

Ατομική Διπλωματική Εργασία

ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ

Αργυρός Αργυρού

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ιούνιος 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ

Αργυρός Αργυρού

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Βάσος Βασιλείου

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Ιούνιος 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτον απ'όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου ΔΡ. Βάσο Βασιλείου για την τεράστια βοήθεια που μου προσέφερε, τόσο για το πλούσιο υλικό που μου πρόσφερε όσο και για την σωστή καθοδήγηση και ψυχολογική στήριξη που μου παρείχε κατά τη διάρκεια την διπλωματικής εργασίας.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την κατανόηση που έδειξε και την ψυχολογική στήριξη που μου πρόσφεραν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας .

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους αναφέρονται στην βιβλιογραφία για τα διάφορα άρθρα, βιβλία ή διπλωματικές που έκαναν και με βοήθησαν να δημιουργήσω αυτή τη διπλωματική εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ραγδαία ανάπτυξη της χρήσης του διαδικτύου και κυρίως η βελτίωση των υποδομών αυτού έχουν επιφέρει σε παγκόσμιο επίπεδο τεράστιες μεταβολές στις μορφές επικοινωνίας οι οποίες έχουν καταστεί πλέον πιο άμεσες από ποτέ. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση στη γλώσσα προγραμματισμού JMF (Java Media Framework) ενός αλγορίθμου ο οποίος χρησιμοποιείται για unicast μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου σύμφωνα με το μοντέλο πελάτη εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής προσαρμόζει τα πολυμεσικά δεδομένα με βάση την ισχύ του σήματος την οποία παίρνει από το ασύρματο δίκτυο και επίσης με βάση τις RTCP αναφορές παραλήπτη τις οποίες λαμβάνει από τον πελάτη. Πιο συγκεκριμένα από τις αναφορές παραλήπτη χρησιμοποιεί το jitter και τις απώλειες πακέτων.

Η εργασία περιλαμβάνει βιβλιογραφική μελέτη των πρωτοκόλλων RTP (Real Time Protocol), RTCP (Real Time Control Protocol) και RTSP (Real Time Streaming Protocol) τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου. Επίσης, περιλαμβάνει ανάλυση των ασύρματων δικτύων και συγκεκριμένα του 802.11 καθώς επίσης και ανάλυση των προτύπων του.

Επιπλέον, διερευνήθηκαν οι διαθέσιμες βιβλιοθήκες (APIs) που επιτρέπουν σε προγράμματα υλοποιημένα στο JMF να χειριστούν δεδομένα βίντεο καθώς επίσης και το εργαλείο WRAPI+ το οποίο μας παρέχει την ισχύ του σήματος μέσα από ένα ασύρματο δίκτυο. Στο πλαίσιο αυτό μελετήθηκαν και υπάρχουσες διπλωματικές εργασίες με σκοπό την καλύτερης κατανόησης της όλης διαδικασίας και τον εντοπισμό τυχών αδυναμιών αλλά και περιθωρίων βελτίωσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	IV
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
Εισαγωγή	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	3
Βίντεο Streaming	3
2.1 Γενικά	4
2.2 Τρόποι μετάδοσης πολυμεσικού περιεχομένου	5
2.3 Βίντεο Streaming και διαδίκτυο	6
2.4 Πρωτόκολλο μεταφοράς για εφαρμογές βίντεο Streaming	7
2.5 Κωδικοποιητές Βίντεο	8
2.5.1 Γενικά	8
2.5.2 ITU H.261	9
2.5.3 ITU H.263	10
2.5.4 ITU H.264	10
2.5.5 JPEG	11
2.5.6 MPEG	12
2.5.7 MPEG – 1	12
2.5.8 MPEG – 2	13
2.5.9 MPEG – 3	14
2.5.10 MPEG-4	14
2.5.11 MPEG – 7	14
2.5.12 MPEG – 21	15
2.6 Real-Time Transport protocol (RTP)	17
2.6.1 Γενικά	17
2.6.2 Μεταφραστές και Αναμίκτες	18
2.6.3 Τρόπος λειτουργίας RTP	20
2.6.4 Πακέτα δεδομένων RTP	23
2.6.5 Χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου RTP	26
2.7 Real-Time Transport Control Protocol (RTCP)	27
2.7.1 Γενικά	27
2.7.2 Παραδείγματα χρησιμότητας του RTCP	28
2.7.3 Τύποι πακέτων RTCP	29
2.7.3.1 Sender Report (SR) και Receiver Report (RR)	29
2.7.3.2 Source Description (SDS)	33
2.7.3.3 Goodbye (BYE)	34
2.7.3.4 Application defined (APP)	34
2.7.4 Υπηρεσίες που παρέχει το RTCP	34
2.8 Real-Time Streaming protocol (RTSP)	36
2.8.1 Γενικά	36

2.8.2 Ομοιότητες και διαφορές με το HTTP	37
2.8.3 Χαρακτηριστικά του RTSP	38
2.8.4 Υπηρεσίες που παρέχει το RTSP	40
2.8.5 Μέθοδοι του RTSP	41
2.8.6 Τρόποι μετάδοσης στο RTSP	44
2.8.7 Τρόπος λειτουργίας του RTSP	44
2.9 Βίντεο Streaming σε ασύρματα δίκτυα	48
2.9.1 Γενικά	48
2.9.2 Πλεονεκτήματα	49
2.9.3 Μειονεκτήματα	50
2.9.3.1 Παρεμβολή λόγω πολλαπλών διαδρομών	51
2.9.3.2 Path loss	51
2.9.3.3 Παρεμβολές ραδιοσημάτων	53
2.9.3.4 Θόρυβος	53
2.9.3.5 Ασυμβατότητα συστημάτων	54
2.9.3.6 Το πρόβλημα του κρυμμένου και εκτεθειμένου κόμβου	54
2.10 Διαχείριση ενέργειας	55
2.11 IEEE 802.11	56
2.11.1 Γενικά	56
2.11.2 Τοπολογία του 802.11	58
2.11.3 Αρχιτεκτονική του 802.11	61
2.11.3.1 Το υποστρώμα MAC του 802.11	62
2.11.3.2 Τα φυσικά επίπεδα του 802.11	62
2.11.3.3 Υπηρεσίες του 802.11	63
2.11.4 Πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο	67
2.11.5 Εκδόσεις προτύπων	68
2.11.5.1 Προηγούμενες εκδόσεις	68
2.11.5.2 Πρότυπο 802.11n	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	74
Προσαρμοστικό βίντεο streaming	74
3.1 Γενικά	75
3.2 Προσαρμοστικό βίντεο streaming σε ασύρματα δίκτυα	75
3.3 Χρησιμότητα	76
3.4 Μέθοδοι Προσαρμογής πολυμεσικών δεδομένων	77
3.4.1 Γενικά	77
3.4.2 Κωδικοποίηση σε στρώματα	78
3.4.3 Αλλαγή των παραμέτρων του κωδικοποιητή	79
3.4.4 Έλεγχος λαθών	80
3.5 Προηγούμενες σχετικές εργασίες για μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου	81
3.5.1 Γενικά	81
3.5.2 ADIVIS	82
3.5.3 Αλγόριθμος (Μπουτσίνη) για ασύρματη μετάδοση	85
3.5.4 Αλγόριθμος (Μπαρούνη) για μετάδοση πάνω από κινητά δίκτυα	88
3.5.4.1 Γενικά	88
3.5.4.2 Πρωτόκολλο TCP Friendly Rate Control (TFRC)	88
3.5.4.3 Ανάλυση αλγορίθμου	90
3.5.5 Αλγόριθμος (Γκάμα) για πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου	98

3.5.5.1 Γενικά	98
3.5.5.2 Αρχιτεκτονική αλγόριθμου	99
3.5.5.3 Αναλυτική περιγραφή μηχανισμού Feedback Analysis	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	108
Προτεινόμενος αλγόριθμος	108
4.1 Γενικά	109
4.2 Αρχιτεκτονική προτεινόμενου αλγόριθμου	110
4.3 WRAP+	112
4.4 Adaptive control	113
4.5 JMF (Java Media Framework)	114
4.5.1 Γενικά	114
4.5.2 Βασικές ορολογίες	116
4.5.3 Κλάση player	118
4.5.4 Κλάση processor	120
4.5.5 Χρήση του JMF στη μετάδοση RTP stream	122
4.5.6 JMF RTP Αρχιτεκτονική	124
4.6 Περιγραφή Υλοποίησης	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	128
Προβλήματα και Μελλοντική εργασία	128
5.1 Προβλήματα που συναντήσαμε	129
5.2 Μελλοντική Εργασία	130
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	134

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

Αυτή η διπλωματική εργασία έχει σαν αρχικό στόχο την κατανόηση της ορολογίας βίντεο streaming. Περιληπτικά, με τον όρο βίντεο streaming εννοούμε ότι το βίντεο αποτελείται από πολλά μέρη (ροές). Θα αναπαράγουμε τα streams που έχουμε παραλάβει ενώ άλλα stream που δεν έχουν διαδοθεί θα διαδίδονται παράλληλα έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να παρακολουθούν το βίντεο πριν την ολοκλήρωση της παραλαβής του.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται περιγραφή των διαφόρων κωδικοποιητών και αποκωδικοποιητών με τους οποίους μπορούμε να κωδικοποιήσουμε και να αποκωδικοποιήσουμε το βίντεο (όπως για παράδειγμα το H.261, H.263 και H.264 που είναι πρότυπα από τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (ITU) και άλλα πρότυπα από την ομάδα εμπειρογνομόνων κινούμενων εικόνων (MPEG- Motion Picture Expert Group) όπως το MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7 και MPEG-21. Ακολουθώντας, περιγράφουμε τα διάφορα πρωτόκολλα για μετάδοση βίντεο όπως για παράδειγμα το RTP, RTCP και RTSP. Περιληπτικά, το RTP (Real Time Protocol) παρέχει υποστήριξη για εφαρμογές με ιδιότητες πραγματικού χρόνου, συμπεριλαμβάνοντας ανίχνευση απωλειών, ασφάλεια και ταυτοποίηση περιεχομένου. Το RTCP (Real Time Control Protocol) είναι πρωτόκολλο ελέγχου και ανατροφοδοτεί με πληροφορίες για την ποιότητα των δεδομένων μετάδοσης. Τέλος, το RTSP επιτρέπει στο media player του πελάτη (client) να ελέγξει τη μετάδοση των πολυμεσικών δεδομένων με το να κάνει play, παύση (pause), μπροστά (fast forward), πίσω (rewind) και αλλαγή θέσης (seek) στο πολυμεσικό περιεχόμενο. Επίσης, γίνεται αναφορά στο ασύρματο βίντεο streaming δηλαδή στα προβλήματα που θα προκύψουν όταν έχουμε βίντεο streaming σε ασύρματο δίκτυο καθώς και τα πλεονεκτήματα. Αναλύεται η τοπολογία και η αρχιτεκτονική της οικογένειας προτύπων IEEE 802.11 και τα πρότυπα 802.11a, 802.11b, 802.11g και 802.11n.

Στο κεφάλαιο 3 εξηγούμε τι σημαίνει προσαρμοστικό βίντεο streaming και με ποιες τεχνικές μπορούμε να το εφαρμόσουμε. Περιληπτικά, προσαρμοστικό βίντεο streaming σημαίνει να προσαρμόσουμε τις δικτυακές συνθήκες έτσι ώστε να πετύχουμε καλύτερα

αποτελέσματα. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή αλγορίθμων από προηγούμενες διπλωματικές εργασίες.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο προτεινόμενος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να κάνουμε προσαρμοστικό βίντεο Streaming σε ασύρματα δίκτυα. Εξηγούμε την αρχιτεκτονική του αλγορίθμου και περιγράφεται αναλυτικά ο μηχανισμός που κάνει την προσαρμογή καθώς και ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του. Επίσης γίνεται αναφορά στην αρχιτεκτονική και στις βασικές ορολογίες και κλάσεις του JMF (Java Media Framework).

Στο κεφάλαιο 5 αναφέρουμε τα διάφορα προβλήματα που συναντήσαμε κατά την υλοποίηση του αλγορίθμου στην γλώσσα προγραμματισμού JMF και ιδέες που μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Βίντεο Streaming

2.1 Γενικά

2.2 Τρόποι μετάδοσης πολυμεσικού περιεχομένου

2.3 Βίντεο Streaming και διαδίκτυο

2.4 Πρωτόκολλο μεταφοράς για εφαρμογές βίντεο Streaming

2.5 Κωδικοποιητές Βίντεο

2.6 Real-Time Transport protocol (RTP)

2.7 Real-Time Transport Control Protocol (RTCP)

2.8 Real-Time Streaming protocol (RTSP)

2.9 Βίντεο Streaming σε ασύρματα δίκτυα

2.10 Διαχείριση ενέργειας

2.11 IEEE 802.11

2.1 Γενικά

Όταν μιλούμε για εφαρμογές streaming εννοούμε εφαρμογές που επεξεργάζονται πληροφορίες multimedia δηλαδή βίντεο ή ήχο ή και τα δύο. Υπάρχουν πολλοί μεσολαβητές μεταξύ της πηγής και του παραλήπτη της πληροφορίας μέσω των οποίων η πληροφορία αποθηκεύεται, μεταδίδεται, παρουσιάζεται ή γίνεται αντιληπτή.

Οι Streaming εφαρμογές είναι ευαίσθητες στο χρόνο δηλαδή απαιτούν τα δεδομένα να βρίσκονται στον παραλήπτη (client) χωρίς καθυστέρηση. Επίσης, απαιτούν να υπάρχει σταθερό εύρος ζώνης (bandwidth) δηλαδή τα δεδομένα να κατεβαίνουν από τον εξυπηρετητή με σταθερό ρυθμό. Δεν επηρεάζεται από τις απώλειες πακέτων επειδή με κάποιους μηχανισμούς μπορούμε να επαναφέρουμε στον παραλήπτη τα πακέτα που χάθηκαν πριν να τα παίξει με το media player. Μερικές τέτοιες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να επαναφέρουν τα χαμένα πακέτα στον παραλήπτη είναι το FEC (forward error correction), interleaving και διαδοχικά retransmission.

Με τον όρο βίντεο streaming εννοούμε ότι ο streaming εξυπηρετητής σπάει το βίντεο σε πολλά πακέτα (όπου το μέγεθος τους καθορίζεται από το διαθέσιμο εύρος ζώνης) και τα μεταδίδει στον παραλήπτη. Ο παραλήπτης ξεκινά να παίξει το βίντεο από την αρχή και ενώ βλέπει το βίντεο ταυτόχρονα κατεβάζει από τον εξυπηρετητή (server) το επόμενο μέρος του βίντεο. Δηλαδή όταν ο παραλήπτης λάβει αρκετά πακέτα, τότε μπορεί να παρουσιάζει ένα πακέτο, να αποσυμπιέζει ένα άλλο και να παραλαμβάνει το επόμενο. Το βίντεο ο παραλήπτης το παίξει με ένα media player όπως για παράδειγμα το windows media player, VLC (video LAN client) media player, Quick time και JMF (java media framework). Θα πρέπει το media player που είναι ένα λογισμικό για να παίξει βίντεο και ήχο να υποστηρίζει τη συγκεκριμένη κωδικοποίηση και μορφή στην οποία βρίσκεται το βίντεο. Ενώ ο παραλήπτης παίξει το βίντεο μπορεί να κάνει παύση ή να πάει πίσω να δει προηγούμενο μέρος του βίντεο αλλά δεν μπορεί να δει ένα μέρος του βίντεο το οποίο βρίσκεται πολύ πιο μπροστά επειδή ίσως να μην έχει ακόμη κατεβεί από τον εξυπηρετητή.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι ότι μειώνει τον χρόνο κατεβάσματος του αρχείου επειδή δεν χρειάζεται να περιμένουμε να κατεβεί ολόκληρο το

αρχείο (βίντεο ή ήχος) και μετά να το δούμε. Επίσης, παρέχει σταθερή υπηρεσία μετά από απαίτηση του παραλήπτη.

Εφαρμογές που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνική είναι το βίντεο streaming (που αναφέραμε προηγουμένως), IP τηλεφωνία, ραδιόφωνο διαδικτύου, μάθηση από απόσταση, βίντεο διάσκεψη, αλληλεπιδραστικά παιχνίδια και άλλα.

Μερικά από τα μειονεκτήματα είναι ότι είναι δύσκολο να κρατήσουμε την υπηρεσία σταθερή αν το εύρος ζώνης είναι χαμηλό (π.χ. αν χρησιμοποιούμε modem). Επίσης η συντήρηση των streaming εξυπηρετητών είναι σχετικά ακριβή. Μπορεί να υπάρχουν απώλειες πακέτων κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Τέλος τα δεδομένα αν δεν παραλαμβάνονται από τον εξυπηρετητή στην ώρα τους, τότε ο παραλήπτης θα έχει καθυστερήσεις (διακοπές) ενώ βλέπει το βίντεο ή ακούει μουσική.

2.2 Τρόποι μετάδοσης πολυμεσικού περιεχομένου

Οι τρόποι για να μεταδώσουμε πολυμεσικό περιεχόμενο είναι οι εξής:

- Streaming αποθηκεμένο βίντεο ή ήχο: Σε αυτή την περίπτωση ο παραλήπτης (client) ζητά με απαίτηση συμπιεσμένα αρχεία βίντεο ή ήχου τα οποία είναι αποθηκεμένα στον εξυπηρετητή (server). Επειδή τα αρχεία είναι αποθηκεμένα στον εξυπηρετητή ο πελάτης μπορεί να κάνει παύση (pause), να πάει λίγο πιο μπροστά (fast-forward), να πάει πίσω (rewind) και να πάει σε συγκεκριμένη θέση στο πολυμεσικό περιεχόμενο (index) αν έχει κατεβεί το συγκεκριμένο μέρος του αρχείου από τον εξυπηρετητή. Παράδειγμα αυτού του τρόπου μετάδοσης είναι το YouTube και το CNN.

- Streaming live βίντεο και ήχο: Τα πολυμεσικά δεδομένα δεν είναι αποθηκεμένα κάπου (π.χ. στον εξυπηρετητή) γι'αυτό ο πελάτης δεν μπορεί να κάνει fast-forward ενώ βλέπει το βίντεο ή ήχο. Αν ο πελάτης επιθυμεί να αποθηκεύει τα δεδομένα που παραλαμβάνει από τον εξυπηρετητή τότε μπορεί να κάνει παύση (pause), ή να πάει πίσω (rewind). Παραδείγματα αυτού του τρόπου μετάδοσης είναι το ραδιόφωνο μέσω διαδικτύου όπου

ακούμε ζωντανά κάποιο ραδιοφωνικό σταθμό και η τηλεόραση μέσω διαδικτύου όπου βλέπουμε ζωντανά ειδήσεις και συνεντεύξεις μέσω διαδικτύου.

- Real-time interactive βίντεο και ήχο: σε αυτή την περίπτωση οι χρήστες χρησιμοποιούν βίντεο και ήχο για να επικοινωνούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Δηλαδή επικοινωνούν βλέποντας ο ένας τον άλλο όπως είναι για παράδειγμα η βίντεο τηλεδιάσκεψη. Άλλο παράδειγμα είναι η τηλεφωνία μέσω διαδικτύου όπου ο ένας ακούει τον άλλο. Είναι όπως το παραδοσιακό τηλέφωνο και παρέχει περισσότερες ευκολίες όπως για παράδειγμα να αναγνωρίζει αν υπάρχει κάποιος για να μιλήσεις και να μπορούν να επικοινωνούν πολλοί ταυτόχρονα. Προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι το Skype και το NetMeeting.

2.3 Βίντεο Streaming και διαδίκτυο

Ετερογενή δίκτυα είναι τα δίκτυα τα οποία έχουν διαφορετικές τοπολογίες και είναι κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά (hardware). Αυτό κάνει το κάθε δίκτυο να παρέχει διαφορετικό εύρος ζώνης (bandwidth).

Το διαδίκτυο (internet) αναπτύχθηκε για να συνδέσει ένα ετερογενή μίγμα δικτύων τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες για την μεταγωγή των πακέτων. Ενώ το κάθε δίκτυο έχει το δικό του μηχανισμό επικοινωνίας, το διαδίκτυο επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ των δικτύων με την παροχή ενός ομοιόμορφου μηχανισμού για τη δρομολόγηση και την μεταφορά των πακέτων. Ο κάθε υπολογιστής στο διαδίκτυο έχει μια μοναδική διαδικτυακή διεύθυνση (IP address) η οποία επιτρέπει στους υπολογιστές από διαφορετικά δίκτυα να αναγνωρίζει ο ένας τον άλλο. Το σύστημα δρομολόγησης του διαδικτύου παρέχει το μηχανισμό που επιτρέπει στα πακέτα να κινηθούν από μια διαδικτυακή διεύθυνση σε μια άλλη, διαμέσου πολλών διαφορετικών υποδικτύων που είναι συνδεδεμένα με φυσικές συνδέσεις με διαφορετικές δυνατότητες. Οι δρομολογητές (routers) του διαδικτύου αποθηκεύουν τα εισερχόμενα πακέτα σε ουρές και στη συνέχεια τα προωθούν προς μια έξοδο αφού πάρουν την απόφαση δρομολόγησης με βάση τη διεύθυνση προορισμού τους. Οι περισσότεροι δρομολογητές που υπάρχουν εφαρμόζουν

την πολιτική FIFO (first in first out) με την οποία απορρίπτουν όλα τα εισερχόμενα πακέτα όταν η ουρά εισερχομένων είναι πλήρης. Τέλος, το πρωτόκολλο διαδικτύου (internet protocol) χρησιμεύει σαν μια κοινή γλώσσα την οποία καταλαβαίνουν όλα τα υποδίκτυα και επιτρέπει την συνεπή και ομοιόμορφη μεταφορά των πακέτων στο διαδίκτυο. Παρέχει υπηρεσίες καλύτερης προσπάθειας με το να κάνει την καλύτερη προσπάθεια που μπορεί για να μετακινήσει το κάθε πακέτο (λέγονται datagram) από την πηγή στον παραλήπτη όσο πιο γρήγορα γίνεται .

2.4 Πρωτόκολλο μεταφοράς για εφαρμογές βίντεο Streaming

Για εφαρμογές όπως είναι η μεταφορά αρχείων και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο δεν μας ενδιαφέρει αν υπάρχουν καθυστερήσεις, αλλά αν υπάρχουν απώλειες πακέτων. Έτσι σε ένα δίκτυο που βασίζεται στην υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας η αξιοπιστία που θέλουμε να υπάρχει πρέπει να ελέγχεται στα άκρα της σύνδεσης. Για αυτόν τον λόγο είναι αναγκαία τα πρωτόκολλα μεταφοράς τα οποία χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες του internet protocol (IP) και παρέχουν αξιοπιστία μέσω της αναμετάδοσης από άκρο σε άκρο. Το πρωτόκολλο μεταφοράς ελέγχου (TCP) παρέχει μια δημοφιλή πλατφόρμα για την οικοδόμηση αξιόπιστων εφαρμογών οι οποίες να μπορούν να λειτουργούν μέσα στο αναξιόπιστο διαδίκτυο. Στις μέρες μας, η περισσότερη κυκλοφορία στο διαδίκτυο όπως για παράδειγμα η επίσκεψη σε ιστοσελίδες και η μεταφορά ηλεκτρονικού ταχυδρομείου γίνονται με το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP.

Το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP παρέχει αξιόπιστη μεταφορά επειδή αναμεταδίδει τα πακέτα που χάθηκαν. Η αναμετάδοση όμως έχει ως συνέπεια μια σχετική αύξηση στην καθυστέρηση και το delay jitter. Με τον όρο delay jitter αναφερόμαστε στην μεταβλητότητα της καθυστέρησης που υπάρχει μεταξύ των πακέτων που στέλνονται από την ίδια ροή (από την πηγή στον παραλήπτη). Για τις μεταφορές των συνεχών μέσων όπως οι ακουστικές ή οι τηλεοπτικές ροές επηρεάζονται πολύ από μια πιθανή αύξηση στην καθυστέρηση ή το delay jitter. Για αυτόν το λόγο το πρωτόκολλο TCP επειδή δεν παρέχει πληροφορίες για το χρόνο που χρειάστηκαν τα πακέτα να μεταδοθούν αλλά και επειδή δεν μας ενδιαφέρει αν έχουμε απώλειες πακέτων δεν χρησιμοποιείται για τις εφαρμογές

πολυμέσων. Χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο UDP το οποίο είναι η διεπαφή (interface) στην υπηρεσία IP καλύτερης προσπάθειας. Το πρωτόκολλο UDP παρέχει έλεγχο αθροίσματος των πακέτων για να ελέγξει την ακεραιότητα των στοιχείων και μια τεχνική αρίθμησης για την αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας που στέλνεται στον ίδιο προορισμό. Οι λειτουργίες του ελέγχου για λάθη, της αντιμετώπισης της απώλειας πακέτων και του ελέγχου του ποσοστού μετάδοσης πρέπει να γίνονται από την εφαρμογή.

2.5 Κωδικοποιητές Βίντεο

2.5.1 Γενικά

Έχοντας υπόψη μας ότι το διαδίκτυο έχει περιορισμένες δυνατότητες μετάδοσης και το ακατέργαστο μέγεθος των ψηφιακών βίντεο είναι πολύ μεγάλο, τα βίντεο πρέπει να συμπιέζονται πριν από την μετάδοση τους. Αυτό επιτυγχάνεται με την κωδικοποίηση του βίντεο η οποία βασίζεται στην εκμετάλλευση του έμφυτου πλεονασμού του βίντεο προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος του. Η κάθε κωδικοποίηση βίντεο (π.χ H.264, MPEG-4) έχει διαφορετικό μέγεθος megabyte (MB) από τις υπόλοιπες.

Υπάρχουν δύο ειδών πλεονασμοί σε δεδομένα βίντεο. Το πρώτο είδος πλεονασμού είναι χωρικό ενώ το δεύτερο χρονικό. Ο χωρικός πλεονασμός αναφέρεται στον συσχετισμό που υπάρχει μεταξύ διαφορετικών μερών του ίδιου πλαισίου και απομακρύνεται με τη χρήση τεχνικών μετατροπής της κωδικοποίησης. Οι χρονικοί πλεονασμοί αφορούν πλεονασμούς μεταξύ διαφορετικών πλαισίων και απομακρύνονται με τη χρήση τεχνικών εκτίμησης κίνησης (motion estimation).

Τα πιο σημαντικά πρότυπα κωδικοποιητών/ακωδικοποιήτων βίντεο μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η μια κατηγορία αναφέρεται στα πρότυπα από την διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (ITU) οι οποία είναι ειδικευμένη στις εφαρμογές βίντεο τηλεδιάσκεψης. Είναι τα H.261, H.263 και H.264. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από τα πρότυπα από την ομάδα εμπειρογνομένων κινούμενων εικόνων (MPEG- Motion Picture Expert Group). Αυτοί οι κωδικοποιητές είναι ειδικευμένοι στις

εφαρμογές αποθήκευσης και ανοικτής μετάδοσης (broadcast). Είναι τα πρότυμα κωδικοποιητών MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7 και MPEG-21.

Οι κωδικοποιητές μπορούν να διαχωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες (τους συμμετρικούς και τους ασύμμετρους) ανάλογα με το αν η συμπίεση διαρκεί περισσότερο από την αποσυμπίεση. Οι συμμετρικοί κωδικοποιητές χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως ζωντανές μεταδόσεις, όπου η συμπίεση πρέπει να γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Οι ασύμμετροι κωδικοποιητές απαιτούν ισχυρούς υπολογιστές για τη συμπίεση και χρησιμοποιούνται για υλικό που θα συμπιεστεί μια φορά και θα αναπαραχθεί πολλές.

Άρα, κανένας συνδυασμός δεν μπορεί να καλύψει όλες τις ανάγκες και επομένως θα πρέπει να γίνει ο κατάλληλος συνδυασμός με κωδικοποιητές για να πετύχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα. Στη συνέχεια αναφέρονται μερικοί από τους πιο βασικούς κωδικοποιητές/αποκωδικοποιητές.

2.5.2 ITU H.261

Το H.261 είναι μια κωδικοποίηση video ορισμένη από το ITU (International Telecommunication Union). Έχει σχεδιαστεί για ρυθμούς δεδομένων οι οποίοι είναι πολλαπλάσια των 64 Kbit/second, για αυτό και μερικές φορές ορίζεται και ως $p \times 64\text{Kbit/second}$ όπου το p παίρνει τιμές από 1 – 30. Οι ρυθμοί αυτοί μετάδοσης εξυπηρετούνται κυρίως από γραμμές ISDN. Το H.261 έχει σχεδιαστεί ώστε η πολυμεσική πληροφορία να μεταφέρεται με τη βοήθεια του RTP (Real Time Transport Protocol).

Η κωδικοποίηση H.261 υποστηρίζει μια τεχνική που ονομάζεται motion compensation με την οποία το επόμενο προς μετάδοση frame δημιουργείται με βάση τα προηγούμενα. Δύο αναλύσεις υποστηρίζονται από το πρότυπο αυτό, οι οποίες είναι η Quarter Common Interchange Format (QCIF) στα 144x176 pixel και Common Interchange Format (CIF) στα 288x352 pixel.

Μια από τις εφαρμογές του είναι το βίντεο τηλέφωνο και η τηλεδιάσκεψη. Ο αλγόριθμος κωδικοποίησης video πρέπει να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο με την μικρότερη καθυστέρηση. Για $p=1$ ή $p=2$ μπορεί να επιτευχθεί μόνο επιτραπέζια τηλεδιάσκεψη. Πιο πολύπλοκες εικόνες απαιτούν $p \geq 6$. Το H.261 είναι μια τυποποίηση για ρυθμούς μετάδοσης κυμαινόμενους από 64Kbps σε 2Mbps.

2.5.3 ITU H.263

Το H.263 είναι μια κωδικοποίηση βίντεο σχεδιασμένη από το ITU-T (for Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunications Union) σαν μια λύση στην απαίτηση για πραγματοποίηση τηλεδιάσκεψης με χαμηλό ρυθμό. Στην αρχή είχε σχεδιαστεί για τα H.324 συστήματα (δίκτυα PSTN (Public Switched Telephone Network) μεταγωγής κυκλώματος για πραγματοποίηση τηλεδιασκέψεων). Χρησιμοποιεί μια block motion compensated DCT (Discrete cosine transformation) μέθοδο για την κωδικοποίηση του βίντεο. Η κωδικοποίηση αυτή είναι πιο αποτελεσματική από την H.261. Τεμαχίζει την εικόνα σε macroblock τα οποία αποτελούνται από 16x16 luminance block και 8x8 chrominance block. Το κάθε macroblock μπορεί να κωδικοποιηθεί είτε ως intra (χωρίς συσχετίσεις ανάμεσα σε διαδοχικά frame) είτε ως inter (με συσχετίσεις ανάμεσα σε διαδοχικά frame). Το H.263 βασίζεται στο H.261 ενώ παράλληλα παρέχει κάποιες επεκτάσεις για πιο αποτελεσματική κωδικοποίηση.

2.5.4 ITU H.264

Το H.264 είναι ένα πρότυπο για συμπίεση βίντεο. Είναι επίσης γνωστό και ως MPEG-4 Part 10 ή MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding). Αυτό το πρότυπο έχει σαν σκοπό να διαχωρίσει την κωδικοποίηση από την προσαρμογή της μετάδοσης, στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καναλιού μετάδοσης.

Με το H.264/AVC γίνεται μια απόπειρα δημιουργίας προτύπων που θα είναι σε θέση να παρέχουν καλή ποιότητα βίντεο σε ρυθμούς μετάδοσης που είναι πολύ χαμηλότεροι από τους ρυθμούς μετάδοσης που χρειάζονταν τα προηγούμενα πρότυπα (MPEG-2, H.263), χωρίς πολύ αυξημένη πολυπλοκότητα ώστε να καταστεί η εφαρμογή του προτύπου μη πρακτική ή υπερβολικά ακριβή.

Ένας επιπλέον στόχος είναι η παροχή ευελιξίας ώστε να μπορεί το πρότυπο αυτό να εφαρμόζεται σ' ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και σ' ένα ακόμα πιο ευρύ φάσμα δικτύων και συστημάτων.

Το H.264 φέρει έναν αριθμό νέων χαρακτηριστικών που του επιτρέπουν να συμπιέζει βίντεο πιο αποτελεσματικά, συγκριτικά με τα παλαιότερα πρότυπα και να παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία.

2.5.5 JPEG

Η μέθοδος JPEG χρησιμοποιείται για κωδικοποίηση βίντεο πλήρους μεγέθους (full motion). Είναι γνωστή και ως Motion JPEG. Αν και το JPEG δεν σχεδιάστηκε για βίντεο πλήρους μεγέθους, μπορεί να το εξυπηρετήσει με κάποιους περιορισμούς. Ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες της χρήσης του αλγορίθμου είναι ότι αυτός λειτουργεί ανεξάρτητα από πλαίσιο σε πλαίσιο, γι' αυτό και δεν μπορεί να μειώσει τον πλεονασμό που υπάρχει μεταξύ των πλαισίων. Μερικοί εκτίμησαν το γεγονός ότι το JPEG εκτελεί κωδικοποίηση με συμπίεση μόνο μέσα στα πλαίσια (intra frame) σαν ένα κέρδος με την αίσθηση ότι προσφέρει γρήγορη τυχαία πρόσβαση σε οποιοδήποτε πλαίσιο του βίντεο.

Με το JPEG ο χρόνος αναμονής είναι τόσος όσος αυτός που απαιτείται για την αποκωδικοποίηση ενός πλαισίου, ο οποίος είναι 0.04 δευτερόλεπτα. Για την απεικόνιση του βίντεο σε μια οθόνη υπολογιστή μέτριας ανάλυσης, δηλαδή 640*480 pixels και 24 bits για αναπαράσταση χρώματος το JPEG συμπιέζει περίπου 1MB ανά πλαίσιο ή 30Mbps.

2.5.6 MPEG

Το πρότυπο MPEG αναπτύχθηκε το 1988 στο πλαίσιο εργασίας των ενωμένων ISO (International Organization for Standardization) /IEC (International Electrotechnical Commission) τεχνικών επιτροπών στην τεχνολογία πληροφορίας. Ο σκοπός της ομάδας ήταν να αναπτύξει πρότυπα για κωδικοποιημένη αναπαράσταση βίντεο και ήχου, και ο συνδυασμός τους όταν χρησιμοποιείται για αποθήκευση και για ανάκτηση στα ψηφιακά αποθηκευτικά μέσα (DSM). Η έννοια των DSM περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και τηλεπικοινωνιακά κανάλια όπως το ISDNs και τοπικά δίκτυα (LAN).

Το πρότυπο MPEG έχει τρία μέρη MPEG-βίντεο, MPEG-ήχου και MPEG-σύστημα. Το MPEG-βίντεο ασχολείται με τη συμπίεση σημάτων βίντεο, το MPEG- ήχου ασχολείται με την συμπίεση σημάτων ήχου και το MPEG- σύστημα ασχολείται με το θέμα του συγχρονισμού και της πολύπλεξης των πολλαπλών συμπιεσμένων bit streams βίντεο και ήχου.

Σημειώνεται ότι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των τύπων του MPEG είναι ότι μόνο οι τύποι (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7, MPEG21) καθορίζουν τη σύνταξη των κωδικοποιημένων bit streams έτσι ώστε οι αποκωδικοποιητές (decoders) ακολουθώντας αυτά τα πρότυπα να μπορούν να αποκωδικοποιήσουν το bit stream. Αυτό επιτρέπει ευελιξία στο σχεδιασμό και υλοποίηση κωδικοποιητών (encoders).

2.5.7 MPEG – 1

Το MPEG – 1 κωδικοποιεί βίντεο και ήχο σε ρυθμό μετάδοσης 1.5Mbps, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων. Ο αλγόριθμος MPEG – 1 παρουσίασε δυσκολίες κατά τον σχεδιασμό του γιατί υπήρχαν αντικρουόμενες απαιτήσεις. Από τη μια στόχευε στο να επιτύχει υψηλή αναλογία συμπίεσης με κωδικοποίηση ανάμεσα στα πλαίσια, ενώ από την άλλη έπρεπε να παρέχει δυνατότητα τυχαίας πρόσβασης στο βίντεο.

Για τον συμβιβασμό και την ικανοποίηση των δύο απαιτήσεων το MPEG – 1 βίντεο κωδικοποιεί ορισμένες εικόνες ανάμεσα στα πλαίσια (inter frame), ενώ άλλες εικόνες κωδικοποιούνται τόσο ανάμεσα στα πλαίσια όσο και μόνο στα πλαίσια (intra frame).

Στο MPEG – 1 ορίζονται τέσσερα είδη πλαισίων:

I-πλαίσια: Κωδικοποιούνται χωρίς αναφορά σε άλλα πλαίσια. Παρέχουν σημεία πρόσβασης στη σειρά κωδικοποίησης, στα οποία μπορεί να αρχίσει η αποκωδικοποίηση αλλά είναι κωδικοποιημένα με μέτρια συμπίεση.

P-πλαίσια: Πρόκειται για πλαίσια που κατά την κωδικοποίηση τους χρησιμοποιήθηκαν προβλέψεις κίνησης-αντιστάθμισης από προηγούμενο πλαίσιο.

B-πλαίσια: Είναι πλαίσια διπλής κατεύθυνσης που κωδικοποιήθηκαν με χρήση προβλέψεων και παρέχουν υψηλότερη εγγύηση για συμπίεση. Τα B-πλαίσια δεν χρησιμοποιούνται ποτέ σαν αναφορές για πρόβλεψη.

D-πλαίσια: Είναι πλαίσια που κωδικοποιούνται χωρίς αναφορά σε άλλα πλαίσια. Τα D-πλαίσια δεν χρησιμοποιούνται ποτέ σε ακολουθία που περιέχει άλλα πρότυπα πλαισίων, και η χρήση τους αφορά καταστάσεις εύρεσης ή γρήγορης προώθησης.

Τα I-πλαίσια καλούνται πλαίσια αναφοράς ενώ τα P και B καλούνται πλαίσια πρόβλεψης. Η οργάνωση και των τριών σ' ένα βίντεο γίνεται με ευέλικτο τρόπο.

2.5.8 MPEG – 2

Σκοπός του προτύπου MPEG – 2 είναι η βελτίωση της ποιότητας κωδικοποίησης και η διατήρηση του ρυθμού μετάδοσης σε επίπεδο κάτω των 10Mbps. Η συμπίεση MPEG – 2 είναι παρόμοια μ' αυτή του MPEG – 1 ενώ επιπλέον υποστηρίζει βίντεο υψηλής ποιότητας. Οι σημαντικότερες επεκτάσεις του είναι το γεγονός ότι επιτρέπει μέγεθος εικόνας ίσο με 16383*16383 pixels.

Επίσης, το βαθμωτό MPEG – 2 βίντεο επιτρέπει τέσσερα επίπεδα κωδικοποίησης των δεδομένων. Αυτό ισχύει επειδή τα σημαντικά δεδομένα βίντεο τοποθετούνται σε υψηλή

προτεραιότητα για την αποφυγή λάθους. Αν το δίκτυο βρίσκεται σε κατάσταση συμφόρησης, τα δεδομένα χαμηλής προτεραιότητας απορρίπτονται πρώτα, ενώ τα δεδομένα με υψηλή προτεραιότητα μεταδίδονται κανονικά. Επίσης, το βαθμωτό βίντεο επιτρέπει στον αποκωδικοποιητή να αποκωδικοποιήσει επιλεκτικά σημεία του βίντεο.

Η εν λόγω κωδικοποίηση ενδείκνυται για μηχανισμούς προσαρμογής της μετάδοσης πολυμέσων που χρησιμοποιούν την τεχνική κωδικοποίησης σε στρώματα (layered encoding).

2.5.9 MPEG – 3

Το MPEG – 3 χρησιμοποιείται για κωδικοποίηση και συμπίεση του HDTV (High Definition TV). Η ανάπτυξη όμως του MPEG – 2 συντέλεσε στην εγκατάλειψη του MPEG – 3 αφού μπορεί και αυτό να κάνει τέτοιου είδους κωδικοποιήσεις.

2.5.10 MPEG-4

Το MPEG-4 είναι μια πρωτοβουλία μέσα στην όλη διαδικασία του MPEG με στόχο να βελτιώσει την κωδικοποίηση των δεδομένων όταν αυτά πρέπει να μεταδοθούν με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης. Με την ολοκλήρωση του, το πρότυπο MPEG-4 θέτει σε λειτουργία ένα ευρύ φάσμα καινούριων εφαρμογών, περιλαμβάνοντας τρισδιάστατα γραφικά, ψηφιακή προστασία των δεδομένων, multimedia εφαρμογές σε κινητά δίκτυα (mobile networks), video-τηλεφωνία με απλή (παλιά) υπηρεσία τηλεφώνου ή με ασύρματα δίκτυα.

2.5.11 MPEG – 7

Πρότυπο για την περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου. Δεν έχει να κάνει τόσο με την κωδικοποίηση της εικόνας και του ήχου αλλά περισσότερο με την χρήση XML (Extensible Markup Language) γλώσσας για την αποθήκευση metadata (δεδομένα που περιγράφουν κάποια άλλα δεδομένα).

2.5.12 MPEG – 21

Η τάση των ημερών για συνεχή ενημέρωση, επικοινωνία και πρόσβαση σε κάθε είδους πληροφορία, συμβάλλει στη θεώρηση ότι πλέον ο άνθρωπος έχει γίνει καταναλωτής ψηφιακών μέσων. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα MPEG – 1, – 2, –4 και –7 πρότυπα προσφέρουν ένα ολοκληρωμένο, δυναμικό, και επιτυχές σύνολο από εργαλεία για πολυμεσική αναπαραγωγή. Παρόλαυτα, έχουν προκύψει διάφορα ερωτήματα αμφισβήτησης, όπως: Μπορούν όλα τα υπάρχοντα πρότυπα να λειτουργήσουν μαζί; Μπορεί ο καθένας να γνωρίζει πως μπορούν να συνδυαστούν ώστε να λειτουργούν μαζί;

Πολλά πρότυπα υψηλού επιπέδου έχουν δημιουργηθεί για να καλύψουν τις ανάγκες διαφορετικών ομάδων. Όμως το αποτέλεσμα είναι η ύπαρξη πολλών τεχνολογιών που προσφέρουν είτε παράλληλες είτε ανταγωνιστικές λύσεις. Αντίθετα, ο κόσμος των πολυμέσων απαιτεί τη δημιουργία μια απλής, κοινής πλατφόρμας για τη διαχείριση πολυμέσων.

Η διαλειτουργικότητα είναι η κινητήρια δύναμη όλων των πολυμεσικών προτύπων. Για να το καταφέρει αυτό το MPEG – 21 είναι οργανωμένο σε διάφορα τμήματα ώστε να επιτρέπει τη χρήση διαφορετικών τεχνολογιών σαν ξεχωριστές και αυτοδύναμες οντότητες. Παρόλο όμως που μπορούμε να χρησιμοποιούμε κάθε τμήμα ξεχωριστά, το MPEG – 21 είχε σαν στόχο να φέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα με την ταυτόχρονη χρήση αυτών των τεχνολογιών.

Τα τμήματα του MPEG – 21 είναι τα εξής:

- 1.Όραμα, τεχνολογίες και στρατηγική: Περιγράφει την πολυμεσική υποδομή και τα στοιχεία αρχιτεκτονικής της μαζί με τις εκάστοτε λειτουργικές απαιτήσεις.
2. Digital Item Declaration (DID): Παρέχει ένα ενιαίο σχήμα διαχείρισης και ορισμού των ψηφιακών τμημάτων.
- 3.Digital Item Identification (DII): Ορίζει όλα τα Digital Items ανεξάρτητα από το είδος τους.

4. Intellectual Property Management and Protection (IPMP): Αφορά ορισμούς θεμάτων διαχείρισης και προστασίας των πολυμέσων.
 5. REL – Rights Expression Language: Γλώσσα μηχανής που ορίζει δικαιώματα και άδειες προς τους χρήστες, ώστε να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες ενέργειες σε συγκεκριμένους πόρους.
 6. Rights Data Dictionary (RDD): Ορίζει ένα λεξικό όρων για την περιγραφή των δικαιωμάτων του κάθε χρήστη.
 7. Digital Item Adaptation (DIA): Ορίζει περιγραφικά εργαλεία για τη χρήση χαρακτηριστικών που μπορούν να επηρεάσουν τη διαφανή πρόσβαση σε πολυμεσικό περιεχόμενο, στα τερματικά ή στα δίκτυα.
 8. Reference Software: Περιλαμβάνει λογισμικό που υλοποιεί εργαλεία τα οποία έχουν οριστεί σε άλλα MPEG τμήματα.
 9. File Format: Ορίζει το format για αποθήκευση και κατανομή Digital Items.
 10. Digital Item Processing: Ορίζει μηχανισμούς προτυποποίησης και διαχείρισης της πληροφορίας των Digital Items.
 11. Evaluation Methods for Persistent Association Technologies: Κοινή μεθοδολογία για αξιολόγηση τεχνολογιών.
 12. MPEG – 21 resource delivery test-bed: Παρέχει λογισμικό δοκιμών της παράδοσης των πολυμέσων συμπεριλαμβάνοντας και την αξιολόγηση τους σε Streaming περιβάλλοντα.
- Το MPEG – 21 εγγυάται διαλειτουργικότητα με το να επικεντρώνεται στον τρόπο που τα διάφορα στοιχεία μιας πολυμεσικής εφαρμογής θα πρέπει να σχετίζονται και να αλληλεπιδρούν. Τα τμήματα του MPEG – 21 έχουν φτάσει στο επίπεδο να θεωρούνται διεθνή πρότυπα. Η δύναμη του MPEG – 21 έγκυται στο ότι είναι ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε λόγω των βιομηχανικών απαιτήσεων για διαλειτουργικότητα.

2.6 Real-Time Transport protocol (RTP)

2.6.1 Γενικά

Το RTP είναι ένα δημοφιλές πρωτόκολλο για τη μεταφορά δεδομένων (εικόνας ή ήχου ή και τα δύο) σε πραγματικό χρόνο μεταξύ τελικών συστημάτων πάνω σε ένα δίκτυο. Ορίζεται στα πρότυπα RFC 1889 και RFC 3550. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά κοινών αλλά και πιο εξειδικευμένων μορφών ήχου και βίντεο. Παραδείγματα κοινών μορφών ήχου είναι PCM, GCM και MP3, ενώ για βίντεο είναι MPEG και H.261. Είναι προϊόν επιστημονικής έρευνας της ομάδας εργασίας Audio Video Transmit (AVT) που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της διεθνούς κοινότητας Internet Engineering Task Force (IETF) με σκοπό τον καθορισμό ενός πρωτόκολλου για real-time μεταφορά δεδομένων ήχου και βίντεο πάνω από unicast ή multicast μετάδοση.

Το RTP συνεργάζεται εξίσου αποτελεσματικά με υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων τύπου unicast (μονοεκπομπή) αλλά και υπηρεσίες τύπου multicast (πολυεκπομπή). Σε κάθε unicast μετάδοση δεδομένων ένα ξεχωριστό αντίγραφο των δεδομένων στέλνεται από τον αποστολέα προς τον κάθε παραλήπτη. Δηλαδή αν ο αποστολέας έχει να στείλει τα δεδομένα σε n παραλήπτες τότε πρέπει να δημιουργηθούν n αντίγραφα των δεδομένων, ένα για κάθε unicast μετάδοση. Σε κάθε multicast μετάδοση δεδομένων ο αποστολέας εκπέμπει τα δεδομένα μόνο μια φορά και μετά είναι υπεύθυνο το δίκτυο να διοχετεύσει τα δεδομένα σε πολλαπλούς παραλήπτες. Επίσης στη multicast μετάδοση οι παραλήπτες στέλνουν τις αναφορές τους πίσω προς όλα τα μέλη της ομάδας μέσα στην οποία γίνεται η επικοινωνία. Αυτό επιτρέπει σε όλους τους συμμετέχοντες να γνωρίζουν το εύρος ζώνης που απαιτείται για τη μεταφορά των δεδομένων και το φόρτο που προσθέτουν στον αποστολέα.

Το RTP επιτρέπει στις εφαρμογές να αναγνωρίσουν τον τύπο των δεδομένων που μεταφέρονται (βίντεο ή ήχο), να εξακριβώσουν με ποια σειρά τα δεδομένα πρέπει να αναπαραχθούν και να συγχρονίσουν την αναπαραγωγή δεδομένων που προέρχονται από το ίδιο τερματικό σύστημα αλλά από διαφορετική πηγή.

Το RTP δεν εγγυάται ότι τα δεδομένα που μεταδίδονται από ένα τερματικό σύστημα θα παραδοθούν στον παραλήπτη έγκαιρα και στη σειρά με την οποία μεταδόθηκαν. Δεν εγγυάται ποιότητα υπηρεσίας (Qos) ούτε δεσμεύει πόρους και δεν παρέχει κανένα μηχανισμό ελέγχου. Στην πραγματικότητα δεν εγγυάται καθόλου την παράδοση των δεδομένων. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ενσωμάτωση πακέτων RTP μέσα σε αυτά του UDP γίνεται αντιληπτή μόνο στα τελικά συστήματα που παραλαμβάνουν τα δεδομένα.

Εκτός από τους συνηθισμένους ρόλους του αποστολέα και του παραλήπτη, το RTP ορίζει δύο νέους ρόλους, του μεταφραστή και του αναμίκτη. Οι μεταφραστές και οι μίκτες βρίσκονται στο δίκτυο ανάμεσα στους αποστολείς και τους παραλήπτες και επεξεργάζονται 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 (βίντεο) πρέπει να κωδικοποιηθεί με ένα διαφορετικό τρόπο προκειμένου να συμβιβαστεί με τυχόν περιορισμένο διαθέσιμο bandwidth σε κάποιο μέρος του δικτύου. Οι αναμίκτες 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 μίκτες. 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.

2.6.2 Μεταφραστές και Αναμίκτες

Το RTP υποστηρίζει την έννοια των αναμεταδοτών. Αναμεταδότες στο RTP είναι συστήματα τα οποία λειτουργούν στο επίπεδο μεταφοράς δεδομένων και μπορούν να λαμβάνουν και να αποστέλλουν δεδομένα προς τα μέλη μιας συνόδου. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα μέλος μιας συνόδου αποστέλλει δεδομένα σε ένα άλλο μέλος, αλλά δεν μπορεί να το κάνει άμεσα είτε γιατί δε χρησιμοποιεί καμία από τις κωδικοποιήσεις δεδομένων που χρησιμοποιεί ο συνομιλητής του, είτε γιατί το άλλο άκρο βρίσκεται πίσω από κάποιο firewall και δεν μπορεί να έχει άμεση επικοινωνία με κανέναν κόμβο στο Internet.

Μία κατηγορία αναμεταδότη είναι ο αναμίκτης (mixer) ο οποίος λαμβάνει δεδομένα από μία ή περισσότερες πηγές πληροφορίας τις συνδυάζει σε μία ροή και την στέλνει σε έναν ή περισσότερους παραλήπτες. Κατά τη μείξη των διαφορετικών ροών έχει τη δυνατότητα να αλλάζει και τη μέθοδο κωδικοποίησης και συμπίεσης δεδομένων. Κατά την ανάμειξη πληροφοριών δεν είναι απαραίτητο όλες οι ροές να έχουν συγχρονισμένη χρονοσήμανση (timestamp). Ο αναμίκτης αναλαμβάνει να προσθέσει στην τελική ροή το δικό του χρονισμό και να προσθέσει τον εαυτό του σαν την πηγή πληροφορίας.

Παράδειγμα αναμίκτη είναι ένα σύστημα το οποίο αναμειγνύει τις ροές πακέτων που μεταφέρουν την ομιλία των μελών μιας τηλεδιάσκεψης. Κάποιοι σταθμοί ενδέχεται να είναι συνδεδεμένοι με γραμμές χαμηλής ταχύτητας, μέσω των οποίων είναι δύσκολο να μεταφερθούν όλες οι ροές ομιλιών. Ο αναμίκτης αναλαμβάνει στην περίπτωση αυτή να λάβει από όλους τους σταθμούς την ομιλία, να αναμειξεί τα πακέτα και να επαναμεταδώσει τη συνδυασμένη ροή προς όλους τους ενδιαφερόμενους σταθμούς. Στα συνδυασμένα πακέτα περιλαμβάνονται οι κωδικοί από όλες τις πηγές πληροφορίας που μετέχουν σε αυτά.

Ο "μεταφραστής" (translator) είναι ένας απλούστερος αναμεταδότης ο οποίος λαμβάνει ένα πακέτο κάθε φορά το επεξεργάζεται και το αποστέλλει. Αυτός μπορεί να αλλάξει την αρχική κωδικοποίηση της πληροφορίας, προκειμένου αυτή να γίνει αναγνωρίσιμη και επεξεργάσιμη από σταθμούς που δεν την υποστηρίζουν. Μπορεί επίσης να αυξήσει τη συμπίεση των δεδομένων, ώστε αυτά να διακινούνται και μέσω γραμμών χαμηλής χωρητικότητας, έστω και με χαμηλότερη ποιότητα. Άλλο παράδειγμα χρήσης είναι η επικοινωνία σταθμών που δεν υποστηρίζουν όλοι τη multicast επικοινωνία. Ο "μεταφραστής" έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει δεδομένα από μία πηγή που υποστηρίζει multicast IP και να αποστέλλει πληροφορία σε ένα σύνολο από κόμβους που υποστηρίζουν μόνο unicast IP.

Ένα άλλο παράδειγμα χρήσης μεταφραστή είναι στην περίπτωση όπου κάποιοι από τους συμμετέχοντες σε μια διάσκεψη μπορούν να συνδέονται με δίκτυα υψηλού εύρους ζώνης αλλά δεν μπορούν να είναι άμεσα προσβάσιμοι μέσω IP multicast. Για παράδειγμα μπορεί να βρίσκονται πίσω από ένα firewall που εμποδίζει την πρόσβαση IP πακέτων. Σ' αυτήν

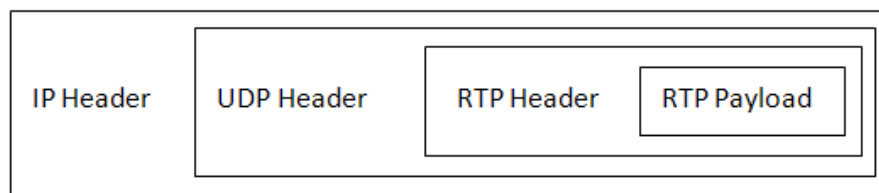
την περίπτωση η μείξη δεν είναι απαραίτητη γιατί γι' αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιούνται οι μεταφραστές. Οι μεταφραστές εγκαθίστανται κατά ζεύγη, ένας σε κάθε πλευρά του firewall. Ο εξωτερικός μεταφραστής προωθεί όλα τα multicast πακέτα που παραλαμβάνει στον εσωτερικό μεταφραστή, μέσω μιας ασφαλούς σύνδεσης. Ο εσωτερικός μεταφραστής προωθεί με τη σειρά του τα multicast πακέτα στο εσωτερικό δίκτυο.

2.6.3 Τρόπος λειτουργίας RTP

Συνήθως το RTP βρίσκεται πάνω από το UDP στην στοίβα των πρωτοκόλλων. Το TCP και το UDP, είναι τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται πιο πολύ στο Internet για την μετάδοση δεδομένων. Το TCP παρέχει connection-oriented και αξιόπιστη ροή δεδομένων ανάμεσα σε δύο υπολογιστές, ενώ το UDP παρέχει connectionless αλλά όχι αξιόπιστες υπηρεσίες. Το UDP επιλέγεται σαν το πρωτόκολλο μεταφοράς του RTP επειδή το RTP είναι κυρίως σχεδιασμένο για multicast μεταδόσεις κάτι το οποίο δε συμβαδίζει με το TCP που είναι συνδεσμολογικό πρωτόκολλο. Επίσης, επειδή για δεδομένα πραγματικού χρόνου, η αξιοπιστία δεν είναι τόσο σημαντική όσο η έγκαιρη μετάδοση. Η αξιόπιστη μετάδοση η οποία επιτυγχάνεται μέσω της επαναμετάδοσης των χαμένων πακέτων, μπορεί να μην είναι επιθυμητή διαδικασία, αφού μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτωση του δικτύου, και προβλήματα στη συνεχή μετάδοση των δεδομένων.

Η εφαρμογή που τρέχει στην πλευρά του αποστολέα (εξυπηρετητή) δημιουργεί ένα πακέτο RTP στο οποίο έχει συμπεριλάβει τα προς μετάδοση δεδομένα και πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τη σωστή λειτουργία του πρωτοκόλλου. Δηλαδή τα δεδομένα (βίντεο ή ήχο) τα ενσωματώνει σε ένα πακέτο RTP με το να προσθέσει το RTP header. Θα αναλύσουμε στο επόμενο υποκεφάλαιο τα πεδία που περιέχει το RTP header. Στη συνέχεια ενσωματώνει αυτό το πακέτο σε ένα ευρύτερο πακέτο του UDP με το να προσθέσει το UDP header στο επίπεδο μεταφοράς (transport layer). Τέλος ότι έχει προκύψει το παραδίδει στο IP (internet protocol) το οποίο προσθέτει το IP header στο επίπεδο δικτύου (network layer). Διοχετεύεται στο δίκτυο με κατεύθυνση τον παραλήπτη. Το πακέτο που διοχετεύεται στο διαδίκτυο από το επίπεδο δικτύου φαίνεται στο Σχήμα

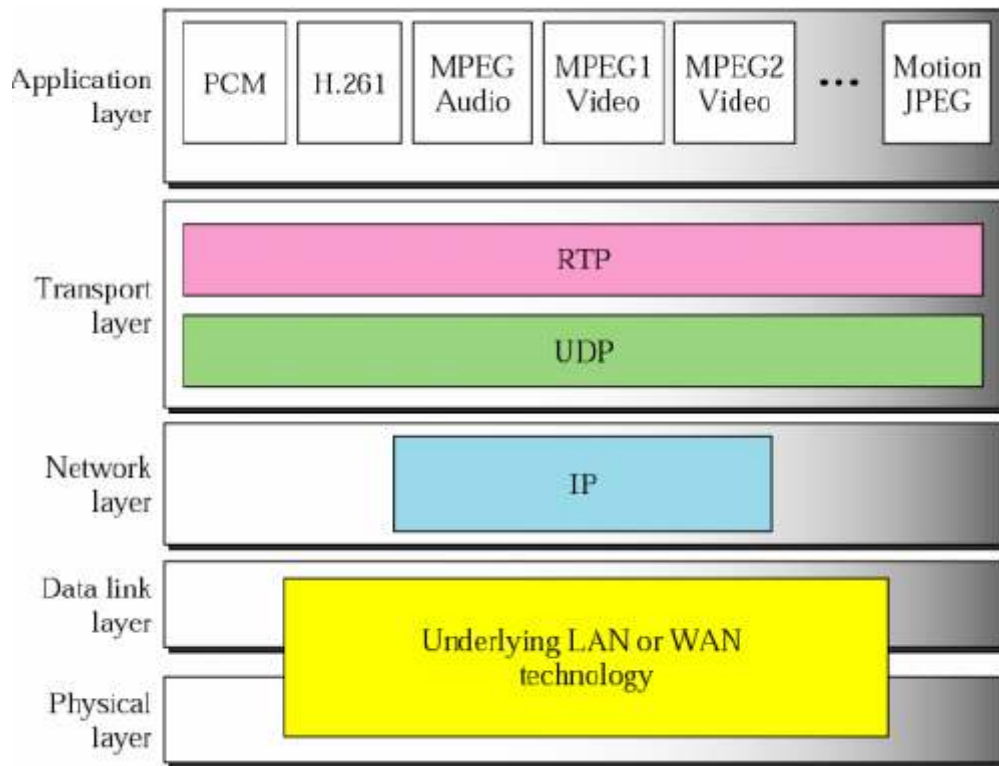
2.1. Η εφαρμογή στην πλευρά του παραλήπτη εξάγει το πακέτο του RTP από αυτό του UDP και στη συνέχεια περνά τα πολυμεσικά δεδομένα στην εφαρμογή αναπαραγωγής (πχ windows media player, Quicktime, Jmf).



Σχήμα 2.1 - Πακέτο RTP έτοιμο να διοχετευτεί στο διαδίκτυο

Κάθε φορά που εφαρμογές σε δύο τερματικά συστήματα επικοινωνούν μέσω δικτύου βάση του πρωτοκόλλου RTP δημιουργείται μια RTP σύνοδος (RTP session). Σε κάθε τερματικό σύστημα η σύνοδος ορίζεται από μια διεύθυνση δικτύου (IP address) και δυο θύρες (ports). Η μια θύρα χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων και η άλλη για την ανταλλαγή δεδομένων ελέγχου από το συνοδευτικό πρωτόκολλο του RTP που είναι το RTCP το οποίο θα αναλυθεί στη συνέχεια. Στο JMF (Java Media Framework) η δέσμευση της θύρας του RTCP γίνεται αυτόματα μαζί με τη δέσμευση της θύρας για το RTP. Συγκεκριμένα η θύρα για το RTCP έχει τιμή μια μονάδα μεγαλύτερη από την θύρα του RTP. Για παράδειγμα αν η θύρα του RTP είναι 4000 ή θύρα RTCP θα έχει τιμή 4001.

Κάθε τερματικό σύστημα που συμμετέχει σε μια RTP σύνοδο είτε ενεργά στέλνοντας δεδομένα, είτε παθητικά λαμβάνοντας δεδομένα, ονομάζεται συμμετέχοντας (participant). Για κάθε ένα ρεύμα δεδομένων (data stream) που μεταδίδεται από σύστημα σε σύστημα απαιτείται η δημιουργία ξεχωριστής συνόδου. Για παράδειγμα αν γίνεται μια τηλεδιάσκεψη με εικόνα και ήχο μεταξύ δύο συστημάτων απαιτούνται συνολικά τέσσερις σύνοδοι. Μια για τον ήχο και μια για το βίντεο για τον κάθε συμμετέχοντα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο ήχος μεταφέρεται από διαφορετικό ρεύμα δεδομένων από αυτό που μεταφέρεται το βίντεο για να μπορούν οι συμμετέχοντες να επιλέξουν το μέσο που θέλουν (βίντεο η ήχο). Παρόλο το διαχωρισμό, ο συγχρονισμός ήχου και βίντεο γίνεται με την πληροφορία χρονισμού των RTCP πακέτων.



Σχήμα 2.2 - Λειτουργία RTP με βάση το μοντέλο OSI [15]

Όταν στέλνουμε πολυμεσικά δεδομένα (βίντεο ή ήχο) θέλουμε να μεταδίδονται στο παραλήπτη κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, κάτι το οποίο δε συμβαδίζει με τη λογική λειτουργίας του Internet. Το RTP παρέχει κάποιους μηχανισμούς που λαμβάνουν υπόψη τα θέματα αυτά και είναι το timestamping και το sequence numbering.

Το timestamping είναι σημαντική πληροφορία για τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Ο αποστολέας βάζει σε κάθε πακέτο ένα timestamp (χρονοσφραγίδα), το οποίο χρησιμοποιεί ο παραλήπτης για να βρει τη χρονική στιγμή που πρέπει να παρουσιάσει τα δεδομένα στον χρήστη. Δηλαδή, το timestamping περιέχει σήματα χρονισμού ώστε να είναι δυνατό στους παραλήπτες να ανακατασκευάσουν τα αρχικά δεδομένα όπως αυτά μεταδόθηκαν από τον αποστολέα. Με άλλα λόγια, λόγω ασυνδεσμικής επικοινωνίας και καθυστερήσεων τα πακέτα φτάνουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ανεξάρτητα από το πότε αυτά

εστάλησαν. Επομένως η χρονοσήμανση βοηθάει στο να συγχρονιστούν μια ή περισσότερες ροές. Το RTP όμως δεν είναι υπεύθυνο για το συγχρονισμό αυτό, αλλά οι εφαρμογές.

Το UDP δεν παραδίδει τα πακέτα με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν γι' αυτό τα πακέτα αριθμούνται, τη στιγμή που στέλνονται, με ένα μοναδικό αριθμό (sequence number) έτσι ώστε να μπορεί ο παραλήπτης να βάλει τα πακέτα στη σωστή σειρά. Οι αριθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται επίσης για να ανιχνεύονται απώλειες στη μετάδοση των πακέτων. Αν κάποια πακέτα που είναι στο ίδιο frame έχουν δημιουργηθεί την ίδια χρονική στιγμή τότε θα έχουν το ίδιο timestamp, επομένως για να τα βάλουμε στη σωστή σειρά θα χρησιμοποιήσουμε το sequence number του κάθε πακέτου το οποίο είναι μοναδικό και αυξάνεται κατά ένα για κάθε πακέτο που στέλνεται από τον αποστολέα.

2.6.4 Πακέτα δεδομένων RTP

Κάθε πακέτο του πρωτοκόλλου RTP περιέχει δύο μέρη, μια δομημένη κεφαλίδα και τα βασικά δεδομένα εικόνας ή ήχου. Η κεφαλίδα του RTP πακέτου δεδομένων περιέχει τα εξής πεδία:

RTP Version (V): 2 bits. Ένδειξη της έκδοσης του πρωτόκολλου.

Padding (P): 1 bit. Σηματοδοτεί αν στο τέλος του πακέτου υπάρχουν δεδομένα τα οποία δεν είναι μέρος των δεδομένων εικόνας ή ήχου. Το πλήθος των padding bytes (αν υπάρχουν) δηλώνεται στο τελευταίο byte του πακέτου. Το padding χρησιμοποιείται συνήθως από αλγορίθμους κρυπτογράφησης. Αν υπάρχουν padding bytes το padding bit πιάνει τιμή 1.

Extension (X): 1 bit. Σηματοδοτεί την ύπαρξη μιας επιπλέον κεφαλίδας που ακολουθεί την βασική όταν το bit έχει τιμή 1. Περιέχει επιπλέον πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για πειραματικούς σκοπούς.

CSRC Count (CC): 4 bits. Ένδειξη του πλήθους των CSRC αναγνωριστικών που ακολουθούν τη βασική κεφαλίδα.

Marker (M) 1 bit. Το bit αυτό καθορίζεται από το προφίλ των δεδομένων. Αν είναι συμπληρωμένο σημαίνει ότι τα τρέχοντα δεδομένα έχουν κάποια ειδική σχέση με την εφαρμογή.

Payload Type (PT): 7 bits. Πεδίο τύπου περιεχομένου. Για ένα stream δεδομένων ήχου το πεδίο payload type υποδεικνύει τον τύπο της κωδικοποίησης ήχου. Για ένα stream δεδομένων βίντεο το πεδίο υποδεικνύει τον τύπο της κωδικοποίησης βίντεο. Η κωδικοποίηση των δεδομένων από μέρους του αποστολέα μπορεί να αλλάξει δυναμικά κατά την διάρκεια μιας συνόδου και ο παραλήπτης ενημερώνεται για αυτήν την αλλαγή μέσω του πεδίου τύπου περιεχομένου. Με αυτό το πεδίο ο αποστολέας γνωρίζει πώς να ερμηνεύσει και να αναπαράγει το φορτίο.

Sequence Number: 16 bits. Είναι ένας μοναδικός αριθμός που υποδεικνύει τη θέση του συγκεκριμένου πακέτου στην ακολουθία των πακέτων. Ο αριθμός πακέτου αυξάνεται κατά ένα για κάθε πακέτο που στέλνεται από τον αποστολέα. Δίνει την δυνατότητα στον παραλήπτη να εντοπίσει απώλειες πακέτων και να τοποθετήσει τα πακέτα που παραλαμβάνει στη σωστή σειρά.

Timestamp: 32 bits. Αποτυπώνει τη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας (δημιουργίας) του πρώτου byte σε αυτό το πακέτο RTP. Πρόκειται για τη χρονοσφραγίδα (timestamp) του πακέτου που ορίζεται από το τοπικό ρολόι του αποστολέα. Πολλά διαδοχικά πακέτα που το καθένα θα έχει τον δικό του μοναδικό sequence number είναι λογικό να έχουν την ίδια τιμή χρονοσφραγίδας αν έχουν δημιουργηθεί την ίδια χρονική στιγμή, όπως αυτή έχει αρχικά οριστεί κατά την δειγματοληψία στον αποστολέα και αποτελούν μέρος του ίδιου frame. Το χρονόμετρο που παράγει τη χρονοσφραγίδα αυξάνεται κατά ένα για κάθε περίοδο δειγματοληψίας. Δηλαδή για συχνότητα δειγματοληψίας 8kHz η αύξηση της τιμής του χρονομέτρου κατά ένα συμβαίνει κάθε 0.125 δευτερόλεπτα.

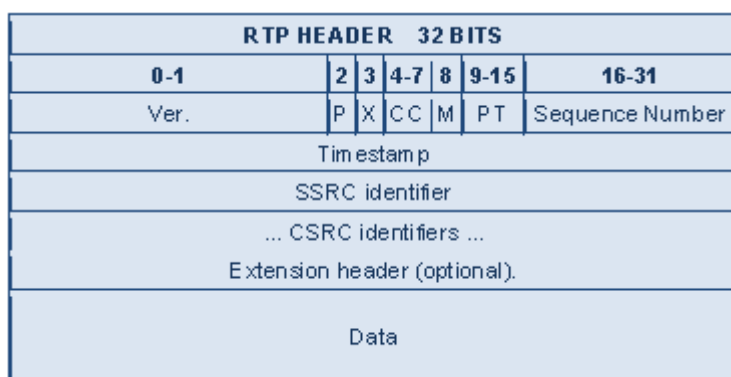
Synchronization source (SSRC) identifier: 32 bits. Καθορίζει την πηγή συγχρονισμού. Κάθε ρεύμα δεδομένων σε μια σύνοδο επικοινωνίας RTP έχει διαφορετικό προσδιοριστικό

SSRC. Αν το πεδίο CSRC Count (cc) το οποίο περιγράψαμε προηγουμένως είναι μηδέν η πηγή των δεδομένων είναι και η πηγή συγχρονισμού. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή του πεδίου SSRC δεν είναι η διεύθυνση IP του αποστολέα αλλά ένας τυχαίος αριθμός. Αν το πεδίο CSRC Count έχει τιμή διαφορετική από το μηδέν, τότε το SSRC καθορίζει τον μείκτη. Μείκτης είναι ένα ενδιάμεσο σύστημα το οποίο δέχεται RTP πακέτα από μια ή περισσότερες πηγές και τα προωθεί στην εφαρμογή για αναπαραγωγή. Σε περίπτωση πολλαπλών πηγών εισόδου ο μείκτης παράγει το δικό του χρονισμό για τον έλεγχο της σωστής λήψης και αναπαραγωγής δεδομένων.

Contribution source (CSRC) identifiers: 32 bits. Υποδεικνύει τις συνεισφέρουσες πηγές για την παραγωγή των δεδομένων. Το πλήθος των συνεισφέροντων πηγών ορίζεται στο πεδίο CSRC Count. Μπορεί να υπάρχουν μέχρι και 16 συνεισφέρουσες πηγές. Ας υπάρχουν πολλαπλές συνεισφέρουσες πηγές τα δεδομένα προκύπτουν από ανάμειξη των δεδομένων αυτών των πηγών.

Extension header: Δεν είναι υποχρεωτικό να υπάρχει και καθορίζει το μέγεθος του extension header length (EHL) δηλαδή πόσα περισσότερα bits υπάρχουν εκτός από τα 32 bits που είναι η βασική επικεφαλίδα. Για να υπάρχει πρέπει το πεδίο (X) που είναι 1 bit να έχει τιμή 1.

Στο Σχήμα 2.3 βλέπουμε την δομή του πακέτου RTP. Αποτελείται από την κεφαλίδα (Header) και τα πολυμεσικά δεδομένα (Data) βίντεο ή ήχος.



Σχήμα 2.3 - Πακέτο RTP

2.6.5 Χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου RTP

Το RTP παρέχει από άκρο εις άκρο υπηρεσίες για δεδομένα με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου, όπως το αλληλεπιδραστικό βίντεο. Οι εφαρμογές, κυρίως τρέχουν το RTP πάνω από το UDP για να κάνουν χρήση της πολυπλεξίας του και των υπηρεσιών για ανίχνευση λαθών. Παρόλ' αυτά, έχουν γίνει προσπάθειες ώστε το RTP να γίνει ανεξάρτητο του επιπέδου μεταφοράς επομένως, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πάνω και από άλλα πρωτόκολλα.

Το RTP από μόνο του δεν μπορεί να παρέχει μηχανισμούς που να διασφαλίζουν την έγκαιρη παράδοση ή να εγγυώνται ποιότητα υπηρεσιών, αλλά βασίζεται στα πρωτόκολλα χαμηλότερων επιπέδων γι' αυτές τις υπηρεσίες. Επίσης το RTP είναι μια υποδομή πρωτοκόλλου που είναι σκόπιμα μη ολοκληρωμένη. Ένας ολοκληρωμένος ορισμός για το RTP για συγκεκριμένη εφαρμογή απαιτεί και άλλους ορισμούς όπως το format του φορτίου.

Το πρωτόκολλο RTP δεν προϋποθέτει τίποτα για το υποκείμενο δίκτυο εκτός του ότι παρέχει πλαισίωση. Δεν γνωρίζει την έννοια της σύνδεσης και γι' αυτό μπορεί να λειτουργεί είτε πάνω από προσανατολισμένα κατά σύνδεση δίκτυα είτε πάνω από χωρίς σύνδεση πρωτόκολλα χαμηλού επιπέδου. Ο πρωταρχικός σχεδιασμός του RTP σκόπευε στο να χρησιμοποιηθεί στο Internet, αλλά τείνει να γίνει ανεξάρτητο των πρωτοκόλλων και να τρέχει πάνω από ATM και IPv6.

Το πεδίο τύπου φορτίου (payload type-pt) της RTP επικεφαλίδας προσδιορίζει με 7bits τον τύπο του μέσου και το format της συμπίεσης/κωδικοποίησης. Επίσης τα πεδία timestamp και sequence number χρησιμοποιούνται για να μπορεί ο παραλήπτης να τοποθετεί τα πακέτα στη σωστή σειρά και για να εντοπίσουμε απώλειες πακέτων.

Η βάση για έλεγχο ροής και συμφόρησης παρέχεται από τις αναφορές RTCP του αποστολέα και του παραλήπτη. Αναλύοντας το jitter ανάμεσα σε διαδοχικές αφίξεις που αναγράφεται στο πεδίο της αναφοράς του αποστολέα, μπορούμε να μετρήσουμε το jitter για συγκεκριμένο διάστημα και να εντοπίσουμε τη συμφόρηση πριν γίνει η

αιτία για απώλεια πακέτων. Η εφαρμογή δηλαδή το media player είναι υπεύθυνη να κάνει αποσυμπίεση των δεδομένων, να αφαιρέσει το Jitter και να διορθώσει τα λάθη. Το πρωτόκολλο RTCP θα αναλυθεί στη συνέχεια.

2.7 Real-Time Transport Control Protocol (RTCP)

2.7.1 Γενικά

Σε μια RTP σύνοδο εκτός από τα πακέτα δεδομένων αποστέλλονται παράλληλα και με περιοδικό τρόπο πακέτα ελέγχου. Αυτά τα πακέτα ελέγχου είναι ευθύνη του πρωτοκόλλου RTCP που όπως προαναφέρθηκε, δεσμεύει ξεχωριστή θύρα και συγκεκριμένα την αμέσως επόμενη από αυτή που δεσμεύει το RTP. Το RTCP ορίζεται στο RFC 1889 και δουλεύει μαζί με το RTP. Δεν μεταφέρει δεδομένα αλλά πληροφορίες ελέγχου που σχετίζονται με μια RTP σύνοδο. Διαχειρίζεται την ποιότητα υπηρεσίας και δίνει πληροφορίες σχετικά με τους συμμετέχοντες. Κάθε συμμετέχοντας σε μια RTP σύνοδο περιοδικά στέλνει RTCP πακέτα ελέγχου σε όλους τους άλλους συμμετέχοντες. Πακέτα ελέγχου αποστέλλουν ακόμα και οι συμμετέχοντες στη σύνοδο που απλώς λαμβάνουν δεδομένα προς αναπαραγωγή.

Οι πληροφορίες που μαζεύονται από τα RTCP πακέτα βοηθούν τις εφαρμογές να τροποποιήσουν τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων με τον οποίο στέλνουν RTP πακέτα. Κάθε RTCP πακέτο περιέχει sender και/ή receiver report τα οποία περιέχουν στατιστικές πληροφορίες σχετικά με την μετάδοση RTP πακέτων. Τα RTCP πακέτα περιέχουν πληροφορίες που σχετίζονται με την ποιότητα της υπηρεσίας όπως είναι η καθυστέρηση (jitter) και ο αριθμός πακέτων που χάθηκαν. Επίσης περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την πηγή των δεδομένων, πόσα πακέτα στάλθηκαν, feedback και round trip time.

Οι πληροφορίες που μεταφέρονται από τα RTCP πακέτα διαχειρίζονται από την κάθε εφαρμογή με τον τρόπο που επιθυμεί ο δημιουργός της. Το πρωτόκολλο RTCP είναι ουσιαστικά ένας μηχανισμός ανατροφοδότησης χρήσιμων πληροφοριών προς όλους τους συμμετέχοντες τον οποίο παρέχει το RTP.

Το πρωτόκολλο RTCP έχει πρόβλημα επέκτασης με της έννοια ότι κατά τη διάρκεια μιας multicast RTP συνόδου το traffic των RTP πακέτων δεν αλλάζει, ενώ το traffic των RTCP πακέτων αυξάνεται γραμμικά και σε κάποιες περιπτώσεις ίσως να ξεπεράσει το traffic των RTP πακέτων. Για αυτό το λόγω το RTCP χρησιμοποιεί μόνο το 5% του συνολικού εύρους ζώνης.

2.7.2 Παραδείγματα χρησιμότητας του RTCP

Το RTCP παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις τρέχουσες συνθήκες του δικτύου και την ποιότητα λήψης δεδομένων, επιτρέποντας στις εφαρμογές να προσαρμόζονται αυτόματα σε αυτές τις συνθήκες. Για παράδειγμα, μια επιβράδυνση στη μετάδοση δεδομένων η οποία παρατηρείται από πολλούς παραλήπτες οφείλεται συνήθως σε ένα πρόβλημα δικτύου (πχ ένας T1 σύνδεσμος που έχει αποτύχει και υποστηρίζεται από μια πιο αργή γραμμή των 56 Kbps) και όχι σε έναν συγκεκριμένο υπολογιστή. Στην περίπτωση αυτή, η εφαρμογή πηγής θα μπορούσε να διαλέξει να αλλάξει χωρίς καθυστέρηση το σχήμα κωδικοποίησής της, να μη στέλνει για λίγο εικόνα ή να αλλάξει από έγχρωμη σε μονόχρωμη εικόνα ώστε να βελτιωθεί η μεταφορά των πληροφοριών.

Οι διαχειριστές δικτύου μπορούν να χρησιμοποιήσουν πληροφορίες των RTCP πακέτων για να εκτιμήσουν την απόδοση των δικτύων τους. Αφού το RTCP στέλνει πληροφορίες της τρέχουσας κατάστασης όχι μόνο στον αποστολέα, αλλά επίσης και σε όλους τους άλλους παραλήπτες μιας multicast ροής, επιτρέπει σε έναν χρήστη να καταλάβει αν κάποιο πρόβλημα οφείλεται στον τοπικό τερματικό κόμβο ή στο δίκτυο γενικά.

Η βάση για τον έλεγχο ροής και συμφόρησης παρέχεται από τις RTCP αναφορές αποστολέα και παραλήπτη. Αναλύοντας το πεδίο διαταραχής μεταξύ των αφίξεων (jitter), το οποίο περιέχεται στο RTCP πακέτο αναφορά του αποστολέα, μπορούμε να μετρήσουμε το jitter για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και να υποδείξουμε την πιθανότητα συμφόρησης προτού αυτή εμφανιστεί και προκαλέσει απώλεια πακέτων.

2.7.3 Τύποι πακέτων RTCP

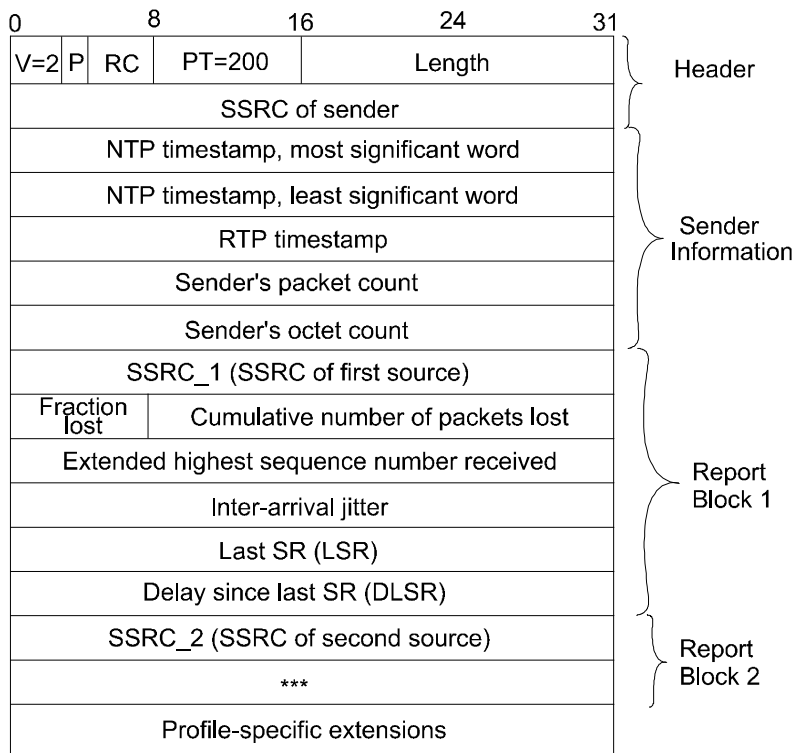
Υπάρχουν πέντε τύποι RTCP πακέτων ανάλογα με την πληροφορία που μεταφέρουν. Ακολουθεί η περιγραφή αυτών των πακέτων:

2.7.3.1 Sender Report (SR) αναφορά αποστολέα και Receiver Report (RR) αναφορά παραλήπτη

Οι παραλήπτες δεδομένων σε μία RTP σύνοδο επιστρέφουν στον εκάστοτε αποστολέα ένα feedback (μια αναφορά) που αφορά την ποιότητα της μετάδοσης. Ο αποστολέας από τις αναφορές αυτές κρίνει το είδος του προβλήματος και την έκταση του γεωγραφικά. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έχουν δημιουργηθεί συστήματα τα οποία παρακολουθούν τα RTCP πακέτα, και όχι τα RTP πακέτα και εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με την απόδοση της multicast μετάδοσης στα δίκτυα που παρακολουθούν. Αν ένα μέλος μιας συνόδου είναι μόνο παραλήπτης πληροφορίας αποστέλλει αναφορές παραλήπτη, ενώ αν είναι και αποστολέας πληροφορίας αποστέλλει και αναφορές αποστολέα.

Το πακέτο αναφοράς αποστολέα (sender report) αποτελείται από 3 τμήματα, πιθανώς ακολουθούμενα από ένα τέταρτο ιδιαιτέρου προφίλ προέκτασης τμήμα (profile specific extension) αν έχει οριστεί .

Η μόνη διαφορά μεταξύ της αναφοράς αποστολέα και παραλήπτη, επί πλέον του κώδικα τύπου πακέτου (PT), είναι ότι η αναφορά αποστολέα περιλαμβάνει ένα 20-byte τμήμα πληροφορίας αποστολέα (sender information) για χρήση από ενεργούς αποστολείς. Αυτά που αναφέραμε αλλά και η δομή ενός πακέτου αναφοράς αποστολέα και αναφοράς παραλήπτη φαίνονται στο Σχήμα 2.4. Οι διαφορές μεταξύ των δύο πακέτων περιγράφονται στη συνέχεια.



Σχήμα 2.4 - Δομή πακέτων αναφοράς αποστολέα και αναφοράς παραλήπτη

Το πρώτο τμήμα (Header), έχει μέγεθος 8 octets, δηλαδή 64 bits και περιλαμβάνει τα παρακάτω πεδία:

Version (έκδοση V): 2 bits. Προσδιορίζει την έκδοση του RTP, που είναι η ίδια με τα RTCP πακέτα καθώς και τα RTP πακέτα δεδομένων. Επί του παρόντος αυτό είναι 2.

Padding (P): 1 bit. Αν έχει τιμή 1 τότε το RTCP πακέτο περιέχει μερικά επιπρόσθετα padding octets στο τέλος που δεν είναι μέρος της πληροφορίας ελέγχου.

Απαρίθμηση αναφοράς λήψης (Reception report count RC): 5 bits. Ο αριθμός των blocks αναφοράς που παραλάβαμε. Η τιμή μηδέν είναι έγκυρη και σημαίνει ότι δεν μεταδώσαμε ή παραλάβαμε οποιαδήποτε πληροφορία για να το αναφέρουμε.

Τύπος πακέτου (Packet type PT): 8 bits. Περιέχει τη σταθερά 200 για να αναγνωρίσει αυτό ως ένα RTCP SR πακέτο ή τη σταθερά 201 για να αναγνωρίσει αυτό ως ένα RTCP RR πακέτο.

Μήκος (length): 16 bits. Το μήκος του RTCP πακέτου σε 32-bit λέξεις, περιλαμβάνοντας το πρώτο τμήμα (header) και κάθε επέκταση padding.

SSRC: 32 bits. Η ταυτότητα της πηγής για τη δημιουργία αυτού του SR (ή RR) πακέτου.

Το δεύτερο τμήμα, πληροφορία αποστολέα, έχει μέγεθος 20 octets και είναι παρόν μόνο σε κάθε πακέτο αναφοράς αποστολέα (SR). Αυτό συνοψίζει τη μεταφορά δεδομένων από τον αποστολέα. Τα πεδία έχουν το ακόλουθο μήνυμα:

NTP timestamp: 64 bits. Δείχνει το χρόνο κατά τον οποίο η αναφορά έχει σταλεί έτσι που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα timestamps που επιστρέφονται σε αναφορές από άλλους παραλήπτες ώστε να μετρούμε τους round-trip χρόνους μετάδοσης σε αυτούς τους παραλήπτες.

RTP timestamp: 32 bits. Ανταποκρίνεται στον ίδιο χρόνο με το NTP timestamp, αλλά στις ίδιες μονάδες και με την ίδια τυχαία αντιστάθμιση όπως τα RTP timestamps σε πακέτα δεδομένων.

Απαρίθμηση πακέτου δέκτη: 32 bits. Ο συνολικός αριθμός RTP πακέτων δεδομένων που έχουν μεταφερθεί από τον αποστολέα από την έναρξη της μεταφοράς μέχρι τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί αυτό το SR πακέτο. Η απαρίθμηση ξεκινά από το μηδέν αν ο αποστολέας αλλάξει το πεδίο SSRC.

Απαρίθμηση octet αποστολέα: Ο συνολικός αριθμός των (payload) ωφέλιμων octets (που δεν περιλαμβάνουν header or padding) και μεταφέρονται σε RTP πακέτα δεδομένων από τον αποστολέα από την έναρξη της μεταφοράς μέχρι τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί αυτό το SR πακέτο. Η απαρίθμηση επαναφέρεται σε αρχικές συνθήκες αν ο αποστολέας αλλάξει το πεδίο SSRC.

Το τρίτο τμήμα περιέχει μηδέν ή περισσότερα block αναφοράς παραλήπτη στηριζόμενα στον αριθμό άλλων πηγών του αποστολέα ως την τελευταία αναφορά. Κάθε block αναφοράς παραλήπτη περιέχει στατιστικά στοιχεία που αφορούν τη λήψη των RTP πακέτων από κάθε πηγή συγχρονισμού. Αυτά τα στατιστικά είναι:

SSRC_n (αναγνωριστής πηγής): 32 bits. Ο SSRC αναγνωριστής πηγής στην οποία αναφέρεται η πληροφορία στο πλαίσιο (block) αναφοράς παραλήπτη.

Χαμένο κλάσμα (Fraction lost): 8 bits. Το κλάσμα των RTP πακέτων δεδομένων από την πηγή SSRC_n, τα οποία χάθηκαν στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την λήψη του προηγούμενου SR ή RR πακέτου. Αυτό το κλάσμα ορίζεται ως ο αριθμός χαμένων πακέτων δια του αριθμού των πακέτων που αναμένονται.

Αθροιστικός αριθμός χαμένων πακέτων (Cumulative number of packets lost): 24 bits. Ο συνολικός αριθμός RTP πακέτων δεδομένων από την πηγή SSRC_n που έχουν χαθεί από την έναρξη της παραλαβής δεδομένων.

Αριθμός εκτεταμένης υψηλότερης ακολουθίας που έχει ληφθεί (Extended highest sequence number received): 32 bits. Τα 16 λιγότερο σημαντικά bits περιέχουν τον υψηλότερο αριθμό από την τρέχουσα ακολουθία αριθμών που έχει ληφθεί σε ένα RTP πακέτο δεδομένων από την πηγή SSRC_n, και τα 16 πιο σημαντικά bits παρατείνουν τον αριθμό ακολουθίας με αντιστοιχία απαρίθμησης από κύκλους αριθμού ακολουθίας. Διαφορετικοί παραλήπτες στο ίδιο τμήμα θα δημιουργήσουν διαφορετικές προεκτάσεις στον αριθμό ακολουθίας αν οι χρόνοι έναρξής τους διαφέρουν σημαντικά.

Inter-arrival jitter: 32 bits. Ένας υπολογισμός της στατιστικής διακύμανσης του inter-arrival χρόνου ενός RTP πακέτου δεδομένων, μετρημένο σε μονάδες timestamp και καθορισμένο σαν ένας μη προσημασμένος ακέραιος.

Τελευταίο SR timestamp: 32 bits. Τα μέσα 32 bits από τα 64 bits στο NTP timestamp παραλαμβάνονται ως μέρος του πιο πρόσφατου πακέτου αναφοράς αποστολέα (SR) από την πηγή SSRC_n. Αν κανένα SR δεν έχει ληφθεί ακόμα, το πεδίο είναι στο μηδέν.

Καθυστέρηση από το τελευταίο SR: 32 bits. Η καθυστέρηση (εκφρασμένη σε μονάδες 1/65536 δευτερόλεπτα) μεταξύ της παραλαβής του τελευταίου πακέτου SR από την πηγή SSRC_n και της αποστολής αναφοράς στον παραλήπτη. Αν κανένα SR δεν έχει παραληφθεί ακόμα, το πεδίο είναι στο μηδέν.

2.7.3.2 Source Description (SDS) Περιγραφές αποστολέα

Είναι ο τύπος του πακέτου που χρησιμοποιείται για να παρέχουν τα μέλη μιας συνόδου πληροφορίες σχετικές με τον εαυτό τους, για παράδειγμα όνομα, διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου το όνομα της εφαρμογής που χρησιμοποιείται στη σύνοδο καθώς και άλλα στοιχεία. Στον Σχήμα 2.5 καταγράφονται οι τύποι πληροφορίας που περιέχονται σε ένα τέτοιο πακέτο.

ΤΙΜΗ	ΌΝΟΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	END	Τέλος της SDS λίστας.
1	CNAME	Canonical name: είναι Μοναδικό. Κάθε συμμετέχοντας σε μια RTP σύνοδο έχει διαφορετικό cname από τους υπόλοιπους.
2	NAME	Όνομα του πραγματικού χρήστη της πηγής
3	EMAIL	Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
4	PHONE	Αριθμός τηλεφώνου
5	LOC	Γεωγραφική τοποθεσία
6	TOOL	Όνομα της εφαρμογής που παράγει τη ροή
7	NOTE	Περιστασιακά μηνύματα που περιγράφουν την κατάσταση της πηγής
8	PRIV	Ορίζει πειραματικά ή συγκεκριμένης εφαρμογής SDS επεκτάσεις.

Σχήμα 2.5 – Πληροφορίες που περιέχει το πακέτο SDS

2.7.3.3 Goodbye (BYE) Πακέτο αποχαιρετισμού

Ο τύπος αυτός σηματοδοτεί την αποχώρηση από τη σύνοδο ενός ή περισσότερων μελών. Για την επισημάνση των μελών που αποχωρούν το πακέτο περιέχει τη λίστα με τους αντίστοιχους κωδικούς των πηγών. Συνηθίζεται τα μέλη να εσωκλείσουν στο πακέτο και τους λόγους για τους οποίους αποχωρούν από τη σύνοδο. Όταν ένας μείκτης (mixer) λαμβάνει ένα τέτοιο πακέτο αφήνει τους κωδικούς πηγών πληροφορίας αναλλοίωτους.

2.7.3.4 Application defined (APP) πακέτο.

Ο ειδικός αυτός τύπος πακέτου χρησιμοποιείται για πειραματικούς σκοπούς στην ανάπτυξη νέων εφαρμογών και λειτουργιών χωρίς να απαιτείται να γίνουν επίσημα αποδεκτοί νέοι τύποι πακέτων. Μετά από τις αναγκαίες δοκιμές και αφού ο νέος τύπος μετάδοσης πληροφορίας ή τα νέα χαρακτηριστικά γίνουν ευρέως αποδεκτά γίνεται αίτηση στον οργανισμό IANA (Internet Assigned Numbers Authority) για την επίσημη κατοχύρωση του συγκεκριμένου τύπου πακέτου.

2.7.4 Υπηρεσίες που παρέχει το RTCP

Μέσω των πακέτων ελέγχου που στέλνει το RTCP παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

Qos monitoring and congestion control. Σε μια multicast μετάδοση δεδομένων (πχ σε μια τηλεδιάσκεψη) το κάθε μέλος στέλνει και παραλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την ποιότητα της μετάδοσης των δεδομένων της εφαρμογής. Οι παραλήπτες δεδομένων μπορούν από τα RTCP πακέτα του αποστολέα (sender report) να συμπεράνουν το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και να εκτιμήσουν την τελική ποιότητα μιας εφαρμογής τηλεδιάσκεψης. Ο αποστολέας μπορεί από τα RTCP πακέτα των παραληπτών (receiver report) να λάβει πληροφορίες για την ποιότητα της εφαρμογής τηλεδιάσκεψης και να εκτιμήσει αν το πρόβλημα παρουσιάζεται μόνο σε μια στενή ομάδα χρηστών ή αν είναι γενικό. Ανάλογα με την εκτιμώμενη κατάσταση είναι δυνατόν να ληφθούν μέτρα για τη διόρθωσή τους.

Ένα τέτοιο ενδεχόμενο είναι να μειωθεί η ποιότητα των συμπιεσμένων δεδομένων για να επιτευχθεί χαμηλότερος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ώστε να μειωθούν οι απώλειές τους.

Source identification. Αναγνώριση πηγής. Τα RTCP πακέτα source description περιέχουν πληροφορία που καλείται canonical names (CNAME), και χρησιμοποιείται για να παρακολουθούνται τα άτομα που συμμετέχουν σε μια RTP σύνοδο. Το RTCP παρέχει την δυνατότητα στον αποστολέα δεδομένων να προσθέσει πληροφορία για την ταυτότητα του σε μορφή κειμένου μέσα στα RTCP πακέτα. Αυτό βοηθά τους παραλήπτες που συμμετέχουν ταυτόχρονα σε πολλές τηλεδιασκέψεις να συσχετίζουν μια ροή δεδομένων με συγκεκριμένη τηλεδιάσκεψη. Επίσης, οι παραλήπτες χρησιμοποιούν το CNAME για να συνδέουν πολλαπλές ροές δεδομένων από ένα συγκεκριμένο άτομο που συμμετέχει στη σύνοδο σε ένα σύνολο συνδεδεμένων RTP συνόδων (π.χ. για το συγχρονισμό ήχου και εικόνας).

Inter-media synchronization. Συγχρονισμός πολυμέσων. Τα RTCP πακέτα sender reports και receiver reports περιέχουν πληροφορίες για τον πραγματικό χρόνο και το αντίστοιχο RTP timestamp. Η πληροφορία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εσωτερικό συγχρονισμό διαφορετικών streams (π.χ. εικόνα και ήχος σε ένα video stream). Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, κατά την μετάδοση multimedia δεδομένων με την χρήση RTP, ο ήχος και η εικόνα μεταδίδονται σε ξεχωριστή ροή.

Control information scaling. Καθώς ο αριθμός των μελών μιας συνόδου αυξάνεται, μεγαλώνει επίσης και ο αριθμός των RTCP πακέτων που κυκλοφορούν στο δίκτυο. Για να αποτραπεί η κατανάλωση όλων των πόρων του δικτύου από τον έλεγχο κυκλοφορίας και για να επιτραπεί στο RTP να εξυπηρετεί έναν μεγάλο αριθμό ατόμων που συμμετέχουν σε μια σύνοδο, ο έλεγχος κυκλοφορίας περιορίζεται στο πέντε τοις εκατό το πολύ της συνολικής κυκλοφορίας συνόδου. Αφού ο κάθε συμμετέχων στέλνει πακέτα ελέγχου σε όλους τους άλλους, ο καθένας μπορεί να παρακολουθεί τον συνολικό αριθμό των συμμετεχόντων και να χρησιμοποιεί τον αριθμό αυτό για να υπολογίζει το ρυθμό με τον οποίο πρέπει να στέλνει RTCP πακέτα.

2.8 Real-Time Streaming protocol (RTSP)

2.8.1 Γενικά

Το RTSP είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο δημιουργήθηκε από την IETF (Internet Engineering Task Force) και ορίζεται στο RFC 2326. Χρησιμοποιείται σε συστήματα που κάνουν streaming βίντεο και ήχο και επιτρέπει στον πελάτη (client) να ελέγξει από μακριά τον streaming εξυπηρετητή (server). Οι πηγές των δεδομένων μπορεί να είναι ζωντανά δεδομένα ή αποθηκευμένα δεδομένα. Το media player του παραλήπτη και ο εξυπηρετητής χρειάζονται ένα πρωτόκολλο για να ανταλλάζουν πληροφορίες ελέγχου για το playback και αυτό το πρωτόκολλο ονομάζεται RTSP. Ουσιαστικά μοιάζει με το τηλεχειριστήριο (remote control) του DVD player ή του CD player και επιτρέπει στους χρήστες να ελέγξουν την μετάδοση των πολυμεσικών δεδομένων με το να κάνουν παύση (pause), να πάνε λίγο πίσω (rewind) και να παίξουν (play) το πολυμεσικό περιεχόμενο. Αν τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα στον multimedia εξυπηρετητή (server) τότε τους επιτρέπει να πάνε λίγο μπροστά (fast forward) και να πάνε σε συγκεκριμένη θέση μέσα στο πολυμεσικό περιεχόμενο (είτε πιο πίσω είτε πιο μπροστά αν τα δεδομένα έχουν κατεβεί από τον multimedia εξυπηρετητή) μέσω του slide bar.

Το πρότυπο είναι αρκετά γενικό και δεν καθορίζει τον ακριβή τύπο των δεδομένων που μεταφέρονται, ούτε μέσω ποιού πρωτοκόλλου θα μεταφερθούν. Πρέπει να σημειωθεί ότι το RTSP δεν μεταφέρει τα πολυμεσικά δεδομένα αλλά είναι απλώς ένα τηλεχειριστήριο με το οποίο ο πελάτης μπορεί να ελέγξει τα δεδομένα που λαμβάνει από τον εξυπηρετητή. Επίσης, μπορεί να ελέγξει πολλές συνόδους οι οποίες μεταφέρουν πολυμεσικά δεδομένα (multicasting) μέσω του πρωτοκόλλου multicast UDP. Με άλλα λόγια υποστηρίζει και unicast μετάδοση μέσω του πρωτοκόλλου TCP ή UDP και multicast μετάδοση μέσω του πρωτοκόλλου multicast UDP. Επιπλέον παρέχει τον τρόπο για να επιλέγεται ο μηχανισμός παράδοσης που ως συνήθως είναι το RTP.

Το RTSP δίνει τη δυνατότητα στον πελάτη και τον εξυπηρετητή να μπορούν να επικοινωνήσουν ακόμη κι αν έχουν κατασκευαστεί από διαφορετική εταιρία. Εκτός από αυτά, Το RTSP παρέχει μηχανισμούς για αίτηση μετάδοσης δεδομένων σε πραγματικό

χρόνο, αίτηση ενός καθορισμένου τύπου μεταφοράς και προορισμού για την μετάδοσης δεδομένων. Επίσης παρέχει μηχανισμούς για αίτηση πληροφοριών σχετικά με τα δεδομένα με έναν τρόπο καθορισμένο από την τυποποίηση.

Το RTSP είναι out of band πρωτόκολλο όπου τα RTSP μηνύματα (SETUP, PLAY, PAUSE, TEARDOWN) στέλνονται από διαφορετική θύρα από τη ροή των δεδομένων. Το RTSP δεν ορίζει πως θα είναι η δομή των πακέτων για τα πολυμεσικά δεδομένα. Συνήθως χρησιμοποιείται το RTP.

Το RTSP είναι ένα πρωτόκολλο που βασίζεται σε λόγια (text) , ορίζεται να χρησιμοποιεί το ISO 10646 και χρησιμοποιεί την UTF-8 κωδικοποίηση. Τα μηνύματα του μπορεί να είναι είτε αιτήσεις (request) είτε ανταποκρίσεις (responses). Οι αιτήσεις περιέχουν μεθόδους, δηλαδή το όνομα της μεθόδου (π.χ. SETUP, PLAY, PAUSE, TEARDOWN) και παραμέτρους για να περιγράψουν καλύτερα την μέθοδο. Μετά που ο παραλήπτης θα πάρει και ερμηνεύσει την αίτηση θα ανταποκριθεί με μια απάντηση. Τα RTSP μηνύματα βασίζονται στα μηνύματα του http με μικρές αλλαγές για να επιτρέπουν να προσθέσουμε κώδικα για νέες καταστάσεις και διαφορετικές παραμέτρους.

Το πρόβλημα της μεταφοράς της πληροφορίας του βίντεο σχετίζεται άμεσα με την επιλογή του συστήματος κωδικοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί. Το περιεχόμενο του βίντεο, ανεξάρτητα από την μορφή και κωδικοποίηση του, πρέπει να μεταφερθεί πάνω από το δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο. Δύο υποψήφια είναι το HTTP (Hypertext Transfer Protocol) και το RTSP (Real-Time Streaming Protocol). Και τα δύο βασίζονται σε IP δίκτυα χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User Datagram Protocol). Το HTTP δεν ενδείκνυται για εφαρμογές streaming και ακριβώς για το λόγω αυτό η Internet Engineering Task Force ανέπτυξε το RTSP.

2.8.2 Ομοιότητες και διαφορές με το HTTP

Καταρχήν πρέπει να αναφέρουμε ότι είναι και τα δύο πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής και χρησιμοποιούν και τα δύο την αρχιτεκτονική πελάτη εξυπηρετητή. Το RTSP είναι

παρόμοιο σε σύνταξη και λειτουργία με το HTTP έτσι ώστε οι προεκτάσεις του HTTP να μπορούν με μικρές μετατροπές να προστίθενται και στο RTSP. Οι λόγοι που οδήγησαν στην απόφαση αυτή είναι για να μπορεί εύκολα να προστεθεί και στο RTSP κάθε μελλοντική επέκταση του HTTP, για να μπορεί εύκολα το RTSP να μεταφραστεί από έναν HTTP parser και τέλος για να μπορεί εύκολα το RTSP να υιοθετήσει πολλά χρήσιμα χαρακτηριστικά του HTTP, όπως caches, proxies και μηχανισμούς ασφαλείας.

Το HTTP ορίζεται στο RFC 1945 και RFC 2616 ενώ το RTSP ορίζεται στο RFC 2326. Το HTTP ορίζει πως οι web πελάτες κάνουν αίτηση για ιστοσελίδες από τους web εξυπηρετητές και πως οι εξυπηρετητές μεταφέρουν τις ιστοσελίδες στους πελάτες. Αντίθετα, το RTSP χρησιμοποιείται για να χειριζόμαστε πολυμεσικά δεδομένα όπως βίντεο και ήχο. Άλλη διαφορά μεταξύ RTSP και HTTP είναι ότι ο RTSP εξυπηρετητής διατηρεί καταστάσεις εξ' ορισμού για τους πελάτες τους (π.χ. αν βρίσκονται στο SETUP, PLAY, TEARDOWN) ενώ το HTTP είναι πρωτόκολλο χωρίς καταστάσεις επειδή ο εξυπηρετητής δεν κρατεί καμιά πληροφορία για τους πελάτες του. Επίσης, τόσο οι servers όσο και οι clients του RTSP μπορούν να πραγματοποιήσουν αιτήσεις, σε αντίθεση με το HTTP στο οποίο μόνο ο client κάνει αιτήσεις. Επιπλέον, στο RTSP τα δεδομένα μεταφέρονται από διαφορετικό πρωτόκολλο (συνήθως το RTP) ενώ στο HTTP όλα μεταφέρονται από το ίδιο πρωτόκολλο από την ίδια θύρα. Τέλος το RTSP έχει πολλές μεθόδους οι οποίες θα αναφερθούν στην συνέχεια, ενώ το HTTP έχει μόνο δύο μεθόδους το GET και το POST.

2.8.3 Χαρακτηριστικά του RTSP

Πριν να προχωρήσουμε πρέπει να ορίσουμε τι είναι παρουσίαση και τι είναι το αρχείο περιγραφή παρουσίασης.

Παρουσίαση (presentation) είναι πολλές ροές (streams) μαζί που δημιουργούν μια ολοκληρωμένη πολυμεσική πληροφορία. Για παράδειγμα μια κινηματογραφική ταινία.

Το αρχείο περιγραφή παρουσίασης (presentation description file) περιέχει πληροφορία, για όλα τα streams που υπάρχουν μέσα σε μια παρουσίαση (ένα ή περισσότερα) και

περιλαμβάνει τους τρόπους κωδικοποίησης, τις διευθύνσεις στο δίκτυο και δεδομένα σχετικά με το περιεχόμενο.

Το RTSP έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Το RTSP μπορεί να επεκταθεί με ευκολία: Νέοι τύποι και μορφές πληροφορίας (media type) μπορούν σχετικά εύκολα να προστεθούν στο RTSP. Μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε parser για RTSP λόγω του ότι οι HTTP parsers μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε RTSP parsers.

Το RTSP μπορεί να χρησιμοποιήσει όλους τους μηχανισμούς ασφαλείας που χρησιμοποιεί το HTTP καθώς επίσης και τους μηχανισμούς των επιπέδων μεταφοράς και δικτύου. Επίσης, το RTSP είναι ανεξάρτητο του επιπέδου μεταφοράς και μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε πρωτόκολλο μεταφοράς (UDP, TCP, multicast UDP). Δηλαδή δεν περιορίζει πως τα πολυμεσικά δεδομένα θα μεταφερθούν.

Υποστηρίζει την αρχιτεκτονική πελάτη εξυπηρετητή. Είναι ανεξάρτητο από τη μορφή (κωδικοποίηση) του πολυμεσικού αρχείου που μεταδίδεται. Επίσης, δεν επηρεάζεται από τον τρόπο με τον οποίο το media player του παραλήπτη βάζει τα πολυμεσικά δεδομένα (βίντεο ή ήχο) στο buffer. Το βίντεο ή ήχος μπορεί να παιχτεί (play) μόλις ξεκινήσει να φτάνει στον παραλήπτη ή μετά από μια καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων ή μπορεί να κατεβεί ολόκληρο και μετά να παιχτεί από το media player του παραλήπτη.

Το RTSP υποστηρίζει πολλαπλούς servers. Κάθε media stream μέσα σε μια παρουσίαση μπορεί να είναι αποθηκευμένο σε διαφορετικούς servers. Ο client έχει τη δυνατότητα από το πρωτόκολλο να ξεκινήσει ταυτόχρονες συνόδους με τον κάθε media server και να ανακτά την επιθυμητή πληροφορία αφού πρώτα αυτή θα έχει συγχρονιστεί στο επίπεδο μεταφοράς. Άρα συγχρονίζει το playback από πολλούς media εξυπηρετητές.

Ο έλεγχος ροής στην μετάδοση των δεδομένων καθοδηγείται από τον πελάτη (client). Ο πελάτης μπορεί να σταματήσει ένα media stream στέλνοντας το αντίστοιχο αίτημα στον εξυπηρετητή.(π.χ pause, teardown). Επίσης, ο πελάτης μπορεί να διαπραγματευτεί τη μέθοδο μεταφοράς πριν αρχίσει ουσιαστικά την μετάδοση της streaming πληροφορίας.

Αν κάποια βασικά χαρακτηριστικά δεν υποστηρίζονται για κάποια πολυμεσική πληροφορία που μεταδίδεται, ο πελάτης έχει την δυνατότητα να το πληροφορηθεί και να τροποποιήσει το interface του media player ανάλογα. Για παράδειγμα αν δεν υποστηρίζεται η δυνατότητα αναζήτησης μέσα στο stream θα απενεργοποιήσει από το interface την ένδειξη του sliding position.

2.8.4 Υπηρεσίες που παρέχει το RTSP

Το RTSP παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες:

Μπορούμε να πάρουμε πληροφορίας από ένα media εξυπηρετητή (server): Ο πελάτης (client) μπορεί να ζητήσει μια περιγραφή της παρουσίασης μέσω του HTTP ή κάποιου άλλου τρόπου. Αν η μετάδοση είναι multicast η περιγραφή αυτή περιέχει και τις διευθύνσεις και τις πόρτες που θα χρησιμοποιηθούν για τη συνεχή ροή της πληροφορίας. Αν η μετάδοση είναι unicast ο πελάτης είναι αυτός που θα παρέχει τη διεύθυνση του για λόγους ασφάλειας.

Πρόσκληση ενός media εξυπηρετητή σε μια τηλεδιάσκεψη: ένας media εξυπηρετητής μπορεί να "προσκληθεί" να συμμετάσχει σε μια συνδιάσκεψη είτε για να μεταδώσει media πληροφορία σε πραγματικό χρόνο, είτε για να καταγράψει (record) όλη ή ένα μέρος της παρουσίασης. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε εφαρμογές κατανεμημένης διδασκαλίας επιτρέποντας τη ταυτόχρονη συμμετοχή διαφόρων σημείων στη διαδικασία.

Πρόσθεση πληροφορίας σε μια ήδη υπάρχουσα media παρουσίαση: Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο στις περιπτώσεις των "ζωντανών" (live) παρουσιάσεων όπου ο εξυπηρετητής θα έχει τη δυνατότητα να γνωστοποιήσει στον πελάτη αν υπάρχει επιπρόσθετη πληροφορία διαθέσιμη.

2.8.5 Μέθοδοι του RTSP

Η επικοινωνία του πελάτη με τον media εξυπηρετητή, προκειμένου ο πελάτης να μπορεί να χειρίζεται αποδοτικά την παρερχόμενη πληροφορία και να παίρνει αυτό ακριβώς που ζητά, προϋποθέτει την χρήση αιτημάτων-εντολών από τη πλευρά του πελάτη και αντίστοιχων απαντήσεων από τον εξυπηρετητή. Οι υπηρεσίες υποστηρίζονται μέσω κάποιων μεθόδων.

Υπάρχουν οι βασικές μέθοδοι που είναι οι ακόλουθες:

SETUP: Ο πελάτης ζητάει από το εξυπηρετητή να δεσμεύσει πόρους για μια ροή, και να ξεκινήσει μια RTSP σύνοδο. Στο μήνυμα που στέλνει ο πελάτης καθορίζει τον μηχανισμό μεταφοράς που θα χρησιμοποιηθεί για τα πολυμεσικά δεδομένα (π.χ. RTP).

PLAY: Ο πελάτης ζητάει από τον εξυπηρετητή να ξεκινήσει να στέλνει δεδομένα στη ροή με βάση τον μηχανισμό μεταφοράς που ορίστηκε στο SETUP. Πρώτα πρέπει ο πελάτης να κάνει αίτηση για SETUP στον εξυπηρετητή, να πιάσει θετική απάντηση (OK) και μετά να κάνει αίτηση για PLAY.

PAUSE: Ο πελάτης προσωρινά σταματά την ροή χωρίς να ελευθερώνει τους δεσμευμένους γι' αυτή τη ροή πόρους του εξυπηρετητή. Σταματά προσωρινά το playback και η αντιγραφή αν γινόταν. Ο πελάτης συνεχίζει να κατεβάζει πολυμεσικό περιεχόμενο από τον εξυπηρετητή. Αν το URL αναφέρεται σε μια ομάδα από ροές τότε σταματά προσωρινά το playback για όλες τις ροές της ομάδας. Μετά που ξαναπατούμε την παύση για να συνεχίσει το playback ή η αντιγραφή, πρέπει να διατηρήσουμε τις ροές συγχρονισμένες.

TEARDOWN: Ο πελάτης ζητά από τον εξυπηρετητή να σταματήσει την αποστολή μιας ροής και να ελευθερώσει τους δεσμευμένους πόρους γι' αυτή την ροή. Σταματά να υπάρχει σύνοδος μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής δεν κρατεί κατάσταση για τον πελάτη. Για να δημιουργηθεί ξανά σύνοδος πρέπει να γίνει ξανά αίτηση για SETUP από τον πελάτη.

Υπάρχουν επιπρόσθετες μέθοδοι που είναι οι ακόλουθες:

OPTIONS: Ο πελάτης ή ο εξυπηρετητής λέει στην άλλη πλευρά τις διαθέσιμες μεθόδους που μπορεί να δεχτεί.

DESCRIBE: Ο πελάτης διαβάζει την περιγραφή μιας παρουσίασης ενός media αντικειμένου το οποίο αναγνωρίζεται μέσω του URL που παράλαβε από το εξυπηρετητή.

ANNOUNCE: Όταν στέλνεται από τον πελάτη στον εξυπηρετητή, δηλώνει την περιγραφή μιας παρουσίασης ή ενός media αντικειμένου. Όταν στέλνεται από τον εξυπηρετητή στον πελάτη, ενημερώνει (update) την περιγραφή του media αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο.

GET_PARAMETER: Δίνει σε αυτόν που έκανε την αίτηση την τιμή μιας παραμέτρου για την παρουσίαση ή της ροής που καθορίστηκε στο URL. Μπορεί να κάνει αίτηση ο πελάτης ή ο εξυπηρετητής και να λάβει απάντηση από τον άλλο.

SET_PARAMETER: Θέτει την τιμή μιας παραμέτρου για την παρουσίαση μιας ροής. Μπορεί να κάνει αίτηση ο πελάτης ή ο εξυπηρετητής και να λάβει απάντηση από τον άλλο.

REDIRECT: Ο εξυπηρετητής ενημερώνει τον πελάτη ότι πρέπει να συνδεθεί με ένα άλλο εξυπηρετητή που βρίσκεται σε μία άλλη τοποθεσία. Το μήνυμα που στέλνει ο εξυπηρετητής περιέχει την τοποθεσία του νέου εξυπηρετητή. Αν ο πελάτης θέλει να συνεχίσει να στέλνει ή να παραλαμβάνει πολυμεσικά δεδομένα από τον νέο εξυπηρετητή πρέπει να κάνει TEARDOWN την σύνοδο με τον προηγούμενο εξυπηρετητή δηλαδή τη σύνοδο στην οποία βρίσκεται και να δημιουργήσει νέα σύνοδο με τον νέο εξυπηρετητή που βρίσκεται στην άλλη τοποθεσία.

RECORD: Ο πελάτης ξεκινά να αποθηκεύει ένα κομμάτι των πολυμεσικών δεδομένων σύμφωνα με την περιγραφή της παρουσίασης.

Μέθοδος	Κατεύθυνση	Αναγκαιότητα	Περιγραφή
---------	------------	--------------	-----------

SETUP	C->S	Αναγκαία	Εγκαθιδρύει τη μεταφορά
PLAY	C->S	Αναγκαία	Ξεκινά το playback
TEARDOWN	C->S	Αναγκαία	Σταματά τη σύνοδο
OPTION	C->S, S->C	Αναγκαία	Παίρνουμε τις διαθέσιμες μεθόδους
DESCRIBE	C->S	Συστήνεται	Παίρνουμε την περιγραφή του media αντικειμένου
PAUSE	C->S	Συστήνεται	Σταματά προσωρινά το playback αλλά υπάρχει η σύνοδος.
ANNOUNCE	C->S, S->C	Προαιρετικό	Αλλάζει την περιγραφή του media αντικειμένου
GET_PARAMETER	C->S, S->C	Προαιρετικό	Διαβάζει την τιμή μιας παραμέτρου
SET_PARAMETER	C->S, S->C	Προαιρετικό	Θέτει την τιμή μιας παραμέτρου
REDIRECT	S->C	Προαιρετικό	Συνδέει τον πελάτη με άλλο εξυπηρετητή

RECORD	C->S	Προαιρετικό	Ξεκινά την αντιγραφή
--------	------	-------------	----------------------

Σχήμα 2.6 – Περιληπτική περιγραφή των μεθόδων του RTSP

2.8.6 Τρόποι μετάδοσης στο RTSP

Το RTSP πρωτόκολλο υποστηρίζει τους παρακάτω τρόπους μετάδοσης:

Unicast μετάδοση μετά από αίτηση του πελάτη στην οποία αίτηση καθορίζονται και οι παράμετροι της μετάδοσης (πχ σε ποίο port θα γίνει η μετάδοση των δεδομένων). Η διεύθυνση (IP address) θα είναι αυτή του πελάτη.

Multicast μετάδοση όπου ο εξυπηρετητής καθορίζει τις παραμέτρους της μετάδοσης (δηλαδή ο εξυπηρετητής επιλέγει τη διεύθυνση και τη πόρτα όπου θα μεταδώσει). Αυτή η περίπτωση, αποτελεί και τη τυπική περίπτωση media on demand, όπου το RTSP βρίσκει ευρύτατη εφαρμογή.

Multicast μετάδοση όπου ο πελάτης καθορίζει τις παραμέτρους της μετάδοσης, δηλαδή ο εξυπηρετητής επιλέγει τη διεύθυνση και τη πόρτα όπου θα μεταδώσει. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές multipoint τηλεδιάσκεψης.

2.8.7 Τρόπος λειτουργίας του RTSP

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το RTSP δρα σαν απομακρυσμένος έλεγχος δικτύου για multimedia εφαρμογές. Εγκαθιστά και ελέγχει είτε μια απλή ροή (stream) είτε πολλές συγχρονισμένες ροές μέσω των όπως ήχος και βίντεο, αλλά δεν παραδίδει τις ροές. Αυτή τη δουλειά την αφήνει σε πρωτόκολλα όπως το RTP.

Το σύνολο των ροών προς έλεγχο καθορίζεται από ένα αρχείο που περιγράφει την παρουσίαση. Ο πελάτης (client) μπορεί να αιτηθεί αυτό το αρχείο μέσω HTTP ή κάποιας

άλλης μεθόδου. Το αρχείο περιγραφής παρουσίασης μπορεί να περιέχει τις multicast διευθύνσεις και θύρες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τα συνεχόμενα μέσα. Κάθε ροή μπορεί να βρίσκεται σε διαφορετικό εξυπηρετητή. Ο πελάτης εγκαθιστά αυτόματα πολλές ταυτόχρονες συνόδους ελέγχου με τους διαφορετικούς media εξυπηρετητές και ο συγχρονισμός των μέσων εκτελείται στο επίπεδο μεταφοράς. Η βασική εργασία που επιτελεί το RTSP είναι η εγκατάσταση και ο έλεγχος ενός ή περισσότερων συνεχόμενων συγχρονισμένων ροών (streams) πολυμεσικής πληροφορίας (όπως ήχος ή βίντεο).

Αρχικά θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν υπάρχει η έννοια της σύνδεσης στο RTSP. Ο εξυπηρετητής, που έχει αναλάβει την μετάδοση της πολυμεσικής πληροφορίας, διατηρεί μια σύνοδο (session) με τον κάθε RTSP πελάτη, η οποία δεν συνιστά σε καμία περίπτωση σύνδεση στο επίπεδο μεταφοράς (transport). Κατά τη διάρκεια μιας συνόδου όμως ένας πελάτης μπορεί να ανοίξει και να κλείσει πολλές συνδέσεις προκειμένου να στείλει τα RTSP αιτήματά του στον εξυπηρετητή. Εναλλακτικά μάλιστα μπορεί να χρησιμοποιήσει και κάποιο πρωτόκολλο χωρίς συνδέσεις όπως το UDP.

Κάθε ροή μπορεί να αναγνωριστεί από ένα RTSP URL, ενώ η συνολική παρουσίαση και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καθορίζονται από την περιγραφή της παρουσίασης, η οποία μπορεί να γίνει γνωστή στον πελάτη μέσω του HTTP, email ή κάποιου άλλου τρόπου.

Ένα RTSP URL είναι της μορφής `rtsp://media.example.com:554/twister/audiotrack`

Το `rtsp://` είναι ο προσδιοριστής για χρήση TCP (`rtspu://` χρησιμοποιείται για το UDP). Το `media.example.com` είναι το όνομα του εξυπηρετητή. Το `554` είναι η θύρα για το πρωτόκολλο RTSP. Το `twister` είναι το όνομα της παρουσίασης και το `audiotrack` είναι το όνομα συγκεκριμένης ροής μέσα στην παρουσίαση και είναι προαιρετικό.

Ο web browser του πελάτη πρώτα ζητά το αρχείο περιγραφής παρουσίασης από ένα web εξυπηρετητή. Αυτό το αρχείο μπορεί να έχει αναφορές σε πολλά συνεχούς media αρχεία όπως επίσης και σε directives για να συγχρονίζουμε τα συνεχούς media αρχεία. Κάθε αναφορά σε ένα συνεχούς media αρχείο ξεκινά με την URL μέθοδο `rtsp://`. Στο Σχήμα 2.7 που ακολουθεί παίζονται παράλληλα και σαν μέρος του ιδίου group μια ροή ήχου και μια

ροή βίντεο. Για την ροή ήχου ο media player του πελάτη έχει δυο επιλογές, είτε αντιγραφή low fidelity είτε αντιγραφή high fidelity.

```
<title>Twister</title>
<session>
  <group language=en lipsync>
    <switch>
      <track type=audio
        e="PCMU/8000/1"
        src = "rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi">
      <track type=audio
        e="DVI4/16000/2" pt="90 DVI4/8000/1"
        src="rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/hifi">
    </switch>
    <track type="video/jpeg"
      src="rtsp://video.example.com/twister/video">
  </group>
</session>
```

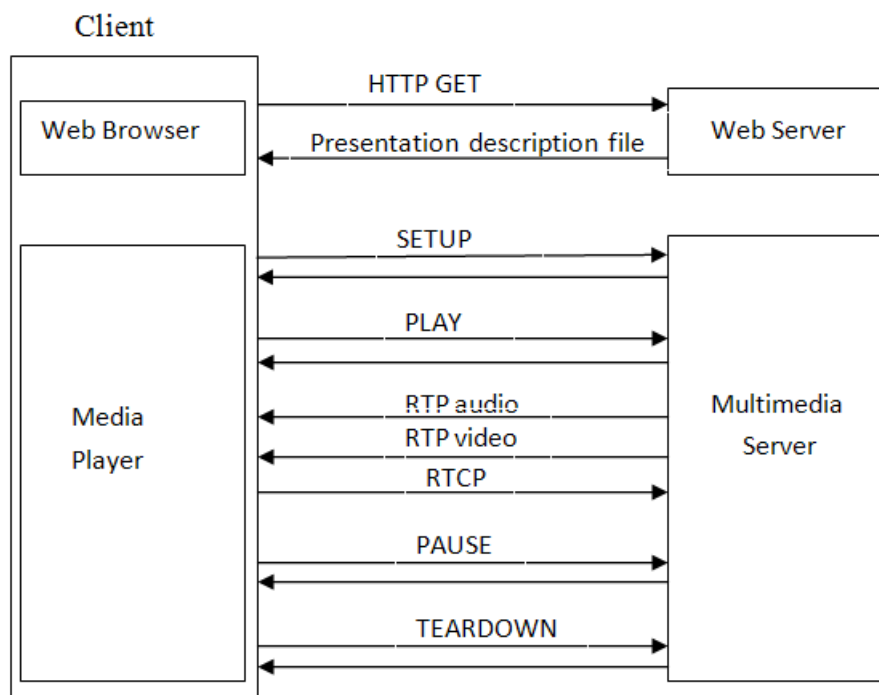
Σχήμα 2.7 - Παράδειγμα αρχείου περιγραφής παρουσίασης

Μια παρουσίαση μπορεί να περιέχει περισσότερα από μια media ροές όπως και στο παράδειγμα πιο πάνω. Το αρχείο περιγραφής παρουσίασης περιέχει κωδικοποιήσεις, γλώσσα και άλλες παραμέτρους που επιτρέπουν στον πελάτη να διαλέξει τον καταλληλότερο συνδυασμό από media. Κάθε ροή ελέγχεται ατομικά από το RTSP και προσδιορίζεται από ένα RTSP URL, το οποίο δείχνει και ποιος είναι ο media εξυπηρετητής που διαχειρίζεται αυτή τη συγκεκριμένη ροή καθώς και το όνομα της ροής που αποθηκεύεται σε αυτόν τον εξυπηρετητή. Ο πελάτης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει ροές ήχου ή βίντεο που βρίσκονται σε διαφορετικούς εξυπηρετητές.

Ο web εξυπηρετητής ενσωματώνει το αρχείο περιγραφής παρουσίασης σε ένα HTTP μήνυμα απάντησης και το στέλνει στον web browser του πελάτη που έκανε την αίτηση.

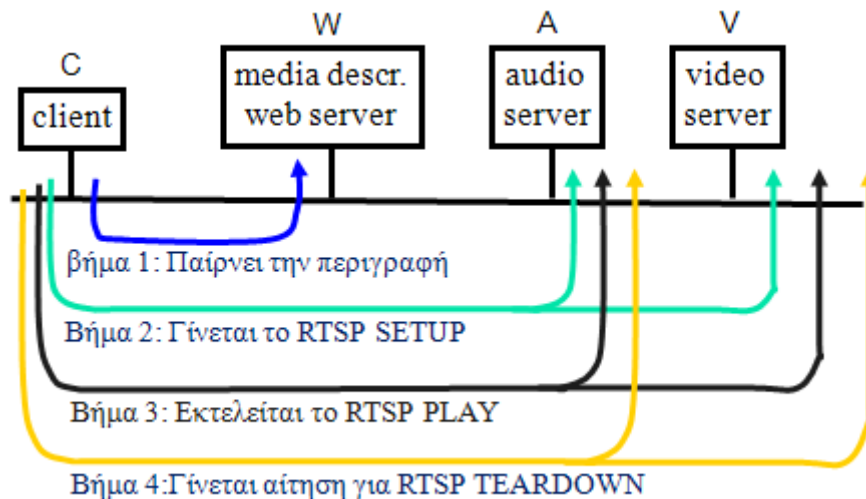
Όταν ο web browser πιάσει το αρχείο περιγραφής παρουσίασης τότε καλεί τον media player με βάση το πεδίο τύπου περιεχομένου του μηνύματος. Αυτό το αρχείο όπως έχουμε προαναφέρει περιέχει αναφορές σε ροές πολυμεσικού περιεχομένου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο URL. Το κάθε URL αναφέρεται σε ένα εξυπηρετητή. Μετά ο εξυπηρετητής και ο media player του πελάτη επικοινωνούν με μια σειρά από RTSP μηνύματα. Ο media player στέλνει αίτηση για RTSP SETUP και ο εξυπηρετητής απαντά με το μήνυμα RTSP OK. Στη συνέχεια ο media player στέλνει αίτηση για RTSP PLAY καθορίζοντας π.χ. low fidelity ήχο και ο εξυπηρετητής απαντά με το μήνυμα RTSP OK. Πρέπει να τονιστεί ότι ο ήχος και το βίντεο μεταδίδονται από διαφορετική ροή. Για την μεταφορά τους χρησιμοποιείται συνήθως το πρωτόκολλο RTP και ο πελάτης απαντά με RTCP μήνυμα. Ακολούθως ο media player στέλνει αίτημα για RTSP PAUSE και ο εξυπηρετητής απαντά με το μήνυμα RTSP OK. Όταν ο πελάτης τελειώσει το media player στέλνει αίτημα για RTSP TEARDOWN και ο εξυπηρετητής επιβεβαιώνει με το μήνυμα RTSP OK.

Το Σχήμα 2.8 δείχνει πως επικοινωνεί ο πελάτης και ο εξυπηρετητής με τη χρήση του πρωτοκόλλου RTSP.



Σχήμα 2.8 – Επικοινωνία πελάτη εξυπηρετητή

Αν υποθέσουμε ότι ο πελάτης C επικοινωνεί με ένα web εξυπηρετητή W, ένα εξυπηρετητή ήχου A και ένα εξυπηρετητή βίντεο V. Το Σχήμα 2.9 δείχνει τον τρόπο και τη σειρά επικοινωνίας.



Σχήμα 2.9 – Άλλος τρόπος αναπαράστασης της επικοινωνίας πελάτη εξυπηρετητή

2.9 Βίντεο Streaming σε ασύρματα δίκτυα

2.9.1 Γενικά

Με τον όρο ασύρματο δίκτυο εννοούμε ένα δίκτυο όπου οι διάφοροι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς τη χρήση συρμάτων (καλωδίων). Ως ασύρματο δίκτυο χαρακτηρίζεται το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, συνήθως τηλεφωνικό ή δίκτυο υπολογιστών, το οποίο χρησιμοποιεί ραδιοκύματα ως φορείς πληροφορίας. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα η οποία εξαρτάται κάθε φορά από τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται να υποστηρίξει το δίκτυο.

Το 1985, στην Αμερική, ο οργανισμός FCC (Federal Communications Commission) – ο οποίος καθορίζει το εύρος συχνοτήτων που θα χρησιμοποιείται για κάθε τηλεπικοινωνιακή εφαρμογή - εξουσιοδότησε την κοινή χρήση του φάσματος συχνοτήτων ISM (Instrumentation, Scientific, and Medical) στο οποίο στηρίχθηκε η μελλοντική κατασκευή

όλων των τεχνολογιών WLAN. Για την κατασκευή ενός WLAN σε μία χώρα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η νόμιμη χρήση των συχνοτήτων αυτών από τους αντίστοιχους οργανισμούς της συγκεκριμένης χώρας.

Το WLAN χρησιμοποιεί spread spectrum ή OFDM τεχνολογία διαμόρφωσης που είναι βασισμένη στα ραδιοκύματα που καθιστούν ικανή την επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε μια περιορισμένη περιοχή, που είναι γνωστή ως Basic Service Set (BSS). Αυτό δίνει την ευελιξία στους χρήστες να μετακινούνται σε μια περιοχή ευρείας κάλυψης και να παραμένουν συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Για τους οικιακούς χρήστες, το ασύρματο δίκτυο έχει γίνει δημοφιλές εξαιτίας της εύκολης εγκατάστασής του, και της ελευθερίας χώρου που μπορεί να προσφέρει σε χρήστες laptop.

Στα ασύρματα δίκτυα εντάσσονται τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, οι δορυφορικές επικοινωνίες, τα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής (WWAN), τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (WMAN), τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) και τα ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN).

Στα τέλη του 1980, το IEEE ξεκίνησε την ανάπτυξη του πρώτου Standard για WLANs, το οποίο ολοκληρώθηκε τελικά το 1997 και είναι γνωστό ως IEEE 802.11. Μετά αναπτύχθηκαν και τα υπόλοιπα Standard του 802.11 τα οποία θα περιγραφούν στη συνέχεια. Επίσης θα περιγραφεί η υποδομή των ασύρματων δικτύων καθώς επίσης και η αρχιτεκτονική τους που αποτελείται από το φυσικό επίπεδο, το υποεπίπεδο MAC (που ανήκει στο επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων) και τις υπηρεσίες που προσφέρουν.

2.9.2 Πλεονεκτήματα

Μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων είναι τα εξής:

Κινητικότητα (mobility): Τα WLAN μπορούν να παρέχουν τη δυνατότητα στους χρήστες για πρόσβαση σε πληροφορίες ενώ βρίσκονται σε κίνηση. Αυτή η ευχέρεια στην κίνηση υποστηρίζει την παραγωγικότητα και τις ευκαιρίες για εξυπηρέτηση οι οποίες δεν είναι δυνατές με ενσύρματα δίκτυα. Οι εφαρμογές που στηρίζονται στην κινητικότητα κατά τη

χρήση συσκευών σε ένα WLAN συμπεριλαμβάνουν και αυτές που στηρίζονται στην πρόσβαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο-τα οποία είναι συνήθως αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων.

Ταχύτητα και ευελιξία εγκατάστασης: Η εγκατάσταση ενός WLAN δεν απαιτεί την χρήση καλωδίων η οποία απαιτεί επιπλέον κόπο και χρόνο. Η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει τη διασύνδεση δικτύων η οποία υπό άλλες συνθήκες θα ήταν αδύνατη.

Μειωμένο κόστος δημιουργίας: Ενώ η αρχική επένδυση που απαιτείται για τον εξοπλισμό με ένα WLAN μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να είναι υψηλότερη από το αντίστοιχο κόστος για μια ενσύρματη σύνδεση, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο, καθώς τα μακροπρόθεσμα κέρδη είναι πολύ μεγαλύτερα σε δυναμικά περιβάλλοντα όπου απαιτούνται πολύ συχνές μετακινήσεις και αλλαγές.

Συμβατότητα: Τα WLAN μπορούν να μεταβληθούν σε μια ποικιλία από τύπους για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες συγκεκριμένων εγκαταστάσεων και εφαρμογών. Οι διαμορφώσεις αλλάζουν εύκολα και επεκτείνονται από μικρά δίκτυα κατάλληλα για έναν μικρό αριθμό χρηστών μέχρι πλήρως ανεπτυγμένα δίκτυα που καλύπτουν εκατοντάδες χρήστες.

Επεκτασιμότητα: Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να εξυπηρετήσουν ακόμα και όταν ο αριθμός των χρηστών παρουσιάσει απότομη αύξηση, με τον υπάρχοντα εξοπλισμό. Σε ενσύρματο δίκτυο, οι επιπλέον χρήστες απαιτούν επιπλέον καλωδίωση.

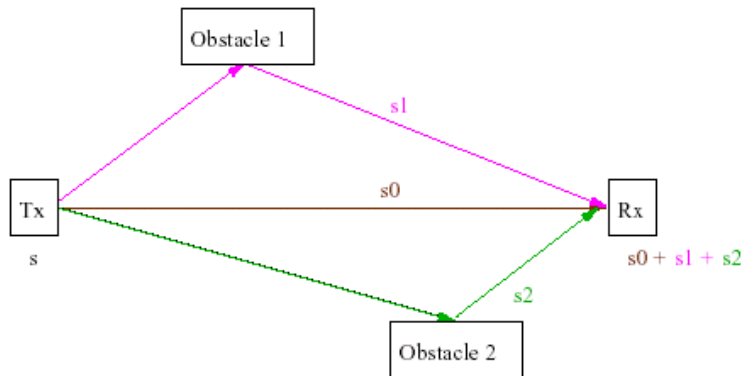
2.9.3 Μειονεκτήματα

Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (ραδιοκυμάτων και υπέρυθρης ακτινοβολίας) για την μετάδοση των σημάτων κάνουν τα WLAN ευπαθή σε πολλά φαινόμενα παρεμβολής (interference) τα οποία αλλοιώνουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό την επικοινωνία των ασύρματων χρηστών. Τα κυριότερα από αυτά τα προβλήματα αναφέρονται στη συνέχεια.

2.9.3.1 Παρεμβολή λόγω πολλαπλών διαδρομών

Τα μεταδιδόμενα σήματα μπορούν να συνδυαστούν με τα ανακλώμενα από διάφορες επιφάνειες ή εμπόδια με αποτέλεσμα την φθορά ή καταστροφή του σήματος που ανιχνεύεται από τον δέκτη. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ‘παρεμβολή λόγω πολλαπλών διαδρομών’ ή ‘πολύοδη διάδοση’ (multipath propagation). Ο συνολικός χρόνος καθυστέρησης μεταξύ των ανακλώμενων σημάτων σε σχέση με το αρχικό σήμα (primary signal) αναφέρεται ως delay spread.

Στο Σχήμα 2.10 βλέπουμε ότι το φαινόμενο της ‘παρεμβολής λόγω πολλαπλών διαδρομών’ μπορεί να μειώσει αισθητά την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος στον δέκτη.



Σχήμα 2.10 – Φαινόμενο παρεμβολής λόγω πολλαπλών διαδρομών

Ουσιαστικά το πρόβλημα με τα πολλά μονοπάτια οφείλεται στην ανάκλαση, διάθλαση και σκέδαση του σήματος κατά τη διάδοσή του και έχει ως αποτέλεσμα ένα σήμα να φτάνει στον αποδέκτη πολλές φορές, ή σε δόσεις, με χρονική διαφορά και διαφορετικά σήματα να φτάνουν την ίδια χρονική στιγμή παρεμβαλλόμενα το ένα στο άλλο.

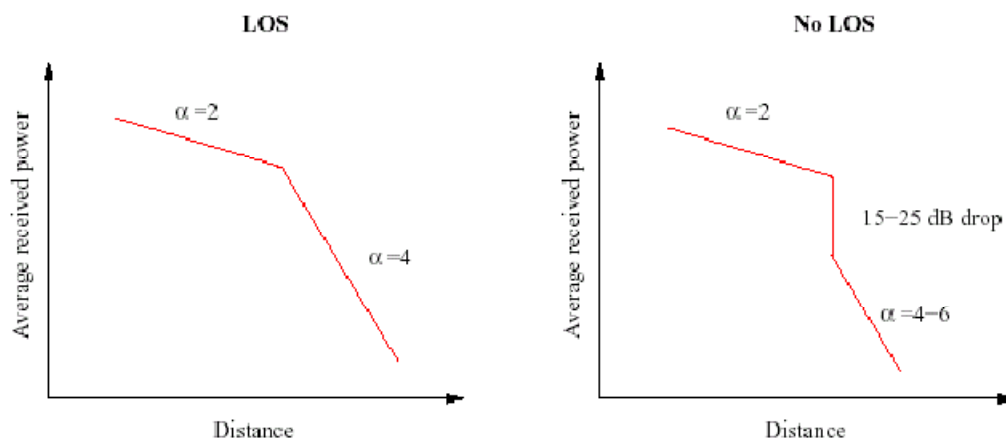
2.9.3.2 Path loss

Το φαινόμενο του ‘path loss’ μεταξύ πομπού και δέκτη είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός WLAN. Με τον όρο

‘path loss’ εννοούμε την μείωση της έντασης του σήματος. Τα αναμενόμενα επίπεδα του path loss, τα οποία βασίζονται στην απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη, παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τον καθορισμό των επιπέδων στην ισχύ της εκπομπής, στην ευαισθησία του δέκτη και στον λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR). Το πραγματικό path loss εξαρτάται από τη συχνότητα μετάδοσης και αυξάνει εκθετικά με την αύξηση της απόστασης μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Για τυπικές εφαρμογές σε κλειστούς χώρους, το path loss αυξάνεται περίπου 20 dB ανά 100 πόδια.

Το path loss ισοδυναμεί, ουσιαστικά, με τον λόγο της ισχύος του δέκτη προς την ισχύ του πομπού. Για μία δεδομένη ισχύ μετάδοσης (από τον πομπό), ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη του επιπέδου της ισχύος στον δέκτη. Το πιο απλό μοντέλο που χρησιμοποιείται, συνήθως, είναι αυτό που στηρίζεται στην εξής εκθετική σχέση: Η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος είναι ανάλογη με την ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της συχνότητας μετάδοσης και την απόσταση πομπού-δέκτη υψωμένη στην δύναμη ενός παράγοντα α , ο οποίος κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 2 (για ελεύθερους χώρους) και 8 (για χώρους με πολλά εμπόδια).

Οι απώλειες από το φαινόμενο αυτό εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη ή μη οπτικής επαφής (LOS: Line Of Sight) ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη. Όπως βλέπουμε στο Σχήμα 2.11 όταν υπάρχει έλλειψη επαφής μεταξύ του πομπού και του δέκτη η ισχύς λήψης ενός ραδιοκύματος μειώνεται περισσότερο.



Σχήμα 2.11 – Μείωση σήματος σε σχέση με την απόσταση

2.9.3.3 Παρεμβολές ραδιοσημάτων

Η διαδικασία της εκπομπής και λήψης ραδιοσημάτων και σημάτων laser μέσω του αέρα καθιστά τα ασύρματα συστήματα ευπαθή από τον θόρυβο της ατμόσφαιρας και από τις μεταδόσεις άλλων συστημάτων που λειτουργούν στην ίδια μπάντα συχνοτήτων και λειτουργούν στον ίδιο φυσικό χώρο. Οι παρεμβολές από ραδιοσήματα (Radio Signal Interference) χωρίζονται σε:

Εσωτερικές (inward): Οι παρεμβολές αυτές προέρχονται από τις μεταδόσεις συσκευών που χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες με αυτές ενός WLAN με το οποίο βρίσκονται στην ίδια περιοχή. Για παράδειγμα, πολλές συσκευές WLAN λειτουργούν στην περιοχή των 2.4 GHz, στην οποία λειτουργούν και οι φούρνοι μικροκυμάτων με αποτέλεσμα η μία συσκευή να παρεμβάλλεται στην άλλη, γεγονός που οδηγεί σε καθυστερήσεις και σφάλματα στην μετάδοση.

Εξωτερικές (outward): Οι παρεμβολές αυτού του είδους προκύπτουν όταν το σήμα ενός ασύρματου δικτύου διακόπτει την μετάδοση ενός άλλου γειτονικού ασύρματου συστήματος, όπως είναι ένα WLAN. Οι παρεμβολές αυτές είναι σπάνιες καθώς τα προϊόντα των WLAN λειτουργούν, συνήθως, με ιδιαίτερα χαμηλή ισχύ (της τάξεως των μερικών mW).

Ένα μέρος των παρεμβολών προκύπτει, ακριβώς, από το γεγονός ότι τα προϊόντα που αποτελούν ένα WLAN λειτουργούν σε συχνότητες που δεν απαιτούν άδεια από τον FCC. Η αποφυγή και η μείωση τέτοιων παρεμβολών εναπόκειται στους κατασκευαστές των ασύρματων προϊόντων.

2.9.3.4 Θόρυβος

Η ασύρματη μετάδοση εμπεριέχει διάφορους παράγοντες, που δημιουργούν προβλήματα στην επικοινωνία: η κατάσταση της ατμόσφαιρας και η διάθλαση επηρεάζουν το σήμα, η μεγάλη απόσταση εξασθενεί την ισχύ του σήματος κλπ. Όλοι αυτοί οι παράγοντες (απώλειες ελεύθερου χώρου) επιδρούν διαφορετικά σε σήματα διαφορετικών συχνοτήτων.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται στρέβλωση και πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν όταν μεταδίδονται σήματα που εμπεριέχουν διαφορετικές συχνότητες. Ότι δεν ανήκει στην προς μετάδοση πληροφορία ονομάζεται θόρυβος και είναι είτε θερμικός (προκαλείται από τις κεραίες, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και δεν μπορεί να εξαλειφθεί), είτε από εξωτερικές πηγές (εκπομπές που προκαλούνται ακούσια από διάφορες ηλεκτρικές συσκευές λόγω κατασκευαστικών ατελειών), είτε από παρεμβολές άλλων εκπομπών σε επικαλυπτόμενες συχνότητες. Ο θόρυβος είναι εξίσου σημαντική επιβάρυνση στην επικοινωνία, με τις απώλειες ελεύθερου χώρου.

2.9.3.5 Ασυμβατότητα συστημάτων

Στην κατασκευή ενός WLAN θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ασυμβατότητα (interoperability) μεταξύ προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών, διαφορετικά το δίκτυο δε θα λειτουργεί σωστά. Οι λόγοι ασυμβατότητας είναι οι εξής:

Διαφορετική τεχνολογία: Ένα σύστημα που χρησιμοποιεί την τεχνολογία διαμόρφωσης Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) δε θα επικοινωνεί με ένα άλλο που βασίζεται στην τεχνολογία διαμόρφωσης Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).

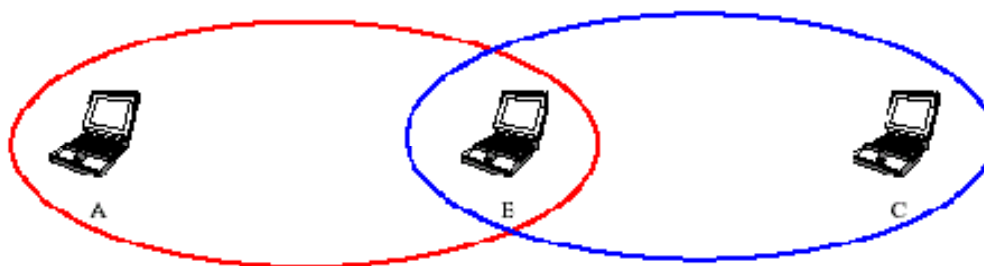
Χρήση διαφορετικού φάσματος συχνοτήτων: Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών που λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες δεν είναι δυνατή ακόμα και αν χρησιμοποιείται η ίδια τεχνολογία.

Διαφορετική υλοποίηση: Ακόμα και να χρησιμοποιείται η ίδια τεχνολογία και το ίδιο φάσμα συχνοτήτων μπορεί να μην είναι δυνατή η επικοινωνία λόγω διαφορετικών παραμέτρων υλοποίησης από κάθε κατασκευαστή.

2.9.3.6 Το πρόβλημα του κρυμμένου και εκτεθειμένου κόμβου

Ένας συνηθισμένος περιορισμός στην απόδοση των WLAN είναι το πρόβλημα που προκύπτει από την περιορισμένη ακτίνα δράσης των ραδιοκυμάτων και είναι γνωστό ως

‘hidden node/terminal problem’. Το φαινόμενο αυτό προκύπτει όταν στο σύστημα υπάρχει ένας σταθμός (A) που δεν μπορεί να ανιχνεύσει την μετάδοση ενός άλλου σταθμού (C) ώστε να αναγνωρίσει ότι το μέσο χρησιμοποιείται λόγω του ότι υπάρχει φυσικό εμπόδιο όπως βουνό ή κάποιο κτίριο ή λόγω του ότι είναι αδύνατη η ισχύ του σήματος. Στο Σχήμα 2.12, ο σταθμός A θέλει να μεταδώσει στον σταθμό B, όμως δεν μπορεί να ανιχνεύσει ότι και ο σταθμός C θέλει να μεταδώσει στο σταθμό B, με αποτέλεσμα να προκύψει σύγκρουση.



Σχήμα 2.12 – Πρόβλημα του κρυμμένου τερματικού

Το αντίστροφο πρόβλημα του εκτεθειμένου τερματικού αφορά το ότι ένα τερματικό A μπορεί να μη μεταδώσει πλαίσιο σε ένα άλλο τερματικό B, νομίζοντας ότι το κανάλι είναι κατειλημμένο γιατί ανιχνεύει εκπομπή από ένα τερματικό Γ προς ένα τερματικό Δ. Τα Γ και Δ όμως είναι εκτός εμβέλειας του B άρα στην πραγματικότητα δεν επρόκειτο να γίνει σύγκρουση.

2.10 Διαχείριση ενέργειας

Οι περισσότερες WLAN συσκευές από την πλευρά του χρήστη λειτουργούν με μπαταρίες που έχουν καθορισμένη διάρκεια ζωής. Η χρήση τους σε αυτές τις τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές μειώνουν την αυτονομία τους. Έτσι οι περισσότεροι χρήστες δε θα ήταν ευχαριστημένοι αν ήταν υποχρεωμένοι να φορτίζουν συχνά τις μπαταρίες των συσκευών τους, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις που είναι σχεδόν αδύνατη η φόρτιση του υπολογιστή. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει επιλογή προϊόντων που να κάνουν σωστή διαχείριση

ενέργειας (power management support), ώστε να μεγιστοποιείται η αυτονομία των μπαταριών και να ελαχιστοποιείται η αντικατάστασή τους.

Το πρότυπο 802.11 όρισε μια κατάσταση λειτουργίας για τις NIC(network interface card) κάρτες με την οποία μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια. Όταν η κάρτα βρίσκεται σε Power Save Mode καταναλώνει λιγότερη ενέργεια επειδή τα περισσότερα από τα κυκλώματα της βρίσκονται εκτός λειτουργίας. Εάν δεν βρίσκεται σε Power Save Mode καταναλώνει περισσότερη ενέργεια επειδή όλα τα κυκλώματα της βρίσκονται σε λειτουργία.

2.11 IEEE 802.11

2.11.1 Γενικά

Το IEEE 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων της IEEE για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) που είχαν ως σκοπό να επεκτείνουν το 802.3 (Ethernet, το συνηθέστερο πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης υπολογιστών) στην ασύρματη περιοχή. Τα πρότυπα 802.11 είναι ευρύτερα γνωστά ως «WiFi» επειδή η WiFi Alliance, ένας οργανισμός ανεξάρτητος της IEEE, παρέχει την πιστοποίηση για τα προϊόντα που υπακούουν στις προδιαγραφές του 802.11. Αυτή η οικογένεια πρωτοκόλλων αποτελεί το καθιερωμένο πρότυπο της βιομηχανίας στο χώρο των ασύρματων τοπικών δικτύων.

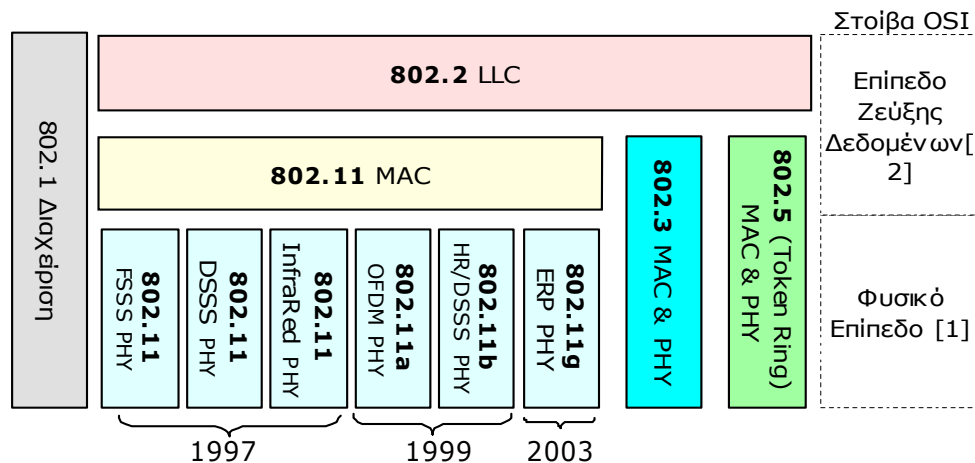
Ο όρος WiFi (Wireless Fidelity, κατά την ορολογία High Fidelity η οποία αφορά την εγγραφή ήχου) χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συσκευές που βασίζονται στην προδιαγραφή IEEE 802.11 b/g και εκπέμπουν σε συχνότητες 2.4GHz. Ωστόσο το WiFi (ασύρματη πιστότητα) έχει επικρατήσει και ως όρος αναφερόμενος συνολικά στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Συνήθεις εφαρμογές του είναι η παροχή ασύρματων δυνατοτήτων πρόσβασης στο Internet, τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (VoIP) και διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών όπως τηλεοράσεις, ψηφιακές κάμερες, DVD Player και ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές το 802.11 βρίσκει εφαρμογές ασύρματης μετάδοσης, όπως π.χ. στη μεταφορά φωτογραφιών από ψηφιακές κάμερες σε υπολογιστές για περαιτέρω επεξεργασία και εκτύπωση, αν και σε

αυτόν τον τομέα έχει υποσκελιστεί από το πρωτόκολλο Bluetooth για τα πολύ μικρότερης εμβέλειας ασύρματα προσωπικά δίκτυα.

Το 802.11 υποστηρίζει δύο τρόπους λειτουργίας: ομότιμα, όπου δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός σταθμός βάσης-σημείο πρόσβασης, οι κόμβοι είναι ισότιμοι και η πρόσβαση στο κοινό μέσο (τον κενό χώρο) ρυθμίζεται από κάποιο καταναμεμημένο πρωτόκολλο όπως το CSMA (έτσι λειτουργούν τα ad hoc WLAN), και με σημείο πρόσβασης, έναν κεντρικό κόμβο του τοπικού δικτύου δηλαδή -συνήθως συνδεδεμένο σε ενσύρματο δίκτυο κορμού (π.χ. στο Internet ή σε κάποιο μεγάλο Ethernet LAN)- ο οποίος αναλαμβάνει τον έλεγχο πρόσβασης στο κοινό μέσο και δρα ως αμφίδρομος επαναλήπτης. Τα WLAN με σημείο πρόσβασης ονομάζονται δίκτυα υποδομής ή δομημένα (infrastructure). Το σύνηθες μοντέλο που περιγράφει τέτοια δίκτυα είναι το εξής: υπάρχει ένα ενσύρματο δίκτυο κορμού (σύστημα κατανομής, DS) στο οποίο συνδέονται τα σημεία πρόσβασης (AP). Μία ομάδα κοινών κόμβων (STA) που επικοινωνούν ασύρματα με ένα συγκεκριμένο AP σε συγκεκριμένη συχνότητα ονομάζεται Βασικό Σύνολο Υπηρεσιών (BSS). Τα BSS διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω του DS. Ας σημειωθεί ότι μπορεί τα STA ενός BSS να μην είναι όλα στην εμβέλεια όλων αλλά πρέπει οπωσδήποτε όλα να είναι στην εμβέλεια του σημείου πρόσβασης.

Όλα τα πρωτόκολλα 802.11x έχουν κοινό υποεπίπεδο MAC και διαφέρουν στο φυσικό μέσο. Το υποεπίπεδο LLC, που αναλαμβάνει τον έλεγχο ροής, τον έλεγχο σφαλμάτων και τη διασύνδεση προς το επίπεδο δικτύου, ταυτίζεται με το καθιερωμένο κοινό πρωτόκολλο 802.2 που χρησιμοποιείται και στο Ethernet και στα περισσότερα ενσύρματα τοπικά δίκτυα -με αποτέλεσμα την άμεση και χωρίς ανάγκη μετατροπών συνδεσιμότητα ενός 802.11 WLAN με το Internet ή άλλα WAN/διαδίκτυα που χρησιμοποιούν το IP ως πρωτόκολλο δικτύου. Το βασικό πρωτόκολλο MAC του 802.11 είναι το DCF, το οποίο βασίζεται στη μέθοδο CSMA/CA, ενώ στα δομημένα WLAN πάνω από το DCF τρέχει επιπλέον το πρωτόκολλο PCF το οποίο, αξιοποιώντας το AP, προσφέρει στα τερματικά όταν χρειάζεται πρόσβαση στο κοινό μέσο χωρίς ανταγωνισμό και συγκρούσεις.

Στο Σχήμα 2.13 φαίνεται η οικογένεια προτύπων του 802.11 και τα επίπεδα στα οποία ανήκουν.



Σχήμα 2.13 – Οικογένεια προτύπων 802.11

Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στο 802.11 εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των κόμβων. Όσο πιο μακριά βρίσκεται η ασύρματη συσκευή από το σημείο πρόσβασης, τόσο χαμηλότερη είναι η ταχύτητα. Επίσης, λόγω της χρήσης του CSMA/CA αντί του CSMA/CD, η πραγματική διαμεταγωγή δεν υπερβαίνει το ήμισυ της ονομαστικής ταχύτητας: τα 54 Mbps του φυσικού επιπέδου στην πραγματικότητα δεν υπερβαίνουν ποτέ τα 27 Mbps στο LLC. Επιπλέον τα σημεία πρόσβασης που υποστηρίζουν ένα μεικτό δίκτυο b και g ρίχνουν τη διαμεταγωγή σε 18 Mbps, αρχικά, για να καταλήξουν σε περίπου 6 έως 9 Mbps όταν εκπέμπουν οι πελάτες.

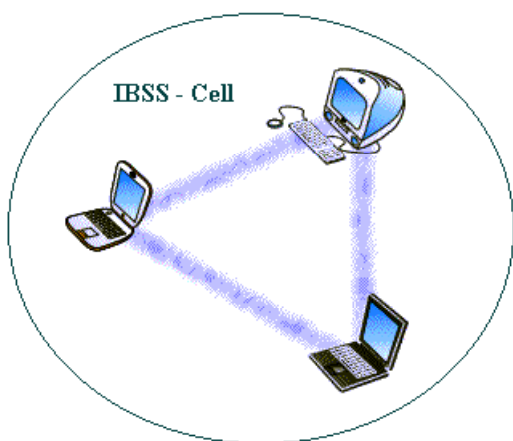
2.11.2 Τοπολογία του 802.11

Η τοπολογία του 802.11 αποτελείται από στοιχεία που αλληλεπιδρούν ώστε να παρέχουν ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο που να παρέχει τη δυνατότητα μετακίνησης των σταθμών η οποία να μην γίνεται αντιληπτή από τα ανώτερα στρώματα, όπως το LLC (Logical Link Control). Ένας σταθμός (station) είναι κάθε συσκευή η οποία εμπεριέχει τις λειτουργίες του 802.11 (δηλαδή το επίπεδο MAC, το φυσικό στρώμα και μια διασύνδεση (interface) με το ασύρματο μέσο).

Οι λειτουργίες του 802.11 ενυπάρχουν (reside) σε μια ασύρματη κάρτα δικτύου NIC (Network Interface Card), το λογισμικό διασύνδεσης που οδηγεί την κάρτα NIC και τον σταθμό βάσης ή AP (Access Point).

Το βασικό δομικό στοιχείο ενός IEEE 802.11 LAN είναι το BSS (Basic Service Set). Το BSS είναι ένα σύνολο από υπολογιστές (μαζί με ένα access point στο EBSS (extended basic service set)) συμβατούς με το πρότυπο 802.11 οι οποίοι αποτελούν ένα πλήρη συνδεδεμένο δίκτυο. Αν ένας σταθμός (laptop με ασύρματη κάρτα) μετακινηθεί έξω από το BSS στο οποίο ανήκει δεν μπορεί πλέον να επικοινωνεί άμεσα με τα άλλα μέλη του συγκεκριμένου BSS.

Ο πιο βασικός τύπος ενός 802.11 LAN είναι το IBSS (Independent BSS), όπου δύο ή περισσότεροι σταθμοί μπορούν να επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους. Δηλαδή αποτελείται από υπολογιστές που έχουν ασύρματη κάρτα και επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς τη χρήση access point. Στο Σχήμα 2.14 φαίνεται ένα IBSS ή όπως αλλιώς ονομάζονται ad-hoc δίκτυα.



Σχήμα 2.14 – Τοπολογία ad-hoc δικτύου

Όταν οι ανάγκες της διαδίκτυωσης ξεπερνούν τα όρια του IBSS, το 802.11 καθορίζει τη δομή ενός πιο σύνθετου τοπικού δικτύου που ονομάζεται ESS (Extended Service Set) και στο οποίο είναι δυνατή η διασύνδεση και η επικοινωνία πολλών BSS μεταξύ τους. Το στοιχείο που χρησιμοποιείται για την διασύνδεση των BSS ονομάζεται DS (Distributed

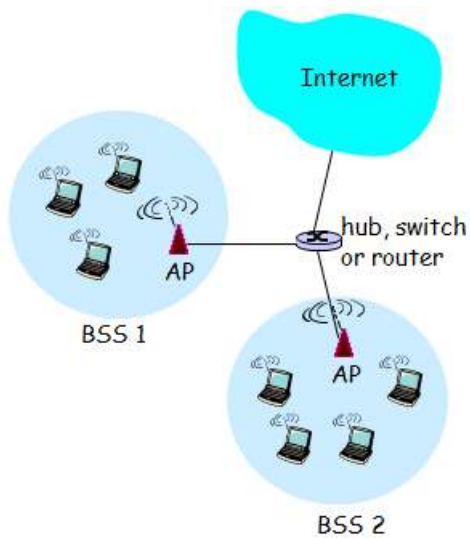
System). Το 802.11 κάνει διαχωρισμό μεταξύ του Ασύρματου Μέσου WM (Wireless Medium) από το DSM (Distributed System Medium). Το DS χρησιμοποιείται για να ενώνει πολλά cell μεταξύ τους και να αυξάνεται η εμβέλεια του δικτύου.

Η πρόσβαση στο DS γίνεται με την βοήθεια ενός σταθμού που καλείται AP (Access Point) και παρέχει ουσιαστικά τη διασύνδεση των σταθμών που βρίσκονται στην εμβέλεια του με το DS. Τα δεδομένα μετακινούνται μεταξύ ενός BSS και του DS μόνο μέσω του AP, ενώ το DS υποστηρίζει τους τύπους κίνησης του 802.11 παρέχοντας υπηρεσίες ικανές να ελέγχουν την αντιστοίχιση (mapping) της διεύθυνσης στον προορισμό για κάθε σταθμό που μετακινείται.

Η κεντρική ιδέα της συγκεκριμένης τοπολογίας, είναι ότι ένα δίκτυο ESS εμφανίζεται το ίδιο σε ένα επίπεδο LLC όπως και ένα δίκτυο IBSS. Οι σταθμοί μέσα στο ίδιο ESS μπορούν να μετακινούνται από ένα BSS σε ένα άλλο διαφανώς ως προς το LLC. Τα ESS δίκτυα αναφέρονται και ως infrastructure δίκτυα με την τοπολογία όπου ένα BSS συνδέεται μέσω ενός AP σε ένα ενσύρματο δίκτυο.

Το Standard του 802.11 δεν περιορίζει τη σύνθεση του DS. Για τον λόγο αυτό μπορεί να είναι συμβατό με άλλα δίκτυα που είτε ανήκουν είτε όχι στην οικογένεια 802. Για την ενοποίηση της αρχιτεκτονικής του 802.11 με ένα παραδοσιακό ενσύρματο τοπικό δίκτυο χρησιμοποιείται ένα επιπλέον στοιχείο γνωστό ως πύλη (portal).

Η πύλη είναι το λογικό σημείο μέσω του οποίου τα MSDUs (θα εξηγηθούν στη συνέχεια) από ένα τοπικό δίκτυο διαφορετικό του 802.11 εισέρχονται στο DS του 802.11. Στην περίπτωση που το DS αποτελείται από τύπους δικτύων της οικογένειας 802 (όπως τα 802.3 και 802.5) η πύλη και το AP αποτελούν το ίδιο στοιχείο. Στο Σχήμα 2.15 απεικονίζεται η διασύνδεση δύο BSSs σε ένα ενσύρματο δίκτυο.



Σχήμα 2.15 – Τοπολογία δικτύου με υποδομή

Το 802.11 αναγνωρίζει τους παρακάτω τύπους κίνησης:

Απουσία μετακίνησης: Ο τύπος αυτός αναφέρεται σε σταθμούς που δεν μετακινούνται και σε αυτούς που μετακινούνται μέσα σε ένα τοπικό BSS.

BSS μετακίνηση: Ο τύπος αυτός αναφέρεται σε σταθμούς που μετακινούνται από ένα BSS σε ένα άλλο BSS μέσα στο ίδιο ESS.

ESS μετακίνηση: Αυτός ο τύπος μετακίνησης αναφέρεται σε σταθμούς που μετακινούνται από ένα BSS σε ένα άλλο BSS το οποίο ανήκει σε διαφορετικό ESS.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι το 802.11 ενώ υποστηρίζει ξεκάθαρα τους δύο πρώτους τύπους μετακίνησης, δεν εγγυάται την διατήρηση της σύνδεσης κατά την μετακίνηση σε διαφορετικό ESS.

2.11.3 Αρχιτεκτονική του 802.11

Ενώ η τοπολογία καθορίζει τα αναγκαία μέσα για τη φυσική διασύνδεση του ασύρματου δικτύου, η αρχιτεκτονική καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας του δικτύου. Έτσι, η

αρχιτεκτονική του 802.11 η οποία εφαρμόζεται σε κάθε σταθμό, αποτελείται από ένα υποστρώμα MAC και 3 διαφορετικά φυσικά στρώματα PHY, τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές διαμόρφωσης του εκπεμπόμενου σήματος.

2.11.3.1 Το υποστρώμα MAC του 802.11

Σκοπός του επιπέδου MAC είναι να παρέχει λειτουργίες ελέγχου πρόσβασης (στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η διευθυνσιοδότηση, ο έλεγχος της σωστής σειράς των πλαισίων κ.ά.) στο μοιραζόμενο φυσικό κανάλι, όπως αυτό καθορίζεται από το Standard. Κάθε σταθμός και AP σε ένα 802.11 WLAN υλοποιεί τις υπηρεσίες του υποστρώματος MAC η οποία παρέχει την δυνατότητα στις ομότιμες (peer) LLC οντότητες (entities) να ανταλλάσσουν MSDUs (MAC Service Data Units) μεταξύ των MAC SAPs (Service Access Points). Το υπόστρωμα MAC παρέχει 3 κύριες λειτουργίες. Αυτές είναι η πρόσβαση στο ασύρματο μέσο, η προσχώρηση (joining) σε ένα δίκτυο και η παροχή των λειτουργιών 'authentication' και 'privacy'. Χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς PCF (Point Coordination Function) και DCF (Distributed Coordination Function). Δεν θα αναλύσουμε περισσότερο το υπόστρωμα MAC.

2.11.3.2 Τα φυσικά επίπεδα του 802.11

Το 802.11 καθορίζει διάφορα φυσικά στρώματα, καθώς γίνονται διαθέσιμες νέες τεχνολογίες. Έτσι, ενώ το αρχικό Standard υποστήριζε ρυθμούς μετάδοσης έως 2 Mbps, τα τρέχοντα Standard της οικογένειας 802.11 καθορίζουν φυσικά στρώματα με ρυθμούς μετάδοσης μέχρι και 128 Mbps, χρησιμοποιώντας κατάλληλες τεχνικές διαμόρφωσης. Οι τεχνικές διαμόρφωσης που χρησιμοποιούν είναι το infrared (IR), FHSS(frequency hopping spread spectrum) , DSSS (direct sequence spread spectrum) και OFDM (orthogonal frequency division multiplexing). Δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο με το φυσικό επίπεδο ούτε θα αναλύσουμε περισσότερο τις τεχνικές διαμόρφωσης.

2.11.3.3 Υπηρεσίες του 802.11

Το 802.11 καθορίζει τις υπηρεσίες που παρέχουν τις απαιτούμενες λειτουργίες για την αποστολή των MSDU ανάμεσα σε δύο ομότιμα στρώματα LLC. Αυτές οι υπηρεσίες, που υλοποιεί το στρώμα MAC, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Υπηρεσίες σταθμών (Station Services) που είναι οι υπηρεσίες Authentication, Deauthentication, Privacy και MSDU delivery. Υπηρεσίες Διανομής (Distribution System Services) που είναι οι υπηρεσίες Association, Disassociation, Distribution, Integration και Reassociation.

Station Services (Υπηρεσίες Σταθμών)

Το 802.11 καθορίζει υπηρεσίες για την παροχή λειτουργιών μεταξύ των σταθμών. Για την παροχή αυτών των λειτουργιών οι σταθμοί πρέπει να στείλουν και να λάβουν MSDUs και να καθορίσουν επαρκή επίπεδα ασφάλειας. Οι υπηρεσίες αυτές αναφέρονται στη συνέχεια.

Authentication (Πιστοποίηση Ταυτότητας)

Λόγω του ασύρματου χαρακτήρα των μεταδόσεων υπάρχει κίνδυνος πρόσβασης στο φυσικό μέσο μη εξουσιοδοτημένων σταθμών. Έτσι ο σταθμός θα πρέπει να πιστοποιήσει την ταυτότητά του ώστε να του επιτραπεί ή όχι η αποστολή δεδομένων. Κάθε σταθμός, είτε είναι μέρος ενός IBSS ή ενός EBSS δικτύου, πρέπει να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία της ‘επικύρωσης’ (authentication) πριν την εγκατάσταση μιας σύνδεσης (η οποία στο 802.11 αναφέρεται ως ‘σύνδεση’ ή association) με έναν άλλον σταθμό με τον οποίο θέλει να επικοινωνήσει. Οι σταθμοί που εκτελούν την υπηρεσία της authentication στέλνουν ένα ‘unicast management authentication’ πλαίσιο στον αντίστοιχο σταθμό.

Το 802.11 καθορίζει τις ακόλουθες δύο υπηρεσίες επικύρωσης:

- Επικύρωση ανοικτού συστήματος (open system authentication): Αυτή είναι η προκαθορισμένη μέθοδος επικύρωσης του 802.11. Σύμφωνα με αυτή, ο σταθμός που θέλει να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία στέλνει ένα πλαίσιο ελέγχου με την ταυτότητα του αποστολέα και ο σταθμός που το λαμβάνει (AP ή ασύρματος υπολογιστής) στέλνει ως απάντηση ένα πλαίσιο με το οποίο αναγνωρίζει ή όχι την ταυτότητα του αποστολέα.

- Shared key authentication: Αυτός ο τύπος επικύρωσης προϋποθέτει ότι όλοι οι σταθμοί έχουν λάβει μέσω ενός καναλιού (ανεξάρτητου από το 802.11 δίκτυο) ένα μυστικό κλειδί, με τη χρήση του οποίου λαμβάνει χώρα η επικύρωση. Για την χρήση αυτής της μεθόδου εφαρμόζεται ο αλγόριθμος WEP (Wired Equivalent Privacy) και χρησιμοποιείται μόνο για δομημένα δίκτυα. Μετά τη συσχέτιση ενός σταθμού σε ένα BSS ο κόμβος στέλνει στο AP ένα αίτημα πιστοποίησης ταυτότητας. Το AP απαντά στέλνοντας του ένα τυχαίο κείμενο το οποίο ο κόμβος κρυπτογραφεί, χρησιμοποιώντας ένα κλειδί που έχει ρυθμιστεί από τους χρήστες του τοπικού δικτύου και είναι κοινό σε όλους τους κόμβους, και στέλνει πίσω στο σημείο πρόσβασης. Το AP επιβεβαιώνει ότι το κείμενο που έλαβε είναι η ορθά κρυπτογραφημένη, σύμφωνα με το σωστό κλειδί, εκδοχή αυτού που έστειλε και απαντά με μια επιβεβαίωση πιστοποίησης η οποία αναθέτει μία ταυτότητα στον κόμβο (η οποία γίνεται γνωστή και στους άλλους κόμβους). Από εκείνη τη στιγμή κι έπειτα ο σταθμός μπορεί να ανταλλάσει δεδομένα στο WLAN με την ταυτότητα αυτή. Όταν ο κόμβος επιθυμεί να αποχωρήσει από το δίκτυο στέλνει ένα αίτημα de-authentication πριν την αποσυσχέτιση.

De-authentication (Ακύρωση Πιστοποίησης Ταυτότητας)

Όταν ένας σταθμός θέλει να αποσυνδεθεί (disassociate) από έναν άλλον σταθμό χρησιμοποιεί την υπηρεσία που καλείται 'deauthentication'. Η υπηρεσία αυτή είναι μια ειδοποίηση και δεν μπορεί να απορριφθεί από έναν σταθμό που λαμβάνει το ανάλογο πλαίσιο ελέγχου το οποίο ενημερώνει για την επικείμενη αποσύνδεση του σταθμού-αποστολέα. Μετά τη χρήση αυτής της υπηρεσίας ο σταθμός δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το δίκτυο.

Privacy (Προστασία Απορρήτου)

Για να διασφαλιστεί το απόρρητο των πληροφοριών που στέλνονται μέσω ενός ασύρματου δικτύου, θα πρέπει αυτές να κρυπτογραφούνται. Η υπηρεσία κρυπτογράφησης δεδομένων που προσφέρει το 802.11 ονομάζεται WEP (Wired Equivalent Privacy), όμως δεν εγγυάται ασφαλή μεταφορά δεδομένων. Η υπηρεσία αυτή εφαρμόζεται σε όλα τα πλαίσια δεδομένων και σε μερικά πλαίσια ελέγχου επικύρωσης και βασίζεται στον αλγόριθμο WEP. Υπάρχουν και τα πλαίσια διαχείρισης (δεν εφαρμόζεται η υπηρεσία privacy) που ο

σκοπός τους είναι η εγκατάσταση της αρχικής επικοινωνίας μεταξύ των σταθμών και των APs και παρέχουν υπηρεσίες όπως οι association και authentication.

MSDU (MAC Service Data Unit) Delivery - Παράδοση πλαισίων MAC

Η υπηρεσία αυτή ασχολείται με την παράδοση πλαισίων MAC στον τελικό προορισμό τους.

Distribution System Services (Υπηρεσίες Διανομής)

Οι υπηρεσίες του DS, όπως καθορίζονται από το 802.11, παρέχει λειτουργίες δια μέσου του DS. Οι υπηρεσίες για την σωστή μεταφορά των MSDUs μέσω των DS είναι οι εξής:

Association (Συσχέτιση)

Κάθε σταθμός πρέπει αρχικά να θέσει σε λειτουργία την υπηρεσία της σύνδεσης (association) με ένα AP πριν στείλει οποιαδήποτε πληροφορία μέσω του DS. Η σύνδεση αυτή αντιστοιχίζει έναν σταθμό στο DS μέσω ενός AP. Κάθε σταθμός μπορεί να συνδεθεί με ένα μόνο AP, ενώ ένα AP μπορεί να συνδεθεί με περισσότερους του ενός σταθμούς. Η υπηρεσία αυτή ενεργοποιείται όταν ένας σταθμός βρεθεί εντός της περιοχής κάλυψης ενός AP, οπότε και γίνεται γνωστή η ταυτότητα και οι ιδιότητές του. Το AP μπορεί να αντιδράσει με δύο τρόπους, είτε να αποδεχθεί, είτε να απορρίψει τον σταθμό. Σε περίπτωση αποδοχής ακολουθεί το Authentication.

Disassociation (Αποσυσχέτιση)

Η υπηρεσία αυτή τερματίζει μια υπάρχουσα σύνδεση. Οι σταθμοί πρέπει να αποσυνδέονται όταν εγκαταλείπουν ένα δίκτυο και επίσης όταν τα AP χρειάζονται συντήρηση.

Re-association (Επανασυσχέτιση)

Η υπηρεσία αυτή της επανασύνδεσης (reassociation) καθιστά ικανό ένα σταθμό να αλλάζει την τρέχουσα κατάσταση σύνδεσης από ένα AP σε ένα άλλο. Με τον τρόπο αυτό

υποστηρίζεται η μετάβαση μεταξύ διαφορετικών BSS. Η υπηρεσία αυτή είναι πολύτιμη για κινητούς σταθμούς που κατά τη μετακίνηση τους μεταβαίνουν από ένα BSS σ' ένα άλλο.

Distribution (Διανομή)

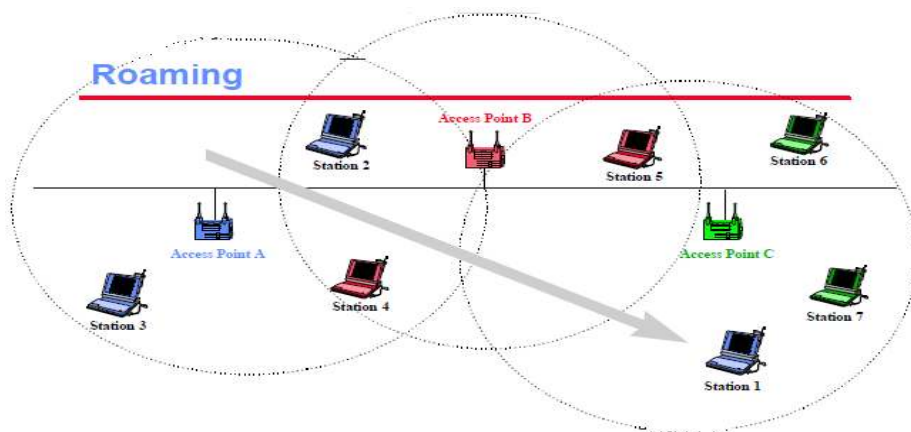
Ένας σταθμός χρησιμοποιεί την υπηρεσία αυτή κάθε φορά που θέλει να στείλει MAC πλαίσια δια μέσου του DS. Το 802.11 δεν καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο το DS διανέμει τα δεδομένα. Η μόνη πληροφορία που δίνει η υπηρεσία στο DS είναι ο καθορισμός του BSS για το οποίο προορίζεται το πλαίσιο. Η υπηρεσία αυτή καθορίζει τη δρομολόγηση των πλαισίων με προορισμό το AP. Αν ο παραλήπτης βρίσκεται εντός του BSS, τότε η αποστολή του πλαισίου γίνεται άμεσα, διαφορετικά το πλαίσιο αποστέλλεται στο DS (Distribution System) και στη συνέχεια στο AP που σχετίζεται με τον παραλήπτη.

Integration (Ενοποίηση)

Η υπηρεσία αυτή παρέχεται από το DS. Όταν η αποστολή ενός πλαισίου πρόκειται να πραγματοποιηθεί μέσω ενός δικτύου που δεν ακολουθεί το πρότυπο 802.11, και επίσης διαφέρει στον τρόπο διευθυνσιοδότησης και στη μορφή των πλαισίων, τότε αυτή η υπηρεσία αναλαμβάνει την μετατροπή από 802.11 στη μορφή που απαιτείται από το δίκτυο προορισμού, ώστε να επιτευχθεί η συμβατότητα. Η υπηρεσία της ενοποίησης (integration) κάνει εφικτή την διανομή των MAC πλαισίων μέσω μιας πύλης (portal) μεταξύ ενός DS και ενός LAN που δεν ανήκει στην οικογένεια 802.11.

Το 802.11 υποστηρίζει, μεταξύ των άλλων υπηρεσιών, την περιπλάνησης (roaming) που είναι η διαδικασία όπου ένας σταθμός φεύγει από ένα AP και ενώνεται με ένα άλλο AP. Για την υποστήριξη της λειτουργίας αυτής, κάθε AP μεταδίδει σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε 100 ms) ένα σήμα (που καλείται beacon signal για passive scanning) και το οποίο ενημερώνει τον κάθε σταθμό για την τρέχουσα ισχύ της σύνδεσής του με το ανάλογο AP. Αν ο σταθμός ανιχνεύσει ένα ασθενές σήμα, μπορεί να εφαρμόσει την υπηρεσία της επανασύνδεσης, ώστε να συνδεθεί με ένα AP που να εκπέμπει ένα ισχυρότερο σήμα.

Στο Σχήμα 2.16 βλέπουμε ότι ο σταθμός 1 ενώ βρισκόταν στην εμβέλεια του AP A μετακινήθηκε στην εμβέλεια του AP C με την διαδικασία της περιπλάνησης.



Σχήμα 2.16 – Διαδικασία roaming

2.11.4 Πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο

Σε αντίθεση με τα ενσύρματα δίκτυα, η πρόσβαση ενός σταθμού σε δίκτυο 802.11 ακολουθεί μια σειρά βημάτων. Κάθε σταθμός είναι εξοπλισμένος με μια NIC (network interface card) η οποία ψάχνει για διαθέσιμα σημεία πρόσβασης (APs-Access Points). Η αναζήτηση αυτή καλείται scanning και κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος δεν γίνεται καμία εκπομπή από τον σταθμό επομένως έχουμε μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Αν είναι passive scanning Ο εντοπισμός των διαθέσιμων δικτύων γίνεται με τη βοήθεια των πλαισίων Beacon που εκπέμπονται από τα κοντινά AP και φέρουν πληροφορίες για το BSS στο οποίο ανήκουν. Αν είναι active scanning τότε στέλνει ο σταθμός probe request πλαίσια στα κοντινά AP και τα AP απαντούν με ένα probe response πλαίσιο.

Όταν ο σταθμός εντοπίσει τα δίκτυα, προχωρά στο επόμενο στάδιο που εξετάζει τις παραμέτρους του κάθε BSS και αποφασίζει ποιο είναι αυτό που θέλει να συνδεθεί. Μετά ακολουθεί το authentication (πιστοποίηση). Στο στάδιο αυτό γίνεται η πιστοποίηση της ταυτότητας του σταθμού που επιθυμεί σύνδεση με συγκεκριμένο δίκτυο. Είτε με Open System Authentication ή με Shared Key Authentication.

Μετά τη φάση του authentication ακολουθεί η συσχέτιση (association) της NIC με το Access Point. Σ' αυτή τη φάση πραγματοποιείται ο συγχρονισμός του σταθμού με το AP, με την ανταλλαγή πληροφοριών όπως είναι ο ρυθμός δεδομένων. Το Association ξεκινά με την NIC να αποστέλλει το ID της και τον υποστηριζόμενο ρυθμό δεδομένων της στο AP. Το AP αποκρίνεται μ' ένα πλαίσιο που περιέχει το Association Identification και άλλες σημαντικές πληροφορίες. Μετά απ' αυτή τη φάση είναι δυνατή η ανταλλαγή δεδομένων. Το association χρειάζεται για να ξέρουμε με ποιο AP αποφάσισε ο σταθμός να συνδεθεί.

Τέλος, όταν ο σταθμός βάσης θελήσει να εγκαταλείψει το δίκτυο, θα πρέπει να λήξει την ταυτοποίηση, δηλαδή να κάνει deauthentication. Μετά από αυτή τη φάση ο σταθμός παύει να έχει πρόσβαση στο δίκτυο.

2.11.5 Εκδόσεις προτύπων

2.11.5.1 Προηγούμενες εκδόσεις

Τα πρωτόκολλα IEEE 802.11 τα οποία έχουν εμφανιστεί στην αγορά είναι τα παρακάτω:

Έκδοση	Ημερομηνία	Ζώνη συχνοτήτων	Συνήθης ρυθμός μετάδοσης	Ονομαστικός ρυθμός μετάδοσης	Μέθοδοι μετάδοσης	Εμβέλεια εσωτερικών χώρων	Σχόλιο
802.11	1997	2.4 GHz	0.9 Mbit/s	2 Mbit/s	IR / FHSS / DSSS	~20 m	Το κλασικό πρότυπο, τώρα σε αχρηστία
802.11b	1999	2.4 GHz	4.3 Mbit/s	11 Mbit/s	DSSS	~38 m	Το πλέον επιτυχές εμπορικά, καθιέρωσε αρχικά τον όρο WiFi
802.11a	1999	5 GHz	23 Mbit/s	54 Mbit/s	OFDM	~35 m	Άγνωστη εμπορική πορεία λόγω ασυμβατότητας με το 802.11b

802.11g	2003	2.4 GHz	19 Mbit/s	54 Mbit/s	OFDM	~38 m	Αντικαταστάτης του 802.11b με μεγάλη εμπορική επιτυχία
---------	------	---------	-----------	-----------	------	-------	--

Σχήμα 2.17 – Πίνακας με τις αρχικές εκδόσεις του 802.11

Εκτός αυτών των εκδόσεων έχουν προταθεί και κάποιες επεκτάσεις τους, οι οποίες όμως δεν έχουν υλοποιηθεί σε εμπορικά προϊόντα και έχουν περισσότερο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον. Οι σπουδαιότερες είναι:

802.11f ή IAPP το οποίο επιτρέπει άμεση επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών AP ώστε να εξαλειφθεί η απώλεια πλαισίων κατά τη μεταγωγή. Ο σχετικός μηχανισμός ενεργοποιείται από ένα αίτημα επανασυσχέτισης.

802.11e ή QoS το οποίο προσπαθεί να διασφαλίσει ποιότητα υπηρεσιών για εφαρμογές πραγματικού χρόνου που εκτελούνται πάνω σε ένα WLAN ελαχιστοποιώντας ή μεγιστοποιώντας ένα από τα παρακάτω κριτήρια: μέση καθυστέρηση από άκρο σε άκρο, μέση μεταβολή της καθυστέρηση ή μέσο ποσοστό επιτυχούς παράδοσης πλαισίων. Αυτό το επιτυγχάνει βελτιώνοντας τους μηχανισμούς DCF και PCF με τους μηχανισμούς EDCF, ο οποίος αναθέτει προτεραιότητες στα πλαίσια δεδομένων ανάλογα με το πόσο χρονικά κρίσιμη είναι η παράδοση τους και με τα μεγαλύτερης προτεραιότητας πλαίσια να έχουν περισσότερες πιθανότητες να κερδίσουν στον ανταγωνισμό για την πρόσβαση στο κοινό μέσο, και HCF, ο οποίος περιορίζει το μέγιστο χρόνο δέσμευσης του καναλιού από ένα τερματικό, αντίστοιχα.

2.11.5.2 Πρότυπο 802.11n

Γενικά

Το 802.11n είναι το πιο πρόσφατο πρότυπο της οικογένειας τεχνολογιών ασύρματης δικτύωσης 802.11, ευρύτερα και ανεπισημως γνωστής ως Γουάι Φάι (Wi-Fi). Πρόσβαση στο ίντερνετ, διαδικτυακή τηλεφωνία και γενικότερα η μετάδοση δεδομένων, όπως η μεταφορά πολυμεσικού περιεχομένου, αποτελούν τις βασικές εφαρμογές που θα στηριχτούν πάνω στο συγκεκριμένο πρότυπο. Τα τεχνολογικά του χαρακτηριστικά είναι

τέτοια που έχουν ήδη κινήσει το ενδιαφέρον μεγάλων εταιριών κατασκευής δικτυακού εξοπλισμού αλλά και γενικότερα της αγοράς. Αν και η τελική έκδοση του συγκεκριμένου προτύπου αναμένεται να παρουσιαστεί το Μάρτιο του 2009, έχουν ήδη εμφανιστεί στην αγορά τα πρώτα προϊόντα βασισμένα σε προσχέδια της τεχνολογίας.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία υπόσχεται να παράσχει ασύρματη μετάδοση δεδομένων σε ταχύτητες που θα φτάνουν τα 600Mbps. Η εμβέλεια της συγκεκριμένης τεχνολογίας δεν έχει ακόμα προσδιοριστεί απόλυτα. Σύμφωνα με την κορυφαία εταιρία μικροεπεξεργαστών, Ιντέλ, η οποία δραστηριοποιείται και στο χώρο των ασύρματων τεχνολογιών, η εμβέλεια θα είναι τουλάχιστοον διπλάσια από αυτή που παρέχουν τα μέχρι τώρα πρότυπα (802.11a, 802.11b, 802.11g).

Κάποιες πρώτες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε προϊόντα που έχουν αναπτυχθεί βάση της δεύτερης πειραματικής έκδοσης του προτύπου, έχουν καταδείξει πως η μέση ταχύτητα του 802.11n κυμαίνονται από 100-140Mbps, αρκετά πιο χαμηλά από το θεωρητικό του μέγιστο. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση του 802.11g, όπου αν και διαθέτει ένα θεωρητικό μέγιστο των 54Mbps, η πραγματική του ταχύτητα δεν ξεπερνάει τα 24Mbps.

Τόσο η εμβέλεια όσο και η μέγιστη ταχύτητας διαμεταγωγής δεδομένων είναι ιδιαίτερα ευμετάβλητα μεγέθη στα ασύρματα δίκτυα. Η εμβέλεια ενός ασύρματου δικτύου καθορίζεται από την μορφολογία της περιοχής - τοίχοι, φυσικά εμπόδια κ.α.- ενώ η ταχύτητα εξαρτάται από τον αριθμό των χρηστών που χρησιμοποιούν το ίδιο χρονικό διάστημα την ίδια υποδομή.

Τεχνολογία

Το πρότυπο 802.11n αν και ενσωματώνει ορισμένα από τα χαρακτηριστικά των προκατόχων, εισάγει αρκετά καινούρια. Ένα από αυτά είναι το σύστημα Πολλαπλής Εισόδου Πολλαπλής Εξόδου (ΠΕΠΕ, MIMO – Multiple Input Multiple Output). Το σύστημα αυτό αξιοποιεί πολλαπλές κεραίες για την μετάδοση διαφορετικών ροών δεδομένων από ένα σημείο σε πολλά. Αντί, λοιπόν, να μεταφέρεται σε κάθε χρονική

στιγμή μία ροή δεδομένων, το σύστημα MIMO μπορεί π.χ. να μεταδώσει τρεις ροές δεδομένων και να λάβει άλλες δύο. Αυτό καθιστά εφικτή τη μετάδοση μεγαλύτερης ποσότητας δεδομένων σε ορισμένο χρονικό διάστημα σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα ενώ υπό προϋποθέσεις είναι εφικτή και η επέκταση της εμβέλειας. Η ταυτόχρονη ανταλλαγή πολλαπλών ροών δεδομένων παρουσιάζει το μειονέκτημα της μεγαλύτερης κατανάλωσης ρεύματος. Στην τελική έκδοση του προτύπου αναμένεται να έχει αντιμετωπιστεί το θέμα.

Η διαφοροποίηση δεν σταματάει εδώ. Το πλάτος του καναλιού μετάδοσης στην περίπτωση του 802.11n είναι 40MHz, διπλάσιο σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα. Αυτό πρακτικά περιορίζει τον αριθμό των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν σε ένα σημείο πρόσβασης 802.11n. Στη τελική τεχνική προδιαγραφή η διαχείριση των χρηστών θα γίνεται δυναμικά, ώστε να είναι εφικτή τόσο η ταυτόχρονη σύνδεση πολλών χρηστών όσο και η αποδοτική λειτουργία του σημείου πρόσβασης.

Το 802.11n παρέχει ευελιξία στην υλοποίησή του. Αυτό σημαίνει πως επιτρέπει την ανάπτυξη πολλών προϊόντων συμβατών μεταξύ τους, αλλά με διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα μετάδοσης και την εμβέλεια. Η τελευταία έκδοση του προτύπου περιλαμβάνει 576 διαφορετικές διαμορφώσεις (configurations). Αντίστοιχα το 802.11g, το οποίο και αποτέλεσε το αμέσως προηγούμενο πρότυπο, περιλάμβανε μόλις 12 διαφορετικές διαμορφώσεις.

Διαλειτουργικότητα

Τα σημεία ασύρματης πρόσβασης που λειτουργούν σήμερα βασίζονται κυρίως στις τεχνολογίες 802.11b και 802.11g, ενώ η πλειονότητα των υπολογιστών του εμπορίου συνοδεύεται από κάρτες ασύρματου δικτύου τύπου 802.11g. Πολλά προϊόντα (κάρτες και ασύρματα δίκτυα) υποστηρίζουν και τα τρία παλαιότερα πρότυπα.

Στόχος της τελικής έκδοσης του προτύπου είναι η διαλειτουργικότητα, ώστε τα προϊόντα τύπου 802.11n να μπορούν να λειτουργήσουν στην υπάρχουσα υποδομή ασύρματων δικτύων.

Οι συσκευές ασύρματης πρόσβασης (access points) της τεχνολογίας 802.11n θα μπορούν να λειτουργούν σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις. Στην πρώτη θα υποστηρίζουν συσκευές που διαθέτουν κάρτα δικτύου τύπου 802.11a, 802.11b και 802.11g, στην δεύτερη θα υποστηρίζονται όλες οι τεχνολογίες και στην τρίτη, που ονομάζεται Γκρινφιλντ, θα υποστηρίζονται μόνο συσκευές τύπου 802.11n. Η μέγιστη απόδοση της τεχνολογίας 802.11n θα επιτυγχάνεται στην κατάσταση Γκρινφιλντ, ενώ στις υπόλοιπες καταστάσεις, η απόδοση της θα μειώνεται αισθητά, λόγω της ταυτόχρονης παρουσίας και των υπολοίπων προτύπων.

Εφαρμογές

Η χρήση του ασύρματου ίντερνετ βελτιώνεται σημαντικά με το 802.11n. Μέχρι σήμερα το μεγάλο πλεονέκτημα των ενσύρματων δικτύων ήταν η αξιοπιστία και οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Η ταχύτητα που απολάμβανε ένας χρήστης σε ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης δεν ξεπερνούσε τα 22Mbps (802.11g). Το 802.11n παρέχει ταχύτητα 140Mbps, με ανώτατο θεωρητικό όριο τα 600Mbps. Έτσι, καθιστά την ασύρματη δικτύωση ανταγωνιστική με τα ενσύρματα δίκτυα τύπου Έθερνετ (Ethernet) και της επιτρέπει να υποστηρίξει και άλλες εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων, όπως λόγου χάριν η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας σε δικτυακές αποθηκευτικές μονάδες (NAS – Network Attached Storage).

Στην περίπτωση της τηλεφωνία μέσω διαδικτύου (VoIP – Voice over Internet Protocol), μιας εφαρμογής με χαμηλές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης, το 802.11n μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της επικοινωνίας, αφού προσφέρει μεγαλύτερη εμβέλεια και μεγαλύτερη αξιοπιστία στην μετάδοση των δεδομένων.

Το 802.11n θα μπορέσει να αξιοποιηθεί και στην οικιακή δικτύωση. Σήμερα, πολλές εταιρίες ηλεκτρονικών προϊόντων ενσωματώνουν κάρτες ασύρματης δικτύωσης στα προϊόντα τους. Αυτό καθιστά εφικτή την ασύρματη μετάδοση ψηφιακού περιεχομένου σε συσκευές εντός σπιτιού, όπως τα ασύρματα ηχεία και οι ασύρματοι τηλεοπτικοί δέκτες. Η

μετάδοση περιεχομένου όπως το βίντεο και ο ήχος έχει ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης, τις οποίες το 802.11n ικανοποιεί πλήρως. Ενδεικτικά, η μετάδοση ενός αρχείου βίντεο που απαιτεί 42 λεπτά μέσω ενός δικτύου 802.11b, χρειάζεται μόλις ένα λεπτό στην περίπτωση του 802.11n.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Προσαρμοστικό βίντεο streaming

3.1 Γενικά

3.2 Προσαρμοστικό βίντεο streaming σε ασύρματα δίκτυα

3.3 Χρησιμότητα

3.4 Μέθοδοι Προσαρμογής πολυμεσικών δεδομένων

3.5 Προηγούμενες σχετικές εργασίες για μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου

3.1 Γενικά

Η υπάρχουσα υποδομή του διαδικτύου σήμερα δεν προσφέρει ικανοποιητική υποστήριξη για την παροχή εγγυήσεων QoS(Quality of Service). Η προσαρμοστικότητα του εύρους ζώνης (bandwidth) αποτελεί μια σημαντική προϋπόθεση για να μεταδίδουμε βίντεο ή ήχο στο διαδίκτιο. Εάν το βίντεο Stream δεν είναι προσαρμοστικό τότε πιθανός να έχουμε τα ακόλουθα δυο προβλήματα. Πρώτον, μπορεί να σπαταληθεί το διαθέσιμο bandwidth ή να προκληθεί συμφόρηση στο διαδίκτιο με αποτέλεσμα να έχουμε κακής ποιότητας βίντεο στον παραλήπτη. Δεύτερον, μπορεί να οδηγήσει σε άδικη κατανομή του bandwidth αφού το traffic στο διαδίκτιο είναι προσαρμοζόμενο. Μια πιθανή λύση σε αυτά τα προβλήματα είναι το να τροποποιήσουμε το δίκτυο ώστε αυτό να παρέχει την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσίας διαμέσου διαφύλαξης πόρων ή διαφοροποίησης υπηρεσιών. Παρόλα αυτά λόγω του γεγονότος ότι η ανάπτυξη του επιθυμητού QoS βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο θα πρέπει να συμβιβαστούμε με την υπάρχουσα αρχιτεκτονική του διαδικτύου. Για να το πετύχουμε αυτό οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου πρέπει να προσαρμοστούν στις δυναμικές συνθήκες του δικτύου ενώ ταυτόχρονα το διαδίκτιο να προσφέρει αξιόλογη ποιότητα playback στους παραλήπτες.

Για να υλοποιήσουμε μια τέτοια εφαρμογή θα πρέπει να υλοποιηθούν μηχανισμοί παρακολούθησης των συνθηκών του δικτύου και μηχανισμοί προσαρμογής της μετάδοσης των πολυμεσικών δεδομένων βάσει των αλλαγών του δικτύου.

3.2 Προσαρμοστικό βίντεο streaming σε ασύρματα δίκτυα

Το βίντεο Streaming πάνω από ασύρματα δίκτυα, είναι αναγκαστικό για πολλές εφαρμογές όπως η διασκέδαση στο σπίτι, η επιτήρηση χώρων ή άλλων εφαρμογών αναζήτησης-διάσωσης. Όλες αυτές οι εφαρμογές είναι πλέον διαθέσιμες αφού η εγκατάσταση κάμερας είναι ευέλικτη όταν παρέχεται ασύρματο δίκτυο. Επιπλέον, η ύπαρξη ενός WLAN σε ένα διαμέρισμα μπορεί να συνδέσει όλες τις συσκευές ψυχαγωγίας

και τέλος η σημαντικότερη εφαρμογή διάσωσης υλοποιείται μέσω video streaming με οπτική επικοινωνία μέσω ασύρματων ad hoc δικτύων. Τα ad hoc δίκτυα είναι δίκτυα χωρίς base station όπου τα access points επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους. Ενδιαφέρουσες τεχνικές προκλήσεις προκύπτουν, όταν η απρόβλεπτη φύση του ασύρματου καναλιού συγκρουστεί με τις απαιτήσεις για υψηλό ρυθμό δεδομένων και για μικρές καθυστερήσεις στην μετάδοση βίντεο.

Παρόλο που το βίντεο streaming απαιτεί σταθερή ροή πληροφορίας και παράδοση των πακέτων δεδομένων με χρονικούς περιορισμούς, τα ασύρματα δίκτυα έχουν δυσκολίες στο να παρέχουν τέτοιες αξιόπιστες υπηρεσίες. Το πρόβλημα αυτό αποτελεί μεγάλη πρόκληση εξαιτίας του συναγωνισμού με άλλους δικτυακούς κόμβους, καθώς επίσης και από τις διακοπτόμενες παρεμβολές λόγω εξωτερικών πηγών όπως οι φούρνοι μικροκυμάτων ή τα ασύρματα τηλέφωνα. Για ασύρματους κόμβους, οι πολλαπλές οδεύσεις (multipath propagation) και η απώλεια σκίασης (shadowing), ίσως αυξήσει περισσότερο τα λάθη στην μετάδοση δεδομένων. Για τέτοια συστήματα, η καλύτερη απ' άκρου εις άκρου επίδοση μπορεί να επιτευχθεί, λαμβάνοντας υπόψη την κωδικοποίηση του βίντεο, την αξιόπιστη μετάδοση και τη δέσμευση πόρων του ασύρματου καναλιού.

3.3 Χρησιμότητα

Θα μπορούσε να πει κανείς πως η ανάπτυξη εφαρμογών προσαρμοστικού βίντεο streaming δεν θα έχει χρησιμότητα στο μέλλον λόγω των νέων τεχνολογιών οι οποίες θα χρησιμοποιούνται και οι οποίες θα παρέχουν νέες δυνατότητες στους χρήστης (όπως QoS). Η κατάσταση βέβαια δεν είναι έτσι, αλλά οι προσαρμοστικές υπηρεσίες θα χρησιμοποιούνται και στο μέλλον για τους πιο κάτω λόγους.

Μπορεί κάποιοι χρήστες να μην είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν το επιπλέον κόστος μιας υπηρεσίας με εγγυημένη ποιότητα. Για παράδειγμα εάν ένας χρήστης θέλει να παρακολουθήσει μια ταινία μέσα από το δίκτυο (Video on Demand - VoD) ίσως να είναι

διατεθειμένος να πληρώσει το επιπλέον κόστος μιας εγγυημένης υπηρεσίας, αλλά στην περίπτωση που ένας χρήστης απλώς περιηγείται σε μια βάση δεδομένων με ταινίες με σκοπό να βρει μια ταινία που να τον ενδιαφέρει ίσως να μην είναι διατεθειμένος να πληρώσει, για αυτή την περιήγηση, το επιπλέον κόστος μια υπηρεσίας με εγγυημένη ποιότητα.

Κάποια είδη δικτύων ίσως να μην αποκτήσουν ποτέ χαρακτηριστικά QoS. Για παράδειγμα μια τέτοια κατηγορία δικτύων είναι τα κινητά δίκτυα στα οποία ίσως να είναι δύσκολο να παρέχει κάποιος υπηρεσίες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ποιότητας λόγω του συχνά μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος.

Οι υπηρεσίες εγγυημένης ποιότητας μπορούν να συνυπάρχουν με προσαρμοστικές υπηρεσίες. Για παράδειγμα στα ATM δίκτυα συνυπάρχουν υπηρεσίες εγγυημένης ποιότητας (CBR κίνηση), υπηρεσίες best effort (ABR κίνηση) και προσαρμοστικές υπηρεσίες (VBR κίνηση).

3.4 Μέθοδοι Προσαρμογής πολυμεσικών δεδομένων

3.4.1 Γενικά

Κατά την υλοποίηση εφαρμογών για την προσαρμογή και μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων πάνω από δίκτυα η προσαρμογή γίνεται κυρίως στη ροή δεδομένων του βίντεο. Αυτό συμβαίνει επειδή η ροή δεδομένων του βίντεο απαιτεί σημαντικά περισσότερο εύρος ζώνης για την μετάδοση της από ότι η ροή δεδομένων του ήχου. Για παράδειγμα το εύρος ζώνης που απαιτείται για την μετάδοση βίντεο κυμαίνεται από 100 kbps έως 30 Mbps, ενώ το εύρος ζώνης που απαιτείται για την μετάδοση ήχου κυμαίνεται από 8 kbps έως 128 kbps. Ένας άλλος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι επειδή οι άνθρωποι είναι περισσότερο ευαίσθητοι στην μείωση της ποιότητας του ήχου από ότι στην μείωση της ποιότητας του βίντεο. Κατά συνέπεια όταν το δίκτυο πλησιάζει σε κατάσταση συμφόρησης ένας

μηχανισμός με δυνατότητα προσαρμογής θα προσαρμόζει κυρίως την ροή δεδομένων του βίντεο.

Οι μηχανισμοί οι οποίες περιγράφονται στην συνέχεια είναι μηχανισμοί οι οποίοι εφαρμόζονται στο επίπεδο της εφαρμογής. Οι μηχανισμοί με δυνατότητα προσαρμογής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες, σε ενεργητικούς (reactive) και παθητικούς (passive) ανάλογα με την προσέγγιση τους στη μέθοδο προσαρμογής των δεδομένων. Οι ενεργητικοί μηχανισμοί στόχο έχουν να προσαρμόσουν την κίνηση της εφαρμογής πολυμέσων στις αλλαγές του δικτύου. Οι παθητικοί μηχανισμοί στόχο έχουν να βελτιστοποιήσουν την χρήση των δικτυακών πόρων. Στην συνέχεια παρουσιάζουμε μια σειρά από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την προσαρμογή των πολυμεσικών δεδομένων.

3.4.2 Κωδικοποίηση σε στρώματα

Σύμφωνα με αυτόν την τεχνική, η οποία είναι μια παθητική τεχνική, η πληροφορία των πολυμέσων κωδικοποιείται σε μια σειρά από στρώματα (layers). Το βασικό στρώμα περιέχει την σημαντική πληροφορία των πολυμέσων και κρίσιμες πληροφορίες χρονισμού. Τα ανώτερα στρώματα κωδικοποίησης των πολυμέσων βελτιώνουν την ποιότητα των πολυμέσων προοδευτικά δηλαδή ο παραλήπτης λαμβάνει μια ικανοποιητική ποιότητα από το βασικό στρώμα, ενώ η ποιότητα βελτιώνεται με την χρήση των ανώτερων στρωμάτων. Ένας πιο εξελιγμένος μηχανισμός ο οποίος όμως απαιτεί υποστήριξη από τον ενεργό εξοπλισμό (δρομολογητές) του δικτύου είναι ο παρακάτω: Ο κωδικοποιητής προσδιορίζει προτεραιότητες για κάθε κωδικοποιημένο στρώμα και θέτει στο βασικό στρώμα την μέγιστη προτεραιότητα. Όταν τα πολυμέσα μεταδίδονται στο δίκτυο, σε περίπτωση συμφόρησης απορρίπτεται η πληροφορία με την χαμηλότερη προτεραιότητα, δηλαδή τα ανώτερα στρώματα των κωδικοποιημένων πολυμέσων.

Μια παραλλαγή αυτού του μηχανισμού ο οποίος λειτουργεί ως ενεργητικός μηχανισμός είναι η παρακάτω: Ο αποστολέας προσθέτει ή αφαιρεί στρώματα στα πολυμέσα που μεταδίδει ανάλογα με τις πληροφορίες ανάδραση που λαμβάνει από τους παραλήπτες (για παράδειγμα με την χρήση RTCP αναφορών παραλήπτη).

3.4.3 Αλλαγή των παραμέτρων του κωδικοποιητή (Rate shaping)

Οι τεχνικές αλλαγής των παραμέτρων του κωδικοποιητή είναι ενεργητικές τεχνικές που προσπαθούν να προσαρμόσουν την κίνηση που παράγεται από τον κωδικοποιητή των πολυμέσων ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου. Μηχανισμοί παροχής ανάδρασης από τους παραλήπτες χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθούν οι αλλαγές στην κατάσταση του δικτύου και ο κωδικοποιητής προσαρμόζεται ανάλογα. Για την υλοποίηση αυτών των τεχνικών μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου ένας ή περισσότερους από τους παρακάτω παράγοντες:

Ρυθμός μετάδοσης πλαισίων (frame rate): Ο ρυθμός μετάδοσης πλαισίων είναι ο ρυθμός με τον οποίο τα πλαίσια του βίντεο κωδικοποιούνται από τον κωδικοποιητή. Μειώνοντας τον ρυθμό πλαισίων μπορούμε να μειώσουμε τα δεδομένα που εξάγει ο κωδικοποιητής αλλά από την άλλη πλευρά μειώνεται η ποιότητα του βίντεο.

Quantizer: Το quantizer προσδιορίζει τον αριθμό των DCT coefficients τα οποία μπορούν να κωδικοποιηθούν. Αυξάνοντας το quantizer μειώνεται ο αριθμός των κωδικοποιημένων coefficients αλλά μειώνεται η ποιότητα της εικόνας.

Movement detection threshold: Στην περίπτωση inter - frame (ανάμεσα στα πλαίσια) κωδικοποίησης, η μέθοδος DCT εφαρμόζεται στις διαφορές των σημάτων. Το movement detection threshold περιορίζει τον αριθμό των blocks τα οποία εντοπίζονται να είναι «σημαντικά διαφοροποιημένα» από τα προηγούμενα πλαίσια. Αυξάνοντας αυτό το

threshold μειώνονται τα δεδομένα που παράγει ο κωδικοποιητής. Και σε αυτή την περίπτωση μειώνεται η ποιότητα του βίντεο.

Επίσης μπορούμε να αλλάξουμε το μέγεθος της οθόνης την ώρα που παίζει το βίντεο ο παραλήπτης. Κάνουμε το μέγεθος της οθόνης μικρότερο σε περίπτωση όπου έχουμε συμφόρηση στο δίκτυο, δηλαδή χαμηλότερο εύρος ζώνης.

Οι τεχνικές αλλαγής των παραμέτρων του κωδικοποιητή χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους αλλά διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται ο περιορισμός του ρυθμού μετάδοσης. Για παράδειγμα υπάρχουν τέτοιες τεχνικές οι οποίοι βασίζονται στην απόρριψη ακόμη και ολόκληρων πλαισίων. Οι τεχνικές αυτές είναι άμεσα συνδεδεμένες με την κωδικοποίηση των πολυμέσων η οποία χρησιμοποιείται.

3.4.4 Έλεγχος λαθών (Error control)

Ο ρυθμός λαθών αποτελεί ένα μεταβλητό παράγοντα για διάφορους λόγους (πχ συμφόρηση, παρεμβολές σε ένα ασύρματο δίκτυο) και οι εφαρμογές πολυμέσων πρέπει να προσαρμόζονται στις αλλαγές του ρυθμού απωλειών και λαθών. Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για να μετριάσει κανείς τις συνέπειες των απωλειών και των λαθών, η ARQ (Automatic Repeat Request) και η FEC (Forward Error Correction). Η ARQ τεχνική είναι ένας ενεργητικός μηχανισμός συμφωνά με τον οποίο οι παραλήπτες ζητούν από τον αποστολέα να ξανά μεταδώσει τα χαμένα πακέτα. Η FEC τεχνική είναι μια παθητική τεχνική, σύμφωνα με την οποία ο αποστολέας μεταδίδει πλεονάζουσα πληροφορία, την οποία χρησιμοποιεί ο παραλήπτης για να διορθώσει τα τυχών λάθη.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε τεχνικές FEC μπορούμε να δώσουμε χαρακτηριστικά προσαρμογής των πολυμέσων σε μια εφαρμογή μεταβάλλοντας την πλεονάζουσα πληροφορία την οποία μεταδίδουμε. Σε ορισμένες περιπτώσεις το πλεονάζων φορτίο (overhead) του FEC είναι σημαντικό (σε ορισμένες δορυφορικές

μεταδόσεις δεδομένων μπορεί να φτάσει και το 50% του διαθέσιμου εύρους ζώνης) οπότε έχει έννοια η παραπάνω τεχνική.

3.5 Προηγούμενες σχετικές εργασίες για μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου

3.5.1 Γενικά

Κατά τον σχεδιασμό μια adaptive streaming εφαρμογής τέσσερα είναι τα βασικά σημεία που πρέπει να επικεντρώσει κανείς την προσοχή του:

- Στον μηχανισμό μεταφοράς των δεδομένων (transport layer): Ο μηχανισμό μεταφοράς δεδομένων σχετίζεται με την μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται για την μεταφορά των multimedia δεδομένων καθώς και με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες που έχει αυτή η μέθοδος.
- Στον μηχανισμό feedback σχετικά με την κατάσταση του δικτύου: Ο οποίος χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους για εξακριβώσει την κατάσταση του δικτύου και στην συνέχεια ενημερώνει τον αποστολέα των δεδομένων ώστε να προσαρμόσει την μετάδοση δεδομένων ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου.
- Στον μηχανισμό ο οποίος χρησιμοποιείται για να προσαρμοστεί η μετάδοση των δεδομένων στις εκάστοτε συνθήκες του δικτύου: Ο μηχανισμός αυτός είναι υπεύθυνος να προσαρμόζει την μετάδοση των multimedia δεδομένων (πρακτικά αυξάνοντας ή μειώνοντας τα δεδομένα που εξάγει ο encoder) ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου.
- Στο μηχανισμό ο οποίος είναι υπεύθυνος για την διαχείριση των λαθών στην μετάδοση των πακέτων (Error Control).

Σε αυτή την εργασία δεν μας απασχόλησε το πρόβλημα του error control κατά την μετάδοση multimedia δεδομένων. Οι εφαρμογές μετάδοσης multimedia δεδομένων έχουν κάποια ανοχή στις απώλειες πακέτων γιατί υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης της multimedia πληροφορίας ακόμη και αν έχει χαθεί ένα μέρος της αρχικής πληροφορίας (κάτι τέτοιο βέβαια έχει επιπτώσεις στην ποιότητα που παραγόμενου αποτελέσματος). Επίσης στις περισσότερες εφαρμογές μετάδοσης multimedia δεδομένων η καθυστερημένη άφιξη ενός πακέτου (πιθανόν λόγω επαναμετάδοσης μετά από αποτυχημένη μετάδοση) μπορεί να περιέχει πληροφορία η οποία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον. Παρόλα αυτά σε ορισμένες εργασίες σχετικές με adaptive streaming το πρόβλημα του error control απασχόλησε του ερευνητές και η βασική προσέγγιση η οποία ακολουθείται για την αντιμετώπιση του είναι η επιλεκτική επαναμετάδοση ορισμένων πακέτων.

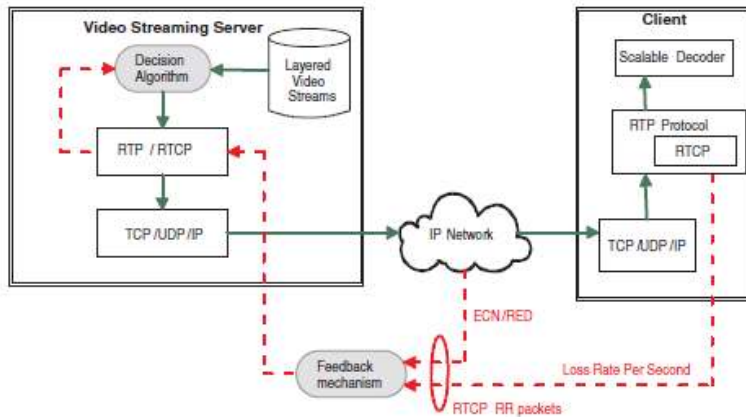
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τέσσερις ερευνητικές εργασίες που έγιναν στο παρελθόν και σχετίζονται με τον σχεδιασμό εφαρμογών προσαρμοστικής μετάδοσης σε unicast μετάδοση, δηλαδή όταν έχουμε ένα παραλήπτη.

3.5.2 ADIVIS

Στην εργασία [1] περιγράφεται ο αλγόριθμος ADIVIS (adaptive video streaming) ο οποίος περιλαμβάνει ένα προσαρμοστικό μηχανισμό ανάδρασης και ένα αλγόριθμο συγκεχυμένης απόφασης. Χρησιμοποιείται για εφαρμογές που κάνουν βίντεο streaming στο διαδίκτυο. Υποθέτουμε ότι η κάθε ροή βίντεο είναι κωδικοποιημένη σε πολλά στρώματα και αποθηκευμένη στην πλευρά του αποστολέα (server). Το περιεχόμενο του βίντεο μεταδίδεται πάνω από μια σύνδεση RTP.

Ο μηχανισμός ανάδρασης (feedback) που χρησιμοποιείται συνδυάζει τις σημαντικές πληροφορίες του παραλήπτη (client) που αφορούν την αντιληπτή για αυτόν ποιότητα μαζί με τις μετρήσεις που παίρνουμε από τον πυρήνα του δικτύου με σκοπό να αξιολογήσει το διαθέσιμο εύρος ζώνης του μονοπατιού. Το διαθέσιμο εύρος ζώνης του μονοπατιού που

έχει υπολογιστεί, εισάγεται στον αλγόριθμο που αποφασίζει με ένα συγκεκριμένο τρόπο το βέλτιστο αριθμό στρωμάτων που θα πρέπει να σταλούν, προσθέτοντας ή αφαιρώντας τα.



Σχήμα 3.1 – Τρόπος λειτουργίας του αλγορίθμου Adivis

Στη συνέχεια αναλύονται τα διάφορα μέρη του αλγορίθμου.

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί την προσαρμοστική τεχνική της κωδικοποίησης σε στρώματα. Σύμφωνα με αυτή την τεχνική η βίντεο ροές κωδικοποιούνται με βάση τα στρώματα έτσι ώστε κάθε επιπρόσθετο στρώμα να αυξάνει την αντιληπτή ποιότητα της ροής. Το βίντεο αποτελείται από ένα στρώμα βάσης και αρκετά επιπρόσθετα αυξητικά στρώματα. Τα στρώματα βάσης πρέπει να κωδικοποιούνται σε πολύ μικρό ρυθμό έτσι ώστε το βίντεο να μπορεί να προσαρμοστεί και σε περιπτώσεις όπου οι παραλήπτες ενώνονται στο διαδίκτυο με συνδέσεις χαμηλού εύρους ζώνης.

Όσον αφορά τον μηχανισμό ανάδρασης ο κάθε παραλήπτης στέλνει στατιστικές αποδοχής χρησιμοποιώντας RTCP πακέτα. Συγκεκριμένα, στέλλονται ειδικά RTCP πακέτα (Receiver Report-RR) από τους συμμετέχοντες οι οποίοι δεν είναι ενεργεί αποστολείς και κουβαλούν στατιστικές αποδοχής. Το ποσοστό απώλειας πακέτων μέσα σε ένα διάστημα δίνεται από τον αριθμό των αναμενόμενων πακέτων διαιρώντας με τον αριθμό των χαμένων πακέτων μέσα στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο ρυθμός απώλειας ανά

δευτερόλεπτο (LRPS) μπορεί να οριστεί διαιρώντας το ποσοστό απώλειας με τη διαφορά χρόνου των Receiver Reports. Η διαφορά μεταξύ δυο διαδοχικών LRPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της αυξητικής ή μειωτικής τάσης του ποσοστού απώλειας πακέτων. Επιπλέον, τα μέρη του δικτύου όπως για παράδειγμα οι δρομολογητές μπορούν να ειδοποιήσουν τον αποστολέα για την παρούσα τιμή της συμφόρησης μέσα στον πυρήνα του δικτύου. Ταυτόχρονα, αυτές οι ενημερώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά για την αξιολόγηση του διαθέσιμου εύρους. Οι ενημερώσεις αυτές ονομάζονται ECN(Explicit Congestion Notification) και ενημερώνουν τους κόμβους για τη συμφόρηση αποτρέποντας έτσι την μη αναγκαία απώλεια πακέτων.

Ο μηχανισμός συγκεχυμένης απόφασης διεξάγεται στην πλευρά του αποστολέα και επεξεργάζεται την πληροφορία ανάδρασης και αποφασίζει το βέλτιστο αριθμό στρωμάτων που θα σταλούν χρησιμοποιώντας μια συγκεχυμένη λογική ελέγχου. Βασίζεται σε δύο γλωσσικές μεταβλητές εισόδου και μια μεταβλητή εξόδου. Οι γλωσσικές τιμές είναι λέξεις και χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά των μεταβλητών. Όλες οι ποσότητες συμπεριλαμβάνουν τη διακριτή σταθερά kT όπου T είναι η περίοδος απόφασης.

Η μια γλωσσική μεταβλητή σχετίζεται με την παράμετρο LRPS. $LRPS(kT)$ είναι ο ρυθμός απώλειας ανά δευτερόλεπτο σε κάθε περίοδο απόφασης και $LRPS(kT-T)$ είναι ο ρυθμός απώλειας ανά δευτερόλεπτο με μια καθυστέρηση T . Η δεύτερη γλωσσική μεταβλητή εισόδου $DLRPS(kT)$ δίνει την αυξητική ή μειωτική τάση του LRPS. Μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση

$$DLRPS(kT) = LRPS(kT) - LRPS(kT - T) \quad (1)$$

Οι τιμές της παραμέτρου LRPS κυμαίνονται από 0 μέχρι 1. Επομένως και το $LRPS(kT)$ παίρνει τιμές από -1 μέχρι +1. Για τη δεύτερη μεταβλητή χρησιμοποιούμε τον αριθμό των πακέτων που έχουν το ECN bit ενεργοποιημένο μέσα σε μια περίοδο για να καταλάβουμε αν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο. Ο παραλήπτης υπολογίζει περιοδικά τον αριθμό που

ονομάζεται $NECN(kT)$ και το στέλνει πίσω χρησιμοποιώντας ένα προκαθορισμένο πεδίο του πακέτου RR. Ο παραλήπτης εξάγει την τιμή αυτή και υπολογίζει μια scaled παράμετρο $NECNsc(kT)$ η οποία υπολογίζεται από την εξίσωση

$$NECNsc(kT) = \frac{NECN(kT)}{Nps(kT)} \quad (2)$$

Όπου $Nps(kT)$ είναι ο αριθμός των πακέτων που έχουν σταλεί στην ίδια περίοδο. Έτσι, υπολογίζουμε την παράμετρο $DNECNsc(kT)$, η οποία δίνει την αυξητική ή μειωτική τάση του αριθμού των μαρκαρισμένων πακέτων. Το πεδίο τιμών της παραμέτρου $DNECNsc(kT)$ είναι από -1 μέχρι +1 και υπολογίζεται από την εξίσωση

$$DNECNsc(kT) = NECNsc(kT) - NECNsc(kT - T) \quad (3)$$

Η τιμή εξόδου έχει προεπιλεγεί να παίρνει τιμές από 0.5 μέχρι 1.5. Έτσι, επιτρέπει μια αύξηση όταν υπάρχει διαθέσιμο εύρος και μειωμένη συμφόρηση, οπότε με μια άμεση κίνηση μειώνεται ο ρυθμός συμφόρησης στο μισό. Οι τιμές του $a(kT)$ μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον αλγόριθμο απόφασης για την αξιολόγηση του διαθέσιμου εύρους ως εξής

$$avail\ bw(kT) = a(kT) * avail\ bw(kT - T) \quad (4)$$

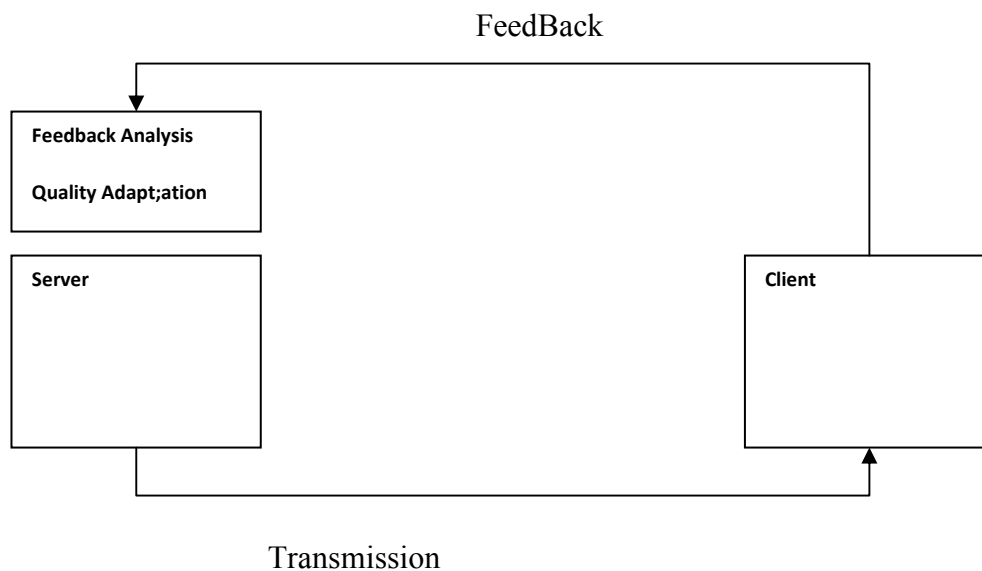
3.5.3 Αλγόριθμος (Μπουτσίνη) για ασύρματη μετάδοση

Στην εργασία [15] ο εξυπηρετητής μεταδίδει το βίντεο με τη χρήση του JMF. Το JMF (JAVA Media Framework) παρέχει μια χρήσιμη συλλογή από Κλάσεις για τη δημιουργία εφαρμογών που προσφέρουν υψηλού επιπέδου δυνατότητες στη μετάδοση και τη διαχείριση πολυμέσων. Το JMF API παρέχει διαφορετικά formats κωδικοποίησης

πολυμέσων, ώστε η μετάδοση να προσαρμόζεται ανάλογα, με στόχο την αποδοτική παράδοση των δεδομένων στον παραλήπτη.

Μια άλλη λειτουργικότητα που προσφέρει είναι η παροχή QoS στον χρήστη. Αυτό το χαρακτηριστικό υποστηρίζεται από το JMF, αφού χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RTP για τη μετάδοση πάνω από το δίκτυο. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί και το RTCP πρωτόκολλο ελέγχου, για να παρέχει στον server πληροφορίες για την κατάσταση του δικτύου και για την ποιότητα μετάδοσης των δεδομένων. Οι πληροφορίες αυτές αναλύονται στο τμήμα ανάλυσης feedback του server, και βάση ενός φίλτρου αποφασίζεται η μετάδοση ο επόμενος ρυθμός μετάδοσης. Ο Server ρυθμίζει το bit rate όχι μόνο βάση των RTCP πακέτων αλλά και από τις τιμές κάποιων άλλων παραμέτρων που ελέγχονται με τη χρήση ενός άλλου API, του JWRAP. Το API αυτό παρέχει μεθόδους για την μέτρηση δικτυακών παραμέτρων όπως είναι η ισχύς του σήματος του δικτύου, και άλλων στατιστικών.

Η αρχιτεκτονική βασίζεται στο μοντέλο client server. Το Σχήμα 3.2 αναπαριστά αυτή την αρχιτεκτονική.



Σχήμα 3.2 – Αρχιτεκτονική αλγορίθμου για ασύρματη μετάδοση

Ο εξυπηρετητής της αρχιτεκτονικής αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

Αρχείο Video: Αποτελείται από ένα σύνολο σκληρών δίσκων στους οποίους αποθηκεύονται τα αρχεία video. Η εφαρμογή προσαρμοζόμενου streaming υποστηρίζει τα ακόλουθα format: MPEG, JPEG και H.263. Είναι πιθανό κάθε αρχείο video να αποθηκεύεται στο δίσκο με περισσότερα του ενός format ώστε να εξυπηρετεί διαφορετικές ομάδες χρηστών. Για παράδειγμα είναι πιθανό να αποθηκεύουμε το ίδιο video σε MPEG format για να εξυπηρετούμε χρήστες εντός του LAN(που έχουν γρήγορη σύνδεση με τον server), και σε μορφή H.263 για απομακρυσμένους χρήστες με αργές συνδέσεις. Δεν εξετάζουμε το πρόβλημα αποθήκευσης video σε αρχεία για να επιτύχουμε βέλτιστη επίδοση του server.

Ανάλυση feedback: Αυτό τμήμα είναι υπεύθυνο για την ανάλυση της feedback πληροφορίας από το δίκτυο. Ο ρόλος του είναι να εξακριβώνει τις συνθήκες δικτύου βάση του ρυθμού απώλειας πακέτων που παρέχεται από RTCP αναφορές παραλήπτη. Μετά την εξέταση των συνθηκών δικτύου το τμήμα αυτό πληροφορεί το τμήμα προσαρμογής ποιότητας, για να προσαρμόσει τη μετάδοση του βίντεο στις τρέχουσες συνθήκες.

Προσαρμογή ποιότητας: Είναι υπεύθυνο για την προσαρμογή της ποιότητας μετάδοσης, ώστε να ταιριάζει με την κατάσταση του δικτύου.

Ο πελάτης της αρχιτεκτονικής αποτελείται από το ακόλουθο τμήμα:

Feedback: Αυτό το τμήμα είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της ποιότητας μετάδοσης των δεδομένων και ενημερώνει τον server. Η παρακολούθηση της ποιότητας μετάδοσης βασίζεται στις RTCP αναφορές λήψης, που ο πελάτης στέλνει στον εξυπηρετητή. Οι RTCP αναφορές λήψης περιλαμβάνουν πληροφορίες για το ρυθμό απώλειας πακέτων και για το jitter καθυστέρησης κατά τη μετάδοση των δεδομένων. Με την παραπάνω πληροφορία το τμήμα ανάλυσης feedback του server αποφασίζει τις συνθήκες δικτύου.

3.5.4 Αλγόριθμος (Μπαρούνη) για μετάδοση πάνω από κινητά δίκτυα

3.5.4.1 Γενικά

Η εργασία [16] προτείνει ένα μηχανισμό για τον έλεγχο της συμφόρησης (congestion control) και την μετάδοση πολυμεσικής πληροφορίας (video) πάνω από το UMTS. Ο μηχανισμός αυτός εφαρμόζεται όταν ο κινητός χρήστης διαχειρίζεται πληροφορία πραγματικού χρόνου (real time), και παράλληλα υιοθετεί την θεωρία μίας ευρέως αποδεκτής μεθόδου για έλεγχο του ρυθμού (rate control) στα ενσύρματα δίκτυα, γνωστή και ως equation based rate control. Σε αυτή την προσέγγιση, ο server προσαρμόζει τον ρυθμό μετάδοσης πολυμεσικής πληροφορίας λαμβάνοντας υπόψη τις εξής δικτυακές παραμέτρους: α) ρυθμός απώλειας πακέτων, β) round-trip χρόνος και γ) μέγεθος του πακέτου. Μέσα από μια σειρά εξομοιώσεων και πειραμάτων έγινε αξιολόγηση της ορθότητας και της επίδοσης του μηχανισμού. Αρχικά ο μηχανισμός αξιολογείται χρησιμοποιώντας το περιβάλλον του ns-2 εξομοιωτή, και στη συνέχεια γίνονται κάποια πειράματα σε δίκτυο UMTS εμπορικής χρήσης γνωστής τηλεπικοινωνιακής εταιρείας.

Αυτή η εργασία βασίζεται στο πρωτόκολλο TFRC (TCP Friendly Rate Control) γι'αυτό για να κατανοήσουμε την λειτουργία του αλγορίθμου πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε την λειτουργία του πρωτοκόλλου TFRC.

3.5.4.2 Πρωτόκολλο TCP Friendly Rate Control (TFRC)

Στη συγκεκριμένη παράγραφο θα παρουσιάσουμε συνοπτικά το πρωτόκολλο TFRC. Στην πραγματικότητα το TFRC δεν είναι ένα πλήρως ορισμένο πρωτόκολλο αλλά ένας μηχανισμός ελέγχου συμφόρησης ο οποίος σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί φιλικά με τις TCP κινήσεις που υπάρχουν σε ένα σύστημα. Γενικά, ο μηχανισμός TFRC υλοποιείται με ένα από τα γνωστά πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων όπως είναι για παράδειγμα τα UDP ή RTP.

Η βασική ιδέα στη οποία στηρίζεται ο μηχανισμός TFRC είναι ότι παρέχει ένα ανεκτό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων για εφαρμογές μετάδοσης πολυμεσικών δεδομένων πραγματικού χρόνου πάνω από δίκτυα επικοινωνιών. Οι επιπρόσθετες ιδιότητες του TFRC είναι η αποφυγή συμφόρησης σε ένα δίκτυο και η αποτελεσματική διαχείριση των δικτυακών πόρων του δικτύου. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν απώλειες πακέτων το TFRC δε μειώνει στο μισό το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων όπως το TCP αλλά από την άλλη πλευρά δεν αντιδρά τόσο γρήγορα στις αλλαγές του διαθέσιμου bandwidth του δικτύου. Επίσης, το TFRC σχεδιάστηκε για να συμπεριφέρεται δίκαια όταν στο ίδιο κανάλι υπάρχουν εφαρμογές πραγματικού χρόνου και εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP.

Ένα δημοφιλές μοντέλο για το TFRC παρουσιάζεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$T = \frac{kS}{RTT\sqrt{p}} \quad \text{E1}$$

Όπου το T αναπαριστά τον ανεκτό ρυθμό μετάδοσης, το S αναπαριστά το μέγεθος πακέτου, το RTT αναπαριστά το χρόνο round trip time (RTT), το p εκφράζει το ρυθμό απώλειας πακέτων από άκρο σε άκρο, και το k είναι μια σταθερά η οποία κυμαίνεται από 0.7 μέχρι 1.3.

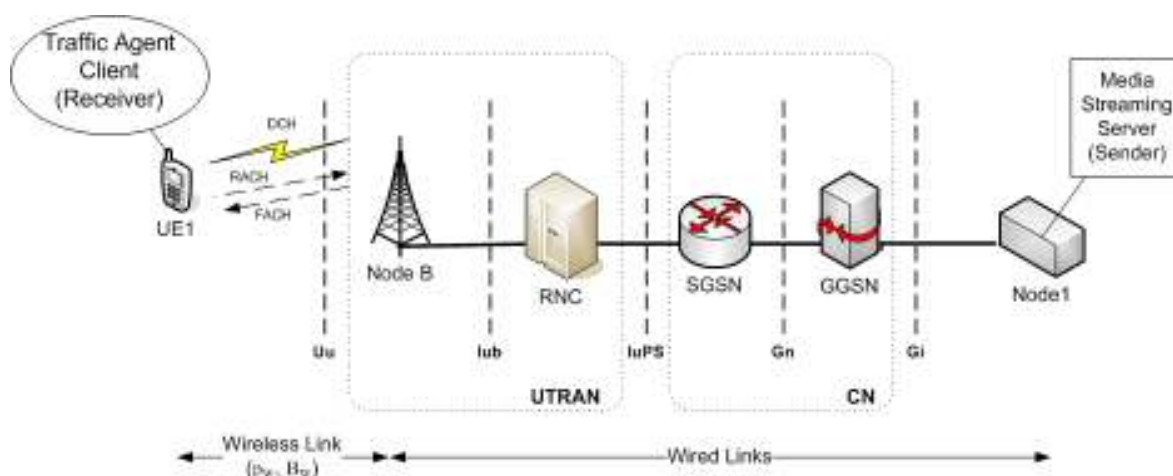
Η παραπάνω εξίσωση υπολογίζει τον ανεκτό ρυθμό μετάδοσης μια εφαρμογής πραγματικού χρόνου σαν συνάρτηση του ρυθμού των απωλειών των πακέτων, του μεγέθους των πακέτων και του χρόνου RTT των πακέτων. Μία πιθανή συμφόρηση σε κάποιους κόμβους του δικτύου θα οδηγούσε σε απώλεια πακέτων και σε μια αύξηση του χρόνου RTT των πακέτων. Κάτω από τις παραπάνω συνθήκες, με τη χρήση του TFRC μπορεί να οριστεί ένα ανεκτός ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων πραγματικού χρόνου στο δίκτυο ώστε να αποφευχθεί τόσο η συμφόρηση όσο και η εκτεταμένη απώλεια πακέτων.

Ο μηχανισμός TFRC αποτελείται από τους παρακάτω επιμέρους μηχανισμούς:

- Ο δέκτης υπολογίζει το ρυθμό απώλεια πακέτων και στέλνει τη συγκεκριμένη πληροφορία στον αποστολέα.
- Ο αποστολέας χρησιμοποιεί τα μηνύματα ανάδρασης που δέχεται από το δέκτη και υπολογίζει το χρόνο RTT των πακέτων.
- Ο ρυθμός απώλειας πακέτων μαζί με τον χρόνο RTT χρησιμοποιούνται στη συνέχεια από τον αποστολέα και μέσω της TFRC εξίσωσης υπολογίζεται ο ανεκτός ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων πραγματικού χρόνου με τον οποίο πρέπει να συμμορφωθεί ο αποστολέας.

3.5.4.3 Ανάλυση αλγορίθμου

Ένα τυπικό σενάριο μετάδοσης βίντεο πραγματικού χρόνου στο UMTS παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3, όπου ο εξυπηρετητής πολυμέσων δηλώνεται ως Node1 και ο κινητός χρήστης (παραλήπτης της υπηρεσίας) ως UE1. Το σενάριο αποτελείται από μια UMTS κυψέλη που καλύπτεται από έναν κόμβο Node B, ο οποίος συνδέεται σε έναν RNC κόμβο. Το μοντέλο εξομοίωσης αποτελείται από τον κινητό χρήστη (UE) που συνδέεται σε ένα DCH κανάλι. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στην αρχιτεκτονική του UMTS. Στην συγκεκριμένη εργασία δεν μας ενδιαφέρει τι είναι το UMTS και γι' αυτό δεν θα το αναλύσουμε.



Σχήμα 3.3 – Σενάριο μετάδοσης βίντεο πραγματικού χρόνου στο UMTS

Θεωρούμε ότι το ασύρματο κανάλι έχει διαθέσιμο εύρος ζώνης B_W , ενώ ο ρυθμός απώλεια πακέτων στο ασύρματο κανάλι είναι p_w . Αυτό σημαίνει ότι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να επιτευχθεί στο ασύρματο κανάλι είναι $B_W (1 - p_w)$. Επίσης, ορίζουμε σαν $p_{\text{node name}}$ (node name: GGSN, SGSN, RNC, Node B) το ρυθμό απώλειας πακέτων στους παραπάνω κόμβους του δικτύου. Ο συνολικός από άκρο σε άκρο ρυθμός απώλειας πακέτων ορίζεται ως p ενώ ο ρυθμός μετάδοσης του streaming video ορίζεται ως T . Κατά συνέπεια, ο πραγματικός ρυθμός μετάδοσης του streaming video είναι $T (1 - p)$. Με βάση τα παραπάνω, το ασύρματο κανάλι χαρακτηρίζεται σαν υποχρησιμοποιημένο εάν: $T (1 - p) < B_W (1 - p_w)$.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω κάνουμε τις παρακάτω υποθέσεις για το σύστημα:

- Υποθέτουμε ότι το ασύρματο κανάλι συμπεριφέρεται σαν long-term bottleneck. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συμφόρηση στο ασύρματο κανάλι λόγω της ροής του video στους κόμβους GGSN, SGSN και RNC του δικτύου.

- Δεν υπάρχει συμφόρηση λόγω της ροής του βίντεο στον κόμβο Node B, εάν και μόνο εάν το ασύρματο κανάλι είναι υποχρησιμοποιημένο, δηλαδή εάν ισχύει $T (1 - p) < B_W (1 - p_w)$. Αυτό σημαίνει ότι δεν προκαλείται καθυστέρηση των πακέτων στην ουρά του κόμβου Node B, το οποίο με τη σειρά του σημαίνει ότι ο χρόνος Round Trip Time κάθε πακέτου έχει ελάχιστη τιμή, δηλ $RTT_{\min}$. Κατά συνέπεια, αυτή η υπόθεση μπορεί να αναδιατυπωθεί ως εξής: για μια δεδομένη διαδρομή, ισχύει $RTT = RTT_{\min}$ εάν και μόνο εάν

$T (1 - p) \leq B_W (1 - p_w)$. Έτσι εάν $T (1 - p) > B_W (1 - p_w)$ τότε $RTT \geq RTT_{\min}$.

- Ο ρυθμός απώλειας πακέτων στο ασύρματο κανάλι (p_w) είναι τυχαίος και παίρνει τιμές στο διάστημα $[0, 0.16]$.

- Η διαδρομή της επιστροφής (uplink) έχει μηδενικό ρυθμό απώλειας πακέτων ενώ δεν παρατηρείται συμφόρηση.

Στην ανάλυση που ακολουθεί χρησιμοποιούμε τον μηχανισμό TFRC που περιγράφεται στην εξίσωση E1. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο πραγματικός ρυθμός μετάδοσης του streaming βίντεο είναι $T(1 - p)$. Ο συνολικός από άκρο σε άκρο ρυθμός απώλειας πακέτων είναι ένας συνδυασμός του ρυθμού απώλειας πακέτων στο ασύρματο κανάλι (p_w) και του ρυθμού απώλειας πακέτων στους κόμβους του δικτύου ($p_{\text{node name}}$) και υπολογίζεται από την εξίσωση E2.

$$\begin{aligned}
 p = & p_{GGSN} + (1 - p_{GGSN})p_{SGSN} + (1 - p_{GGSN})(1 - p_{SGSN})p_{RNC} + \\
 & + (1 - p_{GGSN})(1 - p_{SGSN})(1 - p_{RNC})p_{NODEB} + \\
 & + (1 - p_{GGSN})(1 - p_{SGSN})(1 - p_{RNC})(1 - p_{NODEB})p_w
 \end{aligned} \tag{E2}$$

Σύμφωνα με την εξίσωση E2, ο συνολικός από άκρο σε άκρο ρυθμός απώλειας πακέτων είναι το άθροισμα του ρυθμού απώλειας πακέτων σε κάθε κόμβο του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, ο ρυθμός απώλειας πακέτων σε κάθε κόμβο είναι το γινόμενο του ρυθμού απώλειας πακέτων στο συγκεκριμένο κόμβο και του ποσοστού του ρυθμού απώλειας πακέτων των προηγούμενων κόμβων του δικτύου.

Επιπλέον, στην ανάλυση ορίζουμε σαν $p_{\text{node name}}^{(1)}$ το ρυθμό απώλειας πακέτων σε έναν κόμβο που προκαλείται από αυτή καθαυτή τη ροή του video (self congestion) και σαν $p_{\text{node name}}^{(2)}$ το ρυθμό απώλειας πακέτων σε έναν κόμβο που προκαλείται από τις άλλες κινήσεις που υπάρχουν στο δίκτυο (cross congestion). Κατά συνέπεια $p_{\text{node name}} = p_{\text{node name}}^{(1)} + p_{\text{node name}}^{(2)}$. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι δεν υπάρχει self congestion στο ενσύρματο μέρος του δικτύου (υποθέτουμε ότι το ασύρματο κανάλι συμπεριφέρεται σαν long-term bottleneck (Υπόθεση 1)), η εξίσωση E2 μπορεί να ξαναγραφεί ως εξής:

$$\begin{aligned}
p &= p_{GGSN}^{(2)} + (1 - p_{GGSN}^{(2)}) p_{SGSN}^{(2)} + (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) p_{RNC}^{(2)} + \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) (p_{NODEB}^{(1)} + p_{NODEB}^{(2)}) + \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) (1 - p_{NODEB}^{(1)} - p_{NODEB}^{(2)}) p_W \Leftrightarrow
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p &= p_{GGSN}^{(2)} + (1 - p_{GGSN}^{(2)}) p_{SGSN}^{(2)} + (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) p_{RNC}^{(2)} + \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) p_{NODEB}^{(2)} + \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) (1 - p_{NODEB}^{(2)}) p_W \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) p_{NODEB}^{(1)} - \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) p_{NODEB}^{(1)} p_W \Leftrightarrow p = p_1 + p_2
\end{aligned} \tag{E3}$$

όπου:

$$\begin{aligned}
p_1 &= p_{GGSN}^{(2)} + (1 - p_{GGSN}^{(2)}) p_{SGSN}^{(2)} + (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) p_{RNC}^{(2)} + \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) p_{NODEB}^{(2)} \\
&+ (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) (1 - p_{NODEB}^{(2)}) p_W
\end{aligned} \tag{E4}$$

και

$$p_2 = (1 - p_{GGSN}^{(2)}) (1 - p_{SGSN}^{(2)}) (1 - p_{RNC}^{(2)}) (1 - p_W) p_{NODEB}^{(1)} \tag{E5}$$

Το p_1 είναι ανεξάρτητο από το ρυθμό απώλειας πακέτων που προκαλείται από αυτή καθαυτή τη ροή του βίντεο, άρα και ανεξάρτητο του ρυθμού μετάδοσης του βίντεο T . Επιπλέον, το p_1 συνδυάζει τη συμφόρηση λόγω των άλλων κινήσεων του συστήματος (εκτός της ροής του βίντεο) και του ρυθμού απώλειας πακέτων στο ασύρματο κανάλι. Επομένως, μπορεί να ερμηνευθεί ως ο ισοδύναμος ρυθμός απώλειας πακέτων στο ασύρματο κανάλι (χωρίς συμφόρηση των άλλων κινήσεων του συστήματος στο ενσύρματο μέρος του UMTS δικτύου). Αντίθετα, το p_2 εξαρτάται από το ρυθμό απώλειας πακέτων λόγω self congestion ($p_{NODEB}^{(1)}$) και επομένως εξαρτάται από το ρυθμό μετάδοσης του βίντεο. Η εξίσωση E3 επιπλέον δείχνει ότι το p_1 είναι ένα κάτω όριο για το p και ότι το όριο αυτό επιτυγχάνεται εάν και μόνο εάν δεν υπάρχει συμφόρηση λόγω self congestion, δηλ. εάν $p_{NODEB}^{(1)} = 0$ και ως εκ τούτου, $p_2 = 0$. Συνδυάζοντας τις εξισώσεις E1 και E3

μπορούμε να πούμε ότι το άνω όριο του ρυθμού μετάδοσης του βίντεο για μια TFRC σύνδεση είναι:

$$T \leq \frac{kS}{RTT_{\min} \sqrt{p_1}} \equiv T_b \quad \text{E6}$$

Εάν δεν υπάρχει συμφόρηση λόγω self congestion, δηλ. εάν $p_{NODEB}^{(1)} = 0$ θα έχουμε $RTT = RTT_{\min}$, $p_2 = 0$, $p = p_1$ και στην εξίσωση E6 $T = T_b$. Σε αυτήν την περίπτωση, το throughput είναι $T_b (1 - p_1)$, το οποίο είναι το ανώτερο όριο για μια TFRC σύνδεση για το σενάριο που παρουσιάζεται στο σχήμα. Το ασύρματο κανάλι είναι υποχρησιμοποιημένο όταν η τιμή του throughput είναι μικρότερη από $B_W (1 - p_W)$. Επομένως, η ικανή και αναγκαία συνθήκη προκειμένου μια TFRC σύνδεση να υποχρησιμοποιεί το ασύρματο κανάλι είναι:

$$T_b (1 - p_1) < B_W (1 - p_W) \quad \text{E7}$$

Η επικοινωνία μεταξύ του αποστολέα και του δέκτη βασίζεται σε RTP/RTCP συνόδους. Ο αποστολέας (εξυπηρετητής πολυμέσων) (δηλώνεται ως Node1) χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RTP για τη μετάδοση του βίντεο, ενώ ο παραλήπτης (κινητός χρήστης - δηλώνεται ως UE1) χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο RTCP προκειμένου να ανταλλάξει μηνύματα ελέγχου με τον αποστολέα.

Ο κινητός χρήστης στέλνει ανά τακτά χρονικά διαστήματα RTCP αναφορές στον εξυπηρετητή πολυμέσων. Αυτές οι RTCP αναφορές περιέχουν πληροφορίες για τις υπάρχουσες συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των πολυμεσικών δεδομένων. Οι πληροφορίες ανάδρασης περιέχουν τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Ποσοστό απώλειας πακέτων (Packet loss rate): Ο δέκτης υπολογίζει το ποσοστό απώλειας πακέτων κατά τη διάρκεια της λήψης των δεδομένων, βασισμένος στον αριθμό ακολουθίας των RTP πακέτων (RTP Packet Sequence Number).

- Timestamp κάθε πακέτου που φτάνει στον κινητό χρήστη: Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται από τον εξυπηρετητή πολυμέσων για τον υπολογισμό του RTT κάθε πακέτου.

Ο εξυπηρετητής εξάγει τις πληροφορίες για την κατάσταση του δικτύου από τις RTCP αναφορές που λαμβάνει από τον κινητό χρήστη και τις περνά από ένα κατάλληλο φίλτρο. Η χρήση του φίλτρου είναι ουσιαστική για τη λειτουργία του μηχανισμού προκειμένου να αποφευχθούν οι λανθασμένες εκτιμήσεις για την κατάσταση του δικτύου.

Ο αποστολέας χρησιμοποιεί τις RTCP αναφορές και κάνει μια εκτίμηση για τις τρέχουσες συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο. Βάση των εκτιμήσεων αυτών προσαρμόζει το ρυθμό μετάδοσης των πολυμέσων ώστε να αποφευχθεί η συμφόρηση στο δίκτυο. Ο κατάλληλος ρυθμός μετάδοσης των πολυμεσικών δεδομένων υπολογίζεται από την εξίσωση Ε6. Προφανώς, ο εξυπηρετητής πολυμέσων δεν έχει τη δυνατότητα να αποστείλει τα πολυμεσικά δεδομένα στον κινητό χρήστη με όλους τους δυνατούς ρυθμούς μετάδοσης. Έτσι λοιπόν, επιλέγεται η ροή πολυμεσικών δεδομένων εκείνη που βρίσκεται πιο κοντά στην εκτίμηση που κάνει ο εξυπηρετητής πολυμέσων βάση της εξίσωσης Ε6.

Πιο συγκεκριμένα, ο αποστολέας δεν είναι απαραίτητο να αλλάξει το ρυθμό μετάδοσης κάθε φορά που υπολογίζει μια νέα τιμή με μια μικρή διαφορά από την προηγούμενη. Ο ρυθμός μετάδοσης αλλάζει μόνο αν υπάρχει μια σημαντική μεταβολή ανάμεσα στον τρέχον ρυθμό και στο ρυθμό που υπολογίζεται κάθε χρονική στιγμή. Με αυτήν την προσέγγιση, ο αριθμός των αλλαγών του ρυθμού μετάδοσης περιορίζεται και ο κινητός χρήστης δεν έχει να αντιμετωπίσει ένα συνεχώς διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης.

Για το λόγο αυτό είναι ουσιαστικό να κρατείται ένα ιστορικό των τιμών που έχουν υπολογιστεί για το ρυθμό μετάδοσης. Έχοντας αυτές τις πληροφορίες, ο αποστολέας υπολογίζει μια σταθμισμένη μέση τιμή του ρυθμού μετάδοσης ($T^{Smoothed}$), χρησιμοποιώντας τις m πιο πρόσφατες τιμές που υπολογίστηκαν βάση της εξίσωσης Ε6.

Κατά συνέπεια ο επιθυμητός σταθμισμένος ρυθμός μετάδοσης ($T^{Smoothed}$) θα δίνεται από την εξίσωση E8.

$$T^{Smoothed} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i \cdot T_{m+1-i}^{Smoothed}}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad E8$$

Η τιμή της παραμέτρου m που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του σταθμισμένου ρυθμού μετάδοσης, καθορίζει την ταχύτητα κατά την οποία ο TFRC μηχανισμός ανταποκρίνεται στις αλλαγές του επιπέδου συμφόρησης του δικτύου. Τα βάρη w_i επιλέγονται κατάλληλα έτσι ώστε οι πιο πρόσφατες τιμές του ρυθμού μετάδοσης, που υπολογίζονται από την εξίσωση E6, να λαμβάνονται περισσότερο υπόψη στον υπολογισμό του σταθμισμένου ρυθμού μετάδοσης, ενώ τα βάρη μειώνονται βαθμιαία μέχρι το 0 για τις παλαιότερες υπολογισμένες τιμές του ρυθμού μετάδοσης.

Ο κινητός χρήστης μετρά το ποσοστό απώλειας πακέτων (p_1) βασισμένος στους αριθμούς ακολουθίας των RTP πακέτων (RTP Packet Sequence Number). Το ποσοστό απώλειας πακέτων που υπολογίζεται στον κινητό χρήστη είναι σε συμφωνία με τον αναλυτικό τύπο που παρουσιάζεται στην εξίσωση E4. Αυτή η πληροφορία στέλνεται στον εξυπηρετητή πολυμέσων μέσω μιας RTCP αναφοράς. Προκειμένου να αποτραπεί μια στιγμιαία λανθασμένη εκτίμηση του ρυθμού απώλειας πακέτων, ο αποστολέας υπολογίζει όπως και στην περίπτωση του ρυθμού μετάδοσης μια σταθμισμένη τιμή του ρυθμού απώλειας πακέτων ($p_1^{Smoothed}$) βάση της εξίσωσης E9.

$$p_1^{Smoothed} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i \cdot p_{1,m+1-i}^{Smoothed}}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad E9$$

Η τιμή που προκύπτει από την εξίσωση E9 χρησιμοποιείται στη συνέχεια στην εξίσωση E6 προκειμένου να υπολογιστεί ο κατάλληλος ρυθμός μετάδοσης των πολυμεσικών δεδομένων. Τα βάρη w_i επιλέγονται κατάλληλα έτσι ώστε οι πιο πρόσφατες τιμές του ρυθμού απώλειας πακέτων να λαμβάνονται περισσότερο υπόψη στον υπολογισμό του σταθμισμένου ρυθμού απώλειας πακέτων, ενώ τα βάρη μειώνονται βαθμιαία μέχρι το 0 για τις παλαιότερες υπολογισμένες τιμές του ρυθμού μετάδοσης. Στην περίπτωση μας θεωρούμε ότι $m = 8$, ενώ οι τιμές για τα βάρη w_i είναι: $\{1, 1, 1, 1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2\}$.

Η καθυστέρηση εκφρασμένη ως Round Trip Time, είναι ο χρόνος που χρειάζεται ένα πακέτο για να διασχίσει το δίκτυο από άκρο σε άκρο και προς τις δυο κατευθύνσεις, εκφρασμένη σε δευτερόλεπτα. Ο υπολογισμός είναι βασισμένος στις προδιαγραφές του RTP/RTCP πρωτοκόλλου όπως αυτές ορίζονται από το RFC 3350. Στην διαδικασία αυτή σε ότι αφορά τον υπολογισμό από την πλευρά του εξυπηρετητή βοηθούν τα εξής πεδία των RTCP πακέτων:

- last SR. Πρόκειται για την χρονική στιγμή κατά την οποία στάλθηκε το πακέτο από τον εξυπηρετητή προς τον πελάτη.

- delay since last SR. Πρόκειται για το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την στιγμή που ο πελάτης έλαβε ένα RTCP πακέτο, μέχρι την στιγμή όπου έστειλε και αυτός ένα αντίστοιχο (RTCP) πακέτο.

Στην συνέχεια ακολουθεί η εξής διαδικασία:

- Ο εξυπηρετητής καταγράφει την ώρα (t_A) κατά την οποία έστειλε το τελευταίο RTCP πακέτο (last SR)

- Ο πελάτης στέλνει το δικό του RTCP πακέτο στον server ο οποίος μπορεί από το πακέτο αυτό να μάθει το χρονικό διάστημα (t_B) που μεσολάβησε μέχρι να σταλθεί το πακέτο αυτό (delay since last SR).

- Ο εξυπηρετητής καταγράφει την χρονική στιγμή (t_T) κατά την οποία έφτασε το τελευταίο αυτό RTCP πακέτο από τον πελάτη.

Τέλος ο εξυπηρετητής θα κάνει τον υπολογισμό $RTT = t_T - t_B - t_A$ με αποτέλεσμα να προκύψει ο χρόνος που χρειάζεται ένα πακέτο για να διασχίσει και προς τις δύο κατευθύνσεις, το δίκτυο από άκρο σε άκρο.

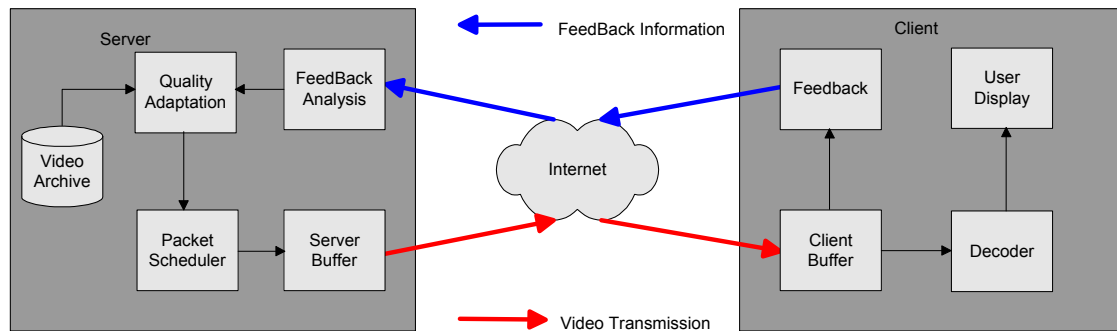
3.5.5 Αλγόριθμος (Γκάμα) για πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου

3.5.5.1 Γενικά

Στην εργασία [17] για τον μηχανισμό μεταφοράς των δεδομένων τα multimedia δεδομένα μεταφέρονται πάνω από δίκτυο με την χρήση των πρωτοκόλλων RTP/RTCP πάνω από το πρωτόκολλο UDP/IP. Όσο αφορά το μηχανισμό feedback σχετικά με την κατάσταση του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν οι πληροφορίες που μας παρέχει το πρωτόκολλο RTCP (μέσα από αναφορές παραλήπτη - Receiver Report) σχετικά με τις απώλειες πακέτων και το jitter κατά την διάρκεια της μετάδοσης. Οι παραπάνω πληροφορίες μετά την κατάλληλη επεξεργασία μέσα από μια σειρά φίλτρων (που καθορίζουν την βαρύτητα τόσο μεταξύ του lose rate και του jitter όσο και μεταξύ των προηγούμενων τιμών του) οδήγησαν σε συμπεράσματα σχετικά με την κατάσταση του δικτύου. Όσο αφορά το μηχανισμό ο οποίος χρησιμοποιείται για να προσαρμοστεί η μετάδοση των δεδομένων στις εκάστοτε συνθήκες του δικτύου χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του rate shaping σύμφωνα με την οποία για να περιορίσουμε την μεταδιδόμενη πληροφορία επηρεάζουμε κατάλληλες παραμέτρους του κωδικοποιητή στην πλευρά του εξυπηρετητή, ώστε αυτή η πλεονάζουσα πληροφορία να μην μεταδοθεί στο δίκτυο και επιβαρύνει επιπλέον την κατάσταση στο δίκτυο. Ανάλογα με την κωδικοποίηση του μεταδιδόμενου βίντεο μπορούν να επηρεαστούν διαφορετικές παράμετροι του κωδικοποιητή.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του αλγορίθμου (Σχήμα 3.4) και γίνεται περιγραφή των διαφόρων τμημάτων από τα οποία αποτελείται.

3.5.5.2 Αρχιτεκτονική αλγορίθμου



Σχήμα 3.4 – Αρχιτεκτονική αλγορίθμου (Γκάμα)

Ο εξυπηρετητής της υπηρεσίας προσαρμοστικής μετάδοσης αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

Video Archive (αρχείο βίντεο): Στο αρχείο βίντεο, όπου συνήθως αποτελείται από μια συστοιχία σκληρών δίσκων, βρίσκονται αποθηκευμένα τα προς μετάδοση βίντεο αρχεία. Τα βίντεο αποθηκεύονται στο αρχείο βίντεο σε κωδικοποιημένη μορφή (για παράδειγμα MPEG, JPEG, κλπ). Υπάρχει περίπτωση ένα αρχείο βίντεο να αποθηκεύεται στο αρχείο βίντεο σε περισσότερες από μια κωδικοποιήσεις ώστε να εξυπηρετούνται χρήστες με διαφορετικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα μπορούμε να έχουμε ένα βίντεο αποθηκευμένο τόσο σε JPEG μορφή για εξυπηρετήσουμε τους χρήστες του τοπικού μας δικτύου (οι οποίοι έχουν γρήγορη δικτυακή σύνδεση με τον εξυπηρετητή) όσο και σε H.263 μορφή για να εξυπηρετήσουμε απομακρυσμένους χρήστες με όχι και τόσο καλή δικτυακή σύνδεση.

Feedback Analysis (ανάλυση πληροφοριών ανάδρασης): Αυτό το τμήμα της εφαρμογής είναι υπεύθυνος να λαμβάνει feedback από τον πελάτη (μέσα από τις RTCP receiver αναφορές που ο πελάτης μεταδίδει) να εξάγει συμπεράσματα για την κατάσταση του

δικτύου και την ποιότητα της μετάδοσης και να καθοδηγεί κατάλληλα τον μηχανισμό προσαρμογής της ποιότητας ώστε αυτός να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες με στόχο το μεταδιδόμενο βίντεο να προσαρμοστεί στην τρέχουσα κατάσταση του δικτύου. Αυτός ο μηχανισμός θα περιγραφεί αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Quality Adaptation (Προσαρμογή της ποιότητας) : Ο μηχανισμός αυτός είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή του προς μετάδοση βίντεο στο κατάλληλο επίπεδο ποιότητας για τις τρέχοντες συνθήκες τους δικτύου. Ο μηχανισμός της προσαρμογής της ποιότητας στηρίζεται στην τεχνική του frame dropping, σύμφωνα με την οποία επηρεάζοντας διάφορες παραμέτρους του κωδικοποιητή στην πλευρά του εξυπηρετητή μπορούμε να μεταβάλουμε τα δεδομένα (και αντίστοιχα την ποιότητα του παραγόμενου βίντεο) που εξάγει ο κωδικοποιητής και με αυτό τον τρόπο να επηρεάζουμε τα δεδομένα (είτε αύξηση είτε μείωση) που εισάγουμε στο δίκτυο. Η υλοποίηση του rate shaping μηχανισμού βρίσκεται σε άμεση σχέση με την κωδικοποίηση του video που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα εάν χρησιμοποιούμε κωδικοποίηση ITU-T H.263 οι παράμετροι που μπορούν να επηρεαστούν είναι: advanced prediction, arithmetic coding, error compensation, PB Frames και unrestricted vector.

Packet Scheduler / Server Buffer: Ο μηχανισμός αυτός είναι υπεύθυνος για την ενσωμάτωση του βίντεο σε RTP πακέτα και την δρομολόγηση της μετάδοσης τους στο δίκτυο. Η ύπαρξη ενός output buffer κρίνεται απαραίτητη για την εξομάλυνση των τυχών ανωμαλιών του ρυθμού μετάδοσης πακέτων από τον εξυπηρετητή στο δίκτυο.

Ο πελάτης της υπηρεσίας προσαρμοστικής μετάδοσης αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

Client Buffer: Η ύπαρξη buffer στην πλευρά του πελάτη κατά την υλοποίηση streaming εφαρμογών έχει εξαιρετική σημασία. Ο πελάτης πριν αρχίσει να παρουσιάζει δεδομένα στον χρήστη αποθηκεύει τα εισερχόμενα δεδομένα από το δίκτυο στο buffer. Η παρουσίαση δεδομένων στον χρήστη αρχίζει αφού έχει αποθηκευτεί ικανοποιητικός αριθμός δεδομένων ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα όπως η εφαρμογή να μην έχει

εγκαίρως όλα τα απαραίτητα προς παρουσίαση δεδομένα και να διακόπτεται η μετάδοση του βίντεο. Το μέγεθος του buffer σχετίζεται άμεσα με το jitter που παρουσιάζει η μετάδοση του βίντεο. Σε κάθε περίπτωση το μέγεθος του buffer θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από jitter (έστω ότι τόσο το μέγεθος του buffer όσο και το μέγεθος του jitter τα μετράμε στην ίδια μονάδα πχ msec) ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα διακοπής της μετάδοσης του βίντεο.

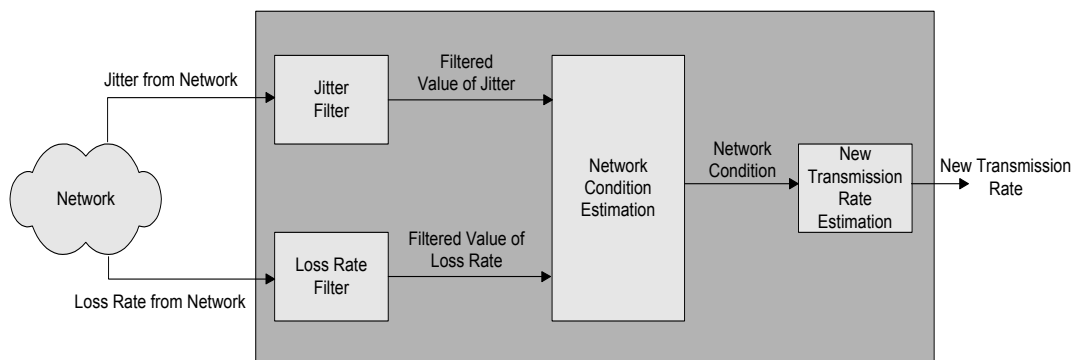
Feedback (πληροφορίες ανάδρασης): Ο μηχανισμός ανάδρασης είναι υπεύθυνος για την καταγραφή της ποιότητας του μεταδιδόμενου βίντεο και την παροχή πληροφοριών ανάδρασης στον εξυπηρετητή. Η παροχή ανάδρασης στηρίζεται στην μετάδοση RTCP receiver αναφορών. Οι RTCP αναφορές παραλήπτη περιέχουν μεταξύ άλλων πληροφορίες για τις απώλειες πακέτων και το jitter κατά την μετάδοση του βίντεο. Οι παραπάνω πληροφορίες χρησιμεύουν στην ανάλυση των πληροφοριών ανάδρασης που είναι μέρος του εξυπηρετητή για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατάσταση του δικτύου.

Decoder (αποκωδικοποιητής): Ο αποκωδικοποιητής διαβάσει πακέτα δεδομένων από το buffer του πελάτη, τα αποκωδικοποιεί και τα μετατρέπει στην κατάλληλη μορφή για παρουσίαση στον χρήστη (πχ μετατροπή από MPEG κωδικοποίηση σε RGB βίντεο). Ανάλογα με τα προβλήματα που υπάρχουν κατά την μετάδοση του βίντεο η ποιότητα του βίντεο που παράγει ο αποκωδικοποιητής μπορεί να είναι χαμηλή, ενώ υπάρχει και το ενδεχόμενο να διακοπεί η αναπαραγωγή του βίντεο εάν στο buffer του πελάτη δεν υπάρχει ο κατάλληλος αριθμός πακέτων.

User Display (μονάδα απεικόνισης): Στην μονάδα απεικόνισης παρουσιάζεται το μεταδιδόμενο βίντεο το οποίο παίρνει ο πελάτης από τον εξυπηρετητή.

3.5.5.3 Αναλυτική περιγραφή μηχανισμού Feedback Analysis

Ο πελάτης κατά τακτά χρονικά διαστήματα μεταδίδει στον εξυπηρετητή μια RTCP receiver αναφορά η οποία περιγράφει την ποιότητα της μετάδοσής του βίντεο που λαμβάνει. Ένα θέμα το οποίο μπορεί να προκύψει είναι πόσο συχνά θα μεταδίδει ο πελάτης RTCP receiver αναφορές. Στο RFC 1889 τονίζεται το γεγονός πως σε μια RTP σύνοδο τα πακέτα ελέγχου (μεταξύ των οποίων και οι RTCP receiver αναφορές που χρησιμοποιούμε) δεν θα πρέπει να καταλαμβάνουν περισσότερο από το 5% του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης. Η παραπάνω προτροπή (για την οποία στο RFC 1889 προτείνεται και μέθοδος υλοποίησης της) έγινε από τους συγγραφείς του RFC 1889 έχοντας κατά νου multicast σύνοδο με μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων, στις οποίες υπάρχει ο κίνδυνος τα πακέτα ελέγχου να καταναλώνουν μεγάλο ποσοστό του διαθέσιμου εύρους. Σε αυτό τον αλγόριθμο λόγο της unicast μετάδοσης η οποία χρησιμοποιείται, μπορούμε να περιορίσουμε τον χρόνο μετάδοσης ανάμεσα σε δύο RTCP receiver αναφορές, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος το εύρος να καταναλώνεται στην μετάδοση πακέτων ελέγχου και όχι στην μετάδοση πολυμεσικής πληροφορίας. Εάν κριθεί απαραίτητο μπορούμε να αφιερώσουμε στα πακέτα ελέγχου του RTCP και ποσοστό μεγαλύτερο του 5%. Η RTCP receiver αναφορά η οποία μεταδίδει ο πελάτης, μεταξύ των άλλων παρέχει πληροφορίες για τα πακέτα RTP που χάθηκαν (το πιθανότερο λόγω συμφόρησης) και το jitter το οποίο παρουσιάζεται κατά την μετάδοση του βίντεο.



Σχήμα 3.5 – Μηχανισμός feedback Analysis

Ο μηχανισμός ανάλυσης πληροφοριών ανάδρασης εξάγει από την RTCP αναφορά παραλήπτη, που μετέδωσε ο πελάτης τις τιμές του ρυθμού απώλειας πακέτων (packet lose rate) και του jitter και τις περνά μέσα από τα κατάλληλα φίλτρα (Loss Rate Filter και Jitter Filter). Η ύπαρξη των φίλτρων κρίνεται απαραίτητη για να αποφύγουμε μεμονωμένα φαινόμενα να επηρεάσουν την συμπεριφορά του συστήματος και να οδηγήσουν σε εξαγωγή λάθος συμπερασμάτων για την κατάσταση του δικτύου.

Αναλυτικότερα, η τιμή του Loss Rate περνά από το παρακάτω φίλτρο:

$$LR_{new} = a * LR_{old} + (1 - a) * LR_{net} \quad (1)$$

Όπου:

LR_{new} : Η φιλτραρισμένη πλέον τιμή του Loss Rate.

LR_{old} : Η προηγούμενη τιμή του Loss Rate. Αρχικά $LR_{old} = 0$.

LR_{net} : Η τιμή του Loss Rate, η οποία περιλαμβάνεται στην RTCP receiver αναφορά που έστειλε ο πελάτης.

a : Ο συντελεστής ο οποίος καθορίζει το πόσο ο μηχανισμός Feedback Analysis θα είναι aggressive στις μεταβολές Loss Rate που λαμβάνει από το δίκτυο. Για το a ισχύει $0 \leq a \leq 1$. Είναι προφανές ότι για $a = 0$, ο μηχανισμός Feedback Analysis στηρίζεται για τον υπολογισμό του Loss Rate αποκλειστικά στα στοιχεία που λαμβάνει από το δίκτυο, ενώ για $a = 1$, ο μηχανισμός Feedback Analysis αγνοεί τα στοιχεία τα οποία λαμβάνει από το δίκτυο και αφορούν το Loss Rate.

Η τιμή του jitter η οποία λαμβάνεται από το δίκτυο περνά από το παρακάτω φίλτρο:

$$J_{new} = \beta * J_{old} + (1 - \beta) * J_{net} \quad (2)$$

Όπου:

J_{new} : Η φιλτραρισμένη πλέον τιμή του jitter.

J_{old} : Η προηγούμενη τιμή του jitter. Αρχικά $J_{old} = 0$.

J_{net} : Η τιμή του jitter, η οποία περιλαμβάνεται στην RTCP receiver αναφορά που έστειλε ο πελάτης.

β : Ο συντελεστής ο οποίος καθορίζει το πόσο ο μηχανισμός Feedback Analysis θα είναι aggressive στις μεταβολές jitter που λαμβάνει από το δίκτυο. Για το β ισχύει $0 \leq \beta \leq 1$. Είναι προφανές ότι για $\beta = 0$, ο μηχανισμός Feedback Analysis στηρίζεται για τον υπολογισμό του jitter αποκλειστικά στα στοιχεία που λαμβάνει από το δίκτυο, ενώ για $\beta = 1$, ο μηχανισμός Feedback Analysis αγνοεί τα στοιχεία τα οποία λαμβάνει από το δίκτυο και αφορούν το jitter.

Κάθε φορά που ο εξυπηρετητής λαμβάνει μια RTCP receiver αναφορά από τον πελάτη εφαρμόζει τα φίλτρα που περιγράφονται παραπάνω στις τιμές του jitter και του loss rate που λαμβάνει από το δίκτυο. Επιλέγοντας κατάλληλα τις τιμές του a και του β μπορούμε να καθορίζουμε την συμπεριφορά του feedback analysis μηχανισμού.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα οι φιλτραρισμένες τιμές του jitter και του loss rate εισέρχονται στο μέρος Network Condition Estimation του feedback analysis μηχανισμού. Το Network Condition Estimation κάνει εκτιμήσεις για την κατάσταση του δικτύου βασισμένο στις φιλτραρισμένες τιμές του jitter και του loss rate. Το μέρος Network Condition Estimation κατατάσσει το δίκτυο σε μια από τις παρακάτω καταστάσεις:

- Κατάσταση Congestion: Όταν το δίκτυο είναι σε κατάσταση συμφόρησης, οι απώλεια πακέτων είναι υψηλή, σε τέτοιο βαθμό ώστε η ποιότητα του μεταδιδόμενου βίντεο στον παραλήπτη να είναι χαμηλή. Ο εξυπηρετητής πρέπει άμεσα να μειώσει τον ρυθμό με τον οποίο εισάγει δεδομένα στο δίκτυο.

- Κατάσταση Load: Όταν το δίκτυο είναι σε κατάσταση load υπάρχουν απώλειες πακέτων αλλά είναι σε τέτοιο ποσοστό που δεν δημιουργούν σημαντικό πρόβλημα στην ποιότητα μετάδοσης του βίντεο. Όταν το δίκτυο είναι σε κατάσταση load ο εξυπηρετητής διατηρεί τον υπάρχον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων στο δίκτυο.

- Κατάσταση Unload: Όταν το δίκτυο είναι σε κατάσταση unload είτε δεν υπάρχουν απώλειες πακέτων είτε οι απώλειες πακέτων είναι ελάχιστες με αποτέλεσμα ο εξυπηρετητής να έχει την δυνατότητα να αυξήσει τον ρυθμό με τον οποίο εισάγει δεδομένα στο δίκτυο βελτιώνοντας την ποιότητα της μετάδοσης.

Η μεταβίβαση του δικτύου από την μια κατάσταση στην άλλη εξαρτάται από την επεξεργασία των φιλτραρισμένων τιμών του loss rate και του jitter. Αναλυτικότερα όσο αφορά το loss rate υπάρχουν δύο τιμές LR_c (congestion loss rate) και LR_u (unload loss rate) οι οποίες καθορίζουν την αλλαγή κατάστασης του δικτύου σύμφωνα με τα παρακάτω:

$$if(LR_{new} \geq LR_c) \rightarrow congestion$$

$$if(LR_u < LR_{new} < LR_c) \rightarrow unload \quad (3)$$

$$if(LR_{new} \leq LR_u) \rightarrow load$$

Για το φιλτραρισμένο jitter δεν υπάρχουν κάποια όρια τα οποία να καθορίζουν την μετάβαση από την μια κατάσταση του δικτύου στην άλλη και αυτό γιατί δεν υπάρχουν απόλυτες τιμές που να καθορίζουν την συμπεριφορά του jitter αλλά η τιμές του jitter εξαρτώνται άμεσα από το μονοπάτι το οποίο διέρχεται η μετάδοση του βίντεο και τις κάθετες ροές δεδομένων πάνω σε αυτό το μονοπάτι. Η ανάλυση του jitter βασίζεται στο γεγονός ότι απότομη αύξηση του jitter ίσως να σημαίνει υπερφόρτωση των buffers στο μονοπάτι μετάδοσης του βίντεο και να υποδηλώνει κατάσταση συμφόρησης στις αμέσως επόμενες χρονικές στιγμές (η παραπάνω παραδοχή αγνοεί το jitter που τυχόν εισάγει ο εξυπηρετητής (Host Included Jitter) γεγονός το οποίο αντιμετωπίζεται με την χρήση

ισχυρών σταθμών εργασίας ως εξυπηρετητές). Το μέρος Network Condition Estimation αντιλαμβάνεται την απότομη αύξηση της τιμής του jitter ως ένδειξη συμφόρησης και θέτει το δίκτυο στην κατάσταση αυτή. Αναλυτικότερα χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση για την ανάλυση του jitter:

$$if(J_{new} > \gamma * J_{old}) \rightarrow congestion \quad (4)$$

Όπου γ ένας συντελεστής που καθορίζει το πόσο aggressive θα είναι ο μηχανισμός στις μεταβολές του jitter. Με άλλα λόγια το γ καθορίζει ποσοτικά την έκφραση "απότομη αύξηση του jitter".

Το μέρος Network Condition Estimation μεταφέρει την εκτίμηση του για την κατάσταση του δικτύου στο μέρος New Transmission Rate Estimation το οποίο προσαρμόζει τον ρυθμό μετάδοσης με την χρήση μιας μεθόδου προσθετικής αύξησης και πολλαπλασιαστικής μείωσης του εύρους ζώνης.

Η τεχνική η οποία προτείνεται στηρίζεται στην παρακάτω λογική η οποία ακολουθείται από πολλές εφαρμογές σήμερα στο Internet: Όταν η εφαρμογή διαπιστώνει διαθέσιμο εύρος ζώνης αυξάνει το ρυθμό με τον οποίο εισάγει δεδομένα στο δίκτυο προσθέτοντας ένα παράγοντα (probing). Σε περίπτωση που η εφαρμογή αντιληφθεί συμφόρηση μειώνει το ρυθμό με τον οποίο εισάγει δεδομένα στο δίκτυο πολλαπλασιάζοντας τον ρυθμό μετάδοσης με ένα ποσοστό (μικρότερο του 1) (back-off). Αναλυτικότερα, το μέρος New Transmission Rate Estimation βασισμένο στην πληροφορία την οποία λαμβάνει από το μέρος Network Condition Estimation και εκτελεί την παρακάτω διαδικασία:

$$if(network = unload) \rightarrow R_{new} = R_{old} + R_{increase}$$

$$if(network = load) \rightarrow R_{new} = R_{old} \quad (5)$$

$$if(network = congestion) \rightarrow R_{new} = R_{old} * R_{decrease}$$

Όπου:

R_{new} : Η νέα τιμή του ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων από τον εξυπηρετητή στο δίκτυο.

R_{old} : Η τρέχουσα τιμή του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων από τον εξυπηρετητή στο δίκτυο.

$R_{increase}$: Η τιμή με την οποία αυξάνει ο εξυπηρετητή τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων στο δίκτυο.

$R_{decrease}$: Το ποσοστό με το οποίο μειώνει ο εξυπηρετητή τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων στο δίκτυο. Ισχύει $0 < R_{decrease} < 1$.

Η νέα τιμή R_{new} του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων μεταφέρεται στο Quality Adaptation τμήμα του εξυπηρετητή το οποίο αυξάνει ή μειώνει το ρυθμό μετάδοσης των frame του βίντεο.

Η λειτουργία και η συμπεριφορά του μηχανισμού Feedback Analysis επηρεάζεται από τις τιμές των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται ($\alpha, \beta, \gamma, LR_c, LR_u, R_{increase}, R_{decrease}$). Η επιλογή των παραμέτρων εξαρτάται από το δίκτυο και το είδος της κίνηση του. Οι παράμετροι που ταιριάζουν σε κάθε δίκτυο μπορούν να προσδιοριστούν μέσα από μια σειρά πειραμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Προτεινόμενος αλγόριθμος

4.1 Γενικά

4.2 Αρχιτεκτονική προτεινόμενου αλγόριθμου

4.3 WRAPI+

4.4 Adaptive control

4.5 JMF (Java Media Framework)

4.6 Περιγραφή Υλοποίησης

4.1 Γενικά

Η δική μας προσέγγιση όσα αφορά τα τρία κρίσιμα χαρακτηριστικά (μηχανισμός μεταφοράς των δεδομένων, μηχανισμός feedback σχετικά με την κατάσταση του δικτύου και μηχανισμός ο οποίος χρησιμοποιείται για να προσαρμοστεί η μετάδοση των δεδομένων στις εκάστοτε συνθήκες του δικτύου) που επηρεάζουν μια υπηρεσία προσαρμοστικής μετάδοσης περιγράφεται στην συνέχεια:

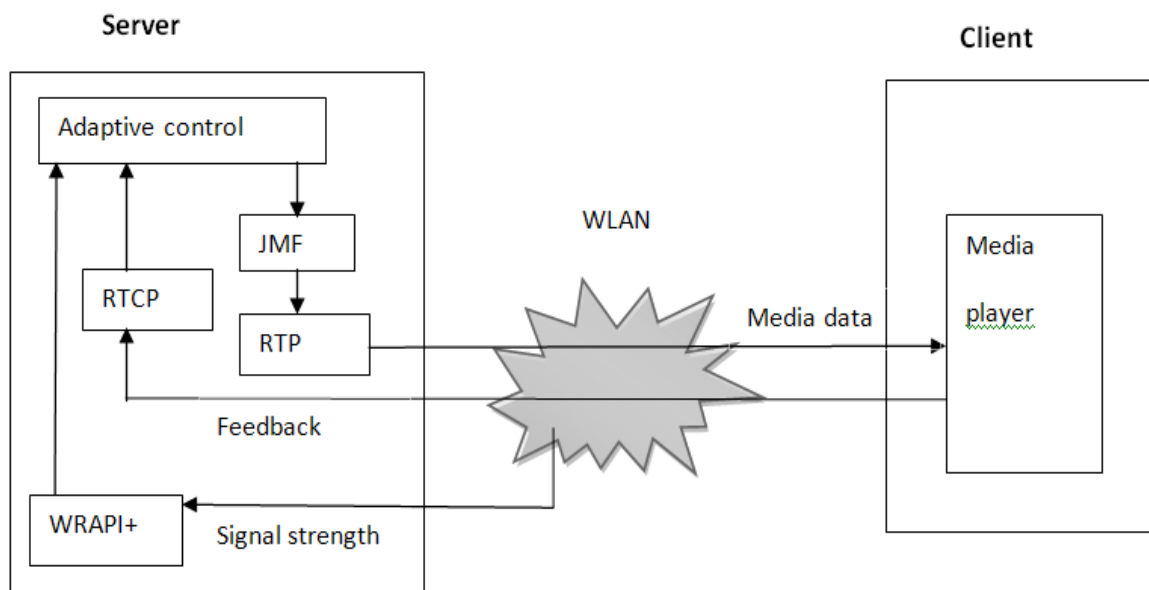
- Όσο αφορά το μηχανισμό μεταφοράς των πολυμεσικών δεδομένων επιλέξαμε τα πρωτόκολλα RTP/RTCP πάνω από το πρωτόκολλο UDP/IP. Το πρωτόκολλο RTCP (όπως περιγράψαμε αναλυτικά στο κεφάλαιο 2) παρέχει πολλές πληροφορίες για απεικόνιση της ποιότητας του μεταδιδόμενου ήχου και βίντεο, οι οποίες πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατάσταση του δικτύου. Το πρωτόκολλο RTP χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πολυμεσικού περιεχομένου.

- Όσο αφορά το μηχανισμό ανάδρασης σχετικά με την κατάσταση του δικτύου χρησιμοποιούμε τις πληροφορίες που μας παρέχει το πρωτόκολλο RTCP (μέσα από τις αναφορές παραλήπτη - Receiver Report) σχετικά με τις απώλειες πακέτων και το jitter κατά την διάρκεια της μετάδοσης. Επίσης, χρησιμοποιούμε την ισχύ του σήματος μέσω του εργαλείου WRAP+ και αποφασίζουμε για την κατάσταση του δικτύου.

- Όσο αφορά το μηχανισμό ο οποίος χρησιμοποιείται για να προσαρμοστεί η μετάδοση των δεδομένων στις εκάστοτε συνθήκες του δικτύου χρησιμοποιούμε την τεχνική του rate shaping σύμφωνα με την οποία για να περιορίσουμε την μεταδιδόμενη πληροφορία επηρεάζοντας κατάλληλες παραμέτρους στην πλευρά του εξυπηρετητή με αποτέλεσμα το βίντεο να μεταδίδεται σε χειρότερη ποιότητα σε περίπτωση που υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο.

Ο αλγόριθμος που προτείνουμε είναι για unicast μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου, δηλαδή ο εξυπηρετητής στέλνει δεδομένα σε μόνο ένα πελάτη. Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου αλγόριθμου και τα διάφορα μέρη από τα οποία αποτελείται αναλύονται στην συνέχεια.

4.2 Αρχιτεκτονική προτεινόμενου αλγόριθμου



Σχήμα 4.1 - Αρχιτεκτονική αλγορίθμου

Server: Ο εξυπηρετητής έχει αποθηκευμένα τα αρχεία πολυμεσικού περιεχομένου τα οποία θα μεταδοθούν στον πελάτη. Τα αρχεία είναι αποθηκευμένα σε κωδικοποιημένη μορφή (για παράδειγμα avi, mpeg). Κάνει την προσαρμογή της ποιότητας του βίντεο μέσω του μηχανισμού Adaptive Control ο οποίος θα αναλυθεί στη συνέχεια.

JMF: Αυτό το τμήμα δηλώνει ότι ο αλγόριθμος υλοποιείται μέσω του εργαλείου JMF (Java Media Framework). Αυτό το εργαλείο θα αναλυθεί στη συνέχεια.

RTP: Το RTP χρησιμοποιείται για την μετάδοση του βίντεο από τον εξυπηρετητή προς τον πελάτη. Το RTP, είναι ένα πρωτόκολλο που προσφέρει υπηρεσίες μεταφοράς για δεδομένα από άκρο σε άκρο (end-to-end) με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου (real-time characteristics), όπως ήχος ή κινούμενη εικόνα (video) και άλλες εφαρμογές πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτου, όπως τα IP δίκτυα. Τέτοιες υπηρεσίες είναι ο καθορισμός και η αναγνώριση του τύπου των δεδομένων που μεταδίδονται (payload type), σειριακή αρίθμηση των πακέτων, χρονοσφράγιση πακέτων (timestamping) και έλεγχος των διαδικασιών μεταφοράς.

RTCP: Με την χρήση του RTCP ο πελάτης ενημερώνει τον εξυπηρετητή για την ποιότητα του βίντεο που λαμβάνει. Οι RTCP αναφορές παραλήπτη περιλαμβάνουν πληροφορίες για το ρυθμό απώλειας πακέτων και για το jitter κατά τη μετάδοση των δεδομένων. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται από το τμήμα Adaptive control του εξυπηρετητή για να αποφασίσουμε τις συνθήκες του δικτύου.

WRAP+ : Είναι το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για να δώσει στον εξυπηρετητή την τιμή του signal strength. Θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Adaptive control: Αυτός ο μηχανισμός είναι υπεύθυνος για να προσαρμόζει την ποιότητα του βίντεο που μεταδίδεται στον πελάτη. Παίρνει σαν είσοδο τις πληροφορίες ανάδρασης (feedback) δηλαδή τα πακέτα αναφοράς παραλήπτη και την ισχύ του σήματος (signal strength). Ανάλογα με τις τιμές που έχουν οι μεταβλητές signal strength, jitter και packet loss αποφασίζει αν έχει συμφόρηση το δίκτυο. Αν το δίκτυο έχει συμφόρηση, τότε μειώνει την ποιότητα με την οποία στέλνει στον πελάτη το βίντεο. Θα αναλυθεί περισσότερο στη συνέχεια.

WLAN: Είναι το ασύρματο δίκτυο το οποίο συνδέει τον πελάτη με τον εξυπηρετητή. Αν δεν υπάρχει ασύρματο δίκτυο στην περιοχή τότε ο αλγόριθμος δεν μπορεί να λειτουργήσει.

Client: Είναι ο πελάτης ο οποίος θα παραλάβει τα RTP πακέτα του βίντεο από τον εξυπηρετητή θα τα αποκωδικοποιήσει και θα τα δώσει στο media player.

Media player: Είναι το JMF media player το οποίο είναι εγκατεστημένο στον πελάτη για να μπορεί μέσω αυτού να βλέπει το βίντεο που του στέλνει ο εξυπηρετητής. Το JMF media player όπως και κάθε media player δίνει την δυνατότητα στον πελάτη να ελέγξει το πολυμεσικό περιεχόμενο που παραλαμβάνει με τα κουμπιά play, pause και close.

4.3 WRAPI+

Το WRAPI+ (ζwireless research API) είναι μια βιβλιοθήκη της C++. Αρχικά δημιουργήθηκε το WPAPI1.0 και στη συνέχεια η νέα έκδοση WPAPI2.0 το 2002. Παρέχει λειτουργίες για να βγάζουμε στατιστικά στοιχεία για ένα ασύρματο δίκτυο σε περιβάλλον windows XP.

Όταν τρέχει σε ένα υπολογιστή το WRAPI+ περιοδικά (κάθε 0.5 δευτερόλεπτο (500ms) όπως είναι προκαθορισμένο) αναφέρει και αντιγράφει σε αρχείο τα στατιστικά του δικτύου IEEE802.11 αν βέβαια υπάρχει τέτοιο δίκτυο στην περιοχή που βρίσκεται ο υπολογιστής. Με την λέξη στατιστικά εννοούμε την δύναμη του σήματος που λαμβάνουμε, πόσα πλαίσια μεταδόθηκαν, πόσα πλαίσια δεν μεταδόθηκαν, πόσα acknowledgement (ack) πήραμε και άλλα.

Πριν τη χρήση αυτού του εργαλείου πρέπει να τοποθετηθούν στο command prompt δύο εντολές. Η εντολή “ net start ndisui0” για να ξεκινήσει το πρωτόκολλο ndisui0 (ndis user mode input output driver) αν δεν είναι ήδη ξεκινήμένο. Αυτό το πρωτόκολλο (που είναι εγκατεστημένο στο c:\windows\system32\drivers) είναι ασυνδεσμοστρεφές και επιτρέπει σε εφαρμογές να δημιουργήσουν και να σταματήσουν ένωση με την κάρτα του υπολογιστή είτε είναι ασύρματη ή ethernet και να και να μεταδώσουν δεδομένα. Επίσης, πρέπει να τοποθετηθεί η εντολή “ net stop wzcsvc” για να σταματήσει την υπηρεσία των

windows που ονομάζεται wireless zero configuration. Αυτή η υπηρεσία συνήθως ξεκινά μαζί με τα windows. Διαμορφώνει τις ασύρματες κάρτες να ανιχνεύουν αν υπάρχει διαθέσιμο access point και τις συσχετίζουν με το access point που έχει το πιο δυνατό σήμα. Το πρόβλημα είναι ότι δεν επιτρέπουν σε άλλες εφαρμογές (όπως το WRAPI+) να ενωθούν με την ασύρματη σύνδεση και γι' αυτό πρέπει αυτή η υπηρεσία να σταματήσει.

Το WRAPI1.0 και στη συνέχεια WRAPI2.0 ήταν συμβατά με ασύρματες κάρτες που υποστήριζαν το πρότυπο 802.11b. Το WRAPI+ το οποίο δημιουργήθηκε το 2005 υποστηρίζει ασύρματες κάρτες που υποστηρίζουν το πρότυπο 802.11b και 802.11g. Αυτό το πακέτο περιέχει μεταξύ άλλων και ένα εκτελέσιμο αρχείο το wrapi.exe. Αυτό το αρχείο το καλούμε από το πρόγραμμα για να πάρουμε την ισχύ του σήματος. Αν υπάρχει ασύρματο δίκτυο στην περιοχή μας δίνει μια τιμή, αν δεν υπάρχει μας βγάζει μήνυμα λάθους και σταματά.

4.4 Adaptive control

Όπως έχει αναφερθεί αυτός ο μηχανισμός είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή της ποιότητας του βίντεο. Πιο συγκεκριμένα το βίντεο στέλνεται στον πελάτη με αρχική τιμή ποιότητας 3 η οποία θεωρείται πολύ καλή. Παίρνουμε πολλές μετρήσεις των τριών παραμέτρων (δέκα) κάθε φορά και μετά κάνουμε την προσαρμογή έτσι ώστε να μην αλλάζουμε κάθε δευτερόλεπτο την ποιότητα του βίντεο. Το WRAPI+ μετρά το signal strength κάθε 500ms δηλαδή κάθε 0.5 δευτερόλεπτα. Με το να παίρνουμε 10 μετρήσεις κάνουμε προσαρμογή του βίντεο κάθε 5 δευτερόλεπτα.

Στην αρχή η τιμή της μεταβλητής signal strength, packet loss και jitter είναι μηδέν. Για να βρούμε την αισθητή αύξηση ή αισθητή μείωση παίρνουμε τις δέκα μετρήσεις και τις διαιρούμε με το 10. Μετά συγκρίνουμε το αποτέλεσμα που θα βγει με την τιμή που βρήκαμε στα προηγούμενα 5 δευτερόλεπτα. Αυτό γίνεται για την κάθε μεταβλητή ξεχωριστά. Υπάρχουν οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Αν διαπιστώσουμε ότι υπάρχει αισθητή μείωση μόνο στη μεταβλητή signal strength (περισσότερο από 3 μονάδες) τότε αφαιρούμε 0.1 από την ποιότητα του βίντεο.
- Αν διαπιστώσουμε αισθητή αύξηση (περισσότερο από 0.01%) μόνο στον αριθμό των πακέτων που έχουν χαθεί (packet loss) τότε μειώνουμε την ποιότητα κατά 0.2.
- Αν διαπιστώσουμε αισθητή αύξηση (περισσότερο από 300 timestamps) μόνο στην καθυστέρηση μεταξύ των πακέτων (jitter) τότε μειώνουμε την ποιότητα κατά 0.2.
- Αν διαπιστώσουμε αισθητή μείωση στις τιμές του signal strength και αισθητή αύξηση στις τιμές του packet loss μειώνουμε την ποιότητα κατά 0.2.
- Αν διαπιστώσουμε αισθητή μείωση στις τιμές του signal strength και αισθητή αύξηση στις τιμές του jitter μειώνουμε την ποιότητα κατά 0.2.
- Αν διαπιστώσουμε αισθητή αύξηση στον αριθμό των πακέτων που έχουν χαθεί και στην καθυστέρηση μεταξύ των πακέτων (jitter) τότε μειώνουμε την ποιότητα κατά 0.3.
- Αν διαπιστώσουμε ότι και οι τρεις μεταβλητές είχαν επηρεαστεί σημαντικά θα μειώνουμε την ποιότητα κατά 0.4.
- Τέλος αν διαπιστώσουμε ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά σε καμιά από τις τρεις μεταβλητές τότε αυξάνεται η ποιότητα κατά 0.1.

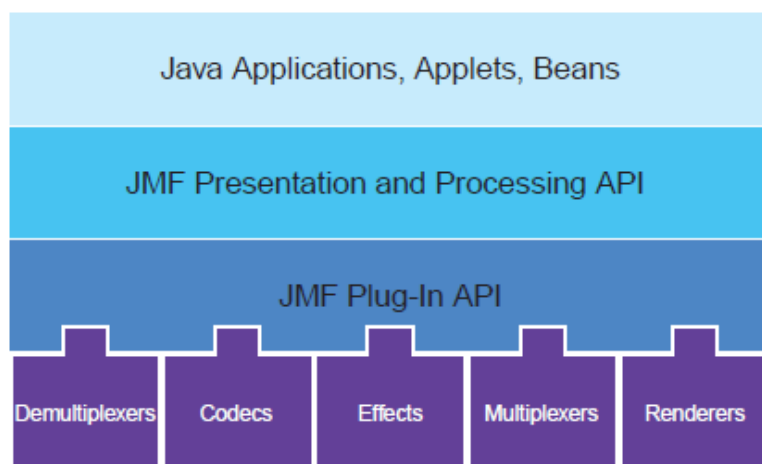
Αυτή η διαδικασία θα γίνεται μέχρι την ολοκλήρωση της μετάδοσης του βίντεο.

4.5 JMF (Java Media Framework)

4.5.1 Γενικά

Το JMF έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει τους περισσότερους πρότυπους τύπους περιεχομένου πολυμεσικών δεδομένων όπως AIFF, AU, AVI, GSM, MIDI, MPEG, QuickTime, RMF και WAV. Ταυτόχρονα, επιτρέπει στους προγραμματιστές να υλοποιούν εξειδικευμένες λειτουργίες επεξεργασίας μη-επεξεργασμένων δεδομένων, έτσι ώστε να επεκτείνονται στην υποστήριξη επιπλέον τύπων περιεχομένου και διαμορφώσεων, να βελτιστοποιούν το χειρισμό των διαμορφώσεων που υποστηρίζονται και να δημιουργούν

νέους μηχανισμούς παρουσίασης. Έτσι, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα της Java πλατφόρμας, το JMF επιτυγχάνει στο να παρέχει τη δυνατότητα "Write Once, Run Anywhere" σε προγραμματιστές που θέλουν να χρησιμοποιήσουν δεδομένα βίντεο και ήχου στα προγράμματά τους



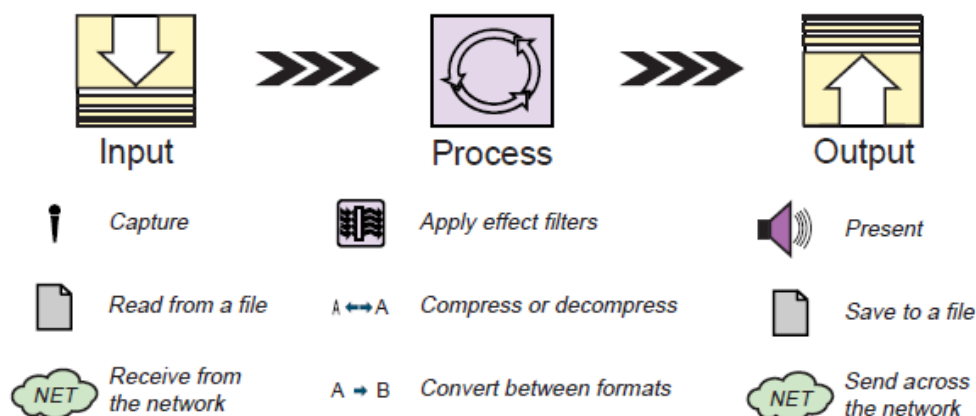
Σχήμα 4.2 - Υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική του JMF API

Το JMF χρησιμοποιεί ένα οικείο μοντέλο για την καταγραφή, επεξεργασία και παρουσίαση δεδομένων που βασίζονται στο χρόνο, σύμφωνα με το οποίο παρέχεται σε μια συσκευή η ροή των δεδομένων π.χ. βάζοντας μια βίντεο κασέτα σε μια VCR συσκευή και η συσκευή αυτή διαβάζει, μεταφράζει τα δεδομένα της κασέτας και στέλνει τα κατάλληλα σήματα στις συσκευές εξόδου π.χ. στην οθόνη της τηλεόρασης και τα ηχεία.

Στην περίπτωση του JMF, μια πηγή δεδομένων (data source) συγκεντρώνει τη ροή δεδομένων και ένας player παρέχει μηχανισμούς επεξεργασίας και ελέγχου ακριβώς όπως μια VCR συσκευή. Η αναπαραγωγή και καταγραφή ήχου και βίντεο με το JMF απαιτεί τις κατάλληλες συσκευές εισόδου-εξόδου όπως μικρόφωνα, κάμερες, ηχεία και οθόνες.

Οι data sources και players αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα του υψηλού επιπέδου API του JMF για την καταγραφή, παρουσίαση και επεξεργασία δεδομένων βασισμένων στο χρόνο. Το JMF παρέχει επίσης ένα API χαμηλότερου επιπέδου που υποστηρίζει τη

διαφανή ενοποίηση των τυπικών τμημάτων επεξεργασίας με τα αντίστοιχα τμήματα που αποτελούν επεκτάσεις. Αυτή η διαστρωμάτωση παρέχει στους προγραμματιστές σε Java ένα εύχρηστο API για την ενσωμάτωση δεδομένων πολυμέσων σε Java προγράμματα ενώ ταυτόχρονα διατηρεί την ευελιξία και την επεκτασιμότητα που απαιτείται για την υποστήριξη προηγμένων εφαρμογών πολυμέσων και μελλοντικών τεχνολογιών.



Σχήμα 4.3 - Μοντέλο επεξεργασίας πολυμεσικού περιεχομένου

4.5.2 Βασικές ορολογίες

MediaLocator: Περιγράφει την τοποθεσία του media stream. Είναι το ίδιο με το URL και μπορεί να κατασκευαστεί από ένα URL, αλλά μπορεί να κατασκευαστεί ακόμα και όταν ο αντίστοιχος χειριστής του πρωτοκόλλου δεν είναι εγκατεστημένος στο σύστημα.

DataSource: Περιέχει τα media streams (video, audio ή συνδυασμό των δύο), τη 'διεύθυνση' των media και το σχετικό πρωτόκολλο για παράδοση. Το απαιτούμενο δεδομένο εισόδου για τη δημιουργία του είναι η 'διεύθυνση' των media (JMF MediaLocator ή URL). Υπάρχουν δύο κατηγορίες. Η Pull Data Source όπου ο πελάτης αρχίζει την μετάδοση και η Push Data Source όπου ο εξυπηρετητής αρχίζει την μετάδοση.

Media Streams: Ένα media stream είναι media δεδομένα του προς μετάδοση αρχείου. Μπορεί να αποτελείται από πολλά κανάλια τα οποία ονομάζονται Tracks. Streams με πολλά Tracks ονομάζονται multiplexed ή complex Media Streams και με την διαδικασία demultiplexing (αποπλέκουμε) τα διάφορα Tracks. Ο τύπος του Track (Track's type) καθορίζει τον τύπο των δεδομένων, αν είναι δηλαδή video ή audio. Αντιστοίχως με το DataSource, υπάρχουν δύο κατηγορίες Media Streams. Η Pull όπου ο πελάτης αρχίζει την μετάδοση και η Push όπου ο εξυπηρετητής αρχίζει την μετάδοση.

Capture Devices: Συσκευές λήψης των media, π.χ. κάμερα, μικρόφωνο κτλ.

DataSink: Χρησιμοποιείται για να διαβάζει δεδομένα πολυμέσων από μια DataSource και να τα οδηγήσει στον προορισμό. Ο προορισμός μπορεί να είναι ένα αρχείο ή ένα δίκτυο. Τα αντικείμενα DataSink κατασκευάζονται μέσω του Manager χρησιμοποιώντας μια DataSource. Μια DataSink αναφέρει ένα DataSinkEvent για να δείξει την κατάστασή του.

Event Model: Δομημένος μηχανισμός αναφοράς αλλαγών/ γεγονότων, ώστε τα προγράμματα του JMF να ενημερώνονται για την τρέχουσα κατάσταση των δεδομένων και να μπορούν να αντιμετωπίσουν τυχόν λάθη. Όταν ένα αντικείμενο JMF θέλει να αναφέρει την τρέχουσα κατάσταση αποστέλλει ένα MediaEvent. Υπάρχουν πολλοί τύποι MediaEvents και για κάθε ένα τέτοιο τύπο το JMF ορίζει μια διεπιφάνεια η οποία λαμβάνει αυτές τις ειδοποιήσεις, καλώντας την μέθοδο addListener.

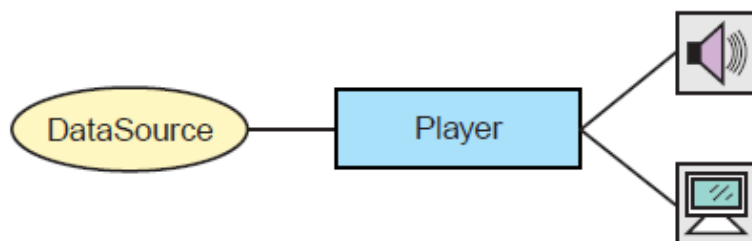
Session: Είναι, θα λέγαμε, η ταυτότητα της επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών. Στο αντικείμενο αυτό περιέχονται οι διευθύνσεις των επικοινωνούντων υπολογιστών, οι θύρες μέσω των οποίων θα πραγματοποιηθεί η επικοινωνία, το format των προς μετάδοση δεδομένων και κάποια λοιπά χαρακτηριστικά της επικοινωνίας (π.χ. FrameSize). Η διεπιφάνεια RTPManager (πρώην SessionManager) είναι υπεύθυνη για την δημιουργία, την αρχικοποίηση, την συμμετοχή και το κλείσιμο ενός Session.

Managers: Διαμεσολαβητικά αντικείμενα τα οποία σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν την συμπεριφορά και την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι διάφορες λειτουργίες και επεξεργασίες επί των δεδομένων. Είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ Java και JMF καθώς επιτρέπουν στις εφαρμογές των νέων διεπιφανειών και δυνατοτήτων (του JMF) να χρησιμοποιούνται, χωρίς κανένα πρόβλημα, με ήδη υπάρχουσες κλάσεις (της Java).

Το JMF χρησιμοποιεί τέσσερις Managers:

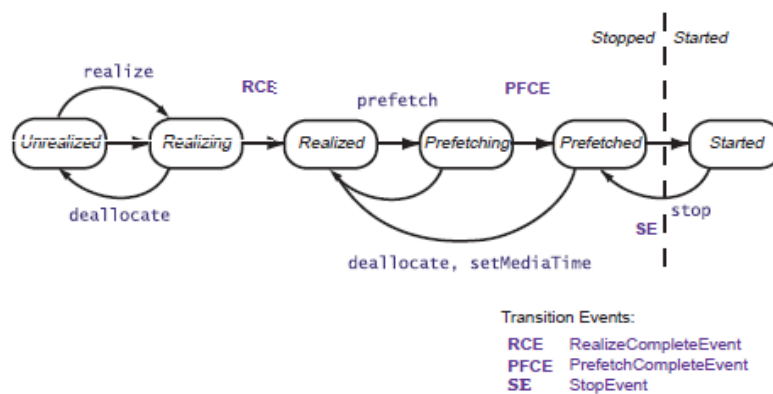
- Manager: Χειρίζεται την κατασκευή των Players, των Processors, των DataSources και των DataSinks, με τη χρήση συναρτήσεων κατασκευής.
- PackageManager: Διατηρεί ένα αρχείο πακέτων που περιέχονται στις JMF κλάσεις, όπως οι Players, οι Processors, οι DataSources, οι DataSinks.
- CaptureDeviceManager: Διατηρεί αρχείο όλων των διαθέσιμων συσκευών λήψης.
- PlugInManager: Διατηρεί αρχείο των διαθέσιμων JMF plug-ins. Αν υλοποιήσουμε ένα νέο plug-in, το καταγράφουμε με τη βοήθεια του PlugInManager, ώστε να γίνει διαθέσιμο στους Processors που υποστηρίζουν το plug-in API. Τα διαθέσιμα plug-ins είναι Multiplexers, Demultiplexers, Codecs, Effects και Renderers.

4.5.3 Κλάση player



Σχήμα 4.4 - Μοντέλο Player

Όπως βλέπουμε στο Σχήμα 4.4 ένας Player δέχεται σαν δεδομένα εισόδου ένα stream δεδομένων βίντεο ή ήχο από το DataSource και τα παρουσιάζει στην οθόνη ή στα ηχεία του Η/Υ. Ωστόσο, οι Players λειτουργούν σαν μαύρα κουτιά, με την έννοια ότι δεν μας επιτρέπουν επεξεργασία των input streams ή έλεγχο επί της προβολής. Όπως βλέπουμε στο Σχήμα 4.5 ένας Player μπορεί να βρίσκεται σε μία εκ των παρακάτω έξι καταστάσεων:



Σχήμα 4.5 - Καταστάσεις του Player

Unrealized: η κατάσταση στην οποία εισέρχεται ο Player μόλις δημιουργηθεί. Δεν γνωρίζει τίποτα για τα media του.

Realizing: ο Player εισέρχεται σε αυτήν την κατάσταση όταν η μέθοδος Realize καλείται. Στην φάση αυτή ο Player καθορίζει τα χαρακτηριστικά του, δηλαδή τις απαιτήσεις του και τα υποστηριζόμενα formats.

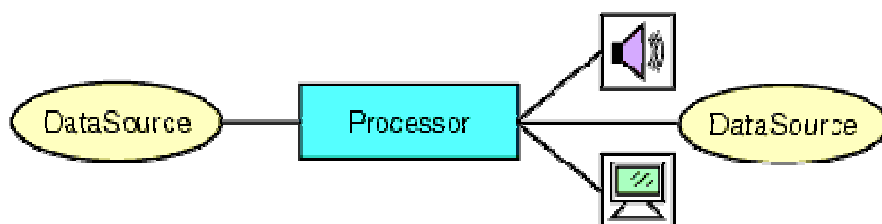
Realized: στην κατάσταση αυτή ο Player γνωρίζει τα χαρακτηριστικά του, τον τύπο του media που θα παρουσιάσει και μπορεί να παρέχει visual components και controls.

Prefetching: ο Player ετοιμάζεται να παρουσιάσει τα media του. Στην φάση αυτή ο Player προ-φορτώνει τα προς παρουσίαση media data και δεσμεύει απαραίτητες πηγές.

Prefetched: στην κατάσταση αυτή ο Player είναι έτοιμος να ξεκινήσει.

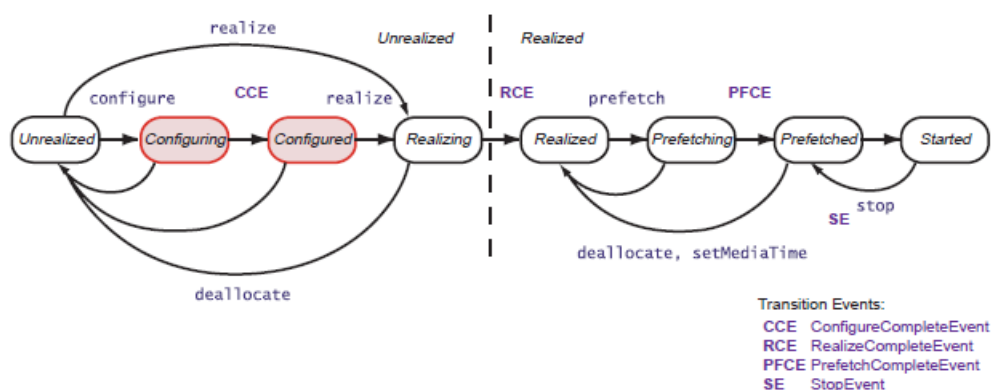
Started: ο Player έχει ξεκινήσει και μπορεί να αρχίσει η παρουσίαση των media.

4.5.4 Κλάση processor



Σχήμα 4.6 - Μοντέλο processor

ο Processor είναι ένας τύπος Player ο οποίος έχει κατά βάση τα ίδια χαρακτηριστικά με τον Player. Ωστόσο, ο Processor δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επέμβει και να ελέγξει την επεξεργασία των media data. Επίσης όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.6 ο Processor μπορεί να στείλει τα εξαγόμενα δεδομένα (output data) είτε για παρουσίαση (όπως και ο Player) είτε σε ένα DataSource το οποίο μπορεί να αποτελέσει είσοδο για ένα νέο Player ή Processor.



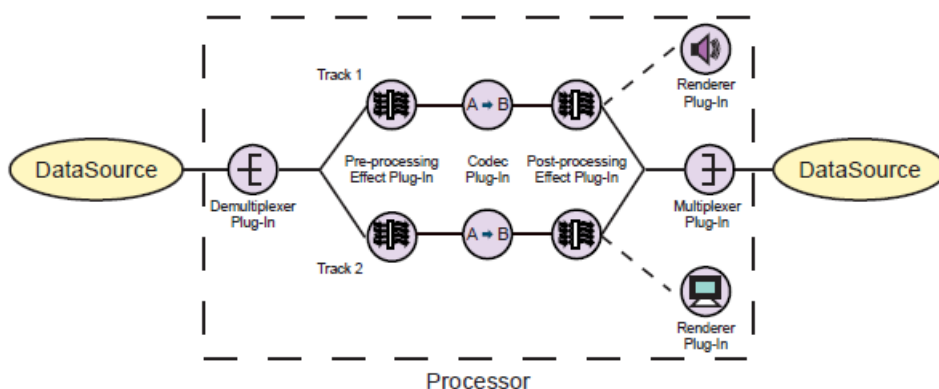
Σχήμα 4.7 - Καταστάσεις του processor

Το Σχήμα 4.7 δείχνει όλες τις καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρίσκεται ο processor. Να επισημανθεί ότι ο Processor πέρα από τις έξι καταστάσεις του Player μπορεί να βρίσκεται σε ακόμη δύο καταστάσεις οι οποίες τοποθετούνται μετά την Unrealized και πριν την Realizing κατάσταση. Οι δύο λοιπόν αυτές καταστάσεις είναι:

Configuring: ο Processor εισέρχεται σε αυτήν την κατάσταση όταν καλείται η μέθοδος `configure ( )`. Στην φάση αυτή ο Processor συνδέεται (επικοινωνεί) με το DataSource, αποπλέκει το εισερχόμενο stream και συγκεντρώνει πληροφορίες για το format των εισερχόμενων δεδομένων.

Configured: ο Processor εισέρχεται στη φάση αυτή όταν έχει συνδεθεί με το DataSource και έχει καθοριστεί το format των δεδομένων. Ο Processor πλέον μπορεί, καλώντας την μέθοδο `getTrackControls`, να ‘πάρει’ τα TrackControl αντικείμενα για το καθένα κανάλι (track) του media stream. Μέσω αυτών των αντικείμεμων μπορούμε να προγραμματίσουμε τον Processor ώστε να επεξεργαστεί τα δεδομένα μας όπως εμείς θέλουμε. Συγκεκριμένα μπορούμε να προσδιορίσουμε τα Effect, Codec και Renderer Plug-ins.

Το Σχήμα 4.8 μας δείχνει ότι η επεξεργασία των πολυμεσικών δεδομένων χωρίζεται σε πολλά στάδια τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.



Σχήμα 4.8 - Στάδια επεξεργασίας πολυμεσικών δεδομένων του processor

- Demultiplexing είναι η διαδικασία όπου χωρίζουμε τα δεδομένα εισόδου. Αν η ροή περιέχει πολλά tracks το καθένα το επεξεργαζόμαστε διαφορετικά. Για παράδειγμα ένα αρχείο μπορεί να γίνει demultiplexed σε δύο διαφορετικά track, ένα για τον ήχο και ένα

για το βίντεο. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται αυτόματα όταν τα δεδομένα εισόδου περιέχουν και ήχο και βίντεο. Γίνεται με το JMF plug-in Demultiplexer.

- Pre-Processing είναι η διαδικασία όπου εφαρμόζουμε αλγόριθμους για να επεξεργαστούμε τα tracks που δημιουργήσαμε από την ροή εισόδου. Γίνεται με το JMF plug-in Effect.

- Transcoding είναι η διαδικασία όπου μετατρέπουμε το κάθε track από την αρχική του μορφή σε κάποια άλλη μορφή. Όταν ένα track (βίντεο ή ήχος) το οποίο είναι μια ροή δεδομένων μετατρέπεται από μια συμπιεσμένη μορφή σε μια μη συμπιεσμένη μορφή ονομάζεται decoding. Όταν μετατρέπουμε μια ροή από μη συμπιεσμένη μορφή σε συμπιεσμένη μορφή ονομάζεται encoding. Γίνεται με το JMF plug-in Codec.

- Post-Processing είναι η διαδικασία όπου εφαρμόζουμε αλγόριθμους για να επεξεργαστούμε τα decoded tracks. Γίνεται με το JMF plug-in Effect.

- Multiplexing είναι η διαδικασία όπου ενώνουμε τα επεξεργασμένα tracks σε μια ροή εξόδου. Μπορούμε να ορίσουμε την μορφή των δεδομένων της ροής εξόδου με την μέθοδο του processor που ονομάζεται `setOutputContentDescriptor`. Γίνεται με το JMF plug-in Multiplexer.

- Rendering είναι η διαδικασία όπου παρουσιάζονται τα δεδομένα στον χρήστη (πελάτη) είτε στην οθόνη για το βίντεο ή στα ηχεία για τον ήχο. Γίνεται με το JMF plug-in Renderer.

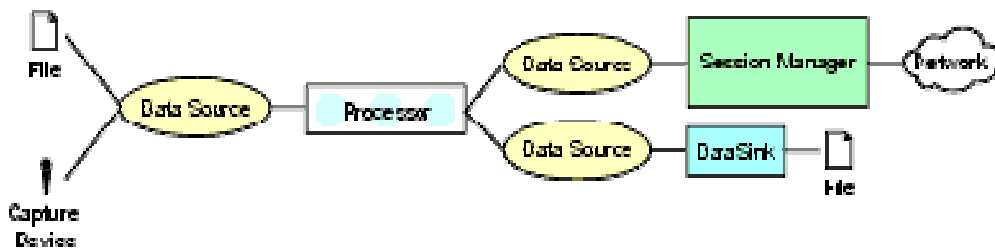
4.5.5 Χρήση του JMF στη μετάδοση RTP stream

Το JMF παρέχει τα API που ορίζονται στα πακέτα `javax.media.rtp`, `javax.media.rtp.event`, and `javax.media.rtp.rtcp`. για την αναπαραγωγή και τη μετάδοση του media stream.

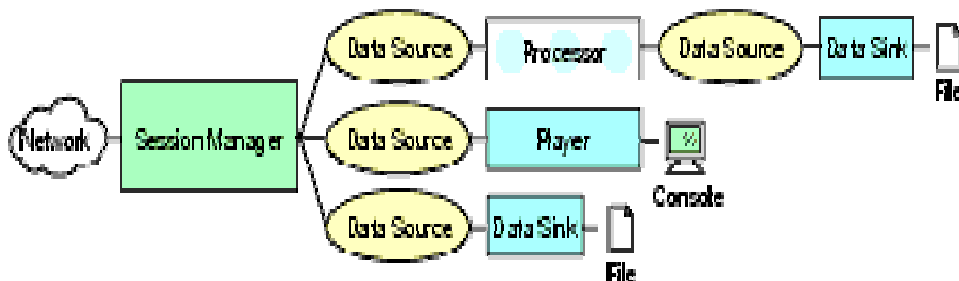
Υπάρχουν δύο τρόποι αναμετάδοσης ενός RTP media stream.

- Ο απλούστερος τρόπος για να μεταδοθούν RTP δεδομένα είναι ο εξής : Να κατασκευαστεί ένα DataSink με τη μέθοδο createDataSink () του αντικειμένου Manager με τη χρησιμοποίηση ενός MediaLocator.

- Με τη χρήση του SessionManager ώστε να δημιουργηθούν stream αποστολής του περιεχομένου. Ο τρόπος αυτός έχει το πλεονέκτημα ότι παρέχει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου της αναμετάδοσης. Πιο αναλυτικά, με αυτόν τον τρόπο έπειτα από τη ανάκτηση του DataSource από τον Processor, καλούνται οι μέθοδοι createSendStream() και startSession() του SessionManager. Στο Σχήμα 4.9 φαίνεται πως στέλνουμε πολυμεσικό περιεχόμενο από τον τοπικό μηχανισμό (εξυπηρετητή) στο διαδίκτυο. Στο Σχήμα 4.10 φαίνεται πως παραλαμβάνουμε πολυμεσικό περιεχόμενο από το διαδίκτυο μέσω του πρωτοκόλλου RTP. Μόνο με αυτή την μέθοδο έχουμε πρόσβαση στις RTCP αναφορές παραλήπτη.



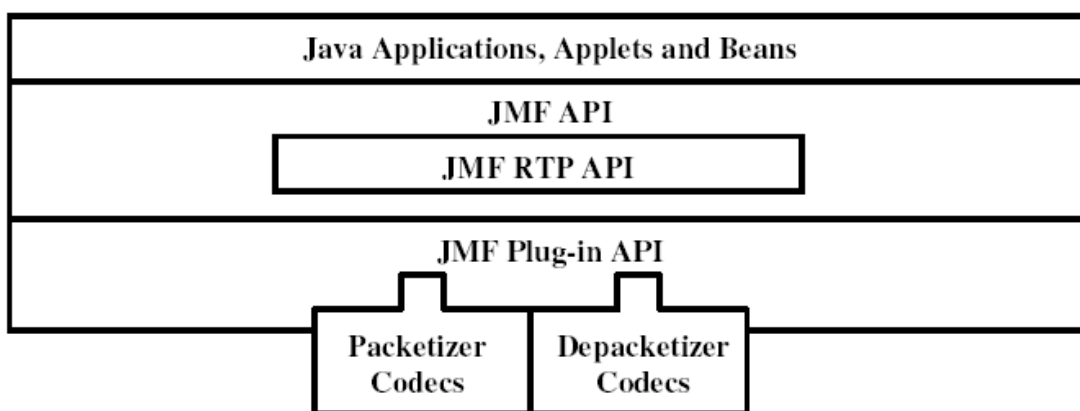
Σχήμα 4.9 - Αποστολή ενός media stream από το τοπικό μηχανήμα στο δίκτυο μέσω RTP



Σχήμα 4.10 - Λήψη ενός media stream από το δίκτυο μέσω RTP.

4.5.6 JMF RTP Αρχιτεκτονική

Τα JMF RTP APIs σχεδιάζονται για να λειτουργούν μαζί με τις δυνατότητες λήψης, παρουσίασης και επεξεργασίας του JMF. Οι Players και οι Processors χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν και να χειριστούν RTP ροές πολυμέσων. Το Σχήμα 4.11 δείχνει μια υψηλού επιπέδου JMF RTP αρχιτεκτονική. Στη συνέχεια περιγράφονται βασικές ορολογίες που χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση RTP πολυμεσικού περιεχομένου με τη χρήση του SessionManager.



Σχήμα 4.11 - Υψηλού επιπέδου RTP αρχιτεκτονική

RTP Session: Μια RTP Session ταυτοποιείται από μια διεύθυνση δικτύου και από ένα ζευγάρι ports. Το ένα port χρησιμοποιείται για τα δεδομένα πολυμέσων και το άλλο για τα δεδομένα ελέγχου (RTCP). Κάθε τύπος δεδομένων μεταδίδεται σε μια διαφορετική σύνοδο. Για παράδειγμα αν σε μια συνδιάσκεψη χρησιμοποιείται και εικόνα και ήχος, μια σύνοδος χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων ήχου και μια άλλη διαφορετική για τη μετάδοση βίντεο.

Session Participant: Ένας συμμετέχων είναι ένα απλό μηχάνημα, ένας host, ή ένας χρήστης που λαμβάνει μέρος στη σύνοδο. Η συμμετοχή σε μια σύνοδο μπορεί να είναι είτε παθητική λήψη δεδομένων ή ενεργητική μετάδοση ή και τα δυο.

Session Manager: Ο Session Manager χρησιμοποιείται για να συντονίσει μια RTP σύνοδο. Κρατάει τη διαδρομή του κάθε συμμετέχοντα της συνόδου και των streams που μεταδίδονται. Η διεπαφή του SessionManager ορίζει μεθόδους που επιτρέπουν σε μια εφαρμογή να αρχικοποιεί και να ξεκινά τη συμμετοχή σε μια σύνοδο, να διαγράφει τις ατομικές ροές που δημιουργήθηκαν από την εφαρμογή και τέλος να κλείνει ολόκληρη τη σύνοδο.

Session Statistics: Ο Session Manager διατηρεί στατιστικά για όλα τα RTP και RTCP πακέτα που στάλθηκαν και παρελήφθησαν κατά τη διάρκεια της συνόδου. Επίσης ο Session Manager παρέχει πρόσβαση σε όλα τα στατιστικά μετάδοσης και λήψης δεδομένων:

- GlobalReceptionStats: παρέχει πρόσβαση σ' όλα τα δεδομένα και ελέγχει τα στατιστικά λήψης μηνυμάτων γι' αυτή τη σύνοδο. Μπορούμε να πάρουμε το αντικείμενο GlobalReceptionStats με την κλήση της μεθόδου `getGlobalReceptionStats()` του SessionManager.
- GlobalTransmissionStats: παρέχει πρόσβαση σ' όλα τα δεδομένα και τα στατιστικά μετάδοσης γι' αυτή τη σύνοδο. Το αντικείμενο GlobalTransmissionStats επιστρέφεται με την κλήση της μεθόδου `getGlobalTransmissionStats()` του SessionManager.

Αυτά τα στατιστικά είναι χρήσιμα για την παρακολούθηση της ποιότητας των ροών δεδομένων στο τέλος της λήψης με σκοπό την προσαρμοστική μετάδοση των ροών.

4.6 Περιγραφή Υλοποίησης

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η εφαρμογή βασίζεται στο μοντέλο πελάτη εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής στέλνει το βίντεο στον πελάτη και ο πελάτης λαμβάνει το μεταδιδόμενο βίντεο. Ο κώδικας που υπάρχει στο παράρτημα A1 τρέχει στον εξυπηρετητή.

Παίρνει σαν είσοδο τρεις παραμέτρους που είναι οι εξής:

- Την τοποθεσία του προς μετάδοση βίντεο. Στην περίπτωση μας ήταν αποθηκευμένο στον σκληρό δίσκο του εξυπηρετητή και γράψαμε "file:/C:/movie.avi".
- Την IP διεύθυνση του πελάτη και στην περίπτωση μας χρησιμοποιήσαμε την διεύθυνση "127.0.0.1" που σημαίνει ότι ο εξυπηρετητής στέλνει το βίντεο στον εαυτό του άρα είναι και πελάτης ταυτόχρονα. Αυτό έγινε επειδή όπως θα αναφερθεί στο επόμενο κεφάλαιο στα προβλήματα που συναντήσαμε όταν ο εξυπηρετητής ενωνόταν με το διαδίκτυο είτε ασύρματο είτε ενσύρματο έστελνε βίντεο αλλά ο πελάτης ποτέ δεν το παραλάμβανε.
- Τον αριθμό θύρας του προορισμού. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήσαμε τον αριθμό "4000". Ο αριθμός θύρας πρέπει να είναι ζυγός αριθμός επειδή ο αμέσως επόμενος αριθμός χρησιμοποιείται για να στέλνουμε τις RTCP αναφορές παραλήπτη. Επίσης αυτός ο αριθμός δεν πρέπει να ανήκει στη λίστα με τους κρατημένους αριθμούς θύρας.

Δημιουργεί ένα processor για να χειριστεί το βίντεο που θα μεταδοθεί και μια RTP σύνοδο μέσω της διαδικασίας createTransmitter για να μεταδώσει το αποτέλεσμα του processor στη συγκεκριμένη IP διεύθυνση και αριθμό θύρας. Ο processor περνά από τις διάφορες καταστάσεις που περιγράψαμε προηγουμένως. Μετατρέπει το προς μετάδοση βίντεο σε JPEG/RTP μορφή και του δίνει συγκεκριμένες διαστάσεις. Για την προσαρμογή της ποιότητας χρησιμοποιείται η διαδικασία setJPEGQuality η οποία παίρνει σαν είσοδο τον processor που διαχειρίζεται το βίντεο και την νέα τιμή που θέλουμε να δώσουμε στην ποιότητα. Η ποιότητα του βίντεο όπως έχουμε προαναφέρει έχει αρχική τιμή 3 και ανάλογα με τις παραμέτρους signal strength, jitter και packet loss μεταβάλλεται. Στην περίπτωση μας όμως επειδή δεν μπορούσαμε να ενωθούμε με το διαδίκτυο και να έχουμε τιμές για το signal strength, jitter και packet loss και επειδή το JMF δεν προσαρμόζει την ποιότητα όταν πηγαίνουμε από καλύτερη (μεγαλύτερος αριθμός) σε χειρότερη (μικρότερος αριθμός) αναγκαστήκαμε να προσαρμόσουμε την ποιότητα μια συγκεκριμένη στιγμή που είναι 7 δευτερόλεπτα μετά που θα ξεκινήσει να παίζει το βίντεο. Η προσαρμογή έγινε από αρχική ποιότητα 0.5 σε ποιότητα 2.

Ο πελάτης αφού πρώτα στείλει το βίντεο ο εξυπηρετητής ανοίγει μια RTP σύνοδο μέσω του εργαλείου JMF πατώντας file->Open RTP Session... Καθορίζει την διεύθυνση του εξυπηρετητή και την θύρα από την οποία θα παραλάβει το βίντεο η οποία πρέπει να είναι η ίδια με τη θύρα που του στέλνει το βίντεο ο εξυπηρετητής και πατά το κουμπί open. Αν ο εξυπηρετητής του έστειλε το βίντεο αρχίζει να παίζει το βίντεο με το JMF.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Προβλήματα και Μελλοντική εργασία

5.1 Προβλήματα που συναντήσαμε

5.2 Μελλοντική Εργασία

5.1 Προβλήματα που συναντήσαμε

Καταρχήν το εργαλείο JMF δυστυχώς εδώ και 6 χρόνια σταμάτησε να αναβαθμίζεται. Η τελευταία έκδοση είναι το JMF2.1.1e η οποία βγήκε το 2003. Το JMF API Guide γράφτηκε το 1999 για την έκδοση JMF 2.0. Επίσης, και το βιβλίο με τίτλο “CORE JAVA Media Framework” αλλά και όλα τα παραδείγματα που προσφέρει η εταιρία στο διαδίκτυο γράφτηκαν το 1999.

Όταν έγινε install το JMF2.1.1e στον υπολογιστή δυστυχώς δεν αναγνώριζε τις βιβλιοθήκες javax.media. Πρόσθεσα την βιβλιοθήκη jmf.jar σαν εξωτερική βιβλιοθήκη με το εργαλείο eclipse αλλά δυστυχώς και πάλι δεν αναγνώριζε τις βιβλιοθήκες. Στο τέλος μετά από πολύ καιρό χωρίς να υπάρχει απάντηση στο διαδίκτυο συνειδητοποίησα ότι ήταν πρόβλημα της ίδιας της γλώσσας. Με λίγα λόγια, το JMF με το που έγινε install στον υπολογιστή αντίγραψε τις βιβλιοθήκες του μέσα στις βιβλιοθήκες της java. Όμως, δυστυχώς με το που άνοιξα τις βιβλιοθήκες της java που βρίσκονται μέσα στο directory JRE System Library παρατήρησα ότι για τη βιβλιοθήκη jmf.jar έγραφε ότι αναγνωρίζει διάφορες βιβλιοθήκες στις οποίες δεν συμπεριλαμβανόταν η βιβλιοθήκη javax.media και για όσες δεν έγραφε έλεγε ότι δεν δικαιούμαι να έχω πρόσβαση. Αναγκάστηκα να σβήσω τις βιβλιοθήκες της java και να τις αντιγράψω ξανά χωρίς να έχουν μέσα την βιβλιοθήκη jmf.jar και έβαλα σαν εξωτερική βιβλιοθήκη το jmf.jar.

Άλλο πρόβλημα είναι ότι το JMF λόγω του ότι δημιουργήθηκε πριν 6 χρόνια δεν αναγνωρίζει τα βίντεο που είναι κωδικοποιημένα σε μορφή H.264 και MPEG-4. Κωδικοποίησα βίντεο σε διάφορες μορφές με το πρόγραμμα Xilisoft HD Video Converter και δυστυχώς το εργαλείο JMF δεν τα αναγνώριζε. Μετά από πολλές δοκιμές σε διαφορετικούς υπολογιστές καταφέραμε να βρούμε δύο βίντεο (avi, mpeg-2) διάρκειας περίπου 20 δευτερόλεπτα το καθένα. Έχει σημασία τη κάρτα γραφικών έχει ο κάθε υπολογιστής.

Επιπλέον, ο κώδικας που είχα για να συνεχίσω χρησιμοποιούσε βιβλιοθήκες για να δουλέψει το JWRAPI το οποίο έδινε την ισχύ του σήματος στο ασύρματο δίκτυο.

Δυστυχώς, αυτές οι βιβλιοθήκες δεν ήταν ενσωματωμένες στην java αλλά ούτε υπήρχαν στο διαδίκτυο για να τις κατεβάσω. Υπήρχαν αυτές οι βιβλιοθήκες υλοποιημένες στη C++ και βρήκα τα αρχεία WRAPI.dll και WRAPI.lib. Προσπάθησα να χρησιμοποιήσω το αρχείο WRAPI.dll με τη βιβλιοθήκη JNA και JNI της java αλλά ήταν πολύπλοκος ο τρόπος μετατροπής και υπήρχαν προβλήματα. Ευτυχώς, μετά από πολύ έρευνα κατάφερα να βρω το εργαλείο WRAPI+ στο διαδίκτυο και ευτυχώς περιείχε το αρχείο WRAPI.exe το οποίο εύκολα μπορούσε να καλεστεί από την java.

Βρήκα τρόπο για να παραλαμβάνω τις RTCP αναφορές παραλήπτη, είχα και το εργαλείο WRAPI+ το οποίο ευτυχώς δουλεύει και υπολογίζει την ισχύ του σήματος στο ασύρματο δίκτυο, Είχα μελετήσει και κατανοήσει πως γίνεται η μετάδοση βίντεο και ήχου μέσω του JMF. Είχα καταφέρει να προσαρμόσω την ποιότητα του βίντεο ενώ μεταδίδεται. Δυστυχώς, με το που ενωνόμουν με το portable μου στο ασύρματο δίκτυο του πανεπιστημίου Κύπρου ο παραλήπτης περίμενε χωρίς να μπορεί ποτέ να παραλάβει το βίντεο. Αυτό ισχύει και για το ενσύρματο δίκτυο. Το λειτουργικό σύστημα του φορητού υπολογιστή ήταν Windows XP professional με το Service pack 2.

Τέλος, επειδή δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί καμιά συνθήκη για την προσαρμογή του βίντεο λόγο του προβλήματος με το ασύρματο δίκτυο αναγκάστηκα να προσαρμόζω την ποιότητα του βίντεο μια τυχαία χρονική στιγμή (π.χ. μετά από δέκα δευτερόλεπτα από την στιγμή που θα ξεκινήσει η μετάδοση του βίντεο). Δυστυχώς, παρατήρησα ότι όταν έκανα προσαρμογή της ποιότητας από ψηλή ποιότητα σε πιο χαμηλή δεν έκανε την μετατροπή, ενώ από χαμηλή ποιότητα σε καλύτερη έκανε την μετατροπή.

5.2 Μελλοντική Εργασία

Αυτή η διπλωματική εργασία περιέχει πολύ καλή περιγραφή των διαφόρων πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πολυμεσικού περιεχομένου (RTP,RTCP,RTSP) καθώς επίσης δίνει και μια καλή ιδέα για το τι είναι ασύρματα δίκτυα. Ο επόμενος που θα

ασχοληθεί με αυτό το θέμα θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την υπάρχουσα διπλωματική εργασία σαν μια καλή πηγή για να κατανοήσει την θεωρία των αλγορίθμων προσαρμοστικής μετάδοσης καθώς επίσης και τη θεωρία του εργαλείου JMF για να καταφέρει να υλοποιήσει τον ίδιο αλγόριθμο σε multicast μετάδοση. Δηλαδή σε περίπτωση όπου έχουμε περισσότερους από ένα πελάτες.

Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την κλάση `rtpmanager` με το να έχουμε πολλές unicast συνδέσεις που σημαίνει να έχουμε πολλές διαφορετικές διευθύνσεις για τους πελάτες. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας την εντολή `rtpManager.addTarget(remoteAddress)`. Θα καλέσει πολλές φορές την εντολή και κάθε φορά θα βάζει την διεύθυνση του κάθε πελάτη στη θέση του `remoteAddress`.

Επίσης, ο επόμενος εκτός από την προσαρμογή του βίντεο με βάση την ποιότητα μπορεί να κάνει προσαρμογή και με βάση το bitrate ή το framerate ή και τα δύο. Για το bitrate υπάρχει η κλάση `BitRateControl` ενώ για το framerate υπάρχει η κλάση `FrameRateControl`. Θα πρέπει να προστεθούν στις υπάρχοντες βιβλιοθήκες η βιβλιοθήκη `javax.media.control.BitRateControl` και η βιβλιοθήκη `javax.media.control.FrameRateControl`.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Pavlos Antoniou, Vasos Vasiliou and Andreas Pitsillides ,“ ADIVIS: A Novel Adaptive Algorithm for Video Streaming over the Internet”, 18th IEEE PIMRC’07, Sept 2007.
- [2] Pavlos Antoniou, Vasos Vasiliou and Andreas Pitsillides ,“ Adaptive Feedback Algorithm for Internet Video Streaming based on Fuzzy Rate Control”, 12th IEEE ISCC’07, July 2007.
- [3] Pavlos Antoniou, Vasos Vasiliou and Andreas Pitsillides ,“ Delivering Adaptive Scalable Video over the Wireless Internet”, 1st ERCIM Workshop on eMobility (in conjunction with WWIC2007), Coimbra, Portugal, May 2007.
- [4] James F.Kurose and Keith W.Ross, ”Computer Networking A Top-Down Approach”, 4th Edition, Addison Wesley, 2008.
- [5] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”, RFC 1889, January 1996.
- [6] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson, ”RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”, RFC 3550, July 2003.
- [7] H. Schulzrinne, A. Rao and R. Lanphier, “ Real Time Streaming Protocol (RTSP)”, RFC 2326, April 1998.
- [8] Bobby Vandalore, Wu-chi Feng, Raj Jain and Sonia Fahmy, “A Survey of Application Layer Techniques for Adaptive Streaming of Multimedia”, Real-Time Imaging Volume 7, Issue 3, June 2001.
- [9] Geovane Vitor Vasconcelos, Joberto Sérgio Barbosa Martins and Maria Izabel Cavalcanti Cabral, “Components Specification for Modeling Wireless IEEE 802.11 Networks”.
- [10] IEEE P802.11-96/49C, “802.11 Tutorial – 802.11 MAC Entity: MAC Basic Access Mechanism Privacy and Access Control”, U.S.A., 1996.
- [11] Joseph Castaldi and Rob Hoeye, “Wireless Fundamentals: Part I”, InFocus Corporation.
- [12] Imad Aad , “The IEEE 802.11 Standard” INRIA, Planete Team, In’ Tech, 21 May 2002
- [13] Melek OKTAY, “ Mobile-RTP (mRTP) Application for Mobile Devices”.
- [14] Bradley Mitchell, “Wireless Standards - 802.11b 802.11a 802.11g and 802.11n”, About.com

- [15] Mroutsini Maria,” Ασύρματη Μετάδοση Πολυμέσων πάνω από Ετερογενή Δίκτυα”, Ατομική Διπλωματική Εργασία, June 2008.
- [16] Mparounis Kwnstantinos, “ Μετάδοση Πολυμεσικών Δεδομένων με Δυνατότητα Προσαρμογής του Ρυθμού Μετάδοσης Πάνω από Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών“, Ατομική Διπλωματική Εργασία, June 2006.
- [17] Gkamas Apostolos, “ Υπηρεσίες και Πρωτόκολλα Πραγματικού Χρόνου”, Ατομική Διπλωματική Εργασία, June 2000.
- [18] Talaat, M.A., Koutb, M.A., Kelash, H.M., Aboelez, R.H., “ Content-aware adaptive video streaming system “, Enabling Technologies for the New Knowledge Society: ITI 3rd International Conference on Volume , Issue , 5-6 Dec. 2005
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- [20] <http://java.sun.com/>
- [21] <http://www.eclipse.org/>
- [22] Sun Microsystems, Inc.”Java Media Framework API Guide”, JMF 2.0 FCS, November 19, 1999
- [23] Linden deCarmo, “CORE JAVA Media Framework”, PRENDICE HALL, 1999

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```
/*
 * VideoTransmit.java
 */

import java.awt.*;
import javax.media.*;
import javax.media.protocol.*;
import javax.media.format.*;
import javax.media.control.TrackControl;
import javax.media.control.QualityControl;
import java.io.IOException;

public class VideoTransmit {

    // Input MediaLocator
    // Can be a file or http or capture source
    private MediaLocator locator;
    private String ipAddress;
    private String port;

    private Processor processor = null;
    private DataSink rtptransmitter = null;
    private DataSource dataOutput = null;

    public VideoTransmit(MediaLocator locator, String ipAddress, String port) {

        this.locator = locator;
    }
}
```

```

        this.ipAddress = ipAddress;
        this.port = port;
    }

    /**
     * Starts the transmission. Returns null if transmission started ok.
     * Otherwise it returns a string with the reason why the setup failed.
     */
    public synchronized String start() {
        String result;

        // Create a processor for the specified media locator
        // and program it to output JPEG/RTP
        result = createProcessor();
        if (result != null)
            return result;

        // Create an RTP session to transmit the output of the
        // processor to the specified IP address and port no.
        result = createTransmitter();
        if (result != null) {
            processor.close();
            processor = null;
            return result;
        }

        // Start the transmission
        processor.start();

        return null;
    }

```

```

    }

    /**
     * Stops the transmission if already started
     */
    public void stop() {
        synchronized (this) {
            if (processor != null) {
                processor.stop();
                processor.close();
                processor = null;
                rtptransmitter.close();
                rtptransmitter = null;
            }
        }
    }

    private String createProcessor() {
        if (locator == null)
            return "Locator is null";

        DataSource ds;

        try {
            ds = Manager.createDataSource(locator);
        } catch (Exception e) {
            return "Couldn't create DataSource";
        }

        // Try to create a processor to handle the input media locator

```

```

try {
    processor = Manager.createProcessor(ds);
} catch (NoProcessorException npe) {
    return "Couldn't create processor";
} catch (IOException ioe) {
    return "IOException creating processor";
}

// Wait for it to configure
boolean result = waitForState(processor, Processor.Configured);
if (result == false)
    return "Couldn't configure processor";

// Get the tracks from the processor
TrackControl[] tracks = processor.getTrackControls();

// Do we have atleast one track?
if (tracks == null || tracks.length < 1)
    return "Couldn't find tracks in processor";

boolean programmed = false;

// Search through the tracks for a video track
System.out.println("number of tracks is" + tracks.length);
for (int i = 0; i < tracks.length; i++) {
    Format format = tracks[i].getFormat();
    if (tracks[i].isEnabled() && format instanceof VideoFormat
        && !programmed) {

```

```

        // Found a video track. Try to program it to output
        //JPEG/RTP. Make sure the sizes are multiple of 8's.
        Dimension size = ((VideoFormat) format).getSize();
        float frameRate = ((VideoFormat) format).getFrameRate();
        int w = (size.width % 8 == 0 ? size.width
                : (int) (size.width / 8) * 8);
        int h = (size.height % 8 == 0 ? size.height
                : (int) (size.height / 8) * 8);
        VideoFormat jpegFormat = new
VideoFormat(VideoFormat.JPEG_RTP,
                new Dimension(w, h),
        Format.NOT_SPECIFIED,
                Format.byteArray, frameRate);
        tracks[i].setFormat(jpegFormat);
        System.out.println("Video transmitted as:");
        System.out.println(" " + jpegFormat);
        // Assume successful
        programmed = true;
    } else
        tracks[i].setEnabled(false);
}

if (!programmed)
    return "Couldn't find video track";

// Set the output content descriptor to RAW_RTP
ContentDescriptor cd = new
ContentDescriptor(ContentDescriptor.RAW_RTP);
processor.setContentDescriptor(cd);

```

```

// Realize the processor. This will internally create a flow
// graph and attempt to create an output datasource for JPEG/RTP
// video frames.
result = waitForState(processor, Controller.Realized);
if (result == false)
    return "Couldn't realize processor";

// Set the JPEG quality to .5. Range: -2..4
setJPEGQuality(processor, 0.5f);

// Get the output data source of the processor
dataOutput = processor.getDataOutput();
return null;
}

// Creates an RTP transmit data sink. This is the easiest way to create
// an RTP transmitter. The other way is to use the RTPSessionManager API.
// Using an RTP session manager gives you more control if you wish to
// fine tune your transmission and set other parameters.
private String createTransmitter() {
    // Create a media locator for the RTP data sink.
    // For example:
    // rtp://129.130.131.132:42050/video
    String rtpURL = "rtp://" + ipAddress + ":" + port + "/video";
    // String rtpURL = "rtp://" + 127.0.0.1 + ":" + 4000 + "/movie.Mjpeg";
    MediaLocator outputLocator = new MediaLocator(rtpURL);

    // Create a data sink, open it and start transmission. It will wait
    // for the processor to start sending data. So we need to start the
    // output data source of the processor. We also need to start the

```

```

// processor itself, which is done after this method returns.
try {
    rtptransmitter = Manager.createDataSink(dataOutput,
        outputLocator);
    rtptransmitter.open();
    rtptransmitter.start();

    dataOutput.start();
} catch (MediaException me) {
    return "Couldn't create RTP data sink";
} catch (IOException ioe) {
    return "Couldn't create RTP data sink";
}

return null;
}

/**
 * Setting the encoding quality to the specified value on the JPEG encoder.
 * 0.5 is a good default.
 */
static void setJPEGQuality(Player p, float val) {
    Control cs[] = p.getControls();
    QualityControl qc = null;
    VideoFormat jpegFmt = new VideoFormat(VideoFormat.JPEG);

    // Loop through the controls to find the Quality control for
    // the JPEG encoder.
    // System.out.println("length of quality control is" + cs.length);
    for (int i = 0; i < cs.length; i++) {

```

```

        if (cs[i] instanceof QualityControl && cs[i] instanceof Owned) {
            Object owner = ((Owned) cs[i]).getOwner();

            // Check to see if the owner is a Codec.
            // Then check for the output format.
            if (owner instanceof Codec) {
                Format fmts[] = ((Codec) owner)
                    .getSupportedOutputFormats(null);
                for (int j = 0; j < fmts.length; j++) {
                    if (fmts[j].matches(jpegFmt)) {
                        qc = (QualityControl) cs[i];
                        qc.setQuality(val)
                        System.out.println("- Setting quality
                            to " + val + " on " + qc);
                        break;
                    }
                }
            }
            if (qc != null)
                break;
        }
    }
}

```

```

/*****
* Convenience methods to handle processor's state changes.
*****/

```

```

private Integer stateLock = new Integer(0);
private boolean failed = false;

Integer getStateLock() {
    return stateLock;
}

void setFailed() {
    failed = true;
}

private synchronized boolean waitForState(Processor p, int state) {
    p.addControllerListener(new StateListener());
    failed = false;

    // Call the required method on the processor
    if (state == Processor.Configured) {
        p.configure();
    } else if (state == Processor.Realized) {
        p.realize();
    }

    // Wait until we get an event that confirms the
    // success of the method, or a failure event.
    // See StateListener inner class
    while (p.getState() < state && !failed) {
        synchronized (getStateLock()) {
            try {
                getStateLock().wait();
            } catch (InterruptedException ie) {

```

```

        return false;
    }
}

if (failed)
    return false;
else
    return true;
}

/*****
* Inner Classes
*****/

class StateListener implements ControllerListener {

    public void controllerUpdate(ControllerEvent ce) {

        // If there was an error during configure or
        // realize, the processor will be closed
        if (ce instanceof ControllerClosedEvent)
            setFailed();

        // All controller events, send a notification
        // to the waiting thread in waitForState method.
        if (ce instanceof ControllerEvent) {
            synchronized (getStateLock()) {
                getStateLock().notifyAll();
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
}

```

```

/*****
* Sample Usage for VideoTransmit class
*****/

```

```

public static void main(String[] args) {
    // We need three parameters to do the transmission
    // For example,
    // java VideoTransmit("C:/snag.avi", 192.168.178.21, 42050);

    if (args.length < 3) {
        System.err.println("Usage: VideoTransmit <sourceURL> <destIP>
<destPort>"); System.exit(-1);
    }

    // Create a video transmit object with the specified params.

    VideoTransmit vt = new VideoTransmit(new MediaLocator(args[0]),
args[1], args[2]);

    // Start the transmission
    String result = vt.start();

    // result will be non-null if there was an error. The return

```

```

        // value is a String describing the possible error. Print it.
        if (result != null) {
            System.err.println("Error : " + result);
            System.exit(0);
        }
        System.out.println("Start transmission for 30 seconds...");

        // Transmit for 60 seconds and then close the processor
        // This is a safeguard when using a capture data source
        // so that the capture device will be properly released
        // before quitting.
        // The right thing to do would be to have a GUI with a
        // "Stop" button that would call stop on VideoTransmit

        long startTime = System.currentTimeMillis();
        long stopTime = startTime + 60000;

        while (System.currentTimeMillis() <= stopTime) {
            if (System.currentTimeMillis() == (startTime + 7000)) {
                // Set the JPEG quality to 2
                setJPEGQuality(vt.processor, 2f);
            }
        }

        // Stop the transmission
        vt.stop();
        System.out.println("...transmission ended.");
        System.exit(0);
    }
}

```