



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ**

*ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ*

***ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ***

***ΚΑΙ***

***ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ***

---

***ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ  
ΧΡΟΝΟΥ***

---

***ΜΑΡΓΑΡΙΤΗ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ***

**A.M 5346**

***ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ***

**ΠΑΤΡΑ 2015**



---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

---

<b>Ακρωνύμια</b> .....	4
<b>Πρόλογος</b> .....	5
<b>1.Εισαγωγικές έννοιες</b> .....	6
<b>1.1</b> Εισαγωγή .....	6
<b>1.2</b> Δικτύωση πολυμέσων .....	7
<b>1.2.1</b> Εφαρμογές .....	7
<b>1.2.2</b> Προβλήματα .....	8
<b>1.3</b> Παραδοσιακά πρωτόκολλα μεταφοράς .....	9
<b>2. Πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου</b> .....	14
<b>2.1</b> Χαρακτηριστικά πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου .....	14
<b>2.2</b> RTP .....	15
<b>2.2.1</b> Εφαρμογές .....	16
<b>2.2.2</b> Χαρακτηριστικά .....	16
<b>2.2.3</b> Ρόλοι .....	17
<b>2.2.4</b> RTP Επικεφαλίδα .....	20
<b>2.3</b> RTCP .....	21
<b>2.3.1</b> Υπηρεσίες .....	21
<b>2.3.2</b> Πακέτα .....	23
<b>2.3.3</b> Ρυθμός αποστολής RTCP πακέτων .....	24
<b>2.4</b> Λειτουργία RTP-RTCP .....	25

---

<b>2.4.1</b> Σενάριο λειτουργίας RTP/RTCP .....	25
<b>2.4.2</b> Σύνοδοι (sessions) .....	26
<b>2.5</b> Σύνοψη χαρακτηριστικών RTP/RTCP .....	27
<b>3.</b> Πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής .....	29
<b>3.1</b> RTSP .....	29
<b>3.1.1</b> Χαρακτηριστικά .....	29
<b>3.1.2</b> Δυνατότητες .....	31
<b>3.1.3</b> Λειτουργίες και μέθοδοι .....	31
<b>3.1.4</b> Σύνοψη .....	34
<b>4.</b> Κάλυψη σφαλμάτων .....	35
<b>4.1</b> Υπερκάλυψη σφαλμάτων ήχου .....	35
<b>4.2</b> Υπερκάλυψη σφαλμάτων βίντεο .....	38
<b>5.</b> Διόρθωση σφαλμάτων .....	39
<b>5.1</b> Σφάλματα κατά τη μεταφορά των πακέτων .....	39
<b>5.2</b> Κωδικοποίηση καναλιού .....	40
<b>5.3</b> Επαναμετάδοση .....	41
<b>Επίλογος</b> .....	42
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	43

---

# ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

*FEC - Forward Error Recovery*

*IP - Internet Protocol*

*IETF - Internet Engineering Task Force*

*NAT - Network Address Translation*

*NVP - Network Voice Protocol*

*QoS - Quality of Service*

*RFC - Requests for Comments*

*RTSP - Real-Time Control Protocol*

*RTSP - Real-Time Streaming Protocol*

*RTP - Real-Time Transport Protocol*

*TCP - Transmission Control Protocol*

*UDP - User Datagram Protocol*

*URI - Uniform Resource Identifier*

*URL - Uniform Resource Locator*

---

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

---

Η ιδέα χρήσης πακέτων δικτύων όπως το Internet για μεταφορά φωνής και βίντεο δεν είναι νέα. Πειράματα με μεταφορά φωνής μέσω του δικτύου εμφανίστηκαν στις αρχές του 1970. Οι σημειώσεις μέσα στις σειρές RFC, για το Network Voice Protocol (NVP) χρονολογούνται από το 1977. Το βίντεο ήρθε αργότερα αλλά επίσης υπάρχουν πάνω από δέκα χρόνια εμπειρίας ροής βίντεο/ήχου στο διαδίκτυο. Αργότερα από αυτά τα πρώιμα πειράματα το ενδιαφέρον για χρήση βίντεο στη διαδικτυακή επικοινωνία εμφανίστηκε στις αρχές του 1990. Τότε περίπου ξεκίνησε και η ανάγκη για υπηρεσίες πολυμέσων σε σταθμούς αλλά και προσωπικούς υπολογιστές ώστε να είναι δυνατή η συμπίεση και η επαναμετάδοση ροής ήχου και βίντεο. Παράλληλα, ήρθε η ανάπτυξη της πολλαπλής μετάδοσης που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο, σε έναν οποιοδήποτε αριθμό δεκτών που συνδέονται στο διαδίκτυο.

Το Real Time Transport Protocol (RTP) δημιουργήθηκε από την ομάδα Internet Engineering Task Force (IETF) την περίοδο 1992-1996, βασιζόμενο στο NVP-II και στο πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στο αυθεντικό vat tool (εφαρμογή διάδοσης ήχου που δημιουργήθηκε από το Network Research Group of Lawrence Berkeley National Laboratory). Οι εφαρμογές πολλαπλής μετάδοσης χρησιμοποιούσαν το RTP σαν προσωπικό τους πρωτόκολλο ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων. Το RTP δεν περιλαμβάνει μόνο την ικανότητα παράδοσης πολυμέσων αλλά επίσης υποστηρίζει διαχείριση των μελών, συγχρονισμό ήχου-εικόνας, καθώς επίσης και αναφορά ποιότητας λήψης.

Στη συνέχεια της εργασίας θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά στην αναγκαιότητα αλλά και τη λειτουργία των πρωτοκόλλων μεταφοράς πραγματικού χρόνου .

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

---

## 1.1 Εισαγωγή

Ακόμα και αν λάβουμε υπ' όψη μας τις προόδους στην συμπίεση της πληροφορίας, οι απαιτήσεις που έχει η μετάδοση video και ήχου σε πραγματικό χρόνο, δυσχεραίνει σημαντικά την υλοποίηση πολλών εφαρμογών πολυμέσων. Παρ' όλο που υπάρχουν φυσικά μέσα, όπως οι οπτικές ίνες, που μπορούν να προσφέρουν μεγάλο εύρος ζώνης, και η τεχνολογία μεταγωγής (switching technology) και επεξεργασίας πρέπει να ακολουθήσει.

Οι εφαρμογές πολυμέσων έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι απαιτούν διάφορα είδη ροών πληροφορίας. Όταν μεταδίδεται video ή ήχος ή γενικότερα πληροφορία που εξαρτάται από το χρόνο, αυτό που παίζει σημαντικό ρόλο, είναι η ικανότητα του δικτύου να διατηρεί ένα σταθερό, και συνήθως αρκετά μεγάλο, ρυθμό μεταφοράς δεδομένων. Ο συγχρονισμός της πληροφορίας στο δέκτη μπορεί να γίνει μόνο αν το δίκτυο έχει μικρές καθυστερήσεις μεταφοράς με ανεκτή μεταβλητότητα. Αυτού του είδους η ροή ονομάζεται ισόχρονη (isochronous) και σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του δικτύου.

Από την άλλη πλευρά, πολλές interactive εφαρμογές έχουν την τάση να μεταδίδουν πληροφορία με εκρήξεις (bursts). Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν μεγάλα διαστήματα με μικρή ή και καθόλου επικοινωνία, που διακόπτονται από μεταδόσεις μεγάλων όγκων πληροφορίας. Αυτού του είδους η ροή, που ονομάζεται αλλιώς και ασύγχρονη (asynchronous), συναντάται συχνότερα στην πράξη.

---

Οι εφαρμογές πολυμέσων απαιτούν δίκτυα που να προσφέρουν και τα δύο χαρακτηριστικά ταυτόχρονα, πράγμα που είναι δύσκολο.

## 1.2 Δικτύωση πολυμέσων

Με τον όρο δικτύωση πολυμέσων (multimedia networking) εννοούμε την ανάπτυξη του υλικού, του λογισμικού και των εφαρμογών με τέτοιο τρόπο ώστε οι χρήστες να μπορούν να επικοινωνούν με πολυμεσική πληροφορία.

### 1.2.1 Εφαρμογές

Υπάρχουν τρεις τύποι εφαρμογών δικτύωσης πολυμέσων:

- Με τη ροή (*streaming*) αποθηκευμένου ήχου,βίντεο μπορεί να ξεκινήσει το playout πριν κατέβει ολόκληρο το αρχείο ενώ λόγω της αποθήκευσής του (στο server) μπορεί να μεταδώσει ταχύτερα από ότι θα αναπαράγεται ο ήχος/video (υπονοεί αποθήκευση/ενταμίευση στον πελάτη). π.χ. YouTube, Netflix, Hulu

Με τον όρο streaming εννοούμενο ότι την ώρα που ο χρήστης αναπαράγει ένα αρχικό κομμάτι του βίντεο , ο server αποστέλλει το επόμενο κομμάτι του βίντεο. Σε αυτήν την λειτουργία πρέπει να υπάρχει περιορισμός συνεχούς αναπαραγωγής : μόλις ξεκινήσει η αναπαραγωγή από τον πελάτη, πρέπει να ταιριάζει με τον αρχικό συγχρονισμό. Ωστόσο οι καθυστερήσεις στο δίκτυο ποικίλλουν (jitter), οπότε θα χρειαστεί ενταμιευτής στην πλευρά του πελάτη για να ταιριάζει τις απαιτήσεις αναπαραγωγής. Επίσης, πρέπει να υποστηρίζει αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα (pause, fast-forward, rewind κλπ ) ενώ πακέτα βίντεο μπορεί να χαθούν ή να αναμεταδοθούν.

- Με τη *συνδιάλεξη φωνής / βίντεο over IP* επιτυγχάνεται μια διαδραστική φύση συνομιλίας ανθρώπου με άνθρωπο ενώ περιορίζεται η ανοχή στις καθυστερήσεις.

Στη μετάδοση φωνής μέσω του διαδικτύου , η φωνή χρειάζεται αρχικά να ψηφιοποιηθεί , κάτι που γίνεται από τον πάροχο του Internet ή ακόμα κι από



---

προσωπικό υπολογιστή. Αντίστοιχα, με χρήση πολύπλοκων αλγορίθμων τεμαχίζεται η φωνή σε πακέτα τα οποία διευθυνσιοδοτούνται και αποστέλονται μέσω IP για να επανασυναρμολογηθούν και πάλι από τον ίδιο πάροχο. Είναι πολύ πιθανό ωστόσο κάποια από αυτά τα πακέτα να χαθούν καθώς όμως αναφερόμαστε σε πραγματικό χρόνο δε θα ήταν συμβατό να ζητηθεί επαναμετάδοση αυτών των πακέτων αφού θα υπήρχαν πολύ μεγάλες καθυστερήσεις. Επομένως το πρόβλημα αναλαμβάνουν να λύσουν πολύπλοκα συστήματα ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών που παράγουν ήχο προκειμένου να γεμίσει τα κενά των χαμένων πακέτων. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στην πρόβλεψη των χαμένων κομματιού ήχου και στην παραγωγή της κατάλληλης ηχητικής πληροφορίας ώστε η ποιότητα της επικοινωνίας να πληγεί όσο το δυνατόν λιγότερο. Αφού τελικά η πληροφορία φτάσει στον προορισμό της, συναρμολογείται και αποσυμπιέζεται.

- Η ζωντανή ροή ήχου / βίντεο.  
π.χ. ζωντανό αθλητικό γεγονός (ποδόσφαιρο)

Αντίστοιχα κι εδώ μετά την κωδικοποίηση της πληροφορίας όταν αυτή ζητηθεί, αρχίζει να μεταδίδεται συνεχώς προς τον χρήστη.

### **1.2.2 Προβλήματα**

Στη δικτύωση πολυμέσων παρουσιάζονται τα εξής προβλήματα :

- Απαιτείται πολύ μεγάλο εύρος ζώνης
- Απαιτούν επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο
- Μια ροή πολυμεσικών δεδομένων μεταδίδεται συνήθως με εξάρσεις στο ρυθμό μετάδοσης (bursty)

Το διαδίκτυο είναι ελκυστική λύση για μετάδοση δεδομένων λόγω χαμηλού κόστους. Ωστόσο κι εδώ δε λείπουν να προβλήματα :

- Λόγω του μεγάλου όγκου πληροφορίας θα πρέπει να περιέχει μεγάλη χωρητικότητα.
- Τα πολυμέσα δεδομένων συνήθως πρέπει να στέλνονται σε ομάδες χρηστών

- 
- Οι εφαρμογές πολυμέσων πραγματικού χρόνου απαιτούν εγγυημένη χωρητικότητα κατά τη διάρκεια μετάδοσης δεδομένων
  - Το διαδίκτυο είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων όπου τα πακέτα δρομολογούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο επομένως μπορεί να εισαχθούν καθυστερήσεις
  - Είναι απαραίτητη η ύπαρξη λειτουργιών για το χειρισμό της παρουσίασης των πολυμεσικών πληροφοριών

### 1.3 Παραδοσιακά πρωτόκολλα μεταφοράς

- Το *Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP)* (Internet Protocol), αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομενογραμμάτων ( datagrams), δηλαδή πακέτων δεδομένων, σε ένα διαδίκτυο. Είναι υπεύθυνο για τη διευθυνσιοδότηση των κόμβων και την δρομολόγηση των πακέτων από έναν υπολογιστή προς έναν τελικό προορισμό, κατά μήκος ενός ή περισσότερων δικτύων. Εκτός από τον ορισμό της μορφής των αυτοδύναμων πακέτων, το Πρωτόκολλο IP ορίζει τη σημασιολογία της επικοινωνίας, και χρησιμοποιεί τον όρο βέλτιστη προσπάθεια, για να περιγράψει την υπηρεσία που παρέχει. Ουσιαστικά το πρότυπο αυτό ορίζει, ότι παρ' όλο που το πρωτόκολλο IP κάνει τη βέλτιστη δυνατή προσπάθεια για να αποδώσει ένα πακέτο στο προορισμό του, το υποκείμενο υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα τα εκάστοτε δίκτυα που διασχίζει, μπορεί να συμπεριφερθεί λανθασμένα. Έτσι, το πρωτόκολλο, δεν εγγυάται ότι θα μπορέσει να αντιμετωπίσει τα παρακάτω προβλήματα:
  - Αλλοίωση δεδομένων
  - Απώλεια αυτοδύναμου πακέτου
  - Επανάληψη αυτοδύναμου πακέτου
  - Επίδοση με καθυστέρηση ή εκτός σειράς.
- Το *πρωτόκολλο User Datagram Protocol (UDP)* είναι ένα από τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο. Μία εναλλακτική

---

ονομασία του πρωτοκόλλου είναι Universal Datagram Protocol. Διάφορα προγράμματα χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP για την αποστολή σύντομων μηνυμάτων (γνωστών και ως datagrams) από τον έναν υπολογιστή στον άλλον μέσα σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του UDP είναι ότι δεν εγγυάται αξιόπιστη επικοινωνία. Τα πακέτα UDP που αποστέλλονται από έναν υπολογιστή μπορεί να φτάσουν στον παραλήπτη με λάθος σειρά, διπλά ή να μην φτάσουν καθόλου εάν το δίκτυο έχει μεγάλο φόρτο. Η έλλειψη των απαιτούμενων μηχανισμών αξιοπιστίας το καθιστά αρκετά ιδιαίτερα γρήγορο και αποτελεσματικό, τουλάχιστον για τις εφαρμογές εκείνες που δεν απαιτούν αξιόπιστη επικοινωνία.

- *Το TCP (Transmission Control Protocol - Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς)* είναι ένα από τα κυριότερα πρωτόκολλα της Σουίτας Πρωτοκόλλων Διαδικτύου. Βρίσκεται πάνω από το IP protocol (πρωτόκολλο IP). Οι κύριοι στόχοι του πρωτοκόλλου TCP είναι να επιβεβαιώνεται η αξιόπιστη αποστολή και λήψη δεδομένων, επίσης να μεταφέρονται τα δεδομένα χωρίς λάθη μεταξύ του στρώματος δικτύου (network layer) και του στρώματος εφαρμογής (application layer) και, φτάνοντας στο πρόγραμμα του στρώματος εφαρμογής, να έχουν σωστή σειρά. Οι περισσότερες σύγχρονες υπηρεσίες στο Διαδίκτυο βασίζονται στο TCP, χρησιμοποιείται σχεδόν παντού, για αμφίδρομη επικοινωνία μέσω δικτύου.

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι τα πρωτόκολλα αυτά δεν είναι φτιαγμένα για υψηλή απόδοση. Τα μειονεκτήματά τους στη μετάδοση πολυμέσων αφορούν τη καθυστέρηση λόγω των αναμεταδόσεων καθώς και το μεταβαλλόμενο ρυθμό μετάδοσης. Δεν παρέχουν Quality of Service (QoS) ή multicast υπηρεσίες. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι είναι ακατάλληλα για πολυμεσιακή επικοινωνία. Πέρα από τη δομή τους θα περιγράψουμε ορισμένα χαρακτηριστικά των πρωτοκόλλων αυτών που είναι ακατάλληλα για υψηλής ταχύτητας εφαρμογές πολυμέσων.

---

### Πολύπλεξη

Η πολύπλεξη είναι μια λειτουργία σύμφωνα με την οποία ροές ψηφιακών δεδομένων ή αναλογικά σήματα από διαφορετικές πηγές πολυπλέκονται με σκοπό να "περάσουν" μέσα από μια μόνο σύνδεση. Με αυτόν τον τρόπο κάποιος πόρος, ο οποίος είναι σπάνιος, διαμοιράζεται σε πολλαπλούς χρήστες με τους ανώτερους πελάτες να μοιράζονται τους πόρους ενός χαμηλότερου επιπέδου. Μερικές φορές η πολύπλεξη είναι απαραίτητη, όπως στην περίπτωση που πολλές συνδέσεις μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης. Η αντίστροφη διαδικασία εκτελείται από τον κάθε παραλήπτη, για να απομονωθεί το ζητούμενο πακέτο ή σήμα, και ονομάζεται αποπολυπλεξία. Οι δύο αυτές λειτουργίες αυξάνουν την πολυπλοκότητα των πρωτοκόλλων και των υλοποιήσεών τους, καταλήγοντας τελικά να προσφέρουν χαμηλό throughput. Επιπλέον, οι διαφορετικές ροές δεδομένων επηρεάζουν η μία την άλλη καθυστερώντας τη μετάδοση ενώ οι συνδέσεις που δυσλειτουργούν δεν μπορούν να αναγνωριστούν και να αντιμετωπιστούν στο κατώτερο στρώμα, προκαλώντας έτσι καθυστέρηση στα δεδομένα άλλων συνδέσεων. Το ίδιο συμβαίνει και με τις συνδέσεις διαφορετικών QoS απαιτήσεων με αποτέλεσμα είτε να μην ικανοποιούνται είτε να γίνεται υπέρμετρη σπατάλη πόρων.

### Έλεγχος ροής

Η πιο κοινή μέθοδος ελέγχου ροής είναι η χρήση του αλγορίθμου κυλιόμενου παραθύρου (sliding window) στην οποία ο δέκτης δίνει την άδεια στον πομπό για τη μετάδοση δεδομένων μέχρι να γεμίσει ένα παράθυρο. Όταν το παράθυρο είναι πλήρες, ο πομπός πρέπει να σταματήσει να εκπέμπει μέχρι ο δέκτης να ενημερώσει για ένα μεγαλύτερο παράθυρο.

Για μεταδόσεις υψηλής ταχύτητας ο έλεγχος ροής κυλιόμενου παραθύρου δεν είναι κατάλληλος. Το μέγεθος παραθύρου είναι υπερβολικά μικρό και ο πομπός την περισσότερη ώρα θα περιμένει για την άδεια μετάδοσης από τον παραλήπτη. Έτσι, το εύρος ζώνης της μετάδοσης δε

---

χρησιμοποιείται πλήρως. Επίσης ο έλεγχος ροής κυλιόμενου παραθύρου δεν είναι από τη φύση του κατάλληλος για δεδομένα πολυμέσων αφού παίρνει ως δεδομένο 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. Μια διακοπτόμενη μετάδοση και λήψη δεδομένων ήχου και εικόνας θα ήταν πρόβλημα στη μεταφορά πολυμέσων πραγματικού χρόνου.

### **Έλεγχος λαθών**

Το TCP παρέχει αξιόπιστη επικοινωνία δεδομένων. Σε περίπτωση που κάποιο πακέτο χάνεται ή αλλοιώνεται, τότε το πακέτο αυτό επαναμεταδίδεται. Όσον αφορά στη πολυμεσιακή επικοινωνία κάτι τέτοιο δεν είναι επιθυμητό. Πέραν του ότι η απώλεια κάποιων δεδομένων δεν αποτελεί κύριο πρόβλημα, η επαναμετάδοση προκαλεί καθυστέρηση των επόμενων δεδομένων με αποτέλεσμα η ροή μετάδοσης να επιβραδύνεται. Επίσης καθυστέρηση προσθέτουν οι μεγάλες μηνύμες και οι χρονομετρητές που είναι απαραίτητοι για αυτή τη λειτουργία ενώ κάνουν το σύστημα πολύπλοκο. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα τη διόρθωση λαθών σε μετάδοση πραγματικού χρόνου αναλαμβάνουν μηχανισμοί ανίχνευσης και πρόβλεψης σφαλμάτων ώστε να γεμίσουν τα δημιουργημένα κενά.

### **Πληροφορίες ελέγχου**

Τα πρωτόκολλα λειτουργούν ανταλλάσσοντας πληροφορίες κατάστασης μέσω επικεφαλίδων ή μεταδίδοντας ειδικά πακέτα που δεν περιέχουν δεδομένα. Στη συνέχεια ο μηχανισμός κατάστασης ελέγχου πρωτοκόλλου αποκωδικοποιεί τα μηνύματα αυτά και παίρνει τις αντίστοιχες πληροφορίες.

Η πολυπλοκότητα και το throughput του πρωτοκόλλου εξαρτάται από τη θέση της πληροφορίας ελέγχου σε κάθε πακέτο. Στην περίπτωση που αυτή είναι σταθερή επιτρέπει πιο απλή υλοποίηση και υψηλότερο

---

throughput. Επίσης, αν η πληροφορία ελέγχου είναι ευθυγραμμισμένη με τα bytes της μηχανής ή τα όρια των λέξεων (words) επιτρέπει γρηγορότερη υλοποίηση.

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

---

---

Τα πρωτόκολλα μεταφοράς πολυμέσων δεν χρειάζεται να είναι πολύπλοκα ή “βαριές” εφαρμογές όπως είναι ένα πρωτόκολλο για πολλές χρήσεις σαν το TCP/IP.

Ο σκοπός των πρωτοκόλλων μεταφοράς είναι να προσφέρουν υπηρεσίες οι οποίες είναι συγκεκριμένες σε ένα λογικό εύρος εφαρμογών και να προσφέρουν υπηρεσίες οι οποίες είναι εξειδικευμένες και δεν είναι κοινές σε όλες τις εφαρμογές, συνεπώς δεν είναι απαραίτητα στις γενικές υπηρεσίες δικτύων.

Από αυτή την σκοπιά τα πρωτόκολλα για μεταφορά πολυμέσων πρέπει να προσφέρουν υπηρεσίες για ένα κοινό σετ υπηρεσιών πολυμέσων, οι οποίες υπηρεσίες θα μπορούν εύκολα να διακριθούν σε σχέση με απλές υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων.

## 2.1 Χαρακτηριστικά πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου

- Μία βασική υπηρεσία πλαισίου είναι απαραίτητη, που θα ορίζει την μονάδα μεταφοράς, τυπικά κοινό με την μονάδα συγχρονισμού.
- Απαραίτητη επίσης είναι η δυνατότητα multicast καθώς σε πολλές περιπτώσεις η ίδια πληροφορία πρέπει να μεταφέρεται σε πολλούς χρήστες.
- Το throughput ενός πρωτοκόλλου μεταφοράς πρέπει να είναι υψηλότερο από την ταχύτητα προσπέλασης του δικτύου. Διαφορετικά, το εύρος ζώνης που παρέχεται από τα σημεία προσπέλασης του δικτύου δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλήρως, και το πρωτόκολλο μεταφοράς γίνεται το σημείο συμφόρησης του συνολικού συστήματος επικοινωνιών.

- 
- Έγκαιρη παράδοση των πακέτων είναι απαραίτητο να γίνεται ακόμα και αν στον βωμό του χρόνου θυσιάζεται η αξιοπιστία. Αυτό σημαίνει ότι στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν χρησιμοποιείται κάποιο πρωτόκολλο εντοπισμού και διόρθωσης λαθών. Αντί για αυτό χρησιμοποιείται κάποια τεχνική FEC.
  - Ο συγχρονισμός είναι μία συνηθισμένη ανάγκη σε δικτυωμένα πολυμέσα συνεπώς το να παρέχεται ένα κοινό πλαίσιο χρόνου είναι κάτι απαραίτητο σε ένα τέτοιο πρωτόκολλο μεταφοράς, ειδικά όταν πρόκειται για τον αποστολέα του πακέτου (που ξέρει ακριβώς την διάρκεια και την σειρά των δεδομένων) και τον παραλήπτη που πρέπει να αναπαράγει τα πακέτα χωρίς διακοπές, αρρυθμίες ή λάθος σειρά στα πακέτα. Ο συγχρονισμός είναι επίσης απαραίτητος μεταξύ διαφορετικών μέσων (εικόνα, ήχος κλπ.).

## 2.2 RTP – Real - time Transport Protocol

Το RTP είναι ένα πρωτόκολλο βασισμένο στο IP που παρέχει υποστήριξη για τη μεταφορά των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως ροές ήχου και βίντεο. Οι υπηρεσίες που παρέχονται από το RTP περιλαμβάνουν την ανασυγκρότηση του χρόνου, την ανίχνευση των απωλειών, την ασφάλεια και την ταυτοποίηση του περιεχομένου. Το RTP έχει σχεδιαστεί κυρίως για πολυεκπομπή (multicast) των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης σε unicast. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μονόδρομη μεταφορά, video-on-demand, καθώς και για διαδραστικές υπηρεσίες, όπως η τηλεφωνία μέσω του διαδικτύου. Επιπλέον, παρέχει μια κοινή πλατφόρμα για τη μεταφορά δεδομένων και την έκφραση πληροφοριών συγχρονισμού που απαιτούνται από εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

Το RTP έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε συνδυασμό με το βοηθητικό RTCP πρωτόκολλο ελέγχου για να πάρει πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα μετάδοσης δεδομένων και των πληροφοριών σχετικά με τους συμμετέχοντες στη σύνοδο που βρίσκεται σε εξέλιξη.



---

### 2.2.1 Εφαρμογές RTP

Το RTP χρησιμοποιείται εκτενώς στα συστήματα επικοινωνίας και ψυχαγωγίας που περιλαμβάνουν ροή πολυμέσων, όπως η τηλεφωνία, οι εφαρμογές βίντεο διάσκεψης, οι τηλεοπτικές υπηρεσίες και οι web-based push-to-talk δυνατότητες.

Επίσης, κάποιες από τις εφαρμογές του RTP πρωτοκόλλου αποτελούν τα παιχνίδια στο διαδίκτυο ή οι αναμεταδόσεις ζωντανών αθλητικών αγώνων.

### 2.2.2 Χαρακτηριστικά RTP

- Το RTP δεν παρέχει όλη τη λειτουργικότητα που παρέχεται από ένα τυπικό πρωτόκολλο μεταφοράς.
- Δεν είναι connection-oriented (μπορεί να λειτουργεί πάνω από connection-oriented πρωτόκολλα ή πάνω από χαμηλού επιπέδου connection-less πρωτόκολλα)
- Παρέχει από άκρο σε άκρο (end-to-end) υπηρεσίες παράδοσης δεδομένων με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου, όπως διαδραστικά βίντεο και ήχο. Ωστόσο το ίδιο το RTP δεν παρέχει κανένα μηχανισμό για να εξασφαλιστεί η έγκαιρη παράδοση. Χρειάζεται υποστήριξη από τα χαμηλότερα στρώματα που έχουν ουσιαστικά τον έλεγχο των πόρων σε switches και routers. Το RTP εξαρτάται από το RSVP για να δεσμεύσει τους πόρους και να παράσχει την απαιτούμενη ποιότητα της υπηρεσίας (QoS).
- Δεν συμπεραίνει τίποτα για το υποκείμενο δίκτυο, εκτός από το ότι παρέχει πλαισιοποίηση . Το RTP τυπικά τρέχει στην κορυφή του UDP ώστε να κάνει χρήση των υπηρεσιών πολύπλεξης και αθροίσματος ελέγχου, αλλά έχουν καταβληθεί προσπάθειες ώστε το RTP να είναι συμβατό με άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς, όπως τα ATM, AAL5 και IPv6.
- Σε αντίθεση με τη συνήθη μετάδοση δεδομένων, το RTP δεν προσφέρει καμία μορφή αξιοπιστίας ή έλεγχο ροής / συμφόρησης. Παρέχει χρονικές σφραγίδες (timestamps), αριθμούς ακολουθίας ως άγκιστρα για την προσθήκη αξιοπιστίας και έλεγχο ροής / συμφόρησης, αλλά το πώς θα εφαρμοστούν

---

είναι ολοκληρωτικά στα χέρια της εφαρμογής.

- Τα RTP / RTCP παρέχουν μηχανισμούς λειτουργικότητας και ελέγχου που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση του περιεχομένου πραγματικού χρόνου. Αλλά από μόνα τους δεν είναι υπεύθυνα για τα καθήκοντα υψηλότερου επιπέδου, όπως για τη συναρμολόγηση και το συγχρονισμό. Αυτά πρέπει να γίνουν σε επίπεδο εφαρμογής.
- Ο έλεγχος ροής και συμφόρησης πληροφοριών του RTP παρέχεται από τις αναφορές του RTCP αποστολέα και παραλήπτη.

### **2.2.3 Ρόλοι στο RTP**

Το RTP πρωτόκολλο απαρτίζεται από τέσσερις ρόλους , αυτούς του αποστολέα, του παραλήπτη, του μεταφραστή και του μείκτη, οι οποίοι θα περιγραφούν συνοπτικά παρακάτω.

#### **Αποστολέας**

Ένας αποστολέας είναι υπεύθυνος για τη λήψη και τη μετατροπή οπτικοακουστικών δεδομένων για μετάδοση, καθώς και για την παραγωγή RTP πακέτων. Μπορεί επίσης να συμμετέχει στη διόρθωση σφαλμάτων καθώς και στον έλεγχο κυκλοφοριακής συμφόρησης με το να προσαρμόζει τη μεταδιδόμενη ροή πολυμέσων σαν απάντηση στον παραλήπτη. Τα μη συμπιεσμένα δεδομένα (ήχοι ή βιντεο) αποθηκεύονται σε μια ενδιάμεση μνήμη από την οποία παράγονται τα συμπιεσμένα πλαίσια. Τα πλαίσια αυτά μπορούν να κωδικοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τον αλγόριθμο συμπίεσης που έχει χρησιμοποιηθεί. Τα συμπιεσμένα πλαίσια «φορτώνονται» στα RTP πακέτα έτοιμα προς αποστολή. Αν τα πλαίσια είναι μεγάλα μπορεί να τεμαχιστούν σε διαφορετικά πακέτα. Αν είναι πολύ μικρά , περισσότερα πλαίσια από ένα μπορούν να συνδιαστούν σε ένα πακέτο. Ανάλογα με τον τύπο διόρθωσης σφαλμάτων που χρησιμοποιείται, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα κανάλι κωδικοποίησης για να δημιουργήσει πακέτα διόρθωσης σφαλμάτων ή για να αναδιατάξει τα πακέτα πριν τη μεταφορά. Αφού σταλούν τα RTP πακέτα, τα αποθηκευμένα δεδομένα που αντιστοιχούν σε αυτά τα

---

πακέτα «απελευθερώνονται» . Ο αποστολέας δεν πρέπει να απορρίψει δεδομένα που ίσως χρειαστούν για τη διαδικασία κωδικοποίησης ή τη διόρθωση σφαλμάτων. Η απαίτηση αυτή μπορεί να σημαίνει ότι ο αποστολέας πρέπει να αποθηκεύει δεδομένα για κάποιο χρόνο μετά την αποστολή των αντίστοιχων πακέτων. Ο αποστολέας είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία περιοδικών αναφορών κατάστασης για τις ροές πολυμέσων που δημιουργούνται , συμπεριλαμβανομένων αυτών που χρειάζονται για στο συγχρονισμό φωνής-βίντεο. Επίσης λαμβάνει ανατροφοδότηση ποιότητας λήψης από άλλους συμμετέχοντες και μπορεί να χρησιμοποιήσει την πληροφορία αυτή για να προσαρμόσει τη μετάδοση.

### **Παραλήπτης**

Ένας δέκτης είναι υπεύθυνος για τη συγκέντρωση των RTP πακέτων από το δίκτυο, τη διόρθωση τυχόν απωλειών, την ανάκτηση του χρονισμού, την αποσυμπίεση των πολυμέσων, και να παρουσιάζει τα αποτελέσματα στο χρήστη. Στέλνει επίσης ανατροφοδότηση ποιότητας λήψης, που επιτρέπει στον αποστολέα να προσαρμόσει την μετάδοση στο δέκτη, και διατηρεί μια βάση δεδομένων των συμμετεχόντων στη σύνοδο.

Το πρώτο βήμα της διαδικασίας λήψης είναι η συλλογή των πακέτων από το δίκτυο, η επικύρωσή τους ως ορθά και η εισαγωγή τους στην ειδική ουρα εισοδων του αποστολέα. Τα πακέτα συλλέγονται από την ουρά αυτή και περνούν σε ένα προαιρετικό κανάλι κωδικοποίησης για να διορθωθούν για απώλειες. Στη συνέχεια τα πακέτα εισέρχονται σε έναν playout buffer. Ο playout buffer ρυθμίζεται από τα timestamps και η διαδικασία της εισαγωγής πακέτων στον buffer διορθώνει αναδιατάξεις που προκαλούνται κατά τη μεταφορά. Τα πακέτα μένουν στον playout buffer μέχρι να ληφθούν τα ολοκληρωμένα πακέτα και ρυθμίζονται να αφαιρούν τυχόν μεταβολές στο χρονισμό του πακέτου που προκαλούνται λόγω του δικτύου. Ο υπολογισμός του μεγέθους της καθυστέρησης είναι μια από τις πιο κρίσιμες πτυχές στο σχεδιασμό μιας RTP εφαρμογής. Σε κάθε πακέτο προστίθεται μια ετικέτα με τον επιθυμητό χρόνο αναπαραγωγής για το αντίστοιχο πλαίσιο. Αφού επιτευχθεί αυτός ο χρόνος τα πακέτα ομαδοποιούνται για να σχηματίσουν ολοκληρωμένα πλαίσια και κάθε κατεστραμμένο ή χαμένο πλαίσιο επισκευάζεται. Στη συνέχεια κάθε ένα από

---

αυτά τα πλαίσια αποκωδικοποιείται. Σε αυτή τη φάση μπορεί να υπάρχουν φανερές διαφορές στις θεωρητικές τιμές ρολογιού του αποστολέα και του παραλήπτη. Τέτοιες διαφορές εκδηλώνονται με μετατόπιση του ρολογιού πολυμέσων σε σχέση με το ρολόι αναπαραγωγής. Ο δέκτης πρέπει να αντισταθμίσει αυτή την παραποίηση του ρολογιού για να αποφευχθούν τα κενά κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής.

Τέλος, τα πολυμεσικά δεδομένα αναπαράγονται στο χρήστη. Ανάλογα με τη μορφή των πολυμέσων και τη συσκευή εξόδου, είναι πιθανό να μπορεί να αναπαραχθεί κάθε ροή ξεχωριστά, για παράδειγμα παίζοντας διαφορετικά βίντεο σε διαφορετικά παράθυρα. Εναλλακτικά, μπορεί να είναι απαραίτητη η ανάμιξη των πολυμέσων από όλες τις πηγές σε ένα ενιαίο ρεύμα για αναπαραγωγή -για παράδειγμα, συνδυάζοντας διάφορες πηγές ήχου για αναπαραγωγή μέσω ενός μόνο σετ ηχείων. Όπως είναι προφανές από αυτήν την σύντομη επισκόπηση, η λειτουργία ενός δέκτη RTP είναι πολύπλοκη, και είναι κάπως πιο περίπλοκη από ό, τι η λειτουργία του αποστολέα. Αυτή η αυξημένη πολυπλοκότητα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό τη μεταβλητότητα των δικτύων IP: Μεγάλο μέρος της πολυπλοκότητας προέρχεται από την ανάγκη να αντισταθμιστεί η απώλεια των πακέτων, και να ανακτηθεί το χρονικό διάστημα της ροής που επηρεάζεται από την απόκλιση του σήματος .

### **Μείκτης – Μεταφραστής**

Εκτός από τους συνηθισμένους ρόλους του αποστολέα και του παραλήπτη, το RTP ορίζει δύο νέους ρόλους, του μεταφραστή και του μείκτη. Οι μεταφραστές και οι μείκτες βρίσκονται στο δίκτυο ανάμεσα στους αποστολείς και τους παραλήπτες και επεξεργάζονται τα RTP πακέτα που περνούν απ' αυτούς. Οι μεταφραστές απλώς μεταφράζουν μια μορφή ωφέλιμου φορτίου σε μια άλλη. Για παράδειγμα, αυτό μπορεί να απαιτείται όταν ένα αρχείο κινούμενης εικόνας (video) πρέπει να κωδικοποιηθεί με ένα διαφορετικό τρόπο προκειμένου να συμβιβαστεί με τυχόν περιορισμένο διαθέσιμο bandwidth σε κάποιο μέρος του δικτύου. Οι μείκτες είναι παρόμοιοι με τους μεταφραστές αλλά, αντί να μεταφράζουν ξεχωριστά ρεύματα σε διαφορετικές μορφές, συνδυάζουν πολλαπλά ρεύματα σε ένα απλό ρεύμα διατηρώντας την αρχική τους μορφή. Δεν μπορούν όλες οι εφαρμογές να υποστηρίξουν μείκτες. Για παράδειγμα η προσέγγιση αυτή λειτουργεί καλά για

---

συνδιασκέψεις που περιλαμβάνουν μόνο ήχο, αλλά πολλαπλές πηγές κινούμενης εικόνας δεν μπορούν να συνδυαστούν σε ένα ρεύμα.

#### 2.2.4 RTP Επικεφαλίδα

<b>version (V)</b>	2bit Αυτό το πεδίο ορίζει την έκδοση του RTP.
<b>padding (P)</b>	1bit Αν το bit αυτό είναι 1 τότε το πακέτο περιέχει μία η περισσότερες οκτάδες στο τέλος που δεν αποτελούν τμήμα του ωφέλιμου φορτίου του πακέτου.
<b>extension (X)</b>	1bit Αν αυτό το bit είναι 1 τότε η σταθερή επικεφαλίδα του πακέτου ακολουθείται από μία ακριβώς προέκταση της επικεφαλίδας.
<b>CSRC count (CC)</b>	4bit Ο αριθμός στο CSRC περιέχει το πλήθος των προσδιοριστών CSRC που ακολουθούν την σταθερή επικεφαλίδα.
<b>Marker (M)</b>	1bit Το πως θα μεταφραστεί το marker bit εξαρτάται από ένα προφίλ. Είναι προμελετημένο να επιτρέπεται να σημειώνονται σημαντικά γεγονότα όπως τα όρια ενός πλαισίου μέσα στην ροή των πακέτων.
<b>payload type (PT)</b>	7bit Αυτό το πεδίο προσδιορίζει την μορφή του ωφέλιμου φορτίου του RTP και αποφασίζει τον τρόπο με τον οποίο θα μεταφραστούν τα δεδομένα του RTP από την εφαρμογή.
<b>sequence number</b>	16bit Αυτός ο αριθμός αυξάνεται κάθε φορά που ένα πακέτο RTP στέλνεται στο δίκτυο και χρησιμοποιείται από τον δέκτη για να εντοπίζει απώλειες πακέτων και για να επανορθώνει την ακολουθία των πακέτων.

<b>timestamp</b>	32bit Το timestamp (δείκτης χρόνου) αντικατοπτρίζει το πρώτο στιγμιότυπο της πρώτης οκτάδας στο πακέτο δεδομένων RTP. Το αντιπροσωπευτικό δείγμα πρέπει να προκύψει από ένα ρολόι το οποίο αυξάνει γραμμικά σε συνάρτηση με τον χρόνο για να επιτραπούν υπολογισμοί για τον συγχρονισμό.
<b>SSRC</b>	32bit Το πεδίο SSRC προσδιορίζει την πηγή του συγχρονισμού.
<b>CSRC list</b>	0 μέχρι 15 τμήματα, 32 bit το καθένα Η λίστα CSRC προσδιορίζει τις πηγές οι οποίες συμμετέχουν στα καθαρά δεδομένα που περιέχονται στο πακέτο. Ο αριθμός των προσδιοριστών δίνεται από το πεδίο CC. Αν υπάρχουν πάνω από 15 πηγές που συνεισφέρουν στο πακέτο μόνο οι 15 θα προσδιοριστούν. Οι CSRC προσδιοριστές εισάγονται από μίκτες χρησιμοποιώντας τους SSRC δείκτες των πηγών που συνεισφέρουν στο πακέτο.

## 2.3 RTCP – Real Time Control Protocol

Το Real-time Transport Control Protocol (RTCP), αναλαμβάνει τον έλεγχο της ποιότητας της υπηρεσίας και την καταγραφή πληροφορίας σχετικά με τα μέρη κάποιας ενεργού συνόδου. Το RTCP παρέχει λειτουργίες υποστήριξης για διάσκεψη πραγματικού χρόνου για μεγάλες ομάδες στο Internet που περιλαμβάνουν αναγνώριση της πηγής και υποστήριξη για gateways (όπως audio & video bridges).

### 2.3.1 Υπηρεσίες

- *Παρακολούθηση ποιότητας υπηρεσίας και έλεγχος συμφόρησης (QoS monitoring και congestion control)*

Αυτή είναι η κύρια λειτουργία του RTCP. Το RTCP παρέχει ανατροφοδότηση σε μια εφαρμογή για την ποιότητα της κατανομής των δεδομένων. Οι

---

πληροφορίες ελέγχου είναι χρήσιμες στους αποστολείς και τους δέκτες. Ο αποστολέας μπορεί να ρυθμίσει τη μετάδοσή του με βάση την αναφορά ανατροφοδότησης του δέκτη. Οι δέκτες μπορεί να καθορίσουν αν μια συμφόρηση είναι τοπική, περιφερειακή ή ολική. Οι διαχειριστές του δικτύου μπορεί να αξιολογήσουν την απόδοση του δικτύου για multicast διανομή.

- *Αναγνώριση Αποστολέα (source identification)*

Στα πακέτα δεδομένων RTP, οι πηγές προσδιορίζονται από τυχαία αναγνωριστικά 32-bit. Αυτά τα αναγνωριστικά δεν είναι βολικά για ανθρώπινους χρήστες. Τα RTCP SDES (source description) πακέτα περιέχουν πληροφορίες κειμένου που ονομάζονται canonical names ως γενικές μοναδικές ταυτότητες των συμμετεχόντων συνόδου. Μπορεί να περιλαμβάνουν το όνομα χρήστη, τον αριθμό τηλεφώνου, τη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και άλλες πληροφορίες.

- *Συγχρονισμός ανάμεσα στα μέσα (inter-media synchronization)*

Οι αναφορές του RTCP αποστολέα αναφέρονται σε πραγματικό χρόνο και στο αντίστοιχο RTP timestamp. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγχρονισμό μεταξύ των πολυμέσων, όπως ο συγχρονισμός του ήχου σε βίντεο.

- *Έλεγχος του αριθμού συμμετεχόντων (control information scaling)*

Τα RTCP πακέτα αποστέλλονται σε τακτά χρονικά διαστήματα μεταξύ των συμμετεχόντων. Όταν ο αριθμός των συμμετεχόντων αυξάνεται, είναι απαραίτητο να υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στο να πάρει τις ενημερωμένες πληροφορίες ελέγχου και στο να περιορίσει τον έλεγχο της κίνησης. Για να κλιμακωθούν μέχρι και σε μεγάλες ομάδες multicast, το RTCP έχει να εμποδίσει τον έλεγχο της κίνησης από το να σπαταλήσει τους πόρους του δικτύου. Το RTP περιορίζει τον έλεγχο της κυκλοφορίας το πολύ κατά 5% της συνολικής κυκλοφορίας ανά σύνοδο. Αυτό επιβάλλεται από τη ρύθμιση του ρυθμού παραγωγής RTCP ανάλογα με τον αριθμό των συμμετεχόντων.

---

### 2.3.2 Πακέτα

Το RTCP είναι τυποποιημένο στο RFC 1889 και 1890. Σε μια σύνοδο RTP, οι συμμετέχοντες στέλνουν περιοδικά RTCP πακέτα να μεταδώσουν ανατροφοδότηση στην ποιότητα της παράδοσης των δεδομένων και τις πληροφορίες των συμμετεχόντων. Η RFC 1889 ορίζει πέντε τύπους πακέτων RTCP για να μεταφέρουν πληροφορίες ελέγχου. Αυτοί οι πέντε τύποι είναι:

«**RR: receiver report**» : Οι αναφορές του δέκτη παράγονται από τους συμμετέχοντες που δεν είναι ενεργοί αποστολείς. Περιέχουν ποιότητα λήψης ανατροφοδότησης σχετικά με την παράδοση των δεδομένων, συμπεριλαμβανομένου του υψηλότερου αριθμού πακέτων που λαμβάνονται, τον αριθμό των πακέτων που χάνονται, την εσωτερική απόκλιση άφιξης και χρονικές σφραγίδες για τον υπολογισμό της καθυστέρησης μετ'επιστροφής μεταξύ του αποστολέα και του δέκτη.

«**SR: sender report**» : Οι αναφορές του αποστολέα δημιουργούνται από τους ενεργούς αποστολείς. Εκτός από την ποιότητα λήψης ανατροφοδότησης όπως στο RR, περιέχουν ένα τμήμα πληροφοριών του αποστολέα, που παρέχει πληροφορίες σχετικά με το συγχρονισμό μεταξύ των πολυμέσων, προσθετικούς μετρητές πακέτων, και τον αριθμό των απεσταλμένων bytes.

«**SDES: source description items**» : Αυτά περιέχουν πληροφορίες για την περιγραφή των πηγών.

«**BYE**» : προσδιορίζει το τέλος της συμμετοχής.

«**APP: application specific functions**» : Αποσκοπεί στην πειραματική χρήση, όπως οι νέες εφαρμογές και νέα χαρακτηριστικά που αναπτύχθηκαν.



---

### 2.3.3 Ρυθμός αποστολής RTCP πακέτων

Ο ρυθμός με τον οποίο κάθε συμμετέχων στέλνει RTCP πακέτα δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος της συνόδου και τη μορφή της ροής των πολυμέσων. Ο στόχος είναι να περιοριστεί το συνολικό ποσό της κυκλοφορίας των RTCP πακέτων σε ένα σταθερό ποσοστό - συνήθως 5% - του εύρους ζώνης της συνόδου. Αυτός ο στόχος επιτυγχάνεται με τη μείωση του ρυθμού με τον οποίο κάθε συμμετέχων στέλνει RTCP πακέτα, καθώς το μέγεθος της συνόδου αυξάνεται. Σε μια τηλεφωνική κλήση δύο ατόμων που χρησιμοποιείται RTP, κάθε συμμετέχων θα στείλει μια αναφορά RTCP κάθε λίγα δευτερόλεπτα. Σε μια σύνοδο με χιλιάδες συμμετέχοντες, για παράδειγμα, ένα ραδιοφωνικό σταθμό στο Διαδίκτυο, το διάστημα μεταξύ των RTCP αναφορών από κάθε ακροατή μπορεί να είναι αρκετά λεπτά. Κάθε συμμετέχων αποφασίζει πότε να στείλει RTCP πακέτα με βάση ένα σύνολο κανόνων. Είναι σημαντικό να ακολουθούνται αυτοί οι κανόνες, ειδικά για εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλες συνόδους. Εάν εφαρμοστεί σωστά, το RTCP θα κλιμακώνεται σε συνόδους με πολλές χιλιάδες μέλη. Αν όχι, το ποσό της κίνησης ελέγχου θα αυξηθεί γραμμικά με τον αριθμό των μελών και θα προκαλέσει σημαντική συμφόρηση στο δικτύου.

Υπάρχουν διαφορετικών ειδών φορτία τα οποία μπορεί να μεταφερθούν μέσω RTP πακέτων. Κυμαίνονται από αυτά που είναι σχεδιασμένα για την μεταφορά βίντεο και ήχου, τα οποία παλαιότερα ήταν διαθέσιμα μόνο σε hardware CODEC, όπως το MPEG, το H.261 και τα διάφορα μοντέλα κωδικοποίησης της CCITT/ITU, μέχρι κάποια πιο γενικά φορτία που είναι σχεδιασμένα για να μεταφέρουν κωδικοποιημένο ήχο όπως αυτά που χρησιμοποιούνται από το πακέτο INRIA freephone και το πακέτο UCL Rat Tool.

---

## 2.4 Λειτουργία RTP-RTCP

### 2.4.1 Σεναριο χρήσης RTP/RTCP

Η πιο συχνή χρήση των πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου γίνεται μέχρι σήμερα για την πραγματοποίηση τηλεδιασκέψεων με χρήση κατά κύριο λόγο ήχο και video.

Η μετάδοση μέσω πραγματικού χρόνου γίνεται με χρήση συνόδων επικοινωνίας (sessions), για λόγους που έχουν να κάνουν με την ευχρηστία και την ευελιξία του πρωτοκόλλου, κατά την εφαρμογή του σε ένα ετερογενές περιβάλλον, όπως είναι το Internet. Για την πραγματοποίηση μιας διάσκεψης δεν είναι απαραίτητο όλοι οι συμμετέχοντες να διαθέτουν τον ίδιο εξοπλισμό σε υλικό και λογισμικό ούτε να είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο με συνδέσεις ίδιων ταχυτήτων. Για κάθε συμμετέχοντα είναι κατάλληλος ένας διαφορετικός συνδυασμός δικτυακών παραμέτρων, κωδικοποιήσεων και συμπίεσεων δεδομένων. Για την επικοινωνία μεταξύ "ετερογενών" χρηστών οι απαραίτητες μετατροπές είναι απαραίτητο να γίνονται σε πραγματικό χρόνο.

Το RTP δεν είναι ένα πλήρες πρωτόκολλο μεταφοράς και ελέγχου δεδομένων πραγματικού χρόνου. Απλά ορίζει μία δομή πακέτων και ένα σύνολο στοιχειωδών συναρτήσεων που χρησιμοποιούν εφαρμογές για τη μετάδοση πληροφορίας. Για να είναι λειτουργικό πρέπει να συμπληρώνεται από συναρτήσεις και δομές πληροφορίας που αφορούν συγκεκριμένες κωδικοποιήσεις δεδομένων όπως MPEG, H.261, H.263, JPEG, κ.α.

Σε μία αρχιτεκτονική οργάνωσης πρωτοκόλλων σε επίπεδα προτείνονται διάφοροι τρόποι σχετικά με την υλοποίηση διαφόρων μηχανισμών και αντιμετώπιση ιδιαίτερων καταστάσεων. Ο ένας από αυτούς προτείνει το χειρισμό των θεμάτων αυτών στο επίπεδο της εφαρμογής. Για παράδειγμα στην περίπτωση απώλειας δεδομένων ή λήψης αλλοιωμένων πακέτων πληροφορίας είναι η εφαρμογή υπεύθυνη για την απόφαση της επαναμετάδοσης ή μη της λανθασμένης πληροφορίας. Αν μάλιστα αποφασίσει πως πρέπει να γίνει επαναμετάδοση τότε την υλοποιεί αυτή η ίδια και όχι

---

το πρωτόκολλο μεταφοράς. Αυτή η τεχνική έχει σαν στόχο να γίνονται οι εφαρμογές περισσότερο ευέλικτες και να μην περιορίζονται από τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων. Για παράδειγμα μια εφαρμογή διάσκεψης μπορεί να αποφασίσει πως οι απώλειες που παρουσιάζονται στα λαμβανόμενα πακέτα είναι εντός ανεκτών ορίων και μπορεί να συνεχίσει την λήψη και αναπαραγωγή δεδομένων, χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα. Στην περίπτωση που οι απώλειες συνεχίζονται, ίσως με αυξανόμενο ρυθμό, είναι μάλλον προτιμότερο να ειδοποιήσει τον αποστολέα για την άσχημη απόδοση μετάδοσης, προκειμένου να αλλάξει η μέθοδος συμπίεσης και να μειωθούν οι απαιτήσεις σε χωρητικότητα γραμμής. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η απόδοση και μειώνονται οι απώλειες.

#### **2.4.2 Σύνοδοι (sessions)**

Μια σύνοδος αποτελείται από μια ομάδα συμμετεχόντων που επικοινωνούν χρησιμοποιώντας RTP. Ένας συμμετέχων μπορεί να δραστηριοποιείται σε πολλαπλές συνόδους RTP, για παράδειγμα, μία σύνοδος για την ανταλλαγή δεδομένων ήχου και μια άλλη για την ανταλλαγή δεδομένων βίντεο. Για κάθε συμμετέχοντα, η σύνοδος προσδιορίζεται από μια διεύθυνση δικτύου και ένα ζεύγος θυρών στο οποίο πρέπει να σταλούν τα δεδομένα, και ένα ζεύγος θυρών στο οποίο λαμβάνονται τα δεδομένα. Οι θύρες αποστολής και υποδοχής μπορεί να είναι οι ίδιες. Κάθε ζεύγος θύρα περιλαμβάνει δύο γειτονικές θύρες : τη θύρα με άρτιο αριθμό για πακέτα δεδομένων RTP, και την αμέσως υψηλότερη θύρα (περιττού αριθμού) για πακέτα ελέγχου RTCP. Το προεπιλεγμένο ζευγάρι θύρας είναι 5004 και 5005 για UDP / IP, αλλά πολλές εφαρμογές κατανέμουν δυναμικά τις θύρες κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης της συνόδου και αγνοούν τις προεπιλεγμένες. Οι σύνοδοι RTP έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν ένα μόνο τύπο πολυμέσων επομένως σε πολυμεσιαή επικοινωνία, κάθε τύπος πολυμέσων πραγματοποιείται σε ξεχωριστή σύνοδο RTP. Η τελευταία έκδοση των προδιαγραφών RTP αποδυναμώνει την απαίτηση η θύρα δεδομένων RTP να είναι άρτιου αριθμού, και επιτρέπει με γειτονιές RTP και RTCP θύρες. Η αλλαγή αυτή καθιστά δυνατή τη χρήση του RTP σε περιβάλλοντα όπου βρίσκονται ορισμένοι τύποι συσκευών Network Address Translation (NAT). Εάν είναι δυνατόν, για συμβατότητα με παλαιότερες εφαρμογές, είναι καλό να χρησιμοποιούνται γειτονικές θύρες, έστω και αν αυτό δεν είναι απολύτως απαραίτητο. Μια σύνοδος μπορεί να

---

είναι unicast, είτε απευθείας μεταξύ δύο συμμετεχόντων (σύννοδος point-to-point) ή σε έναν κεντρικό server που αναδιανέμει τα δεδομένα. Επίσης μπορεί να είναι multicast σε μια ομάδα συμμετεχόντων. Μια σύννοδος, επίσης, δεν χρειάζεται να περιορίζεται σε ένα μόνο χώρο διευθύνσεων μεταφοράς. Για παράδειγμα, η RTP μεταφραστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν μια σύννοδο μεταξύ unicast και multicast, ή μεταξύ IP και ενός άλλου μέσου μεταφοράς, όπως το IPv6 ή το ATM.

## 2.5 Σύνοψη χαρακτηριστικών RTP/RTCP

Το RTP Control Protocol (RTCP) είναι «αδελφικό» πρωτόκολλο του Real-time Transport Protocol (RTP). Οι βασικές λειτουργίες και η δομή του πακέτου ορίζεται στο RFC 3550. Το RTCP παρέχει στατιστικές και πληροφορίες ελέγχου για μια σύννοδο RTP. Συνεργάζεται με το RTP κατά την παράδοση και τη οργάνωση των πακέτων των δεδομένων πολυμέσων, αλλά δεν μεταφέρει κανένα δεδομένο από μόνο του. Η πρωταρχική λειτουργία του RTCP είναι να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) στην κατανομή των πολυμέσων και να αποστέλλει κατά διαστήματα στατιστικές πληροφορίες για τους συμμετέχοντες σε μια σύννοδο συνεχούς ροής πολυμέσων.

Το πρωτόκολλο RTP δεν είναι ολοκληρωμένο πρωτόκολλο, αλλά είναι ανοικτό στην εισαγωγή νέων δυνατοτήτων. Τρέχει πάνω από το UDP, αλλά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και με άλλα πρωτόκολλα μεταφοράς. Παρέχει λειτουργικότητα και μηχανισμούς ελέγχου για τη μετάδοση δεδομένων πραγματικού χρόνου, αλλά δραστηριότητες υψηλότερου επιπέδου, όπως ο συγχρονισμός, γίνονται στο επίπεδο της εφαρμογής. Οι πληροφορίες σχετικά με έλεγχο ροής και συμφόρησης παρέχονται από τις RTCP αναφορές αποστολέα και παραλήπτη. Επειδή ούτε το RTP ούτε και το RTCP παρέχουν καμία εγγύηση της ποιότητας υπηρεσιών, ο μηχανικός είναι εκείνος που πρέπει να φροντίσει γι' αυτή σε κάθε δίκτυο που χτίζεται. Τα ζητήματα που σχετίζονται με την ποιότητα υπηρεσιών σε δίκτυα δεδομένων πραγματικού χρόνου είναι η συνολική καθυστέρηση από άκρο σε άκρο, η μεταβλητότητα της καθυστέρησης και η παραμόρφωση του ληφθέντος σήματος σε σχέση με το αρχικό. Επειδή οι απαιτήσεις αυτές είναι αλληλοσυγκρουόμενες ο σχεδιαστής τους

---

συστήματος καλείται να βρει το ισοζύγιο που θα παράγει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Για την τελική αξιολόγηση έχουν αναπτυχθεί αρκετά κριτήρια από διάφορους φορείς. Ένα από αυτά είναι και το μοντέλο E, που βαθμολογεί τις επιδόσεις των δικτύων φωνής με κλίμακα από το 0 έως το 100.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

---

### 3.1 Real Time Streaming Protocol (RTSP)

Το RTSP (RFC 2326) είναι πρωτόκολλο ελέγχου παρουσίασης πολυμέσων στα IP δίκτυα. Αξιοποιεί την υπάρχουσα υποδομή του ιστού και είναι αποτελεσματικό τόσο σε πολυπληθή ακροατήρια όσο και για μεμονωμένους παραλήπτες. Αναπτύχθηκε από τους RealNetworks, Netscape Communications και Columbia University με τη βοήθεια του MMUSIC working group στα πλαίσια του Internet Engineering Task Force (IETF). Δημοσιεύτηκε τον Απρίλιο του 1998 ως προτεινόμενο πρότυπο από την IETF.

#### 3.1.1 Χαρακτηριστικά

- Το RTSP είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής με σύνταξη και λειτουργία παρόμοια με του HTTP, αλλά λειτουργεί για ήχο και βίντεο. Χρησιμοποιεί διευθύνσεις URL, όπως αυτές στο HTTP.
- Ένας εξυπηρετητής RTSP πρέπει να διατηρεί καταστάσεις χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως οι SETUP και TEARDOWN .
- Υποστηρίζει πολλαπλούς εξυπηρετητές. Ο παραλήπτης μπορεί να δέχεται μια ροή δεδομένων μέσω πολλαπλών συνόδων με πολλούς εξυπηρετητές ταυτόχρονα.
- Τα μηνύματα RTSP μεταφέρονται εκτός ζώνης. Το πρωτόκολλο του RTSP μπορεί να είναι διαφορετικό από το πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων.

- 
- Σε αντίθεση με HTTP, στο RTSP τόσο οι εξυπηρετητές όσο και οι πελάτες μπορούν να εκδίδουν τις αιτήσεις.
  - Το RTSP υλοποιείται σε πολλαπλές πλατφόρμες λειτουργικών συστημάτων, επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των πελατών και των εξυπηρετητών από διαφορετικούς κατασκευαστές.

Το RTSP έχει βασικό ρόλο στην διαλειτουργικότητα, ένα αρκετά περίπλοκο ζήτημα όπου πολλοί συμμετέχοντες (Players, Servers, Encoders/Tools) πρέπει να μοιράζονται κοινούς μηχανισμούς.

Στα πλαίσια της διαλειτουργικότητας :

- ✓ Οι κωδικοποιητές και τα εργαλεία σύνθεσης περιεχομένου αποθηκεύουν την πληροφορία σε κατανοητά για τους εξυπηρετητές αρχεία.
- ✓ Οι εξυπηρετητές στέλνουν το περιεχόμενο χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα που τα προγράμματα αναπαραγωγής (players) καταλαβαίνουν.
- ✓ Οι κωδικοποιητές και τα εργαλεία σύνθεσης περιεχομένου αποθηκεύουν μορφές δεδομένων (file format) που οι players καταλαβαίνουν

Όλα συνδυάζονται ως εξής:

- Πρωτόκολλα όπως το RTSP είναι αναγκαία αλλά όχι ικανά για διαλειτουργικότητα
- Μορφές δεδομένων όπως ASF και QuickTime FF είναι δοχεία (containers) πολυμεσικής πληροφορίας.
- Τύποι δεδομένων όπως RealAudio, RealVideo, H.263 και MPEG Audio and Video μπορούν να μεταφερθούν σε ένα τέτοιο σύστημα.

---

### 3.1.2 Δυνατότητες

- Ανάκτηση πληροφορίας από έναν εξυπηρετητή πολυμέσων
- Ο παραλήπτης μπορεί να ζητήσει μια περιγραφή της επιθυμητής πληροφορίας μέσω του HTTP ή κάποιου άλλου τρόπου
- Πρόσκληση ενός εξυπηρετητή πολυμέσων σε μια διάσκεψη
- Προσθήκη πληροφορίας σε μια ήδη υπάρχουσα πολυμεσική παρουσίαση
- Τα RTSP αιτήματα μπορούν να χειριστούν και από proxies, tunnels και caches όπως και στο HTTP/1.1

### 3.1.3 Λειτουργίες και μέθοδοι

Το RTSP καθορίζει και ελέγχει τα ρεύματα συνεχών ακουστικών και τηλεοπτικών μέσων μεταξύ των εξυπηρετητών μέσων και των πελατών. Ένας εξυπηρετητής μέσων παρέχει υπηρεσίες αναπαραγωγής ή εγγραφής για τις ροές των μέσων, ενώ ένας πελάτης ζητά συνεχή δεδομένα μέσων από τον εξυπηρετητή. Το RTSP είναι το "δίκτυο τηλεχειρισμού" μεταξύ του εξυπηρετητή και του πελάτη. Παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Ανάκτηση των μέσων από διακομιστή πολυμέσων: Ο πελάτης μπορεί να ζητήσει μια περιγραφή της παρουσίασης, και να ζητήσει από τον εξυπηρετητή να δημιουργήσει μια διάσκεψη για να σταλούν τα ζητούμενα στοιχεία.
- Πρόσκληση ενός εξυπηρετητή μέσων σε ένα συνέδριο: Ο εξυπηρετητής μέσων μπορεί να προσκληθεί στη διάσκεψη για να αναπαραγάξει πολυμέσα ή για να καταγράψει μια παρουσίαση.



- 
- Η προσθήκη των μέσων ενημέρωσης σε μια υπάρχουσα παρουσίαση: Ο εξυπηρετητής ή ο πελάτης μπορούν να ενημερώσουν ο ένας τον άλλον όταν κάποιο μέσο γίνεται διαθέσιμο.

Το RTSP έχει στόχο να παρέχει τις ίδιες υπηρεσίες σε συνεχή ροή ήχου και βίντεο όπως ακριβώς κάνει το HTTP για κείμενο και γραφικά. Έχει σχεδιαστεί σκόπιμα να έχει παρόμοια σύνταξη και λειτουργία, έτσι ώστε οι περισσότεροι μηχανισμοί επέκτασης του HTTP να μπορούν να προστεθούν στο RTSP.

Στο RTSP, κάθε παρουσίαση και ροή πολυμέσων προσδιορίζεται από μια διεύθυνση URL RTSP. Η συνολική παρουσίαση και οι ιδιότητες των μέσων καθορίζονται σε ένα αρχείο περιγραφής παρουσίασης, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει την κωδικοποίηση, τη γλώσσα, τις διευθύνσεις URL RTSP, τη διεύθυνση προορισμού, τη θύρα, και άλλες παραμέτρους. Το αρχείο περιγραφής παρουσίασης μπορεί να ληφθεί από τον πελάτη χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο HTTP, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή άλλα μέσα.

Το RTSP ωστόσο διαφέρει από το HTTP από πολλές απόψεις. Πρώτον, ενώ το HTTP είναι ένα πρωτόκολλο χωρίς καταστάσεις, ένας εξυπηρετητής RTSP πρέπει να διατηρεί «καταστάσεις συνεδρίας», προκειμένου να συσχετίζει τις αιτήσεις RTSP με τη ροή πολυμέσων. Δεύτερον, το HTTP είναι βασικά ένα ασύμμετρο πρωτόκολλο όπου ο πελάτης εκδίδει αιτήματα και ο εξυπηρετητής απαντά, αλλά στο RTSP τόσο ο εξυπηρετητής πολυμέσων όσο και ο πελάτης μπορούν να δημιουργήσουν αιτήματα. Για παράδειγμα, ο εξυπηρετητής μπορεί να δημιουργήσει ένα αίτημα για να ρυθμιστεί η αναπαραγωγή των παραμέτρων μιας ροής πολυμέσων.

Στην τρέχουσα έκδοση, οι υπηρεσίες και οι λειτουργίες του RTSP υποστηρίζονται από τις ακόλουθες μεθόδους:

*OPTIONS*: Ο πελάτης ή ο διακομιστής λέει στο άλλο μέρος τις επιλογές που μπορεί να δεχθεί.

*DESCRIBE*: Ο πελάτης ανακτά την περιγραφή μιας παρουσίασης ή κάποιο αντικείμενο πολυμέσων που αναγνωρίζεται από την αίτηση URL του server.

---

*ANNOUNCE*: Όταν στέλνεται από τον client στον server, η υπηρεσία αυτή δημοσιεύει την περιγραφή μιας παρουσίασης πολυμέσων ή του αντικειμένου που αναγνωρίστηκε από το αίτημα URL του εξυπηρετητή. Όταν αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή στον πελάτη, η υπηρεσία ANNOUNCE ενημερώνει την περιγραφή της συνεδρίας σε πραγματικό χρόνο.

*SETUP*: Ο πελάτης ζητά από το διακομιστή να διαθέσει πόρους για μια ροή δεδομένων και να ξεκινήσει μια RTSP συνεδρία.

*PLAY*: Ο πελάτης ζητά από το διακομιστή να ξεκινήσει την αποστολή δεδομένων σε μια ροή που διατίθεται μέσω του SETUP.

*PAUSE*: Ο πελάτης σταματά προσωρινά τη μετάδοση ροής χωρίς να απελευθερώσει τους πόρους του εξυπηρετητή.

*TEARDOWN*: Ο πελάτης ζητά από τον server να σταματήσει τη μετάδοση της συγκεκριμένης ροής και να απελευθερώσει τους πόρους που σχετίζονται με αυτό.

*GET\_PARAMETER*: Ανακτά την τιμή μιας παραμέτρου από μια παρουσίαση ή μια ροή που καθορίζεται από το URI.

*SET\_PARAMETER*: Ορίζει την τιμή μιας παραμέτρου από μια παρουσίαση ή μια ροή που καθορίζεται από το URI.

*REDIRECT*: Ο εξυπηρετητής ενημερώνει τους πελάτες που θα πρέπει να συνδεθούν με την τοποθεσία ενός άλλου εξυπηρετητή. Η επικεφαλίδα υποχρεωτικής τοποθεσίας υποδεικνύει τη διεύθυνση URL στην οποία θα πρέπει να συνδεθεί ο πελάτης.

*RECORD*: Ο πελάτης ξεκινά την καταγραφή μιας ροής δεδομένων των μέσων ενημέρωσης, σύμφωνα με την περιγραφή της παρουσίασης.

Αξιοσημείωτο είναι ότι κάποιες από αυτές τις μεθόδους μπορούν να αποσταλούν είτε από τον εξυπηρετητή στον πελάτη ή από τον πελάτη στον εξυπηρετητή, αλλά και άλλες μπορούν να αποσταλούν μόνο προς μία κατεύθυνση. Δεν είναι όλες αυτές οι μέθοδοι απαραίτητες σε ένα πλήρως λειτουργικό εξυπηρετητή. Για παράδειγμα, ένας εξυπηρετητής μέσω με ζωντανούς πόρους ίσως να μην υποστηρίζει τη μέθοδο PAUSE.

---

Οι αιτήσεις RTSP συνήθως αποστέλλονται σε ένα ανεξάρτητο κανάλι από το κανάλι δεδομένων. Μπορούν να μεταδοθούν σε μόνιμες συνδέσεις μεταφοράς, ή ως μία σύνδεση για κάθε αίτηση / απάντηση συναλλαγής, ή σε λειτουργία χωρίς σύνδεση.

#### **3.1.4 Σύνοψη**

Το RTSP είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου που δρομολογεί και κατευθύνει την μετάδοση της ροής των πολυμεσιακών δεδομένων από τους εξυπηρετητές πολυμέσων. Ο ρόλος του είναι να παρέχει τον απομακρυσμένο έλεγχο, η πραγματική μετάδοση των δεδομένων γίνεται ξεχωριστά, κατά πάσα πιθανότητα από το RTP.

Ένας RTSP εξυπηρετητής πρέπει να διατηρεί κάποιες καταστάσεις χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες εντολές. Σε αντίθεση με το HTTP, στο RTSP μπορούν να κάνουν αιτήσεις (requests) και οι εξυπηρετητές και οι παραλήπτες

Μέχρι σήμερα έχει υλοποιηθεί σε πολλά λειτουργικά συστήματα.

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΛΥΨΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

---

---

Σε προηγούμενες ενότητες περιγράφεται το πώς το RTP τρέχοντας πάνω από το UDP / IP παρέχει μια αναξιόπιστη υπηρεσία παράδοσης πακέτων, και πως αυτό σημαίνει ότι μια εφαρμογή είναι αναγκασμένη να δέχεται μια ελλιπή ροή δεδομένων. Υπάρχουν δύο πράγματα που η εφαρμογή μπορεί να κάνει όταν υπάρξει κάποια απώλεια πακέτου: να προσπαθήσει να διορθώσει το λάθος, ή να προσπαθήσει να το κρύψει.

## 4.1 Υπερκάλυψη σφαλμάτων ήχου

Όταν ένα πακέτο RTP περιέχει δεδομένα ήχου, αν η μουσική ή η ομιλία έχει χαθεί, ο δέκτης πρέπει να δημιουργήσει κάποια αντικατάσταση ώστε να διαφυλαχθεί το χρονοδιάγραμμα της ροής των δεδομένων. Αυτό μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και η επιλογή του αλγορίθμου κάλυψης μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην προβλεπόμενη ποιότητα του συστήματος σε περίπτωση απώλειας.

### Υπερκάλυψη με σιωπή

Η πιο απλή πιθανή τεχνική κάλυψης στην οποία τα κενά που δημιουργούνται από την απώλεια πακέτων καλύπτονται με ένα διάστημα σιωπής αντίστοιχης διάρκειας. Είναι η ευκολότερη και φθηνότερη μέθοδος και μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές. Δυστυχώς όμως αυτή η τεχνική αποτελεί το χειρότερο σχήμα επιδιόρθωσης και βρίσκεται σταθερά τελευταίο στην κατάταξη των τεστ ακρόασης που έχουν σχεδιαστεί για να αξιολογούν την ποιότητα επιδιόρθωσης. Οι δοκιμές ακρόασης

---

έχουν δείξει ότι αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματική για μικρής διάρκειας πακέτα και πακέτα με μικρό ποσοστό απωλειών. Η απόδοσή της μειώνεται καθώς το μέγεθος και το ποσοστό απωλειών του πακέτου αυξάνονται και γίνεται γρήγορα άχρηστη με τα μεγέθη των πακέτων που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές VoIP.

### **Υπερκάλυψη με θόρυβο**

Εξαιτίας της χαμηλής απόδοσης της υπερκάλυψης με σιωπή, η επόμενη επιλογή είναι η κάλυψη των κενών που έμειναν από την απώλεια πακέτων με κάποιου είδους θόρυβο στο βάθος.

### **Επανάληψη**

Ανάλογα με το περιεχόμενο του σήματος ήχου, μπορεί να είναι πιθανό να παραχθεί μία αντικατάσταση για ένα χαμένο πακέτο που να μοιάζει με τα αρχικά δεδομένα. Αυτό ειδικά συμβαίνει με τα σήματα λόγου που χαρακτηρίζονται από επαναλαμβανόμενα πρότυπα γνωστά ως βηματικοί κύκλοι (pitch cycles) που τυπικά διαρκούν από 20 έως 100 milliseconds. Οι απώλειες που δημιουργούνται σε αυτό το χρονικό διάστημα έχουν σημαντικές πιθανότητες να επικαλυφθούν.

Τα τεστ ακρόασης δείχνουν ότι η επανάληψη λειτουργεί καλύτερα από την υπερκάλυψη με θόρυβο για σήματα λόγου και είναι απλή στην εκτέλεση. Λειτουργεί καλύτερα με ομιλίες παρά με μουσική αφού τα χαρακτηριστικά της μουσικής έχουν μεγαλύτερη ποικιλία. Ο θόρυβος που ταιριάζει στο φάσμα συχνοτήτων του σήματος μπορεί να είναι καλύτερη επιλογή για σήματα μουσικής.

### **Άλλες τεχνικές επιδιόρθωσης σημάτων λόγου**

Οι τρεις απλές τεχνικές επιδιόρθωσης που προαναφέρθηκαν συγκροτούν τη βάση πολλών συστημάτων κάλυψης σφαλμάτων και όταν εφαρμόζονται σωστά μπορούν να δώσουν μια καλή απόδοση με χαμηλή πολυπλοκότητα υλοποίησης. Οι ερευνητές έχουν ανακαλύψει ένα εύρος πιο ειδικευμένων τεχνικών για επικάλυψη σφαλμάτων

---

λόγου. Αυτές οι τεχνικές τυπικά αυξάνουν την πολυπλοκότητα υλοποίησης και συνήθως είναι προσαρμοσμένα σε συγκεκριμένους τύπους εισόδου.

Πολλές τεχνικές που βασίζονται στην υπερκάλυψη με κυματομορφές έχουν προταθεί για να χρησιμοποιηθούν με την ομιλία. Αυτές οι τεχνικές δημιουργούν μια κατάλληλη αντικατάσταση πακέτου που βασίζεται στα χαρακτηριστικά του σήματος λόγου που χαρακτηρίζουν το χαμένο πακέτο, και μπορούν να αναπαρασταθούν σαν επεκτάσεις της επανάληψης πακέτων. Σε αντίθεση με την επανάληψη πακέτων, οι αλγόριθμοι υπερκάλυψης με κυματομορφές προσπαρμύζουν την επιδιόρθωση έτσι ώστε να αποφεύγεται η ασυνέχεια των άκρων του κενού και να ταιριάζουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά των σημάτων.

Οι ερευνητές έχουν προτείνει μια μεγάλη σειρά τεχνικών επικάλυψης σφαλμάτων που προσφέρουν μια σταδιακή βελτίωση σε αυτές που προαναφέρθηκαν. Αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν :

Τροποποίηση χρονοδιαγράμματος : εκτείνει τον ήχο σε κάθε πλευρά της απώλειας κατά μήκος του κενού. Για παράδειγμα, έχει προταθεί ένα σχήμα στο οποίο οι βηματικοί κύκλοι επεκτείνονται για να καλύψουν την απώλεια από όλες τις πλευρές και υπολογίζουν τη μέση τιμή όπου συναντούνται.

Αναγεννητική επιδιόρθωση : χρησιμοποιεί τις γνώσεις του αλγορίθμου συμπίεσης ήχου για να προκύψουν οι κατάλληλες παραμέτροι κωδικοποίησης για να ανακτηθεί ένα χαμένο πακέτο.

Παρεμβολή της κατάστασης κωδικοποιητή : επιτρέπει στους κωδικοποιητές που βασίζονται στη γραμμική πρόβλεψη, να εξάγουν τους συντελεστές πρόβλεψης παρεμβάλλοντας στα πλαίσια της κάθε πλευράς μιας απώλειας.

Επιδιόρθωση βασιζόμενη στο μοντέλο : προσπαθεί να θέσει τα σήματα της κάθε πλευράς της απώλειας σε ένα μοντέλο φωνητικού συστήματος/κωδικοποιητή και χρησιμοποιεί αυτό το μοντέλο για την πρόβλεψη της σωστής κάλυψης.

---

## 4.2 Υπερκάλυψη σφαλμάτων βίντεο

### Αντισταθμισμένη επανάληψη

Μια από τις ευρύτερα διαδεδομένες τεχνικές για επικάλυψη απώλειας βίντεο είναι η επανάληψη στο πεδίο του χρόνου. Όταν η απώλεια εμφανίζεται το κομμάτι του πλαισίου που επηρεάζεται από την απώλεια αντικαθίσταται με μία επανάληψη του προηγούμενου πλαισίου. Επειδή οι περισσότεροι κωδικοποιητές είναι βασισμένοι σε επίπεδα και τα χαμένα δεδομένα συχνά αποτελούν μόνο ένα μικρό μέρος της εικόνας, αυτός ο τύπος επιδιόρθωσης είναι συνήθως αποδεκτός.

### Μείωση εξάρτησης

Αν και η προγνωστική κωδικοποίηση είναι απαραίτητη για την επίτευξη της καλής συμπίεσης, καθιστά το βίντεο ευαίσθητο στην απώλεια πακέτων και περιπλέκει την υπερκάλυψη του σφάλματος. Από την άλλη πλευρά, εάν κάθε πλαίσιο του βίντεο κωδικοποιείται ανεξάρτητα, ένα χαμένο πακέτο θα επηρεάσει μόνο ένα πλαίσιο. Το αποτέλεσμα θα είναι μια προσωρινή δυσλειτουργία, αλλά σύντομα θα διορθωθεί όταν φθάνει το επόμενο πλαίσιο. Το μειονέκτημα των ανεξάρτητα κωδικοποιημένων πλαισίων είναι ένας πολύ υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων.

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΔΙΟΡΘΩΣΗ

## ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

---

---

Αν και είναι σαφώς σημαντικό να είναι δυνατό να αποκρυφθούν οι επιπτώσεις των σφαλμάτων μετάδοσης, είναι καλύτερα αν μπορούν να αποφευχθούν ή να διορθωθούν τα λάθη αυτά. Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τεχνικές που ο αποστολέας μπορεί να χρησιμοποιήσει για να βοηθήσει τους δέκτες να ανακτήσουν τα αυθεντικά πακέτα που χάνονται και να διορθωθούν και άλλα σφάλματα μετάδοσης.

### 5.1 Σφάλματα κατά την μεταφορά των πακέτων

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα περιλαμβάνουν διάφορους τύπους προς τα εμπρός διόρθωσης σφαλμάτων, κωδικοποίησης καναλιού, καθώς και επαναμετάδοσης των χαμένων πακέτων. Όταν χρησιμοποιείται σωστά, η διόρθωση σφαλμάτων παρέχει ένα σημαντικό όφελος για την αντιληπτή ποιότητα της ροής των μέσων, και μπορεί να κάνει τη διαφορά ανάμεσα στο αν ένα σύστημα είναι χρησιμοποιήσιμο ή όχι. Αν δεν χρησιμοποιηθεί σωστά, ωστόσο, μπορεί να οδηγήσει σε επιδείνωση των προβλημάτων που επρόκειτο να λύσει, και μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στο δίκτυο. Το θέμα του ελέγχου της συμφόρησης ( η διαδικασία προσαρμογής της ποσότητας των δεδομένων που αποστέλλονται έτσι ώστε να ταιριάζουν με τη χωρητικότητα του δικτύου ) , αποτελεί σημαντικό στοιχείο στη χρήση διόρθωσης σφαλμάτων. Η διόρθωση σφάλματος συνήθως λειτουργεί με την προσθήκη κάποιου πλεονασμού σε μια ροή πολυμέσων, το οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επισκευή των χαμένων στοιχείων. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας έρχεται κατά κάποιο τρόπο σε αντίθεση με τον σκοπό της συμπίεσης των πολυμέσων, η οποία επιδιώκει να αφαιρεί τα επιπλέον στοιχεία από τη ροή δεδομένων. Υπάρχει ένας συμβιβασμός που πρέπει να γίνει μεταξύ της συμπίεσης και



---

της ανοχής σφάλματος. Σε κάποιο βαθμό, η επιπλέον προσπάθεια που δαπανάται για τη συμπίεση μια ροής πολυμεσικών δεδομένων είναι αντιπαραγωγική, και είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται ο πλεονασμός για τον περιορισμό του σφάλματος. Φυσικά, το σημείο στο οποίο αυτή η γραμμή προσπερνάται εξαρτάται από το δίκτυο, τον κωδικοποιητή, και την εφαρμογή.

## 5.2 Κωδικοποίηση καναλιού

### Προς τα εμπρός διόρθωση σφαλμάτων (FEC)

Οι αλγόριθμοι μιας προς τα εμπρός διόρθωσης σφαλμάτων μετατρέπει μια ροή bit για να κάνει τη μετάδοση πιο ισχυρή. Η μεταφορά δημιουργεί μια μεγαλύτερη ροή bit που προορίζονται για μετάδοση δια μέσου ενός δικτύου με πολλές απώλειες. Οι πρόσθετες πληροφορίες στη μετασχηματισμένη ροή δυαδικών ψηφίων επιτρέπει στους δέκτες να ανακατασκευάσουν ακριβώς την αρχική ροή δυαδικών ψηφίων. Αυτοί οι αλγόριθμοι διόρθωσης λαθών κυρίως χρησιμοποιούνται στα ψηφιακά συστήματα μετάδοσης, όπως τα συστήματα επικοινωνιών κινητής τηλεφωνίας και τα συστήματα επικοινωνιών στο διάστημα, και στα συστήματα αποθήκευσης, όπως στα CD, στους σκληρούς δίσκους ηλεκτρονικού υπολογιστή, και στη μνήμη. Επειδή το Διαδίκτυο είναι ένα μέσο με πολλές απώλειες, και επειδή οι εφαρμογές πολυμέσων είναι ευαίσθητες στην απώλεια, τα FEC συστήματα έχουν προταθεί και τυποποιηθεί για εφαρμογές RTP. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν τόσο την ακριβή αλλά και την κατά προσέγγιση ανακατασκευή της ροής των δυαδικών ψηφίων, ανάλογα με την ποσότητα και τον τύπο του FEC που χρησιμοποιείται, και από τη φύση της απώλειας.

Η προς τα εμπρός διόρθωση σφαλμάτων, η οποία βασίζεται στην πρόσθεση των πληροφοριών στη ροή των μέσων ώστε να παρέχει προστασία ενάντια στην απώλεια πακέτων, είναι μια μορφή κωδικοποίησης καναλιού. Η ροή των δεδομένων μπορεί να ταιριάξει με χαρακτηριστικά της απώλειας ενός συγκεκριμένου μονοπατιού δικτύου και με άλλους τρόπους, όπως το μερικό άθροισμα ελέγχου (partial checksum) και η επιλογή εικόνας αναφοράς (Reference Picture Selection).

---

### Μερικό άθροισμα ελέγχου

Οι περισσότερες απώλειες πακέτων στο δημόσιο Διαδίκτυο προκαλούνται από τη συμφόρηση του δικτύου. Ωστόσο σε μερικές περιπτώσεις δικτύου, όπως το ασύρματο, η απώλεια και η αλλοίωση των πακέτων είναι το ίδιο πράγμα. Παρα το γεγονός ότι οι απορρίψεις των πακέτων με αλλοιωμένα bits είναι η κατάλληλη διαδικασία, σε πολλές περιπτώσεις κάποιες μορφές του RTP χρησιμοποιούν τα αλλοιωμένα δεδομένα. Μπορεί να γίνει χρήση των μερικά αλλοιωμένων RTP πακέτων είτε απενεργοποιώντας το UDP άθροισμα ελέγχου, είτε χρησιμοποιώντας ένα μέσο με μερικό άθροισμα ελέγχου. Αυτή είναι μια διαδικασία σε εξέλιξη που επεκτείνει το UDP ώστε να επιτρέψει στο άθροισμα ελέγχου να καλύψει μόνο ένα μέρος του πακέτου αντί να πρέπει να το καλύψει ολόκληρο ή καθόλου.

### Επιλογή εικόνας αναφοράς

Μια λύση ώστε οι κωδικοποιήσεις να γίνουν πιο ανθεκτικές στην απώλεια πακέτων είναι η επιλογή εικόνας αναφοράς, όπως χρησιμοποιείται σε ορισμένες παραλλαγές των κωδικοποιήσεων H.263 και MPEG-4. Αυτή αποτελεί μια άλλη μορφή κωδικοποίησης καναλιού στην οποία αν ένας πλαίσιο, στο οποίο προλέγονται και άλλα, χαθεί τότε τα μελλοντικά πλαίσια επανακωδικοποιούνται βάσει ενός άλλου πλαισίου που ελήφθη.

## **5.3 Επαναμετάδοση**

Η επαναμετάδοση αποτελεί τον τρόπο λειτουργίας όπου οι δέκτες αποστέλλουν μηνύματα στον αποστολέα ζητώντας να επαναμεταδώσει τα πακέτα που χάθηκαν. Είναι μια φυσική προσέγγιση στην επιδιόρθωση σφαλμάτων και χρησιμοποιείται σε αρκετά σενάρια. Ωστόσο κι αυτή η μέθοδος έχει προβλήματα που περιορίζουν τη λειτουργικότητα της. Το πρότυπο RTP δε χρησιμοποιεί την επαναμετάδοση, ωστόσο είναι υπό ανάπτυξη ένα προφίλ του RTP που παρέχει ένα πλαίσιο με βάση το RTCP για επαναμετάδοση αιτήσεων και άλλου είδους άμεση ανατροφοδότηση.

---

# ΕΠΙΛΟΓΟΣ

---

Ανακεφαλαιώνοντας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ανάπτυξη του πρωτοκόλλου RTP δημιουργήθηκε για να καλύψει τις απαιτήσεις στο χώρο του διαδικτύου που προέρχονται από τις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών του, για τη μετάδοση δεδομένων πραγματικού χρόνου. Το RTP ορίζει μια κεφαλίδα που μπαίνει στην αρχή κάθε πακέτου και ακολουθείται από τον κωδικοποιημένο ήχο ή βίντεο. Όλο το πακέτο προωθείται στο δίκτυο μέσω του UDP. Η κεφαλίδα αυτή χωρίζεται σε πεδία που το καθένα φέρει κάποια πληροφορία ώστε να είναι εφικτή η αναγνώριση και αναπαραγωγή των δεδομένων. Οι χρονοσφραγίδες φροντίζουν για την συγχρονισμένη αναπαραγωγή των δεδομένων, ο προσδιοριστής του φορτίου για την αναγνώριση του τύπου των δεδομένων και ο προσδιοριστής της πηγής φροντίζει για την κατάλληλη ομαδοποίηση με τα άλλα πακέτα της ίδιας πηγής.

Το RTP συνεργάζεται με ένα πρωτόκολλο ελέγχου, το RTCP. Αυτό ορίζει επίσης συγκεκριμένους τύπους πακέτων με τυποποιημένη μορφή που αποστέλλονται παροδικά και περιέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη μετάδοση. Τα πακέτα του RTCP στέλνονται πολλά μαζί ως ένα σύνθετο πακέτο που μεταφέρεται μέσα σε ένα πακέτο του UDP.

Επιπλέον, σε επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο RTSP με σύνταξη και λειτουργία παρόμοια με του HTTP, αλλά χρησιμοποιείται για ήχο και βίντεο.

Ένα σημαντικό μέρος της μετάδοσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι η παρουσία μεθόδων κάλυψης τυχόν σφαλμάτων που ίσως δημιουργηθούν κατά τη μετάδοση αλλά και οι τεχνικές διόρθωσής τους, που είναι ακόμα σημαντικότερες στη μετάδοση πολυμεσιακής πληροφορίας. Τα πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου οφείλουν να έχουν ειδικές τέτοιες τεχνικές ώστε να μην αλλοιώνουν ή καθυστερούν το αποτέλεσμα, τεχνικές που να μπορούν να εφαρμοστούν παράλληλα με τη μετάδοση των δεδομένων.

---

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. « *RTP: Audio and Video for the Internet* » By Colin Perkins  
*Publisher: Addison Wesley June 12,2003*
2. [http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-97/ftp/ip\\_multimedia/](http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-97/ftp/ip_multimedia/)  
*Chunlei Liu, [liu.223@osu.edu](mailto:liu.223@osu.edu)*
3. **TEI PIRAEUS.**  
<http://web.teipir.gr/WWWbeldia/greek/Diploma/kefalaio4/441.html>.  
*[Online] By Beldia , Athens /98*
4. *Μάθημα « Τηλεματική και νέες υπηρεσίες »*  
*Μηχανικών Η/Υ Πανεπιστημίου Πατρών 2015 / 2016*  
*Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας*  
*Ενότητα : Πρωτόκολλα Πραγματικού Χρόνου*  
[https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CEID1089/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82%202015-16/02\\_prwtokolla\\_pragmatikou\\_xronou.pdf](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CEID1089/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82%202015-16/02_prwtokolla_pragmatikou_xronou.pdf)
5. « *Διαδίκτυα με TCP/IP – Αρχές Πρωτόκολλα Και Αρχιτεκτονικές* »  
*Copyright 2000 by Dr.Douglas E. Comer*  
*Μετάφραση βιβλίου στα ελληνικά: Commit*  
*Επιμέλεια : Εκδόσεις Κλειδάριθμος*  
*Κεφάλαιο 29 : « Μεταφορά φωνής και βίντεο μέσω IP(RTP) »*