

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## Πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου και μετάδοση πολυμέσων



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας

Σχολή: Επιχειρηματικού Σχεδιασμού και Πληροφοριακών  
Συστημάτων

Μαργιόλα Αγγελική

Τασιού Σοφία

Φυσίκα Ελευθερία

Εισηγητής: Καθηγητής Παπαϊωάννου Βάιος

ΠΑΤΡΑ 2008

<b>Κεφάλαιο I</b> .....	<b>6</b>
1. Εισαγωγή .....	6
<b>Κεφάλαιο II</b> .....	<b>8</b>
2. Παραδοσιακά Πρωτόκολλα Μεταφοράς και Επικοινωνίες Πολυμέσων.....	8
2.1 Αντιγραφή δεδομένων .....	9
2.2 Πολυπλεξία με επίπεδα .....	10
2.3 Έλεγχος ροής .....	12
2.3.1 Implications για εφαρμογές πολυμέσων.....	15
2.4 Έλεγχος λαθών .....	17
2.5 Έλλειψη QOS (ποιότητα παροχής υπηρεσιών) υποστήριξης.....	19
2.6 UDP έναντι TCP.....	22
<b>Κεφάλαιο III</b> .....	<b>25</b>
3. Δικτυακές Εφαρμογές Πολυμέσων.....	25
3.1 Μετάδοση αποθηκευμένου ήχου/βίντεο με συνεχή ροή (streaming stored audio/video) .....	27
3.2 Συνεχής ροή ζωντανού ήχου και βίντεο. ....	27
3.3 Διαδραστικές Εφαρμογές μετάδοσης Ήχου και Βίντεο σε πραγματικό χρόνο. 27	
3.4 Ταξινόμηση Των Εφαρμογών Πολυμέσων .....	28
3.4.1 Ένας Χρήστης.....	28
3.4.2 Πολλοί Χρήστες .....	29
3.4.3 Σύγχρονες Εφαρμογές People-to-People.....	30
3.4.4 Ασύγχρονες Εφαρμογές People-to-People .....	30
3.4.5 Εφαρμογές People-to-System.....	30
3.5 Unicast μέθοδος μετάδοσης.....	31
3.6 Multicast μέθοδος μετάδοσης.....	32
3.7 Τα προβλήματα των πολυμέσων στο σημερινό διαδίκτυο. ....	33
<b>Κεφάλαιο IV</b> .....	<b>35</b>
4. Πρωτόκολλα για Διαδραστικές Εφαρμογές Μετάδοσης Πολυμέσων σε Πραγματικό Χρόνο. Πρωτόκολλα Μεταφοράς Πραγματικού Χρόνου .....	35
4.1. RTP Real Time Transport Protocol .....	35
4.1.1 Μορφή πακέτου RTP. ....	36
4.1.2 Βασικά του RTP. ....	39
4.1.2 Ανάπτυξη εφαρμογών λογισμικού με το RTP.....	43
4.1.3 Πολυπλεξία στο RTP.....	44
4.1.4 Τα “όρια” του RTP.....	45
4.1.5. Συσχετιζόμενα Standards .....	46
4.1.6 Quality of Service .....	49
4.1.7 Μελλοντική Ανάπτυξη standards. ....	51
4.1.8 RTP Sessions .....	51
4.2 RTCP .....	54
4.2.1 Τύποι πακέτων RTCP.....	55
4.2.2 Το RTCP και η ανάγκη για εύρος ζώνης.....	58
4.3 RTSP (Real -Time Streaming Protocol).....	59

4.3.1 Λειτουργίες που παρέχει το RTSP .....	61
4.3.2 Εφαρμογή του RTSP .....	62
4.3.3 RTSP και HTTP .....	64
<b>Κεφάλαιο V .....</b>	<b>66</b>
<b>5. Πρωτόκολλα Επιπέδου Εφαρμογής.....</b>	<b>66</b>
5.1 Πρωτόκολλο SIP (Session Initiation Protocol) .....	66
5.1.1 Διαδικασία υλοποίησης κλήσης με το SIP .....	69
5.1.2 Διευθύνσεις του SIP .....	71
5.1.3 Εντοπισμός του καλούμενου .....	72
5.2 Πρωτόκολλο H.323. ....	74
5.2.1 Ιστορία του H.323 .....	74
5.2.2 Λειτουργία του H.323.....	77
5.2.3 Πλεονεκτήματα του H.323 : .....	80
5.2.4 H.323 Πρωτόκολλα και Codecs .....	81
Το H.323 είναι ένα σύστημα προδιαγραφών που περιγράφουν τη χρήση διαφόρων άλλων ITU-T πρωτοκόλλων συμπεριλαμβανομένων των:.....	81
5.2.5 Διαφορές του H.323 με το SIP. ....	83
<b>Κεφάλαιο VI .....</b>	<b>84</b>
<b>6. Πρωτόκολλα δέσμευσης Πόρων.....</b>	<b>84</b>
6.1 RSVP Resource Reservation Protocol.....	84
6.1.1 Χαρακτηριστικά του RSVP.....	85
6.1.2 Διαδικασία RSVP Ροών Δεδομένων .....	86
6.1.3 RSVP ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QoS).....	88
6.1.4 RSVP ΣΤΥΛ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ.....	90
6.1.5 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ RSVP– ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ .....	92
6.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ST-II.....	94
6.2.1 Μορφή ST-II σύνδεσης .....	95
6.2.2 Σύγκριση μεταξύ πρωτοκόλλων ST-II και RSVP. ....	98
<b>Κεφάλαιο VII.....</b>	<b>100</b>
<b>7. Real Time Systems.....</b>	<b>100</b>
7.1 Συστήματα Real-Time Streaming Systems .....	100
7.1.1 Βίντεο κατά παραγγελία (Video on Demand Streaming).....	100
7.2 Real Media 5.0.....	101
7.3 Microsoft’s Netshow .....	103
7.4 AT&T’s a2bmusic .....	106
7.5 The Apple QuickTime TM System .....	106
7.6 Τηλεφωνία μέσω δικτύου .....	108
7.7 Υπηρεσία Voice Over IP του Ακαδημαϊκού Διαδικτύου GUnet .....	110
7.7.1 Περιγραφή υπηρεσίας.....	110
7.7.2 Τεχνικές δυνατότητες .....	111
7.7.3 Στατιστικά της Υπηρεσίας Voice over IP .....	111
7.8 Εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RSVP .....	111
7.9 Εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RTSP.....	112
Media Servers: .....	113
7.10 Προτάσεις για βελτίωση του RTP/RTCP .....	114

<b>Κεφάλαιο VIII</b> .....	115
<b>8. Εφαρμογή πολυμέσων πραγματικού χρόνου</b> .....	115
8.1 Το Λογισμικό CuSeeMe.....	115
8.2 Το Λογισμικό Paltalk.....	123
8.2 Το Λογισμικό Paltalk.....	123
8.3 Μελλοντικές κατευθύνσεις.....	126
<b>Κεφάλαιο IX</b> .....	129
<b>9. Συμπεράσματα</b> .....	129
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	136
<b>Λεξιλόγιο</b> .....	141
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</b> .....	142

## Πρόλογος

**Η** παρούσα πτυχιακή εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μας στη σχολή του επιχειρηματικού σχεδιασμού και πληροφοριακών συστημάτων του ΤΕΙ Πατρών. Η πτυχιακή αυτή απευθύνεται σε αναγνώστες οι οποίοι έχουν ασχοληθεί σε μεγάλο βαθμό με την τεχνολογία των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών και ιδιαίτερα με τη τεχνολογία και τις αρχές που διέπουν το μεγαλύτερο δίκτυο υπολογιστών την παρούσα στιγμή στον πλανήτη, το διαδίκτυο. Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας απαιτήθηκε έρευνα αρκετών μηνών με τη χρησιμοποίηση της πιο πρόσφατης βιβλιογραφίας και μεγάλου αριθμού δημοσιευμένων εργασιών.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε για την αμέριστη βοήθειά του το καθηγητή κύριο Παπαϊωάννου Βάιο για τη καθοδήγησή του και το ενδιαφέρον που επέδειξε για την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας στην στήριξή μας όλο αυτό το δύσκολο και κοπιαστικό διάστημα της ζωής μας από την αρχή της φοιτητικής μας πορείας μέχρι και σήμερα.

## **Κεφάλαιο I**

### **1. Εισαγωγή**

**Z**ούμε σε μια κοινωνία η οποία χαρακτηρίζεται ως "κοινωνία της πληροφορίας". Ο χαρακτηρισμός αυτός υποδηλώνει τη σημασία των πληροφοριών για τον σύγχρονο άνθρωπο και τον πολιτισμό του. Η διαχείριση και η αξιοποίηση της πληροφορίας, υποβοηθείται από τη χρήση των νέων τεχνολογιών των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών. Οι εξελίξεις που έχουν λάβει χώρα στους παραπάνω τομείς, καθιστούν τη διαχείριση και αξιοποίηση της πληροφορίας ακόμα καλύτερη, παρέχοντας τη δυνατότητα πρόσβασης σε αυτή από όλους όσους διαθέτουν τα κατάλληλα μέσα με απώτερο, πάντα, στόχο την ικανοποίηση των πληροφοριακών αναγκών ολοένα και περισσότερων χρηστών. Μετά το πρώτο μεγάλο βήμα (3500 π.Χ.-1946) με την εξέλιξη της γραπτής γλώσσας και της τυπογραφίας, το δεύτερο (1946-1985) με την εισαγωγή των υπολογιστικών συστημάτων, το τρίτο με τον εκμηδενισμό της απόστασης (1985-2005) φθάνουμε στο τέταρτο μεγάλο βήμα στην εξέλιξη των επικοινωνιών (2005-2025) με την τεχνολογία των πολυμέσων[1]. Οι μελλοντικές integrated υπηρεσίες του διαδικτύου θα προσφέρουν μέσα για τη μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων πραγματικού χρόνου ανάμεσα στα δίκτυα. Τα πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου αποτελούν τη θεμελίωση αυτών των υπηρεσιών πραγματικού χρόνου[2]. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιείται μια προσπάθεια περιγραφής πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου για τη μετάδοση πολυμεσικών εφαρμογών μέσω του διαδικτύου.

Στη συνέχεια της εισαγωγής θα αναφερθούμε σε τρεις γραμμές περίπου τι θα περιέχει το κάθε κεφάλαιο της πτυχιακής και τους λόγους που το αναπτύξαμε στη πτυχιακή αυτή.

Στο παρον κεφάλαιο της εισαγωγής αφού μιλήσουμε για τη σπουδαιότητα των πολυμέσων στη σημερινή μας ζωή θα μιλήσουμε για την ανάγκη ύπαρξης ξεχωριστών πρωτοκόλλων μιας και τα ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα δεν είναι κατάλληλα για εφαρμογές πολυμέσων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναπτύξουμε τα υπάρχον και παραδοσιακά πρωτόκολλα μεταφοράς TCP/IP και UDP καθώς και τους λόγους για τους οποίους τα

πρωτόκολλα αυτά δεν είναι ικανά να υποστηρίξουν πολυμεσικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στις Δικτυακές Εφαρμογές Πολυμέσων στη μετάδοση αποθηκευμένου ήχου/βίντεο με συνεχή ροή (streaming stored audio/video) καθώς και τη συνεχή ροή ζωντανού ήχου και βίντεο. Θα μιλήσουμε για τις διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης Ήχου και Βίντεο σε πραγματικό χρόνο. καθώς και για τη ταξινόμηση των εφαρμογών πολυμέσων (ένας χρήστης πολλοί χρήστες).

Στα κεφάλαια IV, V, VI θα περιγράψουμε τα σημαντικότερα πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου. Με αυτό τον τρόπο θα αναφερθούμε στα πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου και στις κατηγορίες τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για τα πρωτόκολλα μεταφοράς (RTP / RTCP, RTSP), στο πέμπτο για τα πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής (SIP και H.323) και στο έκτο για τα πρωτόκολλα δέσμευσης πόρων (RSVP, και ST-II).

Στο έβδομο κεφάλαιο θα αναφερθούμε σε υπάρχον εφαρμογές πολυμέσων αυτή τη στιγμή στο διαδίκτυο. Θα αναφέρουμε τη χρησιμότητα τους στον απλό αλλά και στον πιο εξειδικευμένο χρήστη του internet καθώς και τη σχέση τους με τα πρωτόκολλα που αναπτύξαμε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Στο όγδοο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για μελλοντικές εφαρμογές και μελλοντικές βελτιώσεις που πρέπει να έχουν τα πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου ώστε να μπορέσουν να χειριστούν το ήδη επιβαρυνόμενο τοπίο στο χώρο της εφαρμογής πολυμέσων μέσω του διαδικτύου. Θα παρουσιάσουμε επίσης μια εφαρμογή multimedia στο διαδίκτυο που χρησιμοποιεί πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου στα οποία έχουμε αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο θα παραθέσουμε τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε.

## **Κεφάλαιο II**

### **2. Παραδοσιακά Πρωτόκολλα Μεταφοράς και Επικοινωνίες Πολυμέσων**

Τα περισσότερο συνηθισμένα πρωτόκολλα μεταφοράς, είναι TCP του συνόλου πρωτοκόλλων του Διαδικτύου και TP4 του συνόλου πρωτοκόλλων OSI. Τα πρωτόκολλα αυτά έχουν σχεδιαστεί για αξιόπιστες επικοινωνίες δεδομένων σε δίκτυα με χαμηλό εύρος ζώνης και υψηλό ρυθμό σφαλμάτων. Το χαρακτηριστικό τους αυτό όμως τα κάνει να μην είναι κατάλληλα για λειτουργία σε υψηλές ταχύτητες ούτε για υποστήριξη multicast υπηρεσιών και QOS.

Η αποτελεσματική λειτουργία υπηρεσιών πραγματικού χρόνου προϋποθέτει την ύπαρξη ενός συνόλου μηχανισμών, που λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας των εφαρμογών και εξασφαλίζουν πως θα λειτουργούν μέσα στα επιθυμητά όρια.

Η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) ξεκίνησε στις αρχές του 1970 και χρησιμοποιήθηκε για τη διασύνδεση κεντρικών υπολογιστών (hosts) στο ARPANET, στο PRNET (packet radio) και στο SATNET (packet satellite). Αρχικά ο σχεδιασμός της έγινε λόγω του γεγονότος ότι τα τρία παραπάνω δίκτυα ήταν ετερογενή μεταξύ τους. Σήμερα, παρόλο που τα παραπάνω δίκτυα έχουν αποσυρθεί, τα TCP/IP πρωτόκολλα είναι τα πιο διαδεδομένα παγκοσμίως.

Κύριος στόχος του μοντέλου TCP/IP είναι να μπορεί να συνδέει με διάφανο τρόπο πολλαπλά δίκτυα, τα οποία πιθανώς θα χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανεξαρτησία και τη διάφανη λειτουργία των επιπέδων. Το βασικότερο επίπεδο του μοντέλου είναι το επίπεδο διαδικτύου (internet layer) που η δουλειά του είναι να επιτρέπει στους πελάτες να εισάγουν πακέτα στο δίκτυο σε οποιοδήποτε σημείο και στη συνέχεια αυτό αναλαμβάνει να τα αποστείλει στον προορισμό. Έτσι λοιπόν το TCP (Transmission control protocol) είναι υπεύθυνο για τη διάσπαση του μηνύματος σε datagrams και την επανασύνδεσή τους στο άλλο άκρο επαναστέλλοντας οτιδήποτε έχει χαθεί και ταξινομώντας τα στη σωστή σειρά. Το IP (Internet protocol) είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των datagrams. Ίσως



φαίνεται ότι το TCP κάνει όλη τη δουλειά. Στα μικρά δίκτυα, αυτό πράγματι συμβαίνει. Παρ' όλα αυτά στο Internet, το να φτάσει απλώς ένα datagram στον προορισμό του μπορεί να είναι μια δύσκολη δουλειά. Το datagram συνήθως πρέπει να περάσει από πολλά διαφορετικά είδη δικτύων όπου απαιτείται χειρισμός των ασυμβατοτήτων μεταξύ των διαφορετικών μέσων μετάδοσης. Το Interface μεταξύ του TCP και IP είναι σχετικά απλό. Το TCP απλά παραδίδει στο IP ένα datagram και τον προορισμό του. Το IP δεν γνωρίζει πως το datagram αυτό συνδέεται με το προηγούμενο ή το επόμενο του.

Τα διάφορα επίπεδα του TCP/IP σε σχέση με το μοντέλο αναφοράς OSI (το μοντέλο OSI φαίνεται στην εικόνα 2 στο παράρτημα I) φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

OSI Layering		TCP Layering
7. Application Layer		Application or process layer
6. Presentation Layer		
5. Session Layer		
4. Transport Layer		Host-to-host transport layer
3. Network Layer		Internetwork (IP)
2. Data Link Layer		Network Interface
1. Physical Layer		Physical Layer

**Πίνακας 1:** Τα επίπεδα του OSI και του TCP/IP

Μια ποιο αναλυτική περιγραφή των επιπέδων του TCP/IP μπορεί ο αναγνώστης να δει στο παράρτημα I της εργασίας.

Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε αναλυτικά τους λόγους για τους οποίους τα παραδοσιακά πρωτόκολλα TCP/UDP δεν είναι κατάλληλα για υψηλής ταχύτητας εφαρμογές πολυμέσων.

## 2.1 Αντιγραφή δεδομένων

Το κυριότερο πλεονέκτημα της διαστρωμάτωσης των δύο πρωτοκόλλων σε επίπεδα με την κατασκευή του δικτύου σε απλά διαχειρίσιμα στρώματα ή επίπεδα λειτουργιών και να επιτρέψουν συνεργασία ανάμεσα στα διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας των πρωτοκόλλων δημιουργεί και ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματά τους για εφαρμογές πολυμέσων. Βέβαια σε αυτό το σημείο πρέπει να κάνουμε ξεκάθαρο ότι αρχικά η υψηλή απόδοση δεν ήταν ανάμεσα στους στόχους

των πρωτοκόλλων με στρώματα όσο η καλύτερη διαχείριση των πακέτων μέσω των οποίων είχε αποφασιστεί ότι ήταν ο καλύτερος τρόπος για τη μετάδοση δεδομένων μέσω του διαδικτύου.

Η μεταγωγή πακέτων αυτή όμως και μειονεκτήματα σε σχέση με τη μεταγωγή μηνυμάτων. Κάθε πακέτο έχει ή μήνυμα πρέπει να περιέχει, πέρα από τα δεδομένα που στέλνει μια εφαρμογή σε μία άλλη, επιπλέον πληροφορίες ελέγχου. Οι πληροφορίες αυτές που βρίσκονται στην κεφαλίδα (header) περιλαμβάνουν την ταυτότητα του αποστολέα και του παραλήπτη, και ένα προσδιοριστή (identifier) πακέτου ή μηνύματος (π.χ., έναν αριθμό). Αφού η πληροφορία αυτή είναι σε μέγεθος η ίδια τόσο στην περίπτωση ενός μηνύματος όσο και στην περίπτωση ενός πακέτου, το ποσοστό πλεονάζουσας πληροφορίας για κάθε byte δεδομένων είναι υψηλότερο στην περίπτωση μεταγωγής πακέτων σε σχέση με τη μεταγωγή μηνυμάτων. Το αποτέλεσμα είναι να εισάγεται μια έμφυτη συμφόρηση στην επικοινωνία. Τα ακατέργαστα δεδομένα μετακινούνται από το ένα στρώμα στο άλλο και σε κάθε στρώμα υφίστανται επεξεργασία ξανά. Με αυτό τον τρόπο ένα νέο header ή trailer ή και τα δύο προστίθενται σε αυτά. Μαζί τους προστίθεται και το πλαίσιο δεδομένων και προωθείται από κάθε στρώμα. Αυτή η περιττή αντιγραφή συνεισφέρει στην καθυστέρηση του δικτύου. Είναι λογικό η αντιγραφή δεδομένων να είναι χρονοβόρα επειδή η προσπέλαση μνήμης είναι μια αργή διαδικασία συγκρινόμενη με την ταχύτητα της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας.

## **2.2 Πολυπλεξία με επίπεδα**

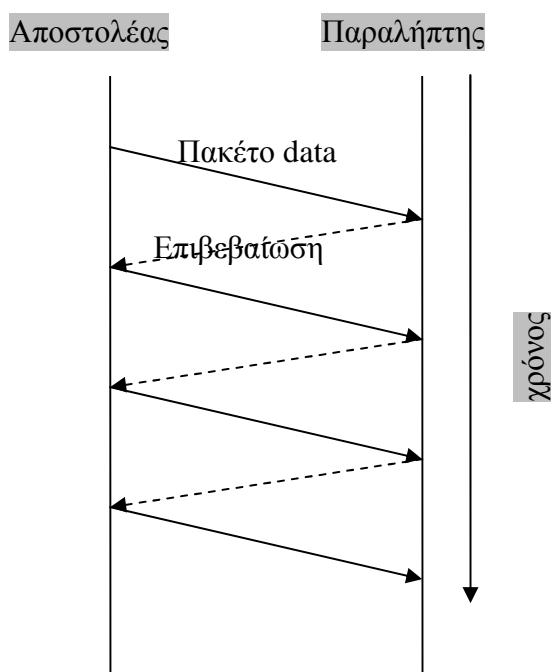
Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας χρησιμοποιούν τεχνικές πολυπλεξίας (multiplexing) και αποπλεξίας (demultiplexing) μέσα από τη δομημένη ιεραρχία. Με αυτό τον τρόπο όταν στέλνουμε ένα μήνυμα ο υπολογιστής πηγή (source computer) συμπεριλαμβάνει επιπλέον bits που κωδικοποιούν το τύπο του μηνύματος το αρχικό πρόγραμμα καθώς και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται. Τελικά όλα τα μηνύματα τοποθετούνται μέσα σε network frames για τη μεταφορά και συνδέονται σε μια ροή πακέτων. Από την άλλη μεριά ο υπολογιστής που λαμβάνει το μήνυμα χρησιμοποιεί επιπλέον πληροφορία για την επεξεργασία του μηνύματος [5]. Βέβαια το κύριο αποτέλεσμα της πολυπλεξίας είναι το ότι οι ανώτεροι πελάτες μοιράζονται

τους πόρους χαμηλότερου επιπέδου. Παρά το ότι τις περισσότερες φορές η πολυπλεξία είναι δικαιολογημένη δε συμβαίνει το ίδιο στη περίπτωση που πολλές συνδέσεις μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης. Τα κυριότερα σημεία στα οποία η πολυπλεξία και η αποπλεξία μειώνουν την αποδοτικότητα δίνοντας πολλά μειονεκτήματα στην όλη εφαρμογή τους, είναι ότι :

- Το γεγονός ότι διαφορετικές συνδέσεις αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο παρά το ότι μπορεί να έχουν διαφορετικές QOS (Quality of Service) απαιτήσεις δημιουργούν είτε σπατάλη πόρων είτε αδυναμία να ικανοποιήσουμε όλες τις QOS απαιτήσεις.
- Η πολυπλεξία και η αποπλεξία προσδίδουν χαμηλό throughput καθώς αυξάνουν την πολυπλοκότητα των στρωματοποιημένων πρωτοκόλλων.
- Οι ροές δεδομένων (stream of packets) σε διαφορετικές συνδέσεις επηρεάζουν η μία την άλλη, προκαλώντας καθυστέρηση στατιστικής πολυπλεξίας.

## 2.3 Έλεγχος ροής

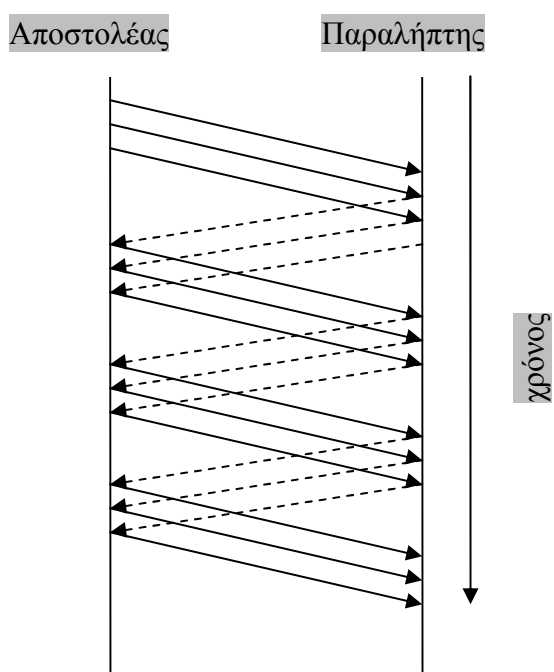
Το TCP είναι ένα παράδειγμα ενός πρωτοκόλλου ολισθαίνοντος παραθύρου (sliding window protocol). Αυτό που λαμβάνει χώρα είναι ότι η πηγή (source) περιλαμβάνει μια σειρά αριθμών με κάθε πακέτο data που στέλνει (ένα παράθυρο από bytes) και αυτά γυρνούν πίσω στην πηγή από τον παραλήπτη [4]. Το απλούστερο πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου απαιτεί κάθε πακέτο να επιβεβαιώνεται αμέσως προτού να μπορεί να σταλθεί το επόμενο όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Αυτό είναι γνωστό ως σταμάτα και περίμενε πρωτόκολλο (stop-and-wait protocol) επειδή ο αποστολέας πρέπει να περιμένει για την επιβεβαίωση προτού το επόμενο πακέτο να μπορεί να σταλθεί. Καθαρά ένα πρωτόκολλο stop-and-wait παρέχει ροή δεδομένων - αποτρέποντας τον αποστολέα να επικαλύπτει τον παραλήπτη- αλλά το σημαντικότερο είναι ότι χάνει σε επιδόσεις ειδικά εάν το ταξίδι μετ' επιστροφής (round-trip time ) είναι ιδιαίτερα μακρύ.



**Εικόνα 2.1.** Απλό σταμάτα και περίμενε (stop and wait) πρωτόκολλο.

Η χρησιμοποίηση ενός μεγαλύτερου παραθύρου επιτρέπει περισσότερα από ένα πακέτα να στέλνονται προτού μία επιβεβαίωση παραλαβής ληφθεί. Κάθε ένα από

τα TCP πακέτα επιβεβαίωσης (acknowledgment) περιλαμβάνει ένα παράθυρο παραλήπτη, που υποδεικνύει στην πηγή πόσες οκτάδες δεδομένων μπορούν να παραληφθούν οποιαδήποτε στιγμή καθώς και την υψηλότερη συνεχόμενη σειρά αριθμών από τα πακέτα δεδομένων. Ο αποστολέας από την άλλη επιτρέπεται να στείλει τόσα πακέτα ώστε να γεμίσει το παράθυρο πριν λάβει μια επιβεβαίωση (acknowledgment). Καθώς οι επιβεβαιώσεις έρχονται το ολισθαίνον παράθυρο γλιστρά επιτρέποντας περισσότερα δεδομένα να σταλθούν. Αυτή η διαδικασία φαίνεται στην *εικόνα 2.2* στην οποία το παράθυρο επιτρέπει ξεχωριστά πακέτα. Το μεγαλύτερο παράθυρο βελτιώνει την ποιότητα σε σύγκριση με ένα απλό stop-and-wait πρωτόκολλο.

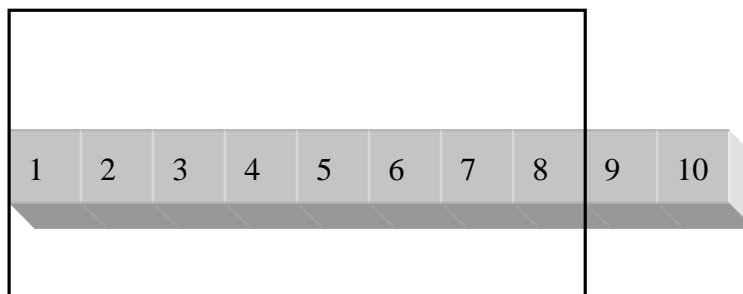


*Εικόνα 2.2. Χρησιμοποίηση ενός ολισθαίνοντος παραθύρου.*

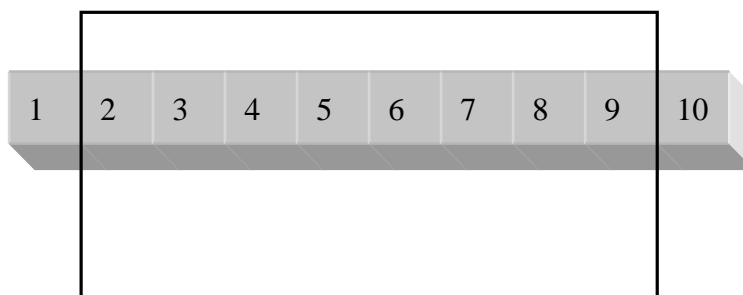
Στο παρακάτω σχήμα (*εικόνα 2.3*) μπορούμε να δούμε άλλη μια αναπαράσταση του ολισθαίνοντος παραθύρου. Αν παραδείγματος χάρι έχουμε μια σειρά πακέτων για μετάδοση το πρωτόκολλο τοποθετεί ένα μικρό σταθερού μεγέθους παράθυρο στη σειρά των πακέτων και μεταδίδει όλα τα πακέτα που υπάρχουν μέσα σε αυτό το παράθυρο. Το πρώτο μέρος της *εικόνας 2.3* δείχνει ένα παράδειγμα ολισθαίνοντος παραθύρου με ένα παράθυρο 8 πακέτων. Το δεύτερο μέρος της *εικόνας* δείχνει το παράθυρο να ολισθαίνει ώστε το πακέτο 9 να μπορεί να σταλθεί όταν μια επιβεβαίωση λήψης έχει γίνει για το πακέτο 1. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι μόνο τα πακέτα που δεν έχουν πάρει επιβεβαίωση λήψης

αναμεταδίδονται. Τεχνικά ο αριθμός των πακέτων που δεν λαμβάνουν επιβεβαίωση λήψης είναι συνάρτηση του μεγέθους του παραθύρου και περιορίζεται σε ένα μικρό αριθμό [3].

Αρχικό παράθυρο



Ολισθαίνων παράθυρο



*Εικόνα 2.3 Παράδειγμα ολισθαίνοντος παραθύρου.*

Βέβαια αναλογικά το μέγεθος ενός παραθύρου που χρησιμοποιεί το TCP είναι 64 kbytes οπότε το ταξίδι με επιστροφή είναι πολύ μικρότερο από τα 8 δευτερόλεπτα που χρειάζεται η μετάδοση αυτών των δεδομένων. Οπότε δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα με τη μετάδοση του ολισθαίνοντος παραθύρου. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για εφαρμογές πολυμέσων (video και ήχου) όπου ένας τέτοιος έλεγχος ροής δεν είναι και ο πλέον κατάλληλος.

Αυτό δεν ισχύει για μετάδοση υψηλής ταχύτητας, μιας και το μέγεθος παραθύρου είναι υπερβολικά μικρό και ο πομπός την περισσότερη ώρα θα περιμένει για την άδεια μετάδοσης από τον παραλήπτη. Το αποτέλεσμα θα είναι το εύρος ζώνης της μετάδοσης να μη χρησιμοποιείται πλήρως. Ακόμα με ταχύτητα υψηλής μετάδοσης το γινόμενο εύρους ζώνης και καθυστέρησης είναι πολύ μεγάλο. Για παράδειγμα, όταν θα έχουμε μια ταχύτητα μετάδοσης της τάξης των 10 Mbps με μια καθυστέρηση ταξιδιού μετ'επιστροφής των 300 ms, το γινόμενο εύρους ζώνης και

καθυστερήσης είναι  $10 \times 3 = 3$  Mbits. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο έλεγχος ροής ολισθαίνοντας παραθύρου δεν είναι αποτελεσματικός επειδή όταν ο παραλήπτης ανιχνεύει μια κατάσταση συμφόρησης και στέλνει μια προειδοποίηση στον πομπό, είναι ήδη πολύ αργά. Δηλαδή πριν να λάβει την προειδοποίηση ο πομπός, ακόμα μερικά Mbits δεδομένων θα μεταδοθούν, προκαλώντας συμφόρηση στο δίκτυο και/ή στον παραλήπτη. Με άλλα λόγια, με ένα μεγάλο γινόμενο εύρους ζώνης και καθυστέρησης, το μήνυμα που λαμβάνει ο πομπός δεν αντανακλά την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου και του παραλήπτη.

Το κυριότερο όμως είναι ότι ο έλεγχος ροής ολισθαίνοντας παραθύρου υποθέτει ότι ο ρυθμός μετάδοσης bits μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου και του παραλήπτη. Αυτό δεν είναι δυνατό για συνεχή μέσα, τα οποία πρέπει να στέλνονται με τον εσωτερικό τους ρυθμό δεδομένων. Για παράδειγμα, αν ένα σήμα ήχου δειγματοληπτείται με 8000 δείγματα ανά δευτερόλεπτο και 8 bits ανά δείγμα, 8000 τιμές δειγμάτων (ίσως με μια παραδεκτή μικρή διαφορά) πρέπει να μεταδίδονται και να λαμβάνονται κάθε δευτερόλεπτο για να έχει ο παραλήπτης σωστή αναπαραγωγή ήχου. Το δίκτυο είτε υποστηρίζει πλήρως αυτή την κυκλοφορία είτε δεν μεταδίδει καθόλου. Διακοπτόμενη μετάδοση και λήψη δεδομένων ήχου και εικόνας είναι άχρηστη για εφαρμογές πολυμέσων πραγματικού χρόνου. Γι' αυτό το λόγο ιδιαίτερα σε μεταδόσεις υψηλής ταχύτητας έχει αποδειχθεί ότι ο πιο κατάλληλος μηχανισμός ελέγχου ροής είναι ο έλεγχος βασισμένος στο ρυθμό. Βάση αυτού ο πομπός, το δίκτυο και ο παραλήπτης συμφωνούν πάνω σε ένα ρυθμό μετάδοσης bits. Τόσο όσον αφορά το μέσο ρυθμό, τον υψηλότερο ρυθμό κτλ. πριν τη μετάδοση δεδομένων. Όταν ο ρυθμός είναι αποδεκτός από όλες τις πλευρές, ο πομπός στέλνει με αυτό το ρυθμό, το δίκτυο παρέχει συγκεκριμένες εγγυήσεις για αυτή την κυκλοφορία, και ο παραλήπτης κατανέμει αρκετούς πόρους για να λαμβάνει και να παρουσιάζει τα δεδομένα στον καθορισμένο ρυθμό.

### *2.3.1 Επιπτώσεις για εφαρμογές πολυμέσων*

Η πλειονότητα της επικοινωνίας με ήχο ή με εικόνα μέσω δικτύων πακέτων (Packet Networks) – περισσότερο από 95% των οκτάδων που μεταδίδονται – χρησιμοποιούν το TCP ως πρωτόκολλο μεταφοράς. Επειδή όμως είναι θεμιτό για την διακίνηση των πολυμέσων να συνυπάρχει ειρηνικά με την υπόλοιπη κίνηση στο

δίκτυο η κίνηση των πολυμέσων πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα μηχανισμό ελέγχου ροής που θα είναι δίκαιος με το TCP.

Οι περισσότερες έρευνες έχουν δείξει ότι το TCP δεν είναι εντελώς δίκαιο πρωτόκολλο [4]. Μερικοί έχουν εκφράσει την άποψη ότι μια εφαρμογή πολυμέσων δεν πρέπει να είναι δίκαια με το TCP και πως είναι αποδεκτό για μια τέτοια εφαρμογή να πάρει περισσότερο από το δίκαιο της κομμάτι του εύρους ζώνης μετάδοσης. Μέχρι κάποιο σημείο αυτή η άποψη έχει κάποιο δίκιο, αλλά είναι σημαντικό να καταλάβουμε τα προβλήματα που μπορούν να ανακύψουν από μια τέτοια αδικία.

Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε ότι ένας χρήστης σερφάρει στο διαδίκτυο ενώ ακούει τον αγαπημένο του ραδιοφωνικό σταθμό online. Στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να υποστηριχθεί ότι η σωστή συμπεριφορά θα ήταν η ροή του ήχου να είναι περισσότερο επιθετική από τη ροή του TCP έτσι ώστε να «κλέβει» χωρητικότητα από τον φυλλομετρητή. Το αποτέλεσμα είναι ότι η μουσική δε σημειώνει καμία δυσλειτουργία αλλά τα downloads από το Web ανταποκρίνονται σε μικρότερο βαθμό. Σε πολλές περιπτώσεις αυτή είναι μια ιδιαίτερα αποδεκτή συμπεριφορά. Κατά τον ίδιο τρόπο ένας χρήστης ο οποίος στέλνει ένα ηλεκτρονικό μήνυμα (email) ενώ κάνει χρήση μιας τηλεφωνικής κλήσης μέσω IP (voice-over-IP) συνήθως προτιμά να σταλθεί το email του πιο αργά από το να έχει κάποιο πρόβλημα επικοινωνίας ή ακόμη και διακοπή, στην τηλεφωνική του συνομιλία.

Αυτή όμως η προτεραιότητα των πολυμέσων έναντι στην κίνηση άλλων δεδομένων, έσω TCP δεν μπορεί να εγγυηθεί. Ίσως ο χρήστης στέλνει μια προσφορά σε μια online δημοπρασία ή ακόμα πραγματοποιεί μια συναλλαγή μέσω του χρηματιστηρίου για τις οποίες είναι ζωτικό η συναλλαγή του να πραγματοποιηθεί αμέσως. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι χρήστες θα είναι πολύ λίγο ευχαριστημένοι εάν ο online ραδιοφωνικός τους σταθμός καθυστερήσει τη TCP κίνηση.

Για αυτούς τους λόγους εάν η εφαρμογή ενός χρήστη είναι μεγαλύτερης προτεραιότητας από την κανονική κίνηση αυτή η προτεραιότητα πρέπει να στέλνεται μέσω σήματος στο δίκτυο παρά να αποφασίζει για αυτόν ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Εφαρμογές οι οποίες προορίζονται για το ευρύ κοινό που χρησιμοποιεί το Internet πρέπει να χρησιμοποιούν μια φιλική μορφή ελέγχου ροής προς το πρωτόκολλο.



## 2.4 Έλεγχος λαθών

Ο κυριότερος παράγοντας που βάζει κάποια όρια στη χρησιμοποίηση της επαναμετάδοσης είναι ο χρόνος καθυστέρησης της αίτησης για επαναμετάδοση των δεδομένων. Παίρνει τουλάχιστον το χρόνο ενός κυκλικού ταξιδιού για να φτάσει η αίτηση της επαναμετάδοσης των δεδομένων στον αποστολέα και το επαναμεταδομένο πακέτο να φτάσει ξανά στον παραλήπτη. Αυτή η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάσει τις διαδραστικές (interactive) εφαρμογές επειδή ο χρόνος ο οποίος μπορεί να περάσει για την επαναμετάδοση μπορεί να ξεπερνά τα ανεκτά όρια καθυστέρησης ενός πακέτου. Για streaming καθώς και άλλες εφαρμογές όπου τα χρονικά όρια καθυστέρησης είναι λιγότερο περιορισμένα η επαναμετάδοση μπορεί να είναι αποτελεσματική [8].

Μπορεί με τον τρόπο της αναμετάδοσης των δεδομένων τα πρωτόκολλα TCP και TP4 να παρέχουν αξιόπιστη επικοινωνία δεδομένων όταν κάποιο πακέτο χάνεται ή αλλοιώνεται, όμως αυτή η στρατηγική δεν είναι κατάλληλη για επικοινωνίες πολυμέσων. Οι κυριότεροι λόγοι αφορούν την ανεκτικότητα των εφαρμογών αυτών σε λάθη, τη καθυστέρηση λόγω της επαναμετάδοσης και την πολυπλοκότητα της σχεδίασης. Έτσι αρχικά αναφέρουμε ότι τα δεδομένα πολυμέσων είναι ανεκτά κάποια λάθη ή απώλειες. Δεύτερον η επαναμετάδοση προκαλεί καθυστέρηση στα επόμενα δεδομένα, με αποτέλεσμα ο παραλήπτης να λαμβάνει περισσότερα άχρηστα δεδομένα μιας και σε συνεχή ροή δεδομένων η εφαρμογή δε πρόκειται να μεταδώσει ενδιάμεσα τα χαμένα πακέτα. Τελευταία όσον αφορά την υλοποίηση της στρατηγικής επαναμετάδοσης, αυτή απαιτεί κάποιον αριθμό χρονομέτρων (timers) και μεγάλες ενδιάμεσες μνήμες (buffers), καθιστώντας έτσι το πρωτόκολλο μεταφοράς πολύπλοκο και αργό.

Η επαναμετάδοση επιτρέπει στον παραλήπτη να ζητήσει επιδιόρθωση μόνο εκείνων των πακέτων τα οποία έχουν χαθεί και του επιτρέπει να αποδεχτεί χάσιμο ορισμένων πακέτων. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μια πολύ αποτελεσματική επιδιόρθωση, δεδομένο ότι πληρούνται κάποιες καταστάσεις. Αλλά η επαναμετάδοση κρίνεται μη αποτελεσματική σε ορισμένες περιπτώσεις όπως :

- Κάθε αίτηση επαναμετάδοσης χρησιμοποιεί κάποιο εύρος ζώνης. Όταν ο ρυθμός απώλειας πακέτων είναι χαμηλός το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται από τις αιτήσεις είναι μικρό, αλλά όταν οι απώλειες γίνονται περισσότερο συχνές το ποσοστό του εύρους ζώνης που καταναλώνεται από τις αιτήσεις αυξάνει.
- Εάν το πλήθος των παραληπτών των πακέτων είναι μεγάλο και πολλοί παραλήπτες έχουν την ίδια απώλεια πακέτων, μπορεί όλοι οι παραλήπτες να ζητήσουν επαναμετάδοση των απολεσθέντων πακέτων μαζί. Πολλές αιτήσεις θα χρησιμοποιήσουν και μεγάλο ποσοστό του εύρους ζώνης με αποτέλεσμα οι αιτήσεις να ξεπεράσουν τις δυνατότητες για αποστολή των δεδομένων από τον αποστολέα.
- Αν το πλήθος των παραληπτών είναι μεγάλο και κάθε παραλήπτης βλέπει διαφορετικά πακέτα απολεσθέντα, ο αποστολέας θα πρέπει να αναμεταδώσει το μεγαλύτερο μέρος των πακέτων ακόμα και αν κάθε παραλήπτης έχει χάσει μόνο ένα μικρό μέρος τους.

Η επαναμετάδοση λειτουργεί καλύτερα όταν ο αριθμός των παραληπτών είναι μικρός και ο ρυθμός απώλειας πακέτων είναι σχετικά χαμηλός. Όταν ο αριθμός των παραληπτών ή ο ρυθμός απώλειας πακέτων αυξάνεται η αίτηση για επαναμετάδοση των απολεσθέντων πακέτων γίνεται μη αποτελεσματική.

Για παράδειγμα ο Handley στο [9] παρατήρησε ότι σε ένα σύνολο παραληπτών στο οποίο τα περισσότερα πακέτα είχαν απολεσθεί από ένα μόνο παραλήπτη, ζητούνταν επαναμετάδοση για σχεδόν κάθε ένα πακέτο δεδομένων που μεταδιδόταν. Το αποτέλεσμα ήταν να αυξηθεί κατά πολύ μέγεθος του εύρους ζώνης που θα χρησιμοποιούνταν. Λύσεις σε αυτό το πρόβλημα θα ήταν εάν χρησιμοποιούνταν κώδικας διόρθωσης σφαλμάτων ή μιας επιλεκτικής επαναμετάδοσης. Εάν όμως ο

κώδικας διόρθωσης σφαλμάτων χρησιμοποιούνταν, σύμφωνα με τον οποίο στέλνονται και άλλες πληροφορίες, ώστε να καθίσταται δυνατή η διόρθωση σφαλμάτων στον παραλήπτη χωρίς να υπάρχει ανάγκη για επαναμετάδοση, θα υπήρχε το εμφανές μειονέκτημα της κατανάλωσης επιπροσθέτου εύρους ζώνης.

Όταν απαιτείται επαναμετάδοση, μια επιλεκτική επαναμετάδοση είναι προτιμότερη από μια στρατηγική N-οπισθοδρόμησης. Με αυτό τον τρόπο στην επιλεκτική επαναμετάδοση, μόνο τα χαμένα πακέτα ή τα πακέτα με λάθη επαναμεταδίδονται. Έτσι όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως σε μια τεχνική N-οπισθοδρόμησης, επαναμεταδίδονται όλα τα πακέτα από το τελευταίο λάθος ή απώλεια, παρόλο που τα περισσότερα πακέτα έχουν φτάσει σωστά στον προορισμό τους. Για παράδειγμα, αν ο πομπός έχει στείλει σειριακά τα πακέτα 100 μέχρι 300 και ο παραλήπτης ανιχνεύσει ότι το πακέτο 180 έχει αλλοιωθεί, τότε πρέπει να γίνει επαναμετάδοση όλων των πακέτων από τον πομπό από το 180 μέχρι το 300 ξανά. Κάτι που όπως είναι ξεκάθαρο μόνο πρόβλημα μπορεί να προκαλέσει.

Όμως το αναμεταδοτημένο πακέτο δεν πρέπει να είναι ακριβώς το ίδιο με το αυθεντικό πακέτο. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει την επαναμετάδοση να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου οτιδήποτε άλλο δε θα ήταν εξίσου αποτελεσματικό. Και αυτό γιατί ο αποστολέας μπορεί να απαντήσει σε αιτήσεις στέλνοντας ένα πακέτο επιδιόρθωσης παρά ένα ίδιο με αυτό το οποίο μεταδόθηκε αρχικά. Το γεγονός ακόμα ότι το αναμεταδοτημένο πακέτο και τα αρχικά πακέτα δε χρειάζεται να είναι τα ίδια επιτρέπει επίσης την κάλυψη πολλαπλών λαθών με την αναμετάδοση ενός και μόνο πακέτου επιδιόρθωσης σφαλμάτων.

## **2.5 Έλλειψη QOS (ποιότητα παροχής υπηρεσιών) υποστήριξης**

Σε ένα διαδίκτυο όπου η κυκλοφορία πακέτων δεν ακολουθεί μια προκαθορισμένη διαδρομή, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ρυθμιστούν ώστε οι υπηρεσίες που παρέχονται να ανταποκρίνονται στην ποιότητα που απαιτούν οι χρήστες και οι εφαρμογές. Ο λόγος είναι προφανής : όταν μεταβάλλεται η διαδρομή κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, δε καθίσταται δυνατή η δέσμευση δικτυακών πόρων και δεν υπάρχει άμεση δυνατότητα διαπραγμάτευσης με το δίκτυο

για την τιμή της καθυστέρησης (η οποία μεταβάλλεται αφού μεταβάλλεται η διαδρομή και αφού ο φόρτος των δρομολογητών δεν μπορεί να προκαθοριστεί) [10].

Η ποιότητα παροχής υπηρεσιών στο Internet είναι μεταξύ διαφορετικών μηχανισμών σε διαφορετικά στρώματα των πρωτοκόλλων ειδικότερα όσον αφορά τις υπηρεσίες πολυμέσων. Οι περισσότερες από αυτές τις υπηρεσίες δε προσφέρουν κλειστές εγγυήσεις, παρά μόνο σύνορα ή σχετικά όρια των υπηρεσιών σύμφωνα με ορισμένα κριτήρια όπως η καθυστέρηση και η απώλεια. Αυτή η προσέγγιση είναι σαφώς διαφορετική στις βάσεις της, από το σενάριο της υπηρεσίας του παραδοσιακού δημόσιου δικτύου (public network) το οποίο εγγυούνταν μη διακεκομμένη και μη παρενοχλημένη χρήση του δικτύου με συγκεκριμένο εύρος και προβλεπόμενη καθυστέρηση που καθορίζεται από τη σήμανση ελέγχου. Τη διαφορά μπορεί να την καταλάβει κάποιος λιγότερο καθώς το internet απορροφά τον έλεγχο της κίνησης που αναπτύχθηκε έναν αιώνα πριν από το δίκτυο τηλεφώνου. Για να καταλάβουμε και να επιτευχτεί ποιότητα παροχής υπηρεσιών στο internet πολυμέσων (multimedia Internet) όλοι οι εμπλεκόμενοι διαχειριστικά φορείς θα πρέπει να αναπτύξουν μια ή περισσότερα από αυτές τις υπηρεσίες QOS [11].

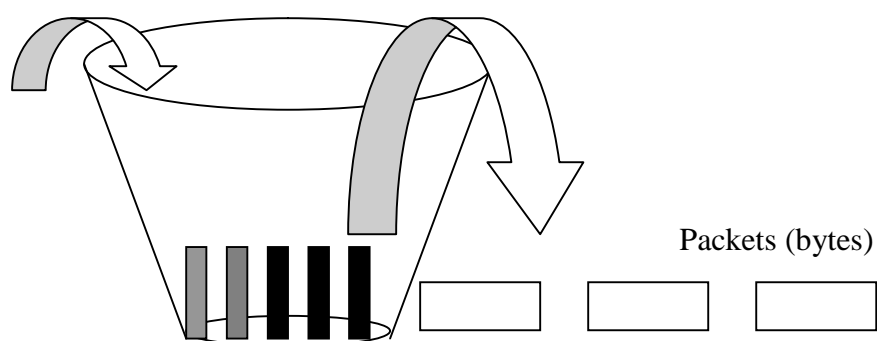
Ο όρος ποιότητα παροχής υπηρεσιών αναφέρεται συνήθως σε εφαρμογές πολυμεσικών εφαρμογών, οι οποίες έχουν απαιτήσεις για περιορισμένη καθυστέρηση και υψηλές ταχύτητες. Όμως είναι ακριβώς έτσι μιας και στην πράξη η ποιότητα παροχής υπηρεσιών αφορά όλες τις εφαρμογές. Έχοντας λοιπόν διαφορετικές απαιτήσεις ανά εφαρμογή ή ανά ομάδα εφαρμογών ο ορισμός της ποιότητας παροχής υπηρεσιών διαφοροποιείται αναλόγως.

Για αυτούς τους λόγους η μέτρηση της ποιότητας παροχής υπηρεσιών για κάποιες εφαρμογές είναι λιγότερο σημαντική και για κάποιες άλλες περισσότερο σημαντική. Για παράδειγμα μια εφαρμογή μετάδοσης δεδομένων πραγματικού χρόνου απαιτεί μικρή καθυστέρηση και σταθερό ρυθμό μετάδοσης, χωρίς πολλές αυξομειώσεις ροής. Αντίθετα μια μεταφορά ενός αρχείου εικόνων/φωνής που δε θα χρησιμοποιηθεί άμεσα απαιτεί κυρίως υψηλή αξιοπιστία. Ενώ λοιπόν σε μια εφαρμογή πραγματικού χρόνου θα προτιμούσαμε ακόμα και να χάσουμε μερικά πίξελ (εικονοστοιχεία) προκειμένου να μειώσουμε την καθυστέρηση που προκαλεί η επαναμεταφορά δεδομένων, σε μια εφαρμογή καθυστερημένης μετάδοσης θα μας ενδιέφερε περισσότερο η ποιότητα π.χ. της εικόνας, δηλαδή η μεταφορά όλων των

εικονοστοιχείων, έστω και αν αυτό απαιτούσε περισσότερο χρόνο για τη μεταφορά τους.

Βέβαια ανάλογα με το πεδίο αναφοράς κάποιος μπορεί να αναφερθεί σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης της ποιότητας. Έτσι από τη σκοπιά του δικτύου την ταχύτητα την καθυστέρηση διάδοσης και την αξιοπιστία ως βασικές παραμέτρους της ποιότητας. Από τη σκοπιά των εφαρμογών θεωρούμε τις παραμέτρους πραγματική απόδοση (Goodput), καθυστέρηση (Delay) και διαβάθμιση μεταβολή της καθυστέρησης (jitter). Από τη σκοπιά του σχεδιασμού των πρωτοκόλλων στοχεύουμε σε ομαλότητα μετάδοσης δεδομένων, ανταποκριτικότητα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του δικτύου, φιλικότητα προς τις άλλες εφαρμογές και πιθανώς εξοικονόμηση πόρων ενέργειας από την επικοινωνία εφόσον αυτή γίνεται από φορητές συσκευές με μπαταρία.

Υπάρχουν πολλοί μηχανισμοί υποστήριξης ποιότητας παροχής υπηρεσιών σε όλα τα επίπεδα αρχιτεκτονικής του διαδικτύου. Στο πεδίο της μεταφοράς ο κάδος κουπονιών (token bucket) χρησιμοποιείται κυρίως για εφαρμογές που η ροή δεδομένων τους δεν μπορεί να περιγραφεί μόνο με μια τιμή αλλά η ροή αυτή δεν είναι σταθερή και κυμαίνεται μεταξύ κάποιων ορίων. Ο μηχανισμός αυτός (token bucket) *εικόνα 2.4* είναι στην ουσία ένα φίλτρο που ομαλοποιεί την κυκλοφορία των δεδομένων με βάση δυο παραμέτρους: το βάθος του κάδου και το ρυθμό εισροής των κουπονιών.



***Εικόνα 2.4** Κάδος κουπονιών. Προκειμένου να στείλουμε 3 πακέτα πρέπει να «ζοδέψουμε» 3 κουπόνια.*

Φανταστείτε λοιπόν έναν κάδο στον οποίο βάζουμε κουπόνια με κάποιο ρυθμό και μπορούμε να στείλουμε δεδομένα μόνον εφόσον έχουμε αρκετά κουπόνια στον κάδο, αντίστοιχα προς τα δεδομένα που έχουμε να στείλουμε με τους περιορισμούς του ότι δε μπορούμε να βάλουμε περισσότερα κουπόνια στον κάδο από αυτά που χωράει και ότι δε μπορούμε να στείλουμε δεδομένα χωρίς να έχουμε την αντίστοιχη ποσότητα σε κουπόνια.

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε σε ένα παράδειγμα που βάση ερευνών έχει αποδειχθεί η υστέρησης του πρωτοκόλλου TCP/IP είναι σημαντική στην κυκλοφορία εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Αρχικά θεωρούμε ότι έχουμε ένα κάδο κουπονιών που καθορίζει τη ροή δεδομένων έτσι ώστε αυτή να συνάδει με τις δυνατότητες του δικτύου. Θεωρούμε επίσης ότι αυτή η εφαρμογή υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP/IP. Καθώς ήδη είδαμε το πρωτόκολλο αυτό διαθέτει μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης που αναγκάζουν τον αποστολέα να μειώσει δραστικά τη ροή των δεδομένων. Υπάρχει όμως το ενδεχόμενο να έχουμε διαθέσιμα κουπόνια στον κάδο και να μη μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε, γιατί το TCP μας υποχρεώνει σε πιο συντηρητική στρατηγική από ότι μας υποδεικνύει το επίπεδο εφαρμογής. Λόγω βέβαια αυτής της στρατηγικής πολλές πολυμεσικές εφαρμογές χρησιμοποιούσαν ως πρόσφατα το πρωτόκολλο UDP ως πρωτόκολλο μεταφοράς [10]. Ακόμη και το TP4 επιτρέπει QoS διαπραγμάτευση παραμέτρων. Αλλά οι παράμετροι είναι προσανατολισμένες προς τα δεδομένα και την επικοινωνία και δεν είναι αρκετές ή κατάλληλες για επικοινωνίες πολυμέσων.

Πιο συγκεκριμένα έχει μετρηθεί ότι μέσα από ένα σύνολο πρωτοκόλλων που σύγκρινε την απόδοση αυτών σε σχέση με την ικανότητά τους να καταναλώνουν κουπόνια από το κάδο σε τακτά χρονικά διαστήματα ότι το πρωτόκολλο TCP υστερεί σημαντικά σε σχέση με τα υπόλοιπα. Έτσι ένα μεγάλο μέρος κουπονιών παραμένει αχρησιμοποίητο, κάτι που σημαίνει ότι και η ροή κουπονιών ξεπέρασε τη δυνατότητα ροής του TCP.

## **2.6 Σύγκριση των πρωτοκόλλων UDP TCP**

Πριν περάσουμε στην παράθεση των πρωτοκόλλων για μεταφορά σε πραγματικό χρόνο έχει ενδιαφέρον να δούμε γιατί όταν πρόκειται για τέτοιες μεταδόσεις, από τα πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς (Internet Transmission

protocols) προτιμάται το UDP (User Datagram Protocol) έναντι του TCP (Transmission Control Protocol).

Οι περισσότερες ανταλλαγές αρχείων στο δίκτυο χρησιμοποιούν το TCP ώστε να διασφαλίζεται η παράδοση ακόμη και του τελευταίου bit. Όταν όμως έρχεται η ώρα να μεταδοθούν πολυμέσα, το TCP δημιουργεί ανεπιθύμητες καθυστερήσεις καθώς προσπαθεί να παραδίσει τα πακέτα με τη σειρά που ξεκίνησαν και χωρίς το παραμικρό λάθος. Το UDP από την άλλη εγκαταλείπει την διόρθωση λαθών που κάνει το TCP και επιτρέπει να αποβάλλονται τα πακέτα που έρχονται καθυστερημένα ή χαλασμένα. Παρόλη την προοπτική λαθών και χαμένων πακέτων το UDP λειτουργεί καλύτερα με τον ήχο αφού αν ένα κομμάτι λείπει δεν θα το ακούσεις αλλά το κύμα των πακέτων ήχου θα συνεχίσει να έρχεται.

Ένα μεγάλο μειονέκτημα του πρωτοκόλλου UDP είναι ότι πολλά δίκτυα έχουν προστατευτικά επίπεδα (firewalls) που δεν επιτρέπουν τη διέλευση πακέτων με περιεχόμενο UDP. Έτσι κάποιιοι χρήστες δεν θα μπορούν να έχουν πρόσβαση στο περιεχόμενο και όχι μόνο αυτό, αλλά το δίκτυο θα έχει επιβαρυνθεί χωρίς λόγο, μέχρι τα πακέτα να φτάσουν από το server στο firewall όπου και θα σταματήσουν.

Γνωρίζοντας ότι η τεχνολογία μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο είναι σχετικά πρόσφατη είναι απόλυτα φυσιολογικό να μην έχουν οριστικοποιηθεί ακόμη τα πρότυπα που αφορούν σε αυτή. Παρ' όλα αυτά έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες τυποποίησης. Πιο κάτω στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρουμε πληροφορίες για τα απαραίτητα και ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα.

Βέβαια το πρωτόκολλο IP που χρησιμοποιείται στο διαδίκτυο σήμερα παρέχει υπηρεσίες βέλτιστης προσπάθειας για όλα τα δεδομενογράμματα που διακινεί. Με άλλα λόγια το διαδίκτυο κάνει ότι καλύτερο μπορεί για να μεταφέρει κάθε δεδομένογράμμα από τον αποστολέα στον παραλήπτη όσον το δυνατόν γρηγορότερα, αλλά δεν υπόσχεται τίποτα σχετικά με την καθυστέρηση ενός μεμονωμένου πακέτου από άκρο σε άκρο. Παρόμοια, δε δίνει υποσχέσεις σχετικά με τη διακύμανση της καθυστέρησης κατά τη μετάδοση πακέτων. Επειδή τα πρωτόκολλα TCP και UDP λειτουργούν επάνω από το IP, προκύπτει ότι κανένα από αυτά τα πρωτόκολλα μεταφοράς δε παρέχει εγγυήσεις σχετικά με τη καθυστέρηση στις εφαρμογές που τα χρησιμοποιούν. Επειδή δε γίνεται καμία προσπάθεια για την έγκαιρη παράδοση των πακέτων, η ανάπτυξη πολυμεσικών δικτυακών εφαρμογών για το διαδίκτυο είναι πραγματική πρόκληση. Μέχρι σήμερα η μετάδοση πολυμέσων μέσω διαδικτύου είχε σημαντική αλλά περιορισμένη επιτυχία. Για παράδειγμα η μετάδοση αποθηκευμένου

ήχου/βίντεο με συνεχή ροή, όπου οι οφειλόμενες στην αλληλεπίδραση με το χρήστη καθυστερήσεις κυμαίνονται μεταξύ πέντε και δέκα δευτερολέπτων, είναι πλέον πολύ διαδεδομένη στο διαδίκτυο. Ωστόσο σε περιόδους αιχμής, όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται σημαντικά, η απόδοση μπορεί να μην είναι ικανοποιητική, κυρίως όταν υπάρχει συμφόρηση στις ενδιάμεσες συνδέσεις [11].



## **Κεφάλαιο III**

### **3. Δικτυακές Εφαρμογές Πολυμέσων.**

**Ο**ι απαιτήσεις εξυπηρέτησης των εφαρμογών μπορούν να συγκεκριμενοποιηθούν σε δύο βασικούς άξονες. Στον άξονα που αφορά τα θέματα χρονισμού και σε εκείνον που αφορά την ανοχή στην απώλεια δεδομένων.

Τα θέματα χρονισμού είναι σημαντικά επειδή πολλές εφαρμογές πολυμέσων επιδεικνύουν εξαιρετική ευαισθησία στην καθυστέρηση. Σε πολλές όμως εφαρμογές πολυμέσων τα πακέτα καθυστερούν να φτάσουν από τον αποστολέα στον παραλήπτη περισσότερο από μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου καθιστώντας τα ουσιαστικά άχρηστα. Από την άλλη οι δικτυακές εφαρμογές πολυμέσων είναι σε μεγάλο βαθμό ανθεκτικές στις απώλειες. Η περιστασιακή απώλεια δεδομένων προκαλεί μικρά σποραδικά προβλήματα στην αναπαραγωγή ήχου/βίντεο, ενώ συνήθως οι απώλειες αυτές μπορούν να αποκρύπτονται, είτε πλήρως είτε εν μέρει. Αυτά τα δυο χαρακτηριστικά είναι σαφώς διαφορετικά από τα χαρακτηριστικά των ελαστικών εφαρμογών όπως το Web, το email, το ftp και το TELNET. Για μια ελαστική εφαρμογή οι μεγάλες καθυστερήσεις είναι μεν ενοχλητικές αλλά όχι ιδιαίτερα καταστροφικές, ενώ η ακεραιότητα και η πληρότητα των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας.

Το διαδίκτυο διακινεί μεγάλη ποικιλία συναρπαστικών εφαρμογών πολυμέσων, όπως συνεχή ροή αποθηκευμένου ήχου/βίντεο (streaming stored audio/video), συνεχή ροή ζωντανού ήχου/βίντεο (streaming live audio/video) και διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης ήχου/βίντεο σε πραγματικό χρόνο.

#### **3.1 Μετάδοση αποθηκευμένου ήχου/βίντεο με συνεχή ροή (streaming stored audio/video)**

Σε αυτή τη κατηγορία εφαρμογών, οι πελάτες ζητούν κατά απαίτηση (on-demand) αρχεία συμπίεσμένου ήχου ή βίντεο τα οποία είναι αποθηκευμένα σε εξυπηρετητές. Ένα τέτοιο αρχείο θα μπορούσε, για παράδειγμα, να περιέχει το ηχητικό υλικό από μια διάλεξη ενός καθηγητή, τραγούδια, αρχειοθετημένο υλικό από

δημοφιλείς ραδιοφωνικές εκπομπές, ή αρχεία ιστορικών ηχογραφήσεων. Από την άλλη ένα αρχείο βίντεο θα μπορούσε να περιέχει βιντεοσκοπημένο υλικό από διάφορες εκδηλώσεις, ταινίες, τηλεοπτικές εκπομπές, ντοκιμαντέρ, αρχειοθετημένες βιντεοσκοπήσεις ιστορικών συμβάντων, κινούμενων σχεδίων ή βιντεοκλίπ. Αυτή η κατηγορία εφαρμογών έχει τρία προσδιοριστικά χαρακτηριστικά:

- Αποθηκευμένα μέσα (stored media). Το περιεχόμενο πολυμέσων είναι προκαταγεγραμμένο και αποθηκευμένο σε ένα εξυπηρετητή. Σαν αποτέλεσμα ο χρήστης μπορεί να διακόπτει προσωρινά την αναπαραγωγή και να μεταβαίνει στην αρχή ή στο τέλος του υλικού από οποιοδήποτε σημείο. Ο αποδεκτός χρόνος απόκρισης για μια τέτοια αίτηση ενός πελάτη από τη στιγμή που γίνεται μέχρι την ικανοποίησή της θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ ενός και δέκα δευτερολέπτων ώστε να μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτός χρόνος απόκρισης.
- Μετάδοση με συνεχή ροή (streaming). Σε μια εφαρμογή μετάδοσης αποθηκευμένου ήχου/βίντεο με συνεχή ροή ο πελάτης ξεκινά την αναπαραγωγή του ήχου/βίντεο λίγα δευτερόλεπτα αφού αρχίσει να λαμβάνει το αρχείο από τον εξυπηρετητή. Αυτό σημαίνει ότι ο πελάτης θα αναπαράγει τον ήχο/βίντεο από κάποιο σημείο του αρχείου, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει επόμενα τμήματα του αρχείου από τον εξυπηρετητή. Αυτή τη στιγμή υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός προϊόντων για τη μετάδοση πολυμέσων με συνεχή ροή όπως το Real player της Realnetworks, Quicktime της Apple, και Windows media της Microsoft.
- Συνεχής αναπαραγωγή ( continuous playout ). Αφού ξεκινήσει η αναπαραγωγή του περιεχομένου, προχωρά σύμφωνα με τις χρονικές ρυθμίσεις της αρχικής εγγραφής. Αυτό θέτει σημαντικούς περιορισμούς όσον αφορά στην καθυστέρηση της παράδοσης των δεδομένων. Τα δεδομένα πρέπει να λαμβάνονται έγκαιρα από τον εξυπηρετητή για να είναι δυνατή η συνεχής αναπαραγωγή του περιεχομένου στον πελάτη.

### **3.2 Συνεχής ροή ζωντανού ήχου και βίντεο**

Αυτή η κατηγορία εφαρμογών είναι παρόμοια με τις παραδοσιακές και ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, εκτός από το γεγονός ότι η μετάδοση γίνεται μέσω του διαδικτύου. Αυτές οι εφαρμογές δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να λαμβάνει ζωντανή ραδιοφωνική ή τηλεοπτική μετάδοση από οποιαδήποτε γωνιά του κόσμου. Το μειονέκτημα είναι ότι εφόσον η μετάδοση ζωντανού ήχου και βίντεο δεν αποθηκεύεται, ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να κινηθεί γρήγορα προς τα εμπρός στο περιεχόμενο. Όπως και με τη μετάδοση αποθηκευμένου περιεχομένου πολυμέσων, απαιτείται συνεχής αναπαραγωγή, αν και οι χρονικοί περιορισμοί είναι λιγότερο ανελαστικοί από ότι στις διαδραστικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Γι' αυτό το λόγο καθυστερήσεις έως μερικές δεκάδες δευτερολέπτων από τη στιγμή που ο χρήστης ζητά την παράδοση αναπαραγωγή μιας ζωντανής μετάδοσης μέχρι τη στιγμή που θα ξεκινήσει η αναπαραγωγή στο σύστημά του, είναι ανεκτές.

### **3.3 Διαδραστικές Εφαρμογές μετάδοσης Ήχου και Βίντεο σε πραγματικό χρόνο**

Αυτή η κατηγορία εφαρμογών δίνει στους ανθρώπους τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν ήχο και εικόνα βίντεο για να επικοινωνούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Οι διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης ήχου μέσω διαδικτύου σε πραγματικό χρόνο αναφέρονται συχνά ως τηλεφωνία μέσω διαδικτύου δεδομένο ότι από την άποψη του χρήστη μοιάζουν πολύ με τις συμβατικές υπηρεσίες τηλεφωνίας που βασίζονται στα δημόσια δίκτυα μεταγωγής κυκλωμάτων. Το “τηλέφωνο μέσω διαδικτύου” έχει τη δυνατότητα να παρέχει υπηρεσίες τοπικής και υπεραστικής τηλεφωνίας με πολύ χαμηλό κόστος, καθώς και να χρησιμοποιηθεί σαν υποκατάστατο ενός τηλεφωνικού κέντρου σε εταιρίες με την κατάλληλη δικτυακή υποδομή.

Μπορεί επίσης να διευκολύνει τη χρήση νέων υπηρεσιών οι οποίες δεν υποστηρίζονται εύκολα από τα παραδοσιακά δίκτυα μεταγωγής κυκλωμάτων, όπως π.χ. ενοποίηση Web τηλεφώνου, επικοινωνία μεταξύ ομάδων σε πραγματικό χρόνο, υπηρεσίες καταλόγου, φιλτράρισμα κλήσεων και άλλα. Σήμερα ένα πλήθος από εφαρμογές κάνει χρήση των διασπαστικών εφαρμογών μετάδοσης βίντεο σε

πραγματικό χρόνο – βιντεοδιασκέψεων (videoconferencing) – όπου οι άνθρωποι μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους όχι μόνο λεκτικά αλλά και οπτικά. Πρόγραμμα που υποστηρίζει τέτοιες υπηρεσίες και είναι ευρύ γνωστό σήμερα είναι το Microsoft Netmeeting. Για τη διεξαγωγή μιας συνομιλίας μεταξύ πολλών συμμετεχόντων, το διάστημα από τη στιγμή που μιλάει ή κινείται ένας συμμετέχων μέχρι να γίνει εμφανής αυτή η ενέργεια του στα συστήματα των άλλων συμμετεχόντων θα πρέπει να είναι μικρότερο από μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου. Για την μετάδοση φωνής καθυστερήσεις μικρότερες από 150 χιλιοστά του δευτερολέπτου δεν γίνονται αντιληπτές από τον ακροατή, καθυστερήσεις μεταξύ 150 και 400 χιλιοστών του δευτερολέπτου θεωρούνται αποδεκτές και καθυστερήσεις που ξεπερνούν τα 400 χιλιοστά του δευτερολέπτου μπορεί να καταλήξουν σε δυσχερή – ή μη εφικτή – συνομιλία.

### **3.4 Ταξινόμηση Των Εφαρμογών Πολυμέσων**

#### *3.4.1 Ένας Χρήστης*

Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, σχεδόν όλες οι εφαρμογές των πολυμέσων αφορούσαν έναν μόνο χρήστη (αυτόνομα πολυμέσα). Οι πρώτες από αυτές ήταν εξειδικευμένα συστήματα εκπαίδευσης, παροχής πληροφοριών ή πωλήσεων (CBT-Computer Based Training, POI-Points Of Information, POS-Points Of Sales). Στη συνέχεια, με την αύξηση των δυνατοτήτων των προσωπικών υπολογιστών και την καθιέρωση του CD-ROM ως φθηνή και πρακτική πλατφόρμα διανομής, η χρήση αυτών των εφαρμογών γενικεύτηκε. Οι περισσότερες από τις εφαρμογές των αυτόνομων πολυμέσων ουσιαστικά δεν είναι καινούργιες. Από παλιά υπήρχαν παρόμοια συστήματα τα οποία όμως δεν ήταν ούτε αρκετά ελκυστικά ούτε και αποτελεσματικά ώστε να συγκεντρώσουν το ενδιαφέρον. Με τον εμπλουτισμό τους με τις δυνατότητες των πολυμέσων, τους δόθηκε μια άλλη διάσταση και η χρήση τους γενικεύτηκε σε πολλά πεδία, αλλά στην ουσία δεν γεννήθηκαν νέα είδη εφαρμογών. Η προσπάθεια κατηγοριοποίησης αυτών, καταλήγει σε διαχωρισμό τους με βάση το πεδίο εφαρμογής τους, αφού ουσιαστικά όλες αποτελούν interactive εφαρμογές που δίνουν την δυνατότητα στο χρήστη να χειριστεί αποτελεσματικά μεγάλους όγκους και πολλά είδη πληροφορίας.

### *3.4.2 Πολλοί Χρήστες*

Ο χώρος των δικτυωμένων πολυμέσων αποτελεί σήμερα τον κλάδο της επιστήμης των υπολογιστών που έχει συγκεντρώσει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Το πιο σημαντικό στοιχείο είναι ότι το ενδιαφέρον προέρχεται τόσο από την ερευνητική κοινότητα όσο και από τις επιχειρήσεις και το αγοραστικό κοινό. Υπάρχει βέβαια ακόμα μια ρευστότητα στον χώρο, που οφείλεται στους τεχνολογικούς φραγμούς της υπάρχουσας δικτυακής υποδομής, και στην έλλειψη προτύπων, χωρίς όμως αυτό να έχει εμποδίσει την εμφάνιση των πρώτων δειγμάτων μιας πληθώρας νέων εφαρμογών. Αυτές οι εφαρμογές χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες

#### **People-to-People Multimedia Applications**

Οι εφαρμογές αυτές έχουν ως στόχο τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ δύο οι περισσότερων προσώπων. Η φύση αυτής της επικοινωνίας μπορεί να έχει διάφορες μορφές: από προσωπική συνομιλία κοινωνικού χαρακτήρα μέχρι πολύπλοκη επικοινωνία ομάδων εργασίας. Οι εφαρμογές αυτής της κατηγορίας μπορούν επιπλέον να διαιρεθούν στις εξής υποκατηγορίες:

- ιδιωτικές έναντι επαγγελματικών εφαρμογών
- εφαρμογές επικοινωνίας μεταξύ δύο ατόμων (interpersonal applications) έναντι εφαρμογών επικοινωνίας μεταξύ ομάδων ατόμων (group-oriented applications)
- εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real-time applications) έναντι ασύγχρονων εφαρμογών (asynchronous applications)

#### **People-to-Systems Multimedia Applications**

Οι εφαρμογές αυτές δίνουν τη δυνατότητα σε μεμονωμένους χρήστες να προσπελάσουν πληροφορίες που βρίσκονται σε κάποιο απομακρυσμένο σύστημα. Συνήθως, το απομακρυσμένο σύστημα είναι κάποιος εξυπηρετητής πολυμέσων (multimedia information server).

### 3.4.3 Σύγχρονες Εφαρμογές *People-to-People*

- Εφαρμογές στις οποίες μόνο δύο άτομα παίρνουν μέρος (interpersonal applications)
- Εφαρμογές διανομής πληροφορίας (person-to-group applications), στις οποίες η πληροφορία πηγάζει από ένα μόνο σημείο ενώ οι παραλήπτες είναι πολλοί. Επιπλέον οι εφαρμογές αυτές επιτρέπουν μόνο μια κατεύθυνση επικοινωνίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα σεμινάρια: η εικόνα του ομιλητή μεταδίδεται σε πολλούς ανθρώπους, οι οποίοι βρίσκονται μακριά από την αίθουσα.
- Τηλεδιάσκεψη ομάδων (group teleconferencing). Το μοντέλο αυτό επιτρέπει επικοινωνία δύο κατευθύνσεων (bi-directional communication) μεταξύ δύο ή περισσότερων ομάδων ατόμων. Συνήθως, η επικοινωνία γίνεται μέσω ομιλίας (audio teleconferencing) ή ομιλίας και εικόνας (audio-video teleconferencing). Μια άλλη μορφή επικοινωνίας είναι η εργασία σε ένα μοιραζόμενο χώρο εργασίας υπολογιστή (shared computer workspace). Όταν συνδυάζονται διάφοροι τρόποι επικοινωνίας, τότε μιλάμε για multimedia teleconference. Περισσότερες λεπτομέρειες για αυτές τις εφαρμογές θα δώσουμε παρακάτω.

### 3.4.4 Ασύγχρονες Εφαρμογές *People-to-People*

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο πολυμέσων (Multimedia electronic mail). Η λειτουργία του είναι παρόμοια με το συμβατικό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μόνο που τα έγγραφα που ανταλλάσσονται μπορούν να περιέχουν και μορφοποιημένο κείμενο, εικόνες, ήχο, video καθώς και συνδέσμους προς εξωτερικά αρχεία.
- Ασύγχρονη διάσκεψη μέσω υπολογιστών με πολυμέσα (multimedia asynchronous computer conferencing). Ο όρος διάσκεψη μέσω υπολογιστών αναφέρεται σε εφαρμογές, που εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 80, που επιτρέπουν την ασύγχρονη συνδιάλεξη ατόμων μέσω πινάκων ανακοινώσεων (bulletin boards). Η προσθήκη των πολυμέσων επιτρέπει την αποστολή ανακοινώσεων που περιέχουν και άλλα είδη πληροφορίας εκτός από απλό κείμενο.

### 3.4.5 Εφαρμογές *People-to-System*

- Interactive εφαρμογές. Το όνομα αυτό έχει στόχο να τονίσει το γεγονός ότι ο χρήστης έχει το πρώτο λόγο στη επικοινωνία και όχι ο εξυπηρετητής. Κατά συνέπεια, η επικοινωνία γίνεται κατόπιν αιτήσεως του χρήστη την στιγμή που αυτός επιθυμεί.

Συνήθως, οι εφαρμογές αυτές έχουν ως στόχο την ανεύρεση κάποιας πληροφορίας (information retrieval applications). Σε άλλες περιπτώσεις, η αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα έχει ως στόχο κάποιου είδους δοσοληψία (transaction oriented applications).

- Εφαρμογές διανομής (distribution applications). Την κατηγορία αυτή την συναντήσαμε και παραπάνω. Η διαφορά εδώ είναι ότι η πληροφορία που διανέμεται δεν έχει ως στόχο την επικοινωνία μεταξύ ατόμων. Η διανομή μπορεί να περιορίζεται σε ομάδες ατόμων που έχουν λάβει κάποιας μορφής εξουσιοδότηση ή σε όλους όσους διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό.

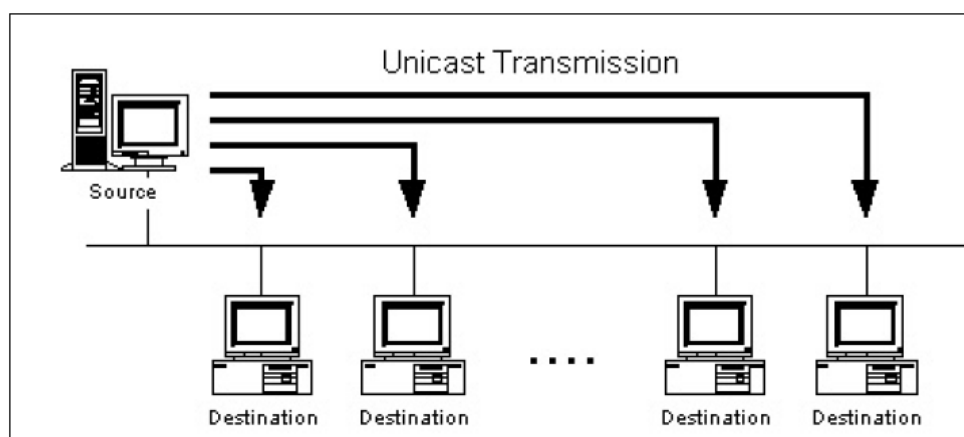
### 3.5 Unicast μέθοδος μετάδοσης

Με τη μέθοδο αυτή η διαβίβαση multimedia δεδομένων μέσω του διαδικτύου σε μια ομάδα χρηστών γίνεται:

§ Είτε στέλνοντας κάθε multimedia εφαρμογή ένα πανομοιότυπο αντίγραφο σε κάθε αποδέκτη.

§ Είτε μεταθέτοντας το πρόβλημα στο δίκτυο χρησιμοποιώντας τον λεγόμενο reflector ο οποίος δημιουργεί αντίγραφα για κάθε αποδέκτη.

Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι αποστέλλονται πανομοιότυπα αλλά και πλεονάζοντα αντίγραφα δεδομένων, αν και οι διαδρομές μεταξύ του αποστολέα και των παραληπτών έχουν κοινά σημεία στα οποία και ενώνονται. Το πρόβλημα αυτό πολλαπλασιάζεται σε ένα συμμετρικό περιβάλλον όπου κάθε μέλος της συνδιάσκεψης μεταδίδει δεδομένα.

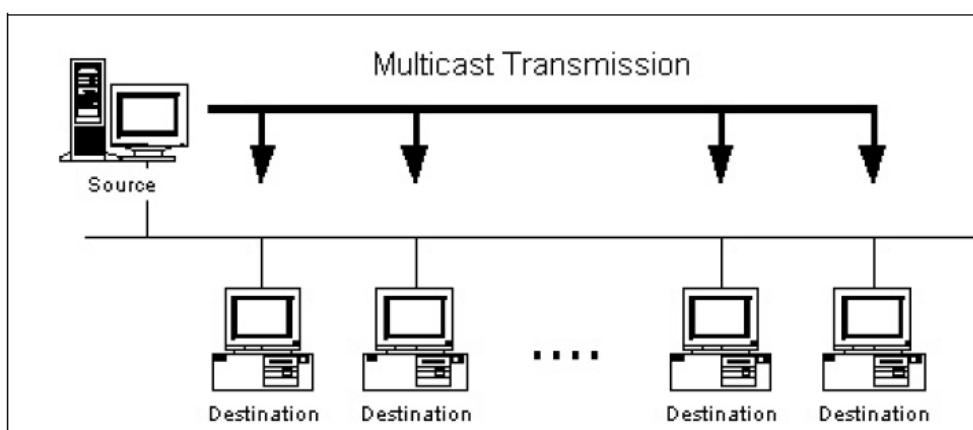


### 3.6 Multicast μέθοδος μετάδοσης

Με τη μέθοδο multicast ο αποστολέας στέλνει μια και μόνο φορά τα multimedia δεδομένα στο δίκτυο και δημιουργούνται πανομοιότυπα αντίγραφα τους μόνο όπου χρειάζεται. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δε στέλνονται περιττά αντίγραφα στο δίκτυο από τον αποστολέα. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι οι router μέσω των οποίων αποστέλλονται τα multimedia δεδομένα πρέπει να έχουν ενεργοποιημένη την υπηρεσία multicast, πράγμα το οποίο αποφεύγουν οι service providers, γιατί το λειτουργικό σύστημα των routers δεν θεωρείται ιδιαίτερα σταθερό σε τέτοιες περιπτώσεις.

Ο multicast τρόπος μετάδοσης παρέχει ένα πρόγραμμα ταυτόχρονα σε ένα περιορισμένο σύνολο πελατών. Ιδανικά, η multicast διανομή οδηγείται από την πηγή προγράμματος μέσω ενός πολλαπλής διανομής δέντρου (multicast tree), που στηρίζεται από τους πολλαπλής διανομής κόμβους σύμφωνα με τις θέσεις των πελατών, χωρίς την επανάληψη αναμετάδοσης (replication) του περιεχομένου σε οποιαδήποτε σύνδεση.

Τα multicast δίκτυα έχουν τυποποιηθεί από το IETF [ RFC 1112]. Το πρωτόκολλο RSVP, που περιγράφεται στη *παράγραφο 6.1* της πτυχιακής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κράτηση πηγών (reservation of resources) για την ένωση ενός πολλαπλής διανομής ρεύματος (multicast stream).





### **3.7 Τα προβλήματα των πολυμέσων στο σημερινό διαδίκτυο**

Το τηλέφωνο μέσω διαδικτύου και οι διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης βίντεο σε πραγματικό χρόνο υπήρξαν λιγότερο επιτυχείς από τη μετάδοση αποθηκευμένου ήχου/βίντεο με συνεχή ροή. Στην πραγματικότητα οι διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης ήχου/βίντεο σε πραγματικό χρόνο θέτουν αυστηρούς περιορισμούς όσον αφορά στην καθυστέρηση της μετάδοσης και τις διακυμάνσεις της (packet jitter). Ο όρος packet jitter εκφράζει τη διακύμανση της καθυστέρησης κατά τη μετάδοση πακέτων από το ίδιο ρεύμα δεδομένων. Οι εφαρμογές μετάδοσης ήχου/βίντεο σε πραγματικό χρόνο μπορούν να λειτουργήσουν καλά στις περιοχές στις οποίες υπάρχει άφθονο εύρος ζώνης και κατά συνέπεια οι καθυστερήσεις και η διακύμανσή τους είναι αμελητέα. Αλλά η ποιότητα μπορεί να μειωθεί σε απαράδεκτο βαθμό όταν η ροή ήχου/βίντεο χρειαστεί να περάσει από έναν κόμβο με χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης.

Η σχεδίαση εφαρμογών πολυμέσων θα ήταν σίγουρα πιο απλή εάν υπήρχε κάποια μορφή κατηγοριοποίησης των υπηρεσιών του διαδικτύου σαν πρώτης και δεύτερης κλάσης, με τα πακέτα πρώτης κλάσης να είναι λιγότερα σε αριθμό και να εξυπηρετούνται κατά προτεραιότητα από τους δρομολογητές. Μια τέτοια υπηρεσία πρώτης κλάσης θα μπορούσε να είναι ικανοποιητική για τις εφαρμογές που δεν ενέχονται καθυστερήσεις στη μετάδοση δεδομένων. Αλλά μέχρι σήμερα το διαδίκτυο ακολουθεί την προσέγγιση της ισότητας κατά τον χρονοπρογραμματισμό των πακέτων στις ουρές των δρομολογητών. Όλα τα πακέτα λαμβάνουν ίδια υπηρεσία. Κανένα πακέτο, συμπεριλαμβανομένων αυτών που μεταφέρουν ήχο/βίντεο και είναι ευαίσθητα σε καθυστερήσεις, δεν εξυπηρετείται κατά προτεραιότητα από τους δρομολογητές. Ανεξάρτητα από το πόσα χρήματα έχετε ή πόσο σπουδαίος είστε, πρέπει να περιμένετε στη σειρά σας μέχρι το τέλος της ουράς.

Προς το παρόν, είμαστε υποχρεωμένοι να ζούμε με τις υπηρεσίες βέλτιστης προσπάθειας όπου (όπως είπαμε στο κεφάλαιο 2.6) το διαδίκτυο κάνει ότι καλύτερο μπορεί, για να μεταφέρει κάθε δεδομένογράμμα από τον αποστολέα στον παραλήπτη, όσον το δυνατόν γρηγορότερα, αλλά δεν υπόσχεται τίποτα σχετικά με την καθυστέρηση ενός μεμονωμένου πακέτου από άκρο σε άκρο. Με δεδομένο αυτό το περιορισμό, μπορούμε να κάνουμε συγκεκριμένες επιλογές κατά τη σχεδίαση και να χρησιμοποιήσουμε μερικές τεχνικές, για να βελτιώσουμε την ποιότητα μιας

πολυμεσικής δικτυακής εφαρμογής. Για παράδειγμα, μπορούμε να στείλουμε τα δεδομένα ήχου/βίντεο μέσω του πρωτοκόλλου UDP, παρακάμπτοντας τη χαμηλή απόδοση που έχει το TCP σε ορισμένες φάσεις της λειτουργίας του. Στον προορισμό, μπορούμε να καθυστερήσουμε την αναπαραγωγή κατά 100 χιλιοστά του δευτερολέπτου ή περισσότερο, για να κάνουμε λιγότερο εμφανή την προκαλούμενη από το δίκτυο διακύμανση των καθυστερήσεων (jitter). Στον αποστολέα μπορούμε να χρονοσφραγίσουμε τα πακέτα, έτσι ώστε ο παραλήπτης να ξέρει πότε πρέπει να τα αναπαράγει. Για εφαρμογές μετάδοσης αποθηκευμένου ήχου/βίντεο, μπορούμε να μεταφέρουμε εκ των προτέρων δεδομένα κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, όταν και ο χώρος αποθήκευσης στον πελάτη και επιπλέον εύρος ζώνης γίνονται διαθέσιμα. Μπορούμε επίσης να στέλνουμε πλεονασματικές πληροφορίες μαζί με τα δεδομένα, για να μειώσουμε τις επιπτώσεις της απώλειας πακέτων που οφείλεται στο δίκτυο.

## **Κεφάλαιο IV**

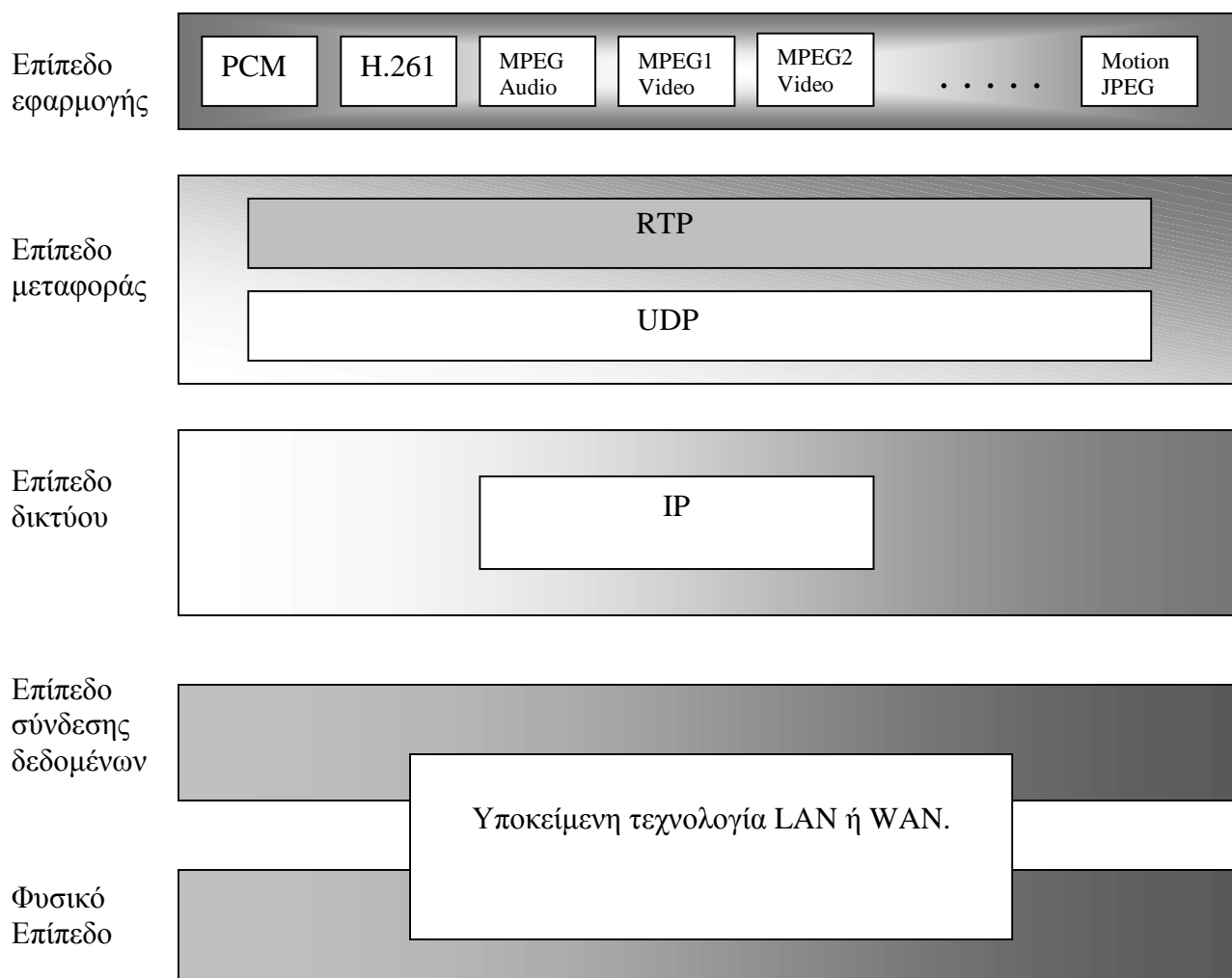
### **4. Πρωτόκολλα για Διαδραστικές Εφαρμογές Μετάδοσης Πολυμέσων σε Πραγματικό Χρόνο. Πρωτόκολλα Μεταφοράς Πραγματικού Χρόνου**

**Ο**ι διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών τηλεφώνου μέσω διαδικτύου και βίντεο-διασκέψεων, θα οδηγήσουν σε μεγάλο βαθμό τη μελλοντική εξέλιξη του διαδικτύου. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι επιτροπές καθιέρωσης προτύπων όπως οι IETF και ITU εργάζονται εντατικά για πολλά χρόνια για να αναπτύξουν πρότυπα για αυτή τη κατηγορία εφαρμογών. Αφού οριστούν πρότυπα για τις διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, οι εταιρίες κατασκευής λογισμικού θα έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν νέα ελκυστικά προϊόντα, τα οποία θα μπορούν να συνεργάζονται μεταξύ τους. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τα ακόλουθα πρότυπα για διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο, τα RTP, RTCP, RTSP, SIP, H.323 και RSVP. Όλα τα πρότυπα απολαμβάνουν ευρύτατης απόδοσης και έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα.

#### **4.1. RTP Real Time Transport Protocol**

Το Real Time Transport Protocol (RTP) είναι το πρωτόκολλο που σχεδιάστηκε για να χειρίζεται τη κίνηση πραγματικού χρόνου στο Internet. Το RTP δε διαθέτει μηχανισμό παράδοσης (εκπομπή multicast, αριθμούς θυρών και άλλα) και πρέπει να χρησιμοποιείται μαζί με το UDP. Το RTP βρίσκεται ανάμεσα στο UDP και το πρόγραμμα εφαρμογής. Οι βασικές προσφορές του RTP είναι οι ενδείξεις χρόνου, η τοποθέτηση σε σειρά και η μίξη [12]. Το πρωτόκολλο RTP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση κοινών μορφών ήχου όπως οι PCM, GSM και MP3, καθώς και των μορφών βίντεο MPEG και H.323. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση εξειδικευμένων μορφών ήχου και βίντεο. Σήμερα το RTP απολαμβάνει ευρείας αποδοχής και υλοποιήσεις του συναντώνται σε εκατοντάδες προϊόντα και ερευνητικά πρωτότυπα. Χρησιμοποιείται επίσης σε

συνδυασμό με άλλα σημαντικά πρωτόκολλα μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο συμπεριλαμβανομένων των SIP και H.323. Η εικόνα 4.1 παρουσιάζει τη θέση του RTP στην οικογένεια των πρωτοκόλλων.



**Εικόνα 4.1** Η θέση του RTP στην οικογένεια πρωτοκόλλων.

#### 4.1.1 Μορφή πακέτου RTP

Η εικόνα 4.2 παρουσιάζει τη μορφή της RTP κεφαλίδας πακέτου. Η μορφή είναι πολύ απλή και αρκετά γενική ώστε να καλύψει όλες τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Μια εφαρμογή που χρειάζεται περισσότερες πληροφορίες τις προσθέτει στην αρχή του ωφέλιμου φορτίου της. Στη συνέχεια γίνεται μια περιγραφή για κάθε πεδίο.

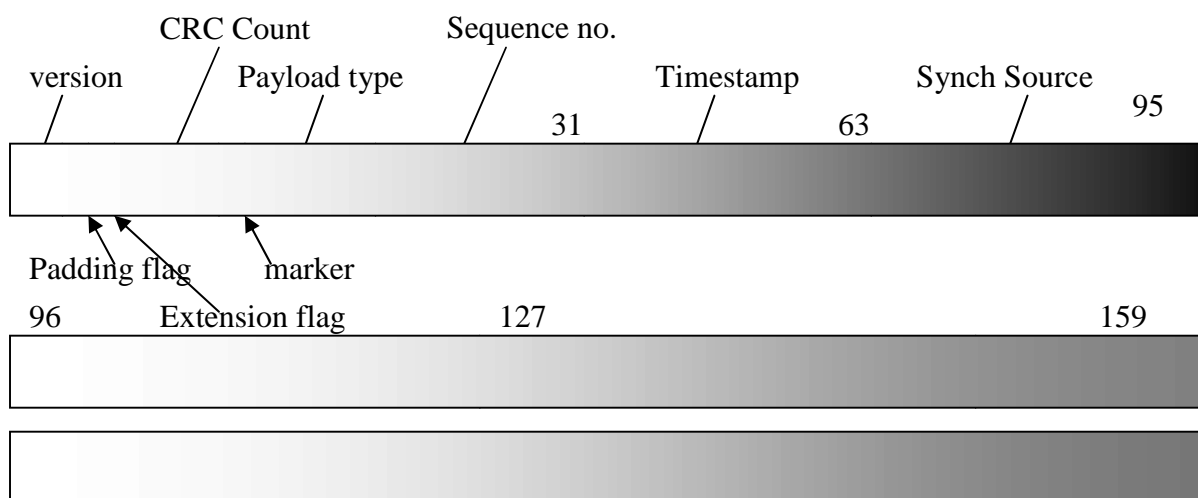
- Version. Αυτό το πεδίο των 2 bits ορίζει τον αριθμό έκδοσης.
- Padding Flag (P). Αυτό το πεδίο του 1 bit, αν έχει τιμή 1, δηλώνει την παρουσία γέμισματος στο τέλος του πακέτου. Σε αυτήν την περίπτωση, η τιμή του τελευταίου byte στο γέμισμα ορίζει το μήκος του γέμισματος. Το γέμισμα είναι ο κανόνας αν ένα πακέτο έχει κρυπτογραφηθεί. Δεν υπάρχει γέμισμα αν η τιμή του πεδίου P είναι 0.
- Extension flag (X). Αυτό το πεδίο του ενός bit, αν έχει τιμή 1, δείχνει ότι υπάρχει μια επιπλέον κεφαλίδα επέκτασης μεταξύ της βασικής κεφαλίδας και των δεδομένων. Δεν υπάρχει επιπλέον κεφαλίδα επέκτασης εάν η τιμή του πεδίου είναι 0.
- CRC Count. (Μετρητής συντελεστή). Αυτό το πεδίο των 4 bits δείχνει τον αριθμό των συντελεστών. Σημειώστε ότι μπορούμε να έχουμε το πολύ 15 συντελεστές επειδή τα 4 bits του πεδίου επιτρέπουν την καταγραφή αριθμών από 0 έως 15.
- Marker (M). Αυτό το πεδίο του ενός bit είναι ένα σημάδι που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή για να δείξει για παράδειγμα το τέλος των δεδομένων του.
- Τύπος ωφέλιμου φορτίου (Payload Type). Αυτό το πεδίο των 7 bits δείχνει τον τύπο του ωφέλιμου φορτίου. Έχουν οριστεί αρκετοί τύποι ωφέλιμου φορτίου και στον επόμενο πίνακα 4.2 καταγράφονται μερικές γνωστές εφαρμογές.

Τύπος	Εφαρμογή	Τύπος	Εφαρμογή	Τύπος	Εφαρμογή
0	PCM Audio	7	LPC audio	15	G728 audio
1	1016	8	PCMA audio	26	Motion JPEG
2	G721 audio	9	G722 audio	31	H.261
3	GSM audio	10-11	L16 audio	32	MPEG1 video
4-6	DV14 audio	14	MPEG audio	33	MPEG2 video

- Αριθμός σειράς (Sequence no.). Αυτό το πεδίο έχει μήκος 16 bits. Χρησιμοποιείται για να αριθμεί τα πακέτα RTP. Ο αριθμός σειράς του πρώτου πακέτου επιλέγει τυχαία και αυξάνεται κατά 1 για κάθε επόμενο πακέτο. Ο αριθμός σειράς χρησιμοποιείται από τον παραλήπτη για να ανιχνεύει πακέτα που έχουν χαθεί ή είναι εκτός σειράς.
- Ένδειξη χρόνου (Timestamp). Αυτό είναι ένα πεδίο με 32 bits που δείχνει τη σχέση χρόνου μεταξύ των πακέτων. Η ένδειξη χρόνου για το πρώτο πακέτο είναι ένας τυχαίος αριθμός. Για κάθε επόμενο πακέτο είναι η τιμή της

προηγούμενης ένδειξης χρόνου και του χρόνου που δημιουργήθηκε από το πρώτο byte (που πάρθηκε το δείγμα του). Η τιμή του χτύπου του ρολογιού εξαρτάται από την εφαρμογή. Η χρονοσφραγίδα παράγεται από ένα χρονόμετρο δειγματοληψίας στον αποστολέα. Σαν παράδειγμα, για δεδομένα ήχου το χρονόμετρο αυξάνεται κατά ένα για κάθε περίοδο δειγματοληψίας (π.χ. κάθε 125 δευτερόλεπτα για συχνότητα δειγματοληψίας 8KHz) εάν η εφαρμογή ήχου παράγει τμήματα δεδομένων αποτελούμενα από 160 κωδικοποιημένα δείγματα η χρονοσφραγίδα αυξάνεται κατά 160 για κάθε πακέτο RTP όταν είναι ενεργή η πηγή δεδομένων. Το χρονόμετρο συνεχίζει να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό ακόμη και όταν η πηγή των δεδομένων είναι ανενεργή.

- Αναγνωριστικό πηγής συγχρονισμού (Synch. Source). Αν υπάρχει μόνο μια πηγή, αυτό το πεδίο των 32 bits ορίζει την πηγή. Αν υπάρχουν όμως πολλές πηγές, ο μείκτης είναι η πηγή συγχρονισμού και οι άλλες πηγές είναι συντελεστές. Η τιμή του αναγνωριστικού πηγής είναι ένας τυχαίος αριθμός που επιλέγεται από την πηγή. Η πιθανότητα να ανατεθεί το ίδιο προσδιοριστικό SSRC σε δυο ροές δεδομένων είναι πολύ μικρή. Εάν όμως συμβεί αυτό οι δυο πηγές δεδομένων επιλέγουν μια νέα τιμή SSRC.
- Αναγνωριστικό συντελεστή (CRC ID). Κάθε ένα από αυτά τα αναγνωριστικά των 32 bits (το πολύ 15) ορίζει μια πηγή. Όταν υπάρχουν περισσότερες από μια πηγές σε μια σύνοδο, ο μείκτης είναι η πηγή συγχρονισμού και οι άλλες πηγές είναι οι συντελεστές.



Εικόνα 4.2 RTP πακέτο.

#### 4.1.2 Βασικά του RTP

Τυπικά το πρωτόκολλο RTP τρέχει πάνω από το UDP. Η πλευρά του αποστολέα ενθυλακώνει ένα τμήμα δεδομένων πολυμέσων μέσα σε ένα πακέτο του RTP, κατόπιν ενθυλακώνει αυτό το πακέτο σε ένα τμήμα (segment) του UDP και τέλος παραδίδει αυτό το τμήμα στο IP. Η πλευρά του παραλήπτη εξάγει το πακέτο του RTP από το τμήμα του UDP και κατόπιν εξάγει τα δεδομένα πολυμέσων από το πακέτο RTP και τα περνά στην εφαρμογή αναπαραγωγής για αποκωδικοποίηση και αναπαραγωγή.

Σαν παράδειγμα θα εξετάσουμε τη χρήση του RTP για τη μετάδοση ομιλίας. Ας υποθέσουμε ότι το ηχητικό υλικό έχει κωδικοποίηση PCM στα 64 kbps. Ας υποθέσουμε επίσης ότι η εφαρμογή συγκεντρώνει τα κωδικοποιημένα δεδομένα σε τμήματα των 20 χιλιοστών του δευτερολέπτου, δηλαδή 160 byte ανά τμήμα. Ο αποστολέας προσθέτει σαν πρόθεμα σε κάθε τμήμα ηχητικών δεδομένων μια κεφαλίδα του RTP η οποία περιλαμβάνει τον τύπο της κωδικοποίησης ήχου, έναν αριθμό ακολουθίας και μια χρονοσφραγίδα. Κανονικά η κεφαλίδα του RTP έχει μέγεθος 12 byte. Το τμήμα των δεδομένων ήχου μαζί με την κεφαλίδα του RTP σχηματίζουν το πακέτο του RTP. Το πακέτο του RTP στέλνεται κατόπιν στη socket του UDP. Στον παραλήπτη η εφαρμογή λαμβάνει το πακέτο RTP από τη socket. Η εφαρμογή εξάγει το τμήμα των δεδομένων ήχου από το πακέτο RTP και χρησιμοποιεί τα πεδία της κεφαλίδας του πακέτου RTP για να αποκωδικοποιήσει σωστά και να αναπαράγει τα ηχητικά δεδομένα.

Εάν η εφαρμογή χρησιμοποιεί το RTP –αντί ενός ειδικευμένου σχήματος- για να παρέχει τις πληροφορίες τύπου περιεχομένου, αριθμούς ακολουθίας, ή ενδείξεις χρόνου, τότε θα μπορεί να συνεργάζεται ευκολότερα με άλλες δικτυακές εφαρμογές πολυμέσων. Για παράδειγμα εάν δυο εταιρίες αναπτύξουν λογισμικό τηλεφώνου μέσω διαδικτύου και ενσωματώσουν αμφότερες το RTP στα προϊόντα τους, υπάρχουν βάσιμες ελπίδες ότι οι χρήστες του ενός προϊόντος θα μπορούν να επικοινωνούν με αυτούς που χρησιμοποιούν το άλλο. Γι αυτό το λόγο το πρωτόκολλο RTP χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με τα πρότυπα τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι από μόνο του το πρωτόκολλο RTP δε διαθέτει κάποιο μηχανισμό για να διασφαλίζει την έγκαιρη παράδοση των δεδομένων ή να παρέχει άλλες εγγυήσεις ποιοτικής υπηρεσίας. Δεν εγγυάται καν την

παράδοση των πακέτων ούτε και αποτρέπει την ετεροχρονισμένη παράδοσή τους. Στην πραγματικότητα η ενθυλάκωση πακέτων του RTP γίνεται αντιληπτή μόνο στα τελικά συστήματα. Οι δρομολογητές δεν μπορούν να ξεχωρίσουν ποια δεδομενογράμματα του IP μεταφέρουν πακέτα του RTP και ποια όχι.

Το RTP επιτρέπει την αντιστοίχιση κάθε πηγής (π.χ. μια κάμερα ή ένα μικρόφωνο) σε μια ανεξάρτητη ροή πακέτων RTP. Για παράδειγμα, για τη διεξαγωγή μιας εικονοδιάσκεψης μεταξύ δυο συμμετεχόντων θα μπορούσαν να ανοίξουν τέσσερις ροές δεδομένων RTP - δύο για τη μετάδοση ήχου (μια προς κάθε κατεύθυνση) και δύο για τη μετάδοση εικόνας βίντεο (μια προς κάθε κατεύθυνση). Ωστόσο πολλές δημοφιλείς τεχνικές κωδικοποίησης συμπεριλαμβανομένων των MPEG1 και MPEG2 – συνδυάζουν τον ήχο και το βίντεο σε μια και μόνο ροή δεδομένων κατά τη κωδικοποίηση. Όταν ο μηχανισμός κωδικοποίησης συνδυάζει τα δεδομένα ήχου και βίντεο, δημιουργείται μόνο μια ροή δεδομένων RTP προς κάθε κατεύθυνση.

Τα πακέτα του RTP δεν περιορίζονται μόνο σε εφαρμογές μετάδοσης προς έναν προορισμό (unicast). Μπορούν επίσης να αποστέλλονται επάνω από ένα σε πολλά και πολλά σε πολλά δέντρα πολυεκπομπής. Για μια σύνοδο πολυεκπομπής πολλοί σε πολλούς τυπικά όλοι οι αποστολείς και οι πηγές δεδομένων της συνόδου χρησιμοποιούν την ίδια ομάδα πολυεκπομπής για την αποστολή των RTP ρευμάτων. Ρεύματα πακέτων πολυεκπομπής RTP που ανήκουν το ένα στο άλλο όπως τα ρεύματα δεδομένων ήχου και βίντεο που προέρχονται από πολλαπλούς αποστολείς σε μια εφαρμογή βιντεοδιάσκεψης – ανήκουν σε μια σύνοδο RTP (RTP session) [12].

#### *4.1.2.1 Σκελετός (Framing) Επιπέδου Εφαρμογών*

Οι αρχές πίσω από το framing του επιπέδου εφαρμογών αναπτύχθηκαν αρχικά από τους Clark και Tennenhouse το 1990. Η κεντρική τους θέση είναι ότι μόνο η εφαρμογή έχει επαρκή γνώση των δεδομένων της για να πάρει μια σωστή απόφαση για το πώς μπορούν τα δεδομένα της να μεταφερθούν. Το πρόβλημα είναι ότι ένα πρωτόκολλο μεταφοράς πρέπει να αποδεχθεί δεδομένα μετρημένα σε μονάδες της εφαρμογής (application data units, ADUs) και να εκθέσει τις λεπτομέρειες της παράδοσής τους όσο το δυνατόν περισσότερο ώστε η εφαρμογή να δώσει την αντίστοιχη απάντηση εάν ένα λάθος παρουσιαστεί.



Το framing του επιπέδου της εφαρμογής προέρχεται από την αναγνώριση ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι μέσω των οποίων μια εφαρμογή μπορεί να επανέλθει μετά από προβλήματα του δικτύου, και ότι η σωστή προσέγγιση εξαρτάται από την εφαρμογή και από το σενάριο στο οποίο χρησιμοποιούνται. Σε μερικές περιπτώσεις είναι αναγκαία η επαναμετάδοση ενός ακριβούς αντιγράφου των χαμένων δεδομένων. Σε άλλες, ένα μικρότερης πιστότητας αντίγραφο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ή τα δεδομένα μπορεί να έχουν παραγκωνιστεί, ώστε η αντικατάσταση να είναι διαφορετική από τα αρχικά δεδομένα. Εναλλακτικά η απώλεια μπορεί να αγνοηθεί εάν τα δεδομένα ήταν μόνο ενδιαφέροντος μετακίνησης. Αυτές οι επιλογές είναι πιθανές μόνο εάν η εφαρμογή αλληλεπιδρά στενά με την μεταφορά.

Ο στόχος του framing επιπέδου εφαρμογής είναι αντίστοιχος με το σχεδιασμό του TCP, που κρύβει την φύση της απώλειας του υποκείμενου IP δικτύου ώστε να πετύχει σίγουρη παράδοση με το κόστος της απώλειας χρόνου. Από την άλλη μεριά όμως, δένει καλά με μεταφορά βασισμένη στο UDP πρωτόκολλο και με τα χαρακτηριστικά των μέσων πραγματικού χρόνου (real-time media). Η επικοινωνία ήχου και βίντεο μέσω δικτύων πακέτων, ήχου πραγματικού χρόνου και οπτικών μέσων είναι συχνά loss tolerant αλλά έχει αυστηρά χρονικά όρια. Χρησιμοποιώντας framing επιπέδου εφαρμογής με UDP πρωτόκολλο, μπορούμε να αποδεχτούμε απώλειες όπου είναι αναγκαίο, αλλά έχουμε επίσης και την ευελιξία να χρησιμοποιήσουμε όλο το εύρος για τεχνικές επιδιόρθωσης, όπως επαναμετάδοση ή κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων όπου είναι αναγκαίο.

Αυτές οι τεχνικές δίνουν σε μια εφαρμογή μεγάλη ευελιξία ώστε να μπορεί να αντιδρά σε προβλήματα δικτύου με ένα πρόπονο τρόπο, παρά να περιορίζεται από τις αρχές ενός επιπέδου μεταφοράς.

Ένα δίκτυο το οποίο είναι σχεδιασμένο σύμφωνα με τις αρχές ενός framing επιπέδου εφαρμογής δε πρέπει να είναι συγκεκριμένα για μια και μόνο εφαρμογή. Εντούτοις πρέπει να διώξει τους περιορισμούς ενός γενικού επιπέδου μεταφοράς ώστε η εφαρμογή να μπορεί να συνεργαστεί με το δίκτυο ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη το δυνατόν παράδοση. Το Framing επιπέδου εφαρμογής αποτελεί μια εξασθένιση στα στενά όρια των επιπέδων που ορίζονται από το μοντέλο OSI. Είναι μια πραγματική προσέγγιση, που αναγνωρίζει τη σημαντικότητα της διαστρωμάτωσης των επιπέδων, αλλά αποδέχεται την ανάγκη της έκθεσης ορισμένων

λεπτομερειών χαμηλότερων επιπέδων. Η φιλοσοφία του framing επιπέδου εφαρμογής προϋποθέτει έξυπνες, εφαρμογές δικτύου που είναι ικανές να αντιδρούν σε προβλήματα.

#### *4.1.2.2 The End-to-End Principle*

Η επόμενη φιλοσοφία σχεδίασης που υιοθέτησε το RTP είναι η αρχή της άκρης σε άκρη (end to end). Είναι μια από τις δυο προσεγγίσεις που πρέπει να έχει όταν σχεδιάζεται ένα σύστημα, ώστε να μπορεί να επικοινωνεί με ασφάλεια σε ένα δίκτυο. Μια προσέγγιση είναι, το σύστημα να μπορεί να περάσει την υπευθυνότητα για σωστή παράδοση των δεδομένων μαζί με τα δεδομένα ενώ μια δεύτερη προσέγγιση είναι η υπευθυνότητα για τα δεδομένα να παραμείνει στα τελικά σημεία (endpoints) διασφαλίζοντας reliability από άκρη σε άκρη. Αυτή η δεύτερη προσέγγιση ακολουθεί ο σχεδιασμός του Internet με τόσο το TCP όσο και με το RTP να ακολουθούν αυτό το κανόνα.

Η κύρια επίπτωση της αρχής από άκρο σε άκρο (end-to-end principle) είναι ότι η όλη η «ευφυΐα» τείνει να μαζευτεί στο ανώτερο σημείο του protocol stack. Εάν τα συστήματα που φτιάχνουν το μονοπάτι του δικτύου δεν αναλαμβάνουν υπευθυνότητα για τα δεδομένα τότε μπορούν να είναι απλά. Μπορούν να διαγράψουν τα δεδομένα τα οποία δε μπορούν να παραδώσουν, μιας και τα τελικά σημεία (endpoints) θα ανακύψουν χωρίς τη βοήθειά τους. Η αρχή end-to-end προϋποθέτει ότι η «ευφυΐα» είναι στα endpoints και όχι μέσα στο δίκτυο.

Το αποτέλεσμα είναι ένας σχεδιασμός που εμπεριέχει έξυπνα, endpoints ενήμερα για το δίκτυο (network-aware endpoints) και ένα κουτό δίκτυο. Αυτός ο σχεδιασμός εφαρμόζεται καλά στο internet- ίσως το πιο χαζό (dumb) δίκτυο- αλλά δε απαιτείται ιδιαίτερη δουλειά από τη μεριά του σχεδιαστή της εφαρμογής. Είναι ακόμη διαφορετικό από πολλά άλλα δίκτυα. Το παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο για παράδειγμα, εφαρμόζει το μοντέλο ενός έξυπνου δικτύου με dumb τελικά σημεία, και το μοντέλο μεταφοράς MPEG επιτρέπει dumb αποδέκτες και έξυπνους αποστολείς. Αυτή η διαφορά στο σχεδιασμό αλλάζει το στυλ των εφαρμογών, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στο σχεδιασμό του παραλήπτη και κάνει το αποστολέα και τον παραλήπτη περισσότερο ίσους συνεταιίρους στην εκπομπή.

#### *4.1.2.3 Επιτυγχάνοντας ευελιξία*

Η κατασκευή του RTP σχεδιάστηκε για να είναι επαρκής σε πολλά σενάρια, με πολύ λίγη επιπλέον στήριξη. Σε πολύ μεγάλο μέρος αυτός ο σχεδιασμός βασίστηκε γύρω από ελαφρύ μοντέλο για τηλεδιασκέψεις. Χρησιμοποιώντας αυτό το σενάριο το πρωτόκολλο ελέγχου του RTP παρέχει όλες τις απαραίτητες λειτουργίες διαχείρισης, και το μόνο που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η συνεδρία (session) είναι η διεύθυνση IP (address) και η αντιστοίχιση από τους ορισμούς των μέσων στους αναγνωριστές τύπων του RTP ωφέλιμου πεδίου. Αυτό το μοντέλο επίσης λειτουργεί σωστά για περισσότερα από ένα σενάρια- για παράδειγμα το ραδιόφωνο μέσω του Internet – όπου η πληροφορία που δίνεται αρχικά από το πρωτόκολλο ελέγχου (control protocol) δίνει στη πηγή έναν μέσο υπολογισμό του μεγέθους του αρχείου ήχου και της ποιότητας της λήψης του.

Για unicast τηλεφωνία, μερικοί υποστηρίζουν ότι το RTP παρέχει μη απαραίτητα χαρακτηριστικά και είναι βαρύ και μη αποτελεσματικό για υψηλά συμπιεσμένα αρχεία φωνής. Στην πράξη, με τη χρήση της συμπίεσης της κεφαλής (header compression) αυτό δεν είναι ένα σοβαρό επιχείρημα, και τα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται επιτρέπουν την επέκταση σε πολυμεσικές και πολυατομικές εφαρμογές με ευκολία. Επίσης κάποιοι άλλοι – όπως για παράδειγμα η κοινωνία του ψηφιακού cinema- έχουν υποστηρίξει ότι το RTP είναι ελλιπής στα χαρακτηριστικά του για τις ανάγκες τους και θα πρέπει να περιλαμβάνει ισχυρότερη quality-of-service και υποστήριξη ασφάλειας, περισσότερα και λεπτομερέστερα στατιστικά και το καθεξής.

Η δύναμη του RTP είναι ότι παρέχει μια ενωμένη κατασκευή για μεταφορά πραγματικού χρόνου βίντεο και ήχου, ικανοποιώντας τις περισσότερες εφαρμογές κατευθείαν, αλλά είναι εύκαμπτο για εκείνες τις εφαρμογές που το φτάνουν στα όρια του.

#### *4.1.2 Ανάπτυξη εφαρμογών λογισμικού με το RTP*

Υπάρχουν δυο προσεγγίσεις για την ανάπτυξη μιας βασιζόμενης στο RTP δικτυακής εφαρμογής. Η πρώτη προσέγγιση απαιτεί από τον κατασκευαστή της

εφαρμογής να ενσωματώσει χειροκίνητα το RTP – δηλαδή να γράψει μόνος του τον κώδικα για την ενθυλάκωση των πακέτων του RTP στην πλευρά του αποστολέα και τον κώδικα για την εξαγωγή τους στην πλευρά του παραλήπτη. Η δεύτερη προσέγγιση απαιτεί από τον κατασκευαστή της εφαρμογής να χρησιμοποιήσει υπάρχουσες βιβλιοθήκες κώδικα για το RTP (για όσους χρησιμοποιούν τη C) και κλάσεις της Java οι οποίες εκτελούν την ενθυλάκωση και την εξαγωγή των πακέτων RTP.

#### *4.1.3 Πολυπλεξία στο RTP*

Για αποτελεσματική επεξεργασία πρωτοκόλλου, ο αριθμός των σημείων πολυπλεξίας πρέπει να περιοριστεί καθώς αυτό είναι μια από τις αρχές σχεδίασης των πρωτοκόλλων. Στο RTP η πολυπλεξία παρέχεται από τη διεύθυνση προορισμού (destination transport address) δηλαδή από τη διεύθυνση δικτύου και τον αριθμό θύρας που είναι διαφορετικός για κάθε RTP σύνοδο. Για παράδειγμα, σε μια τηλεδιάσκεψη που περιλαμβάνει ήχο και βίντεο που κωδικοποιούνται ξεχωριστά κάθε μέσο πρέπει να μεταφέρεται σε μια ξεχωριστή RTP σύνοδο με τη δική του διεύθυνση προορισμού (destination transport address). Ξεχωριστές ροές ήχου και βίντεο δεν πρέπει να μεταφέρονται σε μια RTP σύνοδο και η απόπλεξη τους να βασίζεται στον τύπο ωφέλιμου φορτίου (payload type) ή στο αναγνωριστικό συντελεστή (SSRC field), όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο που περιγράψαμε τη δομή του RTP πακέτου. Διαστρωματωμένα (Interleaving) πακέτα με διαφορετικούς τύπους μέσων RTP αλλά χρησιμοποιώντας το ίδιο αναγνωριστικό συντελεστή, θα εισήγαγε πολλά προβλήματα.

1. Εάν δύο ροές ήχου μοιραζόντουσαν την ίδια RTP session και το ίδιο αναγνωριστικό συντελεστή και μια από τις δυο ροές έπρεπε να αλλάξει κωδικοποίηση άρα και να διαλέξει διαφορετικό τύπο ωφέλιμου φορτίου (payload type) δε θα υπήρχε γενικά ένας αποδεκτός τρόπος να αναγνωρίσουμε ποια από τις δύο ροές θα είχε αλλάξει κωδικοποίηση.

2. Ένας αναγνωριστικός συντελεστής ορίζεται για να θέσει ένα συγκεκριμένο χρονικό πεδίο (timing spaces) και ένα συγκεκριμένο πεδίο αριθμού ακολουθίας(sequence number spaces). Για uninterleaving σε πολλαπλούς τύπους ωφέλιμου φορτίου θα χρειαζότανε διαφορετικά πεδία χρόνου αν οι ρυθμοί χρόνου ρολογιού (clock rates) διαφέρουν και θα χρειαζότανε διαφορετικά πεδία αριθμού ακολουθίας για να

μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε ποιος τύπος ωφέλιμου φορτίου είχε τη μεγαλύτερη απώλεια πακέτου.

3. Ένας μείκτης RTP δε θα μπορούσε να συνδυάσει διαστρωματωμένες ροές από μη συμβατά μέσα σε μία ροή.

4. Μεταφέροντας πολλαπλά μέσα (ήχος , βίντεο) σε μια RTP session περιλαμβάνει τη χρήση διαφορετικών μονοπατιών δικτύου ή αναθέσεις πηγών δικτύου εάν χρειάζεται.

Χρησιμοποιώντας διαφορετικά πεδία αριθμού ακολουθίας για κάθε μέσο αλλά στέλνοντας τα χρησιμοποιώντας την ίδια RTP session θα ξεπερνούσε τα πρώτα δυο προβλήματα αλλά όχι τα δυο τελευταία. Από την άλλη μεριά η πολυπλεξία διαφορετικών πολλαπλών συσχετισμένων πηγών του ιδίου μέσου σε μια RTP session χρησιμοποιώντας διαφορετικά πεδία αριθμού ακολουθίας είναι το στάνταρτ για εκπομπές multicast [13].

#### *4.1.4 Τα “όρια” του RTP*

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα όρια του RTP πρωτοκόλλου επειδή είναι συνειδητά ατελές για δύο λόγους. Πρώτον το στάνταρτ δε καθορίζει αλγορίθμους για την αναπαραγωγή μέσων media και αναγέννησης του χρόνου, συγχρονισμό μεταξύ media streams, έλεγχο λάθους ή έλεγχο συμφόρησης. Αυτά είναι προφανώς ιδιοκτησία του σχεδιαστή της εφαρμογής και επειδή διαφορετικές εφαρμογές έχουνε και διαφορετικές ανάγκες, θα ήταν λάθος για ένα στάνταρτ να επιβάλει μια συγκεκριμένη συμπεριφορά. Όμως παρέχει την απαραίτητη πληροφορία για αυτούς τους αλγόριθμους να λειτουργήσουν όταν καθοριστεί. Δεύτερον, μερικές λεπτομέρειες της μεταφοράς έχουνε μείνει ανοιχτές για αλλαγή από διαφορετικά προφίλ και ορισμούς ωφέλιμου πεδίου. Αυτά περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως η ανάλυση των σφραγίδων χρόνου (timestamps), η σημείωση ενδιαφέροντων γεγονότων μέσα σε μια ροή μέσων, και η χρήση του τύπου του ωφέλιμου πεδίου (payload type field). Τα χαρακτηριστικά που μπορεί να περιγραφούν από το προφίλ του RTP περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Η μετακίνηση (Mapping) μεταξύ του τύπου ωφέλιμου φορτίου στην κεφαλίδα του RTP και στα χαρακτηριστικά της ωφέλιμης μορφής (που περιγράφουν πως συγκεκριμένοι κωδικοποιητές media θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν με το RTP). Κάθε προφίλ θα έχει ως αναφορά πολλαπλές ωφέλιμες μορφές και

μπορεί να υποδείξει πως τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν τη μετακίνηση.

- Το μέγεθος του τύπου του ωφέλιμου φορτίου στη κεφαλίδα του RTP και ο αριθμός των bit που χρησιμοποιούνται για να σημειώνουν ενδιαφέροντα γεγονότα μέσα σε ένα media stream.
- Προσθήκες στη κεφαλίδα του RTP πρωτοκόλλου, εάν η κεφαλίδα φανεί μη επαρκής για μια συγκεκριμένη κλάση της εφαρμογής (class of the application).
- Το διάστημα αναφοράς για το πρωτόκολλο ελέγχου του RTP – για παράδειγμα, για να κάνει την ανατροφοδότηση περισσότερο ακριβής με κόστος το επιπλέον overhead.
- Οριοθετήσεις στους τύπους του πακέτου RTCP που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, εάν κάποιες από τις πληροφορίες που έχουν δοθεί δεν είναι χρήσιμες σε αυτό τον τύπο των εφαρμογών.
- Επιπρόσθετοι μηχανισμοί ασφαλείας – για παράδειγμα καινούργιος μηχανισμός κρυπτογράφησης και αλγόριθμοι αυθεντικότητας.
- Mapping του RTP και RTCP σε χαμηλότερων επιπέδων πρωτόκολλα μεταφοράς.

Αυτή τη στιγμή υπάρχει ένα και μοναδικό προφίλ RTP: το RTP προφίλ για διασκέψεις βίντεο και ήχου με ελάχιστο έλεγχο. Αυτό το προφίλ εκδόθηκε σαν προτεινόμενο standard (RFC 1890) μαζί με τη περιγραφή του RTP τον Ιανουάριο του 1996. Πληθώρα νέων προφίλ είναι υπό εξέλιξη. Αυτά τα οποία είναι πιθανότερο να δούμε σύντομα είναι εκείνα που προσθέτουν επιπλέον ασφάλεια όπως επίσης και μηχανισμούς ανατροφοδότησης και επιδιόρθωσης.

#### *4.1.5. Συσχετιζόμενα Standards*

Μαζί με το RTP framework, ένα ολόκληρο σύστημα τυπικά θα χρειαζότανε τη χρήση πληθώρας άλλων πρωτοκόλλων και στάνταρτ για την εγκαθίδρυση μιας κλήσης και τον έλεγχο της, τη περιγραφή της συνεδρίας, την επικοινωνία τρίτων, και τις απαιτήσεις για ποιότητα της υπηρεσίας. Αν και η πτυχιακή αυτή δε θα αναφερθεί ιδιαίτερα στα πρωτόκολλα αυτά μιας και δεν είναι ο σκοπός της αυτός θα αναφέρουμε επιγραμματικά μερικά από αυτά μιας και κρίνεται αναγκαίο για τη γνώση του αναγνώστη στη λειτουργία του RTP πρωτοκόλλου.

Η ολοκληρωμένη σωρός πρωτοκόλλων πολυμέσων (multimedia protocol stack) φαίνεται στην επόμενη εικόνα 4.3 όπου και φαίνεται η σχέση μεταξύ του RTP framework και τα υποστηριζόμενα και συσχετιζόμενα πρωτόκολλα ελέγχου και εγκαθίδρυσης setup.

Applications				
Media negotiation /call control		Lightweight sessions		Media codecs
RTSP	H.323	SIP	SAP	RTP
TCP			UDP	
IP				
Link Layer				
Physical Layer				

*Εικόνα 4.3 Multimedia protocol stack.*

#### 4.1.5.1 Call Setup and Control

Διαφορετικά πρωτόκολλα εγκαθίδρυσης κλήσης, ελέγχου και διαφημίσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αρχίσουν μια RTP σύννοδος πάντα σε εξάρτηση με το σενάριο της εφαρμογής:

- Για το σκοπό της έναρξης μιας αλληλεπιδραστικής συνόδου (interactive session), για παράδειγμα μία κλήση τηλεφώνου μέσω internet ή μιας βίντεο διάσκεψης, υπάρχουν δύο στάνταρτς. Το πρότυπο στάνταρ σε αυτό το τομέα ήταν η σύσταση της ITU ως H.323, και πιο πρόσφατα η IETF έχει εισαγάγει το Session Initiation Protocol (SIP).
- Για το σκοπό έναρξης μιας μη διαδραστικής session – για παράδειγμα video-on-demand – το κυριότερο στάνταρ είναι το Real-Time Streaming Protocol (RTSP).

- Η αρχική χρήση του RTP ήταν με το IP multicast καθώς και ελαφριά μοντέλα εφαρμογών συνδιασκέψεων. Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιούσε το Session Announcement Protocol (SAP) για να ανακοινώσει συνεδρίες σε εξέλιξη όπως σεμινάρια και εκπομπές τηλεοπτικών καναλιών που ήταν ανοιχτές στο ευρύ κοινό.

Οι απαιτήσεις για αυτά τα πρωτόκολλα είναι αρκετά ξεχωριστά, στον αριθμό συμμετεχόντων στην εφαρμογή και την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων. Μερικές συνεδρίες είναι πολύ χαλαρά συνδεδεμένες, εφαρμόζοντας περιορισμούς μόνο μέσω συνδρομής καθώς και τη γνώση της συμμετοχής του χρήστη στους υπόλοιπους συμμετέχοντες. Από την άλλη μεριά υπάρχουν και εφαρμογές οι οποίες είναι πολύ στενά διοικούμενες με αποκλειστική εξουσιοδότηση των χρηστών να συμμετέχουν να βλέπουν να μιλούν και να ακούνε.

Αυτά τα διαφορετικά χαρακτηριστικά έχουν οδηγήσει στη δημιουργία πολλών και διαφορετικών πρωτοκόλλων σχεδιασμένα το καθένα από αυτά για διαφορετικά σενάρια με μια έρευνα που συνεχίζεται με γοργούς ρυθμούς ακόμη και στις μέρες μας. Το RTP ηθελημένα δε συμπεριλαμβάνει λειτουργίες έναρξης μιας εφαρμογής και ελέγχου της κάνοντας το ταιριαστό σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών.

#### *4.1.5.2 Περιγραφή μιας συνδιάλεξης*

Κοινό σε όλα τα πρωτόκολλα έναρξης και ανακοίνωσης μιας συνδιάλεξης είναι η ανάγκη για μια μορφή περιγραφής αυτής της συνόδου. Ένα συχνά χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο σε αυτήν την περιοχή είναι το Session Description Protocol (SDP), αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι μηχανισμοί για την ίδια εργασία.

Ανεξαρτήτως της μορφής της περιγραφής της συνόδου, μερικές συγκεκριμένες πληροφορίες χρειάζονται πάντα. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να μεταδίδονται οι διευθύνσεις μεταφοράς στα φυσικά μέσα τα οποία μεταδίδονται, η μορφή των μέσων, ο τύπος ωφέλιμου φορτίου καθώς και τα προφίλ που θα χρησιμοποιηθούν, οι χρόνοι που η σύνοδος είναι ενεργή, και ο σκοπός της συνόδου (purpose of the session).



#### *4.1.6 Quality of Service*

Παρόλο που το RTP είναι σχεδιασμένο να λειτουργήσει με τη καλύτερη δυνατή υπηρεσία που παρέχεται από το IP, είναι μερικές φορές χρήσιμο να μπορέσουμε να κρατήσουμε πηγές δικτύου, δίνοντας αυξημένη ποιότητα υπηρεσίας στη ροή του RTP. Για ακόμη μια φορά αυτή δεν είναι μια υπηρεσία που παρέχεται από το RTP και για αυτό το λόγο πρέπει να αναζητηθεί βοήθεια από ένα ακόμη πρωτόκολλο. Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει μια κοινά αποδεχόμενη πρακτική όσον αφορά τη παρακράτηση πηγών (resource reservation) στο Internet. Δυο στάνταρ πλαίσια (frameworks) υπάρχουν αυτή τη στιγμή, οι ενσωματωμένες υπηρεσίες (Integrated Services) και οι Διαφοροποιημένες υπηρεσίες (Differentiated Services).

Το δίκτυο των Integrated Services παρέχει αυστηρές εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας δικτύου, μέσω της χρήσης του Resource ReSerVation Protocol (RSVP). Δρομολογητές χρειάζονται για να διαχωρίσουν την απαραίτητη χωρητικότητα σε κλάσεις υπηρεσίας και να προσμετρήσουν χωρητικότητα χρησιμοποιούμενη από τη κίνηση. Πριν αρχίσει την εκπομπή, ένας οικοδεσπότης (host) πρέπει να εκπέμψει τα χαρακτηριστικά του στους δρομολογητές, που επιτρέπουν τη κράτηση (reservation) να πετύχει μόνο όταν επαρκής χωρητικότητα είναι διαθέσιμη στην επιθυμητή κλάση της υπηρεσίας. Με την προϋπόθεση ότι όλοι οι δρομολογητές σέβονται τις κλάσεις των υπηρεσιών και δεν αντιπαρέρχονται τις πηγές, αυτή η απαίτηση προστατεύει την υπερφόρτωση των συνδέσεων, παρέχοντας εγγυημένη ποιότητα των υπηρεσιών. Οι διαθέσιμες κλάσεις των υπηρεσιών περιλαμβάνουν εγγυημένες υπηρεσίες (δίνοντας ένα εξασφαλισμένο επίπεδο εύρους ζώνης και μια μη καταστροφική απώλεια πακέτων) και ελεγμένο φορτίο (παρέχοντας μια υπηρεσία ισάξια με εκείνη μιας υπηρεσίας σε ένα ελαφρά φορτωμένο δίκτυο).

Τα δίκτυα των Integrated Services και το RSVP υποφέρουν από την ανάγκη να κάνουν κρατήσεις για κάθε ροή, και από τη δυσκολία στο να συμφωνήσουν για αυτές τις κρατήσεις. Σαν αποτέλεσμα υπάρχει μια διαβάθμιση του RSVP σε μεγάλους αριθμούς ετερογενών κρατήσεων που είναι προβληματικό λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού της κατάστασης (amount of state) που πρέπει να παραμείνει στους

δρομολογητές. Αυτό το μειονέκτημά του έχει βάλει κάποια όρια στην ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής.

Το δίκτυο των Differentiated Services αναλαμβάνει διαφορετική προσέγγιση στη στην ποιότητα των υπηρεσιών. Αντί να παρέχει end-to-end κρατήσεις πηγών και αυστηρές εγγυήσεις ποιότητας, ορίζει πολλές συμπεριφορές σειράς (queuing behaviors), που διαλέγει θέτοντας τον τύπο του πεδίου της υπηρεσίας στην επικεφαλίδα του IP κάθε πακέτου. Αυτή η συμπεριφορά επιτρέπει τον δρομολογητή να δώσει προτεραιότητα σε ορισμένους τύπους κίνησης ώστε να αποδώσει χαμηλή πιθανότητα απώλειας ή καθυστέρησης πακέτων. Αλλά επειδή ένας δρομολογητής δε μπορεί να ελέγξει το ποσό της κίνησης που δίνεται από το δίκτυο, δεν υπάρχει απόλυτη εγγύηση ότι τα όρια της μέγιστης επίδοσης επιτυγχάνονται πλήρως. Το πλεονέκτημα του δικτύου των Differentiated Services είναι ότι δε χρειάζεται πολύπλοκη σηματοδότηση, και ότι οι απαιτήσεις μιας κατάστασης είναι κατά πολύ μικρότερες σε σχέση με εκείνες του RSVP. Το μειονέκτημα από την άλλη είναι ότι παρέχει στατιστικές εγγυήσεις μόνο.

Ο συνδυασμός των δικτύων των Integrated και Differentiated Services είναι ισχυρός, και αυτό το γεγονός πρέπει να είναι σε θέση να το εκμεταλλευτούν μελλοντικά δίκτυα κάνοντας το συνδυασμό τους. Το RSVP μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αιτήσεις εφαρμογών σηματοδότησης στους τελικούς δρομολογητές, και με τους ίδιους τους δρομολογητές να μεταφέρουν αυτές τις απαιτήσεις σε διαφορετικές τάξεις Differentiated Services. Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει τους τελικούς δρομολογητές να αποκλείσουν περισσότερη κίνηση, βελτιώνοντας τις εγγυήσεις που μπορούν να προσφερθούν από ένα δίκτυο Differentiated Services network, ενώ την ίδια στιγμή κρατούν τη κατάσταση που χρειάζεται το RSVP για το κυρίως μέρος του δικτύου.

Τα δύο αυτά δίκτυα έχουν τη θέση τους στη σχεδίαση μιας συνόδου, αλλά κανένα δεν έχει επιτύχει μεγάλη αρκετά χρήση μέχρι σήμερα. Είναι πιθανόν, αλλά με κάποια προϋπόθεση βέβαια, ότι μελλοντικά δίκτυα θα εφαρμόσουν κάποια μορφή ποιότητας της υπηρεσίας. Μέχρι εκείνη τη στιγμή θα μείνουμε με το έργο του να κάνουμε εφαρμογές να τα καταφέρνουν όσον το δυνατό καλύτερα σε ένα όσο το δυνατό καλύτερο δίκτυο που μπορεί να επιτευχθεί.

#### *4.1.7 Μελλοντική Ανάπτυξη standards*

Με την εξέλιξη του RTP για την τελευταία του έκδοση ως στάνταρ, δεν υπάρχουν γνωστά μη λυμένα θέματα σχετικά με τις προδιαγραφές του πρωτοκόλλου, και το RTP δεν αναμένεται να αλλάξει ιδιαίτερα στο προσεχές μέλλον. Αυτό δε σημαίνει βέβαια ότι η δουλειά των στάνταρ έχει τελειώσει. Καινούργιοι τύποι ωφέλιμου φορτίου είναι συνεχώς υπό ανάπτυξη, και η δουλειά σε καινούργια προφίλ θα επεκτείνει το RTP ώστε να συμπεριλάβει καινούργιες λειτουργίες (για παράδειγμα προφίλ για ασφαλές RTP και αυξημένη ανατροφοδότηση).

Στο ευρύ μέλλον, περιμένουμε ο σκελετός (framework) του RTP να εξελιχθεί μαζί με το δίκτυο κάθε αυτό. Μελλοντικές αλλαγές στο δίκτυο μπορούν επίσης να επηρεάσουν το RTP και αναμένονται καινούργια προφίλ που θα αναπτυχθούν για να εκμεταλλευτούν αυτές τις αλλαγές. Αναμένεται επίσης μια συνεχής σειρά καινούργιων προδιαγραφών τύπων ωφέλιμου φορτίου, ώστε να συνεχίσουν με τις αλλαγές στην τεχνολογία της κωδικοποίησης και να παρέχουν καινούργια σχέδια αντιμετώπισης λαθών.

Τέλος, περιμένουμε σημαντικές αλλαγές στα συσχετιζόμενα πρωτόκολλα για εγκαθίδρυση κλήσης, έλεγχο κλήσης, δέσμευση πόρων, και ποιότητα των υπηρεσιών. Αυτά τα πρωτόκολλα είναι νεότερα σε σχέση με το RTP, και αυτή τη στιγμή είναι σε τάχιση ανάπτυξη, δεδομένου ότι αυτές οι αλλαγές θα είναι περισσότερο βασικές από τις αλλαγές που ενδεχομένως να προκύψουν στο RTP όσον αφορά τα προφίλ και τους τύπους ωφέλιμου φορτίου.

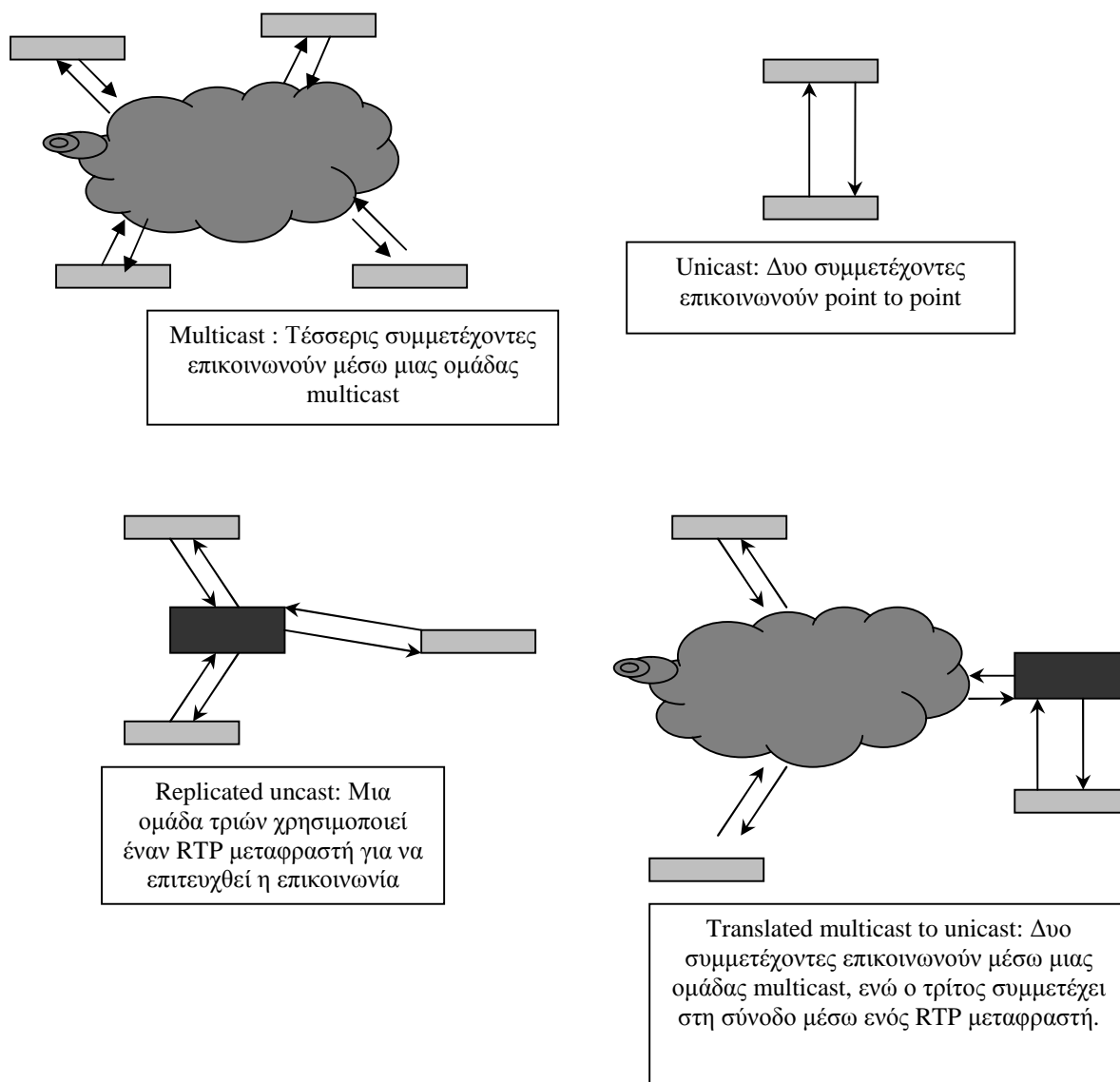
#### *4.1.8 RTP Sessions*

Μια σύνοδος RTP αποτελείται από ένα γκρουπ συμμετεχόντων που επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο RTP. Ένας συμμετέχων μπορεί να είναι ενεργός σε πολλές συνόδους RTP για παράδειγμα μια σύνοδο για την ανταλλαγή ήχου και μια άλλη σύνοδος για την ανταλλαγή βίντεο. Για κάθε συμμετέχων, η σύνοδος αναγνωρίζεται από μια διεύθυνση δικτύου, ένα ζεύγος θυρών στο οποίο τα δεδομένα πρέπει να σταλούν και ένα ζεύγος θυρών στο οποίο τα δεδομένα θα παραληφθούν. Οι θύρες βέβαια για παραλαβή και αποστολή των δεδομένων αυτών μπορεί να είναι οι ίδιες. Κάθε ζεύγος θυρών συμπεριλαμβάνει δυο

γειτονικές θύρες : μια θύρα για RTP data packets, και μια για τα RTCP control packets (-πακέτα ελέγχου- που θα περιγράψουμε στο επόμενο κεφάλαιο). Το προκαθορισμένο ζεύγος θυρών είναι το 5004 και 5005 για UDP/IP, αλλά πολλές εφαρμογές δυναμικά ορίζουν άλλες θύρες κατά τη διάρκεια μιας εγκαθίδρυσης συνόδου, αγνοώντας ότι ο προκαθορισμένος σχεδιασμός των συνόδων με RTP είναι για τη μεταφορά ενός τύπου media; Και καταυτό τον τρόπο σε μια multimedia επικοινωνία communication,κάθε τύπος δεδομένων θα πρέπει να μεταφέρεται σε μια ξεχωριστή RTP σύνοδο

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η τελευταία έκδοση των χαρακτηριστικών του RTP πρωτοκόλλου χαλαρώνει την απαίτηση των δύο γειτονικών θυρών και επιτρέπει μη γειτονικές RTP και RTCP θύρες. Αυτή η αλλαγή κάνει εφικτή τη χρησιμοποίηση του RTP σε περιβάλλοντα όπου συγκεκριμένοι τύποι συσκευών Μετάφρασης Διευθύνσεων Δικτύου (Network Address Translation [NAT]) είναι παρών. Εάν είναι βέβαια εφικτό, για συμβατότητα με προηγούμενες εφαρμογές, είναι σοφό να χρησιμοποιούμε γειτονικές θύρες αν και δεν είναι πλέον αυστηρά απαραίτητο.

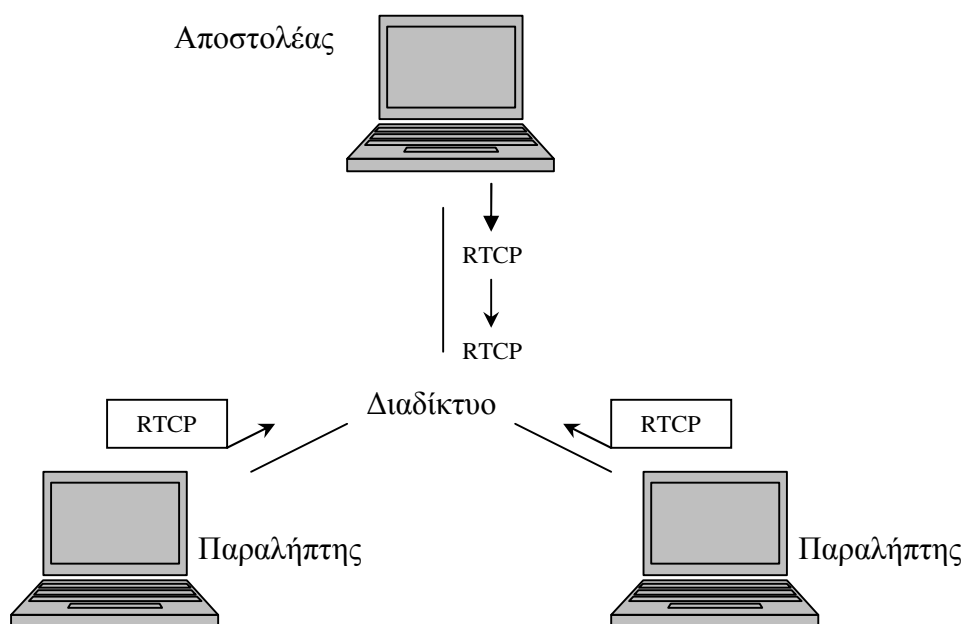
Μια σύνοδος μπορεί να είναι unicast, είτε άμεσα μεταξύ δύο συμμετεχόντων ή σε ένα κεντρικό server που αναδιανέμει τα δεδομένα. Από την άλλη μπορεί να είναι multicast σε μια ομάδα συμμετεχόντων. Μια σύνοδος ακόμη δεν πρέπει να είναι δεσμευμένη σε μια διεύθυνση μεταφοράς. Για παράδειγμα, μεταφραστές (translators) RTP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γεφυρώσουν μια σύνοδο μεταξύ unicast και multicast,ή μεταξύ IP και ενός άλλου μέσου, όπως το IPv6 ή το ATM. Η εικόνα 4.4 δείχνει τους τύπους των συνόδων του RTP.



Εικόνα 4.4 Τύποι συνόδων RTP.

## 4.2 RTCP

Το έγγραφο RFC 1889 ορίζει επίσης τις προδιαγραφές για το RTCP, ένα πρωτόκολλο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται από μια δικτυακή εφαρμογή πολυμέσων σε συνδυασμό με το RTP. Όπως παρουσιάζεται σχηματικά στο σενάριο της εικόνας 4.5, τα πακέτα του RTCP μεταδίδονται από κάθε συμμετέχοντα σε μια σύνοδο επικοινωνίας RTP προς όλους τους άλλους συμμετέχοντες στην ίδια σύνοδο με τη μέθοδο πολυεκπομπής (αποστολή προς πολλαπλούς προορισμούς) του IP. Για μια σύνοδο επικοινωνίας μέσω RTP, τυπικά υπάρχει μια και μόνο διεύθυνση πολυεκπομπής και όλα τα πακέτα RTP και RTCP που ανήκουν σε αυτή τη σύνοδο χρησιμοποιούν τη διεύθυνση πολυεκπομπής. Η διάκριση μεταξύ των πακέτων RTP και RTCP επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης διαφορετικών αριθμών θύρας. (ο αριθμός θύρας για το RTCP ορίζεται ίσος με τον αριθμό θύρας για το RTP συν ένα) [11]. Τα πακέτα του RTCP δεν ενθυλακώνουν τμήμα δεδομένων ήχου ή βίντεο. Αντίθετα τα πακέτα του RTCP στέλνονται περιοδικά και περιέχουν αναφορές από τον αποστολέα και/ή τον παραλήπτη οι οποίες κοινοποιούν στατιστικά στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα για την εφαρμογή. Σε αυτά τα στατιστικά περιλαμβάνεται ο αριθμός των πακέτων που στάλθηκαν, ο αριθμός των πακέτων που χάθηκαν και η διακύμανση της καθυστέρησης κατά τη μετάδοση των πακέτων.



**Εικόνα 4.5** Τόσο οι αποστολείς, όσο και οι παραλήπτες, στέλνουν μηνύματα του RTCP.

### 4.2.1 Τύποι πακέτων RTCP

Το RTCP χρησιμοποιεί πέντε βασικούς τύπους μηνυμάτων για να επιτρέψει στους αποστολείς και στους παραλήπτες να ανταλλάξουν πληροφορίες σχετικά με την περίοδο εργασίας. Η επόμενη *εικόνα 4.6* δείχνει τους τύπους αυτούς :

Τύπος	Σημασία
200	Αναφορά αποστολέα
201	Αναφορά παραλήπτη
202	Μήνυμα περιγραφής της προέλευσης
203	Μήνυμα αποχαιρετισμού
204	Μήνυμα ειδικά για την εφαρμογή

**Εικόνα 4.6.**

Για κάθε ρεύμα δεδομένων RTP που λαμβάνει σε μια σύνοδο επικοινωνίας, ο παραλήπτης παράγει μια αναφορά παραλαβής. Ο παραλήπτης συγκεντρώνει τις αναφορές παραλαβής σε ένα μεμονωμένο πακέτο RTCP. Κατόπιν το πακέτο αυτό στέλνεται στη λίστα διανομής πολυεκπομπής, η οποία συνδέει όλους τους συμμετέχοντες στη συγκεκριμένη σύνοδο επικοινωνίας. Η αναφορά παραλαβής περιλαμβάνει αρκετά πεδία, τα σημαντικότερα εκ των οποίων παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- Το προσδιοριστικό SSRC (προσδιοριστικό πηγής δεδομένων) του ρεύματος δεδομένων RTP για το οποίο παράγεται η αναφορά παραλαβής.
- Το πλήθος των πακέτων που χάθηκαν από ένα ρεύμα δεδομένων RTP. Κάθε παραλήπτης υπολογίζει τον αριθμό των πακέτων RTP που χάθηκαν δια τον αριθμό των πακέτων RTP που στάλθηκαν σαν μέρος του ρεύματος δεδομένων. Εάν ένας αποστολέας λάβει αναφορές παραλαβής οι οποίες υποδεικνύουν ότι οι παραλήπτες απολαμβάνουν μόνο ένα μικρό κλάσμα δεδομένων που μεταδίδει, ο αποστολέας μπορεί να επιλέξει κωδικοποίηση με χαμηλότερη ταχύτητα για να μειώσει την συμφόρηση στο δίκτυο και να βελτιώσει τον αριθμό παραλαβής των πακέτων.
- Τον αριθμό ακολουθίας του τελευταίου πακέτου που παραλήφθηκε στο συγκεκριμένο ρεύμα πακέτων του RTP.

- Τη διακύμανση της καθυστέρησης στη μετάδοση των πακέτων, η οποία είναι μια εκτίμηση της διακύμανσης του διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ της άφιξης δυο διαδοχικών πακέτων η οποία έχει υποστεί εξομάλυνση.

Για κάθε ρεύμα δεδομένων RTP που μεταδίδει ένας αποστολέας δημιουργεί και μεταδίδει επίσης πακέτα RTCP με αναφορές αποστολής. Τα πακέτα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες για το ρεύμα δεδομένων RTP όπως:

- Το προσδιοριστικό SSRC του ρεύματος δεδομένων RTP.
- Τη χρονοσφραγίδα και τον πραγματικό χρόνο για το πακέτο RTP που έχει παραχθεί πιο πρόσφατα στο συγκεκριμένο ρεύμα δεδομένων.
- Τον αριθμό των πακέτων που έχουν αποσταλεί από το συγκεκριμένο ρεύμα δεδομένων.
- Τον αριθμό των bytes που έχουν αποσταλεί από το συγκεκριμένο ρεύμα δεδομένων.

Οι παραλήπτες μεταδίδουν περιοδικά μηνύματα αναφοράς παραλήπτη (receiver report), τα οποία ενημερώνουν την προέλευση για τις συνθήκες λήψης. Οι αναφορές παραλήπτη είναι σημαντικές για δυο λόγους. Πρώτον επιτρέπουν σε όλους τους παραλήπτες που συμμετέχουν σε μια περίοδο εργασίας, καθώς και στον αποστολέα, να ενημερωθούν για τις συνθήκες λήψης που επικρατούν σε άλλους παραλήπτες. Δεύτερον, επιτρέπουν στους παραλήπτες να προσαρμόσουν το ρυθμό δημιουργίας αναφορών, ώστε να αποφύγουν τη χρήση υπερβολικού εύρους ζώνης και τη δημιουργία συμφόρησης στον αποστολέα. Η προσαρμοστική μέθοδος εγγυάται ότι η συνολική κυκλοφορία ελέγχου θα παραμείνει σε ποσοστό μικρότερο του 5% σε σχέση με την κυκλοφορία δεδομένων πραγματικού χρόνου, καθώς και ότι οι αναφορές του παραλήπτη θα δημιουργούν λιγότερο από το 75% της κυκλοφορίας ελέγχου. Κάθε αναφορά παραλήπτη προσδιορίζει μια ή περισσότερες προελεύσεις συγχρονισμού και περιέχει μια ξεχωριστή ενότητα για την κάθε προέλευση. Η ενότητα αυτή προσδιορίζει το πακέτο με το μεγαλύτερο αριθμό ακολουθίας που παραλήφθηκε από την προέλευση, τη συνολική καθώς και τη ποσοστιαία απώλεια πακέτων που παρατηρείται, το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την άφιξη της αναφοράς RTCP από την προέλευση, και την παραμόρφωση χρονισμού κατά το διάστημα μέχρι την άφιξη.



Οι αποστολείς μεταδίδουν σε περιοδική βάση ένα μήνυμα αναφοράς αποστολέα (sender report) που παρέχει μια απόλυτη χρονοσφραγίδα. Για να κατανοήσουμε την αναγκαιότητα της χρονοσφραγίδας, θα πρέπει να θυμηθούμε ότι το RTP επιτρέπει σε κάθε ρεύμα να ρυθμίζει την αναλυτικότητα για την χρονοσφραγίδα του και ότι η πρώτη χρονοσφραγίδα επιλέγεται τυχαία. Η απόλυτη χρονοσφραγίδα στην αναφορά αποστολέα είναι απαραίτητη επειδή παρέχει το μόνο μηχανισμό που διαθέτει ο παραλήπτης για το συγχρονισμό πολλών ρευμάτων. Ειδικότερα, επειδή το RTP απαιτεί ξεχωριστό ρεύμα για κάθε τύπο μέσου, η μετάδοση βίντεο και συνοδευτικού ήχου απαιτεί δυο ρεύματα. Οι πληροφορίες της απόλυτης χρονοσφραγίδας επιτρέπουν την απόλυτη αναπαραγωγή και των δυο ρευμάτων από τον παραλήπτη [5].

Οι αναφορές του αποστολέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το συγχρονισμό διαφορετικών ροών δεδομένων πολυμέσων εντός μιας συνόδου RTP. Σαν παράδειγμα σκεφτείτε μια εφαρμογή βιντεοδιασκέψεων στην οποία κάθε αποστολέας παράγει δυο ανεξάρτητες ροές δεδομένων RTP – μια για την εικόνα βίντεο και μια για τον ήχο. Οι ενδείξεις χρόνου αυτών των πακέτων RTP διασυνδέονται με τη συχνότητα δειγματοληψίας ήχου και βίντεο αλλά όχι με τον πραγματικό χρόνο. Κάθε αναφορά αποστολέα του RTCP περιέχει, για το πακέτο του συγκεκριμένου ρεύματος δεδομένων RTP που έχει παραχθεί πιο πρόσφατα, τη χρονοσφραγίδα του πακέτου RTP και τον πραγματικό χρόνο δημιουργίας του πακέτου. Έτσι τα πακέτα του RTCP συσχετίζουν τη συχνότητα δειγματοληψίας με το πραγματικό χρόνο. Οι παραλήπτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτό τον συσχετισμό για να συγχρονίσουν την αναπαραγωγή του ήχου και του βίντεο.

Για κάθε ρεύμα δεδομένων RTP που μεταδίδει ένας αποστολέας δημιουργεί επίσης και μεταδίδει πακέτα περιγραφής της πηγής των δεδομένων. Τα πακέτα αυτά περιέχουν πληροφορίες για την πηγή δεδομένων όπως η διεύθυνση email του αποστολέα, το όνομα του και η εφαρμογή που παράγει το ρεύμα δεδομένων RTP. Περιλαμβάνουν επίσης το προσδιοριστικό SSRC του σχετιζόμενου ρεύματος δεδομένων RTP. Αυτά τα πακέτα επιτρέπουν την αντιστοίχιση μεταξύ του προσδιοριστικού πηγής δεδομένων (SSRC) και του ονόματος χρήστη/συστήματος.

Εκτός από τα περιοδικά μηνύματα αναφοράς των αποστολέων, οι αποστολείς μεταδίδουν επίσης μηνύματα περιγραφής προέλευσης (source description), τα οποία

παρέχουν γενικές πληροφορίες για το χρήστη που είναι ιδιοκτήτης ή ελέγχει την προέλευση. Κάθε μήνυμα περιέχει μια ενότητα για κάθε εξερχόμενο ρεύμα RTP – τα περιεχόμενα προορίζονται για ανάγνωση από τους ανθρώπους χρήστες. Για παράδειγμα, το μόνο απαιτούμενο πεδίο είναι το κανονικό όνομα για τον κάτοχο του ρεύματος, δηλαδή ένα αλφαριθμητικό της μορφής :

**χρήστης@υπολογιστής**

όπου ο υπολογιστής είναι είτε το όνομα της περιοχής του υπολογιστή είτε η διεύθυνση IP του σε δεκαδική μορφή με τελείες, και χρήστης είναι ένα όνομα σύνδεσης. Τα προαιρετικά πεδία στην περιγραφή προέλευσης περιέχουν πρόσθετες λεπτομέρειες, όπως τη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του χρήστη (η οποία ενδέχεται να διαφέρει από το κανονικό όνομα), τον αριθμό τηλεφώνου, τη γεωγραφική θέση της τοποθεσίας, το πρόγραμμα ή το εργαλείο εφαρμογής που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του ρεύματος, ή άλλες σημειώσεις σε μορφή κειμένου για την προέλευση.

#### *4.2.2 Το RTCP και η ανάγκη για εύρος ζώνης*

Το RTCP εμφανίζει ένα πρόβλημα επέκτασης σε μεγαλύτερη κλίμακα. Έτσι σε μια σύνοδο επικοινωνίας μέσω RTP στην οποία εμπλέκεται ένας αποστολέας και μεγάλος αριθμός παραληπτών, εάν κάθε ένας από τους παραλήπτες παράγει περιοδικά πακέτα RTCP, τότε ο αθροιστικός όγκος των μεταδιδόμενων πακέτων RTCP μπορεί να υπερβεί σημαντικά τον όγκο των πακέτων RTP που στέλνονται από τον αποστολέα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε ότι ο όγκος της κυκλοφορίας του RTP που στέλνεται στη λίστα διανομής πολυεκπομπής δεν αλλάζει καθώς αυξάνεται ο αριθμός των παραληπτών, ενώ ο όγκος της κυκλοφορίας του RTCP αυξάνεται γραμμικά ανάλογα με το πλήθος των παραληπτών. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος το RTCP τροποποιεί τη συχνότητα με την οποία στέλνει ένας συμμετέχων πακέτα RTCP στη λίστα διανομής πολυεκπομπής, ανάλογα με το πλήθος των συμμετεχόντων στη σύνοδο επικοινωνίας. Επίσης επειδή κάθε συμμετέχων στέλνει πακέτα ελέγχου σε όλους τους άλλους, κάθε συμμετέχων μπορεί να υπολογίσει το συνολικό αριθμό των συμμετεχόντων στη σύνοδο επικοινωνίας.

Το RTCP προσπαθεί να περιορίσει τη κυκλοφορία του στο 5% του εύρους ζώνης (όπως ήδη αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο 4.1.1) της συνόδου. Για παράδειγμα εάν υπάρχει ένας αποστολέας ο οποίος στέλνει βίντεο με ταχύτητα 2Mbps, το RTCP επιχειρεί να περιορίσει τη κυκλοφορία του στο 5% των 2Mbps (δηλαδή 100 Kbps) ως εξής: το πρωτόκολλο παραχωρεί το 75% αυτής της ταχύτητας, (δηλαδή 75Kbps) στους παραλήπτες και δίνει το υπόλοιπο 25% (25Kbps) στον αποστολέα. Τα 75 Kbps μοιράζονται εξίσου στους παραλήπτες. Συνεπώς εάν υπάρχουν R το πλήθος παραλήπτες, κάθε παραλήπτης στέλνει κυκλοφορία RTCP με ταχύτητα  $75/R$  Kbps και ο αποστολέας στέλνει κυκλοφορία RTCP με ταχύτητα 25 Kbps. Ένας συμμετέχων στη σύνοδο (αποστολέας ή παραλήπτης) εξακριβώνει τη περίοδο μετάδοσης πακέτων RTCP υπολογίζοντας δυναμικά το μέσο μέγεθος πακέτων RTCP (για ολόκληρο τη σύνοδο επικοινωνίας) και διαιρώντας το με την ταχύτητα (το εύρος ζώνης) που του αναλογεί.

### **4.3 RTSP (Real -Time Streaming Protocol)**

Πρόσφατα, η μετάδοση του περιεχομένου πολυμέσων όπως VOD (Video μετά από την απαίτηση) για το Διαδίκτυο (WWW) έχει αυξηθεί σταθερά τα τελευταία χρόνια. Με σκοπό την καλύτερη υπηρεσία πολυμέσων για το Διαδίκτυο, πρέπει να λάβουμε υπόψη το όριο του εύρους ζώνης δικτύων και τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας σύμφωνα πάντα με την αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών. Επομένως, υπηρεσίες streaming βασισμένες στο πρότυπο MPEG-4 που απαιτούν χαμηλό εύρος ζώνης και η υψηλή ποιότητα του βίντεο γίνονται ενεργές. Ειδικά, σύμφωνα με την επιταχυνση των ασυρμάτων επικοινωνιών και τη χαμηλή ηλεκτρική ενέργεια των τερματικών, οι εφαρμογές για τη παραδοσιακή επικοινωνία μέσω καλωδίου μετακινείται στις ασύρματες εφαρμογές όπως VOD στο κινητό ή κινητές mms υπηρεσίες. Από την άλλη μεριά το κινητό περιβάλλον επικοινωνίας σχεδιάστηκε για τη χαμηλή μετάδοση στοιχείων (low data communication) , που ικανοποιεί τις απαραίτητες απαιτήσεις για την αποτελεσματική παράδοση των πολυμέσων μπαίνει σε σημαντικές προκλήσεις. Για παράδειγμα, το κινητό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από τις μεγάλες παραλλαγές εύρους ζώνης που οφείλονται στις ετερογενείς τεχνολογίες πρόσβασης των δεκτών (heterogeneous access-technologies of the receivers) , π.χ., αναλογικός μόντεμ, καλωδιακό μόντεμ, CDMA, κ.λπ....) [42].

Η ανάπτυξη των εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο στο δίκτυο είχε εξαντλήσει τις περιορισμένες δυνατότητες του HTTP σε αυτή την περιοχή και γίνονται προσπάθειες να τυποποιηθούν λειτουργίες όπως η έναρξη και η παύση της μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο, ο συγχρονισμός πολλαπλών μορφών δεδομένων και η ανάπτυξη άλλων ελέγχων. Η κύρια εργασία έχει ενσωματωθεί στο πρωτόκολλο RTSP που αναπτύσσεται κυρίως από την Progressive Networks και τη Netscape μαζί με άλλες 40 περίπου εταιρείες

Το RTSP δανείζεται αρκετά στοιχεία από το HTTP και κυρίως προσφέρει υπηρεσίες επιπέδου HTTP για μεταφορά σε πραγματικό χρόνο δεδομένων. Όμως το RTSP διαφέρει ριζικά από το HTTP στο ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται εκτός ζώνης από κάποιο άλλο πρωτόκολλο. Ακόμη το RTSP μπορεί να ενσωματώσει μηχανισμούς ασφαλείας και αναγνώρισης ταυτότητας.

Το πρωτόκολλο RTSP εγκαθιστά και ελέγχει είτε ένα είτε αρκετά χρονοχρονισμένα κύματα (streams) από μέσα όπως ήχος ή βίντεο. Το πρωτόκολλο δεν μεταφέρει τα συνεχόμενα πακέτα από μόνο του, παρόλο που παρεμβολές στα κύματα πακέτων με πακέτα ελέγχου είναι δυνατές. Με άλλα λόγια το RTSP λειτουργεί σαν ένα «τηλεκοντρόλ δικτύου» για servers πολυμέσων.

Πολλοί χρήστες που προσπελούν περιεχόμενο πολυμέσων από το διαδίκτυο (και κυρίως αυτοί που μεγάλωσαν με ένα τηλεχειριστήριο στο χέρι) θέλουν να ελέγχουν την αναπαραγωγή, εκτελώντας ενέργειες όπως η παύση/συνέχιση της αναπαραγωγής, μετακίνηση σε ένα προηγούμενο ή επόμενο σημείο κτλ. Αυτή η λειτουργικότητα είναι παρόμοια με τις δυνατότητες χειρισμού που έχει ο χρήστης όταν παρακολουθεί ταινίες DVD ή ακούει μουσική από το CD. Για να δώσει στον χρήστη τη δυνατότητα να ελέγχει την αναπαραγωγή, η εφαρμογή της αναπαραγωγής πολυμέσων και ο εξυπηρετητής χρειάζονται ένα πρωτόκολλο για την ανταλλαγή πληροφοριών ελέγχου της αναπαραγωγής. Αυτό είναι το κύριο μέλημα του RTSP του οποίου η προδιαγραφή περιλαμβάνεται στο έγγραφο RFC 2326.

Δεν υπάρχει καμία έννοια RTSP σύνδεσης. Μια σύνοδος RTSP δεν είναι με κανένα τρόπο όμοια με μια σύνδεση επιπέδου μεταφοράς όπως μια TCP σύνδεση. Κατά τη διάρκεια μιας συνόδου RTSP ένας client RTSP μπορεί να ανοίξει και να κλείσει πολλές αξιόπιστες συνδέσεις μεταφοράς με ένα server και να κάνει RTSP αιτήσεις (requests). Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα πρωτόκολλο μεταφοράς χωρίς σύνδεση όπως το UDP.

### 4.3.1 Λειτουργίες που παρέχει το RTSP

Η διαφορά μεταξύ του πρωτοκόλλου για τη γενική εφαρμογή πολυμέσων και του RTSP είναι ότι το RTSP ελέγχει όλες τις απαραίτητες ρυθμίσεις για τη λειτουργία του κεντρικού υπολογιστή και τερματικού όπως η ρύθμιση της συνόδου, την έναρξη και το τέλος ροής. Το RTP που βασίζεται στο UDP έχει διάφορες πληροφορίες, όπως π.χ. ο αριθμός που αντιπροσωπεύει τις ακολουθίες πακέτων, το χρονικό σημάδι “time stamp”, οι τύποι μέσων κ.τ.λ. [42].

Έτσι το RTSP παρέχει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Ø Ανάκτηση media δεδομένων από media server.
- Ø Πρόσκληση σε ένα media server για conference
- Ø Προσθήκη media σε μία υπάρχουσα παρουσίαση. Ο server ή ο client μπορούν να ειδοποιούν ο ένας τον άλλο για τυχόν πρόσθετα media που είναι διαθέσιμα.

Στόχος του RTSP είναι να παρέχει για video και ήχο τις ίδιες υπηρεσίες που παρέχει για text και γραφικά το HTTP. Στο RSTP, κάθε παρουσίαση ενός media stream αναγνωρίζεται μέσω ενός RTSP URL.

Οι υπηρεσίες υποστηρίζονται μέσω των ακόλουθων μεθόδων:

- Ø **OPTIONS:** Ο client ή ο server λέει στην άλλη πλευρά τις παραμέτρους που μπορεί να δεχτεί.
- Ø **DESCRIBE:** Ο client διαβάζει την περιγραφή μιας παρουσίασης ενός media object που αναγνωρίζεται μέσω του request URL από το server.
- Ø **ANNOUNCE:** Όταν στέλνεται από τον client στο server, δηλώνει την περιγραφή μιας παρουσίασης ενός media object. Όταν στέλνεται από τον server στον client, ενημερώνει την περιγραφή σε πραγματικό χρόνο.
- Ø **SETUP:** Ο client ζητάει από το server να δεσμεύσει πόρους για ένα stream, και να ξεκινήσει ένα RTSP session.
- Ø **PLAY:** Ο client ζητάει από το server να ξεκινήσει να στέλνει δεδομένα.
- Ø **PAUSE:** Ο client προσωρινά σταματάει το stream χωρίς να ελευθερώνει τους δεσμευμένους γι’ αυτό το stream πόρους του server.

- Ø **TEARDOWN:** Ο client ζητάει από το server να σταματήσει την αποστολή ενός stream και να ελευθερώσει τους δεσμευμένους πόρους γι' αυτό το stream.
- Ø **GET\_PARAMETER:** Διαβάζει την τιμή μιας παραμέτρου για την παρουσίαση ενός stream.
- Ø **SET\_PARAMETER:** Θέτει την τιμή μιας παραμέτρου για την παρουσίαση ενός stream.
- Ø **REDIRECT:** Ο server ενημερώνει τους clients ότι πρέπει να συνδεθούν με ένα server σε μία άλλη τοποθεσία.
- Ø **RECORD:** Ο client ξεκινάει να αποθηκεύει ένα κομμάτι των media δεδομένων σύμφωνα με την περιγραφή παρουσίασης.

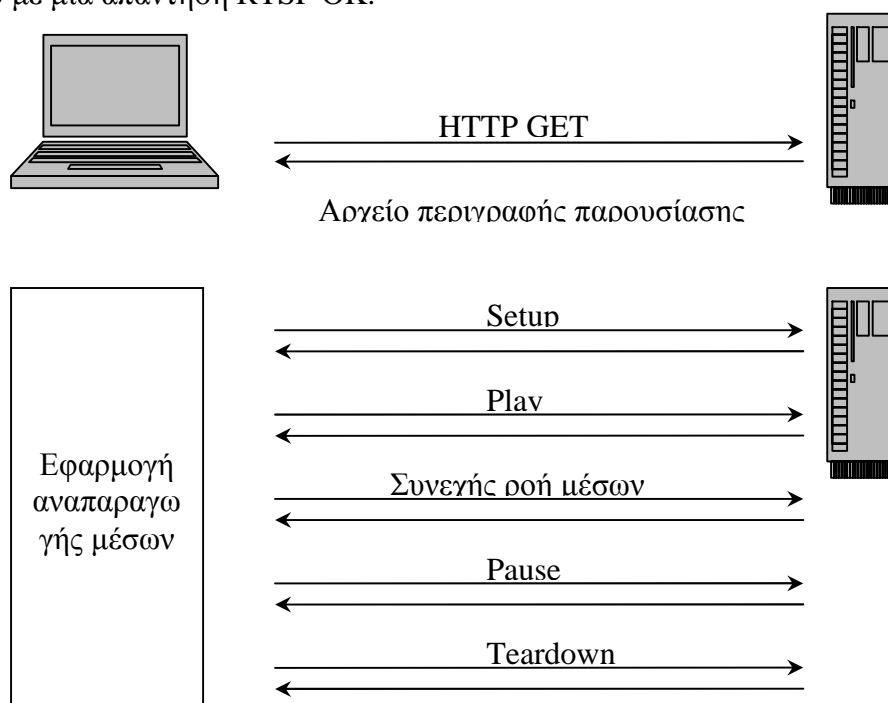
Παρόλα αυτά το πρωτόκολλο RTSP δεν κάνει τα ακόλουθα:

- § Δεν ορίζει μεθόδους συμπίεσης για τον ήχο και το βίντεο.
- § Δεν ορίζει τον τρόπο με τον οποίο ενθυλακώνεται ο ήχος και το βίντεο σε πακέτα για τη μετάδοση μέσω ενός δικτύου. Για παράδειγμα οι εξυπηρέτες και οι εφαρμογές αναπαραγωγής ήχου και βίντεο της Real Networks χρησιμοποιούν το RTSP για την ανταλλαγή πληροφοριών ελέγχου μεταξύ τους, αλλά το καθεαυτό ρεύμα των δεδομένων πολυμέσων μπορεί να ενθυλακώνεται σε πακέτα RTP, ή σε κάποια άλλη εξειδικευμένη μορφή δεδομένων.
- § Δεν θέτει περιορισμούς όσον αφορά στον τρόπο μεταφοράς του περιεχομένου των πολυμέσων. Η μεταφορά μπορεί να γίνει είτε μέσω UDP, είτε μέσω TCP.
- § Δεν θέτει περιορισμούς όσον αφορά τον τρόπο της ενταμίευσης (buffer) του ήχου/βίντεο από την εφαρμογή αναπαραγωγής πολυμέσων. Ο ήχος και το βίντεο μπορούν να αναπαράγονται αμέσως μόλις αρχίζουν να φτάνουν στον πελάτη, ή μετά από μια καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων, εναλλακτικά, το περιεχόμενο μπορεί να μεταφέρεται εξ ολοκλήρου στον πελάτη πριν ξεκινήσει η αναπαραγωγή του.

#### 4.3.2 Εφαρμογή του RTSP

Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε ένα απλό παράδειγμα με το RTSP το οποίο απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα 4.7. Καταρχήν η εφαρμογή Web browser ζητά

ένα αρχείο περιγραφής παρουσίασης (presentation description file) από έναν εξυπηρετητή web. Το αρχείο περιγραφής παρουσίασης μπορεί να περιέχει αναφορές προς αρκετά αρχεία πολυμέσων καθώς και οδηγίες για τον συγχρονισμό των αρχείων. Κάθε αναφορά προς ένα αρχείο ξεκινά με τη μέθοδο URL, rtsp://. Ο εξυπηρετητής Web ενθυλακώνει το αρχείο περιγραφής παρουσίασης σε ένα μήνυμα στον browser. Όταν ο browser λάβει το μήνυμα HTTP response, καλεί μια εφαρμογή αναπαραγωγής πολυμέσων (βοηθητική εφαρμογή) ανάλογα με το πεδίο τύπου περιεχομένου (content type) του μηνύματος. Το αρχείο περιγραφής παρουσίασης περιλαμβάνει αναφορές προς αρχεία πολυμέσων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο URL, rtsp://. Όπως μπορούμε να δούμε και στην επόμενη εικόνα, στη συνέχεια η εφαρμογή αναπαραγωγής και ο εξυπηρετητής ανταλλάσσουν μια σειρά μηνυμάτων RTSP. Η εφαρμογή αναπαραγωγής στέλνει μια αίτηση RTSP PLAY, π.χ. για την αναπαραγωγή του ήχου χαμηλής πιστότητας και ο εξυπηρετητής αποκρίνεται με ένα μήνυμα RTSP OK. Στο σημείο αυτό ο εξυπηρετητής συνεχούς μετάδοσης στέλνει τον ήχο χαμηλής πιστότητας στο δικό του εντός ζώνης κανάλι. Αργότερα, η εφαρμογή αναπαραγωγής πολυμέσων στέλνει μια αίτηση RTSP PAUSE και ο εξυπηρετητής αποκρίνεται με ένα μήνυμα RTSP OK. Όταν ο χρήστης τελειώσει η εφαρμογή αναπαραγωγής πολυμέσων στέλνει μία αίτηση RTSP TEARDOWN και ο εξυπηρετητής επιβεβαιώνει το κλείσιμο με μια απάντηση RTSP OK.



**Εικόνα 4.7.** Επικοινωνία μεταξύ εφαρμογής πελάτη και εξυπηρετητή μέσω του πρωτοκόλλου RTSP.

### 4.3.3 RTSP και HTTP

Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε τις ομοιότητες που υπάρχουν μεταξύ των πρωτοκόλλων HTTP και RTSP. Όλα τα μηνύματα αιτήσεων και απαντήσεων είναι σε μορφή απλού κειμένου ASCII. Ο πελάτης χρησιμοποιεί τυποποιημένες μεθόδους (SETUP, PLAY, PAUSE κ.ο.κ.) και ο εξυπηρετητής αποκρίνεται με τυποποιημένους κωδικούς απάντησης. Ωστόσο μια σημαντική διαφορά είναι ότι ο εξυπηρετητής RSTP παρακολουθεί και ελέγχει την κατάσταση του πελάτη για κάθε σύνοδο επικοινωνίας RSTP που βρίσκεται σε εξέλιξη. Για παράδειγμα, ο εξυπηρετητής παρακολουθεί εάν ο πελάτης βρίσκεται σε κατάσταση αρχικοποίησης, σε κατάσταση αναπαραγωγής ή σε κατάσταση προσωρινής παύσης. Οι αριθμοί συνόδου και ακολουθίας οι οποίοι, αποτελούν μέρος κάθε αίτησης και απάντησης του RTSP, βοηθούν τον εξυπηρετητή να παρακολουθεί τη κατάσταση συνόδου της επικοινωνίας. Ο αριθμός συνόδου (session number) είναι σταθερός για όλη τη διάρκεια της συνόδου επικοινωνίας. Ο πελάτης αυξάνει τον αριθμό ακολουθίας (sequence number) κάθε φορά που στέλνει ένα νέο μήνυμα. Ο εξυπηρετητής αναμεταδίδει τον αριθμό συνόδου και τον τρέχοντα αριθμό ακολουθίας.

Όπως φαίνεται και στο παράδειγμα που ακολουθεί, ο πελάτης ξεκινά τη σύνοδο επικοινωνίας με την αίτηση SETUP, παρέχοντας το URL του ζητούμενου αρχείου και την έκδοση του RTSP. Το μήνυμα SETUP περιλαμβάνει το αριθμό θύρας στον οποίο θα πρέπει να αποσταλεί το αρχείο πολυμέσων. Επίσης, το μήνυμα SETUP υποδεικνύει ότι το αρχείο πολυμέσων θα πρέπει να σταλεί μέσω του UDP, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο RTP για την «πακετοποίηση» των δεδομένων.

```
C:   SETUP rtsp://audio.example.com/twister/audio RTSP/1.0
      Cseq:1
      Transport: rtp/udp; compression; port=3056; mode=PLAY
S:   RTSP/1.0 200 OK
      Cseq:1
      Session: 4231
C:   PLAY rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi
      RTSP /1.0
      Range: npt=0
      Cseq: 2
      Session : 4231
S:   RTSP/1.0 200 OK
      Cseq :2
      Session:4231
C:   PAUSE rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi
      RSTP/1.0
      Range: npt=37
```



```
Cseq:3
Session:4231
S:   RSTP/1.0 200 OK
     Cseq:3
     Session: 4231
C:   TEARDOWN rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
     Cseq:4
     Session: 4231
S:   RTSP/1.0 200 OK
     Cseq:4
     Session : 4231
```

*Παράδειγμα συνόδου επικοινωνίας μέσω πρωτοκόλλου RTSP, μεταξύ μιας εφαρμογής πελάτη (C:) ενός αποστολέα (S:).*

Στην πραγματικότητα το πρωτόκολλο RTSP μπορεί να κάνει πολύ περισσότερα πράγματα από αυτά που περιγράψαμε παραπάνω. Συγκεκριμένα το RTSP διαθέτει λειτουργίες οι οποίες επιτρέπουν στον πελάτη να στέλνει δεδομένα στον εξυπηρετητή (π.χ. για εγγραφή). Το πρωτόκολλο RTSP έχει υιοθετηθεί από την RealNetworks, μια από τις πρωτοπόρους εταιρίες στον τομέα της μετάδοσης ήχου/βίντεο.

## **Κεφάλαιο V**

### **5. Πρωτόκολλα Επιπέδου Εφαρμογής**

#### **5.1 Πρωτόκολλο SIP (Session Initiation Protocol)**

**T**ο SIP (Session Initiation Protocol) είναι πρωτόκολλο επικοινωνίας μέσω δικτύων υπολογιστών, που επιτρέπει την μεταφορά πολυμεσικών πληροφοριών είτε μέσω του διαδικτύου, είτε μέσω ενός τοπικού δικτύου. Για την εφαρμογή του απαιτείται η χρήση ενός υπολογιστή που να έχει τον ρόλο του εξυπηρετητή SIP (SIP server). Είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής που ιδρύει, διαχειρίζεται και τερματίζει μια σύνοδο πολυμέσων (κλήση). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει συνόδους πολλών μερών και multicast. Το SIP σχεδιάστηκε ώστε να είναι ανεξάρτητο από το υποκείμενο επίπεδο μεταφοράς και μπορεί να εκτελείται μαζί με το UDP, το TCP, ή το SCTP [12]. Πρωτοεμφανίστηκε το 1996, ως πρωτόκολλο για τηλεσυνδιασκέψεις. Το SIP έχει μια μεγάλη θέση στην τηλεφωνία μέσω internet γιατί δεν δεσμεύει τον χρήστη σε κάποιο συγκεκριμένο πάροχο όπως για παράδειγμα την δημοφιλή εταιρεία Skype εφόσον εάν έχει τις γνώσεις μπορεί να το αξιοποιήσει ατομικά, είτε μέσω των εκατοντάδων παρόχων VoIP με υποστήριξη SIP . Για να γίνει μια απλή χρήση την τεχνολογίας αυτής, που βασίζεται στο πρωτόκολλο SIP πρέπει να διαθέτουμε συσκευή SIP (Τηλέφωνο VoIP με υποστήριξη SIP) όπου ανεξάρτητα χρήσης υπολογιστή μπορούμε να το συνδέσουμε απ' ευθείας στο modem ή στο δρομολογητή (router) της ADSL γραμμής μας ή άλλης γρήγορης παροχής internet. Κατόπιν μπορούμε να επιλέξουμε έναν πάροχο για να περνάμε τις τηλεφωνικές μας κλήσεις μέσω του internet. Αυτή τη στιγμή στο εμπόριο κυκλοφορούν συσκευές SIP που επιτρέπουν την είσοδο απλών τηλεφωνικών συσκευών (PSTN δικτύου) με την ονομασία ATA.

Για να καταλάβουμε τη χρήση του SIP ας φανταστούμε ένα κόσμο όπου κατά τη διάρκεια που δουλεύουμε στον υπολογιστή μας, οι τηλεφωνικές κλήσεις μας φτάνουν μέσω διαδικτύου στον υπολογιστή μας. Όταν σηκωνόμαστε από το γραφείο και πηγαίνουμε σε άλλους χώρους οι νέες εισερχόμενες τηλεφωνικές κλήσεις δρομολογούνται αυτόματα στο PDA μας. Και όταν οδηγούμε στο αυτοκίνητό μας, οι εισερχόμενες κλήσεις μας δρομολογούνται αυτόματα σε κάποια συσκευή σύνδεσης στο διαδίκτυο, την οποία θα έχουμε στο αυτοκίνητό σας. Σε αυτό τον κόσμο, κατά τη

διάρκεια που θα συμμετέχουμε σε μια σύσκεψη θα μπορούμε να προσπελάσουμε ένα βιβλίο διευθύνσεων και να προσκαλέσουμε άλλους συμμετέχοντες στη διάσκεψη. Οι άλλοι συμμετέχοντες θα μπορούν να βρίσκονται στους υπολογιστές τους, σε άλλους χώρους με τα PDA τους, ή να οδηγούν τα αυτοκίνητά τους. Έτσι ανεξάρτητα από τη θέση τους η πρόσκλησή μας θα φτάσει σε αυτούς μέσω της κατάλληλης οδού και με διαφανή τρόπο. Σε αυτό τον κόσμο επίσης όταν κάποιος θα επισκέπτεται την ιστοσελίδα ενός ατόμου θα βλέπει μια σύνδεση για τηλεφωνική επαφή όπου όταν κάνει κλικ σε αυτή τη σύνδεση θα υλοποιείται μια σύνδεση τηλεφωνικής επικοινωνίας μέσω διαδικτύου μεταξύ του υπολογιστή του και του κατόχου της ιστοσελίδας [11].

Σε αυτό τον κόσμο δεν υπάρχει πλέον τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων. Αντίθετα όλες οι κλήσεις διακινούνται μέσω διαδικτύου (από τον αποστολέα έως τον παραλήπτη). Σε αυτό τον κόσμο οι εταιρίες δε χρησιμοποιούν πλέον τηλεφωνικά κέντρα (δηλαδή τοπικά συστήματα μεταγωγής κυκλωμάτων) για τις κλήσεις που γίνονται εντός της εταιρίας. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα όλη η ενδοεταιρική τηλεφωνική επικοινωνία περνάει μέσα από το υψηλής ταχύτητας τοπικό δίκτυο της εταιρίας.

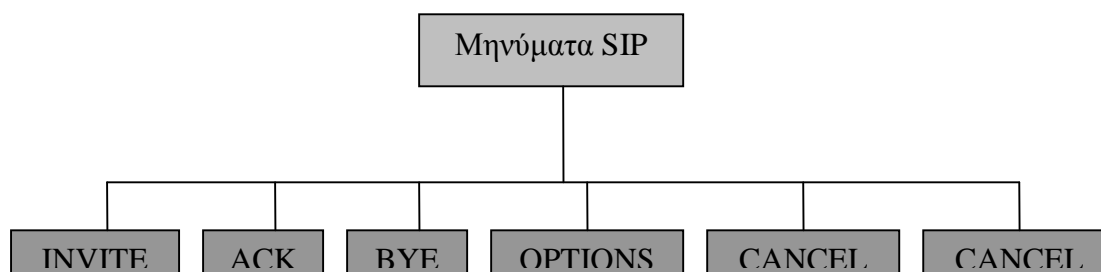
Όλα αυτά μπορεί να ακούγονται σαν επιστημονική φαντασία. Και φυσικά τα σημερινά δίκτυα μεταγωγής κυκλωμάτων και τα τηλεφωνικά κέντρα δε πρόκειται να εξαφανιστούν ολοκληρωτικά στο εγγύς μέλλον. Ωστόσο υπάρχουν ήδη πρωτόκολλα και προϊόντα τα οποία θα μπορούσαν να μετατρέψουν αυτό το όραμα σε πραγματικότητα. Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα πρωτόκολλα σε αυτό το τομέα είναι το SIP (Session Initiation Protocol) που θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε σε αυτό το κεφάλαιο της πτυχιακής μας.

Το SIP είναι ένα πρωτόκολλο χαμηλού φόρτου το οποίο κάνει τα ακόλουθα:

- Παρέχει μηχανισμούς για την υλοποίηση κλήσεων μέσω ενός δικτύου βασισμένου στο IP. Επιτρέπει στον καλούντα να ειδοποιήσει τον καλούμενο ότι θέλει να εκκινήσει μια κλήση. Επιτρέπει στους συμμετέχοντες να συμφωνήσουν για τα σχήματα κωδικοποίησης μέσω των οποίων θα χρησιμοποιήσουν καθώς και επιτρέπει στους συμμετέχοντες να τερματίζουν τη κλήση.

- Παρέχει στον καλούντα μηχανισμούς με τους οποίους μπορεί να εξακριβώσει τη τρέχουσα διεύθυνση IP του καλούμενου. Οι χρήστες δεν έχουν μια σταθερή διεύθυνση IP, επειδή η ανάθεση διευθύνσεων στα συστήματά τους μπορεί να γίνεται δυναμικά ή επειδή μπορεί να έχουν πολλαπλές συσκευές IP, κάθε μια με διαφορετική διεύθυνση IP.
- Παρέχει μηχανισμούς για τη διαχείριση των κλήσεων, όπως η προσθήκη νέων ρευμάτων δεδομένων (media streams) κατά τη διάρκεια της κλήσης, η αλλαγή της κωδικοποίησης κατά τη διάρκεια της κλήσης, η πρόσκληση νέων συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της κλήσης, η μεταβίβαση κλήσης και η αναμονή κλήσης.

Το SIP, είναι ένα πρωτόκολλο που βασίζεται σε κείμενο, όπως το HTTP. Το SIP, όπως το HTTP, χρησιμοποιεί μηνύματα. Ορίζονται έξι μηνύματα όπως φαίνεται στην επόμενη *εικόνα 5.1*.



**Εικόνα 5.1.** Μηνύματα SIP.

Κάθε μήνυμα έχει μια κεφαλίδα και ένα σώμα. Η κεφαλίδα αποτελείται από πολλές γραμμές που περιγράφουν τη δομή του μηνύματος, τις δυνατότητες του καλούντος, τον τύπο των μέσων και άλλα. Περιγράφουμε παρακάτω εν συντομία κάθε μήνυμα. Στη συνέχεια δείχνουμε τις εφαρμογές τους σε μια απλή σύνοδο.

Ο καλών αρχικοποιεί μια σύνοδο με το μήνυμα INVITE. Αφού ο καλούμενος απαντήσει στην κλήση, ο καλών στέλνει ένα μήνυμα ACK για επιβεβαίωση. Το μήνυμα BYE τερματίζει τη σύνοδο. Το μήνυμα OPTIONS ζητά να μάθει τις δυνατότητες μιας συσκευής. Το μήνυμα CANCEL ακυρώνει μια διαδικασία

αρχικοποίησης που έχει ήδη ξεκινήσει. Το μήνυμα REGISTER πραγματοποιεί μια σύνδεση όταν ο καλούμενος δεν είναι διαθέσιμος.

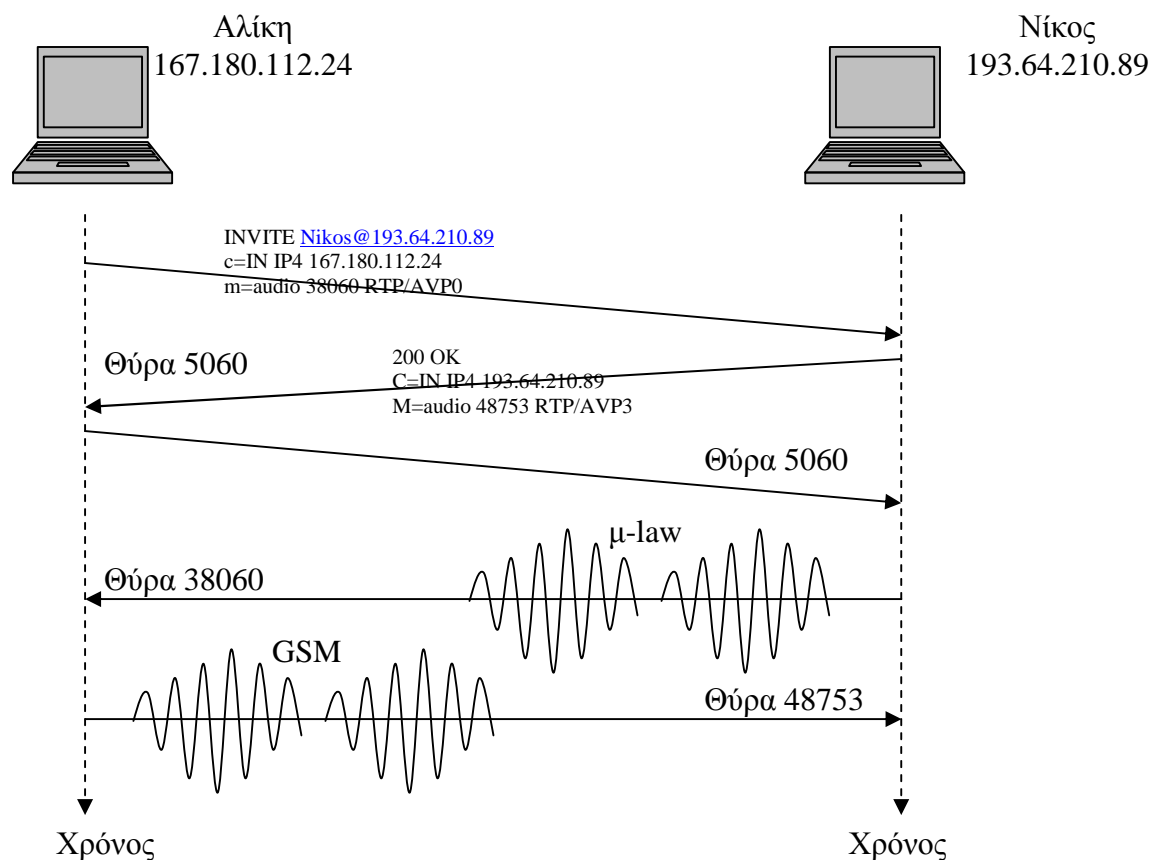
### *5.1.1 Διαδικασία υλοποίησης κλήσης με το SIP*

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε σε ένα παράδειγμα που αναφέρουν οι Kurose, Ross στο [11] για να γίνει περισσότερο κατανοητή η ουσία το SIP. Σε αυτό το παράδειγμα η Αλίκη εργάζεται στον υπολογιστή της και θέλει να καλέσει το Νίκο, ο οποίος δουλεύει επίσης στο υπολογιστή του. Τα PCs της Αλίκης και του Νίκου διαθέτουν βασιζόμενο στο πρωτόκολλο SIP λογισμικό για την υλοποίηση και λήψη τηλεφωνικών κλήσεων. Σε αυτό το παράδειγμα θα υποθέσουμε ότι η Αλίκη γνωρίζει τη διεύθυνση IP του Νίκου. Η εικόνα 4.8 παρουσιάζει τη διαδικασία υλοποίησης μιας κλήσης μέσω του SIP.

Στην εικόνα 4.8 βλέπουμε ότι η σύνδεση επικοινωνίας μέσω SIP ξεκινά όταν η Αλίκη στέλνει στο Νίκο ένα μήνυμα INVITE, το οποίο μοιάζει με ένα μήνυμα HTTP request. Αυτό το μήνυμα INVITE στέλνεται μέσω του πρωτοκόλλου UDP στη γνωστή θύρα για το SIP “5060” (Τα μηνύματα του SIP μπορούν επίσης να στέλνονται μέσω του TCP). Το μήνυμα INVITE περιλαμβάνει ένα αναγνωριστικό για το Νίκο ([nikos@193.64.210.89](mailto:nikos@193.64.210.89)), μια ένδειξη της τρέχουσας διεύθυνσης IP της Αλίκης, μια ένδειξη για το γεγονός ότι η Αλίκη επιθυμεί να λάβει ήχο ο οποίος θα κωδικοποιηθεί σε μορφή AVP0 και θα ενσωματωθεί σε πακέτα του RTP στη θύρα 38060.

Αφού λάβει το μήνυμα INVITE της Αλίκης, ο Νίκος στέλνει ένα μήνυμα απάντησης του SIP, το οποίο μοιάζει με ένα μήνυμα απάντησης του HTTP. Αυτό το απαντητικό μήνυμα στέλνεται επίσης στη θύρα 5060. Η απάντηση του Νίκου λαμβάνει το 200 OK και μια ένδειξη της IP διεύθυνσής του, του επιθυμητού σχήματος κωδικοποίησης και του πακεταρίσματος των δεδομένων για την λήψη, καθώς και τον αριθμό θύρας του συστήματος του στον οποίο πρέπει να στέλνονται τα πακέτα ήχου. Σημειώστε ότι σε αυτό το παράδειγμα η Αλίκη και ο Νίκος πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικούς μηχανισμούς κωδικοποίησης ήχου: η Αλίκη θα χρησιμοποιήσει κωδικοποίηση GSM, ενώ ο Νίκος θα χρησιμοποιήσει κωδικοποίηση PCM. Αφού λάβει την απάντηση του Νίκου, η Αλίκη στέλνει στο Νίκο ένα μήνυμα επιβεβαίωσης (acknowledgment) του SIP. Μετά από αυτή τη συναλλαγή μέσω SIP ο Νίκος και η Αλίκη μπορούν να συνομιλήσουν. (Για λόγους

ευκολίας η εικόνα 5.2 παρουσιάζει την Αλίκη να μιλάει μετά από το Νίκο αλλά στην πραγματικότητα θα μπορούσαν να συνομιλούν ταυτόχρονα). Ο Νίκος θα κωδικοποιήσει και θα πακετάρει τα δεδομένα ήχου όπως του ζητήθηκε και θα στείλει τα πακέτα αυτά στη θύρα με αριθμό 38060, στη διεύθυνση IP 167.180.112.24. Η Αλίκη θα κωδικοποιήσει επίσης τα δικά της δεδομένα ήχου όπως της ζητήθηκε και θα στείλει τα πακέτα δεδομένων στη θύρα με αριθμό 48753, στη διεύθυνση IP 193.64.210.89.



**Εικόνα 5.2** Η διαδικασία υλοποίησης μιας κλήσης μέσω του SIP.

Αυτό το απλό παράδειγμα επιδεικνύει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου SIP. Πρώτον το SIP είναι ένα πρωτόκολλο εκτός ζώνης (out of band) τα μηνύματα του SIP στέλνονται και λαμβάνονται σε sockets διαφορετικές από αυτές που χρησιμοποιούνται για την αποστολή λήψη των ιδίων των δεδομένων. Δεύτερον τα μηνύματα του SIP είναι πλήρως αναγνώσιμα, σε μορφή ASCII και μοιάζουν με τα μηνύματα του HTTP. Τρίτον επειδή το SIP απαιτεί να αναγνωρίζονται όλα τα μηνύματα που διακινούνται, μπορεί να τρέξει πάνω από το UDP, είτε πάνω από το TCP.

Θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε τι θα γινότανε (στο προηγούμενο παράδειγμα) εάν ο Νίκος δε διέθετε ένα κατάλληλο codec για κωδικοποίηση PCM μ-law. Σε αυτή τη περίπτωση αντί να στείλει την απάντηση 200 OK, ο Νίκος πιθανότατα θα απαντούσε με το 600 Not Acceptable, αναφέροντας στο μήνυμα όλα τα codec που μπορεί να χρησιμοποιήσει. Κατόπιν η Αλίκη θα επέλεγε ένα από αυτά τα codec και θα έστελνε ένα επόμενο μήνυμα INVITE στο Νίκο για να του κοινοποιήσει το codec που επέλεξε. Ο Νίκος θα μπορούσε επίσης να απορρίψει την αρχική πρόσκληση στέλνοντας σαν απάντηση έναν από τους πολλούς πιθανούς κωδικούς απόρριψης (π.χ. “busy”, “gone”, ή “forbidden”). Στο κεφάλαιο 7.7 όπου αναφέρουμε τις εφαρμογές των πρωτοκόλλων αυτών μπορούμε να δούμε τη χρήση του SIP σε υπηρεσίες VoIP στο δίκτυο του ΕΔΕΤ-GUNET (του δικτύου του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογίας).

### 5.1.2 Διευθύνσεις του SIP

Όπως φάνηκε στο παραπάνω παράδειγμα η διεύθυνση SIP του Νίκου είναι της μορφής sip:nikos@193.64.210.89. Στο άμεσο μέλλον βέβαια αναμένεται ότι πολλές διευθύνσεις SIP (εάν όχι όλες) θα μοιάζουν με διευθύνσεις email. Έτσι στο προηγούμενο παράδειγμα, η διεύθυνση του Νίκου θα μπορούσε να είναι της μορφής sip:nikos@domain.com. Όταν η συσκευή SIP της Αλίκης στέλνει ένα μήνυμα INVITE, το μήνυμα θα περιλαμβάνει αυτή την διεύθυνση. Ύστερα το SIP θα δρομολογούσε το μήνυμα στη συσκευή IP που χρησιμοποιεί επί του παρόντος ο Νίκος. Άλλες μορφές για τη διεύθυνση SIP θα μπορούσαν να είναι ο αριθμός τηλεφώνου του Νίκου, ή απλώς ο συνδυασμός του ονόματος και του επώνυμού του υποθέτοντας ότι είναι μοναδικός.

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των διευθύνσεων του SIP είναι ότι μπορούν να περιλαμβάνονται σε ιστοσελίδες, ακριβώς όπως και οι διευθύνσεις email για τις οποίες χρησιμοποιείται το προσδιοριστικό mailto στο URL. Για παράδειγμα μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο Νίκος έχει μια προσωπική ιστοσελίδα και θέλει να παρέχει στους επισκέπτες της έναν τρόπο να τον καλούν μέσω αυτής. Για το σκοπό αυτό θα μπορούσε να συμπεριλάβει το URL: sip:nikos@domain.com. Έτσι όταν ο επισκέπτης κάνει κλικ στο συγκεκριμένο URL θα εκκινεί η εφαρμογή SIP στη συσκευή του επισκέπτη και θα στέλνεται ένα μήνυμα INVITE στο Νίκο.

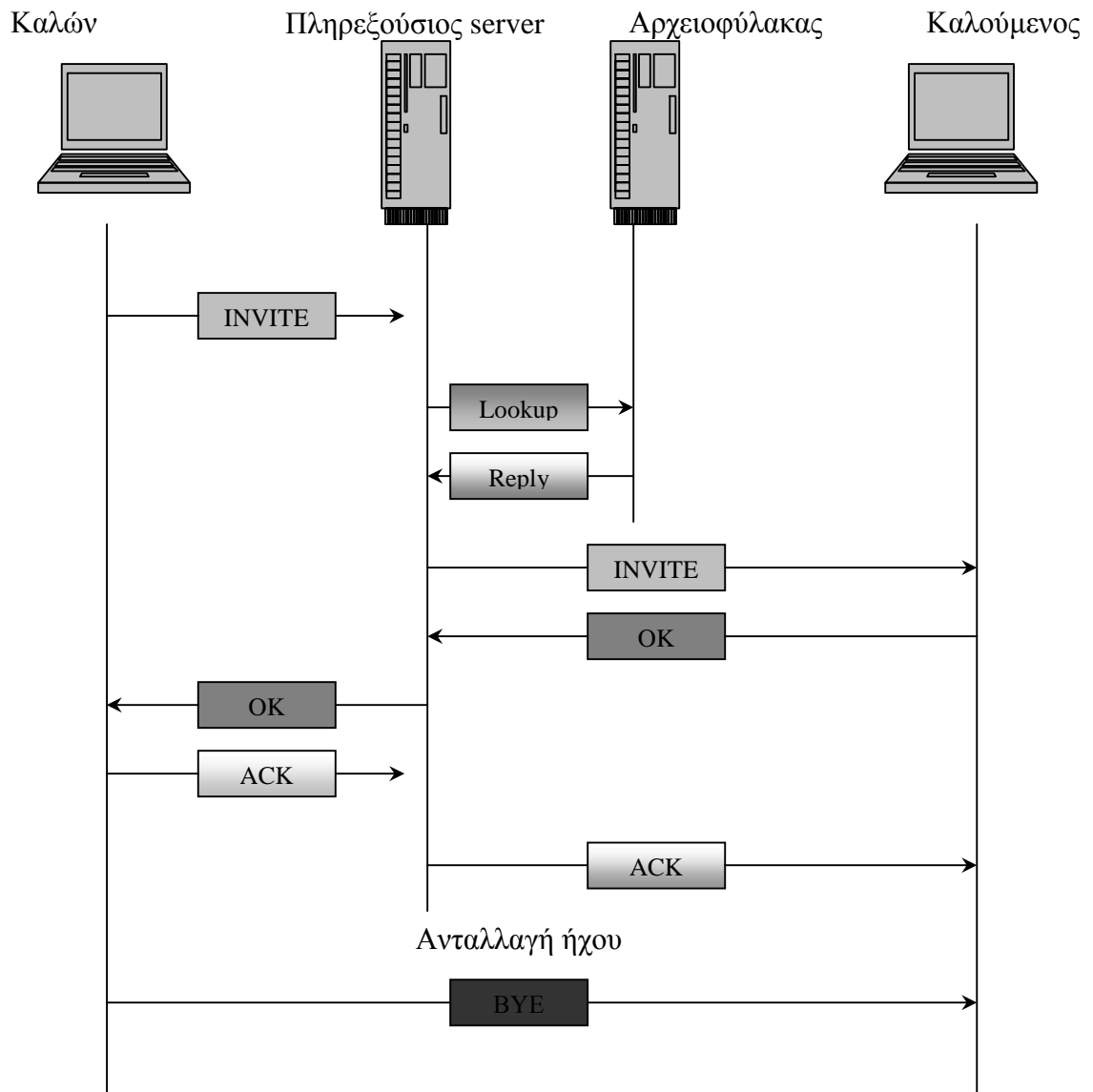
Sip:nikos@201.23.45.78	Sip:nikos@fhda.edu	Sip:nikos@404-864-8900
IPv4 Διεύθυνση	Διεύθυνση email	Αριθμός τηλεφώνου

### 5.1.3 Εντοπισμός του καλούμενου

Τι συμβαίνει αν ο καλούμενος δε βρίσκεται στο τερματικό του; Μπορεί να έχει βγει από το τον υπολογιστή του ή να βρίσκεται σε άλλο τερματικό. Μπορεί ακόμα να μην έχει μια σταθερή διεύθυνση IP. Το SIP διαθέτει ένα μηχανισμό (παρόμοιο με αυτό του DNS) που βρίσκει τη διεύθυνση IP του τερματικού στον οποίο βρίσκεται ο καλούμενος. Για να εκτελέσει αυτή τη παρακολούθηση το SIP χρησιμοποιεί τη έννοια της εγγραφής. Το SIP ορίζει μερικούς servers ως αρχειοφύλακες. Ανα πάσα στιγμή ένας χρήστης εγγράφεται τουλάχιστον σε ένα server αρχειοφύλακα και αυτός ο server γνωρίζει τη διεύθυνση IP του καλούμενου[12].

Όταν ένας καλών πρέπει να επικοινωνήσει με τον καλούμενο, ο καλών μπορεί να χρησιμοποιήσει την ηλεκτρονική διεύθυνση αντί της διεύθυνσης IP του μηνύματος INVITE. Το μήνυμα πηγαίνει σε έναν πληρεξούσιο server. Ο πληρεξούσιος server στέλνει ένα μήνυμα αναζήτησης, (δεν αποτελεί μέρος του SIP) σε κάποιον server αρχειοφύλακα που έχει εγγράψει τον καλούμενο. Όταν ο πληρεξούσιος server δεχθεί ένα μήνυμα απάντησης από το server αρχειοφύλακα, ο πληρεξούσιος server παίρνει το μήνυμα INVITE του καλούντος και εισάγει τη διεύθυνση IP του καλούμενου που μόλις βρήκε. Το μήνυμα αποστέλλεται στη συνέχεια στο καλούμενο. Η *εικόνα 5.3* παρουσιάζει τη διαδικασία.





Εικόνα 5.3 Εντοπισμός του καλούμενου.

## **5.2 Πρωτόκολλο H.323**

Το H.323 είναι ένα πρότυπο που σχεδιάστηκε από το ITU για να επιτρέπει σε τηλέφωνα του δημοσίου τηλεφωνικού δικτύου να συνομιλούν με υπολογιστές (ονομάζονται τερματικά στο H.323) που συνδέονται στο internet. Η εικόνα 4.10 παρουσιάζει τη γενική αρχιτεκτονική του H.323 [12]. Χρησιμοποιείται ευρέως από κατασκευαστές συσκευών ήχου και βίντεο-διασκέψεων, σε πολλές εφαρμογές πραγματικού χρόνου στο Internet όπως GnuGK, NetMeeting και Ekiga, και εφαρμόζεται παγκόσμια από παρόχους υπηρεσιών και εταιρίες για εφαρμογές ήχου και βίντεο διαμέσου Internet Protocol (IP) δικτύων (networks). Όπως προείπαμε είναι μέρος της ITU-T H.32x οικογένειας πρωτοκόλλων που εκτός των άλλων εισάγει πολυμεσικές επικοινωνίες σε Integrated Services Digital Network (ISDN), Δημόσια τηλεφωνικά Δίκτυα (Public switched telephone network [PSTN]) ή Signaling System 7 (SS7), και δίκτυα κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς (3G mobile networks).

### *5.2.1 Ιστορία του H.323*

Η πρώτη έκδοση του H.323 δημοσιεύτηκε από την ITU το Νοέμβριο του 1996 με μια έμφαση στο να επιτρέπεται η βιντεοδιασκέψεις διαμέσου ενός τοπικού δικτύου (Local Area Network [LAN]), αλλά γρήγορα υιοθετήθηκε από τη βιομηχανία σαν ένα μέσο για να μεταδίδεται ήχος (φωνή) μέσα από δίκτυα IP (VoIP).

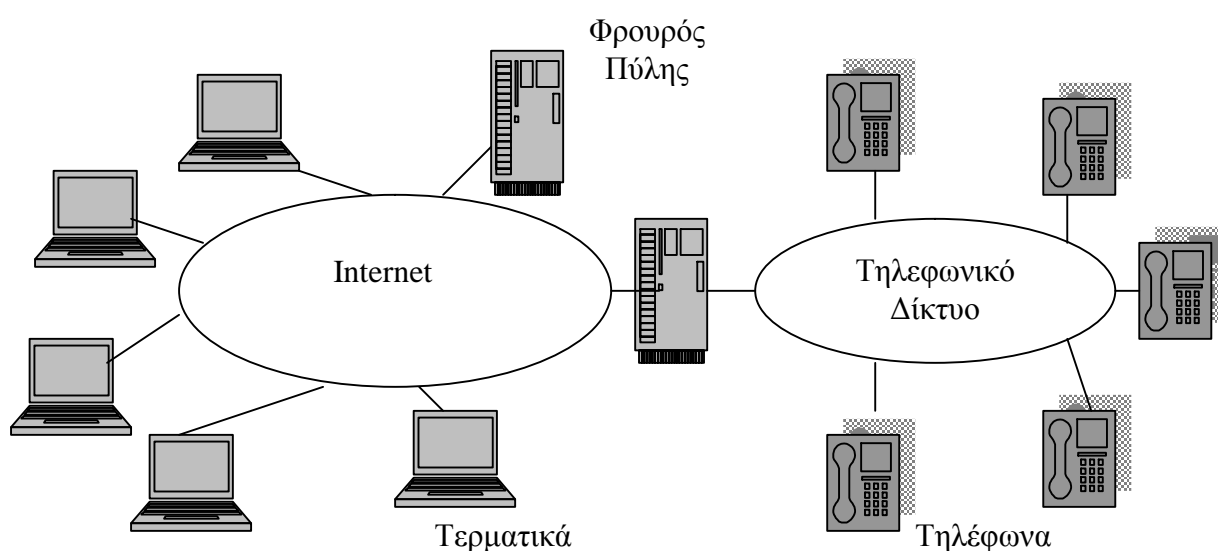
Ένα δυνατό σημείο του H.323 ήταν η σχετικά πρόσφατη διαθεσιμότητα ενός σετ από standards, όχι μόνο για να καθορίσουν το βασικό μοντέλο μιας κλήσης, αλλά ακόμα για να μπορέσουν οι επιπλέον υπηρεσίες να συναντήσουν τις επικοινωνιακές προσδοκίες των εταιριών. Το H.323 ήταν το πρώτο VoIP standard που υιοθέτησε το standard της Internet Engineering Task Force (IETF) δηλαδή το Real-time Transport Protocol (RTP) για τη μεταφορά ήχου και βίντεο μέσω δικτύων IP.

Το πρωτόκολλο H.323 βασίζεται στην ITU-T Recommendation μέσω του πρωτοκόλλου Q.931 και είναι κατάλληλο για τη μετάδοση κλήσεων μέσω δικτύων χρησιμοποιώντας ένα μείγμα δικτύων όπως το IP, PSTN, ISDN, και το QSIG μέσω ISDN. Εφαρμόζει ένα σύστημα κλήσεων παρόμοιο με το μοντέλο κλήσεων στο

ISDN, διευκολύνει την εισαγωγή της IP τηλεφωνίας σε υπάρχοντα ISDN-βασισμένα PBX δίκτυα, συμπεριλαμβανομένων και μετατροπές σε IP-βασισμένα Private Branch eXchanges (PBXs).

Μέσα στο περιεχόμενο του H.323, ένα IP-βασισμένο στο PBX μπορεί να είναι ένα H.323 Gatekeeper ή άλλο στοιχείο ελέγχου κλήσεων που παρέχει υπηρεσίες σε τηλέφωνα ή βιντεοτηλέφωνα. Μια τέτοια συσκευή μπορεί να παρέχει ή να διευκολύνει βασικές υπηρεσίες κλήσεων ή ακόμη και επιπρόσθετες υπηρεσίες όπως μεταφορά κλήσης, αλλαγή δρομολόγησης κλήσης και κράτηση κλήσης.

Τα τελευταία χρόνια το H.323 έχει επαναδιατυπωθεί και ξαναδημοσιευθεί με τις απαραίτητες προσθήκες για τη καλύτερη λειτουργία τόσο ήχου όσο και βίντεο μέσω δικτύων μεταγωγής πακέτων (packet-switched networks), με κάθε έκδοση του H.323 να είναι απολύτως συμβατή με τη προηγούμενη έκδοση. Αναγνωρίζοντας ότι το H.323 χρησιμοποιούνταν για την επικοινωνία, όχι μόνο σε LANs, αλλά και σε WANs, ο τίτλος του H.323 άλλαξε όταν δημοσιεύτηκε το 1998. Ο τίτλος που παραμένει από τότε είναι "Packet-Based Multimedia Communications Systems." (Σύστημα επικοινωνίας πολυμέσων βασισμένο σε πακέτα). Η υπάρχουσα έκδοση του H.323, που κοινά αναφέρεται ως "H.323v6", δημοσιεύτηκε το 2006.



*Εικόνα 5.4 H.323 Αρχιτεκτονική*

Εναλλακτικά προς το SIP το H.323 είναι ένα δημοφιλές πρότυπο για διεξαγωγή βιντεο-διασκέψεων με μετάδοση ήχου/βίντεο σε πραγματικό χρόνο μεταξύ τελικών συστημάτων στο διαδίκτυο. Το πρότυπο αυτό ορίζει επίσης τον τρόπο με τον οποίο υπολογιστές συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο μπορούν να επικοινωνούν με τηλέφωνα συνδεδεμένα σε συμβατικά τηλεφωνικά δίκτυα [11]. Στο κεφάλαιο 7.7 όπου αναφέρουμε τις εφαρμογές των πρωτοκόλλων αυτών μπορούμε να δούμε τη χρήση του H.323 σε υπηρεσίες VoIP στο δίκτυο του ΕΔΕΤ-GUNET (του δικτύου του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογίας).

Το πρότυπο H.323 περιλαμβάνει τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Μια προδιαγραφή για τον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα στα δυο άκρα της επικοινωνίας διαπραγματεύονται κοινά σχήματα κωδικοποίησης ήχου και βίντεο, απαιτείται ένα πρωτόκολλο το οποίο θα δίνει στα δυο επικοινωνούντα μέρη τη δυνατότητα να συμφωνήσουν σε ένα κοινό σχήμα κωδικοποίησης.
- Μια προδιαγραφή η οποία περιγράφει τον τρόπο ενθυλάκωσης των τμημάτων δεδομένων ήχου/βίντεο σε πακέτα και αποστολές τους μέσω του δικτύου. Συγκεκριμένα το H.323 υπαγορεύει τη χρήση RTP για το σκοπό αυτό.
- Μια προδιαγραφή η οποία περιγράφει πως επικοινωνούν τα δυο επικοινωνούντα συστήματα με τους αντίστοιχους gate keepers.
- Μια προδιαγραφή η οποία περιγράφει πως επικοινωνούν οι εφαρμογές τηλεφώνου μέσω διαδικτύου (μέσω μιας πύλης επικοινωνίας – gateway) με συμβατικές συσκευές τηλεφώνου, οι οποίες συνδέονται σε δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα μεταγωγής κυκλωμάτων.

Στον επόμενο πίνακα 5.1 βλέπουμε τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του H.323. Το H.323 χρησιμοποιεί το G.71 ή το G.723.1 για συμπίεση. Χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο που ονομάζεται H.245 που επιτρέπει στα συμβαλλόμενα μέρη να διαπραγματεύονται τη μέθοδο συμπίεσης. Το πρωτόκολλο Q.931 χρησιμοποιείται για την ίδρυση και τον τερματισμό της σύνδεσης. Ένα άλλο πρωτόκολλο που ονομάζεται H.225, ή RAS (Registration/Administration/Status), χρησιμοποιείται για την εγγραφή στο φρουρό πύλης.

Ήχος			Έλεγχος και παραγωγή σημάτων	
Κωδικός συμπίεσης	RTCP	H.225	Q.931	H.245
RTP				
UDP		TCP		
IP				

*Πίνακας 5.1 H.323 πρωτόκολλα*

### 5.2.2 Λειτουργία του H.323

Το H.323 standard καθορίζει τέσσερα είδη στοιχείων, όπου, όταν ενωθούν μέσα σε ένα δίκτυο, παρέχουν υπηρεσίες άκρο σε άκρο (point-to-point) και άκρου σε πολλά άκρα (point-to-multipoint) πολυμεσικές υπηρεσίες επικοινωνιών:

- **Terminals (τερματικά):** Χρησιμοποιούνται για πραγματικού χρόνου επικοινωνίες πολυμέσων. Ένα H.323 τερματικό μπορεί να είναι είτε ένας προσωπικός υπολογιστής (PC) ή μια απομονωμένη συσκευή που θα «τρέχει» το H.323 και τις εφαρμογές πολυμέσων. Υποστηρίζουν επικοινωνίες ήχου και μπορούν υπό προϋποθέσεις να υποστηρίζουν βίντεο ή επικοινωνία δεδομένων. Επειδή η βασική υπηρεσία που παρέχεται από ένα H.323 terminal είναι η επικοινωνία ήχου, ένα H.323 terminal παίζει ένα βασικό ρόλο στις υπηρεσίες της IP-τηλεφωνίας. Ο πρωταρχικός στόχος του πρωτοκόλλου H.323 είναι να συνεργάζεται με άλλα πολυμεσικά τερματικά. Τα H.323 terminals είναι συμβατά με H.324 terminals σε SCN και ασύρματα δίκτυα, H.310 terminals σε B-ISDN, H.320 terminals σε ISDN, H.321 terminals σε B-ISDN, και H.322 terminals σε εγγυημένα QoS LANs. H.323 terminals μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης σε συνεδρίες πολλών σημείων (multipoint conferences).

- **Gateways (πύλες) :** Μια gateway συνδέει δυο μη όμοια δίκτυα. Μια H.323 gateway παρέχει συνδεσιμότητα μεταξύ ενός H.323 δικτύου και ενός μη-H.323 δικτύου. Για παράδειγμα, μια gateway μπορεί να συνδέσει και να παρέχει επικοινωνία μεταξύ ενός H.323 terminal και SCN δικτύων (τα SCN δίκτυα περιλαμβάνουν όλα τα τηλεφωνικά καλωδιακά δίκτυα, π.χ., public switched telephone network [PSTN]). Αυτή η συνδεσιμότητα ανόμοιων δικτύων επιτυγχάνεται

μεταφράζοντας πρωτόκολλα για εγκαθίδρυση κλήσης, για μετατροπή μεσών (media formats) μεταξύ διαφορετικών δικτύων, και μεταφοράς πληροφοριών μεταξύ δικτύων που συνδέονται με μια gateway. Μια gateway όμως δε χρειάζεται για επικοινωνία μεταξύ δυο τερματικών σε ένα H.323 δίκτυο.

- **Gatekeepers (φρουρός πύλης):** Ένας gatekeeper μπορεί να θεωρηθεί και ως το μυαλό ενός H.323 δικτύου. Είναι το πιο κρίσιμο σημείο για όλες τις κλήσεις σε ένα H.323 network. Αν και δε χρειάζονται όμως οι gatekeepers παρέχουν σημαντικές υπηρεσίες όπως η απόδοση διευθύνσεων, η εξουσιοδότηση και η αυθεντικότητα των τερματικών και των gateways; τη διαχείριση του εύρους ζώνης και τις χρεώσεις των υπηρεσιών. Οι gatekeepers μπορούν επίσης να παρέχουν και υπηρεσίες δρομολόγησης κλήσεων (call-routing services).

- **Multipoint Control Units (Μονάδες ελέγχου πολλών σημείων):** Οι MCUs παρέχουν στήριξη σε συνεδρίες τριών ή και περισσότερων H.323 τερματικών. Όλα τα τερματικά που συμμετέχουν στη συνεδρία εγκαθιδρύουν αρχικά μια σύνδεση με την MCU. Η MCU διαχειρίζεται τις πηγές της συνεδρίας, διαπραγματεύεται μεταξύ των τερματικών για να μπορέσει να καθορίσει ποιο κωδικοποιητή/αποκωδικοποιητή [coder/decoder (CODEC)]θα χρησιμοποιήσει για τον ήχο και το βίντεο, και πως θα διαχειριστεί τη ροή των μέσων. Οι gatekeepers, οι gateways, και οι MCUs είναι διαφορετικά στοιχεία του H.323 standard αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και σε μια φυσική συσκευή.

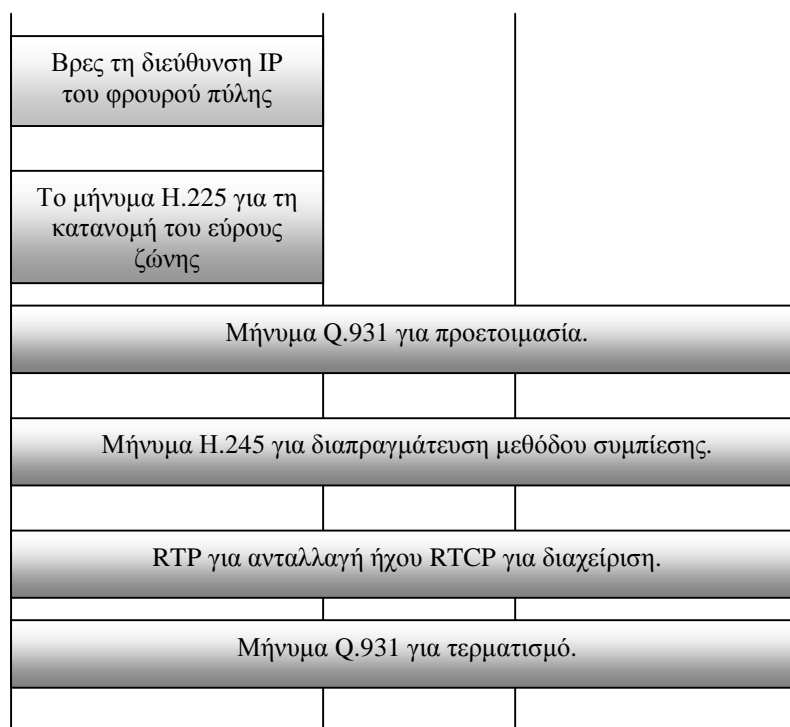
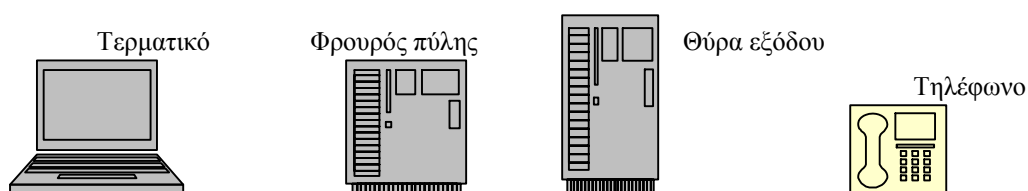
Στα επόμενα βήματα θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε τη λειτουργία του πρωτοκόλλου H.323 με τη βοήθεια ενός παραδείγματος για τη λειτουργία μιας τηλεφωνικής επικοινωνίας. Η *εικόνα 5.5* παρουσιάζει τα βήματα που ακολουθούνται από το τερματικό για να επικοινωνήσει με ένα τηλέφωνο.

1. Το τερματικό στέλνει ένα μήνυμα μετάδοσης broadcast στο φρουρό πύλης. ο φρουρός πύλης απαντά με τη διεύθυνση IP του.
2. Το τερματικό και ο φρουρός πύλης επικοινωνούν, χρησιμοποιώντας το H.225 για να διαπραγματευτούν για το εύρος ζώνης.
3. Το τερματικό, ο φρουρός πύλης, η θύρα εξόδου και το τηλέφωνο επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το Q.931 για να ετοιμαστεί μια σύνδεση.

4. Το τερματικό, ο φρουρός πύλης η θύρα εξόδου και το τηλέφωνο επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το H.245 για να διαπραγματευτούν τη μέθοδο συμπίεσης.

5. το Τερματικό, η θύρα εξόδου και το τηλέφωνο ανταλλάσσουν ήχο χρησιμοποιώντας το RTP υπό τη διαχείριση του RTCP.

6. Το τερματικό, ο φρουρός πύλης, η θύρα εξόδου και το τηλέφωνο επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το Q.931 για να τερματιστεί η επικοινωνία.



**Εικόνα 5.5 Παράδειγμα H.323**

### 5.2.3 Πλεονεκτήματα του H.323

Τα πλεονεκτήματα του πρωτοκόλλου H.323 συνοψίζονται στα παρακάτω:

**Codec Standards:** Το H.323 θέτει standards για συμπίεση και αποσυμπίεση ήχου και βίντεο, βεβαιώνοντας ότι ο εξοπλισμός από διαφορετικούς παρόχους θα έχει κάποια περιοχή κοινής υποστήριξης.

**Interoperability:** Οι χρήστες θέλουν να συνδιαλέγονται χωρίς να ανησυχούν για οποιαδήποτε ασυμβατότητα στο άλλο άκρο. Εκτός αυτού βεβαιώνοντας ότι ο παραλήπτης μπορεί να αποσυμπιέσει την πληροφορία, το H.323 εγκαθιδρύει μεθόδους για να μπορούν οι παραλήπτες να επικοινωνούν με τον αποστολέα. Το standard ακόμη εγκαθιδρύει κοινά πρωτόκολλα για δημιουργία κλήσης και ελέγχου αυτής.

**Network Independence (Αυτονομία Δικτύου):** Το H.323 είναι σχεδιασμένο, να «τρέχει», στη κορυφή των αρχιτεκτονικών των δικτύων. Καθώς η τεχνολογία των δικτύων εξελίσσεται, και οι τεχνικές του μάνατζμεντ του bandwidth βελτιώνονται, λύσεις βασισμένες στο H.323 θα είναι ικανές να έχουν προτεραιότητα σε αυτές τις ενισχυμένες δυνατότητες.

**Platform and Application Independence (Αυτονομία πλατφόρμας και Εφαρμογής):** Το H.323 δεν είναι δεμένο σε κανένα υλικό (hardware) ή λειτουργικό σύστημα. Πλατφόρμες συμβατές με το H.323 θα είναι διαθέσιμες σε πολλά μεγέθη και σχήματα, συμπεριλαμβανομένων υπολογιστών για βίντεο, αφοσιωμένες πλατφόρμες, τηλεφωνικές συσκευές IP και εφαρμογές καλωδιακής τηλεόρασης.

**Multipoint Support:** Παρόλο που το H.323 μπορεί να υποστηρίξει συνεδρίες τριών ή περισσότερων τελικών σημείων χωρίς να χρειάζεται μια εξειδικευμένη MCU παρέχει μια περισσότερο ισχυρή και ευέλικτη αρχιτεκτονική για τη φιλοξενία συνεδριών πολλών σημείων.

**Bandwidth Management (Διαχείριση εύρους ζώνης):** Η ροή βίντεο και ήχου είναι άμεσα εξαρτημένη με το εύρος ζώνης και είναι ένα χαρακτηριστικό που αν δε



προσεχθεί μπορεί να μπλοκάρει ολόκληρο το δίκτυο. Το H.323 δρομολογεί αυτό το θέμα μέσω της διαχείρισης του εύρους ζώνης (bandwidth management). Οι διαχειριστές των δικτύων μπορούν να βάλουν κάποιο όριο στον αριθμό των H.323 συνδέσεων την ίδια στιγμή στο δίκτυο ή να θέσουν ποσόστωση στην απόδοση του bandwidth που θα είναι διαθέσιμο σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Αυτά τα όρια βεβαιώνουν ότι κρίσιμα όρια δε θα παρουσιαστούν ποτέ σε ένα δίκτυο ώστε να προκαλέσουν κάποιο πρόβλημα.

**Multicast Support:** Το H.323 υποστηρίζει μεταφορά multicast σε συνεδρίες πολλών σημείων. Σε multicast περιπτώσεις στέλνεται ένα πακέτο σε ένα σετ προορισμών στο δίκτυο χωρίς επαναμετάδοση. Σε αντίθεση, το unicast στέλνει πολλαπλές μεταδόσεις από άκρο σε άκρο, ενώ το broadcast στέλνει το πακέτο σε όλες τις κατευθύνσεις. Σε unicast ή broadcast, το δίκτυο δε χρησιμοποιείται σε επάρκεια καθώς τα πακέτα αναμεταδίδονται καταμήκος του δικτύου. Η μεταφορά multicast χρησιμοποιεί το bandwidth περισσότερο αποτελεσματικά καθώς όλοι οι σταθμοί σε ένα multicast group διαβάζουν μια και μοναδική ροή δεδομένων (single data stream).

**Flexibility (ευελιξία) :** Μια σύνοδος H.323 μπορεί να συμπεριλαμβάνει endpoints με διαφορετικές δυνατότητες. Για παράδειγμα, ένα τερματικό μόνο με δυνατότητες ήχου μπορεί να συμμετέχει σε μια σύνοδο με τερματικά που έχουν βίντεο ή και data δυνατότητες. Ακόμη περισσότερο, ένα H.323 τερματικό πολυμέσων μπορεί να μοιραστεί το μερίδιο των δεδομένων μιας συνόδου βίντεο με ένα T.120 τερματικό, ενώ θα μοιράζεται ήχο, βίντεο και δεδομένα με άλλα H.323 τερματικά.

#### *5.2.4 H.323 Πρωτόκολλα και Codecs*

Το H.323 είναι ένα σύστημα προδιαγραφών που περιγράφουν τη χρήση διαφόρων άλλων ITU-T πρωτοκόλλων συμπεριλαμβανομένων των:

§ Το H.225.0 είναι ένα έγγραφο που αποτελείται από δυο διαφορετικά πρωτόκολλα: Το H.225.0 Call Signaling και το Registration, Admission, and Status (RAS). Το H.225.0 Call Signaling χρησιμοποιείται μεταξύ δυο H.323 τελικών σημείων, ενώ το RAS χρησιμοποιείται μεταξύ ενός τελικού σημείου και ενός φρουρού πύλης.

§ Το H.245 control protocol (πρωτόκολλο ελέγχου) για επικοινωνίες πολυμέσων, περιγράφει τα μηνύματα και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για το άνοιγμα και το κλείσιμο λογικών καναλιών για ήχο, βίντεο και δεδομένα , για δυνατότητες ανταλλαγής και ένδειξης ελέγχου.

§ Το H.450 είναι μια σειρά συστάσεων που περιγράφουν διάφορες επιπλέον υπηρεσίες.

§ Το H.235 είναι μια σειρά συστάσεων που περιγράφουν την ασφάλεια μέσα στο H.323, συμπεριλαμβανομένης και της ασφάλειας της σηματοδοσίας και των μέσων (signaling and media security).

§ Το H.239 περιγράφει τη χρήση της διπλής ροής στη συνδιάσκεψη μέσω βίντεο, συνήθως τη μια για ζωντανό βίντεο και την άλλη για παρουσίαση.

§ Το H.460 είναι μια σειρά συστάσεων που καθορίζουν ενδεχόμενες επεκτάσεις που μπορεί να υλοποιηθούν από ένα τελικό σημείο ή ένα φρουρό πύλης, συμπεριλαμβανομένων και των συστάσεων H.460.17, H.460.18, και H.460.19.

Το πρωτόκολλο H.323 χρησιμοποιεί codec που ορίζονται τόσο από την ITU όσο και codecs που ορίζονται εκτός της ITU. Codecs που ευρέως εφαρμόζονται από εξοπλισμό του H.323 περιλαμβάνουν:

Video codecs: H.261, H.263, H.264,

Audio (ήχου) codecs: G.711, G.729, G.729a, G.723.1, G.726

Text (γραμματοσειράς) codecs: T.140 [43]

### 5.2.5 Διαφορές του H.323 με το SIP

Μπορεί και τα δυο πρωτόκολλα (SIP και H.323) να υποστηρίζουν εφαρμογές πραγματικού χρόνου, παρόλα αυτά έχουν κάποιες σημαντικές διαφορές μεταξύ τους που μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω :

- Το H.323 είναι ένα πλήρες και απόλυτα ενοποιημένο πακέτο πρωτοκόλλων για εφαρμογές βιντεοδιασκέψεων με μετάδοση πολυμέσων: σηματοδότηση, δήλωση, έλεγχος παραλαβής, μετάδοση και codec (συμπίεση/αποσυμπίεση δεδομένων).

- Εν αντιθέσει, το SIP ασχολείται μόνο με την εκκίνηση και τη διαχείριση της συνόδου επικοινωνίας και είναι ένα μεμονωμένο συστατικό. Το SIP συνεργάζεται με το RTP αλλά δεν απαιτεί τη χρήση του. Συνεργάζεται με codec κωδικοποίησης ομιλίας που υποστηρίζουν το πρότυπο G.711 και codec κωδικοποίησης ομιλίας που υποστηρίζουν το πρότυπο QCIF H.261, αλλά δεν απαιτεί τη χρήση τους. Μπορεί να συνδυαστεί με άλλα πρωτόκολλα και υπηρεσίες.

- Το H.323 προέρχεται από τη Διεθνή Ένωση Τηλεφωνίας (ITU), ενώ το SIP προέρχεται από τον οργανισμό IETF και δανείζεται πολλά στοιχεία από το Web, το DNS και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

- Το H.323, όντας ένα συλλογικό πρότυπο με πολλά επιμέρους συστατικά, είναι μεγάλο και πολύπλοκο. Εν αντιθέσει, το SIP ακολουθεί την αρχή της απλότητας.

## **Κεφάλαιο VI**

### **6. Πρωτόκολλα δέσμευσης Πόρων**

#### **6.1 RSVP Resource Reservation Protocol**

Το σύστημα QoS δεν είναι δυνατό να προστεθεί στο IP στο επίπεδο εφαρμογών. Επομένως πρέπει να αλλάξει η βασική υποδομή- οι δρομολογητές πρέπει να συμφωνήσουν για τη δέσμευση πόρων (π.χ. το εύρος ζώνης) για κάθε ροή μεταξύ ενός ζεύγους ακραίων σημείων. Υπάρχουν δυο πτυχές σε αυτό το θέμα. Πρώτον πριν από την αποστολή των δεδομένων, τα ακραία σημεία πρέπει να στείλουν μια αίτηση που να καθορίζει τους απαιτούμενους πόρους, και όλοι οι δρομολογητές κατά μήκος της διαδρομής πρέπει να συμφωνήσουν στην παροχή αυτών των πόρων. Η διαδικασία αυτή είναι δυνατό να θεωρηθεί ως μια μορφή εκπομπής σήματος. Δεύτερον, καθώς τα αυτοδύναμα πακέτα διατρέχουν τη ροή, οι δρομολογητές πρέπει να παρακολουθούν και να ελέγχουν την προώθηση της κυκλοφορίας. Η παρακολούθηση, που μερικές φορές αναφέρεται και ως αστυνόμευση κυκλοφορίας, είναι απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η ροή δεν θα υπερβαίνει τα καθορισμένα όρια. Ο έλεγχος ουρών και προώθησης απαιτείται για δυο λόγους. Ο δρομολογητής πρέπει να υλοποιήσει μια πολιτική ουράς που να ικανοποιεί τα εγγυημένα όρια καθυστέρησης, και επίσης πρέπει να εξομαλύνει τις ριπές πακέτων. Αυτή η τελευταία ενέργεια ονομάζεται μερικές φορές διευθέτηση κυκλοφορίας και είναι απαραίτητη επειδή η κυκλοφορία στο δίκτυο γίνεται συχνά με τη μορφή ρίπων. Για παράδειγμα μια ροή που καθορίζει μια μέση διαικπεραιωτική ικανότητα 1 Mbps μπορεί να έχει 2 Mbps κυκλοφορία για ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου ακολουθούμενη από παύση της κυκλοφορίας για ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου. Ο δρομολογητής μπορεί να ανασχηματίσει τη ροή τοποθετώντας προσωρινά σε ουρά τα εισερχόμενα αυτοδύναμα πακέτα και στέλνοντας τα με σταθερό ρυθμό 1 Mbps.

Το RSVP χειρίζεται τις αιτήσεις και απαντήσεις δέσμευσης. Δεν είναι πρωτόκολλο δρομολόγησης, ούτε επιβάλλει πολιτικές μετά την εγκαθίδρυση μιας ροής. Αντίθετα, το RSVP λειτουργεί πριν από την αποστολή των δεδομένων. Για την έναρξη ροής απ' άκρο εις άκρο, το ένα ακραίο σημείο στέλνει πρώτα ένα μήνυμα διαδρομής (path) RSVP, για να καθορίσει τη διαδρομή προς τον προορισμό. Το

αυτοδύναμο πακέτο που μεταφέρει το μήνυμα χρησιμοποιεί την επιλογή ειδοποίησης δρομολογητή, για να εξασφαλίσει ότι οι δρομολογητές θα εξετάσουν το μήνυμα. Αφού λάβει απάντηση στο μήνυμα διαδρομής του, το ακραίο σημείο στέλνει μήνυμα αίτησης για να δέσμευσει πόρους για τη ροή. Η αίτηση καθορίζει τα επιθυμητά όρια QoS όπου κάθε δρομολογητής που προωθεί την αίτηση κατά μήκος της διαδρομής προορισμού πρέπει να συμφωνήσει για τη δέσμευση των πόρων που καθορίζονται από την αίτηση. Αν ένας δρομολογητής κατά μήκος της διαδρομής αρνηθεί για να εκτελέσει την αίτηση, ο δρομολογητής χρησιμοποιεί το RSVP για να στείλει αρνητική απάντηση πίσω στην προέλευση. Αν όλα τα συστήματα κατά μήκος της διαδρομής συμφωνήσουν να εκτελέσουν την αίτηση, το RSVP επιστρέφει θετική απάντηση [5].

### *6.1.1 Χαρακτηριστικά του RSVP*

Όπως είπαμε, το πρωτόκολλο RSVP επιτρέπει στις εφαρμογές να δεσμεύουν εύρος ζώνης για την κυκλοφορία τους. Χρησιμοποιείται από έναν υπολογιστή, εκ μέρους της κυκλοφορίας μιας εφαρμογής, για να ζητήσει ένα συγκεκριμένο ποσό εύρους ζώνης από το δίκτυο. Το RSVP χρησιμοποιείται επίσης από τους δρομολογητές για την προώθηση των αιτήσεων για δέσμευση εύρους ζώνης. Για να χρησιμοποιηθεί το RSVP πρέπει να υπάρχει λογισμικό RSVP στους παραλήπτες στους αποστολείς και στους δρομολογητές. Τα δυο κύρια χαρακτηριστικά του RSVP είναι:

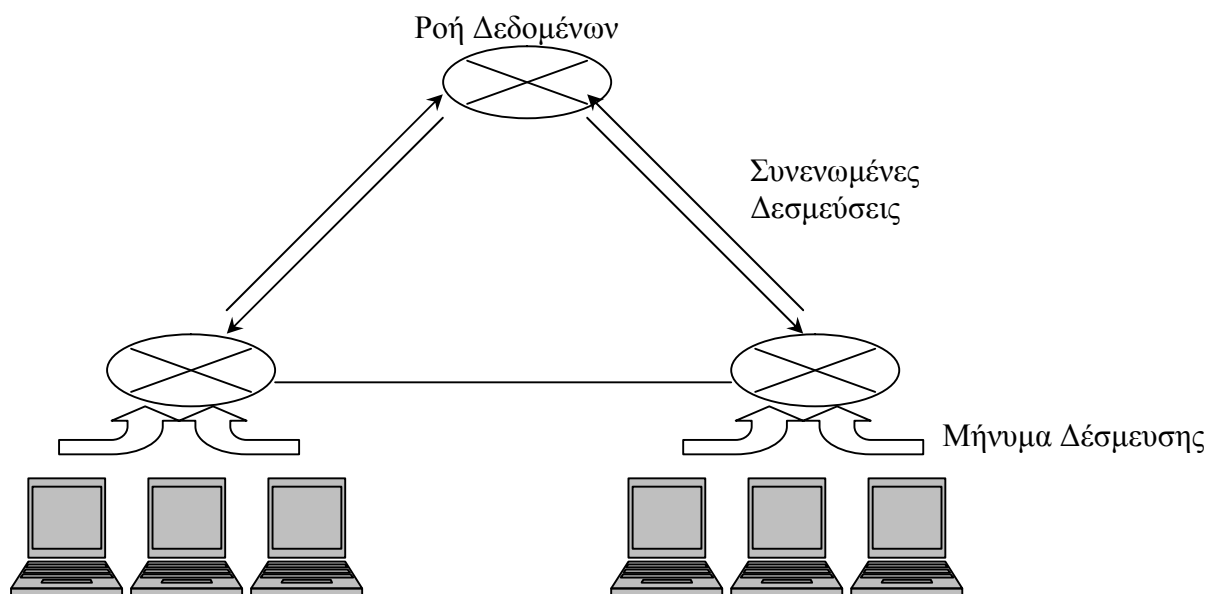
- § Παρέχει δυνατότητα δεσμεύσεων εύρους ζώνης σε λίστες διανομής πολυεκπομπής (η μετάδοση προς έναν μόνο προορισμό, (unicast) θεωρείται υποπερίπτωση της πολυεκπομπής.
- § Είναι προσανατολισμένο στον παραλήπτη, δηλαδή ο παραλήπτης μιας ροής δεδομένων εκκινεί και διατηρεί τη δέσμευση των πόρων που χρησιμοποιούνται για αυτή τη ροή δεδομένων.

Αυτά τα δυο χαρακτηριστικά απεικονίζονται σχηματικά στην *εικόνα 6.1*.

Επίσης πρόσθετα λιγότερο κύρια χαρακτηριστικά είναι :

- § Είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης αλλά βασίζεται πάνω στα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

- § Παρέχει μια πληθώρα μοντέλων και «μορφών» (styles) ώστε να εξυπηρετεί μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών.
- § Λειτουργεί ακόμα και όταν ένας δρομολογητής στο μονοπάτι ροής δεδομένων δεν το υποστηρίζει (απλά τα RSVP μηνύματα «περνάνε» χωρίς να υπόκεινται σε επεξεργασία).
- § Υποστηρίζει το IPv4 και το IPv6



*Εικόνα 6.1. Χαρακτηριστικά του RSVP.*

Το διάγραμμα δείχνει μια λίστα διανομής πολυεκπομπής με δεδομένα τα οποία ρέουν από τον κορυφαίο κόμβο στα συστήματα που βρίσκονται στο τέλος της ιεραρχίας. Ενώ τα δεδομένα προέρχονται από τον αποστολέα, τα μηνύματα δέσμευσης πόρων προέρχονται από τους παραλήπτες. Όταν ένας δρομολογητής προωθεί ένα μήνυμα δέσμευσης προς τον αποστολέα, ο δρομολογητής μπορεί να συγχωνεύσει το μήνυμα δέσμευσης με άλλα μηνύματα δέσμευσης τα οποία φτάνουν από κόμβους οι οποίοι βρίσκονται χαμηλότερα στην ιεραρχία από αυτόν.

### 6.1.2 Διαδικασία RSVP Ροών Δεδομένων

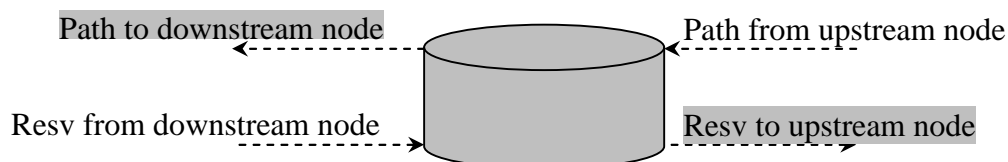
Το RSVP υποστηρίζει τόσο μονοσήμαντες όσο και πολυσήμαντες συνόδους (όπου η σύνοδος είναι κάποιος αριθμός αποστολέων που μιλάει με κάποιο αριθμό παραληπτών), ενώ μια ροή προέρχεται πάντα από έναν απλό αποστολέα. Ένα σύνολο

από ροές δεδομένων με τον ίδιο προορισμό θεωρείται ως σύνοδος, και το πρωτόκολλο RSVP έχει το χαρακτηριστικό να μεταχειρίζεται την κάθε σύνοδο ανεξάρτητα. Τα πακέτα δεδομένων ρέουν μέσα σε αυτές τις συνόδους παριστάνοντας τελικά τις ροές δεδομένων RSVP. Τα πακέτα δεδομένων σε μια συγκεκριμένη σύνοδο κατευθύνονται στην ίδια IP διεύθυνση προορισμού ή σε μια γενικευμένη θύρα προορισμού. Στην περίπτωση που έχουμε πολυσήμαντη παράδοση η IP διεύθυνση προορισμού μπορεί να είναι η διεύθυνση της ομάδας ενώ στην περίπτωση ενός απλού παραλήπτη να είναι μια μονοσήμαντη διεύθυνση.

Η RSVP διανομή δεδομένων μπορεί να λάβει χώρα τόσο μέσω multicast όσο και με unicast διανομή. Στην περίπτωση της multicast πληροφορίας εμπλέκεται ένα αντίγραφο κάθε πακέτου δεδομένων που προωθείται από έναν απλό αποστολέα προς πολλαπλούς προορισμούς. Από την άλλη μεριά όταν στη σύνοδο εμπλέκεται ένας απλός παραλήπτη έχουμε τη unicast πληροφορία. Στη unicast μετάδοση μπορούμε να έχουμε τόσο πολλαπλούς παραλήπτες διακεκριμένοι από μια γενικευμένη θύρα είτε πολλαπλούς αποστολείς για έναν unicast προορισμό. Σε αυτή την περίπτωση, το RSVP μπορεί να στήσει δεσμεύσεις-κρατήσεις για multipoint-to-point μετάδοση. Ένας μοναδικός internet host αντιστοιχεί σε ένα RSVP αποστολέα και παραλήπτη. Ένας απλός host, ωστόσο, μπορεί να περιέχει πολλαπλούς λογικούς αποστολείς και παραλήπτες, διακεκριμένους από γενικευμένες θύρες.

Το RSVP υποστηρίζει αρκετές διαφορετικές μορφές κράτησης, σχετικά με τις συνόδους με τις πολλαπλές πηγές (multiple sources). Μια κράτηση (reservation) μπορεί να εκφραστεί από έναν δέκτη για κάθε μια πηγή (source), ή μια κοινή κράτηση μπορεί να εκφραστεί για περισσότερες από μια πηγές. Οι πηγές μπορούν να ονομάζονται, και υποδεικνύονται σε μια προδιαγραφή φίλτρων, ή όλες οι πηγές σε μια σύνοδο αποδεκτή. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μηνυμάτων RSVP, το Resv (αίτημα επιφύλαξης) και το Path (πορεία). Όπως φαίνεται στην *εικόνα 6.2*, κάθε δέκτης στέλνει τα μηνύματα Resv προς τα πάνω προς πηγές στοιχείων, μετά από την αντιστροφή των πορειών που τα πακέτα στοιχείων θα χρησιμοποιήσουν. Τα Resv μηνύματα, στέλνονται περιοδικά για να κρατήσουν μια λήξη ζωντανή, να δημιουργήσουν και να διατηρήσουν την κράτηση σε κάθε κόμβο κατά μήκος των πορειών, που φθάνουν στις πηγές όπου καθορίζουν απαιτήσεις κυκλοφορίας για την πρώτη σύνδεση. Κάθε πηγή διαβιβάζει RSVP μηνύματα προς τα κάτω κατά μήκος των πορειών στοιχείων (data paths), που αποθηκεύουν το κράτος πορειών σε κάθε κόμβο. Ένα μήνυμα πορειών περιέχει επίσης έναν αποστολέα πρότυπο με μια

προδιαγραφή φίλτρων για τα πακέτα της ιδιαίτερης πηγής, ένας καθορισμός Tspec αποστολέων τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας για τη ροή της πηγής, και ένα Adspec με OPWA (One pass with advertising - Ένα πέρασμα με τη διαφήμιση) όπου συγκεντρώνει τις πληροφορίες enroute (καταμήκος) που μπορούν να βοηθήσουν τους δέκτες.



*Εικόνα 6.2 Μηνύματα Resv και Path*

### 6.1.3 RSVP ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QoS)

Το πρωτόκολλο επιφύλαξης των πόρων έχει σχεδιαστεί για να παρέχει end-to-end quality of service στις ροές στοιχείων Διαδικτύου. Χαρακτηριστικά όλη η κυκλοφορία IP στο διαδίκτυο παραδίδεται σε μια βάση καλύτερης-προσπάθειας (best-effort basis). Αυτή η μέθοδος παράδοσης δεν εξετάζει τις απαιτήσεις των εφαρμογών πολυμέσων όπως η συνεδρίαση μέσω video, multicasting IP σε πραγματικό χρόνο και η τηλεφωνία Διαδικτύου. Το πρωτόκολλο επιφύλαξης των πόρων (RSVP) είναι μια προσπάθεια να καλυφθούν οι ανάγκες απόδοσης τέτοιων εφαρμογών. Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης και έλεγχου που δεν φέρνει τα στοιχεία εφαρμογής. Λειτουργεί πάνω από την IP στο στρώμα μεταφορών της λίστας πρωτοκόλλου διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (OSI).

Οι εφαρμογές οικοδεσποτών (Host applications) χρησιμοποιούν το RSVP για να ζητήσουν το απαραίτητο QoS (όπως το εγγυημένο εύρος ζώνης) από το δίκτυο για τις συγκεκριμένες ροές στοιχείων. Το αίτημα QoS στέλνεται μέσω όλων των δρομολογητών κατά μήκος της πορείας της ροής στοιχείων σε μια βάση hop-by-hop, και σε κάθε συσκευή το πρωτόκολλο RSVP προσπαθεί να καθιερωθεί και να διατηρήσει ένα κράτος επιφύλαξης για να παρέχει την απαιτούμενη υπηρεσία. Ανανεωμένα μηνύματα στέλνονται περιοδικά από τους οικοδεσπότες και τους δρομολογητές για να διατηρηθεί αυτό το κράτος κατά τη διάρκεια της μεταφοράς στοιχείων. Η εγκαθιδρυμένη κατάσταση (established state) τελειώνει όταν στέλνει ο



οικοδεσπότης τέλους (end host) ένα ρητό "teardown" μήνυμα αφού η εφαρμογή έχει τελειώσει την αποστολή των στοιχείων. Το RSVP προσαρμόζεται επίσης στη δρομολόγηση της τοπολογίας καθώς και των πολλαπλής διανομής αλλαγών της ιδιότητας μέλους μιας ομάδας (**multicast group membership changes**).

Ενώ το RSVP παρείχε QoS για τις ροές στοιχείων, δεν αλλάζει τα υπάρχοντα πρωτόκολλα δρομολόγησης που καθορίζουν τα πακέτα προχωρούν διαβιβασμένα. Για να λάβει τις πληροφορίες σχετικά με τη διαδρομή των δεδομένων, το RSVP συμβουλεύεται την υπάρχουσα βάση δεδομένων δρομολόγησης IP.

Για το χειρισμό των αμφίδρομων ροών στοιχείων, μεταχειρίζεται κάθε ροή ανεξάρτητα και κάνει ομοιοκατευθυνόμενες κρατήσεις (unidirectional reservations). Ο οικοδεσπότης δέκτης είναι αρμόδιος για την έναρξη και τη διατήρηση της κράτησης για τη ροή. Αυτή η προσέγγιση στραμμένη προς το δέκτη, προσαρμόζει τις απαιτήσεις των δυναμικών ιδιοτήτων μέλους ομάδας multicasting IP στα περιβάλλοντα και υιοθετεί διαφορετικές απαιτήσεις δεκτών [49]. Η λειτουργία της βασίζεται στα παρακάτω:

Ο οικοδεσπότης A θέλει να στείλει την κυκλοφορία πολυμέσων σε ένα σταθερό ποσοστό στον οικοδεσπότη β χρησιμοποιώντας το Διαδίκτυο. Για να διευκολυνθεί αυτή η διαδικασία, ο host A ζητά QoS (παράδειγμα: εύρος ζώνης κατά την απαίτηση – bandwidth on demand ) από το δίκτυο χρησιμοποιώντας το RSVP. Τα ακόλουθα βήματα περιλαμβάνονται στην καθιέρωση end-to-end QoS, το οποίο ιδρύεται προτού να μεταφερθεί οποιοδήποτε στοιχείο.

1. Το πρόγραμμα RSVP στον οικοδεσπότη A λαμβάνει το επιθυμητό αίτημα QoS από την εφαρμογή πολυμέσων και στέλνει ένα μήνυμα πορειών RSVP στον οικοδεσπότη B.
2. Αυτό το μήνυμα ακολουθεί την ακριβή πορεία που η κυκλοφορία πολυμέσων θα έπαιρνε και δημιουργεί ένα "κατάσταση πορείας (path state) " σε όλους τους κόμβους στην κατεύθυνση της κυκλοφοριακής ροής. Το μήνυμα πορείας περιέχει τη διεύθυνση IP του αποστολέα, το σχήμα των πακέτων στοιχείων και λεπτομέρειες των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας.
3. Στη λήψη του μηνύματος πορείας, ο οικοδεσπότης B δημιουργεί ένα μήνυμα αιτήματος κράτησης RSVP. Ο επόμενος πορεία για αυτό το μήνυμα λαμβάνεται από το προηγουμένως καθιερωμένο κράτος πορειών και ακολουθεί την ακριβή αντίστροφη κατεύθυνση του μηνύματος πορειών. Περιέχει τις επιθυμητές πληροφορίες QoS (σε αυτήν την περίπτωση το ζητούμενο εύρος ζώνης) και έναν όρο

φίλτρων που προσδιορίζει το υποσύνολο των πακέτων στοιχείων που πρέπει να λάβει το QoS.

4. Το πρόγραμμα RSVP στο δρομολογητή, λαμβάνοντας το μήνυμα αίτησης κράτησης, τον περνά σε δύο τοπικές ενότητες απόφασης: μια ενότητα ελέγχου αποδοχής (**admission control module**), η οποία καθορίζει εάν ο κόμβος έχει τους ικανοποιητικούς διαθέσιμους πόρους για να παρέχει το ζητούμενο QoS και μια ενότητα πολιτική-ελέγχου (**policy-control module**), η οποία ελέγχει εάν ο αιτών έχει τα διοικητικά προνόμια για να εκφράσει την κράτηση. Εάν καθένας έλεγχος αποτυγχάνει, επιστρέφει μια ανακοίνωση λάθους στην εφαρμογή που υπέβαλε το αίτημα. Εάν και οι δύο έλεγχοι πετυχαίνουν, το πρόγραμμα RSVP διαμορφώνει τον ταξινομητή πακέτων στον κόμβο για να καθορίσει τα πακέτα στοιχείων που λαμβάνουν το QoS. Το πρόγραμμα RSVP διαμορφώνει επίσης το χρονοπρογραμματιστή (**packet scheduler**) πακέτων για να παρέχει το ζητούμενο QoS στην εξερχόμενη σύνδεση. Αυτό δημιουργεί μια κατάσταση κράτησης στον κόμβο.

5. Αφού γίνει η κράτηση τοπικά, ο δρομολογητής στέλνει το αίτημα επιφύλαξης στον επόμενο κόμβο στην κατεύθυνση του αποστολέα. Η διαδικασία συνεχίζεται σε μια βάση hop-by-hop basis, και σε κάθε κόμβο το πρόγραμμα RSVP προσπαθεί να καθιερώσει και να διατηρήσει μια κατάσταση κράτησης για να παρέχει το ζητούμενο QoS. Τέλος, το αίτημα επιφύλαξης φθάνει στον οικοδεσπότη αποστολής και δημιουργεί μια κράτηση τοπικά. Σε αυτό το σημείο, το ρεύμα στοιχείων πολυμέσων που προέρχεται από τον αποστολέα θα λάβει το ζητούμενο εύρος ζώνης από το δίκτυο.

6. Αφού έχει επιτυχώς διατηρήσει το εύρος ζώνης end to end, ο οικοδεσπότης (Host) Α στέλνει την κυκλοφορία πολυμέσων (multimedia traffic) στον οικοδεσπότη Β [49].

#### **6.1.4 RSVP ΣΤΥΛ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ**

Ανάλογα με τις επιλογές ελέγχου το πρωτόκολλο RSVP εφαρμόζει διαφορετικά στυλ δέσμευσης που αυτά με τη σειρά τους καθορίζουν έναν αριθμό υφιστάμενων παραμέτρων. Το RSVP υποστηρίζει δύο κύριες κατηγορίες δέσμευσης :

- § Τις μεμονωμένες και
- § Τις διαμοιραζόμενες δεσμεύσεις.

Οι μεμονωμένες δεσμεύσεις εγκαθιστούν μια ροή για κάθε σχετικό αποστολέα σε κάθε σύνολο. Μια διαμοιραζόμενη δέσμευση χρησιμοποιείται από ένα σύνολο αποστολέων οι οποίοι δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους. Η εικόνα 6.3 δείχνει μεμονωμένους και διαμοιραζόμενους RSVP τύπους μορφών. Στη συνέχεια περιγράφουμε περιληπτικά τους συνδυασμούς αυτούς.

Εμβέλεια	Στυλ Κρατήσεων	
	<u>Μεμονωμένη</u>	<u>Διαμοιραζόμενη</u>
<u>Ρητή</u>	Fixed Filter	Shared Explicit
<u>Μεταβαλλόμενη</u>	Μη ορισμένο	Wildcard Filter

**Εικόνα 6.3** Στυλ κρατήσεων RSVP με διαφορετικές εμβέλειες.

#### 6.1.4.1 Στυλ Wildcard-Filter (WF)

Το Wildcard-Filter στυλ ορίζει διαμοιραζόμενη κράτηση με Wildcard (μεταβαλλόμενη) εμβέλεια. Με μια κράτηση στυλ WF, δημιουργείται μια απλή κράτηση στην οποία αναμειγνύονται ροές απ' όλους τους αντίρροπους αποστολείς. Η κράτηση μεταδίδεται αντίρροπα προς όλους τους Hosts αποστολείς και εκτείνεται αυτόματα σε νέους αποστολείς όταν αυτοί εμφανίζονται.

#### 6.1.4.2 Fixed-Filter (FF)

Το στυλ Fixed-Filter ορίζει μια μεμονωμένη κράτηση με ρητή εμβέλεια. Με μια κράτηση FF στυλ, δημιουργείται μια μεμονωμένη αίτηση κράτησης για πακέτα δεδομένων από συγκεκριμένο αποστολέα. Η εμβέλεια της κράτησης καθορίζεται από μια ρητή λίστα αποστολέων. Η συνολική κράτηση σε μια σύνδεση για δεδομένη σύνοδο είναι το άθροισμα όλων των FF κρατήσεων για όλους τους αιτούμενους αποστολείς. Οι FF κρατήσεις τις οποίες αιτούνται διαφορετικοί παραλήπτες αλλά επιλέγουν τον ίδιο αποστολέα, ωστόσο, πρέπει να αναμιχτούν προκειμένου να διαμοιραστούν μια απλή κράτηση σε ένα δεδομένο κόμβο.

### 6.1.4.3 Στυλ Shared-Explicit (SE)

Το στυλ κράτησης SE ορίζει ένα περιβάλλον διαμοιραζόμενης κράτησης με μια ρητή εμβέλεια κράτησης. Το SE στυλ δημιουργεί μια απλή κράτηση στην οποία αναμιγνύονται ροές από όλους τους αντίρροπους αποστολείς. Όπως στην περίπτωση της FF κράτησης, το σύνολο των αποστολέων (και κατά συνέπεια η εμβέλεια) ορίζεται ρητώς από τον παραλήπτη που κάνει την κράτηση.

### 6.1.5 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ RSVP – ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Παρακάτω ακολουθεί μια περιγραφή των κεφαλίδων των RSVP μηνυμάτων και συνοπτική ανάλυση των διαφόρων πεδίων. Στον *πίνακα 6.1*, φαίνεται και μια σχηματική τους αναπαράσταση.

- Έκδοση (Version). Πεδίο μεγέθους 4 bit που περιέχει την συγκεκριμένη έκδοση του πρωτοκόλλου.
- Σημαίες (Flags). Πεδίο 4 bit όπου ορίζονται τα διάφορα flags που θα χρησιμοποιηθούν.
- Τύπος (Type). Πεδίο 8 bit που παίρνει ακέραιες τιμές σύμφωνα με τον *πίνακα 6.1*.
- Άθροισμα Ελέγχου (Checksum). Πεδίο 16 bit που αναπαριστά ένα TCP/UDP checksum πάνω στα περιεχόμενα του RSVP μηνύματος με το checksum αντικατεστημένο από μηδενικά.
- Μήκος (Length). Πεδίο 16 bit που αναπαριστά το μήκος του πακέτου σε bytes, λαμβάνοντας υπόψη και την κοινή επικεφαλίδα, καθώς και τα μεταβλητού μήκους αντικείμενα που ακολουθούν.
- Send TTL(time to live). Πεδίο 8 bit που αναπαριστά τον IP χρόνο ζωής με τον οποίο έχει σταλεί το μήνυμα.
- More Fragments Flag. Αναπαριστά το λιγότερο σημαντικό ψηφίο μιας λέξης ενός byte, τα υπόλοιπα bit της οποία δεσμεύονται για μελλοντική χρήση. Το πεδίο MF έχει την τιμή 1 για όλα εκτός από το τελευταίο τμήμα του μηνύματος.

- Fragment Offset. Πεδίο 24 bit που αναπαριστά τη σχετική θέση σε byte αυτού του τμήματος σε σχέση με το υπόλοιπο μήνυμα [5].

<i>T</i>	<i>Τύπος μηνύματος</i>
<i>μ</i>	
<i>ή</i>	
1	Path
2	Resv
3	PathErr
4	ResvErr
5	PathTear
6	ResvTear
7	ResvConf

*Πίνακας 6.1. Τιμές πεδίου Type*



*Πίνακας 6.2. Σχηματική Αναπαράσταση Πεδίων Κεφαλίδας Μηνύματος.*

Αντίστοιχα με τα μηνύματα και τα πακέτα RSVP παρακάτω αναλύονται τα πεδία των RSVP αντικειμένων. Στον πίνακα 6.3 φαίνονται τα παραπάνω και σχηματικά.

- Μήκος (Length). Πεδίο που περιέχει το συνολικό μήκος του αντικειμένου σε bytes και που πρέπει να είναι πολλαπλάσιο του 4 και τουλάχιστον 4.

- Αριθμός Τάξης (Class Num). Δείχνει την τάξη του αντικειμένου, ενώ το σημαντικότερο bit καθορίζει το πώς θα ενεργεί ένας κόμβος όταν δεν θα αναγνωρίζει τον αριθμό τάξης του αντικειμένου.
- C-Type. Αναπαριστά τον τύπο αντικειμένου που είναι μοναδικός μέσα σε κάθε αριθμό τάξης. Το μέγιστο μήκος των περιεχομένων ενός αντικειμένου είναι 65528 bytes. Τα πεδία Αριθμός Τάξης και C-Type μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί ως ένας 16bit αριθμός για να ορίσουν ένα μοναδικό τύπο για κάθε αντικείμενο.
- Περιεχόμενα αντικειμένου (Object Contents). Τα πεδία Μήκος, Αριθμός Τάξης και C-Type καθορίζουν τη μορφή των περιεχομένων του αντικειμένου [5].

16	8	8	Variable
Length	Class Num	C-Type	Object Contents

*Πίνακας 6.3. Σχηματική Αναπαράσταση Πεδίων Αντικειμένου*

## 6.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ST-II

Το πρωτόκολλο ρευμάτων Διαδικτύου (internet stream protocol), έκδοση 2 (ST2) είναι ένα πειραματικό πρωτόκολλο προσανατολισμένο προς τη σύνδεση μέσω δικτύων που λειτουργεί στο ίδιο στρώμα με το IP. Έχει αναπτυχθεί για να υποστηρίξει την αποδοτική παράδοση των ρευμάτων δεδομένων σε απλούς (single) ή πολλαπλούς (multiple) προορισμούς στις εφαρμογές που απαιτούν την εξασφαλισμένη ποιότητα της υπηρεσίας QoS. Το ST2 είναι μέρος της οικογένειας πρωτοκόλλου IP και χρησιμεύει ως μια προσθήκη, όχι μια αντικατάσταση για το IP. Οι κύριοι τομείς εφαρμογής του πρωτοκόλλου είναι η σε πραγματικό χρόνο μεταφορά των στοιχείων πολυμέσων, π.χ., ψηφιακά ακουστικά και τηλεοπτικά ρεύματα πακέτων, και η διανομή προσομοιώσεων και παιχνιδιών μέσω του internet [51].

Το ST2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κράτηση εύρους ζώνης για ρεύματα πραγματικού χρόνου (real time streams) στις διαδρομές δικτύων. Αυτή η κράτηση, μαζί με την κατάλληλη πρόσβαση στο δίκτυο καθώς και με μηχανισμούς οργάνωσης των πακέτων (packet scheduling mechanisms) σε όλους τους κόμβους που τρέχουν το πρωτόκολλο, εξασφαλίζει μια καθορισμένη και με σαφήνεια ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) ST2 στις εφαρμογές. Έτσι εξασφαλίζεται ότι τα πακέτα

πραγματικού χρόνου θα παραδοθούν μέσα στην προθεσμία τους, δηλαδή θα έχουν παραδοθεί τη στιγμή που πρέπει να παρουσιαστούν. Αυτό διευκολύνει μια ομαλή παράδοση των δεδομένων που είναι ουσιαστική για κρίσιμες εφαρμογές (real time critical applications) και που δεν μπορούν να παρασχεθεί από μια επικοινωνία μέσω IP.

Το πρωτόκολλο ST-II προτάθηκε ως ένα πρωτόκολλο δικτύου (network layer protocol) για να χρησιμοποιηθεί για κράτηση εύρους ζώνης (bandwidth reservation ) για την επικοινωνία μέσω πακέτων ήχου και εικόνας μέσω του διαδικτύου. Το ST-II προσπαθεί να διαβιβάσει τα πακέτα (data packets) γρήγορα και χρησιμοποιεί μια μικρή επιγραφή που περιέχει τα απαραίτητα συστατικά για να επιτευχθεί μια σύνδεση χρησιμοποιώντας το εικονικό κύκλωμα, όπως και στην περίπτωση των ATM διευθύνσεων. Έχει εφαρμοστεί από τους Delgrossi και άλλους, με το πρωτόκολλο μεταφορών πολυμέσων του Heidelberg που χρησιμοποιείται στην κορυφή του (on top) ST-II [50]. Είναι διάδοχος του ST πρωτοκόλλου το οποίο καθορίστηκε το 1979. Το ST-II υλοποιήθηκε και συνεχίζει να υλοποιείται για επικοινωνίες ήχου και κινούμενης εικόνας (video) σε διαφορετικά δίκτυα. Το ST-II παρέχει μια υπηρεσία προσανατολισμένη κατά σύνδεση (connection oriented) και υποστηρίζει multicast και διαπραγμάτευση QOS.

### *6.2.1 Μορφή ST-II σύνδεσης*

Η σύνδεση και η δέσμευση πόρων στο ST-II πρωτόκολλο λαμβάνει χώρα ως απλά ρεύματα δεδομένων. Αυτά σχηματίζουν ένα δέντρο multicast διανομής, που έχει ως ρίζες τις πηγές των δεδομένων και εκτείνεται μέχρι όλους τους παραλήπτες. Για να δημιουργηθεί ένα ρεύμα δεδομένων πρέπει να σταλθεί αρχικά ένα πακέτο CONNECT από ένα κόμβο που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ST. Αυτός ο κόμβος θεωρείται ότι είναι η πηγή του ρεύματος. Το πακέτο αυτό περιέχει τις προδιαγραφές της ροής και το αρχικό σύνολο των συμμετεχόντων. Μέχρι το τελικό προορισμό κάθε ενδιαμέσος φορέας του ST επεξεργάζεται το πακέτο CONNECT για να καθορίσει τα υποδίκτυα της επόμενης μετάβασης που απαιτούνται έτσι ώστε να φτάσει σε όλους τους παραλήπτες. Γι' αυτό το λόγο δεσμεύει πόρους επιπέδου δικτύου κατά μήκος κάθε υποδικτύου εγκαθιστώντας μια κατάσταση multicast προώθησης. Αυτή η χρησιμοποίηση του multicast αλγορίθμου δίνει τη δυνατότητα στα δεδομένα να

φτάσουν σε πολλαπλούς παραλήπτες. Το CONNECT πακέτο μεταξύ άλλων συγκεντρώνει πληροφορίες κατά μήκος της διέλευσης των δεδομένων. Με αυτό τον τρόπο σημειώνει τη ποσότητα των πόρων που πραγματικά δεσμεύονται κατά μήκος κάθε υποδικτύου εάν αυτή είναι μικρότερη από την ποσότητα που απαιτήθηκε, ενημερώνοντας παράλληλα τις προδιαγραφές της ροής. Όταν ένας παραλήπτης δέχεται μια CONNECT ένδειξη, πρέπει να καθορίσει αν θέλει να συμμετάσχει στην ομάδα και να επιστρέψει είτε ένα μήνυμα Αποδοχής (ACCEPT) είτε ένα μήνυμα Άρνησης (REFUSE) στην πηγή του ρεύματος. Στην περίπτωση της αποδοχής ο παραλήπτης μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο την απαίτηση για πόρους ενημερώνοντας τις προδιαγραφές ροής που επιστρέφει.

Με τη σειρά της η πηγή του ρεύματος πρέπει να περιμένει για μια απάντηση Αποδοχής ή Άρνησης από κάθε αρχικό παραλήπτη πριν ξεκινήσει την μετάδοση των δεδομένων. Το ST-II συμπεριφέρεται σε όλο το ρεύμα ως ένα μονοπάτι ομογενούς διανομής. Αυτό σημαίνει ότι όταν η πηγή δέχεται μια απάντηση Αποδοχής με μειωμένες προδιαγραφές ροής πρέπει είτε να προσαρμοστεί στο χαμηλό QoS όλο το ρεύμα είτε να απορρίψει την συμμετοχή του συγκεκριμένου παραλήπτη στην ομάδα στέλνοντας του ένα μήνυμα Αποσύνδεσης. Κατά συνέπεια όλοι οι συμμετέχοντες δέχονται δεδομένα με τις ίδιες προδιαγραφές ροής (είτε χαμηλό QoS είτε υψηλό QoS) αν και οι ικανότητες απεικόνισης μπορεί να διαφέρουν από ένα παραλήπτη σε παραλήπτη.

Η πηγή της ροής πρέπει να εξετάσει την προδιαγραφή ροής σε ένα μήνυμα αποδοχής που έχει επιστραφεί και είτε να δεχθεί τον νέο παραλήπτη είτε να τον απορρίψει. Η απόρριψη θα λάβει χώρα εάν οι πόροι που έχουν κατανεμηθεί είναι λιγότεροι από αυτούς που έχουν προς το παρόν κατανεμηθεί για τη ροή. Με αυτό τον τρόπο οι παραλήπτες ροών μπορούν να προστεθούν ή να διαγραφούν μετά από την αρχική προετοιμασία ροών. Κάθε προσθήκη ενός παραλήπτη απαιτεί μια αλληλεπίδραση με την πηγή της ροής για να πυροδοτήσει την αποστολή ενός μηνύματος σύνδεσης με την τρέχουσα προδιαγραφή ροής. Όσον αφορά τη διαγραφή των παραληπτών μπορεί να γίνει ασύγχρονα με την αποστολή ενός μηνύματος απόρριψης από έναν παραλήπτη ή με την αποστολή ενός μηνύματος αποσύνδεσης από την πηγή. Το μήνυμα αποσύνδεσης μπορεί είτε να αναφέρει συγκεκριμένους παραλήπτες που πρέπει να διαγραφούν είτε να θέτει τη σημαία σφαιρικής αποσύνδεσης ώστε να καταστρέφεται ολόκληρη η ροή [51].



Από την άλλη μεριά εγγυημένη QoS λαμβάνει χώρα όταν δε σημειώνεται αποτυχία δρομολογητή. Το πρωτόκολλο ST-II γενικά παρέχει το μηχανισμό για το πέρασμα και τη διαπραγμάτευση της QoS. Η πραγματική δέσμευση πόρων και ο πραγματικός χρονοπρογραμματισμός δεν είναι μέρος των προδιαγραφών του ST-II. Ως ένα πρωτόκολλο προσανατολισμένο προς τη σύνδεση, το ST-II λαμβάνει τις αποφάσεις δρομολόγησης κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας της σύνδεσης. Επειδή τα δεδομένα δεν προστατεύονται από αθροίσματα ελέγχου, κατά τη διάρκεια μετάδοσης δεδομένων μόνο λίγες εντολές του προγράμματος πρέπει να εκτελεστούν, οπότε το throughput θα πρέπει να είναι υψηλό.

Το πρώτο βήμα για την επίτευξη QoS εγγυήσεων είναι ο καθορισμός προδιαγραφής ροής. Η προδιαγραφή καθορίζει ως ένα μεγάλο βαθμό την τελική QoS και χρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος που μπορούν να επιτευχθούν. Η εικόνα 1 δείχνει την προδιαγραφή ροής που χρησιμοποιείται στο ST-II.

Στην παρακάτω ST-II προδιαγραφή ροής, το ελάχιστο εύρος ζώνης καθορίζεται από το γινόμενο των LimitOnPDUBytes και LimitOnPDURate. Το άνω όριο της καθυστέρησης καθορίζεται από την παράμετρο LimitOnDelay. Δεν υπάρχει ρητή παράμετρος που να καθορίζει το άνω όριο της διαταραχής καθυστέρησης. Θεωρητικά, το άνω όριο της διαταραχής ισούται με το άνω όριο της καθυστέρησης. Στην πράξη, η παράμετρος AccDelayVariance υποδεικνύει την αναμενόμενη διαταραχή καθυστέρησης. Τα ανώτερα στρώματα καθορίζουν το αν αυτή η τιμή είναι αποδεκτή. Με αυτό τον τρόπο οι εφαρμογές μπορούν να κατανέμουν το μέγεθος της ενδιάμεσης μνήμης εξομάλυνσης διαταραχής καθυστέρησης βασιζόμενες σε αυτή την τιμή. Ο μέγιστος ρυθμός σφαλμάτων bits καθορίζεται από την παράμετρο ErrorRate και ο ρυθμός απώλειας πακέτων υποδεικνύεται από την παράμετρο Reliability. Για μια εφαρμογή πραγματικού χρόνου που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ST-II, η πιο ενδιαφέρουσα λειτουργία είναι ο καθορισμός του ελάχιστου εύρους ζώνης που απαιτείται ώστε να υποστηρίζονται οι QoS απαιτήσεις της χωρίς να δεσμεύονται υπερβολικοί πόροι δικτύου.

Bits: 0	16	31
PCode	PBytes	Version=3
<b>Duty Factor</b>	Error Rate	Precedence
<b>Tradeoffs</b>	RecoveryTimeout	
<b>LimitonCost</b>	LimitonDelay	
<b>LimitionPDUBytes</b>	LimitionPDURate	
<b>MinBytesXRate</b>		
<b>AccMeanDelay</b>		

AccDelayVariance	
DesPDUBytes	DesPDURate

*Εικόνα 6.4 Προδιαγραφή ροής που χρησιμοποιείται στο ST-II.*

### 6.2.2 Σύγκριση μεταξύ πρωτοκόλλων ST-II και RSVP

Έχει υπάρξει πρόσφατα μεγάλη προσπάθεια για να αναπτυχθεί η αρχιτεκτονική ενός δικτύου που να υποστηρίζει τις νέες εφαρμογές όπως το βίντεο από απόσταση, η σύσκεψη με πολυμέσα, η επιστημονική απεικόνιση, και η εικονική πραγματικότητα. Δύο απαιτήσεις από τις πολλές για τις νέες αυτές εφαρμογές είναι η ανάγκη τους για την εγγύηση ποιότητας (QoS) από το δίκτυο και η υποστήριξη για επικοινωνίες multipoint to multipoint (πολλών σε πολλά σημεία).

Η αρχική εργασία στην υποστήριξη της πολλαπλής διανομής εγγραμμένης υπηρεσίας μέσα στην ακολουθία πρωτοκόλλου Διαδικτύου οδήγησε στην ανάπτυξη του πρωτοκόλλου ST και στην ανάπτυξη αργότερα μιας δεύτερης έκδοσης του πρωτοκόλλου ST-II, το οποίο και περιγράφεται ως πειραματικό πρωτόκολλο εντός της κοινότητας Διαδικτύου. Μια πιο πρόσφατη πρόταση που στοχεύει στην υποστήριξη των απαιτήσεων επιύλαξης των πόρων ενός δικτύου είναι το πρωτόκολλο RSVP όπως έχουμε ήδη αναφέρει [52].

Παρόλο που και τα δύο πρωτόκολλα έχουν ως κοινό σκοπό την εξασφάλιση επικοινωνίας με QOS χαρακτηριστικά ανάμεσα σε πολλούς χρήστες, διαφέρουν σε πολλά σημεία.

Ø Πρώτη σημαντική διαφορά είναι στον τρόπο με τον οποίο λαμβάνει χώρα η δέσμευση πόρων του δικτύου. Στο μεν ST-II η δέσμευση ξεκινάει μεταφέροντας ο αποστολέας μια ροή προδιαγραφών στους αποδέκτες. Κατά τη διάρκεια της διάδοσης της ροής προδιαγραφών αυτής μερικοί παράμετροι είναι τροποποιημένοι στους διαθέσιμους πόρους. Η τελική ροή προδιαγραφών που χρησιμοποιείται από τον αποστολέα για μεταφορά δεδομένων έχει τις ελάχιστες απαιτήσεις πόρων που είναι σύμφωνες με όλους τους δέκτες και το δίκτυο όπως είδαμε και στη προηγούμενη ενότητα. Αφού η ροή επαληθευθεί, όλοι οι δέκτες λαμβάνουν δεδομένα με την ίδια ροή προδιαγραφών αδιαφορώντας για τη δυναμικότητα υποστήριξης (δηλαδή άσχετα εάν η το δίκτυο μπορεί να παρέχει καλύτερη υποστήριξη η ροή θα μεταδοθεί βάση των ελάχιστων απαιτήσεων πόρων που συμφωνήθηκαν από τους δέκτες). Αντίθετα στο RSVP η δέσμευση ξεκινάει από τους παραλήπτες. Κάθε παραλήπτης προσδιορίζει τις απαιτούμενες

QOS παραμέτρους με βάση τους τύπους της πληροφορίας που λαμβάνει και τους δικούς του διαθέσιμους πόρους. Είναι λογικό ότι το RSVP είναι περισσότερο αποτελεσματικό στη χρήση πόρων δικτύου καθώς κάθε δέκτης λαμβάνει μόνο το σύνολο των δεδομένων που χρειάζεται έτσι που πόροι να μην εξαντλούνται. Για εφαρμογές, όπως τηλεδιάσκεψη, που όλοι οι αποστολείς δεν είναι ενεργοί την ίδια ώρα, το RSVP επιτρέπει πολύ αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου, ειδικά όταν το multicast σύνολο είναι μεγάλο.

- Ø Η δεύτερη διαφορά μεταξύ του ST-II και του RSVP είναι στις θέσεις ή το ρόλο στη στοίβα των πρωτοκόλλων. Το ST-II είναι ένα πλήρες δικτυακό πρωτόκολλο που περιέχει μεταχείριση δεδομένων όπως επίσης και λειτουργίες δέσμευσης πόρων. Αυτό αντικαθιστά το IP στο δικτυακό επίπεδο. Το RSVP, από την άλλη πλευρά, είναι ένα συνοδευτικό πρωτόκολλο του IP που ελέγχει τις διαδρομές και τη μεταφορά δεδομένων. Το πλεονέκτημα της προσέγγισης του RSVP είναι ότι το RSVP μπορεί να δουλέψει με διαφορετικές διαδρομές και πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων.
- Ø Η τρίτη διαφορά είναι στον τρόπο διαχείρισης πληροφορίας στην κατάσταση σύνδεσης. Το ST-II είναι ένα πρωτόκολλο προσανατολισμένο στη σύνδεση. Όμοια με το ST-II, το RSVP αποθηκεύει σε κάθε κόμβο συμμετοχής πληροφορίες σχετικές με την υπάρχουσα ροή. Ωστόσο αυτή η πληροφορία καλείται soft-state που σημαίνει ότι η πληροφορία κατάστασης διατηρείται πάνω σε μια βάση πεπερασμένου χρόνου (timeout) και χρειάζεται περιοδική ανανέωση.

## **Κεφαλαίο VII**

### **7. Real Time Systems**

#### **7.1 Συστήματα Real-Time Streaming Systems**

Διάφορες εφαρμογές ροής βασισμένες στο Διαδίκτυο (Internet-based streaming applications) ήδη ευρέως επεκτείνονται. Περιλαμβάνουν διάφορες ειδησεογραφικές, εκπαιδευτικές, και μάρκετινγκ εφαρμογές που μεταδίδουν κλιπ βίντεο και ήχου από διάφορα web sites. Η υψηλή ποιότητα του βίντεο δεν είναι απαραίτητως αναγκαία σε unicast εφαρμογές, και μια ποικιλία διαφορετικής ποιότητας βίντεο μπορεί να παρασχεθεί από την τεχνολογία ροής ώστε να εξομαλυνθούν οι μεταβολές στην πρόσβαση στο δίκτυο πελατών client network) καθώς και σε συνθήκες συμφόρησης δικτύου. Τα συστήματα ροής προσφέρουν τόσο unicast, με κάθε χρήστη να λαμβάνει ένα χωριστό ρεύμα από ένα κεντρικό υπολογιστή, όσο και πολλαπλής διανομής (multicast), στους οποίους ένα διακλαδισμένο ρεύμα (branched stream) αποφεύγει επανάληψη του ίδιου του περιεχομένου (replication) σε οποιαδήποτε ιδιαίτερη σύνδεση. Στη περίπτωση του multicast συχνά πρέπει να παρέχεται το ίδιο περιεχόμενο σε ποικίλα ποιοτικά επίπεδα σε ένα πολύ μεγάλο πλήθος δεκτών, που απαιτεί αρχιτεκτονικές δικτύων πολύ ευέλικτες και πρακτικές.

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούν την τεχνολογία του streaming audio και video σε δύο κύριες μορφές. Τόσο On-demand (κατά απαίτηση) όσο και Live (ζωντανά). Κάποιες από τις εφαρμογές που παρουσιάζονται εξυπηρετούν και τους δύο τύπους ενώ κάποιες άλλες επικεντρώνονται σε έναν από τους δύο .

##### *7.1.1 Βίντεο κατά παραγγελία (Video on Demand Streaming)*

Το βίντεο κατά παραγγελία (video on demand) ήταν η ευρυζωνική δικτύωση "killer application" της δεκαετίας του '80 και της πρόωρης δεκαετίας του '90 που απέτυχε επειδή δεν υπήρξε ένα επιχειρησιακό πρότυπο που θα μπορούσε να αποσβέσει την επένδυση στις εταιρίες προμήθειας και προώθησης video από τα

κέρδη από τους καταναλωτές που ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν. Αν και το video on demand (κυρίως για έργα κινηματογράφου) μπορεί να μην είναι ακόμα μια κυρίαρχη εφαρμογή, έχει σημειώσει πρόοδο λόγω των εύρωστων οικονομικών κυρίως ως αποτέλεσμα των τεχνολογιών συμπίεσης και ροής video, των βελτιώσεων στα συστήματα κεντρικών υπολογιστών πολυμέσων και της κατασκευής των ψηφιακών συστημάτων καλωδίων (digital cable systems). Το video on demand, αν και από μια περιορισμένη επιλογή, είναι διαθέσιμο από πολλούς φορείς παροχής υπηρεσιών καλωδιακής υποδομής (cable services providers), όπως και προσφέρεται επίσης και διάμεσο εγκαταστάσεων ADSL. Ο κινηματογράφος πρώτης προβολής και η παράδοση μουσικής μέσω του Διαδικτύου ήταν στα τέλη του 2004, όχι ακόμα επικρατούντες υπηρεσίες μιας και οι υπηρεσίες μουσικής μέσω των βιομηχανιών (κινηματογράφου και μουσικής) ήταν απρόθυμες να διανείμουν το πολυτιμότερο περιεχόμενό τους μέσω του Διαδικτύου έως ότου επιλύονται τα ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων. Έπρεπε δηλαδή για τα ψηφιακά αντικείμενα τους να αισθάνονται ότι το περιεχόμενό τους προστατεύεται επαρκώς. Ένα δεύτερο εμπόδιο ήταν η μακροπρόθεσμη δέσμευση της βιομηχανίας της ψυχαγωγίας πρώτης προβολής σε αίθουσες προβολών (cinemas) καθώς και σε μονάδες παραγωγής σκληρών μέσων (μαγνητοταινία, DVD ). Ακόμα ένα άλλο εμπόδιο ήταν η ακόμα ανεπαρκής ικανότητα των "ευρυζωνικών" συστημάτων πρόσβασης, η οποία είναι οριακή για (unicast) για τον κινηματογράφο διάμεσο καλωδιακής αλλά και πρόσβασης ADSL.

Όσον αφορά τη μετάδοση σε πραγματικό χρόνο δε θα επισέλθουμε σε παραπάνω παρουσίασή της μιας και έγινε εκτενής ανάλυσή της στην *ενότητα 3.3* της πτυχιακής αυτής.

## **7.2 Real Media 5.0**

Η RealNetworks, ένας πρωτοπόρος στη βιομηχανία του media streaming, ήταν από τις πρώτες εταιρίες που εφάρμοσε το RTP, αν και χρησιμοποιεί επίσης ένα ιδιόκτητο πρωτόκολλο ροής, το RDT (Real Data Transport) για τις εφαρμογές της. Η επιχείρηση επίσης συνυπογράφει τα πρωτόκολλα RTSP και SMIL. Όπως και οι ανταγωνιστές του, το Real 10 είναι μια πλήρης υποδομή ροής που συμπεριλαμβάνει εργαλεία δημιουργίας, ψηφιακό κωδικοποιημένο λογισμικό, ένα κεντρικό υπολογιστή μέσων (media server) και το σύστημα πελατών. Από την πλευρά πελατών (χρήστης),

τα προϊόντα τα οποία υπάρχουν αυτή τη στιγμή στο εμπόριο είναι το RealPlayer 10 το RealAudio' 10 και το RealVideo 10 encoders, το RealProducer, και το Helix DRM (digital rights management) 10 κεντρικός υπολογιστής πολυμέσων (multimedia server). Το Helix είναι "μια περιεκτική και εύκαμπτη πλατφόρμα για την ασφαλή παράδοση δεδομένων βασισμένων σε πρότυπα ευρέως διαδεδομένα όπως το RealAudio, RealVideo, MP3, MPEG-4, AAC, H.263 και το AMR [53].

Το εξαιρετικό πλεονέκτημα που διαθέτει το προϊόν έναντι των άλλων είναι ότι έχει κυριαρχήσει στο διαδίκτυο (internet) εδώ και καιρό και άρα ήδη υπάρχει μια μεγάλη εγκατεστημένη βάση με αρχεία που παράγει ο κωδικοποιητής του. Η μεγαλύτερη όμως επιτυχία του RealPlayer είναι ότι ο αποκωδικοποιητής (player) δίνεται δωρεάν στο διαδίκτυο ενώ η εταιρία πουλάει μόνο τον κωδικοποιητή. Έτσι ενώ όλοι έχουν τη δυνατότητα να ακούσουν ότι υπάρχει στο δίκτυο, αν δεν αγοράσουν το πρόγραμμα κωδικοποίησης και εξυπηρέτησης χρηστών (server) δεν έχουν την δυνατότητα να παράγουν και να μεταδώσουν ζωντανά περιεχόμενο (ήχο, εικόνα κ.τ.λ.). Την ίδια τακτική με τη Real Media χρησιμοποιούν και οι περισσότερες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της μετάδοσης πραγματικού ήχου και εικόνας μέσα από το διαδίκτυο.

Η πλατφόρμα Real Media μπορεί να μεταδώσει σε πραγματικό χρόνο οποιοδήποτε τύπο δεδομένων της, αρχεία ήχου, κινούμενης εικόνας, MIDI, κείμενο, εικόνες, animation και παρουσιάσεις. Στον επόμενο πίνακα 7.1 φαίνονται ορισμένα από τα formats που ο συγκεκριμένος αποκωδικοποιητής μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά. Παρατίθενται τα σχήματα με τις προεκτάσεις των αρχείων τους.

RealMedia	.rm
RealAudio	.ra
RealPix	.rp
RealMedia variable bit rate	.rmvb
RealText	.rt
Flash player	.swf

**Πίνακας 7.1** Υποστηριζόμενα αρχεία από το Real Media Player.

Η μετάδοση μπορεί να περιλαμβάνει είτε ένα είτε και όλα τα παραπάνω είδη δεδομένων συγχρονισμένα. Δουλεύει απευθείας με όλα τα ευρέως γνωστά

λειτουργικά συστήματα και επιτρέπει τον έλεγχο των πακέτων και από τις δύο πλευρές δηλαδή τόσο από αυτόν που μεταδίδει όσο και από αυτόν που λαμβάνει. Επιτρέπει τη μείωση των λαθών, την συνεννόηση για την σύνδεση (bandwidth negotiation), την ζωντανή μετάδοση και τον έλεγχο της και τέλος την πολλαπλή μετάδοση (multicast).

Το Real Audio από το 1994 που εμφανίστηκε γνώρισε μεγάλη διάδοση στο διαδίκτυο (για λόγους τους οποίους προείπαμε), ενώ στην αρχή μετέδιδε μόνο ήχο σιγά σιγά εισήχθησαν στην τεχνολογία του και τα υπόλοιπα είδη (εικόνες κ.τ.λ.). Το τελευταίο χαρακτηριστικό της πλατφόρμας Real Media είναι ότι μπορεί κανείς να μεταδίδει το περιεχόμενο που θέλει χωρίς να είναι υποχρεωμένος να μετατρέψει τα δεδομένα του στη μορφή (format) που παράγει ο κωδικοποιητής της εταιρείας. Το σύστημα λειτουργεί με τη λογική πελάτη – εξυπηρετητή (client-server) και διαθέτει μια ανοιχτή αρχιτεκτονική για όλους τους τύπους δεδομένων.

Η πλατφόρμα επιτρέπει να μεταδώσει κάποιος το περιεχόμενό που θέλει, στην περίπτωση της τον ήχο με τη βοήθεια οποιουδήποτε πρωτοκόλλου για το δίκτυο της TCP/IP, UDP/IP, UDP resent ή HTTP. Οι εξυπηρετητές δίνουν τη δυνατότητα για μετάδοση σε ένα ή περισσότερους πελάτες ταυτόχρονα (unicast,multicast) ενώ υποστηρίζουν αμέτρητο αριθμό ταυτόχρονων συνδέσεων. Χρησιμοποιεί και κάποιους τρόπους ώστε ακόμη και χρήστες που βρίσκονται πίσω από firewalls να μπορούν να λαμβάνουν το περιεχόμενο των μεταδιδόμενων αρχείων.

Βάση στατιστικών της εταιρίας περίπου 1.000.000 χρήστες κάθε εβδομάδα επισκέπτονται το site της Real Media για να «κατεβάσουν» για πρώτη φορά ή να αναβαθμίσουν το πρόγραμμα της (player). Είναι μάλιστα χαρακτηριστικό ότι σχεδόν όλοι οι ραδιοφωνικοί σταθμοί που μεταδίδουν περιεχόμενο χρησιμοποιούν software της εταιρείας. Ακόμη ανταγωνιστές υποστηρίζουν την μορφή (format) των αρχείων που παράγει ο κωδικοποιητής.

### **7.3 Microsoft's Netshow**

Η εταιρία Microsoft μπήκε στο χώρο της τεχνολογίας του streaming audio με το μέγεθος της και την ενασχόλησή της με πλήθος εφαρμογών πληροφορικής να την κάνουν ένα σημαντικό παράγοντα της αγοράς. Παρ' ότι κατέχει ένα μικρό μέρος (περίπου 15%) της εταιρείας Progressive Networks και έχει δικαιώματα χρήσης των

προηγούμενων προϊόντων της Progressive Networks αποφάσισε να λανσάρει το δικό της προϊόν σε συνεργασία με την εταιρεία Liquid Audio.

Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί το Netshow (πρόγραμμα με το οποίο πρωτομπήκε η εταιρία στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου αλλά αρκετά ξεπερασμένο στην εποχή μας) για να μεταφέρει το περιεχόμενο που θέλει ο χρήστης είναι το ASF. Παρ' ότι το αρχεία του τύπου ASF μπορούν να μεταφερθούν από οποιονδήποτε web server, το Netshow βελτιστοποιεί τη μεταφορά της ενώ περιέχει και εργαλεία για την μετατροπή όλων των γνωστών file formats σε ASF format.

Το Microsoft Windows Media 9 Series ήταν, το 2004, ένα περιεκτικό σύστημα για τα μέσα που κωδικοποιούν, εξυπηρετούν, παραδίδουν και αναπαραγάγουν, που περιγράφηκε ως εφαρμογές μέσω end-to-end platform. Η πλατφόρμα περιέλαβε τη σειρά κωδικοποιητών Windows Media Encoder Series, Windows Media Services 9 Series, Windows Media Player 9 Series, και Windows Media Audio και Video 9 codecs . Η ροή υποστηρίχθηκε σε ένα ευρύ φάσμα των rates που απαιτήθηκαν τόσο για τις dialup όσο και για τις ευρυζωνικές συνδέσεις. Μερικές από τις ιδιότητες που απαιτήθηκαν για αυτό το σύστημα ήταν:

- § Η γρήγορη έναρξη και η γρήγορη cache για το γρήγορο ξεκίνημα και για τη μόνιμη αναπαραγωγή των πολυμέσων. Ο κεντρικός υπολογιστής αρχίζει με μια έκρηξη υψηλός-ποσοστού (higher-rate burst), υποθέτοντας ότι ένα υψηλό εύρος ζώνης είναι διαθέσιμο, με αποτέλεσμα να φέρει γρήγορα την κατοχή του buffer σε ένα αποδεκτό αρχικό επίπεδο. Πολλές φορές μάλιστα η αναπαραγωγή μπορεί να αρχίσει σε κλάσματα του δευτερολέπτου.
- § Ρεύματα σε διαφορετικά bit rates, όπως στο RealSystem, με τον αποκωδικοποιητή να επιλέγει δυναμικά το καλύτερο ρεύμα κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, βασισμένο πάντα στις υπάρχουσες συνθήκες.
- § Μια προστιθέμενη ικανότητα είναι υποστήριξη της πολλών γλωσσών.
- § Ένα "έξυπνο jukebox" για τα δυναμικά playlists μουσικής και τη συγχρονισμένη επίδειξη των λυρικών ποιημάτων.
- § Υψηλής απόδοσης ιδιότητα ακουστικά και τηλεοπτικά σχήματα κωδικοποίησης. Οι βελτιώσεις συμπίεσης είναι 20% για το Windows Media Audio 9 και 15-50% για το Video 9 που απαιτήθηκαν έναντι της προηγούμενης γενιάς Windows Media Audio and Video 8.
- § Ο επαγγελματικός ακουστικός κωδικοποιητής Audio 9 υποστηρίζει επίσης τον πολυδιαυλικό ήχο surround "5,1" (τρία speakers στο μέτωπο, δύο στο οπίσθιο



τιμήμα, και ένα υπο- woofer). Ο επαγγελματικός τηλεοπτικός κωδικοποιητής 9 απαιτεί τρεις φορές την αποδοτικότητα συμπίεσης MPEG-2.

§ Ένας κεντρικός υπολογιστής αυξανόμενης ικανότητας που εφαρμόζει την εισαγωγή διαφήμισης και την ψηφιακή διαχείριση δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας.

Η ροή ελέγχεται κάτω από ιδιότητα πρωτόκολλα και κάτω από πρωτόκολλο πραγματικού χρόνου RTSP, όσο παραδίδεται το ρεύμα unicast στο Windows Media Player. Ο κωδικοποιητής δέχεται τα αρχεία μέσω με τις επεκτάσεις ονόματος αρχείων, wav, .wma, .wmv, .asf, .avi (ένα παλαιότερο σχήμα που περιορίσε τα μεγέθη αρχείων), .mpg, .mp3, .bmp, and .jpg. Μπορεί να μετατρέψει MPEG-1 και MPEG-2 αρχεία στο ιδιόκτητο σχήμα .wmv, που χρησιμοποιεί έναν συμπληρωματικό αποκωδικοποιητή φίλτρου.

Το ακουστικό και τηλεοπτικό περιεχόμενο μέσω πολλών ειδών, που συμπίεζεται χρησιμοποιώντας τους διαφορετικούς κωδικοποιητές, αποθηκεύεται με το προηγμένο σχήμα συστημάτων (ASF) που καθορίζεται για το Windows Media. Είναι ένα εκτατό σχήμα για τις συγχρονισμένες πληροφορίες πολυμέσων. Τα αρχεία μπορούν να αποθηκευτούν με αυτό το σχήμα, που ρέετε πέρα από ποικίλα δίκτυα και πρωτόκολλα, και να αναπαραχθεί μέσω του Media Player, που περιλαμβάνει τον κατάλληλο αποκωδικοποιητή. Τα αντικείμενα MEDIA μπορούν επίσης να συσκευαστούν με το λογισμικό διοίκησης δικαιωμάτων (Rights Manager) που προστατεύει από την αναρμόδια χρήση ή τη διανομή.

Το ASF επιτρέπει τους έκτακτους και εξελικτικούς τύπους μέσω, συνδέει με τα συστατικά, τον καθορισμό προτεραιοτήτων ρευμάτων, τις πολλαπλάσιες (φυσικές) γλώσσες και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αρχειοθέτησης όπως το έγγραφο και η ικανοποιημένη διαχείριση. Ένα ενιαίο αρχείο μπορεί να είναι τόσο μεγάλο όπως 17 εκατομμύρια terabytes. Μπορεί να περιέχει τον ήχο, το βίντεο και τα χειρόγραφα για τη σύνδεση με URLs. Αυτό το σύστημα, ίσως περισσότερο από ότι οι ανταγωνιστές του, είναι αμφίθυμο για τα ιδιόκτητα σχήματα και τα ανοικτά πρότυπα. Για έναν κυρίαρχο προμηθευτή, μπορεί να υπάρχουν και πλεονεκτήματα μιας και αποδίδει καλύτερα σε επιχειρήσεις και λειτουργεί εξίσου καλά με τα άλλα συστήματα του προμηθευτή (ιδιαίτερα ένα λειτουργικό σύστημα που είναι της ίδιας εταιρίας). Αφ'

ετέρου, η χρήση των ανοικτών προτύπων υποστηρίζει την ευρύτερη σειρά του περιεχομένου και ανοίγει την πόρτα στις τεχνικές καινοτομίες από μια τεράστια κοινότητα των ανθρώπων και εταιριών υπολογίζοντας τους εφευρέτες και τους επιχειρηματίες σε όλο τον κόσμο.

#### **7.4 AT&T's a2bmusic**

Η εταιρία N2K ήταν η πρώτη στο χώρο της μεταφοράς πολυμέσων που προσπάθησε να διανέμει μουσική συγκροτημάτων μέσω δικτύου. Αυτή τη στιγμή χρησιμοποιούν την εφαρμογή της κυρίως πρωτοεμφανιζόμενα μουσικά σχήματα αφού δεν υπάρχει καμία δυνατότητα χρέωσης. Το site της N2K διανέμει τόσο δωρεάν κομμάτια αλλά και αποστέλλει CD's παντού στον κόσμο αφού πρώτα χρεώσει πιστωτικές κάρτες μέσω δικτύου. Η AT&T έχει να παρουσιάσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διανομής μουσικής. Είναι ουσιαστικά η πρώτη εταιρεία που εμφανίζει κωδικοποιητή που πετυχαίνει αποτελέσματα κοντά σε αυτά του AAC. Με ένα σύστημα ελέγχου των αποκωδικοποιητών, εισαγωγής «υδατογραφήματος» (watermark) κατά τη διάρκεια της συμπίεσης των δεδομένων και κρυπτογράφησης ευελπιστούν να απαλλάξουν το δίκτυο από την πειρατεία που παρατηρείται της μέρες της. Ήδη κάποια albums συγκεκριμένων συγκροτημάτων μπορούν να αγοραστούν ηλεκτρονικά και να παιχθούν ελεγχόμενες φορές από τον αποκωδικοποιητή της AT&Tης που λέγεται a2bmusic. Η πρόταση που κάνει η AT&T είναι να μην διανέμεται με τα CD η αρχική ηχογράφηση, αλλά μόνο κωδικοποιημένα τραγούδια που θα φέρουν την υπογραφή του αγοραστή με τέτοιο τρόπο που να μην μπορεί να αφαιρεθεί.

#### **7.5 The Apple QuickTime TM System**

Το QuickTime είναι ένα περιεκτικό σύστημα λογισμικού που σχεδιάστηκε για Macintosh, Windows και εφαρμογές Java. Έχει μια μακροχρόνια ιστορία, μιας και το QuickTime 1,0 που έχει προωθηθεί από τον Ιανουάριο του 1992 [57] , με την έκδοση 7 Pro διαθέσιμη κατά την διάρκεια του γραψίματος.

Αν και δε συλλαμβάνεται αρχικά ως αρχιτεκτονική ροής, έχει τα συστατικά που επικαλούνται τις ικανότητες επικοινωνιών RTF και πακέτων για τη ροή Διαδικτύου (Internet streaming). Αυτή τη στιγμή έχει γίνει ένα από τα σημαντικότερα media streaming systems. Οι εφαρμογές βασισμένες στο QuickTime μπορούν "να αναπαραγάγουν ταινίες, να συνθέσουν μουσική, να αναπαραγάγουν κινούμενα σχέδια, να δουν τους κόσμους εικονικής πραγματικότητας και να προσθέσουν την ικανότητα πολυμέσων σε έναν υπολογιστή γραφείου [56].

Το QuickTime επεξεργάζεται βίντεο, σταθερές και κινούμενες εικόνες, διανυσματικά γραφικά, πολλαπλάσια κανάλια ήχου (multiple sound channels), αντικείμενα MIDI μουσικής (MIDI synthesized music), τρισδιάστατης και εικονικής πραγματικότητας εικόνες, που υποστηρίζουν έναν πολύ μεγάλο αριθμό formats. Αυτά περιλαμβάνουν, εκτός από τα MPEG-2, MPEG-4 (και το σχήμα αρχείων του) και τον ήχο AAC.

Σήμερα τα κινητά τηλέφωνα έχουν υιοθετήσει το πρότυπο MPEG-4 ως την κύρια τεχνική συμπίεσης για το πακέτο multimedia που χρησιμοποιούν – το αποκαλούμενο 3GPP (πρόγραμμα συνεργασίας τρίτης γενεάς).

Το QuickTime παρέχει τα εργαλεία για τη δημιουργία και την αναπαραγωγή ταινιών. Μια ταινία QuickTime δεν είναι, για να κυριολεκτήσουμε, μια συμβατική ταινία ή ένα αντικείμενο μέσων, αλλά μάλλον μια περιγραφή από αυτό που πρόκειται να αναμεταδοθεί. Τα μεταδεδομένα (metadata).

Η περιγραφή αυτή περιλαμβάνει τον αριθμό των κομματιών (που πρόκειται να αναπαραχθούν), τα σχήματα συμπίεσης (compression formats), πληροφορίες χρονισμού, καθώς επίσης και ένα κατάλογο όπου τα πραγματικά στοιχεία μέσων (media data) (π.χ. τηλεοπτικά πλαίσια και ακουστικά δείγματα) αποθηκεύονται. Τα στοιχεία μέσων μπορούν να περιληφθούν σε ένα αρχείο μαζί με τα metadata, ή μπορούν να περιληφθούν στα χωριστά αρχεία. Μια διαδρομή αντιπροσωπεύει μια ενιαία ακολουθία αναπαραγωγής μέσων. Για παράδειγμα, ένας ήχος και μια κινούμενη διαδρομή εικόνας αποτελούν από κοινού τα κύρια συστατικά μιας συμβατικής ταινίας.

Υπάρχουν σημαντικά στοιχεία (components) στο QuickTime που χρησιμοποιούνται για να απομονώσουν τις εφαρμογές από τον ήχο ή το βίντεο. Μερικά σημαντικά συστατικά είναι:

- § Ελεγκτής ταινιών (Movie controller) (οι εφαρμογές μπορούν να παίξουν τις ταινίες χρησιμοποιώντας μια τυποποιημένη διεπαφή με το χρήστη – user interface)
- § Διάλογος εικόνα-συμπίεσης (Image-compression dialog ) (που αφήνει το χρήστη να διευκρινίσει τις παραμέτρους συμπίεσης μέσω ενός πλαισίου διαλόγου)
- § Ακολουθία grabber (επιτρέποντας τις εφαρμογές να αναπαραγάγουν και να καταγράψουν βίντεο και ήχο όπως ταινίες του QuickTime)
- § Ανταλλαγή στοιχείων MEDIA data exchange (επιτρέποντας τις εφαρμογές να παρεμβληθούν ή να αφαιρεθούν τα στοιχεία στις ταινίες του QuickTime)
- § Ρολόι Clock (υπηρεσίες συγχρονισμού για τις εφαρμογές QuickTime)
- § Εισαγωγέας κινηματογράφου (μπορεί ο χρήστης να αποκτήσει μια ταινία από ένα Internet host ή άλλη πηγή)

## **7.6 Τηλεφωνία μέσω δικτύου**

Τα τελευταία χρόνια (περίπου από το 2000) διάφορες εταιρίες έχουν παρουσιάσει προϊόντα που επιτρέπουν τηλεφωνήματα μέσω του διαδικτύου. Αυτή η τεχνολογία παρουσιάστηκε και υπερτονίστηκε από τον τύπο από τη μία μεριά για της νέες προοπτικές που ανοίγει και από την άλλη για της κινδύνους που δημιουργεί για φόρτο του δικτύου. Το πλέον ενδιαφέρον στοιχείο της τεχνολογίας αυτής είναι η τεράστια μείωση κόστους των υπεραστικών τηλεφωνικών συνδιαλέξεων μέσω του διαδικτύου.

Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής έγινε δυνατή με την εμφάνιση τεχνολογίας πολύπλεξης σε modem στις Η.Π.Α. στα μέσα της δεκαετίας του 80. Η φωνή μετατρέπεται σε ψηφιακά δεδομένα κόβεται σε πακέτα και στέλνεται στον προορισμό της μέσω του διαδικτύου. Δυστυχώς η τεχνολογία δεν λειτουργεί τέλεια ακόμη, έχοντας σαν αποτέλεσμα καθυστερήσεις μετάδοσης και διακοπόμενο ήχο. Τα πρώτα προϊόντα που παρουσιάστηκαν είχαν δυνατότητες μόνο half duplex ενώ σήμερα οι εταιρείες προσφέρουν υπηρεσίες πραγματικού χρόνου full duplex.

Διαφορετικοί τρόποι υλοποίησης τηλεφωνίας πάνω από το δίκτυο έχουν χρησιμοποιηθεί από τις εταιρείες. Η πλέον διαδεδομένη που υποστηρίζεται από τις εταιρείες Vocaltec, Camelot, Quaterdeck και Electric Magic απαιτεί να συνδεθεί κανείς μέσω software σε ένα IRC server ώστε να εξασφαλίσει σύνδεση με τους

χρήστες που χρησιμοποιούν το ίδιο software. Όταν επιλεγεί ο συνομιλητής τότε μπορεί να ξεκινήσει η συνομιλία. Ο δεύτερος τρόπος υλοποίησης που υποστηρίζεται από την IteI προσφέρει απευθείας σύνδεση μέσω e-mail ή IP χωρίς τη μεσολάβηση του IRC. Απαιτηση της υπηρεσίας αυτής βέβαια είναι να είναι κανείς εκ των προτέρων συνδεδεμένος στο διαδίκτυο.

Μια ακόμη εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής και ίσως η δημοφιλέστερη τα τελευταία χρόνια είναι το Skype. Το Skype είναι μια εξαιρετικά δημοφιλής εφαρμογή VoIP με εκατομμύρια χρήστες από όλον τον κόσμο. Αρχικά ήταν για επικοινωνία από Η/Υ σε Η/Υ. Πλέον προσφέρει κλήσεις σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου, σε οποιοδήποτε δίκτυο τηλεφωνίας, σταθερής και κινητής, με χαμηλές χρεώσεις, Instant Messenger, δυνατότητα αποστολής SMS, αποστολής αρχείων και δυνατότητα συνδιάσκεψης. Διατίθεται σε εκδόσεις για Linux, Mac, Pocket PC και Windows. Η σύνδεση που παρέχει μεταξύ των χρηστών γίνεται μέσω Peer-to-Peer άμεσων συνδέσεων, χωρίς την διαμεσολάβηση διακομιστών. Για να στείλει κάποιος SMS αλλά και για να τηλεφωνήσει σε κινητά τηλέφωνα χρειάζεται πρώτα να αγοράσει μονάδες SkypeOut.

Τα εμπόδια που συναντά η τηλεφωνία μέσω του διαδικτύου είναι και τεχνολογικά αλλά και νομικά. Από τεχνολογικής πλευράς είναι φανερό ότι όσο καλά και να είναι αυτά τα συστήματα δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να προσφέρουν την ποιότητα υπηρεσιών που δίνει το παραδοσιακό τηλέφωνο. Ανεξάρτητα από τρόπους κωδικοποίησης του σήματος και συμπίεσης του η ποιότητα εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το φόρτο του δικτύου. Και είναι σίγουρο ότι η εξάπλωση τέτοιων υπηρεσιών μάλλον θα επιβαρύνει την ήδη άσχημη κατάσταση του δικτύου παρά θα την ωφελήσει. Ένα ακόμη τεχνολογικό εμπόδιο είναι η ασυμβατότητα ανάμεσα στα προϊόντα υποστήριξης της υπηρεσίας δημιουργώντας σημαντικό πρόβλημα αφού οι χρήστες μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με κατόχους του ίδιου προγράμματος.

Όσο για τη νομιμότητα της τηλεφωνίας στο δίκτυο τόσο της Η.Π.Α. όσο και στην Ευρώπη το θέμα παρακολουθείται στενά. Ακόμη εθνικοί οργανισμοί τηλεπικοινωνιών δεν βλέπουν με ιδιαίτερα καλό μάτι τέτοιες τεχνολογίες αφού βάζουν σε κίνδυνο την κερδοφορία της που προέρχεται από υπεραστικές κλήσεις. Για τους οργανισμούς αυτούς η τεχνολογία αυτή θεωρείται μακροπρόθεσμος κίνδυνος αφού θεωρείται δύσκολο, πελάτες συνηθισμένοι σε καλύτερου επιπέδου υπηρεσίες να

τις εγκαταλείψουν. Τέλος, τέτοιες υπηρεσίες βρίσκονται αντιμέτωπες με κανονισμούς των providers αφού δημιουργούν συμφόρηση στο δίκτυο.

## **7.7 Υπηρεσία Voice Over IP του Ακαδημαϊκού Διαδικτύου GUnet**

### *7.7.1 Περιγραφή υπηρεσίας*

Η υπηρεσία Voice Over IP αποτελεί μια από τις κύριες δραστηριότητες του Ακαδημαϊκού Διαδικτύου GUnet. Στόχος της υπηρεσίας είναι η παροχή τηλεφωνικής επικοινωνίας χωρίς χρέωση μεταξύ των τελικών χρηστών των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων. Με αυτό τον τρόπο αξιοποιείται η δυνατότητα του δικτύου δεδομένων για μεταφορά πακέτων φωνής, ενισχύεται η συνεργασία και η επικοινωνία μεταξύ των μελών της Ακαδημαϊκής Κοινότητας και ταυτόχρονα περιορίζονται τα τηλεπικοινωνιακά τέλη των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων.

Η υλοποίηση της υπηρεσίας βασίστηκε στο διεθνές πρότυπο H.323 το οποίο καθορίζει ένα σύνολο από δικτυακά συστατικά και πρωτόκολλα για μετάδοση και λήψη φωνής, video και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ένας κεντρικός gatekeeper (εθνικός gatekeeper), ο οποίος υποστηρίζει τα εθνικά και τα διεθνή προθέματα των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων και της εταιρίας ΕΔΕΤ Α.Ε., υλοποιεί το H.323 δίκτυο κορμού. Ταυτόχρονα, εξασφαλίζεται η υψηλή διαθεσιμότητα της υπηρεσίας με έναν εφεδρικό κεντρικό gatekeeper ο οποίος έχει ως σκοπό να δέχεται τα αιτήματα των gatekeepers των Ιδρυμάτων όταν ο πρωτεύων directory gatekeeper τεθεί εκτός λειτουργίας ή καταστεί μη προσβάσιμος.

Κάθε Ακαδημαϊκό Ίδρυμα απαιτείται να διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό για τη διασύνδεσή του στην υπηρεσία Voice Over IP του GUnet. Αυτός ο εξοπλισμός αποτελείται από:

- § έναν H.323 Gatekeeper
- § έναν ή περισσότερους H.323 gateway,
- § το τηλεφωνικό του κέντρο που εξυπηρετεί την παραδοσιακή ή/και την IP τηλεφωνία του Ιδρύματος
- § συσκευές παραδοσιακής ή/και IP τηλεφωνίας
- § τερματικούς σταθμούς H.323, δηλαδή H/Y με λογισμικό Netmeeting, Openphone κλπ. και κατάλληλο υλικό (π.χ. μικρόφωνο, ακουστικά)

Ο gatekeeper κάθε Ιδρύματος επικοινωνεί με τον κεντρικό gatekeeper ο οποίος εξυπηρετεί τις ζώνες gunet.gr και gnet.gr.

Το GUnet είναι υπεύθυνο για τη διασύνδεση των φορέων στην υπηρεσία Voice Over IP, τη συντήρηση της αριθμοδότησης, την τεχνική υποστήριξη, τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας καθώς και την παροχή διασύνδεσης προς την αστική τηλεφωνία στην Αθήνα για τα Ιδρύματα που το επιθυμούν.

### *7.7.2 Τεχνικές δυνατότητες*

Οι χρήστες της υπηρεσίας Voice Over IP των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν κλήσεις είτε από παραδοσιακές τηλεφωνικές συσκευές είτε από συσκευές IP Τηλεφωνίας είτε από τερματικούς σταθμούς H.323, δηλαδή PCs τα οποία διαθέτουν υλοποίηση H.323 σε λογισμικό (π.χ. Microsoft Netmeeting, Openphone, κτλ) και τον απαραίτητο εξοπλισμό, δηλαδή μικρόφωνο και ακουστικά/ηχεία.

Η υπηρεσία VoIP του GUnet παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα πραγματοποίησης κλήσεων προς Ακαδημαϊκά Ιδρύματα της Ευρώπης και των Η.Π.Α που συμμετέχουν στο δίκτυο ViDeNet. Η αριθμοδότηση που ακολουθείται είναι η ίδια με την τηλεφωνική (E.164) με τη διεθνή μορφή: 00-κωδικός χώρας-κωδικός περιοχής-αριθμός. Ο εθνικός gatekeeper εξυπηρετεί τις κλήσεις με πρόθεμα «0030» και προωθεί τις κλήσεις των gatekeepers των Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων της χώρας σε κεντρικούς gatekeepers του ViDeNet, οι οποίοι γνωρίζουν όλους τους «εθνικούς» gatekeepers.

### *7.7.3 Στατιστικά της Υπηρεσίας Voice over IP*

Τα στατιστικά χρήσης της Υπηρεσίας Voice over IP παρέχονται από το Κέντρο Λειτουργίας και Διαχείρισης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και αφορούν τον αριθμό και τη διάρκεια των κλήσεων ανά μήνα και ανά ημέρα. Στο παράρτημα (εικόνες 4 έως 7) παραθέτουμε στατιστικά από τη χρήση του GUnet που αφορούν τον αριθμό και τη διάρκεια των κλήσεων το έτος 2007, και τον αριθμό των κλήσεων προς και από άλλα Ακαδημαϊκά Ιδρύματα.

## **7.8 Εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RSVP**

Ήδη βρίσκεται στην αγορά ένας μεγάλος αριθμός προϊόντων από πολλές εταιρίες. Ενδεικτικά εδώ αναφέρουμε τα παρακάτω προϊόντα:

- § Το Windows Sockets 2 της Microsoft που παρέχει ένα ανεξάρτητο πρωτοκόλλων interface ικανό να υποστηρίξει πρωτοποριακές δυνατότητες όπως real-time multimedia επικοινωνίες. Το Windows Sockets 2 υποστηρίζει QoS, RSVP υπηρεσίες και έλεγχο κυκλοφορίας.
- § Οι δρομολογητές της Cisco, επίσης, προσφέρουν ποικίλα επίπεδα QoS για πολυμεσικές εφαρμογές.. Υποστηρίζουν RSVP υπηρεσίες και είναι ιδιαίτερα εμπορικά προϊόντα.
- § Η Intel έχει κατασκευάσει μια υλοποίηση του RSVP , το PC-RSVP. Λειτουργεί σαν ένας πάροχος QoS υπηρεσιών που κάθεται μεταξύ του Microsoft Windows Sockets 2 και ενός παρόχου TCP/IP υπηρεσιών. Οι πολυμεσικές εφαρμογές καλούν τις συναρτήσεις που προσφέρονται από το API του WinSock 2 QoS/Rsvp, προκειμένου να εγκαταστήσουν end-to-end δεσμεύσεις. Διατίθεται σε Windows NT 4.0 και Windows 95.

Στο παράρτημα I (πίνακας 3) ο αναγνώστης μπορεί να δει μια εικόνα των υλοποιήσεων του RSVP και των διαφόρων εμπορικών εφαρμογών του. Ένας πίνακας από τα αποτελέσματα μιας έρευνας που διεξήγαγε το RSVP Working Group του USC Information Sciences Institute (ISI) [58].

## **7.9 Εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RTSP**

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου, ένας εκ των συνεργατών που προχώρησαν στην ανάπτυξη του RTSP, είναι η εταιρία RealNetworks, η οποία έχει καταφέρει να αξιοποιήσει εμπορικά το πρωτόκολλο με μια σειρά προϊόντων και έχει αποκτήσει μια σεβαστή θέση στο χώρο των υπηρεσιών πραγματικού χρόνου [53].

Τα προϊόντα της RealNetworks καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών του RTSP καθώς και βοηθητικών υπηρεσιών του και αποτελούν αντικείμενο οδηγό για τα μελλοντικά προϊόντα και την γενικότερη εξέλιξη στο χώρο αυτό.

Τα προϊόντα αυτά διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:  
Εργαλεία μετατροπής: Αυτά βοηθούν στη μετατροπή της πληροφορίας σε αρχεία streaming media. Η αρχική πληροφορία μπορεί να βρίσκεται σε πολλές μορφές, όπως ανι αρχεία, VHS κασέτες κλπ. Τέτοια προϊόντα είναι:



- § RealProducer: Μετατρέπει αρχεία ήχου και video σε steaming μορφή κατάλληλη για τη διακίνηση στο Internet με το RTSP.
- § RealPresenter: Μετατρέπει Powerpoint αρχεία σε stteaming μορφή επιτρέποντας παράλληλα και την προσθήκη πολυμεσικής πληροφορίας σε αυτά.
- § RealSlideShow: Επιτρέπει τη δημιουργία πολυμεσικών παρουσιάσεων slides.

Media Servers:

- § RealServer: Κυκλοφορεί σε διάφορες εκδόσεις και επιτρέπει τη μετάδοση streaming media πληροφορίας από ένα Web Server.
- § Διάφορα Extensions: Αυτά επεκτείνουν τις δυνατότητες του RealServer παρέχοντας εργαλεία για την αποδοτικότερη διαχείριση του διατιθέμενου bandwidth, για user authentication (κατάλληλο για pay-per-view συστήματα) κ.α.

Πακέτα για την κατασκευή streaming media: Επιτρέπουν τη δημιουργία RealAudio, RealVideo και γενικά streaming media παρέχοντας μια σειρά εργαλείων. Τέτοια πακέτα είναι τα: Streaming Media Starter Kit, Media Creation Pro Bundle, Real Audio and Real Video Pro Bundle, RealNetworks G2 Content Creation Bundle. Το RealPlayer που απευθύνεται στο τελικό χρήστη, τον αποδέκτη της media πληροφορίας και του δίνει πρόσβαση σε media servers μέσω του Internet.

## **7.10 Προτάσεις για βελτίωση του RTP/RTCP**

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζουμε ορισμένα σημεία είτε του RTP μόνο είτε του RTP σε συνδυασμό με άλλα πρωτόκολλα, για βελτίωση της απόδοσης. Ένα από αυτά έχει να κάνει με τις αναφορές που αποστέλλουν οι παραλήπτες πληροφορίας σχετικά με την ποιότητα λήψης. Το RTP ζητά η αποστολή αναφορών να γίνεται αρκετά πυκνά και ξοδεύει υπολογιστικό χρόνο και χωρητικότητα δικτύου. Εναλλακτικά θα ήταν δυνατό το RSVP να πληροφορεί το RTP για την χωρητικότητα του δικτύου που κατάφερε να δεσμεύσει και το RTP να επιλέγει από μόνο του την κατάλληλη κωδικοποίηση και συμπίεση δεδομένων, ώστε να εκμεταλλευτεί πλήρως τη χωρητικότητα αυτή, παρέχοντας στα μέλη της συνόδου την καλύτερη δυνατή ποιότητα επικοινωνίας. Στην περίπτωση που οι συνθήκες του δικτύου αλλάζουν, το RSVP θα μπορούσε να ειδοποιεί για αυτές με χρήση ειδικών πακέτων προς τις RTP εφαρμογές και κόμβους, ώστε να αλλάζουν και πάλι τη συμπίεση των δεδομένων, χωρίς να είναι απαραίτητο να περιμένουν να φτάσουν οι αναφορές στον αποστολέα, αυτός να ανιχνεύσει το πρόβλημα και να αναλάβει έπειτα συγκεκριμένη δράση για την επίλυσή του.

Ένα πρόβλημα που δημιουργείται και το οποίο σχετίζεται με την έλευση του Ipv6, έχει να κάνει με την αύξηση των επικεφαλίδων του RTP εξαιτίας της αύξησης του μεγέθους των διευθύνσεων στο Internet. Προσπάθειες πρέπει να καταβάλλονται για τη μείωση του μεγέθους και της πολυπλοκότητας των επικεφαλίδων των πρωτοκόλλων RTP/RTCP, ώστε να απαιτούν από τα υπολογιστικά συστήματα που μετέχουν στις συνόδους τον ελάχιστο δυνατό χρόνο επεξεργασίας και να τους δίνουν τη δυνατότητα να αντεπεξέρχονται στις αυστηρές απαιτήσεις χρονισμού.

Στην προσπάθεια για την περιγραφή των υπηρεσιών πραγματικού χρόνου και την εφαρμογή των προηγούμενων πρωτοκόλλων σε αυτές η συντάκτριες της πτυχιακής προχώρησαν στην δοκιμή δυο δημοφιλών πολυμεσικών εφαρμογών της εποχής μας. Των εφαρμογών CuSeeMe και Paltalk.

## Κεφάλαιο VIII

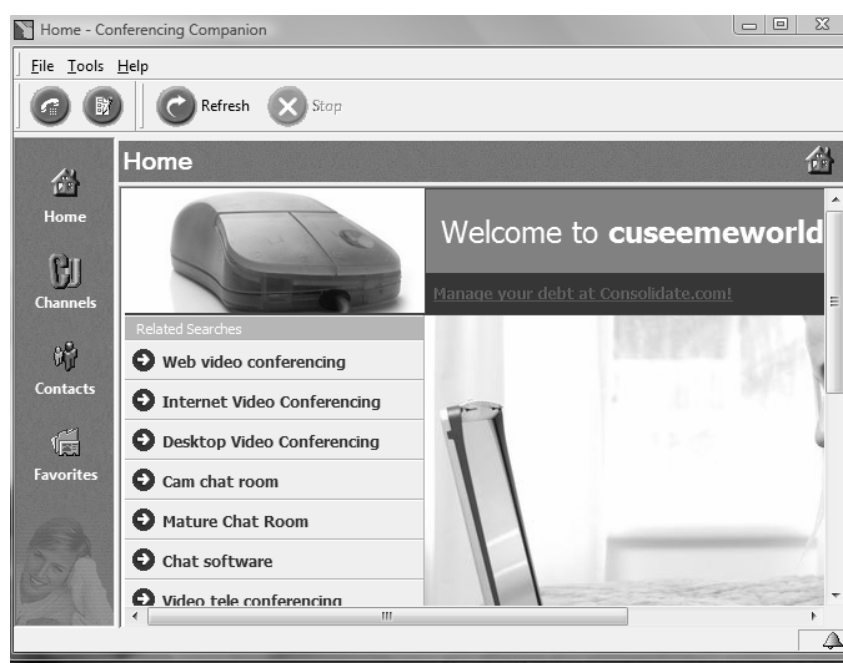
### 8. Εφαρμογή πολυμέσων πραγματικού χρόνου

#### 8.1 Το Λογισμικό CuSeeMe

$\Sigma$  την ενότητα αυτή θα δούμε τη χρήση του λογισμικού CuSeeMe. Το CuSeeMe αποτελεί μια ιδιαίτερα δημοφιλή multimedia εφαρμογή που προσφέρει τη δυνατότητα συνδιάσκεψης ενός προς έναν και πολλούς προς πολλούς. Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται από την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι το H.323 που περιγράψαμε σε προηγούμενη ενότητα καθώς και ένα σύνολο πρωτοκόλλων του CuSeeMe. Η συνδιάσκεψη για να λάβει χώρα δε χρειάζεται να υπάρχει εγκατεστημένο το πρόγραμμα του CuSeeMe και στους δύο χρήστες αλλά μια εφαρμογή η οποία να χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο H.323.

Όπως θα δούμε και στη λεπτομερή περιγραφή του προγράμματος στις επόμενες σελίδες το πρόγραμμα παρέχει επίσης και τη δυνατότητα του chat μεταξύ των χρηστών. Δυνατότητα η οποία είναι απενεργοποιημένη όταν δε χρησιμοποιούνε και οι δυο τελικοί χρήστες το πρόγραμμα του CuSeeMe.

Το αρχικό παράθυρο της εφαρμογής του CuSeeMe μπορούμε να το δούμε στην επόμενη εικόνα 8.1.



Εικόνα 8.1 Αρχικό παράθυρο του CuSeeMe

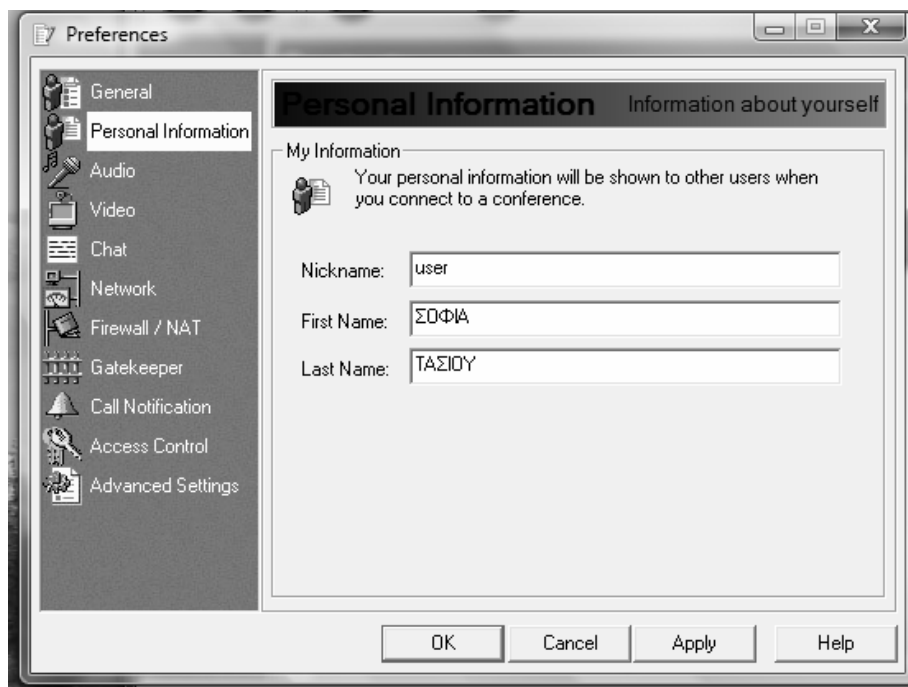
Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε ότι για να μπορέσουμε να κάνουμε μια κλήση μέσω του λογισμικού πρέπει αρχικά να κάνουμε register στη σελίδα του CuSeeMe και στη συνέχεια να δημιουργήσουμε ένα εικονικό δωμάτιο στην εφαρμογή (χρησιμοποιώντας το εικονίδιο channels).

Στις επόμενες εικόνες θα εξηγήσουμε σύντομα τα βασικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής εξετάζοντας τις ρυθμίσεις του CuSeeMe.



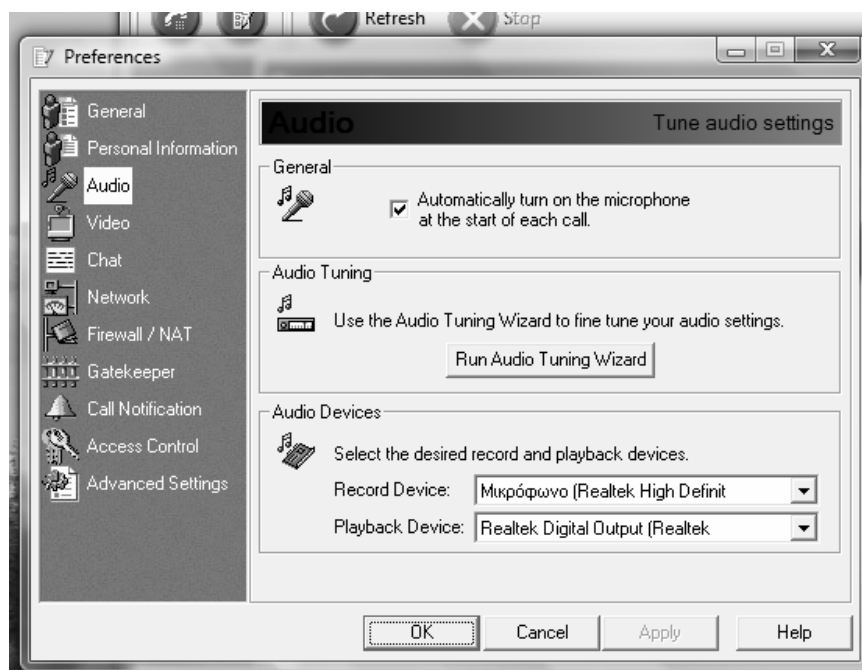
**Εικόνα 8.2** Ρυθμίσεις του CuSeeMe

Στην πρώτη επιλογή των ρυθμίσεων της εφαρμογής δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει εάν θα ενεργοποιείται η εφαρμογή με την έναρξη λειτουργίας του υπολογιστή ώστε να μπορεί να δεχθεί άμεσα κλήσεις από κάποιων τρίτο.



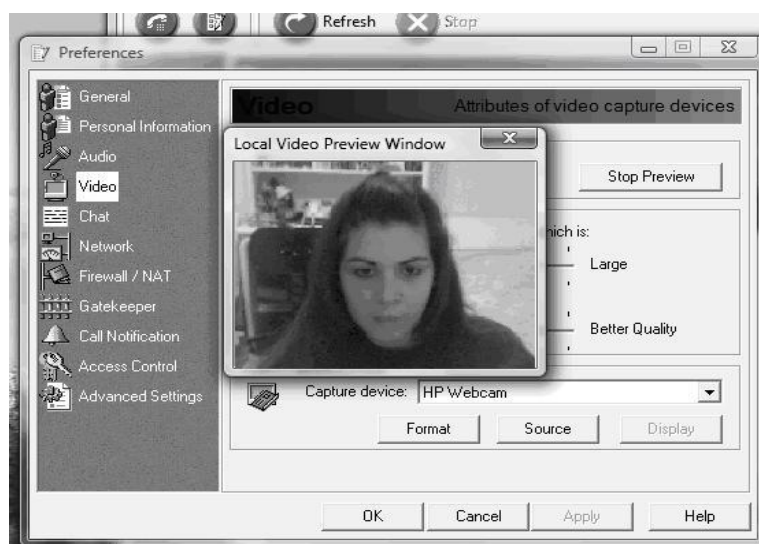
Εικόνα 8.3 Προσωπικά στοιχεία.

Στην επόμενη επιλογή πρέπει να εισάγουμε τα στοιχεία μας εκείνα (προσωπικές πληροφορίες) που θα είναι ορατά από τους τρίτους που θα συμμετάσχουν σε μια συνδιάσκεψη.



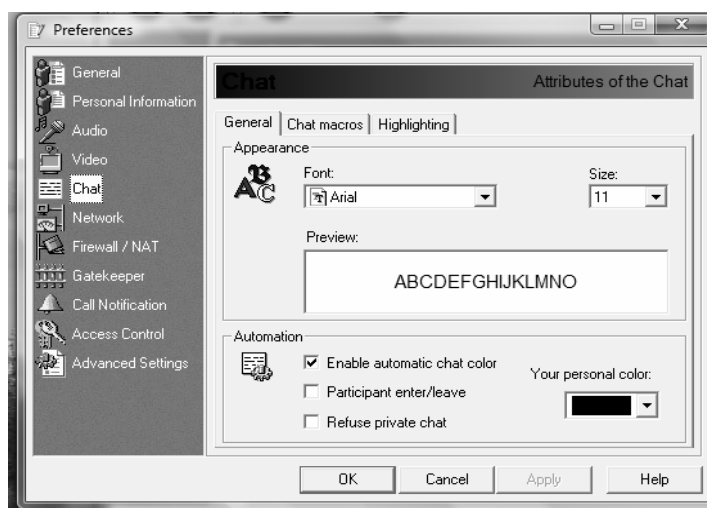
Εικόνα 8.4 Επιλογές Audio.

Στην επιλογή Audio ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εάν θα ανοίγει το μικρόφωνο αυτόματα στην αρχή κάθε κλήσης και μας δίνεται η δυνατότητα να ρυθμίσουμε την ένταση των μικροφώνων μας μέσα από ένα οδηγό του προγράμματος (Audio tuning Wizard). Δε θα προχωρήσουμε στην αναλυτική περιγραφή αυτού του οδηγού μιας και είναι πολύ αναλυτικός και υπόκειται στη προσωπική επιλογή του χρήστη. Τέλος οι συσκευές της καταγραφής και αναπαραγωγής του ήχου δηλώνονται από το χρήστη.



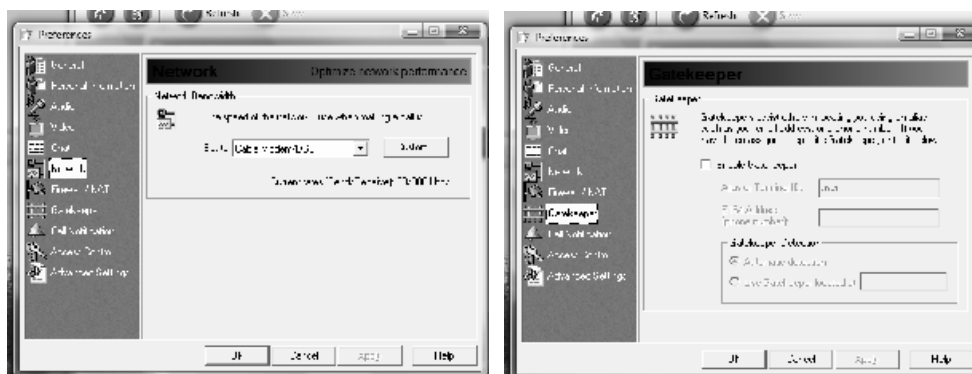
**Εικόνα 8.5** Δοκιμή βίντεοκάμερας

Στην επιλογή για το video δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δηλώσει ποια συσκευή θα χρησιμοποιήσει για την αποστολή του video καθώς και την ποιότητα και την ταχύτητά του. Δίνεται επίσης η δυνατότητα προεπισκόπησης του video από την συνδεδεμένη με τον υπολογιστή μας κάμερα, όπως φαίνεται και στη φωτογραφία.

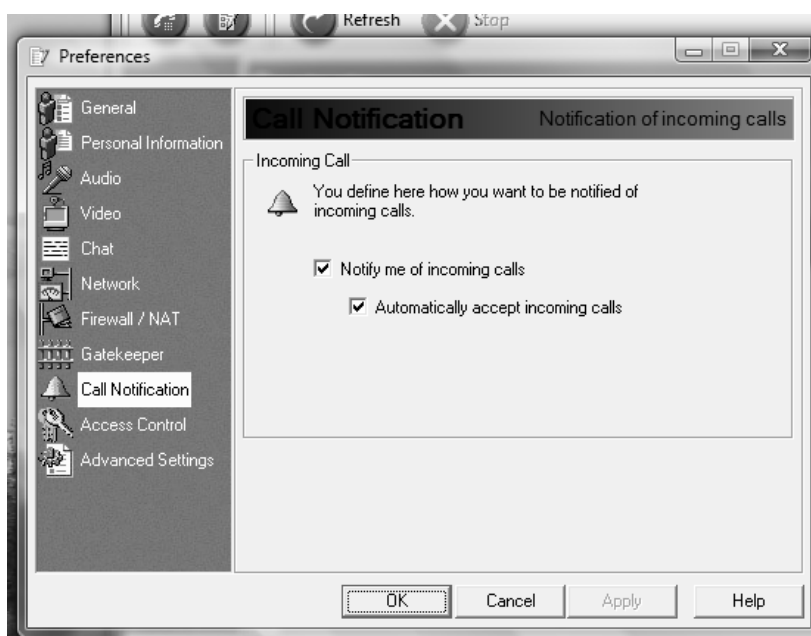


**Εικόνα 8.6** Ρυθμίσεις γραμματοσειράς.

Στο παράθυρο με τις ρυθμίσεις για chat μπορούμε να ρυθμίσουμε τη γραμματοσειρά το μέγεθος και το χρώμα της. Επίσης ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να αποτρέπει τη χρήση chat κατά τη διάρκεια της συνδιάσκεψης.

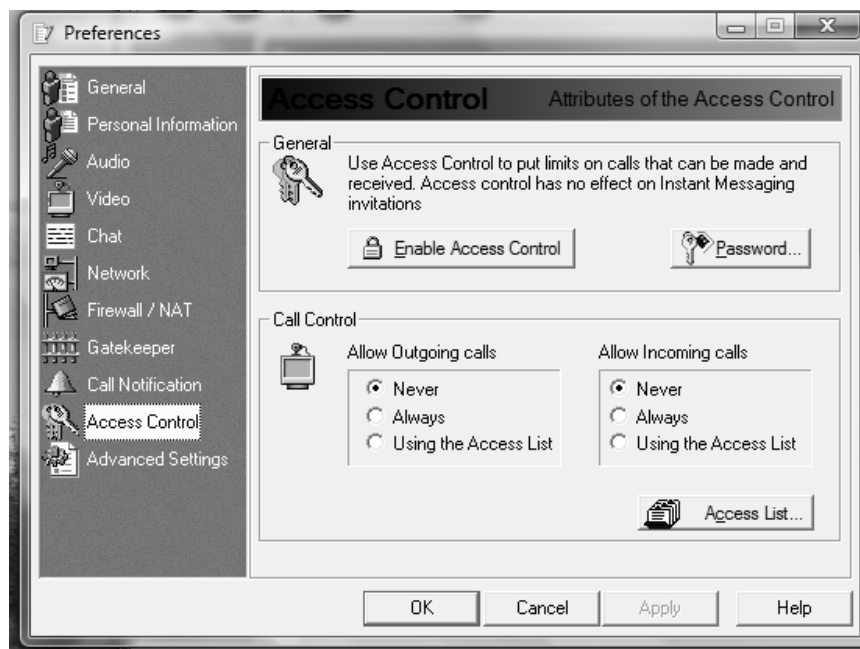


Οι επόμενες δυο καρτέλες του Network και του Gatekeeper δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να προσδιορίσει την ταχύτητα του δικτύου που χρησιμοποιεί και βεβαίως να επιλέξει τη χρήση Gatekeeper εφόσον είμαστε γραμμένοι σε κάποιον επιτρέποντας τρίτους χρήστες να μας εντοπίσουν με κάποιο ψευδώνυμο email ή του νούμερο του τηλεφώνου μας.



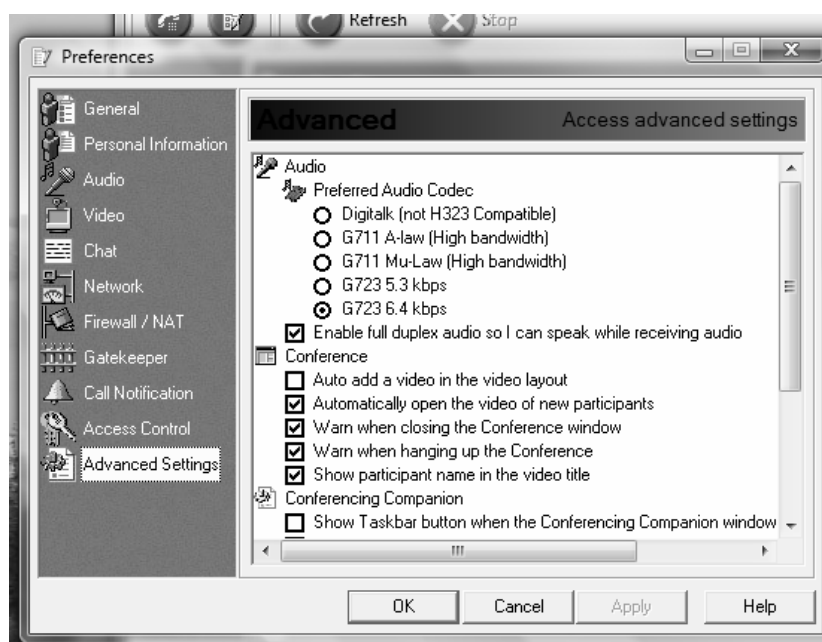
**Εικόνα 8.7** Call Notification

Στην καρτέλα Call Notification μπορούμε να επιλέξουμε εάν θα ειδοποιούμαστε όταν θα δεχόμαστε κλήσεις και εάν θα αποδεχόμαστε αυτόματα αυτές τις κλήσεις ή όχι.



Εικόνα 8.8 Ρυθμίσεις πρόσβασης.

Στην καρτέλα του Access Control μπορούμε να επιλέξουμε εάν θα χρησιμοποιήσουμε κάποιο password για να ελέγχουμε μόνο εμείς τις ρυθμίσεις που αφορούν τις εισερχόμενες κλήσεις σύμφωνα με κάποια λίστα πρόσβασης την οποία έχουμε δημιουργήσει εμείς.



Εικόνα 8.9 Γενικές ρυθμίσεις

Τέλος στην τελευταία καρτέλα των ρυθμίσεων μπορούμε να επιλέξουμε λεπτομερείς ρυθμίσεις που μεταξύ άλλων αφορούν την επιλογή πρωτοκόλλων

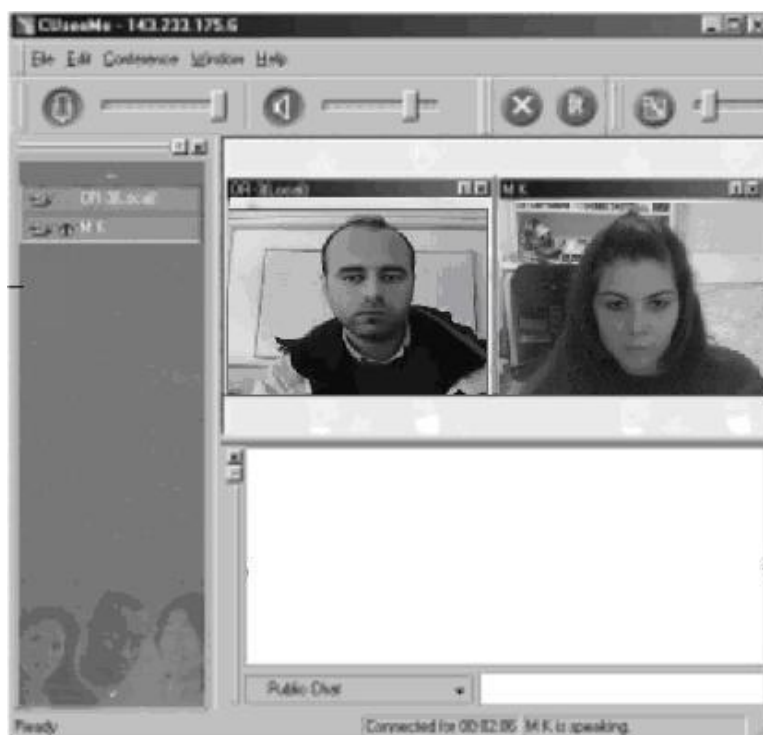


σχετικά με τον ήχο και την επικοινωνία στο διαδίκτυο ή ρυθμίσεις σχετικά με τις συνδιασκέψεις.

Για τη δημιουργία συνδιάσκεψης μέσω κλήσης όπως προείπαμε ο υπολογιστής μπορεί να έχει εγκαταστημένο το πρόγραμμα του CuSeeMe ή κάποιο άλλο που να χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο H.323. Στο παράδειγμά μας και στους δυο υπολογιστές χρησιμοποιούμε την εφαρμογή του CuSeeMe.



Μετά την εισαγωγή της IP διεύθυνσης του χρήστη που καλούμε πατάμε manual dial. Ο χρήστης από την άλλη μεριά αποδέχεται την κλήση και η επικοινωνία αποκαθίσταται όπως φαίνεται και στην τελευταία εικόνα.

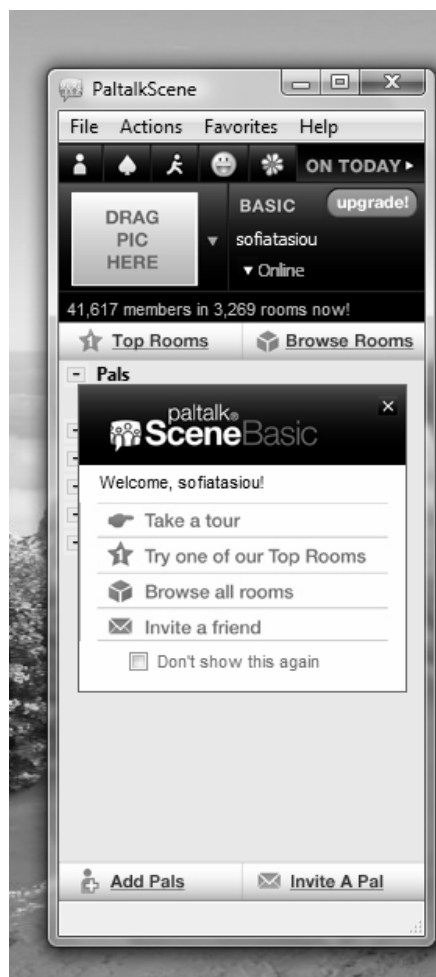


**Εικόνα 8.10** Συνομιλία με το πρόγραμμα CuSeeMe.

Τέλος το CuSeeMe μας δίνει μια ξεχωριστή εφαρμογή, αυτή του ασπροπίνακα (whiteboard) όπου μπορούμε να διαμοιραστούμε κείμενα και γραφικά με άλλους συμμετέχοντες σε μια τηλεδιάσκεψη. Τα κείμενα και τα γραφικά που διαμοιραζόμαστε εμφανίζονται αυτόματα στις οθόνες των συμμετεχόντων. Οι άλλοι χρήστες μπορούν να κάνουν τις παρατηρήσεις τους να τυπώσουν ή να σώσουν το κείμενο ή το γραφικό για λογαριασμό τους.

## 8.2 Το Λογισμικό Paltalk

Στην ενότητα αυτή θα δείξουμε περιληπτικά τη χρήση ακόμη μιας εφαρμογής πολυμέσων πραγματικού χρόνου που τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλο βαθμό.



*Εικόνα 8.11 Αρχική εικόνα του Paltalk*

Εάν διαθέτουμε καλή κάρτα ήχου (full duplex) μπορούμε να λαμβάνουμε και να στέλνουμε ήχο ταυτόχρονα χωρίς καθυστερήσεις.

Σε ένα πρόγραμμα όπως το Paltalk όταν συνδεθούμε:

- § Μπορούμε είτε να συνδεθούμε σε ένα κανάλι και να συνομιλήσουμε με ήχο και κείμενο ταυτόχρονα με πολλούς άλλους.
- § Μπορούμε να δημιουργήσουμε το δικό μας κανάλι, για να συνομιλήσουμε με άλλους που θα προσκαλέσουμε να συνδεθούν σε αυτό το κανάλι.

Επιπλέον υπάρχει και εδώ η δυνατότητα για ιδιωτική συνομιλία με χρήση ήχου και video, όπως και προηγουμένως με το CuSeeMe.

Το Paltalk είναι υπηρεσία συνομιλίας Διαδικτύου για το κείμενο, φωνή και τηλεοπτική συνομιλία. Το πρόγραμμα Paltalk είναι με ένα ελεύθερο, banner-supported σχήμα καθώς επίσης και μια ad-free version που απαιτεί τους χρήστες να γίνουν συνδρομητές για τη χρησιμοποίησή του. Το Paltalk είναι μόνο διαθέσιμο στους χρήστες των παραθύρων της Microsoft. Το πρόγραμμα προσδιορίζεται τώρα ως PaltalkScene, μια αλλαγή που έγινε το Σεπτέμβριο του 2007.

Η ίδια η επιχείρηση έχει έδρα τη Νέα Υόρκη που ιδρύθηκε το 1998, και υποστηρίζει ότι έχει 4 εκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως, κάνοντας το τη μεγαλύτερη φωνητική και τηλεοπτική κοινότητα συνομιλίας στο World Wide Web. Το Paltalk έγινε δημοφιλές αφότου το Firetalk, μια προηγούμενη εφαρμογή συνομιλίας, κρίθηκε ανίκανη να διατηρήσει τη λειτουργία της λόγω μιας έλλειψης επαρκούς χρηματοδότησης.

Η υπηρεσία παρέχει την πρόσβαση σε αρκετές χιλιάδες τηλεοπτικά δωμάτια συνομιλίας στα οποία οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν one-on-one (ένας προς έναν) ή με τις μεγάλες ομάδες ανθρώπων ταυτόχρονα. Επιπλέον, το Paltalk ως συμβατική στιγμιαία υπηρεσία μηνυμάτων, επιτρέπει στους χρήστες του να αλληλεπιδράσουν μέσω των εφαρμογών του Yahoo! , ICQ, και AIM /AOL messengers.

Η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν και να τοποθετήσουν ένα εξατομικευμένο προφίλ τους, επιδεικνύοντας φωτογραφίες, απαριθμώντας τα χόμπι τους, τα ενδιαφέροντά τους κ.λ.π. Μπορεί έπειτα κάποιος χρήστης να κοιτάξει βιαστικά ή να ψάξει τη βάση δεδομένων του προγράμματος για λέξεις κλειδιά και να δει οποιοδήποτε προφίλ που ταιριάζει με την ερώτησή του.

Κατηγοριοποιημένα δωμάτια συνομιλίας προσφέρονται επίσης, με τα δημοφιλέστερα να είναι εκείνα των χρηματοδοτήσεων, της θρησκείας, της από απόστασης εκμάθησης, της πολιτικής, του πολιτισμού και δωμάτια συνομιλίας μουσικής όπου οι άνθρωποι παίζουν ή/και τραγουδούν τα τραγούδια. Τα δωμάτια

συνομιλίας έχουν ένα σύστημα σειρών αναμονής που επιτρέπει στους χρήστες δηλώσουν ότι θέλουν να κάνουν κάτι (π.χ. να τραγουδήσουν) και να περιμένουν στη γραμμή μέχρι να έρθει η σειρά τους. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν και να συγκρατήσουν τα δωμάτια συνομιλίας τους, εντούτοις το Paltalk απασχολεί περισσότερους από 650 υπαλλήλους (administrators) για να εξασφαλίσει ότι οι συζητήσεις είναι κατάλληλες και δεν παραβιάζουν τους όρους της υπηρεσίας Paltalk (terms of service).



**Εικόνα 8.12** Στιγμιότυπο συνομιλίας μέσω του λογισμικού του Paltalk.

Γενικά οι δυνατότητες της τηλεδιάσκεψης είναι πολλές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές της καθημερινής μας ζωής όπως π.χ. στην εκπαίδευση. Μερικές από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται είναι οι ομαδικές συνεργασίες με άτομα από όλο τον κόσμο, οι συνεντεύξεις από απόσταση, η μάθηση από απόσταση, η δημιουργία εικονικών συνεδριάσεων για εκπαίδευση, οι αλληλεπιδραστικές συζητήσεις μεταξύ μαθητών και μαθητών με τον καθηγητή και γενικά οι επικοινωνίες διαφόρων περιεχομένων.

### **8.3 Μελλοντικές κατευθύνσεις**

Οι μελλοντικές προσπάθειες θα εστιάσουν στη βελτίωση των υπαρχόντων τεχνολογιών δικτύωσης για να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες μετάδοσης πολυμέσων με χαμηλότερο κόστος. Αυτές οι προσπάθειες θα βασιστούν σε μια προσέγγιση τριών θέσεων. Η πρώτη θέση θα εστιάσει στην ενίσχυση της υποδομής δικτύων. Η δεύτερη θα αντιμετωπίσει τη δικτύωση των πρωτοκόλλων και η τρίτη θα στοχεύσει να μειώσει την κυκλοφορία, με τη χρησιμοποίηση των καλύτερων τεχνικών συμπίεσης. Το εύρος ζώνης των τρεχουσών τεχνολογιών δικτύωσης κυμαίνεται από Kbps ως Mbps. Εάν το εύρος ζώνης ενός δικτύου ενισχυθεί σε Giga ανά δευτερόλεπτο (Gbps), κατόπιν αυτό το δίκτυο μπορεί να μεταφέρει τα πολλαπλάσια ακουστικά και ζωντανά τηλεοπτικά ρεύματα (multiple audio and live video streams). Φυσικά, η υπηρεσία δικτύωσης πρέπει επίσης να παρέχει χαμηλές καθυστερήσεις (low delay) και τη διαφορά καθυστέρησης (delay variance) που απαιτούνται για τις παρουσιάσεις πολυμέσων καλής ποιότητας.

Το Gigabit Ethernet είναι μια τεχνολογία που αναπτύσσεται για να πάρει τα συστήματα Ethernet στην εποχή δικτύωσης πολυμέσων. Μια μεγάλη πλειοψηφία των δικτυωμένων υπολογιστών χρησιμοποιεί την τεχνολογία Ethernet για τις συνδέσεις του τοπικού δικτύου τους (LAN). Προς το τέλος του 2000, το Ethernet είχε 83 τοις εκατό της αγοράς. Οι γρήγορες τεχνολογίες Ethernet έχουν παράσχει ήδη μια πορεία βελτίωσης στα 100 Mbps. Ο στόχος των τεχνολογιών Gigabit Ethernet είναι να παρασχεθούν κανάλια εύρους ζώνης 1000 Mbps. Η τεχνολογία του ATM παρέχει ήδη το εύρος ζώνης που κυμαίνεται από Mbps ως Gbps.

Το κύριο πλεονέκτημα της τεχνολογίας Gigabit Ethernet είναι ότι θα χρησιμοποιήσει το ίδιο σχήμα πακέτων όπως χρησιμοποιείται από το παλαιό Ethernet και τα νεότερα γρήγορα συστήματα Ethernet. Τα πρότυπα Ethernet Gigabit έχουν αναπτυχθεί από το Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) standards committee IEEE-802.3z

Μια άλλη περιοχή όπου η τεχνολογία Gigabit Ethernet θα είναι συμβατή με τα υπάρχοντα συστήματα Ethernet είναι η διαχείριση δικτύων. Για τα επόμενα μερικά έτη είναι σημαντικό να προσέξουμε ιδιαίτερα την ανάπτυξη και την επέκταση της τεχνολογίας Gigabit Ethernet.

Η ανάπτυξη του πρωτοκόλλου RSVP μπορεί να δώσει σοβαρές QoS εγγυήσεις όπως και η δεδομένη επέκταση των υπολοίπων πρωτοκόλλων επικοινωνίας θα είναι σημαντική κατεύθυνση για το καλύτερο μέλλον των υπηρεσιών πολυμέσων μέσω του διαδικτύου.

Η τρίτη σημαντική κατεύθυνση θα είναι η ανάπτυξη και η επέκταση των καλύτερων τεχνικών συμπίεσης. Τα δύο ευρύτερα χρησιμοποιημένα πρότυπα συμπίεσης στοιχείων είναι τα πρότυπα JPEG και το MPEG. Οι αλγόριθμοι συμπίεσης που χρησιμοποιούνται στο JPEG και τα πρότυπα MPEG λειτουργούν σε 8x8 pixel blocks της εικόνας. Κατά συνέπεια οποιοδήποτε λάθος που αντιμετωπίζεται στο κανάλι επικοινωνίας μπορεί να οδηγήσει μια πλήρης αλλοίωση της εικόνας.

Επομένως, ένα σημαντικό ζήτημα θα είναι η ανάπτυξη των πρωτοκόλλων συμπίεσης και επικοινωνίας εικόνας μαζί, έτσι ώστε τυχόν λάθη που εισάγονται στην εικόνα λόγω των λαθών επικοινωνίας να οδηγούν σε σταδιακή μείωση της ποιότητας της μεταδιδόμενης εικόνας. Δηλαδή μερικά λάθη πρέπει να περάσουν απαρατήρητα, και καθώς τα λάθη αυξάνονται η ποιότητα εικόνας πρέπει να επιδεινωθεί σε μια κλίμακα ολίσθησης, παρά να πηδήσει από την καλή ποιότητα στην κακή ποιότητα [59].

Η αυξανόμενη χρήση του Διαδικτύου για τις εφαρμογές πολυμέσων θα προκύψει από τις αναμενόμενες προόδους περισσότερο από τις ριζικές αλλαγές στην υποδομή της μεταφοράς των πληροφοριών, πρόοδοι όπως το υψηλότερο εύρος ζώνης πρόσβασης (higher access bandwidth) και η εφαρμογή των QoS-σε ευαίσθητες υπηρεσίες του Διαδικτύου. Βεβαίως κάτι τέτοιο ισχύει ήδη στα τεχνολογικά ανεπτυγμένα κράτη της Δύσης όπου οι ταχύτητες και η ποιότητα των προσφερομένων υπηρεσιών αγγίζει πρωτόγνωρα επίπεδα. Η αποδοχή ήδη από το κοινό όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες ενότητες της πτυχιακής αυτής είναι τεράστια με αποτέλεσμα η οικονομική ώθηση των μεγάλων παροχών των υπηρεσιών του διαδικτύου να βρίσκεται σε συνεχόμενη αυξητική πορεία.

Μπορούμε να περιμένουμε ότι το Διαδίκτυο θα μεταβιβάσει τα μέσα ψυχαγωγίας με την ποιότητα που συνδέουμε την καλωδιακή τηλεόραση, ότι οι συσκευές του Διαδικτύου όπως τα ραδιόφωνα Διαδικτύου και TVs καθώς και τα αυτοκινητικά συστήματα ναυσιπλοΐας (automobile navigation systems) θα είναι πιο πολυάριθμες από τους προσωπικούς υπολογιστές και προσωπικά μέσα

απομνημόνευσης όπως τα DVD θα είναι λιγότερο πανταχού παρόντα δεδομένου ότι ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας επιλύονται και η ανάκτηση μέσων μέσω του Διαδικτύου θα γίνεται απλούστερη, γρηγορότερη, και φτηνότερη από να την έχουμε αποθηκευμένη στο δίσκο μας.

Ήδη στην Ελλάδα ασύρματο δίκτυο για την πρόσβαση στο Διαδίκτυο με μεγάλες ταχύτητες προσφέρεται δωρεάν στους κατοίκους των Τρικάλων από τον περασμένο Δεκέμβριο και σταδιακά επεκτείνεται για να καλύψει όλο το νομό και να διασυνδέσει τις δημοτικές υπηρεσίες. Το δημοτικό δίκτυο καλύπτει σήμερα το 70% του πολεοδομικού ιστού στο Δήμο Τρικκαίων και επεκτείνεται με στόχο να καλύψει το 80% του νομού Τρικάλων. Περίπου 3000 πολίτες έχουν εγγραφεί στην υπηρεσία και συνδέονται στο Internet χρησιμοποιώντας μόνο μια εξωτερική κεραία. Το δίκτυο των Τρικάλων, το οποίο ο Δήμος χαρακτηρίζει πανευρωπαϊκή πρωτιά, προγραμματίζεται να εμπλουτιστεί με υπηρεσίες κοινωνικού χαρακτήρα, όπως η Τηλεπρόνοια, οι Γεωγραφικές Πληροφορίες και η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση.

Η διαπροσωπική επικοινωνία θα γίνει ομοίως πιο πολύπλευρη και θα ενθαρρύνει μια περαιτέρω εκρηκτική ανάπτυξη των διανεμημένων παγκόσμιων κοινοτήτων που αντιστοιχούν στα επαγγελματικών και προσωπικών ενδιαφέροντα επιχειρήσεων, και ανάγκες. Οι εμπορικοί, επαγγελματικοί, και προσωπικοί χρήστες θα βρουν πολλές χρήσεις, αδύνατον να προβλεφτούν ποιες θα είναι σήμερα, για αυτές τις αναπτυσσόμενες δυνατότητες, και πρέπει να σταθούν ιδανικά μαζί ενάντια στην περαιτέρω απώλεια της ιδιωτικής ζωής (privacy) και άλλους κινδύνους μιας κυρίαρχης ευρυζωνικής υποδομής πληροφοριών.

Μια νέα προσπάθεια που καλείτε Internet2 έχει ως στόχο να υπερνικηθούν τα προβλήματα του throughput και της καθυστέρησης με τη χρησιμοποίηση των τεχνολογιών Gigabit ως σπονδυλική στήλη της (backbone). Οι επεκτάσεις στις υπάρχουσες τεχνολογίες των τοπικών δικτύων LAN έχουν αναπτυχθεί σε μια προσπάθεια να κατασταθούν ικανά της μεταφοράς των πληροφοριών πολυμέσων.



## **Κεφάλαιο ΙΧ**

### **9. Συμπεράσματα**

Η ψηφιακή τεχνολογία και το Internet είναι ο προπομπός της νέας εποχής της επικοινωνίας. Οι προκλήσεις που έχουμε να αντιμετωπίσουμε μοιάζουν πρωτόγνωρες ενώ, όπως συνηθίζεται σε περιόδους μεγάλης αβεβαιότητας, έχουν δημιουργηθεί σχολές πρόβλεψης του ψηφιακού μέλλοντός μας. Η ίδια η Ιστορία όμως διδάσκει ότι ακόμη δεν έχουμε δει τίποτε. Η σημερινή ψηφιακή τεχνολογία είναι αδιαμφισβήτητα επαναστατική αφού είναι η πρώτη που επιτρέπει στο ευρύ κοινό την απεριόριστη επικοινωνία πολλών με πολλούς. Όλοι μπορούν να επικοινωνήσουν μέσα από τα newsgroups, τα chat rooms και forums του Διαδικτύου - έστω και δυνητικά - άμεσα και ταυτόχρονα με όλα τα άλλα μέλη του Δικτύου. Οι συνέπειες που αυτά τα εργαλεία επικοινωνίας θα έχουν στη ζωή μας είναι τέτοιες που ακόμη και οι πλέον ειδικοί και άμεσα ενδιαφερόμενοι αδυνατούν να προβλέψουν την πλήρη έκτασή τους.

Οι δικτυακές εφαρμογές πολυμέσων είναι πιθανώς η πιο συναρπαστική εξέλιξη στο Διαδίκτυο σήμερα. Άνθρωποι από όλο τον κόσμο ξοδεύουν λιγότερο χρόνο μπροστά στο ραδιόφωνο και την τηλεόρασή τους και αντ' αυτών στρέφονται στο διαδίκτυο για τη λήψη εκπομπών ήχου και βίντεο, είτε ζωντανών είτε προκαταγεγραμμένων. Καθώς η πρόσβαση υψηλής ταχύτητας γίνεται προσιτή για ολόένα και περισσότερα νοικοκυριά, η τάση αυτή θα συνεχιστεί-άνθρωποι από όλο τον κόσμο θα προσπελούν τα αγαπημένα τους προγράμματα βίντεο μέσω του διαδικτύου και όχι μέσω των παραδοσιακών καναλιών διανομής. Επιπρόσθετα με τη διανομή ήχου και βίντεο, το διαδίκτυο χρησιμοποιείται επίσης για τη διακίνηση τηλεφωνικών κλήσεων. Είναι πιθανό μέσα στα επόμενα δέκα χρόνια το διαδίκτυο να παροπλίσει το παραδοσιακό τηλεφωνικό σύστημα σε πολλές χώρες. Το διαδίκτυο όχι μόνο επιτρέπει υπηρεσίες τηλεφωνίας με μικρότερο κόστος, αλλά παρέχει επίσης πολλές επιπλέον υπηρεσίες, όπως βιντεοδιασκέψεις, online καταλόγους, υπηρεσία διακίνησης μηνυμάτων φωνής και ενοποίηση με το web.

Από την άλλη μεριά και συγκεκριμένα για την πτυχιακή μας εργασία η κυκλοφορία πολυμέσων απαιτεί υψηλό throughput, χαμηλή καθυστέρηση (low delay)

και την πολύ χαμηλή διαφορά καθυστέρησης (low delay variance) για την επιτυχή της παράδοση σε πραγματικό χρόνο. Τα περισσότερα συστήματα δικτύωσης δεν σχεδιάστηκαν για την κυκλοφορία πολυμέσων. Βέβαια το να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί το Διαδίκτυο για τη διαβίβαση σε πραγματικό χρόνο κυκλοφορίας πολυμέσων είναι μια πολύ ελκυστική πρόταση. Αλλά, το αρχικό Διαδίκτυο, όπως πολλές άλλες παλαιότερες τεχνολογίες, δεν είχε ως σκοπό να μεταφέρει την κυκλοφορία πολυμέσων. Γι' αυτό το λόγο πρωτόκολλα, όπως RTP και RSVP (και τα υπόλοιπα που αναφέραμε στις ενότητες της πτυχιακής αυτής), έχουν αναπτυχθεί για να φέρουν την κυκλοφορία πολυμέσων μέσω του Διαδικτύου.

Στην προσπάθεια για την καλύτερη περιγραφή των πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου και τη βασική αρχιτεκτονική τους χωρίσαμε τις ενότητες της πτυχιακής με βάση τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν τα σημαντικότερα πρωτόκολλα. Είδαμε ότι η μετάδοση αποθηκευμένου ήχου/βίντεο μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους :

- § Μέσω αποθηκευμένων μέσων
- § Με μετάδοση με συνεχή ροή (streaming)
- § Και με συνεχής αναπαραγωγή ( continuous playout ).

Σήμερα ένα πλήθος από εφαρμογές κάνει χρήση των διαδραστικών εφαρμογών μετάδοσης βίντεο σε πραγματικό χρόνο – βιντεοδιασκέψεων (videoconferencing) – όπου οι άνθρωποι μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους όχι μόνο λεκτικά αλλά και οπτικά. Γι' αυτό το λόγο στο τρίτο κεφάλαιο της πτυχιακής μας αυτής γίνεται αναφορά σε εφαρμογές μετάδοσης ήχου και βίντεο (Microsoft Netmeeting, CuSeeMe, Paltalk) που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα. Εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο τελευταίο κεφάλαιο στο πλαίσιο της υλοποίησης μιας εικονικής τηλεδιάσκεψης στον παγκόσμιο ιστό.

Η ταξινόμηση των εφαρμογών πολυμέσων (με το διαχωρισμό ενός χρήστη και πολλών χρηστών “people to people”) μας οδήγησε στην διερεύνηση και ανάδειξη προβλημάτων των πολυμέσων στο σημερινό διαδίκτυο. Γι' αυτό το λόγο δείξαμε πως είναι ευρέως παραδεκτό από πληθώρα δημοσιευμάτων ότι η σχεδίαση εφαρμογών πολυμέσων θα ήταν σίγουρα πιο απλή εάν υπήρχε κάποια μορφή κατηγοριοποίησης των υπηρεσιών του διαδικτύου σαν πρώτη και δεύτερης κλάσης, με τα πακέτα πρώτης κλάσης να είναι λιγότερα σε αριθμό και να εξυπηρετούνται κατά προτεραιότητα από τους δρομολογητές.

Επίσης κάναμε σαφές μέσα από την έρευνά μας ότι οι εφαρμογές μετάδοσης ήχου/βίντεο σε πραγματικό χρόνο μπορούν να λειτουργήσουν καλά στις περιοχές στις οποίες υπάρχει άφθονο εύρος ζώνης και κατά συνέπεια οι καθυστερήσεις και η διακύμανσή τους είναι αμελητέα. Αλλά η ποιότητα μπορεί να μειωθεί σε απαράδεκτο βαθμό όταν η ροή ήχου/βίντεο χρειαστεί να περάσει από έναν κόμβο με χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης.

Γι' αυτό το λόγο προτείναμε μια σειρά μέτρων που μπορούν να εφαρμοστούν για καλύτερη ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών όπως :

- § Να στέλνονται τα δεδομένα ήχου/βίντεο μέσω του πρωτοκόλλου UDP, παρακάμπτοντας τη χαμηλή απόδοση που έχει το TCP σε ορισμένες φάσεις της λειτουργίας του.
- § Να εφαρμόζεται χρονοσφράγισμα των πακέτων στον αποστολέα, έτσι ώστε ο παραλήπτης να ξέρει πότε πρέπει να τα αναπαράγει.
- § Για εφαρμογές μετάδοσης αποθηκευμένου ήχου/βίντεο, μπορούμε να μεταφέρουμε εκ των προτέρων δεδομένα κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, όταν ο χώρος αποθήκευσης στον πελάτη με επιπλέον εύρος ζώνης γίνονται διαθέσιμα.
- § Μπορούμε επίσης να στέλνουμε πλεονασματικές πληροφορίες μαζί με τα δεδομένα, για να μειώσουμε τις επιπτώσεις της απώλειας πακέτων που οφείλεται στο δίκτυο.

Αναφέραμε για το πρωτόκολλο RTP που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση κοινών μορφών ήχου όπως οι PCM, GSM και MP3, καθώς και των μορφών βίντεο MPEG και H.323 ότι γι αυτό το λόγο χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με τα πρότυπα τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου. Με κυριότερο ελάττωμά του ότι από μόνο του το πρωτόκολλο RTP δε διαθέτει κάποιο μηχανισμό για να διασφαλίζει την έγκαιρη παράδοση των δεδομένων ή να παρέχει άλλες εγγυήσεις ποιοτικής υπηρεσίας. Πρόβλημα το οποίο λύνεται μέσω μιας σειράς πλεονεκτημάτων του όπως:

- § Του framing του επιπέδου της εφαρμογής ( με τυχόν επαναμετάδοση ενός ακριβούς αντιγράφου των χαμένων δεδομένων).
- § Της αρχής της άκρης σε άκρη (end to end principle).
- § Της ευελιξίας του σε εκείνες τις εφαρμογές που το φτάνουν στα όριά του. [12]

Όσον αφορά το πρωτόκολλο RTSP καταστήσαμε σαφές ότι οφείλει την ύπαρξή του στις περιορισμένες ικανότητες του HTTP να αντεπεξέλθει στην ανάπτυξη εφαρμογών στον πραγματικό χρόνο. Μέσα από την ανάλυση των πλεονεκτημάτων του RTSP όπως το ότι :

- § Δεν ορίζει μεθόδους συμπίεσης για τον ήχο και το βίντεο.
- § Δεν ορίζει τον τρόπο με τον οποίο ενθυλακώνεται ο ήχος και το βίντεο σε πακέτα για τη μετάδοση μέσω ενός δικτύου
- § Δεν θέτει περιορισμούς όσον αφορά στον τρόπο μεταφοράς του περιεχομένου των πολυμέσων.
- § Δεν θέτει περιορισμούς όσον αφορά τον τρόπο της ενταμίευσης (buffer) του ήχου/βίντεο από την εφαρμογή αναπαραγωγής πολυμέσων.

Γίνεται σαφές ότι η συμπλήρωση του RTSP σε δεδομένα video και ήχου στο HTTP χαρακτηρίζεται επιβεβλημένη.

Η περιγραφή ενός από τα πιο ενδιαφέροντα πρωτόκολλα σε αυτό το τομέα ήταν η ενασχόλησή μας με το SIP (Session Initiation Protocol), γεγονός που μας έκανε να συμπεράνουμε ότι δεν είναι τυχαίο που μεγάλες εμπορικές επιτυχίες στις ημέρες μας όπως το skype χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο SIP στο τομέα των πρωτοκόλλων επιπέδου εφαρμογής. Η σύγκριση του SIP με το δεύτερο πρωτόκολλο που περιγράψαμε στο ίδιο επίπεδο, του H.323, μας έκανε να φτάσουμε στο συμπέρασμα ότι :

- § Ενώ το H.323 είναι ένα πλήρες και απόλυτα ενοποιημένο πακέτο πρωτοκόλλων για εφαρμογές βιντεοδιασκέψεων με μετάδοση πολυμέσων το SIP ασχολείται μόνο με την εκκίνηση και τη διαχείριση της συνόδου επικοινωνίας και είναι ένα μεμονωμένο συστατικό. Το SIP συνεργάζεται με το RTP αλλά δεν απαιτεί τη χρήση του.

- § Το H.323 προέρχεται από τη Διεθνή Ένωση Τηλεφωνίας (ITU), ενώ το SIP προέρχεται από τον οργανισμό IETF
- § Και τελευταίο ότι το H.323, όντας ένα συλλογικό πρότυπο με πολλά επιμέρους συστατικά, είναι μεγάλο και πολύπλοκο σε αντίθεση με το SIP που ακολουθεί την αρχή της απλότητας.

Όσον αφορά τα πρωτόκολλα δέσμευσης πόρων οι περισσότερες εφαρμογές έχουν την ανάγκη για την εγγύηση ποιότητας (QoS) από το δίκτυο και της υποστήριξης για επικοινωνίες multipoint to multipoint (πολλών σε πολλά σημεία). Γι' αυτό το λόγο η χρησιμοποίηση των πρωτοκόλλων ST-II και RSVP με σκοπό την εξασφάλιση

επικοινωνίας με QOS χαρακτηριστικά ανάμεσα σε πολλούς χρήστες λαμβάνει χώρα. Η σύγκριση των δυο πρωτοκόλλων έδειξε ότι το RSVP υπερτερεί απέναντι στο ST-II μιας και :

- § Το RSVP είναι περισσότερο αποτελεσματικό στη χρήση πόρων δικτύου καθώς κάθε δέκτης λαμβάνει μόνο το σύνολο των δεδομένων που χρειάζεται έτσι που πόροι να μην εξαντλούνται. Για εφαρμογές, όπως τηλεδιάσκεψη, που όλοι οι αποστολείς δεν είναι ενεργοί την ίδια ώρα, το RSVP επιτρέπει πολύ αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου, ειδικά όταν το multicast σύνολο είναι μεγάλο.
- § Το RSVP μπορεί να δουλέψει με διαφορετικές διαδρομές και πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων.

Η αναφορά μας στα Real Time Streaming Systems μας έκανε να συνειδητοποιήσουμε αρχές λειτουργίας τους καθώς και περαιτέρω χαρακτηριστικά τους που τα καθιέρωσε στην παγκόσμια αγορά. Γι' αυτό το λόγο πιστεύουμε ότι κυρίως οι εφαρμογές του Microsoft's Netshow και το Real Time Media θα είναι εκείνες που θα αντέξουν περισσότερο στη μάχη της επικράτησης μιας εφαρμογής Real Time ιδιαιτέρως για live streaming. Κατά τη γνώμη μας η κυκλοφορία ενός προϊόντος (εφαρμογής στη συγκεκριμένη περίπτωση) από εταιρίες οι οποίες έχουν μεγάλη αναγνωσιμότητα, η παγκόσμια παραδοχή, η απόδοση πολλών διαφορετικών format αρχείων, καθώς και η πληθώρα εργαλείων της κάθε πλατφόρμας είναι μερικοί από τους λόγους που θα συμβάλουν στην ουσιαστική επικράτησή τους στην αγορά.

Όσον αφορά υπηρεσίες VoiP που είδαμε στο προτελευταίο κεφάλαιο της πτυχιακής μας και τη χρησιμοποίησή τους από ιδιώτες ή ακόμη και από μεγαλύτερους οργανισμούς σε μαζικότερη και περισσότερο οργανωμένη έκταση συμπεράναμε ότι:

- § Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται κυρίως σε VoiP υπηρεσίες είναι το H.323 το RSVP και το RTSP.
- § Το κάθε πρωτόκολλο υποστηρίζεται από συγκεκριμένες εφαρμογές εταιριών κολοσσών στον τομέα των επικοινωνιών (Cisco, Real Networks κ.α.)
  
- § Παρά τη μείωση της ποιότητας των παρεχομένων υπηρεσιών σε σχέση με το τηλέφωνο παρατηρείται αύξηση των κλήσεων VoiP λόγω της σημαντικής μείωσης του κόστους των παρεχομένων υπηρεσιών.
- § Προβλήματα τα οποία παρατηρούνται λόγω ασυμβατότητας ανάμεσα στα προϊόντα υποστήριξης της υπηρεσίας δημιουργώντας σημαντικό πρόβλημα αφού οι χρήστες μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με κατόχους του ίδιου προγράμματος.
- § Προβλήματα με το νομικό καθεστώς των παρεχομένων υπηρεσιών μιας και πολλοί εθνικοί οργανισμοί τηλεπικοινωνιών δεν βλέπουν με ιδιαίτερα καλό μάτι τέτοιες τεχνολογίες αφού βάζουν σε κίνδυνο την κερδοφορία τους που προέρχεται από υπεραστικές κλήσεις, αλλά και από με κανονισμούς των providers αφού δημιουργούν συμφόρηση στο δίκτυο.

Η μελέτη της μελλοντικής εξέλιξης των πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου μας έδειξαν ότι:

- § Τα περισσότερα από τα πρωτόκολλα δεν αναμένεται να αλλάξουν ιδιαίτερα στο προσεχές μέλλον. [13]
- § Καινούργιοι τύποι ωφέλιμου φορτίου είναι συνεχώς υπό ανάπτυξη, και η δουλειά σε καινούργια προφίλ θα επεκταθεί ώστε να συμπεριληφθούν καινούργιες λειτουργίες.

- § Μια συνεχής σειρά καινούργιων προδιαγραφών τύπων ωφέλιμου φορτίου θα επέλθει, ώστε να ακολουθήσουν τις αλλαγές στην τεχνολογία της κωδικοποίησης και να παρέχουν καινούργια σχέδια αντιμετώπισης λαθών.
- § Θα υπάρξει ανάπτυξη των πρωτοκόλλων συμπίεσης και επικοινωνίας εικόνας μαζί, έτσι ώστε τυχόν λάθη που εισάγονται στην εικόνα λόγω των λαθών επικοινωνίας να μην οδηγούν σε σταδιακή μείωση της ποιότητας της μεταδιδόμενης εικόνας.
- § Συγκεκριμένες αλλαγές θα επέλθουν στα συσχετιζόμενα πρωτόκολλα για:
- εγκαθίδρυση κλήσης,
  - έλεγχο κλήσης,
  - δέσμευσης πόρων,
  - και ποιότητα των υπηρεσιών.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να αναφέρουμε ότι μετά τη σοβαρή έρευνα που έλαβε χώρα για την πραγματοποίησή της πτυχιακής αυτής, η εφαρμογή των πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου στην εποχή μας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις της εποχής μας στο τομέα των δικτύων των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Μια πρόκληση η οποία μέσα από πληθώρα ερευνών και καινούργιων προτύπων και πρωτοκόλλων, έχει ως απώτερο σκοπό τη πραγματική και αληθινή εφαρμογή της ευρυζωνικότητας, σε όλους τους τομείς της ηλεκτρονικής ανθρώπινης επικοινωνίας.

## **Βιβλιογραφία**

1. IEEE Engineering Management Review , volume 29, Number 1, First Quarter 2001, “Road Map to e-Evolution”.
2. Βασικές Δεξιότητες της τεχνολογίας της πληροφορίας και της Επικοινωνίας. ΥΠΕΠΘ Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Σπ. Παπαδάκης, Νικ. Χατζηπέρης.
3. Treck TCP/IP User Manual, Complete Internet Solutions.
4. Addison Wesley, Audio and Video over the internet.
5. Douglas E. Comer, Internetworking with TCP/IP Principles, Protocols, and Architectures.
6. A critique of modern internet Protocols: The issue of support for multimedia. David Hutchison, Randa El-Marakby and Laurent Mathy Lancaster University, UK
7. Multimedia transmission with adaptive QoS based on real-time protocols. Ch. Bouras and A. Gkamas, International Journal of Communication Systems Int. J. Commun. Syst. 2003.
8. B. J. Dempsey, J. Liebeherr, and A. C. Weaver. “On Retransmission-Based Error Control for Continuous Media Traffic in Packet Switched Networks,” Computer Networks and ISDN Systems, Volume 28, 1996
9. M. Handley. “An Examination of Mbone Performance,” University of Southern California, Information Sciences Institute, Research Report
10. Διαδικτυακά Πρωτόκολλα, Βασίλης Θ. Τσαουσίδης , Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
11. Δικτύωση Υπολογιστών Δεύτερη Έκδοση ,James F. Kurose, Keith W. Ross, Prentice Hall. Εκδόσεις Γκιούρδας.
12. Πρωτόκολλο TCP/IP , Τρίτη Έκδοση 2006, Behrouz A. Forouzan.
13. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, H. Schulzrinne Columbia University Blue Coat Systems Inc., V. Jacobson, Network Working Group
14. Δίκτυα και διαδίκτυα υπολογιστών και εφαρμογές τους στο Internet, Τρίτη Αμερικάνικη Έκδοση, Douglas E Comer, Κλειδάριθμος.
15. Διαδικτυακά πρωτόκολλα, Βασίλης Θ. Τσαουσίδης, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
16. RTP: A transport protocol for Real Time Applications , Internet Engineering Task Force, Schulzine, Casner, Frederic K, Jacobson.



17. A Critique of Modern Internet Protocols: The Issue of Support for Multimedia , David Hutchison, Randa El-Marakby and Laurent Mathy, Lancaster University, UK
18. A Parallel Continuous Media Server Complying to the RTSP Protocol, Francisco Cort4s and Reinhard Lilling , Department of Computer Science, University of Paderborn, Germany
19. A Video Streaming Application on the Internet, Aylin Kantarchi, Turhan Tunali, Computer Engineering Department, Ege University, 35100, Bornova, Izmir Turkey, International Computer Institute, Ege University, 35100, Bornova, Izmir Turkey
20. An overview of Internet protocols , A O'Neill, M C Tatham, S F Carter, G Tsirtsis and A J Dann, BT Technol J Vol 16 No 1 January 1998
21. A Real time Internet Protocol for Loss and Delay – Sensitive Audio Video Applications , Curtis A, Siller Jr, Steve Chen , SMPTE, Motion Imaging Journal, January 2007.
22. Building a future?, Telecommunications International , Ken Wieland, 40 no3 Mr 2006
23. Control Handling in Real-Time Communication Protocols, At sushi Shionozaki, Mario Tokoro, Department of Computer Science, Keio University, Yokohama 223, JAPAN
24. Design and implementation of a video browsing system for the Internet, Wallapak Tavanapong, and Kien A. Hua, Department of Computer Science, Iowa State University, Ames, Iowa 50011-1040, U.S.A.
25. Internet Multimedia: Answering Basic Questions, Chris Metz Cisco Systems, IEEE INTERNET COMPUTING, Published by the IEEE Computer Society, JULY • AUGUST 2005
26. IP-Based Access Networks for Broadband Multimedia Services, Susana Sargento and Rui Valadas, University of Aveiro and Institute of Telecommunications Jorge Gongalves, Portugal Telecom InovagSo and Institute of Telecommunications Henrique Sousa, Institute of Telecommunications, IEEE Communications Magazine - February 2003
27. Large-scale Experimental Study of Internet Performance Using Video Traffic, Dmitri Loguinov, Computer Science Department City University of New York, Hayder Radha, Dept. of Electrical & Computer Engineering, Michigan State University , Computer Communication Review.
28. International Review of Law, Computers & Technology, Displaying the Law: A Cross-disciplinary Learning Experiment Using the Internet and Multimedia Technology David Tait; Robert De Young, INTERNATIONALREVIEW OF LAW COMPUTERS & TECHNOLOGY, VOLUME 14, NO. 2, PAGES 191–204, 2000

29. Lightweight Streaming Protocol (LSP), Emir Mulabegovic, Multimedia Communications Lab, University of Illinois – Chicago, Dan Schonfeld, Multimedia Communications Lab, University of Illinois – Chicago, Rashid Ansari, Multimedia Communications Lab, University of Illinois – Chicago
30. Multicast Video-on-Demand Services, Huadong Ma, College of Computer Science & Technology, Beijing University of Posts and Telecomm, Kang G. Shin, Real-Time Computing Laboratory, The University of Michigan, Computer Communication Review
31. Multimedia Broadcasting over the Internet: Part I, Harrick Vin University of Texas at Austin, IEEE Multimedia, October December 1998.
32. Successful Multiparty Audio Communication over the Internet, Vicky Hardman, Martina Angela Sasse, and Isidor Kouvelas, May 1998/Vol. 41, No. 5 COMMUNICATIONS OF THE ACM
33. Notes on the use of RTP for shared workspace applications, Colin Perkins, Department of Computer Science, University College London, Jon Crowcroft, Department of Computer Science, University College London, Computer Communication Review
34. An RTP-based Synchronized Hypermedia Live Lecture System for Distance Education, Heng-Yow Chen Yen-Tsung Chia Institute of Information Management National Chi Nan University, Pu Gin-Yi Chen Jen-Shin Hong, Department of Computer Science and information Engineering, National Chi Nan University.
35. Plowing the Field of Dreams, Television Quarterly 37 no2 Wint 2007, John V. Pavlik Department of Journalism and Media Studies at the School of Communication, Information and Media Studies at Rutgers, The State University of New Jersey.
36. Buy Once, Play Anywhere, ANTONY BRUNO , Billboard 119 no24 Je 16 2007.
37. RTP: A TRANSPORT LAYER IMPLEMENTATION PROJECT, Brad Richards Computer Science Department Vassar College Poughkeepsie, 2001 by the Consortium for Computing in Small Colleges
38. RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR), T. Friedman, Ed., R. Caceres, Ed. IBM Research, A. Clark, Ed.. Telchemy, November 2003 , Network Working Group
39. RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, H. Schulzrinne, Columbia University, S. Casner, Packet Design, July 2003, Network Working Group
40. RTP Testing Strategies, C. Perkins, J. Rosenberg, H. Schulzrinne, Columbia University August 2001 Network Working Group.
41. RTP/I—Toward a Common Application Level Protocol for Distributed Interactive Media, Martin Mauve, Volker Hilt, Christoph Kuhmünch, and Wolfgang Effelsberg,

Member, IEEE, IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA, VOL. 3, NO. 1, MARCH 2001

42. The Development of MPEG-4 Based RTSP System for Mobile Multimedia Streaming Services, Sangeun Lee, Hyunwoo Park, and Taesoo Yun, Dept. of Digital Virtual Reality, Division of Digital Contents, Dongseo University, Sasang-Ku, Busan, South Korea

43. Streaming Audio and Video in Web-Based Learning: A Comparative Study of Three Systems, Nalin K. Sharda and Anil K. Hanumanula, School of Computer Science and Mathematics, Melbourne City MC, Victoria 8001, Australia

44. The Transport Layer: Tutorial and Survey, SAMI IREN and PAUL D. AMER, University of Delaware, PHILLIP T. CONRAD, Temple University, ACM Computing Surveys, Vol. 31, No. 4, December 1999

45. Videoconferencing on the Internet, Thierry Turletti and Christian Huitema, IEEtYACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL 4, NO 3, JUNE 1996

46. Virtual Internet Broadcasting, Harald Gebhard, University of Dortmund, Germany, Lars Lindner, University of Dortmund, Germany, IEEE Communications Magazine, June 2001.

47. Performance Evaluation of XTP and TCP Transport Protocols for Reliable Multicast Communications, M.A.R. Dantas and G. Jardini, Department of Computer Science, University of Brasilia. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001

48. Internet site of Wikipedia.org

49. RSVP provides quality of service By Naveen Joy *Network World*, 06/17/02

50. Real-time communication protocols: an overview, Ferdy Hanssen and Pierre G. Jansen, October 2003, Netherlands Organisation for Scientific Research.

51 ST2 Protocol Specification RFC 1819 August 1995 Delgrossi & Berger, Editors Experimental.

52. An Architectural Comparison of ST-II and RSVP Danny J. Mitzel Computer Science Dept. University of Southern California Deborah Estrin Xerox PARC Scott Hughes Aircraft Co. Shenker Lixia Zhang USC/Information Sciences Institute

53. [www.reálnetworks.com/products/drm/index.html](http://www.reálnetworks.com/products/drm/index.html)

54. [www.microsoft.com/windows/windowsmedia/technologies/overview.aspx](http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/technologies/overview.aspx)

55. [www.RealNetworks.com](http://www.RealNetworks.com)

56. [developer.apple.com/quicktime/qttutorial](http://developer.apple.com/quicktime/qttutorial)

57. [www.vnunet.com/News/1127234](http://www.vnunet.com/News/1127234)

58. <http://www.isi.edu/div7/rsvp/rsvp.html>

59. Multimedia Networks: Fundamentals and future directions Nalin Sharda Victoria University of Technology Melbourne, Australia Communications of the Association for Information Systems Volume 1 Article 10.

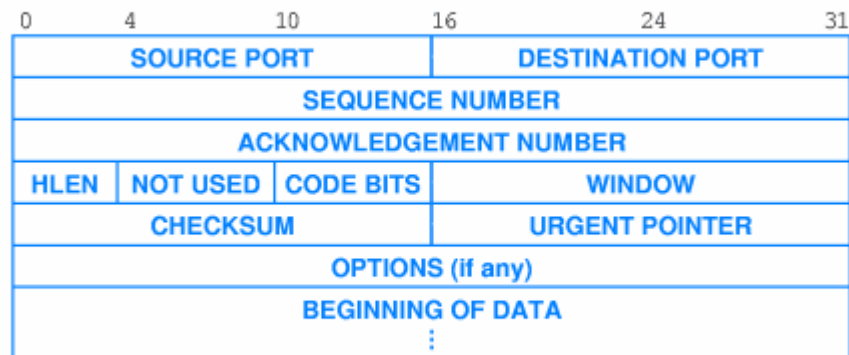
## Λεξιλόγιο

Acknowledgment	Επιβεβαίωση λήψης
Bandwidth	Εύρος ζώνης
Broadcast	Ευρεία εκπομπή
Browser	Περιηγητής
Client – Server	Πελάτης Διακομιστής
Congestion Avoidance	Αποφυγή συμφόρησης
Congestion Control	Έλεγχος συμφόρησης
Connection establishment	Εγκαθίδρυση σύνδεσης
Connection termination	Τερματισμός Σύνδεσης
Delay	Καθυστέρηση
Delay Jitter	Διαταραχή καθυστέρησης
Demultiplexing	Αποπολύπλεξη
End to end	Από άκρο σε άκρο
Endpoint	Τελικό σύστημα
Flow Control	Έλεγχος ροής
FTP (File transfer Protocol )	Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων
Framework	Σκελετός
Goodput	Πραγματική Απόδοση
Guaranteed Service	Εγγυημένη υπηρεσία
Internet Checksum	Διαδικτυακός έλεγχος αθροίσματος
Multicast	Επιλεκτική Πολυεκπομπή
Multiplexing	Πολύπλεξη
Ordering	Ταξινόμηση
Overhead	Επιβάρυνση
Parity check	Έλεγχος ισοτιμίας
Peak Rate	Μέγιστος Επιτρεπόμενος ρυθμός
Payload Type	Τύπος ωφέλιμου φορτίου
Processing Delay	Καθυστέρηση επεξεργασίας
Propagation Delay	Καθυστέρηση Διάδοσης
Retransmission	Επαναμεταφορά
Router	Δρομολογητής
RSVP (Reservation Protocol)	Πρωτόκολλα Δέσμευσης πόρων
Session	Σύνοδος, Συνδιάλεξη
Sliding Window	Κυλιόμενο παράθυρο
Switch	Μεταγωγέας (διακόπτης)
TCP (transmission Control Protocol)	Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης
Threshold	Όριο γραμμή οριοθέτησης
Throughput	Απόδοση
Token Bucket	Κάδος κουπονιών
Transmission Delay	Καθυστέρηση μετάδοσης/μεταβίβασης
UDP (User Datagram Protocol)	Πρωτόκολλο του χρήστη αυτοδύναμων πακέτων
Unicast	Μονοεκπομπή
QOS (Quality of Service)	Ποιότητα υπηρεσιών δικτύου

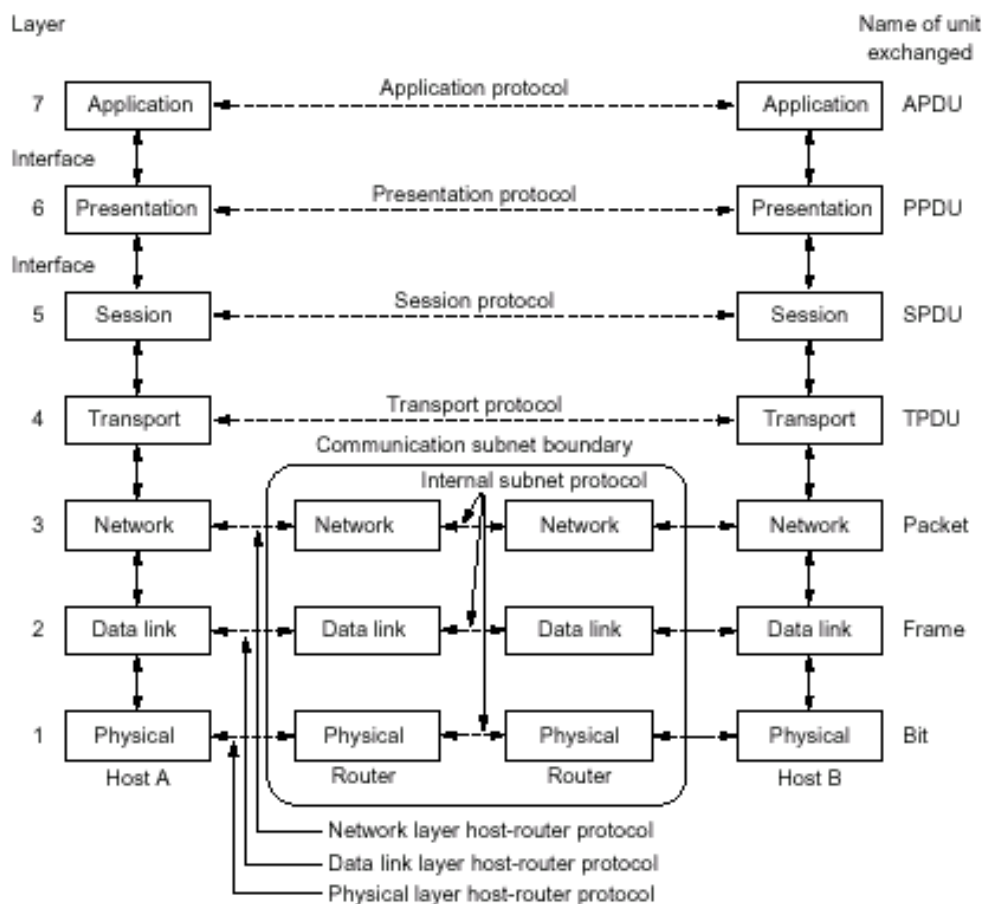
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

<b>Media Access (Physical) Protocols</b>	Specify the mechanisms for client and server nodes on a network to interface to the transmission media.
<b>Data-Link Protocols</b>	Specify the control characters and the lowest level mechanisms for transmitting packets of data in successive small segments (called <i>frames</i> ) between nodes.
<b>Network Protocols</b>	Means by which packets of data are routed through the network from sender to receiver. This level is more concerned with the path the packets take not the content of those packets.
<b>Transport Protocols</b>	Assume responsibility for the delivering of a potentially large message from the sending application on one network to the receiving destination.
<b>Session Protocols</b>	Responsible for negotiating parameters for the link (i.e. which layer 3 protocol to use).
<b>Presentation Protocols</b>	Responsible for making sure that data is viewed the same on both ends of the communication. Can also be used for encryption and compression.
<b>Application Protocols</b>	Forms the working toolset for network users and the applications that are written to support them.

*Εικόνα 1 Λειτουργίες των layers του TCP/IP:*



**Εικόνα 2** Μορφή τμήματος του TCP. Κάθε μήνυμα που στέλνεται από το λογισμικό TCP ενός υπολογιστή στο λογισμικό TCP ενός άλλου χρησιμοποιεί αυτή τη μορφή, συμπεριλαμβανομένων των μηνυμάτων δεδομένων και επιβεβαιώσεων.



**Εικόνα 3.** Το μοντέλο OSI

### Εφαρμογής

Διαχειριστικές λειτουργίες, WWW, FTP, SMTP, κτλ

### Παρουσίασης

Μορφή και σύνταξη των δεδομένων (π.χ.ASCII, Unicode)

Συμπίεση

Κρυπτογράφηση

### Συνόδου

Τρόπος διαλόγου: full-duplex ή half-duplex

**Ομαδοποίηση:** Η ροή των δεδομένων καθορίζεται σε ομάδες (συνόδους) για ξεχωριστές επεξεργασίες.

**Ανάκτηση:** παρέχει έναν μηχανισμό με σημεία ελέγχου για επανάκτηση της πληροφορίας σε περίπτωση βλάβης

### Μεταφοράς

**Υπηρεσία με σύνδεση:** νοητή σύνδεση με προκαθορισμένη διαδρομή

**Υπηρεσία χωρίς σύνδεση:** νοητή σύνδεση χωρίς καθορισμένη διαδρομή (datagrams)

**Έλεγχος ασφαμάτων πλαισίων και ανάκτηση:** παράδοση των πλαισίων στη σωστή σειρά, χωρίς απώλειες ή πολλαπλά αντίγραφα

### Δικτύου

**Απομόνωση των παραπάνω στρωμάτων από την τεχνολογία του δικτύου:**

τρόπος μεταγωγής και μεταφοράς της πληροφορίας

**Έλεγχος Δρομολόγησης:** εντοπισμός ενεργών υπολογιστών/δρομολογητών στο δίκτυο, προσδιορισμός των καλύτερων δρομολογήσεων για μια σύνδεση, υποστήριξη multicast/broadcast μετάδοσης

**Έλεγχος συμφόρησης:** λήψη μέτρων για αποφυγή και αντιμετώπιση συμφόρησης σε μεγάλη κίνηση, εντόπιση των συμφορημένων σημείων ενός δικτύου

### Ζεύξης Δεδομένων

**Πλαισίωση:** καθορισμός της αρχής και του τέλους των πλαισίων

**Έλεγχος ασφαμάτων:** ανίχνευση και αντιμετώπιση bit ασφαμάτων

**Έλεγχος ροής:** προστασία από πλημμύρα δεδομένων σε αργούς δέκτες με την χρήση πακέτων επαλήθευσης (ACK).

### Φυσικό Επίπεδο

**Μηχανικό:** φυσικές ιδιότητες της διεπαφής

**Ηλεκτρικό:** αναπαράσταση των bits σε σχέση με τα επίπεδα τάσης ρεύματος) και στο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (bits)

**Λειτουργικό:** λειτουργίες της φυσικής διεπαφής ανάμεσα σε ένα σύστημα και στο μέσο μετάδοσης

**Διαδικαστικό:** (ακολουθία γεγονότων κατά τα οποία σειρές από bits ανταλλάσσονται μέσω ενός φυσικού μέσου)

*Πίνακας 2 Λειτουργίες των επιπέδων OSI.*

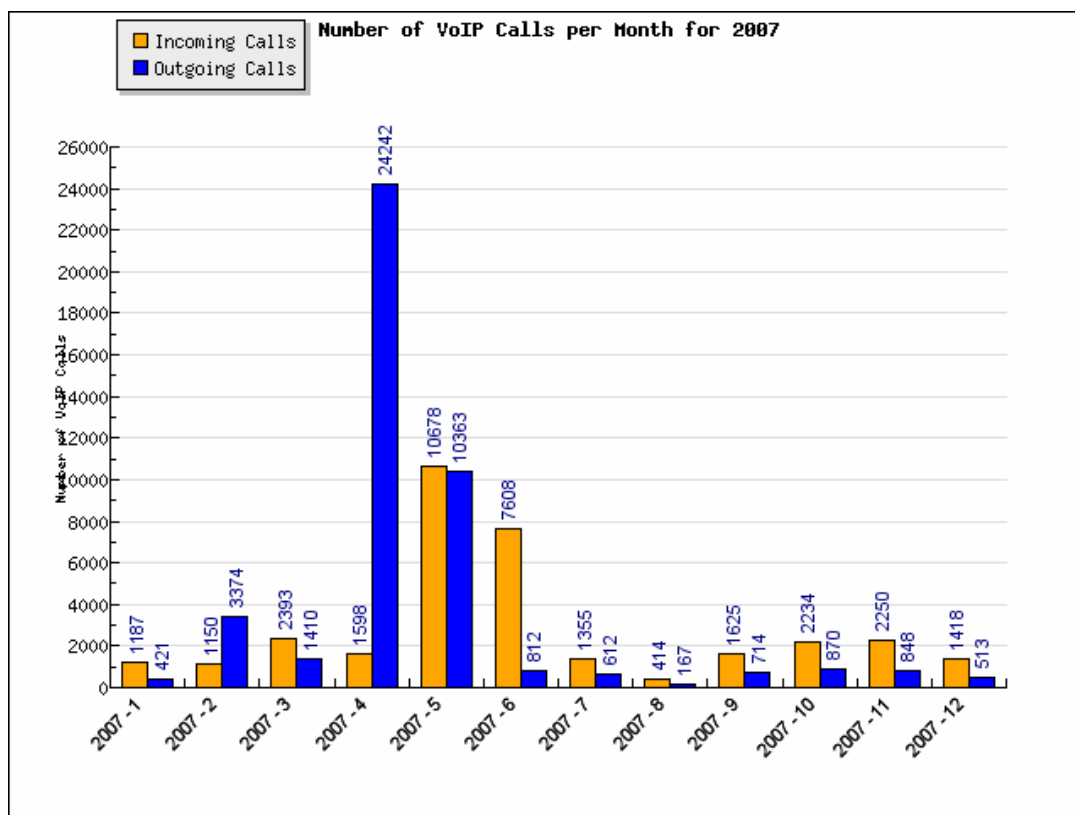


2. Table of Listed Organizations

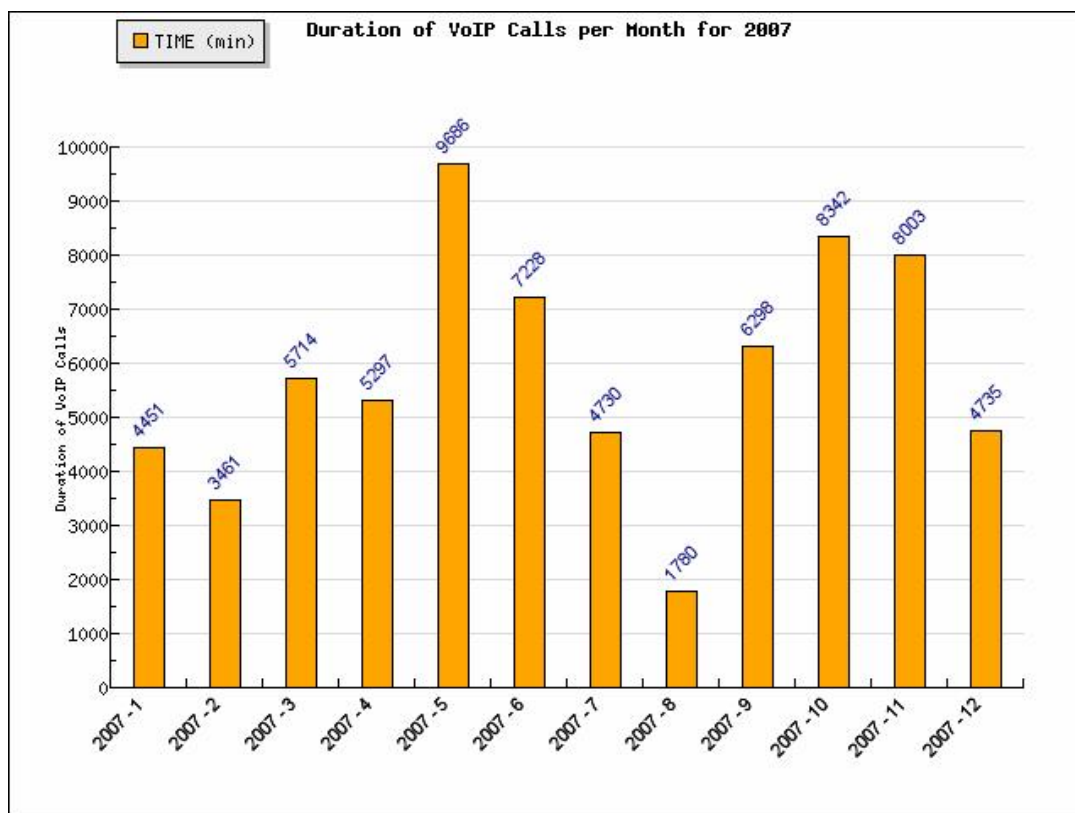
=====

Organization	Router	Host	Toolkit	Other	Page
3Com	x	-	-	-	3
Ascend Communications	x	-	-	-	7
Bay Networks	x	-	-	-	8
CEFRIEL/Politecnico di Milano	-	x	-	-	10
CERE / CNR	x	x	-	-	15
Cisco	x	-	-	-	16
CLASS Data Systems	-	x	-	-	18
CSELT	x	x	x	-	19
Digital Equipment Corp.	-	x	-	-	21
Fore Systems	x	x	-	-	22
Furukawa Electric	x	-	-	-	24
Future Software	x	-	-	-	25
George Mason Univ.	-	-	-	x	26
GMD Fokus - STEP	x	-	-	-	27
Hewlett-Packard	-	x	-	-	28
IBM Research Center	x	-	-	-	30
Intel Corp.	x	x	-	-	31
IPHighway	x	x	x	-	33
Juniper Networks	x	-	-	-	35
MICOM	-	x	x	x	36
Microsoft Corp.	-	x	x	-	37
NEC USA	x	-	-	-	39
Newbridge	x	-	-	-	40
Newlink	-	-	-	x	43
Nortel	-	x	-	-	44
Pivotal Networking	x	-	-	-	45
Precept Software	-	x	x	x	46
Qosnetics	x	x	-	-	48
Rensselaer Polytechnic Inst.	x	x	-	-	51
Routerware	x	x	-	-	52
Silicon Graphics	x	x	x	-	53
Sony Computer Science Lab.	x	x	-	-	54
Sun Microsystems	x	x	x	-	56
Tektronix	-	x	-	-	57
TIK/ETH Zurich	x	x	x	-	58
Torrent Networking	x	-	-	-	60
Univ. of Toronto	x	x	-	-	61
US Nat'l. Inst. Science & Tech.	-	-	x	-	62
US Navy Research Lab.	-	-	-	x	64

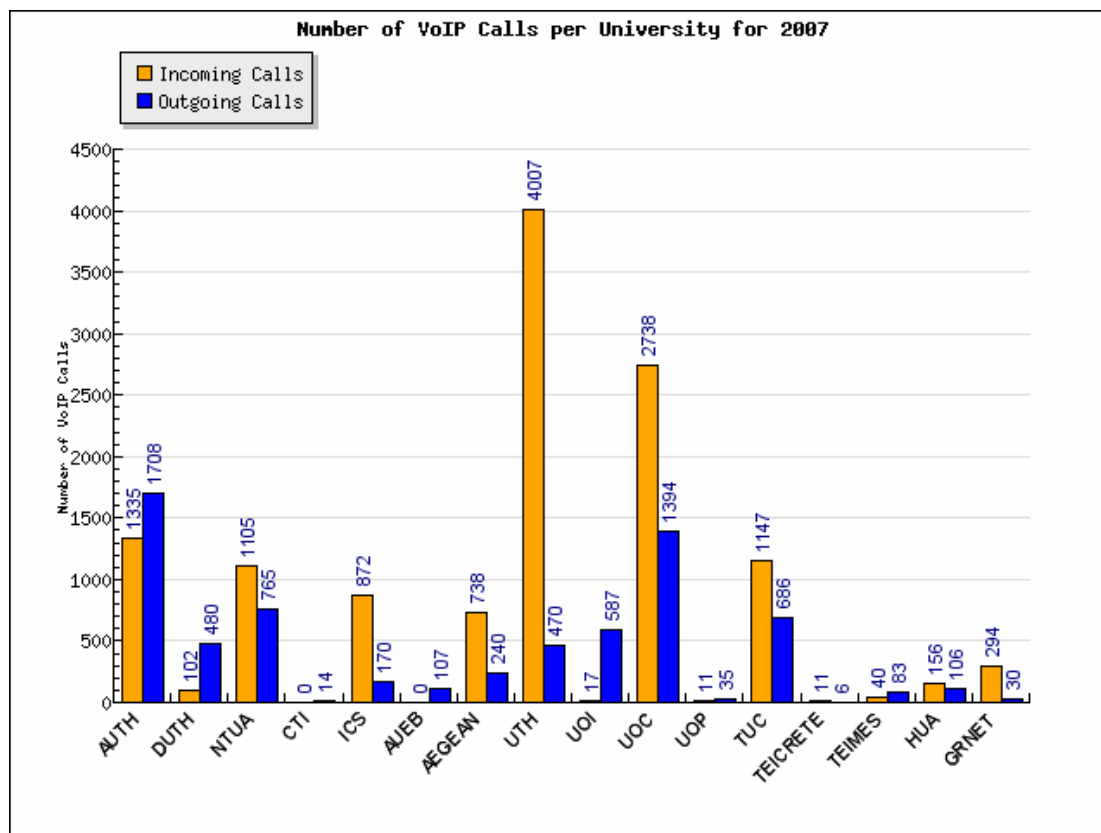
Υλοποιήσεις του RSVP και διάφορες εμπορικές εφαρμογές του.



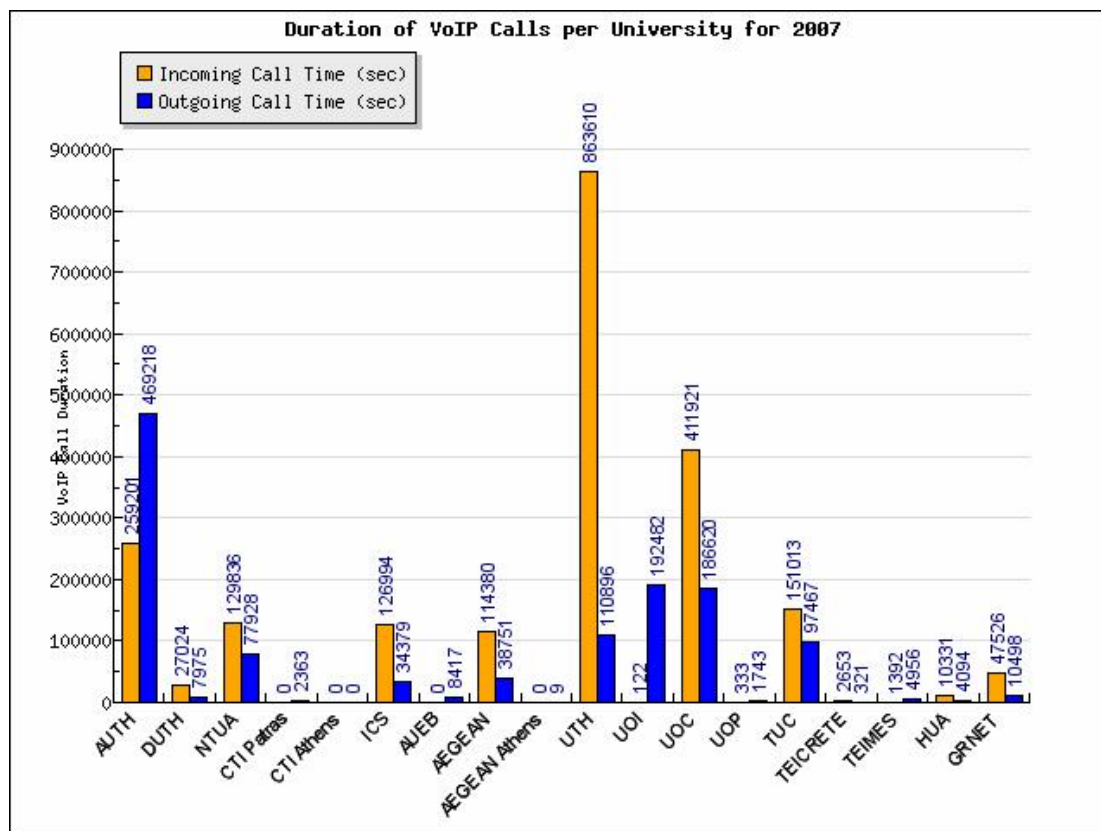
Εικόνα 4 Αριθμός VoIP κλήσεων ανά μήνα για το έτος 2007



Εικόνα 5 Διάρκεια VoIP κλήσεων ανά μήνα για το έτος 2007



Εικόνα 6 Αριθμός VoIP κλήσεων ανά Ακαδημαϊκό Ίδρυμα για το έτος 2007



Εικόνα 7 Διάρκεια VoIP κλήσεων ανά Ακαδημαϊκό Ίδρυμα για το έτος 2007