



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου
Σχολή Τηλεπληροφορικής & Διοίκησης

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ VoIP
ΠΑΝΩ ΣΕ LANs & WANs**

Σπουδάστρια

Ιωάννα Πίσσαρη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια

Σγαρδώνη Βικτωρία

Νοέμβριος 2004

ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ VoIP
ΠΑΝΩ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ LANs & WANs

κεφάλαιο
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

κεφάλαιο
**2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΦΩΝΗΣ ΣΤΟ IP**

κεφάλαιο
3. QUALITY OF SERVICE

κεφάλαιο
4. ΠΡΟΤΥΠΑ VoIP & H.323

κεφάλαιο
5. CASE STUDY



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή

- 1.1 Μετάδοση φωνής πάνω από IP δίκτυα
- 1.2 Εφαρμογές VoIP
- 1.3 Εφαρμογές τύπου άμεσης αποστολής μηνυμάτων (instant messaging)
- 1.4 Στρατηγικές για υλοποίηση VoIP δικτύων
- 1.5 Τα συστήματα VoIP σήμερα
- 1.6 Πλεονεκτήματα
- 1.7 Προχωρημένες Εφαρμογές
- 1.8 Προβλήματα VOIP
- 1.9 Κερδισμένοι και Χαμένοι
- 1.10 Χαρακτηριστικά Δικτύων VoIP
- 1.11 Διεθνή πρότυπα / Ομάδες εργασίας που ασχολούνται με το VoIP
 - 1.11.1 Η H.323 σύσταση της ITU (International Telecommunications Union)
 - 1.11.2 The International Multimedia Teleconferencing Consortium (IMTC)
 - 1.11.3 Voice Over IP Forum
 - 1.11.4 American National Standards Institute (ANSI)
- 1.12 SIP
- 1.13 MGCP
- 1.14 Παρουσίαση της εργασίας

2. Προβλήματα στην μεταφορά φωνής πάνω από IP

- 2.1 Διαύγεια
- 2.2 Καθυστέρηση
- 2.3 Μεταβλητότητα της καθυστέρησης
- 2.4 Απώλεια πακέτων
- 2.5 Ηχώ (Echo)

- 2.6 | Συνολικός προϋπολογισμός και γενικές κατευθύνσεις
- 2.7 | Συμπέρασμα

3 Quality of Service

- 3.1 | Τι είναι το Quality of Service
- 3.1.1 | Η απαίτηση για QoS
- 3.1.2 | Γενικές αρχές του πλαισίου της QoS
- 3.1.3 | Η Αρχιτεκτονική Υποστήριξης QoS
- 3.1.4 | ΜΟΝΤΕΛΑ QoS
 - 3.1.4.1 | Υπηρεσία Βέλτιστης Προσπάθειας (Best-Effort Service)
 - 3.1.4.2 | Ολοκληρωμένη Υπηρεσία (Integrated Services)
 - 3.1.4.3 | Διαφοροποιούμενη Υπηρεσία (Differentiated Service)
- 3.1.5 | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ QoS
 - 3.1.5.1 | Κατηγοριοποίηση
 - 3.1.5.2 | Διαχείριση Συμφόρησης
 - 3.1.5.3 | Αποφυγή Συμφόρησης
 - 3.1.5.4 | Policing and Shaping
 - 3.1.5.5 | Σηματοδοσία (Signaling)
 - 3.1.5.6 | Μηχανισμοί Αποδοτικότητας Σύνδεσης
(Link Efficiency Mechanisms)
- 3.2 | Συμπέρασμα

4. Πρότυπα VoIP & H.323

- 4.1 | Εισαγωγή στο H.323
- 4.2 | H.323 εναντίον SIP
 - 4.2.1 | Η εικόνα της αγοράς
- 4.3 | Η Αρχιτεκτονική του H.323
 - 4.3.1 | Τερματικές συσκευές H.323
 - 4.3.2 | Πύλες (Gateways)
 - 4.3.3 | Gatekeepers

4.3.4	MCU (Multipoint Control Unit)
4.4	Επικοινωνία στο πρότυπο H.323
4.4.1	Φωνή
4.4.2	Εικόνα
4.4.3	Δεδομένα
4.4.4	Σήματα ελέγχου
4.5	Πρωτόκολλα του H.323
4.5.1	RTP (Real Time Protocol)
4.5.2	RTCP (Real Time Control Protocol)
4.5.3	RAS (Registration, Admission and Status)
4.5.4	H.225
4.5.5	H.245
4.5.6	H.235
4.5.7	Q.931
4.6	Βασικό μοντέλο H.323 κλήσης
4.6.1	Φάση Α - Εγκατάσταση της Κλήσης
4.6.2	Φάση Β- Σηματοδότηση ελέγχου
4.6.3	Φάση Γ- Μεταφορά Πληροφορίας
4.6.4	Φάση Δ - Τερματισμός της Κλήσης
4.6.5	Κλήση H.323 VoIP μεταξύ δύο αναλογικών τηλεφώνων
4.7	Κύρια οφέλη που αποκομίζονται από τη χρήση του H.323

5.case study

5.1.	Περιγραφή Σεναρίου
5.2.	Υλοποίηση του Voice Over IP - Πρωτόκολλο μεταφοράς φωνής / video
5.3.	Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική
5.4.	Σύνδεση του Gateway με τα Τηλεφωνικά Κέντρα
5.5	Παρατηρήσεις
5.6.	QoS
5.7	Configurations
5.8.	Άλλες Τεχνολογίες
5.9.	Επίλογος

1. κεφάλαιο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Μετάδοση φωνής πάνω από IP δίκτυα
- 1.2 Εφαρμογές VoIP
- 1.3 Εφαρμογές τύπου άμεσης αποστολής μηνυμάτων (instant messaging)
- 1.4 Στρατηγικές για υλοποίηση VoIP δικτύων
- 1.5 Τα συστήματα VoIP σήμερα
- 1.6 Πλεονεκτήματα
- 1.7 Προχωρημένες Εφαρμογές
- 1.8 Προβλήματα VOIP
- 1.9 Κερδισμένοι και Χαμένοι
- 1.10 Χαρακτηριστικά Δικτύων VoIP
- 1.11 Διεθνή πρότυπα / Ομάδες εργασίας που ασχολούνται με το VoIP
 - 1.11.1 Η H.323 σύσταση της ITU (International Telecommunications Union)
 - 1.11.2 The International Multimedia Teleconferencing Consortium (IMTC)
 - 1.11.3 Voice Over IP Forum
 - 1.11.4 American National Standards Institute (ANSI)
- 1.12 SIP
- 1.13 MGCP
- 1.14 Παρουσίαση της εργασίας

1.Εισαγωγή

Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο και ο εξοπλισμός του θεωρούνται δεδομένα στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Η διαθεσιμότητα ενός τηλεφώνου και η πρόσβαση σε ένα χαμηλού κόστους, υψηλής ποιότητας παγκόσμιο δίκτυο θεωρείται στοιχειώδες στη σύγχρονη κοινωνία (τα τηλέφωνα αναμένεται να λειτουργούν ακόμα και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος). Οτιδήποτε θα ριψοκινδύνευε όσα αναφέρθηκαν παραπάνω αντιμετωπίζεται με καχυποψία. Παρόλα αυτά μια αλλαγή αρχίζει να λαμβάνει χώρα, αφού όλο και μεγαλύτερο κομμάτι των τηλεπικοινωνιών είναι σε ψηφιακή μορφή και μεταφέρεται πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτου όπως το IP, το ATM και το Frame Relay. Εφόσον η κίνηση δεδομένων αυξάνεται πολύ γρηγορότερα από ότι η κίνηση τηλεφωνίας, υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για τη μεταφορά φωνής πάνω από δίκτυα δεδομένων (σε αντιδιαστολή με την πιο παραδοσιακή μετάδοση δεδομένων πάνω από τηλεφωνικά δίκτυα).

1.1 Μετάδοση φωνής πάνω από IP δίκτυα

Η τεχνολογία "Voice over IP" αποτελεί μία εφαρμογή μετάδοσης φωνής πάνω από δίκτυα μετάδοσης δεδομένων. Ο παράγοντας που αποτέλεσε την απαρχή για την εξάπλωση της προσπάθειας αυτής, ήταν η ανάπτυξη ενός ειδικού τύπου μικροεπεξεργαστή, του Επεξεργαστή Ψηφιακού Σήματος (Digital Signal Processor - DSP), ο οποίος έχει τη δυνατότητα, σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό, να μετατρέπει αναλογικό σήμα όπως είναι η φωνή, το fax και το video σε ψηφιακή μορφή μέσα σε πολύ μικρό χρόνο.

Λογισμικό για μετάδοση φωνής πάνω από το Internet αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 1995 και έδινε τη δυνατότητα σε χρήστες που διαθέτουν multimedia PC συνδεδεμένο στο Internet, να επικοινωνούν "τηλεφωνικά". Από τότε η μετάδοση φωνής πάνω από το Internet αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης και ανάπτυξης εφαρμογών για πολλές εταιρίες. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί κάτι σημαντικό. Ο όρος pc μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε συσκευή ικανή να στείλει φωνή μέσω ενός δικτύου πληροφοριών, δηλαδή δεν έχει υποχρεωτικά όλα τα

χαρακτηριστικά ενός computer ,θα μπορούσε να είναι ένα παραδοσιακό τηλέφωνο.Με αυτή την υπόθεση μπορούμε να προχωρήσουμε παρακάτω.

Σήμερα κυκλοφορούν στην αγορά ένα πλήθος από προϊόντα, τα οποία υπόσχονται μετάδοση υπηρεσίας τηλεφωνίας - μετάδοση φωνής ή fax - ή ακόμα και video επικοινωνία. Τα προϊόντα αυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και παρέχουν τις παρακάτω δυνατότητες διασύνδεσης:

- **PC με PC :** Για χρήστες που ήδη έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο και pc ικανό για audio.Η περίπτωση αυτή έχει τα πλεονεκτήματα που μπορεί να εκμεταλλευτεί απο άλλες υπηρεσίες του internet όπως το World Wide Web ,email και τα μηνύματα μέσω internet.

- **PC σε τηλέφωνο :** Στην περίπτωση αυτή εκείνοι που καλούν πο PC μπορούν ν καλέσουν και χρήστες του PSTN.Ενα gateway μετατρέπει την κλήση απο το internet σε PSTN κλήση.Οι χρήστες μπορούν επίσης να κάνουν μια κλήση προς ένα pc περνώντας μέσα απο το gateway που συνδέει το δίκτυο IP με το PSTN.

- **Τηλέφωνο με τηλέφωνο:** Το δίκτυο IP μπορεί να είναι ένας αφιερωμένος κορμός συνδεδεμένος στο PSTN.Τα gateways συνδέουν το IP δίκτυο με το PSTN δίκτυο.

Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις όπου γίνεται τηλεφωνική επικοινωνία συνδρομητών διαφορετικών τηλεφωνικών κέντρων μέσω του Internet, αποτλούν τη γέφυρα μεταξύ της παραδοσιακής τηλεφωνίας δικτύων μεταγωγής κυκλώματος και των IP δικτύων μεταγωγής πακέτου.

Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι παρέχει υπηρεσίες τηλεφωνίας μέσω δικτύων δεδομένων IP με την χρήση της πιο κοινής, φθηνής και εύχρηστης τερματικής συσκευής, που είναι το απλό τηλέφωνο. Ο χρήστης δε χρειάζεται να έχει εξειδικευμένη γνώση πάνω σε ειδικές εφαρμογές δικτύων. Μάλιστα η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στο χρήστη να επικοινωνεί

τηλεφωνικά πάνω από το παγκόσμιο δίκτυο υπολογιστών, όχι μόνο χωρίς ο ίδιος να διαθέτει υπολογιστή, αλλά και με τέτοια διαφάνεια, όπως θα επικοινωνούσε τηλεφωνικά με δρομολόγηση της κλήσης του - από άκρο σε άκρο - μέσω παραδοσιακών τηλεφωνικών κέντρων.

1.2 Εφαρμογές VoIP

Οι επικοινωνίες φωνής σίγουρα θα παραμείνουν μια βασική μορφή αλληλεπίδρασης για όλους. Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο δεν μπορεί να αντικατασταθεί ή να υποστεί δραματικές αλλαγές, βραχυπρόθεσμα. Ο άμεσος στόχος των παροχών υπηρεσιών VoIP είναι να αναπαράγουν τις υπάρχουσες δυνατότητες της τηλεφωνίας, με ένα σημαντικά χαμηλότερο "συνολικό κόστος λειτουργίας" και να προσφέρουν μια ανταγωνιστική εναλλακτική λύση στο PSTN (Public Switched Telephone Network). Ο συνδυασμός του VoIP με τις εφαρμογές σημείου υπηρεσίας (point-of-service) είναι αυτός που δίνει τις μεγαλύτερες υποσχέσεις μακροπρόθεσμα.

Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά παραδείγματα χρήσιμων εφαρμογών της τεχνολογίας VoIP :

- **VOIP gateways** : Η διασύνδεση του Internet με το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN) μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση ενός gateway, το οποίο μπορεί είτε να είναι ολοκληρωμένο μέσα στο PBX ή να αποτελεί ξεχωριστή συσκευή. Ένα τηλέφωνο βασισμένο σε PC, για παράδειγμα, θα είχε πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο καλώντας ένα gateway που βρίσκεται κοντά στον προορισμό (ελαχιστοποιώντας έτσι τη χρέωση των υπεραστικών κλήσεων).

- **Τηλέφωνα με γνώση του Internet** : Κανονικά τηλέφωνα (ενσύρματα ή ασύρματα) μπορούν να βελτιωθούν ώστε να παρέχουν συγχρόνως και πρόσβαση στο Internet. Υπηρεσίες καταλόγου, για παράδειγμα, θα μπορούσαν να προσπελασθούν πάνω από το Internet, δίνοντας ένα όνομα και λαμβάνοντας μια απάντηση φωνητική ή σε μορφή κειμένου.

- **Διασύνδεση γραφείων πάνω από το intranet της επιχείρησης :** Η αντικατάσταση των σταθεροευκτικών γραμμών μεταξύ των PBX μιας εταιρίας, με τη χρήση μιας Intranet σύνδεσης θα παρείχε οικονομία κλίμακας και θα βοηθούσε στην ενοποίηση των ευκολιών του δικτύου.

- **Απομακρυσμένη πρόσβαση από ένα γραφείο σε κάποιο υποκατάστημα (ή στο σπίτι) :** Ένα μικρό γραφείο (ή ένα γραφείο στο σπίτι) θα μπορούσε να έχει πρόσβαση στις υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και τηλεομοιοτυπίας (fax) της εταιρίας, χρησιμοποιώντας το Intranet της εταιρίας.

- **Φωνητικές κλήσεις από ένα φορητό υπολογιστή μέσα από το Internet :** Κλήσεις στο γραφείο μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση ενός υπολογιστή πολυμέσων ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο Internet. Ένα παράδειγμα θα ήταν η χρήση του Internet για την κλήση από ένα ξενοδοχείο, αντί να χρησιμοποιηθούν τα ακριβά τηλέφωνα του ξενοδοχείου.

- **Πρόσβαση σε κέντρα κλήσεων μέσω του Internet :** Η πρόσβαση σε ευκολίες κέντρου κλήσεων εξυπηρέτησης πελατών μέσω του Internet προβάλλει σαν ένα πολύτιμο παρεπόμενο των εφαρμογών ηλεκτρονικού εμπορίου. Η πρόσβαση σε κέντρα κλήσεων εξυπηρέτησης πελατών μέσω του Internet θα έδινε τη δυνατότητα σε κάποιο πελάτη ο οποίος έχει ερωτήσεις για ένα προϊόν που προσφέρεται στο Internet, να επικοινωνήσει με τους υπαλλήλους της εξυπηρέτησης πελατών online. Μία άλλη εφαρμογή του VoIP για τα κέντρα κλήσεων είναι η διασύνδεση πολλαπλών κέντρων κλήσεων δηλαδή οι υπάλληλοι διαφορετικών κέντρων κλήσεων να έχουν την δυνατότητα γρηγορότερης και ευκολότερης επικοινωνίας μεταξύ τους, άρα και αποτελεσματικότερη εξυπηρέτηση.

- **Κάρτες προπληρωμένου χρόνου:** Οι κάρτες προπληρωμένου χρόνου για φθηνές κλήσεις στο εξωτερικό χρησιμοποιούν κάποιο κέντρο κλήσης. Όταν

γίνεται μια κλήση με τηλεφωνική κάρτα, γίνεται προσπέλαση σε βάση δεδομένων για να προσδιοριστεί η εγκυρότητα της κάρτας και να γίνει η κατάλληλη χρέωση., για παράδειγμα η "Smile & Web" είναι μία κάρτα προπληρωμένου χρόνου Τηλεφωνίας και Πρόσβασης στο Internet της ΟΤΕnet.

Η κάρτα Smile & Web της ΟΤΕnet συνδυάζει υπηρεσίες Τηλεφωνίας και Internet και παρέχει τη δυνατότητα:επικοινωνίας φθηνότερα με το Εξωτερικό και με κινητά Ελλάδας, χωρίς να χρεώνεται η τηλεφωνική συσκευή από την οποία πραγματοποιείτε την κλήση, να γίνεται εύκολη σύνδεση στο Internet μέσω του δικτύου της ΟΤΕnet. Επίσης η Dolphincard είναι μια κάρτα που επιτρέπει κλήσεις προς την Ελλάδα και το εξωτερικό, προς σταθερά ή κινητά τηλέφωνα, χωρίς να χρεώνεται ο λογαριασμός της σταθερής τηλεφωνικής γραμμής, ενώ δίνει τη δυνατότητα για σύνδεση στο Internet από οποιονδήποτε υπολογιστή , με τηλεφωνική γραμμή PSTN ή ISDN.

- Τηλεφωνικές υπηρεσίες χωρίς χρέωση (νούμερα που ξεκινούν με το 0800). Για τη δρομολόγηση κλήσεων που αφορούν τέτοια νούμερα, θα πρέπει πρώτα να εντοπιστεί η κατάλληλη βάση δεδομένων και μετά να ερευνηθεί το τελικό τηλεφωνικό νούμερο που θα χρησιμοποιηθεί
- Ασύρματη περιαγωγή. Σ' αυτή την υπηρεσία, το δίκτυο χρησιμοποιεί μια σύνθετη σειρά από μηνύματα σήμανσης για να καταστήσει δυνατές εισερχόμενες και εξερχόμενες κλήσεις. Οι βάσεις δεδομένων των συνδρομητών ερευνώνται για να καθοριστούν τι δικαιώματα υπάρχουν για περιαγωγή σε νέες περιοχές.

1.3 Εφαρμογές τύπου άμεσης αποστολής μηνυμάτων (instant messaging)

Την τεχνολογία VoIP χρησιμοποιούν και πολλές εφαρμογές τύπου άμεσης αποστολής μηνυμάτων (instant messaging) και συνομιλίας. Οι εφαρμογές αυτές παρέχουν τη δυνατότητα αποστολής και λήψης ψηφιακών πακέτων φωνής, παίζοντας ουσιαστικά ρόλο τηλεφώνου μέσω του Διαδικτύου. Ας δούμε εν συντομία ορισμένες από αυτές τις εφαρμογές:

- **ICQ**

Το δημοφιλές πρόγραμμα instant messaging ICQ υποστηρίζει τις εξής τηλεφωνικές υπηρεσίες:

1. Call PC to Phone (κλήσεις από τον υπολογιστή σε τηλέφωνο)

2. Call PC to PC (κλήση από υπολογιστή σε υπολογιστή)

3. Call Phone to PC (κλήση από τηλέφωνο σε υπολογιστή)

4. Call Phone to Phone (κλήση από τηλέφωνο σε τηλέφωνο μέσω του λογαριασμού ICQphone). Επιπλέον, μέσω του ICQ μπορείτε να στέλνετε γραπτά μηνύματα (SMS) σε κινητά τηλέφωνα σε ολόκληρο τον κόσμο (υποστηρίζονται και τα ελληνικά δίκτυα).

- **NetMeeting**

Το NetMeeting της Microsoft αποτελεί τμήμα του λειτουργικού συστήματος Windows. Πρόκειται για ένα εύχρηστο, απλό και λειτουργικό web phone, το οποίο υποστηρίζει συνομιλία καθώς και ανταλλαγή δεδομένων ήχου, εικόνας, video και κειμένου.

- **Yahoo! Business Messenger**

Πρόκειται για ένα εργαλείο που απευθύνεται κυρίως σε επιχειρήσεις. Η υπηρεσία της Yahoo! παρέχει ένα πλήρες πακέτο instant messaging και τηλεδιάσκεψης, ανταλλαγής κάθε είδους δεδομένων και τηλεφωνίας μέσω Internet, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ασφάλεια. Επιπρόσθετα δίνει τη

δυνατότητα αποστολής άμεσων μηνυμάτων (instant messages) απευθείας από τον υπολογιστή σε κινητά τηλέφωνα των εταιριών Verizon Wireless, Cingular και AT&T Wireless.

- **MSN Messenger**

Μέσω του γνωστού MSN Messenger, πρόγραμμα instant messaging το οποίο ενσωματώνεται στο λειτουργικό σύστημα Windows, παρέχεται η υπηρεσία .NET Voice Service για τηλεφωνικές κλήσεις απευθείας από τον υπολογιστή. Προκειμένου να λειτουργήσουν αποτελεσματικά οι φωνητικές επικοινωνίες, πρέπει και οι δύο χρήστες να έχουν τουλάχιστον την έκδοση 4.5 του MSN Messenger. Η συγκεκριμένη υπηρεσία είναι συνδρομητική.

- **Net2Phone**

Το Net2Phone βασίζεται στην τεχνολογία VoIP και αφορά αποκλειστικά σε πάσης φύσεως τηλεφωνικές υπηρεσίες μέσω Internet. Παρέχονται ολοκληρωμένες λύσεις τόσο για ιδιώτες όσο και για επιχειρήσεις.

- **Gnome-o-phone**

Το Gnome-o-phone είναι μια εφαρμογή τηλεφώνου μέσω Internet. Απευθύνεται κυρίως σε απλούς χρήστες και δεν συνίσταται για χρήση από επιχειρήσεις, καθώς είναι περιορισμένων δυνατοτήτων.

- **Skype**

Το Skype είναι ένα απλό πρόγραμμα που προσφέρεται δωρεάν και επιτρέπει τηλεφωνικές κλήσεις μέσω Διαδικτύου σε ολόκληρο τον κόσμο. Κατασκευαστές του Skype είναι οι δημιουργοί του KaZaA. Χρησιμοποιεί τεχνολογία P2P (peer-to-peer) για τη διασύνδεση με άλλους χρήστες του Skype.

- **Firefly**

Το Firefly είναι ένα νέο και ενδιαφέρον εργαλείο, το οποίο συνδυάζει το

instant messaging και την τεχνολογία VoIP, όπως ακριβώς και το Skype.

Το VoIP μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν σε κάθε απαίτηση επικοινωνίας φωνής, από μια απλή εσωτερική επικοινωνία μεταξύ δύο γραφείων μέχρι πολύπλοκα περιβάλλοντα διάσκεψης πολλαπλών σημείων με διαμοιραζόμενες οθόνες. Η ποιότητα της αναπαραγόμενης φωνής μπορεί επίσης, να προσαρμοστεί σύμφωνα με την εφαρμογή. Οι κλήσεις των πελατών, για παράδειγμα, θα πρέπει να είναι υψηλότερης ποιότητας από τις εσωτερικές κλήσεις σε μια επιχείρηση.

Μία από τις άμεσες εφαρμογές της IP τηλεφωνίας είναι η μετάδοση fax σε πραγματικό χρόνο. Οι υπηρεσίες τηλεομοιοτυπίας (fax) συνήθως χρησιμοποιούν PSTN dial-up συνδέσεις, με ταχύτητες που φθάνουν τα 14.4 Kbps, μεταξύ συμβατών συσκευών fax. Η ποιότητα της μετάδοσης επηρεάζεται από τις δικτυακές καθυστερήσεις, τη συμβατότητα των συσκευών και την ποιότητα του αναλογικού σήματος. Για να λειτουργήσει πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτων, μία μονάδα fax interface πρέπει να μετατρέπει τα δεδομένα σε μορφή πακέτων, να χειρίζεται τη μετατροπή των πρωτοκόλλων σηματοδότησης και ελέγχου (πρότυπα T.30 και T.4), και να εξασφαλίζει την πλήρη παράδοση των δεδομένων στη σωστή σειρά. Για την εφαρμογή αυτή, η απώλεια πακέτων και η απ' άκρο σε άκρο καθυστέρηση είναι πιο κρίσιμα από ότι για τις εφαρμογές φωνής.

Οι περισσότερες εφαρμογές VoIP που έχουν οριστεί θεωρούνται δραστηριότητες πραγματικού χρόνου. Οι υπηρεσίες αποθήκευσης και προώθησης φωνής επίσης, θα υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας το VoIP. Για παράδειγμα, τα φωνητικά μηνύματα θα μπορούσαν να προετοιμάζονται τοπικά, χρησιμοποιώντας ένα τηλέφωνο και να παραδίδονται σε μία θυρίδα (mailbox) φωνής / δεδομένων, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες του Internet ή κάποιου intranet. Οι δύο καταστάσεις λειτουργίας (πραγματικού χρόνου και αποθήκευσης και προώθησης) θα πρέπει να είναι συμβατές και διαλειτουργικές μεταξύ τους.

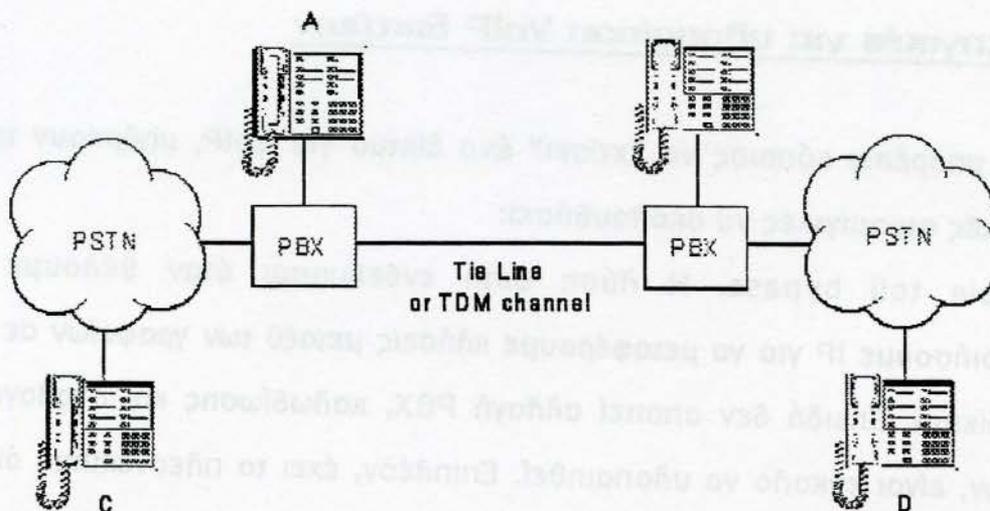
1.4 Στρατηγικές για υλοποίηση VoIP δικτύων

Για να μπορέσει κάποιος να "χτίσει" ένα δίκτυο για VoIP, υπάρχουν τρεις διαφορετικές στρατηγικές να ακολουθηθεί:

- **Simple toll bypass.** Η λύση αυτή ενδείκνυται όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε IP για να μεταφέρουμε κλήσεις μεταξύ των γραφείων σε ένα εταιρικό δίκτυο. Επειδή δεν απαιτεί αλλαγή PBX, καλωδίωσης και αναλογικών τηλεφώνων, είναι εύκολο να υλοποιηθεί. Επιπλέον, έχει το πλεονέκτημα ότι δε χρειάζεται να ασχοληθούμε με θέματα ενοποίησης με το PSTN.

- **Total IP telephony.** Σ' αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αντικαταστήσουμε τις τηλεφωνικές συσκευές με IP τηλέφωνα που συνδέονται κατευθείαν σε θύρες 10BASE-T και υλοποιούν εξυπηρετητές LAN ώστε να παρέχονται οι περισσότερες λειτουργίες ενός PBX.

- **PBX με δυνατότητες IP.** Πρόκειται για τη μέση οδό. Ήδη δεν απαιτείται αλλαγή της καλωδίωσης ή των συσκευών, αλλά αναβάθμιση των PBXs ώστε να υποστηρίζουν και να "μιλούν" πρωτόκολλα ip τηλεφωνίας. Αυτό σημαίνει ότι τα PBXs θα βασίζονται σε ip τηλεφωνικές πύλες για να επικοινωνούν με τον έξω κόσμο, εκτός και αν έχουν ενσωματωμένη και αυτή τη δυνατότητα. Η βασική λειτουργία ενός PBX είναι να συνδέει εισερχόμενες από το PSTN τηλεφωνικές κλήσεις σε συγκεκριμένη επέκταση που συνδέεται με τον καλούμενο (και παρόμοια για τις εξερχόμενες κλήσεις).

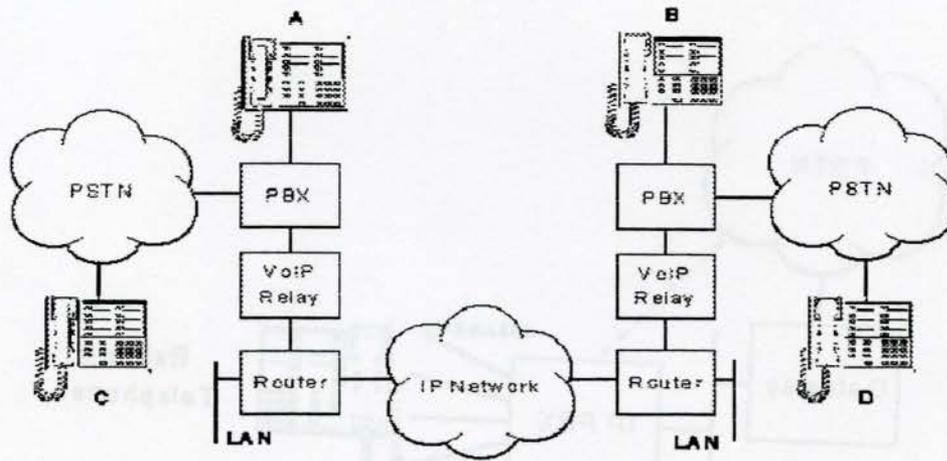


σχήμα 1(αηλή τηλεφωνία PSTN)

Επίσης, επιφορτίζεται με τη μεταγωγή κλήσεων σε επεκτάσεις άλλων συνδεδεμένων PBXs. Οι διασυνδέσεις ανάμεσα στα PBXs πραγματοποιούνται είτε με μισθωμένα αναλογικά κυκλώματα (tie line) είτε και αυτή είναι η συνηθέστερη μέθοδος - με κανάλια που παραχωρούνται σε backbone με πολυπληξία διαίρεσης χρόνου (Time Division Multiplexing - TDM). Με την τεχνική αυτή το εύρος ζώνης μοιράζεται ανάμεσα στη φωνή και στα άλλα δεδομένα. Το μειονέκτημα, τόσο με τις tie lines όσο και με την TDM, είναι ότι εύρος ζώνης θα πρέπει μονίμως να παραχωρείται (άρα, και να πληρώνεται) για κάθε κύκλωμα φωνής, ανεξάρτητα αν τα κυκλώματα αυτά δε χρησιμοποιούνται όλη την ώρα.

Μια λύση είναι να μοιράσουμε την κίνηση σε πακέτα (ή "κελιά" ή "πλαίσια", ανάλογα με το αν το δίκτυο είναι frame relay ή ATM), έτσι ώστε όλοι οι τύποι κίνησης να εξυπηρετούνται με τον πιο αποδοτικό τρόπο. Ας δούμε, λοιπόν, ποια προσέγγιση ακολουθεί η πρώτη στρατηγική.

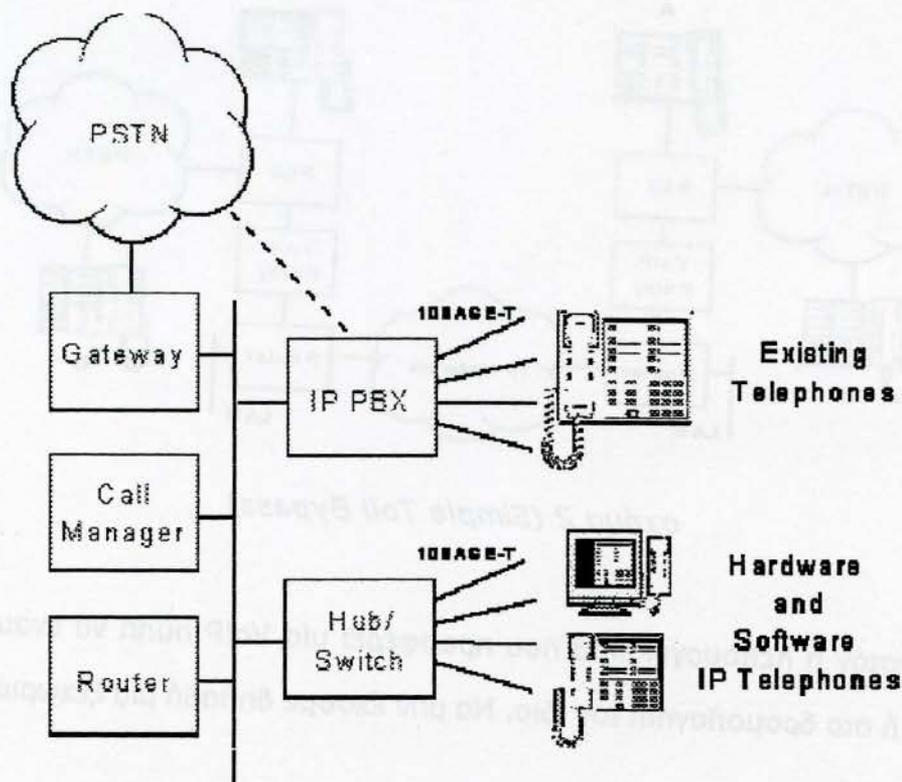
● **Simple toll bypass:** Εδώ απλώς το PBX αντί να συνδέεται με τις σταθεροζευκτικές γραμμές (tie lines), συνδέεται με μια ξεχωριστή μονάδα που μετατρέπει τα σήματα φωνής σε μορφή IP. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται πύλες (gateways ή relays) και συνδέονται απευθείας με έναν δρομολογητή για μεταφορά πάνω από δίκτυο IP.



σχήμα 2 (Simple Toll Bypass)

Είναι δυνατόν η λειτουργικότητα που προσφέρει μία VoIP πύλη να ενσωματωθεί σε ένα PBX ή στο δρομολογητή τον ίδιο. Να μην έχουμε δηλαδή μια ξεχωριστή πύλη.

● **Total IP telephony:** Σ' αυτή τη λύση, όλες οι συσκευές του τελικού χρήστη - είτε πρόκειται για προσωπικούς υπολογιστές είτε για τηλέφωνα - συνδέονται στο δίκτυο μέσω συνδέσεων LAN (κυρίως Ethernet). Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι συσκευών του τελικού χρήστη: τα IP τηλέφωνα που υλοποιούνται με λογισμικό και τα IP τηλέφωνα που είναι ξεχωριστές συσκευές. Ειδικά, όσον αφορά το βασισμένο σε λογισμικό IP τηλέφωνο, πρέπει να επισημανθεί ότι μπορεί να είναι είτε συγκεκριμένου σκοπού τηλέφωνο που συνδέεται σε μια σειριακή θύρα είτε ένα παραδοσιακό αναλογικό τηλέφωνο που θα τοποθετηθεί σε κάρτα PC ή έναν εξωτερικό υποδοχέα. (Εννοείται βέβαια ότι θα πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένο στη μεριά του πελάτη κατάλληλο λογισμικό που θα υποστηρίζει IP τηλεφωνία). Όλες, πάντως, οι προαναφερθείσες συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω μιας IP σύνδεσης, ενώ απαραίτητη κρίνεται η παρουσία μιας πύλης ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν τηλεφωνικές κλήσεις από και προς το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο. Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει για τους εξυπηρετητές που υποστηρίζουν IP τηλεφωνία και παρέχουν λειτουργίες εγκατάστασης, ελέγχου των κλήσεων, καθώς και λογιστική παρακολούθηση (billing). Πρόκειται για τους IP telephony servers, οι οποίοι βέβαια κάτω από το πρωτόκολλο H.323 ονομάζονται gatekeepers.



σχήμα 4(I PBX)

● **Η κλήση:** Όταν σχηματίσει κανείς το νούμερο ή επιλέξει ένα όνομα, απαιτείται σηματοδότηση (signaling) προκειμένου να καθοριστεί το αν το καλούμενο μέρος είναι απασχολημένο ή διαθέσιμο, καθώς και για να εγκατασταθεί η κλήση. Όταν η συνομιλία ξεκινά, το αναλογικό σήμα που παράγεται από το μικρόφωνο, κωδικοποιείται σε ψηφιακή μορφή προκειμένου να μεταφερθεί μέσω ενός IP δικτύου. Το IP δίκτυο θα πρέπει να διασφαλίσει ότι η συνομιλία που διεξάγεται σε πραγματικό χρόνο, μεταφέρεται με τη χρήση των διαθέσιμων μέσων με τρόπο ώστε να παράγεται αποδεκτή ποιότητα φωνής. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε εφικτό. Καθώς στο IP δίκτυο συμμετέχουν όλο και περισσότεροι χρήστες, καθένας θα μείνει μεν συνδεδεμένος, αλλά θα έχει υποβιβασμό στην απόδοση. Τέλος, ίσως χρειαστεί η ροή των πληροφοριών να μετατραπεί σε άλλη μορφή, λειτουργία που επιτελείται από μια πύλη (gateway). Η μετατροπή αυτή γίνεται είτε για να επιτευχθεί διαλειτουργικότητα (interoperability) είτε επειδή η κλήση απευθύνεται στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN).

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι οι τεχνολογικές απαιτήσεις της IP τηλεφωνίας

αφορούν τέσσερις περιοχές: τη σηματοδότηση, την κωδικοποίηση, τη μετάδοση και τον έλεγχο των πυλών. Για κάθε μία από τις περιοχές αυτές έχουν δημιουργηθεί πρότυπα. Το δυστύχημα, όμως, είναι στον κρίσιμο τομέα της σηματοδότησης υπάρχουν δύο ανταγωνιστικές ομάδες προτύπων. Πρόκειται για το H.323 (πρότυπο του διεθνούς οργανισμού τηλεπικοινωνιών - International Telecommunications Union - ITU) και το SIP (Session Initiation Protocol - από τον Internet Engineering Task Force - IETF). Πρέπει, πάντως, να επισημανθεί ότι ούτε το H.323 ούτε το SIP συνιστούν το πλήρες σετ των προτύπων που είναι απαραίτητα για την ιντερνετική τηλεφωνία. Απλώς είναι ανταγωνιστικά πρότυπα στη σηματοδότηση. Μέχρι και πρόσφατα, η ίδια εικόνα επικρατούσε και στο κομμάτι του ελέγχου των πυλών, καθώς υπήρχε το IPDC (IP Device Control) και το SGCP (Simple Gateway Control Protocol), που ήταν ανταγωνιστικά μεταξύ τους. Πάντως, σήμερα φαίνεται πως επικρατεί ένα πρότυπο που λέγεται MGCP (Media Gateway Control Protocol) και το οποίο συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο προηγούμενων. Τα δίκτυα IP δεν σχεδιάστηκαν για μεταφορά φωνής. Αν και μπορούν να επιτύχουν ταχύτητες πολλαπλάσιες αυτών που απαιτούνται για τη μετάδοση φωνής, δεν εξασφαλίζουν εγγυημένο σταθερό ρυθμό. Εδώ έρχονται να δώσουν τη λύση υπηρεσίες όπως το QoS (Quality of Service) ή το πρωτόκολλο RSVP στα IP δίκτυα.

1.5 Τα συστήματα VOIP σήμερα

Μία από τις κυριότερες παραμέτρους που λαμβάνεται υπόψη στην ανάπτυξη και εγκατάσταση συστημάτων VoIP Gateway είναι η αποφυγή κλειστών (proprietary) συστημάτων. Τα συστήματα θα πρέπει να είναι ανοιχτά, καθώς θα πρέπει να συνεργάζονται μεταξύ τους προϊόντα διαφορετικής κατασκευάστριας εταιρίας με τον ίδιο τρόπο και με τις ίδιες δυνατότητες που συνεργάζονται και επικοινωνούν μεταξύ τους συστήματα της ίδιας εταιρίας.

Σήμερα τα συστήματα, που κυκλοφορούν στην αγορά, είναι επεκτάσιμα ανάλογα με την κίνηση την οποία θα εξυπηρετούν και μάλιστα κατά τρόπο κλιμακωτό (scalable). Έτσι συστήματα VoIP Gateway μπορούν να εξυπηρετούν τη διασύνδεση

μεταξύ μικρών κέντρων (όπως key system κέντρα) ή και μεγάλων συνδρομητικών κέντρων (PABX). Επιπλέον παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με το τηλεφωνικό κέντρο μέσω των διεθνώς καθιερωμένων interfaces, όπως είναι κυκλώματα T1/E1, ISDN PRI, αναλογικές γραμμές. Οι κατασκευάστριες εταιρίες τέτοιων συστημάτων, έχουν δώσει ιδιαίτερο βάρος στο Πρωτόκολλο ελέγχου κλήσεων (Call Control Protocol). Αρχικά αναπτύσσονταν κλειστές (proprietary) λύσεις.. Αν και στην αγορά υπάρχει πανσπερμία προτύπων και συνεχής παραγωγή νέων προδιαγραφών, για το ορατό μέλλον (3-5 χρόνια) οποιαδήποτε υλοποίηση VoIP θα πρέπει να υποστηρίζει πλήρως Το H. 323 (αργό αλλά πολύ δημοφιλές) με επεκτάσεις που να συμβαδίζουν με το SS7 των τηλεφωνικών δικτύων ,έφοσον αυτό έχει εφαρμοστεί απο το PSTN δίκτυο.

Δυστυχώς ο χώρος βρίθει κατασκευαστών οι οποίοι δηλώνουν πως ο δικός τους εξοπλισμός είναι συμβατός με το X ή το Ψ πρότυπο, ενώ στην πραγματικότητα τα μηχανήματά τους συνεργάζονται μόνο με άλλο εξοπλισμό δικής τους παραγωγής. Με την τακτική αυτή προσπαθούν να δεσμεύσουν όσους αγοράσουν δικά τους προϊόντα μονοπωλώντας όλες τις μελλοντικές προμήθειές τους (κανένας άλλος εξοπλισμός δεν θα συνεργάζεται με ό,τι υπάρχει ήδη).

1.6 Πλεονεκτήματα

Η χρήση υπηρεσιών Voice over IP έχουν ως άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση οικονομικών και διαχειριστικών πόρων. Προσφέρει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα χρήσης του τοπικού δικτύου τους (LAN) τόσο για τη μεταφορά δεδομένων (αρχεία, λογιστήριο κ.λπ.) όσο και για τις εσωτερικές επικοινωνίες φωνής.

Ουσιαστικά καταργούνται τα τηλεφωνικά κέντρα μέσω της ενσωμάτωσης των δύο ανεξάρτητων σήμερα δικτύων (τηλεφωνίας και δεδομένων) σε ένα νέου τύπου LAN διευρυμένων δυνατοτήτων. Η διαχείριση αυτού του δικτύου γίνεται είτε από τις ίδιες τις επιχειρήσεις είτε από μια εταιρία δικτυακών υπηρεσιών, είτε τέλος από έναν τηλεπικοινωνιακό οργανισμό.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της υπηρεσίας Voice over IP συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία:

- **Μείωση Κόστους:** Η μείωση του κόστους των υπεραστικών τηλεφωνικών κλήσεων αποτελεί ένα καλό λόγο για την υιοθέτηση του VoIP. Η ενιαία χρέωση, που είναι διαθέσιμη στο Internet, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των εξόδων για επικοινωνίες φωνής και fax. Αυτές οι χαμηλές τιμές, παρόλα αυτά, βασίζονται στην αποφυγή των χρεώσεων τηλεφωνικής πρόσβασης και εγκατάστασης και δεν αποτελούν κάποια θεμελιώδη μείωση του κόστους των πόρων. Επιπλέον, το κόστος καλωδίωσης μειώνεται, καθώς χρησιμοποιείται το ίδιο καλώδιο Ethernet για το τηλέφωνο και το PC. Επίσης, εξοικονομούνται πόροι από τη διαχείριση ενός και μόνο δικτύου, ενός προμηθευτή, μιας σύμβασης συντήρησης, κοινής καλωδίωσης, καθώς και χάρη στη μείωση των τελών και του περιορισμού της πολυπλοκότητας των ολοκληρωμένων εφαρμογών. Επίσης μειώνεται το κόστος ενδοεπιχειρησιακών κλήσεων μεταξύ διαφορετικών κτηρίων πόλεων.

- **Αύξηση Αποδοτικότητας εξοπλισμού:** Ο διαμοιρασμός του κόστους του εξοπλισμού και της λειτουργίας μεταξύ των χρηστών δεδομένων και φωνής, μπορεί επίσης, να αυξήσει την αποδοτικότητα του δικτύου, αφού το πλεονάζον εύρος ζώνης του ενός δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το άλλο δημιουργώντας έτσι οικονομίες κλίμακας για τη φωνή (ιδιαίτερα με δεδομένη την ραγδαία αύξηση στην κίνηση δεδομένων).

- **Απλοποίηση.** Μία ολοκληρωμένη υποδομή, η οποία υποστηρίζει όλες τις μορφές επικοινωνίας, επιτρέπει περισσότερη τυποποίηση και μειώνει το συνολικό συμπληρωματικό εξοπλισμό. Αυτή η συνδυασμένη υποδομή μπορεί να υποστηρίξει δυναμική βελτιστοποίηση του εύρους ζώνης και σχεδιασμό ανθεκτικό στα σφάλματα. Οι διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών της κίνησης φωνής και δεδομένων παρέχει περαιτέρω δυνατότητες για σημαντικές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα.

- **Ενοποίηση.** Από τη στιγμή που ο ανθρώπινος παράγοντας συγκαταλέγεται μεταξύ των πιο σημαντικών στοιχείων κόστους σε ένα δίκτυο, οποιαδήποτε ευκαιρία για συνδυασμό λειτουργιών, για εξάλειψη σημείων αποτυχίας και για ενοποίηση των λογιστικών συστημάτων είναι ωφέλιμη. Σε μία επιχείρηση, μπορεί να παρασχεθεί διαχείριση βασισμένη στο SNMP για αμφότερες τις υπηρεσίες φωνής και δεδομένων που χρησιμοποιούν το VoIP. Η καθολική χρήση των IP πρωτοκόλλων για όλες τις εφαρμογές υπόσχεται μείωση της πολυπλοκότητας και περισσότερη ευελιξία. Σχετικές ευκολίες όπως είναι οι υπηρεσίες καταλόγου και οι υπηρεσίες ασφαλείας μπορούν να διαμοιράζονται πιο εύκολα.

1.7 Προχωρημένες Εφαρμογές

Δυνατότητα επικοινωνίας με πελάτες μέσω ηλεκτρονικών μηνυμάτων, φαξ και ευφυών φωνητικών μηνυμάτων (φωνητικό ταχυδρομείο) μέσα σε ένα και μόνο φάκελο αλληλογραφίας (inbox).

- Πρόσβαση στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο μέσω τηλεφώνου (κινητού και σταθερού), με χρήση της τεχνολογίας μετατροπής "κειμένου σε ομιλία" (text to speech).

- Το κέντρο επικοινωνίας IP προσφέρει υπηρεσίες έξυπνης δρομολόγησης κλήσεων, μεταφορά τηλεφωνικών κλήσεων από το δίκτυο στον προσωπικό υπολογιστή και διαχείριση των επαφών με πολυμέσα για την επικοινωνία με τους αντιπροσώπους του κέντρου μέσω δικτύου IP.

- Αυτόματη διανομή κλήσεων και ενσωμάτωση με βάσεις δεδομένων.
- Ομαδική τηλεφωνική συνδιάσκεψη.
- Διατήρηση των εσωτερικών τηλεφωνικών αριθμών χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη τμήματος υποστήριξης για τη διεκπεραίωση των αλλαγών αυτών (δυνατότητα μεταφοράς εσωτερικού αριθμού).

- Υπηρεσίες καταλόγου για την απευθείας επιλογή εσωτερικού τηλεφώνου, χωρίς η διαδικασία να πραγματοποιείται μέσω του τηλεφωνικού κέντρου.

- Τοποθέτηση της υπηρεσίας υποδοχής σε οποιοδήποτε σημείο. Κάποιος

εργαζόμενος σε ένα απομακρυσμένο γραφείο μπορεί να αναλάβει τη διεκπεραίωση των υπηρεσιών υποδοχής, εάν παραστεί ανάγκη.

1.8 Προβλήματα VOIP:

- ανάγκη για ένωση των τηλεφωνικών δικτύων και των δικτύων δεδομένων σε ένα μοναδικό δίκτυο μεταγωγής πακέτων, το οποίο θα έχει δυνατότητες παροχής ολοκληρωμένων υπηρεσιών, απαιτεί από το καινούριο δίκτυο να είναι εφοδιασμένο με μηχανισμούς που εξασφαλίζουν λογική και αναμενόμενη Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS), για όλες τις εφαρμογές.

- Ποιότητα φωνής: αναφερόμαστε στην ακρίβεια της αναπαραγόμενης φωνής και την δυνατότητα κατανόησης της (intelligibility). Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά φαίνονται ίδια, αλλά δεν είναι υποχρεωτικά εξαρτώμενα το ένα από το άλλο.

Τα κύρια στοιχεία που επηρεάζουν την ποιότητα της φωνής είναι:

- Διαύγεια (Clarity)
 - Καθυστέρηση (Delay)
 - Μεταβλητότητα της καθυστέρησης (Jitter)
 - Απώλεια Πακέτων (Packet Loss)
 - Ηχώ (Echo)
- Χαδυναμία πλήρους διαλειτουργικότητας διαφορετικών συστημάτων λόγω ασυμβατότητας προτύπων και
 - Διασύνδεση PSTN-IP Δικτύων. *Στην συνέχεια θα εξετάστούν αναλυτικά τα στοιχεία αυτά*

1.9 Κερδιζόμενοι και Χαμένοι

- **Επιχειρήσεις**

Η νέα τεχνολογία θα προσφέρει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα χρήσης του τοπικού δικτύου τους (LAN) τόσο για τη μεταφορά δεδομένων (αρχεία, λογιστήριο κ.λπ.) όσο και για τις εσωτερικές επικοινωνίες φωνής. Οδηγούμαστε δηλαδή σε κατάργηση των τηλεφωνικών κέντρων μέσω της ενσωμάτωσης των δύο ανεξάρτητων σήμερα δικτύων (τηλεφωνίας και δεδομένων) σε ένα νέου τύπου LAN διευρυμένων δυνατοτήτων.

Η διαχείριση αυτού του δικτύου θα γίνεται είτε από τις ίδιες τις επιχειρήσεις, αν είναι αρκετά μεγάλες, είτε από κάποιον τρίτο (π.χ. μια εταιρεία δικτυακών υπηρεσιών ή έναν τηλεπικοινωνιακό οργανισμό), αν το μέγεθος της εταιρείας είναι μικρό και δεν έχει τη δυνατότητα να προβεί στις απαραίτητες επενδύσεις σε ανθρώπους και εξοπλισμό.

- **Οικιακοί καταναλωτές**

Σήμερα, η παροχή υπηρεσιών VoIP για υπεραστικές και διεθνείς κλήσεις θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως "η τηλεφωνία του φτωχού" καθώς οι συνδιαλέξεις είναι σχετικά χαμηλής ποιότητας (όχι όμως τόσο χαμηλής όσο νομίζει ο πολύς κόσμος). Γι' αυτό, οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών δεν βλέπουν το VoIP ως ανταγωνιστή των παραδοσιακών κυκλωμάτων circuit switch και αρκετές από αυτές έχουν ήδη αρχίσει να το παρέχουν στο ευρύ κοινό. Απευθύνονται βέβαια στο κατώτερο τμήμα της αγοράς (άνθρωποι με χαμηλές οικονομικές δυνατότητες) το οποίο δεν έχει άμεση ανάγκη διαθεσιμότητας γραμμών (το τηλεφώνημα στο γιο που σπουδάζει στην Αγγλία μπορεί να γίνει και αργότερα αν οι γραμμές είναι κατειλημμένες) ούτε απαιτεί υψηλή ποιότητα συνδέσεων

- **Τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί**

Η τεχνική υλοποίηση της τεχνολογίας VoIP κοστίζει πολύ περισσότερο από τις υπάρχουσες circuit switch λύσεις μεταφοράς φωνής. Ωστόσο, παρέχει στον

τηλεπικοινωνιακό οργανισμό τη δυνατότητα να προσφέρει όλες τις υπηρεσίες του μέσα από ένα ενιαίο δίκτυο. Οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών ονειρεύονται από τώρα τη στιγμή που το ίδιο καλώδιο και το ίδιο, πρακτικά, λογισμικό θα παρέχουν στους συνδρομητές φωνή, video, videoconferencing, banking, multimedia και πλήθος άλλων υπηρεσιών.

Με άλλα λόγια, οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί, οι οποίοι επί δεκαετίες παρείχαν μόνο υπηρεσίες φωνής και καλώδια για τη μεταφορά δεδομένων, θα μπορέσουν να ανοιχτούν σε νέες ποικίλα υποσχόμενες αγορές με χαμηλό οριακό κόστος αφού κάθε καινούργια υπηρεσία δεν θα απαιτεί την κατασκευή δικού της ανεξάρτητου δικτύου αλλά θα χρησιμοποιεί μέρος του ήδη διαθέσιμου εξοπλισμού.

Είναι αλήθεια πως το κόστος της μετατροπής όλων των υπαρχόντων δικτύων θα είναι τεράστιο. Κολλοσιαία όμως θα είναι και τα οφέλη για τους οργανισμούς οι οποίοι θα μπορέσουν να εκμεταλλευτούν πρώτοι αυτή τη νέα αγορά.

1.10 Χαρακτηριστικά Δικτύων VoIP

Τα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία απαιτούνται για την ολοκλήρωση της φωνής με τα δίκτυα δεδομένων είναι τα ακόλουθα

- **Συμπίεση**

Απαιτείται η συμπίεση των PCM σημάτων, η οποία μειώνει σημαντικά το ποσό του εύρους ζώνης το οποίο χρησιμοποιείται από ένα διάλογο φωνής, διατηρώντας ταυτόχρονα την ποιότητα σε υψηλό επίπεδο. Οι αλγόριθμοι συμπίεσης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι οι G.711, G.722, G.723, G.728, G.729 και GSM.(σχήμα 5)

Παραλλαγές της Παλμοκωδικής διαμόρφωσης - Pulse Code Modulation (PCM)

G.711	ITU	PCM 48 έως 64 kbps
G.722	ITU	Sub - band ADPCM (Adaptive Differential PCM - υποζωνική προσαρμοστική διαφορική PCM)
G.726	ITU	ADPCM 16 έως 40 kbps
G.727	ITU	AEDPCM

Παραλλαγές του CELP (Codebook Excited Linear Prediction)

G.723.1	ITU	MPE/ACELP
H.728	ITU	LD - CELP
G.729	ITU	CS - ACELP

σχήμα 5

- **Εξάλειψη Σιγής**

Το VoIP πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ανακτά το εύρος ζώνης κατά τη διάρκεια των περιόδων σιγής σε μια συνομιλία, κάνοντας έτσι διαθέσιμο το ανακτηθέν εύρος ζώνης για τους άλλους χρήστες του δικτύου. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό δεδομένου ότι σχεδόν το 62 % της διάρκειας μιας συνομιλίας είναι περίοδοι σιγής.

- **Χαμηλή καθυστέρηση**

Θα πρέπει να έχει σχετικά χαμηλή καθυστέρηση και σχεδόν ανύπαρκτο jitter. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κάποιο συμβιβασμό στην απώλεια πακέτων σε κάποιο βαθμό. Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ανεχθεί μικρά κενά, αλλά δεν θα πρέπει να υπάρχει jitter στη λήψη δεδομένων(voice traffic).

- **QoS (Quality of Service)**

Το πρωτόκολλο δικτύου θα πρέπει να υποστηρίζει προτεραιότητες στη μετάδοση για να εξασφαλίζει QoS. Η φωνή απαιτεί υψηλή προτεραιότητα μετάδοσης, έτσι ώστε η καθυστέρηση, το jitter και η απώλεια πακέτων να διατηρούνται σε ένα ελάχιστο επίπεδο.

- **Σηματοδοσία**

Θα πρέπει να υπάρχει μια ελάχιστη απαιτούμενη υποστήριξη των παραδοσιακών PBX όσον αφορά τη σηματοδοσία.

- **Έλεγχος Ηχούς**

Η καταστολή της ηχούς πρέπει να παρέχεται με τη χρήση κατάλληλων full duplex αλγορίθμων εξάλειψης της ηχούς.

- **Μεταγωγή Φωνής**

Κάθε αποδοτικό gateway σε ένα VoIP δίκτυο, πρέπει να παρέχει μεταγωγή και πρόσβαση στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο ή σε κάποιο PBX. Ο παρεπόμενος εξοπλισμός πρέπει να είναι ικανός να αποφασίσει, σε κάθε περίπτωση, αν η κλήση πρέπει να δρομολογηθεί πάνω από το εσωτερικό δίκτυο δεδομένων ή αν πρέπει να δρομολογηθεί προς το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο.

- **Τυποποίηση**

Για να επιτευχθεί η ευρεία χρήση του VoIP για την ολοκλήρωση δικτύων δεδομένων και φωνής, πρέπει να τυποποιηθεί. Συγκεκριμένες τεχνικές συμπίεσης και αποσυμπίεσης, πρωτόκολλα όπως RSVP, καθώς και συγκεκριμένα interface με το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο, πρέπει να ακολουθηθούν από όλους. Οι host χρησιμοποιούν το RSVP για να ζητήσουν από το δίκτυο κάποιο επίπεδο QoS για λογαριασμό της ροής δεδομένων κάποιας εφαρμογής. Οι δρομολογητές χρησιμοποιούν το RSVP για να παραδώσουν αιτήσεις QoS σε άλλους δρομολογητές κατά μήκος της διαδρομής που ακολουθεί η ροή δεδομένων. Το RSVP διατηρεί πληροφορίες για την κατάσταση των δρομολογητών και των host ώστε να προσφέρει τη ζητούμενη υπηρεσία.

Οι αντιρρήσεις για το QoS

Η ποιότητα δεν μετριέται. Κάθε άνθρωπος έχει διαφορετική αντίληψη του τι σημαίνει ποιότητα επίσης η ποιότητα δεν περιγράφεται εκ των προτέρων. Μια υπηρεσία είναι αδύνατον να οροθετηθεί επακριβώς με αντικειμενικούς όρους.

Αυτό μπορεί να συμβεί μόνο για πολύ συγκεκριμένα μέρη της (π.χ. παροχή ρεύματος) αλλά όχι για το όλο. Τα συστήματα QoS είναι τόσο ακριβά που (στο ορατό μέλλον) θα ανήκουν πάντοτε στους προμηθευτές, αλλά όχι στους πελάτες. Οι τελευταίοι λοιπόν πολύ δύσκολα θα εμπιστευτούν εγγυημένες υπηρεσίες όταν αυτός που τις παρέχει είναι και εκείνος που τις ελέγχει και κρίνει την αποτελεσματικότητα και την αξιοπιστία τους.

Το QoS μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε μεμονωμένες καταστάσεις, ειδικές εφαρμογές ή πολύ συγκεκριμένες υπηρεσίες. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων όμως είναι πολύ φθηνότερο, ευκολότερο και αποδοτικότερο να επενδύσεις απλώς σε περισσότερο, ισχυρότερο και ανθεκτικότερο εξοπλισμό.

1.11 Διεθνή πρότυπα / Ομάδες εργασίας που ασχολούνται με το VoIP

1.11.1 Η Η.323 σύσταση της ITU (International Telecommunications Union)

Η Η.323 σύσταση της ITU αναφέρεται σε "Οπτικά τηλεφωνικά συστήματα και εξοπλισμό για LAN (Local Area Networks) που δεν παρέχουν εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας". Το πρότυπο Η.323 είναι περιεκτικό, αλλά και ευέλικτο και μπορεί να εφαρμοστεί από μια απλή τηλεφωνική συσκευή, έως και σε πλήρεις σταθμούς πολυμέσων για τηλεδιάσκεψη.

Οι εφαρμογές Η.323 αυξάνονται στην αγορά για διάφορους λόγους:

●1. Το Η.323 θέτει πρότυπα πολυμέσων για τις ήδη υπάρχουσες δικτυακές υποδομές (π.χ. δίκτυα βασισμένα σε IP). Το Η.323 επιτρέπει τη χρήση εφαρμογών πολυμέσων χωρίς να απαιτούνται αλλαγές στις δικτυακές υποδομές.

●2. Τα τοπικά δίκτυα ενισχύονται σημαντικά. Το εύρος ζώνης της τεχνολογίας Ethernet αυξάνεται από 10 Mbps σε 100 Mbps (Fast Ethernet) και το Giga Ethernet καθιερώνεται σταδιακά στην αγορά.

●3. Προσφέρει πρότυπα για διαλειτουργικότητα μεταξύ τοπικών και άλλων δικτύων.

●4. Προσφέροντας διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων συσκευών, εφαρμογών και προμηθευτών, το H.323 επιτρέπει την επικοινωνία διαφορετικών συσκευών μεταξύ τους.

●5. Η τεχνολογία των Προσωπικών Υπολογιστών εξελίσσεται ραγδαία. Οι υπολογιστές είναι εφοδιασμένοι με γρήγορους επεξεργαστές και ολοκληρωμένα κυκλώματα επιτάχυνσης εφαρμογών πολυμέσων.

●6. Το φορτίο του δικτύου είναι εύκολα διαχειρίσιμο. Χρησιμοποιώντας το H.323 ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να περιορίσει το διαθέσιμο εύρος ζώνης για τηλεδιάσκεψη. Επίσης, η δυνατότητα που προσφέρεται για επιλεκτική πολλαπλή εκπομπή (multicast), μειώνει τις ανάγκες του εύρους ζώνης που χρειάζεται.

●7. Το πρότυπο H.323 υποστηρίζεται από πολλές εταιρίες και οργανισμούς υπολογιστών και επικοινωνιών, όπως οι: Cisco, IBM, Intel, Microsoft και Vocaltech.

Στο επόμενο κεφάλαιο το πρότυπο H.323 θα αναλυθεί διεξωδικά.

1.11.2 The International Multimedia Teleconferencing Consortium (IMTC)

Ο IMTC είναι ένας μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα οργανισμός, ο οποίος αποτελείται από περισσότερα από 140 μέλη παγκοσμίως. Σκοπός του είναι να προωθήσει και να ενθαρρύνει την ανάπτυξη και ολοκλήρωση διαλειτουργικών λύσεων για τηλεδιάσκεψη πολυμέσων, οι οποίες βασίζονται σε ανοικτά διεθνή standards. Σ' αυτό το πνεύμα αυτή την περίοδο εργάζεται πάνω σε standards για τηλεδιάσκεψη πολυμέσων, τα οποία έχουν υιοθετηθεί από την ITU όπως είναι τα ITU-T.120, H.320, H.323, και H.324.

1.11.3 Το Voice Over IP Forum

Το Voice Over IP Forum είναι ένας οργανισμός που ιδρύθηκε από κατασκευαστές προϊόντων υπολογιστών και τηλεφωνίας. Μέλη του είναι εταιρείες όπως 3Com, Action Consulting, Cisco Systems, Creative Labs, Dialogic, MICOM Communications, Microsoft, NetSpeak, Nortel, Nuera Communications, Octel,

U.S. Robotics, Vienna Systems, VocalTec and Voxware.

Ο σκοπός για τον οποίο ιδρύθηκε αυτός ο οργανισμός είναι για να ενεργοποιήσει και να προωθήσει τη διαλειτουργικότητα σε βιομηχανικά προϊόντα, τα οποία μεταδίδουν τηλεφωνία πάνω από το Internet αλλά και πάνω από ιδιωτικά IP δίκτυα. Αυτή η διαλειτουργικότητα θα επιτρέψει την τηλεφωνία μεταξύ δύο χρηστών, χωρίς να έχει σημασία ποιο προϊόν έχει αυτός που καλεί και ποιο αυτός που καλείται. Έτσι ενώ σήμερα η τηλεφωνία πάνω από το δίκτυο IP έχει επιτευχθεί, είναι αδύνατη η τηλεφωνική επικοινωνία δύο χρηστών με διαφορετικά προϊόντα.

Σήμερα το Voice Over IP Forum έχει ενσωματωθεί στο IMTC και έχει αναλάβει το θέμα VoIP ως μία ομάδα εργασίας του IMTC.

Το αντικείμενο ευθύνης του Voice Over IP Forum είναι :

- Να ορίσει και να επιβάλει ένα σύνολο από ανοικτές και σταθερές οδηγίες τις οποίες θα πρέπει να πληρούν όλες οι συσκευές που μεταδίδουν τηλεφωνία πάνω από δίκτυα δεδομένων IP.
- Να διασφαλίσει τη διαλειτουργικότητα των προϊόντων και την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας.

Το κυριότερο που έχει επιτευχθεί από το Voice Over IP Forum είναι η υιοθέτηση της οδηγίας G.723.1 ως τον κωδικοποιητή φωνής που θα πρέπει να υλοποιούν όλες οι εφαρμογές για την επίτευξη τηλεφωνίας πάνω από το Internet.

1.11.4 American National Standards Institute (ANSI)

Η ANSI παρουσίασε το SCbus ως τον πρότυπο TDM πολυπλέκτη για CTI εφαρμογές. Το SCbus επιτρέπει σε Internet Telephony κάρτες διαφορετικών εταιριών να δουλεύουν μέσα στο ίδιο σύστημα. Τα περισσότερα από τα PC based συστήματα VoIP gateway χρησιμοποιούν το SCbus.

1.12 SIP

Το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής SIP (RFC3261), χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, μεταβολή και τερματισμό συνεδριών απ' άκρο σ' άκρο (end-to-end) μεταξύ δύο ή περισσότερων χρηστών. Παραδείγματα τέτοιων συνεδριών μπορεί να

είναι: Τηλεφωνικές κλήσεις μέσω Internet, πολυμεσικές συνδιασκέψεις, κατανεμημένα παιχνίδια υπολογιστών κ.ά. Το SIP είναι βασισμένο στο πρωτόκολλο HTTP το οποίο, ως γνωστό, είναι το πλέον διαδεδομένο πρωτόκολλο στο Internet.

Οι SIP οντότητες αναγνωρίζονται με τη χρήση SIP URI (Uniform Resource Identifier), που είναι της μορφής sip:username@domain. Αν και η πιο απλή μορφή της επικοινωνίας με SIP περιλαμβάνει δύο οντότητες που επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας SIP μηνύματα, ένα τυπικό SIP δίκτυο περιλαμβάνει αρκετά διαφορετικά SIP στοιχεία. Αυτά μπορεί να είναι Proxy SIP εξυπηρετές, προωθητές εξυπηρετές (redirect servers), εξυπηρετές μητρώου (registrars) κ.ά.

Το SIP έχει επιλεγεί από τους διεθνείς οργανισμούς προτυποποίησης (3GPP) για την υποστήριξη του υποσυστήματος πολυμεσικών εφαρμογών (IM subsystem) για τα δίκτυα τρίτης και ύστερης γενιάς.

1.13 MGCP

Το πρωτόκολλο το MGCP ακολουθεί την φιλοσοφία αρχιτεκτονικής softswitch. Χωρίζει τον ρόλο των παραδοσιακών διακοπών φωνής στα συστατικά της πύλης μέσων, στον ελεγκτή πυλών μέσων και στις λειτουργικές μονάδες σηματοδότησης πυλών. Αυτό διευκολύνει την ανεξάρτητη διαχείριση κάθε πύλης VoIP ως χωριστή οντότητα. Το MGCP είναι ένα master-slave πρωτόκολλο ελέγχου που συντονίζει τις ενέργειες των πυλών μέσων.

1.14 Παρουσίαση της υπόλοιπης εργασίας

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα προβλήματα ποιότητας φωνής στο IP (κεφ.2) , οι τεχνικές Quality Of Service (κεφ.3), το πρότυπο H.323 (κεφ.4) και case study (κεφ.5) με προτάσεις υλοποίησης VoIP πάνω στο δίκτυο του ΤΕΙ Ηπείρου.

2. κεφάλαιο

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΦΩΝΗΣ ΣΤΟ IP

- | | |
|-----|---|
| 2.1 | Διαύγεια |
| 2.2 | Καθυστέρηση |
| 2.3 | Μεταβλητικότητα της καθυστέρησης |
| 2.4 | Απώλεια πακέτων |
| 2.5 | Ηχώ (Echo) |
| 2.6 | Συνολικός προϋπολογισμός και γενικές κατευθύνσεις |
| 2.7 | Συμπέρασμα |

2. Προβλήματα στην μεταφορά φωνής πάνω από IP

Τα παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα έχουν σχεδιαστεί για να προσφέρουν κατάλληλες υπηρεσίες για τις εφαρμογές φωνής, οι οποίες είναι ευαίσθητες στον χρόνο και απαιτούν μικρή καθυστέρηση (delay), μικρή μεταβλητότητα της καθυστέρησης (jitter) και χαμηλό, αλλά σταθερό εύρος ζώνης. Ενώ, τα δίκτυα IP έχουν σχεδιαστεί για υποστήριξη εφαρμογών δεδομένων, όχι πραγματικού χρόνου, όπως μεταφορά αρχείων (FTP) και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (E-Mail). Οι εφαρμογές αυτές χαρακτηρίζονται από υπερβολική κίνηση δεδομένων (bursty traffic), με ανάγκες για μεγάλο εύρος ζώνης και δεν είναι ευαίσθητα στην καθυστέρηση.

Τα τελευταία χρόνια εμφανίζονται όλο και περισσότερο ενοποιημένα δίκτυα φωνής και δεδομένων, και ο λόγος ονομάζεται κόστος. Έτσι, αντί να συντηρούμε ξεχωριστά δίκτυα για τις δυο μορφές επικοινωνίας, δημιουργούμε ένα ολοκληρωμένο δίκτυο, το οποίο μπορεί να μεταφέρει όλες τις μορφές δεδομένων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού χρησιμοποιούμε σαν βασικό στρώμα ένα δίκτυο δεδομένων και όχι το παραδοσιακό δίκτυο φωνής, κι αυτό επειδή η νοημοσύνη και η ευελιξία ενός δικτύου δεδομένων είναι πολύ υψηλότερη.

Η ανάγκη για ένωση των τηλεφωνικών δικτύων και των δικτύων δεδομένων σε ένα μοναδικό δίκτυο μεταγωγής πακέτων, το οποίο θα έχει δυνατότητες παροχής ολοκληρωμένων υπηρεσιών, απαιτεί ιδανικά από το καινούριο δίκτυο να είναι εφοδιασμένο με μηχανισμούς που εξασφαλίζουν λογική και αναμενόμενη Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS), για όλες τις εφαρμογές. Με τον όρο Ποιότητα φωνής αναφερόμαστε στην ακρίβεια της αναπαραγόμενης φωνής και την δυνατότητα κατανόησης της (intelligibility). Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά φαίνονται ίδια, αλλά δεν είναι υποχρεωτικά εξαρτώμενα το ένα από το άλλο.

Τα κύρια στοιχεία που επηρεάζουν την ποιότητα της φωνής είναι:

- Διαύγεια (Clarity)
- Καθυστέρση (Delay)
- Μεταβλητότητα της καθυστέρησης (Jitter)
- Απώλεια Πακέτων (Packet Loss)
- Ηχώ (Echo)

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε αναλυτικά τα στοιχεία αυτά.

2.1 Διαύγεια

Η διαύγεια είναι στενά συνδεδεμένη με την δυνατότητα του παραλήπτη να κατανοήσει την ταυτότητα και την πληροφορία που του μεταφέρει ο αποστολέας (intelligibility). Αυτό είναι ένα υποκειμενικό κριτήριο μέτρησης της πληροφορίας που αντλείται από μια ομιλία. Η διαύγεια φωνής εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, από τις οποίες λίγες μόνο γίνονται εύκολα κατανοητές. Για παράδειγμα, συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων στο ακουστικό φάσμα είναι πιο σημαντικές από άλλες στην κατανόηση της ομιλίας. Έτσι, η ακουστική ζώνη των 1000-1200Hz είναι πιο σημαντική από την ζώνη των 250-800 Hz.

Συνοπτικά οι παράμετροι που επηρεάζουν την διαύγεια της φωνής είναι:

- Δυνατότητα κατανόησης (Intelligibility)
- Θόρυβος
- Εξασθένιση
- Ανεπιθύμητες Παρεμβολές

Επιπλέον, τα στοιχεία ενός δικτύου σε μια απ' άκρο σε άκρο διαδρομή μιας κλήσης, έχουν κάποια επιρροή στην διαύγεια της φωνής:

- Οι βασικές τηλεφωνικές συσκευές και στα δυο άκρα της κλήσης επηρεάζουν τη διαύγεια της φωνής μέσα από τα μικρόφωνα, τα ηχεία, αλλά και την ηχώ (echo) που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ τους. Η παράμετρος αυτή δεν έχει σχέση με

το δίκτυο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά της φωνής, αλλά παίζει μεγάλο ρόλο στην εξασθένιση της ποιότητας της φωνής.

- Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική για τις ασύρματες επικοινωνίες.

- Το δίκτυο PSTN χρησιμοποιεί ψηφιακή μετάδοση φωνής μεταξύ των τηλεφωνικών κέντρων. Η ψηφιοποίηση αυτή επηρεάζει την διαύγεια φωνής, επειδή αυξάνει την αναλογία θόρυβος - σήμα, αλλά όχι τόσο ώστε να δημιουργήσει σημαντική εξασθένιση στην ποιότητα φωνής.

Η διαύγεια φωνής επίσης, επηρεάζεται από τις διάφορες λειτουργίες της πύλης (gateway) κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, όπως είναι η συμπίεση-αποσυμπίεση της πληροφορίας και οι μηχανισμοί VAD (Voice Activity Detection).

2.2 Καθυστέρση

Ο λόγος για τον οποίο η καθυστέρση δημιουργεί προβλήματα ποιότητας του ήχου, όταν αυτός μεταφέρεται πάνω από ένα δίκτυο δεδομένων, έχει να κάνει με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις χρονισμού του ήχου και της ανθρώπινης φωνής ιδιαίτερα. Κάθε συλλαβή ή λέξη μέσα σε μία πρόταση του προφορικού λόγου, χωρίζεται από την επόμενη συλλαβή ή λέξη από έναν πολύ συγκεκριμένο χρόνο. Η μικρή παύση μεταξύ των λέξεων έχει πολλές φορές τόση σημασία όσο και ο ίδιος ο λόγος. Αυτός ο χρονισμός πρέπει να διατηρηθεί από άκρη σε άκρη κατά τη διάρκεια μιας συνδιάλεξης.

Στα παραδοσιακά δίκτυα φωνής, τα στοιχεία αυτά συντηρούνταν χρησιμοποιώντας μεταγωγείς circuit-switching, όπου ένα κύκλωμα άνοιγε από άκρο σε άκρο και τίποτα (η σχεδόν τίποτα) δεν μπορούσε να επηρεάσει το χρονισμό του λόγου μας. Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου (packet-based) όμως, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν αυτόν τον χρονισμό. Σε αυτό το είδος δικτύου δεδομένων, η προώθηση των δεδομένων γίνεται πακέτο-πακέτο. Δεν υπάρχει η

έννοια σταθερού κυκλώματος από άκρη σε άκρη και οτιδήποτε συμβεί στο εσωτερικό του δικτύου (π.χ. κυκλοφοριακή συμφόρηση) θα έχει σαν αποτέλεσμα κάποιο πακέτο να καθυστερήσει να φτάσει στον προορισμό του. Επίσης, εφ' όσον δεν υπάρχουν κανάλια αφιερωμένα για κάποιες κλήσεις, οι ταυτόχρονες κλήσεις πάνω από μία γραμμή ή μέσα από μία εξερχόμενη ουρά κάποιας συσκευής, μπορούν να αλληλεπιδράσουν και να δημιουργηθεί καθυστέρηση.

Εχουν γίνει μελέτες από διάφορους οργανισμούς ώστε να βγει μία αποδεκτή τιμή για την καθυστέρηση. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις διάφορες μελέτες, ποικίλουν. Σύμφωνα με τη σύσταση G.114 της ITU (International Telecommunication Union), αν καταφέρουμε να περιορίσουμε την απόλυτη καθυστέρηση από άκρο σε άκρο, στην μία κατεύθυνση (one-way) σε επίπεδα κάτω των 150 msec, τότε η καθυστέρηση δεν θα δημιουργήσει προβλήματα.

Οτιδήποτε παραπάνω από τα 150 msec θα προκαλέσει στους χρήστες του τηλεφώνου να αρχίσουν να παραπονούνται για επικοινωνία που θυμίζει δορυφορική ζεύξη, και καθώς η καθυστέρηση ξεπερνάει τα 500 msec, θα αρχίσει να υπάρχει πρόβλημα επικοινωνίας μεταξύ των δύο συνδρομητών.

Στο σχήμα 5 βλέπουμε διαφορετικά επίπεδα καθυστέρησης, τα οποία φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.

One Way Delay (msec)	Description
0-150	Acceptable for Most User Applications
150-400	Acceptable Provided That Administrations Are Aware of the Transmission Time Impact on the Transmission Quality of User Applications
400+	Unacceptable for General Network Planning Purposes; However, It is Recognized That in Some Exceptional Cases This Limit Will Be Exceeded

ITU's G.114 Recommendation

Σχήμα 5(Τα διαφορετικά επίπεδα καθυστέρησης)

Από πού όμως, δημιουργείται η καθυστέρηση της φωνής στα δίκτυα δεδομένων; Είναι σημαντικό να ξεκαθαριστεί ότι όλες οι πιθανές πηγές καθυστέρησης δρουν αθροιστικά στο δίκτυο μας, με αποτέλεσμα πολλές μικρές πηγές ανωμαλίας να δημιουργούν προβλήματα στην ποιότητα. Τα αίτια της καθυστέρησης χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Καθυστέρηση διάδοσης

Η καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay) είναι κοινή για όλα τα είδη των δικτύων (παραδοσιακά και μη) και εξαρτάται απόλυτα από το μέσο μετάδοσης.

Το φως ταξιδεύει με 300.000 km το δευτερόλεπτο στο κενό, ενώ τα ηλεκτρόνια στον χαλκό καλύπτουν περίπου 160.000 km σε ένα δευτερόλεπτο. Αρκετά μεγαλύτερη είναι η καθυστέρηση σε ένα μικροκυμματικό δίκτυο ή δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Τέτοιοι περιορισμοί του μέσου, μπορούν να προκαλέσουν σε μεγάλες αποστάσεις κάποια αίσθηση καθυστέρησης στο ανθρώπινο αυτί. Τέτοιου είδους καθυστερήσεις έχουν επίδραση μόνο στις μακρινές υπεραστικές κλήσεις ή αν κάνουμε χρήση δικτύου με μέσο όπως η ατμόσφαιρα (π.χ. μικροκυμματικό). Είναι προφανές ότι δεν υπάρχει τίποτε που μπορούμε να κάνουμε γι' αυτό το είδος της καθυστέρησης. Από τη στιγμή που επιλέξουμε ένα συγκεκριμένο μέσο μετάδοσης, θα ακολουθήσουμε τους νόμους της φυσικής που το διέπουν.

2. Καθυστέρηση επεξεργασίας

Σαν δεύτερο βασικό είδος καθυστέρησης ονομάζουμε την καθυστέρηση επεξεργασίας (handling delay), η οποία περιλαμβάνει όλες τις επιμέρους καθυστερήσεις που εισάγουν οι ενεργές συσκευές τόσο στις άκρες όσο και στο κέντρο του δικτύου. Αν και η καθυστέρηση επεξεργασίας συναντάται τόσο στα παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα όσο και στα δίκτυα δεδομένων, η παρουσία της στα δίκτυα δεδομένων είναι πολύ πιο έντονη και είναι ο κύριος λόγος διαφοροποίησης των δύο φιλοσοφιών.

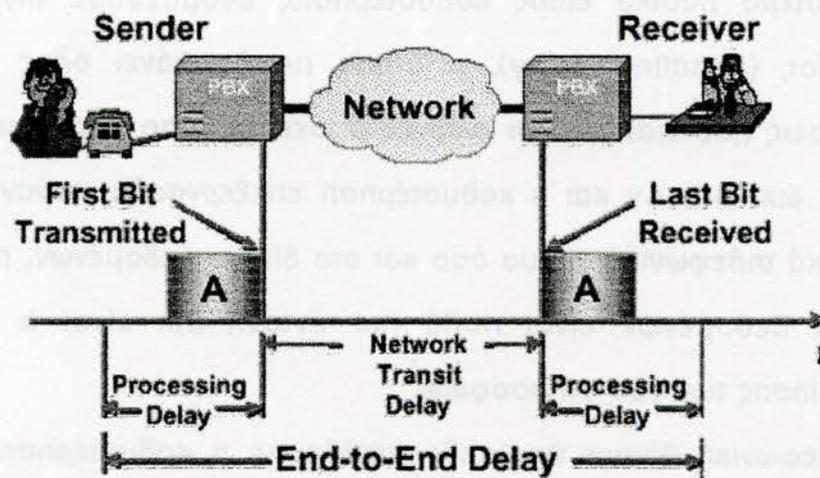
Στα τηλεφωνικά δίκτυα ψηφιακής μετάδοσης η καθυστέρηση επεξεργασίας αφορά την σύνθεση και την εκπομπή κάθε πλαισίου (frame) από τον μεταγωγέα

φωνής, για το οποίο απαιτείται χρόνος 125 μsec . Αυτό το είδος της καθυστέρησης προστίθεται κατά μήκος του δικτύου, καθώς το πλαίσιο περνά από διάφορους μεταγωγείς, με αποτέλεσμα σε κάποια διηπειρωτική συνδιάλεξη, η συνολική αυτή καθυστέρηση επεξεργασίας να φτάνει τα 20 msec ή και περισσότερο. Αν λοιπόν σε αυτή την καθυστέρηση προσθέσουμε μια ακραία τιμή καθυστέρησης διάδοσης μας προκύπτει ένα νούμερο για συνολική καθυστέρηση από άκρη σε άκρη κοντά στα 100 msec. Ένα νούμερο αντιληπτό στον παρατηρητικό χρήστη αλλά σίγουρα όχι ενοχλητικό.

Η καθυστέρηση επεξεργασίας στα δίκτυα δεδομένων όμως, μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες διαστάσεις και είναι η κύρια διαφορά ανάμεσα στα παραδοσιακά δίκτυα φωνής και στα δίκτυα δεδομένων που μεταφέρουν φωνή. Όταν στα δίκτυα δεδομένων παρατηρείται συμφόρηση και τα πακέτα πρέπει να παραμείνουν για κάποιο χρόνο σε κάποιες ουρές μέχρι να γίνει η εκπομπή τους, τότε η καθυστέρηση επεξεργασίας αυξάνεται.

Την καθυστέρηση επεξεργασίας μπορούμε να την χωρίσουμε σε τρεις βασικές κατηγορίες, σχετικά με την τοπολογία του δικτύου μας (Σχήμα 6):

- Καθυστέρηση επεξεργασίας στο σημείο εκκίνησης (originating point)
- Καθυστέρηση επεξεργασίας μέσα στο δίκτυο (access/backbone)
- Καθυστέρηση επεξεργασίας στο σημείο προορισμού (destination point)



Σχήμα 6

- Καθυστέρηση επεξεργασίας στο σημείο εκκίνησης

Ως σημείο εκκίνησης ορίζουμε το δρομορογητή (router) που από την μία πλευρά συνδέεται τυπικά στον παραδοσιακό τηλεφωνικό κόσμο (σε μία τηλεφωνική συσκευή ή σε ένα τηλεφωνικό κέντρο) και από την άλλη πλευρά συνδέεται στο δίκτυο δεδομένων.

Στο σημείο αυτό παρατηρούμε δύο είδη καθυστερήσεων:

α) Το πρώτο είδος καθυστέρησης που εισάγει ο αλγόριθμος CODEC και ονομάζεται CODEC delay, εκτελεί διάφορες λειτουργίες, από τις οποίες οι πιο σημαντικές για την καθυστέρηση είναι τρεις: η κωδικοποίηση της φωνής, η συμπίεση της και η τοποθέτηση των δεδομένων φωνής σε πακέτα συγκεκριμένου μήκους. Συνολικά ο CODEC μπορεί να προκαλέσει καθυστέρηση ως και 35 msec, ανάλογα το είδος του.

Αναλυτικά, για παράδειγμα, μελετώντας τον CODEC G.729 μπορούμε να αναφέρουμε ότι ο CODEC αυτός παράγει κάθε 20 msec 2 δείγματα φωνής των 10 bytes έκαστο, τα οποία συνθέτονται σε ένα πακέτο δεδομένων. Άρα για κάθε πακέτο φωνής που θα εκπέμψουμε στο δίκτυο (ωφέλιμου μεγέθους 20 bytes), η καθυστέρηση θα είναι 20 msec. Σημειωτέο, στα 20 αυτά bytes, αργότερα θα προστεθούν οι headers των IP/UDP/RTP για να δημιουργηθεί ολόκληρο το πακέτο. Συν το γεγονός ότι ο CODEC απαιτεί 5 msec ακόμη για look-ahead, μας δημιουργεί συνολικά μία καθυστέρηση 25 msec για κάθε πακέτο φωνής. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η καθυστέρηση είναι σταθερή και άρα εύκολη να προϋπολογιστεί.

β) Το δεύτερο είδος καθυστέρησης που παρατηρούμε στο σημείο εκκίνησης προέρχεται από την καθυστέρηση των IP πακέτων πια, στην ουρά εξόδου (Output Queuing delay) του δρομορογητή μας. Αυτό το είδος καθυστέρησης είναι μεταβλητό και πολύ πιο δύσκολο να προσδιοριστεί. Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων και τα ίδια τα χαρακτηριστικά της συσκευής μας (του δρομορογητή). Πρέπει γενικά να διατηρείται σε επίπεδα κάτω των 10 msec.

- **Καθυστέρηση επεξεργασίας μέσα στο δίκτυο**

Σαν καθυστέρηση επεξεργασίας μέσα στο δίκτυο ορίζουμε το χρόνο που θα χρειαστεί το πακέτο να φτάσει από το δρομολογητή εκκίνησης (αφού έχει γίνει η κατάλληλη επεξεργασία και το πακέτο είναι έτοιμο για εκπομπή) στο δρομολογητή προορισμού (μόλις το πακέτο εισαχθεί στην ουρά εισόδου).

Σε αυτό το είδος της καθυστέρησης παίζουν ρόλο τρεις παράγοντες:

- α) Ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων μας από το σημείο εκκίνησης προς το δίκτυο (serialization Up-link delay)
- β) Ο ρυθμός μετάδοσης από το δίκτυο προς το σημείο προορισμού (serialization Down-Link delay)
- γ) Οι εσωτερικές καθυστερήσεις του ίδιου του δικτύου κορμού (general network delay).

Είναι φανερό ότι οι καθυστερήσεις αυτές είναι εσωτερικές στο δίκτυο κορμού και δεν μπορεί να τις ελέγξει ο απλός χρήστης. Είναι ευθύνη του παροχέα υπηρεσιών, αν πρόκειται για δημόσιο δίκτυο, ή του υπεύθυνου δικτύου (administrator), αν πρόκειται για κάποιο μεγάλο ιδιωτικό δίκτυο. Είναι μεταβλητό είδος καθυστέρησης και δύσκολα μετρήσιμο. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ελεγχθεί αυτή η καθυστέρηση, αλλά αυτό εξαρτάται άμεσα από το είδος του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιούμε για το δίκτυο κορμού (π.χ. IP, ATM, Frame Relay, κλπ), καθώς και από τις ίδιες τις δυνατότητες των συσκευών μας. Είναι το σημείο όπου πρέπει να γίνει πρόβλεψη ώστε το δίκτυο να μπορεί να εξυπηρετεί όλες τις ανάγκες κίνησης τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά.

Χρησιμοποιώντας σαν οδηγό τον παρακάτω πίνακα, μπορούμε να κατανοήσουμε το πιθανό μέγεθος του προβλήματος.

Frame Size

Link Speed	Frame Size							
	1 Byte	64 Bytes	128 Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1024 Bytes	1500 Bytes	
56kbps	143µs	9ms	18ms	36ms	72ms	144ms	214ms	
64kbps	125µs	8ms	16ms	32ms	64ms	128ms	187ms	
128kbps	62.5µs	4ms	8ms	16ms	32ms	64ms	93ms	
256kbps	31µs	2ms	4ms	8ms	16ms	32ms	46ms	
512kbps	15.5µs	1ms	2ms	4ms	8ms	16ms	23ms	
768kbps	10µs	640µs	1.28ms	2.56ms	5.12ms	10.24ms	15ms	
1536kbps	5µs	320µs	640µs	1.28ms	2.56ms	5.12ms	7.5ms	

σχήμα 7

Παρατηρούμε λοιπόν ότι ένα πακέτο 1500 bytes σε μια γραμμή T1 (1536kbps) χρειάζεται 7.5 msec για να φτάσει στον προορισμό του. Το ίδιο πακέτο σε μια γραμμή 56 kbps χρειάζεται 214 msec, πολύ περισσότερο από τα 150 msec που έχουμε προδιαγράψει ως την επιθυμητή συνολική καθυστέρηση για το δίκτυο μας. Στην πράξη το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται όταν ένα μεγάλο πακέτο δεδομένων (π.χ. 1500 bytes μίας μεταφοράς FTP) προηγηθεί στην ουρά εξόδου του δρομολογητή μας, ενός πακέτου φωνής (το οποίο συνήθως είναι μικρό και σταθερό π.χ. 80 bytes). Αν λοιπόν στο σημείο εκκίνησης ένα πακέτο δεδομένων 1500 bytes καταλάβει την ουρά εξόδου σε μία γραμμή 56 kbps τότε αυτό το πακέτο θα καταλάβει τη γραμμή για 214 msec. Αυτό σημαίνει ότι το σημείο προορισμού δεν πρόκειται να δει κάποιο πακέτο φωνής για 214 msec. Φυσικά ο δρομολογητής προορισμού μπορεί να υλοποιήσει κάποιο buffering, αλλά δεν έχει νόημα να το κάνει για 214 msec γιατί ούτως ή άλλως τότε θα έχουμε υπερβεί τον στόχο των 150 msec. Τότε ο δέκτης θα αποδεχτεί το καθυστερημένο πακέτο φωνής σαν χαμένο (packet loss) και θα μας επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα. Άρα σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης ή θα πρέπει να χρησιμοποιήσει μεγαλύτερη γραμμή ή θα πρέπει να ενεργοποιήσει κάποιους αλγόριθμους QOS ώστε να μην εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η καθυστέρηση έχει νόημα μόνο αν το δίκτυο πρόσβασης είναι IP ή Frame-Relay τα οποία

χρησιμοποιούν πακέτα μεταβλητού μεγέθους και έχει νόημα σε γραμμές κάτω των 512 kbps, αφού από 512 kbps και πάνω, η επίδραση του serialization delay μικραίνει αισθητά.

- **Καθυστέρηση επεξεργασίας στο σημείο προορισμού**

Ως σημείο προορισμού θεωρούμε έναν δρομολογητή που συνδέει το δίκτυο δεδομένων με το τηλέφωνο ή τηλεφωνικό κέντρο προορισμού.

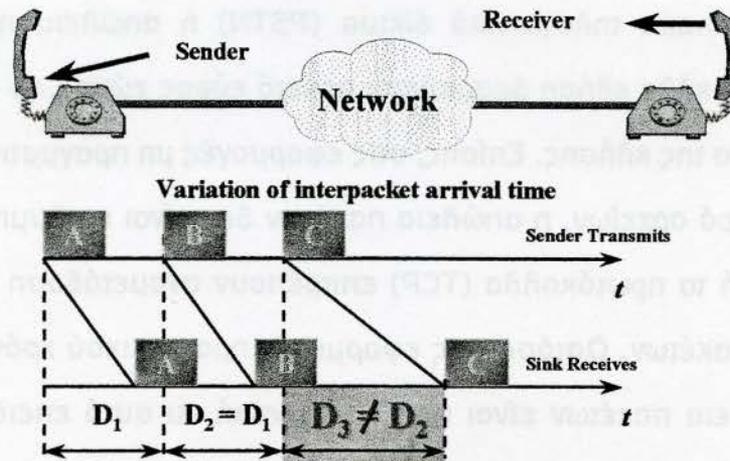
Στο σημείο προορισμού υπάρχουν κάποια κοινά είδη καθυστέρησης με το σημείο εκκίνησης, συν μια σημαντική διαφοροποίηση. Συνολικά στο σημείο προορισμού παρατηρούμε τρία βασικά είδη καθυστέρησης. Την καθυστέρηση λόγω CODEC (CODEC delay), την καθυστέρηση στην ουρά εισόδου του δρομολογητή (Input Queuing delay) και την καθυστέρηση λόγω του jitter buffer. Τα δύο πρώτα είδη έχουν πολλή κοινά με τις καθυστερήσεις που έχουν αναφερθεί στο σημείο εκκίνησης, με τη μόνη διαφορά ότι στο σημείο εκκίνησης είχαμε καθυστέρηση στην ουρά εξόδου, ενώ εδώ έχουμε καθυστέρηση στην ουρά εισόδου. Επίσης, η καθυστέρηση του CODEC στο σημείο προορισμού είναι πολύ μικρότερη από ότι στο σημείο εκκίνησης (λιγότερο από το μισό). Οι ίδιες βασικές αρχές ισχύουν και στις δύο περιπτώσεις. Η μόνη διαφορά είναι η καθυστέρηση λόγω του jitter buffer.

2.3 Μεταβλητότητα της καθυστέρησης

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι υπάρχουν δυο ειδών καθυστερήσεις : η απόλυτη καθυστέρηση και η μεταβολή της καθυστέρησης. Η απόλυτη καθυστέρηση είναι ο χρόνος που χρειάζεται ένα πακέτο για να φθάσει από το ένα άκρο ως το άλλο. Η καθυστέρηση αυτή όταν υπερβεί κάποια όρια όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, προκαλεί προβλήματα στο ρυθμό της ομιλίας, της ερώτησης ή της απάντησης.

Η μεταβολή της καθυστέρησης ή το jitter είναι το σημαντικότερο ίσως πρόβλημα στα δίκτυα δεδομένων και ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του αναμενόμενου (θεωρητικού) χρόνου άφιξης ενός πακέτου στο σημείο προορισμού και του πραγματικού χρόνου άφιξης

Delay Variation—“Jitter”



Σχήμα 8

Αν το σημείο εκκίνησης παράγει πακέτα φωνής κάθε 20 msec, τότε στο σημείο προορισμού - λόγω διαφόρων καθυστερήσεων π.χ. στο δίκτυο κορμού - θα παρατηρήσουμε άφιξη πακέτων, όχι κάθε 20 msec, αλλά κάθε ένα τυχαίο διάστημα. Η διαφορά αυτή μεταξύ του τυχαίου διαστήματος και των 20 msec αποτελεί το jitter.

Η απάντηση στο πρόβλημα του jitter δίνεται με τη χρήση buffering στο σημείο προορισμού, έτσι ώστε ο δρομολογητής προορισμού να παράγει με σταθερό ρυθμό τα πακέτα φωνής στον τελικό χρήστη "κρύβοντας" την μεταβλητή αυτή καθυστέρηση. Το buffering είναι ένας μηχανισμός, ο οποίος εξαναγκάζει την αναμονή των καθυστερημένων πακέτων.

Υπάρχουν διαφορετικές υλοποιήσεις στον αλγόριθμο του buffering από κάθε κατασκευαστή.

2.4 Απώλεια πακέτων

Η απώλεια πακέτων είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο στα δίκτυα IP. Η απώλεια έχει να κάνει με την απόρριψη πακέτων από τον δρομολογητή όταν συμβεί συμφόρηση στο δίκτυο. Η απώλεια δεν σημαίνει απαραίτητα ότι το πακέτο δεν

φτάνει στον προορισμό του. Έτσι ένα πακέτο που φτάνει αργά (στα τηλεφωνικά δίκτυα), είναι ισοδύναμο με ένα πακέτο που δεν φτάνει ποτέ, και απορρίπτεται από τον παραλήπτη.

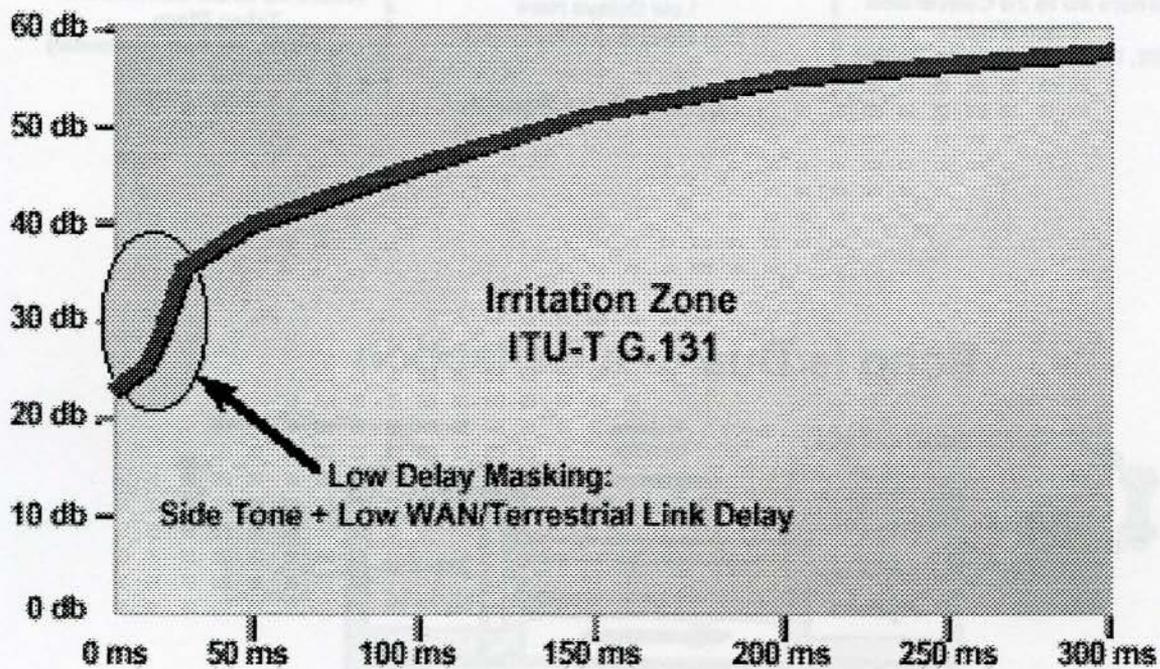
Στα παραδοσιακά τηλεφωνικά δίκτυα (PSTN) η απώλεια πακέτων δεν έχει νόημα, γιατί για κάθε κλήση δεσμεύεται αρκετό εύρος ζώνης, το οποίο διατηρείται κατά τη διάρκεια της κλήσης. Επίσης, στις εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου όπως είναι η μεταφορά αρχείων, η απώλεια πακέτων δεν είναι επιθυμητή αλλά ούτε και κρίσιμη, επειδή τα πρωτόκολλα (TCP) επιτρέπουν αναμετάδοση για την ανάκτηση των χαμένων πακέτων. Ωστόσο στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως είναι η φωνή, η απώλεια πακέτων είναι πολύ σημαντική, κι αυτό επειδή η πληροφορία πρέπει να φτάσει σε συγκεκριμένο χρόνο για να μπορεί να φανεί χρήσιμη στην αναδόμηση του σήματος. Η αναμετάδοση στις εφαρμογές αυτές θα πρόσθετε καθυστέρηση στην αναδόμηση, και εκτός αυτού δεν θα ήταν και πρακτικό.

Για την αποφυγή της απώλειας πακέτων σε ένα δίκτυο IP, απαιτούνται μηχανισμοί διαχείρισης της κυκλοφορίας, όπως είναι ο έλεγχος ροής και οι αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης πακέτων ανάλογα με την προτεραιότητα τους. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι ο αλγόριθμος RSVP (Resource Reservation Protocol) και το MPLS (Multi-Protocol Label Switching).

2.5 Ηχώ (Echo)

Η ηχώ είναι η ανάκλαση του σήματος καθώς περνάει μέσα από το δίκτυο, με αρκετή καθυστέρηση έτσι ώστε να γίνεται αποδεκτή από τον ακροατή. Η ηχώ είναι στενά συνδεδεμένη με την καθυστέρηση. Έτσι η ηχώ σε συνδυασμό με μια τυπική καθυστέρηση 16-20 ms (που ονομάζεται sidetone) είναι πολλές φορές επιθυμητή. Αυτό επειδή κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας είναι καθησυχαστικό το να ακούς τη δική σου φωνή. Αλλά η ηχώ σε συνδυασμό με μια καθυστέρηση μεγέθους 32 ms μπορεί να είναι ενοχλητική για τον ομιλητή.

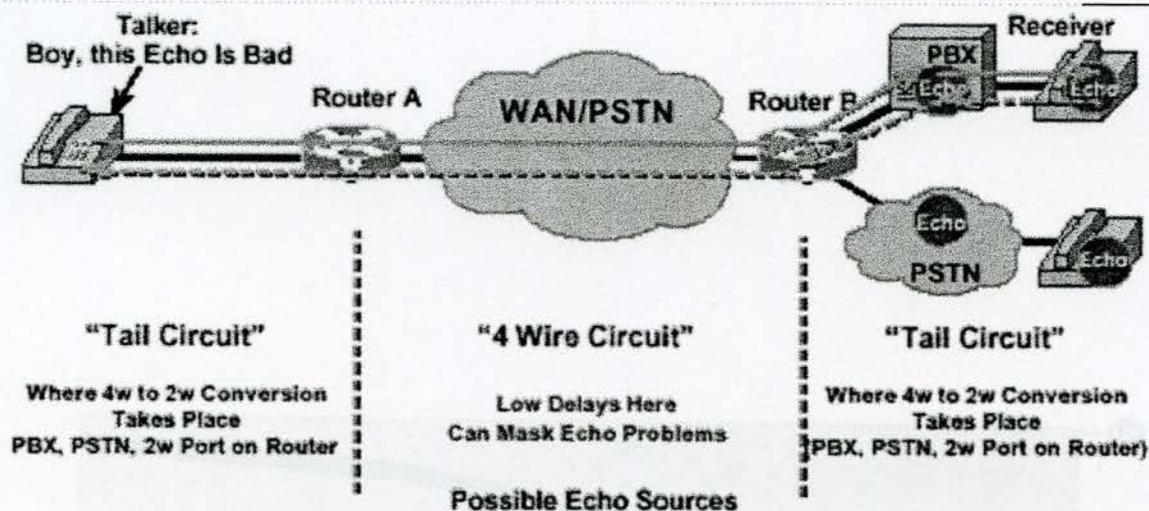
Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα παρουσιάζεται η σχέση ηχώ - καθυστέρηση.



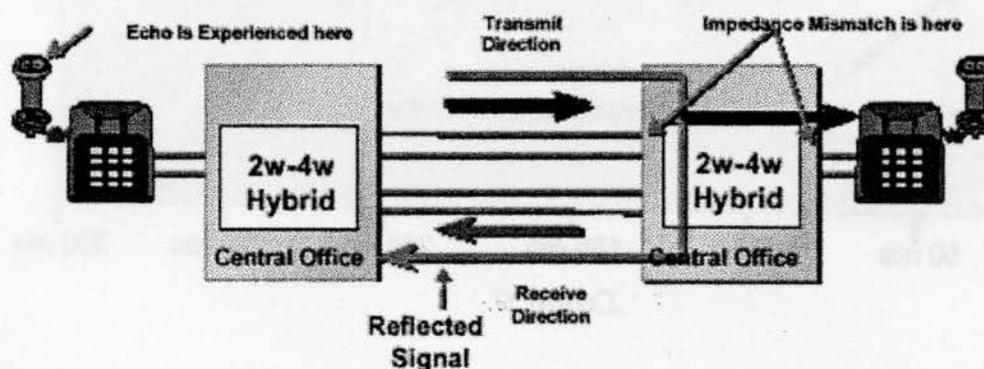
Σχήμα 9

Ας εξετάσουμε την προέλευση της ηχούς από τα τηλεφωνικά δίκτυα και τις προσπάθειες για την καταπολέμηση αυτού του φυσικού φαινομένου.

Στα τηλεφωνικά δίκτυα το 2-σύρματο Local Loop συνδέεται σε ένα τηλεφωνικό κέντρο, μέσω μιας συσκευής που ονομάζεται υβρίδιο. Το υβρίδιο διαχωρίζει τα κανάλια μετάδοσης και λήψης, με σκοπό την μεταφορά τους πάνω από διαφορετικά ζεύγη συρμάτων (Σχήμα 9).



Echo Is Due to a Reflection

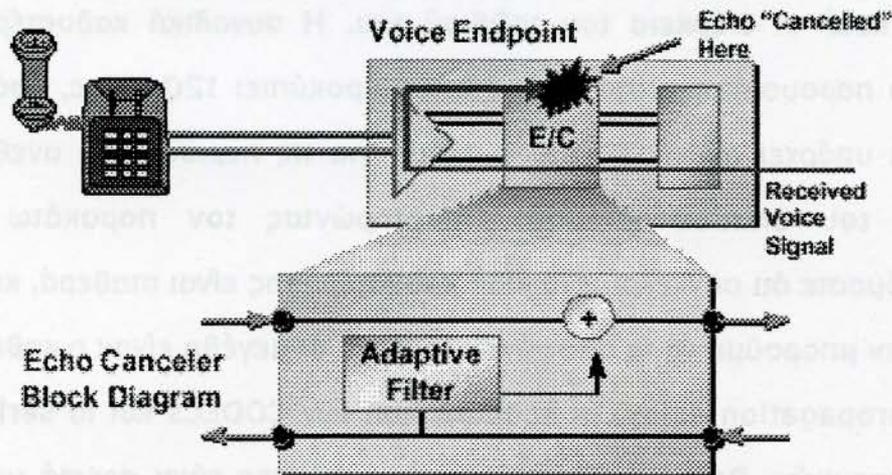


Σχήμα 10

Αλλά επειδή ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι τέλειος, μπορεί να συμβεί μερικά σήματα από το κανάλι μετάδοσης να διαρρέουν στο κανάλι λήψης και έτσι δημιουργείται η ηχώ. Μια άλλη πηγή δημιουργίας της ηχώ είναι το ακουστικό μιας τηλεφωνικής συσκευής και το hands-free μέρος ενός τηλεφώνου ή Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

Μια λύση στο πρόβλημα που δημιουργεί η ηχώ είναι ο echo canceller (Σχήμα 11), μια πολύπλοκη συσκευή που χρησιμοποιείται στα δίκτυα φωνής για τον περιορισμό ή την εξάλειψη της ηχώ.

Most Effective Means for Removing Echo



Σχήμα 11

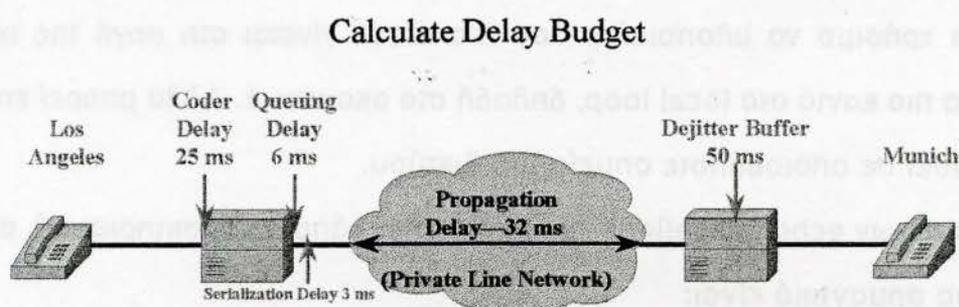
Οι συσκευές αυτές παρακολουθούν την ομιλία (από το απέναντι άκρο) μέσα από το κανάλι λήψης και χρησιμοποιούν την πληροφορία αυτή για να εκτιμήσουν την ηχώ, η οποία στη συνέχεια αφαιρείται από το κανάλι μετάδοσης. Ο echo canceller είναι χρήσιμο να υλοποιείται όσο πιο κοντά γίνεται στη πηγή της ηχούς, δηλαδή όσο πιο κοντά στο local loop, δηλαδή στο ακουστικό. Αλλά μπορεί επίσης, να υλοποιηθεί σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου.

Η ποιότητα των echo canceller καθορίζεται από κάποια χαρακτηριστικά, από τα οποία τα πιο σημαντικά είναι:

- Χρόνος σύγκλησης (Convergence time) - είναι ο χρόνος που απαιτείται από τον echo canceller να προσαρμοστεί στο κύκλωμα που παρακολουθείται και να προσφέρει ικανοποιητική ελάττωση της ηχούς.
- Βαθύτητα της Εξουδετέρωσης (Cancellation Depth) - είναι η ελάττωση της ηχούς που επιτυγχάνεται, υπολογισμένη σε dB.
- Double-talk Robustness - είναι η ικανότητα του echo canceller να μπορεί να συνεχίσει την λειτουργία του και κάτω από συνθήκες ταυτόχρονης ομιλίας των δυο άκρων μιας σύνδεσης.

2.6 Συνολικός προϋπολογισμός και γενικές κατευθύνσεις

Συνοπολογίζοντας όλες τις επιμέρους καθυστερήσεις του δικτύου, μπορούμε να προϋπολογίσουμε την καθυστέρηση που ένα πακέτο φωνής μπορεί να συναντήσει κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του. Η συνολική καθυστέρηση του δικτύου που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6.α προκύπτει 120 msec, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει ανοχή 30 msec ακόμη για τις περισσότερο ανεξέλεγκτες επιδράσεις του δικτύου κορμού. Παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα, αντιλαμβανόμαστε ότι συγκεκριμένα είδη καθυστέρησης είναι σταθερά, και κάποια από αυτά, δεν μπορούμε να τα αποφύγουμε. Αυτά τα μεγέθη είναι: η καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay), η καθυστέρηση των CODECs και τα serialization delay των γραμμών. Βεβαίως αν οι ρυθμοί μετάδοσης είναι αρκετά μεγάλοι, η επίδραση του serialization delay μπορεί να είναι αμελητέα. Οπως αμελητέα είναι και η επίδραση της καθυστέρησης διάδοσης για μικρές (εθνικές για την περίπτωση της χώρας μας) αποστάσεις στην περίπτωση του χαλκού ή της οπτικής ίνας.



	Fixed Delay	Variable Delay
Καθυστέρηση διάδοσης: Propagation Delay (Private Lines)	20 msec	
Σημείο εκκίνησης CODEC Delay G.729 (5 msec look ahead)	5 msec	
Σημείο εκκίνησης CODEC Delay G.729 (10 msec per frame)	20 msec	
Σημείο εκκίνησης - Output Queuing delay		6 msec
Serialization Delay Uplink 64 kbps Trunk - 64 bytes πακέτο	3 msec	
Network Delay (e.g., Public Frame Relay)		?
Serialization Delay Downlink 64 kbps Trunk - 64 bytes πακέτο	3 msec	
Σημείο προορισμού - Input Queuing delay		5 msec
Σημείο προορισμού CODEC Delay G.729	8 msec	
Σημείο προορισμού Dejitter Buffer		4-200ms
Total	120 msec	

50ms used
in this
example

Σχήμα 12

Ενώ όμως για την καθυστέρηση των CODECs και για την καθυστέρηση διάδοσης δεν υπάρχει προφανής θεραπεία (εκτός από την επιλογή άλλου CODEC ή εναλλακτικού δρόμου διάδοσης), για την αντιμετώπιση του serialization υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης τόσο στα frame-relay όσο και στα IP δίκτυα.. Το IP με την χρήση του multilink fragmentation and interleaving. Σε συνδυασμό με τη χρήση queuing (π.χ. WFQ Weighted Fair Queuing) και classification (IP precedence) εξασφαλίζουμε την ελάχιστη καθυστέρηση στα πακέτα φωνής σε γραμμές χαμηλής ταχύτητας (<256kbps). Επίσης, μια χρήσιμη λειτουργία είναι αυτή του CRTP (compressed RTP) το οποίο μας μειώνει την κατανάλωση bandwidth και άρα μικραίνει το μέγεθος των πακέτων στις μικρές γραμμές.

Υπάρχουν όμως και μεγέθη τα οποία είναι μεταβλητά και δύσκολα στον υπολογισμό τους. Για την καθυστέρηση στις ουρές εισόδου και εξόδου πάλι χρησιμοποιούμε ειδικούς αλγόριθμους διαφοροποίησης της κίνησης και τοποθέτησης σε κατάλληλες ουρές (με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά) για την βέλτιστη συμπεριφορά της κίνησης φωνής. Ομοίως και στα δίκτυα κορμού χρησιμοποιούμε αλγόριθμους ελέγχου της συμφόρησης για τις όσο το δυνατόν μικρότερες καθυστερήσεις στα "ευαίσθητα" πακέτα. Για παράδειγμα σε IP δίκτυα χρησιμοποιούμε τους αλγόριθμους RED (Random Early Detection) οι οποίοι θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 3.

Η καθυστέρηση πάντως είναι ένα υπαρκτό πρόβλημα στα δίκτυα δεδομένων, αλλά όταν γίνει σωστός σχεδιασμός και πρόβλεψη των διαφόρων μεγεθών τότε η κατάσταση μπορεί να ελεγχθεί και να επιτύχουμε την ιδανική ποιότητα φωνής τηρουμένων των αναλογιών συμπίεσης, περιορισμένου εύρους κλπ.

2.7 Συμπέρασμα

Τα παραπάνω προβλήματα "ποιότητας της φωνής μέσω IP" μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς έτσι ώστε το VoIP να είναι αποδεκτό και πλεονεκτικό. Την καθυστέρηση ο χρήστης μπορεί να την επηρεάσει άμεσα αφού η ταχύτητα πρόσβασης είναι επιλογή του χρήστη. Αυτό το είδος της καθυστέρησης το ονομάζουμε "serialization delay" και δεν είναι τίποτε άλλο από το χρόνο που χρειάζεται ένα πακέτο για να εξυπηρετηθεί από έναν δεδομένο ρυθμό μετάδοσης. Το serialization delay μπορεί να γίνει πηγή πολύ μεγάλης καθυστέρησης, αλλά επειδή είναι σταθερό και προβλέψιμο μπορούμε να το προϋπολογίσουμε. Η καθυστέρηση αυτή είναι συνάρτηση τόσο της ταχύτητας της γραμμής, όσο και του μεγέθους του πακέτου.

Η απάντηση στο πρόβλημα της μεταβλητότητας της καθυστέρησης δίνεται με τη χρήση buffering στο σημείο προορισμού, έτσι ώστε ο δρομολογητής προορισμού να παράγει με σταθερό ρυθμό τα πακέτα φωνής στον τελικό χρήστη "κρύβοντας" την μεταβλητή αυτή καθυστέρηση. Το buffering είναι ένας μηχανισμός, ο οποίος εξαναγκάζει την αναμονή των καθυστερημένων πακέτων

Για την αποφυγή της απώλειας πακέτων σε ένα δίκτυο IP, απαιτούνται μηχανισμοί διαχείρισης της κυκλοφορίας, όπως είναι ο έλεγχος ροής και οι αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης πακέτων ανάλογα με την προτεραιότητα τους. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι ο αλγόριθμος RSVP (Resource Reservation Protocol) και το MPLS (Multi-Protocol Label Switching). Μια λύση στο πρόβλημα που δημιουργεί η ηχώ είναι ο echo canceller, μια πολύπλοκη συσκευή που χρησιμοποιείται στα δίκτυα φωνής για τον περιορισμό ή την εξάλειψη της ηχούς. Αυτοί οι μηχανισμοί θα εξεταστούν στο κεφάλαιο 3 (QoS)

3. κεφάλαιο

QUALITY OF SERVICE

- 3.1 Τι είναι το Quality of Service
- 3.1.1 Η απαίτηση για QoS
- 3.1.2 Γενικές αρχές του πλαισίου της QoS
- 3.1.3 Η Αρχιτεκτονική Υποστήριξης QoS
- 3.1.4 ΜΟΝΤΕΛΑ QoS
 - 3.1.4.1 Υπηρεσία Βέλτιστης Προσπάθειας (Best-Effort Service)
 - 3.1.4.2 Ολοκληρωμένη Υπηρεσία (Integrated Services)
 - 3.1.4.3 Διαφοροποιούμενη Υπηρεσία (Differentiated Service)
- 3.1.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ QoS
 - 3.1.5.1 Κατηγοριοποίηση
 - 3.1.5.2 Διαχείριση Συμφόρησης
 - 3.1.5.3 Αποφυγή Συμφόρησης
 - 3.1.5.4 Policing and Shaping
 - 3.1.5.5 Σηματοδοσία (Signaling)
 - 3.1.5.6 Μηχανισμοί Αποδοτικότητας Σύνδεσης (Link Efficiency Mechanisms)
- 3.2 Συμπέρασμα

3. Quality of Service

3.1 Τι είναι το Quality of Service

Το QoS αναφέρεται στην ικανότητα ενός δικτύου να παρέχει καλύτερη υπηρεσία σε κάποιο συγκεκριμένο τύπο πληροφορίας, πάνω από διάφορες τεχνολογίες όπως Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode (ATM), Ethernet, SONET και IP. Πρέπει δηλαδή το κάθε δικτυακό στοιχείο (εφαρμογή, δρομολογητής, host) να εξασφαλίσει τις απαιτήσεις της πληροφορίας που επεξεργάζεται. Η υλοποίηση του QoS προϋποθέτει την συνεργασία όλων των δικτυακών επιπέδων και όλων των δικτυακών στοιχείων. Το QoS δεν "δημιουργεί" εύρος ζώνης, απλώς το διαχειρίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Αυτό που πρέπει να κάνει δηλαδή, είναι η εξασφάλιση πόρων για τις "απαιτητικές" εφαρμογές. Αυτή η εξασφάλιση σημαίνει ότι αυτοί οι πόροι δεν θα είναι πια διαθέσιμοι για τις εφαρμογές "καλύτερης προσπάθειας". Το εύρος ζώνης όμως είναι μια πεπερασμένη πηγή. Γι' αυτόν το λόγο οι σχεδιαστές του QoS έπρεπε να εξασφαλίσουν ότι και οι υπόλοιπες εφαρμογές (καλύτερης προσπάθειας) θα μπορούν να χρησιμοποιούν το εύρος ζώνης. Έτσι οι εφαρμογές αυτές μπορεί να είναι λίγο αργές, αλλά θα λειτουργούν.

Συγκεκριμένα το QoS παρέχει καλύτερη και πιο προβλέψιμη υπηρεσία, προσφέροντας :

- Αφιερωμένο εύρος ζώνης (bandwidth)
- Βελτίωση των χαρακτηριστικών της απώλειας πακέτων
- Αποφυγή και διαχείριση της συμφόρησης δικτύου
- Μορφοποίηση της δικτυακής κίνησης (traffic shaping)
- Ανάθεση προτεραιοτήτων στους διάφορους τύπους κίνησης κατά μήκος του δικτύου.

3.1.1 Η απαίτηση για QoS

Η τρέχουσα τάση θέλει όλα τα δίκτυα να μετεξελισσονται από τα αποκλειστικά διατεθημένα για έναν χρήστη κυκλώματα και τη μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching) στην πιο ευέλικτη και αποδοτική μεταγωγή πακέτων (packet switching). Η τάση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η δέσμευση σταθερού εύρους ζώνης ίσου με το μέγιστο αυτού που μπορεί να απαιτηθεί, αποτελεί σπατάλη πόρων για όσο διάστημα δεν χρησιμοποιείται. Εξάλλου η δημιουργία ενός πλήρους συνδεδεμένου πλέγματος αφοσιωμένων κυκλωμάτων είναι μη πρακτική και αντιοικονομική.

Βέβαια τα circuit switched κυκλώματα έχουν το πλεονέκτημα των σταθερώ ποιοτικών χαρακτηριστικών, τα οποία εξαρτώνται μόνο από το φορτίο που θα τεθεί από τις εφαρμογές στα άκρα των κυκλωμάτων. Προκειμένου τα σημερινά δίκτυα μεταγωγής πακέτων να αναλάβουν τη μετάδοση δεδομένων με μεγάλες απαιτήσεις ποιότητας, απαιτείται η υλοποίηση τεχνικών που θα διασφαλίζουν ή θα προσεγγίζουν τις απαιτήσεις αυτές. Η διασφάλιση αυτή θεωρείται δεδομένη στις circuit-switched συνδέσεις.

Με δεδομένη την ευρεία διάδοση του Internet Protocol (IP) και τη μεγάλη εγκατεστημένη βάση των IP δικτύων και του Internet, η ανάγκη για να αποκτήσουν αυτά τα δίκτυα δυνατότητες παροχής Quality of Service (QoS) είναι επιτακτική. Στην περίπτωση του Internet, που η ευρεία χρήση του το έχει καθιερώσει σαν ένα μέσο μετάδοσης όλων των ειδών εφαρμογών, υπάρχει μεγάλη ποικιλία εφαρμογών που χρειάζονται ειδική μεταχείριση. Τέτοιες εφαρμογές είναι η μετάδοση φωνής (Voice over IP-VoIP), εικόνας και δεδομένων πολυμέσων. Στις περιπτώσεις αυτών των εφαρμογών, τα δεδομένα πρέπει να τυγχάνουν ειδικής μεταχείρισης από το δίκτυο, διαφορετικής από την υπόλοιπη κίνηση. Δυστυχώς το Internet και όλα τα IP δίκτυα δεν προσφέρουν τη δυνατότητα για διάκριση μεταξύ των πακέτων δεδομένων και συνεπώς τη διαφορετική μεταχείρισή τους.

Το Internet προσφέρει θεωρητικά ένα επίπεδο υπηρεσιών, αυτό που καλείται "καλύτερης προσπάθειας", όπου όλα τα πακέτα κινούνται στο δίκτυο σε καθεστώς

ισότητας. Το δίκτυο καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια για να παραδώσει τα πακέτα στους προορισμούς τους αλλά δεν υπάρχουν εγγυήσεις και ειδική δέσμευση πόρων για οποιαδήποτε από τα πακέτα. Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι πρακτικά το Internet δεν προσφέρει μόνο ένα επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών. Ενώ ορισμένες περιοχές του δικτύου παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα συμφόρησης και συνεπώς χαμηλή ποιότητα, άλλες περιοχές παρουσιάζουν συνέπεια σε επίπεδα υψηλής ποιότητας υπηρεσιών.

Οι λόγοι που τα IP δίκτυα δεν υποστήριζαν έως σήμερα QoS είναι διάφοροι. Κατ' αρχήν η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP βασίστηκε στη ιδέα της δίκαιης και από κοινού πρόσβασης σε όλους, χωρίς ειδική μεταχείριση σε κάποια είδη δεδομένων. Με εξαίρεση τα τελικά σημεία που επικοινωνούν, καμία σύνδεση δε διατηρείται σε οποιοδήποτε μέρος του δικτύου. Δεύτερον, οι δρομολογητές της προηγούμενης γενιάς (πολλοί από τους οποίους ακόμα βρίσκονται σε λειτουργία) χρησιμοποιούσαν FIFO στρατηγική στις ουρές τους. Στις περιπτώσεις που περισσότερα πακέτα από όσα ο δρομολογητής μπορούσε να διαχειριστεί έφταναν σε αυτόν και η ουρά γέμιζε, τα αμέσως επόμενα πακέτα που έφταναν απορρίπτονταν.

Σαν ένας ακόμα παράγοντας που λειτούργησε ενάντια στη υποστήριξη QoS από τα σύγχρονα δίκτυα, μπορεί να θεωρηθεί και η επικείμενη κατάρρευση του Internet λόγω αυξανόμενης κίνησης. Το γεγονός αυτό αντιμετωπίστηκε με αλλαγές στο TCP πρωτόκολλο έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμόσει τους ρυθμούς αποστολής του στη διαθέσιμη χωρητικότητα του δικτύου. Συγκεκριμένα, το TCP άρχισε να ρυθμίζει τους ρυθμούς αποστολής του βάσει των αφίξεων και των συχνοτήτων των acknowledgments που έφταναν από τον παραλήπτη. Στις περιπτώσεις συμφόρησης του δικτύου, ο αποστολέας μείωνε το ρυθμό μετάδοσης πληροφορίας ενώ όποτε το δίκτυο είχε διαθέσιμη χωρητικότητα, ο αποστολέας αύξανε το ρυθμό αποστολής του. Τέλος η αναβάθμιση του TCP πρωτοκόλλου έτσι ώστε να υποστηρίζει QoS δεν ήταν απαραίτητη όσο κυριαρχούσαν εφαρμογές όπως τα HTTP, FTP, e-mail κλπ. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να προσαρμόσουν τους ρυθμούς αποστολής δεδομένων τους σε οποιαδήποτε χωρητικότητα προσφέρει το δίκτυο.

Η κατάσταση σήμερα όσο αφορά τις εφαρμογές έχει αλλάξει. Οι χρήστες εκφράζουν την απαίτηση για τον καθορισμό μιας συνεπούς ποιότητας υπηρεσιών οι οποία θα παρέχεται μέσω του Internet, ενώ οι παροχείς δικτυακών υπηρεσιών προσπαθούν να βρουν μεθόδους για την υλοποίηση αυτής της απαίτησης. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας εντάσσεται η εισαγωγή της έννοιας Quality of Service στο Internet. Στο σημείο αυτό μπορεί να δοθεί ένας γενικός ορισμός της Quality of Service σαν της δυνατότητας ενός δικτύου να παρέχει διαφοροποιημένες υπηρεσίες σε ένα υποσύνολο της κίνησης που περνάει μέσα από αυτό.

Ωστόσο η εξασφάλιση QoS στα σύγχρονα IP δίκτυα πρόκειται να έχει μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο. Αυτό επειδή το Internet θα εξελιχθεί από ένα σύστημα διασύνδεσης 'καλύτερης προσπάθειας', σε ένα μέσο παροχής υπηρεσιών πραγματικού χρόνου όπως φωνή, εικόνα και επιχειρηματικών δεδομένων.

3.1.2 Γενικές αρχές του πλαισίου της QoS

Οι βασικότερες αρχές που καθοδηγούν στην δημιουργία ενός γενικευμένου πλαισίου QoS είναι:

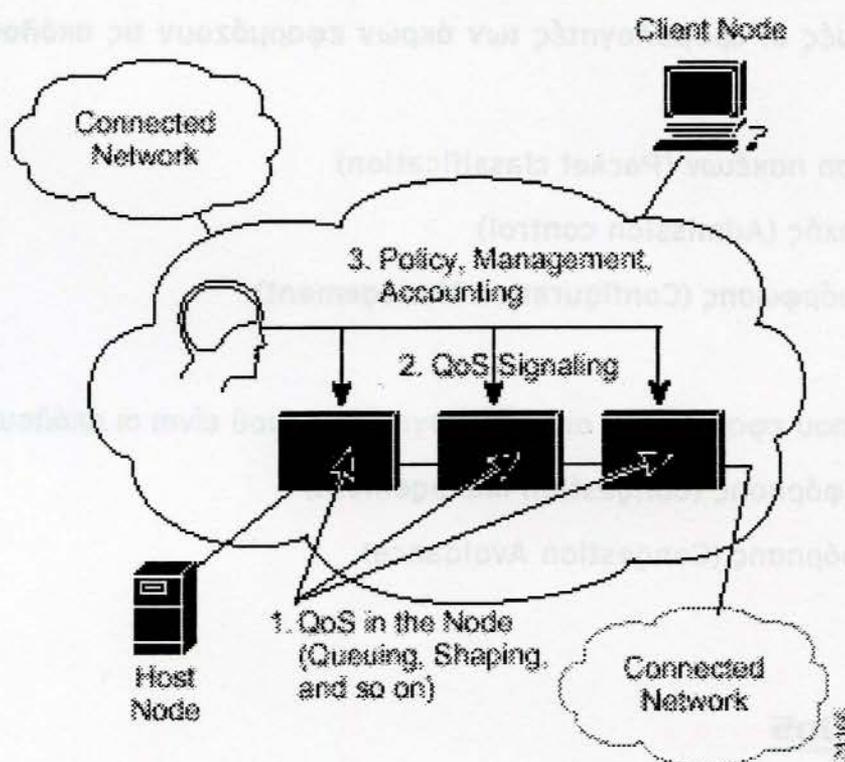
- Η αρχή της ολοκλήρωσης. Η αρχή αυτή καθορίζει ότι το QoS πρέπει να είναι διαχειρίσιμο και προβλέψιμο στην υλοποίησή του σε όλα τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του.
- Η αρχή του διαχωρισμού. Η αρχή αυτή καθορίζει ότι η μεταφορά περιεχομένου, ο έλεγχος και η διαχείριση είναι ξεχωριστές δραστηριότητες. Οι τρεις αυτές δραστηριότητες πρέπει να είναι διακριτές σε ένα γενικό πλαίσιο QoS.
- Η αρχή της διαφάνειας. Η αρχή αυτή καθορίζει ότι οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν QoS πρέπει να είναι απομονωμένες από τις λειτουργίες που υλοποιούν το QoS.
- Η αρχή των διακριτών δραστηριοτήτων. Η αρχή αυτή καθορίζει ότι οι λειτουργίες που υλοποιούν το QoS είναι κατανεμημένες σε διάφορα τμήματα του συστήματος.
- Η αρχή της απόδοσης. Η αρχή αυτή καθορίζει ότι κάθε εφαρμογή που χρησιμοποιεί QoS πρέπει να έχει μια ελάχιστη απόδοση.

3.1.3 Η Αρχιτεκτονική Υποστήριξης QoS

Πριν αναπτυχθούν οι συνθήκες που απαιτούν QoS και οι μέθοδοι για εισαγωγή QoS, θα αναφερθούν κάποιες γενικές σχεδιαστικές αρχές που πρέπει να ακολουθηθούν σε ένα δίκτυο για την υποστήριξη QoS.

Για να μπορέσει ένα δίκτυο να υποστηρίξει QoS χαρακτηριστικά πρέπει να έχει προγραμματιστεί από άκρο σε άκρο. Τα παρακάτω συστατικά πρέπει να συνυπάρχουν ώστε να μπορέσει κάποιος να προσφέρει QoS σε ένα ετερογενές δίκτυο (Σχήμα 13):

Figure 46-1 A basic QoS implementation has three main components.



Σχήμα 13

- Εξασφάλιση του QoS μέσα σε ένα μεμονωμένο στοιχείο του δικτύου, που περιλαμβάνει χαρακτηριστικά χρήσης ουρών, σχεδιασμού (scheduling), και μορφοποίησης της κίνησης
- Τεχνικές σηματοδότησης για το συντονισμό του QoS από άκρο σ' άκρο μεταξύ δύο δικτυακών στοιχείων, π.χ. μεταξύ δύο δρομολογητών

- Λειτουργίες policing και διαχείρισης (management) των χαρακτηριστικών του QoS, για τον έλεγχο και τη διαχείριση της κίνησης από άκρο σ' άκρο, κατά μήκος ενός δικτύου.

Δεν είναι όλες οι τεχνικές που επιτρέπουν την παροχή QoS κατάλληλες για όλες τις συσκευές (δρομολογητές) ενός δικτύου. Επειδή οι δρομολογητές των άκρων ενός δικτύου και οι δρομολογητές κορμού δεν εφαρμόζουν ίδιες τεχνικές είναι δυνατόν να διαφέρουν μεταξύ τους και σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά QoS που προσφέρουν. Για παράδειγμα, αν κάποιος ήθελε να διαμορφώσει ένα IP δίκτυο ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά φωνής σε πραγματικό χρόνο, θα έπρεπε να συνυπολογίσει τις τεχνικές που χρησιμοποιούν οι δρομολογητές των άκρων και οι δρομολογητές κορμού.

Σε γενικές γραμμές οι δρομολογητές των άκρων εφαρμόζουν τις ακόλουθες τεχνικές QoS :

- Κατηγοριοποίηση πακέτων (Packet classification)
- Έλεγχος Αποδοχής (Admission control)
- Διαχείριση διαμόρφωσης (Configuration Management)

Οι τεχνικές QoS, που εφαρμόζουν οι δρομολογητές κορμού είναι οι ακόλουθες :

- Διαχείριση συμφόρησης (Congestion Management)
- Αποφυγή συμφόρησης (Congestion Avoidance)

3.1.4 ΜΟΝΤΕΛΑ QoS

Ένα μοντέλο υπηρεσίας ή επίπεδο υπηρεσίας, περιγράφει ένα σύνολο τεχνικών QoS από άκρο σ' άκρο. "QoS από άκρο σ' άκρο" ονομάζεται η ικανότητα του δικτύου να προσφέρει την υπηρεσία που απαιτείται από συγκεκριμένη κίνηση δικτύου, κατά μήκος του δικτύου.

Τα διάφορα μοντέλα υπηρεσίας QoS διαφέρουν μεταξύ τους στον τρόπο με τον οποίο επιτρέπουν στις εφαρμογές να αποστέλλουν δεδομένα και στον τρόπο με τον οποίο το δίκτυο προσπαθεί να παραδώσει τα δεδομένα αυτά. Έτσι, το μοντέλο

υπηρεσίας που εφαρμόζεται στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως είναι η IP τηλεφωνία και η τηλεδιάσκεψη εικόνας και ήχου, είναι διαφορετικό από αυτό που εφαρμόζεται στις εφαρμογές μεταφοράς αρχείων και ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Για να αποφασισθεί ποιος τύπος υπηρεσίας πρέπει να εφαρμοσθεί σε ένα δίκτυο, πρέπει να εξεταστούν οι ακόλουθοι παράγοντες :

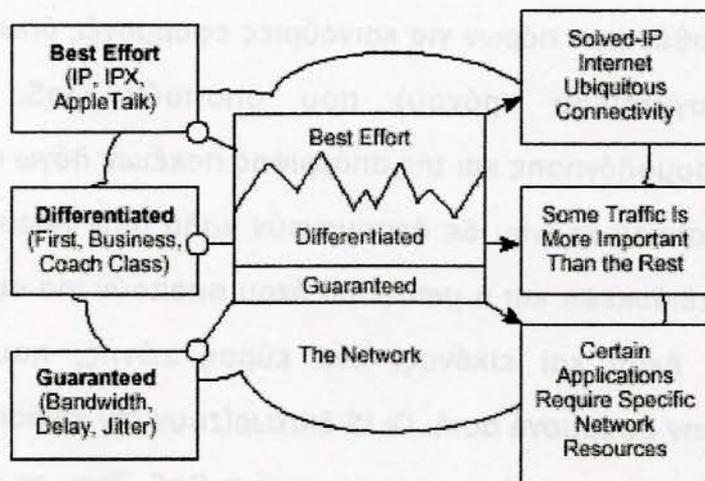
- Η εφαρμογή ή το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί. Καθένας από τους τρεις τύπους υπηρεσίας - Βέλτιστης Προσπάθειας (best effort), Ολοκληρωμένη (integrated) και Διαφοροποιούμενη (differentiated) - είναι κατάλληλος για συγκεκριμένες εφαρμογές

- Το είδος της "ικανότητας" που πρέπει να αποδοθεί στους πόρους του δικτύου (resources)

- Η ανάλυση κόστος / όφελος. Για παράδειγμα, το κόστος για την υλοποίηση και εφαρμογή διαφοροποιούμενης (differentiated) υπηρεσίας είναι πιο μεγάλο από το αντίστοιχο κόστος που έχει η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best-effort).

Το IETF (Internet Engineering Task Force) έχει προτείνει διάφορα μοντέλα και μηχανισμούς για QoS. Τα πιο σημαντικά μοντέλα είναι (Σχήμα 14):

- Best Effort Service
- Integrated Service
- Differentiated Service



Σχήμα 14

3.1.4.1 Υπηρεσία Βέλτιστης Προσπάθειας (Best-Effort Service)

Η βέλτιστη προσπάθεια είναι ένα μοντέλο απλής υπηρεσίας, στο οποίο μια εφαρμογή στέλνει οποιαδήποτε ποσότητα δεδομένων, οποτεδήποτε πρέπει και χωρίς να ζητάει άδεια ή να ενημερώνει πρώτα το δίκτυο. Για την υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας το δίκτυο μεταδίδει τα δεδομένα εφόσον μπορεί, χωρίς καμία εξασφάλιση για την αξιοπιστία, τα όρια της καθυστέρησης ή την ικανότητα μετάδοσης.

Η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας είναι κατάλληλη για μια ευρεία γκάμα δικτυακών εφαρμογών, όπως η μεταφορά αρχείων (FTP) και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (E-mail).

Μια από τις τεχνικές που προσφέρουν την υπηρεσία αυτή είναι οι ουρές FIFO (First In First Out).

3.1.4.2 Ολοκληρωμένη Υπηρεσία (Integrated Services)

Η Ολοκληρωμένη Υπηρεσία είναι ένα μοντέλο πολλαπλής υπηρεσίας, το οποίο μπορεί να εξυπηρετήσει πολλαπλές απαιτήσεις για QoS. Το μοντέλο της καινούριας αυτής αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει την υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (best-effort service), αλλά επιπρόσθετα υποστηρίζει υπηρεσίες πραγματικού χρόνου που απαιτούν τη δέσμευση εύρους ζώνης.

Οι τεχνικές IS αναπτύχθηκαν με σκοπό να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του δικτύου και των διαθέσιμων πόρων για καινούριες εφαρμογές όπως οι εφαρμογές πολυμέσων (πραγματικού χρόνου) που απαιτούν QoS. Εξαιτίας των καθυστερήσεων δρομολόγησης και της απόρριψης πακέτων λόγω συμφόρησης, οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου δε λειτουργούν καλά στην παρούσα μορφή των δικτύων IP. Η τηλεδιάσκεψη και η μεταφορά ήχου απαιτούν για ομαλή λειτουργία (ανεκτή ποιότητα ήχου και εικόνας) ένα εύρος ζώνης, που να διατίθεται αποκλειστικά για την εφαρμογή αυτή. Οι IS διαχωρίζουν την κίνηση του διαδικτύου σε κίνηση best-effort και σε κίνηση με εγγυημένη QoS. Έτσι, σε αυτό το μοντέλο η εφαρμογή ζητάει από το δίκτυο ένα συγκεκριμένο είδος υπηρεσίας, πριν

αποστέλλει τα δεδομένα. Η αίτηση αυτή γίνεται με συγκεκριμένη σηματοδότηση. Η εφαρμογή πληροφορεί το δίκτυο για το προφίλ της κίνησής της και ζητάει ένα συγκεκριμένο είδος υπηρεσίας, το οποίο μπορεί να υπερκαλύψει τις απαιτήσεις της σε εύρος ζώνης και καθυστέρηση. Η εφαρμογή αναμένεται να ξεκινήσει την αποστολή δεδομένων, μόνο αφού δεχτεί κάποια επιβεβαίωση από το δίκτυο. Επίσης, αναμένεται να στείλει δεδομένα τα οποία συμμορφώνονται με το προφίλ της κίνησης, όπως αυτό έχει περιγραφεί.

Για να υποστηριχθεί το μοντέλο των IS πρέπει οι δρομολογητές του δικτύου να μπορούν να παρέχουν κατάλληλο QoS για κάθε ροή δεδομένων, σύμφωνα με την κατηγορία υπηρεσίας που ανήκει η καθεμιά. Η λειτουργία αυτή των δρομολογητών ονομάζεται έλεγχος κίνησης (traffic control) και αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

● **Το χρονοδρομολογητή πακέτων (packet scheduler)**

- καθορίζει πως και πότε θα προωθήσουν τα πακέτα οι δρομολογητές, ανάλογα με την κατηγορία (service class) στην οποία ανήκουν
- είναι το κομμάτι του ελέγχου κίνησης που είναι υπεύθυνο, ώστε όλα τα πακέτα να λαμβάνουν την ποιότητα που καθορίζουν οι παράμετροι του QoS της ροής στην οποία ανήκουν
- μπορεί να επιβλέψει (ή ακόμα και να τροποποιήσει την κίνηση έως ένα βαθμό), ώστε να παρέχει καλύτερη υπηρεσία
- υλοποιείται στο σημείο του δικτύου όπου τα πακέτα εισάγονται σε ουρές, που συνήθως είναι το σημείο εξόδου ενός λειτουργικού συστήματος και αντιστοιχεί στο επίπεδο σύνδεσης (Link layer).

● **Τον ταξινομητή πακέτων (packet classifier)**

Ο ταξινομητής πακέτων αναγνωρίζει τα πακέτα της κάθε ροής και τα κατατάσσει στα αντίστοιχα επίπεδα εξυπηρέτησης (service levels). Για να επιτευχθεί αποτελεσματικός έλεγχος κίνησης, κάθε πακέτο τοποθετείται σε μια συγκεκριμένη κατηγορία. Κάθε πακέτο της ίδιας κατηγορίας τυγχάνει ίσης μεταχείρισης από τον

χρονοδρομολογητή πακέτων. Η επιλογή της κατηγορίας εξαρτάται από την πηγή και τον προορισμό του πακέτου ή από έναν επιπρόσθετο αριθμό που υπάρχει στην επικεφαλίδα του πακέτου και καθορίζει τη ροή στην οποία ανήκει. Μια κατηγορία του ταξινομητή πακέτων μπορεί να αντιστοιχεί σε πολλές κατηγορίες των διάφορων ροών. Για παράδειγμα, όλες οι ροές εικόνας από μια τηλεδιάσκεψη με πολλούς συμμετέχοντες μπορεί να ανήκουν είτε στην ίδια κατηγορία εξυπηρέτησης είτε σε διαφορετικές.

- Τον έλεγχο αποδοχής κλήσης (admission control)

Ο έλεγχος αποδοχής κλήσης είναι η διαδικασία που αποφασίζει αν ένας δρομολογητής είναι σε θέση να δεχθεί μια αίτηση για QoS. Αυτό σημαίνει ότι εξετάζει αν υπάρχουν οι διαθέσιμοι πόροι για να εξυπηρετηθεί η αίτηση και αποδέχεται ή απορρίπτει την αίτηση ανάλογα. Αυτό συμβαίνει γιατί αν αποδεχθεί μια καινούρια αίτηση ενώ δεν υπάρχουν οι διαθέσιμοι πόροι θα παραβιαστούν προηγούμενες εγγυημένες ροές.

Από τη στιγμή που η αίτηση γίνει δεκτή (έχουν δεσμευθεί οι πόροι), ο έλεγχος αποδοχής κλήσης αναθέτει στον ταξινομητή πακέτων και στον χρονοδρομολογητή πακέτων να μοιράσουν τα πακέτα της ροής στους συγκεκριμένους πόρους ώστε να ικανοποιηθεί το QoS. Ο έλεγχος αποδοχής κλήσης γίνεται κάθε φορά τοπικά σε έναν δρομολογητή όταν ένας host έχει ζητήσει μια real-time υπηρεσία. Οπότε για να δεσμεύσει ένα μονοπάτι, θα πρέπει ο κάθε δρομολογητής να πάρει μια απόφαση αποδοχής ή απόρριψης. Προφανώς ο αλγόριθμος που υλοποιεί τον έλεγχο αποδοχής κλήσης πρέπει να είναι συνεπής ως προς το μοντέλο.

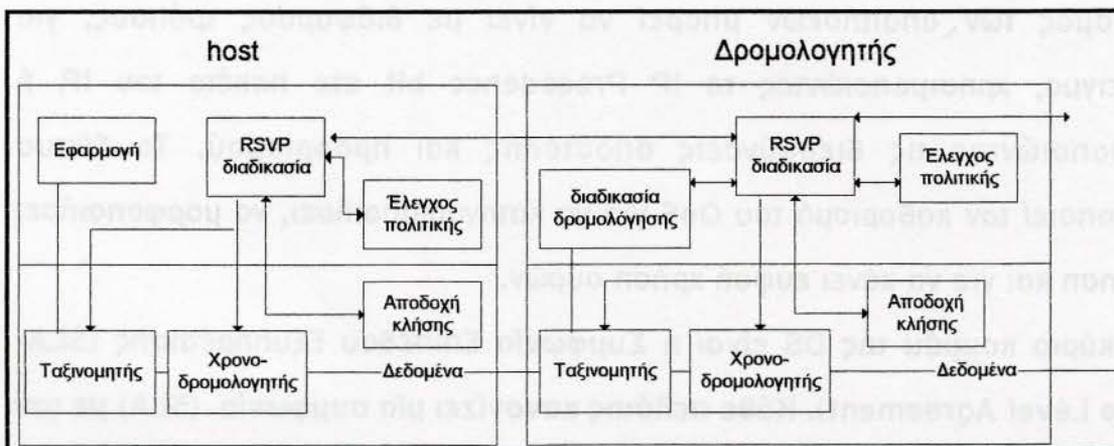
Ας σημειωθεί εδώ ότι δεν πρέπει να γίνει καμία σύγχυση του ελέγχου αποδοχής κλήσης με τον έλεγχο πολιτικής (policy control), ο οποίος είναι μια λειτουργία του χρονοδρομολογητή πακέτων, που γίνεται πακέτο-πακέτο. Ο έλεγχος πολιτικής διαβεβαιώνει ότι το δίκτυο θα μεταχειριστεί τα πακέτα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κίνησης που του ορίζουν οι παράμετροι του QoS. Επιπρόσθετα για να υπάρχει εγγυημένο QoS, ο έλεγχος αποδοχής κλήσης προσθέτει στον αλγόριθμο δέσμευσης πόρων και πολιτικές διαχείρισης. Μια

τέτοια πολιτική μπορεί να είναι ο έλεγχος του χρήστη πριν ξεκινήσει η διαδικασία δέσμευσης πόρων. Είναι ευνόητο ότι ο έλεγχος αποδοχής κλήσης θα παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση των πολιτικών χρέωσης των διαφόρων ISPs.

Μερικές από τις τεχνικές που προσφέρουν Ολοκληρωμένη Υπηρεσία είναι το RSVP, το WFQ και το RED.

Ας εξετάσουμε παρακάτω τον τρόπο που συνεργάζονται τα διάφορα κομμάτια του IS μεταξύ τους σε ένα δίκτυο, όπου έχει υλοποιηθεί το πρωτόκολλο RSVP:

Μια εφαρμογή θέλει να στείλει πακέτα τα οποία χρειάζονται QoS. Το RSVP προσπαθεί να δεσμεύσει ένα μονοπάτι για να επιτευχθεί η αποστολή των πακέτων, ώστε να ικανοποιούνται οι όροι του QoS. Αφού δεσμευθεί κάποιο μονοπάτι (οι δρομολογητές αυτού του μονοπατιού αποδέχθηκαν την κλήση), τότε το RSVP συμβουλεύει τον ταξινομητή πακέτων και το χρονοδρομολογητή πακέτων σε κάθε κόμβο του μονοπατιού του δικτύου για το πώς θα χειρισθούν τα πακέτα της ροής. Πλέον, όταν φτάσουν τα πακέτα σε έναν κόμβο ο ταξινομητής πακέτων, που ήδη έχει αναθέσει τη συγκεκριμένη ροή σε μια συγκεκριμένη κατηγορία εξυπηρέτησης, αναγνωρίζει σε ποια ροή ανήκουν τα πακέτα (από τη διεύθυνση του αποστολέα) και έτσι τα προωθεί στον χρονοδρομολογητή πακέτων. Με τη σειρά του ο οδηγός πακέτων προωθεί τα πακέτα, ανάλογα με την κατηγορία εξυπηρέτησης, στον επόμενο δρομολογητή και επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία τα πακέτα φτάνουν στον τελικό προορισμό τους.



Σχήμα 15: Το μοντέλο των Integrated Services

Επειδή το RSVP είναι πρωτόκολλο μονής κατεύθυνσης, οι δεσμεύσεις γίνονται μόνο προς τη μια κατεύθυνση, από τον αποστολέα προς τον δέκτη. Αν μια εφαρμογή θέλει να ακυρώσει τη δέσμευση για τη ροή των δεδομένων, τότε στέλνει ένα μήνυμα κατά μήκος του δεσμευμένου μονοπατιού, το οποίο ελευθερώνει τους πόρους των δρομολογητών, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες ροές δεδομένων.

3.1.4.3 Διαφοροποιούμενη Υπηρεσία (Differentiated Service)

Ο σκοπός της Διαφοροποιούμενης Υπηρεσίας (DS) είναι να προσφέρει συγκεκριμένες κατηγορίες εξυπηρέτησης στην κίνηση του διαδικτύου, ώστε να μπορούν υποστηριχθούν διαφορετικές εφαρμογές με διαφορετικές απαιτήσεις. Η DS προσφέρει προβλεπόμενη συμπεριφορά στην καθυστέρηση και στην απώλεια πακέτων για ένα δεδομένο φορτίο σε ένα δεδομένο διάστημα χρόνου.

Η διαφορά της DS από την IS είναι ότι η DS παρέχει έναν επεκτάσιμο διαχωρισμό των υπηρεσιών, χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ροών και σηματοδότησης σε κάθε hop. Έτσι δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει μια QoS δέσμευση για κάθε ροή. Αντιθέτως υπάρχουν QoS δεσμεύσεις για όλα τα πακέτα όλων των ροών που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη κατηγορία. Στην DS η κίνηση του δικτύου "σπάει" στις διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τις διαφορετικές QoS απαιτήσεις. Ο καθορισμός των απαιτήσεων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας το IP Precedence bit στο πακέτο του IP, ή χρησιμοποιώντας τις διευθύνσεις αποστολής και προορισμού. Το δίκτυο χρησιμοποιεί τον καθορισμό του QoS για να κατηγοριοποιήσει, να μορφοποιήσει την κίνηση και για να κάνει ευφυή χρήση ουρών.

Το κύριο κομμάτι της DS είναι η Συμφωνία Επιπέδου Εξυπηρέτησης (SLA-Service Level Agreement). Κάθε πελάτης κανονίζει μία συμφωνία (SLA) με τον παροχέα υπηρεσιών του, η οποία καθορίζει τα παρακάτω:

- Υπηρεσίες που προσφέρονται
- Διαθεσιμότητα υπηρεσιών

- Εγγύηση για τις υπηρεσίες - απόδοση, καθυστέρηση, μεταβλητότητα της καθυστέρησης, απώλεια πακέτων.
- Ευθύνες - Υποστήριξη 24x7 (24 ώρες τη μέρα, 7 μέρες την εβδομάδα), συνέπειες σε περιπτώσεις παραβίασης του συμβολαίου.
- Κόστος-Το μοντέλο της διαφοροποιούμενης υπηρεσίας χρησιμοποιείται για διάφορες κρίσιμες εφαρμογές και για την παροχή QoS από άκρο σ' άκρο. Αυτό το μοντέλο υπηρεσίας είναι κατάλληλο για ομαδικές ροές επειδή εκτελεί μια σχετικά χονδρική κατηγοριοποίηση της κίνησης.

Μια από τις τεχνικές που προσφέρουν Διαφοροποιούμενη Υπηρεσία είναι το CAR, το οποίο θα εξετάσουμε αναλυτικά στη συνέχεια.

3.1.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ QoS

Τα κύρια χαρακτηριστικά του QoS είναι:

- Κατηγοριοποίηση (Classification)
- Διαχείριση Συμφόρησης (Congestion Management)
- Αποφυγή Συμφόρησης (Congestion Avoidance)
- Policing and Shaping
- Σηματοδοσία (Signaling)
- Μηχανισμοί Απόδοσης Σύνδεσης (Link Efficiency Mechanisms)

3.1.5.1 Κατηγοριοποίηση

Τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποίησης των πακέτων, παρέχουν τη δυνατότητα διαχωρισμού της κίνησης του δικτύου σε πολλαπλά επίπεδα προτεραιότητας ή σε πολλαπλές κλάσεις υπηρεσίας. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τα τρία precedence bits στο πεδίο Type of Service (ToS) στο header του IP πακέτου, επιτυγχάνεται η κατηγοριοποίηση των πακέτων σε μία από έξι διαφορετικές κλάσεις κίνησης (οι δύο από τις οκτώ διαφορετικές τιμές που μπορούμε να έχουμε με τα

τρία bit, είναι δεσμευμένες για άλλους σκοπούς). Μετά την κατάταξη των πακέτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλα χαρακτηριστικά QoS, όπως η διαχείριση συμφόρησης, η απόδοση εύρους ζώνης και το όριο καθυστέρησης, για την εφαρμογή της κατάλληλης πολιτικής χειρισμού της κίνησης κάθε κατηγορίας.

Τα πακέτα μπορεί να κατηγοριοποιούνται από εξωτερικές πηγές, για παράδειγμα από κάποιον πελάτη, ή από κάποιο δίκτυο που λειτουργεί σαν παροχέας. Το δίκτυο μπορεί είτε να αποδεχθεί την εξωτερική κατηγοριοποίηση, είτε να την παραβλέψει και να επανακατατάξει τα πακέτα σύμφωνα με την τοπικά εφαρμοζόμενη πολιτική.

Τα πακέτα μπορεί να κατηγοριοποιούνται με βάση τις πολιτικές που καθορίζονται από το διαχειριστή του δικτύου. Μπορούν να οριστούν πολιτικές που να περιλαμβάνουν κατηγοριοποίηση βασισμένη στην IP ή MAC διεύθυνση του αποστολέα ή του παραλήπτη, στην πόρτα εφαρμογής, στον τύπο του IP πρωτοκόλλου και σε άλλα κριτήρια.

Στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες μέθοδοι κατηγοριοποίησης.

- Προτεραιότητα IP (IP Precedence)
- Δρομολόγηση βασισμένη σε πολιτική (Policy-Based Routing)
- Committed Access Rate

3.1.5.2 Διαχείριση Συμφόρησης

Τα χαρακτηριστικά διαχείρισης συμφόρησης ελέγχουν τη συμφόρηση αφότου εμφανιστεί. Ένας τρόπος για να αντιμετωπιστεί η υπερχειλίση εισερχόμενης κίνησης από τα στοιχεία του δικτύου, είναι να χρησιμοποιηθεί ένας αλγόριθμος ουράς για την ταξινόμηση της κίνησης και στη συνέχεια να αποφασιστεί κάποια μέθοδος απόδοσης προτεραιοτήτων, για την προώθησή της σε κάποια έξοδο. Κάθε αλγόριθμος ουράς, έχει σχεδιαστεί για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος δικτυακής κίνησης και έχει ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα στην απόδοση του δικτύου.

Τι είναι η συμφόρηση στα δίκτυα;

Η θεώρηση της συμπεριφοράς συστημάτων που παρουσιάζουν συμφόρηση δεν

είναι απλή και δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με απλοϊκό τρόπο, καθώς αυτό που παρατηρείται δεν είναι μια απλή αύξηση της κίνησης σε ένα επίπεδο, μια μικρή παραμονή της στο επίπεδο αυτό και μια πτώση. Οι περίοδοι συμφόρησης κίνησης μπορεί να είναι ιδιαίτερα μακρές, με απώλειες που συσσωρεύονται σε μεγάλο βαθμό. Σε αντίθεση με τα μοντέλα κίνησης που ακολουθούν το νόμο Poisson, οι γραμμικές αυξήσεις του μεγέθους της ενδιάμεσης μνήμης (buffer), δεν οδηγούν σε μεγάλη μείωση στους ρυθμούς απόρριψης πακέτων. Μία ελάχιστη αύξηση στον αριθμό των ενεργών συνδέσεων, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μια μεγάλη αύξηση του ρυθμού απόρριψης πακέτων. Αυτή η κατανόηση της συμπεριφοράς των δικτύων που παρουσιάζουν συμφόρηση υποδεικνύει ότι επειδή το επίπεδο της κίνησης, κατά την περίοδο της συμφόρησης, δεν είναι προβλέψιμο θα ήταν δύσκολο να επεκταθούν επαρκώς τα δίκτυα για την δραστική μείωση της συμφόρησης.

Κάποιες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την Διαχείριση της Συμφόρησης είναι:

- Ουρές FIFO

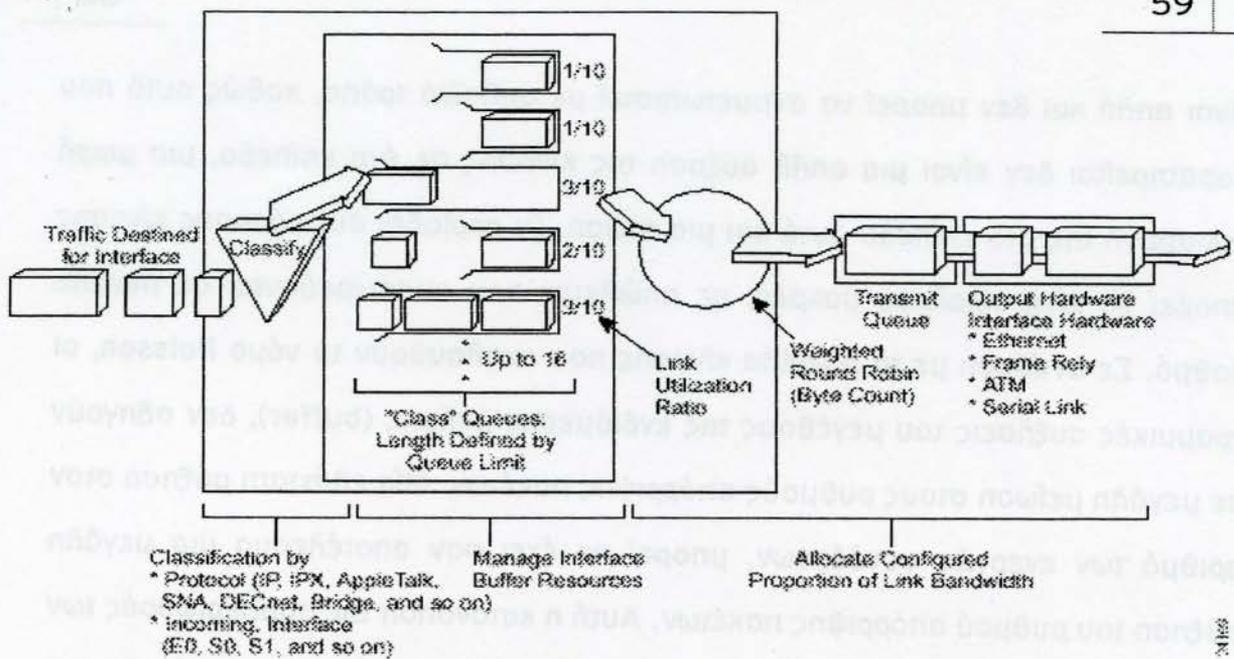
Οι ουρές FIFO προσφέρουν τη βασική ικανότητα αποθήκευσης και προώθησης (store and forward).

- Ουρές προτεραιότητας (Priority Queuing)

Οι ουρές προτεραιότητας, έχουν σχεδιαστεί για να δίνουν αυστηρή προτεραιότητα στη σημαντική κίνηση, εξασφαλίζοντας τον ταχύτερο χειρισμό για τη σημαντική κίνηση όπου χρησιμοποιείται. Οι ουρές αυτές μπορούν με ευκαμψία να αποδώσουν προτεραιότητα ανάλογα με το πρωτόκολλο δικτύου, το interface εισόδου, το μέγεθος του πακέτου, τη διεύθυνση αποστολέα και παραλήπτη κ.α.

- Custom Queuing

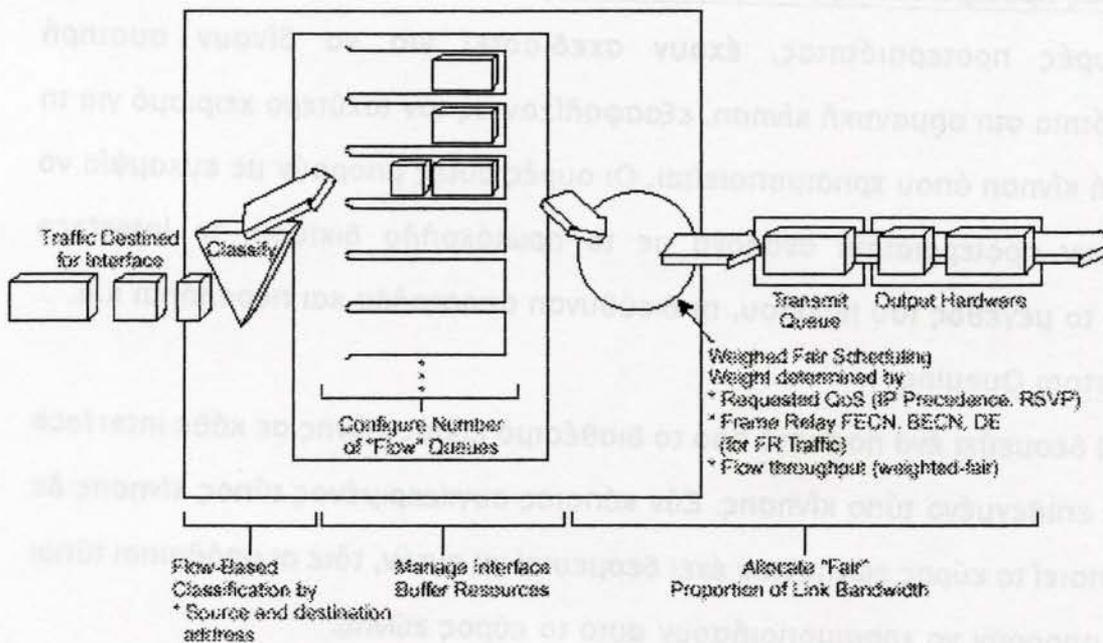
Το CQ δεσμεύει ένα ποσοστό από το διαθέσιμο εύρος ζώνης σε κάθε interface για κάθε επιλεγμένο τύπο κίνησης. Εάν κάποιος συγκεκριμένος τύπος κίνησης δε χρησιμοποιεί το εύρος ζώνης που έχει δεσμευτεί γι' αυτόν, τότε οι υπόλοιποι τύποι κίνησης μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτό το εύρος ζώνης.



Σχήμα 16

● Weighted Fair Queuing

Το WFQ εφαρμόζει προτεραιότητες σε αναγνωρισμένη κίνηση, για να κατηγοριοποιήσει την κίνηση σε συνομιλίες και να αποφασίσει πόσο εύρος ζώνης πρέπει να επιτραπεί σε κάθε συνομιλία, σε σχέση με τις υπόλοιπες. Το WFQ κατηγοριοποιεί την κίνηση σε διαφορετικές ροές βασισμένο σε χαρακτηριστικά όπως η διεύθυνση πομπού και δέκτη, το πρωτόκολλο, η πόρτα και το socket της συνόδου (session).



Σχήμα 17

3.1.5.3 Αποφυγή Συμφόρησης

Οι τεχνικές αποφυγής συμφόρησης παρακολουθούν το φόρτο κίνησης του δικτύου, σε μια προσπάθεια να προβλεφθεί και να αποφευχθεί η συμφόρηση σε συνήθη σημεία συμφόρησης, πριν να δημιουργηθεί πρόβλημα. Αυτές οι τεχνικές έχουν σχεδιαστεί να παρέχουν προνομιακή μεταχείριση, σε κίνηση υψηλής προτεραιότητας σε περιπτώσεις συμφόρησης, ενώ ταυτόχρονα μεγιστοποιούν την απόδοση και τη χωρητικότητα του δικτύου και ελαχιστοποιούν την απώλεια πακέτων και τις καθυστερήσεις.

Ο αλγόριθμος RED (Random Early Detection) υλοποιεί την αποφυγή συμφόρησης. Όταν χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος RED και ο πομπός αντιληφθεί ότι κάποιο πακέτο απορρίφθηκε, μειώνει το ρυθμό εκπομπής. Ο RED σχεδιάστηκε πρωταρχικά για να δουλεύει με το πρωτόκολλο TCP σε δικτυακά περιβάλλοντα IP. Έχει σαν σκοπό να ελέγχει το μέσο μέγεθος της ουράς υποδικνεύοντας τους ακραίους hosts να επιβραδύνουν προσωρινά την μετάδοση πακέτων, το RED εκμεταλλεύεται το μηχανισμό ελέγχου συμφόρησης του TCP. Απορίπτοντας τυχαία πακέτα πριν τις περιόδους υψηλής συμφόρησης, το RED λέει στην πηγή του πακέτου να μειώσει τον ρυθμό εκπομπής. Εάν η πηγή του πακέτου χρησιμοποιεί TCP θα μειώσει τον ρυθμό μετάδοσής της μέχρι το σημείο που όλα τα πακέτα θα φθάνουν στον προορισμό τους, γεγονός που θα σημαίνει ότι θα έχει πάψει να υφίσταται η συμφόρηση. Το RED μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μια μέθοδος εξαναγκασμού του TCP να επιβραδύνει την εκπομπή πακέτων. Έτσι το RED κατανέμει τις απώλειες πακέτων στο χρόνο και διατηρεί το μέγεθος της ουράς σε φυσιολογικά χαμηλό επίπεδο, ενώ αποροφάει τα spikes της κίνησης. Επειδή στην φωνή, από πλευράς ποιότητας/αντίληψης, η περιστασιακή απώλεια κάποιου πακέτου δεν ενοχλεί, το RED μπορεί να είναι αποδεκτό.

3.1.5.4 Policing and Shaping

Για την υλοποίηση του Policing and Traffic Shaping χρησιμοποιείται ο μηχανισμός του Token Bucket.

Για την επίτευξη του Policing χρησιμοποιούμε το CAR, ενώ το Traffic Shaping το χωρίζουμε σε GTS (Generic Traffic Shaping) και FRTS (Frame Relay Traffic Shaping).

3.1.5.5 Σηματοδοσία (Signaling)

Σε γενικές γραμμές η Σηματοδοσία QoS είναι μια μορφή επικοινωνίας. Σαν μορφή επικοινωνίας, προσφέρει το τρόπο με τον οποίο ένας τελικός σταθμός ή ένας δικτυακό στοιχείο ζητάει από τους γειτονικούς σταθμούς ειδική μεταχείριση για κάποιο συγκεκριμένο είδος πληροφορίας. Η σηματοδοσία QoS είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον συντονισμό των διαφόρων τεχνικών (QoS) διαχείρισης της κίνησης. Επίσης, παίζει σημαντικό ρόλο στην σχεδίαση και παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών QoS σε ένα δίκτυο.

Μια σωστή από άκρο σ' άκρο σχεδίαση του QoS απαιτεί από κάθε δικτυακό στοιχείο - μεταγωγέα, δρομοηογητή, firewall, host- να προσφέρει κάτι στην υλοποίηση του QoS. Οι τεχνικές και οι μηχανισμοί QoS που προσφέρουν τα στοιχεία αυτά πρέπει να συντονίζονται από την σηματοδοσία QoS.

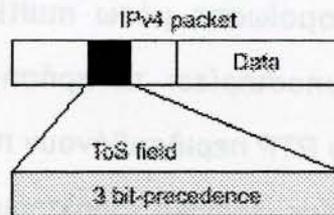
Πολλές "μορφές" σηματοδοσίας προσφέρουν QoS σε ξεχωριστά σημεία μιας δικτυακής υποδομής. Ωστόσο, συχνά έχουν περιορισμένη έκταση στο μήκος του δικτύου. Για να επιτυγχάνεται ολοκληρωμένο από άκρο σ' άκρο QoS, η σηματοδοσία πρέπει να επεκταθεί σε ολόκληρο το δίκτυο. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας για παράδειγμα κάποια ψηφία από το header του IP πακέτου. Ανάλογα την τιμή των ψηφίων αυτών, το δίκτυο ζητάει μεγαλύτερη προτεραιότητα για το συγκεκριμένο πακέτο. Με δεδομένη τη μεγάλη επέκταση των δικτύων IP, χρησιμοποιώντας τα πλεονεκτήματα αυτού του πρωτοκόλλου, μπορούμε να επιτύχουμε ολοκληρωμένη από άκρο σ' άκρο σηματοδοσία.

Μερικές από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη σηματοδοσία είναι το RSVP και το IP Precedence. Ο τύπος της σηματοδοσίας που προσφέρει το IP Precedence είναι in-band σηματοδοσία, ενώ το RSVP προσφέρει out-of-band σηματοδοσία. Η in-band σηματοδοσία χρησιμοποιεί το κανάλι δεδομένων για την μεταφορά των σημάτων ελέγχου, ενώ στην out-of-band σηματοδοσία η μεταφορά

δεδομένων και σημάτων ελέγχου γίνεται σε διαφορετικά κανάλια. Και οι δυο αυτές μορφές σηματοδότησης χρησιμοποιούνται για να δηλώνουν ότι ζητάται συγκεκριμένη Ποιότητα Υπηρεσίας για συγκεκριμένο τύπο κίνησης.

- IP Precedence

Το IP Precedence χρησιμοποιεί τα τρία bit προτεραιότητας στο πεδίο ToS του header του IPv4, για τον καθορισμό του τύπου της υπηρεσίας που επιθυμείται για το πακέτο.



Σχήμα 18

Έτσι μπορούμε να διαχωρίσουμε την κίνηση σε έξι τμήματα με διαφορετική προτεραιότητα. Στη συνέχεια οι τεχνικές queuing μπορούν να χρησιμοποιούν την σηματοδότηση αυτή και να προσφέρουν κατάλληλη μεταχείριση.

- RSVP

Το RSVP είναι το πρώτο σημαντικό τυποποιημένο πρωτόκολλο που προσφέρει από άκρο σ' άκρο QoS σε ένα ετερογενή δίκτυο. Το RSVP τρέχει πάνω από το IP, και επιτρέπει σε μια εφαρμογή να δεσμεύει δυναμικά εύρος ζώνης. Έτσι χρησιμοποιώντας το RSVP, οι εφαρμογές μπορούν να ζητήσουν συγκεκριμένο QoS για τα δεδομένα κατά μήκος του δικτύου.

3.1.5.6 Μηχανισμοί Αποδοτικότητας Σύνδεσης (Link Efficiency Mechanisms)

Λόγω του κόστους των απομακρυσμένων συνδέσεων (WAN), οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως για την σύνδεση απομακρυσμένων σημείων είναι χαμηλών ταχυτήτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι σημαντικό να κάνουμε

εξοικονόμηση του εύρους ζώνης, για να το χρησιμοποιήσουμε για τη φωνή.

Οι δυο σημαντικότεροι μηχανισμοί που προσφέρουν αποδοτικότερη σύνδεση είναι το CRTP (Compressed Real Time Protocol) και το LFI (Link Fragmentation and Interleaving).

- CRTP (Compressed Real-Time Protocol)

Το RTP προσφέρει από άκρη σε άκρη λειτουργίες δικτύου μεταφοράς κατάλληλες για εφαρμογές που μεταδίδουν δεδομένα πραγματικού χρόνου, όπως ήχο, εικόνα ή δεδομένα προσομοίωσης μέσω multicast ή unicast δικτυακών υπηρεσιών. Το πρωτόκολλο υποστηρίζει τη χρήση μεταφραστών και μικτών επιπέδου RTP. Οι υπηρεσίες του RTP περιλαμβάνουν προσδιορισμό του τύπου του φορτίου, αρίθμηση της ακολουθίας, χρονικό χαρακτηρισμό και έλεγχο παραλαβής.

Οι εφαρμογές χρησιμοποιούν το RTP πάνω από το πρωτόκολλο UDP ώστε να εκμεταλλευθούν τις υπηρεσίες πολύπλεξης και ελέγχου λαθών μέσω checksum. Και τα δύο πρωτόκολλα συνεισφέρουν στη λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου μεταφοράς. Το RTP υποστηρίζει μεταφορά δεδομένων σε πολλαπλούς προορισμούς χρησιμοποιώντας multicast αν προσφέρεται από το υπάρχον δίκτυο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το RTP δεν προσφέρει κανένα μηχανισμό χρονικής εξασφάλισης της αποστολής ούτε κάποια άλλη εγγύηση ποιότητας υπηρεσιών παρά στηρίζεται σε υπηρεσίες προσφερόμενες από χαμηλότερου επιπέδου πρωτόκολλα δικτύων υπολογιστών. Δεν εγγυάται παράδοση των πακέτων ούτε μπορεί να αποτρέψει εκτός σειράς παράδοση ενώ ούτε στηρίζεται στην αξιοπιστία του υποκειμένου πρωτοκόλλου. Τα νούμερα της αλληλουχίας που περιλαμβάνονται στο RTP επιτρέπουν στον παραλήπτη να επανασυνθέσει την αλληλουχία των πακέτων του αποστολέα

Το πρωτόκολλο RTP χρησιμοποιείται στα δίκτυα IP για την μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου όπως φωνή και εικόνα.

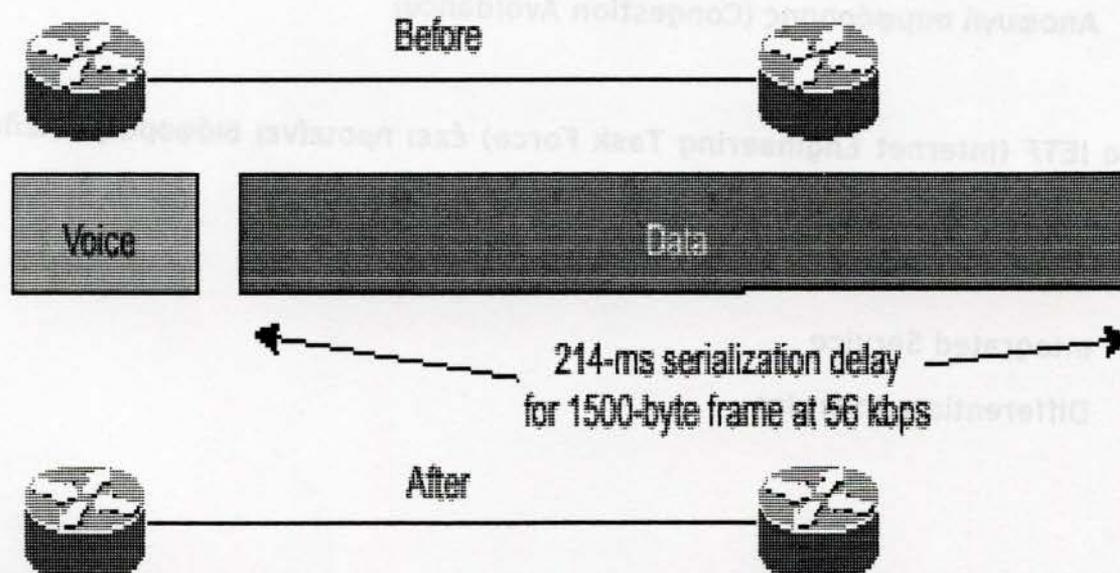
Το πακέτο αυτού του πρωτοκόλλου αποτελείται από δυο τμήματα: το header και τα δεδομένα. Επειδή το μέγεθος του header είναι αρκετά μεγάλο (40 bytes), προκύπτει η ανάγκη συμπίεσής του, για την αποτελεσματικότερη χρήση του καναλιού μετάδοσης. Έτσι χρησιμοποιώντας το CRTP πρωτόκολλο, το μέγεθος του

header που προκύπτει μετά τη συμπίεση είναι 2 με 5 bytes. Αυτό σημαίνει μικρότερα πακέτα - μεγαλύτερη απόδοση.

Το CRTP το χρησιμοποιούμε σε σειριακές συνδέσεις χαμηλής ταχύτητας, που χρησιμοποιούν πρωτόκολλα όπως Frame Relay, HDLC, PPP, IP. Δεν έχει νόημα σε σειριακές συνδέσεις ταχυτήτων πάνω από 1,5 Mbps.

- Link Fragmentation και Interleaving.

Η φωνή που μεταφέρεται πάνω από δίκτυα IP είναι ευαίσθητη στην καθυστέρηση (delay) και τη μεταβλητότητα της καθυστέρησης (jitter). Έτσι όταν στο δίκτυο έχουν προηγηθεί μεγάλα πακέτα (π.χ. FTP κίνηση), η επεξεργασία τους θα αυξήσει την καθυστέρηση, η οποία στη συνέχεια θα ενεργήσει αρνητικά στη φωνή (σχήμα 4.1.η). Η καθυστέρηση αυτή αυξάνεται σημαντικά στις αργές συνδέσεις, όπου η πληροφορία συσσωρεύεται σε ουρές. Το LFI (Link Fragmentation and Interleaving) μειώνει την καθυστέρηση και τη μεταβλητότητα της καθυστέρησης (jitter) στις αργές συνδέσεις, τεμαχίζοντας τα μεγάλα πακέτα και παρεμβάλλοντας πακέτα ευπαθή στην καθυστέρηση.



Σχήμα 19

3.2 Συμπέρασμα

Συμπερασματικά ,οι δρομολογητές των άκρων εφαρμόζουν τις ακόλουθες τεχνικές QoS :

- Κατηγοριοποίηση πακέτων (Packet classification)
- Έλεγχος Αποδοχής (Admission control)
- Διαχείριση διαμόρφωσης (Configuration Management)

Οι τεχνικές QoS, που εφαρμόζουν οι δρομολογητές κορμού είναι οι ακόλουθες :

- Διαχείριση συμφόρησης (Congestion Management)
- Αποφυγή συμφόρησης (Congestion Avoidance)

Το IETF (Internet Engineering Task Force) έχει προτείνει διάφορα μοντέλα και μηχανισμούς για QoS. Τα πιο σημαντικά μοντέλα είναι :

- Best Effort Service
- Integrated Service
- Differentiated Service

4. κεφάλαιο

ΠΡΟΤΥΠΑ VoIP & H.323

- 4.1 Εισαγωγή στο H.323
- 4.2 H.323 εναντίον SIP
 - 4.2.1 Η εικόνα της αγοράς
- 4.3 Η Αρχιτεκτονική του H.323
 - 4.3.1 Τερματικές συσκευές H.323
 - 4.3.2 Πύλες (Gateways)
 - 4.3.3 Gatekeepers
 - 4.3.4 MCU (Multipoint Control Unit)
- 4.4 Επικοινωνία στο πρότυπο H.323
 - 4.4.1 Φωνή
 - 4.4.2 Εικόνα
 - 4.4.3 Δεδομένα
 - 4.4.4 Σήματα ελέγχου
- 4.5 Πρωτόκολλα του H.323
 - 4.5.1 RTP (Real Time Protocol)
 - 4.5.2 RTCP (Real Time Control Protocol)
 - 4.5.3 RAS (Registration, Admission and Status)
 - 4.5.4 H.225
 - 4.5.5 H.245
 - 4.5.6 H.235
 - 4.5.7 Q.931
- 4.6 Βασικό μοντέλο H.323 κλήσης
 - 4.6.1 Φάση Α - Εγκατάσταση της Κλήσης
 - 4.6.2 Φάση Β- Σηματοδοσία ελέγχου
 - 4.6.3 Φάση Γ- Μεταφορά Πληροφορίας
 - 4.6.4 Φάση Δ - Τερματισμός της Κλήσης
 - 4.6.5 Κλήση H.323 VoIP μεταξύ δύο αναλογικών τηλεφώνων
- 4.7 Κύρια οφέλη που αποκομίζονται από τη χρήση του H.323

4. ΠΡΟΤΥΠΑ VOIP ΚΑΙ H.323

4.1 Εισαγωγή στο H.323

Το H.323 είναι μια τεχνολογία για μετάδοση επικοινωνιών πραγματικού χρόνου, όπως φωνή, εικόνα και δεδομένα, πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτου. Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου συμπεριλαμβάνουν τοπικά δίκτυα βασισμένα στα πρωτόκολλα IP και IPX, εταιρικά δίκτυα (Enterprise Network), MAN δίκτυα (Metropolitan Area Network), και δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks), συμπεριλαμβανομένου και του διαδικτύου. Το H.323 περιγράφει τα στοιχεία, τα πρωτόκολλα, και τις διαδικασίες, οι οποίες προσφέρουν την επικοινωνία πολυμέσων.

Το πρότυπο H.323 προδιαγράφεται από την δέκατη έκτη ομάδα μελέτης της ITU-T. Η πρώτη έκδοση - "Οπτικά τηλεφωνικά συστήματα και εξοπλισμός για τοπικά δίκτυα (LAN), τα οποία δεν εξασφαλίζουν Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)" - εγκρίθηκε το 1996. Όπως δηλώνει και το όνομα, το πρότυπο αυτό ήταν βαθιά προσανατολισμένο στην επικοινωνία πολυμέσων σε τοπικά δίκτυα (LAN).

Η εμφάνιση των εφαρμογών Voice-over-IP και της IP τηλεφωνίας, ώθησαν στην αναθεώρηση του προτύπου H.323. Η απουσία ενός προτύπου για Voice-over-IP είχε σαν αποτέλεσμα την κατασκευή μη συμβατών προϊόντων. Όμως, με την ανάπτυξη του VoIP, εμφανίστηκαν καινούριες απαιτήσεις, οι οποίες εξανάγκασαν στη δημιουργία ενός προτύπου για IP τηλεφωνία. Η δεύτερη έκδοση του H.323 - "Συστήματα επικοινωνιών πολυμέσων για δίκτυα μεταγωγής πακέτου" -- εγκρίθηκε το 1998, με σκοπό την προσαρμογή αυτών των καινούριων απαιτήσεων. Καινούρια χαρακτηριστικά προστίθενται στο πρότυπο H.323, τα οποία θα εξελιχθούν σε νέα έκδοση. Τα καινούρια αυτά χαρακτηριστικά αφορούν τεχνολογίες για fax πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτου, επικοινωνίες μεταξύ δυο gatekeeper, κ.τ.λ.

Το H.323 είναι μέρος σειράς προτύπων επικοινωνίας που καθιστούν δυνατή την επικοινωνία πολυμέσων επάνω από μια μεγάλη ποικιλία δικτύων. Γνωστή ως H.32X, η σειρά αυτή περιλαμβάνει τα:

- H.324, πρότυπο για επικοινωνίες πολυμέσων πάνω από δίκτυα PSTN.
- H.320, πρότυπο για επικοινωνίες πολυμέσων πάνω από δίκτυα ISDN.
- H.321 και H.310, πρότυπα για επικοινωνίες πολυμέσων πάνω από δίκτυα B-ISDN.
- H.322, πρότυπο για επικοινωνίες πολυμέσων πάνω από τοπικά δίκτυα, τα οποία παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS).

4.2 H.323 εναντίον SIP

Αφού υπάρχουν δύο κυρίαρχα πρότυπα , με βάση ποια κριτήρια μπορεί να γίνει η επιλογή; Το ευχάριστο είναι ότι οι δύο αυτές ομάδες ή - όπως αλληλιώς λέγονται - σούιτες πρωτοκόλλων δείχνουν να συγκλίνουν παίρνοντας και δίνοντας καλές ιδέες η μία στην άλλη. Ειδικότερα, η τρίτη και τελευταία έκδοση του H.323 (H.323 v3) έχει αντιμετωπίσει ορισμένα καίρια ζητήματα απόδοσης, όπως είναι η καθυστέρηση στην εγκατάσταση της κλήσης, που αρχικώς συγκαταλέγονταν στα πλεονεκτήματα του SIP. Κάθε σούιτα υποστηρίζει το ίδιο καλά την πλειοψηφία των απαιτούμενων από τον τελικό χρήστη λειτουργιών, όπως είναι η εγκατάσταση και ο τερματισμός κλήσεων, η μεταφορά, προώθηση και αναμονή κλήσης, αλλά και η διάσκεψη. Οι μόνες λειτουργικές διαφορές είναι η ένδειξη αναμονής μηνύματος (που υποστηρίζει μόνο το H.323), ο έλεγχος από τρίτο (π.χ η γραμματέας να μπορεί να τοποθετεί μια κλήση για λογαριασμό του manager, κάτι που υποστηρίζει μόνο το SIP) και συγκεκριμένες λειτουργίες σχετικές με διάσκεψη. Η σούιτα H.323 v3 παρέχει έναν περισσότερο εύρωστο σε σχέση με το SIP μηχανισμό για ανταλλαγή δυνατοτήτων" (capabilities exchange), διαδικασία η οποία καθορίζει αν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό υποστηρίζεται και από τις δύο συμμετέχουσες οντότητες. Εκεί όμως που H.323 και SIP διαφέρουν σημαντικά είναι στην ποιότητα υπηρεσιών, τη διεύρυνση/ ευελιξία, καθώς και στη διαλειτουργικότητα. Το SIP θεωρείται καλύτερο όσον αφορά τη επεκτασιμότητα, λόγω της μικρότερης πολυπλοκότητας που το διακρίνει. Ένα θέμα αρκετά σημαντικό, αν ληφθεί υπόψη ότι το Internet θα φτάσει στο σημείο να υποστηρίζει 500 εκατομμύρια ip

τηλέφωνα. Ήστόσο, το πλεονέκτημα αυτό ίσως να μην μπορεί να αντισταθμίσει τις αδυναμίες του SIP στην ποιότητα υπηρεσιών (δεν υποστηρίζει την προσέγγιση των Differentiated Services και της διαχείρισης) και τη διαλειτουργικότητα

	Ομοιότητες	το H.323 καλύτερο	το SIP καλύτερο
Ποιότητα υπηρεσιών	καθυστέρηση εγκατάστασης κλήσης, ανάκτηση χαμένων πακέτων, έλλειψη της δυνατότητας παρακράτησης πόρων	ανοχή στα λάθη, Admission Control (έλεγχος εισόδου), Policy Control (το H.323 έχει περιορισμένη υποστήριξη για διαφοροποιημένες υπηρεσίες ενώ το SIP δεν έχει καμία υποστήριξη)	ανίχνευση βρόγχου (ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ανώτερος)
Διεύρυνση και ευελιξία	υποστήριξη UDP, επικοινωνίες μεταξύ εξυπηρετών για εντοπισμό του τελικού σημείου	εντοπισμός τελικών σημείων σε άλλες διαχειριστικές περιοχές (το SIP δεν καθορίζει μέθοδο, απλώς προτείνει τη χρήση DNS)	λιγότερη πολυπλοκότητα, επεκτασιμότητα, ευκολία στην τυποποίηση (customization)
Διαλειτουργικότητα		διαλειτουργικότητα με τη σηματοδότηση	

4.2.1 Η εικόνα της αγοράς

Τα προϊόντα ιντερνετικής τηλεφωνίας που είναι αυτή τη στιγμή διαθέσιμα στην αγορά, παρουσιάζουν μια ανάμικτη εικόνα. Πολλά είναι ακόμη εξαρτημένα από το συγκεκριμένο κατασκευαστή, αρκετά υποστηρίζουν το H.323 v1, μερικά υποστηρίζουν το H.323 v2 και πολύ λίγα υποστηρίζουν είτε το SIP είτε το H.323 v3. Αυτό που θεωρείται πιθανότερο είναι οι μεγάλοι κατασκευαστές να έχουν υποστήριξη και για το SIP και για το H.323 μέχρις ότου το τοπίο των προτύπων ξεκαθαρίσει και είτε κάποιο "πεθάνει" είτε συγχωνευτούν. Ήδη, λειτουργούν

forums που προσπαθούν να ξεδιαλύνουν την κατάσταση με τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες και τα διαφορετικά πρωτόκολλα και να συμβάλλουν στη διαλειτουργικότητα ανάμεσα στον εξοπλισμό διαφόρων κατασκευαστών. Στην παρούσα φάση, πάντως, εάν κάποιος ενδιαφέρεται για μεγάλη διαθεσιμότητα και διαλειτουργικότητα, τότε ίσως μια λύση με SIP θα είναι παρακινδυνευμένη αυτή τη στιγμή. Διαφορετικά, και οι δύο προσεγγίσεις προσφέρουν ίδιες λειτουργίες, με εξαίρεση τη δυνατότητα διάσκεψης. Στο SIP μπορεί να γίνει εκκίνηση κλήσεων διάσκεψης χωρίς απαίτηση για εξυπηρετητή διάσκεψης. Αντίθετα, το H.323 απαιτεί να υπάρχει ένας τέτοιος εξειδικευμένος εξυπηρετητής. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, το αν απαιτείται ή όχι εξειδικευμένος εξυπηρετητής εξαρτάται από τη συνολική κατασκευαστική προσέγγιση και όχι τόσο από τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται.

Συνοίτα πρωτοκόλλων H.323

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
H.323 V2	ITU	Βασισμένα σε πακέτα πολυμεσικά επικοινωνιακά συστήματα
H.225.0	ITU	Πρωτόκολλα σηματοδότησης κλήσεων και δημιουργίας πακέτων για πολυμεσική πληροφοριακή ροή
H.225.0 Annex G	ITU	Επικοινωνίες gatekeeper προς gatekeeper
H.245	ITU	Πρωτόκολλο ελέγχου για επικοινωνίες πολυμέσων
H.235	ITU	Ασφάλεια και κρυπτογράφηση για τη σειρά H των πολυμεσικών τερματικών
H.450.x	ITU	Συμπληρωματικές υπηρεσίες για πολυμέσα (μεταφορά κλήσης, εκτροπή, αναμονή κλήσης, αναμονή μηνύματος)
H.323 Annex D	ITU	Fax σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας T.38
H.323 Annex E	ITU	Σύνδεση κλήσης πάνω από UDP (User Datagram Protocol)
H.323 Annex F	ITU	Single - use device
T.38	ITU	Διαδικασίες για επικοινωνίες τηλεομοιοτυπίας ομάδας 3 πάνω από δίκτυα IP
T.120 Series	ITU	Πρωτόκολλα δεδομένων για διάσκεψη με χρήση πολυμέσων

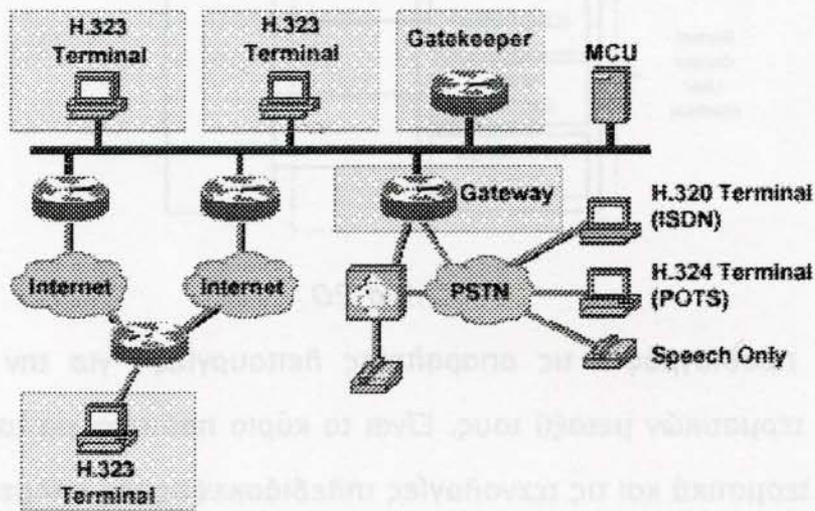
Συνοίτα πρωτοκόλλων SIP

SIP (RFC ² 2543)	IETF	Session Initiation Protocol - Πρωτόκολλο έναρξης συνόδου
SDP (RFC 2327)	IETF	Session Description Protocol - Πρωτόκολλο περιγραφής συνόδου
SAP (Internet Draft)	IETF	Session Announcement Protocol - Πρωτόκολλο ανακοίνωσης συνόδου

4.3 Η Αρχιτεκτονική του H.323

Στην συνέχεια θα επικεντρωθούμε στο H.323 διότι είναι το επικρατέστερο σήμερα. Τα δικτυακά στοιχεία μιας τοπολογίας H.323 είναι: Τερματικά, Gateways (GW), Gatekeepers (GK) και Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (MCUs). Μεταξύ των στοιχείων αυτών υπάρχει μια λογική σύνδεση, η οποία διευκολύνει την εγκατάσταση και τον τερματισμό της κλήσης, όπως επίσης και τη συλλογή παραμέτρων απόδοσης, που χαρακτηρίζουν την ποιότητα της λειτουργίας της χρησιμοποιημένης δικτυακής υποδομής.

Στο Σχήμα 19 παρουσιάζεται ένα σύστημα H.323 και τα στοιχεία του.



Σχήμα 19

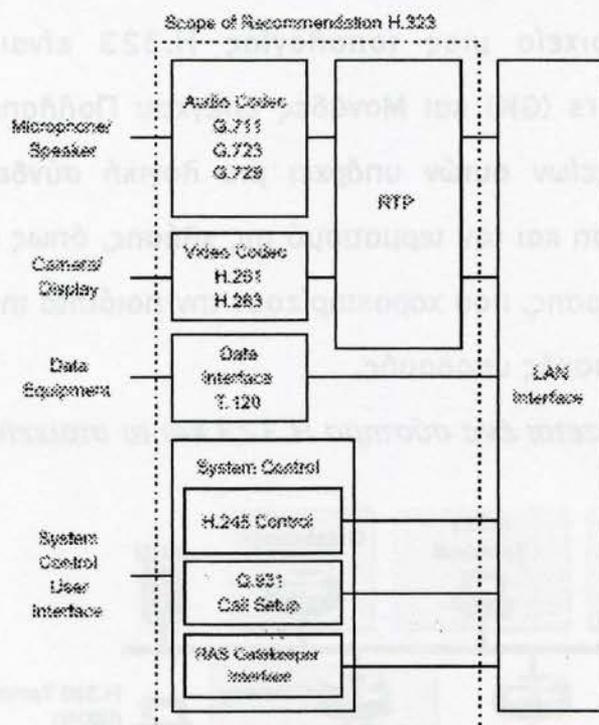
Όπως φαίνεται στο σχήμα 19 με το πρότυπο H.323 η υπηρεσία VoIP μπορεί να υλοποιηθεί με ποικιλία τερματικών συσκευών όπως αναλογικά τηλέφωνα, H.324 τερματικά και τερματικά τύπου H.323

Στη συνέχεια εξετάζονται αναλυτικά τα στοιχεία αυτά.

4.3.1 Τερματικές συσκευές H.323

Τα τερματικά είναι οι τελικοί σταθμοί χρηστών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης (two-way) πραγματικού χρόνου (real-time). Κάθε τερματικό H.323 ξεχωρίζει στο δίκτυο από μια μοναδική διεύθυνση που ονομάζεται H.323 ID.

Το Σχήμα 20 παρουσιάζει τα στοιχεία ενός τερματικού:



Σχήμα 20

Το H.323 προδιαγράφει τις απαραίτητες λειτουργίες για την επικοινωνία διαφορετικών τερματικών μεταξύ τους. Είναι το κύριο πρότυπο για τα διαδικτυακά τηλέφωνα, τα τερματικά και τις τεχνολογίες τηλεδιάσκεψης της επόμενης γενεάς.

Όλα τα τερματικά H.323 πρέπει να υποστηρίζουν επικοινωνίες φωνής, ενώ η εικόνα και τα δεδομένα είναι προαιρετικά.

Το τερματικό H.323 πρέπει επίσης, να υποστηρίζει το πρωτόκολλο H.245, το οποίο χρησιμοποιείται για την διαπραγμάτευση της χρήσης και των ικανοτήτων του καναλιού.

Άλλα τρία στοιχεία είναι υποχρεωτικά:

- Q.931 για την σηματοδότηση και την εγκατάσταση της κλήσης
- Registration/Admission/Status (RAS), ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τον Gatekeeper, και
- Υποστήριξη RTP/RTCP για την τοποθέτηση σε σωστή ακολουθία των πακέτων φωνής και εικόνας.

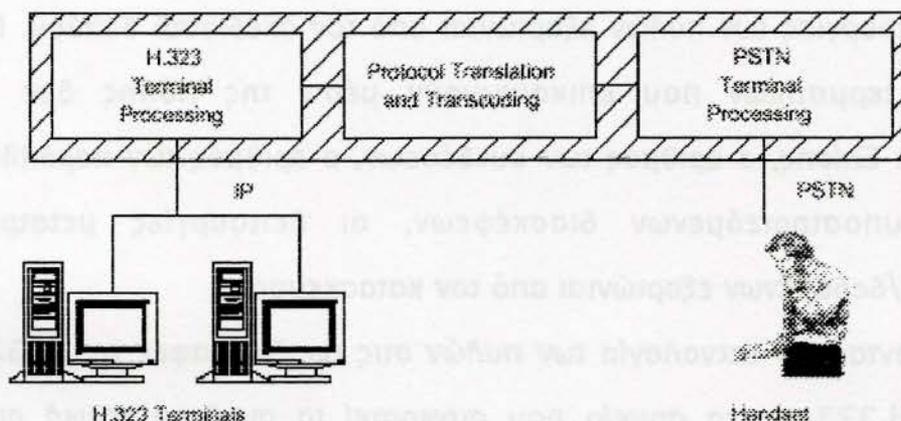
Προαιρετικά στοιχεία σε ένα τερματικό H.323 είναι τα *codecs* εικόνας (αλγόριθμοι συμπίεσης - αποσυμπίεσης), το πρωτόκολλο T.120 για διάσχεψη δεδομένων, και δυνατότητες για MCU.

4.3.2 Πύλες (Gateways)

Η πύλη είναι ένα προαιρετικό στοιχείο σε ένα σύστημα H.323. Οι πύλες προσφέρουν πολλές υπηρεσίες, από τις οποίες η πιο σημαντική είναι η εγκατάσταση σύνδεσης μεταξύ ενός δικτύου H.323 και ενός άλλου είδους δικτύου. Π.χ. μια πύλη H.323 μπορεί να αποκαταστήσει μια σύνδεση μεταξύ ενός τερματικού H.323 και του τηλεφωνικού δικτύου.

Αυτή η διασύνδεση διαφορετικού τύπου δικτύων επιτυγχάνεται μεταφράζοντας πρωτόκολλα και μεταφέροντας πληροφορία μεταξύ των δικτύων που συνδέει η πύλη.

Στο Σχήμα 21 παρουσιάζεται μια πύλη H.323/PSTN:



Σχήμα 21

Σε γενικές γραμμές ο σκοπός της πύλης είναι να απεικονίσει τα χαρακτηριστικά ενός τελικού σταθμού τοπικού δικτύου σε ένα τελικό σταθμό του τηλεφωνικού δικτύου και αντίστροφα.

Από τη μεριά του δικτύου H.323 η πύλη τρέχει το πρωτόκολλο H.245 για τον προσδιορισμό γενικών ικανοτήτων φωνής και εικόνας, το πρωτόκολλο H.225 για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση της κλήσης, και το πρωτόκολλο RAS για την καταγραφή στον Gatekeeper. Από τη μεριά του τηλεφωνικού δικτύου, η πύλη τρέχει συγκεκριμένα πρωτόκολλα τηλεφωνικού δικτύου (π.χ. ISDN).

Τα τερματικά H.323 επικοινωνούν με τις πύλες χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα H.245 και H.225. Η πύλη μεταφράζει τα πρωτόκολλα αυτά στα αντίστοιχα του άλλου δικτύου και αντιστρόφως.

Οι βασικές λειτουργίες μίας πύλης είναι:

- Εγκατάσταση συνδέσεων με αναλογικά τερματικά PSTN
- Εγκατάσταση συνδέσεων με τερματικά (συμβατά με το H.320) πάνω από δίκτυα ISDN
- Εγκατάσταση συνδέσεων με απομακρυσμένα τερματικά (συμβατά με το H.324) πάνω από δίκτυα PSTN

Όταν δεν απαιτείται σύνδεση με άλλα δίκτυα, τότε η πύλη δεν χρειάζεται, αφού τα τερματικά μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους απευθείας πάνω από το δίκτυο.

Πολλές λειτουργίες των πυλών εξαρτώνται από τον σχεδιαστή δικτύου. Π.χ ο αριθμός των τερματικών που επικοινωνούν μέσω της πύλης δεν είναι τυποποιημένος. Επίσης, ο αριθμός των συνδέσεων, ο αριθμός των παράλληλων ανεξαρτήτων υποστηριζόμενων διασκέψεων, οι λειτουργίες μετατροπής φωνής/εικόνας/δεδομένων εξαρτώνται από τον κατασκευαστή.

Ενσωματώνοντας την τεχνολογία των πυλών στις προδιαγραφές του H.323, η ITU θέτει το H.323 ως το σημείο που συγκρατεί τα συμβατά τελικά σημεία διάσκεψης μεταξύ τους.

4.3.3 Gatekeepers

Ο gatekeeper είναι άλλο ένα προαιρετικό, αλλά πολύ σημαντικό στοιχείο ενός δικτύου H.323. Λειτουργεί σαν κεντρικό σημείο για όλες τις κλήσεις μέσα σε μια ζώνη και προσφέρει υπηρεσίες ελέγχου σε όλα τα τερματικά. Κατά κάποιο τρόπο ο gatekeeper λειτουργεί σαν διακόπτης (switch).

Οι gatekeepers εκτελούν δύο σημαντικές λειτουργίες ελέγχου:

- Μετάφραση των H.323 IDs σε IP ή IPX διευθύνσεις,
- Διαχείριση του εύρους ζώνης (Έλεγχος πρόσβασης στο δίκτυο)

Π.χ. αν ο διαχειριστής του δικτύου έχει ορίσει κάποιο μέγιστο αριθμό συνδέσεων, τότε ο gatekeeper αρνείται οποιαδήποτε άλλη σύνδεση, μόλις συμπληρωθεί ο αριθμός αυτός. Το αποτέλεσμα είναι ο περιορισμός του εύρους ζώνης που χρησιμοποιείται για διάσκεψη, έτσι ώστε το υπόλοιπο εύρος να χρησιμοποιείται για άλλες εφαρμογές, π.χ. ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail), μεταφορά αρχείων (file transfer) και άλλων LAN πρωτοκόλλων.

Ένα προαιρετικό αλλά πολύτιμο χαρακτηριστικό του gatekeeper είναι η ικανότητα δρομολόγησης κλήσεων H.323. Όταν η κλήση δρομολογείται από τον gatekeeper, τότε ο έλεγχος της είναι πιο αποτελεσματικός. Έτσι οι Service Provider χρειάζονται την υπηρεσία αυτή για να μπορούν να χρεώνουν τις κλήσεις που κάνουν οι πελάτες μέσα από το δίκτυο τους. Επίσης, η υπηρεσία αυτή μπορεί να χρησιμοποιείται για την επαναδρομολόγηση κάποιας κλήσης, όταν το αρχικό σημείο προορισμού δεν είναι διαθέσιμο. Επιπλέον, η ικανότητα του gatekeeper να δρομολογήσει κλήσεις H.323, βοηθάει στην εξισορρόπηση της κυκλοφορίας μεταξύ των πυλών. Π.χ. όταν μια κλήση δρομολογείται μέσω του gatekeeper, τότε ο gatekeeper μπορεί να επαναδρομολογήσει την κλήση αυτή σε κάποια από τις πύλες, βασισμένος σε κάποια λογική δρομολόγησης.

Ο gatekeeper δεν είναι απαραίτητο συστατικό σε μια ζώνη H.323. Αλλά, εάν υπάρχει, τότε καλό είναι τα τερματικά να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες που παρέχει.

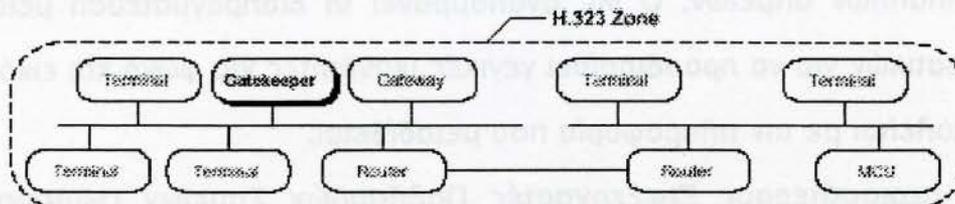
Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις λειτουργίες του gatekeeper.

Μετάφραση Διεύθυνσης	Ο gatekeeper μεταφράζει το H.323-ID διευθύνσεις IP και IPX. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας έναν πίνακα μετάφρασης ο οποίος ενημερώνεται από τα μηνύματα καταχώρησης. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν άλλοι μέθοδοι ενημέρωσης των πινάκων.
Έλεγχος Πρόσβασης	Ο gatekeeper πρέπει να δίνει εξουσιοδότηση για πρόσβαση στο δίκτυο χρησιμοποιώντας μηνύματα ARQ/ACF/ARJ. Μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικά κριτήρια πρόσβασης, ή και να επιτρέπει όλες τις αιτήσεις.
Έλεγχος Εύρους Ζώνης	Ο gatekeeper υποστηρίζει τα μηνύματα BRQ/BRJ/BCF για έλεγχο του εύρους ζώνης.
Διαχείριση Ζώνης	Ο gatekeeper παρέχει τις παρατηρήσεις στα τερματικά, στα MCUs, και τις πύλες οι οποίες έχουν καταχωρηθεί σ' αυτά.
Έλεγχος Σημάτων Ελέγχου	Ο gatekeeper προσφέρει έλεγχο των σημάτων ελέγχου.
Εξουσιοδότηση Κλήσεων	Χρησιμοποιώντας την σηματοδότηση H.225 gatekeeper μπορεί να απορρίψει κλήσεις τερματικά που δεν έχουν εξουσιοδότηση.
Διαχείριση Εύρους Ζώνης	Ο gatekeeper παρέχει έλεγχο του αριθμού τερματικών που μπορεί να έχουν ταυτόχρονη πρόσβαση στο δίκτυο. Χρησιμοποιώντας H.225 σηματοδότηση ο gatekeeper μπορεί να απορρίψει κλήσεις από τερματικά, εάν υπάρχει αρκετό εύρος ζώνης να υποστηρίξει την κλήση.
Διαχείριση Κλήσεων	Ο gatekeeper έχει την δυνατότητα διατήρησης μιας λίστας κλήσεων. Η πληροφορία μπορεί να είναι απαραίτητη για να δηλώνει το τερματικό δεν είναι διαθέσιμο, όπως και για την διαχείριση του εύρους ζώνης.

Το σύνολο όλων των τερματικών, πηλών, και MCUs που διαχειρίζονται από έναν και μόνο gatekeeper είναι γνωστό σαν μια ζώνη H.323. Ο gatekeeper είναι προαιρετικό συστατικό μιας ζώνης, αλλά αν υπάρχει τότε όλα τα τερματικά H.323, θα πρέπει να καταχωρούνται στον gatekeeper πριν δεχτούν ή αρχίσουν κάποια κλήση. Αλλιώς, όλα τα τερματικά θα μπορούν να κάνουν κλήσεις χωρίς κανένα

περιορισμό. Μόλις καταχωρηθούν, ο gatekeeper τα παρακολουθεί, και όταν έρθει κάποια κλήση από άλλη ζώνη ή άλλη πύλη, ο gatekeeper μπορεί να μεταφράσει την αίτηση στην κατάλληλη IP διεύθυνση. Χωρίς να έχει προηγηθεί η καταχώρηση, η εξωτερική κλήση δεν θα γίνει.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια τυπική ζώνη H.323:



Σχήμα 22

Η ζώνη είναι μια λογική ομαδοποίηση συσκευών και περιέχει στοιχεία τα οποία μπορεί να ανήκουν σε μια αποκεντρωμένη τοπολογία και να συνδέονται χρησιμοποιώντας δρομολογητές (routers) ή μεταγωγείς (switches). Δηλαδή μια ζώνη μπορεί να εκτείνεται σε μεγάλη γεωγραφική έκταση.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι δρομολογητές και μεταγωγείς είναι διαφανείς στα δικτυακά στοιχεία του H.323, το οποίο σημαίνει ότι δεν τα διαχειρίζονται ούτε καν τα βλέπουν σαν μέρος της διαδικασίας δρομολόγησης της κλήσης ή των λειτουργιών διαχείρισης.

Ο gatekeeper (GK) συνεργάζεται με άλλους gatekeeper σε άλλες ζώνες για να παρέχει πρόσβαση σε χρήστες που ανήκουν σε διαφορετικό domain, με τρόπο διαφανή προς τον τελικό χρήστη.

4.3.4 MCU (Multipoint Control Unit)

Η Μονάδα Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (MCU), υποστηρίζει επικοινωνίες πολυμέσων μεταξύ τριών ή περισσότερων τελικών σημείων.

Σε μια ζώνη μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (MCUs) και η χρήση τους είναι μια από τις λειτουργίες του gatekeeper(GK).

Σύμφωνα με το πρότυπο H.323, το MCU αποτελείται από:

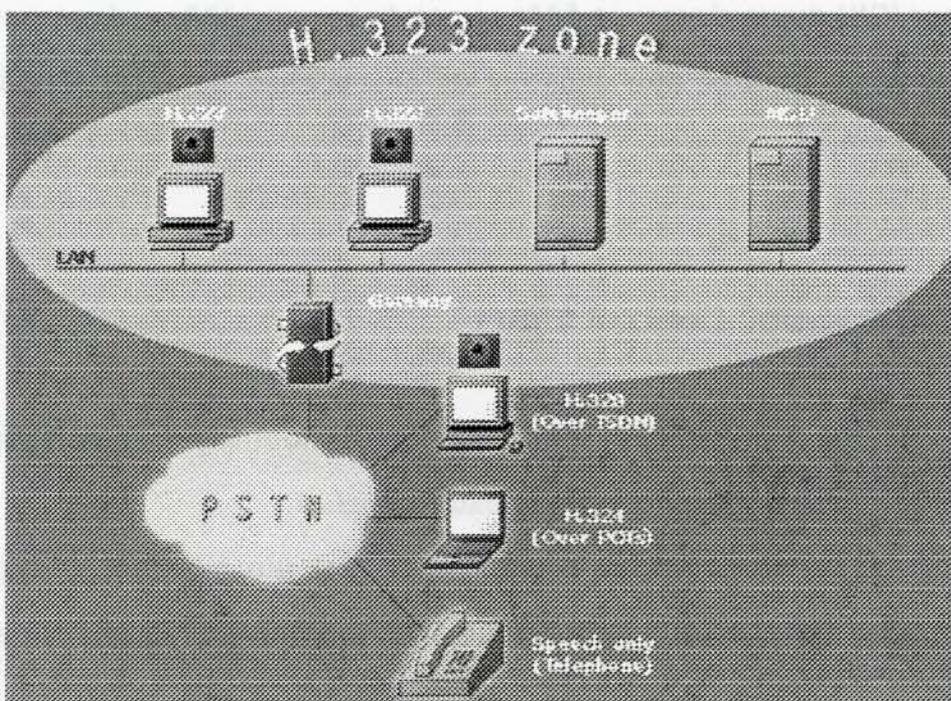
- Έναν ελεγκτή πολλαπλών σημείων (Multipoint Controller, MC)

Ο MC είναι μια οντότητα LAN η οποία ελέγχει τρία ή περισσότερα τερματικά που παίρνουν μέρος σε μια διάσκεψη πολλαπλών σημείων. Επίσης, μπορεί να ελέγχει μια απ' άκρη σ' άκρη (point-to-point) διάσκεψη, η οποία μπορεί να εξελιχθεί σε διάσκεψη πολλαπλών σημείων. Ο MC αναλαμβάνει τη διαπραγμάτευση μεταξύ όλων των τερματικών για να προσδιορίσει γενικές ικανότητες για φωνή και εικόνα. Ο MC δεν ασχολείται με την πληροφορία που μεταδίδεται.

- Έναν ή περισσότερους Επεξεργαστές Πολλαπλών Σημείων (Multipoint Processors, MP)

Ο MP είναι μια οντότητα LAN, η οποία πολυπλέκει και επεξεργάζεται την πληροφορία φωνής, εικόνας και δεδομένων σε μια διάσκεψη πολλαπλών σημείων. Ο MP μπορεί επίσης, να κάνει μετατροπή μεταξύ διαφορετικών ταχυτήτων και αλγορίθμων συμπίεσης - αποσυμπίεσης, και να χρησιμοποιήσει τεχνολογία Επιλεκτικής Πολλαπλής Εκπομπής (Multicast) για τον διαμοιρασμό της επεξεργαζόμενης πληροφορίας.

Το σύνολο των τερματικών συσκευών, των gateways και των MCUs, διαχειριζόμενα από μία gatekeeper, αποτελούν μία H.323 ζώνη (H.323 zone) όπως φαίνεται στο σχήμα.



- **Πολλαπλές διασκέψεις/ συνεδρίες**

Ένα από τα πολύ ισχυρά χαρακτηριστικά του H.323. είναι η δυνατότητα που προσφέρει για την ύπαρξη πολλών ταυτόχρονων διασυνδέσεων. Δύναται να υλοποιήσει τρία διαφορετικής αρχιτεκτονικής μοντέλα:

α) Συγκεντρωτικό Μοντέλο (Centralized model) : Απαιτεί την ύπαρξη μίας MCU στη οποία όλοι οι τερματικοί σταθμοί που επιθυμούν να συνδεθούν μεταξύ τους, εγκαθιστούν μία point-to-point επικοινωνία. Ο MC ελέγχει τις διασυνδέσεις χρησιμοποιώντας το H.245 ενώ παράλληλα καθορίζει τις αρμοδιότητες κάθε τερματικού, ενώ ο MP φροντίζει για την ορθή διαχείριση του stream των πακέτων που ανταλλάσσονται παρέχοντας τις αναγκαίες υπηρεσίες mixing και switching, μπορεί να αναγνωρίσει την ύπαρξη διαφορετικών coders και να προσφέρει υπηρεσίες μετάβασης από τον ένα στον άλλο αλλά και να προωθήσει multicast πληροφορία στους τελικούς πολλαπλούς της προορισμούς.

β) Αποκεντρωμένο Μοντέλο (De-centralized Model) : Λειτουργεί κάνοντας χρήση της τεχνολογίας multicast όπου τα συμμετέχοντα σε διάφορες διασκέψεις τερματικά επικοινωνούν μεταξύ τους με αποστολή multicast πακέτων χωρίς να υποχρεώνονται στην προηγούμενη αποστολή αυτών στη MCU. Ο ρόλος πλέον της MCU περιορίζεται στην point-to-point πληροφορία ελέγχου (με τη μορφή των H.245 καναλιών) που αποστέλλεται στον MC για την ενημέρωση σχετικά με τον αριθμό των ενεργών packet streams μεταξύ των τερματικών.

γ) Υβριδικό Μοντέλο (Hybrid Model) : Χρησιμοποιεί συνδυασμό χαρακτηριστικών τόσο του συγκεντρωτικού όσο και του αποκεντρωτικού μοντέλου παρέχοντας της δυνατότητα μικτής λύσης, με ορισμένα από τα τερματικά να δρουν σαν μέλη ενός συγκεντρωτικού μοντέλου (με αποστολή πληροφορίας control + data) στην MCU, και άλλα να χρησιμοποιούν multicast και μόνο τεχνικές για την επικοινωνία τους χρησιμοποιώντας την MCU για control και μόνο πληροφορίες.

4.4 Επικοινωνία στο πρότυπο H.323

Οι επικοινωνίες στο H.323 μπορούν να θεωρηθούν σαν πολυπληξία φωνής, εικόνας, δεδομένων και σημάτων ελέγχου. Η δυνατότητα φωνής, το Q.931 (πρωτόκολλο για την εγκατάσταση της κλήσης), ο έλεγχος RAS (Registration/Admission/Status), και η σηματοδότηση H.245 είναι απαραίτητα, ενώ όλες οι άλλες δυνατότητες συμπεριλαμβανομένων εικόνας και δεδομένων είναι προαιρετικές.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία της επικοινωνίας στο H.323.

4.4.1 Φωνή

Τα σήματα φωνής περιέχουν συμπιεσμένη ψηφιακή ομιλία. Οι αλγόριθμοι συμπίεσης που υποστηρίζει το H.323, έχουν εγκριθεί από την ITU. Τα τερματικά H.323 πρέπει να υποστηρίζουν τα πρότυπα G.711 για συμπίεση φωνής. Η υποστήριξη άλλων προτύπων φωνής της ITU είναι προαιρετική.

Οι διαφορετικές συστάσεις της ITU για την ψηφιοποίηση και τη συμπίεση των σημάτων φωνής πετυχαίνουν διαφορετικά αποτελέσματα στην ποιότητα φωνής, στο ρυθμό μετάδοσης και στην καθυστέρηση. Ο αλγόριθμος G.711 μεταδίδει τη φωνή σε ταχύτητα 48 ή 64 Kbps. Ένας άλλος αλγόριθμος ο G.723, λειτουργεί στα 5,3 και 6,4 kbps και δικαίως θεωρείται απαραίτητος αλγόριθμος συμπίεσης - αποσυμπίεσης και θα επικρατήσει στις εφαρμογές H.323.(σχήμα 23).

Παραλλαγές της Παλμοκωδικής διαμόρφωσης - Pulse Code Modulation (PCM)

G.711	ITU	PCM 48 έως 64 kbps
G.722	ITU	Sub - band ADPCM (Adaptive Differential PCM - υποζωνική προσαρμοστική διαφορική PCM)
G.726	ITU	ADPCM 16 έως 40 kbps
G.727	ITU	AEDPCM

4.4.2 Εικόνα

Η υποστήριξη εικόνας είναι προαιρετική, αλλά κάθε τερματικό H.323 που έχει την δυνατότητα αυτή θα πρέπει να υποστηρίζει τον αλγόριθμο συμπίεσης - αποσυμπίεσης H.261, ενώ η υποστήριξη του H.263 είναι προαιρετική. Η πληροφορία εικόνας μεταδίδεται στην ταχύτητα που επιλέγεται κατά τη διάρκεια της ανταλλαγής δυνατοτήτων. Ο αλγόριθμος H.261 λειτουργεί σαν μέτρο συμβατότητας διαφόρων συστάσεων της ITU, και χρησιμοποιείται σε κανάλια επικοινωνίας πολλαπλάσια των 64 Kbps.

Το H.263 είναι μια επέκταση του H.261. Η ποιότητα εικόνας χρησιμοποιώντας το H.263 βελτιώνεται σημαντικά.

- H.261 Αυτός ο αλγόριθμος λειτουργεί σε ένα πολλαπλάσιο του $n \cdot 64$ kbps όπου το n μπορεί να κυμανθεί από 1 έως 30. Το bit rate που προκύπτει κυμαίνεται από 40 kbps σε 2mbps. Το H.261 codec είναι απαιτούμενο στοιχείο για το H.323

- H.263 Αυτός ο αλγόριθμος είναι βασισμένος στο H.261, με πρόσθετη συμπίεση. Περιέχει negotiable επιλογές και μπορεί να λειτουργήσει με διάφορες μορφές video. Το H.263 codec είναι προαιρετικό στοιχείο για το H.323.

4.4.3 Δεδομένα

Η διάσκεψη δεδομένων είναι προαιρετική. Όταν υποστηρίζεται η διάσκεψη δεδομένων, τότε τα τερματικά H.323 έχουν δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ τους, μέσω εφαρμογών όπως είναι η κοινή χρήση εφαρμογών και η μεταφορά αρχείων.

Το T.120 προδιαγράφει την υποστήριξη των διασκέψεων δεδομένων από το H.323, διευθύνοντας τις διασκέψεις δεδομένων (point-to-point ή multipoint). Εξασφαλίζει διαλειτουργικότητα σε επίπεδο εφαρμογής, δικτύου και μεταφοράς.

Για να υλοποιηθεί η διάσκεψη δεδομένων, θα πρέπει τα τερματικά H.323 να το υποστηρίζουν. Ο έλεγχος και η πολυπλεξία των δεδομένων γίνεται από το MCU.

4.4.4 Σήματα ελέγχου

Οι λειτουργίες ελέγχου της κλήσης είναι η καρδιά του τερματικού H.323,. Οι λειτουργίες αυτές συμπεριλαμβάνουν τη σηματοδότηση για την εγκατάσταση της κλήσης, δυνατότητες ανταλλαγής, τη σηματοδότηση εντολών και μηνύματα για το άνοιγμα και την περιγραφή των περιεχομένων του λογικού καναλιού. Όλα τα σήματα φωνής, εικόνας και ελέγχου περνάνε από ένα επίπεδο ελέγχου, το οποίο διαμορφώνει τη ροή δεδομένων σε κατάλληλα μηνύματα για έξοδο από την κάρτα δικτύου. Αντίστροφη διαδικασία γίνεται και για τα εισερχόμενα δεδομένα. Το επίπεδο αυτό επίσης, κάνει λογική πλαισίωση, αρίθμηση, ανίχνευση και διόρθωση λαθών, όπως αντιστοιχεί σε κάθε μέσο πρόσβασης. Τα πρωτόκολλα Q.931, RAS και RTP/RTCP εκτελούν τις διαδικασίες αυτές. Γενικά ο έλεγχος συστήματος εξασφαλίζεται από τρεις ξεχωριστές λειτουργίες ελέγχου:

- Το κανάλι ελέγχου H.245: Είναι το κανάλι επικοινωνίας που συντονίζει όλες τις λειτουργίες ελέγχου μεταξύ των H.323 τερματικών με δυνατότητα εγκατάστασης και τερματισμού ενός λογικού καναλιού επικοινωνίας, μεταφορά των μηνυμάτων ελέγχου ροής πακέτων και πάνω από όλα ικανότητα για υποστήριξη της βασικής λειτουργίας "ανταλλαγής ικανοτήτων" των τερματικών αυτό που συχνά αναφέρεται σαν "capabilities exchange"

- Το κανάλι σηματοδότησης κλήσης Q.931: Το κανάλι σηματοδότησης της κλήσης χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Q.931 για την εγκατάσταση της σύνδεσης μεταξύ δυο τερματικών. Το Q931 Χρησιμοποιείται αποκλειστικά στην πρώιμη φάση εγκαθίδρυσης της επικοινωνίας μεταξύ των τερματικών σταθμών

- Το κανάλι RAS: Το κανάλι RAS χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην ανακάλυψη του gatekeeper και στις διαδικασίες καταχώρησης των τερματικών. Το κανάλι RAS είναι μη αξιόπιστο.

Επειδή τα μηνύματα RAS μεταφέρονται από μη αξιόπιστο κανάλι, το H.225 προτείνει timeouts και retry counts για διάφορα μηνύματα.

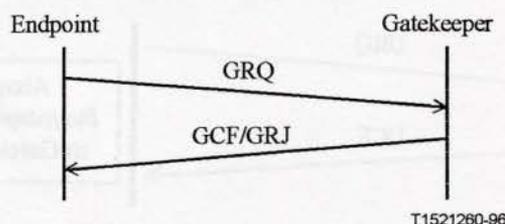
Οι βασικές λειτουργίες του καναλιού RAS είναι:

1. Ανακάλυψη του gatekeeper (gatekeeper discovery)

Η ανακάλυψη του gatekeeper είναι η διαδικασία με την οποία ένα τερματικό καθορίζει σε ποιο gatekeeper θα καταχωρηθεί ή αν έχουμε αναλογικό τηλέφωνο σε ποιο gateway. Αυτό μπορεί να γίνει αυτόματα ή χειροκίνητα. Χειροκίνητα σημαίνει ότι στο τερματικό έχει οριστεί η διεύθυνση του gatekeeper, δηλαδή το τερματικό γνωρίζει τη διεύθυνση του gatekeeper και μπορεί να καταχωρηθεί σ' αυτόν.

Η αυτόματη μέθοδος επιτρέπει στην αντιστοιχία τερματικό - gatekeeper να αλληλάζει με την πάροδο του χρόνου. Το τερματικό μπορεί να μην ξέρει σε ποιον gatekeeper ανήκει, αλλά μπορεί να τον ανακαλύψει. Η αυτόματη ανακάλυψη σημαίνει λιγότερο διαχειριστικό overhead, και εύκολη αντικατάσταση του gatekeeper.

Το τερματικό στέλνει ένα μήνυμα (GRQ) επιλεκτικής πολλαπλής εκπομπής (multicast), ρωτώντας "Ποιος είναι ο gatekeeper μου". Ένα ή περισσότερα gatekeeper μπορεί να απαντήσουν, στέλνοντας ένα GCF (Gatekeeper Confirmation) μήνυμα, υποδεικνύοντας ότι "Εγώ μπορεί να γίνω ο gatekeeper σου". Αν ο gatekeeper δεν θέλει το τερματικό να καταχωρηθεί σ' αυτόν τότε στέλνει ένα GRJ (Gatekeeper Reject) μήνυμα. Αν περισσότεροι από ένα gatekeeper απαντήσουν, τότε το τερματικό πρέπει να διαλέξει σε ποιο gatekeeper θέλει να καταχωρηθεί. Σ' αυτό το σημείο το τερματικό ξέρει σε ποιο gatekeeper πρέπει να καταχωρηθεί και η καταχώρηση μπορεί να πραγματοποιηθεί.



Σχήμα 24 - H.323 Αυτόματη ανακάλυψη

Για λόγους διαθεσιμότητας, στα συστήματα που χρησιμοποιούν ένα gatekeeper, ο gatekeeper αυτός υποδεικνύει εναλλακτικούς gatekeeper που μπορούν να

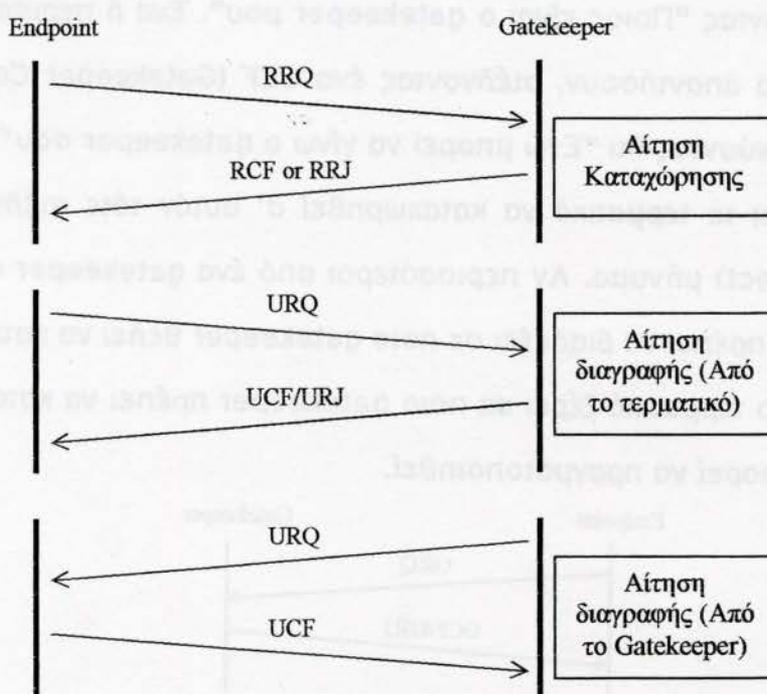
χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση αποτυχίας.

Σε περίπτωση που κανένας gatekeeper δεν απαντήσει (μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα), τότε τα τερματικά ξαναστέλνουν GRQ μηνύματα. Το τερματικό δεν πρέπει να στείλει GRQ μήνυμα, αν δεν έχουν περάσει πέντε δευτερόλεπτα από το πρώτο μήνυμα. Αν δεν ληφθεί καμία απάντηση, τότε χρησιμοποιείται η χειροκίνητη μέθοδος.

2. Καταχώρηση τερματικών στο gatekeeper

Καταχώρηση είναι η διαδικασία με την οποία ένα τερματικό ή ένα αναλογικό τηλέφωνο συνδέεται σε μια ζώνη. Όλα τα τερματικά πρέπει να καταχωρηθούν στο gatekeeper. Η καταχώρηση θα πρέπει να γίνει πριν κάποιος επιχειρήσει να κάνει μια κλήση.

Το τερματικό στέλνει ένα RRQ (Registration Request) μήνυμα στο gatekeeper και ο gatekeeper πρέπει να απαντήσει με ένα RCF (Registration Confirm) ή RRJ (Registration Reject) μήνυμα. Κάθε τερματικό πρέπει να καταχωρηθεί σε ένα και μόνο gatekeeper



Σχήμα 25

Το τερματικό μπορεί να ακυρώσει την καταχώρηση του, στέλνοντας ένα URQ (Unregister Request) μήνυμα στο gatekeeper, ο οποίος πρέπει να απαντήσει με ένα UCF (Unregister Confirm) μήνυμα. Αν το τερματικό δεν έχει καταχωρηθεί στο

gatekeeper, τότε αυτός απαντάει με ένα URJ (Unregister Reject) μήνυμα.

Ο gatekeeper μπορεί να ακυρώσει την καταχώρηση ενός τερματικού στέλνοντας του ένα URQ (Unregister Request) μήνυμα. Το τερματικό θα πρέπει να απαντήσει με ένα UCF (Unregister Confirm) μήνυμα. Αυτό σημαίνει ότι το τερματικό θα πρέπει να καταχωρηθεί σε άλλο gatekeeper

Ένα τερματικό το οποίο δεν έχει καταχωρηθεί σε κάποιο gatekeeper ονομάζεται μη καταχωρημένο τερματικό. Τα τερματικά τέτοιου τύπου δεν χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες του gatekeeper.

3. Εντοπισμός τερματικών

Όταν ένα τερματικό H.323 επιθυμεί να επικοινωνήσει με άλλο τερματικό, μπορεί να στείλει ένα LRQ (Location Request) μήνυμα στον gatekeeper, ο οποίος πρέπει να απαντήσει με ένα LCF (Location Confirm) μήνυμα, το οποίο συμπεριλαμβάνει πληροφορίες επικοινωνίας. Οι πληροφορίες αυτές περιέχουν τις διευθύνσεις του καναλιού RAS και του καναλιού ελέγχου κλήσης.

Οι gatekeepers στους οποίους δεν έχει καταχωρηθεί το τερματικό θα πρέπει να απαντήσουν με ένα LRJ (Location Reject) μήνυμα.

4. Έλεγχος πρόσβασης

Το κανάλι RAS χρησιμοποιείται και για τη μετάδοση μηνυμάτων εισόδου, αλλαγής εύρους ζώνης, κατάστασης, και απαλλαγής. Τα μηνύματα αυτά ανταλλάσσονται μεταξύ του gatekeeper και ενός τερματικού, και χρησιμοποιούνται για να παρέχουν έλεγχο πρόσβασης και λειτουργίες διαχείρισης εύρους ζώνης.

Το μήνυμα ARQ (Admission Control) καθορίζει το ζητούμενο εύρος ζώνης. Ο gatekeeper μπορεί να μειώσει το ζητούμενο εύρος ζώνης σε ένα μήνυμα ACF (Admission Confirm). Επίσης, το εύρος ζώνης μπορεί να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, χρησιμοποιώντας το μήνυμα BRQ (Bandwidth Change Request).

5. Token Πρόσβασης (Access Token)

Το Access Token, είναι μια σειρά χαρακτήρων, που συμπεριλαμβάνεται σε κάποια από τα μηνύματα RAS και Setup.

Τα Access Token έχουν δυο χρήσεις:

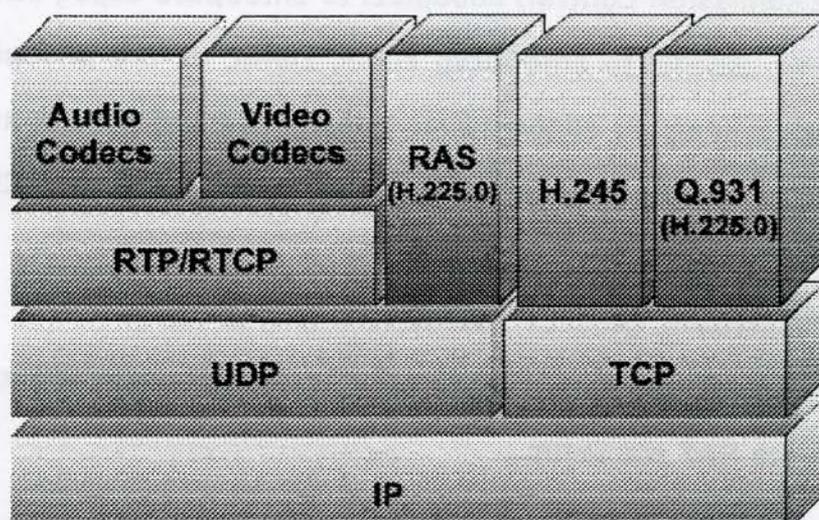
- Προσφέρουν μυστικότητα, αποκρύπτοντας διευθύνσεις, και
- Εξασφαλίζουν ότι η κλήση θα δρομολογηθεί σωστά ανάμεσα στις οντότητες H.323.

Η διάσκεψη H.323 υποστηρίζει "αξιόπιστη" και "μη αξιόπιστη" επικοινωνία. Η αξιόπιστη επικοινωνία είναι για σήματα ελέγχου και δεδομένα, επειδή τα σήματα αυτά πρέπει να ληφθούν στην κατάλληλη σειρά και δεν πρέπει να χάνονται. Η μη αξιόπιστη μετάδοση χρησιμοποιείται για πληροφορία φωνής και εικόνας, η οποία είναι ευαίσθητη στο χρόνο. Καθυστερημένα πακέτα φωνής και εικόνας απορρίπτονται. Συνεπώς το TCP χρησιμοποιείται στα πρωτόκολλα H.245, T.120 και τη σηματοδότηση της κλήσης, ενώ το UDP χρησιμοποιείται στα κανάλια φωνής, εικόνας και RAS.

4.5 Πρωτόκολλα του H.323

Στο πρότυπο H.323 συμπεριλαμβάνονται διάφορα πρωτόκολλα (Σχήμα 25), από τα οποία τα πιο σημαντικά είναι:

- RTP
- RTCP
- RAS
- H.225
- H.245
- Q.931



Σχήμα 26

Παρουσιάζουμε παρακάτω πιο αναλυτικά τα στοιχεία αυτά:

4.5.1 RTP (Real Time Protocol)

Το πρωτόκολλο RTP εξασφαλίζει διαδικασίες μετάδοσης (απ' άκρο σ' άκρο), κατάλληλες για εφαρμογές που μεταδίδουν δεδομένα πραγματικού χρόνου, όπως φωνή και εικόνα πάνω από δίκτυα πολλαπλής μετάδοσης (multicast) ή unicast. Το RTP χρησιμοποιείται για μεταφορά δεδομένων πάνω από το UDP (User Datagram Protocol). Το RTP σε συνεργασία με το UDP λειτουργεί σαν πρωτόκολλο μεταφοράς. Το RTP προσφέρει αναγνώριση του payload-type, αρίθμηση, και παρακολούθηση της παράδοσης (delivery monitoring). Ενώ το UDP εξασφαλίζει πολυπλεξία και υπηρεσίες ελέγχου αθροίσματος (checksum). Επίσης, το RTP μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς.

Το RTP δεν ελέγχει την εξασφάλιση πόρων και δεν εγγυάται Ποιότητα Υπηρεσίας για υπηρεσίες πραγματικού χρόνου.

4.5.2 RTCP (Real Time Control Protocol)

Το RTCP είναι συμπληρωματικό πρωτόκολλο του RTP, το οποίο προσφέρει υπηρεσίες ελέγχου. Η κύρια λειτουργία του RTCP είναι να δίνει πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα διανομής πληροφοριών. Μια άλλη λειτουργία του RTCP είναι η μεταφορά κάποιου πεδίου, το οποίο περιέχει έναν αναγνωριστή επιπέδου μεταφοράς, ο οποίος χρησιμοποιείται από τον παραλήπτη για να συγχρονίσει φωνή και εικόνα. Το RTP πρωτόκολλο ελέγχου (RTCP) βασίζεται στη περιοδική μετάδοση πακέτων, για να εξασφαλίσει ποιότητα ελέγχου σε όσους συμμετέχουν σε μια σύνοδο, χρησιμοποιώντας τον ίδιο μηχανισμό διανομής άλλων πακέτων. Τα πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου θα πρέπει να εξασφαλίσουν την πολυπλεξία δεδομένων και σημάτων ελέγχου.

4.5.3 RAS (Registration, Admission and Status)

Το πρωτόκολλο RAS χρησιμοποιείται για μετάδοση μηνυμάτων. Τα μηνύματα αυτά χρησιμοποιούνται στην διαδικασία καταγραφής τερματικών στο Gatekeeper, για να μπορεί να γίνει η αντιστοιχία μεταξύ διευθύνσεων τερματικών και διευθύνσεων καναλιών μετάδοσης σημάτων κλήσης.

4.5.4 H.225

Το πρωτόκολλο H.225 εξασφαλίζει την εγκατάσταση σύνδεσης μεταξύ τερματικών H.323, πάνω από την οποία γίνεται η μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου. Όταν σε ένα δίκτυο H.323 δεν υπάρχει gatekeeper, τότε η ανταλλαγή μηνυμάτων H.225 γίνεται μεταξύ των τερματικών. Όταν ο gatekeeper είναι παρών σε ένα δίκτυο H.323, τότε η ανταλλαγή μηνυμάτων γίνεται είτε κατευθείαν μεταξύ των τερματικών, είτε δρομολογούνται μέσω του gatekeeper. Στην πρώτη περίπτωση μιλάμε για απευθείας σηματοδοσία, ενώ στη δεύτερη για σηματοδοσία δρομολογούμενη μέσω του gatekeeper. Ο τύπος της σηματοδοσίας που θα χρησιμοποιηθεί αποφασίζεται από το gatekeeper κατά τη διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων RAS.

4.5.5 H.245

Το πρωτόκολλο H.245 χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή μηνυμάτων H.245 μεταξύ των τελικών σημείων που παίρνουν μέρος σε μια επικοινωνία. Τα μηνύματα ελέγχου H.245 μεταφέρονται πάνω από τα κανάλια ελέγχου H.245. Το κανάλι ελέγχου H.245 είναι το λογικό κανάλι 0 και είναι πάντα ανοιχτό, σε αντίθεση με τα κανάλια των δεδομένων. Τα μηνύματα H.245 είναι δυο ειδών:

- **Μηνύματα ανταλλαγής δυνατοτήτων**

Η ανταλλαγή δυνατοτήτων είναι μια διαδικασία η οποία καταγράφει τις δυνατότητες των τερματικών για αποστολή και λήψη, χρησιμοποιώντας μηνύματα

H.245. Οι δυνατότητες αποστολής περιγράφουν τις ικανότητες των τερματικών για αποστολή δεδομένων, ενώ οι δυνατότητες λήψης περιγράφουν τις ικανότητες των τερματικών για λήψη και επεξεργασία των δεδομένων.

- Σηματοδοσία λογικού καναλιού

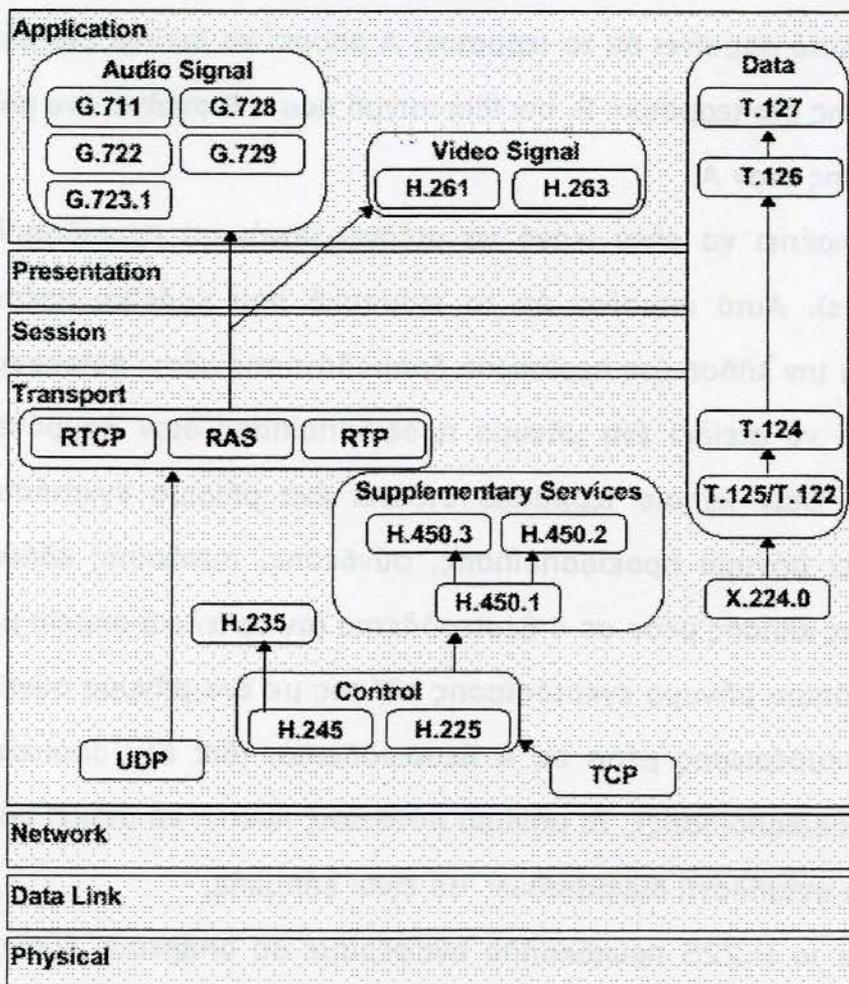
Το λογικό κανάλι μεταφέρει πληροφορία από ένα άκρο σε ένα ή περισσότερα άκρα. Το H.245 παρέχει τα απαραίτητα μηνύματα για το άνοιγμα και κλείσιμο ενός λογικού καναλιού.

4.5.6 H.235

Το πρωτόκολλο H.235 εμπλουτίζει το πρότυπο H.323 με υπηρεσίες ασφαλείας, όπως πιστοποίηση και κρυπτογράφηση.

4.5.7 Q.931

Χρησιμοποιείται αποκλειστικά στην πρώτη φάση εγκαθίδρυσης της επικοινωνίας μεταξύ των τερματικών σταθμών.



Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται τα πρωτόκολλα H.323 σε σχέση με το μοντέλο του OSI

4.6 Βασικό μοντέλο H.323 κλήσης

Ας εξετάσουμε αναλυτικά πως υλοποιείται μια κλήση στο H.323 δίκτυο. Το μοντέλο κλήσης στο H.323 αποτελείται από 4 φάσεις:

1. Εγκατάσταση της κλήσης (Φάση Α)
2. Σηματοδότηση ελέγχου (Φάση Β)
3. Μεταφορά πληροφορίας (Φάση Γ)
4. Τερματισμός της κλήσης (Φάση Δ)

4.6.1 Φάση Α - Εγκατάσταση της Κλήσης

Η εγκατάσταση κλήσης γίνεται χρησιμοποιώντας μηνύματα ελέγχου. Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης δεν υπάρχει συγχρονισμός ή κλείδωμα μεταξύ των τελικών σημείων. Αυτό σημαίνει ότι το τερματικό Α μπορεί να στείλει ένα μήνυμα εγκατάστασης κλήσης στο τερματικό Β, την ίδια στιγμή που ο Β στέλνει ένα μήνυμα εγκατάστασης κλήσης στον Α.

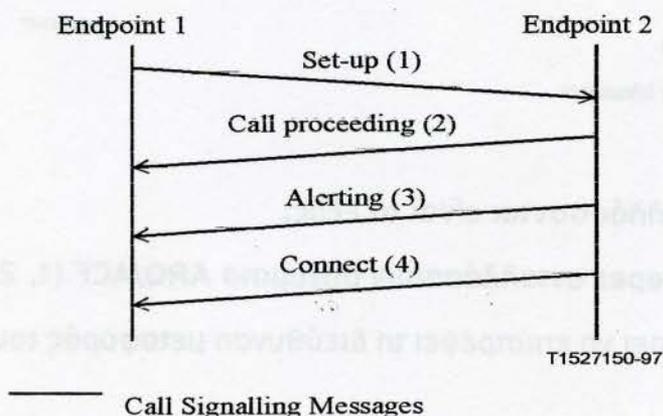
Ένα τερματικό πρέπει να είναι ικανό να στέλνει μηνύματα προειδοποίησης (alerting messages). Αυτό σημαίνει ότι το τερματικό που καλείται πρέπει να προειδοποιηθεί για την κλήση (σε περίπτωση δρομολόγησης μέσω gatekeeper, ο gatekeeper πρέπει να στείλει ένα μήνυμα προειδοποίησης όταν λαμβάνει μια ένδειξη κλήσης). Όταν κάποιο τερματικό στέλνει ένα μήνυμα εγκατάστασης, περιμένει να λάβει μήνυμα προειδοποίησης, σύνδεσης, συνέχισης κλήσης, ή απελευθέρωσης της κλήσης μέσα σε 4 δευτερόλεπτα (αν το τελικό σημείο μπορεί να απαντήσει σε κάποιο μήνυμα εγκατάστασης κλήσης με ένα μήνυμα σύνδεσης, εκτέλεσης ή απελευθέρωσης μέσα σε 4 δευτερόλεπτα, τότε δεν απαιτείται να στείλει μήνυμα προειδοποίησης). Το μήνυμα σύνδεσης πρέπει να σταλεί μόνο αν είναι σίγουρο ότι η ανταλλαγή δυνατοτήτων θα είναι επιτυχής.

Όταν εξετάσαμε το H.225 πρωτόκολλο αναφέραμε ότι υπάρχουν δύο τρόποι

δρομολόγησης κλήσης: απ' ευθείας δρομολόγηση και δρομολόγηση μέσω gatekeeper. Οι πιθανές ανταλλαγές στο H.323 μοντέλο κλήσης είναι πολλές, αλλά το απ' ευθείας δρομολογημένο και το δρομολογημένο μέσω gatekeeper μοντέλο έχουν πολλά κοινά στοιχεία. Θα εξετάσουμε παρακάτω διάφορα σενάρια εγκατάστασης κλήσης (με ή χωρίς GK).

1. Βασική εγκατάσταση κλήσης - Κανένα τερματικό δεν έχει καταχωρηθεί στο GK

Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα κανένα άκρο δεν έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper. Τα δυο τερματικά επικοινωνούν απευθείας.



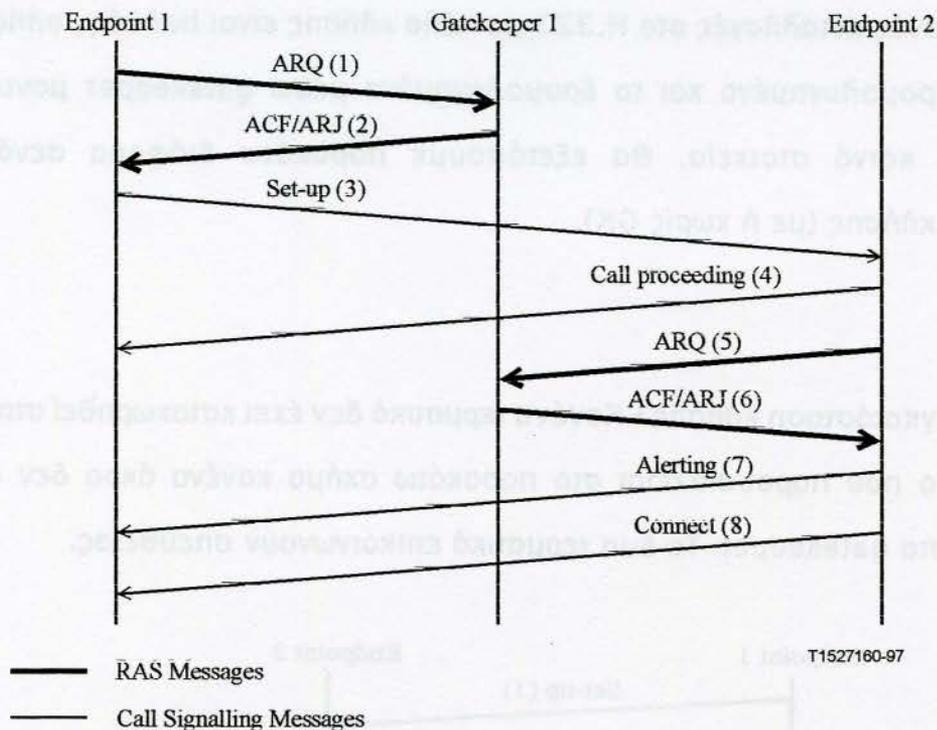
Σχήμα 28 - Βασική εγκατάσταση κλήσης, χωρίς gatekeepers

Το T1 στέλνει ένα μήνυμα εγκατάστασης στο T2, το οποίο απαντάει με ένα H.245 μήνυμα σύνδεσης, και η εγκατάσταση κλήσης ολοκληρώνεται.

2. Και τα δυο τελικά σημεία έχουν καταχωρηθεί στον ίδιο gatekeeper

α) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 29 και τα δυο τερματικά (T1 & T2) έχουν καταχωρηθεί στον ίδιο gatekeeper, ο οποίος έχει διαλέξει απευθείας δρομολόγηση.

Σχήμα 29 - Και τα δυο άκρα είναι καταχωρημένα στον ίδιο gatekeeper - απευθείας δρομολόγηση



Τα μηνύματα που ανταλλάσσονται είναι τα εξής:

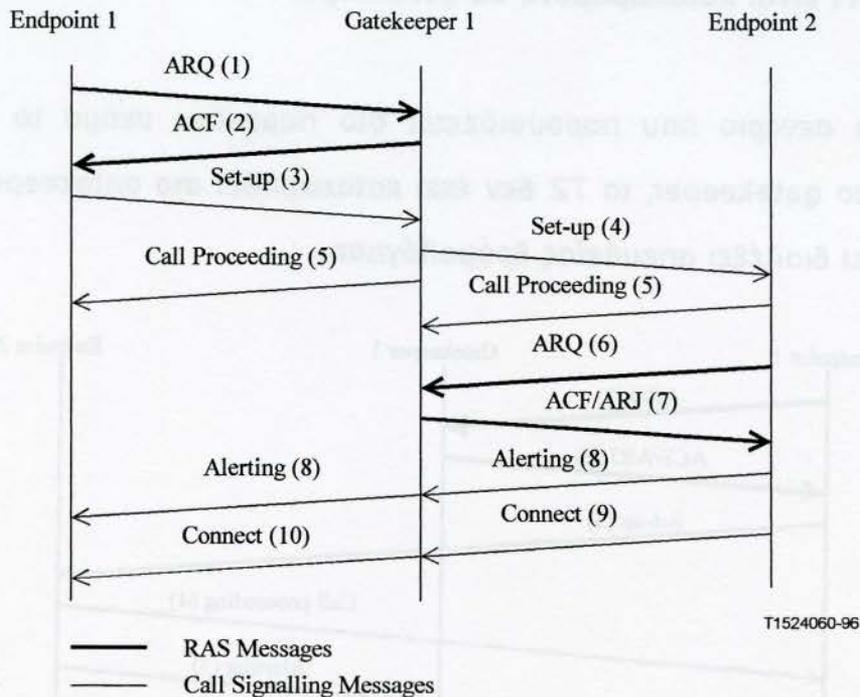
α) ● Το T1 και ο gatekeeper ανταλλάσσουν μηνύματα ARQ/ACF (1, 2). Στο ACF μήνυμα ο gatekeeper πρέπει να επιστρέψει τη διεύθυνση μεταφοράς του καναλιού έλεγχου του T2

● Το T1 στέλνει ένα Setup (3) μήνυμα στο T2 χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση που του επέστρεψε ο GK. Αν το T2 θέλει να δεχτεί την κλήση, τότε ανταλλάσσει ARQ/ACF (5, 6) μηνύματα με το gatekeeper. (Ο gatekeeper μπορεί να απαντήσει με ένα ARJ μήνυμα, και στην περίπτωση αυτή το T2 πρέπει να στείλει ένα μήνυμα απελευθέρωσης κλήσης στο T1)

● Το T2 στέλνει μήνυμα προειδοποίησης (7) στο T1

● Το T2 απαντάει με ένα Connect (8) μήνυμα, και ολοκληρώνεται η εγκατάσταση.

β) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα και τα δυο τερματικά έχουν καταχωρηθεί στον ίδιο gatekeeper, ο οποίος έχει αποφασίσει να δρομολογήσει την κλήση.



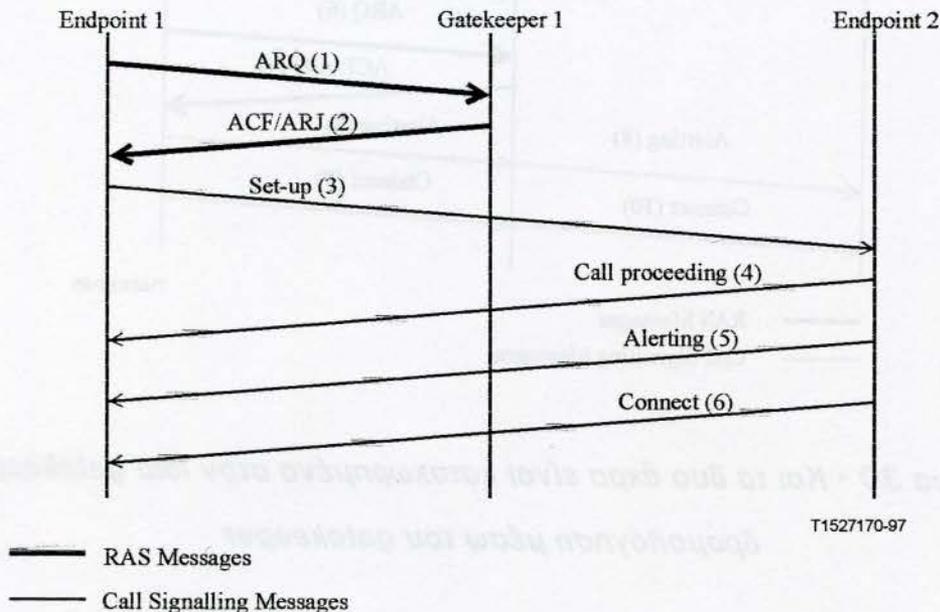
Σχήμα 30 - Και τα δυο άκρα είναι καταχωρημένα στον ίδιο gatekeeper - δρομολόγηση μέσω του gatekeeper

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

1. Το T1 ανταλλάσσει ARQ/ACF (1, 2) μηνύματα με το gatekeeper. Στο ACF μήνυμα ο gatekeeper πρέπει να επιστρέψει τη διεύθυνση μεταφοράς του δικού του καναλιού έλεγχου
2. Το T1 στέλνει ένα Setup (3) μήνυμα χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση που του επέστρεψε ο GK
3. Ο gatekeeper στέλνει ένα Setup (4) μήνυμα στο T2. Αν το T2 θέλει να δεχτεί την κλήση, τότε ανταλλάσσει ARQ/ACF (6, 7) μηνύματα με το gatekeeper. (Ο gatekeeper μπορεί να απαντήσει με ένα ARJ μήνυμα, και στην περίπτωση αυτή το T2 πρέπει να στείλει ένα μήνυμα απελευθέρωσης κλήσης στο T1)
4. Το T2 στέλνει μήνυμα προειδοποίησης (8) στο T1
5. Το T1 απαντάει στο GK με ένα Connect (9) μήνυμα το οποίο περιέχει τη διεύθυνση μεταφοράς του H.245 καναλιού
6. GK απαντάει στο T1 με ένα Connect (10) μήνυμα και η εγκατάσταση της κλήσης ολοκληρώνεται.

3. Μόνο το T1 είναι καταχωρημένο σε gatekeeper

α) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το T1 έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, το T2 δεν έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, και ο gatekeeper έχει διαλέξει απευθείας δρομολόγηση.

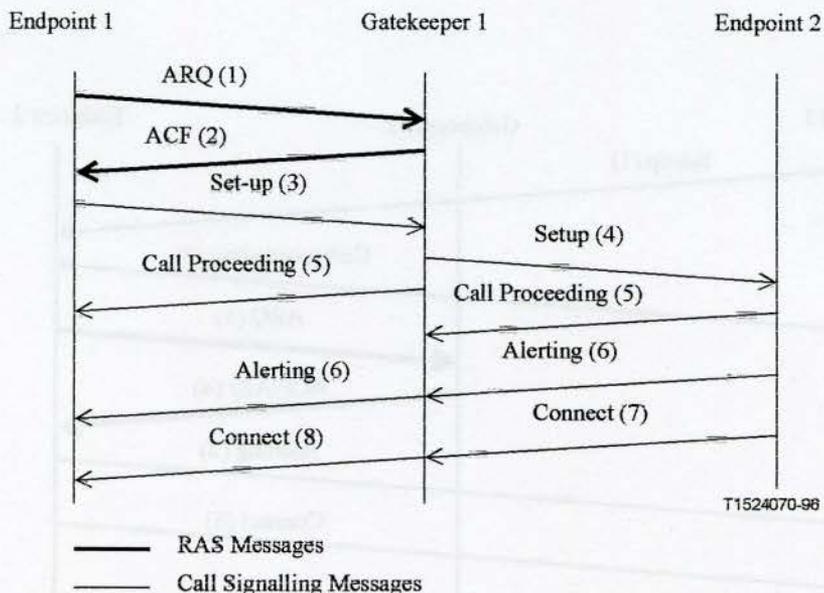


**Σχήμα 31 - Μόνο το άκρο που καλεί έχει καταγραφεί
- Απευθείας δρομολόγηση**

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

- Το T1 ανταλλάσσει ARQ/ACF (1, 2) μηνύματα με το gatekeeper
- Το T1 στέλνει ένα Setup (3) μήνυμα στο T2
- Το T2 στέλνει μήνυμα προειδοποίησης (5) στο T1
- Εάν το T2 επιθυμεί να δεχτεί την κλήση, τότε απαντάει με ένα Connect (6) μήνυμα, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η διεύθυνση μεταφοράς του H.245 καναλιού, το οποίο χρησιμοποιείται στην H.245 σηματοδότηση.

β) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το T1 έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, το T2 δεν έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, και ο gatekeeper έχει διαλέξει να δρομολογήσει την κλήση.



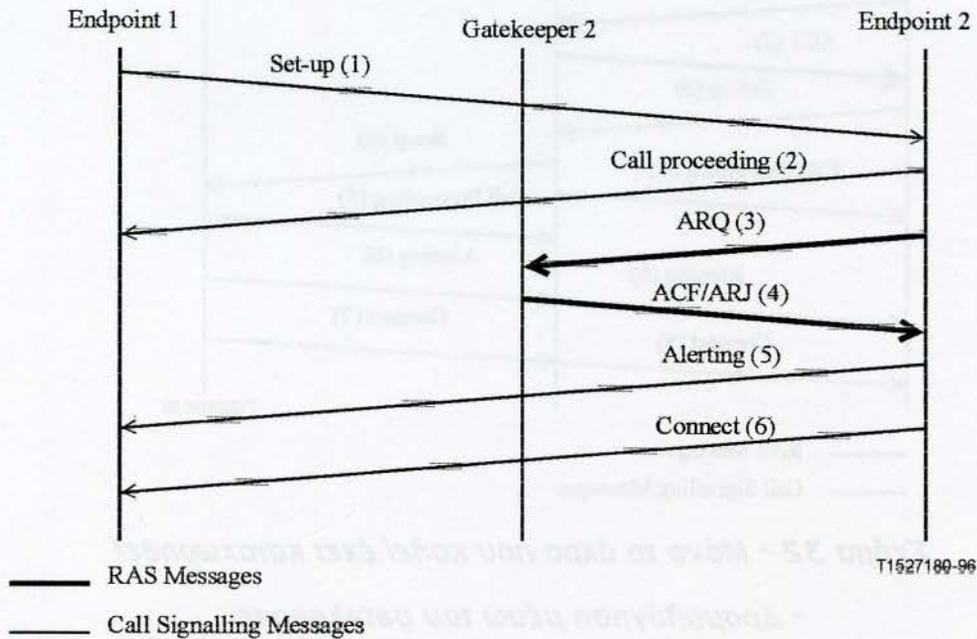
**Σχήμα 32 - Μόνο το άκρο που καλεί έχει καταχωρηθεί
- Δρομολόγηση μέσω του gatekeeper**

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

- Το T1 ανταλλάσσει ARQ/ACF (1, 2) μηνύματα με το gatekeeper. Στο ACF μήνυμα που στέλνει ο gatekeeper συμπεριλαμβάνεται και η δική του διεύθυνση μεταφοράς (την οποία χρησιμοποιεί στο κανάλι της σηματοδότησης)
- Το T1 στέλνει ένα Setup (3) μήνυμα χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση που του επέστρεψε ο GK
- Ο Gatekeeper στέλνει ένα Setup (4) μήνυμα στο T2
- Το T2 και ο GK στέλνουν μηνύματα προειδοποίησης (6)
- Εάν το T2 επιθυμεί να δεχτεί τη κλήση απαντάει με ένα Connect (7) μήνυμα, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η διεύθυνση μεταφοράς του καναλιού H.245.
- Ο gatekeeper στέλνει ένα Connect (8) μήνυμα στο T1 και η εγκατάσταση της κλήσης ολοκληρώνεται.

4. Μόνο το T2 έχει καταχωρηθεί σε gatekeeper.

- α) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το T1 δεν έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, το T2 έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, και ο gatekeeper έχει διαλέξει απευθείας δρομολόγηση.

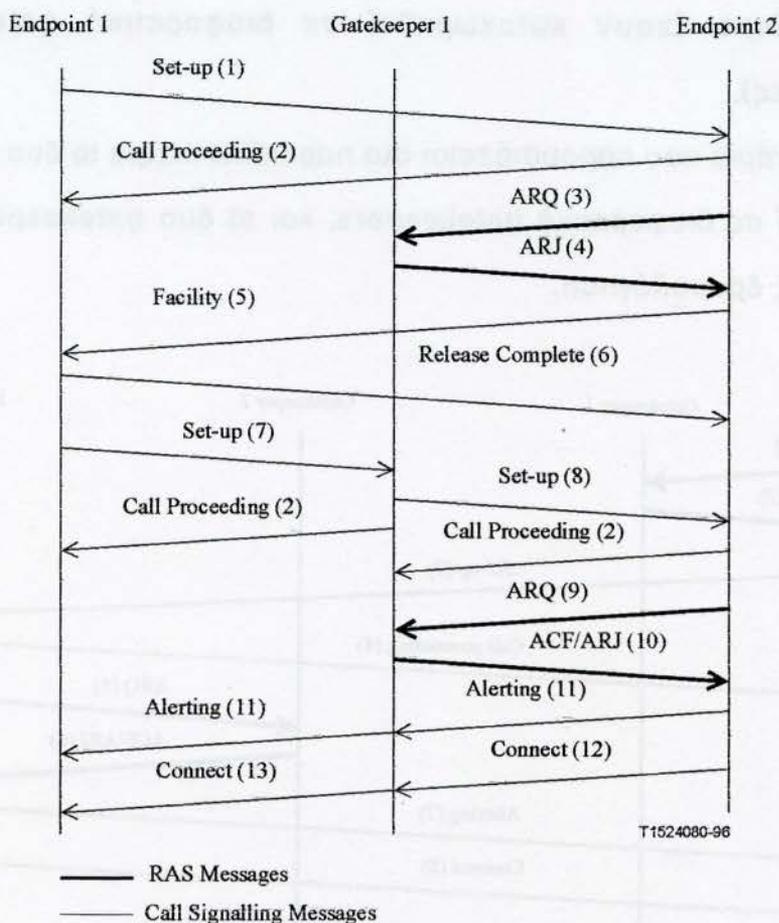


**Σχήμα 33 - Μόνο το άκρο που καλείται έχει καταχωρηθεί -
Απευθείας δρομολόγηση**

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

- Το T1 στέλνει ένα Setup (1) μήνυμα στο T2
- Εάν το T2 επιθυμεί να δεχτεί την κλήση, τότε ανταλλάσσει μηνύματα ARQ/ACF (3, 4) με το gatekeeper. (Ο gatekeeper μπορεί και να απαντήσει με ένα ARJ μήνυμα, οπότε το T2 πρέπει να στείλει ένα "Release Complete" μήνυμα στο T1)
- Το T2 στέλνει ένα μήνυμα προειδοποίησης (5)
- Το T2 απαντάει με ένα Connect (6) μήνυμα, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η διεύθυνση μεταφοράς που θα χρησιμοποιηθεί στην H.245 σηματοδοσία και η εγκατάσταση της κλήσης ολοκληρώνεται.

β) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το T1 δεν έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, το T2 έχει καταχωρηθεί στο gatekeeper, και ο gatekeeper έχει διαλέξει να δρομολογήσει την κλήση.



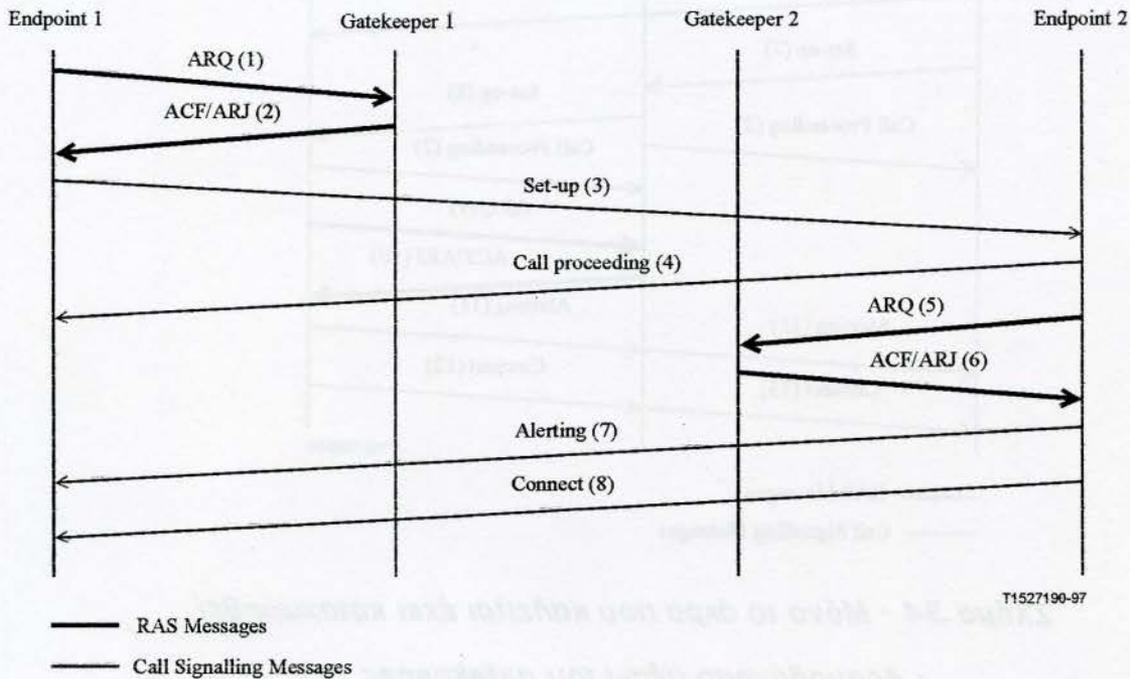
**Σχήμα 34 - Μόνο το άκρο που καλείται έχει καταχωρηθεί
- Δρομολόγηση μέσω του gatekeeper**

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

1. Το T1 στέλνει ένα Setup (1) μήνυμα στο T2
2. Εάν το T2 επιθυμεί να δεχτεί την κλήση, τότε ανταλλάσσει μηνύματα ARQ/ARJ (3, 4) με το gatekeeper
3. Το T2 απαντάει στο T1 με ένα Facility (5) μήνυμα, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η διεύθυνση μεταφοράς του δικού του gatekeeper
4. Το T1 στέλνει ένα Release Complete (6) μήνυμα στο T2
5. Το T1 στέλνει ένα Setup (7) μήνυμα στο gatekeeper
6. Ο gatekeeper στέλνει ένα Setup (8) μήνυμα στο T2
7. Το T2 ανταλλάσσει μηνύματα ARQ/ACF (9, 10) με το gatekeeper
8. Το T2 και ο GK στέλνουν μηνύματα προειδοποίησης (11)
9. Το T2 απαντάει με ένα Connect (12) μήνυμα στο GK
10. Ο gatekeeper στέλνει ένα Connect (13) μήνυμα στο T1 και η εγκατάσταση της κλήσης ολοκληρώνεται.

Και τα δυο άκρα έχουν καταχωρηθεί σε διαφορετικά gatekeepers (διαφορετικές ζώνες).

α) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα τα δυο τερματικά έχουν καταχωρηθεί σε διαφορετικά gatekeepers, και τα δυο gatekeepers έχουν επιλέξει απευθείας δρομολόγηση.

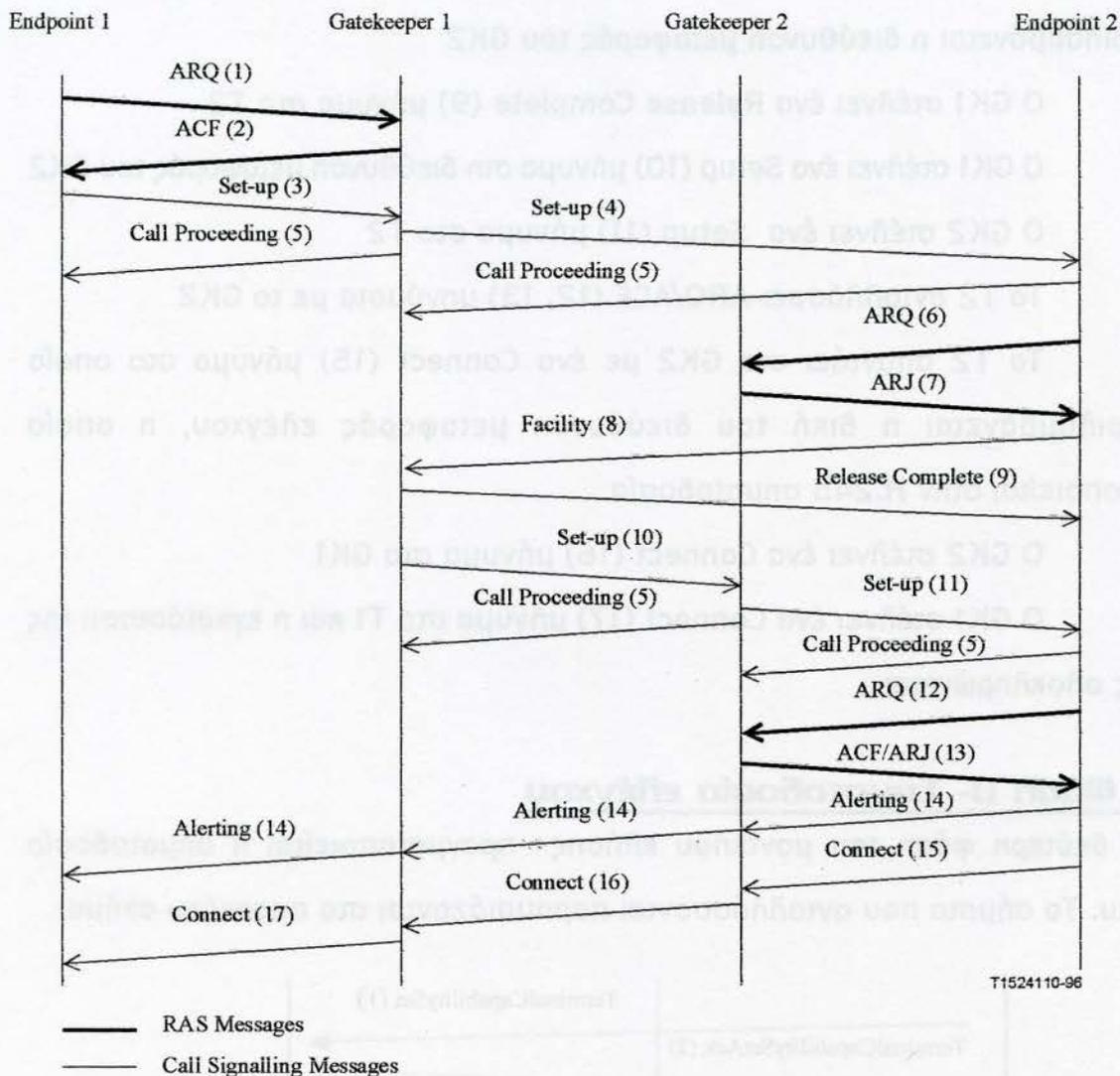


**Σχήμα 35 - Και τα δυο άκρα έχουν καταχωρηθεί
- Απευθείας δρομολόγηση**

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

1. Το T1 ανταλλάσσει ARQ/ACF (1, 2) μηνύματα με το gatekeeper1. Στο ACF μήνυμα ο gatekeeper1 μπορεί να επιστρέψει την διεύθυνση μεταφοράς του T2, σε περίπτωση που ο GK1 έχει επικοινωνία με τον GK2
2. Το T1 στέλνει ένα Setup (3) μήνυμα στο T2
3. Εάν το T2 επιθυμεί να δεχτεί την κλήση, τότε ανταλλάσσει μηνύματα ARQ/ACF (5, 6) με το GK2
4. Το T2 απαντά με ένα Connect (8) μήνυμα, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η διεύθυνση μεταφοράς του H.245 καναλιού και η εγκατάσταση της κλήσης ολοκληρώνεται.

β) Στο σενάριο που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα τα δυο τερματικά έχουν καταχωρηθεί σε διαφορετικά gatekeepers, και τα δυο gatekeepers έχουν επιλέξει να δρομολογήσουν την κλήση.



**Σχήμα 36 - Και τα δυο άκρα έχουν καταχωρηθεί
 - Δρομολόγηση μέσω του gatekeeper.**

Η εγκατάσταση της κλήσης γίνεται ως εξής:

1. Το T1 ανταλλάσσει ARQ/ACF (1, 2) μηνύματα με το GK1. Στο ACF μήνυμα ο GK1 θα επιστρέψει τη δική του διεύθυνση μεταφοράς.
2. Το T1 στέλνει ένα Setup (3) μήνυμα στη διεύθυνση που του επέστρεψε ο GK1
3. Ο GK1 στέλνει ένα Setup (4) μήνυμα στη διεύθυνση μεταφοράς του

T2. Εάν το επιθυμεί να δεχτεί την κλήση, τότε ανταλλάσσει ARQ/ARJ (6, 7) μηνύματα με το GK2. Στο ARJ ο GK2 συμπεριλαμβάνει τη δική του διεύθυνση μεταφοράς

4. Το T2 απαντάει στο GK1 με ένα Facility (8) μήνυμα στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η διεύθυνση μεταφοράς του GK2

5. Ο GK1 στέλνει ένα Release Complete (9) μήνυμα στο T2

6. Ο GK1 στέλνει ένα Setup (10) μήνυμα στη διεύθυνση μεταφοράς του GK2

7. Ο GK2 στέλνει ένα Setup (11) μήνυμα στο T2

8. Το T2 ανταλλάσσει ARQ/ACF (12, 13) μηνύματα με το GK2

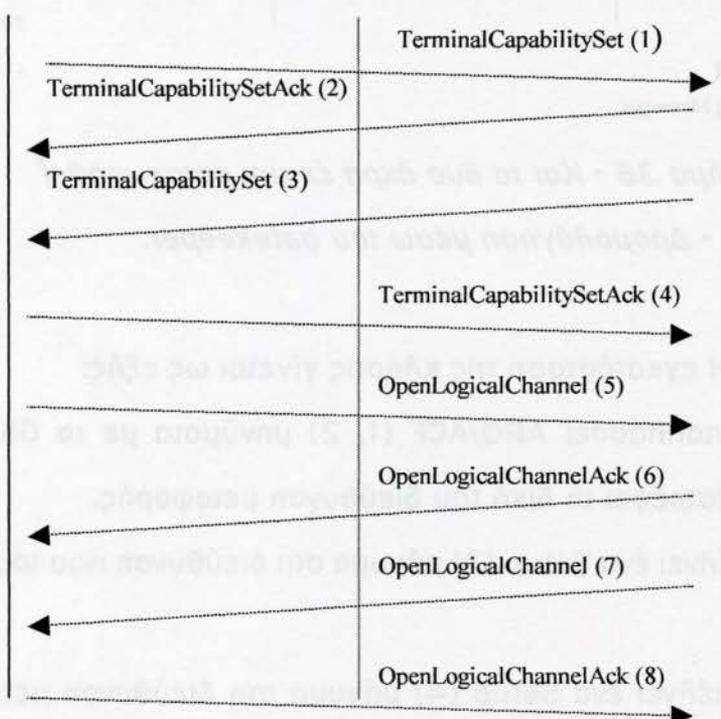
9. Το T2 απαντάει στο GK2 με ένα Connect (15) μήνυμα στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η δική του διεύθυνση μεταφοράς ελέγχου, η οποία χρησιμοποιείται στην H.245 σηματοδοσία

10. Ο GK2 στέλνει ένα Connect (16) μήνυμα στο GK1

11. Ο GK1 στέλνει ένα Connect (17) μήνυμα στο T1 και η εγκατάσταση της κλήσης ολοκληρώνεται.

4.6.2 Φάση Β- Σηματοδοσία ελέγχου

Στη δεύτερη φάση του μοντέλου κλήσης πραγματοποιείται η σηματοδοσία ελέγχου. Τα σήματα που ανταλλάσσονται παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



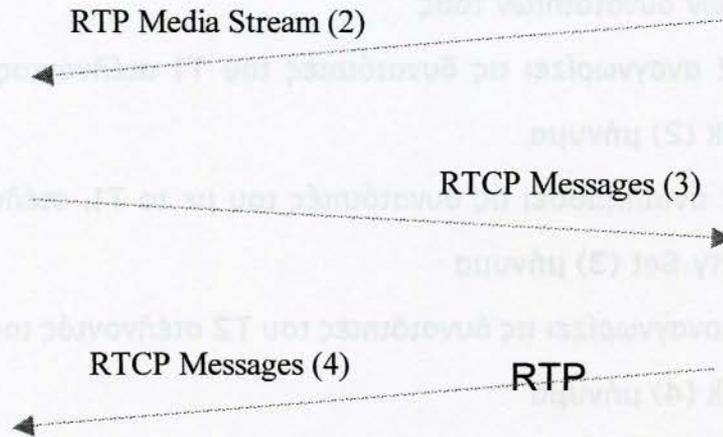
1. Το H.245 κανάλι ελέγχου έχει αποκατασταθεί μεταξύ των T1 και T2. Το T1 στέλνει ένα Terminal Capability Set (1) μήνυμα στο T2 για την διαπραγμάτευση των δυνατοτήτων τους
2. Το T2 αναγνωρίζει τις δυνατότητες του T1 στέλνοντας ένα Terminal Capability Set Ack (2) μήνυμα
3. Το T2 ανταλλάσσει τις δυνατότητές του με το T1, στέλνοντάς του ένα Terminal Capability Set (3) μήνυμα
4. Το T1 αναγνωρίζει τις δυνατότητες του T2 στέλνοντάς του ένα Terminal Capability Set Ack (4) μήνυμα
5. Το T1 ανοίγει ένα κανάλι δεδομένων με το T2 στέλνοντάς του Open Logical Channel (5) μήνυμα. Η διεύθυνση του RTCP καναλιού συμπεριλαμβάνεται σε αυτό το μήνυμα
6. Το T2 αναγνωρίζει την αποκατάσταση του λογικού καναλιού από το T1 στο T2 στέλνοντάς του ένα Open Logical Channel Ack (6) μήνυμα. Σε αυτό το μήνυμα αναγνώρισης συμπεριλαμβάνονται και οι RTP διευθύνσεις που θα χρησιμοποιήσει το T1 για την αποστολή δεδομένων και η RTCP διεύθυνση την οποία έλαβε νωρίτερα
7. Το T2 ανοίγει ένα κανάλι δεδομένων με το T1 στέλνοντάς του ένα Open Logical Channel (7) μήνυμα. Η διεύθυνση του RTCP καναλιού συμπεριλαμβάνεται σε αυτό το μήνυμα
8. Το T1 αναγνωρίζει την αποκατάσταση του λογικού καναλιού από το T1 στο T2 στέλνοντάς του ένα Open Logical Channel Ack (8) μήνυμα. Σε αυτό το μήνυμα αναγνώρισης συμπεριλαμβάνονται οι RTP διευθύνσεις που θα χρησιμοποιήσει το T2 για την αποστολή δεδομένων και η RTCP διεύθυνση την οποία έλαβε νωρίτερα.

Έτσι το διπλής κατεύθυνσης κανάλι έχει αποκατασταθεί.

4.6.3 Φάση Γ- Μεταφορά Πληροφορίας

Στη φάση αυτή πραγματοποιείται η μεταφορά πληροφορίας. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία αυτή.

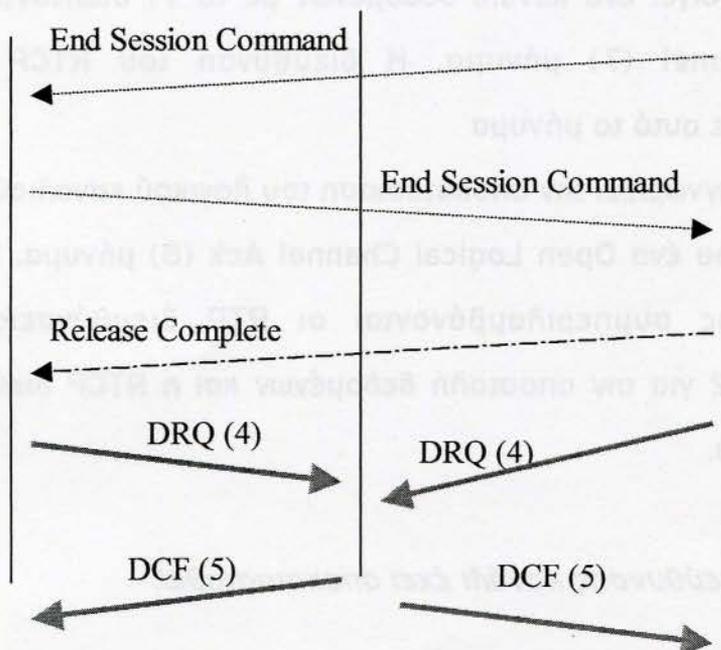
Σχήμα 38



1. Το T1 στέλνει την RTP encapsulated πληροφορία στο T2.
2. Το T2 στέλνει την RTP encapsulated πληροφορία στο T1.
3. Το T1 στέλνει RTCP μηνύματα στο T2.
4. Το T2 στέλνει RTCP μηνύματα στο T1.

4.6.4 Φάση Δ - Τερματισμός της Κλήσης

Στην τελευταία φάση γίνεται ο τερματισμός της κλήσης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:





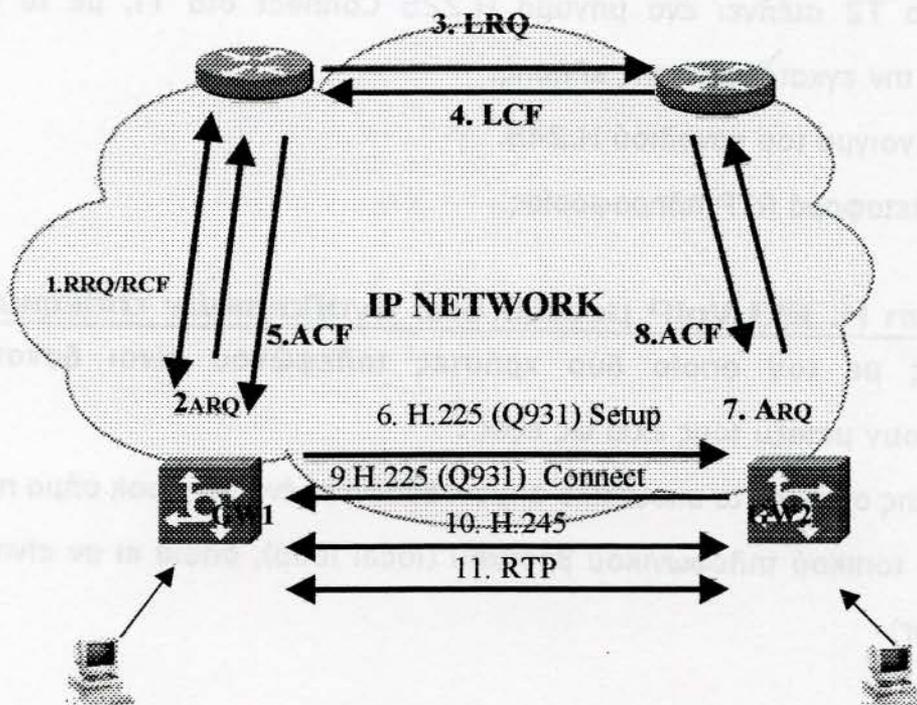
H.225 Σηματοδοσία
RAS Μήνυμα
H.245 Μήνυμα

Σχήμα 39

1. Το T2 ξεκινάει την απελευθέρωση της κλήσης. Στέλνει ένα End Session Command (1) μήνυμα στο T1
2. Το T1 απελευθερώνει τη κλήση και επιβεβαιώνει την απελευθέρωση στέλνοντας ένα End Session Command (2) μήνυμα στο T2
3. Το T2 αποτελειώνει την απελευθέρωση της κλήσης στέλνοντας ένα Release Complete (3) μήνυμα στο T1
4. Τα T1 και T2 αποσυνδέονται από το Gatekeeper, στέλνοντας του RAS DRQ μηνύματα
5. Ο Gatekeeper απαηλάσσει τα T1 και T2 και το επιβεβαιώνει στέλνοντας τους DCF μηνύματα.

Οι φάσεις μιας H.323 κλήσης

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται συνοπτικά και οι Φάσεις μιας H.323 κλήσης. Το T1 καταχωρημένο στο GK1 ξεκινά μια κλήση με το T2 καταχωρημένο στο GK 2.



Τα μηνύματα που ανταλλάσσονται είναι τα εξής:

1. Το T1 ανταλλάσσει μηνύματα RRQ/RCF (Registration Request/Registration Confirm) με τον GK1, για να ολοκληρωθεί η καταχώρηση του στον GK1.
2. Το T1 στέλνει ένα μήνυμα ARQ (Admission Control) στον GK1, με το οποίο δηλώνει ότι θέλει να επικοινωνήσει με το T2.
3. Ο GK1 στέλνει ένα μήνυμα LRQ (Location Request) στον GK2, με το οποίο ζητάει την διεύθυνση IP του T2.
4. Ο GK2 απαντάει με ένα μήνυμα LCF (Location Confirm), στο οποίο επιστρέφει την διεύθυνση του T2.
5. Ο GK1 στέλνει ένα μήνυμα ACF (Admission Confirm) στο T1, με το οποίο επιβεβαιώνει ότι το T1 μπορεί να επικοινωνήσει με το T2 και επιστρέφει την διεύθυνση IP του T2.
6. Το T1 στέλνει ένα μήνυμα H.225 (Q.931 Setup) στο T2, με το οποίο ζητά την εγκατάσταση της κλήσης.
7. Το T2 στέλνει ένα μήνυμα ARQ (Admission Control) στον GK2, με το οποίο δηλώνει ότι θέλει να επικοινωνήσει με το T1.
8. Ο GK2 στέλνει ένα μήνυμα ACF (Admission Confirm) T2, με το οποίο επιβεβαιώνει ότι μπορεί να επικοινωνήσει με το T1.
9. Το T2 στέλνει ένα μήνυμα H.225 Connect στο T1, με το οποίο επιβεβαιώνει την εγκατάσταση της κλήσης.
10. Ανοιγμα του καναλιού H.245.
11. Μεταφορά RTP πληροφορίας.

4.6.5 Κλήση H.323 VoIP μεταξύ δύο αναλογικών τηλεφώνων

Ο τρόπος με τον οποίο δύο χρήστες τηλεφώνου είναι δυνατό να επικοινωνήσουν μεταξύ τους έχει ως εξής :

- Ο χρήστης σηκώνει το ακουστικό σηματοδοτώντας ένα off-hook σήμα προς τη συσκευή του τοπικού τηλεφωνικού βρόγχου (local loop), όποια κι αν είναι αυτή (PBX ή router)

- Το session που ανοίγεται, αποδίδει dial tone και περιμένει από το χρήστη να επιλέξει τον επιθυμητό αριθμό
- Ο χρήστης επιλέγει τον αριθμό τον οποίο λαμβάνει η τηλεφωνική ενεργή συσκευή του local loop
- Γίνεται η δρομολόγηση μέσω Gateway και Gatekeeper
- Ο αριθμός αντιστοιχίζεται σε ένα IP σταθμό ή H.323 συσκευή, ο οποίος απευθύνει την κλήση κατευθείαν ή διαμέσου του PBX στο σταθμό αποστολής
- Αν το τηλέφωνο είναι αναλογικό βρίσκει το Gateway ο οποίος βγάζει στο PSTN και του δίνει με κατάλληλες εντολές τον αριθμό που θα καλέσει εκτός του IP δικτύου, στο PSTN δίκτυο.
- Στη συνέχεια το Gateway βγαίνει σε IP δίκτυο άλλης εταιρείας .
- Το H.323 χρησιμοποιείται πλέον για να εγκαταστήσει ένα κανάλι αποστολής και ένα λήψης πάνω από το IP
- Ενεργοποιούνται οι coders και στις δύο πλευρές, και αρχίζει η μεταφορά των πακέτων με χρήση της RTP/TCP/UDP στοίβας
- Η συνομιλία τελειώνει και οι δύο πλευρές περιμένουν για νέα επαφή

4.7 Κύρια οφέλη που αποκομίζονται από τη χρήση του H.323

1. Ενιαία πρότυπα για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση.

Το H.323 εγκαθιστά πρότυπα για συμπίεση και αποσυμπίεση πακέτων φωνής και βίντεο, εξασφαλίζοντας ότι τα προϊόντα διαφόρων προμηθευτών θα έχουν την ίδια υποστήριξη.

2. Διαλειτουργικότητα.

Οι χρήστες μπορούν να επικοινωνήσουν χωρίς να ανησυχούν για την συμβατότητα του παραλήπτη. Το H.323 εξασφαλίζει ότι ο παραλήπτης μπορεί να αποσυμπιέσει τα δεδομένα, και επίσης, το H.323 δίνει στον παραλήπτη την δυνατότητα της διαπραγμάτευσης με τον αποστολέα (to communicate capabilities to the sender).

3. Ανεξάρτητο από τον τύπο δικτύου.

Το H.323 είναι σχεδιασμένο να τρέχει πάνω IP. Όσο η τεχνολογία δικτύων και οι τεχνικές διαχείρισης του εύρους ζώνης εξελίσσονται, τόσο οι λύσεις που βασίζονται στο H.323 πρότυπο θα εκμεταλλεύονται τις εμπλουτισμένες δυνατότητες.

4. Ανεξάρτητο από πλατφόρμες και εφαρμογές.

Το H.323 δεν δεσμεύει κάποιο συγκεκριμένο υλικό ή λειτουργικό σύστημα. Οι πλατφόρμες του H.323 είναι διαθέσιμες σε διάφορα μεγέθη και μορφές, που συμπεριλαμβάνουν Προσωπικούς Υπολογιστές, αφιερωμένες πλατφόρμες, IP-enabled τηλεφωνικές συσκευές καλωδιακή τηλεόραση και αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές.

5. Υποστήριξη επικοινωνίας πολλαπλών σημείων (multipoint).

Το H.323 υποστηρίζει διασκέψεις μεταξύ τριών οι περισσότερων σημείων χωρίς την απαραίτητη ύπαρξη εξειδικευμένου MCU, αλλά το MCU προσφέρει μια αποτελεσματικότερη και ισχυρότερη αρχιτεκτονική για διασκέψεις πολλαπλών σημείων.

6. Διαχείριση εύρους ζώνης.

Τα πακέτα φωνής και βίντεο χρειάζονται μεγάλο εύρος ζώνης, προκαλώντας την υπερφόρτωση του δικτύου. Το H.323 διαχειρίζεται το θέμα αυτό, προσφέροντας διαχείριση του εύρους ζώνης. Οι διαχειριστές δικτύων μπορούν να περιορίσουν τις ταυτόχρονες H.323 συνδέσεις στο δίκτυο, ή το διαθέσιμο εύρος ζώνης για κάθε H.323 εφαρμογή. Οι περιορισμοί αυτοί εξασφαλίζουν ότι η κρίσιμη ροή πληροφοριών δεν θα διασπαστεί.

7. Υποστήριξη επιλεκτικής πολλαπλής εκπομπής (multicast).

Το H.323 υποστηρίζει την επιλεκτική πολλαπλή εκπομπή σε διασκέψεις πολλαπλών σημείων. Στην πολλαπλή επιλεκτική εκπομπή (multicast) το πακέτο δεδομένων έχει σαν προορισμό ένα υποσύνολο στο δίκτυο (χωρίς αντιγραφή), στο unicast το πακέτο έχει ένα μοναδικό προορισμό, ενώ στην πολλαπλή εκπομπή (broadcast) το πακέτο απευθύνεται σε όλο το δίκτυο. Στο unicast και στο broadcast δεν γίνεται αποτελεσματική χρήση του δικτύου, επειδή τα πακέτα

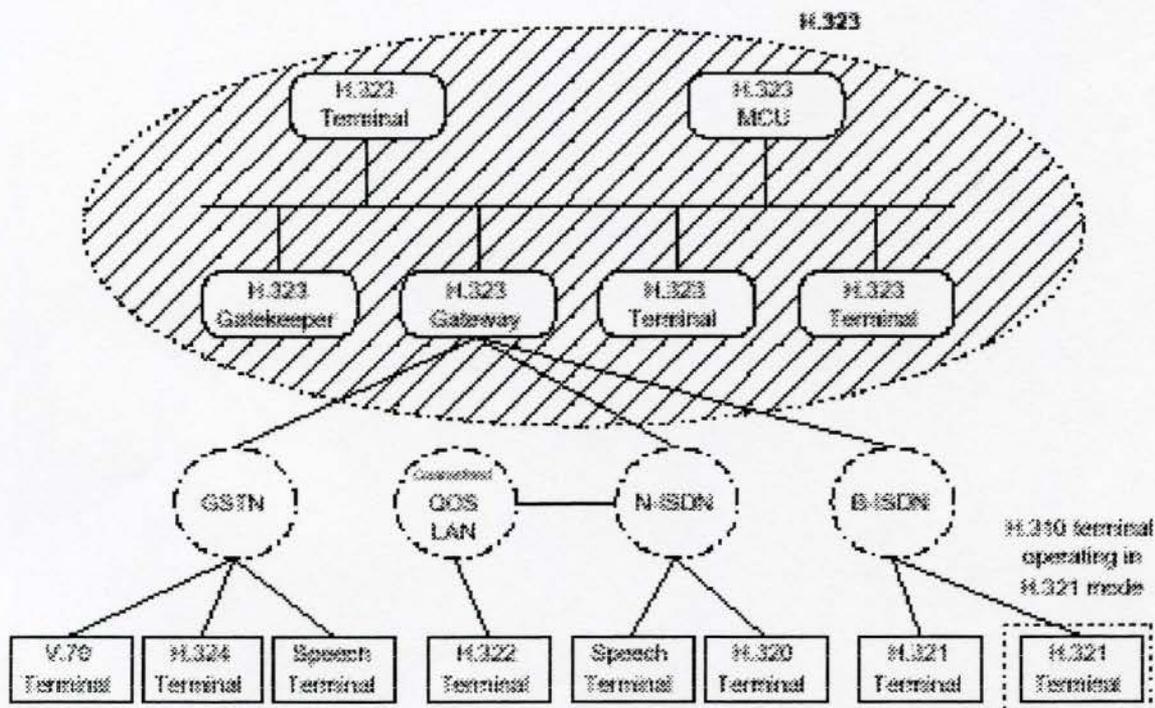
αντιγράφονται στο πέρασμα τους στο δίκτυο (replicated). Στην πολλαπλή επιλεκτική εκπομπή (multicast), γίνεται καλύτερη χρήση του bandwidth, επειδή όλοι οι σταθμοί που ανήκουν στην ομάδα επιλεκτικής εκπομπής διαβάζουν το ίδιο πακέτο, χωρίς αντιγραφές.

8. Ευελιξία

Μια H.323 διάσκεψη μπορεί να συμπεριλαμβάνει τελικούς σταθμούς (endpoints) με διαφορετικές ικανότητες. Π.χ. ένας σταθμός με δυνατότητες φωνής μόνο, μπορεί να επικοινωνήσει με κάποιο άλλο σταθμό με δυνατότητες βίντεο ή/και δεδομένων. Επιπλέον ένας σταθμός πολυμέσων H.323 μπορεί να διαμοιράσει το τμήμα των δεδομένων μιας διάσκεψης με ένα απλό τερματικό, ενώ διαμοιράζει ταυτόχρονα φωνή, βίντεο και δεδομένα με κάποιο άλλο H.323 τερματικό.

9. Διαδικτυακή τηλεδιάσκεψη.

Πολλοί χρήστες τοπικών δικτύων θέλουν να επικοινωνήσουν με άλλα απομακρυσμένα σημεία. Το H.323 χρησιμοποιεί κοινές τεχνολογίες συμπίεσης-αποσυμπίεσης από διαφορετικά πρότυπα τηλεδιάσκεψης για να ελαχιστοποιήσει την καθυστέρηση και να προσφέρει την βέλτιστη απόδοση.



5. κεφάλαιο

CASE STUDY

- 5.1. Περιγραφή Σεναρίου
- 5.2. Υλοποίηση του Voice Over IP - Πρωτόκολλο μεταφοράς φωνής / video
- 5.3. Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική
- 5.4. Σύνδεση του Gateway με τα Τηλεφωνικά Κέντρα
- 5.5. Παρατηρήσεις
- 5.6. QoS
- 5.7. Configurations
- 5.8. Άλλες Τεχνολογίες
- 5.9. Επίλογος

5. Case study

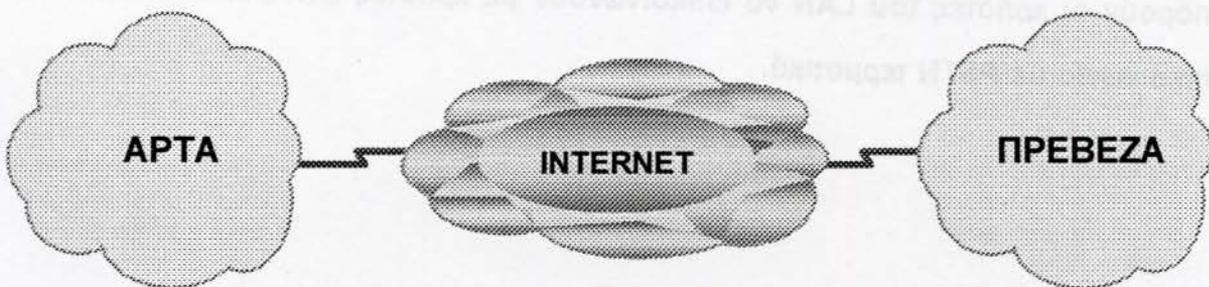
5.1 Περιγραφή Σεναρίου

Στο σενάριο, το οποίο και υλοποιείται, εξετάζονται οι ανάγκες ενός ιδρύματος όπως το ΤΕΙ Ηπείρου με διασκορπισμένα κτήρια στην ίδια πόλη (π.χ. Άρτα) αλλά και διαφορετικές πόλεις (Πρέβεζα, Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Πάτρα).

Ας υποθέσουμε ότι κάποιο τμήμα του ΤΕΙ της Άρτας θέλει να επικοινωνήσει με κάποιο τμήμα της Πρέβεζας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι ανάγκες του ιδρύματος απαιτούν συνεχή ανταλλαγή δεδομένων. Επίσης, υπάρχει ανάγκη για συχνή τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων. Η ιδανική πρόταση είναι η υλοποίηση ενός ενοποιημένου δικτύου φωνής και δεδομένων, το οποίο συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματα που έχουμε ήδη περιγράψει.

Στο ενοποιημένο δίκτυο, για τη μεταφορά φωνής, η υλοποίηση της τεχνολογίας Voice over IP είναι η ενδεδειγμένη. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες είναι ο συνδυασμός Κόστος - Ποιότητα. Επίσης, παρέχονται πολλές δυνατότητες από τον εξοπλισμό για τη διασφάλιση της ποιότητας της υπηρεσίας (τόσο για τις real-time εφαρμογές, όσο και για τα data) ενώ οι δυνατότητες επεκτασιμότητας είναι μεγάλες.

Σκοπός της εργασίας είναι η πραγματοποίηση κλήσεων μεταξύ των δυο τμημάτων, χρησιμοποιώντας το δίκτυο IP (Internet), και όχι το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο PSTN.



Σχήμα 1

5.2. Υλοποίηση του Voice Over IP

- Πρωτόκολλο μεταφοράς φωνής / video

Θεωρούμε ότι η σύσταση H.323 της ITU αποτελεί την πιο ολοκληρωμένη προσπάθεια προτυποποίησης συστημάτων μετάδοσης φωνής πάνω από TCP/IP. Σήμερα οι περισσότερες εταιρίες ανάπτυξης συστημάτων Voice over IP δηλώνουν ότι θα υποστηρίξουν τη σύσταση H.323 σε μελλοντικές εκδόσεις των προϊόντων τους και ότι αυτή τη στιγμή βρίσκονται στη διαδικασία πραγματοποίησης δοκιμών επικοινωνίας των συστημάτων τους με συστήματα άλλων εταιριών.

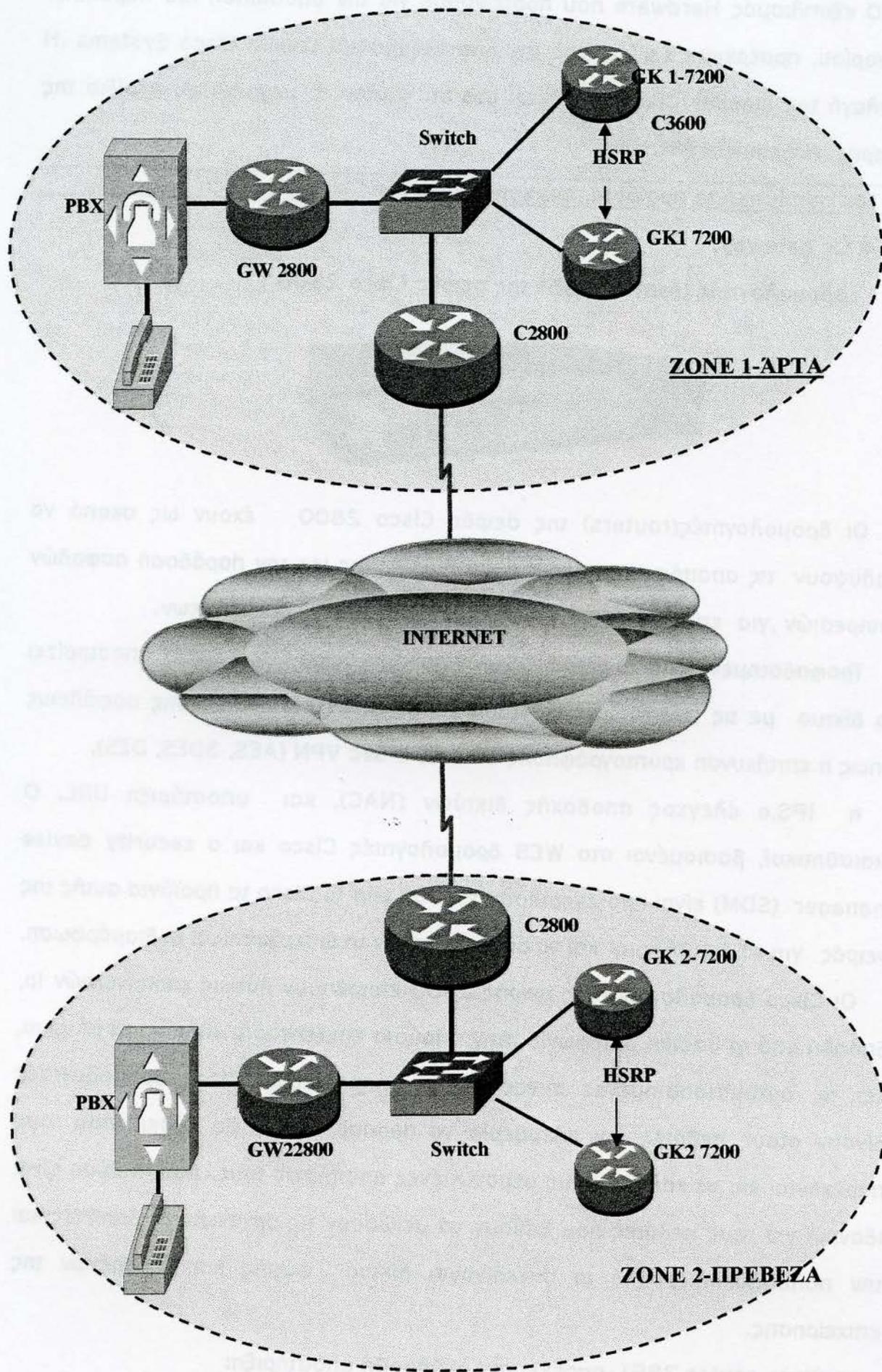
Επίσης, με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι δυνατή η καλύτερη διαχείριση του φόρτου του δικτύου σε συνδυασμό πάντα με τις QoS δυνατότητες (RTP, RSVP κλπ) που δίνονται από τον κατασκευαστή του εκάστοτε εξοπλισμού.

Τα απαραίτητα στοιχεία για την υλοποίηση του VoIP στα πλαίσια του H.323, είναι τα εξής:

- **Τερματικά:** Εξοπλισμός (προσωπικοί υπολογιστές με δυνατότητες πολυμέσων, τηλεφωνικές αναλογικές συσκευές) που χρησιμοποιείται από τους χρήστες για τη μεταξύ τους επικοινωνία.
- **Gatekeepers:** Σταθμοί που διαχειρίζονται και ελέγχουν την δικτυακή κίνηση του conferencing.
- **Gateways:** Σταθμοί που κάνουν μετάφραση πρωτοκόλλων έτσι ώστε να μπορούν οι χρήστες του LAN να επικοινωνούν με χρήστες εκτός LAN όπως π.χ. επικοινωνία με PSTN τερματικά.

5.3. Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική είναι δύο τοπικά δίκτυα LAN που επικοινωνούν με routers μέσω του internet:

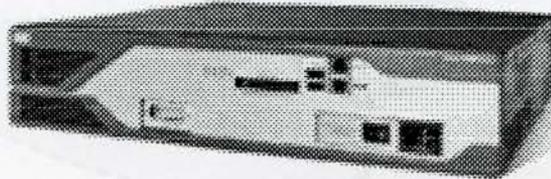


Ο εξοπλισμός Hardware που προτείνουμε για την υλοποίηση του παραπάνω σεναρίου, προέρχεται κυρίως από την κατασκευάστρια εταιρία Cisco Systems .Η επιλογή της εταιρίας Cisco οφείλεται στο ότι κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς παγκοσμίως(80%) .

Πιο αναλυτικά τα προϊόντα που χρησιμοποιούμε είναι τα εξής:

● Ως gateway:

- Δρομολογητής (router) 2851 της σειράς Cisco 2800



Οι δρομολογητές(routers) της σειράς Cisco 2800 έχουν ως σκοπό να καλύψουν τις απαιτήσεις απόδοσης και πυκνότητας για την παράδοση ασφαλών υπηρεσιών ,για επιχειρήσεις ή γραφεία μικρομεσαίων επιχειρήσεων.

Τροφοδοτημένο από το Cisco IOS λογισμικό, η σειρά Cisco 2800 υποστηρίζει το δίκτυο με τις προηγμένες ικανότητες υπηρεσιών και διαχείρισης ασφάλειας όπως η επιτάχυνση κρυπτογράφησης υλικού, IPSec VPN (AES, 3DES, DES),

η IPS,ο έλεγχος αποδοχής δικτύων (NAC), και υποστήριξη URL. Ο δισαιθητικός, βασισμένοι στο WEB δρομολογητές Cisco και ο security devise manager (SDM) είναι προ-εγκατεστημένοι σε όλα τα Cisco τα προϊόντα αυτής της σειράς για να βοηθήσουν και να απλοποιήσουν τη διαχείριση και τη διαμόρφωση.

Οι Cisco δρομολογητές της σειράς 2800 επιτρέπουν λύσεις επικοινωνιών Ip, δηλαδή από τη βασική τηλεφωνία στην πλούσια επεξεργασία κλήσης, το μήνυμα, και τις αυτοματοποιημένες συνοδευτικές υπηρεσίες.Οι Cisco δρομολογητές δίνουν στους πελάτες την ελευθερία να προσαρμόσουν τις λύσεις που τους παρέχονται για να καλύψουν τις μεμονωμένες απαιτήσεις τους. Αυτή η λύση είναι ιδανική για τους πελάτες που θέλουν να μειώσουν τις οργανωτικές δαπάνες και την πολυπλοκότητα από τα συγκλίνοντα δίκτυα φωνής και δεδομένων της επιχείρησης.

ο Cisco router 2851 παρέχει την ακόλουθη υποστήριξη:

- Απόδοση καλώδιου-ταχύτητας για τις ταυτόχρονες υπηρεσίες όπως ασφάλεια και η φωνή, και προηγμένες υπηρεσίες στα T1/E1/xDSL Ενισχυμένη προστασία επένδυσης μέσω της αυξανόμενης απόδοσης

- Ενισχυμένη προστασία επένδυσης μέσω του αυξανόμενου διαμορφώσιμου

- Υποστήριξη AIMS, NMs, WICs, VWICs, και VICs

- Δύο ενσωματωμένες 10/100/1000 Ethernet πόρτες

- Προαιρετική υποστήριξη switching πάνω σε Ethernet (PoE) (ως επιλογή) και υποστήριξη του μοντέλου etherswitc

- Ασφάλεια

- Κρυπτογράφηση

- Υποστήριξη μέχρι 1500 σπράγγων VPN

- Υποστήριξη του ελέγχου αποδοχής δικτύων (NAC)

- Cisco ios firewall και άλλες υπηρεσίες ασφάλειας.

- Φωνή

- Αναλογική και ψηφιακή υποστήριξη κλήσης φωνής

- Προαιρετική υποστήριξη φωνητικού ταχυδρομείου

- Προαιρετική υποστήριξη για Cisco CallManager* για την επεξεργασία τοπικών κλήσεων μέχρι και 72 τηλέφωνα IP .

- Προαιρετική υποστήριξη απομακρυσμένης υποστήριξης τηλεφωνίας για την επεξεργασία τοπικής κλήσης στα μικρά γραφεία

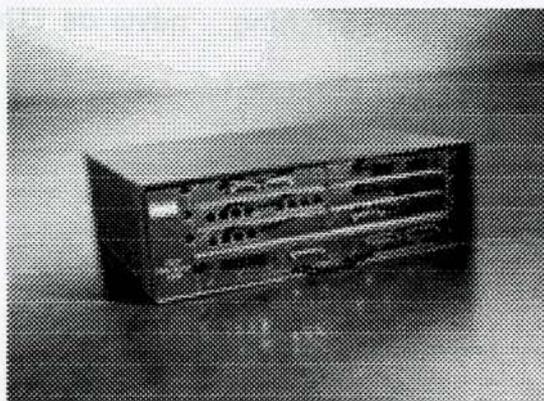
***Cisco CallManager :**

Το Cisco CallManager είναι βασισμένο στο λογισμικό call-processing component της τηλεφωνίας Cisco IP. Είναι μέρος του Cisco AVVID (αρχιτεκτονική για το Voice, Video και Integrated Data). Το λογισμικό επεκτείνει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της επιχειρηματικής τηλεφωνίας και λειτουργεί στις συσκευές δικτύων τηλεφωνίας πακέτων ,όπως τα τηλέφωνα IP, μέσα που επεξεργάζονται τις συσκευές, VoIP , και εφαρμογές πολυμέσων. Τα πρόσθετα στοιχεία, η φωνή, και οι Video υπηρεσίες όπως το ενοποιημένο μήνυμα, η σύσκεψη πολυμέσων, τα συνεργάσιμα κέντρα επαφών, και τα διαλογικά συστήματα απάντησης πολυμέσων(

interactive multimedia response systems) ,αλληλεπιδρούν με τη τηλεφωνία IP, μέσω της ανοικτής διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογής τηλεφωνίας, Cisco CallManager`s (API). Το Cisco CallManager εγκαθίσταται στον κεντρικό υπολογιστή σύγκλισης MEDIA Cisco (MC).

Ως gatekeeper:

- Δρομορογιτής(router) της σειράς 7200



Δρομορογιτής καθολικών υπηρεσιών , ευρύτητα επεκταμένος για τις εφαρμογές μιας επιχείρησης και φορέων παροχής υπηρεσιών.

Ο Cisco 7200 συνδυάζει τιμή και απόδοση με το ευρύτερο φάσμα επιλογών συνδετικότητας και της υποστήριξης χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Αυτός ο δρομορογιτής παρέχει χαρακτηριστικά γνωρίσματα χρησιμότητας και επιδεξιότητας που συνδέονται με τους υψηλής απόδοσης επεξεργαστές, συμπεριλαμβανομένου του Cisco 7200 NPE- G1 επεξεργαστή. Με το Cisco 7200, οι πελάτες μπορούν να επεκτείνουν τις λύσεις για να εξετάσουν ένα ευρύ φάσμα των απαιτήσεων πυκνότητας, απόδοσης και υπηρεσιών ,εξασφαλίζοντας προστασία επένδυσης για τις μελλοντικές ανάγκες των δικτύων τους.

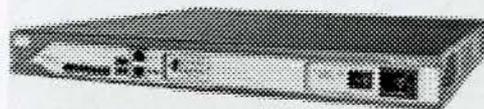
Τα οφέλη των Cisco δρομορογιτών της σειράς 7200 περιλαμβάνουν:

- Υποστήριξη IP/MPLS (QoS, Agg, ασφάλεια, για πολλές χρήσεις, MPLS, και άλλα)
- Ευρεία σειρά, από DS0 OC12
- Υποστήριξη Fast Ethernet, Gigabit Ethernet,
- Πλήρης L2TP και ppp υποστήριξη termination

- Υποστήριξη μέχρι και 16.000 ευρυζωνικών συνόδων συνδρομητών
- Επιταχυντής υπηρεσιών που χρησιμοποιεί την τεχνολογία Cisco PXF
- Υποστήριξη πολλαπλών πρωτοκόλλων
- Χαμηλή αρχική επένδυση
- Εξελιξιμότητα και ευελιξία, ιδανικό για την ανακατανομή δικτύων

Για τη σύνδεση στο internet:

ο Cisco router 2811 παρέχει την ακόλουθη υποστήριξη:



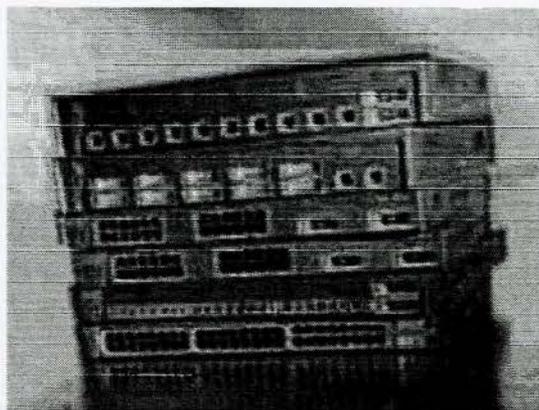
- Απόδοση καλώδιου-ταχύτητας για τις ταυτόχρονες υπηρεσίες όπως ασφάλεια και η φωνή, και προηγμένες υπηρεσίες στα T1/E1/xDSL
- Ενισχυμένη προστασία επένδυσης μέσω της αυξανόμενης απόδοσης
- Ενισχυμένη προστασία επένδυσης μέσω του αυξανόμενου διαμορφώσιμου
- Υποστήριξη AIMS, NMs, WICs, VWICs, και VICs
- Δύο ενσωματωμένες 10/100/1000 Ethernet πόρτες
- Προαιρετική υποστήριξη switching πάνω σε Ethernet (PoE) (ως επιλογή) και υποστήριξη του μοντέλου etherswitch
- Ασφάλεια
- Κρυπτογράφηση
- Υποστήριξη μέχρι 1500 σπράγγων VPN
- Υποστήριξη του ελέγχου αποδοχής δικτύων (NAC)
- Cisco ios firewall και άλλες υπηρεσίες ασφάλειας.
- Φωνή
- Αναλογική και ψηφιακή υποστήριξη κλήσης φωνής
- Προαιρετική υποστήριξη φωνητικού ταχυδρομείου
- Προαιρετική υποστήριξη για Cisco CallManager για την επεξεργασία

τοπικών κλήσεων μέχρι και 36 τηλέφωνα IP .

- Προαιρετική υποστήριξη απομακρυσμένης υποστήριξης τηλεφωνίας για την επεξεργασία τοπικής κλήσης στα μικρά γραφεία

Για το εσωτερικό δίκτυο

Το switch Cisco 3550



Το switch Cisco 3550 παρέχει υψηλή διαθεσιμότητα, ποιότητα της υπηρεσίας (QoS), και ασφάλεια, για να ενισχύσει τις διαδικασίες δικτύων. Με μια σειρά γρήγορων διαμορφώσεων Ethernet και Gigabit Ethernet, το switch Cisco 3550 είναι μια ισχυρή επιλογή για τις εφαρμογές πρόσβασης της επιχείρησης και οι πελάτες μπορούν να επεκτείνουν τις υπηρεσίες, όπως προηγμένο QoS, κατάλογοι ελέγχου πρόσβασης περιορισμού ποσοστού, ασφάλειας Cisco, πολλαπλής διανομής διαχείριση, και υψηλής απόδοσης δρομολόγηση IP, και να διατηρήσουν την απλότητα της παραδοσιακής μετατροπής του τοπικού LAN. Διαθέσιμη για το switch 3550, είναι μια ελεύθερη συγκεντρωμένη διοικητική εφαρμογή που απλοποιεί το στόχο διοίκησης των switches Cisco, των routers, και του ασύρματου σημείου πρόσβασης. Ο 3550 προσφέρει τη φιλική προς το χρήστη διεπαφή GUI για να διαμορφώσει εύκολα, να ανιχνεύσει λάθη, και να επιτρέψει και να ελέγξει το δίκτυο.

Το Cisco Catalyst 3550.48 EMI είναι ένα μέλος της σειράς 3550 Intelligent Ethernet Switches, είναι ένα πολυστρωματικό switch που παρέχει υψηλή διαθεσιμότητα, ασφάλεια και ποιότητα υπηρεσίας (QoS), για να ενισχύσουν τη λειτουργία του δικτύου. Με μια σειρά των γρήγορων διαμορφώσεων Ethernet και

Gigabit Ethernet, το 3550 μπορεί να εξυπηρετήσει ως ισχυρό switch στρώματος πρόσβασης(layer 3) τα μέσα ντουλάπια επιχειρηματικής καλωδίωσης, και ως switch σπονδυλικών στηλών τα μεσαίου μεγέθους δίκτυα,

Για πρώτη φορά, οι πελάτες μπορούν να επεκτείνουν τις network-wide ευφυείς υπηρεσίες, όπως η προηγμένη ποιότητα των καταλόγων υπηρεσιών (QoS), το ποσοστό-περιορισμού, ελέγχου πρόσβασης ασφάλειας Cisco, πολλαπλής διανομής διαχείριση, και υψηλής απόδοσης IP διατηρώντας την απλότητα της παραδοσιακής μετατροπής του τοπικού LAN.

Διαθέσιμες για το switch, ο βοηθός δικτύων Cisco είναι μια ελεύθερη συγκεντρωμένη διοικητική εφαρμογή που απλοποιεί το στόχο διοίκησης των switches Cisco, των δρομολογητών, και του ασύρματου σημείου πρόσβασης. Ο βοηθός δικτύων Cisco προσφέρει τη φιλική προς το χρήστη διεπαφή GUI για να διαμορφώσει εύκολα, να ανιχνεύσει λάθη, και να ελέγξει το δίκτυο.

Το switch 3550.48 EMI παρέχει:

- 48 10/100 πόρτες και 2 GBIC-based Gigabit Ethernet πόρτες
- stackable, διακόπτης 1 μονάδας ραφιών (μονάδα (RU) ραφιών) με την

πλήρη δυναμική δρομολόγηση IP

- Παραδίδει ευφυείς υπηρεσίες
- Ενισχυμένη πολυστρωματική εικόνα λογισμικού (EMI) εγκατεστημένη

.Ιδανικό για τη συνδετικότητα στρώματος πρόσβασης και διανομής

● Τηλεφωνικό κέντρο

Το ΤΕΙ Ηπείρου υποστηρίζει ένα δίκτυο ψηφιακών τηλεφωνικών κέντρων Alcatel 4400 με τον απαιτούμενο εξοπλισμό σε υλικό και λογισμικό για την άμεση υποστήριξη 2.500 περίπου συνδρομητών και για μελλοντική υποστήριξη έως 4.500 περίπου συνδρομητών, μόνο με την προσθήκη των απαιτούμενων καρτών. Η καλωδιακή υποδομή του δικτύου υποστηρίζει τη διασύνδεση πάνω από 4000 εσωτερικών συνδρομητών ψηφιακής εσωτερικής τηλεφωνίας τύπου ISDN (Alcatel 3B+D), με τετραψήφιους εσωτερικούς αριθμούς κλήσης, και δυνατότητα ενιαίας

πρόσβασης από το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο με απευθείας κλήσεις μέσω των εννέα νέων σύγχρονων τηλεφωνικών κέντρων.

Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου τηλεφωνικού κέντρου είναι τα εξής:

- **Καλύτερη Ομαδική Εργασία**

Με το Alcatel , η ομαδική εργασία είναι ευκολότερη και πιο αποδοτική. Με τη χρήση Automated Attendant κατευθύνετε τις εισερχόμενες κλήσεις στον κατάλληλο αποδέκτη. Με το επιλεκτικό φιλτράρισμα κλήσεων, εξοικονομείται περισσότερος χρόνος για όλους! Υποστηρίζεται επιλεκτικό supervision για γκρουπ με αυξημένη κίνηση εισερχομένων κλήσεων.

- **Μεγαλύτερη παραγωγικότητα PC - Phone**

Με πανίσχυρο ψηφιακό link στις συσκευές Reflexes η φωνή, τα δεδομένα και η εικόνα μπορούν να συνδυαστούν με τη χρήση CTI τεχνολογίας. Η σύνδεση τηλεφωνικής συσκευής και PC μεγιστοποιεί τις δυνατότητες αποδοτικότητας και απλοποιεί τις δραστηριότητές .

- **Βέλτιστη Επικοινωνία Multisite**

Ανάλογα με την χωροταξική κατανομή των τμημάτων στο TEI μπορεί να επιλεγθούν λύσεις μείωσης του κόστους κλήσεων καθώς και να υποδέχονται εισερχόμενες κλήσεις ως ενιαίο σύνολο στον ίδιο χώρο! Όλες οι εισερχόμενες κλήσεις μπορούν να απαντούνται από μία κεντρική υποδοχή και κατόπιν να κατευθύνονται στον προορισμό τους. Με την τεχνολογία Voice Over IP μπορούν να επικοινωνούν τα τμήματα μεταξύ τους πληρώνοντας το κόστος αστικής κλήσης χρησιμοποιώντας VPN ή επωφεληόμενα το υπάρχον data δίκτυο να κάνουν τηλεφωνικές κλήσεις.

- **Αποτελεσματική Διαχείριση κόστους τηλεφωνίας**

Με λύσεις όπως έλεγχος κόστους κλήσεων, προγραμματισμός φραγών ανά εσωτερικό και ανά γραμμή, μέτρηση και λεπτομερή στοιχεία για τις εξερχόμενες κλήσεις του προσωπικού μπορεί να υπάρχει μια σαφέστατη ανάλυση των λογαριασμών του ΟΤΕ. Επιπλέον χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Automated

Routing Selection επιλέγεται αυτόματα ο φτηνότερος τρόπος και δρομολογούνται οι εξερχόμενες κλήσεις μέσω εναλλακτικών providers, routers, VoIP, κ.α., μειώνοντας δραστικά το κόστος τηλεφωνίας.

Δυνατότητες του ALCATEL 4200:

- ISDN ή/και PSTN γραμμές ΟΤΕ
 - 8 έως 40 εσωτερικά
 - Voice Mail / Automated Attendant services
- Mobility
- External music on hold
 - 32 secs (2 x 16") recordable greeting/messages
 - ARS και NETWORKING (ISVPN on public network)
 - Software downloading (δυνατότητα μελλοντικών αναβαθμίσεων του software)
 - Remote maintenance (τηλεσυντήρηση)

5.4 Σύνδεση του Gateway με τα Τηλεφωνικά Κέντρα

Η σύνδεση με τα τηλεφωνικά κέντρα προτείνεται να γίνει μέσω αναλογικών interfaces FXS. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ψηφιακές συνδέσεις τύπου ISDN αλλά είναι δύσκολο να εξασφαλισθεί η διαλειτουργικότητα σε επίπεδο πρωτοκόλλου και προς τα δύο κέντρα, όταν αυτά προέρχονται από διαφορετικό κατασκευαστή.

Οι ψηφιακές συνδέσεις εξασφαλίζουν την καλύτερη δυνατή συμπεριφορά στην επικοινωνία με τα κέντρα, επιτρέπουν ενιαία αριθμοδότηση (κάτω από ορισμένες συνθήκες) καθώς επίσης και μετάδοση των περισσοτέρων υπηρεσιών που υποστηρίζονται εσωτερικά στα κέντρα μέσα από το δίκτυο (διεπιλογή, call transfer, conferencing, follow me κ.λ.π.).

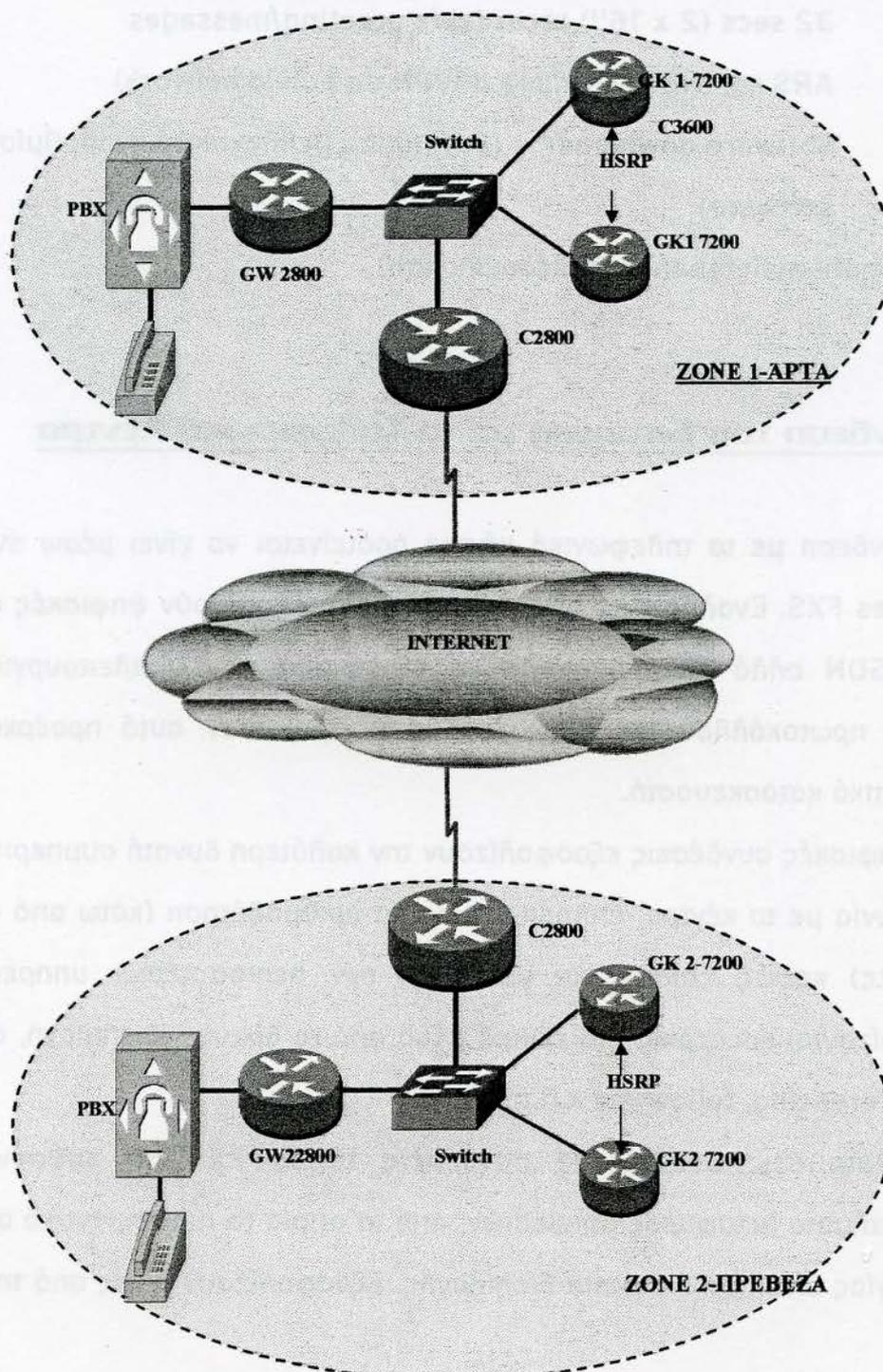
Αντίθετα στις αναλογικές συνδέσεις τύπου FXS θα χαθούν όλα τα πλεονεκτήματα μεταφοράς υπηρεσιών, από τα οποία το πιο σημαντικό από άποψη λειτουργίας είναι η δυνατότητα διεπιλογής. Εξασφαλίζουν όμως από την άλλη τη

διαλειτουργικότητα χωρίς προβλήματα διότι πρόκειται για τυποποιημένα interfaces τα οποία συμπεριφέρονται σαν απλές γραμμές πόλης του ΟΤΕ.

Ειδικά για την εξασφάλιση της διεπιλογής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά σύνδεση τύπου FXO αλλά δεν συνιστάται δεδομένου ότι, ανάλογα με τον τύπο του τηλεφωνικού κέντρου, εμφανίζει συχνότητα προβλήματα στην απόλυση των συνδέσεων καθιστώντας την υπηρεσία πρακτικά μη αξιοποιήσιμη

Φυσικό επίπεδο (Γραμμές μεταφοράς)

Πιο αναλυτικά, ο τρόπος σύνδεσης των συσκευών που αναφέραμε, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 3:

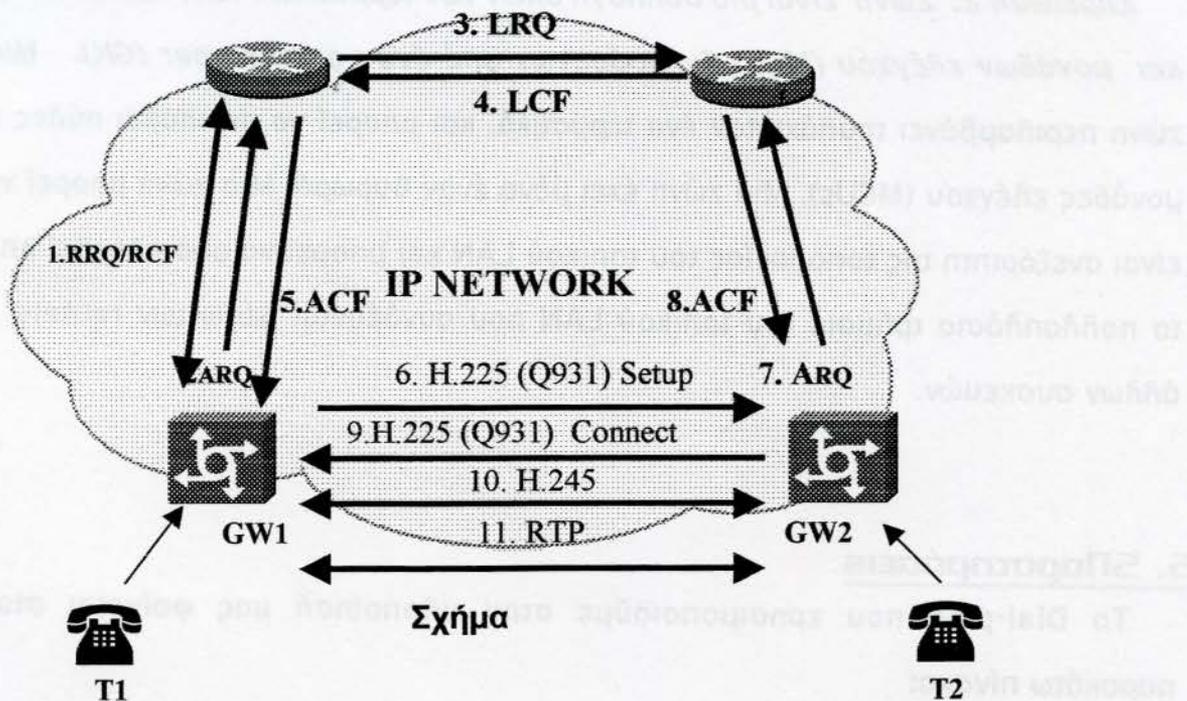


Στο κάθε υποδίκτυο υπάρχουν δυο Gatekeepers, από τους οποίους ο ένας είναι Stand-by, και ενεργοποιείται σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας του άλλου. Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση του πρωτοκόλλου HSRP, το οποίο ενεργοποιείται και στις δυο συσκευές Gatekeeper.

Το HSRP ελέγχει τη διαθεσιμότητα του Πρωτεύοντα (Primary) Gatekeeper. Εάν ο Πρωτεύον (Primary) Gatekeeper δεν είναι διαθέσιμος (π.χ. παρουσιάζει H/W πρόβλημα ή για κάποιο λόγο είναι κλειστός,...), τότε οι κλήσεις προωθούνται στο Stand-By Gatekeeper, μέχρι ο Primary να ξαναγίνει διαθέσιμος.

Μια περιγραφή της λειτουργίας της τεχνολογίας Voice Over IP στο παράδειγμά μας (case study), είναι η εξής :

Όταν ένας χρήστης από το Δίκτυο 1 (Άρτα) θελήσει να πραγματοποιήσει μια τηλεφωνική κλήση με έναν χρήστη από το Δίκτυο 2 (Πρέβεζα), η κλήση αυτή θα περάσει πάνω από το Internet και όχι μέσω του ΟΤΕ, μειώνοντας έτσι το κόστος κλήσης: Ενώ μέσω του ΟΤΕ η χρέωση θα υπολογιζόταν σύμφωνα με το κόστος υπεραστικής μονάδας, μέσω του Internet η χρέωση υπολογίζεται σύμφωνα με το κόστος αστικής μονάδας.



Σχήμα 4

Οι διαδοχικές καταστάσεις κατά τη διάρκεια μιας κλήσης (σχήμα), είναι οι εξής:

1. Το GW1 δέχεται μια κλήση από το τηλεφωνικό κέντρο (PBX), για τον αριθμό 268299999.
2. Στη συνέχεια το GW1 ψάχνει το dial plan του, ώστε να ελέγξει εάν έχει καταχωρημένο το πρόθεμα (prefix) του αριθμού κλήσης (δηλαδή το 2682).
3. Το dial-plan (αν είναι καταχωρημένο) προωθεί την κλήση στο GK1.
4. Ο GK1 στο dial-plan του έχει συσχετίσει το πρόθεμα 031 με το GK2 (Ζώνη 2).
5. Ο GK1 ζητά από το GK2 την IP διεύθυνση του GW2.
6. Ο GK2 αποστέλλει την IP διεύθυνση του GW2 στον GK1 .
7. Ο GW1 ανοίγει ένα λογικό κανάλι με τον GW2.
8. Ο GW2 ζητά από τον GK2 άδεια για την πραγματοποίηση κλήσης.
9. Το λογικό κανάλι εγκαθίσταται και η κλήση πραγματοποιείται.

Σημείωση 1: Σε περίπτωση βλάβης του δικτύου VoIP υπάρχει πάντα η δυνατότητα κλήσεων κανονικά μέσω PSTN

Σημείωση 2: Ζώνη είναι μια συλλογή όρων των τερματικών (tx), πυλών (GW), και μονάδων ελέγχου (MCU) διοικούμενων από έναν gatekeeper (GK). Μια ζώνη περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα τερματικό, και μπορεί να περιλάβει πύλες ή μονάδες ελέγχου (MCUs). Μια ζώνη έχει μόνο έναν θυρωρό. Μια ζώνη μπορεί να είναι ανεξάρτητη της τοπολογίας του τοπικού LAN και μπορεί να αποτελεσθεί από τα πολλαπλάσια τμήματα του τοπικού LAN που συνδέονται μέσω των routers ή άλλων συσκευών.

5. Παρατηρήσεις

Το Dial-plan που χρησιμοποιούμε στην υλοποίησή μας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Τμήμα	Πρόθεμα
Άρτα	26810 *
Πρέβεζα	26820 *

Το IP Addressing σχήμα που χρησιμοποιούμε παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

ROUTE R NAME	ETHERNET INTERFACE	SERIAL INTERFACE	LOOPBACK INTERF
GK1	192.168.2.3		
GK1-S	192.168.2.4		
GW1	192.168.2.2		192.168.5.254
C7200-1	192.168.2.1	192.168.1.1/30	
GK2	192.168.3.3		
GK2-S	192.168.3.4		
GW2	192.168.3.2		192.168.4.254
C7200-2	192.168.3.1	192.168.1.2/30	

Οι Routers της εταιρίας Cisco Systems έχουν δυνατότητες αναβάθμισης τόσο σε επίπεδο Hardware, όσο και σε επίπεδο software. Είναι συσκευές modular με πολλά διαθέσιμα options, τα οποία είναι κοινά για τους περισσότερους δρομολογητές της. Οι Cisco Systems Routers χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα της εταιρίας Cisco Systems το IOS, του οποίου τα χαρακτηριστικά δικτύωσης είναι σε υψηλό βαθμό αποδοτικά και αξιόπιστα ως αποτέλεσμα της συνεχούς επεκτασιμότητας και ανανέωσής τους.

5.6.QoS

Αν και στο σενάριο που εξετάζεται δεν έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές QoS, η χρήση του IOS version 12.0, προσφέρει τη δυνατότητα ενεργοποίησης των εξής χαρακτηριστικών QoS:

- **WFQ-** Το WFQ εφαρμόζει προτεραιότητες σε αναγνωρισμένη κίνηση, για να κατηγοριοποιήσει την κίνηση σε συνομιλίες και να αποφασίσει πόσο εύρος ζώνης πρέπει να επιτραπεί σε κάθε συνομιλία, σε σχέση με τις υπόλοιπες.)
- **RSVP-** Το RSVP τρέχει πάνω από το IP, και επιτρέπει σε μια εφαρμογή να δεσμεύει δυναμικά εύρος ζώνης. Έτσι χρησιμοποιώντας το RSVP, οι εφαρμογές

μπορούν να ζητήσουν συγκεκριμένο QoS για τα δεδομένα κατά μήκος του δικτύου.

- **Traffic Shaping**, Για την υλοποίηση του Policing and Traffic Shaping χρησιμοποιείται ο μηχανισμός του Token Bucket. Για την επίτευξη του Policing χρησιμοποιούμε το CAR, ενώ το Traffic Shaping το χωρίζουμε σε GTS (Generic Traffic Shaping) και FRTS (Frame Relay Traffic Shaping).

- **IP-Precedence-To IP Precedence** χρησιμοποιεί τα τρία bit προτεραιότητας στο πεδίο ToS του header του IPv4, για τον καθορισμό του τύπου της υπηρεσίας που επιθυμείται για το πακέτο.)

- **RTP Header Compression-To RTP** προσφέρει από άκρη σε άκρη λειτουργίες δικτύου μεταφοράς κατάλληλες για εφαρμογές που μεταδίδουν δεδομένα πραγματικού χρόνου, όπως ήχο, εικόνα ή δεδομένα προσομοίωσης μέσω multicast ή unicast δικτυακών υπηρεσιών

- **Interleaving.**

Βέβαια είναι στο χέρι του διαχειριστή του δικτύου αν και ποιές τεχνικές QoS θα εφαρμόσει στο δίκτυο

5.7 Configurations

ZONE 1-Αρτα

- **Gatekeeper-1**

```
version 12.0
```

```
hostname GK1
```

```
enable secret cisco
```

```
!
```

```
ip domain-name local.com
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.2.3 255.255.255.0
```

```
standby 1 priority 110
```

```
standby 1 ip 192.168.2.10
no ip directed-broadcast
duplex auto
speed auto
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.1
no ip http server
!
gatekeeper
zone local GK1 local.com 192.168.2.10
zone remote GK2 remote.com 192.168.3.10
zone prefix GK1 01
zone prefix GK2 2682
accounting
no shutdown
!
line vty 0 4
no login
end
```

● II. Gatekeeper 1 - Standby

```
version 12.0
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname GK1
!
enable secret cisco
```

```
!  
ip subnet-zero  
ip domain-name local.com  
!  
!  
interface FastEthernet0/0  
ip address 192.168.2.4 255.255.255.0  
standby 1 priority 100  
standby 1 ip address 192.168.2.10  
no ip directed-broadcast  
duplex auto  
speed auto  
!  
!  
ip classless  
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.1  
no ip http server  
!  
!  
gatekeeper  
zone local GK1 local.com 192.168.2.10  
zone remote GK2 remote.com 192.168.3.10  
zone prefix GK1 2681  
zone prefix GK2 2682  
accounting  
no shutdown  
!  
!  
line con 0  
transport input none
```

```
line aux 0
line vty 0 4
  no login
!
no scheduler allocate
end
```

● III. Gateway-1

```
version 12.0
service timestamps debug datetime
service timestamps log datetime
service password-encryption
!
hostname GW1
!
enable secret cisco
!
voice-port 2/0
  cptone GR
!
!
dial-peer voice 1 pots
  destination-pattern 2681.....
  port 2/0
  register e164
!
!
dial-peer voice 2 voip
  destination-pattern 031
  ip precedence 5
```

```

session target ras
!
interface Loopback0
ip address 192.168.5.254 255.255.255.255
h323-gateway voip interface
h323-gateway voip id GK1 ipaddr 192.168.2.10
h323-gateway voip h323-id GW1
no ip directed-broadcast
!
interface Ethernet0/0
ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.1
no ip http server
!
line con 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
!
end

```

● IV. Cisco-1

```

version 12.0
service timestamps debug datetime
service password-encryption

```

```
!  
hostname C7200-1  
!  
enable secret cisco  
!  
interface Multilink1  
  bandwidth 256  
  ip address 192.168.1.1 255.255.255.252  
  no ip directed-broadcast  
  ip tcp header-compression iphc-format  
  no ip mroute-cache  
  fair-queue 64 256 1000  
  no cdp enable  
  ppp multilink  
  ppp multilink fragment-delay 40  
  ppp multilink interleave  
  multilink-group 1  
  ip rtp header-compression iphc-format  
  ip rtp reserve 16384 100 12  
!  
interface Ethernet0/0  
  ip address 192.168.2.1 255.255.255.0  
  no ip directed-broadcast  
!  
interface Serial0/0  
  bandwidth 256  
  no ip address  
  no ip directed-broadcast  
  encapsulation ppp  
  no fair-queue
```

```

ppp multilink
multilink-group 1
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.2
no ip http server
!
line con 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
end.

```

ZONE 2-Πρέβεζα

```

● Gatekeeper-2
  version 12.0
  service timestamps debug uptime
  no service password-encryption
  !
  hostname GK2
  !
  enable secret cisco
  !
  ip subnet-zero
  ip domain-name remote.com
  !
  interface FastEthernet0/0

```

```
ip address 192.168.3.3 255.255.255.0
standby 1 priority 110
standby 1 ip 192.168.3.10
no ip directed-broadcast
duplex auto
speed auto
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1
no ip http server
!
gatekeeper
zone local GK2 remote.com 192.168.3.10
zone remote GK1 local.com 192.168.2.10
zone prefix GK1 2681
zone prefix GK2 2682
accounting
no shutdown
!
!
line con 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
no login
!
no scheduler allocate
end
```

● Gatekeeper 2 - Standby

version 12.0

service timestamps debug uptime

service timestamps log uptime

no service password-encryption

!

hostname GK2

!

enable secret cisco

!

ip subnet-zero

ip domain-name remote.com

!

!

interface FastEthernet0/0

ip address 192.168.3.4 255.255.255.0

standby 1 priority 100

standby 1 ip address 192.168.3.10

no ip directed-broadcast

duplex auto

speed auto

!

!

ip classless

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1

no ip http server

!

!

gatekeeper

```

zone local GK2 remote.com 192.168.3.10
zone remote GK1 local.com 192.168.2.10
zone prefix GK1 2681
zone prefix GK2 2682
accounting
no shutdown
!
!
line con 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
no login
!
no scheduler allocate
end

```

● Gateway-2

```

version 12.0
service timestamps debug datetime
service timestamps log datetime
service password-encryption
!
hostname GW2
!
enable secret cisco
!
voice-port 2/0
cptone GR
!

```

```
!  
dial-peer voice 1 pots  
destination-pattern 2682.....  
port 2/0  
register e164  
!  
dial-peer voice 2 voip  
destination-pattern 01  
ip precedence 5  
session target ras  
!  
!  
interface Loopback0  
ip address 192.168.4.254 255.255.255.255  
h323-gateway voip interface  
h323-gateway voip id GK2 ipaddr 192.168.3.10  
h323-gateway voip h323-id GW2  
no ip directed-broadcast  
!  
interface Ethernet0/0  
ip address 192.168.3.2 255.255.255.0  
no ip directed-broadcast  
!  
ip classless  
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1  
no ip http server  
!  
!  
line con 0  
transport input none
```

```
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
!
end
```

- Cisco-2

```
version 12.0
service timestamps debug datetime
service password-encryption
!
hostname C7200-2
!
enable secret cisco
!
interface Multilink1
bandwidth 256
ip address 192.168.1.2 255.255.255.252
no ip directed-broadcast
ip tcp header-compression iphc-format
no ip mroute-cache
fair-queue 64 256 1000
no cdp enable
ppp multilink
ppp multilink fragment-delay 40
ppp multilink interleave
multilink-group 1
ip rtp header-compression iphc-format
```

```
ip rtp reserve 16384 100 12
!
interface Ethernet0/0
ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
!
interface Serial0/0
bandwidth 256
no ip address
no ip directed-broadcast
encapsulation ppp
no fair-queue
ppp multilink
multilink-group 1
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.1
no ip http server
!
line con 0
transport input none
line aux 0
login local
line vty 0 4
password cisco
login
End
```

5.8. Άλλες Τεχνολογίες

● IP Τηλέφωνα

Η υλοποίηση του VoIP θα μπορούσε να γίνει με IP τηλέφωνα. Κάτι τέτοιο θα επέφερε αρκετά μεγάλο κόστος, παρόλ'αυτά όμως τα IP Phones συγκεντρώνουν πολλά πλεονεκτήματα. Ποιά συγκεκριμένα τα Cisco 30 VIP voice προϊόντα θεωρούνται στην αγορά, ως εκείνα με τα περισσότερα και εύκολα διαχειρίσιμα χαρακτηριστικά. Προσφέρουν 30 γραμμές προγραμματισμού και κουμπιά, ένα εσωτερικό υψηλής ποιότητας two-way speakerphone με κουμπί διαχείρισης. Τα προϊόντα 30 VIP επίσης, προσφέρουν μία μεγάλη LCD οθόνη 40 χαρακτήρων, χωρισμένη σε 2 γραμμές από 20 χαρακτήρες η κάθε μία. Η οθόνη προβάλλει πληροφορίες όπως ημερομηνία και ώρα, το όνομα του καλούμενου, το νούμερο του καλούμενου, κτλ. επίσης, υπάρχουν LED's και κουμπιά τα οποία προσφέρουν τον έλεγχο της κατάστασης της συσκευής και της εκάστοτε σύνδεσης.



7902 g



7905g



7912g



7920



7940



7960



Όταν πρόκειται να επιλέξει κανείς IP τηλέφωνα, πρέπει να προσέξει:

- Τα τηλέφωνα να υποστηρίζουν κατάλληλα πρότυπα για κωδικοποίηση -αποκωδικοποίηση και σηματοδοσία.

- Ο μηχανισμός με τον οποίο τα τηλέφωνα (τόσο τα βασισμένα στο PC, όσο και αυτά που λειτουργούν ως ανεξάρτητες συσκευές) θα γνωστοποιούν στο δίκτυο τις απαιτήσεις της ποιότητας υπηρεσιών που χρειάζονται. Το λογισμικό αυτό θα πρέπει να διαθέτει - εκτός των άλλων - και μεθόδους κρυπτογράφησης για την προάσπιση της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των on-line συζητήσεων.

Ένα ασυνήθιστο πρόβλημα που άπτεται της ασφάλειας ενός εταιρικού δικτύου, αλλά και της δυνατότητας ιντερνετικών τηλεφωνημάτων, έχει σχέση με την παρουσία firewalls στο εταιρικό δίκτυο. Ένα NAT (Network Address Translation) firewall

μπορεί μεν να μπλοκάρει αποτελεσματικά επιθέσεις από το Internet κρύβοντας την πραγματική IP διεύθυνση, αλλά δυσχεραίνει τους εξυπηρετητές καταλόγου να βρουν

ένα συγκεκριμένο υπολογιστή. Αυτό δημιουργεί ένα δίλημμα: Εάν η IP διεύθυνσή σου είναι γνωστή, υπάρχει χώρος για επιθέσεις. Αλλά, εάν κρύψεις την IP διεύθυνση,

δεν μπορούν να σε καλέσουν.

Προϊόντα διαφόρων κατασκευαστών για την τεχνολογία VoIP.

Στη συνέχεια εξετάζουμε μερικά από τα προϊόντα που χρησιμοποιούμε στην τεχνολογία VoIP και συγκεκριμένα σαν gateways, gatekeepers και IP τηλέφωνα.

Μερικά από τα προϊόντα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σαν πύλες, είναι τα εξής:

MICOM VoIP Gateway

Η συσκευή αυτή ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα μοναδικό σύστημα:

- Χρησιμοποιεί τον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό ενός δικτύου: LANs, δρομολογητές και WANs. Είναι εύκολη η ενσωμάτωσή του σε κάθε Server ή PC που τρέχει DOS, Windows 95, Windows 98, Windows NT ή Netware
- Flexible αναλογικές / ψηφιακές συνδέσεις και λειτουργικές πλατφόρμες
- Έχει interfaces για όλα τα υπάρχοντα προϊόντα VoIP. Τα πλεονεκτήματα της ενοποίησης φωνής - δεδομένων εξασφαλίζονται χωρίς απώλεια δεδομένων και χωρίς επιπλέον κόστος για επαναδιάταξη του δικτύου.

Lucent Technologies Pathstar Access Server

Η συσκευή αυτή ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα μοναδικό σύστημα:

- Digital Loop Carrier
- Τηλεφωνικό Σύστημα
- Voice over IP gateway
- Remote Access Server
- DSL (Digital Subscriber Line) Access Multiplexer
- Edge Router

Είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα, η οποία υποστηρίζει διάφορα τυποποιημένα πρωτόκολλα όπως: H.323, Q.931, Signaling System 7 (SS7), OSPF, BGP και IP Multicast.

3Com Gateway

Η συσκευή αυτή ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα μοναδικό σύστημα:

- Το IP Telephony Gateway της 3Com υπόσχεται μια κλιμακωτή πλατφόρμα, η οποία υποστηρίζει όλες τις λειτουργίες της σύστασης H.323, όπως είναι η μεταφορά φωνής σε πραγματικό χρόνο.
- Η αρθρωτή σχεδίασή του, επιτρέπει προσθήκη και αφαίρεση των καρτών, ενώ το σύστημα είναι σε λειτουργία. Αυτό ελαχιστοποιεί το downtime.
- Η σχεδίαση της πύλης 3Com επιτρέπει την συνεργασία της με οποιαδήποτε συσκευή (gateway, gatekeeper) συμβατική με το πρότυπο H.323.
- Κάθε πύλη υποστηρίζει μέχρι και 312 ταυτόχρονες κλήσεις στις T1 (1,5 Mbps) γραμμές, και μέχρι 390 κλήσεις στις E1 (2 Mbps) γραμμές.

VocalTec Series 2000 Gateway

Το Gateways Series 2000 της κατασκευάστριας εταιρίας VocalTec, έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Προχωρημένες ικανότητες φωνής**

Οι διάφορες προχωρημένες τεχνικές διαχείρισης των πακέτων φωνής που υποστηρίζει, προσφέρουν καλύτερη ποιότητα φωνής. Μερικές από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι: το jitter buffer, το Voice Activity Detector (VAD), το Comfort Noise Generator (CNG), τα G.165 και G.168 echo cancellers.

- **Ικανότητα Διαχείρισης**

Εφαρμογή Standalone, η οποία τρέχει σε Microsoft Windows NT και προσφέρει διαχείριση του δικτύου. Η εφαρμογή αυτή προσφέρει ένα προχωρημένο Graphical User Interface (GUI), και η διαχείριση μπορεί να γίνει από ένα VocalTec Network Manager ή από μια κονσόλα.

Failure Handling and Redundancy

Ο VocalTec Gatekeeper εξασφαλίζει την τοπική αποθήκευση της πληροφορίας Call Detail Record (CDR), σε περίπτωση αποτυχίας, μέχρι την αποκατάσταση της σύνδεσης. Ένας αλγόριθμος που τρέχει δυναμικά στον gatekeeper, επιτρέπει γρήγορη μετεγκατάσταση σε ένα διαθέσιμο gatekeeper.

- **Συντήρηση και παρακολούθηση του συστήματος**

- Open Interfaces
- Scalability
- Standards Compliance
- Security

Nuera Solutions Access plus F200 IP

Το Gateway Access Plus F200 IP της κατασκευάστριας εταιρίας Nuera Solutions, έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Προχωρημένες τεχνικές συμπίεσης φωνής
- Μεγάλη αποδοτικότητα του εύρους ζώνης
- Call routing
- Flexible Voice Interfaces
- Διαχείριση SNMP
- High Density, Κλιμακωτή Αρχιτεκτονική
- Χρήση του πρωτοκόλλου MGCP (Media Gateway Control Protocol)

Gatekeepers

Μερικά από τα προϊόντα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σαν gatekeeper, είναι τα εξής:

Ericsson H.323 Gatekeeper

Η συσκευή αυτή ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα μοναδικό σύστημα:

- Προσφέρει Least Cost Routing
- Προσφέρει Admission Control χρησιμοποιώντας Access Control lists και User Profiles.
- Παρακολουθήση της χρήσης του εύρους ζώνης.
- Προσφέρει Billing και Customer Care χρησιμοποιώντας ένα αξιόλογο και αξιόπιστο σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων.

- Το Service Management είναι web based.
- Υποστηρίζει Registration Admission Support (RAS).
- Υποστηρίζει χρήστες που δεν έχουν RAS.

VocalTec Gatekeeper

Η συσκευή αυτή ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά σε ένα μοναδικό σύστημα:

- **Dial Plan Management:** Προσφέρει εύκαμπτη, στηριζόμενη σε κανόνες διαχείριση του Dial Plan ώστε να είναι εγγυημένος ο απόλυτος έλεγχος όλων των VocalTec Telephone Gateways.
- Προσφέρει Least Cost Routing.
- **Network Security:** Πραγματοποιεί αυθεντικοποίηση χρησιμοποιώντας userID/Password και πιστοποιεί τους χρήστες οι οποίοι θέλουν να έχουν πρόσβαση στο IP-Telephony σύστημα. Χρησιμοποιείται επίσης, κρυπτογράφηση η οποία ακολουθεί τα στάνταρ της ITU.
- Προσφέρει Κεντρικοποιημένο Σύστημα Διαχειρίσεις Λογαριασμών των χρηστών και Χρέωσης τους.
- Η διαχείριση Βάσεων Δεδομένων και Backup γίνεται μέσα από μια Oracle Βάση Δεδομένων.
- Υπόσχεται την εξυπηρέτηση δικτύων με χιλιάδες γραμμές και εκατομμύρια συνδρομητές!

5.9.Επίλογος

Η μεταφορά φωνής πάνω από διάφορα δίκτυα δεδομένων, παρουσιάζει αναντίρρητα πλεονεκτήματα, πλην όμως υπάρχουν αρκετά θέματα που πρέπει να διευθετηθούν, όπως είναι το ξεκαθάρισμα του τοπίου των προτύπων. Ασφαλώς, επειδή το Internet είναι πανταχού παρόν, φαίνεται να δρέπει τους καρπούς αυτής της παρουσίας και στον τομέα των τηλεφωνικών κλήσεων. Η μερίδα του λέοντος των εφαρμογών τηλεφωνίας υλοποιείται στο IP. Όπως και να 'χει, το τηλεπικοινωνιακό τοπίο δε θα αργήσει να ξεκαθαρίσει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✓ <http://netconference.about.com/internet/netconference/library/weekly/aa032100a.htm>
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/cti1.html>
- ✓ http://www.mot.com/MIMS/ISG/mnd/papers/voice_technologies_for_ip_and_frame_relay_networks.html
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/cti2.html>
- ✓ <http://netconference.about.com/internet/netconference/library/weekly/aa061798.htm>
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/1109voipfull.html>
- ✓ http://www.microlegend.com/tutorials/iptelephony/what_it_voip.php
- ✓ <http://www.microlegend.com/tutorials/iptelephony/index.php>
- ✓ <http://www.nwfusion.com/newsletters/converg/2000/00228974.html>
- ✓ <http://netconference.miningco/internet/netconference/library/weekly/aa073100a.htm>
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/cti5.html>
 - Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών (Άρης Αλεξόπουλος -Γιώργος Λαγογιάννης)
 - Quality of Service (Paul Ferguson-Geoff Huston)
 - IP Telephony (Walter Goralski-Matthew Kolon)
 - Πιλοτικό Πρόγραμμα :Voice Over IP Greek Universities Network
- ✓ www.qosforum.com, Quality of Service
- ✓ www.qos.net, Quality of Service
- ✓ www.itprc.com, H.323 Standard, Quality of Service
- ✓ www3.openh323.org, H.323 Standard
- ✓ www.protocols.com/voip, Τεχνολογία VoIP
- ✓ www.nortel.com Voice Fundamentals
- ✓ www.cisco.com Qos (Quality of service Networking):Qos ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
- ✓ <http://netconference.about.com/internet/netconference/library/weekly/aa032100a.htm>
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/cti1.html>
- ✓ http://www.mot.com/MIMS/ISG/mnd/papers/voice_technologies_for_ip_and_fame_relay_networks.html
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/cti2.html>
- ✓ <http://netconference.about.com/internet/netconference/library/weekly/aa061798.htm>
- ✓ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/1109voipfull.html>
- ✓ http://www.microlegend.com/tutorials/iptelephony/what_it_voip.php
- ✓ <http://www.microlegend.com/tutorials/iptelephony/index.php>
- ✓ <http://www.nwfusion.com/newsletters/converg/2000/00228974.html>
- ✓ <http://netconference.miningco/internet/netconference/library/weekly/aa073100a.htm>

☞ <http://www.networkcomputing.com/netdesign/cti5.html>

- Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών (Άρης Αλεξόπουλος -Γιώργος Λαγογιάννης)

☞ Quality of Service (Paul Ferguson-Geoff Huston)

☞ IP Telephony (Walter Goralski-Matthew Kolon)

☞ Πιλοτικό Πρόγραμμα :Voice Over IP Greek Universities Network

☞ www.qosforum.com, Quality of Service

☞ www.qos.net, Quality of Service

☞ www.itprc.com, H.323 Standard, Quality of Service

☞ www3.openh323.org, H.323 Standard

☞ www.protocols.com/voip, Τεχνολογία VoIP

☞ www.nortel.com Voice Fundamentals

☞ www.cisco.com Qos (Quality of service

☞ Networking):Qos Overview,RSVP,MPLS Traffic Engineering, CAR,RED

☞ www.webproforum.com, Web Proforum Tutorial MPLS

☞ www.techguide.com, H.323, VoIP Documents

☞ www.umr.edu, VoIP Document

☞ Quality of service (Χρήστος Γκαντίδης -Παναγιώτης Ηπειρώτης Πανεπιστήμιο Πάτρας)

☞ IETF Internet Draft "SBM (Subnet Bandwidth Manager)

☞ A Proposal for Admission Control over IEEE 802 -style networks
",R.Yavatkar,F./baker ,D. Hoffman, Y.Bernet, November 1997.

"Oscillating Behavior of network Traffic : A Case Study Simulation ,"

L.Zhang , D.Clark, Internetwork: Research and Experience,John Wiley& Sons,
1990 .

- Overview,RSVP,MPLS Traffic Engineering, CAR,RED

☞ www.webproforum.com, Web Proforum Tutorial MPLS

☞ www.techguide.com, H.323, VoIP Documents

☞ www.umr.edu, VoIP Document

Quality of service (Χρήστος Γκαντίδης -Παναγιώτης Ηπειρώτης Πανεπιστήμιο Πάτρας)

- IETF Internet Draft "SBM (Subnet Bandwidth Manager)

- A Proposal for Admission Control over IEEE 802 -style networks

",R.Yavatkar,F./baker ,D. Hoffman, Y.Bernet, November 1997.

- "Oscillating Behavior of network Traffic : A Case Study Simulation ,"

L.Zhang , D.Clark, Internetwork: Research and Experience,John Wiley& Sons,
1990 .

J. Zhang, D. Clark, Internetwork: Research and Experience, John Wiley, 2002.
 "Oscillating Behavior of network traffic : A Case Study Simulation"
 R.Yavuzkurt, J. Baker, D. Hoffman, Y. Berber, November 1997.
 "A Proposal for Admission Control over IEEE 802-style networks"
 IETF Internet Draft "S2M (Subnet Bandwidth Manager)"
 (in progress)
 Quality of service (QoS) - Kapsalis - Papanicolaou - Hatzigeorgidis
 www.um.edu, VoIP Document
 www.techpubs.com, H.323, VoIP Documents
 www.webproton.com, Web Protonum Tutorial MPLS
 Overview, RSV, MPLS Traffic Engineering, CARRED
 J. Zhang, D. Clark, Internetwork: Research and Experience, John Wiley, 2002.
 "Oscillating Behavior of network traffic : A Case Study Simulation"
 R.Yavuzkurt, J. Baker, D. Hoffman, Y. Berber, November 1997.
 "A Proposal for Admission Control over IEEE 802-style networks"
 IETF Internet Draft "S2M (Subnet Bandwidth Manager)"
 (in progress)
 Quality of service (QoS) - Kapsalis - Papanicolaou - Hatzigeorgidis
 www.um.edu, VoIP Document
 www.techpubs.com, H.323, VoIP Documents
 www.webproton.com, Web Protonum Tutorial MPLS
 Overview, RSV, MPLS Traffic Engineering, CARRED
 www.norval.com Voice fundamentals
 www.protocol.com/Voip, Telexo's VoIP
 www3.openn33.org, H.323 Standard
 www.itrc.com, H.323 Standard, Quality of Service
 www.sagepub.com, Quality of Service
 www.postform.com, Quality of service
 Attached: Papanicolaou - Voice Over IP Greek Universities Network
 SIP Telephony (Walter Gorkis - Matthew Kolan)
 Quality of Service (Paul Ferguson - Geoff Huston)
 (in progress)
 J. Zhang, D. Clark, Internetwork: Research and Experience, John Wiley, 2002.
 "Oscillating Behavior of network traffic : A Case Study Simulation"
 R.Yavuzkurt, J. Baker, D. Hoffman, Y. Berber, November 1997.
 "A Proposal for Admission Control over IEEE 802-style networks"
 IETF Internet Draft "S2M (Subnet Bandwidth Manager)"
 (in progress)
 Quality of service (QoS) - Kapsalis - Papanicolaou - Hatzigeorgidis
 www.um.edu, VoIP Document
 www.techpubs.com, H.323, VoIP Documents
 www.webproton.com, Web Protonum Tutorial MPLS
 Overview, RSV, MPLS Traffic Engineering, CARRED
 www.norval.com Voice fundamentals
 www.protocol.com/Voip, Telexo's VoIP
 www3.openn33.org, H.323 Standard
 www.itrc.com, H.323 Standard, Quality of Service
 www.sagepub.com, Quality of Service
 www.postform.com, Quality of service
 Attached: Papanicolaou - Voice Over IP Greek Universities Network
 SIP Telephony (Walter Gorkis - Matthew Kolan)
 Quality of Service (Paul Ferguson - Geoff Huston)
 (in progress)

