaluation in VoIP Systems”, UFAM, 2005
- Chris Gallon, “Quality of Service for Next Voip networks”, MSF, 02/2003
- Henning Schulzrinne, “The Session Initiation Protocol”, Columbia University, 05/2001
- Parijat Garg, Rahul Singhai, “QoS in VoIP”
- Yuval Boger, “Fine-tuning Voice over Packet services”, RADCOM Ltd
- White Paper, “SmartMetrics the key to QoS Testing”, Spirent communications, 03/2003
- White Paper, “VoIP QoS”, advancedVoIP.com, 09/2006
- White Paper, “SIP : Protocol Overview”, Radivision, 2001
- White Paper, “Understanding SIP”, Ubiquity

## Internet

- <http://www.oreillynet.com/pub/a/network/2005/09/02/what-is-voip.html?page=1>
- <http://communication.howstuffworks.com/ip-telephony.htm>
- <http://voip.about.com/od/voipbasics/a/voipproblems.htm>
- <http://voip.about.com/od/voipbasics/a/ReasonsForVoIP.htm>
- <http://www.voiptroubleshooter.com/basics/mosr.html>
- <http://www.testyourvoip.com/faq.html>
- <http://www.en.voipforo.com/codec/codecs.php>
- <http://voip.about.com/od/voipbasics/a/voipcodecs.htm>
- <http://www.tech-faq.com/voip-codec.shtml>
- <http://www.ozvoip.com/voip-codecs/>
- <http://www.zensoftware.co.uk/3cx/tour/>
- <http://www.enterprisenetworkingplanet.com/netsp/article.php/3718831>
- [http://searchnetworking.techtarget.com/sDefinition/0,,sid7\\_gci1254183,00.html](http://searchnetworking.techtarget.com/sDefinition/0,,sid7_gci1254183,00.html)
- <http://voip.about.com/od/glossary/g/latency.htm>
- [http://www.tomax7.com/aplus/osi\\_model.htm](http://www.tomax7.com/aplus/osi_model.htm)
- <http://www.protocols.com/pbook/VoIPFamily.htm>
- <http://www.3cx.gr/voip-sip/sip.php>
- <http://www.voip-info.org/wiki/view/trixbox>
- <http://www.adslgr.com/forum/showthread.php?t=44147>
- <http://trixbox.org/wiki/trixbox-ce-faq>
- <http://trixbox.org/wiki/trixbox-features>
- <http://news.softpedia.com/news/trixbox-2-6-2-2-Released-104583.shtml>
- <http://trixbox.org/wiki/trixbox-quick-install-guide>
- <http://www.asterisk.org/support/about>
- <http://www.youtube.com/watch?v=ILrp8cm1pec>
- <http://www.wireshark.org/about.html>
- <http://openmaniak.com/wireshark.php>