



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Τηλεόραση μέσω του πρωτοκόλλου IP (IPTV): Αρχές Λειτουργίας και Δικτυακή Υποστήριξη IPTV: Principles and Networking Support
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Παναγιώτης Στουπάκης
Πατρώνυμο	Μιχαήλ
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 11050
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

Δουληγέρης Χρήστος
Καθηγητής

(υπογραφή)

Βέργαδος Δημήτριος
Επίκουρος Καθηγητής

(υπογραφή)

Κοτζανικολάου Παναγιώτης
Λέκτορας

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής» του Πανεπιστημίου Πειραιώς υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δουληγέρη Χρήστου. Σκοπός της διατριβής αυτής είναι να παρουσιάσει το IPTV σε σχέση με την υποδομή του δικτύου καθώς και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να υποστηριχτεί η υπηρεσία του IPTV από πλευράς δικτύου των παρόχων της υπηρεσίας.

Αφορμή για αυτήν τη μεταπτυχιακή διατριβή υπήρξε η απασχόλησή μου στο τμήμα Τεχνικής Υποστήριξης του OTE-TV για δύο έτη, καθώς και η μετέπειτα απασχόλησή μου στο Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου του OTE (Network Management Center Data/IP). Και στα δύο τμήματα ασχολήθηκα με την υποστήριξη της υπηρεσίας και κυρίως τώρα ασχολούμαι με την υποστήριξη του OTE IPTV από μεριάς δικτύου MetroEthernet και δικτύου πρόσβασης DSLAM.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Δουληγέρη για την άψογη συνεργασία για όλο το διάστημα εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής και για την καθοδήγησή του στην συγγραφή της. Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω όλη την ομάδα DATA/IP του Κέντρου Διαχείρισης Δικτύου του OTE για την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσαν καθώς και την τεχνική αλλά και τη θεωρητική υποστήριξη που μου παρείχαν έτσι ώστε αυτή η διατριβή να καλύψει όλο το κομμάτι δικτύου της υπηρεσίας IPTV. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξη και τη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Νατάσα για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη που παρείχε σε όλο το διάστημα εκπόνησης αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής.

Περίληψη

Σε αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή θα γίνει παρουσίαση της ψηφιακής τηλεόρασης μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας IP (Διαδίκτυο Protocol), γνωστής ως IPTV (Διαδίκτυο Protocol Television), εστιάζοντας στο κομμάτι του δικτύου MetroEthernet και του δικτύου Πρόσβασης. Το IPTV είναι η μετάδοση τηλεοπτικού σήματος μέσω ευρυζωνικής σύνδεσης που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP σε ένα ιδιωτικό κλειστό δίκτυο και όχι στο δημόσιο Διαδίκτυο.

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα διατριβή, αρχικά περιγράφεται ο ορισμός του IPTV, τα επιχειρησιακά του οφέλη και η εμπορική χρήση του. Έπειτα, παρουσιάζονται οι βασικές θεωρητικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση του τηλεοπτικού σήματος μέσω του δικτύου ευρυζωνικής σύνδεσης, αλλά και οι κωδικοποιήσεις Mpeg και γίνεται μια γενική περιγραφή ενός δικτύου IPTV παρουσιάζοντας τους κύριους λόγους στροφής προς αυτό. Γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του δικτύου διανομής της υπηρεσίας και μια τεχνική περιγραφή ενός IPTV συστήματος, δίνοντας έμφαση στο κομμάτι του δικτύου MetroEthernet και του δικτύου Πρόσβασης. Επεξηγούνται τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση του στο δίκτυο. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην ποιότητα υπηρεσίας και στην ποιότητα εμπειρίας πελάτη. Τέλος, παρουσιάζονται τα πλεονέκτηματα που παρέχει το IPTV.

Το IPTV θεωρείται το μέλλον της ψηφιακής τηλεόρασης καθώς παρέχεται από τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους σε συνδυαστικά πακέτα με τηλεφωνία VoIP και ADSL ή VDSL. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτών (ADSL και VDSL) έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη ποιότητα εικόνας (High Definition), ευκολία πρόσβασης και πολλές δυνατότητες σε μία διαδραστική εμπειρία στον πελάτη. Ορισμένες από τις υπηρεσίες που παρέχονται μέσω του IPTV είναι η παροχή ψηφιακού περιεχομένου και διάφορες σύγχρονες υπηρεσίες τηλεόρασης όπως time shifted TV, parental control, pay-per-view, personal video recording και Video on demand.

Abstract

This Master thesis is a presentation of digital TV via the IP (Διαδίκτυο Protocol) protocol known as IPTV (Διαδίκτυο Protocol Television) focusing on the part of the Metro Ethernet Network and Access Network. IPTV is the transmission of television signals over a broadband connection using the IP protocol within a closed private network and not the public Διαδίκτυο

More specifically this thesis initially describes the definition of IPTV, its business benefits and its commercial use. After that it displays the basic theoretical concepts used in the transmission of television signals through the broadband network and the MPEG encodings and gives a general description of an IPTV network presenting the main reasons for turning to IPTV. Then it provides a condensed presentation of the distribution network of the IPTV service and a technical description of an IPTV system emphasizing on the Metro Ethernet Network and on the Access Network. The basic protocols used in the transmission of IPTV network are explained. Furthermore, a reference is made to the quality of service and to the quality of customer experience. Finally, the advantages conferred by the IPTV are presented.

IPTV is considered the future of digital television, for is provided by telecommunications providers bundled with VoIP telephony and ADSL or VDSL. The development of ADSL and VDSL technology result in better image quality (High Definition), ease of access and many possibilities in an interactive customer experience. Some of the services provided via IPTV are providing digital content and various other modern TV services such as time shifted TV, parental control, pay-per-view, personal video recording and Video on Demand.

Συντμήσεις – Λέξεις κλειδιά

IPTV	Διαδίκτυο Protocol Television
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
PVR	Personal Video Recorder
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
DVR	Digital Video Recorder
DRM	Digital Rights Management
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CRM	Customer Relationship Management
EPG	Electronic Program Guide
IPTVCD	Διαδίκτυο Protocol Television Consumer Device
MPEG	Moving Picture Experts Group
OBSS	Operational and Business Support System
PVR	Personal Video Recorder
QAM	Quadrature amplitude modulation
STB	Set-Top Box
VLAN	Virtual Local Area Network
VoD	Video on Demand
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
TSTV	Time Shifted TV
SECAM	Systeme Electronique Couleur Avec Memoire
PAL	Phase Alternating Line
LCD	Liquid Crystal Display
PDP	Plasma Display Panels
HDTV	High Definition TV
DVB	Digital Video Broadcasting
CAP	Carrierless Amplitude
DMT	Discrete Multitone
VDSL	Very high speed Digital Subscriber Lines
CA	Conditional Access
PPV	Pay Per View
CUTV	Catchup TV
IRD	Intergrated Receiver Devices
NTP	Network Time Protocol
ROM	Read Only Memory
RAM	Random Access Memory
DAC	Digital-to-Analog Converter
DSP	Digital Signal Processor
WMA	Windows Media Audio
HDMI	High Definition Multimedia Interface
IDE	Integrated Drive Electronics
SATA	Serial Advanced Technology Attachment
VSB	Vestigial Sideband
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial
SNR	Signal to Noise Ratio

Περιεχόμενα

Πρόλογος	4
Περίληψη	5
Abstract	6
Συντηρήσεις – Λέξεις κλειδιά	7
Περιεχόμενα	8
1. Εισαγωγή:	14
1.1. Ορισμός του IPTV.....	14
1.2. Ιστορική Αναδρομή.....	15
1.3. Απαιτήσεις IPTV.....	16
1.4. Τα επιχειρησιακά οφέλη και οι εφαρμογές.....	17
1.5. Εμπορική Χρήση.....	17
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο:	18
2.1. Διαδίκτυο Protocol Suite.....	18
2.2. OSI Model.....	19
2.3. Πρωτόκολλο Διαδίκτυο IPv4 & IPv6.....	20
2.3.1. Κύρια χαρακτηριστικά του Διαδίκτυο Protocol.....	20
2.3.2. Τι είναι η μετάδοση «καλύτερης προσπάθειας»;.....	20
2.3.3. Γιατί να σχεδιαστεί ένα πρωτόκολλο αναξιόπιστο;.....	20
2.3.4. IPv4 vs. IPv6.....	20
2.4. Πρωτόκολλα TCP, UDP και RTP.....	21
2.4.1. Πρωτόκολλο TCP.....	21
2.4.2. Πρωτόκολλο UDP.....	22
2.4.3. TCP vs. UDP.....	22
2.4.4. Γιατί υπάρχει το UDP; Τι εξυπηρετεί;.....	23
2.4.5. Πρωτόκολλο RTP.....	24
2.5. Μέθοδοι δρομολόγησης (Routing Schemes).....	24
2.5.1. Unicast.....	24
2.5.2. Broadcast.....	25
2.5.3. Multicast.....	25
2.5.4. Anycast.....	26
2.6. Κωδικοποίηση Πολλαπλών Περιγραφών (MDC).....	26
2.6.1. Κβαντισμός.....	27
2.6.2. Speech Coding for Channel Splitting.....	28
2.6.3. Progressive Coding & Unequal Error Protection.....	28
2.7. Τεχνικές Ανακατασκευής Πακέτων.....	29

2.7.1.	Διόρθωση στην πλευρά του αποστολέα.....	30
2.7.1.1.	Retransmission.....	30
2.7.1.2.	Interleaving.....	30
2.7.1.3.	Forward Error Correction (FEC).....	30
2.7.2.	Διόρθωση στην πλευρά του παραλήπτη.....	31
2.7.2.1.	Insertion based.....	31
2.7.2.2.	Interpolation based.....	32
2.7.2.3.	Regeneration Based Repair.....	32
2.7.3.	Επιλογή Τεχνικής Ανακατασκευής.....	32
2.8.	Κωδικοποιήσεις Mpeg.....	32
2.8.1.	MPEG - 1.....	33
2.8.2.	MPEG -2.....	33
2.8.3.	MPEG-4.....	34
2.8.4.	H.261.....	35
2.8.5.	Κωδικοποίηση H.264/AVC μέσω DSL.....	35
3.	Γενική περιγραφή ενός δικτύου IPTV:	37
3.1.	Γενική περιγραφή της δομής ενός δικτύου IPTV.....	37
3.1.1.	IPTV Data Center (Κέντρο δεδομένων IPTV).....	37
3.1.2.	Broadband Delivery Network (Ευρυζωνικό δίκτυο διανομής).....	37
3.1.3.	IPTVCDs.....	37
3.1.4.	A Home Network.....	38
3.2.	Εφαρμογές και Υπηρεσίες του IPTV.....	38
3.2.1.	Εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης.....	38
3.2.1.1.	Digital TV (DTV) Standard Formats.....	39
3.2.1.2.	Σύγκριση ψηφιακής – αναλογικής μετάδοσης τηλεόρασης.....	40
3.3.	Λόγοι στροφής προς το IPTV.....	41
3.3.1.	Η ψηφιοποίηση της τηλεόρασης.....	41
3.3.2.	Βελτιώσεις στις τεχνολογίες συμπίεσης.....	41
3.3.3.	Εμπορικοί και επιχειρηματικοί λόγοι.....	41
3.3.4.	Αύξηση στον αριθμό των ευρυζωνικών συνδέσεων.....	41
3.3.5.	Εμφάνιση των ψηφιακών σπιτιών.....	42
3.3.6.	Η μετάβαση από τη Standard Definition TV (SDTV) στη High Definition TV (HDTV).....	42
3.4.	Τηλεοπτική ψυχαγωγία στο σπίτι (Home Entertainment).....	42
3.5.	Αλυσίδα αξίας IPTV.....	43
3.6.	Μοντέλα συνεργασίας (business models).....	44
3.7.	Περιεχόμενο και Βασικές κατηγορίες περιεχομένου.....	44
4.	Διανομή του IPTV:	46

4.1.	Ευρυζωνικά Δίκτυα Διανομής.....	46
4.1.1.	ADSL	46
4.1.2.	ADSL2	47
4.1.3.	VDSL	48
4.2.	Τεχνολογίες Πυρήνα Δικτύου IPTV (IPTV BACKBONE TECHNOLOGIES).....	49
4.2.1.	ATM πάνω από SONET/SDH	49
4.2.2.	IP σε MPLS.....	50
4.2.3.	MetroEthernet.....	51
4.3.	Παράγοντες δικτύου που επηρεάζονται IPTV	52
4.3.1.	Οι διαστάσεις του δικτύου.....	52
4.3.2.	Αξιοπιστία	52
4.3.3.	Γρήγορη ανταπόκριση	52
4.3.4.	Πρόβλεψη απόδοσης	52
4.3.5.	Επίπεδο ποιότητας (Quality of Service QoS).....	53
5.	Τεχνική περιγραφή του IPTV:	54
5.1.	Αρχιτεκτονική του IPTV	54
5.1.1.	Video Headend.....	56
5.1.2.	Κεντρικό δίκτυο IP	56
5.1.3.	Στρώμα πρόσβασης.....	57
5.2.	Αρχιτεκτονική του Video Server	58
5.3.	Set-Top-Box	58
5.3.1.	Τεχνολογίες IPTV	58
5.4.	Πρωτόκολλα	58
5.4.1.	Stream Control Transmission Protocol (SCTP)	59
5.4.2.	Session Description Protocol (SDP).....	59
5.4.3.	Real-Time Transport Protocol (RTP).....	60
5.4.4.	Real-Time Control Protocol (RTCP).....	60
5.4.5.	Διαδίκτυο Group Management Protocol (IGMP)	60
5.4.5.1.	Μηνύματα IGMP	61
5.4.5.2.	Μηνύματα IGMPv2	61
5.5.	Πολλαπλή διανομή IP (IP Multicast).....	62
5.5.1.	Εφαρμογές και περιβάλλον Multicast	63
5.5.1.1.	Multicast Groups.....	64
5.6.	Protocol Independent Multicast (PIM)	64
5.6.1.1.	PIM Dense Mode.....	65
5.6.1.2.	PIM Sparse Mode.....	65
5.6.1.3.	Bidirectional PIM.....	65

5.6.1.4.	PIM Source-Specific Multicast.....	65
5.7.	Πολλαπλή διανομή (Multicasting) σε ένα δίκτυο IPTV	66
5.8.	Αρχιτεκτονική Δικτύου IPTV Multicasting	67
5.8.1.	Συσκευές IGMP	67
5.8.2.	Multicasting groups και διευθυνσιοδότηση.....	68
5.8.3.	IPTV multicasting πρωτόκολλα	68
5.8.4.	Τεχνολογίες αρχιτεκτονικής μεταφοράς multicast	71
5.9.	Time-Shifting Multicast IPTV	72
5.10.	Υπηρεσίες IPTV.....	72
5.10.1.	Υπηρεσίες τύπου Broadcast.....	73
5.10.1.1.	TV Broadcasting	73
5.10.1.2.	Audio Service	73
5.10.1.3.	Pay Per View (PPV)	74
5.10.1.4.	Near Video on Demand (NVoD).....	74
5.10.2.	Διαδραστικές On-Demand υπηρεσίες Video	74
5.10.2.1.	Video on Demand (VoD)	74
5.10.2.2.	Time Shifted (TSTV).....	74
5.10.2.3.	Catchup TV (CUTV)	75
5.10.2.4.	Personal Video Recorder (PVR)	75
5.10.3.	Υπηρεσίες Προστιθέμενης Αξίας	75
5.10.3.1.	Διαδίκτυο Browsing / Mail / Chat	75
5.10.3.2.	Game Services	76
5.11.	Μεταγωγή IPTV	76
6.	Ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service):	77
6.1.	Ορισμός της ποιότητας υπηρεσίας (QoS)	77
6.2.	Ποιότητα	77
6.2.1.	Ορισμός της τηλεοπτικής ποιότητας	77
6.2.2.	Ποιότητα Υπηρεσίας στην IPTV	78
6.3.	Υπηρεσίες.....	78
6.3.1.	Εγγυήσεις Υπηρεσιών	78
6.3.2.	Ποιότητα Υπηρεσίας και Κλάσεις Υπηρεσίας	79
6.3.3.	Διαμόρφωση Κλάσεων Υπηρεσιών.....	79
6.4.	Περιορισμοί QoS του IPTV	79
6.5.	Λόγοι απώλειας πακέτων, συνέπειες και λύσεις	83
6.6.	Παράμετροι του QoS για το IPTV	85
6.6.1.	Επίδραση καθυστέρησης	87
6.6.2.	Επίδραση διακύμανσης καθυστέρησης (jitter)	88

6.6.3.	Επίδραση της απώλειας πακέτων	89
6.6.4.	Επίδραση του εύρους ζώνης.....	89
6.7.	Τεχνολογίες QoS για αντιμετώπιση απώλειας πακέτων και καθυστερήσεων.....	89
6.8.	Αξιοπιστία των συσκευών της IPTV	91
6.9.	Το δίκτυο διανομής IP	91
6.10.	Συμπεράσματα για τις αιτίες κακής ποιότητας	92
6.11.	Μελέτη μέτρησης ποιότητας υπηρεσίας από τους προμηθευτές	92
6.12.	Μέθοδοι μέτρησης ποιότητας υπηρεσίας από τους προμηθευτές	92
6.13.	Ποιότητα Εμπειρίας (Quality of Experience)	93
6.13.1.	Ορισμός της ποιότητας εμπειρίας(QoE).....	93
6.13.2.	Συστήματα Μέτρησης του QoE	93
6.13.3.	Μέθοδοι Μέτρησης του QoE	94
6.13.4.	Μέθοδοι βελτίωσης του QoE	94
6.14.	IPTV και Διαδίκτυο TV	96
6.14.1.	Σύγκριση IPTV και Διαδίκτυο TV	97
7.	Πλεονεκτήματα του IPTV	98
7.1.1.	Διαδραστικότητα	98
7.1.2.	VoD.....	98
7.2.	Interactive TV (iTV).....	99
7.3.	Διαδραστικές εφαρμογές IPTV	99
7.3.1.	Electronic Program Guide	100
7.3.2.	IP Video on Demand	101
7.3.3.	Webbrowsing μέσω του IPTV.....	101
7.3.4.	IPTV e-mail.....	101
7.3.5.	Εφαρμογές DVR (Digital Video Recording).....	101
7.3.6.	Walled Garden Portal	102
7.3.7.	Απευθείας αποστολή μηνυμάτων μέσω του IPTV	102
7.3.8.	Αγορές μέσω του IPTV	102
7.3.9.	Εμφάνιση πληροφοριών καλούντος στην τηλεόραση	102
7.3.10.	Διαφημίσεις IPTV.....	102
7.3.11.	Εμφάνιση πληροφοριών της περιοχής του συνδρομητή.....	103
7.3.12.	Gaming on Demand (GoD)	103
7.3.13.	Γονικός έλεγχος	103
7.3.14.	Συστήματα συναγερμού σε περίπτωση κινδύνου	104
7.3.15.	Προσωπικά κανάλια του χρήστη	104
8.	Συμπεράσματα	105

Βιβλιογραφία	106
Παράρτημα Α	108
I. Περιγραφή ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος IPTV	108
a. Intergrated Receiver Devices (IRDs Δέκτες)	108
b. Real-TimeEncoders (Κωδικοποιητές πραγματικού χρόνου).....	108
c. Broadcast TV Streaming Servers.....	109
d. Ένα σύστημα κωδικοποίησης IP.....	109
e. Ένα σύστημα λειτουργίας και υποστήριξης πληρωμών (OBSS, Operational and Business Support System).....	109
f. IPTV CRM System	110
g. Ένα σύστημα ασφαλείας IPTV	110
h. Servers Video On Demand	110
i. IPTV Headend Middleware και Application Servers	111
j. Ένας Network Time Server	111
k. IP Switching Infrastructure	111
l. Ένας Distribution Router (router Διανομής)	111
m. IPTV Network (δίκτυο IPTV).....	111
n. IPTVCDs.....	112
Παράρτημα Β	112
I. Set-top Boxes.....	112

1. Εισαγωγή:

Η ψηφιακή τηλεόραση ήταν το πιο σημαντικό επίτευγμα στον τομέα της τεχνολογίας όσον αφορά την τηλεόραση από τότε που δημιουργήθηκε το μέσο αυτό. Η ψηφιακή τηλεόραση προσφέρει στους θεατές περισσότερες επιλογές και κάνει την εμπειρία της τηλεθέασης πιο διαδραστική. Το αναλογικό σύστημα μετάδοσης του σήματος της τηλεόρασης λαμβάνει χώρα περισσότερο από 60 χρόνια. Σε αυτήν την περίοδο οι θεατές έζησαν την μετάβαση από τις ασπρόμαυρες τηλεοράσεις στις έγχρωμες.

Σήμερα η τηλεόραση περνάει ένα νέο στάδιο μετάβασης από την συμβατική αναλογική τηλεόραση στη νέα ψηφιακή τηλεόραση και στον κόσμο της ψηφιακής τεχνολογίας. Οι περισσότεροι διαχειριστές δικτύων τηλεόρασης έχουν ήδη αναβαθμίσει τον υπάρχοντα δικτυακό εξοπλισμό τους με σύγχρονες ψηφιακές πλατφόρμες οι οποίες απαιτούνται για την υλοποίηση της ψηφιακής τηλεόρασης. Γενικά, αυτή είναι μια προσπάθεια να απομακρύνουν τους θεατές από τις παραδοσιακές αναλογικές υπηρεσίες της τηλεόρασης και να τους οδηγήσουν μέσα από την ψηφιακή τεχνολογία σε νέα μονοπάτια οικιακής ψυχαγωγίας.

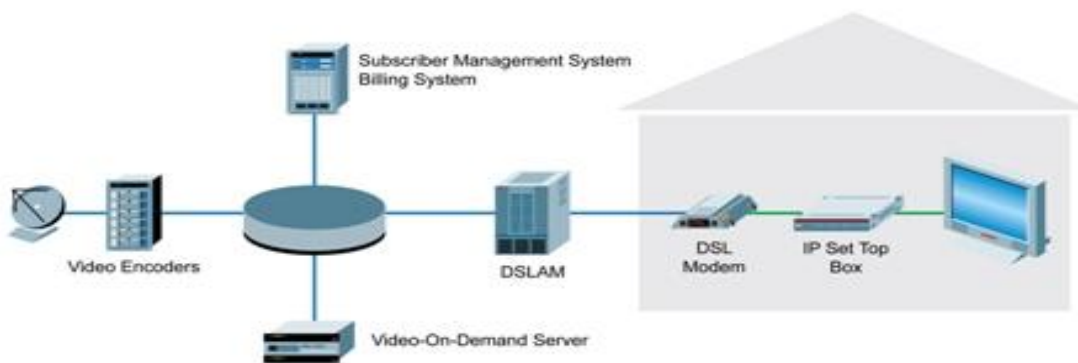
Μία νέα τεχνολογία, η οποία ονομάζεται ΔιαδίκτυοProtocol- Television (IPTV), ή πιο απλά IPTV έχει κάνει την εμφάνισή της και έχει ήδη εισχωρήσει σε πολλούς τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς. Όπως λέει και το όνομα, το IPTV είναι ένας μηχανισμός για την μεταφορά περιεχομένου βίντεο σε ένα δίκτυο το οποίο χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο δικτύου IP. Τα πλεονεκτήματα αυτού του μηχανισμού παράδοσης σήματος τηλεόρασης είναι πάρα πολλά, όπως οι ταχύτερες αλλαγές καναλιών, και η μεγάλη διαλειτουργικότητα με τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα, καθώς και πολλά άλλα. Πριν αρχίσουμε να περιγράφουμε τις διάφορες τεχνολογίες που απαιτούνται και αποτελούν ένα σύστημα IPTV, σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μία γενικότερη περιγραφή του IPTV.

1.1. Ορισμός του IPTV

Το IPTV ή ΔιαδίκτυοProtocol–Television είναι μία τεχνολογία εκπομπής, με ασφαλή τρόπο, υψηλής ποιότητας τηλεόρασης ή On-demand περιεχομένου βίντεο και ήχου μέσα από ένα δίκτυο εκπομπής. Από την πλευρά ενός θεατή το IPTV φαίνεται και λειτουργεί ακριβώς σαν μία παραδοσιακή υπηρεσία συνδρομητικής τηλεόρασης. Ο ορισμός του IPTV όπως διατυπώνεται από την ITU-TFGIPTV(International Telecommunication Union Focus Group on IPTV) είναι:

Το IPTV ορίζεται ως η υπηρεσία διαμοιρασμού πολυμεσικών εφαρμογών, όπως τηλεόρασης/βίντεο/ήχου/κειμένου/γραφικών μέσα από δίκτυα IP με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν τα απαιτούμενα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας, εμπειρίας, ασφάλειας, διαδραστικότητας και αξιοπιστίας. Αλλιώς:

Η Υπηρεσία IPTV είναι η μετάδοση τηλεοπτικού σήματος μέσω ευρυζωνικής σύνδεσης που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας IP. Διακρίνεται από την ευρύτερη κατηγορία Διαδίκτυο Television καθώς χρησιμοποιεί ένα «κλειστό» δίκτυο και όχι το δημόσιο Διαδίκτυο. Στη δυτική Ευρώπη, οι περισσότερες υπηρεσίες IPTV δίνονται πάνω σε μια DSL σύνδεση, ενώ σε μερικές χώρες παρέχεται επίσης πάνω από συνδέσεις οπτικών ινών.



Εικόνα 1.1: Βασική δομή ενός δικτύου IPTV [Πηγή: www.eetimes.com]

Η υπηρεσία IPTV παρέχεται από τηλεπικοινωνιακούς παρόχους συνήθως σε συνδυασμό με ευρυζωνική σύνδεση και υπηρεσίες VoIP. Συμπεριλαμβάνει συνήθως την παροχή:

- **Ψηφιακού τηλεοπτικού περιεχομένου**
- **Καινοτόμων υπηρεσιών τηλεόρασης (time shifted TV, parental control, pay-per-view, personal video recording)**
- **Video on demand με δυνατότητες ίδιες με αυτές που προσφέρει ένα DVD player (fast forward, rewind, pause κτλ.)**
- **Άλλων υπηρεσιών ψυχαγωγίας / περιεχομένου (μουσική, παιχνίδια, πρόσβαση στο διαδίκτυο)**

Έχοντας καλύτερη ποιότητα εικόνας από αυτή της αναλογικής τηλεόρασης, μια σειρά υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, δυνατότητες εξατομίκευσης, ποικιλία περιεχομένου και ευκολία πρόσβασης σε αυτό, αποτελεί μια αναβαθμισμένη και ολοκληρωμένη εμπειρία ψυχαγωγίας μέσα από την τηλεόραση. Η υπηρεσία αυτή, αναμένεται στο μέλλον να εξελιχθεί σε μια καθαρά διαδραστική εμπειρία για το χρήστη, με υπηρεσίες όπως picture sharing, video messaging, chatting κ.α.

Η υπηρεσία ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία τηλεοπτικής ψυχαγωγίας στο χώρο του σπιτιού(home entertainment) κατά βάση, αλλά και σε άλλους δημόσιους ή ιδιωτικούς χώρους εκτός του κινηματογράφου.

Από την πλευρά του παρόχου της υπηρεσίας, το IPTV υλοποιεί την απόκτηση, επεξεργασία και ασφαλή μεταφορά του περιεχομένου βίντεο μέσω ενός δικτύου IP. Οι τύποι των παρόχων αυτής της υπηρεσίας ποικίλουν, από παρόχους καλωδιακής τηλεόρασης και δορυφορικής τηλεόρασης μέχρι και μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους καθώς και διαχειριστές ιδιωτικών δικτύων σε διάφορα μέρη του κόσμου. Το IPTV έχει πολλές δυνατότητες, όπως:

Υποστήριξη για διαδραστική τηλεόραση. Οι δυνατότητες του IPTV επιτρέπουν στους παρόχους να μοιράζονται στους συνδρομητές της υπηρεσίας διάφορες διαδραστικές εφαρμογές. Οι εφαρμογές που διαμοιράζονται μέσω του IPTV μπορεί να περιλαμβάνουν εκτός από την τυπική ζωντανή τηλεόραση, τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας(HDTV) ή τηλεόραση πολύ υψηλής ευκρίνειας, διαδραστικά παιχνίδια, καθώς και Διαδίκτυο υψηλής ταχύτητας.

Timeshifting IPTV. Δηλαδή σε συνδυασμό με ένα PVR (PersonalVideoRecorder) ψηφιακό εγγραφέα βίντεο, το IPTV μπορεί να υλοποιήσει το timeshifting ενός προγράμματος, που είναι στην ουσία ένας μηχανισμός για την εγγραφή και αποθήκευση περιεχομένου IPTV για τηλεθέαση αργότερα.

Personalization(εξατομίκευση). Ένα σύστημα IPTV υποστηρίζει την επικοινωνία και προς τις 2 κατευθύνσεις και επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν ό,τι θέλουν στην τηλεόραση όποια στιγμή θέλουν και ευκαιρούν.

Μικρές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Αντί να στέλνεται κάθε κανάλι σε κάθε χρήστη, οι τεχνολογίες IPTV επιτρέπουν στους παρόχους να στέλνουν (κάνουν “stream”) το κανάλι μόνο στον χρήστη που ζήτησε να το δει. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στους χειριστές του δικτύου να μην ξοδεύουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης στο δίκτυο και έτσι να αποτρέπεται η άσκοπη υπερφόρτωση του δικτύου.

Υπάρχει πρόσβαση από πολλές συσκευές. Γενικά το περιεχόμενο που μεταφέρει το IPTV δεν περιορίζεται σε τηλεοράσεις. Οι πελάτες μπορούν να έχουν πρόσβαση στο περιεχόμενο IPTV και από τους υπολογιστές τους ή και από άλλες φορητές συσκευές.

1.2. Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος IPTV εμφανίστηκε αρχικά το 1995 με την ίδρυση του Precept Software. Σχεδίασαν και έχτισαν ένα τηλεοπτικό προϊόν διαδικτύου που ονομάστηκε «IP/TV». Το IP/TV ήταν μια εφαρμογή συμβατή με τα Windows και τα Unix και μπορούσαν να δώσουν από χαμηλή ποιότητα ως την ποιότητα DVD, χρησιμοποιώντας το unicast και το IP πολλαπλής διανομής (multicast) RTP/RTCP. Η Cisco διατηρεί το εμπορικό σήμα «IP/TV». Η Κίνγκστον ήταν μια από τις πρώτες επιχειρήσεις στον κόσμο που εισήγαγε την IPTV και την IP VOD μέσω ADSL.

Στο παρελθόν, αυτή η τεχνολογία έχει περιοριστεί από το χαμηλό εύρος ζώνης. Στα ερχόμενα έτη, εντούτοις, το IPTV (που θα χρησιμοποιείται από τους χρήστες στα σπίτια τους) αναμένεται να αυξηθεί με μεγάλο ρυθμό δεδομένου ότι η τεχνολογία ευρείας ζώνης ήταν διαθέσιμη σε περισσότερες από 200 εκατομμύρια οικογένειες παγκοσμίως στο έτος 2005, για να αυξηθεί σε 400 εκατομμύρια μέχρι το έτος 2010. Πολλοί από τους σημαντικούς προμηθευτές τηλεπικοινωνιών παγκοσμίως εξερευνούν το IPTV

ως νέα ευκαιρία εισοδήματος από τις υπάρχουσες αγορές τους και ως αμυντικό μέτρο ενάντια στις συμβατικότερες υπηρεσίες καλωδιακών τηλεοράσεων. Στο μεταξύ, υπάρχουν χιλιάδες εγκαταστάσεις IPTV μέσα σε σχολεία, εταιρίες, και άλλους οργανισμούς που δεν απαιτούν τη χρήση συνδέσεων ευρείας ζώνης.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ιστορικά έχουν υπάρξει πολλοί διαφορετικοί ορισμοί της "IPTV" συμπεριλαμβανομένου των: στοιχειώδης συνεχής ροή πάνω από IP δίκτυα, μεταφορές συνεχούς ροής πάνω από IP δίκτυα και μια σειρά από άλλα. Παρόλο που είναι πρόωρο να πούμε ότι υπάρχει πλήρης συναίνεση ακριβώς για το τι πρέπει να σημαίνει, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι ο πιο ευρέως αποδεκτός ορισμός σήμερα είναι: πολλαπλά προγράμματα μεταφοράς συνεχούς ροής τα οποία προέρχονται από το ίδιο δίκτυο που κατέχει ή ελέγχει άμεσα και το «Last Mile» στο χώρο του πελάτη. Αυτός ο έλεγχος στην παράδοση δίνει τη δυνατότητα εγγυημένης ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, και επιτρέπει επίσης στον πάροχο των υπηρεσιών να προσφέρει μια βελτιωμένη εμπειρία στον χρήστη, όπως καλύτερο οδηγό προγράμματος, διαδραστικές υπηρεσίες, κλπ.

1.3. Απαιτήσεις IPTV

Υπάρχουν διάφορες απαιτήσεις ώστε η IPTV να είναι επιτυχής :

Η ποιότητα της υπηρεσίας ή QoS: Απαιτούνται μερικοί συγκεκριμένοι μηχανισμοί QoS απαιτούνται σε μια περιορισμένου εύρους ζώνης πρόσβαση. Η ροή πρέπει να οργανωθεί κατά μήκος ολόκληρου του μονοπατιού μετάδοσης. Οι ποιοτικές απαιτήσεις μπορούν να ρυθμιστούν κατά διαστήματα. Να σημειωθεί ότι ένα τέτοιο δυναμικό σχέδιο QoS μπορεί να απαιτεί αλλαγές στην πολιτική QoS για να διαδοθεί σε όλη την υποδομή.

Πολλαπλή διανομή (Multicast): Η χρήση πολλαπλής διανομής είναι μια ευκολία για το χειριστή για να ελαχιστοποιήσει τις ανάγκες για πόρους δικτύων και όχι ένα ουσιαστικό συστατικό του καθορισμού υπηρεσιών. Το PIM (Protocol Independent Multicast) μπορεί να βοηθήσει ώστε να αποσυνδεθεί το κρυμμένο κάτω από τις υπηρεσίες μετάδοσης, πρωτόκολλο δρομολόγησης χρησιμοποιώντας τον πυκνό τρόπο ή τον αραιό τρόπο μέσω του προγραμματισμού της κάλυψης IPTV και της χρήσης της υποδομής των δικτύων. Η υπηρεσία IPTV πρέπει να είναι διαθέσιμη είτε το περιεχόμενο είναι unicast (όπως στη βιντεοπαραγγελία) ή πολλαπλής διανομής (όπως στη μετάδοση TV).

Authentication/authorization/identity (Επιβεβαίωση Ταυτότητας): Η υπηρεσία IPTV πρέπει να εγκριθεί για να εκτελέσει μια συγκεκριμένη λειτουργία. Τα περιπλοκότερα εξατομικευμένα μοντέλα έγκρισης μπορεί να απαιτήσουν μερικές παραλλαγές της υπηρεσίας, παραδείγματος χάριν, γονικούς ελέγχους.

Περιβάλλον επικοινωνίας: Αυτό είναι παρόμοιο με την υπηρεσία παρουσίας στη σύγκλιση VoIP.

Νομαδικότητα (Nomadicity): για μια υπηρεσία IPTV, το nomadicity σύσκευης πολυμέσων κανονικά ερμηνεύεται ως η δυνατότητα ο χρήστης να είναι σε θέση να έχει πρόσβαση στις ίδιες υπηρεσίες από μια διαφορετική θέση. Η αναλογία απόδοση-κόστος είναι πιθανό να οδηγήσει στις φορητές συσκευές ή στα φορητά τερματικά, ικανά για υπηρεσίες IPTV έκτακτης ανάγκης επικοινωνίας.

Επείγουσες υπηρεσίες: Οι υπηρεσίες IPTV πρέπει να συνεχίσουν τις υπάρχουσες τηλεοπτικές υπηρεσίες για να παρέχουν τις ειδοποιήσεις για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (παραδείγματος χάριν, μια προειδοποίηση για καταιγίδες).

Ανακάλυψη περιεχομένου και υπηρεσιών: Με την βοήθεια ενός συγκεντρωμένου ή διανεμημένου καταλόγου αρχείων, ο χρήστης είναι σε θέση να ψάξει και να εντοπίσει το τηλεοπτικό περιεχόμενο από τα τερματικά. Η αναζήτηση μπορεί να είναι κείμενο, εικόνα, ή βίντεο. Το περιεχόμενο και η υπηρεσία υποβάλλονται ως μία έκθεση στο χρήστη ως αποτέλεσμα της αναζήτησης.

DRM (Digital rights management): Η ασφάλεια διοικητικών δικαιωμάτων τεχνολογίας IP δικτύων και η ασφάλεια εφαρμογής επιτρέπουν την πιστοποίηση της νομιμότητας της αρχικής πηγής του τηλεοπτικού περιεχομένου, της πιστοποίησης ταυτότητας και της έγκρισης του χρήστη για να εμφανίσει το περιεχόμενο και τη σαφή συνεννόηση μεταξύ των δημιουργών του περιεχομένου, των παραγωγών και των χρηστών.

Διαχείριση συνόδων: Οι πρότυπες διαχειρίσεις συνόδων επικοινωνίας χρηστών πρέπει να χτιστούν πάνω από το SIP, το RTCP ή από άλλα πρωτόκολλα ώστε οι χρήστες να είναι σε θέση να λαμβάνουν μια ικανοποιητική παράδοση. Παραδείγματος χάριν, ένα σύνολο διευκολύνσεων των ικανοτήτων πρέπει να παρέχει το υλικό και το λογισμικό στο SP. Οι επιτρεπόμενες τεχνολογίες υποστηρίζονται άμεσα από

διάφορα πρωτόκολλα IETF συμπεριλαμβανομένου των πρωτοκόλλων πραγματικού χρόνου, Real-Time Control Protocol και Stream Control Transmission Protocol.

1.4. Τα επιχειρησιακά οφέλη και οι εφαρμογές

Νέες τεχνολογίες IPTV και εφαρμογές, έχουν σαν αποτέλεσμα, ικανοποιημένους προμηθευτές περιεχομένου, καθώς επίσης και νέα εμπειρία χρηστών. Οι υπηρεσίες IP παρέχουν διάφορα οφέλη :

- Στους χρήστες, η τεχνολογία IPTV επιτρέπει να επιλέξουν το περιεχόμενο που θέλουν καθώς και το χρόνο που θέλουν να το παρακολουθήσουν. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις συσκευές που θέλουν αρκεί να είναι διαθέσιμες.
- Οι προμηθευτές προσθέτουν νέες ευκαιρίες διανομής. Μπορούν να παρέχουν στοχοθετημένες υπηρεσίες και να κάνουν εμπόριο με τη συλλογή των δεδομένων που διαθέτουν.
- Οι φορείς παροχής υπηρεσιών μπορούν να απλοποιήσουν την ολοκλήρωση του περιεχομένου και των υπηρεσιών IP (όπως ο καιρός, τα παιχνίδια, οι φωτογραφίες και η μουσική στην TV). Παραδείγματος χάριν, η TV μπορεί να ενσωματωθεί με τις ευρυζωνικές βασικές συσκευές με χρήση ενός μετασχηματιστή (STB). Το IPSTB είναι η πύλη της TV στην ψηφιακή μουσική, τα βασικά βίντεο και τις φωτογραφίες.
- Η υποδομή δικτύων γαμίζει με τη νέα κυκλοφορία για να αυξήσει τη χρησιμοποίηση του συνεχώς αναπτυσσόμενου εύρους ζώνης.
- Οι τηλεφωνικοί και καλωδιακοί φορείς παροχής υπηρεσιών βρίσκουν ένα πεδίο για να ανταγωνιστούν στο triple-play για τα δεδομένα, τη φωνή και την τηλεόραση.
- Παραδοσιακά, οι καλωδιακές και οι ασύρματες τεχνολογίες προσφέρονται χωριστά (καμία επικάλυψη) με διαφορετικές υποδομές δικτύων. Καθώς κινούνται προς τις ίδιες υπηρεσίες και με μια κοινή δικτυακή γειτονιά IP, προβλέπουμε την ολοκλήρωση και τις συγχωνεύσεις της καλωδιακής τηλεόρασης με τις τηλεφωνικές υπηρεσίες στη βιομηχανία.

1.5. Εμπορική Χρήση

Καθώς χρησιμοποιεί και εκμεταλλεύεται όλες τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα του Διαδίκτυο (σωστότερα, του πρωτοκόλλου του Διαδικτύου - Διαδίκτυο protocol), η IPTV στέλνει λιγότερη (σε όγκο δεδομένων) πληροφορία από την «παραδοσιακή» τηλεόραση - αναλογική ή ψηφιακή, συνεπώς, υπόσχεται μικρότερο κόστος για τους παρόχους (operators), αλλά και καλύτερες τιμές για τους τελικούς χρήστες/καταναλωτές. Με τη βοήθεια ειδικών συσκευών (set-top box) και τη χρήση ευρυζωνικών συνδέσεων, το τηλεοπτικό σήμα μπορεί να διανεμηθεί στα νοικοκυριά πολύ πιο εύκολα και αξιόπιστα απ' ό,τι με άλλους τρόπους, π.χ. μέσω καλωδίου. Επιπλέον, με τη χρήση των νέων συσκευών μαγνητοσκόπησης, όπως των ψηφιακών εγγραφέων βίντεο (Digital Video Recorders - DVR) είναι δυνατή η ταυτόχρονη εγγραφή πολλών προγραμμάτων, γεγονός που θα ικανοποιήσει και τον πλέον απαιτητικό χρήστη.

Καθώς δε το κόστος έχει μειωθεί κατά πολύ (και διαρκώς μειώνεται) σε σχέση με το παρελθόν, η δικτυακή τηλεόραση μπορεί να αποδειχθεί ένα καλό όχημα και για εμπορική εκμετάλλευση. Σήμερα, με τη χρήση αξιόπιστων αλλά πολύ οικονομικών συσκευών εγγραφής εικόνας και ήχου, ακόμη και μια μικρή ή μεσαία επιχείρηση είναι σε θέση να δημιουργήσει με δικά της μέσα τηλεοπτικό σήμα - από βίντεο λίγων δευτερολέπτων με απλή επίδειξη προϊόντων μέχρι ταινίες μεγάλης διάρκειας ή πολύωρο «ζωντανό» πρόγραμμα.

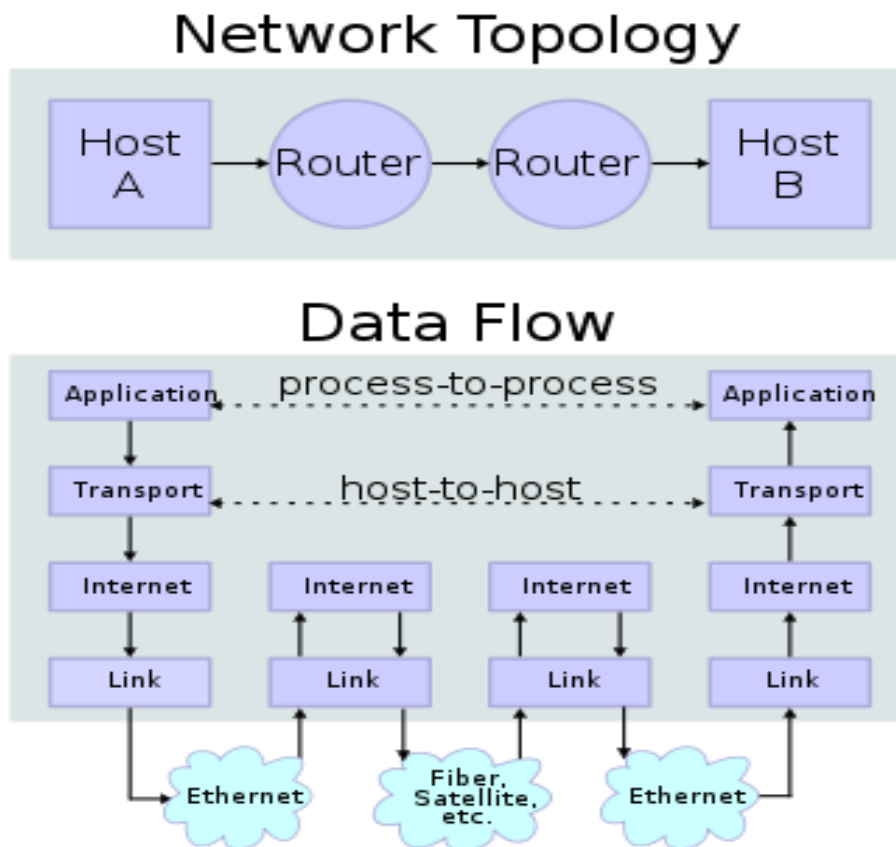
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο:

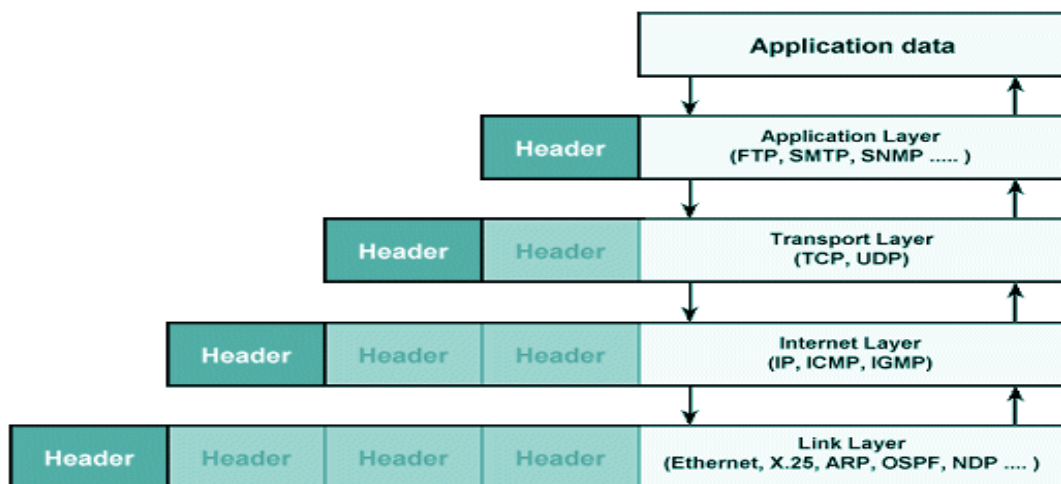
2.1. Διαδίκτυο Protocol Suite

Η Διαδίκτυο Protocol Suite είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων επικοινωνίας που απαρτίζουν ουσιαστικά το Διαδίκτυο (Διαδίκτυο) και τα περισσότερα εμπορικά δίκτυα. Αποκαλείται πολλές φορές και TCP/IP Protocol Suite, παίρνοντας το όνομα αυτό από τα δύο σημαντικότερα πρωτόκολλα που περιέχει: το Transmission Control Protocol (TCP) και το Διαδίκτυο Protocol (IP), τα οποία ήταν τα πρώτα πρωτόκολλα που καθορίστηκαν.

Η Διαδίκτυο Protocol Suite μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο τεσσάρων επιπέδων (layers) που το καθένα λύνει ένα σύνολο προβλημάτων που εμφανίζονται στη μετάδοση δεδομένων, και παρέχει μια, καθορισμένη με σαφήνεια, υπηρεσία στα πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου. Τα ανώτερα επίπεδα είναι πιο “κοντά” στον άνθρωπο-χρήστη, ασχολούνται με πιο αφηρημένα στοιχεία και στηρίζονται στα χαμηλότερα επίπεδα για να μετατρέψουν τα στοιχεία αυτά στις φυσικές μορφές που μπορούν τελικά να μεταδοθούν μέσα από τα δίκτυα.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το TCP/IP Protocol Suite, όπως σχηματικά υλοποιείται στην επικοινωνία δύο υπολογιστών και ενδεικτικά κάποιες τεχνολογίες που υλοποιούνται σε κάθε επίπεδο.



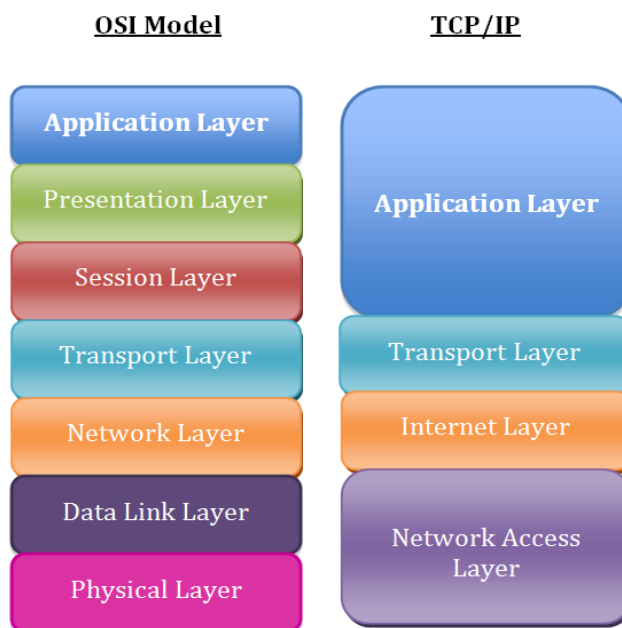


Εικόνα 2.1&2.2: Επίπεδα TCP/IP Protocol Suite & Παράδειγμα ενθυλάκωσης δεδομένων [Πηγή: www.wikipedia.org]

2.2. OSI Model

Το OSI (Open Systems Interconnection) model δεν είναι παρά η εξέλιξη της TCP/IP suite. Αποτελείται από μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις απαιτήσεις για την επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών. Το πρότυπο καθορίστηκε από το Διεθνή Οργανισμό για την Τυποποίηση (International Organization for Standardization), στα πρότυπα του ISO 7498-1.

Δημιουργήθηκε για να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών πλατφορμών που προέρχονται από διάφορους προμηθευτές. Το OSI επιτρέπει δηλαδή σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συνεργάζονται, ανεξάρτητα από ποιος τα κατασκεύασε. Κάθε επίπεδο έχει την ιδιότητα ότι χρησιμοποιεί μόνο τις λειτουργίες του αμέσως κατώτερου επιπέδου και εξάγει πληροφορία και λειτουργία μόνο προς το αμέσως ανώτερό του επίπεδο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σχέση των μοντέλων TCP/IP και OSI. Όπως είναι φανερό, τα 3 ανώτερα επίπεδα του OSI model, το Application layer, το Presentation layer και το Session layer, συνήθως υλοποιούνται σε ένα μόνο επίπεδο, πάνω από το Transport layer του TCP/IP model. Παρόλο αυτά δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος μηχανισμός που να απαγορεύει στο TCP/IP model να χρησιμοποιήσει περισσότερα του ενός επίπεδα, πάνω από το Transport layer.



Εικόνα 2.3: Αναλογία επιπέδων μοντέλου OSI και TCP/IP [Πηγή:www.wikipedia.org]

Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο ένα υποσύνολο ολόκληρου του προτύπου OSI. Θεωρείται ότι ένα μεγάλο μέρος των προδιαγραφών του είναι πάρα πολύ περίπλοκο και ότι η πλήρης ενσωμάτωση και λειτουργία του θα καθυστερήσει πολύ, αν και υπάρχουν πολλοί άνθρωποι που το υποστηρίζουν έντονα.

2.3. Πρωτόκολλο Διαδίκτυο IPv4 & IPv6

Το Διαδίκτυο Protocol (IP) που βρίσκεται στο Network layer του TCP/IP model είναι ένα από τα σημαντικότερα πρωτόκολλά του. Ενσωματώνεται σε τεχνολογίες που βρίσκονται στο αμέσως από κάτω του επίπεδο, το Data Link layer, όπως για παράδειγμα το Ethernet. Είναι ένα data oriented πρωτόκολλο, το οποίο χρησιμοποιείται για να στέλνονται δεδομένα σε μορφή πακέτων μέσα από ένα δίκτυο υπολογιστών. Τα πακέτα είναι μικρές ακολουθίες από bytes που αποτελούνται από την επικεφαλίδα (header) και το κυρίως μέρος. Η επικεφαλίδα περιγράφει τον προορισμό του πακέτου, τον οποίο χρησιμοποιούν τα routers στο Διαδίκτυο για να κατευθύνουν το πακέτο στον τελικό του προορισμό.

2.3.1. Κύρια χαρακτηριστικά του Διαδίκτυο Protocol

Το Διαδίκτυο Protocol έχει δύο κύρια χαρακτηριστικά:

- **Είναι Connectionless πρωτόκολλο:** για να πάνε τα δεδομένα από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο δεν χρειάζεται κάποια προηγούμενη επικοινωνία.
- **Είναι αναξιόπιστο:** αυτό σημαίνει ότι υλοποιεί τα λεγόμενο best effort delivery. Δεν υπάρχει εγγύηση για τα πακέτα ότι δεν θα χαθούν, αλλοιωθούν ή ότι θα φτάσουν με τη σωστή σειρά. Από πλευράς αξιοπιστίας το μόνο που κάνει το IP είναι να ελέγχει την επικεφαλίδα του πακέτου που θα στείλει ότι είναι error free, με τη χρήση checksum. Σε περίπτωση συμφόρησης δεδομένων το IP μπορεί να απορρίψει πακέτα ή ακόμα, για λόγους αποδοτικότητας, 2 συνεχόμενα πακέτα να τα στείλει από διαφορετικές διευθύνσεις.

2.3.2. Τι είναι η μετάδοση «καλύτερης προσπάθειας»;

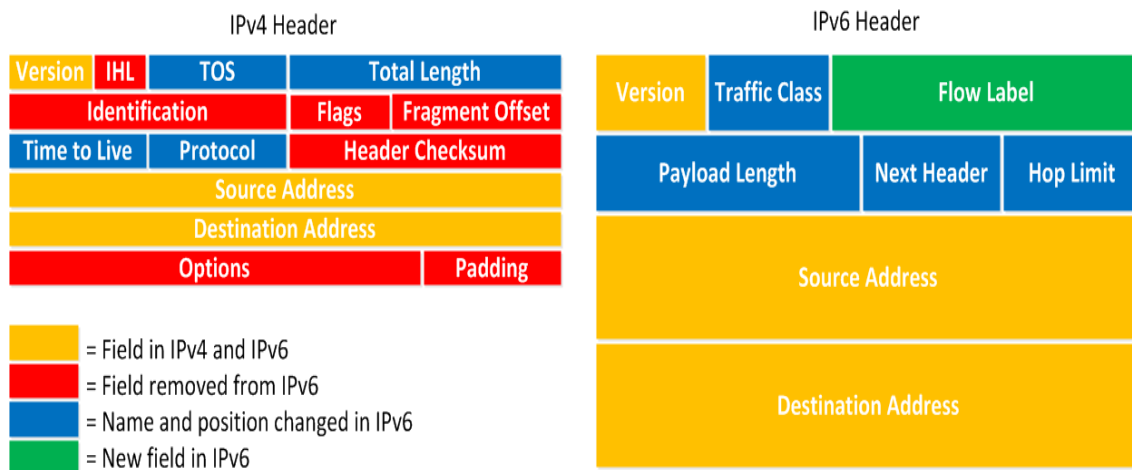
Ο όρος best effort delivery περιγράφει ένα network service, για το οποίο το δίκτυο δεν παρέχει εγγύηση ότι τα δεδομένα του μεταδίδονται σωστά ή ότι ο χρήστης έχει ένα εγγυημένο QoS ή κάποια συγκεκριμένη προτεραιότητα. Σε ένα best effort δίκτυο παρέχεται σε όλους τους χρήστες best effort service, με την έννοια ότι ο καθένας έχει ένα μη καθορισμένο μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης και παράδοσης πακέτου, ανάλογα με την κίνηση στο δίκτυο την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

2.3.3. Γιατί να σχεδιαστεί ένα πρωτόκολλο αναξιόπιστο;

Ο κύριος λόγος για την έλλειψη αξιοπιστίας είναι για να μειωθεί η πολυπλοκότητα των δρομολογητών. Έτσι οι routers μπορούν να διαχειριστούν όπως θέλουν αυτοί τα πακέτα που τους έρχονται, αν και οτιδήποτε λιγότερο από best effort delivery οδηγεί σε "poor experience" τον τελικό χρήστη. Έτσι, αν και δεν γίνονται εγγυήσεις για τα πακέτα, όσο καλύτερη είναι η προσπάθεια του δικτύου, τόσο καλύτερο το τελικό αποτέλεσμα για τον χρήστη. Τέλος, να αναφέρουμε ότι τα περισσότερα πρωτόκολλα είναι βασισμένα στην ιδέα ότι ο έλεγχος σφαλμάτων είναι καλύτερο να γίνεται στην μεριά του τελικού χρήστη, η λεγόμενη αρχή end-to-end.

2.3.4. IPv4 vs. IPv6

Στο σημερινό Διαδίκτυο το IP, όπως αυτό υλοποιείται στο Network layer, βρίσκεται στην έκδοση 4 (IPv4) από το 1981. Το IPv6 θα αντικαταστήσει κάποια στιγμή μελλοντικά το IPv4. Η κύρια διαφορά τους είναι στο χώρο των διευθύνσεων που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.4: Διαφορά IPv4 και IPv6 [Πηγή: networklessons.com]

2.4. Πρωτόκολλα TCP, UDP και RTP

Ένα επίπεδο πιο πάνω από το IP, στο Transport layer, βρίσκονται το TCP και UDP. Οι software βιβλιοθήκες του TCP και του UDP, χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο Protocol (IP) και παρέχουν ένα πιο απλοποιημένο περιβάλλον για να γραφούν δικτυακές εφαρμογές. Ας δούμε τα TCP και UDP αναλυτικά παρακάτω.

2.4.1. Πρωτόκολλο TCP

Τα αρχικά του TCP προέρχονται από το Transmission Control Protocol. Είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται κατεξοχήν στον Διαδίκτυο. Το TCP δημιουργεί μια ατελείωτη σειρά από μηνύματα (segments), τα οποία φαίνονται σαν μια συνεχής ροή δεδομένων. Αυτή η ροή είναι 2 κατευθύνσεων (αποστολέας-παραλήπτης) και ταυτόχρονα πολύ αξιόπιστη. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του TCP είναι τα εξής :

Είναι πρωτόκολλο με σύνδεση. Άρα χρησιμοποιείται μόνο μεταξύ 2 υπολογιστών. Πριν ξεκινήσει η μεταφορά δεδομένων πρέπει να γίνει μία τριπλή χειραψία (SYN, SYN-ACK, ACK) μεταξύ των 2 υπολογιστών (connection establishment) και το αντίστοιχο στον τερματισμό της αποστολής (connection termination).

Είναι αξιόπιστο. Το TCP του παραλήπτη ενημερώνει συνεχώς το TCP του αποστολέα, για το ποιο είναι το επόμενο πακέτο που περιμένει, σύμφωνα με τον αύξοντα αριθμό των πακέτων που έχει ήδη λάβει και αν αντιληφθεί ότι κάποιο πακέτο χάθηκε στην πορεία, τότε επιβάλλει retransmission. Αν το πακέτο δεν μπορεί να έρθει μετά από πολλαπλά retransmissions, τότε η σύνδεση διακόπτεται (timeout).

Εγγυάται την σωστή σειρά άφιξης των δεδομένων στην εφαρμογή του παραλήπτη. Όταν τα δεδομένα έρθουν στην είσοδο του παραλήπτη με λάθος σειρά, τότε το TCP layer "κρατάει" αυτά τα δεδομένα μέχρι να έρθουν τα προηγούμενα τους. Αφού έρθουν τα διατάσσει στην σωστή σειρά και έπειτα τα παραδίδει στην εφαρμογή.

Απόρριψη διπλών δεδομένων. Αποτρέπει την αποστολή διπλότυπων, δηλαδή δύο ακριβώς ίδιων δεδομένων.

Προσφέρει αυτοματοποιημένο έλεγχο ροής δεδομένων (flow control). Όταν ο buffer του παραλήπτη γεμίσει, τότε σταματάει προσωρινά το transmission ή ελαττώνει τον ρυθμό μετάδοσης του, μέχρις ότου αδειάσει ο buffer. Μια απαραίτητη λειτουργία σε ένα κόσμο όπου επικοινωνούν μηχανές διαφορετικών ταχυτήτων κάτω από διαφορετικά δίκτυα.

Προσφέρει αυτοματοποιημένο έλεγχο συμφόρησης (congestion control). Το TCP χρησιμοποιεί μια πληθώρα μηχανισμών για να επιτύχει την μέγιστη απόδοση μεταφοράς δεδομένων αποφεύγοντας την συμφόρηση δεδομένων στους routers του Διαδίκτυο, μια κατάσταση κατά την οποία πέφτει η απόδοση του δικτύου κατά μεγάλο βαθμό. Αυτοί οι μηχανισμοί ελέγχουν τον ρυθμό με τον οποίο τα δεδομένα μπαίνουν στο δίκτυο, κρατώντας αυτό το ρυθμό κάτω από ένα ασφαλές όριο. Συγκεκριμένα, ο βασικός

αλγόριθμος που χρησιμοποιεί ονομάζεται Congestion Avoidance. Αν και υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του, λειτουργεί ως εξής:

Το TCP στέλνει δεδομένα στο δίκτυο αυξάνοντας σιγά σιγά ένα congestion window (χρησιμοποιείται για να ελέγχει τον ρυθμό με τον οποίο τα δεδομένα μπαίνουν στο δίκτυο). Όταν παρατηρηθεί συμφόρηση το μέγεθος του congestion window ελαττώνεται στο μισό, ώστε να αποφευχθεί η κατάρρευση του δικτύου και έπειτα από λίγο συνεχίζονται μεγαλώνει σιγά σιγά μέχρι να παρατηρηθείξανά συμφόρηση, οπότε και θα μειώσει πάλι το μέγεθος του congestion window στο μισό.

Εγγυάται την ακεραιότητα του "μονοπατιού επικοινωνίας". Αυτό βέβαια δεν εμποδίζει την υποκλοπή των δεδομένων από τρίτους. Η τελευταία όμως είναι σχετικά δύσκολη, μιας και ο κακόβουλος χρήστης θα πρέπει να ακούσει όλη την ροή δεδομένων, καθώς δεν υπάρχουν συγκεκριμένου μεγέθους πακέτα.

Εξαιτίας των παραπάνω χαρακτηριστικών του λοιπόν, το TCP χρησιμοποιείται και επιβάλλεται να χρησιμοποιείται, όπου η ακεραιότητα των δεδομένων είναι ύψιστης σημασίας. Δηλαδή σε web surfing, e-mails, file transfers και οποιαδήποτε άλλη μεταφορά data αρχείων ανάμεσα σε 2 υπολογιστές.

2.4.2. Πρωτόκολλο UDP

Τα αρχικά του UDP προέρχονται από το User Datagram Protocol. Είναι ένα σχεδόν μηδενικό πρωτόκολλο, με την έννοια ότι, οι μόνες υπηρεσίες που παρέχει είναι το checksum των προς μετάδοση δεδομένων και της πολυπλεξίας των ports επικοινωνίας του υπολογιστή. Για αυτό και πολλές φορές αναφέρεται με το όνομα Unreliable Datagram Protocol. Χρησιμοποιώντας το UDP τα προγράμματα μπορούν να στείλουν μικρά μηνύματα, γνωστά ως datagrams, το ένα στο άλλο. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του UDP είναι τα εξής :

Είναι αναξιόπιστο (best effort delivery). Δε μπορεί να εγγυηθεί την ακεραιότητα ή τη σωστή σειρά άφιξης των δεδομένων, όπως το TCP. Τα πακέτα (segments) μπορούν να φτάσουν με διαφορετική σειρά, να εμφανίζονται διπλά ή να μην έρθουν και καθόλου χωρίς καμία ειδοποίηση.

Είναι γρήγορο. Το παραπάνω χαρακτηριστικό του εξασφαλίζει μικρή καθυστέρηση και κάνει το UDP πιο γρήγορο από το TCP.

Πολλαπλή χρηστικότητα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε Unicast όσο και σε Multicast δίκτυα, καθώς δεν είναι connection protocol. Θα αναφερθούμε σε αυτά παρακάτω.

Είναι "ελαφρύ". Λιγότερο απαιτητικό σε πόρους, σε σχέση με το TCP. Δεν δημιουργεί μεγάλο overhead στο δίκτυο, καθώς δεν ελέγχει αν όντως κάποιο πακέτο έφτασε ή όχι.

Έχει μικρότερο header. Το UDP έχει 8 bytes header, σε σχέση με το TCP που έχει 20 bytes header. Αυτό σημαίνει μικρότερη επιβάρυνση στο δίκτυο.

2.4.3. TCP vs. UDP

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε συνοπτικά τις βασικές διαφορές των δύο πρωτοκόλλων που περιγράψαμε προηγουμένως:

UDP v/s TCP		
Characteristics/ Description	UDP	TCP
General Description	Simple High speed low functionality "wrapper" that interface applications to the network layer and does little else	Full-featured protocol that allows applications to send data reliably without worrying about network layer issues.
Protocol connection Setup	Connection less data is sent without setup	Connection-oriented; Connection must be Established prior to transmission.
Data interface to application	Message base-based is sent in discrete packages by the application.	Stream-based; data is sent by the application with no particular structure
Reliability and Acknowledgements	Unreliable best-effort delivery without acknowledgements	Reliable delivery of message all data is acknowledged.
Retransmissions	Not performed. Application must detect lost data and retransmit if needed.	Delivery of all data is managed, and lost data is retransmitted automatically.
Features Provided to Manage flow of Data	None	Flow control using sliding windows; window size adjustment heuristics; congestion avoidance algorithms
Overhead	Very Low	Low, but higher than UDP
Transmission speed	Very High	High but not as high as UDP
Data Quantity Suitability	Small to moderate amounts of data.	Small to very large amounts of data.

Εικόνα 2.5: Διαφορά UDP και TCP [Πηγή: <http://en.wikibooks.org>]

2.4.4. Γιατί υπάρχει το UDP; Τι εξυπηρετεί;

Το TCP λοιπόν, σύμφωνα με όσο αναφέραμε παραπάνω, φαντάζει σαν μια ιδανική λύση για την σωστή και αξιόπιστη κυρίως μεταφορά των δεδομένων μας. Γιατί χρησιμοποιούμε το UDP; Το UDP υπάρχει ακριβώς γιατί υπάρχουν εφαρμογές, όπου δεν μας ενδιαφέρει τόσο η ακεραιότητα των δεδομένων, όσο τα δεδομένα να φτάσουν όσο δυνατόν γρηγορότερα στον παραλήπτη, έστω και με κάποια απώλεια. Εκεί δηλαδή που το TCP είναι αργό και δεν μας εξυπηρετεί, έρχεται να πάρει τη θέση του το UDP. Μερικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν το UDP είναι οι παρακάτω:

- Servers, οι οποίοι απαντάνε σε μικρά αιτήματα ενός τεράστιου αριθμού από clients, όπως στα online παιχνίδια. Οι Servers δεν απασχολούνται με το να ελέγχουν την κατάσταση του κάθε connection και των παραμέτρων του χρησιμοποιώντας UDP, και έτσι μπορούν να εξυπηρετήσουν ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών σε αντίθεση με το αν χρησιμοποιούσαν TCP.
- Όπως επίσης και κάποιες πολύ σημαντικές εφαρμογές όπως το Domain Name System (DNS), Simple Network Management Protocol (SNMP), Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), Routing Information Protocol (RIP).

Μετά από όλα αυτά, είναι φανερό ότι ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο UDP πρέπει να ασχοληθεί το ίδιο με τα προβλήματα επικοινωνίας που μπορεί να προκύψουν: την αξιόπιστη παράδοση, το packetization και την επανασυναρμολόγηση, τον έλεγχο ροής, την αποφυγή συμφόρησης, κλπ. Επίσης, δεδομένου ότι το UDP στερείται μηχανισμών αποφυγής και ελέγχου δικτυακής συμφόρησης, απαιτούνται network-based μηχανισμοί για να ελαχιστοποιηθούν τα πιθανά προβλήματα κατάρρευσης δικτύου λόγω ανεξέλεγκτα υψηλών ρυθμών αποστολής πακέτων UDP.

Με άλλα λόγια, δεδομένου ότι οι αποστολείς UDP δεν μπορούν να ανιχνεύσουν τη συμφόρηση, τα στοιχεία των δικτύων, όπως οι routers, πρέπει να χρησιμοποιούν τεχνικές packet queuing και απόρριψης πακέτων για να ελέγχουν την υπερβολική κίνηση πακέτων UDP στα δίκτυα.

Το Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) σχεδιάζεται ως μια μερική λύση σε αυτό το πιθανό πρόβλημα προσθέτοντας TCP μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης σε ροές πακέτων UDP υψηλής ταχύτητας (π.χ. media streaming).

2.4.5. Πρωτόκολλο RTP

Το Real-time Transport Protocol (RTP) καθορίζει ένα τυποποιημένο format πακέτου για αποστολή ήχου/βίντεο μέσω του διαδικτύου. Μπορεί να δουλέψει παράλληλα με το Real-time Streaming Protocol (RTSP) το οποίο επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο ενός media server με εντολές παρόμοιες ενός βίντεο. Μερικές από τις εντολές που παρέχει το RTSP είναι το Describe, Setup, Play, Pause, Record και Teardown. Οι εντολές αυτές αφορούν την περιγραφή του αρχείου προς μετάδοση, τον έλεγχο της αναπαραγωγής και τον τερματισμό της συνόδου με τον server. Όλες αυτές οι εντολές στέλνονται με το πρωτόκολλο HTTP.

Το RTP δεν έχει κάποια συγκεκριμένη TCP/UDP πόρτα από την οποία επικοινωνεί. Το μόνο στο οποίο υπακούει είναι ότι οι UDP επικοινωνίες γίνονται σε ζυγές πόρτες και η αμέσως επόμενη μονή πόρτα να χρησιμοποιείται για το RTP Control Protocol (RTCP). Το τελευταίο δίνει περιοδικά feedback για το Quality of Service που παρέχει το RTP. Μαζεύει στατιστικά, όπως τα πακέτα που στάλθηκαν, τα χαμένα πακέτα, το jitter και το round trip delay. Μια εφαρμογή μπορεί να τα χρησιμοποιήσει για να αυξήσει το Quality of Service, ίσως μειώνοντας την ροή πληροφορίας ή χρησιμοποιώντας διαφορετικό codec.

Το RTP λοιπόν είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί για δεδομένα με real-time χαρακτηριστικά, όπως το interactive audio και video. Επίσης το χρησιμοποιούν υπηρεσίες VoIP στις οποίες το call setup και ο τερματισμός του, γίνεται χρησιμοποιώντας άλλα 2 πρωτόκολλα είτε το SIP είτε το H.323. Οι υπηρεσίες που παρέχει το RTP είναι οι παρακάτω:

- Ένδειξη του τι είδους περιεχόμενο μεταφέρεται
- Αρίθμηση πακέτων
- Δυνατότητα υπολογισμού του jitter
- Παρακολούθηση της διαδικασίας αποστολής.
- Δεν παρέχει flow & congestion control από μόνο του.

Επίσης το RTCP προσφέρει πληροφορία σχετικά με την λαμβανόμενη ποιότητα, την οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει η εφαρμογή για να κάνει τοπικές αλλαγές, όπως να αποφασίσει σε περίπτωση συμφόρησης να μειώσει τον ρυθμό αποστολής.

2.5. Μέθοδοι δρομολόγησης (Routing Schemes)

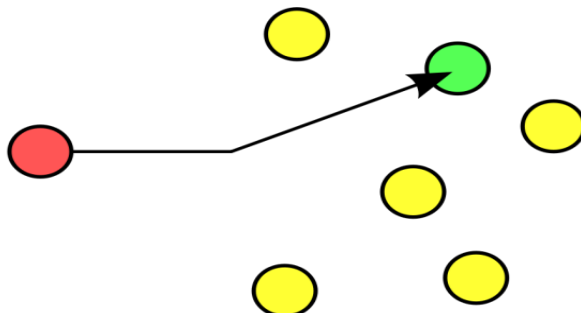
Υπάρχουν 4 μέθοδοι δρομολόγησης/αποστολής ή αλλιώς Routing Schemes, το καθένα με τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά. Είναι, με τη σειρά που παρουσιάζονται, το Unicast, το Broadcast, το Multicast και το Anycast. Οι ορολογίες αυτές αναφέρονται και στον τύπο των διευθύνσεων IP που χρησιμοποιούνται.

2.5.1. Unicast

Ο πιο συνηθισμένος τύπος για μια IP διεύθυνση είναι μια unicast διεύθυνση και είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος μετάδοσης πληροφορίας στο σημερινό Διαδίκτυο. Συνήθως αναφέρεται σε έναν μεμονωμένο αποστολέα ή παραλήπτη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για αποστολή όσο και παραλαβή. Συνήθως μια unicast διεύθυνση αντιστοιχίζεται με μια μόνο συσκευή, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι υπάρχει αντιστοιχία 1-1.

Ορισμένοι υπολογιστές έχουν πολλές διαφορετικές unicast διευθύνσεις, η κάθε μια για την δικιά της ξεχωριστή χρήση. Στέλνοντας την ίδια πληροφορία σε διαφορετικές unicast διευθύνσεις, απαιτεί από τον αποστολέα να στείλει την ίδια πληροφορία τόσες φορές όσες και οι παραλήπτες του.

Στην unicast δρομολόγηση κάθε router εξετάζει το destination address του λαμβανόμενου πακέτου και ψάχνει αυτήν την διεύθυνση σε έναν πίνακα, ώστε να προσδιορίσει ποια διασύνδεση να χρησιμοποιήσει ώστε το πακέτο να φτάσει πιο κοντά στον προορισμό του. Η source address του πακέτου δεν παίζει κανένα ρόλο.

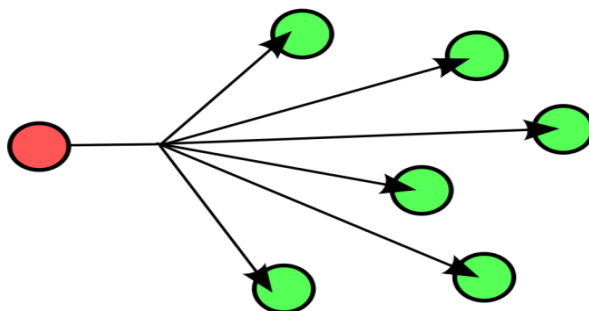


Εικόνα 2.6: Γραφική απεικόνιση του Unicast [Πηγή: <http://en.wikipedia.org>]

2.5.2. Broadcast

Το broadcast, στέλνοντας την πληροφορία σε όλους τις πιθανούς προορισμούς, δίνει τη δυνατότητα στον αποστολέα, να στείλει την πληροφορία μόνο μια φορά και όλοι οι παραλήπτες να την πάρουν. Στο IP πρωτόκολλο, η διεύθυνση 255.255.255.255 παριστάνει ένα περιορισμένο τοπικό broadcast. Για παράδειγμα, το να στείλεις σε όλες τις διευθύνσεις σε ένα τοπικό δίκτυο που αρχίζουν με 192.0.2, η directed broadcast διεύθυνση είναι 192.0.2.255 (υποθέτοντας ότι το netmask είναι 255.255.255.0).

Δυστυχώς δεν υπάρχει καμία μορφή διαδίκτυο-wide broadcast και είναι περιορισμένο σαν τεχνολογία μόνο στα τοπικά Ethernet δίκτυα. Στο IPv6 το broadcast δεν υφίσταται σε καμία μορφή και έχει δώσει την θέση του στο multicasting.



Εικόνα 2.7: Γραφική απεικόνιση του Broadcast [Πηγή: <http://en.wikipedia.org>]

2.5.3. Multicast

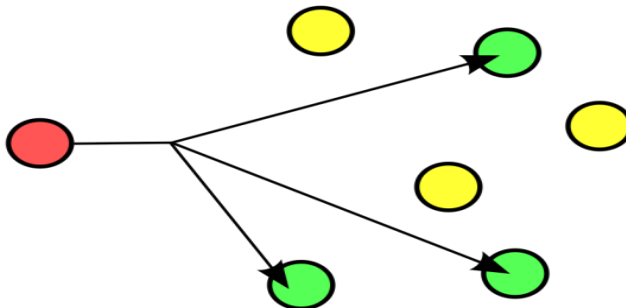
Μια multicast διεύθυνση αντιστοιχίζεται με ένα group από ενδιαφερόμενους χρήστες. Σύμφωνα με το RFC3171 της IANA (Διαδίκτυο Assigned Numbers Authority), οι διευθύνσεις 224.0.0.0 μέχρι 239.255.255.255 είναι ορισμένες ως multicast διευθύνσεις. Αυτές οι διευθύνσεις ήταν γνωστές παλαιότερα και με την ονομασία Class D. Ο αποστολέας στέλνει ένα datagramUDP πακέτο από την unicast διεύθυνση του, στην multicast διεύθυνση και οι routers αναλαμβάνουν να κάνουν αντίγραφα του πακέτου μόνο όταν χρειάζεται και να το στείλουν σε όσους παραλήπτες δήλωσαν ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο πακέτο από τον συγκεκριμένο αποστολέα. Δεν απαιτείται προηγούμενη γνώση για το ποιοι ή πόσοι παραλήπτες υπάρχουν στο δίκτυο.

Κάθε υπολογιστής (στην ουσία κάθε εφαρμογή του υπολογιστή) που θέλει να λάβει πληροφορία από ένα multicast group, πρέπει να χρησιμοποιήσει το IGMP για να πάρει μέρος. Τα ενδιάμεσα routers πρέπει κι αυτά να χρησιμοποιούν το IGMP για να επικοινωνήσουν.

Σε αντίθεση με τη unicast δρομολόγηση που αναφέραμε παραπάνω, η source address (που είναι μια απλή unicast διεύθυνση) χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την κατεύθυνση του data stream. Η πηγή του multicast traffic θεωρείται σαν upstream. Το router προσδιορίζει ποιες downstream διασυνδέσεις είναι προορισμοί για αυτό το multicast group και στέλνει το πακέτο μέσω των κατάλληλων

διασυνδέσεων. Ο όρος reverse path forwarding χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτό το είδος της δρομολόγησης. Δηλαδή, το να δρομολογείς πακέτα μακριά από την πηγή, παρά κοντά προς τον προορισμό.

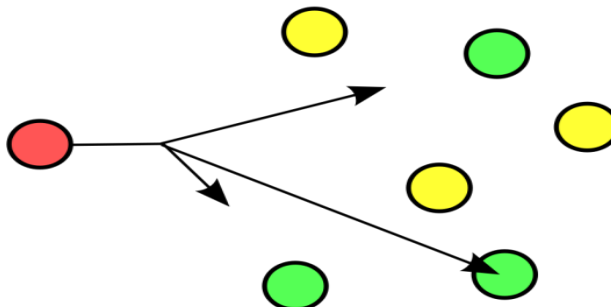
Τέλος, όπως αναφέρει και ο Διαδίκτυο architect Dave Clark για το multicast: "Βάζεις πακέτα στην μια άκρη, και το δίκτυο συνωμοτεί να τα μεταφέρει σε όποιον τα ζητήσει".



Εικόνα 2.8: Γραφική απεικόνιση του Multicast [Πηγή:<http://en.wikipedia.org>]

2.5.4. Anycast

Όπως το broadcast και το multicast, έτσι και το anycast είναι μια-προς-πολλούς τοπολογία. Η διαφορά του είναι ότι η πληροφορία δεν μεταδίδεται σε όλους τους παραλήπτες, αλλά μόνο σε αυτόν που ο router θα αποφασίσει ότι είναι πιο κοντά στον αποστολέα. Δηλαδή στο anycast κάθε διεύθυνση αντιστοιχίζεται με ένα σύνολο παραληπτών, όπως στο multicast και το broadcast, αλλά μόνο ένας από αυτούς επιλέγεται σε μια δεδομένη στιγμή για να πάρει πληροφορία από τον εκάστοτε αποστολέα. Το anycast είναι πολύ χρήσιμο για να εξισορροπεί μεταβολές στον φόρτο του δικτύου. Χρησιμοποιείται κυρίως στο DNS και στο UDP.



Εικόνα 2.9: Γραφική απεικόνιση του Anycast [Πηγή:<http://en.wikipedia.org>]

2.6. Κωδικοποίηση Πολλαπλών Περιγραφών (MDC)

Όταν 2 υπολογιστές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP για να επικοινωνήσουν, ο παραλήπτης πρέπει να περιμένει ολόκληρη την πληροφορία να έρθει για να μπορέσει να την επεξεργαστεί. Όταν συμβεί μια απώλεια πακέτου, η ανακατασκευή του stream θα σταματήσει μέχρι να ξανάρθει το χαμένο πακέτο. Αυτό εισάγει σημαντική καθυστέρηση στην εφαρμογή του παραλήπτη, μιας και ο χρόνος που θα κάνει το χαμένο πακέτο να επανασταλεί στον παραλήπτη μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερος από τον χρόνο δυο διαδοχικών πακέτων. Έτσι, όπως έχουμε αναφέρει προτιμάται το UDP για την μεταφορά ήχου σε πραγματικό χρόνο, έστω και με κάποιες απώλειες. Θα δούμε λοιπόν μια τεχνική κωδικοποίησης η οποία χρησιμοποιείται σε δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν το UDP σαν πρωτόκολλο μεταφοράς και λέγεται Multiple Description Coding (MDC).

Το MDC είναι μια τεχνική κωδικοποίησης, η οποία χωρίζει ένα media stream σε n ($n \geq 2$) ανεξάρτητα substreams. Αυτά τα substreams λέγονται descriptions. Κάθε description είναι συνήθως

διαφορετικής ποιότητας από το προηγούμενο. Έτσι υπάρχει ένα description το οποίο προσφέρει μια βασική ποιότητα και τα υπόλοιπα μια enhanced ποιότητα. Καθώς στην ουσία πρόκειται για ένα τρόπο διαχωρισμού των δεδομένων, είναι συγκρίσιμος με το layered coding που χρησιμοποιείται στο MPEG2 και MPEG4. Εκεί συνήθως υπάρχει ένα base layer το οποίο έχει την βασική ποιότητα και πολλά enhancement layers. Το base layer είναι απαραίτητο για να αποκωδικοποιηθεί σωστά το media stream, ενώ τα enhancement layers εφαρμόζονται για να βελτιωθεί η ποιότητα. Ωστόσο, αν λείπει το n layer, όλα τα n+1 layers καθίστανται άχρηστα, καθώς το καθένα εξαρτάται από το προηγούμενο του για την αποκωδικοποίησή του.

Αντίθετα, στο MDC κάθε description είναι ανεξάρτητο από το άλλο με την έννοια ότι μπορεί να αποκωδικοποιηθεί και να αναπαραχθεί χωρίς την ύπαρξη των προηγούμενων ή επόμενων του descriptions. Αυτό κάνει το MDC κατάλληλο για χρήση σε δίκτυα που παρουσιάζουν packet loss ή network congestion. Μπορούμε να δρομολογήσουμε κάθε description από διαφορετικές διαδρομές (path diversity) μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη. Σε περίπτωση που σε μια διαδρομή παρατηρηθεί congestion, η αποκωδικοποίηση του stream δεν θα σταματήσει στην πλευρά του παραλήπτη, παρά θα παρατηρηθεί μια στιγμιαία υποβάθμιση της ποιότητας. Κοινώς, η ποιότητα που θα λαμβάνει ο παραλήπτης θα είναι ανάλογη των descriptions που λαμβάνει παράλληλα. Το ίδιο το path diversity μας εξασφαλίζει ότι η πιθανότητα να έχει προκληθεί σε όλες τις διαδρομές συμφόρηση είναι πολύ μικρή.

Εκτός από την ανοχή στα χαμένα πακέτα που προσφέρει, το MDC είναι μια πολύ καλή τεχνική και για αυτούς που παρέχουν το υλικό. Οι providers, λοιπόν, μπορούν να στέλνουν όλα τα descriptions ενός stream χωρίς να τους νοιάζει ο περιορισμός του download του εκάστοτε χρήστη. Οι χρήστες που δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν στον ρυθμό μετάδοσης παίρνουν ένα υποσύνολο από αυτά τα descriptions, ελευθερώνοντας τον provider από το να παρέχει επιπλέον streams σε μικρότερους ρυθμούς. Σαν γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε το παρακάτω:

MDC + Path Diversity => Μεγαλύτερο Throughput + υψηλή ανοχή σε χαμένα πακέτα

Μιας λοιπόν και το MDC είναι μια τεχνική κωδικοποίησης ενός stream, θα δούμε παρακάτω ορισμένες τεχνικές με τις οποίες μπορούμε να φτιάξουμε αποτελεσματικά descriptions από αυτό. Προτού όμως προχωρήσουμε σε αυτές ας δούμε λίγα πράγματα για την διαδικασία που ονομάζουμε κβαντισμό.

2.6.1. Κβαντισμός

Στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος, ο κβαντισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία υπολογίζουμε μια συνεχή σειρά τιμών (ή ένα μεγάλο σετ από πιθανές διακριτές τιμές) από ένα σχετικά μικρό σετ διακριτών συμβόλων ή ακεραίων αριθμών. Προφανώς, ο κβαντισμός είναι μια διαδικασία εκτίμησης των τιμών και συνεπώς ένας καλός κβαντιστής είναι αυτός ο οποίος μπορεί να αναπαραστήσει το αρχικό σήμα με τον μικρότερο δυνατό θόρυβο. Μια συχνή χρήση του κβαντισμού είναι η μετατροπή ενός δειγματοληπτημένου συνεχούς σήματος σε ένα ψηφιακό, με κβαντισμό. Οι λεγόμενοι analog-to-digital converters (ADC) εφαρμόζουν κβαντισμό για να μετατρέψουν μια πηγή ήχου π.χ. σε format cd audio που είναι δειγματοληπτημένο με 44100 δείγματα/sec και κάθε δείγμα κβαντισμένο με 16bits ή 65536 πιθανές τιμές ανά δείγμα. Αυτά τα 16 bits είναι το λεγόμενο stepsize του κβαντιστή.

Ο προσαρμοσμένος κβαντισμός, είναι μια διαδικασία κβαντισμού κατά την οποία το stepsize του κβαντιστή μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές του σήματος εισόδου, σε μια προσπάθεια για μια πιο αποτελεσματική συμπίεση.

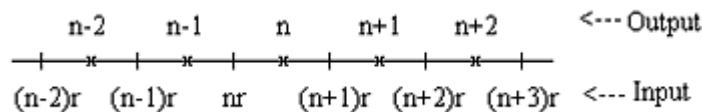
Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι κβαντισμού. Ο απλός κβαντισμός, όπως συχνά αναφέρεται, και ο διανυσματικός. Στον απλό κβαντισμό, κάθε σύμβολο εισόδου αντιμετωπίζεται ξεχωριστά για να παραχθεί η έξοδος, ενώ στον διανυσματικό κβαντισμό τα σύμβολα εισόδου μαζεύονται μαζί σε groups, τα λεγόμενα διανύσματα, και αυτά τα διανύσματα επεξεργάζονται για να βρεθεί η έξοδος. Σε γενικές γραμμές ένας απλός κβαντιστής μπορεί να αναπαρασταθεί με:

$$Q(x) = g(\lfloor f(x) \rfloor)$$

όπου x είναι ο πραγματικός αριθμός που θα κβαντιστεί και η f η βασική συνάρτηση, η οποία θα δώσει ένα ακέραιο αποτέλεσμα $i = \lfloor f(x) \rfloor$, που καλείται quantization index. Το f(x) και το g(i) είναι αυθαίρετες συναρτήσεις.

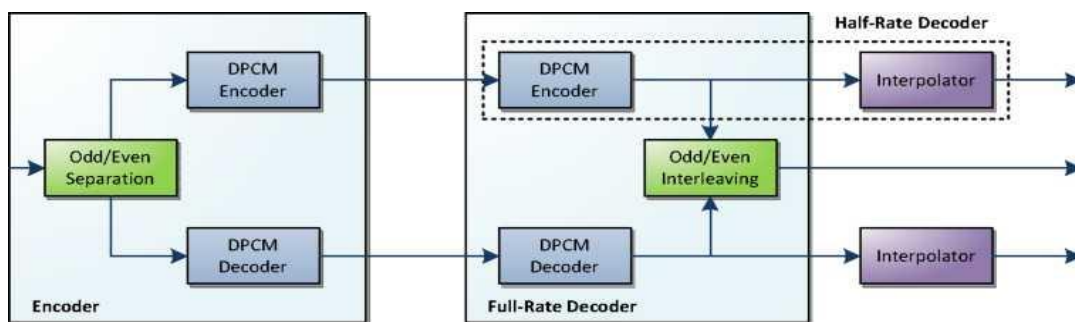
Επίσης ένα κβαντιστής χαρακτηρίζεται από το πώς χωρίζει τα σύμβολα εισόδου του, όπως και τα επίπεδα εξόδου του. Αν η εισόδός του χωρίζεται σε ίσου μήκους διαστήματα, τότε είναι ένας ομοιόμορφος κβαντιστής, αλλιώς ένας ανομοιόμορφος. Ένας ομοιόμορφος κβαντιστής είναι πιο εύκολο να υλοποιηθεί και μπορεί να οριστεί εύκολα από το κατώτερο όριο του και το stepsize του. Παρακάτω

φαίνεται ένα παράδειγμα ενός ομοιόμορφου κβαντιστή. Αν η είσοδος είναι ανάμεσα στο $n X r$ και στο $(n + 1) X r$, τότε η έξοδος του κβαντιστή είναι το σύμβολο n .



2.6.2. Speech Coding for Channel Splitting

Ένας απλός, αλλά αρκετά αποτελεσματικός τρόπος να έχουμε 2 ξεχωριστά descriptions είναι αυτός που παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.10: Γραφική απεικόνιση [Πηγή: <http://en.wikipedia.org>]

Η αρχική πηγή ήχου χωρίζεται σε μονά/ζυγά δείγματα. Κάθε ομάδα δειγμάτων κωδικοποιείται ξεχωριστά με έναν DPCM encoder και στέλνεται το κάθε ένα σε διαφορετικό κανάλι. Το να αποκωδικοποιήσεις τον ήχο και από τα 2 κανάλια απαιτεί ένα DPCM decoder σε κάθε κανάλι και παρεμβολή των δειγμάτων, δημιουργώντας ένα σήμα σαν το αρχικό με κάποιο ποσοστό θορύβου από την κβάντιση του DPCM. Για να αποκωδικοποιήσουμε κάθε κανάλι ξεχωριστά χρησιμοποιείται προσαρμοσμένη γραμμική παρεμβολή.

Κρίνοντας τόσο από το SNR, όσο και από το ακουστικό τεστ, αυτή η τεχνική δουλεύει πολύ καλά για 2-5 bits/sample (24 έως 60 Kbit/sec). Η ποιότητα του μισού σήματος για ένα σύστημα σχεδιασμένο για συνολικό ρυθμό R, είναι ίδια με αυτήν ενός ολόκληρου σήματος ρυθμού R για ένα σύστημα σχεδιασμένο για ρυθμό R/2. Ή διαφορετικά, ο half-rate αποκωδικοποιητής που λαμβάνει τα μονά δείγματα βάζει το ίδιο distortion (παραμόρφωση) σε αυτά τα δείγματα, όσο και ο full-rate αποκωδικοποιητής.

Είναι σημαντικό ότι τα μονά και ζυγά δείγματα έχουν πλεονασμό με μορφή συσχέτισης μεταξύ των δειγμάτων ή μνήμης, που υπάρχει ήδη στην αρχική πηγή. Αν ο πλεονασμός είχε αφαιρεθεί πριν τον διαχωρισμό των δειγμάτων σε μονά/ζυγά, για παράδειγμα με γραμμική παρεμβολή, η απόδοση θα ήταν απογοητευτική. Φυσικά με αυτή την τεχνική μπορούμε να διασπάσουμε το αρχικό stream σε όσο substreams θέλουμε, προσέχοντας πάντα να υπάρχει πλεονασμός στην πηγή.

Τα μοντέρνα συστήματα κωδικοποίησης από την άλλη, τείνουν να εξαλείφουν τον πλεονασμό είτε με πρόβλεψη των επόμενων δειγμάτων είτε με μετασχηματισμούς αποσυσχέτισης. Ένας διαχωρισμός σε μονά/ζυγά στους συντελεστές μετασχηματισμού δεν είναι αποτελεσματικός. Χρειαζόμαστε λοιπόν τεχνικές για δημιουργία descriptions οι οποίες θα αποδίδουν σωστά και σε πηγές που δεν έχουν μνήμη (memoryless sources). Κάποιες από αυτές τις τεχνικές θα δούμε παρακάτω.

2.6.3. Progressive Coding & Unequal Error Protection

Ένας τριμμέρος τρόπος για να στείλουμε 2 descriptions είναι να στείλουμε το ίδιο description 2 φορές. Το description θα αναπαραχθεί με την καλύτερη διαθέσιμη τεχνική αποκωδικοποίησης. Όταν μόνο 1 description ληφθεί, η ποιότητα εξακολουθεί να είναι μέγιστη, παρόλο αυτά δεν υπάρχει κανένα όφελος αν ληφθούν και τα 2 descriptions. Το μόνο όφελος είναι ότι διπλασιάζεται η πιθανότητα να ληφθεί επιτυχώς το description.

Μια πιο έξυπνη τεχνική είναι να επαναλάβεις μόνο ένα μέρος της πληροφορίας. Θα ήταν ωραίο αν η επαναλαμβανόμενη πληροφορία ήταν και η πιο σημαντική, καθώς με αυτόν τον τρόπο αυτή η επιμέρους επαναλαμβανόμενη πληροφορία θα ταίριαζε με το progressive source coding.

Για να δημιουργηθούν 2 R-bit descriptions, πρώτα κωδικοποιούμε την πηγή με έναν progressive code με ρυθμό $(2^x)R$ όπου $\zeta \in [0,1]$. Τα πρώτα ζR bits είναι και τα πιο σημαντικά και είναι αυτά που επαναλαμβάνονται και στα 2 descriptions. Τα υπόλοιπα $2(1-\zeta)R$ bits μπορούν να διαμοιραστούν στα 2 descriptions όπως φαίνεται παρακάτω:

Description 1	ζR	$(1-\zeta)R$
Description 2	ζR	$(1-\zeta)R$

Στον πίνακα βλέπουμε ότι έχει προστεθεί πλεονασμός (το ζR) εξαιτίας της επανάληψης. Επειδή κάποια bits είναι προστατευμένα λόγω της επανάληψης με ένα ρυθμό κωδικοποίησης 1/2 σε σχέση με τον αυτόν του καναλιού και κάποια άλλα όχι, αυτό ονομάζεται unequal error protection (UEP), στρατηγική για κωδικοποίηση πολλαπλών περιγραφών. Η χρήση του UEP μπορεί να γενικευθεί και σε περισσότερα των 2 descriptions. Για να παραχθούν L descriptions, χρησιμοποιούμε κωδικοποίηση σε κάθε κανάλι με ρυθμούς $1/L, 2/L, \dots, 1$ αντίστοιχα. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

Description 1	$\zeta_1 R$	$\zeta_2 R$	$\zeta_3 R$	$\zeta_4 R$
Description 2	$\zeta_1 R$	$\zeta_2 R$	$\zeta_3 R$	$\zeta_4 R$
Description 3	$\zeta_1 R$	$\zeta_2 R$	$\zeta_3 R$	$\zeta_4 R$
Description 4	$\zeta_1 R$	$\zeta_2 R$	$\zeta_3 R$	$\zeta_4 R$

Η κύρια δυσκολία στο UEP είναι να αποφασίσουμε πόση πληροφορία θα κωδικοποιήσουμε και σε τι ρυθμό ανά κανάλι.

Κλείνοντας, να πούμε ότι η κωδικοποίηση με MD είναι δύσκολη, εξαιτίας των αντικρουόμενων απαιτήσεων της. Αν υλοποιήσουμε ένα καλό description με ρυθμό R_1 για να το στείλουμε από το κανάλι 1 και άλλο ένα καλό description με ρυθμό R_2 για να το στείλουμε από το κανάλι 2, δεν σημαίνει ότι είναι και σωστό, να ξοδέψουμε R_1+R_2 συνολικά bits για να στείλουμε 2 καλές περιγραφές, όταν από μόνη της η μια προσφέρει καλό αποτέλεσμα. Όμοια, μια πηγή με μεγάλη συμπίεση σε ρυθμό R_1+R_2 , δύσκολα μπορεί να σπαστεί σε δύο χρήσιμες περιγραφές. Κατασκευάζοντας descriptions τα οποία είναι το κάθε ένα καλό, αλλά όχι τόσο ίδια, είναι το θεμελιώδες trade-off που εισάγει η χρήση της MD κωδικοποίησης.

2.7. Τεχνικές Ανακατασκευής Πακέτων

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, το UDP είναι ένα best effort πρωτόκολλο. Έτσι, κατά τη μετάδοση πακέτων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο, θα υπάρξουν χαμένα πακέτα. Κύριος λόγος των χαμένων πακέτων είναι η συμφόρηση που προκαλείται στα ενδιάμεσα routers του δικτύου. Η συμφόρηση μπορεί να δημιουργηθεί για 2 εντελώς διαφορετικούς λόγους:

1. Όταν ένας υπολογιστής έχει την ικανότητα να δημιουργεί πακέτα γρηγορότερα από ότι μπορεί το δίκτυο να τα μεταφέρει.
2. Όταν πολλοί υπολογιστές χρειαστεί ταυτόχρονα να στείλουν datagrams μέσα από έναν router, τότε σε αυτό το router μπορεί να προκληθεί συμφόρηση.

Έχουν λοιπόν δημιουργηθεί διάφορες τεχνικές με τις οποίες μπορούμε να ανακατασκευάσουμε τα χαμένα πακέτα και τις χρησιμοποιούμε σε περιπτώσεις που είμαστε αναγκασμένοι λόγω της φύσης της

εφαρμογής να χρησιμοποιήσουμε UDP, αλλά δεν μπορούμε να ανεχθούμε μεγάλο packet loss. Αυτές οι τεχνικές χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες. Σε αυτές που εφαρμόζονται στην πλευρά του αποστολέα και σε αυτές που εφαρμόζονται στην πλευρά του παραλήπτη. Είναι συμπληρωματικές τεχνικές και καλό είναι να χρησιμοποιούνται μαζί για μέγιστη απόδοση.

2.7.1. Διόρθωση στην πλευρά του αποστολέα

Συνοπτικά θα παρουσιάσουμε τους τρόπους αντιμετώπισης της συμφόρησης στην πλευρά του αποστολέα.

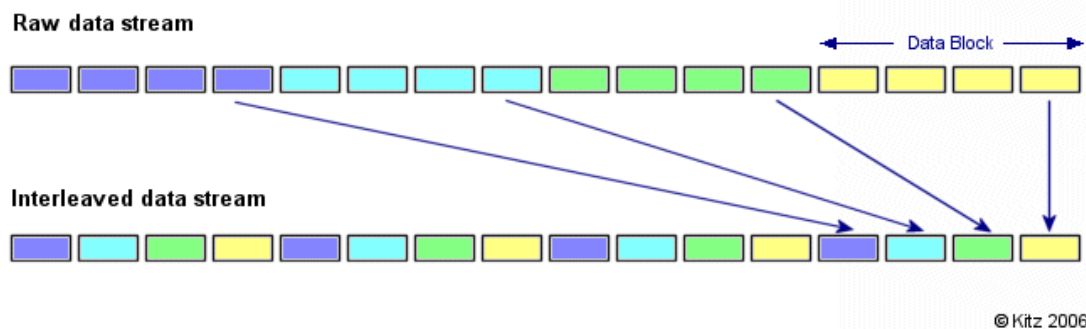
2.7.1.1. Retransmission

Η επαναποστολή, σαν μέθοδος ανακατασκευής των χαμένων πακέτων, δεν ενδείκνυται για πραγματικού χρόνου εφαρμογές. Παρόλα αυτά είναι δυνατή η εφαρμογή της, όταν το round trip delay είναι μικρό, ο αριθμός των χαμένων πακέτων μικρός και υπάρχει και κάποιος buffer από τον οποίο παίζονται τα δεδομένα, ο οποίος θα αυξήσει τον διαθέσιμο για επαναποστολή χρόνο. Γενικά σαν μέθοδος είναι πολύ ελκυστική για την ευκολία υλοποίησής της. Το πρόβλημα που θα δημιουργηθεί αν υπάρχει συμφόρηση και συγχρόνως επαναποστολή πακέτων μπορούμε εν μέρει να το λύσουμε, αν εξαρχής δώσουμε λίγο έξτρα εύρος ζώνης για περιπτώσεις επαναποστολής ή αν το κομμάτι audio/video που γίνεται retransmitted, κωδικοποιείται με μικρότερο bit rate.

2.7.1.2. Interleaving

Το interleaving είναι μια τεχνική κατά την οποία "σπάμε" ένα πακέτο σε μικρότερα κομμάτια και αυτά τα κομμάτια τα ανακατανέμουμε με άλλη σειρά, ώστε να δημιουργηθούν νέα πακέτα. Αυτά τα νέα πακέτα είναι που στέλνονται από τον αποστολέα. Ο παραλήπτης, καθώς τα λαμβάνει, ανακατανέμει στην αρχική τους σειρά τα κομμάτια των πακέτων, ώστε να μπορέσει να τα επεξεργαστεί σωστά.

Με αυτόν τον τρόπο μειώνουμε την επίδραση των χαμένων πακέτων, καθώς διασκορπίζουμε την χαμένη πληροφορία σε πολύ μικρά κομμάτια στο ανακατασκευασμένο μας stream. Τα πολύ μικρά κομμάτια χαμένης πληροφορίας δε θα επηρεάσουν τόσο την ποιότητα του αναπαραγόμενου σήματος. Παρόλο που το interleaving αυξάνει την καθυστέρηση (latency), καθώς χρειάζεται κάποιος χρόνος για να ανακατασκευαστεί σωστά το stream, δεν αυξάνει σαν τεχνική το κόστος σε εύρος ζώνης οπότε αξίζει να δοκιμαστεί. Ειδικά σε non-interactive εφαρμογές έχει πολύ καλά αποτελέσματα.



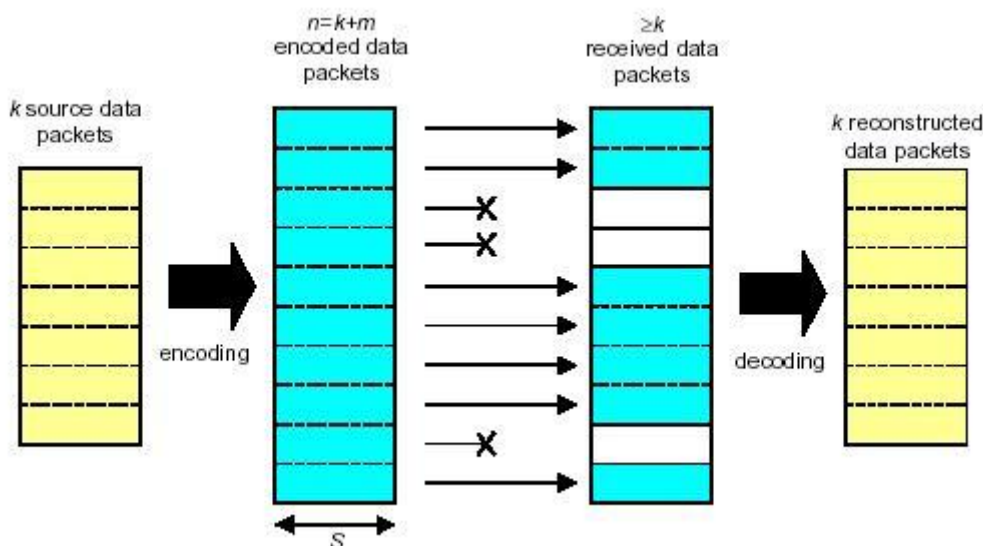
Εικόνα 2.11: Γραφική απεικόνιση του interleaving [Πηγή: <http://www.kitz.co.uk/>]

2.7.1.3. Forward Error Correction (FEC)

Αυτή η τεχνική βασίζεται στην λογική ότι προσθέτουμε έξτρα πληροφορία στο stream που θέλουμε να μεταδώσουμε, ώστε να μπορούμε έπειτα από αυτή, στην πλευρά του παραλήπτη, να ανακατασκευάσουμε τα χαμένα πακέτα. Δύο γνωστοί αλγόριθμοι για FEC είναι το parity coding και το Reed-Solomon coding. Στο parity coding, εφαρμόζουμε το λογικό XOR σε ομάδες πακέτων ώστε να δημιουργήσουμε αντίστοιχα parity πακέτα (πακέτα ισοτιμίας). Αυτή η τεχνική έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανεξάρτητη από το format του μέσου που θέλουμε να μεταδώσουμε, παρέχει απόλυτη ανακατασκευή των χαμένων πακέτων και δεν έχει μεγάλη υπολογιστική πολυπλοκότητα. Τα ίδια πλεονεκτήματα ισχύουν και για το Reed-

Solomon coding. Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι η καθυστέρηση που εισάγει μέχρι να δημιουργηθεί το ανακατασκευασμένο stream, το επιπλέον εύρος ζώνης που χρειάζεται και η σχετικά δύσκολη αποκωδικοποίηση τους.

Επιπρόσθετα, υπάρχει και το media-specific FEC. Εδώ λαμβάνουμε υπόψη το encoding ή τη συμπίεση του stream ώστε να δημιουργηθεί μια πιο ικανή και έξυπνη ανακατασκευή στην μεριά του παραλήπτη. Παρακάτω βλέπουμε σχηματικά πως λειτουργεί το FEC για τις 2 αυτές περιπτώσεις.



Εικόνα 2.12: Παράδειγμα χρήσης του ForwardErrorCorrection [Πηγή: <http://www.cs.technion.ac.il>]

Τα parity πακέτα μας βοηθάνε να ανακατασκευάσουμε οποιοδήποτε από τα $n - k$ πακέτα, όπου $n - k$ ο αριθμός των parity πακέτων και k ο αριθμός των "καθαρών" πακέτων. Στον προσδιορισμό των FEC παραμέτρων n και k , πρέπει να λάβουμε τα παρακάτω υπόψη:

Τα επιπλέον πακέτα FEC αυξάνουν το overhead στο δίκτυο και αυξάνουν το απαραίτητο εύρος ζώνης. Μικρά FEC blocks, δηλαδή 1 FEC πακέτο για λίγα πακέτα καθαρής πληροφορίας, προκαλούν μεγάλο overhead. Μεγάλα FEC blocks προκαλούν μεγάλη καθυστέρηση στο receiver, καθώς ο τελευταίος πρέπει να περιμένει για όλα τα πακέτα του FEC block για να μπορέσει να κάνει ανακατασκευή.

2.7.2. Διόρθωση στην πλευρά του παραλήπτη

Αυτές οι τεχνικές εφαρμόζονται στην πλευρά του παραλήπτη χωρίς ενημέρωση του αποστολέα. Είναι χρήσιμες όταν οι τεχνικές διόρθωσης του αποστολέα αποτύχουν να διορθώσουν όλα τα χαμένα πακέτα ή όταν ο αποστολέας δεν έχει την δυνατότητα να εφαρμόσει τεχνικές διόρθωσης. Είναι γνωστές ως Error Concealment Techniques και χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

2.7.2.1. Insertion based

Αυτές οι τεχνικές έχουν να κάνουν με την αντικατάσταση του χαμένου πακέτου είτε με θόρυβο ή σιωπή, είτε με το προηγούμενο πακέτο, ώστε να καταφέρουν να κρατήσουν την χρονική συσχέτιση ανάμεσα στα πακέτα.

Η αντικατάσταση του χαμένου πακέτου με σιωπή είναι αποτελεσματική για μικρά μεγέθη πακέτων ($< 4ms$) και για χαμηλά loss rates ($< 2\%$). Η απόδοσή της πέφτει εκθετικά καθώς το πακέτο μεγαλώνει και είναι εντελώς αναποτελεσματική για μεγέθη πακέτων $40ms$, που είναι και πολύ χρησιμοποιούμενα για audio εφαρμογές.

Η αντικατάσταση του χαμένου πακέτου με θόρυβο έχει καλύτερο ακουστικό αποτέλεσμα στο ανθρώπινο αυτί σε σχέση με την σιωπή.

Η αντικατάσταση με το προηγούμενο πακέτο, με κάποιο fading στον ήχο μάλιστα, έχει το καλύτερο αποτέλεσμα από τις 2 παραπάνω τεχνικές και είναι ένας αρκετά καλός συμβιβασμός ανάμεσα στις προηγούμενες δυο τεχνικές και τις πιο περίπλοκες τεχνικές με interpolation.

2.7.2.2. Interpolation based

Την καλύτερη απόδοση την έχουν οι τεχνικές interpolation που είναι και δύσκολες στην υλοποίηση και απαιτητικές σε πόρους. Χρησιμοποιώντας αναγνώριση προτύπων και παρεμβολή καταλήγουν σε έναν πακέτο το οποίο τελικά μοιάζει με το χαμένο. Ανάμεσα τους ξεχωρίζουν οι παρακάτω:

Waveform Substitution. Εδώ χρησιμοποιείται πλέον το καθαρό audio λίγο πριν την χαμένη πληροφορία και μετά την χαμένη πληροφορία, ώστε να βρεθεί ένα κατάλληλο σήμα (κυματομορφή) η οποία θα αντικαταστήσει την χαμένη.

Time Scale Modification. Ίσως η καλύτερη interpolation based τεχνική. Επιτρέπει το audio που βρίσκεται στα 2 άκρα του χαμένου, να διασκορπιστεί σε αυτό. Σαν καλύτερη interpolation τεχνική είναι και η πιο απαιτητική σε πολυπλοκότητα.

2.7.2.3. Regeneration Based Repair

Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούν την πληροφορία που έχουν για τον αλγόριθμο συμπίεσης του audio για να εξάγουν παραμέτρους, από τις οποίες μπορεί το χαμένο audio πακέτο να αναδημιουργηθεί. Είναι υποχρεωτικά τεχνικές που εξαρτιούνται από τον εκάστοτε codec, αλλά δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα εξαιτίας της μεγάλης στατικής πληροφορίας που μπορούν να χρησιμοποιήσουν κατά την ανακατασκευή.

Γενικότερα, όπως φαίνεται, η επιτυχία μιας error concealment τεχνικής εξαρτάται τόσο από το μέγεθος πακέτου όσο και από το encoding που χρησιμοποιείται. Τα αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν τρομερά για αυτό πρέπει να γίνουν πολλές δοκιμές με διάφορους codecs.

2.7.3. Επιλογή Τεχνικής Ανακατασκευής

Όπως βλέπουμε λοιπόν, ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούμε, interactive ή non interactive, την ποιότητα και την πολυπλοκότητα που θέλουμε, έχουμε πολλές επιλογές για να πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα, κάνοντας το κατάλληλο trade-off. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι πολλοί audio και speech codecs υποθέτουν ότι η αποκωδικοποίηση του ήχου γίνεται σε ιδανικές καταστάσεις. Δηλαδή ότι υπάρχει μια φυσική συνέχεια. Έτσι όταν έρθει ένα χαμένο πακέτο, ίσως είναι αδύνατο να συνεχιστεί η σωστή αποκωδικοποίηση. Κι αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά την διαδικασία επιλογής.

2.8. Κωδικοποιήσεις Mpeg

Το MPEG σημαίνει Moving Pictures Expert Group, και στην πραγματικότητα, είναι ολόκληρη οικογένεια προτύπων για τα ψηφιακά σήματα ήχου και βίντεο που χρησιμοποιούν τη συμπίεση DCT. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι να συμπεστούν τα σήματα, αλλά κανένας δεν έχει επιτύχει ακόμα την παγκόσμια υποστήριξη που έχει το DCT, και το MPEG -2, που υιοθετεί τη συμπίεση DCT.

Το MPEG χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο συμπίεσης DCT και καθορίζει πώς χρησιμοποιείται αυτός για να μειώσει το ποσοστό δεδομένων, καθώς και το πώς τα πακέτα του video (κινούμενη εικόνα) και του ήχου πολυπλέκονται μαζί, με έναν τρόπο που θα γίνει κατανοητός από έναν αποκωδικοποιητή MPEG. Το DCT (ιδιαίτερη μετατροπή συνημίτονου-Discrete Cosine Transform), για να δοθεί το πλήρες όνομά του, χρησιμοποιεί το γεγονός ότι παρακείμενα εικονοκύτταρα σε μια εικόνα (είτε φυσικά κοντά στην εικόνα (χωρική) είτε στις διαδοχικές εικόνες (χρονική)], μπορεί να είναι ίδια. Οι μικρές ομάδες δεδομένων 8 X 8 εικονοκυττάρων μετασχηματίζονται με έναν τρόπο που τείνει να συγκεντρώσει τα κοινά στοιχεία ψηφιακών σημάτων σε μια ομάδα δεδομένων.

Το DCT δεν μειώνει άμεσα τα στοιχεία αλλά η μετατροπή τείνει να συγκεντρώσει την ενέργεια στους πρώτους συντελεστές και πολλοί από τους συντελεστές υψηλότερης συχνότητας είναι συχνά κοντά στο μηδέν. Η μείωση του ρυθμού (bit rate) επιτυγχάνεται με την μη διαβίβαση των στοιχείων υψηλότερης συχνότητας, τα οποία έχουν υψηλή πιθανότητα να μην περιέχουν χρήσιμες πληροφορίες.

Ο πρώτος στόχος του MPEG ήταν να καθοριστεί ένας τηλεοπτικός αλγόριθμος κωδικοποίησης για εφαρμογές "μέσων ψηφιακής απομνημόνευσης", ειδικότερα για το CD-ROM. Πολύ γρήγορα η ανάγκη

για ηχητική κωδικοποίηση επεκτάθηκε από το να στοχεύσει απλώς στο CD-ROM, στην προσπάθεια να καθοριστεί ένας "γενικός" αλγόριθμος ικανός να χρησιμοποιηθεί από όλες τις εφαρμογές, από τα βασισμένα στην αποθήκευση συστήματα πολυμέσων, έως την τηλεοπτική μετάδοση, και τις εφαρμογές επικοινωνιών όπως VoD και τα βιντεόφωνα.

2.8.1. MPEG - 1

Το πρώτο πρόγραμμα MPEG, το MPEG-1, δημοσιεύθηκε το 1993 ως πρότυπα τριών μερών που καθορίζουν τις μεθόδους κωδικοποίησης/ συμπίεσης ήχου και βίντεο και ένα σύστημα πολύπλεξης για τα ηχητικά δεδομένα και τα δεδομένα video έτσι ώστε μπορεί να επιτευχθεί συγχρονισμός. Αποτελεί επίσης τη βάση διάφορων δοκιμών για τις υπηρεσίες VoD. Υποστηρίζει κωδικοποίηση video με ρυθμό μέχρι περίπου 1,5 Mb/s που δίνουν ποιότητα παρόμοια με το VHS, και διαφανή στερεοφωνική ηχητική ποιότητα στα 192 kbits/sec και βελτιστοποιείται για τα μη-συμπελεγμένα σήματα video. Το MPEG-1 χρησιμοποιεί προοδευτική ανίχνευση.

2.8.2. MPEG -2

Το 1995, η MPEG αναγνώρισε την ανάγκη για την επόμενη γενιά από σχετικά πρότυπα για την κωδικοποίηση video με υψηλότερα data rates με μια συμπελεγμένη μορφή. Τα πρότυπα MPEG-2 είναι ικανά για την κωδικοποίηση που χρειάζεται η Standard definition TV με ρυθμό δυαδικών ψηφίων από 1.5Mb/s έως περίπου 15 Mb/s. Το MPEG-2 επίσης προσθέτει την προαιρετική δυνατότητα της πολυδιαυλικής κωδικοποίησης ήχου surround. Τα MPEG-2 είναι συμβατά με το MPEG-1 (δηλ. οι αποκωδικοποιητές MPEG-2 θα αποκωδικοποιήσουν τις εικόνες και τον ήχο του MPEG-1). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι, για τα σήματα video που κωδικοποιούνται με ρυθμό κάτω από περίπου 3 Mb/s, το MPEG-1 μπορεί να είναι αποδοτικότερο από το MPEG-2. Τόσο τα πρότυπα MPEG-1 όσο και τα MPEG-2 είναι χωρισμένα σε τρία βασικά μέρη: Ηχητική κωδικοποίηση, κωδικοποίηση video, καθώς και διαχείριση και πολύπλεξη συστημάτων. Το MPEG είναι χωρισμένο σε τρεις βασικές υποομάδες, μια αρμόδια για κάθε μέρος, και διάφορες άλλες υποομάδες για συμβουλές σε θέματα εφαρμογής, για να εκτελέσει τις υποκειμενικές δοκιμές και για να μελετήσει τις απαιτήσεις που πρέπει να υποστηριχθούν.

Το MPEG στοχεύει να είναι ένα γενικό σύστημα κωδικοποίησης video που υποστηρίζει διαφορετικές εφαρμογές με διαφορετικές απαιτήσεις. Δεν είναι δυνατό να παρασχεθεί μια ενιαία, μοναδική μέθοδος για όλα τα διαφορετικά προβλήματα. Αντ' αυτού το MPEG έχει ακολουθήσει μια προσέγγιση "κουτιών εργαλείων (tool box)". Οι τρόποι, παραδείγματος χάριν, κωδικοποίησης παρέχονται και για τα εξελικτικά και τα μη-εξελικτικά συστήματα κωδικοποίησης. Η σύνταξη κωδικοποίησης που έχει καθορίσει το MPEG παρέχει τα εργαλεία για να καλύψει τις διαφορετικές εφαρμογές, και οι παράμετροι μπορούν να επιλεγούν για να επιτρέψουν τη λειτουργία με διαφορετικούς ρυθμούς δυαδικών ψηφίων, μεγέθη εικόνων, ανάλυση εικόνων κ.λ.π..

Δεν είναι ούτε οικονομικώς αποδοτικό, ούτε μια αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης να υποστηριχθούν όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των προτύπων σε όλες τις εφαρμογές. Προκειμένου να καταστούν τα πρότυπα χρήσιμα και να επιβληθεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφορετικών εφαρμογών των προτύπων, το MPEG έχει καθορίσει τα σχεδιαγράμματα και τα επίπεδα των πλήρων προτύπων. Χοντρικά, ένα σχεδιάγραμμα είναι ένα υποσύνολο, κατάλληλο για μια ιδιαίτερη εφαρμογή της πλήρους πιθανής σειράς των αλγοριθμικών εργαλείων, και ένα επίπεδο είναι μια καθορισμένη σειρά των τιμών των παραμέτρων (όπως το μέγεθος εικόνων παραδείγματος χάριν) που είναι λογικό και χρήσιμο να εφαρμοστούν.

Τα MPEG-2 κάνουν εκτενή χρήση της κίνησης πρόβλεψης για να αποβάλουν τον πλεονασμό. Το σφάλμα πρόβλεψης που παραμένει, κωδικοποιείται χρησιμοποιώντας DCT, που ακολουθείται από την κβαντοποίηση και τη στατιστική κωδικοποίηση των υπόλοιπων στοιχείων. Το MPEG έχει δύο τύπους προβλέψεων. Οι αποκαλούμενες εικόνες "π" προβλέπονται μόνο από τις εικόνες που παρουσιάζονται πριν από την παρούσα εικόνα. Οι εικόνες "β" προβλέπονται από δύο εικόνες, μια που παρουσιάζεται νωρίτερα και μια πιο πρόσφατη. Προκειμένου να γίνει αυτή η μη-αιτιώδης πρόβλεψη ο κωδικοποιητής πρέπει να ξαναπαραγγείλει την ακολουθία εικόνων πριν τις στείλει στον αποκωδικοποιητή και έπειτα ο αποκωδικοποιητής πρέπει να τις επιστρέψει στη σωστή κατάταξη παρουσίασης. Οι εικόνες "β" προσθέτουν την πολυπλοκότητα στο σύστημα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του συστήματος πρόβλεψης MPEG είναι η χρήση των "πλαισίων I" τα οποία κωδικοποιούνται. Αυτά τα πλαίσια σπάζουν την αλυσίδα της προφητικής κωδικοποίησης έτσι ώστε η μετατροπή καναλιών μπορεί

να γίνει με μια αρκετά μικρή καθυστέρηση. Η σημαντικότερη επέκταση του βασικού σχεδιαγράμματος MPEG-2 σε σχέση με το MPEG-1 είναι μια βελτίωση στις προαιρετικές δυνατότητες μέσα σε μια εικόνα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει την κίνηση πρόβλεψη των συσπλεγμένων σημάτων. Το MPEG-1 μεταχειρίζεται κάθε εικόνα ως συλλογή δειγμάτων από την ίδια στιγμή (γνωστή και ως πλαίσιο-βασισμένη κωδικοποίηση). Τα MPEG-2 καταλαβαίνουν, ότι τα δείγματα μέσα σε ένα πλαίσιο προέρχονται από δύο πεδία που μπορούν να αντιπροσωπεύσουν τις διαφορετικές στιγμές του χρόνου, επομένως τα MPEG-2 παρέχουν τους τρόπους με τους οποίους, τα στοιχεία μπορούν είτε να προβλεφθούν, είτε χρησιμοποιώντας ένα διάλυμα κινήσεων να δώσουν ένα offset (αντιστάθμιση) σε ένα προηγούμενο πλαίσιο είτε δύο διανύσματα που δίνουν offset σε δύο διαφορετικά πλαίσια.

Ο ήχος MPEG-2 είναι μια συμβατή επέκταση του ήχου MPEG-1. Η ηχητική συμπίεση στηρίζεται στο γεγονός ότι το αυτί δεν μπορεί να ακούσει τις χαμηλότερες συχνότητες. Αυτή η επίδραση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει την κατανομή δυαδικών ψηφίων σε κάθε υποζώνη. Επιτυγχάνει σχεδόν τη διαφανή ηχητική ποιότητα σε 192 kbits/s/channel. Με μια ελάχιστη αύξηση στο bit-rate είναι δυνατό να κωδικοποιηθούν τα σήματα ήχου surround Dolby Prologic. Η βασική επέκταση του ήχου MPEG-2 σε σχέση με τον MPEG-1 είναι η δυνατότητα παροχής των συμβατών μεθόδων για τον πολλαπλό ήχο surround καναλιών με bit-rate μεταξύ 384 και 512Kbit/s.

Η προδιαγραφή συστημάτων MPEG καθορίζει πώς να παρεμβάλλει στη συνεχή ροή (stream) των πολλαπλών (multiple) δεδομένων ήχου και video ένα ενιαίο stream, πώς να διαχειριστεί την αποθήκευση στον αποκωδικοποιητή, πώς να συγχρονίσει τα stream, και το χρονικό προσδιορισμό για κάθε ένα stream. Η MPEG-1 προδιαγραφή επιτρέπει στα stream (συρμός δεδομένων συνεχούς ροής) να μοιράζονται ένα κοινό time-base για να πολυπλεχθούν χρησιμοποιώντας ένα εύκαμπτο μέγεθος πακέτων. Το μέγεθος πακέτων είναι σχετικά μεγάλο και επιλέγεται από την εφαρμογή.

Το MPEG-2 επεκτείνει την απόδοση ώστε να επιτρέπει:

- Πολλά προγράμματα με ανεξάρτητα time-bases.
- Ανθεκτικά σε σφάλματα περιβάλλοντα.
- Πολυπλεξία.

Δύο μορφές του πολυπλεγμένου συρμού δεδομένων συνεχούς ροής καθορίζονται από το MPEG-2. α) stream προγράμματος και β) stream μεταφορών. Το πρώτο είναι παρόμοιο με αυτό του MPEG-1. Όλα τα streams μοιράζονται ένα κοινό time-base, που έχει τα ίδια χαρακτηριστικά γνωρίσματα με το MPEG-1, αλλά πρόσθετα υποστηρίζει τη λειτουργία του “ανακατώματος”, έναν κατάλογο αρχείων του περιεχομένου του πολυπλέκτη και έναν χάρτη που περιγράφει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των συρμών. Προορίζεται για χρήση στα προς αποθήκευση διαλογικά συστήματα όπου η επεξεργασία λογισμικού είναι σημαντική.

Το stream μεταφορών προορίζεται για τα συστήματα μετάδοσης όπου η ανθεκτικότητα σφάλματος είναι μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες. Υποστηρίζει προγράμματα με ανεξάρτητα time-bases, που πολυπλέκονται μαζί, με ένα σταθερό μέγεθος πακέτων 188 οκτάδων. Η κωδικοποίηση μεταξύ των διαφορετικών μορφών συστημάτων MPEG είναι δυνατή, και με τις κατάλληλες επιλογές των παραμέτρων μπορεί να γίνει σχετικά εύκολη. Κάθε μια από τις προδιαγραφές του MPEG (ήχος, βίντεο και συστήματα) επιτρέπει στους κωδικοποιητές και τους αποκωδικοποιητές από διαφορετικούς κατασκευαστές να λειτουργούν από κοινού. Η διεπαφή μεταξύ των δύο είναι ένα συμπιεσμένο bit-stream που αντιπροσωπεύει τον κωδικοποιημένο ήχο και το βίντεο. Για να επιτύχει τη διαλειτουργικότητα το MPEG έχει τυποήσει τη δομή, το περιεχόμενο και τη σημασία του bit-stream και του τρόπου που πρέπει να αποκωδικοποιηθεί για να αναδημιουργήσει τις επιθυμητές εικόνες ή τον ήχο. Αυτή η προσέγγιση έχει ως πλεονέκτημα την ιδιαίτερη ελευθερία στους κατασκευαστές κωδικοποιητών να βελτιώσουν τις στρατηγικές κωδικοποίησής τους, ή να εξετάσει τους διαφορετικούς τομείς αγοράς με τις διαφορετικές προσεγγίσεις του κόστους και της πολυπλοκότητας έναντι της ποιότητας εικόνων.

2.8.3. MPEG-4

Τα πρότυπα MPEG-4 δημιουργήθηκαν από την ανάγκη να αναπτυχθεί ένα αποδοτικό σύστημα κωδικοποίησης, χαμηλού ρυθμού μετάδοσης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε κινητό περιβάλλον, στον Ιστό, τη broadcast μετάδοση, και σε πλούσια εικονικά και ευρυζωνικά περιβάλλοντα. Με αυτόν τον τρόπο, το MPEG-4 συμπληρώνει τα άλλα δύο μέλη της οικογένειας MPEG, του MPEG-1 και του MPEG-2, τα οποία καλύπτουν τους ρυθμούς μετάδοσης από 1,5 Mbps και άνω.

Το MPEG-4 είναι πολύ περισσότερο από ένα αποδοτικό σύστημα κωδικοποίησης πηγής. Μια από τις σημαντικότερες έννοιες του, είναι ότι είναι βασισμένο στα οπτικοακουστικά αντικείμενα που μπορούν να μεταβιβαστούν σε έναν δέκτη, όπου αναδημιουργούνται και δίνονται για την παρουσίαση. Όλα τα αντικείμενα στην παρουσίαση περιγράφονται από το πλαίσιο περιγραφέα (OD) αντικειμένου. Προκειμένου να συγκεντρωθούν τα αντικείμενα μέσω σε μια συγκεκριμένη οπτικοακουστική σκηνή, δημιουργήθηκε μια περιγραφή σκηνής. Καλείται BIFS (δυαδική μορφή για MPEG-4 σκηνές). Η BIFS μεταβιβάζει το χωροχρονικό σχεδιάγραμμα των αντικειμένων μέσω στη σκηνή. Η σύνταξη του πλαισίου OD χρησιμοποιεί τη συντακτική γλώσσα περιγραφής (SDL).

Τα βελτιωμένα πρότυπα συμπίεσης/κωδικοποίησης ήχου και video καλούνται MPEG-4 και αναμένονται (κατά τη διάρκεια του χρόνου) να λειτουργήσουν με διπλάσια αποδοτικότητα στα πρότυπα κωδικοποίησης που χρησιμοποιούνται προς το παρόν σε DTT. Αυτό σημαίνει ότι ένας DTT πολυπλέκτης θα μπορούσε να χρησιμοποιεί μέχρι δύο φορές περισσότερες υπηρεσίες χρησιμοποιώντας MPEG-4 απ' ό,τι μπορεί τώρα με τη χρησιμοποίηση του MPEG-2, και ταυτόχρονα να διατηρήσει παρόμοια ποιότητα εικόνων.

2.8.4. H.261

Λόγω της ιστορικής σημασίας της και την επιρροή της στην ανάπτυξη MPEG, πρέπει επίσης να αναφερθούν και τα τηλεοπτικά πρότυπα αποκωδικοποίησης H.261, τα οποία ήταν πρακτικά τα πρώτα ψηφιακά τηλεοπτικά πρότυπα κωδικοποίησης. Έχουν επηρεάσει από τότε όλα τα επόμενα διεθνή τηλεοπτικά πρότυπα κωδικοποίησης, MPEG-1, MPEG-2/H.262, H.263, ακόμη και το H.264 έχει βασιστεί στο σχέδιό του.

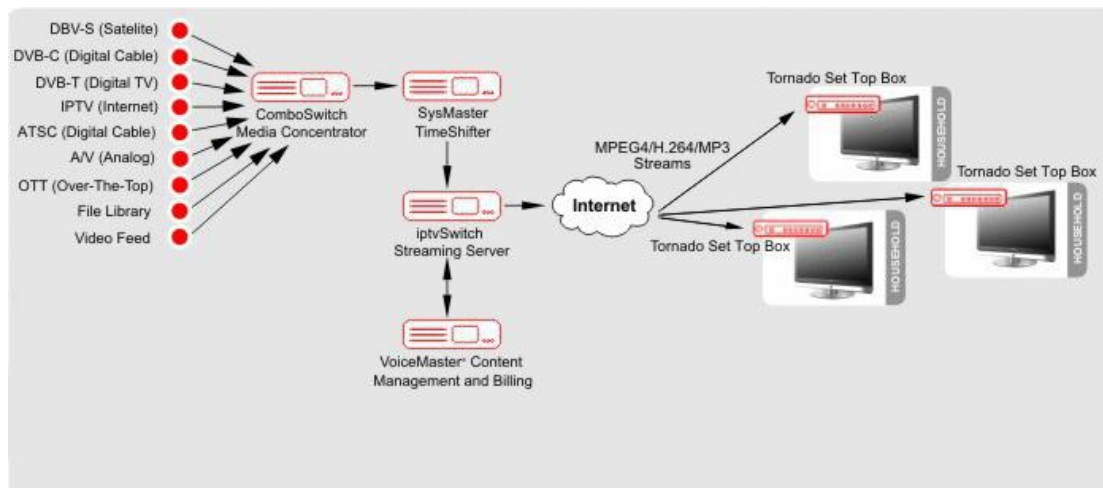
Τα πρότυπα H.261 προσδιορίζουν μόνο πώς θα αποκωδικοποιηθεί το βίντεο. Οι σχεδιαστές κωδικοποιητών αφέθηκαν ελεύθεροι να σχεδιάσουν τους αλγορίθμους κωδικοποίησής τους, εφ' όσον περιοριζόταν κατάλληλα η έξοδός τους ώστε να είναι δυνατό να αποκωδικοποιηθεί από οποιοδήποτε αποκωδικοποιητή που κατασκευάστηκε σύμφωνα με αυτά τα πρότυπα. Οι κωδικοποιητές είναι επίσης ελεύθεροι να εκτελούν οποιαδήποτε προεπεξεργασία θέλουν στην είσοδο του βίντεο, και οι αποκωδικοποιητές είναι ελεύθεροι να εκτελέσουν οποιαδήποτε επεξεργασία θέλουν στο αποκωδικοποιημένο βίντεο πριν από την παρουσίαση. Ο αλγόριθμος κωδικοποίησης χρησιμοποιεί ένα υβρίδιο αντιστάθμισης της κίνησης πρόβλεψης εικόνων και της χωρικής κωδικοποίησης με κλιμακωτή κβαντοποίηση και κωδικοποίηση εντροπίας όπου η πρόβλεψη εικόνων αφαιρεί το χρονικό πλεονασμό, με τα διανύσματα κινήσεων να χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν το codec (κωδικοποιητής/αποκωδικοποιητής) να αντισταθμίσει την κίνηση,

Η κωδικοποίηση μετατροπής κινήσεων χρησιμοποιεί μια 8x8 ιδιαίτερη μετατροπή συνημίτονου (DCT) 8x8 που αφαιρεί το χωρικό πλεονασμό. Ακολούθως εφαρμόζεται η κλιμακωτή κβαντοποίηση για να στρογγυλέψει τους συντελεστές μετατροπής στην κατάλληλη ακρίβεια, και οι κβαντοποιημένοι συντελεστές μετατροπής είναι η παραμόρφωση που ανιχνεύεται ενώ η εντροπία κωδικοποιείται για να αφαιρέσει το στατιστικό πλεονασμό. Οι βελτιώσεις που εισάγονται στις πιο πρόσφατες προσπάθειες τυποποίησης έχουν οδηγήσει σε αυξημένη ικανότητα συμπίεσης σε σχέση με το σχέδιο H.261. Αυτό έχει οδηγήσει το H.261 να γίνει ουσιαστικά ξεπερασμένο, αν και χρησιμοποιείται ακόμα σε μερικά συστήματα τηλεδιασκέψεων.

2.8.5. Κωδικοποίηση H.264/AVC μέσω DSL

Η κωδικοποίηση H.264/AVC κόβει στο μισό το εύρος ζώνης που απαιτείται για να παραδώσει το ποιότητας DVD ψηφιακό βίντεο στους καταναλωτές, και μειώνει τις πρότυπες απαιτήσεις εύρους ζώνης μετάδοσης τηλεοπτικής ποιότητας σε 700 Kbps και τα δύο σύμφωνα με τις ικανότητες ενός βρόχου 1,5 Mbps DSL. Χρησιμοποιώντας τις νέες πλατφόρμες παράδοσης H.264/AVC και το πρότυπο υπολογιστής ή STB, οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί μπορούν να προσφέρουν την τηλεοπτική υπηρεσία IP, VoD, τοπικά και εθνικά προγράμματα τηλεόρασης, παιχνίδια, μουσική, ή ακόμα και διαλογική τηλεόραση- στα σπία και τις επιχειρήσεις των πελατών χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή DSL.

Με την τεχνολογία DSL, οι οργανισμοί έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα για την παράδοση IPTV σε σύγκριση με την καλωδιακή τηλεόραση. Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε την αρχιτεκτονική παράδοσης IPTV μέσω DSL με κωδικοποίηση H.264/AVC.



Εικόνα 2.13: Αρχιτεκτονική παράδοσης IPTV μέσω DSL [Πηγή: <http://www.sysmaster.com/>]

Παρομοίως με το Mpeg-2, το H.264/AVC απαιτεί τεχνολογία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης για να προετοιμάσει το τηλεοπτικό σήμα για τη μετάδοση και να το διαβάσει έπειτα στο δέκτη του πελάτη (STB και TV, ή PC). Στην πραγματικότητα, το H.264/AVC μπορεί να χρησιμοποιήσει τεχνολογίες μεταφορών συμβατές με Mpeg-2, απλοποιώντας μια βελτίωση από Mpeg-2 σε H.264/AVC για να βοηθήσει να προστατευθεί η επένδυση που έγινε στο Mpeg-2, επιτρέποντας τη μεταφορά μέσω του TCP/IP ή ασύρματα. Μια σημαντική διαφορά, εντούτοις, είναι ότι το H.264/AVC δεν απαιτεί το ακριβό, και συχνά ιδιόκτητο υλικό κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης από το οποίο εξαρτάται το Mpeg-2, καθιστώντας γρηγορότερο και ευκολότερο να επεκταθούν λύσεις για συστήματα επεξεργασίας, κεντρικούς υπολογιστές, και STB βασισμένα στο H.264/AVC. Αυτό επιτρέπει επίσης στους φορείς παροχής υπηρεσιών να παραδώσουν το περιεχόμενο στις συσκευές για τις οποίες τα Mpeg-2 δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όπως PDA και τα ψηφιακά τηλέφωνα κυττάρων. Το H.264/AVC είναι ιδανικό για τηλεοπτικές υπηρεσίες μέσω DSL.

Το σύστημα κωδικοποιητών H.264/AVC μετατρέπει τα ακατέργαστα τηλεοπτικά σήματα που παραλαμβάνονται από τους προμηθευτές σε τηλεοπτικούς συρμούς H.264/AVC. Οι συρμοί μπορούν να συλληφθούν και να καταχωρηθούν σε έναν κεντρικό υπολογιστή στο άνω άκρο, ή να σταλούν σε έναν κεντρικό υπολογιστή σε ένα περιφερειακό ή κεντρικό γραφείο (CO), για τις τηλεοπτικές υπηρεσίες. Τα τηλεοπτικά δεδομένα μπορούν επίσης να σταλούν σαν ζωντανά προγράμματα μέσω του δικτύου. Ο πρότυπος εξοπλισμός δικτύωσης και μετατροπής καθοδηγεί τον τηλεοπτικό συρμό δεδομένων, και τον ενθυλακώνει στα πρότυπα πρωτόκολλα μεταφορών δικτύων, όπως το ATM. Ένα ειδικό μέρος του H.264/AVC, αποκαλούμενο στρώμα αφαίρεσης δικτύων (NAL), επιτρέπει την ενθυλάκωση του ρεύματος για τη μετάδοση μέσω του δικτύου TCP/IP, όπως είναι το δίκτυο υπηρεσιών πρόσβασης DSL.

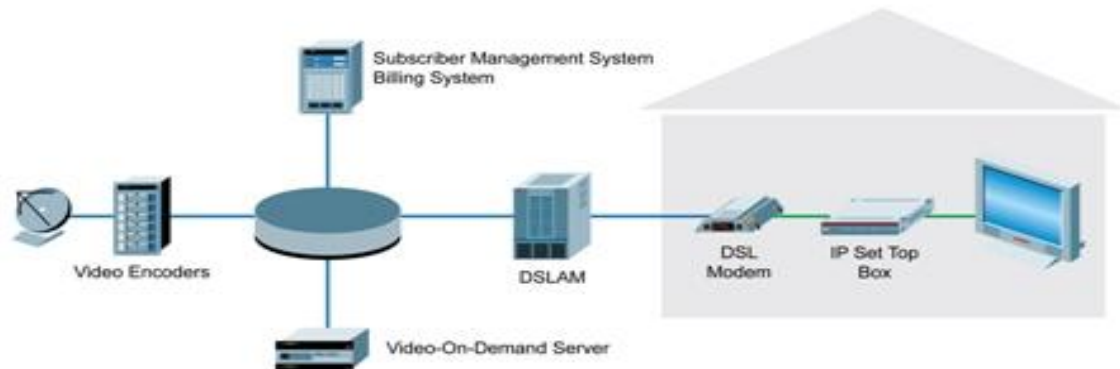
Όταν το τηλεοπτικό στοιχείο φθάνει στην περιοχή του πελάτη, καθοδηγείται στο χρήστη μέσω ενός αποδιαμορφωτή DSL και του τοπικού δικτύου του πελάτη (που συνδέονται με καλώδιο ή ασύρματα). Ένας χρήστης STB αποκωδικοποιεί το σήμα για την παρουσίαση σε μια τηλεόραση ή μια οθόνη. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου παρουσιάζονται παρακάτω:

- Το H.264 συμπιέζει το βίντεο αποτελεσματικότερα, κόβοντας τις δαπάνες μετάδοσης μέσα από τις δορυφορικές ή επίγειες συνδέσεις
- Η πυκνότητα των υπηρεσιών για τους υπάρχοντες βρόχους DSL είναι υψηλή: δύο standard-quality τηλεοπτικά ρεύματα μπορούν να διαβιβαστούν μέσα από έναν ενιαίο βρόχο 1,5 Mbps. Οι πελάτες μπορούν να παρακολουθήσουν δύο συρμούς βιντεοπαραγγελιών στον ίδιο χρόνο.
- Μπορεί να διαβιβαστεί περισσότερο περιεχόμενο επάνω σε μεγαλύτερους βρόχους- σε περισσότερους πελάτες. Στο Mpeg-2 μπορούν να φθάσουν στους πελάτες σε μια περιοχή υπηρεσιών 9.000 ft ανά CO, ενώ τα 264/AVC μπορούν να φθάσουν στους πελάτες σε μια περιοχή υπηρεσιών 16.000 ft ανά CO.

3. Γενική περιγραφή ενός δικτύου IPTV:

3.1. Γενική περιγραφή της δομής ενός δικτύου IPTV

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει το απλοποιημένο διάγραμμα ενός συστήματος IPTV:



Εικόνα 3.1: Απλοποιημένο διάγραμμα ενός IPTV συστήματος [Πηγή: www.eetimes.com]

3.1.1. IPTV Data Center (Κέντρο δεδομένων IPTV)

Γνωστό ως κέντρο ή headend το IPTV data center (κέντρο δεδομένων IPTV) παίρνει περιεχόμενο από διάφορες πηγές, όπως η τοπική τηλεόραση, παραγωγοί, καλωδιακά, επίγεια και δορυφορικά κανάλια. Με το που ληφθεί το βίντεο, μέρη του hardware, όπως κωδικοποιητές, βίντεο servers, IP routers, και αφιερωμένο hardware για θέματα ασφαλείας αναλαμβάνουν να προετοιμάσουν το βίντεο για διανομή σε ένα δίκτυο IP. Επιπρόσθετα, ένα σύστημα διαχείρισης συνδρομητών απαιτείται για να οργανώσει τα προφίλ των συνδρομητών και τις συνολικές οφειλές τους. Ας σημειωθεί ότι η φυσική θέση του IPTV data center εξαρτάται από την υποδομή του δικτύου που χρησιμοποιείται από τον πάροχο της υπηρεσίας.

3.1.2. Broadband Delivery Network (Ευρυζωνικό δίκτυο διανομής)

Η διανομή των IPTV υπηρεσιών απαιτεί συνδέσεις ένα προς ένα. Στην περίπτωση όμως που αυξάνονται οι συνδρομητές, οι συνδέσεις ένα προς ένα αυξάνονται δραματικά και έτσι μεγαλώνουν οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης με αποτέλεσμα αυτό να είναι ασύμφορο. Με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των τελευταίων ετών, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι μπορούν να ικανοποιήσουν, ως ένα μεγάλο βαθμό, αυτήν την απαίτηση για εύρος ζώνης. Και σε αυτό, βοήθησε η εισαγωγή διαφόρων μέσων μετάδοσης και τεχνικών στην υποδομή των δικτύων, όπως οι οπτικές ίνες, καθώς και τα δίκτυα τηλεπικοινωνιακών φορέων που βασίζονται σε οπτικές ίνες και τα οποία είναι τα πλέον κατάλληλα για να υποστηρίξουν την μεταφορά του περιεχομένου του IPTV.

3.1.3. IPTVCDs

Τα IPTV consumer devices (IPTVCDs) είναι εκείνες οι συσκευές που χρησιμοποιούν οι συνδρομητές για να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες IPTV. Το IPTVCD συνδέει το χρήστη στο δίκτυο και είναι υπεύθυνο για την αποκωδικοποίηση του βίντεο και για την επεξεργασία της ροής των δεδομένων βίντεο που φθάνουν σε αυτό. Τα IPTV consumer devices υποστηρίζουν τεχνολογίες που ελαχιστοποιούν ή εξαλείφουν τις επιδράσεις που έχουν τα διάφορα προβλήματα του δικτύου στο περιεχόμενο IPTV. Γενικά, όπως υπάρχει σημαντική βελτίωση στα ευρυζωνικά δίκτυα (XDSL δίκτυα), αντίστοιχη βελτίωση και τεχνολογική ανάπτυξη υπάρχει και στα IPTVCDs. Οποιοδημοφιλείς τύποι IPTVCDs μπορεί να είναι residential gateways, IP set-top boxes, game consoles και media servers.

3.1.4. A Home Network

Ένα οικιακό δίκτυο συνδέει διάφορες ψηφιακές συσκευές μέσα σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή. Βελτιώνει την επικοινωνία και επιτρέπει το διαμοιρασμό των ψηφιακών πηγών στα μέλη της οικογένειας. Ο στόχος ενός οικιακού δικτύου είναι να προσφέρει πρόσβαση σε πληροφορίες, όπως φωνή, ήχο, δεδομένα, ψυχαγωγία και σε διάφορες ψηφιακές συσκευές στο σπίτι. Με ένα οικιακό δίκτυο οι καταναλωτές μπορούν να εξικονομήσουν χρήματα και χρόνο με το διαμοιρασμό περιφερειακών, όπως εκτυπωτών και σκάνερ, και τον διαμοιρασμό των ευρυζωνικών συνδέσεων στο Διαδίκτυο.

3.2. Εφαρμογές και Υπηρεσίες του IPTV

Οι δύο βασικές εφαρμογές IPTV που παρέχονται από τους παρόχους της υπηρεσίας αυτής είναι: η εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης και το On-demand περιεχόμενο (βίντεο, ταινίες, μουσική, παιχνίδια, κλπ).

3.2.1. Εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης

Μιας και το IPTV είναι μία τεχνολογία άμεσα συνδεδεμένη με την τηλεόραση, σε αυτό το σημείο κρίνουμε ότι θα ήταν απαραίτητο να γίνει μία σύντομη ιστορική αναδρομή της τηλεόρασης. Η ιστορία της τηλεόρασης άρχισε το 1884 όταν ένας Γερμανός σπουδαστής, ο Paul Gottlieb κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το πρώτο μηχανικό τηλεοπτικό σύστημα. Το σύστημα αυτό λειτουργούσε με το φωτισμό μιας εικόνας μέσω ενός φακού και ενός περιστρεφόμενου δίσκου (δίσκος Nipkow). Κάποια μικρά ανοίγματα έπαιναν να λειτουργούν από το δίσκο, που επισήμανε τις έξω γραμμές της εικόνας ώσπου η πλήρης εικόνα να φανεί καθαρά. Όσο σβήνονταν περισσότερα ανοίγματα, τόσο περισσότερες γραμμές ανιχνεύονταν και ως εκ τούτου τόσο μεγαλύτερη λεπτομέρεια υπήρχε στην εικόνα.

Το 1923, ο Vladimir Kosma Zworykin αντικατέστησε το δίσκο Nipkow με ένα ηλεκτρονικό μέρος. Αυτό επέτρεψε στην εικόνα να χωριστεί σε πολλές περισσότερες γραμμές, οι οποίες επέτρεψαν ένα υψηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας. Επίσης θα μπορούσαν να αποθηκευτούν εικόνες μεταξύ των ηλεκτρονικών ανιχνύσεων. Αυτό το ηλεκτρονικό σύστημα κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1925 και ονομάστηκε Εικονοσκόπιο (Iconoscope) .

Ο J.L. Baird παρουσίασε την πρώτη μηχανική έγχρωμη τηλεόραση το 1928. Η πρώτη μηχανική τηλεόραση χρησιμοποιούσε ένα δίσκο Nipkow με τρεις σπείρες, μια για κάθε βασικό χρώμα (κόκκινο, πράσινο, και μπλε). Εκείνη τη χρονική περίοδο, πολύ λίγοι άνθρωποι είχαν τηλεόραση και η εμπειρία τηλεθέασης δεν ήταν κάτι το ιδιαίτερο. Κι αυτό γιατί το μικρό ακροατήριο θεατών παρακολουθούσε μια μουτζουρωμένη εικόνα σε μία οθόνη 2-3 ιντσών.

Το 1935, το πρώτο ηλεκτρονικό τηλεοπτικό σύστημα παρουσιάστηκε από μια επιχείρηση που ονομάζονταν Electric Musical Industries (EMI). Μέχρι τα τέλη του 1939, δεκαέξι επιχειρήσεις είχαν προγραμματίσει να παράγουν ηλεκτρονικές τηλεοράσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το 1941, η εθνική Επιτροπή τηλεοπτικών συστημάτων National Television System Committee (NTSC) ανέπτυξε ένα σύνολο οδηγιών όσον αφορά την μετάδοση της ηλεκτρονικής τηλεόρασης. Η ομοσπονδιακή Επιτροπή επικοινωνιών (Federal Communications Commission) υιοθέτησε τις νέες οδηγίες και οι μεταδόσεις TV άρχισαν ήδη στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η τηλεόραση ωφελήθηκε από τον παγκόσμιο πόλεμο II, όπου ένα μεγάλο μέρος της εργασίας που έγινε στα ραντάρ σε αυτόν, μεταφέρθηκε άμεσα στο σχεδιασμό της τηλεόρασης. Ένα μέρος της τηλεόρασης που βελτιώθηκε πολύ ήταν ο καθοδικός σωλήνας ακτίνων.

Η δεκαετία του '50 ήταν ένα συναρπαστικό χρονικό διάστημα για την ανάπτυξη της τηλεόρασης και στην ουσία αποτέλεσε τη χρυσή εποχή της τηλεόρασης. Η εποχή της ασπρόμαυρης τηλεόρασης άρχισε το 1956 και οι τιμές στις τηλεοράσεις άρχισαν να πέφτουν αισθητά. Προς το τέλος της δεκαετίας, διάφοροι αμερικανοί κατασκευαστές πειραματιζόταν με μια σειρά διαφορετικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και σχεδίων όσον αφορά την τηλεόραση.

Η δεκαετία του '60 άρχισε με την ιαπωνική θέσπιση των προτύπων NTSC. Προς το τέλος της δεκαετίας του '60, η Ευρώπη εισήγαγε δύο νέα πρότυπα τηλεοπτικών μεταδόσεων:

- Systeme Electronique Couleur Avec Memoire (SECAM). Είναι ένα πρότυπο τηλεοπτικής εκπομπής στη Γαλλία, στη Μέση Ανατολή, και στα μέρη της Ανατολικής Ευρώπης.
- Phase Alternating Line (Η εναλλασσόμενη γραμμή φάσης (PAL)). Είναι το κυρίαρχο τηλεοπτικό πρότυπο στην Ευρώπη.

Η πρώτη έγχρωμη τηλεόραση με ενσωματωμένες τεχνολογίες επεξεργασίας ψηφιακού σήματος πουλήθηκε το 1983. Σε μια συνεδρίαση που έγινε το 1993, η ομάδα Moving Picture Experts Group (MPEG) ολοκλήρωσε και καθόρισε τους ορισμούς MPEG-2 Video, MPEG-2 Audio και MPEG-2 Systems. Επίσης το 1993, γεννήθηκε το ευρωπαϊκό ψηφιακό τηλεοπτικό πρόγραμμα ραδιοφωνικής αναμετάδοσης (European Digital Video Broadcasting (DVB)).

Το 1996, η FCC καθιέρωσε τα ψηφιακά πρότυπα τηλεοπτικών μεταδόσεων στις Ηνωμένες Πολιτείες, υιοθετώντας το πρότυπο ATSC (Advanced Television Systems Committee (ATSC) digital standard). Από το 1999, πολλά μέσα επικοινωνίας έχουν στραφεί στην ψηφιακή τεχνολογία. Τα τελευταία χρόνια, διάφορες χώρες έχουν αρχίσει να προωθούν τα καινούρια πρότυπα και να προωθούν τις υπηρεσίες τηλεόρασης standarddefinition και highdefinition και στην ουσία οδηγούν τους καταναλωτές στην αγορά πιο σύγχρονων τηλεοπτικών συστημάτων, όπως είναι οι τηλεοράσεις με οθόνη υγρών κρυστάλλων (liquid crystal display (LCD)) και οι τηλεοράσεις πλάσματος (plasma display panels (PDPs)).

3.2.1.1. Digital TV (DTV) Standard Formats

Το πρότυπο για μετάδοση αναλογικής τηλεόρασης στην Αμερική είναι το NTSC. Τα στάνταρ για βίντεο στις άλλες ηπείρους είναι PAL και SECAM. Όλα αυτά τα στάνταρ θα αντικατασταθούν μέσα σε μία δεκαετία με νέα στάνταρ τα οποία θα συνεργάζονται με την ψηφιακή τηλεόραση. Η δημιουργία της ψηφιακής τηλεόρασης απαιτεί την συνεργασία διαφόρων εταιριών και βιομηχανιών, καθώς και την ανάπτυξη πολλών νέων στάνταρ. Μία μεγάλη ποικιλία διεθνών οργανισμών συνεργάστηκαν για να δημιουργήσουν αυτά τα στάνταρ για την ψηφιακή τηλεόραση. Οι περισσότεροι οργανισμοί δημιουργούν αυτά τα στάνταρ ακολουθώντας μια πορεία: δημιουργούν ιδέες, τις οργανώνουν, συζητούν την προσέγγιση την οποία θα ακολουθήσουν, δημιουργούν προσχέδια στάνταρ, ψηφίζουν τα υποψήφια στάνταρ και τέλος, επίσημα παρουσιάζουν τα ολοκληρωμένα στάνταρ στο κοινό.

Έτος	Ιστορικό γεγονός
1884	Ο PaulGottlieb, έφτιαξε το πρώτο μηχανικό τηλεοπτικό σύστημα.
1923	Ο VladimirKosmaZworykin αντικατέστησε το δίσκο Nipkow με ηλεκτρονικά μέρη.
1925	Δημιουργήθηκε το πρώτο ηλεκτρονικό σύστημα τηλεόρασης.
1935	Το πρώτο ηλεκτρονικό σύστημα τηλεόρασης παρουσιάστηκε από την EMI.
1941	Η NTSC ανέπτυξε ένα σύνολο οδηγιών για την μετάδοση της ηλεκτρονικής τηλεόρασης.
1956	Αρχισε η εποχή της ασπρόμαυρης τηλεόρασης.
1993	Ιδρύθηκε το ευρωπαϊκό σχέδιο DVB.
1996	Η FCC κατάφερε να εισάγει τα πρωτόκολλα της μετάδοσης της ψηφιακής τηλεόρασης στις ΗΠΑ.
1999	Γίνεται υλοποίηση της ψηφιακής τηλεόρασης σε ολόκληρο τον κόσμο.

Πίνακας3.1: Κυριότερα γεγονότα στην πορεία της τηλεόρασης

[Πηγή:<http://en.wikipedia.org/wiki/Television>]

Κάποιοι από τους πιο γνωστούς διεθνείς οργανισμούς που συνεισφέρουν στην δημιουργία των στάνταρ της ψηφιακής τηλεόρασης είναι:

- ATSC
- DVB
- Association of Radio Industries and Businesses (ARIB)

ATSC: Ο ATSC είναι ένας οργανισμός που δημιουργήθηκε για να εισαγάγει ένα σύνολο τεχνικών προδιαγραφών για τη μετάδοση τηλεοπτικών σημάτων στις ΗΠΑ. Αυτές οι προδιαγραφές καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών τεχνικών, όπως η μετάδοση τηλεόρασης high definition, standard definition, και η μετάδοση απευθείας δορυφορικών σημάτων στα σπίτια, στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο ATSC δημιουργήθηκε το 1982 από τις εξής εταιρείες: Electronic Industries Association (EIA), Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), National Association of Broadcasters (NAB), National Cable and Telecommunications Association (NCTA), και Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE). Τελικά, ο ATSC υιοθετήθηκε επίσημα από τις ΗΠΑ, όπου είχε ήδη ξεκινήσει η υλοποίηση της ψηφιακής τηλεόρασης. Επίσης, άλλες χώρες στις οποίες εισχώρησε αυτός ο οργανισμός και τα στάνταρ ATSC είναι ο Καναδάς, η Νότια Κορέα, το Ταϊβάν, και η Αργεντινή. Για περισσότερες πληροφορίες για αυτόν τον οργανισμό μπορείτε να επισκεφτείτε την ιστοσελίδα www.atsc.org.

DVB: Ο συνεταιρισμός DVB συνεταιρισμός πρωτοεμφανίστηκε το 1991 και δημιουργήθηκε το 1993 με 80 μέλη. Σήμερα ο DVB αποτελεί ένα συνεταιρισμό περίπου 300 εταιριών στα πεδία της μετάδοσης, κατασκευής και διαχείρισης δικτύου. Γενικά αυτές οι εταιρίες συνεργάστηκαν προσπαθώντας να βρουν κοινά διεθνή στάνταρ για την μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση. Η δουλειά στο DVB συναιτηρισμό οδήγησε στη δημιουργία πολλών λύσεων και στάνταρ για την υλοποίηση της ψηφιακής τηλεόρασης σε διάφορα περιβάλλοντα. Αυτά τα στάνταρ καλύπτουν όλες τις πλευρές της ψηφιακής τηλεόρασης, από το interface, την ασφάλεια, μέχρι και την διαδραστικότητα για ψηφιακό βίντεο, ήχο, και δεδομένα. Επειδή τα DVB στάνταρ αποτελούν ανοιχτό λογισμικό, όλοι οι κατασκευαστές κατασκευάζουν συστήματα τα οποία να είναι συμβατά και να δουλεύουν με τον εξοπλισμό άλλων κατασκευαστών. Σήμερα υπάρχουν πάρα πολλές υπηρεσίες μετάδοσης στον κόσμο, οι οποίες χρησιμοποιούν πρωτόκολλα DVB πρωτόκολλα. Επίσης υπάρχουν πάρα πολλοί κατασκευαστές που χρησιμοποιούν DVB πρωτόκολλα στον κόσμο. Το DVB έχει μεγαλύτερη επιτυχία στην Ευρώπη, παρόλα αυτά το DVB έχει εφαρμογή και σε άλλες περιοχές όπως Βόρεια και Νότια Αμερική, Κίνα, Αφρική, Ασία και Αυστραλία. Για περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να επισκεφτείτε την ιστοσελίδα www.dvb.org.

ARIB: Αυτός ο οργανισμός χρησιμοποιείται κυρίως για προϊόντα και μελέτες, και υλοποιεί στάνταρ και υπηρεσίες για εκπομπές με μικροκύματα και radio spectrum μεταδόσεις. Επίσης, ο οργανισμός έχει δημιουργήσει πολλά στάνταρ τα οποία είναι παρόμοια με τον τομέα της ψηφιακής τηλεόρασης, συμπεριλαμβανομένης και της κωδικοποίησης βίντεο και ήχου. Περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να βρείτε στην εξής ιστοσελίδα: <http://www.arib.or.jp/english>.

3.2.1.2. Σύγκριση ψηφιακής – αναλογικής μετάδοσης τηλεόρασης

Σε σύγκριση με την αναλογική τεχνολογία αναμετάδοσης της τηλεόρασης, η ψηφιακή αναμετάδοση, έχει πολλά πλεονεκτήματα:

Βελτιωμένη εμπειρία τηλεθέασης. Η εμπειρία τηλεθέασης βελτιώνεται με καλύτερη ποιότητα εικόνας, καλύτερο ήχο, ποιότητα αντίστοιχη ενός CD, εκατοντάδες νέα κανάλια, διάφορες κάμερες και οπτικές γωνίες και δυνατότητα πρόσβασης σε διάφορα παιχνίδια και επιλογές, πράγμα που καθιστά την τηλεθέαση κάτι μοναδικό.

Βελτιωμένη κάλυψη. Και τα αναλογικά και τα ψηφιακά σήματα εξασθενούν όσο μεγαλώνει η απόσταση. Παρόλα αυτά, στα αναλογικά συστήματα αναμετάδοσης τηλεόρασης όσο μεγαλώνει η απόσταση από τον πομπό, η εικόνα γίνεται χειρότερη για τους θεατές. Κάτι τέτοιο όμως δεν συμβαίνει στα ψηφιακά συστήματα μετάδοσης, όπου εκεί η ποιότητα της εικόνας παραμένει σταθερή και δεν μεταβάλλεται από την απόσταση, και το σήμα μεταδίδεται αυτούσιο μέσα στα επιτρεπτά όρια απόστασης.

Αυξημένη χωρητικότητα και νέες προσφορές υπηρεσιών. Με την χρησιμοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών για την μετάδοση του τηλεοπτικού σήματος, οι πάροχοι της υπηρεσίας μπορούν να μεταφέρουν μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών σε σχέση με τις αναλογικές τεχνολογίες. Με την ψηφιακή τηλεόραση, μία ταινία συμπιέζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλαμβάνει μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού εύρους ζώνης της σύνδεσης, σε αντίθεση με τα αναλογικά συστήματα μετάδοσης, όπου η ίδια ταινία θα έπαινε το μεγαλύτερο μέρος του εύρους ζώνης της σύνδεσης για να μεταδοθεί. Έτσι το υπόλοιπο εύρος ζώνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλες εργασίες όπως:

- Video on demand (VOD)

- E-mail και άλλες υπηρεσίες Διαδίκτυο
- Διαδραστική μόρφωση
- Ηλεκτρονικό εμπόριο μέσω τηλεόρασης

Αυξημένη ευελιξία πρόσβασης. Παραδοσιακά ήταν πιθανό να δει κάποιος αναλογικό περιεχόμενο εκπομπής τηλεόρασης μόνο σε μία τηλεόραση. Τώρα με τις ψηφιακές τεχνολογίες το βίντεο θα μπορεί επίσης να βλέπεται σε μία πληθώρα συσκευών, από κινητά τηλέφωνα μέχρι και ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Επίσης, όλα τα αναλογικά συστήματα θα αντικατασταθούν αργά ή γρήγορα με ψηφιακά. Η μετάβαση από την αναλογική τηλεόραση στην ψηφιακή θα δώσει ένα κίνητρο στους παρόχους να αναβαθμίσουν τα δίκτυα μετάδοσής τους και στους παραγωγούς να προχωρήσουν στην μαζική παραγωγή προϊόντων που θα υποστηρίζουν τη νέα τεχνολογία. Η ανάπτυξη της ψηφιακής τηλεόρασης την τελευταία δεκαετία είναι το αποτέλεσμα της δουλειάς επιστημόνων, τεχνολόγων, παραγωγών, και διαφόρων άλλων. Πριν από μερικά χρόνια μπορεί να ήταν πρακτικό να χρησιμοποιούνται ραδιοφωνικές συχνότητες [radiofrequency (RF)] για να μεταφέρεται το σήμα της ψηφιακής τηλεόρασης στους πελάτες. Τώρα όμως με τις πρόσφατες βελτιώσεις στις μεθόδους συμπίεσης και στις ευρυζωνικές τεχνολογίες, πολλοί πάροχοι της υπηρεσίας έχουν ήδη στραφεί στην χρησιμοποίηση IP δικτύων για να μεταδίδουν το σήμα της ψηφιακής τηλεόρασης στους καταναλωτές.

3.3. Λόγοι στροφής προς το IPTV

Διάφοροι λόγοι συνέβαλλαν στην ανάπτυξη του IPTV και στην στροφή των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών και των παρόχων σε αυτήν την τεχνολογία:

3.3.1. Η ψηφιοποίηση της τηλεόρασης

Οι περισσότεροι δορυφορικοί, επίγειοι, καλωδιακοί τηλεοπτικοί πάροχοι έχουν πλέον στραφεί στην αλλαγή του αναλογικού εξοπλισμού τους με ψηφιακό. Επιπρόσθετα, τα περισσότερα στούντιο παραγωγής βίντεο χρησιμοποιούν ψηφιακές τεχνολογίες για να γράφουν και να αποθηκεύουν το περιεχόμενο. Όλοι αυτοί οι παράγοντες ενθάρρυναν την υιοθέτηση της μετάδοσης του βίντεο μέσω IP δικτύων.

3.3.2. Βελτιώσεις στις τεχνολογίες συμπίεσης

Η διανομή βίντεο μέσω ενός δικτύου IP δεν είναι κάτι καινούριο, αφού πολλά sites στο Διαδίκτυο, κάνουν βίντεο streaming εδώ και πολλά χρόνια. Όμως το βίντεο το οποίο γινόταν streaming στο Διαδίκτυο ήταν συνήθως πολύ χαμηλής ποιότητας λόγω των περιορισμών που επέβαλλε το συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Τώρα όμως, με τον όλο και αυξανόμενο αριθμό των χρηστών με γρήγορες συνδέσεις (π.χ. συνδέσεις ADSL), καθώς και με τις καινούριες βελτιωμένες τεχνικές συμπίεσης, η μετάδοση περιεχομένου τηλεόρασης μέσω IP συνδέσεων έχει γίνει πιο εύκολη υπόθεση.

3.3.3. Εμπορικοί και επιχειρηματικοί λόγοι

Γενικά, ο αυξανόμενος ανταγωνισμός μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών παρόχων οδήγησε στο να προσφέρουν στους πελάτες τους, υπηρεσίες IPTV. Στην ουσία οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί προσπαθούν να κερδίσουν καινούριους πελάτες με το λεγόμενο triple-play (τηλεφωνία, ADSL σύνδεση και IPTV).

3.3.4. Αύξηση στον αριθμό των ευρυζωνικών συνδέσεων

Η διεσδυτικότητα του Διαδίκτυο στα περισσότερα σπίτια έχει φέρει την ανάγκη για μεγαλύτερες ταχύτητες στην πρόσβαση στο Διαδίκτυο από το σπίτι. Αυτή η ανάγκη έχει ικανοποιηθεί από τις ευρυζωνικές συνδέσεις, κυρίως από τις συνδέσεις ADSL, καθώς και από άλλα δίκτυα (με καλώδια οπτικών ινών και ασύρματα δίκτυα). Η υιοθέτηση των γρήγορων συνδέσεων από τα περισσότερα σπίτια αποτελεί ένα ισχυρό κίνητρο και βάση για τους περισσότερους καταναλωτές για να αρχίσουν να γίνονται συνδρομητές σε υπηρεσίες IPTV.

3.3.5. Εμφάνιση των ψηφιακών σπιτιών

Τα περισσότερα σπίτια και ο τρόπος ζωής των ανθρώπων αλλάζουν και επηρεάζονται από την ψηφιακή τεχνολογία. Γενικά πολλές αλλαγές οφείλονται σε μια πληθώρα νέων τεχνολογιών που μπαίνουν στα σπίτια και βοηθούν κάνοντας τη ζωή των ανθρώπων ευκολότερη και συμβάλλουν και στη διασκέδασή τους. Ψηφιακές συσκευές σχετικές με την ψυχαγωγία είναι διάφορες παιχνιδομηχανές (ηλεκτρονικά παιχνίδια), ψηφιακά ηχοσυστήματα, set-top-boxes, και επίπεδες τηλεοράσεις. Επίσης, η δραματική πτώση των τιμών των υπολογιστών οδήγησε στην εισαγωγή τους σε όλο και περισσότερα νοικοκυριά. Όλα αυτά οδηγούν σε αυτό που λέμε «ψηφιακά νοικοκυριά» και όλοι αυτοί οι λόγοι είναι που οδηγούν στην ολοένα και μεγαλύτερη απαίτηση για τεχνολογίες όπως το IPTV.

3.3.6. Η μετάβαση από τη Standard Definition TV (SDTV) στη High Definition TV (HDTV)

Η HDTV είναι τηλεόραση υψηλής ανάλυσης και ευκρίνειας. Είναι μία τεχνολογία που ήρθε οπωσδήποτε για να φέρει επανάσταση στην τεχνολογία της τηλεόρασης και ήρθε να αντικαταστήσει τη συμβατική Standard DefinitionTV. Γενικά ολοένα αυξάνει η ζήτηση για κανάλια HDTV και ολοένα και περισσότερα κανάλια και εκπομπές HDTV εμφανίζονται. Επειδή η ποιότητα HDTV απαιτεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης για τη μεταφορά, γι αυτό μια καλή λύση για το διαμοιρασμό HDTV περιεχομένου είναι το IPTV.

3.4. Τηλεοπτική ψυχαγωγία στο σπίτι (Home Entertainment)

Η εξέλιξη της τεχνολογίας, η αύξηση της ταχύτητας των δικτύων, η εξέλιξη των οικιακών και τερματικών συσκευών έχουν δημιουργήσει ένα ευρύτερο ανταγωνιστικό πλαίσιο, στο οποίο εμπλέκονται εταιρίες με διαφορετική επιχειρηματική δραστηριότητα, αλλά με κοινό στόχο: να κυριαρχήσουν στην αγορά του “Home entertainment”. Όλα τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τη σύγκλιση δικτύων και συσκευών δημιουργούν συνθήκες έντονου ανταγωνισμού που συνηθίζεται να αποκαλείται “The battle of the Living Room”(η μάχη του καναπέ / σαλονιού).



Εικόνα 3.2: Ψηφιακή ψυχαγωγία στο σπίτι [Πηγή: <http://www.geektonic.com>]

Η τηλεοπτική ψυχαγωγία στο χώρο του σπιτιού, κατά βάση, αλλά και σε άλλους δημόσιους ή ιδιωτικούς χώρους εκτός κινηματογράφου κατηγοριοποιείται ως εξής:

Τηλεοπτικά Κανάλια

Πρόκειται για το πλέον διαδεδομένο είδος ψυχαγωγίας που ξεκίνησε στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προς:

- το μέσο και την τεχνολογία μετάδοσης (επίγεια αναλογικά ή ψηφιακά, δορυφορικά, καλωδιακά, IPTV)
- το εμπορικό μοντέλο διάθεσης (freetoair – payTV)
- το περιεχόμενό τους (γενικού περιεχομένου – ειδησεογραφικά – θεματικά – με ταινίες κλπ)

Ταινίες onDemand

Πρόκειται για έναν τρόπο θέασης κινηματογραφικών ταινιών κατά κύριο λόγο αλλά και άλλων μαγνητοσκοπημένων θεαμάτων που ξεκίνησε την δεκαετία του 1970 με την εξάπλωση των κασετών VHS- xxx. Διακρίνεται σε δυο είδη:

- Ενοικίαση DVD (σπανιότερα κασετών)
- Αγορά DVD (σπανιότερα κασετών)
- Video on Demand μέσω δικτύου

3.5. Αλυσίδα αξίας IPTV

Πάροχοι περιεχομένου

- Εταιρείες Τηλεοπτικών Παραγωγών

Πρόκειται για επιχειρήσεις που παράγουν διαφόρων ειδών τηλεοπτικά προγράμματα (εκπομπές, σειρές, τηλεταινίες, μεταδόσεις γεγονότων-θεαμάτων κλπ) και διαφημιστικά spots τόσο σε studio όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Οι εταιρείες αυτές παράγουν συνήθως και ραδιοφωνικό περιεχόμενο και γενικότερα πολυμεσικό περιεχόμενο. Ενδεικτικά, αναφέρονται ορισμένες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα: Δέλτα, ABC Broadcast, Agm-Tv, Alpha - Τηλεοπτικές Παραγωγές, Digital Creative, Kino κλπ.

Κινηματογραφικοί Παραγωγοί

Υπάρχει σήμερα ένας σημαντικός αριθμός κινηματογραφικών παραγωγών παγκοσμίως. Οι μεγαλύτεροι είναι τα γνωστά studios του Hollywood (Sony Pictures, Universal, MGM κλπ), ενώ υπάρχουν και αρκετοί μικρότεροι σε άλλες χώρες και στην Ελλάδα.

- Διανομείς ταινιών

Οι σημαντικότεροι διανομείς στην Ελλάδα είναι:

- AUDIOVISUAL / PROOPTIKI η οποία αντιπροσωπεύει μεγάλους οίκους όπως Walt Disney, Warner Bros, Touchstone, Columbia, Tristar, Buena Vista, NewLineCinema, Miramax και συνεργάζεται με τη VillageFilms. Ελέγχει τους πολυκινηματογράφους Ster Cinemas και την εταιρία παραγωγών On Productions.
- Sony Pictures η οποία αντιπροσωπεύει τις Sony Pictures, Universal, MGM
- ODEON η οποία εκπροσωπεί τις Paramount, CBS FOX, Dreamworks, Twentieth Century Fox και την Rosebud.
- Village Films που αντιπροσωπεύει Newline, Spyglass, Village Roadshow films, Miramax, Capitol Indies, Sound & Vision Digital Recording, Spooky Entertainment, Sportshero

Operator του Δικτύου

Παροχή μέσω χρήσης IP δικτύων (για telcos ADSL: TVoDSL)–ψηφιακού τηλεοπτικού περιεχομένου

- καινοτόμων υπηρεσιών τηλεόρασης
- άλλων καινοτόμων υπηρεσιών ψυχαγωγίας /περιεχομένου (on demand υπηρεσίες)
- free to air τηλεοπτικών καναλιών–συνδρομητική τηλεόραση – Ραδιοφωνικοί σταθμοί

Πάροχοι υπηρεσιών τηλεόρασης

Πρόκειται για επιχειρήσεις οι οποίες αγοράζουν το περιεχόμενο από τους παραγωγούς – παρόχους περιεχομένου και δημιουργούν τα μπουκέτα υπηρεσιών. Οι δραστηριότητες τους αφορούν:

- Την διαχείριση των προγραμμάτων προκειμένου να διαμορφώσουν τα διαφορετικά μπουκέτα (πακέτα, σύνολο τηλεοπτικών καναλιών ή υπηρεσιών).
- Την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης συνδρομητών και προϊόντων, ώστε να μπορούν να προσφέρουν λύσεις πακέτων και να τιμολογούν ανάλογα (μόνο οι πάροχοι συνδρομητικής τηλεόρασης).
- Την ανάπτυξη του συστήματος εξυπηρέτησης πελατών.

3.6. Μοντέλα συνεργασίας (business models)

Ο πάροχος υπηρεσιών τηλεόρασης και ο πάροχος δικτύου μπορεί να ταυτίζονται ή όχι. Ανάλογα με τη νομοθεσία κάθε χώρας, ιδιαίτερη σημασία έχει αν ο πάροχος δικτύου έχει Σημαντική Ισχύ στην Αγορά (ΣΙΑ) και εκμεταλλεύεται δημόσια δίκτυα ή έχει ειδικά δικαιώματα διέλευσης που δεν έχουν παραχωρηθεί σε κανέναν άλλο.

Στην περίπτωση διαχωρισμού παρόχου δικτύου – από πάροχο υπηρεσίας διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

1. Ο πάροχος δικτύου διαθέτει το δίκτυο που έχει αναπτύξει για να φτάσει το περιεχόμενο στους συνδρομητές του και κατά συνέπεια έρχεται σε κάποιου είδους συμφωνία με τον πάροχο της υπηρεσίας τηλεόρασης, σύμφωνα με την οποία μεταφέρει το περιεχόμενο στους συνδρομητές και αναλαμβάνει και την τιμολόγηση των συνδρομητών του και ένα μέρος το αποδίδει στον πάροχο της υπηρεσίας τηλεόρασης
2. Ο πάροχος της υπηρεσίας τηλεόρασης τιμολογεί και αποδίδει στον πάροχο δικτύου την υπηρεσία τηλεόρασης.

Ανάλογα με την περίπτωση, αυτός που αναλαμβάνει να τιμολογήσει τους πελάτες αναλαμβάνει και το ρίσκο της επισφάλειας όταν ο πελάτης συνδρομητής δεν πληρώσει τον λογαριασμό του.

Ο πάροχος δικτύου IPTV αποκτά μεγαλύτερη διαπραγματευτική δύναμη ως προς τους άλλους παρόχους όσο μπορεί να καινοτομεί μέσω ειδικών devices πάνω στο δίκτυό του, αυξάνοντας έτσι τις δυνατότητες που παρέχει για extend service delivery capabilities προς τους συνδρομητές που κρέμονται στο δίκτυο του και απολαμβάνουν την υπηρεσία αυτή.

3.7. Περιεχόμενο και Βασικές κατηγορίες περιεχομένου

Αναφέρονται ακολούθως οι βασικές κατηγορίες περιεχομένου κάθε μια από τις οποίες μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω:

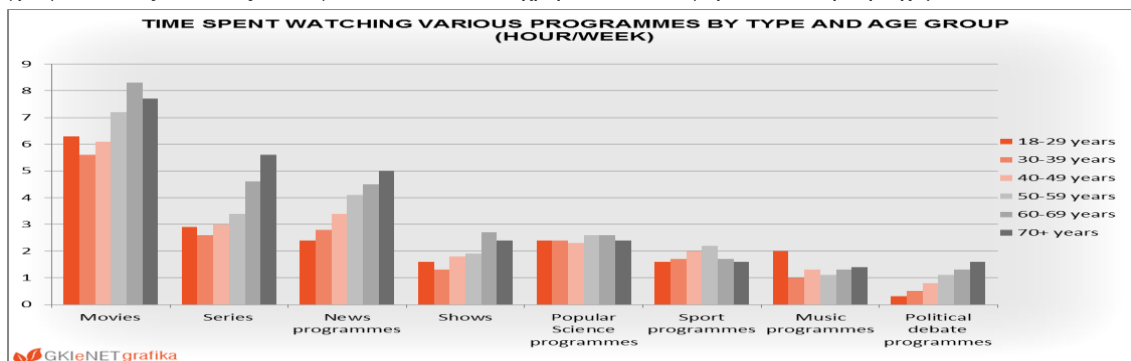
- Κινηματογραφικές Ταινίες
- Τηλεοπτικές Σειρές
- Cartoons και λοιπά παιδικά
- Ντοκιμαντέρ
- Αθλητικά
- Μουσικό περιεχόμενο
- Αισθησιακές ταινίες
- Reality Shows
- Ειδησεογραφικό Περιεχόμενο

Κάθε κατηγορία στοχεύει σε διαφορετική αγορά και έχει διαφορετική συνεισφορά στη στρατηγική του παρόχου IPTV. Μερικά χαρακτηριστικά των κατηγοριών και των αντίστοιχων στρατηγικών είναι τα εξής:

- Οι κινηματογραφικές ταινίες συνεισφέρουν σημαντικά στην προσέλκυση πελατών και εσόδων αλλά δεν έχουν μεγάλο περιθώριο κέρδους, σε σχέση με τις αισθησιακές.

- Οι παιδικές ταινίες ενισχύουν την πιστότητα των οικογενειών με παιδιά (που είναι ένα βασικό τμήμα στόχος της αγοράς) στην υπηρεσία.
- Τα αθλητικά είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα κατηγορία αλλά και με τα πιο ακριβά δικαιώματα. Χαρακτηριστικά, η NET και η NOVA ξεδεύουν πάνω από περίπου 15 εκατ. Ευρώ τον χρόνο για το αθλητικό τους περιεχόμενο-μεταδόσεις αθλητικών αγώνων ελληνικού και ξένων πρωταθλημάτων. Για το λόγο αυτό πολλοί από τους παρόχους της υπηρεσίας δεν έχουν εμπλακεί στην αγορά αθλητικών δικαιωμάτων λόγω του πολύ υψηλού κόστους και του αναμφίβολου θετικού αποτελέσματος στις συνδέσεις πελατών IPTV.
- Η υπηρεσία IPTV στοχεύει κυρίως σε οικογένειες με παιδιά. Έτσι, ο σωστός συνδυασμός κατηγοριών τηλεοπτικού περιεχομένου, ταινιών, παιχνιδιών και άλλων υπηρεσιών που θα καλύπτουν συνολικά τις προτιμήσεις των μελών της οικογένειας είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες επιτυχίας της υπηρεσίας.

Ακολουθεί ένα δείγμα ημερήσιας κατανομής / χρήσης τηλεοπτικού περιεχομένου IPTV που περιγράφει το πώς συνδυάζονται για το σύνολο των χρηστών τα διαφορετικά είδη περιεχομένου.



Εικόνα 3.3: Ημερήσια κατανομή/χρήση τηλεοπτικού περιεχομένου IPTV [Πηγή: <http://www.enet.hu>]

4. Διανομή του IPTV:

Γενικά, το IPTV φαίνεται ότι γρήγορα γίνεται ένα δημοφιλές μέσο για την μεταφορά υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης στους συνδρομητές. Όμως, λόγω της φύσης του IPTV, απαιτείται ένα γρήγορο δίκτυο για την μεταφορά των δεδομένων του με ικανοποιητική ταχύτητα από και προς τους συνδρομητές. Ο κύριος σκοπός αυτού του δικτύου είναι να μεταφέρει τα bits των δεδομένων μεταξύ του IPTV set-top box του συνδρομητή και του κέντρου δεδομένων IPTV του παρόχου της υπηρεσίας. Αυτό χρειάζεται να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται η ποιότητα του βίντεο καθώς και του ρυθμού μετάδοσης του βίντεο που εκπέμπεται στον συνδρομητή IPTV. Γενικά, είναι στο χέρι του παρόχου να επιλέξει την αρχιτεκτονική του δικτύου που απαιτείται για να υποστηρίξει τις υπηρεσίες IPTV.

Ένα δίκτυο IPTV χωρίζεται σε 2 κύρια μέρη, το δίκτυο διανομής ή δίκτυο πρόσβασης (last mile broadband distribution ή access network) και το κεντρικό δίκτυο ή δίκτυο πυρήνα (centralized or core backbone). Μία πληθώρα δικτύων, συμπεριλαμβανομένων καλωδιακών συστημάτων, δικτύων τηλεφωνίας, ασύρματων δικτύων, και δορυφορικών δικτύων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να μεταφέρουν υπηρεσίες IPTV σε ένα μέρος του συνολικού δικτύου. Η μεταφορά του βίντεο σε όλους αυτούς τους διαφορετικούς τύπους δικτύου έχει πολλές προκλήσεις και είναι κάτι αρκετά δύσκολο. Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στην αναφορά αυτών των υποδομών δικτύου που χρησιμοποιούνται από το IPTV για την μεταφορά των δεδομένων και στην περιγραφή των πιο πολυχρησιμοποιημένων.

4.1. Ευρυζωνικά Δίκτυα Διανομής

Μία από τις αρχικές προκλήσεις που αντιμετωπίζονται από τους παρόχους της υπηρεσίας IPTV είναι να παρέχουν αρκετά μεγάλη χωρητικότητα (εύρος ζώνης) στον τομέα του δικτύου μεταξύ του κεντρικού δικτύου πυρήνα και των σπιτιών των συνδρομητών. Διάφοροι όροι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν αυτήν την έκταση τμήματος από τον τοπικό βρόχο μέχρι και το τελευταίο τμήμα του δικτύου που φθάνει ως τον χρήστη. Εν τέλει, χρησιμοποιούνται 6 διαφορετικοί τύποι ευρυζωνικών δικτύων που μπορούν να ικανοποιήσουν τις μεγάλες ανάγκες του IPTV σε εύρος ζώνης:

- Δίκτυα οπτικών ινών
- Δίκτυα DSL
- Δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης
- Δορυφορικά δίκτυα
- Ασύρματα δίκτυα
- Διαδίκτυο

Διαφορετικοί πάροχοι της υπηρεσίας χρησιμοποιούν διαφορετικές υποδομές. Παρόλα αυτά οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι δικτύων όσον αφορά το IPTV είναι τα DSL δίκτυα και τα ασύρματα δίκτυα κυρίως για οικονομικούς λόγους, λόγους ευχρηστίας και σε συνδυασμό με το ότι είναι πολύ διαδεδομένα. Παρακάτω θα ακολουθήσει μία σύντομη περιγραφή των DSL δικτύων και των ασύρματων σε σχέση πάντα με το IPTV.

4.1.1. ADSL

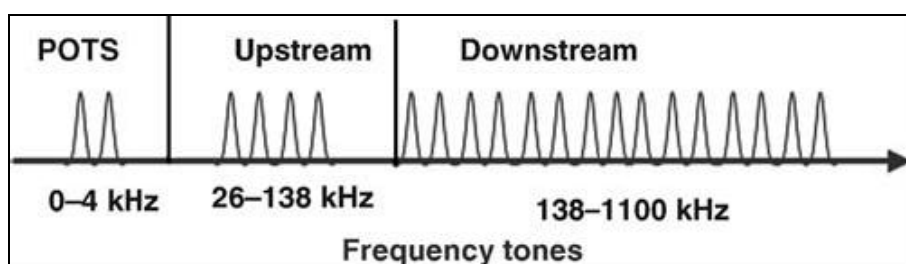
Η τεχνολογία ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) είναι πιο διαδεδομένη μορφή της DSL που χρησιμοποιείται σε δίκτυα τηλεπικοινωνιών σε ολόκληρο τον κόσμο. Έχει κάνει σημαντική είσοδο στην αστική αγορά όπου ανταγωνίζεται με τα καλωδιακά modem στις υψηλές ταχύτητες.

Η ADSL είναι μία point-to-point τεχνολογία. Αυτό το χαρακτηριστικό της, δίνει τη δυνατότητα στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους να υποστηρίζουν υπηρεσίες που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης, όπως το IPTV μέσα από τις υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές. Ονομάζεται “asymmetric” γιατί μια ADSL ζεύξη έχει διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης προς τις δύο κατευθύνσεις. Η μετάδοση των πληροφοριών από το κέντρο δεδομένων στο IPTVCD (consumer device) είναι γρηγορότερη από την μετάδοση των πληροφοριών από το IPTVCD στο κέντρο δεδομένων.

Χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές, η ADSL έχει όριο λήψης (από το κέντρο προς το συνδρομητή) 8 Mbps και upload όριο 1,5 Mbps (από το συνδρομητή προς το κέντρο). Έτσι μία ADSL σύνδεση μπορεί να υποστηρίξει 2 κανάλια standard definition τηλεόρασης και μία γρήγορη σύνδεση στο Διαδίκτυο.

Το κύριο μειονέκτημα της ADSL είναι το ότι υπάρχει όριο στη διαθεσιμότητά της ανάλογα με την απόσταση από το κέντρο του παρόχου. Η ADSL, με απλά λόγια, επηρεάζεται από την απόσταση, έτσι οι συνδρομητές που είναι κοντά στο κέντρο δεδομένων απολαμβάνουν καλύτερη ποιότητα της υπηρεσίας σε σχέση με αυτούς που είναι πιο μακριά. Μία σύνδεση ADSL έχει όριο τα 4,8 χιλιόμετρα από το κοντινότερο τηλεφωνικό κέντρο ή το κέντρο του παρόχου για να δουλεύει σωστά (σε κάποιες περιπτώσεις πρακτικά αυτό το όριο μπορεί να φτάσει και τα 6 χιλιόμετρα αν η υποδομή του δικτύου είναι αρκετά καλή).

Από την τεχνική πλευρά του θέματος, οι τηλεφωνικές γραμμές, όταν δημιουργήθηκαν, σχεδιάστηκαν για να υποστηρίζουν απλά την μετάδοση χαμηλών συχνοτήτων φωνής. Η κίνηση υψηλών συχνοτήτων που στέλνεται σε μία τηλεφωνική γραμμή συνήθως δέχεται παραμόρφωση και παρεμβολές. Η κατανομή του εύρος ζώνης μιας τηλεφωνικής γραμμής βοηθάει στο να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές και να αυξάνουμε τους ρυθμούς μετάδοσης. Ο καταμερισμός ενός ADSL κυκλώματος αναθέτει τα χαμηλότερα 4 kHz για την ήδη υπάρχουσα τηλεφωνία, ενώ τα κανάλια εκπομπής (upstream) και λήψης δεδομένων (downstream) βρίσκονται στις συχνότητες 26kHz-1.1MHz.



Εικόνα 4.1 Καταμερισμός ADSL συχνοτήτων [Πηγή: <http://www.enet.hu>]

Ο εξοπλισμός ADSL εξοπλισμός περιλαμβάνει μία ψηφιακή σύνδεση στο δίκτυο PSTN δίκτυο. Παρόλα αυτά, το σήμα το οποίο μεταδίδεται στη σύνδεση αυτή διαμορφώνεται ως ένα αναλογικό σήμα. Τα ADSL κυκλώματα πρέπει να χρησιμοποιούν αναλογικά σήματα γιατί ο τοπικός βρόχος του δικτύου δεν μπορεί να μεταφέρει σήματα σε ψηφιακή μορφή. Παρόλα αυτά, το modem του IPTV κέντρου δεδομένων είναι υπεύθυνο για την μετατροπή των ψηφιακών δεδομένων σε αναλογικά σήματα τα οποία μπορούν να μεταφερθούν από τον τοπικό βρόχο του δικτύου. Το οικιακό modem (residential modem) το οποίο συνδέεται με το IPTVCD τότε μετατρέπεται και πάλι τα αναλογικά σήματα, τα οποία μεταδίδονται από την ADSL σύνδεση, στα κατάλληλα ψηφιακά σήματα.

4.1.2. ADSL2

Η ADSL2 είναι στην ουσία μια βελτιωμένη έκδοση της ADSL και υποστηρίζει μεγαλύτερες ταχύτητες από την ADSL και έτσι μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές όπως το IPTV. Υπάρχουν 3 διαφορετικές εκδόσεις της ADSL2 και αυτές είναι:

ADSL2. Η αρχική έκδοση της ADSL2 αναπτύχθηκε από την ITU το 2003 και περιλαμβάνει διάφορες βελτιώσεις στην αρχική ADSL, όπως είναι μεγαλύτεροι ρυθμοί μετάδοσης στο download και δυνατότητα μεγαλύτερης απόστασης από το κέντρο από το modem του συνδρομητή.

ADSL2+. Μετά την προτυποποίηση της ADSL2, αναπτύχθηκε μία πιο σύγχρονη έκδοση της DSL η οποία ονομάστηκε από την ITU ADSL2+. Αυτή η έκδοση βασίστηκε πάνω στην ADSL2 και επιτρέπει ταχύτητες στο downstream ως και 20Mbps σε συνδρομητές που βρίσκονται ως και 1.5 χιλιόμετρο από το κέντρο του παρόχου. Η ADSL2+ λειτουργεί σε συχνότητες από 138kHz έως και 2208MHz.

ADSL Reach Extended. Στην ουσία αυτή η έκδοση της ADSL επιτρέπει σε συνδρομητές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 1.5 χιλιόμετρο να έχουν σύνδεση. Μάλιστα οι πάροχοι IPTV μπορούν να προσφέρουν την υπηρεσία και σε συνδρομητές που βρίσκονται σε απόσταση έως και 6 χιλιόμετρα από το κέντρο. Δείχνει καλή συμπεριφορά και ταχύτητα και λειτουργεί πάνω σε καλώδια χαλκού.

4.1.3. VDSL

Η VDSL (Very high speed Digital Subscriber Lines) βασίζεται στην ίδια τεχνολογία που βασίζεται και η ADSL2+. Είναι η πιο καινούρια τεχνολογία DSL και δημιουργήθηκε με σκοπό να ξεπεράσει τα προβλήματα των προηγούμενων εκδόσεων. Διορθώνει τη συμφόρηση που προκαλούνταν στο δίκτυο σε προηγούμενες εκδόσεις και υποστηρίζει μεγάλες ταχύτητες που επιτρέπουν στους παρόχους IPTV να προσφέρουν μία πληθώρα υπηρεσιών στους συνδρομητές τους, όπως βίντεο on demand καθώς και εκπομπή καναλιών σε ποιότητα high definition. Η VDSL επίσης δημιουργήθηκε για να υποστηρίξει την εκπομπή και ATM και IP κίνησης σε ένα δίκτυο κάτι το οποίο είναι πολύ χρήσιμο για παρόχους που έχουν δίκτυα ATM δίκτυα σε μία υποδομή IP. Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις της VDSL:

- **VDSL1.** Αυτή η έκδοση της DSL επικυρώθηκε το 2004. Έχει μέγιστο ρυθμό μετάδοσης στο downstream 55Mbps και στο upstream 15Mbps.
- **VDSL2.** Αυτή η έκδοση αποτελεί μία βελτίωση της VDSL1 και ορίζεται από την ITU-T ως G.993.2. Υποδιαιρείται σε 2 εκδόσεις: την VDSL2(Long Reach) και την VDSL2(Short Reach).
- **VDSL2 (Long Reach).** Αυτή η έκδοση δημιουργήθηκε με σκοπό να μπορεί να παρέχει μεγάλες ταχύτητες σε συνδρομητές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το κέντρο. Έτσι, επιτυγχάνονται ρυθμοί μετάδοσης μέχρι και 30 Mbps σε συνδρομητές IPTV που βρίσκονται μέχρι και 1,2-1,5 χιλιόμετρα από το κέντρο. Για να επιτευχθεί αυτό, γίνεται εκπομπή σε μεγαλύτερες συχνότητες, της τάξης των 30MHz σε σχέση με τα 12MHz που γίνονταν η εκπομπή στην VDSL1. Επίσης σε αυτήν την έκδοση έχουν εισαχθεί μηχανισμοί ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων έτσι ώστε να βελτιώσουν την αξιοπιστία των VDSL2 συνδέσεων.
- **VDSL2 (Short Reach).** Η VDSL2(Short Reach) αποτελεί την τελευταία λέξη της τεχνολογίας και με βάση τη διαμόρφωση DMT επιτυγχάνει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 100Mbps στο downstream κανάλι μετάδοσης και λίγο χαμηλότερους στο upstream κανάλι. Βέβαια αυτά σε κοντινές αποστάσεις της τάξης των 350 μέτρων από το κέντρο του παρόχου. Παρόλο που στο upstream κανάλι οι ταχύτητες δεν φτάνουν πραγματικά τα 100Mbps, ωστόσο περνούν κατά πολύ τις αντίστοιχες ταχύτητες στο upstream των ADSL2+ συνδέσεων. Αυτά τα επίπεδα απόδοσης βέβαια έχουν ως προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ των χάλκινων καλωδίων και ότι η ποιότητα των καλωδίων (ή των οπτικών ινών, που χρησιμοποιούνται περισσότερο σε αυτές τις εκδόσεις) είναι πάρα πολύ καλή. Με τέτοιες ταχύτητες οι πάροχοι του IPTV έχουν την ελευθερία να προσφέρουν πάρα πολλές διαδραστικές υπηρεσίες στους συνδρομητές τους χωρίς να περιορίζονται από το εύρος ζώνης.

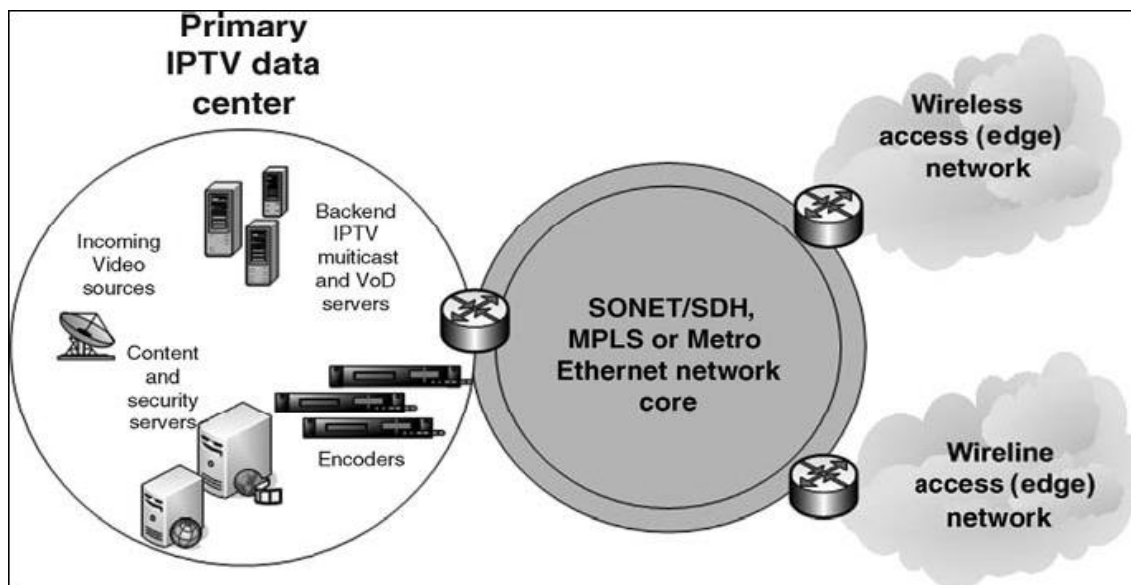
Η νέα τεχνολογία VDSL2 έχει πολλά θετικά, όπως είναι η ποιότητα της υπηρεσίας (quality of service QoS), η ικανότητα να διαχωρίζει ευαίσθητα δεδομένα από άλλα, όπως είναι τα δεδομένα του IPTV, και βελτιωμένες τεχνικές κωδικοποίησης που βοηθούν τη διανομή όλων των εφαρμογών του triple-play. Ένα βασικό πλεονέκτημα του VDSL είναι ότι έχει προς τα πίσω συμβατότητα με όλες τις προηγούμενες εκδόσεις ADSL. Αυτό επιτρέπει τους παρόχους να αναβαθμίσουν τα δίκτυα τους ομαλά και σταδιακά σε δίκτυα VDSL.

Υπάρχουν 2 κύριοι τρόποι για να εισάγουν οι πάροχοι την τεχνολογία VDSL στα δίκτυά τους. Ο πρώτος τρόπος είναι να προσθέσουν σιγά σιγά το νέο VDSL εξοπλισμό στο κέντρο τους και να επιτρέψουν το DSLAM να λειτουργεί παράλληλα με τα ήδη υπάρχοντα ADSL και ADSL2 DSLAM. Οι υπόλοιπες λειτουργίες της DSL θα συνεχίσουν να λειτουργούν όπως είναι. Ο δεύτερος τρόπος είναι να τοποθετηθεί ο VDSL2 εξοπλισμός όσο πιο κοντά είναι δυνατόν στους IPTV συνδρομητές. Πιθανές τοποθεσίες για το νέο εξοπλισμό είναι διάφορα boxes σε δρόμους και υπόγειους θαλάμους.

Το κυριότερο πλεονέκτημα των DSL για τα IPTV συστήματα είναι ότι χρησιμοποιούν τα ήδη υπάρχοντα τηλεφωνικά καλώδια τα οποία ήδη χρησιμοποιούνται στα περισσότερα σπίτια στον κόσμο. Το μειονέκτημά των DSL τεχνολογιών είναι ότι επηρεάζονται αρνητικά και χάνουν σε απόδοση και ποιότητα όσο μεγαλώνει η απόσταση του IPTV συνδρομητή από το κέντρο του παρόχου.

4.2. Τεχνολογίες Πυρήνα Δικτύου IPTV (IPTV BACKBONE TECHNOLOGIES)

Ο πυρήνας (backbone core) ενός δικτύου IPTV έχει ως κύριο σκοπό να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες βίντεο περιεχομένου, σε μεγάλες ταχύτητες, μεταξύ του κέντρου δεδομένων IPTV (IPTV datacenter) και του ευρυζωνικού δικτύου διανομής (last mile broadband distribution network). Υπάρχουν διάφορα στάνταρ τα οποία παρέχουν υψηλή αξιοπιστία. Κάθε στάνταρ έχει έναν αριθμό χαρακτηριστικών στα οποία περιλαμβάνονται η ταχύτητα μετάδοσης και η δυνατότητα αναβάθμισης. Οι 3 τύποι τεχνολογιών μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στον πυρήνα του δικτύου IPTV είναι: ATM σε SONET/SDH, IP σε MPLS και metroEthernet.



Εικόνα 4.2 Υποδομή ενός πυρήνα δικτύου IPTV [Πηγή: 7]

Όπως περιγράφεται και στην παραπάνω εικόνα αυτές οι τεχνολογίες δικτύου παρέχουν συνδεσιμότητα μεταξύ του κέντρου δεδομένων IPTV και των διαφόρων δικτύων πρόσβασης.

4.2.1. ATM πάνω από SONET/SDH

Το ATM μπορεί να υποστηρίξει απαιτητικές εφαρμογές όπως το IPTV, το οποίο απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης και μικρές καθυστερήσεις μετάδοσης. Το ATM μπορεί να λειτουργήσει σε διαφορετικά μέσα μετάδοσης, όπως ομοαξονικά και συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, παρόλα αυτά επιτυγχάνει καλύτερη ταχύτητα σε οπτικές ίνες. Ένα φυσικό επίπεδο το οποίο ονομάζεται SONET (Synchronous Optical Network) χρησιμοποιείται από έναν αριθμό τηλεπικοινωνιακών φορέων για να μεταφέρουν τα ATM κελιά στο δίκτυο πυρήνα.

Το SONET είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο παρέχει γρήγορη ταχύτητα μετάδοσης χρησιμοποιώντας οπτική ίνα. Ο όρος SDH (Synchronous Digital Hierarchy) αναφέρεται στην οπτική τεχνολογία που χρησιμοποιείται εκτός των Ηνωμένων Πολιτειών. Η ταχύτητα μετάδοσης του σήματος του SONET μετριέται με κάποια στάνταρ οπτικού φορέα (OC). Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται κάποιοι ρυθμοί μετάδοσης.

Το SONET χρησιμοποιεί πολύπλεξη διαίρεσης χρόνου (TDM-Time Division Multiplexing) για να στέλνει πολλές ροές δεδομένων ταυτόχρονα. Με την TDM, το δίκτυο SONET δεσμεύει εύρος ζώνης σε μία συγκεκριμένη θυρίδα χρόνου, σε μία συγκεκριμένη συχνότητα. Οι χρονοθυρίδες δεσμεύονται από πριν, άσχετα αν υπάρχουν δεδομένα για μετάδοση.

Έτσι, ο εξοπλισμός SONET λαμβάνει διάφορες ροές δεδομένων και τις ενώνει σε μία ενιαία ροή δεδομένων, η οποία στέλνεται τότε στο δίκτυο οπτικών ινών με έναν πομπό. Οι ρυθμοί των ενωμένων ροών δεδομένων που εισάγονται ισούνται με το ρυθμό της ροής δεδομένων που εξάγονται από τη συσκευή SONET. Για παράδειγμα, 4 inputstreams οποία μεταφέρουν δεδομένα IPTV από 1 Gbps το καθένα, θα ενωθούν στη συσκευή SONET και μία ροή δεδομένων 4 Gbps θα σταλεί στο δίκτυο οπτικών ινών.

OC level	Signal Transmission Rate
OC-1 (base rate)	51.84 Mbps
OC-3	155.52 Mbps
OC-12	622.08 Mbps
OC-24	1.244 Gbps
OC-48	2.488 Gbps
OC-192	10 Gbps
OC-256	13.271 Gbps
OC-768	40 Gbps

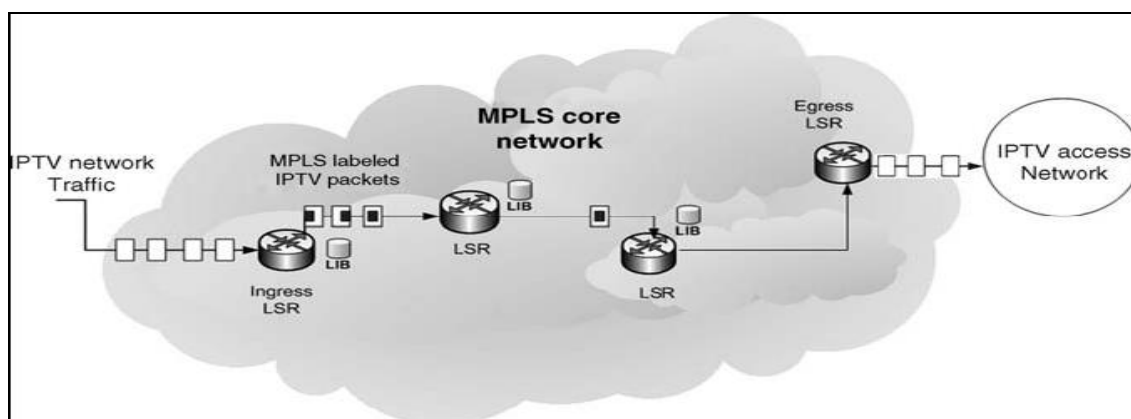
Πίνακας4.1 SONETOpticalCarrierStandards[Πηγή: 7]

4.2.2. IP σε MPLS

Ένας μεγάλος αριθμός τηλεπικοινωνιακών οργανισμών άρχισε να εισάγει το πρωτόκολλο του Διαδίκτυο στο δικό τους δίκτυο πυρήνα (κεντρικό δίκτυο). Το IP δεν σχεδιάστηκε έτσι ώστε να υποστηρίζει λειτουργίες όπως το QoS (Qualityofservice) και τον διαχωρισμό της κυκλοφορίας των δεδομένων ανάλογα με τον τύπο τους. Παρόλα αυτά το πρωτόκολλο λειτουργεί καλά και σε τέτοια περιβάλλοντα, όταν συνδυάζεται με μία τεχνολογία που λέγεται MultiprotocolLabelSwitching (MPLS ή Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων). Ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί την τεχνολογία MPLS έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει πολλούς και διαφορετικούς τύπους βίντεο μέσα από τον ίδιο εξοπλισμό.

Μία πλατφόρμα MPLS είναι σχεδιασμένη και βασισμένη πάνω σε LabelSwitchRouters (LSR ή routers μεταγωγής ετικέτας). Η βασική ιδέα είναι η εξής: Οι δρομολογητές που δεν βρίσκονται στον πυρήνα εκτελούν κανονικά λειτουργία δρομολόγησης. Οι δρομολογητές πυρήνα (οι LSR δηλαδή) εκτελούν λειτουργία μεταγωγής (η οποία είναι πιο γρήγορη), δημιουργούν δηλαδή νοητά κυκλώματα (virtualcircuit). Αυτοί οι LSRs λοιπόν, είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία connection-oriented μονοπατιών σε συγκεκριμένους προορισμούς στο δίκτυο IPTV. Αυτά τα εικονικά μονοπάτια που δημιουργούνται ονομάζονται LabelSwitchedPaths(LSPs) και έχουν αρκετούς πόρους ώστε να γίνεται ομαλά η μεταφορά των δεδομένων IPTV σε ένα τέτοιο δίκτυο MPLS. Η χρήση των LSPs απλοποιεί και επιταχύνει τη δρομολόγηση των πακέτων στο δίκτυο γιατί, η επιθεώρηση των πακέτων γίνεται μόνο μια φορά κατά την είσοδό τους στο δίκτυο και δεν είναι απαραίτητη σε κάθε άλμα από router σε router.

Η άλλη βασική λειτουργία των LSRs είναι να αναγνωρίζουν τους τύπους των δεδομένων που διακινούνται στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη μιας κεφαλίδας MPLS στην αρχή κάθε IPTV πακέτου. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα η κεφαλίδα προστίθεται στο πακέτο από τον router εισόδου και αφαιρείται από τον router εξόδου καθώς αφήνει το MPLS δίκτυο πυρήνα.



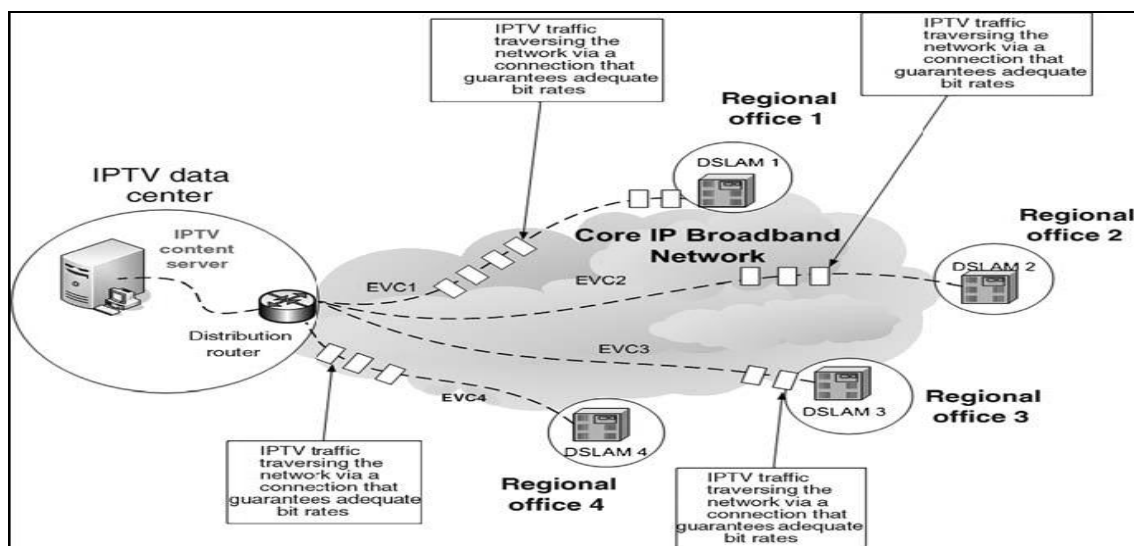
Εικόνα 4.3 Τοπολογία ενός MPLS πυρήνα δικτύου [Πηγή: 7]

Καθώς το IPTV περιεχόμενο περνάει από διάφορους routers που υποστηρίζουν την τεχνολογία MPLS δημιουργείται ένας αριθμός τοπικών πινάκων που ονομάζονται LabelInformationBases (LIBs) και χρησιμοποιούνται για να δίνουν πληροφορίες για το επόμενο άλμα στη διαδρομή. Με βάση αυτούς τους πίνακες γίνεται η δρομολόγηση των πακέτων.

Στην ουσία τα πλεονεκτήματα του MPLS είναι:

- Αλλάζει το μοντέλο δρομολόγησης στο IP από connectionless σε connection-oriented.
- Βελτιώνει την απόδοση προώθησης πακέτων στο δίκτυο.
 - Είναι απλό και εύκολα υλοποιήσιμο.
 - Είναι πιο γρήγορο.
- Υποστηρίζει ποιότητα υπηρεσίας QoS (qualityofservice).
- Χρησιμοποιεί τεχνικές εγκατάστασης LSP με βάση την ποιότητα υπηρεσίας.
- Είναι scalable, έχει δηλαδή δυνατότητα αναβάθμισης.
- Συμβάλλει στη διαλειτουργικότητα δικτύων.
 - Αποτελεί γέφυρα μεταξύ IP και ATM.
 - Διευκολύνει την συνεργασία IP-over-SONET για την κατασκευή δικτύων οπτικής μεταγωγής.
- Διευκολύνει τη δημιουργία VPNs .
- Είναι ελαστικό σε περίπτωση μιας αποτυχίας ή σφάλματος στο σύστημα[7].

4.2.3. MetroEthernet



Εικόνα 4.4: Χρήση EVC για τη διασύνδεση του IPTV στο δίκτυο πυρήνα [Πηγή: 7]

Μία άλλη τεχνολογία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο δίκτυο πυρήνα είναι το MetroEthernet. Μια συμμαχία από παρόχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, κατασκευαστές εξοπλισμού και άλλων τηλεπικοινωνιακών εταιριών, που ονομάζεται MetroEthernetForum (MEF) είναι υπεύθυνη για την δημιουργία προτύπων και προδιαγραφών όσον αφορά το MetroEthernet. Επιπρόσθετα, πιστοποιούνται οι προδιαγραφές Ethernet εξοπλισμού και η χρήση του από τον πάροχο και ιδιοκτήτη του πυρήνα του δικτύου για την υποδομή του δικτύου. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του MetroEthernet περιλαμβάνουν:

- Περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για τη δημιουργία και σωστή λειτουργία μιας τεχνολογίας πυρήνα δικτύου, όπως είναι η ελαστικότητα, υψηλή απόδοση, και δυνατότητα αναβάθμισης.
- Κάποια από τα μοντέρνα μέρη του MetroEthernet δικτύου μπορούν να λειτουργούν και σε ταχύτητες μέχρι και 100 Gbps σε μεγάλες γεωγραφικές αποστάσεις. Αυτό δίνει στους παρόχους της υπηρεσίας μία ιδανική πλατφόρμα για να μεταδίδουν αποτελεσματικά, υπηρεσίες όπως το IPTV, σε διασκορπισμένα γεωγραφικά κέντρα.

- Υλοποιεί έναν μηχανισμό ανάκτησης, σε περίπτωση μίας αποτυχίας του δικτύου, επιβεβαιώνοντας ότι υπηρεσίες όπως το IPTV δεν θα επηρεαστούν, από την αποτυχία του δικτύου.
- Οι τεχνολογίες MetroEthernet υποστηρίζουν την χρήση νοητών κυκλωμάτων (connection oriented virtual circuits) που επιτρέπουν στους παρόχους της υπηρεσίας IPTV να εγγυηθούν τη διανομή υψηλής ποιότητας περιεχομένου βίντεο μέσα στο δίκτυο πυρήνα. Αυτά τα αφιερωμένα links ονομάζονται EthernetVirtualConnections (EVCs). Η παραπάνω εικόνα δείχνει πως αυτά τα αφιερωμένα links χρησιμοποιούνται για να παρέχουν συνδεσιμότητα μεταξύ του IPTV κέντρου δεδομένων και ενός αριθμού περιφερειακών κέντρων.

Επίσης, η μικρή καθυστέρηση και η χαμηλή απώλεια πακέτων που έχει το MetroEthernet το καθιστούν μία ιδανική τεχνολογία δικτύου πυρήνα για την μεταφορά IPTV υπηρεσιών.

4.3. Παράγοντες δικτύου που επηρεάζονται IPTV

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες δικτύου που γενικά επηρεάζουν τη λειτουργία του IPTV και παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοσή του.

4.3.1. Οι διαστάσεις του δικτύου

Για να υποστηρίξουν την μεταφορά του βίντεο, τα δίκτυα διανομής του IPTV χρειάζεται να έχουν μεγάλη χωρητικότητα σε εύρος ζώνης. Το εύρος ζώνης που απαιτείται για την μεταφορά IPTV υπηρεσιών είναι πολλαπλάσιο από αυτό που απαιτείται για να υποστηρίξει το VoiceoverIP και τις υπηρεσίες πρόσβασης στο Ίντερνετ. Το συνολικό εύρος ζώνης που απαιτείται για τις IPTV υπηρεσίες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες:

- **Τον αριθμό των multicast καναλιών που προσφέρονται.** Όπως προαναφέρθηκε, κάθε κανάλι στέλνεται από το IPTV κέντρο δεδομένων στο δίκτυο διανομής. Όταν το κανάλι παίζεται στο δίκτυο, τότε με τη multicast εκπομπή, αντιγράφεται και στέλνεται σε πολλούς συνδρομητές. Έτσι κατά κάποιον τρόπο αντί να στέλνεται το κάθε κανάλι σε κάθε συνδρομητή ξεχωριστά κι έτσι να καταναλώνεται εύρος ζώνης για κάθε σύνδεση, το κανάλι στέλνεται μια φορά και μετά αντιγράφεται πολλές φορές και λαμβάνεται από κάθε χρήστη. Για αυτήν την λειτουργία χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές όπως η IGMP και η H.264 συμπίεση.
- **Συμπερίληψη των IP-VoD υπηρεσιών.** Οι διαστάσεις του δικτύου αλλάζουν όταν συμπεριληφθούν σε αυτό και οι IP-VoD εφαρμογές. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν τον μηχανισμό μεταφοράς unicast (δηλαδή την αποστολή δεδομένων σε ένα μόνο χρήστη) μεταξύ των συσκευών IPTVCD των συνδρομητών και του on-demandvideoserver. Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιεί πολύ εύρος ζώνης και το δίκτυο πρέπει να προσαρμόσει αυτήν την μεγάλη κίνηση δεδομένων.

4.3.2. Αξιοπιστία

Η υποδομή του IPTV δικτύου χρειάζεται να παραμένει αξιόπιστη και να ανακάμπτει μετά από σφάλματα ή αποτυχίες των συσκευών. Δεν πρέπει να υπάρχει καμία αποτυχία ή σφάλμα που να διακόπτει τη διανομή των IPTV υπηρεσιών, ούτε των multicast, ούτε των unicast εφαρμογών. Για αυτόν τον σκοπό πρέπει να υπάρχουν backup συστήματα και links για να αναλαμβάνουν λειτουργία σε περιπτώσεις σφαλμάτων ή αποτυχιών του βασικού εξοπλισμού.

4.3.3. Γρήγορη ανταπόκριση

Το δίκτυο πρέπει να υποστηρίζει τους μικρότερους χρόνους απόκρισης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το γρήγορο ζάπινγκ. (zapping: η αλλαγή από ένα τηλεοπτικό κανάλι σε ένα άλλο κατά την διάρκεια τηλεθέασης).

4.3.4. Πρόβλεψη απόδοσης

Η φύση της τεχνολογίας του IPTV και της μετάδοσης του βίντεο σε κάποιες συσκευές πρόσβασης παρουσιάζει πολλές τεχνικές δυσκολίες και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Έτσι, πρέπει να υπάρχει

η δυνατότητα να υπάρχει μια σχετική πρόβλεψη όσον αφορά την απόδοση, παρόλο που αυτό είναι δύσκολο, κυρίως, λόγω του ότι η υπηρεσία είναι πραγματικού χρόνου (realtime).

4.3.5. Επίπεδο ποιότητας (Quality of Service QoS)

Παρόλο που οι περισσότεροι πάροχοι της υπηρεσίας IPTV λειτουργούν σε ένα ιδιωτικό ευρυζωνικό δίκτυο IP, πρέπει να υλοποιούν μια πολιτική QoS όταν στέλνουν βίντεο στους συνδρομητές τους. Ένα σύστημα QoS διατηρεί το σήμα του βίντεο σε καλή ποιότητα και ελαχιστοποιεί την πιθανότητα αλλοίωσης του σήματος όταν αυτό μεταδίδεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Επιτρέπει στους χειριστές του δικτύου να προσφέρουν υπηρεσίες που απαιτούν υψηλή απόδοση όπως το IPVoD και το IPMulticast(η διανομή βίντεο σε μία ομάδα χρηστών-ή σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα). Αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό τεχνικών δικτύου και υποστηρίζει πρωτόκολλα τα οποία εγγυώνται στους συνδρομητές IPTV ένα συγκεκριμένο υψηλό επίπεδο ποιότητας.

5. Τεχνική περιγραφή του IPTV:

5.1. Αρχιτεκτονική του IPTV

Το IPTV έχει δυο σημαντικές μορφές: δωρεάν και επί πληρωμή. Τον Ιούνιο του 2006, υπήρχαν πάνω από 1.300 κανάλια IPTV τα οποία διατίθενται δωρεάν. Ο τομέας αυτός αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς και οι μεγάλοι ραδιοτηλεοπτικοί οργανισμοί παγκοσμίως μεταδίδουν το σήμα των εκπομπών τους, μέσω του Διαδίκτυο Protocol. Αυτά τα δωρεάν κανάλια IPTV απαιτούν μόνο μια σύνδεση στο Διαδίκτυο, καθώς και μια συσκευή με δυνατότητα σύνδεσης με το Διαδίκτυο όπως ένας προσωπικός υπολογιστής ή HDTV συνδεδεμένο με έναν υπολογιστή ή ακόμα και ένα 3G / κινητό τηλέφωνο για την παρακολούθηση των IPTV μεταδόσεων ευρείας ζώνης.

Η απόκτηση του περιεχομένου είναι το πρώτο βήμα για να γίνει η μετάδοση. Εδώ εστιάζουμε στις τεχνικές πτυχές δικτύωσης IP:

- Απαιτούνται πολλαπλές διασυνδέσεις δικτύων IP μεταξύ της υποδομής των φορέων παροχής υπηρεσιών και αυτής του φορέα παροχής υπηρεσιών IPTV.
- Το βίντεο της IPTV εφαρμογής διαφέρει από τη δορυφορική ή την καλωδιακή αρχιτεκτονική TV δεδομένου ότι η ραδιοσυχνότητα ή το σήμα RF επιλέγεται, και τοποθετείται στα πακέτα για την παράδοση μέσα από ένα βασισμένο σε IP ευρυζωνικό δίκτυο.
- Το περιεχόμενο που αποκτάται πρέπει να είναι σε μια ή περισσότερες τηλεοπτικές αποθήκες εμπορευμάτων, όπου οι τίτλοι πρέπει να είναι εξερευνησιμοι. Για αυτόν το λόγο, το παραδοσιακό DNS μπορεί να επεκταθεί σε μερικές πτυχές του επιπέδου υπηρεσιών.
- Κανονικά, το δίκτυο διανομής ταξινομείται σαν ιεραρχικό σχεδιάγραμμα. Ο κορυφαίος δρομολογητής διανομής πρέπει να χειριστεί μια μεγαλύτερη ποσότητα κυκλοφορίας IP και το περιφερειακό hub μπορεί να καταχωρεί και να δρομολογεί στις τοπικές περιοχές. Η μεταφορά μεταξύ του κορυφαίου επιπέδου και των περιφερειακών hub μπορεί να γίνει σε αφιερωμένα δίκτυα IP, ενώ το χαμηλότερο ιεραρχικό στρώμα διανομής μπορεί να χρησιμοποιήσει μια κοινή υποδομή δικτύων IP.

Επειδή η IPTV χρησιμοποιεί τυποποιημένα πρωτόκολλα δικτύου, υπόσχεται μείωση του κόστους για τις επιχειρήσεις και χαμηλότερες τιμές για τους χρήστες. Χρησιμοποιώντας τα set-top-boxes με ευρυζωνική σύνδεση στο Διαδίκτυο, το βίντεο μπορεί να μεταδοθεί σε νοικοκυριά πιο αποτελεσματικά από ότι με το ομοαξονικό καλώδιο. Οι ISP κάνουν αναβάθμιση των δικτύων τους ώστε να δίνουν υψηλότερες ταχύτητες και να δοθεί η δυνατότητα πολλαπλών καναλιών Υψηλής Ευκρινείας.

Η IPTV χρησιμοποιεί μια αμφίδρομη ψηφιακή εκπομπή για να στείλει δεδομένα μέσω τηλεφώνου ή καλωδιακού δικτύου με χρήση μιας ευρυζωνικής σύνδεσης και ενός set-top-box με κατάλληλο λογισμικό (που μοιάζει με ένα καλώδιο ή DSS box), το οποίο μπορεί να χειριστεί τις αιτήσεις των τηλεθεατών για πρόσβαση σε πολλές διαθέσιμες πηγές μέσων.

Οι τοπικές IPTV, που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις για την διανομή Audio Visual συνήθως βασίζεται σε ένα μείγμα από: α) υποδοχή εξοπλισμού και του κωδικοποιητή Συμβατικής Τηλεόρασης IPTV β) Πύλες (Gateways) IPTV που λαμβάνουν κανάλια MPEG και IP και τα συνδέουν ώστε να δημιουργήσουν πολλαπλές συνεχείς ροές (multicast streams) .

Όλο και περισσότερο, οι προμηθευτές χρησιμοποιούν τις συνδέσεις IP για τους σκοπούς της ροής υψηλής ποιότητας ευρυζωνικού ήχου στα κέντρα παραγωγής τους. Αυτό εν μέρει οφείλεται στο γεγονός ότι διάφορες χώρες αποσύρουν τις υπηρεσίες ISDN, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για το σκοπό αυτό στο παρελθόν.

Οι τύποι διαφορετικών ηχητικών συμβολών τηλεοπτικής αναμετάδοσης μπορούν να προσδιοριστούν:

- Μονόδρομος χωρίς κανάλι επιστροφής (παράδειγμα: μετάδοση από το δορυφόρο).
- Αμφίδρομος όπου ο ήχος επιστροφής είναι περιορισμένης ζώνης (παράδειγματα: συναυλία, σχόλια ποδοσφαίρου). Η λανθάνουσα κατάσταση δεν είναι πρόβλημα.
- Αμφίδρομος με αμφίδρομο ευρυζωνικό ήχο (παράδειγματα: συνέντευξη, συζήτηση). Η λανθάνουσα κατάσταση είναι ένα πρόβλημα.

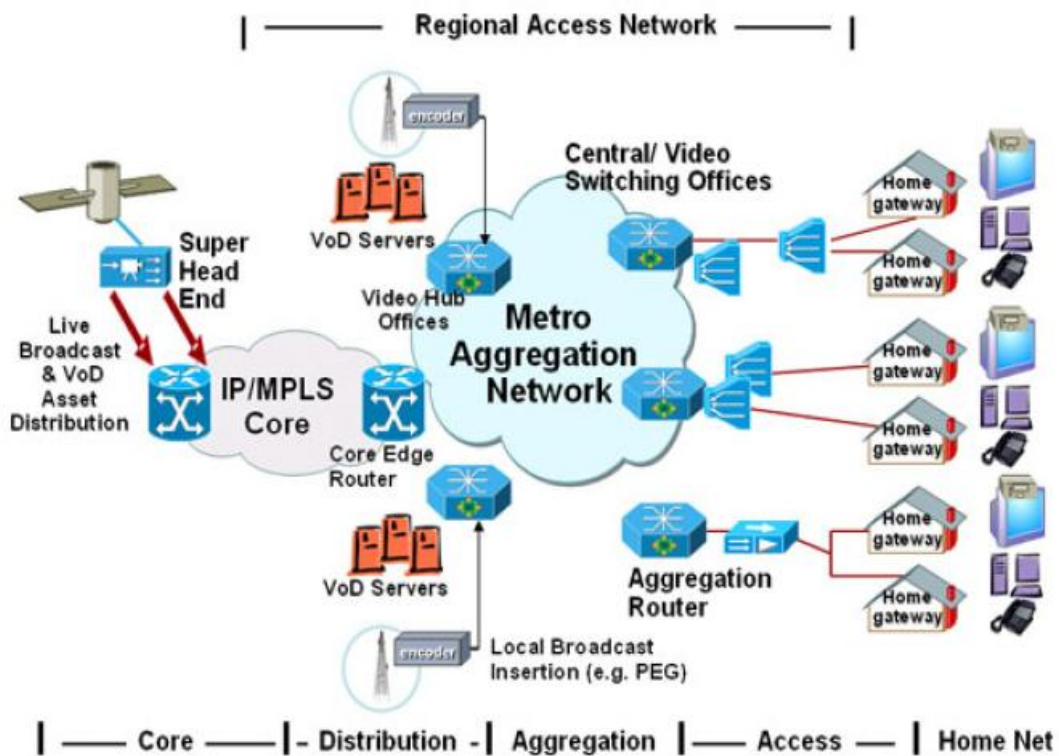
Οι απαραίτητες απαιτήσεις για να επιτύχουν τη διαλειτουργικότητα του ήχου μέσα από τις συσκευές μετάδοσης IP είναι:

- Πρωτόκολλα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται πάνω από την IP, συμπεριλαμβανομένων των μηχανισμών αποκατάστασης απώλειας πακέτων.
- Ηχητικοί αλγόριθμοι κωδικοποίησης.
- Ηχητική ενθλάκωση πλαισίων: καθορισμός της διαμόρφωσης και της ενθλάκωσης των ηχητικών πλαισίων στα πλαίσια του στρώματος μεταφοράς.
- Σηματοδοσία: καθορίζει την οργάνωση σύνδεσης και τη διαδικασία λήξης, και επισημαίνει τις παραμέτρους για το δέκτη (ηχητική κωδικοποίηση, κ.λπ.). Εξετάζεται επίσης η μονόδρομη σηματοδοσία.

Τα συστήματα IPTV έχουν κοινά συστατικά που μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις περιοχές:

1. Το άνω άκρο (Video Headend)
2. το κεντρικό IP δίκτυο
3. το στρώμα πρόσβασης (Access layer)
4. ο εξοπλισμός του πελάτη

Ένα παράδειγμα ενός σχεδίου δικτύων IPTV φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5.1 : Αρχιτεκτονική Δομή IPTV [Πηγή: <http://www.cisco.com>]

5.1.1. Video Headend

Το Video Headend είναι το σημείο όπου το περιεχόμενο του βίντεο συλλέγεται, κρυπτογραφείται και συμπιέζεται έτσι ώστε μπορεί να σταλεί μέσω του δικτύου IP. Αυτά τα άνω άκρα απαιτούν την ολοκλήρωση από ένα μεγάλο αριθμό υλικών και προϊόντων λογισμικού όπως οι δορυφορικές κεραίες, οι δέκτες, οι κωδικοποιητές και τα ψηφιακά συστήματα διαχείρισης δικαιωμάτων.

Η κωδικοποίηση των σημάτων όπως αναφέρεται και παραπάνω γίνεται από τον Codec δηλαδή τον κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή και η λειτουργία αποτελείται από:

Τη συμπίεση: καθώς το εύρος ζώνης που απαιτείται για να διαβιβαστεί το ασυμπίεστο βίντεο υπερβαίνει τους περιορισμούς των περισσότερων τεχνολογιών δικτύων σήμερα.

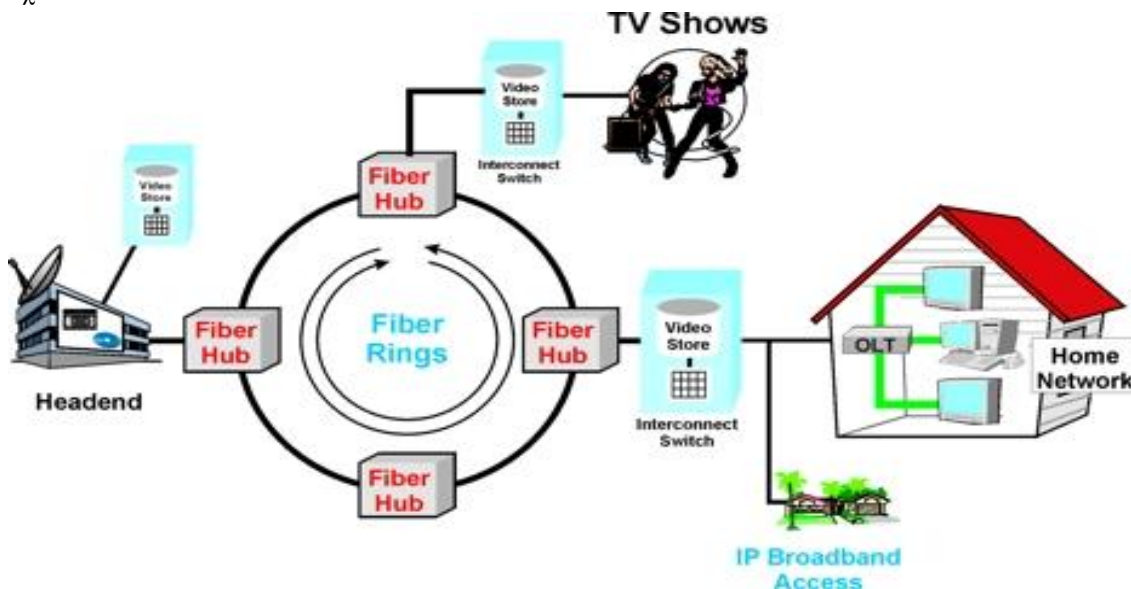
Την κρυπτογράφηση: Χρησιμοποιείται όπου οι προμηθευτές περιεχομένου θέλουν να προστατεύσουν τα δεδομένα τους από αναρμόδια χρήση. Σε κάποια σημεία, η μετάδοση σημάτων είτε συμπιέζεται είτε αποσυμπιέζεται χρησιμοποιώντας MPEG. Στις εφαρμογές IPTV, το MPEG είναι ένας πολύ αποδοτικός τρόπος τα σήματα ήχου και βίντεο να συμπιεστούν ώστε να είναι δυνατή η ψηφιακή μετάδοση. Η ανάλυση της οικογένειας MPEG έγινε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Μια υπό όρους πρόσβαση (conditional access) ή το ψηφιακό σύστημα διαχείρισης δικαιωμάτων (DRM) κρυπτογραφεί τα τηλεοπτικά σήματα για να αποτρέψει την πειρατεία του τηλεοπτικού περιεχομένου. Τα σήματα μοιράζονται σε ψηφιακά πακέτα, κρυπτογραφημένα και σταλμένα στο set-top-box του πελάτη. Το set-top-box είναι το σημείο όπου τα ψηφιακά πακέτα συγκεντρώνονται εκ νέου και αποκρυπτογραφούνται σε ένα σήμα έτσι ώστε η εικόνα να εμφανίζεται στην τηλεοπτική οθόνη των θεατών.

5.1.2. Κεντρικό δίκτυο IP

Το κεντρικό IP δίκτυο ενός φορέα παροχής υπηρεσιών σχεδιάζεται για να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες δεδομένων γρήγορα, με ασφάλεια και αξιοπιστία στα τοπικά συστήματα διανομής. Το κεντρικό IP δίκτυο είναι παρόμοιο με έναν «κορμό» σε ένα σύστημα καλωδίων. Αυτό το δίκτυο μπορεί επίσης να αποτελείται από δορυφόρους.

Καθώς το τηλεοπτικό περιεχόμενο φθάνει στην άκρη του δικτύου (δηλ. μια μητροπολιτική περιοχή), άλλο περιεχόμενο ή/και υπηρεσίες μπορεί να προστεθεί προτού να σταλεί στο σπίτι. Σε ένα μοντέλο επικοινωνίας με στρώματα, το πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) βρίσκεται στο στρώμα δικτύου και η τηλεόραση (TV) στο στρώμα εφαρμογής. Τρία απλουστευμένα παραδείγματα εμφανίζονται παρακάτω σχέδιο.



Εικόνα 5.2: Παράδειγμα Κεντρικού IPTV Δικτύου [Πηγή: <http://www.iptvmagazine.com>]

Μετά από την κωδικοποίηση πηγής, το συμπιεσμένο τηλεοπτικό bit-stream ενθυλακώνεται υπό μορφή πακέτων στο στρώμα δικτύου μαζί με το πρωτόκολλο διαδικτύου. Τα προκύπτοντα πακέτα IPTV έπειτα μεταδίδονται με φυσική μετάδοση με ένα σχέδιο μετάδοσης που παρέχει μια εξασφαλισμένη ποιότητα υπηρεσίας για την ψηφιακή τηλεόραση - από την άποψη του εύρους ζώνης, του ποσοστού σφάλματος και της καθυστέρησης. Παραδείγματος χάριν, όπως εμφανίζεται στα αριστερά στο σχήμα 4.4, το DSL χρησιμοποιείται για τη φυσική μετάδοση μέσα από τις γραμμές χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών καλωδίων. Στο σπίτι, ο αποδιαμορφωτής DSL περιέχει μια αποκαλούμενη ενσωματωμένη συσκευή πρόσβασης (IAD) που συνδέεται με ένα set-top-box IPTV, χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο Ethernet. Εναλλακτικά, το ασύρματο τοπικό LAN (WLAN) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση του IPTV set-top-box με το IAD. Το IPTV δεν είναι συνδεδεμένο στα τηλεφωνικά δίκτυα και μπορεί να διαβιβαστεί με φυσική μετάδοση και στα ευρυζωνικά καλωδιακά δίκτυα. Αυτό που χρειάζεται για τον σκοπό αυτό είναι ένα σχέδιο μετάδοσης που ταιριάζει με τις φυσικές ιδιότητες του καλωδίου, π.χ. EdgeQAM / Docsis. Ένας παρόμοιος συλλογισμός ισχύει και για IPTV μετάδοση στα δίκτυα οπτικών ινών, (FTTC) ή (FTTH). Ουσιαστικά, τα δίκτυα VDSL είναι ένας συνδυασμός του FTTC για να φτάσουν στο σημείο όπου αρχίζει το τελευταίο μίλι και, από εκεί, με χρήση VDSL γραμμών χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών καλωδίων στο σπίτι.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, ένα σύστημα IPTV περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα κανάλι επιστροφής περιορισμένης ζώνης για να συμπληρώσει το ευρυζωνικό προωστικό κανάλι. Μέσα σε αυτήν την ασυμμετρική δομή, συνήθως μια αρχιτεκτονική κεντρικών υπολογιστών χρηστών εφαρμόζεται για IPTV. Από αυτή την άποψη, το IPTV είναι διαλογικό από την αρχή, κάτι που επιφέρει μια σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τη μονόδρομη ψηφιακή τηλεόραση όπως η DTT.

5.1.3. Στρώμα πρόσβασης

Το στρώμα πρόσβασης είναι η σύνδεση από το φορέα παροχής υπηρεσιών στο σπίτι του πελάτη. Το IPTV μπορεί να μεταδοθεί με χρήση διάφορων φυσικών μέσων όπως οι τηλεφωνικές γραμμές (συνεστραμμένο ζευγάρι καλωδίων), το ομοαξονικό καλώδιο ή οι οπτικές ίνες. Σε μερικές περιοχές, η οπτική ίνα τοποθετείται άμεσα στα σπίτια. Σε άλλες περιοχές, η οπτική ίνα τοποθετείται στη γειτονιά σε κόμβους, από όπου τα χάλκινα καλώδια θα επεκτείνονται στα μεμονωμένα σπίτια.

Ανάλογα με τη φυσική σύνδεση στο σπίτι, υπάρχουν διάφορες ευρυζωνικές τεχνολογίες πρόσβασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραδώσουν IPTV. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι φορείς παροχής υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούν τις παραλλαγές του ασυμμετρικού DSL (ADSL) και υψηλής- ταχύτητας DSL (VDSL) για να παρέχουν το απαραίτητο εύρος ζώνης για να τρέξουν IPTV. Παραδείγματος χάριν, στο ADSL2 μπορεί να χρησιμοποιηθούν 256 υποκανάλια. Το ADSL χρησιμοποιεί τις συχνότητες μέχρι 1,1 MHz σε μια γραμμή χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών καλωδίων. Το μήκος και η διάμετρος της γραμμής των χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών καλωδίων καθορίζουν τη μείωση του ADSL σήματος. Ο θόρυβος της γραμμής μπορεί να εξασθενίσει σημαντικά το λόγο σήματος προς θόρυβο. Υπό ιδανικές συνθήκες, το μέγιστο ποσοστό δεδομένων που ρέει προς τον υπολογιστή του χρήστη (downstream) είναι στην περιοχή 8 Mbps και το ποσοστό που φεύγει από τον χρήστη (upstream) είναι μέχρι 1 Mbps. Εντούτοις, εάν το μήκος της γραμμής πλησιάζει το όριο περίπου τεσσάρων έως πέντε χιλιομέτρων, παραδείγματος χάριν στις αγροτικές περιοχές, το downstream μπορεί να είναι 1-2 Mbps ή ακόμα και χαμηλότερο. Στο ADSL2 downstream είναι περίπου 12 Mbps.

Το ADSL2+ διπλασιάζει το ανώτερο όριο συχνότητας από 1,1 έως 2,2 MHz. Το downstream είναι στην περιοχή των 24 Mbps. Το VDSL1 έχει συχνότητες χρήσεων μέχρι 12 MHz σε γραμμή χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών καλωδίων και ένα VDSL2 μέχρι 30 MHz. Τα προκύπτοντα downstream είναι στην περιοχή 52 και 100 Mbps, αντίστοιχα.

Εντούτοις, προκειμένου να επιτευχθούν τα μέγιστα ποσοστά ροής δεδομένων, το μήκος της γραμμής πρέπει να μειωθεί από μερικά χιλιόμετρα έως και 150 - 300 μέτρα. Επιπλέον, προκειμένου να διατηρηθούν τα πολύ υψηλά ποσοστά ροής δεδομένων ένα οπτικό δίκτυο ινών απαιτείται μέχρι το τελευταίο μίλι όπου και αρχίζει η μετάδοση VDSL. Κατά συνέπεια, το VDSL απαιτεί μια σημαντική επένδυση. Αρχίζουν επίσης να χρησιμοποιούν την τεχνολογία ινών όπως την παθητική οπτική δικτύωση (PON) για να φθάσουν στα σπίτια ενώ οι φορείς καλωδιακής τηλεόρασης μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν μεταφορά δεδομένων μέσω της υπηρεσίας καλωδίων (DOCSIS).

Μόλις φθάσει το τηλεοπτικό σήμα στο σπίτι, ο φορέας παροχής υπηρεσιών τοποθετεί μια εγχώρια πύλη όπως ένα καλωδιακό μόντεμ, ο δρομολογητής ή/και ένας αποκωδικοποιητής (set-top-box) που στη συνέχεια συνδέεται με τη TV. Μόλις αποκωδικοποιηθεί, το σήμα πρέπει να διανεμηθεί σε κάθε δωμάτιο

του σπιτιού μέσω ενός τοπικού δικτύου. Ποικίλες τεχνολογίες εγχώριας δικτύωσης είναι στην ανάπτυξη - αυτές περιλαμβάνουν συνδεδεμένο με καλώδιο Ethernet, WiFi, Ultra Wide Band (UWB), τα πολυμέσα μέσω καλωδίου, και άλλες τεχνολογίες.

5.2. Αρχιτεκτονική του Video Server

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική του δικτύου του παρόχου υπηρεσιών (Service Provider), υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αρχιτεκτονικών Video Server που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του IPTV: συγκεντρωτικό και καταναμημένο.

Το συγκεντρωτικό μοντέλο αρχιτεκτονικής είναι μια σχετικά απλή και εύκολη λύση για τη διαχείριση. Για παράδειγμα, όταν όλα τα περιεχόμενα είναι αποθηκευμένα σε συγκεντρωμένους servers, δεν απαιτείται ένα πλήρες σύστημα διανομής περιεχομένου. Η Συγκεντρωτική Αρχιτεκτονική είναι γενικά καλή για ένα δίκτυο που παρέχει σχετικά μικρό VOD, έχει επαρκή πυρήνα και εύρος ζώνης και έχει ένα αποτελεσματικό Content Delivery Network (CDN) δηλαδή Δίκτυο Παράδοσης Δεδομένων.

Το μοντέλο Καταναμημένης Αρχιτεκτονικής είναι εξίσου κλιμακούμενο με το συγκεντρωτικό μοντέλο, ωστόσο, έχει τα πλεονεκτήματα της χρήσης του εύρους ζώνης και εγγενή χαρακτηριστικά του συστήματος διαχείρισης που είναι απαραίτητα για τη διαχείριση ενός ευρύτερου δικτύου. Φορείς που σχεδιάζουν να αναπτύξουν ένα σχετικά μεγάλο σύστημα θα πρέπει να εξετάσουν την εφαρμογή ενός μοντέλου Καταναμημένης Αρχιτεκτονικής από την έναρξη του. Η Καταναμημένη Αρχιτεκτονική απαιτεί ευφυείς και εξελιγμένες τεχνολογίες διανομής περιεχομένου για να ενισχύσει την αποτελεσματική διανομή του περιεχομένου πολυμέσων πάνω από το δίκτυο του φορέα παροχής υπηρεσιών.

5.3. Set-Top-Box

Ο αποκωδικοποιητής (STB) αποτελείται από τα chipsets που αποκωδικοποιούν τα σήματα που στέλνονται από το Video Headend. Τα σήματα πρέπει να αποκωδικοποιηθούν επειδή τα δεδομένα συμπίεζονται χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες που επιτρέπουν την αποδοτική παράδοση του περιεχομένου πολυμέσων. Τα Mpeg-2 και Mpeg-4 είναι τα δύο πρότυπα που αναπτύσσονται για τη συμπίεση των σημάτων ήχου και βίντεο.

Το Mpeg-4 επιτρέπει μεταξύ άλλων υψηλότερα κέρδη συμπίεσης, έναντι του Mpeg-2. Τα υψηλότερα κέρδη συμπίεσης ή κωδικοποίησης επιτρέπουν περισσότερο τηλεοπτικό περιεχόμενο να σταλεί μέσω του δικτύου.

5.3.1. Τεχνολογίες IPTV

Υπάρχουν διάφορες βασικές τεχνολογίες απαραίτητες για μια επιτυχή εφαρμογή IPTV:

Οι τεχνολογίες μεταφοράς συμπεριλαμβανομένων των RTP, RTCP, SCTP, που περιγράφονται αργότερα.

- Τεχνολογία κωδικοποίησης Mpeg, που περιγράφηκε παραπάνω
- Τεχνολογία περιγραφής συνόδου (SDP), που περιγράφεται παρακάτω και η
- Τεχνολογία ελέγχου (IGMP), που επίσης περιγράφεται παρακάτω. Επίσης χρησιμοποιείται το PIM για να βελτιώσει την αποδοτικότητα διανομής.
- Τεχνολογίες QoS συμπεριλαμβανομένων των RSVP, IntServ, DiffServ.

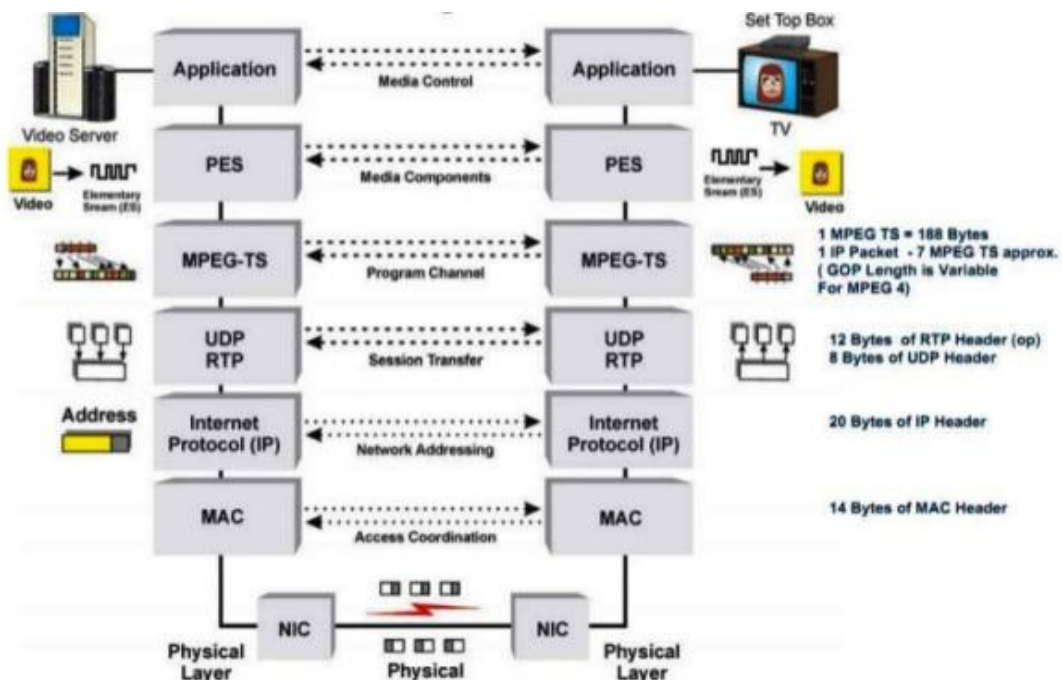
5.4. Πρωτόκολλα

Η IPTV καλύπτει ζωντανές μεταδόσεις (πολυεκπομπή-multicast), καθώς και αποθηκευμένα βίντεο Video on Demand (VoD). Η αναπαραγωγή της IPTV απαιτεί είτε ένα προσωπικό υπολογιστή ή ένα set-top-box που συνδέεται με μια συσκευή τηλεόρασης. Τα περιεχόμενα του βίντεο είναι συνήθως συμπίεμένα χρησιμοποιώντας είτε ένα MPEG-2 ή MPEG-4 codec και στη συνέχεια αποστέλλονται σε ένα MPEG stream μεταφοράς και παραδίδονται μέσω IP Multicast σε περίπτωση ζωντανής μετάδοσης, ή μέσω IP Unicast σε περίπτωση Video on Demand. Η IP Multicast είναι μια μέθοδος με την οποία οι πληροφορίες

μπορούν να σταλούν σε πολλούς υπολογιστές ταυτόχρονα. Πρόσφατα κυκλοφόρησε το (MPEG-4) codec H.264 το οποίο χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει το παλαιότερο MPEG-2 codec.

Τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι:

- Το Live TV χρησιμοποιεί IGMP v2 για τη σύνδεση σε ένα multicast stream (τηλεοπτικό κανάλι) και για την αλλαγή από το ένα στο άλλο multicast stream.
- Το VoD χρησιμοποιείτο Real Time Streaming Protocol (RTSP).
- Δίκτυο προσωπικής βιντεοσκοπήσης είναι μια υπηρεσία για τον καταναλωτή που επιτρέπει σε πραγματικό χρόνο τη μετάδοση τηλεοπτικών προγραμμάτων η οποία καταγράφεται στο δίκτυο σε ένα εξυπηρετητή (server) και επιτρέπει στον τελικό χρήστη να έχει πρόσβαση στα καταγεγραμμένα προγράμματα ανάλογα με το πρόγραμμα της επιλογής του, αντί να συνδέονται με την εκπομπή με χρονοδιάγραμμα. Το σύστημα NPVR παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να μετατοπίσει χρονικά την προβολή της εκπομπής προγραμμάτων, επιτρέποντας του να καταγράφει και να παρακολουθεί προγράμματα με την άνεση τους.



Εικόνα 5.3: Πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί το IPTV [Πηγή: <http://techawarey.wordpress.com>]

5.4.1. Stream Control Transmission Protocol (SCTP)

Το πρωτόκολλο μετάδοσης ελέγχου ρευμάτων για τα πολυμέσα, μέσα από εφαρμογές IP, είναι ένα νέο πρωτόκολλο μεταφορών στο ίδιο στρώμα με το TCP και το UDP. Το SCTP παρέχει τις λειτουργίες για τη διαχείριση της σύνδεσης, την παράδοση ακολουθίας δεδομένων και μηνυμάτων, την επικύρωση πακέτων, και τη διαχείριση μονοπατιών. Το SCTP έχει σχεδιαστεί με τα βελτιωμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για τις υπηρεσίες που λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο, που περιλαμβάνουν:

- Non-blocking:
- Ευκολότερη ανάλυση
- Multihoming

5.4.2. Session Description Protocol (SDP)

Το πρωτόκολλο SDP παρέχει μια πρότυπη λειτουργία με σκοπό να μεταβιβάσει τις λεπτομέρειες μέσω, να μεταφέρει τις διευθύνσεις και άλλα δεδομένα στους συμμετέχοντες. Το SDP είναι καθαρά μια μορφή

για την περιγραφή της συνόδου επικοινωνίας και δεν αποτελεί ένα πρωτόκολλο μεταφορών. Το SDP προορίζεται για την περιγραφή των συνόδων επικοινωνίας πολυμέσων για τους σκοπούς της ανακοίνωσης μιας συνόδου επικοινωνίας, της πρόσκλησης συνόδου επικοινωνίας, και άλλων μορφών της έναρξης συνόδου επικοινωνίας πολυμέσων.

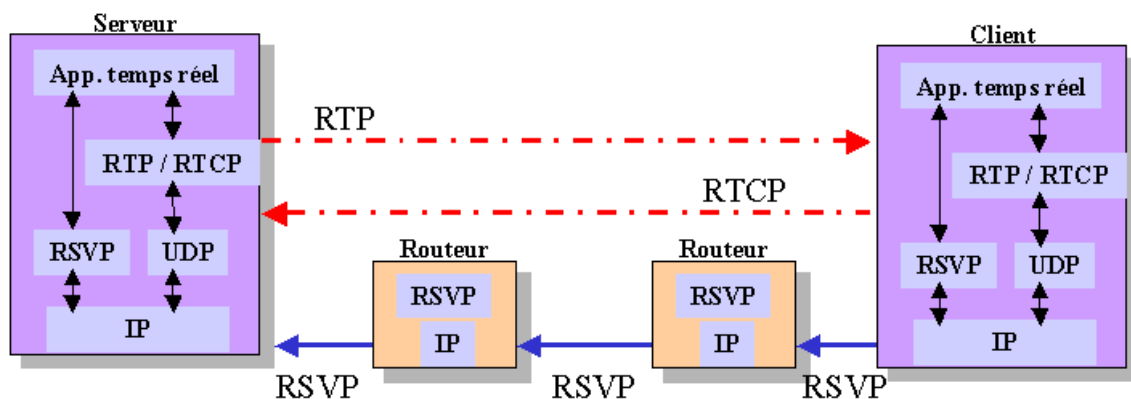
5.4.3. Real-Time Transport Protocol (RTP)

Το πρωτόκολλο μεταφορών σε πραγματικό χρόνο (RTP) παρέχει τη μεταφορά των πακέτων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Για να προσαρμόσει τις νέες εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, η αρχιτεκτονική αφέθηκε σκόπιμα ελλιπής. Αντίθετα από τα συμβατικά πρωτόκολλα, το RTP προσαρμόζεται μέσω των τροποποιήσεων και των προσθηκών στις επικεφαλίδες όπως απαιτείται. Αυτό επιτρέπει στο πρωτόκολλο να προσαρμοστεί εύκολα στα νέα πρότυπα ήχου και βίντεο. Το RTP εφαρμόζει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα μεταφορών που απαιτούνται για να παρέχουν το συγχρονισμό των δεδομένων πολυμέσων.

5.4.4. Real-Time Control Protocol (RTCP)

Το πρωτόκολλο ελέγχου σε πραγματικό χρόνο (RTCP) ελέγχει την ποιότητα της υπηρεσίας που παρέχεται στις υπάρχουσες συνόδους επικοινωνίας RTP.

Η αρχική λειτουργία του RTCP είναι να παρασχεθεί η ανατροφοδότηση για την ποιότητα της διανομής στοιχείων RTP. Αυτό είναι συγκρίσιμο με τις λειτουργίες ελέγχου ροής και συμφόρησης που παρέχονται από άλλα πρωτόκολλα μεταφορών. Η ανατροφοδότηση που παρέχεται από κάθε δέκτη χρησιμοποιείται για να εντοπίσει τις βλάβες διανομής. Με την αποστολή της ανατροφοδότησης σε όλους τους συμμετέχοντες σε μια σύνοδο επικοινωνίας, η συσκευή που παρατηρεί τα προβλήματα μπορεί να καθορίσει εάν το πρόβλημα είναι τοπικό ή απομακρυσμένο. Αυτό επιτρέπει επίσης σε μια οντότητα διαχείρισης (δηλαδή ένας φορέας παροχής υπηρεσιών δικτύων που δεν είναι συμμετέχων στην σύνοδο επικοινωνίας) να λάβει τις πληροφορίες ανατροφοδότησης. Ο προμηθευτής δικτύων μπορεί έπειτα να ενεργήσει ως τρίτο μέρος για να εντοπίσει τα προβλήματα δικτύων. Το RTCP χρησιμοποιεί μια σύνδεση UDP για την επικοινωνία. Αυτό είναι χωριστό από οποιαδήποτε σύνδεση UDP που χρησιμοποιείται από το πρωτόκολλο RTP. Το σχήμα παρακάτω εμφανίζει τη συνεργασία του RTP και των πρωτοκόλλων RTCP.



Εικόνα 5.4: Συνεργασία RTP με το RTCP [Πηγή: colocsbar.blogspot.com]

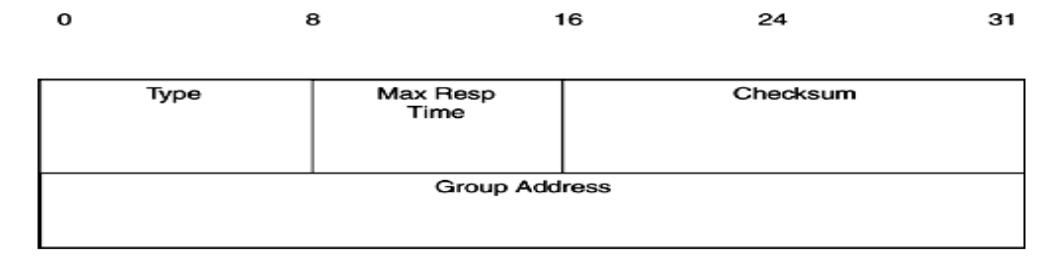
5.4.5. Διαδίκτυο Group Management Protocol (IGMP)

Το IGMP χρησιμοποιείται από τους host για να προσχωρήσουν ή να φύγουν από μια ομάδα host πολλαπλής διανομής. Οι πληροφορίες ανταλλάσσονται μεταξύ ενός συγκεκριμένου host και του κοντινότερου δρομολογητή πολλαπλής διανομής.

Το IGMP θεωρείται ως επέκταση του ICMP. Καταλαμβάνει την ίδια θέση στη λίστα πρωτοκόλλου IP. Οι λειτουργίες IGMP είναι ενσωματωμένες άμεσα σε IPv6, επειδή όλοι οι host IPv6 πρέπει για να υποστηρίξουν multicasting. Σε IPv4, το multicasting και η υποστήριξη IGMP είναι προαιρετικά.

5.4.5.1. Μηνύματα IGMP

Τα μηνύματα IGMP είναι ενθυλακωμένα στα διαγράμματα δεδομένων IP. Για να αναγνωριστεί ένα πακέτο IGMP, η επικεφαλίδα IP περιέχει έναν αριθμό πρωτοκόλλου 2. Για το IGMPv2 (που καθορίζεται από RFC 2236), το πεδίο δεδομένων IP περιέχει το μήνυμα σε 8-byte IGMP που παρουσιάζεται στο σχήμα παρακάτω.



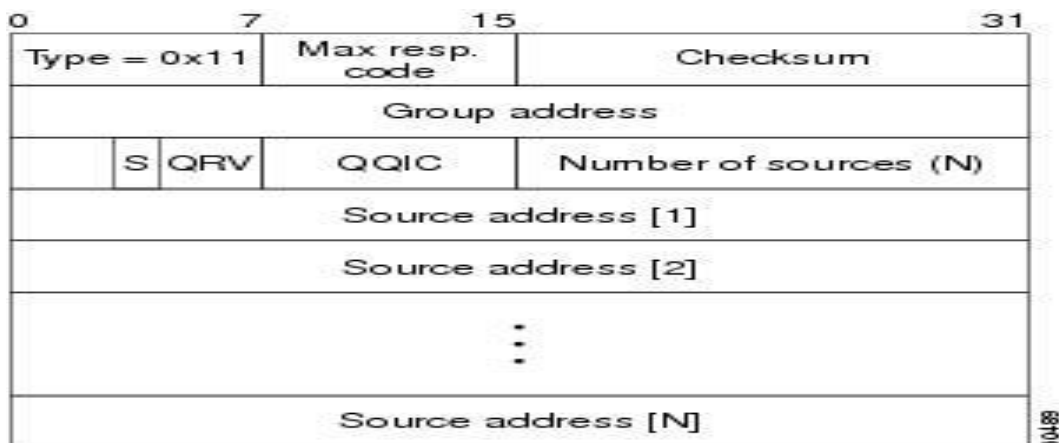
Εικόνα 5.5: Μορφή μηνύματος IGMP [Πηγή: <http://www.realccielab.org/>]

Τα πεδία στο μήνυμα IGMP περιέχουν τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Τύπος: Αυτό το πεδίο προσδιορίζει τον τύπο των πακέτων IGMP
- Το πεδίο maxresptime χρησιμοποιείται στα μηνύματα ερώτησης ενός μέλους. Προσδιορίζει το μέγιστο χρόνο που ένας host μπορεί να περιμένει πριν στείλει μια αντίστοιχη έκθεση. Η ποικιλία αυτής της τιμής των παραμέτρων επιτρέπει στους δρομολογητές να συντονίσουν τη λανθάνουσα κατάσταση. Αυτό αλλάζει το χρόνο μεταξύ του τελευταίου host που αφήνει μια ομάδα και το χρόνο που στο πρωτόκολλο δρομολόγησης δηλώνεται ότι δεν υπάρχει άλλο μέλος
- Checksum: Αυτό το πεδίο περιέχει μια δεκαεξάμπιτη checksum δηλαδή έλεγχο σφαλμάτων.
- ΔιεύθυνσηD κλάσης: Αυτό το πεδίο περιέχει μια έγκυρη διεύθυνση ομάδας πολλαπλής διανομής. Χρησιμοποιείται σε ένα πακέτο εκθέσεων.

5.4.5.2. Μηνύματα IGMPv2

Η μορφή μηνυμάτων IGMPv2 έχει επεκταθεί στην έκδοση 3, που καθορίζεται από την RFC 3376. Η έκδοση 3 επιτρέπει στους δέκτες να επιτρέψουν ή να αποκλείσουν ένα συγκεκριμένο σύνολο πηγών μέσα σε μια ομάδα πολλαπλής διανομής.



Εικόνα 5.6: Μορφή μηνύματος IGMPv2 [Πηγή:www.cisco.com]

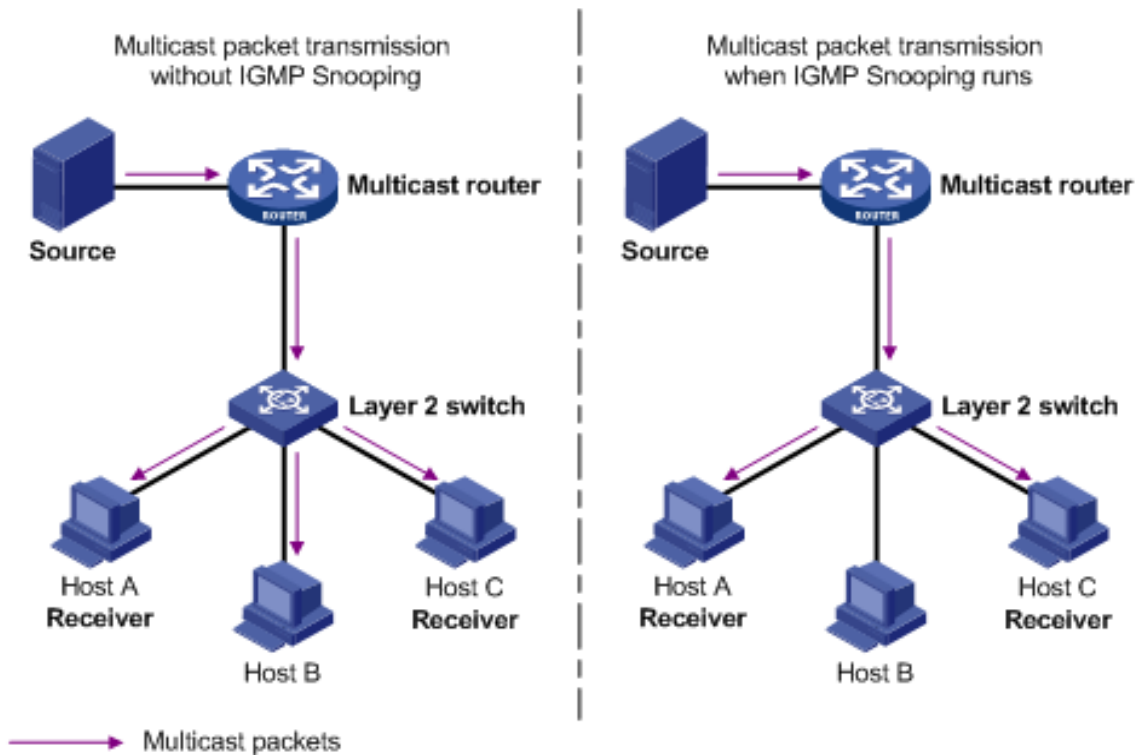
Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε έχουν προστεθεί τα εξής πεδία:

- **QQIC:** Αυτό το πεδίο είναι ο κώδικας διαστήματος ερώτησης του Querier. Αυτή η τιμή, που προσδιορίζεται σε δευτερόλεπτα, προσδιορίζει το διάστημα ερώτησης που χρησιμοποιείται από το δημιουργό αυτής της ερώτησης. Οι υπολογισμοί για να μετατρέψουν αυτόν τον κώδικα στον πραγματικό χρόνο διαστήματος είναι οι ίδιοι που χρησιμοποιούνται για το μέγιστο κώδικα απάντησης.
- **Αριθμός πηγών (N):** Αυτό το πεδίο προσδιορίζει το μέγεθος της διεύθυνσης προέλευσης που περιλαμβάνεται μέσα στο μήνυμα. Η μέγιστη τιμή για αυτό το πεδίο καθορίζεται από το MTU που επιτρέπεται από τα δίκτυα.
- **Διεύθυνση πηγής:** Αυτό το σύνολο πεδίων είναι ένα διάνυσμα από N διευθύνσεις IPunicast, όπου η τιμή N αντιστοιχεί στον αριθμό ή το πεδίο πηγών (N).

5.5. Πολλαπλή διανομή IP (IP Multicast)

Η IP πολλαπλής διανομής είναι μια τεχνολογία συντήρησης εύρους ζώνης με σκοπό να μειώσει την κίνηση στα δίκτυα και ταυτόχρονα να παραδώσει ένα ενιαίο συρμό πληροφοριών σε χιλιάδες εταιρικούς παραλήπτες ή σπίτια. Αντικαθιστώντας τα αντίγραφα για όλους τους παραλήπτες με την παράδοση ενός ενιαίου συρμού πληροφοριών, το IP πολλαπλής διανομής είναι σε θέση να ελαχιστοποιήσει το φορτίο τόσο στην αποστολή όσο και στη λήψη των host και να μειώσει τη γενική κυκλοφορία δικτύων. Μέσα σε ένα δίκτυο πολλαπλής διανομής, οι δρομολογητές είναι αρμόδιοι για την αντιγραφή και τη διανομή του περιεχομένου πολλαπλής διανομής σε όλους τους host. Οι δρομολογητές υιοθετούν το ανεξάρτητο πρωτόκολλο πολλαπλής διανομής (PIM-Protocol Independent Multicast), για να δημιουργήσουν τα δέντρα διανομής για τη διαβίβαση του περιεχομένου πολλαπλής διανομής, με συνέπεια την αποδοτικότερη παράδοση των δεδομένων στους δέκτες.

Οι εναλλακτικές λύσεις της IP πολλαπλής διανομής απαιτούν από την πηγή να στείλει περισσότερα από ένα αντίγραφα των δεδομένων. Η παραδοσιακή εφαρμογή unicast, παραδείγματος χάριν, απαιτεί από την πηγή να διαβιβάσει ένα αντίγραφο για κάθε μεμονωμένο δέκτη στην ομάδα.



Εικόνα 5.7: Παράδειγμα χρήσης Multicast [Πηγή: <https://www.h3c.com/>]

5.5.1. Εφαρμογές και περιβάλλον Multicast

Οι λύσεις που προσφέρει η πολλαπλή διανομή έχουν σαν αποτέλεσμα τη συντήρηση του εύρους ζώνης δικτύων. Στην περίπτωση μιας εφαρμογής υψηλού εύρους ζώνης, όπως το βίντεο MPEG, η IP πολλαπλής διανομής μπορεί να βοηθήσει τις καταστάσεις με μόνο μερικούς δέκτες, επειδή μερικά δεδομένα βίντεο ειδάλλως θα κατανάλωναν μεγάλη μερίδα του διαθέσιμου εύρους ζώνης δικτύων. Ακόμη και για τις εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης, η IP πολλαπλής διανομής συντηρεί τους πόρους όταν οι μεταδόσεις περιλαμβάνουν χιλιάδες δέκτες. Επιπλέον, η IP πολλαπλής διανομής είναι η μόνη non-broadcasting εναλλακτική λύση για τις καταστάσεις που απαιτούν ταυτόχρονα τις πληροφορίες για περισσότερους από έναν δέκτες.

Για τις εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης, μια εναλλακτική λύση της IP πολλαπλής διανομής θα μπορούσε να περιλάβει την αντιγραφή των δεδομένων στην πηγή. Αυτή η λύση εντούτοις, μπορεί να επιδεινώσει την απόδοση της εφαρμογής, να εισάγει λανθάνουσες καταστάσεις και μεταβλητές καθυστερήσεις που επηρεάζουν τους χρήστες και τις εφαρμογές, και απαιτούν ακριβούς servers για να διαχειριστούν τα αντίγραφα και τη διανομή δεδομένων. Τέτοιες λύσεις οδηγούν επίσης στις πολλαπλές μεταδόσεις του ίδιου περιεχομένου, και καταναλώνουν ένα τεράστιο ποσό εύρους ζώνης δικτύων. Για τις περισσότερες εφαρμογές υψηλού εύρους ζώνης, αυτά τα ζητήματα καθιστούν την IP πολλαπλής διανομής τη μόνη βιώσιμη προαιρετική δυνατότητα. Σήμερα, πολλές εφαρμογές εκμεταλλεύονται τη πολλαπλή διανομή, όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω.

	Real Time	Non-Real Time
Multimedia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IPTV ▪ Live Video ▪ Videoconferencing ▪ Live Internet Audio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Replication <ul style="list-style-type: none"> – Video, Web Servers, Kiosks ▪ Content Delivery
Data-Only	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stock Quotes ▪ News Feeds ▪ White-Boarding ▪ Interactive Gaming 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information Delivery ▪ Server to Server, Server to Desktop ▪ Database Replication ▪ Software Distribution

Πίνακας 5.1: Παραδείγματα χρήσης Multicast

5.5.1.1. Multicast Groups

Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν το IP πολλαπλής διανομής παραδίδουν το περιεχόμενο της πηγής σε πολλούς χρήστες που ενδιαφέρονται τα δεδομένα. Ένα κανάλι πολλαπλής διανομής αναφέρεται στο συνδυασμό περιεχομένου πηγής IP και της πολλαπλής διανομής διεύθυνσης IP, στις οποίες το περιεχόμενο μεταδίδεται με broadcast. Αντίθετα από τις διευθύνσεις unicast μετάδοσης, οι πολλαπλής διανομής ομάδες δεν έχουν οποιαδήποτε φυσικά ή γεωγραφικά όρια, και οι ενδιαφερόμενοι δέκτες μπορούν να βρεθούν οπουδήποτε σε ένα δίκτυο ή στο διαδίκτυο εφ' όσον έχει καθιερωθεί ένα μονοπάτι.

Για να λάβουν ένα ιδιαίτερο συρμό δεδομένων πολλαπλής διανομής, οι host πρέπει να προσχωρήσουν σε μια ομάδα πολλαπλής διανομής με την αποστολή ενός μηνύματος IGMP στον τοπικό δρομολογητή πολλαπλής διανομής.

5.6. Protocol Independent Multicast (PIM)

Το PIM είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο βρίσκεται ακόμα υπό εξέλιξη. Ο σκοπός του PIM είναι να γίνει δυνατόν να εκπέμπονται πολλαπλώς πακέτα multicast χωρίς να χρειάζεται να βασίζεται η μετάδοση στους unicast αλγόριθμους μετάδοσης. Αν το κατορθώσει το πρωτόκολλο θα μπορεί να παρέχει multicast δυνατότητες σε διαφορετικά domain σε όλο το Διαδίκτυο. Στην τεκμηρίωση και εφαρμογή του PIM ο δρομολογητής πρέπει να χρησιμοποιεί έναν unicast αλγόριθμο δρομολόγησης για να συντηρεί ένα πίνακα δρομολόγησης και να μπορεί να προσαρμόζεται στις μεταβολές της τοπολογίας.

Το PIM έχει δύο διαφορετικές τεχνοτροπίες: sparse (αραιό) και dense (πυκνό). Το αραιό mode του PIM είναι ένα πρωτόκολλο multicast το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για γκρουπ τα οποία είναι ευρέως διαμοιρασμένα σε διάφορα σημεία του Διαδίκτυο. Αντίθετα το πυκνό mode είναι βελτιωμένο για γκρουπ των οποίων τα μέλη είναι σχετικά κοντά το ένα στο άλλο. Ένα χαρακτηριστικό που διακρίνει αυτούς τους δύο τρόπους λειτουργίας είναι η διαθεσιμότητα του εύρους ζώνης. Στον αραιό τρόπο το εύρος ζώνης μπορεί να μην εύκολα διαθέσιμο. Στον πυκνό τρόπο αντίθετα το εύρος ζώνης είναι άφθονο. Ένας δρομολογητής PIM είναι ικανός να τρέχει διαφορετικά mode για διαφορετικά γκρουπ ταυτόχρονα γιατί το PIM-DM (dense mode) και το PIM-SM (sparse mode) σύστημα επεξεργασίας και προώθησης έχουν ενοποιηθεί.

5.6.1.1. PIM Dense Mode

Το PIM-DM αναπτύχθηκε για να χρησιμοποιηθεί μαζί με το PIM-SM και να προσδώσει ένα εναλλακτικό πρωτόκολλο πυκνής τεχνολογίας από το να βασισόμαστε στο DVMRP ή στο MOSFP. Το PIM-DM μοιάζει πάρα πολύ στο DVMRP αφού χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο προώθησης RPM. Βασίζεται στην ύπαρξη ενός unicast δρομολογητικού αλγορίθμου για να προσαρμοστεί στις μεταβολές της τοπολογίας, αλλά δεν εξαρτάται από τους μηχανισμούς αυτού του αλγορίθμου. Το PIM-DM πρωτόκολλο προωθεί τα multicast πακέτα σε όλα τα interfaces που ακολουθούν στο δέντρο μέχρι να ενημερωθεί ρητά από ένα μήνυμα prune. Όπως το DVMRP, έτσι και το PIM-DM χρησιμοποιεί διορθωτικά μηνύματα για μέλη γκρουπ τα οποία εμφανίζονται σε αποκομμένους κλάδους.

5.6.1.2. PIM Sparse Mode

Το PIM-SM πρωτόκολλο αναπτύχθηκε για να παρέχει δυνατότητα multicast σε μέλη γκρουπ τα οποία βρίσκονται διαμοιρασμένα σε διάφορα απομακρυσμένα σημεία ενός WAN. Για να αποφευχθούν πιθανά προβλήματα κλιμάκωσης το PIM-SM περιορίζει την εκπομπή multicast κίνησης μόνο στους δρομολογητές που πραγματικά ενδιαφέρονται. Οι δρομολογητές PIM που έχουν άμεσα συνδεδεμένα μέλη από γκρουπ επάνω τους καλούνται να στείλουν ένα ρητό μήνυμα σύνδεσης στο δέντρο του αραιού τρόπου λειτουργίας για να γίνουν και αυτοί μέλη του δέντρου διανομής. Αν ο δρομολογητής δεν στείλει αυτό το μήνυμα τότε δεν λαμβάνει την multicast κίνηση.

Το PIM-SM μοιάζει αρκετά με το CBT. Και τα δύο πρωτόκολλα εισάγουν την ιδέα του κοινού σημείου συνάντησης, δρομολογητής πυρήνας για το CBT και rendezvous point (RP) για το PIM-SM. Η αρχική πηγή κάθε γκρουπ διαλέγει ένα RP και ένα μικρό αριθμό εναλλακτικών σημείων συνάντησης (RP-list). Σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή μόνο ένα σημείο συνάντησης είναι ενεργό για ένα γκρουπ. Αν ένας κόμβος επιθυμεί να γίνει μέλος επικοινωνεί με τον άμεσα συνδεδεμένο σε αυτόν δρομολογητή ο οποίος με την σειρά του στέλνει ένα 'ρητό' μήνυμα σύνδεσης στο ενεργό RP για να γίνει μέλος του δέντρου διανομής όπως στο μοντέλο λειτουργίας του CBT. Η πηγή χρησιμοποιεί το RP για να αποφασίσει την διαδρομή προς τα συνδεδεμένα μέλη.

Το PIM-SM κάνει χρήση IGMP μηνυμάτων για να κρατάει στατιστικά στοιχεία για την συμμετοχή των μελών. Για ένα υποδίκτυο το οποίο έχει περισσότερους από έναν PIM δρομολογητές, αυτός με την μεγαλύτερη IP διεύθυνση δρα σαν ο χαρακτηριστικός δρομολογητής (DR). Ο DR είναι ο δρομολογητής που είναι υπεύθυνος για να στέλνει IGMP ερωτήσεις και να λαμβάνει τις αναφορές από τους κόμβους καθώς και να στέλνει μηνύματα αποκοπής ή σύνδεσης στο σημείο συνάντησης (RP) και να συντηρεί την κατάσταση του ενεργού RP για τους αποστολές του γκρουπ.

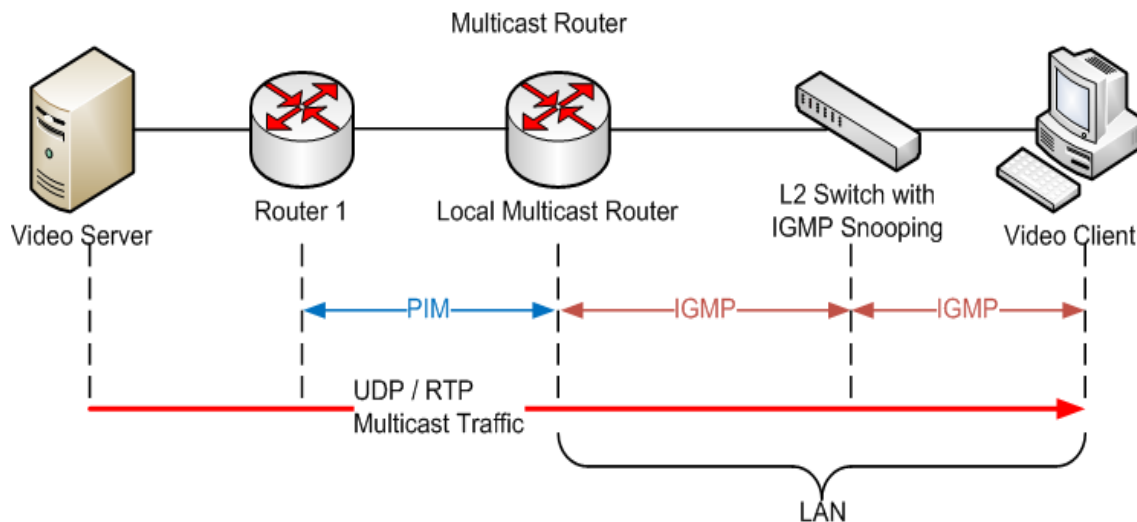
Το PIM-SM χρησιμοποιείται κυρίως στο IPTV για να ρουτάρει το multicaststream μεταξύ Vlans, υποδικτύων και LANs.

5.6.1.3. Bidirectional PIM

Το PIM (BIDIR-PIM) είναι το ένα τρίτο πρωτόκολλο PIM, με βάση το PIM-SM. Ο κύριος τρόπος που διαφέρει από το πρόγραμμα PIM-SM είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αποστολή δεδομένων από μια πηγή στην RP. Στο PIM-SM ότι δεδομένα αποστέλλονται χρησιμοποιούν είτε ενθυλάκωση ή ένα δέντρο πηγαίου κώδικα, στο BIDIR-PIM οι ροές δεδομένων κατά μήκος του κοινόχρηστου δέντρου, που είναι διπλής κατεύθυνσης – ροές δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις κατά μήκος κάθε συγκεκριμένο τομέα.

5.6.1.4. PIM Source-Specific Multicast

Το PIM-SSM χτίζει δέντρα που ρουτάρωνται σε μία μόνο πηγή, προσφέροντας ένα πιο ασφαλές και επεκτάσιμο μοντέλο για ένα περιορισμένο ποσό εφαρμογών (ως επί το πλείστον μετάδοσης περιεχομένου). Στην SSM, ένα IP datagram μεταδίδεται από μια πηγή S σε μια διεύθυνση προορισμού G, και οιαποδέκτες μπορούν να λάβουν αυτό το datagram μετά από την εγγραφή τους στο κανάλι αυτό.



Εικόνα 5.8: Παράδειγμα χρήσης PIM – IGMP σε multicast κίνηση [Πηγή: <http://en.wikipedia.org/>]

5.7. Πολλαπλή διανομή (Multicasting) σε ένα δίκτυο IPTV

Το multicasting αναφέρεται σε μια τεχνική μετάδοσης ενός μόνο σήματος βίντεο σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Έτσι, όπως προαναφέρθηκε, το multicast μοιάζει με το broadcast, αφού όλοι οι συνδρομητές λαμβάνουν το ίδιο σήμα, την ίδια χρονική στιγμή, χωρίς να υπάρχουν διαφορετικά ρεύματα δεδομένων για τον κάθε συνδρομητή. Έτσι, με την τεχνική που προαναφέρθηκε, το multicast παρέχει έναν αποτελεσματικό τρόπο για να υποστηρίξει υψηλό εύρος ζώνης και πολλές εφαρμογές στο δίκτυο IPTV.

Επιπρόσθετα, το IP multicast είναι ευρέως διαδεδομένο στην διανομή broadcast τηλεοπτικών υπηρεσιών σε δίκτυα IP. Υπάρχουν πολλοί λόγοι γι αυτό. Πρώτος λόγος είναι ότι το multicast μειώνει την ποσότητα του εύρος ζώνης που απαιτείται για την μεταφορά περιεχομένου IPTV υψηλής ποιότητας στο δίκτυο. Αυτό γιατί μόνο ένα μικρό αντίγραφο κάθε ρεύματος βίντεο στέλνεται στον router, και το οποίο στην συνέχεια αντιγράφεται και στέλνεται σε κάθε συσκευή που ζητάει αυτό το ρεύμα δεδομένων. Επίσης, λόγω της αποστολής ενός μόνο μικρού αντίγραφου στον router, μειώνεται και το επεξεργαστικό φόρτο του server περιεχομένου (του server που περιέχει τα δεδομένα). Αντίθετα, σε ένα σύστημα που βασίζεται αποκλειστικά σε unicast μετάδοση, απαιτείται η ταυτόχρονη μετάδοση πολλών ρευμάτων βίντεο και δεδομένων σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα και κάτι τέτοιο, εκτός από το ότι απαιτεί πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης, απαιτεί και πολύ ισχυρότερους servers. Το multicast παρόλα αυτά, έχει και κάποια μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

- Δεν υποστηρίζει επιλογές VCR. Το multicast δεν επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν rewind, pause, ή fast-forward το βίντεο το οποίο παρακολουθούν.
- Περιορισμένη προσαρμοστικότητα. Όταν υπάρχει μόνο η τεχνική multicast στο σύστημα, οι συνδρομητές IPTV, με το που ανοίγουν την τηλεόρασή τους, μπορούν να παρακολουθήσουν μόνο ότι παίζεται στην τηλεόραση, όπως και με την παραδοσιακή broadcast τηλεόραση.
- Οι routers του συστήματος πρέπει να υποστηρίζουν την τεχνική multicast. Οι πάροχοι της υπηρεσίας πρέπει να βεβαιωθούν ότι όλοι οι routers ανάμεσα στο κέντρο δεδομένων και στα IPTVCDs των πελατών υποστηρίζουν την τεχνική multicast. Αλλιώς, αν υπάρχουν routers που δεν υποστηρίζουν multicast πρέπει να αντικατασταθούν.
- Αυξάνει το φόρτο εργασίας των routers. Οι routers έχουν έναν πρωταρχικό ρόλο στην μετάδοση του IPTV περιεχομένου στο δίκτυο. Με την προσθήκη της τεχνικής multicast επιβαρύνονται με κάποιες επιπλέον εργασίες που σχετίζονται με το multicast.
- Όλα τα συστατικά μέρη του συστήματος πρέπει να υποστηρίζουν την τεχνική multicast. Όλες οι συσκευές μεταξύ της πηγής δεδομένων IPTV και των IPTVCDs των χρηστών πρέπει να υποστηρίζουν την τεχνολογία IP multicasting.

- Μπλοκάρισμα της κίνησης multicast. Συσκευές ασφαλείας ή προγράμματα ασφαλείας όπως τα firewalls, πολλές φορές μπορούν να μπλοκάρουν τις εφαρμογές multicast. Αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα αν ο πάροχος της υπηρεσίας είναι ταυτόχρονα και ιδιοκτήτης και χειριστής του δικτύου. Αλλιώς, μπορεί να υπάρξουν προβλήματα λειτουργικότητας.

Εφαρμογή multicast	Κατηγορία
Video Conference	Real time
Ηλεκτρονική μάθηση	Real time and non real time
Ζωντανά δελτία καιρού	Real time
Αντιγραφή βάσης δεδομένων	Non real time
Ζωντανά δελτία κυκλοφοριακής κίνησης	Real time

Πίνακας 5.3: Κατηγορίες IP Multicast εφαρμογών

5.8. Αρχιτεκτονική Δικτύου IPTV Multicasting

Η ανάπτυξη ενός συστήματος multicast βασίζεται σε μία κατανεμημένη αρχιτεκτονική δικτύου. Τα λογικά και φυσικά μέρη που απαιτούνται για τη διανομή IP multicast υπηρεσιών είναι:

- Συσκευές IGMP.
- Multicasting group (ομάδες) και διευθυνσιοδότηση.
- IPTV multicasting πρωτόκολλα.
- Τεχνολογίες αρχιτεκτονικής μεταφοράς multicast.

Αναλυτικότερα έχουμε:

5.8.1. Συσκευές IGMP

Μία συσκευή host (μια συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο) και υποστηρίζει την τεχνική multicast είναι ρυθμισμένη να στέλνει και να λαμβάνει (ή μόνο να στέλνει) δεδομένα multicast. Υπάρχουν 2 κατηγορίες συσκευών που χρησιμοποιούνται σε μία τηλεπικοινωνιακή δοσοληψία IGMP:

Ένας **IGMP host** είναι μία συσκευή client ή server που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο IPTV. Τέτοιες συσκευές είναι: ένα set top box, ένα κινητό τηλέφωνο, ή και ένα στάνταρ PC.

Οι **Multicast routers ή IGMP routers** αποτελούν ένα βασικό συστατικό μέρος ενός δικτύου IPTV. Οι routers σε ένα δίκτυο IPTV χωρίζονται σε 2 κατηγορίες, distribution routers (routers διανομής) και aggregation routers (routers σύνδεσης). Οι distribution routers βρίσκονται, συνήθως, στο κέντρο δεδομένων IPTV και έρχονται άμεσα σε επαφή με τους servers που έχουν τα δεδομένα. Όλα τα IPTV κανάλια είναι διαθέσιμα στον distribution router. Οι aggregation routers είναι τοποθετημένοι στο δίκτυο πρόσβασης και πιο κοντά στον χρήστη. Σε αυτό το μέρος του δικτύου είναι διαθέσιμα μόνο τα κανάλια τα οποία ζητούνται για θέαση από τα IPTVCDs των χρηστών που είναι συνδεδεμένα στους aggregation routers. Οι multicast routers είναι συστατικά ζωτικής σημασίας για το δίκτυο IPTV και χρησιμοποιούνται για τη διανομή broadcast καναλιών IPTV. Είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο μετάδοσης IPTV και υποστηρίζουν τις εξής λειτουργίες:

- Λήψη multicast περιεχομένου IPTV. Σε ένα δίκτυο IPTV πολλοί δρομολογητές βρίσκονται σε λειτουργία multicast. Αυτό σημαίνει ότι ο router αναλύει τα εισαγόμενα πακέτα για να δει αν απαιτούν περισσότερη επεξεργασία ή όχι. Όταν ένας multicast router παραλάβει πακέτα τα οποία έχουν ένα συγκεκριμένο bit στην κεφαλίδα του πακέτου ως 1, στέλνουν το πακέτο για περισσότερη επεξεργασία. Επίσης, οι multicast δρομολογητές χρησιμοποιούν πολύπλοκους αλγόριθμους για να χειρίζονται την προώθηση της IPTV multicast κίνησης.
- Διαχείριση και επεξεργασία IGMP μηνυμάτων. Οι multicast δρομολογητές χρειάζονται, επίσης, για τη λήψη, επεξεργασία, και διαχείριση διαφόρων τύπων IGMP μηνυμάτων.

- Δημιουργία και διατήρηση των πινάκων δρομολόγησης. Οι multicast δρομολογητές χρησιμοποιούν τους ίδιους πίνακες που χρησιμοποιούνται και από πρωτόκολλα unicast.
- Αντιγραφή των ρευμάτων δεδομένων IPTV. Στην ουσία όταν ο router λάβει ένα εισαγόμενο ρεύμα δεδομένων IPTV το αντιγράφει και στέλνει τα αντίγραφα μέσω των πορτών του (router ports) σε έναν ή πολλούς συνδρομητές IPTV που το ζήτησαν να το δουν.

Όλες οι εργασίες που αναφέρθηκαν πιο πάνω προστίθενται στις ήδη υπάρχουσες λειτουργίες των δρομολογητών. Έτσι, η ανάπτυξη των multicasting τεχνολογιών έχει σοβαρή επίπτωση στην απόδοση των δρομολογητών και γι αυτό πολλές φορές απαιτείται μια αναβάθμιση για την καλύτερη απόδοση και πιο αποτελεσματική διανομή του περιεχομένου IPTV.

5.8.2. Multicasting groups και διευθυνσιοδότηση

Το multicasting σε ένα δίκτυο IPTV λειτουργεί στέλνοντας πακέτα βίντεο σε ένα group από IPTVCDs τα οποία δήλωσαν ότι θέλουν να παρακολουθήσουν το συγκεκριμένο κανάλι IPTV. Σύμφωνα με τους βασικούς κανόνες διευθυνσιοδότησης, για multicast χρησιμοποιούνται διευθύνσεις κλάσης D. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα, οι διευθύνσεις IP κλάσης D (για multicast) είναι όλες αυτές οι διευθύνσεις οι οποίες ξεκινούν με τα 4 πρώτα δυαδικά ψηφία 1110 και είναι από 224.0.0.0 μέχρι και 239.255.255.255. Έτσι λοιπόν, βλέπουμε ότι υπάρχει ένας διαθέσιμος αριθμός 268435456 multicast groups. Βέβαια, αυτά τα groups μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω για να χρησιμοποιηθούν για διάφορες εφαρμογές. Κάποιες ομάδες διευθύνσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επικοινωνία και αναγνώριση των routers, κάποιες για μεταφορά IPTV περιεχομένου μέσω του δημοσίου Διαδίκτυο και κάποιες για μεταφορά IPTV περιεχομένου μέσω του δικτύου του παρόχου. Φυσικά όλες οι IP διευθύνσεις μετατρέπονται σε MAC διευθύνσεις σε επίπεδο hardware για να υλοποιήσουν τις multicast υπηρεσίες.



Εικόνα 5.9: Δομή μιας Multicastδιεύθυνσης ClassD [Πηγή:<http://www.cisco.com>]

5.8.3. IPTV multicasting πρωτόκολλα

Το IPTV multicasting χρησιμοποιεί διάφορα εξειδικευμένα πρωτόκολλα για τη διανομή και αντιγραφή του IPTV περιεχομένου. Το πιο βασικό πρωτόκολλο είναι το IGMP ή Διαδίκτυο Group Management Protocol και το οποίο χρησιμοποιείται από τα IPTVCDs των χρηστών για να συνδέονται ή να φεύγουν από μία συγκεκριμένη ομάδα multicast. Σήμερα υπάρχουν 3 διαφορετικές εκδόσεις του πρωτοκόλλου IGMP, το IGMP version 1 (IGMP v1), το IGMP version 2 (IGMP v2) και το IGMP version 3 (IGMP v3). Η λογική εξακολουθεί να είναι η ίδια και στις 3 εκδόσεις με κάποιες βελτιώσεις στις εκδόσεις v2 και v3. Το πρωτόκολλο IGMP είναι ανάλογο με το ICMP που χρησιμοποιείται στις unicast συνδέσεις. Το IGMP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ζωντανή μετάδοση βίντεο και gaming και επιτρέπει πιο αποτελεσματική χρήση αυτών των πόρων όταν υποστηρίζει αυτές τις εφαρμογές.

Η βασική λογική του πρωτοκόλλου IGMP είναι η εξής: Το IGMP πρωτόκολλο υλοποιείται από την πλευρά του IPTVCD και από την πλευρά του router. Το IPTVCD στέλνει την ιδιότητα μέλους που έχει (membership) σε ένα group στον τοπικό router, και ο router λαμβάνει τις αναφορές (reports) από τα IPTVCD και τους στέλνει περιοδικά queries για να δει ότι όλα λειτουργούν σωστά. Το λειτουργικό σύστημα Linux υποστηρίζει το πρωτόκολλο IGMP, όμως μόνο από την πλευρά του IPTVCD (που είναι η host συσκευή), αλλά με έναν daemon (ένα πρόγραμμα το οποίο τρέχει στο background και όχι υπό τον

απευθείας έλεγχο του χρήστη) μπορεί να υποστηριχθεί η λειτουργία του πρωτοκόλλου και από την πλευρά του router.

Οι βασικές λειτουργίες του πρωτοκόλλου IGMP είναι :

- Leave. Όταν το IPTVCD αφήνει το συγκεκριμένο multicast κανάλι στο οποίο βρίσκεται.
- Join. Όταν το IPTVCD συνδέεται σε ένα multicast κανάλι.
- Query. Όταν ο router κάνει κάποιες ερωτήσεις στα μέλη ενός group multicast για να δει αν όλα είναι εντάξει.

Στην έκδοση IGMP v2 όταν κάποιος χρήστης ήθελε να αλλάξει κανάλι, το IPTVCD έστειλε 2 εντολές στον κεντρικό εξοπλισμό:

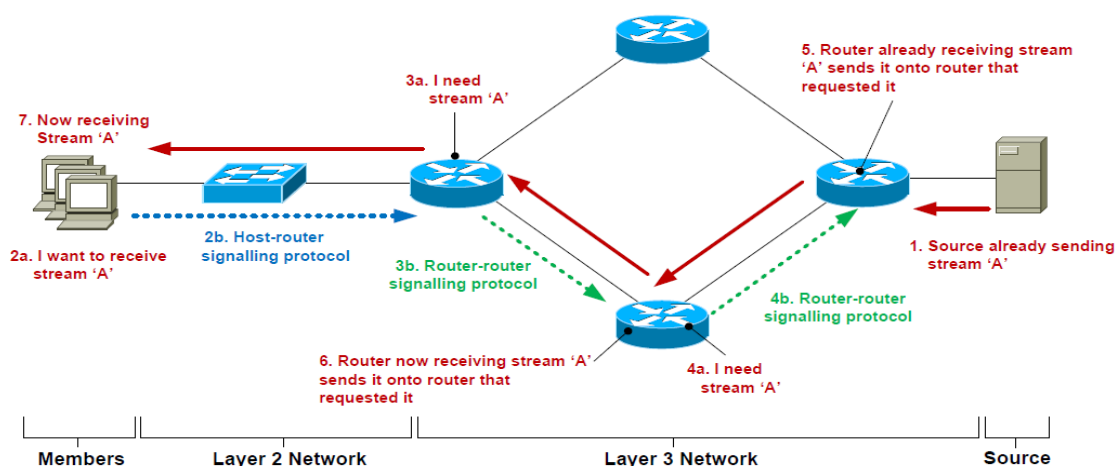
1. Να κάνει “leave” από το multicast κανάλι στο οποίο βρίσκονταν την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
2. Να κάνει “join” στο νέο επιθυμητό multicast κανάλι.

Έτσι τα βήματα της διαδικασίας “leave” στην έκδοση IGMP v2 είναι:

1. Τερματισμός της πρόσβασης στο υπάρχον ρεύμα δεδομένων IPTV. Το IP set-top-box λαμβάνει από τον χρήστη μια εντολή αλλαγής καναλιού από το κανάλι 10 σε άλλο. Αυτό σημαίνει να γίνει τερματισμός της πρόσβασης στο multicast ρεύμα δεδομένων του καναλιού 10 και να γίνει σύνδεση σε ένα άλλο κανάλι.
2. Αποστολή ενός μηνύματος “leave group”. Το μήνυμα leave group, το οποίο περιέχει την IP διεύθυνση του καναλιού από το οποίο γίνεται έξοδος, στέλνεται σε όλους τους multicast routers.
3. Αποστολή μηνυμάτων “query”. Ο edge router στέλνει 2 μηνύματα-ερωτήματα για να δει αν υπάρχουν άλλα IPTVCDs τα οποία ενδιαφέρονται να λάβουν το συγκεκριμένο ρεύμα δεδομένων ή το συγκεκριμένο broadcast τηλεοπτικό κανάλι.
4. Περαιτέρω επεξεργασία από τον router. Αν δεν υπάρχουν απαντήσεις στα ερωτήματα του router, τότε ο router σταματάει το multicast group εντελώς, και σταματάει να στέλνει δεδομένα και κίνηση στο συγκεκριμένο interface.

Για ένα set-top box για να αρχίσει να λαμβάνει πακέτα από έναν IPTV server περιεχομένου πρέπει να αρχίσει τη διαδικασία join. Ο όρος “join” χρησιμοποιείται για να περιγράψει ότι ένας πελάτης IGMP θέλει να λάβει και να παρακολουθήσει ένα IPTV broadcast κανάλι. Παρακάτω, περιγράφονται τα βήματα μιας join διαδικασίας όταν σταλεί μια αίτηση από έναν ηλεκτρονικό οδηγό προγραμμάτων (Electronic program Guide-EPG), σε ένα IP set-top box να αλλάξει σε ένα συγκεκριμένο broadcast κανάλι.

Multicast Service Model Overview



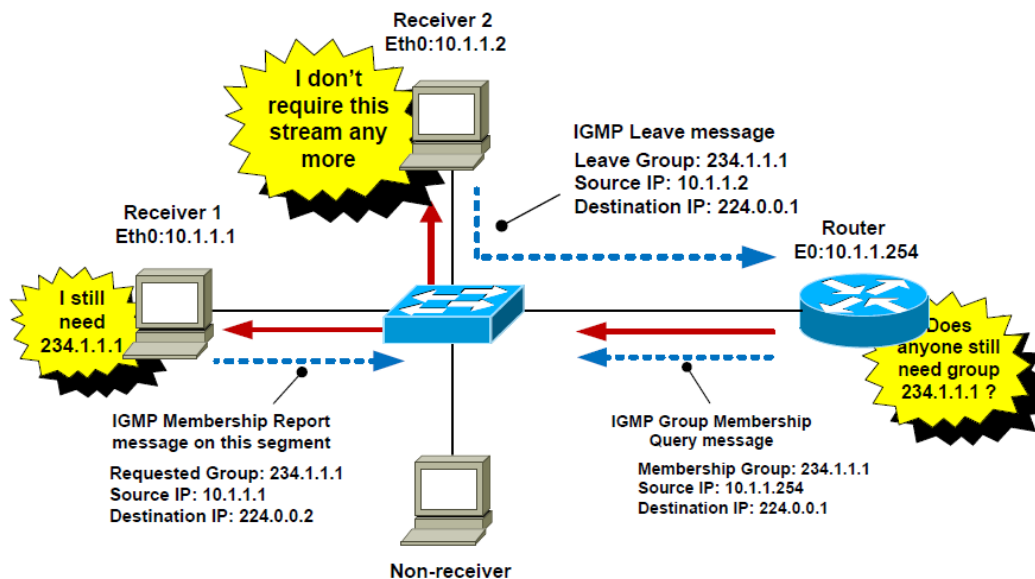
Εικόνα 5.10: Παράδειγμα IGMP [Πηγή:<http://mrnciew.com>]

1. **Εύρεση της διεύθυνσης του group.** Το λειτουργικό σύστημα ή το λογισμικό middleware το οποίο «τρέχει» στο IPTV set-top box βρίσκει τη διεύθυνση του group του συγκεκριμένου broadcast καναλιού.
2. **Ενημέρωση του IP πρωτοκόλλου να αρχίσει να λαμβάνει ένα συγκεκριμένο ρεύμα δεδομένων multicast.** Μόλις βρεθεί η διεύθυνση του group, το πρωτόκολλο IP αρχίζει να ενημερώνει ότι αρχίζει η λήψη IPTV multicast κίνησης στην συγκεκριμένη διεύθυνση IPv4 ή IPv6.
3. **Γίνεται πέρασμα του αιτήματος multicast στο επίπεδο hardware.** Ο αντάπτορας του δικτύου, που τις περισσότερες φορές είναι Ethernet, είναι ρυθμισμένος να ακούει και να απαντάει σε MAC διευθύνσεις που αντιστοιχούν στις multicast διευθύνσεις του ζητούμενου broadcast καναλιού.
4. **Ενημέρωση του τοπικού router.** Το IP set-top box στέλνει ένα μήνυμα “join” στον τοπικό router. Αυτό το μήνυμα λέει στον τοπικό router ότι γίνεται αίτηση multicast κίνησης για μια συγκεκριμένη IP διεύθυνση, και για ένα συγκεκριμένο broadcast τηλεοπτικό κανάλι.
5. **Έλεγχος διαθεσιμότητας του ρεύματος multicast.** Ο τοπικός router ελέγχει να δει αν ήδη λαμβάνει το ζητούμενο multicast ρεύμα δεδομένων IP. Αν ήδη το λαμβάνει, τότε απλά αντιγράφει το ρεύμα δεδομένων και το στέλνει στο IP set-top box μέσω της κατάλληλης διεπαφής. Αν το ρεύμα δεδομένων δεν είναι διαθέσιμο, τότε ο router στέλνει ένα αίτημα στο δίκτυο για να το αποκτήσει. Το δίκτυο απαντάει με το ρεύμα δεδομένων, το οποίο στη συνέχεια αντιγράφεται από τον τοπικό router και στέλνεται στο IP set-top box.

Διαδικασία Query στο IGMPv2: Ο multicast router είναι υπεύθυνος για την περιοδική μετάδοση μηνυμάτων query (ερωτημάτων) σε ένα δίκτυο IPTV. Ο λόγος αυτών των μηνυμάτων είναι για να επιβεβαιώσει, ποια IPTVCDs ανήκουν σε ποια multicast groups. Αυτό επίσης σημαίνει, στο επίπεδο ενός IPTV περιβάλλοντος, και ποια κανάλια παρακολουθούν τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή οι συνδρομητές. Επίσης, τα ερωτήματα αυτά χρησιμοποιούνται για να διαπιστώσουν αν συνέβη κάποιο σφάλμα κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας “join” ή “leave”. Για παράδειγμα, η αποσύνδεση ενός IPTVCD κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας διαδικασίας είναι ένα συνηθισμένο σφάλμα που μπορεί να προκύψει. Τα βήματα σε μία διαδικασία “query” είναι τα εξής:

1. Όταν ένας multicast router είναι συνδεδεμένος σε ένα ευρυζωνικό δίκτυο, είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση και εκπομπή IGMP query μηνυμάτων.
2. Ο multicast router στέλνει συνεχώς IGMP query μηνύματα. Το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στα συνεχόμενα IGMP μηνύματα είναι 125 δευτερόλεπτα.
3. Όσο ο multicast router είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο μπορεί να λαμβάνει IGMP μηνύματα και από άλλους routers.
4. Εξετάζει το μήνυμα query που ήρθε.
5. από τον άλλο δρομολογητή και αν η IP διεύθυνση που περιέχεται στο μήνυμα έχει μικρότερη τιμή σε σχέση με τη δική του, τότε ο router σταματάει να στέλνει άλλα query μηνύματα. Αν δεν ληφθεί μήνυμα query μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (συνήθως 255 δευτερόλεπτα), τότε ο router γίνεται αυτός που στέλνει τα query μηνύματα και συνεχίζει να διαχειρίζεται και να επεξεργάζεται IGMP query μηνύματα.

IGMPv2 – Maintaining a Group



Εικόνα 5.11: Παράδειγμα IGMPv2 [Πηγή:<http://mrcciew.com>]

IGMP v.3: Η έκδοση IGMP v.3 αποτελεί την πιο καινούρια έκδοση του πρωτοκόλλου IGMP, εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2002 και θεωρείται ως η κύρια έκδοση του πρωτοκόλλου αυτήν την περίοδο. Στηρίζεται στις προηγούμενες εκδόσεις του πρωτοκόλλου και περιέχει κάποιες βελτιώσεις σε σχέση πάντα με τις παλιότερες εκδόσεις:

- Υποστηρίζει SSM (source specific multicast).
- Έχει βελτιωμένη έκδοση των μηνυμάτων query.
- Η χρήση των μηνυμάτων “leave” group δεν συνεχίστηκε.
- Είναι συμβατή με τις προηγούμενες εκδόσεις.
- Προσφέρει καλύτερη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης και παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια.
- Υποστηρίζει νέα πρωτόκολλα δρομολόγησης.
- Υιοθετήθηκε από την βιομηχανία κατασκευής καλωδίων.

Άλλες βελτιώσεις της IGMP v3 σε σχέση με τις παλιότερες εκδόσεις είναι ότι, όταν ένας χρήστης επιθυμεί να αλλάξει κανάλι, αυτό γίνεται σε 1 βήμα και όχι σε 2 όπως στην IGMP v2 (“leave” και “join”). Τώρα απλά το IPTVCD δηλώνει σε ποιο group θέλει να ανήκει για να δει το αντίστοιχο κανάλι. Αυτό βελτιώνει πάρα πολύ τον χρόνο αλλαγής καναλιών («ζάπινγκ»).

5.8.4. Τεχνολογίες αρχιτεκτονικής μεταφοράς multicast

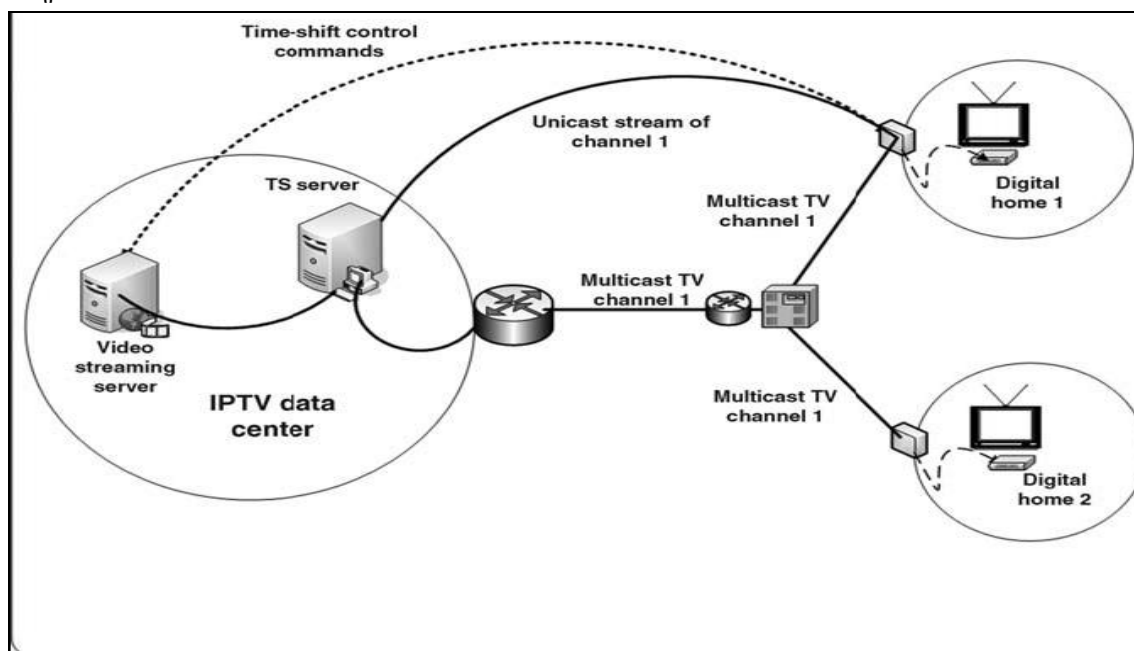
Η διανομή του βίντεο σε ένα δίκτυο IPTV χρησιμοποιεί έναν αριθμό από προχωρημένα πρωτόκολλα δρομολόγησης και τεχνολογίες. Κάποιες από αυτές τις τεχνολογίες δρομολόγησης, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τα δίκτυα IPTV, είναι:

- Δέντρα διανομής multicast.
- Πρωτόκολλα διανομής multicast.
- Τεχνικές προώθησης multicast.

5.9. Time-Shifting Multicast IPTV

Εκτός από την παροχή μιας multicast υπηρεσίας, είναι επίσης δυνατή η υλοποίηση μιας δικτυακής υποδομής που να υποστηρίζει υπηρεσίες time-shifting multicast IPTV (TSMIPTV) [7],[30]. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα μέρη του δικτύου που απαιτούνται για να υποστηρίξουν τη διανομή των TSMIPTV υπηρεσιών.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα αυτής της αρχιτεκτονικής, έχει προστεθεί στο βασικό κορμό του δικτύου και ένας time shifting server (TS) στο κέντρο δεδομένων IPTV. Σε αυτό το παράδειγμα, ο χρήστης στο ψηφιακό σπίτι 1 έχει γραφτεί στο TSMIPTV και μπορεί να έχει ένα unicast ρεύμα δεδομένων του καναλιού 1 όποια στιγμή επιθυμεί, μετά την αρχική multicast εκπομπή του καναλιού 1 (αφού δηλαδή γίνει η κανονική εκπομπή του καναλιού). Η διανομή της υπηρεσίας περιλαμβάνει τη δρομολόγηση του multicast ρεύματος μέσω του TS server και στην συνέχεια στο IPTVCD του χρήστη. Όπως το ρεύμα δεδομένων περνάει από τον server, αντιγράφεται σε μία συσκευή αποθήκευσης (στους σκληρούς δίσκους του server). Αυτό το αντίγραφο είναι διαθέσιμο στα IPTVCDs που έχουν πρόσβαση στην time-shifted έκδοση του συγκεκριμένου καναλιού. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο, το ρεύμα δεδομένων που είναι αποθηκευμένο στον server επιτρέπει στους χρήστες στο ψηφιακό σπίτι 1 να χρησιμοποιούν λειτουργίες, όπως παύση, rewind και fast forward σε κανάλια TV multicast. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι ο TS server μπορεί να μην αποτελεί ξεχωριστό μέρος του hardware και η λειτουργία time-shifting να βρίσκεται ενσωματωμένη απευθείας στον IPTV streaming server στο κέντρο δεδομένων IPTV. Οι χρήστες στο ψηφιακό σπίτι 2 μπορούν μόνο να βλέπουν ένα κανάλι ζωντανά και δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες TSMIPTV, καθώς δεν είναι συνδρομητές στην συγκεκριμένη υπηρεσία.



Εικόνα 5.12: Αρχιτεκτονική δικτύου TSMIPTV [Πηγή: 7]

5.10. Υπηρεσίες IPTV

Αυτό που χαρακτηρίζει το IPTV είναι η δυνατότητα να παρέχει ένα ευρύ σύνολο από ετερογενείς υπηρεσίες, οι οποίες διαφοροποιούνται σημαντικά από την παραδοσιακή ψηφιακή τηλεόραση κυρίως σε ό,τι αφορά τις υπηρεσίες “on demand” και τις διαδραστικές υπηρεσίες (interactive).

Οι υπηρεσίες αυτές διαχωρίζονται σε:

- **Broadcast** υπηρεσίες: Οι “broadcast” υπηρεσίες υλοποιούν την ταυτόχρονη μετάδοση περιεχομένου στο σύνολο των συνδρομητών με πλεονέκτημα την μικρότερη επιβάρυνση

για το δίκτυο. Είναι αυτές οι οποίες βρίσκονται πιο κοντά στο παραδοσιακό μοντέλο του “broadcast TV”.

- **On demand** υπηρεσίες: Αντίθετα οι “on demand” βασίζονται στη ξεχωριστή μετάδοση περιεχομένου προς τον χρήστη και μόνο αφού ο ίδιος έχει εκφράσει ενδιαφέροντος για την συγκεκριμένη υπηρεσία.

Σε κάθε περίπτωση σκοπός είναι η δημιουργία και μεταφορά πολλών διαφορετικών τύπων δεδομένων διαμέσου του δικτύου του ΟΤΕ προς τον εξοπλισμό IPTV του πελάτη. Ο εξοπλισμός αυτός ο οποίος είναι ο τελικός αποδέκτης του περιεχομένου είναι το STB (Set-top-Box) το οποίο και αναλαμβάνει την παρουσίαση του μέσω της τηλεόρασης του συνδρομητή.

5.10.1. Υπηρεσίες τύπου Broadcast

5.10.1.1. TV Broadcasting

Το TV Broadcasting αφορά την παραδοσιακή υπηρεσία διανομής ψηφιακών τηλεοπτικών καναλιών τα οποία μπορεί να είναι είτε ελεύθερα κανάλια, είτε συνδρομητικά. Τα κανάλια είναι οργανωμένα σε κατηγορίες σύμφωνα με κριτήρια τα οποία καθορίζει ο πάροχος. Ο συνδρομητής μπορεί να επιλέξει ποια/ποιες υπάρχουσες κατηγορίες θέλει να παρακολουθεί ή και να φτιάχνει δικά του μπουκέτα καναλιών. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα επιβολής κλειδώματος σε κανάλια που ο ίδιος δεν επιθυμεί (parental lock).

Οι τελικοί χρήστες έχουν δύο χαρακτηριστικά που είναι ο λόγος που οι broadcasting υπηρεσίες έχουν μια ακμάζουσα αγορά. Το πρώτο χαρακτηριστικό είναι ότι οι τελικοί χρήστες έχουν συνηθίσει να τους παρέχουν το πρόγραμμα άλλοι άνθρωποι. Δεν θέλουν να ασχοληθούν με την επιλογή μιας ταινίας. Έχουν συνηθίσει πλέον να επιστρέφουν σπίτι και να ανοίγουν την τηλεόραση αφήνοντας άλλους ανθρώπους να αποφασίσουν σχετικά με τον τρόπο που θα διασκεδαστούν. Το broadcasting, έχει ένα δομημένο πρόγραμμα που εκπέμπεται και παρέχει στον τελικό χρήστη ένα δεδομένο πρόγραμμα, παρουσιάζοντας όμως συγχρόνως η ικανότητα της επέκτασης των επιλογών του προγράμματος, σε περίπτωση που αυτό είναι θεμιτό από τον χρήστη.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό των τελικών χρηστών είναι ότι ορισμένες δημογραφικές ομάδες τελικών χρηστών τείνουν να έχουν τις ίδιες προτιμήσεις του τηλεοπτικού προγράμματος. Κατά συνέπεια με την ικανότητα multicasting, που χαρακτηρίζει το broadcasting, το φορτίο δικτύων μειώνεται και έτσι το συνολικό κόστος είναι χαμηλό.

Η High Definition TV (HDTV) ανήκει στη οικογένεια των broadcasting υπηρεσιών. Η HDTV είναι μια τεχνολογία τηλεοπτικής μετάδοσης και παρουσίασης που παρέχει στην εικόνα και τον ήχο, ποιότητα, παρόμοια με αυτήν του σημερινού compact disc. Η HDTV χρησιμοποιεί MPEG-2 και από την άποψη της ποιότητας ήχου, η HDTV λαμβάνει, αναπαράγει, και εκπέμπει Dolby Digital 5.1.

Η τεχνολογία του Digital Video Broadcasting (DVB) είναι επίσης μια broadcasting τεχνολογία. Το DVB είναι ένα σύνολο προτύπων που καθορίζουν την ψηφιακή μετάδοση χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες δορυφορικές, επίγειες και υπόγειες υποδομές μετάδοσης. Μια θεμελιώδης απόφαση της ομάδας του DVB ήταν η επιλογή χρήσης του MPEG-2. Η κωδικοποίηση/συμπίεση MPEG-2 μειώνει ένα σήμα από 166 Mbits σε 5 Mbits επιτρέποντας τις συσκευές εκπομπής να διαβιβάσουν τα ψηφιακά σήματα χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή καλωδίων (C-DVB), δορυφόρους (S-DVB), και τα επίγεια συστήματα (T-DVB).

Το DVB χρησιμοποιεί συστήματα που ονομάζονται Conditional Access systems (CA) για να αποτρέψει την εξωτερική πειρατεία. Κάθε CA σύστημα παρέχει ένα module ασφάλειας που κρυπτογραφεί και «ανακατώνει» τα στοιχεία. Αυτή η ενότητα ασφάλειας ενσωματώνεται μέσα στο δέκτη ή προσαρμόζεται υπό την μορφή εξωτερικής κάρτας PC.

5.10.1.2. Audio Service

Οι υπηρεσίες ήχου παρέχουν στους συνδρομητές τη δυνατότητα να ακούσουν μουσική χρησιμοποιώντας την τηλεόραση. Αυτό περιλαμβάνει υπηρεσίες ζωντανού ραδιοφώνου καθώς και “music on demand” υπηρεσίες όπου ο χρήστης θα μπορεί να διαλέξει από μία βιβλιοθήκη και να ακούσει μουσική από την τηλεόραση. Οι υπηρεσίες ήχου μπορεί να είναι:

- multicast κίνηση (ζωντανό ραδιόφωνο)
- unicast (music on demand).

5.10.1.3. Pay Per View (PPV)

Η υπηρεσία Pay Per View δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να παρακολουθήσουν ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα (π.χ. έναν ποδοσφαιρικό αγώνα) χωρίς να είναι συνδρομητές στο κανάλι που το παρουσιάζει. Ο χρήστης μπορεί να πληρώσει για να παρακολουθήσει μόνο ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα για περιορισμένο χρονικό διάστημα που ποικίλει από μερικά λεπτά μέχρι και ολόκληρη την ημέρα.

5.10.1.4. Near Video on Demand (NVoD)

Τα Near Video on Demand κανάλια δημιουργούνται και προγραμματίζονται από διαχειριστή του συστήματος IPTV. Σε κάθε τέτοιο κανάλι γίνεται broadcast το ίδιο περιεχόμενο αλλά μετατοπισμένο χρονικά σε σταθερά χρονικά διαστήματα (staggering time). Έτσι όταν κάποιος συνδρομητής κάνει fast forward ή rewind στην ουσία αλλάζει κανάλι και βλέπει κάποιο άλλο που έχει το ίδιο περιεχόμενο αλλά μετατοπισμένο χρονικά κάποια λεπτά.

Αυτή η υπηρεσία είναι πολύ χρήσιμη σε περιπτώσεις που ένας πολύ μεγάλος αριθμός συνδρομητών επιθυμεί να παρακολουθήσει το ίδιο περιεχόμενο που υπό φυσιολογικές συνθήκες θα ήταν διαθέσιμο σαν unicast κίνηση.

5.10.2. Διαδραστικές On-Demand υπηρεσίες Video

5.10.2.1. Video on Demand (VoD)

Η υπηρεσία του video on demand επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν μέσω ενός διαδραστικού συστήματος ανάμεσα σε μία πληθώρα από αποθηκευμένα video assets και να τα παρακολουθήσουν διαμέσου του δικτύου. Ταυτόχρονα υλοποιεί και κάποιες επιπλέον λειτουργίες όπως παύση, fast forward, rewind.

Το video είναι διαθέσιμο στους συνδρομητές με μία σταθερή χρέωση και για κάποιο περιορισμένο χρονικό διάστημα. Όλα τα στοιχεία video που είναι διαθέσιμα είναι ορατά στον χρήστη μέσω πλοήγησης σε ηλεκτρονικό κατάλογο. Όταν ο χρήστης επιλέξει το video asset που επιθυμεί να παρακολουθήσει, το video διανέμεται μέσω ξεχωριστού unicast stream, το οποίο δημιουργείται με αφετηρία τον VoD server και τέλος τον εξοπλισμό του πελάτη - STB.

Το Video on demand το μπερδεύει κανείς με υπηρεσία επιλογής ταινιών, αλλά δεν έχει καμία σχέση με κάτι τέτοιο. Το VoD επιτρέπει στους τελικούς χρήστες να επιλέξουν μεταξύ των πρόσφατα απελευθερωμένων ταινιών και να ζωντανών μεταδόσεων. Ο server έχει μόνο μικρή αποθηκευτική ικανότητα.

Με αυτήν την λογική θα μπορούσε να ειπωθεί ότι διαφέρει μόνο ελάχιστα από την υπηρεσία του broadcasting. Εντούτοις πολλές άλλες σημαντικές διαφορές υπάρχουν μεταξύ VoD και broadcasting, παραδείγματος χάριν το VoD είναι μια unicasting τεχνολογία ενώ το broadcasting είναι multicasting υπηρεσία.

Η Subscription VoD (SVoD) είναι μία σχετικά νέα υπηρεσία που επεκτείνει τις επιλογές ταινιών και κινείται προς την τιμολόγηση σε μορφή πάγιου με απεριόριστη χρήση της υπηρεσίας. Η SVoD επιτρέπει στο χρήστη την πρόσβαση σε πάνω από 100 προγράμματα που ενημερώνονται εβδομαδιαία. Αν και σχετικά νέα υπηρεσία, τα αποτελέσματα ερευνών δείχνουν ότι η χρήση αυξάνεται με αυτήν την υπηρεσία.

5.10.2.2. Time Shifted (TSTV)

Το Time Shifted TV στην ουσία εξουδετερώνει τους χρονικούς περιορισμούς που θέτουν τα ζωντανά κανάλια. Είναι ένας συνδυασμός από TV Broadcasting και Video on Demand δηλαδή οι επιπλέον

λειτουργίες της παύσης, fast forward και rewind στο περιεχόμενο είναι διαθέσιμες για τα ζωντανά κανάλια.

Ο χρήστης ενώ παρακολουθεί ένα ζωντανό κανάλι μπορεί να κάνει παύση ή rewind και είτε να συνεχίσει από εκεί που σταμάτησε είτε να συντονιστεί πάλι στο ζωντανό κανάλι. Στην ουσία με το που γίνεται η λειτουργία της παύσης ή του rewind, το περιεχόμενο του ζωντανού καναλιού που προβάλλεται εκείνη την στιγμή αποθηκεύεται προσωρινά είτε σε ένα κεντρικό server είτε στον εξοπλισμό του ίδιου του χρήστη (αν το STB είναι κατάλληλα εξοπλισμένο).

Όταν ο χρήστης θελήσει να συνεχίσει να παρακολουθεί το κανάλι, στην πρώτη περίπτωση το αποθηκευμένο περιεχόμενο αποστέλλεται σε αυτόν μέσω ενός unicast stream ενώ στην δεύτερη από τον εξοπλισμό του (STB).

5.10.2.3. Catchup TV (CUTV)

Το Catchup TV είναι μία επέκταση του TSTV. Δίνει την δυνατότητα για αποθήκευση ενός ζωντανού καναλιού και την παρακολούθηση του από τον χρήστη σε μεταγενέστερη στιγμή όταν αυτός επιλέξει μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά περιθώρια. Ένα ζωντανό κανάλι δηλαδή, γίνεται διαθέσιμο στον χρήστη σαν ένα στοιχείο VoD.

Το ποια κανάλια ή ποιο μέρος του προγράμματος θα αποθηκευτεί αποφασίζεται από τον πάροχο. Η αποθήκευση γίνεται σε έναν κεντρικό server και το περιεχόμενο φτάνει στον συνδρομητή σαν ένα unicast stream.

5.10.2.4. Personal Video Recorder (PVR)

Το Personal Video Recorder επιτρέπει στον συνδρομητή να αποθηκεύσει το περιεχόμενο ενός ή περισσότερων ζωντανών καναλιών και του δίνει την δυνατότητα να το παρακολουθήσει ετεροχρονισμένα σε σχέση με την ώρα που προβλήθηκε.

Διακρίνεται στο client based PVR και στο Network based PVR (nPVR) και η διαφορά των δύο έγκειται στην τοποθεσία αποθήκευσης του περιεχομένου. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται στον εξοπλισμό του πελάτη (STB) και στην δεύτερη γίνεται σε κάποιον κεντρικό server.

Η υπηρεσία Personal Video Recorder (PVR) είναι μια υπηρεσία με πολλά σημαντικά χαρακτηριστικά όσον αφορά τον χειρισμό των ταινιών, ως αποτέλεσμα του ότι ο χρήστης έχει πρόσβαση σε μία συσκευή καταγραφής video. Όπως σε ένα VCR, το PVR καταγράφει και αναμεταδίδει τηλεοπτικά προγράμματα, αλλά, αντίθετα από το VCR, αποθηκεύει τα προγράμματα με ψηφιακή μορφή. Η συσκευή PVR, αρχικά βρισκόταν τοπικά στην οικία του χρήστη αλλά τώρα πια, βρίσκετε στο δίκτυο του παρόχου και ο τερματικός χρήστης το ελέγχει με σηματοδότηση. Όπως ένα VCR, ένα PVR έχει τη δυνατότητα να σταματήσει, να πάει προς τα πίσω ή προς τα μπροστά ένα καταγεγραμμένο πρόγραμμα. Επειδή το PVR μπορεί να καταγράψει ένα πρόγραμμα και να το μεταδώσει στην συνέχεια σχεδόν αμέσως με μια μικρή χρονική καθυστέρηση, ο χρήστης προσφέρεται με τα χαρακτηριστικά ενός VCR αλλά σε βίντεο πραγματικού χρόνου (π.χ. παρακολουθεί απευθείας μετάδοση ποδόσφαιρου και πατάει το pause ώστε να απαντήσει το τηλέφωνο, στην συνέχεια πατάει το play και συνεχίζει τα βλέπει σε «real time μετάδοση» το ποδόσφαιρο, χωρίς να χάνει στιγμή από τον αγαπημένο του αγώνα). Το PVR κωδικοποιεί ένα video stream ως MPEG-1 ή MPEG-2 και το αποθηκεύει σε τοπικό δίσκο ή δίσκο δικτύου.

Μια ειδική χρήση του PVR καλείται «TV of Yesterday». Παρέχει στους χρήστες την ικανότητα να επιλεχτούν ορισμένα προγράμματα που καταγράφονται στο δίκτυο. Αυτό το περιεχόμενο μπορεί αργότερα να παραδοθεί σε οποιονδήποτε εγγεγραμμένο χρήστη στην υπηρεσία αυτήν. Το καταγεγραμμένο περιεχόμενο είναι διαθέσιμο για μια μικρή μόνο περίοδο μετά από τον κανονικό χρόνο μετάδοσης.

5.10.3. Υπηρεσίες Προστιθέμενης Αξίας

5.10.3.1. Διαδίκτυο Browsing / Mail / Chat

Δίνεται η δυνατότητα για πρόσβαση στο Διαδίκτυο, στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και σε κανάλια συνομιλιών μέσω του STB και την τηλεόρασης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το STB διαφέρει αρκετά από

έναν κοινό υπολογιστή οπότε αυτό συνεπάγεται ότι οι παραπάνω υπηρεσίες προσφέρονται περιορισμένα σε σχέση με το πως προσφέρονται από έναν υπολογιστή.

Το STB έχει την δυνατότητα να τρέξει έναν browser ο οποίος όμως μπορεί να μην είναι συμβατός με κάποιες σελίδες. Επίσης δεδομένου ότι η υπηρεσία προβάλλεται στην τηλεόραση, το browsing θα γίνεται στην ανάλυση της τηλεόρασης.

5.10.3.2. Game Services

Η υπηρεσία gaming επιτρέπει στους συνδρομητές να παίζουν παιχνίδια χρησιμοποιώντας το STB και την τηλεόρασή τους. Τα παιχνίδια μπορεί να είναι single-player ή multi-player. Το STB δεν διαθέτει κάρτα γραφικών για αυτό τα παιχνίδια είτε είναι web based είτε απαιτείται περαιτέρω εξοπλισμός στην πλατφόρμα του IPTV.

Στον εξοπλισμό αυτό θα γίνεται όλη η απαραίτητη επεξεργασία και το αποτέλεσμα θα στέλνεται στο STB σαν ένα unicast stream που απλά θα το προβάλλει στην τηλεόραση.

5.11. Μεταγωγή IPTV

Το IPTV απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης (5 Mbps έως 30 Mbps). Ο πίνακας παρακάτω χωρίζει τις απαιτήσεις εύρους ζώνης για ένα υποθετικό σενάριο.

Εφαρμογή	Εύρος ζώνης
HDTV	10 Mbps
2 TV	2 x 1.5 Mbps=3 Mbps
Σύνολο 3 TV	13 Mbps
Εγγραφή για παρακολούθηση αργότερα	1.5 Mbps
Μεγάλης ταχύτητας Διαδίκτυο	3 Mbps
Σύνολο	17.5 Mbps

Πίνακας5.3: Απαιτήσεις εφαρμογών σε εύρος ζώνης

Οι βελτιώσεις πρόσβασης στο δίκτυο είναι απαραίτητες. Υπάρχουν δύο τύποι ευρυζωνικών βελτιώσεων δικτύων:

- Fibertotheshome (FTTH- Οπτικήίναστοσπίτι)
- Fiber to the neighborhood (FTTN- Οπτικήίναστηγειτονιά)

Το κεντρικό IP δίκτυο πρέπει να παρέχει την τηλεοπτική ποιότητα του χαρακτηρισμού κλάσης προτεραιότητας υπηρεσιών (QoS). Ο χαρακτηρισμός των τύπων κυκλοφορίας είναι σύμφωνα με τα πρότυπα QoS, όπως το μοντέλο Diffserv.

6. Ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service):

6.1. Ορισμός της ποιότητας υπηρεσίας (QoS)

Το QoS είναι ένα από τα πιο λανθάνοντα, συγκεχυμένα και απροσδιόριστα θέματα στον κόσμο των δικτύων σήμερα. Ολόκληρη η βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών φαίνεται να χρησιμοποιεί τον όρο με προφανή ευκολία και η χρήση του όρου είναι πολύ κοινή, επομένως θα ήταν λογικό να περιμένουμε να υπάρχει ένα κοινό επίπεδο κατανόησης του όρου.

Για να φθάσουμε σε ένα αποδεκτό ορισμό του QoS, θα ξεκινήσουμε από τις έννοιες από τις οποίες συνίσταται, δηλαδή την ποιότητα και τις υπηρεσίες.

6.2. Ποιότητα

Ο όρος ποιότητα μπορεί να συμπεριλάβει πολλές ιδιότητες των δικτύων, αλλά χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγραφεί η διαδικασία της μετάδοσης των δεδομένων με ένα αξιόπιστο τρόπο ή έστω με ένα τρόπο καλύτερο από τον κανονικό. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει τον παράγοντα της απώλειας δεδομένων, την ελάχιστη ή όχι προκαλούμενη καθυστέρηση, σταθερά χαρακτηριστικά καθυστέρησης (jitter) και τη δυνατότητα να καθορίζουμε την αποδοτικότερη χρήση των πόρων του δικτύου (όπως την ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο άκρα ή τη μέγιστη αποδοτικότητα της χωρητικότητας του κυκλώματος). Ποιότητα μπορεί επίσης να σημαίνει ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα, έτσι ο κόσμος χρησιμοποιεί τον όρο ποιότητα για να καθορίσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά εφαρμογών δικτύων ή πρωτοκόλλων.

6.2.1. Ορισμός της τηλεοπτικής ποιότητας

Η ποιότητα είναι υποκειμενική. Αυτός είναι ο λόγος ότι δεν υπάρχει κανένα παγκοσμίως εγκεκριμένο επιστημονικό μέτρο της τηλεοπτικής ποιότητας. Η μέτρηση της υποκειμενικής διαφάνειας των οπτικών αντικειμένων με ακρίβεια και αξιοπιστία είναι δύσκολη. Επομένως το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας εστίασε στις μετρήσεις βασισμένες στα πρότυπα του ανθρώπινου οπτικού συστήματος που δοκιμάστηκαν για να αξιολογήσουν τις μετρήσεις ενάντια στο μέσο αποτέλεσμα γνώμης (MOS). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αυτοματοποιημένη μέτρηση της τηλεοπτικής ποιότητας ταιριάζει μέχρι 90% με τα μέσα αποτελέσματα Γνώμης διάφορων θεατών που είχαν εκτεθεί ανεξάρτητα στην ίδια τηλεοπτική αναπαραγωγή.

- **Υποκειμενική τηλεοπτική ποιότητα:** Το διεθνές πρότυπο ITU-R BT.500-10 προσδιορίζει ένα σύνολο μεθόδων που εξετάζει πώς να οργανώσει μια υποκειμενική δοκιμή για την αξιολόγηση των εικόνων TV. Ένας μεγάλος αριθμός παραμέτρων προσδιορίζεται, όπως το μέγεθος ακροατηρίων, ο χρόνος παρακολούθησης, και κάποιες στατιστικές μέθοδοι. Αν και τα πρότυπα δεν ισχύουν πραγματικά στο ψηφιακό βίντεο γενικά παρέχουν τουλάχιστον κάποιες πληροφορίες ως προς τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να οργανώσουν μια υποκειμενική δοκιμή. Δεδομένου ότι οι υποκειμενικές μέθοδοι περιλαμβάνουν μια ομάδα εστίασης και έναν ειδικευμένο εξοπλισμό, είναι συχνά πάρα πολύ περίπλοκες και ακριβές για να χρησιμοποιηθούν από μικρές ερευνητικές ομάδες με περιορισμένο προϋπολογισμό.
- **Αντικειμενική τηλεοπτική ποιότητα:** Είναι ιδανικές για την αξιολόγηση της υποβάθμισης όταν το μη “μολυσμένο” υλικό πηγής είναι διαθέσιμο για αναφορά. Μια αντικειμενική μέθοδος ποιοτικής αξιολόγησης εικόνων χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που παρέχονται και μια μέθοδο για να παράγουν την μέτρηση.

Η αποτελεσματικότητα των αντικειμενικών μεθόδων συγκρίνεται συχνά με τα υποκειμενικά στοιχεία. Οι αντικειμενικές μέθοδοι ταξινομούνται συχνά σε σχέση με πόσες πληροφορίες απαιτούν προκειμένου να κριθεί μια εικόνα και είναι επομένως συχνά ταξινομημένες με βάση αυτό. Οι πλήρεις μέθοδοι αναφοράς χρησιμοποιούν μια πλήρη μη διαστρεβλωμένη έκδοση της εικόνας προκειμένου να την αξιολογήσουν. Η μέγιστη αναλογία σήματος/διαταραχή (PSNR) είναι δημοφιλής και ευρέως χρησιμοποιημένη σαν πλήρης αντικειμενική μέτρηση αναφοράς. Το δομικό ευρετήριο ομοιότητας (SSIM) είναι μάλλον μια νέα πλήρης αντικειμενική μέθοδος αναφοράς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικατάσταση για το PSNR σε μερικές εφαρμογές.

Οι μέθοδοι καμιάς αναφοράς επιθυμούν συνήθως τις πρόσθετες πληροφορίες από αυτή που παρέχεται πραγματικά στην εικόνα για να κριθούν. Σε αυτήν την περίπτωση η μέθοδος αξιολόγησης είναι συχνά ειδικευμένη για να αξιολογήσει έναν συγκεκριμένο τύπο εξασθένησης και έτσι μάλλον προσαρμόζεται στην εφαρμογή.

Ελλείπει ενός επιστημονικού μέτρου μέτρησης της τηλεοπτικής ποιότητας η βιομηχανία εστίασε στη μέτρηση διάφορων παραμέτρων που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν σημαντικά την τηλεοπτική ποιότητα στους δέκτες. Η εξέταση ολόκληρου του τηλεοπτικού συστήματος παράδοσης IP μας δείχνει τα ακόλουθα στοιχεία της διανομής τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα :

- Συσκευή ρύθμισης του συλλεγόμενου περιεχομένου: Μια επαγγελματική ρύθμιση παραγωγής θα αυξήσει την ποιότητα του αποκτηθέντος περιεχομένου. Η τεχνολογία των μηχανών που συλλέγουν το περιεχόμενο υπάρχει με ποικίλες επιθυμητές ιδιότητες.
- Κωδικοποιητής: Ο κωδικοποιητής παίρνει το τηλεοπτικό σήμα και το κωδικοποιεί στην επιλεγμένη ψηφιακή μορφή. Βασικές επιλογές διαμόρφωσης του κωδικοποιητή, όπως το εύρος ζώνης και η μορφή (format) παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της τηλεοπτικής μετάδοσης.
- Δέκτης: Το συμπιεσμένο ψηφιακό βίντεο απαιτεί μια σημαντική ποσότητα της αποκωδικοποίησης των δεδομένων στη συσκευή playout (ένας μετασχηματιστής ή ένα PC). Στα set-top-boxes η τηλεοπτική αποκωδικοποίηση γίνεται στο 99% των περιπτώσεων σε υλικό (hardware), ενώ στα PC οι περισσότερες από τις περιπτώσεις κάνουν αποκωδικοποίηση λογισμικού και επομένως χρειάζονται έναν αρκετά ισχυρό επεξεργαστή και αρκετή μνήμη που εγγυώνται την υψηλή τηλεοπτική ποιότητα μετά την αποκωδικοποίηση.

6.2.2. Ποιότητα Υπηρεσίας στην IPTV

Οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύου αναγνωρίζουν ότι ένα ανοικτό ζήτημα που υπάρχει είναι η αυτόματη αξιολόγηση και η μέτρηση της ποιότητας του λαμβανομένου σήματος προκειμένου να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στα αιτήματα πελατών για υψηλή ποιότητα και ικανότητας στην παραλαβή του σήματος. Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα μέτρησης επιτρέπει να εξυπηρετήσει καλύτερα τους πελάτες, να μειώσει το κόστος της λειτουργίας της υποστήριξης πελατών, και να μειώσει τον αριθμό των ανικανοποίητων πελατών.

6.3. Υπηρεσίες

Ο όρος υπηρεσίες επίσης μπορεί να έχει πολλά νοήματα και εξαρτάται από το πώς ένας οργανισμός ή μια επιχείρηση είναι δομημένη. Συνήθως χρησιμοποιείται για να περιγράψει κάτι που προσφέρεται στους τελικούς χρήστες ενός δικτύου, όπως επικοινωνία απ' άκρου εις άκρον ή εφαρμογές πελάτη-εξυπηρετητή. Οι υπηρεσίες μπορεί να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα παροχών, από ηλεκτρονικό ταχυδρομείο μέχρι βίντεο και από πλοήγηση στο Web μέχρι χώρους για συνομιλίες.

6.3.1. Εγγυήσεις Υπηρεσιών

Παραδοσιακά οι πάροχοι υπηρεσιών δικτύου χρησιμοποιούν μια ποικιλία από μεθόδους για να παρέχουν εγγυήσεις υπηρεσιών στους συνδρομητές τους, οι περισσότερες από τις οποίες είναι συμβατικές. Η διαθεσιμότητα του δικτύου, π.χ. είναι μια από τις πιο διαδεδομένες μετρήσεις σε μια συμφωνία επιπέδου υπηρεσιών ανάμεσα στον πάροχο και τον συνδρομητή. Εδώ η πρόσβαση στο δίκτυο είναι η βασική υπηρεσία και η αδυναμία να παρέχει αυτή την υπηρεσία είναι αδυναμία να ανταποκριθεί στις συμβατικές σου υποχρεώσεις. Αν το δίκτυο δεν είναι προσπελάσιμο, η ποιότητα της υπηρεσίας τίθεται καθαρά υπό αμφιβολία. Περιστασιακά οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν εισάγει επιπρόσθετα κριτήρια για εγγυημένη μετάδοση, όπως η ποσότητα της κυκλοφορίας που μεταδόθηκε. Αν ένας πάροχος μεταδίδει στον τελικό προορισμό π.χ. μόνο το 98% της κυκλοφορίας, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η υπηρεσία υστερεί σε ποιότητα. Όπως γίνεται αντιληπτό, ένα κομμάτι του συνόλου των δικτύων αποστρέφεται τη χρήση του όρου εγγύηση επειδή μπορεί να είναι μια διφορούμενη και μη ευδιάκριτη έννοια και να οδηγήσει σε αντιφάσεις. Το να παρέχεις μια εγγυημένη υπηρεσία κάποιου είδους υπονοεί ότι όχι μόνο δε

θα έχουμε απώλειες πακέτων, αλλά και ότι η απόδοση του δικτύου θα είναι σταθερή και προβλέψιμη. Στον κόσμο των δικτύων που βασίζονται σε πακέτα αυτή είναι μια πολύ μεγάλη πρόκληση.

6.3.2. Ποιότητα Υπηρεσίας και Κλάσεις Υπηρεσίας

Από την ανάλυση των όρων ποιότητα και υπηρεσίες παίρνουμε έναν πρώτο ορισμό του Quality of Service: Είναι ένα μέτρο του πόσο καλά συμπεριφέρεται το δίκτυο και μια προσπάθεια να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες συγκεκριμένων υπηρεσιών. Παρόλα αυτά αυτός ο ορισμός αφήνει πολλά κενά τα οποία αντανακλώνται στη σύγχυση που επικρατεί σχετικά με την ερμηνεία του όρου στη βιομηχανία των δικτύων. Μια κοινή σκέψη που διατρέχει όλους σχεδόν τους ορισμούς του Quality of Service είναι η δυνατότητα να διαφοροποιούμε την κυκλοφορία ή τους τύπους υπηρεσιών, ώστε οι χρήστες να μπορούν να χειρίζονται μία ή περισσότερες κλάσεις κυκλοφορίας διαφορετικά από άλλους τύπους. Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση ανάμεσα σ' αυτό που καλείται differentiated Classes of Service (CoS) και στο πιο πολύπλοκο Quality of Service. Το QoS έχει ευρείες και διαφορούμενες εκδοχές, ενώ ο όρος CoS υπονοεί ότι οι υπηρεσίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ξεχωριστές κλάσεις οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να χειριστούν ανεξάρτητα.

6.3.3. Διαμόρφωση Κλάσεων Υπηρεσιών

Ένας άλλος ισοδύναμα σημαντικός παράγοντας του QoS είναι ότι, ανεξάρτητα από το μηχανισμό που χρησιμοποιείται, σε κάποια κυκλοφορία πρέπει να δοθεί μια συγκεκριμένη κλάση υπηρεσίας. Με άλλα λόγια, δεν είναι πάντα σημαντικό ότι σε κάποια κυκλοφορία δίνεται προνομιακή μεταχείριση σε σχέση με άλλους τύπους κυκλοφορίας, αλλά ότι τα χαρακτηριστικά του δικτύου παραμένουν προβλέψιμα. Αυτά τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του δικτύου αφορούν διάφορα θέματα, όπως:

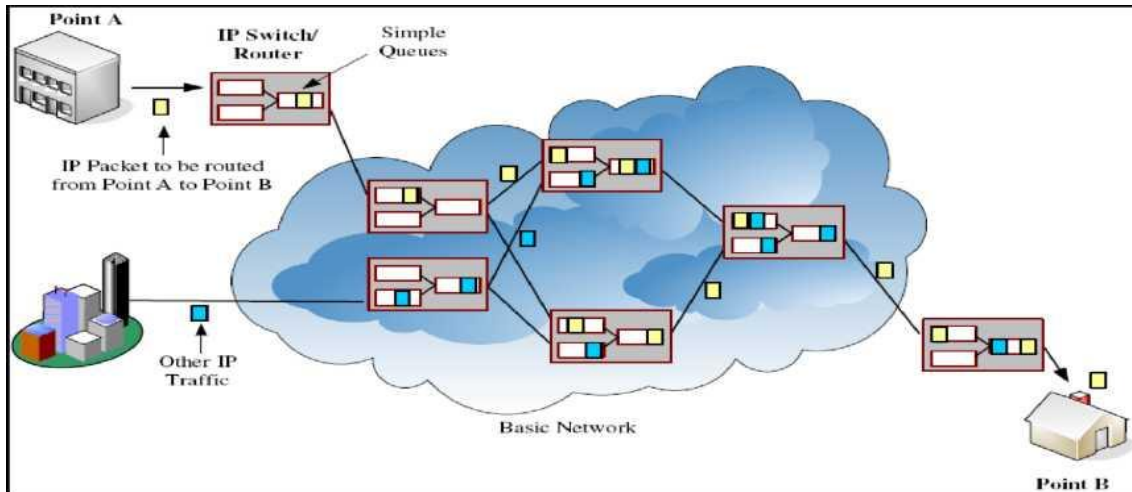
- χρόνος απόκρισης από άκρο σε άκρο [round-trip time (RTT)]
- καθυστέρηση (latency)
- διαθέσιμο εύρος ζώνης
- ρυθμός ροής δεδομένων
- ρυθμός απώλειας δεδομένων
- καθυστέρηση ουράς (queuing delay)

6.4. Περιορισμοί QoS του IPTV

Επειδή το IPTV απαιτεί πραγματικό χρόνο μετάδοσης δεδομένων και χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο Protocol, είναι ευαίσθητο στις απώλειες πακέτων και στις καθυστερήσεις, εάν η σύνδεση IPTV δεν είναι αρκετά γρήγορη η εικόνα χαλά ή χάνεται εάν τα μεταδιδόμενα δεδομένα είναι αναξιόπιστα. Ο λόγος είναι ότι τα δίκτυα IP είναι ασύγχρονα ενώ ο ήχος και το βίντεο είναι σύγχρονα. Δεν υπάρχει κανένα σήμα ρολογιών που να μεταφέρεται μέσω ενός δικτύου IP, έτσι πρέπει να ανακτηθεί στην πλευρά δεκτών ή να ληφθεί εξωτερικά. Το jitter στο δίκτυο σημαίνει ότι ο χρόνος παράδοσης δεν είναι σταθερός και οδηγεί στις παραλλαγές καθυστέρησης. Ενώ οι αλγόριθμοι αποκατάστασης υπάρχουν, η δυσκολία είναι να υπολογιστεί η απόκλιση των ρολογιών σωστά και να χωριστεί από το jitter του δικτύου. Ο ήχος και το βίντεο απαιτούν ένα εγγυημένο bit-rate. Ο διαθέσιμος ρυθμός bit ποικίλλει στα κοινά δίκτυα IP και η συμφόρηση μπορεί να εμφανιστεί, οδηγώντας στην απώλεια πακέτων και τη μείωση εύρους ζώνης. Οι μηχανισμοί αποκατάστασης και, ιδανικά, οι μηχανισμοί ελέγχου συμφόρησης πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Αυτό το τελευταίο πρόβλημα έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα ενοχλητικό όταν επιχειρείς να στείλεις δεδομένα σε ασύρματες συνδέσεις. Βελτιώσεις στην ασύρματη τεχνολογία αρχίζουν τώρα να προσφέρουν εξοπλισμό για επίλυση του προβλήματος. Δύο προσεγγίσεις υπάρχουν στην αποκατάσταση απώλειας πακέτων. Αυτές είναι η ενεργός αποκατάσταση (ή αναμετάδοση) και ενεργητική αποκατάσταση (ή μπροστινή διόρθωση σφάλματος- FEC). Στην πρώτη περίπτωση, ο δέκτης δηλώνει τα χαμένα πακέτα στον πομπό, τα οποία τα στέλνουν εκ νέου. Στην δεύτερη περίπτωση, δεν υπάρχει καμία επικοινωνία με τον πομπό και τα χαμένα πακέτα ανακτώνται χρησιμοποιώντας τις τεχνικές διορθώσεων σφάλματος.

Παρακάτω περιγράφονται οι περιορισμοί του QoS που εμφανίζονται στο IPTV και μερικοί τρόποι επίλυσης αυτών των προβλημάτων:

Το κλειδί για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων πακέτων είναι να παρασχεθούν οι ουρές αναμονής σε κάθε δρομολογητή και μεταγωγέα στο δίκτυο για να λειάνει τις στιγμιαίες απαιτήσεις εύρους ζώνης σε μια βιώσιμη μέση ζήτηση. Οι προσωρινοί χώροι κρατούν τα πακέτα για ένα μικρό χρονικό διάστημα, και η ποιότητα δικτύων των υπηρεσιών (QoS) υπαγορεύει πώς τα πακέτα αφαιρούνται από τις ουρές αναμονής και στέλνονται στο δίκτυο. Επίσης το QoS είναι υπεύθυνο να αποφασίσει για το ποια πακέτα είναι ικανά να εισέλθουν στο δίκτυο και ποια πρέπει να απορριφθούν. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα παράδειγμα απλών ουρών στο δίκτυο.



Σχήμα6.1: Ουρές στο δίκτυο IP

Δυστυχώς, οι ουρές αναμονής είναι πεπερασμένα στοιχεία και μπορούν εύκολα να γεμίσουν, ακόμα κι αν το προς τα κάτω εύρος ζώνης είναι παραπάνω από επαρκές να χειριστεί τα εισερχόμενα δεδομένα. Εάν παραδείγματος χάριν πάρα πολλά πακέτα φθάνουν ταυτόχρονα σε έναν δρομολογητή (ριπές πακέτων), η ουρά αναμονής μπορεί να γεμίσει ακόμα κι αν το διάστημα interpacket είναι αρκετά μεγάλο ώστε να επιτρέπει στην ουρά αναμονής να αδειάσει μεταξύ των εκρήξεων. Εάν η ουρά αναμονής είναι αρκετά μεγάλη για να κρατήσει τέτοιες ταυτόχρονες αφίξεις, τότε τα πακέτα που περνούν μέσω των ουρών μπορούν να υποστούν σημαντικές καθυστερήσεις όπως η αναμονή στην ουρά μέχρι να αδειάσει. Επίσης, τα εξερχόμενα πακέτα θα είναι συγκεντρωμένα στις εκρήξεις, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν υπερχειλίσεις στην ουρά αναμονής του επόμενου κόμβου.

Οι καθυστερήσεις που προκαλούνται με τη χρησιμοποίηση των μεγάλων ουρών αναμονής μπορούν επίσης να οφείλονται στις αφίξεις πακέτων εκτός σειράς στον προορισμό όταν τα διαδοχικά πακέτα παίρνουν διαφορετικά μονοπάτια μέσω του δικτύου. Ο τηλεοπτικός αποκωδικοποιητής στον προορισμό μπορεί να αλλάξει ακολουθία στα πακέτα με το κράτημα των πακέτων στην εσωτερική ουρά αναμονής του, για να αναμείνει τις καθυστερημένες αφίξεις, αλλά και εκείνη η ουρά αναμονής έχει επίσης τα όριά της. Εάν εκείνη η ουρά αναμονής εκκενωθεί στο σημείο όπου το πρόσφατο πακέτο πρέπει να έχει τοποθετηθεί, εκείνο το πρόσφατο πακέτο θα χαθεί. Εάν ο αποκωδικοποιητής δεν κάνει καμία προσπάθεια να αλλάξει ακολουθία στα πακέτα, τότε ρίχνει όλα τα πακέτα εκτός ακολουθίας.

Το κλειδί για την παροχή των αξιόπιστων συρμών τηλεοπτικών δεδομένων, είναι να ελεγχθεί το "burstiness" και οι καθυστερήσεις των πακέτων μέσω του δικτύου. Δυστυχώς, οι παραδοσιακές μετρήσεις δικτύων όπως το πρωτόκολλο σε πραγματικό χρόνο (RTP) παρέχουν μόνο τις μέσες τιμές για το jitter (η παραλλαγή στους χρόνους παράδοσης πακέτων) και το ποσοστό απώλειας πακέτων. Δεν παρέχουν αρκετή διορατικότητα στο που και στο πώς τα προβλήματα εμφανίζονται.

Μια από τις σημαντικότερες ανησυχίες για τους προμηθευτές IPTV που παραδίδουν βίντεο στους συνδρομητές μέσα από τις γραμμές χαλκού είναι το ποσό γενικών σφαλμάτων γραμμών που μπορούν να εμφανιστούν σε αυτές τις γραμμές πρόσβασης συνδρομητών (παραδείγματος χάριν, DSL). Οι περισσότεροι προμηθευτές έχουν χτίσει έτσι τα δίκτυά τους ώστε να παραδώσουν απώλεια πακέτων 10-e4 στις ευρυζωνικές γραμμές πρόσβασης των συνδρομητών τους. Αυτά τα δίκτυα πρόσβασης επεκτάθηκαν αρχικά για να υποστηρίξουν τις υπηρεσίες HSI που είναι πιο ανεκτικές στην απώλεια πακέτων και μπορούν να εκμεταλλευθούν τα χαρακτηριστικά αναμετάδοσης TCP.

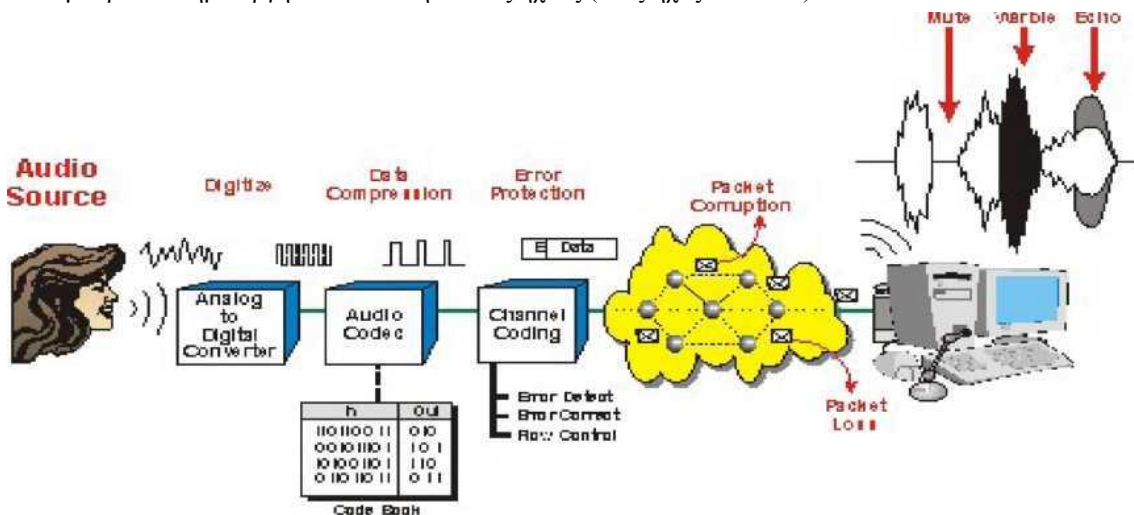
Όπως αναφέρεται νωρίτερα, το ποιοτικό βίντεο δεν είναι καθόλου ανθεκτικό στις απώλειες πακέτων και απαιτεί μια απώλεια πακέτων 10^{-6} που παραδίδονται στον τηλεοπτικό αποκωδικοποιητή και παραλαμβάνεται στο STB ή άλλη τηλεοπτική συσκευή αποκωδικοποίησης. Τα σφάλματα bit στις γραμμές πρόσβασης προκαλούν πραγματικά τη σημαντική απώλεια πακέτων. Στην πραγματικότητα, τα σφάλματα γραμμών DSL με BER 10^{-6} είναι μερικά μεγέθη κάτω από την επιθυμητή απόδοση για την υψηλής ποιότητας τηλεοπτική παράδοση. Υπό αυτήν τη μορφή, αυτά τα σφάλματα γραμμών περιορίζουν την επέκταση του υψηλής ποιότητας βίντεο σε ένα ποσοστό των διαθέσιμων βρόγχων πρόσβασης προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις απώλειας πακέτων. Ακόμα κι αν η αγορά διαβεβαιώνει για την παροχή υπηρεσιών IPTV, ο χειριστής διατρέχει ακόμα τον κίνδυνο σφαλμάτων των γραμμών DSL προκαλώντας την ποιοτική υποβάθμιση σε πολλούς από τους βρόγχους, το οποίο μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της θερμοκρασίας, της υγρασίας, ή του διαλείποντος θορύβου και μπορεί να έχει επιπτώσεις στη γενική τηλεοπτική εμπειρία.

Δεδομένου ότι το εύρος ζώνης που απαιτείται για την ελάχιστη ποιότητα TV είναι σχετικά υψηλό (κανονικά μεταξύ 2 και 4 Mbps στην περίπτωση του βίντεο Mpeg-2) σε σύγκριση με το ευρυζωνικό διαδίκτυο, η προσιτότητα της TV είναι πιο περιορισμένη από την παρούσα προσιτότητα των ευρυζωνικών συνδέσεων με το διαδίκτυο. Οι χειριστές μπορούν να χειριστούν αυτό το πρόβλημα με διαφορετικούς τρόπους. Μπορούν να μειώσουν την ποιότητα της TV σε ένα κατώτατο επίπεδο με τη μείωση του bitrate αλλά να διατηρήσουν την τεχνολογία κωδικοποίησης (όπως Mpeg-2). Μπορούν να αναβαθμίσουν τα δίκτυά τους με την εισαγωγή των αποδοτικότερων τεχνολογιών μετάδοσης (π.χ. ADSL2+ ή ακόμα και VDSL) αλλά αυτές οι βελτιώσεις απαιτούν σημαντικές επενδύσεις και χρόνο.

Η καλύτερη λύση είναι όμως είναι η χρησιμοποίηση των πιο προηγμένων σχεδίων κωδικοποίησης όπως το Mpeg-4/H.264 ή VC-1 που υπολογίζεται ότι μπορούν να επιτύχουν την ίδια υποκειμενική τηλεοπτική ποιότητα με μόνο 50% του bitrate που απαιτείται από MPEG-2.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τις επιπτώσεις που έχουν οι απώλειες πακέτων στον ήχο. Τα ηχητικά σήματα μεταλλάσσονται, συμπιέζονται και προστατεύονται από λάθη με την κωδικοποίηση πριν από τη μετάδοση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μετάδοσης, μερικά πακέτα χάνονται ή αλλοιώνονται. Η απώλεια πακέτων μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινή ελάττωση του ηχητικού σήματος.

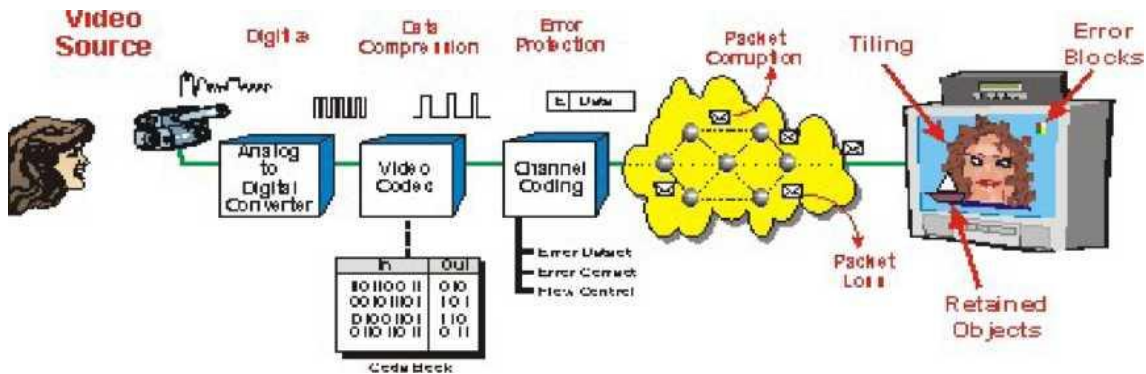
Επειδή η διαδικασία συμπίεσης στοιχείων αντιπροσωπεύει τους ήχους από τους διαφορετικούς κώδικες σε ένα codebook, η καταστροφή πακέτων οδηγεί στη δημιουργία ενός διαφορετικού αλλαγμένου ήχου από τον ήχο που διαβιβάστηκε προηγουμένως. Όταν υπάρχει σημαντική καταστροφή δεδομένων, αυτό μπορεί να δημιουργήσει σε ασυνήθιστους ήχους (ένας ήχος "warble").



Εικόνα 6.1: Επιπτώσεις απώλειας πακέτων στον ήχο [Πηγή: <http://althosbooks.com/>]

Το σχήμα παρακάτω δείχνει ότι η επιλογή της συσκευής πρόσβασης μπορεί επίσης να έχει επιπτώσεις στη λειτουργία και την ποιότητα τηλεοπτικών υπηρεσιών IP. Σε αυτό το παράδειγμα, μια πρότυπη τηλεόραση που έχει έναν τηλεοπτικό μετασχηματιστή IP (αναλογικός τηλεοπτικός προσαρμοστής) και έναν υπολογιστή lap-top εμφανίζει ένα τηλεοπτικό κανάλι μέσω ενός κεντρικού υπολογιστή μέσω του διαδικτύου. Ο αναλογικός τηλεοπτικός προσαρμοστής σχεδιάζεται για να εκτελέσει μια λειτουργία, εμφανίζοντας τηλεοπτικές υπηρεσίες IP και έχει πάντα τους πόρους (δύναμη

επεξεργασίας) για να το κάνει αυτό. Δυστυχώς, ο υπολογιστής lap-top είναι μια συσκευή για πολλές χρήσεις που τρέχει αυτήν την περίοδο διάφορες εφαρμογές (επεξεργαστής λέξεων, υπολογισμός με λογιστικό φύλλο (spreadsheet), και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο). Όταν ο υπολογιστής lap-top λαμβάνει αυτό το τηλεοπτικό κανάλι, οι άλλες διαδικασίες μπορούν να αναγκάσουν τον ήχο και το βίντεο να γίνουν κάπως διαστρεβλωμένα ή οι προκύπτουσες καθυστερήσεις μπορούν να καταστρέψουν τη σύνδεση μέσω.



Εικόνα 6.2: Επιπτώσεις απώλειας πακέτων στην ποιότητα εικόνας [Πηγή: <http://althosbooks.com>]

Η περιορισμένη ικανότητα του δικτύου πρόσβασης DSL, που περιορίζεται συχνά σε 1 Mbps ή κατωτέρω, είναι ο κύριος περιορισμός για την εισαγωγή της HDTV, δεδομένου ότι το τελευταίο απαιτεί περισσότερο εύρος ζώνης από την πρότυπη TV (SDTV). Η χρήση των προηγμένων σχεδίων κωδικοποίησης μπορεί να βοηθήσει να διευκολύνει αυτό το πρόβλημα. Το πρόβλημα εύρους ζώνης γίνεται ακόμα σοβαρότερο εάν περισσότερα από ένα σήματα TV απαιτούνται για ένα σπίτι. Μια τέτοια ανάγκη μπορεί να προκύψει εάν υπάρχουν πολλές TV σε ένα σπίτι (π.χ. ένα στο καθιστικό και άλλο στην κρεβατοκάμαρα ενός παιδιού), και κάθε μια ζητά ένα διαφορετικό πρόγραμμα TV ταυτόχρονα.

Τέλος το μεγαλύτερο πρόβλημα που έχουν να αντιμετωπίσουν οι προμηθευτές του IPTV είναι η ποιότητα της εικόνας που λαμβάνει ο χρήστης καθώς μέχρι τώρα δεν υπάρχει τρόπος να βλέπουν οι προμηθευτές αν ο χρήστης λαμβάνει την ποιότητα της εικόνας που πρέπει να λάβει, δηλαδή αυτή που του στέλνει. Για το λόγο αυτό γίνονται σημαντικές προσπάθειες από τις εταιρίες ώστε να γίνει δυνατό να “βλέπουν” μέσα στο δίκτυο και να επιλύουν έγκαιρα αυτά τα προβλήματα. Μέχρι τώρα ο κυριότερος έλεγχος που κάνουν για τον σκοπό αυτό οι εταιρίες είναι σε βάθος έλεγχο και εξέταση του Mpeg συρμού πακέτων που στέλνουν στο χρήστη. Μια άλλη λύση που επιχείρησε μια από τις εταιρίες είναι ο δυναμικός έλεγχος και απομακρυσμένη ανίχνευση λαθών. Δεδομένου ότι η εταιρία κάλυψε μια μεγάλη περιοχή, χρειάστηκαν τα εργαλεία που θα επέτρεπαν τον απομακρυσμένο έλεγχο. Χρησιμοποίησαν το IneoQuestSingulus G1-T Videoover IP Monitoring and Analysis με το ευρετήριο παράδοσης MEDIA (5444) RFC στις απομακρυσμένες θέσεις για να ελέγξει τη μεταφορά των τηλεοπτικών δεδομένων που μπαίνουν σε αρκετούς από τους κρισιμότερους δρομολογητές τους.

Τα εργαλεία IneoQuest επεκτάθηκαν σε όλο το δίκτυο και η εταιρεία άρχισε να ελέγχει συνεχώς όλα τα δεδομένα ταυτόχρονα και σε πραγματικό χρόνο για οποιεσδήποτε ανωμαλίες. Όταν ο έλεγχος άρχισε, βρήκαν μια απώλεια 10 τοις εκατό σε έναν από τους συρμούς IPTV.

Η μέτρηση λήφθηκε χρησιμοποιώντας το ευρετήριο παράδοσης MEDIA(MDI) (RFC 4445) MLR(MediaLossRateMonitor). Αυτή η μέτρηση προσδιορίζει το ποσοστό απώλειας μέσω μέσα στο συρμό μεταφορών MPEG. Στην παρούσα διαμόρφωσή της, η εταιρία έχει μερικές εκατοντάδες μεταβλητού bitrate συρμούς IPTV που είναι το stream μεταφορών MPEG-2 που κωδικοποιείται. Είναι ουσιαστικό να ελεγχθεί όλο το βίντεο που στέλνεται μέσω IP για να είναι σε θέση ταυτόχρονα να προσδιορίσει ποιος συρμός είναι εξασθενημένος λόγω στην απώλεια πακέτων. Εάν ένα πακέτο IP χάνεται, ο μετρητής απώλειας μέσω θα αυξηθεί από μια αριθμηση 0-7 δεδομένου ότι υπάρχουν 7 πακέτα TPS σε ένα χαρακτηριστικό πλαίσιο IP.

Όταν η εταιρεία ανίχνευσε αυτήν την απώλεια δεν είχαν λάβει οποιεσδήποτε καταγγελίες πελατών - αφού, αν περιμένουν μέχρι να λάβουν το τηλεφώνημα με τα παράπονα μπορεί να είναι ήδη πάρα πολύ

αργά. Στην πραγματικότητα, το αποτέλεσμα απώλειας μέσω 10 τοις εκατό ήταν το αποτέλεσμα αρκετών γεγονότων απώλειας μέσω σε μερικές ώρες

Κατ' αρχάς, η εταιρεία έπρεπε να καθορίσει εάν τα πακέτα IP χάθηκαν ή εάν το τηλεοπτικό ωφέλιμο φορτίο ήταν ανακριβές πριν από την ενθουσία του στο δίκτυο IP. Ο έλεγχος του δικτύου στους κρίσιμους κόμβους ήταν σημαντικός ώστε απομονώσει το πρόβλημα. Η εταιρία τοποθέτησε ένα IneoQuestSingulus σε έναν κωδικοποιητή και ένα άλλο σε έναν διακόπτη συνάθροισης. Αυτό επέτρεψε στην εταιρεία να ελέγξει αρκετά κανάλια IPTV και να εξετάσει διαφορετικά σημεία στο δίκτυο.

Ήταν μια πρόκληση να ανακαλύψουν όχι μόνο το που η απώλεια θα εμφανιζόταν, αλλά και την αιτία του και πώς θα μπορούσε να καθοριστεί. Ήταν η απώλεια στο IP ή στο τηλεοπτικό δίκτυο; Κάθε συστατικό στο δίκτυο ήταν ύποπτο -- από τον κωδικοποιητή μέχρι τους δρομολογητές.

Εκτός από τη δημιουργία του πρωτοκόλλου δικτύων, το IneoQuestSingulus κατέγραψε το βίντεο MPEG-2 TS και τον ήχο για να επαναλάβει την προσδιορισμένη βλάβη για σκοπούς διόρθωσης καθώς και την περαιτέρω ανάλυση από τους κατασκευαστές εξοπλισμού.

6.5. Λόγοι απώλειας πακέτων, συνέπειες και λύσεις

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω το IPTV είναι πολύ ευαίσθητο στην απώλεια πακέτων και απαιτεί ένα σχεδόν χωρίς λάθη περιβάλλον για να δώσει άριστη ποιότητα υπηρεσιών.

Οι σύγχρονες μεταδόσεις πακέτων έχουν σαν συνέπεια τα ευρυζωνικά δίκτυα να έχουν άριστη απόδοση από την άποψη της εξαιρετικά χαμηλής αναλογίας απώλειας πακέτων και μια χαμηλή καθυστέρηση, αυτό όμως, δεν ισχύει για τα περισσότερα δίκτυα, όπου πακέτα ακόμα χάνονται ή καθυστερούν.

Ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην απώλεια πληροφοριών στα δίκτυα είναι η συμφόρηση και το BER που αναφέρθηκε παραπάνω. Δεδομένου ότι τα συμπιεσμένα πολυμέσα στηρίζονται συχνά στην “προφητική” κωδικοποίηση είναι λογικό να υποθεθεί ότι μερικά πακέτα πληροφοριών μπορούν να θεωρηθούν ως σημαντικότερα από άλλα πακέτα. Σε μια κατάσταση απώλειας πακέτων το αποτέλεσμα του χαμένου πακέτου μπορεί να ασκήσει διαφορετικές επιδράσεις ανάλογα με πόσο σημαντικό ήταν το πακέτο που χάθηκε. Στην κατάσταση συμφόρησης, μπορεί να υπάρξουν ευεργετικές επιπτώσεις για τον κόμβο δρομολόγησης ώστε να απορρίψει τα πακέτα με τη χαμηλή σημασία πρώτα. Εάν ένα πακέτο χαθεί είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πώς ο δέκτης είναι σε θέση να αντεπεξέλθει χωρίς να προκαλέσει πολύ σημαντικό πρόβλημα στο δίκτυο. Έχοντας αυτό στο μυαλό, είναι δυνατό να υποστηριχτεί ότι είναι σημαντικό να υπάρξουν οι μέθοδοι που είναι σε θέση να καταπολεμήσουν αυτήν την απώλεια πακέτων χαμηλής συχνότητας, η οποία προκαλείται συχνά από τη συμφόρηση.

Ένα άλλο ζήτημα στη διανομή IPTV είναι ο αυξανόμενος χρόνος αλλαγής καναλιών έναντι της αναλογικής τηλεοπτικής διανομής. Αυτό προκαλείται από διάφορους παράγοντες και στους οποίους ο χρόνος αναμονής μιας κατάλληλης εισόδου στον αποκωδικοποιητή πρέπει να θεωρηθεί ως ο μεγαλύτερος. Η μείωση του χρόνου αλλαγής καναλιών IPTV αποτελεί έναν σημαντικό τομέα της έρευνας IPTV.

Τα δυο αυτά ζητήματα αναλύονται παρακάτω:

1. Η ανθεκτικότητα σφάλματος στην τηλεοπτική μετάδοση: Στον τομέα της ανθεκτικότητας σφάλματος στην τηλεοπτική μετάδοση, τρεις διαφορετικές υποπεριοχές έχουν μελετηθεί:

Δεδομένου ότι ο βασικός λόγος για την απώλεια πακέτων είναι η συμφόρηση είναι λογικό να επιτραπεί στους δρομολογητές να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες σχετικά με τη σημασία των στοιχείων σε ένα πακέτο σε σχέση με άλλα πακέτα. Με την κατάταξη των πακέτων στις διαφορετικές κλάσεις ο δρομολογητής μπορεί, σε μια κατάσταση συμφόρησης να επιλέξει να απορρίψει τα πακέτα με τη χαμηλότερη σημασία προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί πρώτα η επίδραση στην ποιότητα του αποκωδικοποιημένου τηλεοπτικού βίντεο.

Όταν χάνεται ένα πακέτο θα επηρεαστεί πιθανώς το αποκωδικοποιημένο αποτέλεσμα άλλων πακέτων λόγω της χρήσης της προφητικής κωδικοποίησης. Είναι σημαντικό να σταματήσει αυτή η διάδοση σφάλματος όσο το δυνατόν νωρίτερα.

2. Αλλαγή Καναλιών:

Η χρήση της προφητικής κωδικοποίησης και το διάστημα των βασικών πλαισίων (σημεία πρόσβασης π.χ. τυχαία), έχει επιρροή στο χρόνο αλλαγής καναλιών. Είναι μεγάλου ενδιαφέροντος να

μειωθεί ο χρόνος αλλαγής καναλιών χωρίς συμβιβασμό στην απόδοση συμπίεσης. Αν οι χρόνοι αλλαγής καναλιών είναι κάτω από 0,5 δευτερόλεπτο είναι αποδεκτοί, ενώ αν είναι πάνω από 0,5 δευτερόλεπτο θεωρούνται ενοχλητικοί. Η γρήγορη αλλαγή καναλιών (FCC) περιγράφει τις τεχνικές που επιτρέπουν τις γρήγορες αλλαγές μεταξύ των κωδικοποιήσεων των διαφορετικών συρμών δεδομένων. Το ακόλουθο παράδειγμα είναι μια καλή αντιπροσώπευση ενός εναλλάκτη καναλιών IPTV. Ο πελάτης IP-STB λαμβάνει την αλλαγή καναλιών με τη βοήθεια ενός αιτήματος χρήστη (ένας χρήστης πατά ένα κουμπί στο τηλεκοντρόλ). Αυτός ο συρμός δεδομένων πολυμέσων αφήνεται με τη διανομή ενός μηνύματος άδειας IGMP στον κοντινότερο δρομολογητή. Αμέσως ο νέος συρμός συνδέεται με την έκδοση ενός μηνύματος IGMP στον κοντινότερο δρομολογητή. Ο πελάτης IP-STB αναμένει τώρα τα πακέτα από το νέο συρμό, αλλά ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του συρμού στο δρομολογητή και την δρομολόγηση πολλαπλής διανομής που χρησιμοποιείται σε αυτή την διαδικασία αυτό μπορεί να καταναλώσει ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Εντούτοις, εάν ο συρμός είναι διαθέσιμος ο χρόνος αναμονής θεωρείται μικρός. Όταν τα πακέτα φθάνουν στον πελάτη IP-STB αρχίζει η διαδικασία αποκωδικοποίησης, με τον προσδιορισμό του συρμού και την έρευνα για μια κατάλληλη θέση συρμών. Αυτή η θέση αναγνωρίζεται ως τυχαίο σημείο πρόσβασης (RAP). Τα συμπίεσιμα ηχητικά δεδομένα έχουν γενικά, συχνότερο RAP όταν συγκρίνονται με το συμπίεσιμο βίντεο. Ανάλογα με την απόσταση RAP ο χρόνος αναμονής μπορεί να κυμανθεί από μηδέν ως ένα μη αμελητέο ποσό. Όταν ο συρμός παραλαμβάνεται, ο χρήστης IP-STB αποθηκεύει τις πληροφορίες και αρχικοποιεί το υλικό. Όταν το IP-STB αρχικοποιείται ο αποκωδικοποιητής μπορεί να αρχίσει να αποκωδικοποιεί το συρμό. Ανάλογα με τον αριθμό αμφίδρομων παισιών που χρησιμοποιούνται μπορεί να υπάρξει ένας πρόσθετος χρόνος αποθήκευσης προτού να παρουσιαστεί η εικόνα. Για να αποφευχθεί η ευαισθησία στις γρήγορες αλλαγές καναλιών που προκαλείται από το ποσοστό jitter είναι σοφό να δημιουργηθεί ένας προσωρινός χώρος de-jitter για να καταπολεμηθεί αυτόν τον όρο. Ο χρόνος του προσωρινού χώρου de-jitter εξαρτάται από διάφορους παράγοντες αλλά δεν μπορεί να αγνοηθεί κατά τον υπολογισμό του χρόνου αλλαγής καναλιών.

3. Άλλοι λόγοι καθυστέρησης καναλιών είναι:

Καθυστέρηση απόκτησεων παισιών-ι αφού για να μειώσουν το ποσό εύρους ζώνης που απαιτείται για την ψηφιακή τηλεοπτική μετάδοση, οι μέθοδοι συμπίεσης όπως η MPEG διατυπώνουν τα τηλεοπτικά πλαίσια ενός ψηφιακού τηλεοπτικού συρμού στους διάφορους τύπους τυποποιημένων παισιών MPEG. Αυτοί οι τύποι παισιών είναι γνωστοί σαν πλαίσια-ι, πλαίσια-ρ, και πλαίσια-β, αναλόγως του τύπου πρόβλεψης παισιών MPEG που χρησιμοποιείται στην εκτέλεση της κωδικοποίησής τους. Τα πλαίσια-ι δεν στηρίζονται στα προηγούμενα ή μελλοντικά πλαίσια για την κωδικοποίηση. Μια ομάδα εικόνων (GOP) είναι μια συλλογή αυτών των παισιών MPEG (χαρακτηριστικά 12 έως 15 πλαίσια). Η καθυστέρηση των παισιών-ι είναι ανάλογη προς το μέγεθος του GOP. Στη χαρακτηριστική ψηφιακή μετάδοση, αυτή η καθυστέρηση είναι περίπου 0,5 δευτερόλεπτο. Τα συστήματα IPTV τείνουν να έχουν τη μεγαλύτερη καθυστέρηση παισιών-ι λόγω της υψηλότερης συμπίεσης που χρησιμοποιούν για να μειώσουν το bitrate, το οποίο αυξάνει το μέγεθος του GOP. Η καθυστέρηση των παισιών-ι είναι ο πιο προεξέχων παράγοντας στην καθυστέρηση αλλαγής καναλιών. Καθυστέρηση απόκτησης της υπό όρους-πρόσβασης-συστημάτων (CAS). Σε ένα χαρακτηριστικό CAS, η κρυπτογράφηση των ψηφιακών υπηρεσιών μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση των μηνυμάτων ελέγχου εξουσιοδότησης (ECMs) και EMMs. Ένα STB πρέπει να λάβει και να αποκρυπτογραφήσει σωστά το ECM και το EMM προκειμένου να παραχθούν τα τελικά κλειδιά που απαιτούνται για να αποκρυπτογραφήσουν ένα ιδιαίτερο τηλεοπτικό συρμό. Τα ECM έχουν τις λέξεις ελέγχου που περιέχουν τα κλειδιά που απαιτούνται για να αποκρυπτογραφήσουν ένα συρμό MPEG. Το STB πρέπει να αποκτήσει το σχετικό ECM προτού μπορέσει να αποκρυπτογραφήσει το συρμό MPEG και να παρουσιάσει το βίντεο. Αυτή η βασική καθυστέρηση απόκτησης CAS μπορεί επίσης να αυξήσει την καθυστέρηση αλλαγής καναλιών.

Η γρήγορη αλλαγή καναλιών είναι μια μάλλον ευρεία έννοια και μπορεί να περιλάβει διάφορες τεχνικές. Αυτές οι τεχνικές που εφαρμόζονται εξαρτώνται συνήθως από την υποδομή των δικτύων. Παραδείγματος χάριν, καθορίζεται ο "zapping χρόνος καναλιών" όπου περιλαμβάνονται μόνο οι καθυστερήσεις σχετικές με το δίκτυο αλλά δεν αναφέρονται οι καθυστερήσεις που εισάγονται από την απόκτηση RAP ή οι διάφοροι χρόνοι προσωρινής αποθήκευσης. Μελετητές προτείνουν ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ένα συρμό χαμηλότερης ποιότητας. Η ιδέα μοιάζει σε πολλές περιπτώσεις, με το σύστημα SFCS. Εντούτοις, οι μελετητές προτείνουν ότι ένας συρμός χαμηλής ποιότητας πρέπει να πολλαπλασιαστεί μαζί με τον κανονικό συρμό κατόπιν αιτήσεως. Οι δύο συρμοί πρέπει έπειτα να διαβιβαστούν και να αποδιαλωθούν και να συνδεθούν στον αποκωδικοποιητή. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί ο εξοπλισμός πολυπλεξίας να βρίσκεται κοντά στο χρήστη, π.χ. ένα DSLAM.

Η εισαγωγή του H.264 ως μελλοντική τηλεοπτική μορφή κωδικοποίησης για IPTV καθιστά πιθανή την κωδικοποίηση του υλικού με μεγάλες αποστάσεις πλαισίων χωρίς τον κίνδυνο για σφάλματα. Η αυξανόμενη απόσταση πλαισίων έχει ένα μειονέκτημα. Στην προσπάθεια να αποκωδικοποιηθεί ένα τέτοιο ρεύμα ο αποκωδικοποιητής πρέπει να απορρίψει όλα τα πλαίσια έως ότου φθάσει ένα κωδικοποιημένο πλαίσιο. Οι γρήγορες τεχνικές αλλαγής καναλιών ξεετάζουν αυτό το πρόβλημα. Η FCC είναι ακόμα αρκετά ένας νέος ερευνητικός τομέας και υπάρχει ακόμα πολλή έρευνα που πρέπει να γίνει.

- Ένα από τα κίνητρα για να χρησιμοποιήσουν τις γρήγορες τεχνικές αλλαγής καναλιών είναι η μείωση της κατανάλωσης εύρους ζώνης. Επομένως είναι μεγάλου ενδιαφέροντος να ερευνηθούν οι μέθοδοι για να υπολογιστεί η κατανάλωση εύρους ζώνης που προκαλείται από τις τεχνικές γρήγορης αλλαγής καναλιών.
- Ο αρχικός σκοπός μιας γρήγορης τεχνικής αλλαγής καναλιών είναι να μειωθεί ο χρόνος κατά την αλλαγή των καναλιών. Ο υπολογισμός του χρόνου και οι επιπτώσεις που συνδέονται με το εύρος ζώνης είναι μεγάλου ενδιαφέροντος.
- Όταν συνδέονται δύο stream από διαφορετικές κωδικοποιήσεις υπάρχει ένας κίνδυνος να υπάρξουν ποιοτικές διαστρεβλώσεις που προκαλούνται από τις διαφορές στις εικόνες αναφοράς. Οι μέθοδοι για να μειώσουν ή να αφαιρέσουν αυτήν τη διαστρέβλωση είναι μεγάλου ενδιαφέροντος.

6.6. Παράμετροι του QoS για το IPTV

Για την εξασφάλιση της επιτυχίας του IPTV οι φορείς παροχής υπηρεσιών πρέπει να προσφέρουν καλύτερη ποιότητα από αυτήν της κλασσικής τηλεόρασης. Η αλλοίωση του λαμβανομένου IPTV σήματος προκαλείται κυρίως από τη μεταβολή της παραμέτρου “one-way-delay”. Ένα δίκτυο ικανό να διασφαλίσει ένα επίπεδο QoS είναι το κύριο βήμα για την πρόσφορα της υπηρεσίας IPTV.

- Το QoS χειρίζεται ένα σύνολο από παραμέτρους όπως :
- το εύρος ζώνης,
- “one-way-delay”
- διακύμανση καθυστέρησης
- απώλειες πακέτων όταν αναφέρεται σε ένα κανάλι επικοινωνίας.

Ποιότητα των υπηρεσιών σημαίνει την ικανότητα ενός δικτύου να προσφέρει καλύτερες υπηρεσίες για ένα επιλεγμένο μέρος της κυκλοφορίας. Υπάρχουν μηχανισμοί ελέγχου που προσφέρουν διαφορετικές προτεραιότητες για ορισμένους χρήστες ή για ένα μέρος των δεδομένων κυκλοφορίας, ή εγγυώνται κάποια επίπεδα ποιότητας ανάλογα με τον τύπο αίτησης. Το κύριο ενδιαφέρον του QoS είναι να εξασφαλιστεί μια προτεραιότητα για τη φασματική κατανομή, τον έλεγχο απόκλισης και καθυστέρησης, μειώνοντας το ποσοστό της απώλειας πακέτων. Για εφαρμογή πραγματικού χρόνου όπως το IPTV και VoIP ένα εγγυημένο επίπεδο QoS είναι πολύ σημαντικό, διότι αυτά είναι εφαρμογές CBR (ConstantBitRate) και είναι ευαίσθητες στη χρονο – καθυστέρηση. Η τεχνολογία QoS φέρνει νέα στοιχεία τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε όλους τους τύπους των δικτύων.

Παράμετροι QoS είναι οι παράμετροι μετάδοσης που επηρεάζουν την ποιότητα της υπηρεσίας, από την εφαρμογή που χρησιμοποιεί την υπηρεσία αυτή, ακόμα και αν είναι μόνο μια μεταφορά δεδομένων ή μια μετάδοση σε πραγματικό χρόνο. Οι παράμετροι QoS για μετάδοση σε πραγματικό χρόνο είναι:

TRAFFIC RATE (ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ):

Γνωρίζοντας τον ρυθμό μετάδοσης μπορούμε να επαληθεύσουμε εάν ένα δίκτυο με μια ορισμένη ικανότητα μπορεί να αντέξει αυτό το είδος της μετάδοσης. Για τον υπολογισμό του ρυθμού μετάδοσης υπολογίστηκαν όλα τα bytes που σταλήθηκαν αλλά και τη διάρκεια της μετάδοσης. Διαιρώντας τον αριθμό των bytes με τη διάρκεια μετάδοσης βρίσκουμε το ρυθμό μετάδοσης.

$$Traffic_{Rate} = \frac{Total_{Bytes}}{Transmission_{Duration}} [bps]$$

ONE-WAY-DELAY (ΜΟΝΟΔΡΟΜΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ):

Είναι η καθυστέρηση που εισάγεται από τη μετάδοση των πακέτων από την πηγή στον προορισμό. Η παράμετρος αυτή εξαρτάται από πολλά στοιχεία, όπως ο αριθμός των κόμβων για να περάσει προς τον προορισμό, η κυκλοφορία του δικτύου, πρωτόκολλα δρομολόγησης. Για τη μέτρηση της παραμέτρου αυτής είναι σημαντικό να εξασφαλισθεί ο συγχρονισμός μεταξύ του διακομιστή και του δέκτη. Αν οι δύο μηχανές δεν είναι συγχρονισμένες ο υπολογισμός της παραμέτρου δεν είναι σωστή.

$$One_{WayDelay} = \frac{delay1 + delay2 + \dots + delayN}{N} [s]$$

JITTER (ΑΠΟΚΛΙΣΗ):

Τα πακέτα που αποστέλλονται μπορούν να φτάσουν στον προορισμό ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές, ώστε η καθυστέρηση των πακέτων μπορεί να διαφέρει. Jitter είναι οι παραλλαγές της καθυστέρησης των πακέτων και είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος για μετάδοση σε πραγματικό χρόνο απόκλιση μεταξύ πακέτων, δηλαδή το jitter ορίζεται εντός του τύπου:

$$Jitter = \frac{|Jitter1| + |Jitter2| + \dots + |JitterN|}{N} [s]$$

NUMBER OF LOST PACKETS (ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΑΜΕΝΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ) :

Στο δρόμο του από την πηγή στον προορισμό ένα πακέτο μπορεί να χαθεί ή να εξαλειφθεί από ένα router, αν το buffer του δρομολογητή είναι πλήρης ή αν το πακέτο είναι κατεστραμμένο. Η εξάλειψη των πακέτων εξαρτάται μόνο από την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου, και δεν μπορεί να προβλεφθεί. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό αυτής της παραμέτρου ταχτοποιηθεί κάθε πακέτο το οποίο αποστέλλεται από το διακομιστή και πάγνει το πακέτο στη ληφθείσα λίστα πακέτων.

NUMBER OF REORDERED PACKETS (ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ):

Όταν τα περισσότερα πακέτα αποστέλλονται σε μια συγκεκριμένη σειρά από μια εφαρμογή, στην πλευρά λήψης μπορούν να φτάσουν εκτός τάξης, λόγω των πιθανών διαφορετικών δρόμων που επιλέγονται από τους δρομολογητές. Στον τόπο προορισμού πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλο πρωτόκολλο για την αναδιάρθρωση των πακέτων. Αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική, ιδιαίτερα για τις μεταδόσεις βίντεο και εφαρμογές VoIP, όπου η ποιότητα επηρεάζεται περισσότερο από την καθυστέρηση. Για τον υπολογισμό του αριθμού των αναδιατεταγμένων πακέτων είναι αναγκαίο να αναγνωριστεί κάθε πακέτο που αποστέλλεται και λαμβάνεται. Ένας ορισμός για την ανακατάταξη πακέτων είναι ο εξής: ένα πακέτο θεωρείται αναδιατεταγμένο εάν ο αύξων αριθμός του πακέτου είναι μικρότερος από αυτόν του προηγούμενου ληφθέντος πακέτου. Χρησιμοποιούμε τον αύξοντα αριθμό RTP των πακέτων για κάθε θύρα UDP που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της μετάδοσης.

NUMBER OF DUPLICATED PACKETS (ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΠΛΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ):

Μετρώντας τον αριθμό των διπλών πακέτων είναι ένας τρόπος επαλήθευσης της διαμόρφωσης του δικτύου. Όταν εμφανίζονται δίπλα πακέτα αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν κάποια σφάλματα διαμόρφωσης στο δίκτυο ή κάποιες συσκευές είναι ελαττωματικές. Ο αλγόριθμος που εφαρμόζεται είναι παρόμοιος με αυτόν που χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση των αναδιατεταγμένων πακέτων.

NUMBER OF CORRUPTED PACKETS (ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ):

Κατά τη διαβίβαση πακέτων μέσω του δικτύου μερικά κομμάτια μπορεί να καταστραφούν. Αυτά τα λάθη δεν επηρεάζουν πάρα πολύ την ποιότητα όσο ο αριθμός των κατεστραμμένων κομματιών είναι μικρός. Μπορούμε να υπολογίσουμε το PER (PacketErrorRate) όπως στον τύπο. Για να καταλάβουμε εάν ένα πακέτο είναι κατεστραμμένο ή όχι συγκρίνουμε το πεδίο δεδομένων κάθε πακέτου στον αποστολέα και στο δέκτη.

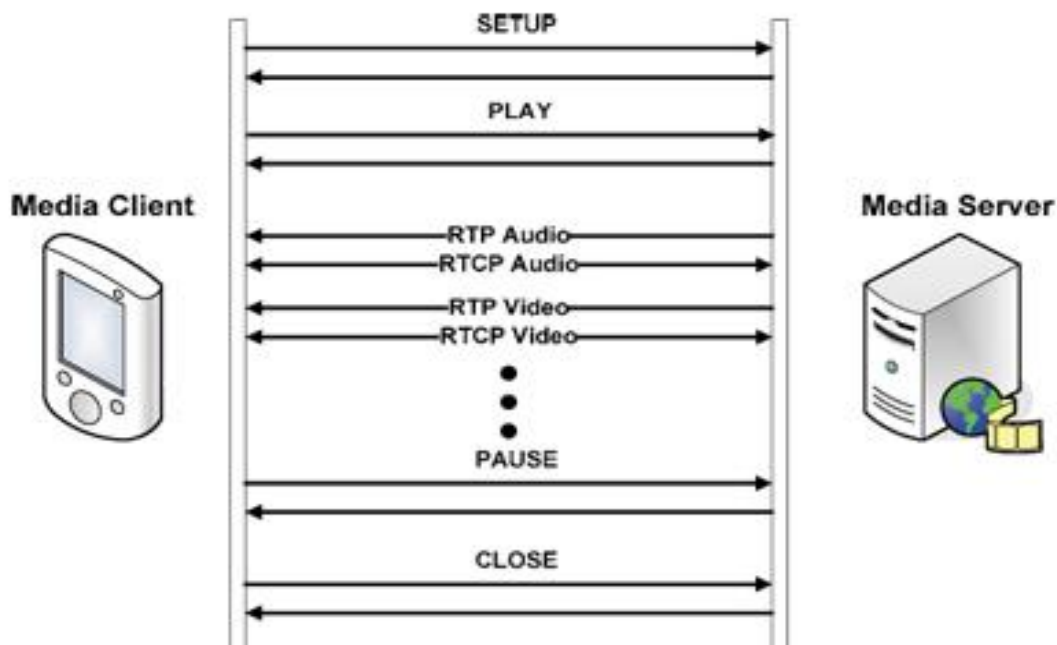
$$PER = \frac{Number_{corrupted\ packets}}{Number_{received\ packets}} \times 100\%$$

START DELAY FOR VoD SERVER (ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ START ΓΙΑ ΔΙΑΚΟΜΙΣΤΗ VoD) :

Αυτή μετράται στο δέκτη (δηλαδή στον πελάτη) και αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το πρώτο πακέτο TCP, το οποίο περιέχει σηματοδότηση, αποστέλλεται από τον πελάτη μέχρι τη στιγμή που το πρώτο πακέτο RTP, που εκδίδεται από τον server και περιέχει δεδομένα τα οποία έχουν ζητηθεί, ληφθεί στο προορισμό. Αυτή η παράμετρος υπολογίζεται μόνο για VoD μεταδόσεις.

PAUSE /RESUME DELAY FOR THE VoD SERVER (ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΠΑΥΣΗΣ/ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ VoD ΔΙΑΚΟΜΙΣΤΗ) :

Η VoD μετάδοση χρησιμοποιεί RTSP που δίνει τον έλεγχο ροής στο δέκτη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αναστείλει τη ροή και να την ξεκινήσει αργότερα ή μπορεί να κινηθεί προς τα εμπρός και προς τα πίσω μέσα στη ροή πολυμέσων, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 6.3: Παράδειγμα ενός RTSP session [Πηγή: <http://www.edn.com>]

6.6.1. Επίδραση καθυστέρησης

Η καθυστέρηση από τον αποστολέα στον παραλήπτη (end-to-end delay) είναι το σύνολο των επιμέρους καθυστερήσεων μετάδοσης, επεξεργασίας και αναμονής στις ουρές των δρομολογητών, των

καθυστερήσεων μετάδοσης στις συνδέσεις και των καθυστερήσεων που οφείλονται στην επεξεργασία που λαμβάνει χώρα στα δύο επικοινωνούντα συστήματα. Για διαδραστικές εφαρμογές μετάδοσης βίντεο, καθυστερήσεις μικρότερες από 120 ms δεν γίνονται αντιληπτές από τον τηλεθεατή ενώ καθυστερήσεις μεταξύ 120 ms και 150 ms μπορεί να είναι αποδεκτές αλλά δεν αντιπροσωπεύουν την ιδανική κατάσταση. Καθυστερήσεις οι οποίες υπερβαίνουν τα 150 ms έχουν σοβαρή αρνητική επίδραση στην μετάδοση. Τυπικά, η πλευρά του παραλήπτη απορρίπτει, οποιαδήποτε πακέτα καθυστερούν περισσότερο από μια συγκεκριμένη τιμή κατωφλίου π.χ. πάνω από 150 ms. Τα πακέτα που καθυστερούν να φτάσουν στον προορισμό περισσότερο από αυτή την τιμή κατωφλίου, ουσιαστικά χάνονται. Το μέσο μέγεθος πακέτου για βίντεο είναι περίπου 800 με 1500 bytes ενώ για φωνή αρκετά μικρότερο. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος μεταφοράς για ένα πακέτο φωνής είναι μικρότερος του βίντεο διότι οι ενδιάμεσοι routers/switches δίνουν προτεραιότητα σε μικρότερα πακέτα σε περιπτώσεις συμφόρησης δικτύου.

Καθυστέρηση	Επίδραση στην αντιληπτή ποιότητα
<120 ms	Μη ανιχνεύσιμη καθυστέρηση
120-150 ms	Αποδεκτή ποιότητα, παρατηρείται μικρή καθυστέρηση ή υστέρηση
>150 ms	Μη αποδεκτή καθυστέρηση, αδυναμία φυσιολογικής παρακολούθησης.

Πίνακας 6.1: Καθυστέρηση και επίδραση στην αντιληπτή ποιότητα.

6.6.2. Επίδραση διακύμανσης καθυστέρησης (jitter)

Ένα σημαντικό συστατικό της καθυστέρησης από τον αποστολέα στον παραλήπτη είναι οι τυχαίες καθυστερήσεις στις ουρές των δρομολογητών. Επειδή αυτές οι καθυστερήσεις είναι μεταβαλλόμενες, ο χρόνος που μεσολαβεί από την στιγμή που παράγεται ένα πακέτο στην προέλευση μέχρι να παραληφθεί στον προορισμό μπορεί να διαφοροποιείται από πακέτο σε πακέτο. Το φαινόμενο αυτό αποκαλείται διακύμανση της καθυστέρησης (jitter) και όπως προαναφέραμε, στο IPTV το jitter μπορεί να παραμεληθεί, δεδομένου ότι τα μεγέθη απομονωτών (buffer) στους δέκτες IPTV είναι μεγάλα έναντι των σχετικά μικρών διαφορών στους χρόνους άφιξης πακέτων - ο απομονωτής στο δέκτη αποβάλλει αποτελεσματικά το jitter. Στο μοντέλο αυτό όμως για λόγους πληρότητας συμπεριλαμβάνουμε και αυτή την επίδραση. Στον πίνακα παρακάτω (σχήμα 2.5) δίνει μια ένδειξη της επίδρασης του jitter στην παρακολούθηση ενός βίντεο.

Jitter	Επίδραση στην αντιληπτή ποιότητα
< 20 ms	Μη ανιχνεύσιμο Jitter
20-50 ms	περιστασιακή καθυστέρηση ή ανακάτεμα
> 50 ms	Μη αποδεκτή καθυστέρηση, αδυναμία

Πίνακας 6.2: Jitter και επίδραση στην αντιληπτή ποιότητα.

Οι τρόποι αντιμετώπισης του jitter αλλά και των άλλων καθυστερήσεων γίνεται με χρήση του κώδικα FEC αλλά και με τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για αντιμετώπιση της κακής ποιότητας (RTP κ.ο.κ).

6.6.3. Επίδραση της απώλειας πακέτων

Η μελέτη της επίδρασης της απώλειας πακέτων στην αντιληπτή ποιότητα είναι μια δύσκολη εργασία διότι βασίζεται σε διάφορους παράγοντες:

1. Χρησιμοποιούμενη τεχνική κωδικοποίησης (codec).
2. Ύπαρξη προστασίας και διόρθωσης λαθών (FEC).
3. Μορφή της απώλειας πακέτων. Για παράδειγμα οι τεχνικές διόρθωσης λαθών είναι αποτελεσματικές σε μεμονωμένες απώλειες πακέτων, κάτι που όμως δεν ισχύει όταν παρουσιάζονται μεγάλες σειρές από διαδοχικές απώλειες.
4. Θέση που παρουσιάζονται οι απώλειες μέσα στη ροή δεδομένων. Για παράδειγμα η απώλεια ενός πακέτου το οποίο δεν περιέχει δεδομένα βίντεο δεν θα επηρεάσει ουσιαστικά την ποιότητα της εικόνας.

Η απώλεια πακέτων δεν είναι κατά ανάγκη καταστροφική διότι στην πραγματικότητα ρυθμοί απώλειας 1 με 2% μπορούν να είναι ανεκτοί, ανάλογα με τον τρόπο κωδικοποίησης και μετάδοσης του βίντεο και ανάλογα με τον τρόπο απόκρυψης της απώλειας στην πλευρά του παραλήπτη. Για παράδειγμα, η μέθοδος διόρθωσης σφαλμάτων FEC μπορεί να βοηθήσει στην απόκρυψη της απώλειας πακέτων. Με τη μέθοδο FEC μεταδίδονται πλεονασματικές πληροφορίες μαζί με τα κανονικά δεδομένα, έτσι ορισμένα από τα πακέτα δεδομένων που θα χαθούν να μπορούν να ανακτηθούν από τις πλεονασματικές πληροφορίες. Βέβαια, εάν μια ή περισσότερες συνδέσεις μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη παρουσιάσουν αυξημένη συμφόρηση και η απώλεια πακέτων ξεπεράσει το 2%, δεν μπορεί να γίνει τίποτα για να επιτευχθεί αποδεκτή ποιότητα βίντεο.

PLR	Επίδραση στην αντιληπτή ποιότητα
<1%	Μη ανιχνεύσιμη επίδραση στην ποιότητα
1-2 %	Ανεκτή ποιότητα
>2%	Μη αποδεκτή ποιότητα, αδυναμία φυσιολογικής παρακολούθησης

Πίνακας 6.3: PLR και επίδραση στην αντιληπτή ποιότητα.

6.6.4. Επίδραση του εύρους ζώνης

Όπως προαναφέραμε οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου είναι εξαιρετικά ευαίσθητο όσον αφορά το εύρος ζώνης. Για παράδειγμα το ελάχιστο εύρος ζώνης που απαιτείται για την μετάδοση ενός βίντεο με ποιότητα DVD κατά την κωδικοποίηση H.264 μέσω DSL είναι 700 Kbps. Για να εξασφαλιστεί ότι το βίντεο θα μεταδοθεί χωρίς προβλήματα θα πρέπει να προβλεφθεί να υπάρχει εξασφαλισμένο το εύρος ζώνης που απαιτεί το βίντεο συν 20 % δηλαδή στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο εύρος ζώνης της τάξης των 840 Kbps.

6.7. Τεχνολογίες QoS για αντιμετώπιση απώλειας πακέτων και καθυστερήσεων

Οι ενσωματωμένες υπηρεσίες φέρνουν βελτιώσεις στο μοντέλο δικτύων IP για να υποστηρίξουν τις μεταδόσεις σε πραγματικό χρόνο και το εγγυημένο εύρος ζώνης για τις συγκεκριμένες ροές. Σε αυτήν την περίπτωση, καθορίζουμε μια ροή ως διακριτό συρμό σχετικών δεδομενογραμμμάτων από έναν μοναδικό πομπό σε έναν μοναδικό δέκτη που προκύπτει από μια ενιαία δραστηριότητα χρηστών και απαιτεί το ίδιο QoS. Για να εγκαταστήσουν την τηλεοπτική σύνδεση και στις δύο κατευθύνσεις, δύο ροές είναι απαραίτητες. Κάθε εφαρμογή που αρχίζει τις ροές δεδομένων μπορεί να προσδιορίσει ποιο QoS

απαιτείται για αυτήν την ροή. Εάν το εργαλείο συνεδριάσεων μέσω video χρειάζεται ένα ελάχιστο εύρος ζώνης 128 kbps και μια ελάχιστη καθυστέρηση πακέτων 100 ms για να εξασφαλίσει μια συνεχή τηλεοπτική παρουσίαση, ένα τέτοιο QoS μπορεί να κρατηθεί για αυτήν την σύνδεση.

Αυτό το μοντέλο αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει την χρησιμοποιημένη υπηρεσία καλύτερης-προσπάθειας και τη νέα υπηρεσία σε πραγματικό χρόνο που παρέχει τις λειτουργίες κράτησης εύρους ζώνης.

Αναπτύχθηκε για να βελτιστοποιήσει τη χρησιμοποίηση δικτύων και των πόρων τους για τις νέες εφαρμογές, όπως τα πολυμέσα σε πραγματικό χρόνο, η οποίες απαιτούν εγγυήσεις QoS. Όπως αναφέρεται και παραπάνω εξαιτίας των καθυστερήσεων δρομολόγησης και των απωλειών συμφόρησης, οι εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο δεν λειτουργούν πολύ καλά στην παρούσα αρχιτεκτονική καλύτερης-προσπάθειας. Η τηλεδιάσκεψη, η τηλεοπτική μετάδοση, και το λογισμικό σύσκεψης έχουν ανάγκη εγγυήσεις εύρους ζώνης για να παρέχουν βίντεο και ήχο αποδεκτής ποιότητας. Οι ενσωματωμένες υπηρεσίες καθιστούν πιθανή τη διαίρεση της κυκλοφορίας σε πρότυπη κυκλοφορία καλύτερης-προσπάθειας για τις παραδοσιακές ροές χρήσεων και σε δεδομένα εφαρμογής με εγγυημένο QoS.

Για να υποστηρίξει το ενσωματωμένο μοντέλο υπηρεσιών, ένας δρομολογητής Διαδικτύου πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει ένα κατάλληλο QoS για κάθε ροή, σύμφωνα με το μοντέλο υπηρεσιών.

Η λειτουργία δρομολογητών που παρέχει τις διαφορετικές ιδιότητες της υπηρεσίας καλείται έλεγχος της κυκλοφορίας. Αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά:

1. Ο χρονοπρογραμματιστής πακέτων, διαχειρίζεται τη διαβίβαση των διαφορετικών συρμών πακέτων στους host και τους δρομολογητές, με βάση την κλάση των υπηρεσιών τους, χρησιμοποιώντας τη διαχείριση ουρών αναμονής και τους διάφορους αλγορίθμους σχεδιασμού. Ο χρονοπρογραμματιστής πακέτων πρέπει να εξασφαλίσει ότι η παράδοση πακέτων αντιστοιχεί στην παράμετρο QoS για κάθε ροή. Ένας χρονοπρογραμματιστής μπορεί επίσης να αστυνομεύσει ή να διαμορφώσει την κυκλοφορία για να προσαρμοστεί σε ένα ορισμένο επίπεδο υπηρεσίας. Ο χρονοπρογραμματιστής πακέτων πρέπει να εφαρμοστεί στο σημείο όπου τα πακέτα περιμένουν στην ουρά.
2. Ο ταξινομητής πακέτων προσδιορίζει τα πακέτα μιας ροής IP, στους host και τους δρομολογητές που θα λάβουν ένα ορισμένο επίπεδο υπηρεσίας. Για να πραγματοποιήσει τον αποτελεσματικό έλεγχο της κυκλοφορίας, κάθε εισερχόμενο πακέτο χαρτογραφείται από τον ταξινομητή σε μια συγκεκριμένη κλάση. Όλα τα πακέτα που είναι ταξινομημένα στην ίδια κλάση θα υποστούν την ίδια επεξεργασία από το χρονοπρογραμματιστή πακέτων. Η επιλογή μιας κλάσης είναι βασισμένη στην διεύθυνση πηγής και προορισμού καθώς και στον αριθμό θύρας της υπάρχουσας επικεφαλίδας πακέτων, οι οποίοι πρέπει να προστεθούν σε κάθε πακέτο. Μια κλάση μπορεί να αντιστοιχεί σε μια ευρεία κατηγορία ροών. Παραδείγματος χάριν, όλες οι τηλεοπτικές ροές από μια τηλεδιάσκεψη με διάφορους συμμετέχοντες μπορούν να ανήκουν σε μια κλάση υπηρεσιών. Αλλά είναι επίσης δυνατό μόνο μια ροή να ανήκει σε μια συγκεκριμένη κλάση υπηρεσιών

Οι ενσωματωμένες υπηρεσίες χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο κράτησης πόρων (RSVP) για τη σηματοδότηση των μηνυμάτων κράτησης. Επικοινωνεί μέσω του RSVP για να δημιουργήσει και να διατηρήσει τη κατάσταση ροής στους host στα σημεία τέλους και στους δρομολογητές κατά μήκος του μονοπατιού μιας ροής.

Το πρωτόκολλο RSVP προσπαθεί να οργανώσει μια κράτηση ροής με το ζητούμενο QoS, το οποίο θα γίνει αποδεκτό εάν η εφαρμογή εκπληρώσει τους περιορισμούς και οι δρομολογητές μπορούν να χειριστούν το ζητούμενο QoS. Το RSVP συμβουλεύει τον ταξινομητή πακέτων και το χρονοπρογραμματιστή πακέτων σε κάθε κόμβο να επεξεργαστεί τα πακέτα για αυτήν την ροή επαρκώς. Εάν η εφαρμογή παραδίδει τώρα τα πακέτα στον ταξινομητή στον πρώτο κόμβο, ο οποίος έχει χαρτογραφήσει αυτήν την ροή σε μια συγκεκριμένη κλάση υπηρεσιών που συμμορφώνεται με το ζητούμενο QoS, η ροή αναγνωρίζεται με τη διεύθυνση πομπών IP και διαβιβάζεται στο χρονοπρογραμματιστή πακέτων. Ο χρονοπρογραμματιστής πακέτων διαβιβάζει τα εξαρτώμενα από την κλάση υπηρεσιών τους πακέτα, στον επόμενο δρομολογητή ή τελικά, στο λαμβάνοντα host. Επειδή το RSVP είναι ένα μονοκατευθυντήριο πρωτόκολλο, οι κρατήσεις QoS εκφράζονται μόνο σε μια κατεύθυνση, από τον αποστέλλον στον λαμβάνοντα κόμβο.

6.8. Αξιοπιστία των συσκευών της IPTV

Μεταξύ των συστατικών στην αλυσίδα παράδοσης ψηφιακής τηλεόρασης (συσκευή συλλογής δεδομένων, ο κωδικοποιητής, το δίκτυο διανομής IP, ο δέκτης/αναπαγωγή(Playout)], δύο από αυτά (συσκευή συλλογής δεδομένων και ο κωδικοποιητής) είναι σταθερά και έχουν αποδείξει την αξία τους στην αγορά με το πέρασμα των ετών και τη συνεχή χρήση τους καθημερινά από τις βιομηχανίες ψηφιακής μετάδοσης. Οι δύο παραπάνω συσκευές είναι γνωστές για την ποιότητα τους και για τον λόγο αυτό δεν μπορούν να θεωρηθούν ως η μεγαλύτερη πηγή του προβλήματος της ποιότητας υπηρεσίας. Περισσότερο προβληματική είναι η παράδοση IP και το μέρος του δέκτη, δεδομένου ότι η βιομηχανία IPTV είναι μια νέα βιομηχανία που μόλις τώρα αρχίζει να αποδεικνύει ότι είναι σε θέση να παραδίδει υψηλής ποιότητας μεταδόσεις στους IP-δέκτες. Ο δέκτης και το playout είναι ο νούμερο ένα λόγος της κακής ποιότητας που γίνεται αντιληπτή από το θεατή. Είναι επομένως σημαντικό να εξεταστεί πόσοι δέκτες επηρεάστηκαν από την κακή ποιότητα προκειμένου να δοθεί προτεραιότητα στις διαδικασίες αποκατάστασης. Οι δέκτες που χρησιμοποιούν την αποκωδικοποίηση υλικού είναι μια μικρότερη πηγή προβλήματος, δεδομένου ότι η εντατική λειτουργία αποκωδικοποίησης συμβαίνει στα αφιερωμένα τσιπ. Οι δέκτες που χρησιμοποιούν την αποκωδικοποίηση λογισμικού παρέχουν μια πηγή αποτυχίας, αφού οι πόροι που αφιερώνονται στην τηλεοπτική υποδοχή, στην αποκωδικοποίηση, και στο playout μοιράζονται με άλλες διαδικασίες που τρέχουν στην ίδια μηχανή.

Για τους δέκτες αποκωδικοποίησης λογισμικού είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι η ισχυρότερη συμπίεση του βίντεο απαιτεί περισσότερη ΚΜΕ και μεγαλύτερη μονάδα προσωρινής αποθήκευσης για την αποκωδικοποίηση. Η ισχυρή αποκωδικοποίηση επομένως επηρεάζει την καθυστέρηση και αυξάνει την ευπάθεια σε άλλες ιδιαίτερα εντατικές διαδικασίες στην ίδια μηχανή που μπορεί να καθυστερήσει τα πλαίσια για το playout και να οδηγήσει τελικά στην απώλεια του πλαισίου (στο βίντεο πραγματικού χρόνου) προκαλώντας την ορατή υποβάθμιση της ποιότητας. Το ίδιο πράγμα συμβαίνει και για μεγαλύτερο τηλεοπτικό μέγεθος (χωρικό): το βίντεο υψηλής ανάλυσης (περισσότερα εικονοκώτταρα) απαιτεί περισσότερη επεξεργασία και μπορεί ευκολότερα να προκαλέσει δυσχέρειες στους πόρους του δέκτη με συνέπεια την απώλεια ποιότητας. Επίσης, το ίδιο ισχύει για ένα μεγαλύτερο χρονικό τηλεοπτικό μέγεθος: το υψηλής ευκρίνειας βίντεο (περισσότερα πλαίσια SEC) απαιτεί περισσότερη επεξεργασία, υψηλότερο εύρος ζώνης από τα συστατικά και μπορεί με μεγαλύτερη ευκολία να προκαλέσει δυσχέρειες στο δέκτη. Η απώλεια πλαισίων πριν από το playout (αναπαραγωγή) μπορεί επίσης να προκληθεί από την απώλεια πακέτων IP προτού τα πακέτα φτάσουν στην μονάδα προσωρινής αποθήκευσης του δέκτη. Σε αυτήν την περίπτωση, η απώλεια προκαλείται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων από το δίκτυο που χάνει τα πακέτα IP. Η άλλη αιτία της απώλειας πακέτων στο δέκτη μπορεί να είναι η ίδια η διεπαφή δικτύων-δεκτών. Η αντιληπτή ποιοτική υποβάθμιση του δέκτη αποκωδικοποίησης από την απώλεια πακέτων εξαρτάται κυρίως από τη δυνατότητα του αποκωδικοποιητή να διαχειριστεί τις χαμένες πληροφορίες. Μερικοί αποκωδικοποιητές είναι σε θέση να υποβιβάζουν σε μικρό βαθμό την τηλεοπτική ποιότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή γενικά από τους θεατές από τις απότομες διακοπές λειτουργίας. Το Codec που χρησιμοποιήθηκε παραδοσιακά για να διαβιβάσει τηλεόραση μέσω του διαδικτύου είναι προσαρμοσμένο ώστε να μπορεί να διαχειριστεί την απώλεια πακέτων μέσω της μικρής υποβάθμισης είναι το Mpeg-2.

6.9. Το δίκτυο διανομής IP

Το δίκτυο διανομής αποτελείται από τους δρομολογητές και τους διακόπτες που διαβιβάζουν και καθοδηγούν τα πακέτα IP από τους διάφορους αποστολείς στους διάφορους δέκτες, και μεταξύ των άλλων στέλνοντας επίσης τα πακέτα IP με το βίντεο από το κωδικοποιητή αποστολής στους δέκτες μετάδοσης. Μέσα στους κόμβους δικτύων (δρομολογητής/διακόπτης) τα πακέτα μπορούν να καθυστερήσουν ή να χαθούν. Ένα IP δίκτυο γενικά δεν δίνει οποιαδήποτε εγγύηση (i) στην άφιξη πακέτων (ii) διπλασιασμό, ή (iii) καθυστέρηση της παράδοσης πακέτων. Ενώ ο διπλασιασμός των πακέτων στα δίκτυα IP ανήκει στο παρελθόν, η καθυστέρηση και η απώλεια πακέτων IP μπορούν να προκαλέσουν την απώλεια ποιότητας στους δέκτες. Πολλάκις στο πλαίσιο των τηλεοπτικών δικτύων αναφέρεται η καθυστέρηση jitter, η οποία είναι η παραλλαγή της καθυστέρησης μεταξύ των επόμενων πακέτων από έναν μεγάλο αριθμό σταλμένων πακέτων. Σε IPTV το jitter μπορεί ακόμα και να παραμεληθεί, δεδομένου ότι τα μεγέθη απομονωτών (buffer) στους δέκτες IPTV είναι μεγάλα έναντι των σχετικά μικρών διαφορών στους χρόνους άφιξης πακέτων - ο απομονωτής στο δέκτη αποβάλλει αποτελεσματικά το jitter. Επομένως, η κύρια πηγή ποιοτικής απώλειας για τους θεατές είναι η απ' άκρο σ' άκρο καθυστέρηση των πακέτων και η απώλεια πακέτων από το δίκτυο. Ο κυριότερος λόγος για την

απώλεια πακέτων στα δίκτυα IP είναι η υπερχειλίση των απομονωτών στους κόμβους δικτύων στην εξερχόμενη διεπαφή. Εάν η συνολική κυκλοφορία IP από τις εισερχόμενες διεπαφές στην εξερχόμενη διεπαφή είναι πάρα πολύ υψηλή, οι απομονωτές από την εξερχόμενη διεπαφή θα γεμίσουν και επομένως ο απομονωτής θα είναι πλήρης και τα νέα πακέτα θα χαθούν, προκαλώντας την απώλεια πακέτων μέσα στο δίκτυο. Αυτός είναι όπως προαναφέρθηκε ο τυποποιημένος τρόπος λειτουργίας σε ένα δίκτυο IP

6.10. Συμπεράσματα για τις αιτίες κακής ποιότητας

Είναι τελικά σημαντικό να υπάρξει η δυνατότητα να αντιμετωπιστούν τα αιτία του προβλήματος της κακής ποιότητας. Όλα τα παραπάνω δείχνουν ο δέκτης, και το δίκτυο διανομής IP είναι οι δύο κύριοι λόγοι της τηλεοπτικής ποιοτικής απώλειας στους δέκτες. Για τους δέκτες αποκωδικοποίησης λογισμικού το πρόβλημα των ανεπαρκών πόρων ή οι ιδιαίτερα απαιτητικές παράλληλες διαδικασίες είναι κύρια αιτία της απώλειας τηλεοπτικής ποιότητας. Για αυτήν την περίπτωση, προτείνεται ο καθορισμός ενός ελάχιστου απαραίτητου υλικού και η προσαρμογή της τηλεοπτικής κωδικοποίησης ώστε να ταιριάζει με το υλικό για την υψηλή τηλεοπτική ποιότητα. Για την απώλεια πακέτων μέσα στο δίκτυο διανομής IP, στη χειρότερη περίπτωση όλοι οι θεατές χάνουν την τηλεοπτική ποιότητα αλλά μόνο μερικοί δέκτες επηρεάζονται. Προκειμένου να επιλυθούν τα προβλήματα της απώλειας πρέπει να ανιχνευτεί γρήγορα η πρώτη απώλεια, και το ζήτημα να επιλυθεί. Λόγω της διανεμημένης φύσης και του πιθανού μεγέθους ενός δικτύου IPTV που ελέγχει τις ενιαίες περιοχές χωριστά έχουμε ένα πολύ ακριβό δίκτυο. Ίδανικά, ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα παρέχει σε πραγματικό χρόνο ειδοποιήσεις και πληροφορίες στο χειριστή IPTV για την περίπτωση της απώλειας πακέτων - πριν από τις πρώτες κλήσεις θεατών για παράπονα λόγω κακής ποιότητας.

6.11. Μελέτη μέτρησης ποιότητας υπηρεσίας από τους προμηθευτές

- Ανίχνευση των τηλεοπτικών ποιοτικών προβλημάτων:
Μέσω της μέτρησης της σημαντικότερης παραμέτρου που επηρεάζει την τηλεοπτική ποιότητα από τους QoS πράκτορες τα προβλήματα μπορούν να ανιχνευθούν με την προώθηση των μετρήσεων στον ενεργό τρόπο.
- Εντοπισμός του προβλήματος:
Ο περιεκτικός έλεγχος σε κάθε δρομολογητή και στους τελικούς χρήστες παρέχει τις λεπτομερείς ποιοτικές στατιστικές όσον αφορά το δίκτυο των πρακτόρων μέτρησης QoS στα μονοπάτια διανομής του βίντεο. Τα ποιοτικά προβλήματα δικτύων που βιώνουν οι χρήστες μπορούν τώρα να εντοπιστούν και ο αντίκτυπος των προβλημάτων και του αριθμού επηρεασμένων εμφανίσεων και θέσεων είναι γνωστός. Για τους χρήστες που καταγγέλλουν κακή ποιότητα η γνώση των δικτύων μέσω των πρακτόρων QoS στους δρομολογητές επιτρέπει να αποκλείσουν ενδεχομένως το δίκτυο IP ως αιτία και ο παθητικός έλεγχος QoS σε όλους τους χρήστες θα προσδιορίσει τον δέκτη λογισμικού με το υψηλό ταυτόχρονο φορτίο ως αιτία.
- Σε πραγματικό χρόνο:
Το πλαίσιο επικοινωνίας C-δρομολογητών επιτρέπει στον πράκτορα QoS να διαβιβάσει τις ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο άμεσα στο κέντρο λειτουργίας δικτύων.
- Αυτόματα:
Η δοκιμή μιας τηλεοπτικής διανομής για την εξασφάλιση ποιότητας δεν απαιτεί από το προσωπικό να βρίσκεται συνεχώς πάνω από το δίκτυο IPTV σε διάφορες θέσεις για να έχει πρόσβαση χειροκίνητα σε ένα δεδομένο βίντεο για την ποιοτική αναθεώρηση μεταφορών αλλά επιτρέπει να ενεργήσει πλήρως αυτόματα.

6.12. Μέθοδοι μέτρησης ποιότητας υπηρεσίας από τους προμηθευτές

Μπορεί να διακριθούν δύο τύποι διαδικασιών μέτρησης:

1. Ο ενεργός πράκτορας δικτύων QoS, όπου μια ομάδα C-δρομολογητών ενεργεί ως τελικός χρήστης στη τοποθεσία του C-δρομολογητή, και αρχίζει να μετρά από μακρινή απόσταση. Ο πράκτορας QoS μπορεί να αναπτύξει δραστηριότητες με δύο τρόπους: α) Ενεργός: Ο πράκτορας QoS εκτελείται σε κάθε CRouter μιας ομάδας C-δρομολογητών. Επομένως η

διανεμημένη μέτρηση μπορεί να γίνει μακριά από έναν χειριστή σε μια κεντρική θέση. β) Το πρότυπο πλαίσιο επικοινωνίας C-δρομολογητών είναι μια μέτρηση που γίνεται για να αναφέρει τις στατιστικές, αποφεύγοντας οποιαδήποτε πρόσθετη διαμόρφωση των firewalls. Η μέτρηση και η υποβολή έκθεσης από τον ενεργό πράκτορα δικτύων QoS επιτρέπουν να τρέξουν τις ειδικές ποιοτικές δοκιμές μέσω ολόκληρου του δικτύου για τη διανομή και την ποιότητα. Η κεντρικά παραχθείσα ποιότητα σε όλες τις συνδέσεις μεταξύ των περιληφθέντων C-δρομολογητών επιτρέπει να εντοπιστούν γρήγορα τα προβλήματα των δικτύων.

2. Παθητική υποβολή έκθεσης τελικών χρηστών, όπου για όλες τις τηλεοπτικές μεταδόσεις ο δέκτης στον τελικό χρήστη εκθέτει τις στατιστικές QoS πίσω σε έναν C-δρομολογητή σε ένα κέντρο στοιχείων που τον εξυπηρετεί.
Για την πρόσθετη ποιοτική αξιολόγηση η υποβολή έκθεσης τελικών χρηστών προβλέπει τους απαραίτητους μηχανισμούς. Η διευκόλυνση της παθητικής υποβολής έκθεσης τελικών χρηστών σημαίνει ότι κεντρικά ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο επιλέχθηκε για τη συνεχή μέτρηση QoS σε όλους τους δέκτες. Σαν επίδραση σε κάθε πρόσβαση περιεχομένου, οι σωστές παράμετροι διαβιβάζονται στον αποκωδικοποιητή ο οποίος εκθέτει τις μετρήσεις του πίσω στον C-δρομολογητή.
Σε ένα σενάριο IPTV μπορεί να υπάρξουν ενδεχομένως εκατομμύρια χρήστες, έτσι ώστε το διανεμημένο σύνολο των μέτρων να επιτρέπει σε ένα πολύ μεγάλο ακροατήριο να παρακολουθεί ζωντανά κάποια γεγονότα, και οι χρήστες να είναι συγχρονισμένοι. Μετά από την τοπική μέτρηση QoS σε κάθε C-δρομολογητή το πρότυπο πλαίσιο επικοινωνίας CRouter χρησιμοποιείται για να εκθέσει τις στατιστικές πίσω στο NOC και για να τις καταχωρήσει σε μια βάση δεδομένων για την ανάλυση μετά από το γεγονός. Η όψη των στατιστικών επιτρέπει να λάβει ανά θέση τις μετρήσεις QoS όλων των χρηστών.

6.13. Ποιότητα Εμπειρίας (Quality of Experience)

6.13.1. Ορισμός της ποιότητας εμπειρίας(QoE)

Είναι η αντιληπτή από τον χρήστη εμπειρία σε σχέση με το τι παρουσιάζεται από μια υπηρεσία επικοινωνίας ή μια ενδιάμεση με τον χρήστη εφαρμογή. Αυτό είναι ιδιαίτερα υποκειμενικό και λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς πολλούς διαφορετικούς παράγοντες πέρα από την ποιότητα της υπηρεσίας, όπως η τιμολόγηση υπηρεσιών, περιβάλλον παρουσίασης και τα λοιπά. Σε ένα δίκτυο IP, λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλομορφία και την πολλαπλότητα του δικτύου, αυτό είναι δυσκολότερο και επομένως κρισιμότερο στην επιτυχία απ'ό,τι σε άλλα δίκτυα.

6.13.2. Συστήματα Μέτρησης του QoE

Τα υποκειμενικά συστήματα μέτρησης, όπως το ITU-R BT.500-11, παρέχουν ένα λεπτομερές μοντέλο για την αξιολόγηση της ποιότητας της εικόνας παίρνοντας μια επιτροπή που αποτελείται από μη ειδικούς ακροατές για να συγκρίνουν τις τηλεοπτικές ακολουθίες και να τις βαθμολογήσουν σε μια δεδομένη κλίμακα. Αυτό απαιτεί ιδιαίτερους πόρους για να είναι σε θέση να εκτελέσει τη δοκιμή, και για αυτό χρησιμοποιείται για να συγκρίνει codecs, ρυθμούς μετάδοσης, ανάλυση εικόνας και απόδοση κωδικοποιητή.

Ένας χειριστής δικτύων IP δεν μπορεί να έχει μια ομάδα ανθρώπων να εξετάζουν συνεχώς τις εικόνες για να αξιολογήσει την ποιότητα εικόνων, ιδιαίτερα με τον αριθμό καναλιών που υπάρχουν αυτές τις μέρες. Επομένως εξετάζουν την ποιότητα με τα αυτοματοποιημένα συστήματα μέτρησης που παρέχουν ελέγχους σε πραγματικό χρόνο και που υποβάλλουν έκθεση μέσα στο δίκτυο και την υποδομή υπηρεσιών. Τα συστήματα μέτρησης χρησιμοποιούν συνήθως κάποια υποκειμενική είσοδο για να συσχετίσουν μια βασική γραμμή στην οποία οι αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης μπορούν να χαρτογραφηθούν. Ένας χειριστής επεκτείνει συνήθως τους ελέγχους στα κρίσιμα σημεία στο δίκτυο, που υποβάλλουν σαν έκθεση στο σύστημα διαχείρισης δικτύων (NMS) ένα σύνολο μετρήσεων που θα προκαλέσουν τους συναγερμούς βασισμένους στις προκαθορισμένες ευαισθησίες.

Όταν συγκρίνονται με ένα παραδοσιακό περιβάλλον μετάδοσης, οι τηλεοπτικές υπηρεσίες που μεταφέρονται μέσα από μια υποδομή IP εισάγουν πρόσθετες απαιτήσεις ελέγχου. Οι δύο βασικές κατηγορίες απαιτήσεων είναι:

- Το δίκτυο μεταφορών IP:

Ενώ μεταφέρονται οι υπηρεσίες, τα πακέτα IP θα διασχίζουν τους πολλαπλάσιους κόμβους στο δίκτυο που υποβάλλεται ενδεχομένως σε καθυστέρηση, σε jitter, ξαναπαραγγελία και την απώλεια πακέτων.

- Οι τηλεοπτικές stream μεταφορές (Mpeg-2 TS)

Παραδοσιακές TS λύσεις πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθούν για να εξασφαλίσουν ότι τα πακέτα TS είναι χωρίς σφάλματα.

Οι δύο κατηγορίες είναι επίσης συνήθως σε διαφορετικά τμήματα:

Ο έλεγχος μεταφορών IP είναι μέσα στο κέντρο διαδικασιών δικτύων, και ο τηλεοπτικός έλεγχος μεταφοράς μέσα στο κέντρο διανομής. Ένα από τα κλειδιά για μια καλή ποιότητα εμπειρίας στην IP είναι μερικές φορές η καλή επικοινωνία και ανίχνευση λαθών στα διαφορετικά τμήματα.

6.13.3. Μέθοδοι Μέτρησης του QoE

Η βασική μεθοδολογία μέτρησης για το δίκτυο μεταφορών IP είναι το ευρετήριο παράδοσης MEDIA (MDI). Τα MDI χωρίζονται σε δύο μικρά τμήματα: Παράγοντας καθυστέρησης (DF) και ποσοστό απώλειας MEDIA (MLR) που και οι δύο μετριοούνται κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δειγμάτων ενός δευτερολέπτου.

Το DF καθορίζει το jitter που εισάγεται μέχρι τον inter-arrival χρόνο μεταξύ των πακέτων. Αυτό δεν πρέπει να εμφανιστεί ως απόλυτη αξία αλλά είναι σχετικά μια μέτρηση σε ένα δεδομένο σημείο στο δίκτυο. Το jitter μπορεί να εισαχθεί σε διαφορετικά σημεία όπως τους κωδικοποιητές, τους πολυπλέκτες, τις μαζικές αναλογικές συσκευές κρυπτοφώνησης, τους κόμβους δικτύων ή άλλες συσκευές. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την αναμενόμενη DF αξία, η οποία μπορεί να καθοριστεί από μια μέτρηση βασικών γραμμών στους ιδανικούς λειτουργούντες όρους. Η τιμή μπορεί να αλλάξει αναλόγως από τον τύπο ρευμάτων: Τα σταθερού ρυθμού δεδομένα (CBR) πρέπει να έχουν έναν σταθερό inter-arrival χρόνο ενώ τα μεταβλητά (VBR) θα έχουν ποικίλε τιμές. Μόλις καθοριστεί μια τιμή βασικών γραμμών, τίθεται μια ώθηση επάνω από αυτήν την τιμή αφού πρώτα προειδοποιείται μέσω ενός συναγερμού.

Το MLR παρέχει τον αριθμό πακέτων TS που χάνονται εντός μιας περιόδου δειγμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τον έλεγχο των μετρητών συνοχής μέσα στο TS. Εάν ο συρμός δεδομένων περιέχει μια επικεφαλίδα RTP, ο αριθμός ακολουθίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των χαμένων πακέτων χωρίς την ανάγκη να εξεταστεί το ωφέλιμο φορτίο πακέτων IP. Αυτό θα μειώσει τις υπολογιστικές απαιτήσεις και θα επιταχύνει τη διαδικασία ελέγχου.

Ο συνδυασμός του MDI και του ETR 290 παραδίδει μια εξελικτική και οικονομικά αποδοτική μέθοδο για τα σχετικά με τη μεταφορά ζητήματα. Με το να προκαλέσουν τους συναγερμούς στο επίπεδο IP και TS, αυτοί μπορούν να αθροιστούν και να συσχετιστούν μέσα στο NMS για να παραγάγουν ένα ακριβές εργαλείο υποβολής εκθέσεων μεταξύ των διαφορετικών γεγονότων και η εισαγωγή τους δείχνει μέσα στην υποδομή δικτύων.

6.13.4. Μέθοδοι βελτίωσης του QoE

Η βελτίωση του QoE (άρα και του QoS αφού μειώνονται οι απώλειες πακέτων και οι καθυστερήσεις) γίνεται με τον κώδικα FEC και με αναμετάδοση. Το DVB έχει ιδιαίτερη εμπειρία στα σχέδια διορθώσεων σφαλμάτων και απόκρυψης για τα διάφορα περιβάλλοντα, έτσι ήταν φυσικό -λαμβάνοντας υπόψη τη δυσκολία της μεταφοράς βίντεο μέσω του DSL - ότι η ειδική ομάδα IPI έπρεπε να εργαστεί σε αυτήν την περιοχή. Ξόδεψαν σημαντικό χρόνο εξετάζοντας όλες τις πτυχές της προστασίας από σφάλματα, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερών προσομοιώσεων των διάφορων σχεδίων διορθώσεων σφάλματος (FEC) και των απαιτήσεων της ποιότητας εμπειρίας (QoE).

Το αποτέλεσμα είναι ένα προαιρετικό πρωτόκολλο τοποθετημένο σε στρώσεις, βασισμένο σε έναν συνδυασμό δύο κωδικών FEC - ένα στρώμα βάσης και ένα ή περισσότερα προαιρετικά στρώματα αυξήσεων. Το στρώμα βάσης είναι ένας απλός βασισμένος σε πακέτο κώδικας ισότητας XOR που βασίζεται στον Mpeg COP3 και το στρώμα αυξήσεων είναι βασισμένο στον κώδικα FEC της ψηφιακής

πηγής. Επιτρέπει την ταυτόχρονη υποστήριξη των δύο κωδικών FEC που συνδυάζονται στο δέκτη για να επιτύχουν την απόδοση διορθώσεων σφάλματος καλύτερα από έναν ενιαίο κώδικα μόνο. Το FEC έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολλές περιπτώσεις, εντούτοις, μια άλλη τεχνική στην IP μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για επισκευή σφαλμάτων: αναμετάδοση RTP που αναλύθηκε παραπάνω.

Αυτό λειτουργεί μέσω του μετρητή ακολουθίας που είναι σε κάθε επικεφαλίδα RTP που προστίθεται σε κάθε πακέτο IP του τηλεοπτικού συρμού δεδομένων. Το STB μετρά το μετρητή ακολουθίας και εάν βρίσκει ένα ή περισσότερα πακέτα να λείπουν στέλνει ένα μήνυμα στον κεντρικό υπολογιστή αναμετάδοσης που απαντά με τα ελλείποντα πακέτα.

Ας κάνουμε μια παρένθεση εδώ για να αναλύσουμε την αρχιτεκτονική του FEC. Το πλαίσιο FEC περιγράφεται από την άποψη ενός πρόσθετου στρώματος πρωτοκόλλου μεταξύ του στρώματος μεταφορών (π.χ. UDP ή DCCP) και των πρωτοκόλλων εφαρμογής και μεταφορών που τρέχουν πέρα από αυτό το στρώμα μεταφορών. Τα παραδείγματα τέτοιων πρωτοκόλλων είναι RTP, RTCP, κ.λπ. Υπό αυτή τη μορφή, η διεπαφή μεταξύ του πλαισίου FEC και των κάτω και πάνω στρωμάτων κάλυψης μπορεί να θεωρηθεί ως η ίδια με την πρότυπη διεπαφή στο στρώμα μεταφορών - δηλ. το στοιχείο που ανταλλάσσεται αποτελείται από τα ωφέλιμα φορτία των δεδομενογραμμμάτων που το κάθε ένα συνδέεται με μια ενιαία ροή μεταφορών που προσδιορίζεται από το πρότυπο 5-tuple (IP διεύθυνση πηγής, θύρα πηγής, IP διεύθυνση προορισμού, θύρα προορισμού, πρωτόκολλο μεταφορών).

Το σχέδιο FEC παρέχει FEC κωδικοποιήσεις και απόαποκωδικοποιήσεις και περιγράφει τα πεδία και τις διαδικασίες πρωτοκόλλου που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τα στοιχεία ωφέλιμων φορτίων των πακέτων στα πλαίσια του σχεδίου FEC. Η διεπαφή μεταξύ του πλαισίου FEC και ενός σχεδίου FEC, είναι λογική, η οποία υπάρχει για λόγους προδιαγραφών μόνο. Σε έναν κωδικοποιητή, το πλαίσιο FEC περνά τις ομάδες ωφέλιμων φορτίων των πακέτων στο σχέδιο FEC για την κωδικοποίηση FEC. Το σχέδιο FEC επιστρέφει τα ωφέλιμα φορτία επισκευής, κωδικοποιημένες πληροφορίες ταυτότητας ωφέλιμων φορτίων για κάθε ένα από τα πακέτα επισκευής και σε μερικές περιπτώσεις, κωδικοποιεί τις πληροφορίες ταυτότητας ωφέλιμων φορτίων για κάθε ένα από τα πακέτα πηγής. Σε έναν αποκωδικοποιητή, το πλαίσιο FEC περνά τα ωφέλιμα φορτία (πηγή και επισκευή) στο σχέδιο FEC το οποίο επιστρέφει πρόσθετα ανακτημένα πακέτα πηγής.

Το πλαίσιο FEC δεν καθορίζει πώς οι πληροφορίες διαμόρφωσης πλαισίου για το συρμό διαβιβάζονται από τον πομπό στο δέκτη. Αυτό πρέπει να καθοριστεί από οποιαδήποτε προδιαγραφή πρωτοκόλλου παράδοσης.

Σε αυτήν την αρχιτεκτονική υποθέτουμε ότι η διεπαφή στο στρώμα μεταφορών υποστηρίζει τις έννοιες των ωφέλιμων φορτίων που μεταφέρονται και των ροών μεταφορών στις οποίες εκείνα τα ωφέλιμα φορτία μεταφέρονται. Δεδομένου ότι αυτό είναι μια διεπαφή εσωτερική στην αρχιτεκτονική, δεν προσδιορίζουμε αυτήν την διεπαφή ρητά, εκτός από το να πούμε ότι οι ροές μεταφορών που είναι ευδιάκριτες από την άποψη στρώματος μεταφορών (παραδείγματος χάριν, ευδιάκριτες ροές UDP) είναι επίσης ευδιάκριτες στη διεπαφή μεταξύ του στρώματος μεταφορών και του πλαισίου FEC.

Στον πομπό, το πλαίσιο FEC περνά τα ωφέλιμα φορτία για μια δεδομένη ομάδα δεδομένων στο σχέδιο FEC για την κωδικοποίηση FEC. Το σχέδιο FEC εκτελεί τη λειτουργία κωδικοποίησης FEC και επιστρέφει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- προαιρετικά, κωδικοποιημένο ωφέλιμο φορτίο FEC για κάθε ένα από τα ωφέλιμα φορτία πηγής.
- Ένα ή περισσότερα ωφέλιμα φορτία πακέτων επισκευής.
- Κωδικοποιημένο ωφέλιμο φορτίο FEC ID για κάθε ένα από τα ωφέλιμα φορτία πακέτων επισκευής

Το πλαίσιο FEC εκτελεί έπειτα δύο διαδικασίες: Αρχικά, επισυνάπτει το ωφέλιμο φορτίο FEC ID, εάν παρέχεται, σε κάθε ένα από τα ωφέλιμα φορτία πηγής, και στέλνει τα προκύπτοντα πακέτα, γνωστά ως "πακέτα πηγής FEC", στο δέκτη και αφετέρου τοποθετεί κατάλληλα τα παρεχόμενα "ωφέλιμα φορτία πακέτων επισκευής FEC" και το αντίστοιχο "ωφέλιμο φορτίο επισκευής FEC", στα πακέτα επισκευής FEC και τα στέλνει στο δέκτη. Σημειώστε ότι τα πακέτα επισκευής FEC στέλνονται σε μια διαφορετική ομάδα πολλαπλής διανομής ή στις ομάδες πακέτων πηγής.

Στο δέκτη, τα αρχικά ωφέλιμα φορτία πηγής ανακτώνται από το πλαίσιο FEC άμεσα από οποιαδήποτε πακέτα πηγής, που παραλαμβάνονται απλά με την αφαίρεση της ταυτότητας ωφέλιμων φορτίων πηγής. Ο δέκτης περνά επίσης το περιεχόμενο των λαμβανόμενων ωφέλιμων φορτίων πηγής, συν το ωφέλιμο φορτίο τους στο σχέδιο FEC για την πιθανή αποκωδικοποίηση.

Εάν οποιαδήποτε ωφέλιμα φορτία πηγής σχετικά με μια δεδομένη ομάδα δεδομένων πηγής έχουν χαθεί, το σχέδιο FEC μπορεί να εκτελέσει την αποκωδικοποίηση FEC για να ανακτήσει τα ελλείποντα ωφέλιμα φορτία πηγής.

6.14. IPTV και Διαδίκτυο TV

Δεν πρέπει οι καταναλωτές να συγχέουν το IPTV με το Διαδίκτυο TV γιατί παρόλο που το IPTV χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο Protocol για την μετάδοση ζωντανών και μη προγραμμαμάτων δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μετάδοση μέσω του Διαδίκτυο. Παρακάτω θα δούμε τις διαφορές των δύο μεταδόσεων.

Μια IPTV υπηρεσία συνήθως παραδίδεται πάνω από σύνθετες επενδύσεις δικτύου, το οποίο είναι προσεκτικά μελετημένο ώστε να εξασφαλίσει αρκετό εύρος ζώνης για αποτελεσματική παράδοση μεγάλων ποσοτήτων βίντεο multicast κίνησης. Η υψηλότερη ποιότητα του δικτύου επιτρέπει την εύκολη παροχή υψηλής ποιότητας SD ή HD τηλεόρασης στα σπίτια των συνδρομητών. Αυτό την καθιστά την προτιμώμενη πλατφόρμα διανομής περιεχομένου. Ωστόσο, η επένδυση για οικοδόμηση μιας από άκρο σε άκρο IPTV υπηρεσίας μπορεί να είναι μεγάλη.

Αντίθετα το "Διαδίκτυο TV" αναφέρεται γενικά σε μεταφορές δεδομένων που αποστέλλονται μέσω δικτύων IP (συνήθως του Διαδίκτυο) έξω από το δίκτυο, που συνδέεται με τις εγκαταστάσεις των χρηστών και δεν παρέχει εξασφαλισμένη ποιότητα υπηρεσίας. Ένας φορέας παροχής Διαδίκτυο TV δεν έχει κανένα έλεγχο πάνω στην οριστική παράδοση και οι μεταδόσεις είναι σε μια βάση "καλύτερης προσπάθειας". Στοιχειώδης συρμοί δεδομένων πάνω από ιδιόκτητα IP δίκτυα και παραλλαγές, που χρησιμοποιούνται από δικτυακούς τόπους όπως το YouTube πλέον σπάνια θεωρούνται υπηρεσίες IPTV. Εδώ σε αντίθεση με το IPTV οι μεταδόσεις δεν είναι ζωντανές και για να δει ο χρήστης ένα πρόγραμμα θα πρέπει πρώτα να το "κατεβάσει" (download) στον υπολογιστή του.

Σε σύγκριση με το IPTV, το Διαδίκτυο TV είναι μια γρήγορα αναπτυσσόμενη αγορά και με σχετικά χαμηλό επενδυτικό κόστος. Το Διαδίκτυο TV βασίζεται στις υπάρχουσες υποδομές, συμπεριλαμβανομένων, του ADSL, Wi-Fi, καλωδιακών και δορυφορικών δικτύων κάτι που το καθιστά ένα πολύτιμο εργαλείο για μια ευρεία ποικιλία υπηρεσιών αλλά οι ιδιοκτήτες περιεχομένου αναζητούν νέες πηγές εσόδων. Ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι το IPTV πάντα διανέμεται μέσω των χαμηλού κόστους IP- STB, τα οποία έχουν περιορισμένη υπολογιστική ισχύ, η ικανότητα των φορέων να παρέχουν IPTV ποικίλων πολυμεσικών υπηρεσιών είναι περιορισμένος. Αυτό είναι το σημείο όπου το Διαδίκτυο TV έχει ένα πλεονέκτημα, αφού θα παραδοθεί σε έναν συνδρομητή (γενικά) με ισχυρό PC.

Η σχετική ευκολία με την οποία πραγματοποιείται μια τηλεοπτική υπηρεσία διαδικτύου φαίνεται από μια πρώτη ματιά σαν απειλή για τις IPTV επενδύσεις, αλλά οι δυο υπηρεσίες δεν ανταγωνίζονται απαραίτητα για τους ίδιους πελάτες και υπάρχουν και κάποιες συνεργασίες μεταξύ των δυο, όπως μια κοινή τεχνολογική πλατφόρμα σε μορφή web-based τεχνολογιών για την αποθήκευση και τη διανομή περιεχομένου. Από επιχειρησιακή άποψη, η Διαδίκτυο TV, μπορεί να συμπληρώσει την IPTV, με ευθυγραμμισμένο, εξειδικευμένο και ποικίλο πολυμεσικό περιεχόμενο.

Αρα αν πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ των δύο τεχνολογιών, ουσιαστικά έχουμε να κάνουμε μια επιλογή μεταξύ του κόσμου της ιδιαίτερα διαφοροποιημένης και δυναμικής ανεξάρτητης παραγωγής και αυτού που εξουσιάζεται από τα ασφαλή αφιερωμένα ιδιωτικά δίκτυα παράδοσης διανέμοντας τους παραδοσιακότερους τύπους βασισμένους στο περιεχόμενο βίντεο, που παρέχονται κατά ένα μεγάλο μέρος από μεγάλα συγκροτήματα επιχειρήσεων μέσω. Το IPTV αντιπροσωπεύεται από ένα σχεδιάγραμμα κλειστών, ιδιόκτητων συστημάτων TV όπως οι παρούσες στις υπηρεσίες καλωδίων αλλά παραδίδεται μέσω βασισμένων σε IP ασφαλών καναλιών. Η τηλεόραση διαδικτύου είναι αντ' αυτού ένα ανοικτό εξελισσόμενο πλαίσιο στο οποίο ένας πολύ μεγάλος αριθμός μικρού και μεσαίου μεγέθους τηλεοπτικών παραγωγών συμβάλλει ιδιαίτερα.

Μια άλλη διαφορά μεταξύ WebTV και IPTV μπορεί να βρεθεί στην περίπτωση των επίγειων δικτύων για την κινητή λήψη. Σε αντίθεση με το κινητό WebTV, το κινητό IPTV μπορεί να διαβιβαστεί με φυσική μετάδοση μέσα από ένα ευρυζωνικό επίγειο προωστικό κανάλι. Ένα κατάλληλο σχέδιο μετάδοσης, όπως η DAB-IP, DMB- DMB ή το DVB-H, παρέχει μια εξασφαλισμένη ποιότητα υπηρεσίας που είναι ανεξάρτητη από τον αριθμό των χρηστών που λαμβάνουν το σήμα.

6.14.1. Σύγκριση IPTV και Διαδίκτυο TV

Χαρακτηριστικά IPTV:

- Η IPTV είναι μια οδηγούμενη από φορέα και ελεγχόμενη πλατφόρμα. Υπάρχει ένας φυσικός φορέας με φυσικούς σωλήνες και η υποδομή την οποία λειτουργεί και ελέγχει. Ο καταναλωτής αλληλεπιδρά άμεσα τον φορέα.
- Το IPTV αυτό είναι ένα από άκρο σε άκρο σύστημα ή ένα ημι-κλειστό δίκτυο (η υποδομή είναι όλη μέσα στο περιβάλλον του φορέα, και δεν μπορεί κανονικά να προσεγγιστεί στο διαδίκτυο. Σαν συνέχεια αυτού, η υποδομή επέκτασης και οι συσκευές που έχουν πρόσβαση σε αυτό ρυθμίζονται και χρησιμοποιούνται από το φορέα IPTV.
- Η προσέγγιση IPTV είναι μια πλήρως συνδεδεμένη προσέγγιση. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η υποδομή επέκτασης είναι βασισμένη στις περιοχές και στις γειτονιές που συνδέονται με τις καταναλωτικές εγκαταστάσεις (σπίτια χρηστών).
- Το IPTV θα προσφέρει ουσιαστικά το ίδιο προϊόν και τον προγραμματισμό που προσφέρονται από το καλωδιακή τηλεόραση και τους δορυφορικούς προμηθευτές. Παρομοίως κατόπιν παραγγελίας και πληρωμής ανά προϊόν και πιθανώς με κάποια πρόσθετη ολοκλήρωση για τη φωνή, θα υπάρχει διαφορετική τιμολόγηση.

Χαρακτηριστικά Διαδίκτυο Television

- Η τηλεόραση διαδικτύου, είναι αρκετά διαφορετική από την άποψη του προτύπου για τον καταναλωτή, τον εκδότη και για την υποδομή που χρησιμοποιείται.
- Το πρότυπο είναι ανοικτό σε οποιοδήποτε κάτοχο δικαιωμάτων, δεδομένου ότι είναι βασισμένο στο ίδιο πρότυπο έκδοσης που υπάρχει στον Ιστό: καθένας μπορεί να δημιουργήσει ένα end-point και να το δημοσιεύσει σε παγκόσμια βάση.
- Η τηλεόραση διαδικτύου είναι ανοικτή σε οποιοδήποτε κάτοχο δικαιωμάτων ασχέτως εάν αυτό είναι ένα άτομο που δημιουργεί ένα βίντεο για ένα πολύ μικρό ακροατήριο ή έναν παραδοσιακό εκδότη που προσφέρει τα γραμμικά καλωδιακά κανάλια.
- Η τηλεόραση διαδικτύου έχει ένα άμεσο κανάλι επικοινωνίας με τον καταναλωτή. Ο εκδότης είναι σε θέση να φτάσει άμεσα στους καταναλωτές μέσω ενός μεγάλου αριθμού συσκευών. Η τηλεόραση διαδικτύου είναι στην πραγματικότητα μια προσέγγιση που προσπαθεί να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ανεξάρτητη συσκευών. Χάρη στα ανοιχτά πρότυπα που έχουν βοηθήσει να δημιουργήσουν αυτήν την ευκαιρία, η τηλεόραση διαδικτύου θέλει να είναι ακριβώς όπως είναι ο Ιστός σήμερα. Προσιτός από οποιοδήποτε τύπο υπολογιστή και σύνδεση σε όλο τον κόσμο.
- Η τηλεόραση Διαδικτύου θα ενσωματωθεί βαθιά στην υπάρχουσα εμπειρία χρηστών του διαδικτύου και στους μηχανισμούς που οι χρήστες χρησιμοποιούν στις υπηρεσίες πρόσβασης και στο κοντινό μέλλον αναμένεται να συγχωνευθεί με τον κόσμο των υπηρεσιών βίντεο και τηλεόρασης.
- Η τηλεόραση διαδικτύου χρησιμοποιεί ένα παγκόσμιο επιχειρησιακό πρότυπο προσιτότητας, όπου οι υπηρεσίες βίντεο και τηλεόρασης που προσφέρονται από μια γεωγραφική περιοχή μπορούν να προσεγγιστούν από οποιαδήποτε άλλη περιοχή .
- Η τηλεόραση Διαδικτύου υπόσχεται την πρόσβαση σε πολλά νέα προϊόντα.

IPTV	Internet TV
Ελεγχόμενο δίκτυο	Δημόσιο διαδίκτυο
Διαθέσιμο σε τηλεόραση	Διαθέσιμο σε υπολογιστή
Εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας	QoS με καλύτερη προσπάθεια
Κανάλια μετάδοσης	Συνεχής ροή (stream)
VoD	"Κατέβασμα" video
EPG (Οδηγός προγράμματος)	Ιστοσελίδες
Pay TV	Δωρεάν

Πίνακας 6.4: Σύγκριση IPTV και ΔιαδίκτυοTV

7. Πλεονεκτήματα του IPTV

Η πλατφόρμα IP προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η δυνατότητα ενοποίησης με άλλες τηλεοπτικές υπηρεσίες που βασίζονται στο IP, π.χ. η υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο Διαδίκτυο και VoIP.

Σε μια τυπική τηλεόραση ή ένα δορυφορικό δίκτυο, με χρήση τεχνολογίας μετάδοσης βίντεο, όλο το περιεχόμενο ρέει συνεχώς σε κάθε πελάτη και ο δέκτης του πελάτη αλλάζει το περιεχόμενο στο set-top-box. Ο πελάτης μπορεί να επιλέξει από ένα μεγάλο αριθμό επιλογών τις οποίες οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών, η καλωδιακή ή η δορυφορική εταιρεία μπορεί να χωρέσει στο "σωλήνα" που απορρέει στο σπίτι. Ένα δίκτυο μεταγωγής IP λειτουργεί διαφορετικά. Το περιεχόμενο παραμένει στο δίκτυο, και μόνο το περιεχόμενο που επιλεγεί ο πελάτης θα σταλεί στο σπίτι του πελάτη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αποδεσμεύεται εύρος ζώνης και έτσι η επιλογή των πελατών να περιορίζεται λιγότερο από το μέγεθος του "σωλήνα" στο σπίτι. Αυτό όμως σημαίνει ότι θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την προστασία της ιδιωτικής ζωής του πελάτη, σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι είναι δυνατό με την παραδοσιακή τηλεόραση ή με τα δορυφορικά δίκτυα.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του δικτύου με βάση το IP είναι η ευκαιρία για την ολοκλήρωση και τη σύγκλιση. Η σύγκλιση των υπηρεσιών προϋποθέτει την αλληλεπίδραση των υφιστάμενων υπηρεσιών, κατά ομοιογενή τρόπο, για τη δημιουργία νέων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Οι υπηρεσίες που βασίζονται στο IP θα βοηθήσουν τις προσπάθειες που γίνονται για να μπορέσουν να παρέχουν στους καταναλωτές πρόσβαση οποτεδήποτε και οπουδήποτε στο περιεχόμενο, μέσω των τηλεοράσεων τους, των υπολογιστών και των κινητών τηλεφώνων. Μέσα σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, το IPTV εξαλείφει την ανάγκη δημιουργίας μιας παράλληλης υποδομής για την μετάδοση ζωντανών εκπομπών και αποθηκευμένων βίντεο.

7.1.1. Διαδραστικότητα

Μια IP πλατφόρμα δίνει σημαντικές ευκαιρίες για να κάνουν την εμπειρία του τηλεθεατή πιο διαδραστική και εξατομικευμένη. Ο προμηθευτής μπορεί, για παράδειγμα, να περιλάβει ένα διαδραστικό οδηγό προγράμματος που επιτρέπει στους τηλεθεατές την αναζήτηση περιεχομένου με τον τίτλο ή ηθοποιούς με το όνομα τους, ή μια λειτουργικότητα picture-in-picture, η οποία τους επιτρέπει να "σερφάρουν στο κανάλι" χωρίς να φύγουν από το πρόγραμμα που παρακολουθούσαν. Οι τηλεθεατές μπορούν να αναζητήσουν πρόσφατα στατιστικά στοιχεία ενός παίκτη ενώ παρακολουθούν ένα αθλητικό παιχνίδι ή να ελέγξουν την γωνία της κάμερας. Επίσης, μπορούν να έχουν πρόσβαση για μετακίνηση φωτογραφιών ή μουσικής από το PC στην τηλεόραση τους, να χρησιμοποιήσουν ένα ασύρματο τηλέφωνο για να προγραμματίσουν μια εγγραφή από το αγαπημένο τους πρόγραμμα ή ακόμα και να προσαρμόσουν το γονικό έλεγχο προκειμένου το παιδί τους να παρακολουθήσει ένα ντοκιμαντέρ για μια σχολική έκθεση, ενώ αυτοί λείπουν από το σπίτι. Σημειώστε ότι όλα αυτά είναι δυνατόν, σε κάποιο βαθμό, να επιτευχθούν και με την υφιστάμενη ψηφιακή επίγεια τηλεόραση, τα δορυφορικά και καλωδιακά δίκτυα σε συνδυασμό με τις σύγχρονες συσκευές set-top-box.

7.1.2. VoD

Τα αρχικά VoD σημαίνουν Video on Demand. Το VoD επιτρέπει σε ένα πελάτη να αναζητήσει ένα online πρόγραμμα ή ένα κατάλογο από ταινίες, να παρακολουθήσει τα trailers και στη συνέχεια να επιλέξει μια εγγραφή για αναπαραγωγή. Η επιλεγμένη ταινία ξεκινά σχεδόν αμέσως στην τηλεόραση ή τον υπολογιστή του πελάτη. Όταν ο πελάτης επιλεγεί την ταινία, μια από σημείο-σε σημείο σύνδεση αποκαθίσταται μεταξύ του αποκωδικοποιητή του πελάτη (Set-Top-Box ή PC), και του εξυπηρετητή. Η σηματοδότηση για τις διάφορες λειτουργικότητες (παύση, αργή κίνηση, επιστροφή κ.λπ.) εξασφαλίζονται από το πρωτόκολλο RTSP (Real Time Streaming Protocol). Τα πιο κοινά codecs που χρησιμοποιούνται για VoD είναι MPEG-2, MPEG-4 και VC-1. Σε μια προσπάθεια να αποφευχθεί η πειρατεία, το περιεχόμενο του VoD είναι συνήθως κρυπτογραφημένο. Ενώ η κρυπτογράφηση της δορυφορικής και καλωδιακής τηλεόρασης είναι μια παλιά πρακτική, με την τεχνολογία IPTV μπορεί πράγματι να θεωρηθεί ως μια μορφή του Digital Rights Management. Μια ταινία που έχει επιλέξει, για παράδειγμα, μπορεί να παίζει για 24 ώρες μετά την πληρωμή, μετά την οποία καθίσταται διαθέσιμο.

7.2. Interactive TV (iTV)

Σήμερα, οι υπηρεσίες IPTV και VoD εγγυώνται ότι ο χρήστης θα έχει τουλάχιστον την ίδια ποιότητα υπηρεσίας που έχει και με τις υπηρεσίες της broadcast τηλεόρασης. Αυτή η ποιότητα της υπηρεσίας, μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε ένα ιδιωτικό δίκτυο και με μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης. Από τους παραπάνω ορισμούς, δεν φαίνονται τα πλεονεκτήματα του IPTV και το τι το κάνει να διαφέρει από τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες διανομής τηλεόρασης.

Το IPTV και το VoD κάνουν τη διαφορά από τις κλασικές broadcast υπηρεσίες τηλεόρασης στο εξής: εισάγουν την έννοια της interactive TV (διαδραστική τηλεόραση). Το IPTV δεν περιλαμβάνει μόνο τη λήψη πληροφοριών του χρήστη, από το σύστημα, αλλά επιτρέπει και την ροή προς την αντίθετη κατεύθυνση (από τον χρήστη προς το σύστημα), καθώς και την αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα. Ο όρος iTV περιγράφει το ότι οι χρήστες μπορούν να εμπλέκονται και να αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο στις οθόνες των τηλεοράσεών τους.

Έτσι λοιπόν, οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με διάφορες τηλεοπτικές εκπομπές. Τυπικά παραδείγματα της iTV είναι η συμμετοχή των χρηστών σε διάφορα quiz show από τον καναπέ του σπιτιού τους, ψηφοφορίες σε εκπομπές, διάφορες αγοραπωλησίες εμπορευμάτων μέσω τηλεόρασης, και άλλα. Επίσης, η iTV μπορεί να παρέχει στους χρήστες περισσότερες πληροφορίες για διάφορες εκπομπές, καθώς και επικοινωνιακές εφαρμογές. Ένα παράδειγμα είναι το εξής: σε έναν ποδοσφαιρικό αγώνα, ένας θεατής, μπορεί να δει να εμφανίζεται ένα link για περισσότερες πληροφορίες για έναν παίκτη. Αφού θα κάνει κλικ στο link, θα μπορεί να λάβει περισσότερες πληροφορίες και στατιστικά για αυτόν τον παίκτη, όπως τα γκολ που έχει σημειώσει, πόσες κίτρινες κάρτες έχει, τα στατιστικά του την περασμένη σεζόν, και άλλα. Μόλις τελειώσει αυτή η διαδικασία, θα ερωτηθεί αν θέλει να αγοράσει τη φανέλα του συγκεκριμένου παίκτη και τότε θα προχωρήσει σε μια διαδικασία αγοράς ή όχι, μέσω του set-top-box του.

Το IPTV με τη λειτουργία του iTV ενεργοποιεί τον χρήστη και τον καθιστά από παθητικό θεατή που ήταν στην παραδοσιακή τηλεόραση (όπου υπήρχε το μοντέλο, που δεχόταν ότι προβαλλόταν στην τηλεόραση παθητικά), σε ενεργό και δραστήριο θεατή που ελέγχει το τι θα δει και πότε θα το δει. Διάφορες εφαρμογές στέλνονται στα set-top-boxes των θεατών και τους δίνουν τη δυνατότητα της αλληλεπίδρασης και της συμμετοχής τους, είτε μέσω ενός τηλεχειριστηρίου, είτε μέσω ενός ασύρματου πληκτρολογίου. Οι πληροφορίες που στέλνονται πίσω, από τους χρήστες είναι κατευθείαν από το set-top-box τους στον server.

Το IPTV/VoD είναι TV-centric και όχι PC-centric. Αυτός ο τρόπος υποδηλώνει μια διαφορετική εμπειρία στον χρήστη: της συμμετοχής του και της αλληλεπίδρασής του με την τηλεόραση. Ο χρήστης θα μπορεί να έχει πρόσβαση στο IPTV από την τηλεόρασή του, θα μπορεί να αλληλεπιδρά με το τηλεχειριστήριο, θα έχει τη δυνατότητα να σερφάει στο Διαδίκτυο με έναν browser και θα μπορεί να εκτελεί και πολλές λειτουργίες που μέχρι πριν λίγο καιρό, μπορούσε να τις εκτελεί μόνο στον υπολογιστή του. Με τον καιρό, οι έννοιες αυτές θα ταυτοποιηθούν (TV-centric και PC-centric) γιατί πολλές συσκευές στο οικιακό δίκτυο του συνδρομητή και εκτός από αυτό, όπως υπολογιστές, laptops, pocket PCs, κινητά τηλέφωνα, θα μπορούν να έχουν πρόσβαση στο IPTV.

7.3. Διαδραστικές εφαρμογές IPTV

Το IPTV δίνει τη δυνατότητα στους συνδρομητές, εκτός από το να παρακολουθούν διάφορα τηλεοπτικά προγράμματα και βίντεο, να αλληλεπιδρούν με το σύστημα και να έχουν διαδραστικότητα, σαν να σερφάρουν στο Διαδίκτυο, παρά σαν να παρακολουθούν μια εκπομπή στην κλασική τηλεόραση. Δίνει τη δυνατότητα στους συνδρομητές να βλέπουν διάφορα κανάλια, από μια πληθώρα επιλογών, να γράφουν ταυτόχρονα τηλεοπτικές εκπομπές, και να έχουν πρόσβαση σε διάφορες διαδραστικές εφαρμογές, όπως οι ακόλουθες:

- Electronic program guide
- IP-VoD
- Web browsing μέσω του IPTV
- IPTV e-mail
- Εφαρμογές DVR
- Walled garden portal

- Απευθείας αποστολή μηνυμάτων μέσω του IPTV
- Αγορές μέσω του IPTV
- Εμφάνιση πληροφοριών καλούντος στην τηλεόραση
- Διαφημίσεις IPTV
- Εμφάνιση πληροφοριών της περιοχής του συνδρομητή (νέα, καιρός, και άλλα)
- Gaming on Demand
- Γονικός έλεγχος
- Συστήματα συναγερμού σε περίπτωση κινδύνου
- Διαδραστικές εφαρμογές σχετικές με το πρόγραμμα IPTV
- Προσωπικά κανάλια του χρήστη

7.3.1. Electronic Program Guide

Το IPTV έχει πολλές υπηρεσίες και πολλά κανάλια, γι αυτό και απαιτείται μια εφαρμογή για την πλοήγηση σε όλες αυτές τις επιλογές. Μια τέτοια εφαρμογή λέγεται και Electronic Program Guide ή EPG ή ηλεκτρονικός οδηγός προγράμματος.

Ένας Electronic Program Guide (EPG) ή Interactive Program Guide (IPG) είναι ένας οδηγός πλοήγησης σε μια οθόνη για προγραμματισμένα κανάλια τηλεόρασης, ή ραδιο-εκπομπές, με λειτουργίες που επιτρέπουν στον χρήστη να εξερευνεί, να επιλέγει και να ανακαλύπτει περιεχόμενο με βάση την ώρα, τον τίτλο, το κανάλι, το είδος κτλ, με την χρήση του τηλεχειριστηρίου του, ή ενός πληκτρολογίου, ή ενός πληκτρολογίου τηλεφώνου (αν έχει πρόσβαση στην υπηρεσία IPTV από το κινητό του τηλέφωνο). Με μια τέτοια εφαρμογή, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέγει και να συνδέεται στις διάφορες IP και διαδραστικές υπηρεσίες του IPTV.

Η εφαρμογή EPG αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της υπηρεσίας IPTV και χρησιμοποιείται για την πλοήγηση σε ένα μεγάλο αριθμό από κανάλια και πηγές περιεχομένου βίντεο, από τους συνδρομητές. Μία εφαρμογή EPG παρουσιάζει στους συνδρομητές του IPTV ένα μενού από τα διαθέσιμα κανάλια IPTV και οι συνδρομητές χρησιμοποιούν το τηλεκοντρόλ τους για να επιλέξουν κανάλι ή να κάνουν κάποιες άλλες επιλογές. Επίσης, οι χρήστες κάνουν αναζήτηση διαφόρων τίτλων (ταινιών), από ένα υπομενού, είτε με βάση το όνομα, είτε με βάση άλλα χαρακτηριστικά, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω. Μόλις επιλεγεί ένα κανάλι, το βίντεο περιεχόμενο κατεβαίνει μέσω του ευρυζωνικού δικτύου για άμεση θέαση. Η εφαρμογή του EPG είναι συνήθως σαν ένας πίνακας. Αυτή η μορφή είναι εύκολα αναγνώσιμη και κατανοητή. Παρόλα αυτά, είναι πιθανό να αλλάξει η εμφάνιση του EPG ανάλογα με τον πάροχο της υπηρεσίας για να υποστηρίξει τις διαφορετικές απαιτήσεις που υπάρχουν κάθε φορά. Η επικοινωνία ανάμεσα στην εφαρμογή client EPG που τρέχει στο set-top-box του χρήστη και στην εφαρμογή στον server χρησιμοποιεί σπάντα πρωτόκολλα Διαδίκτυο.

Οι IPTV EPG εφαρμογές, μπορούν να παρουσιάζουν το πρόγραμμα της ημέρας, καθώς και πληροφορίες για διάφορα επεισόδια σειρών, ταινίες ή άλλες μελλοντικές broadcast εκπομπές. Σε ένα παράθυρο, παρουσιάζονται οι διάφορες πληροφορίες για κάθε κανάλι, και δίνεται η δυνατότητα στους συνδρομητές του IPTV να επιλέγουν το συγκεκριμένο κανάλι. Οι συνδρομητές, χρησιμοποιώντας τα βέλη πλοήγησης στο τηλεχειριστήριό τους, μπορούν να «φωτίσουν» και να επιλέξουν διάφορες επιλογές. Οι βασικές λειτουργίες ενός σπάντα IPTV EPG, περιλαμβάνουν τα εξής:

- Παρουσίαση των εβδομαδιαίων προγραμμάτων των IPTV multicast καναλιών.
- Αυτόματη εγγραφή βίντεο περιεχομένου.
- Ειδοποίηση των συνδρομητών κατά την άφιξη ενός νέου e-mail.
- Υπενθύμιση των θεατών, όταν ένα επιλεγμένο πρόγραμμα πρόκειται να ξεκινήσει.
- Απαγόρευση πρόσβασης σε κανάλια τα οποία κρίνονται ακατάλληλα.
- Δυνατότητα αναζήτησης προγραμμάτων με ένα συγκεκριμένο θέμα ή με βάση την ώρα.
- Έλεγχος του χώρου στον δίσκο στο set-top-box.
- Εξατομίκευση και προσωποποιημένη θέαση τηλεόρασης.

Παρόλο που η εμφάνιση του EPG, συνήθως είναι καθορισμένη από τον πάροχο, κάποια συστήματα δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες, να αλλάξουν την εμφάνιση του EPG, ανάλογα με τις προτιμήσεις τους. Επίσης, υπάρχει συνήθως ένας οδηγός με εικόνες ενσωματωμένος στο EPG. Έτσι υπάρχει μια λίστα που εμφανίζει μια επιλογή από multicast κανάλια, μέσα σε ένα μικρό παράθυρο στην οθόνη της τηλεόρασης. Ο χρήστης μπορεί, χρησιμοποιώντας τα βέλη πλοήγησης στο τηλεχειριστήριό του, να επιλέξει ένα από αυτά τα κανάλια. Μόλις επιλεγεί ένα κανάλι, ακούγεται συνήθως κάποιος ήχος, και στην συνέχεια το set-top-box εμφανίζει πληροφορίες για το συγκεκριμένο κανάλι, όπως ο τίτλος, και άλλες. Με το που ο χρήστης πατήσει το πλήκτρο OK ή το Enter στο τηλεχειριστήριό του, τότε το παράθυρο θα μεγαλώσει και θα πιάσει όλη την οθόνη και ο χρήστης θα μπορεί να παρακολουθήσει το κανάλι που επέλεξε. Στην παρακάτω εικόνα, φαίνεται ένα απλό και χαρακτηριστικό interface ενός EPG.

7.3.2. IP Video on Demand

Το IPTV παρέχεται τις περισσότερες φορές, μαζί με το VoD. Το VoD επιτρέπει στους συνδρομητές να επιλέγουν και να κατεβάζουν βίντεο περιεχόμενο (μέσω του EPG) σε ένα δίκτυο IP. Το περιεχόμενο συνήθως, περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη από ταινίες, μουσικά βίντεο, και εγγεγραμμένα τηλεοπτικά προγράμματα. Η υλοποίηση του VoD διαχωρίζεται σε 2 κατηγορίες:

Downloadable. Το VoD περιεχόμενο κατεβάζεται στο set-top-box και βλέπεται μόλις ολοκληρωθεί το κατέβασμά του.

Streaming. Το IPTV set-top-box λαμβάνει το περιεχόμενο μέσω ενός ρεύματος δεδομένων IP.

7.3.3. Web browsing μέσω του IPTV

Πολλοί πάροχοι του IPTV δίνουν τη δυνατότητα στους θεατές να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο, μέσω της τηλεόρασής τους. Η πλοήγηση στον ιστό μέσω τηλεόρασης, είναι παρόμοια με την πλοήγηση σε ένα PC.

Η κύρια διαφορά είναι ότι, πλέον ο χρήστης θα κάθεται στην οθόνη της τηλεόρασής του, στο σαλόνι του. Το πρόβλημα είναι ότι πολλές ιστοσελίδες δεν είναι σχεδιασμένες για εμφάνιση σε τηλεόραση, αλλά μόνο στην οθόνη ενός υπολογιστή που έχει υψηλότερη ανάλυση για αυτό και πολλοί διαχειριστές του δικτύου παρέχουν έναν ενσωματωμένο web browser στα IPTV set-top-boxes τους, που θα αλλάζει την ανάλυση μιας ιστοσελίδας αυτόματα και θα την προσαρμόζει στη δεδομένη ανάλυση της συγκεκριμένης τηλεόρασης. Με την πρόοδο στην τεχνολογία IPTV και στις web τεχνολογίες, η δημοτικότητα της πρόσβασης στο Διαδίκτυο, μέσω τηλεοπτικών εφαρμογών, αναμένεται να μεγαλώσει στα επόμενα χρόνια και να δώσει τη δυνατότητα και σε άλλα άτομα να γνωρίσουν το Διαδίκτυο με πιο απλό τρόπο.

7.3.4. IPTV e-mail

Από τα πιο παλιά χρόνια, οι άνθρωποι προσπαθούσαν να βρουν τρόπους επικοινωνίας και χρησιμοποιούσαν διάφορες τεχνολογίες για να επικοινωνούν μεταξύ τους. Με την επανάσταση του Διαδίκτυο, ένας από τους πιο σύγχρονους και δημοφιλείς τρόπους επικοινωνίας είναι το e-mail. Με την έλευση του IPTV, το e-mail εισάγεται στο σαλόνι του χρήστη, αφού μπορεί να σταλεί και να ληφθεί, μέσω του set-top-box του και με την βοήθεια της τηλεόρασής του.

Διάφορα συστατικά μέρη που απαιτούνται για ένα σύστημα αποστολής e-mail σε ένα IPTV δίκτυο, είναι : το λογισμικό πελάτη που βρίσκεται στο IPTVCD, μία σουίτα από πρωτόκολλα επικοινωνίας, διακομιστές, και ένα firewall, το οποίο θα βρίσκεται στο κέντρο δεδομένων του IPTV.

7.3.5. Εφαρμογές DVR (Digital Video Recording)

Ένα από τα βασικά προτερήματα του IPTV είναι η δυνατότητά του για εγγραφή εκπομπών. Για αυτή τη δυνατότητα απαιτείται ένα set-top-box με σκληρό δίσκο. Έτσι ο συνδρομητής μπορεί να επιλέγει προγράμματα, να τα γράφει ψηφιακά και να αποθηκεύει ζωντανές εκπομπές τηλεόρασης στον σκληρό δίσκο του set-top-box του.

7.3.6. Walled Garden Portal

Ένα walled garden portal μπορεί να περιγραφεί καλύτερα, ως ένα web portal ή ένα περιβάλλον web, το οποίο, όμως έχει σχεδιαστεί για ένα περιβάλλον τηλεόρασης. Μέσα σε ένα walled garden portal, ένας θεατής έχει πρόσβαση σε μια ποικιλία περιεχομένων, όπως ωροσκόπια, ζώδια, νέα, αθλητικά, δελτία καιρού και κάποιες εφαρμογές διαδικτύου, όπως e-mail και chat. Εκτός από το να παρέχουν περιεχόμενο, κάποια portal περιλαμβάνουν και τις εξής λειτουργίες:

- Εγγραφή σε διάφορες υπηρεσίες IPTV.
- Δυνατότητα αγοράς διαφόρων υπηρεσιών IPTV.
- Δυνατότητα διαφημιστικής καμπάνιας για τους παρόχους της υπηρεσίας.
- Δυνατότητα πλοήγησης, παρόμοια με εκείνη που παρέχεται από τα IPTV EPGs.

Επειδή το walled garden, αποτελεί ιδιοκτησία του παρόχου, μόνο οι IPTV συνδρομητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα walled garden μέσω της τηλεόρασης τους. Κάθε σελίδα, μέσα σε ένα walled garden, έχει σχεδιαστεί για προβολή σε οθόνη τηλεόρασης.

7.3.7. Απευθείας αποστολή μηνυμάτων μέσω του IPTV

Με αυτή την εφαρμογή, δίνεται η δυνατότητα στους συνδρομητές να χρησιμοποιούν την τηλεόραση τους για να κάνουν chat με διάφορους φίλους τους και να συμμετέχουν σε διάφορα chat rooms ή chat forums. Ο πάροχος του δικτύου, μπορεί να αποφασίσει τι τύπους chat forums θα υποστηρίξει η εφαρμογή. Από την πλευρά του παρόχου, απαιτείται η εγκατάσταση ενός δυνατού chat server στα κεντρικά. Επίσης, θα μπορούν να στέλνονται και διαφημιστικά μηνύματα στην εφαρμογή chat. Η εφαρμογή πελάτη στο set-top-box του χρήστη, έχει πολύ μικρές απαιτήσεις μνήμης και επεξεργαστή και είναι κατάλληλη για χρήση και σε IPTVCDs. Οι περισσότερες εφαρμογές chat προσφέρουν συνομιλία ενός χρήστη με έναν άλλο, καθώς και συνομιλία πολλών χρηστών ταυτόχρονα.

7.3.8. Αγορές μέσω του IPTV

Το IPTV-commerce είναι η εφαρμογή του IPTV, που υποστηρίζει αγοραπωλησίες, και δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να αγοράζουν αγαθά μέσω μιας τηλεόρασης χρησιμοποιώντας ένα τηλεχειριστήριο και το set-top-box τους, αντί ένα πληκτρολόγιο. Αυτή η υπηρεσία περιλαμβάνει online αγορές προϊόντων, απευθείας αγορές, online στοιχήματα (σε αγώνες ποδοσφαίρου, κλπ), και home banking. Αυτές οι υπηρεσίες, απαιτούν ένα ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο ασφαλείας και αξιοπιστίας. Πάντως, αυτή η εφαρμογή κρίνεται ιδανική για χρήστες που φοβούνται να κάνουν αγορές μέσω του υπολογιστή τους.

7.3.9. Εμφάνιση πληροφοριών καλούντος στην τηλεόραση

Αυτή η εφαρμογή επιτρέπει στους συνδρομητές να βλέπουν πληροφορίες του χρήστη που τους καλεί, στην οθόνη της τηλεόρασής τους. Μόλις το τηλέφωνό τους χτυπήσει, θα πεταχτεί ένα παράθυρο pop-up στην τηλεόρασή τους για να τους ειδοποιήσει το όνομα (αν τους καλεί κάποιο όνομα χρήστη που έχει καταχωρηθεί) και τον τηλεφωνικό αριθμό του χρήστη που τους καλεί. Η εφαρμογή αυτή, μπορεί να τους ενημερώνει για διάφορα voicemails ή και για μηνύματα κειμένου. Η εφαρμογή αυτή είναι πολύ δημοφιλής στους συνδρομητές του IPTV και δείχνει πως η ενοποίηση των υπηρεσιών (τηλέφωνο, διαδικτύου, IPTV) θα έχει αντίκτυπο στην ζωή των ανθρώπων μελλοντικά.

7.3.10. Διαφημίσεις IPTV

Η χρήση της interactive TV ως μέσο για τη διανομή διαφημιστικών μηνυμάτων αποτελεί μια γενική τάση που έχουν οι διαφημιστές. Το γεγονός ότι επιτρέπει στους διαφημιστές και στους παρόχους του IPTV, να στέλνουν στους συνδρομητές πρωτότυπες και έξυπνες διαφημίσεις αποτελεί και έναν από τους κύριους λόγους που οδήγησαν στη χρήση αυτής της εφαρμογής. Το IPTV έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει πολλούς τύπους διαφημίσεων, ακόμα και διαφημίσεις που ενσωματώνονται στο ίδιο το περιεχόμενο. Για παράδειγμα καθώς παίζει μια σειρά, μπορεί να ενσωματωθεί κάτω και να περάσει μια μπάρα με

γράμματα που να διαφημίζει ένα προϊόν. Επίσης, οι διαχειριστές του δικτύου, μπορούν να τοποθετήσουν διαφημίσεις, ή διαφημιστικά και στις broadcast μεταδόσεις, αλλά και στο on demand περιεχόμενο.

Επειδή υπάρχει η δυνατότητα της ροής των δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις (από τον πάροχο στον συνδρομητή και από τον συνδρομητή στον πάροχο), αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα διαφήμισης μπορούν να συλλέγουν και να επιβλέπουν τις αντιδράσεις των χρηστών στις διαφημίσεις. Έτσι, οι διαφημιστές μπορούν να συλλέγουν στατιστικά στοιχεία και να βγάλουν απευθείας συμπεράσματα για τη διαφημιστική καμπάνια τους.

Αφού οι διαφημιστές βγάλουν και κάποια συμπεράσματα για τους συνδρομητές, πχ για τις προτιμήσεις τους, μπορούν να στέλνουν κάποιες διαφημίσεις, μόνο σε κάποια set-top-box και όχι σε όλους τους χρήστες. Αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές διαφήμισης, που στέλνονται σε όλους ή σε κάποιες γεωγραφικές περιοχές.

Αυτή η λειτουργία, που παρέχεται από αυτή την εφαρμογή, επιτρέπει στους συνδρομητές να έχουν τον έλεγχο του βίντεο περιεχομένου τους και να τους στέλνονται διαφημίσεις μόνο για προϊόντα και υπηρεσίες που τους αφορούν και ταιριάζουν με τα ενδιαφέροντά τους. Από την σκοπιά του διαφημιστή, αυτές οι διαφημίσεις συμβάλλουν στην επιτυχία της διαφημιστικής καμπάνιας τους και τους επιτρέπει να δίνουν έμφαση στα ενδιαφέροντα του χρήστη. Οι πάροχοι του IPTV κερδίζουν και αυτοί, αφού αυτή η προσέγγιση, τους βοηθά να δημιουργήσουν ένα νέο σύστημα διαφήμισης, που δεν θα ενοχλεί τον θεατή.

7.3.11. Εμφάνιση πληροφοριών της περιοχής του συνδρομητή

Η δυνατότητα εμφάνισης πληροφοριών της περιοχής του συνδρομητή, από το IPTV συμβάλλει στην μεγαλύτερη άνεση του συνδρομητή και δείχνει πώς το IPTV μπορεί να επηρεάσει τη ζωή των ανθρώπων. Το μεγαλύτερο μέρος των περιεχομένων που διανέμονται με το IPTV, αφορούν διεθνή δεδομένα ή πιο γενικά, με μικρότερη έμφαση σε πληροφορίες και περιεχόμενο που αφορά την τοπική γεωγραφική περιοχή του χρήστη. Με το IPTV, οι διαχειριστές του δικτύου, έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πληροφορίες της περιοχής στους συνδρομητές. Οι πληροφορίες αυτές, περιλαμβάνουν τον τοπικό καιρό, σχολικές ανακοινώσεις, αποτελέσματα διαφόρων αθλημάτων, βίντεο της κυκλοφοριακής κίνησης στην τηλεόραση και άλλα. Όλα αυτά συμβάλλουν θετικά στην ζωή των συνδρομητών και μπορούν να τους δώσουν πολλές ανέσεις.

7.3.12. Gaming on Demand (GoD)

Οι IPTV τεχνολογίες δίνουν τη δυνατότητα στους διαχειριστές του δικτύου, να μεταδίδουν διαδραστικές εφαρμογές TV gaming στους πελάτες τους. Επίσης, οι πάροχοι μπορούν να βάλουν και διαφημίσεις μέσα σε αυτά τα παιχνίδια. Αυτά τα παιχνίδια δίνουν τη δυνατότητα στους IPTV συνδρομητές να παίζουν παιχνίδια υψηλής ποιότητας από το σπίτι τους, να παίζουν με άλλους χρήστες που είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο και να συμμετέχουν σε συνομιλία, είτε με κείμενο, είτε από το τηλέφωνο όταν παίζουν το παιχνίδι.

Βέβαια, τα περισσότερα παιχνίδια και η ποιότητά τους εξαρτάται από το set-top-box και τις δυνατότητές του. Κάποια set-top-boxes μπορούν να έχουν και κάρτα γραφικών και να υποστηρίζουν και πιο απαιτητικά παιχνίδια, ενώ υπάρχουν και παιχνιδιομηχανές που λειτουργούν και ως set-top-box και μπορούν να υποστηρίζουν και την υπηρεσία IPTV. Παρόλα αυτά, σήμερα τα περισσότερα set-top-boxes υποστηρίζουν απλά παιχνίδια σε σχέση με τα προχωρημένα παιχνίδια που παίζονται στις κονσόλες παιχνιδιών και στους υπολογιστές, αλλά παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση βελτίωσής τους στο μέλλον.

7.3.13. Γονικός έλεγχος

Τα δίκτυα IPTV περιέχουν μηχανισμούς που επιτρέπουν στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους και στους συνδρομητές να απαγορεύουν την πρόσβαση σε συγκεκριμένους τίτλους on demand ή κανάλια broadcast τα οποία περιέχουν ακατάλληλο περιεχόμενο. Το υλικό που ζητάει ένας συνδρομητής ελέγχεται αν είναι κατάλληλο ή όχι. Αν ο διακομιστής βρει, ότι το υλικό είναι ακατάλληλο, δεν το στέλνει στο συνδρομητή που το ζήτησε. Ο μηχανισμός αυτός είναι πολύ χρήσιμος γιατί μπορεί να αποφευχθεί το κατέβασμα ακατάλληλου υλικού από έναν ανήλικο και έτσι να μην δημιουργηθεί πρόβλημα.

7.3.14. Συστήματα συναγερμού σε περίπτωση κινδύνου

Σε ένα σύστημα IPTV, μπορεί να υπάρχει και αυτή η εφαρμογή. Έτσι σε περίπτωση κινδύνου, πχ σεισμού ή πυρκαγιάς να ειδοποιείται ο χρήστης έγκαιρα, είτε με μηνύματα κειμένου στην οθόνη της τηλεόρασής του, είτε με ηχητική ειδοποίηση.

7.3.15. Προσωπικά κανάλια του χρήστη

Μελλοντικά θα δίνεται η δυνατότητα στους συνδρομητές να ανεβάζουν σε κάποιο κανάλι, κάποιο δικό τους υλικό που έχουν τραβήξει με κάμερα ή έχουν ηχογραφήσει. Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας κάποιου πειραματικού καναλιού που θα ασχολείται μόνο με το υλικό των χρηστών και την προβολή του ή προβολή του καλύτερου υλικού. Επίσης, θα μπορούσαν μέσω αυτού του καναλιού να γίνονται και διαγωνισμοί, και τα καλύτερα βίντεο ή εκπομπές των συνδρομητών να βραβεύονται με κάποιο έπαθλο.

8. Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αναλυτική παρουσίαση του IPTV, δίνοντας έμφαση κυρίως στην πλευρά του δικτύου Πρόσβασης και MetroEthernet, αναλύοντας τα πρωτόκολλα, τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται στο κομμάτι αυτό του δικτύου, αλλά και την αρχιτεκτονική του. Γίνεται μια λεπτομερής περιγραφή σε όλο το δίκτυο από πλευράς παρόχων έτσι ώστε να παρουσιαστεί όλη η δομή, η τοπολογία και οι μηχανισμοί που χρειάζονται για να υποστηριχτεί η υπηρεσία του IPTV. Περιγράφεται η ποιότητα υπηρεσίας και η εμπειρία πελάτη, σημαντικά αντικείμενα στην μετάδοση τηλεοπτικού σήματος.

Τα τελευταία χρόνια το Διαδίκτυο λειτουργεί ως μέσο διανομής/διακίνησης περιεχομένου ψηφιακής τηλεόρασης. Η ανάπτυξη των ευρυζωνικών δικτύων, η ταχεία εξάπλωση τους και η αύξηση των δυνατοτήτων διακίνησης περιεχομένου μέσω αυτών οδηγεί σε αυξημένες ανάγκες που ξεπερνούν το παραδοσιακό Διαδίκτυο. Η συνδυασμένη παροχή υπηρεσιών πρόσβασης και περιεχομένου οδηγεί στη σύγκλιση μεταξύ των δύο παραδοσιακά διακριτών κόσμων:

- Των τηλεπικοινωνιών (πάροχοι δικτύων, τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, τηλεφωνίας και Διαδίκτυο)
- Και της τηλεόρασης (εταιρείες media, κανάλια, πάροχοι τηλεοπτικών συνδρομητικών υπηρεσιών)

Η στροφή των συνδρομητών προς το IPTV σε συνδυασμό με την πολιτική των τηλεπικοινωνιακών παρόχων να προσφέρουν ολοκληρωμένα πακέτα τηλεφωνίας, Διαδίκτυο και τηλεόρασης Triple-Play και μελλοντικά πακέτα Quadruple-play, προσφέροντας και κινητή τηλεφωνία, οδηγεί το IPTV να αποτελεί το μέλλον στην οικιακή ψυχαγωγία και στην πορεία της συνδρομητικής τηλεόρασης. Οι λόγοι είναι η διασφάλιση της συνδρομητικής βάσης και η αύξηση ή διατήρηση του μέσου εσόδου ανά συνδρομητή. Για αυτούς τους λόγους οι πάροχοι εμπλουτίζουν το περιεχόμενο της τηλεόρασης και επενδύουν σε τεχνολογίες και προγράμματα, προσφέροντας πέρα των σύγχρονων υπηρεσιών και ολοκληρωμένο περιεχόμενο τηλεόρασης.

Το IPTV όπως παρουσιάστηκε παραπάνω προσφέρει μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων και οφέλη στο χρήστη και είναι μια προηγμένη μορφή τηλεόρασης. Η σύγκλιση των τηλεπικοινωνιών καθώς και το “Home entertainment”, μέσα από την ανάπτυξη της τεχνολογίας του ADSL και πλέον του VDSL οδήγησαν την ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας του IPTV. Ο χρήστης εισάγεται στην έννοια της διαδραστικότητας και του δίνεται δυνατότητα ευελιξίας, μετατρέπεται από παθητικό θεατή σε ενεργητικό χρήστη, αλληλεπιδρώντας μέσω του συστήματος που προσφέρει το IPTV.

Ο χρήστης απολαμβάνει ανέσεις και πλεονεκτήματα που πριν λίγα χρόνια δεν είχε την δυνατότητα και όλα αυτά θα αυξάνονται με την εξέλιξη των τεχνολογιών. Νέες υπηρεσίες όπως: BroadCast TV, Pay TV, Near Video On Demand, Video On Demand, Pay per view, Personal Video Recording, Time shifted TV, παρέχονται μέσα από το IPTV. Επιπλέον, εμφανίζονται νέες δυνατότητες όπως EPG, live Video, Picture in Picture, Mosaic, εισαγωγή διαφημίσεων, προσωποποίηση προγραμμάτων, ακριβή στοιχεία τηλεθέασης ανά συνδρομητή, Parental controls και πολυγλωσσικά interfaces. Τέλος, δημιουργούνται συνεχώς δυνατότητες χρήσης διάφορων πρόσθετων υπηρεσιών όπως: διαδίκτυο browsing, videoconference, email, content sharing.

Βελτιώνεται το επίπεδο ποιότητας της υπάρχουσας τηλεόρασης, αφού ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί ότι επιθυμεί αυτός και όχι ότι του δίνουν. Αυτό φαίνεται ακόμα και από τον μηχανισμό των διαφημίσεων, όπου πλέον λειτουργεί διαφορετικά και ο συνδρομητής θα βλέπει διαφημίσεις που τον αφορούν και δεν θα είναι αναγκασμένος να παρακολουθεί άσκοπα και κουραστικά διαφημιστικά μηνύματα για να δει την αγαπημένη του τηλεοπτική εκπομπή. Ο συνδρομητής θα μπορεί να επιλέξει μέσα από μια μεγάλη γκάμα τηλεοπτικών καναλιών και ανά πάσα στιγμή θα μπορεί να δει μια συγκεκριμένη εκπομπή.

Το IPTV προσφέρει δυνατότητες και καινοτόμες υπηρεσίες, αλλάζοντας την έννοια της τηλεόρασης σε σχέση με τα παλιότερα δεδομένα. Η αύξηση της διείσδυσης του στην αγορά είναι γεγονός και στα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθεί κι άλλο, δημιουργώντας ένα σημαντικό μερίδιο αγοράς και οδηγώντας τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους σε νέες και προσοδοφόρες υπηρεσίες που προσφέρει.

Βιβλιογραφία

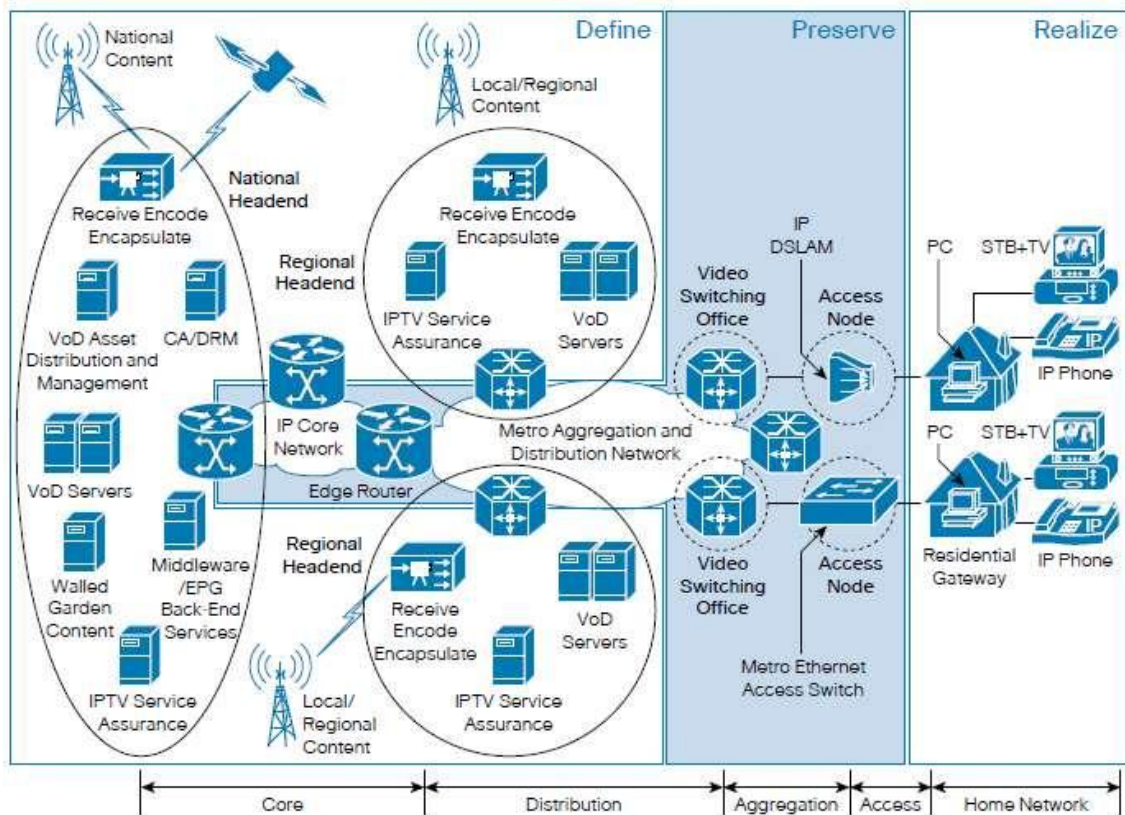
- [1] Tanenbaum S. Andrew, “Δίκτυα Υπολογιστών”, Vrije Universiteit, Amsterdam 2003.
- [2] Benoit Herve, “*Digital Television, Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*”, Elsevier, Paris 2008.
- [3] Brandenburg and Stoll G, “*ISO-MPEG-1 Audio: A Generic Standard for Coding of High Quality Digital Audio*”, Fraunhofer Publica, Germany 1994.
- [4] Comer E. Douglas, “*Διαδίκτυα με TCP/IP Αρχές πρωτόκολλα και αρχιτεκτονικές*”, 4^η Αμερικανική Έκδοση, Κλειδάριθμος, Αθήνα 2000.
- [5] Held Gilbert, “*Understanding IPTV*”, Auerbach Publications, New York 2007.
- [6] Minoli Daniel, “*IP Multicast with Applications to IPTV and Mobile DVB-H*”, Wiley, Canada April 2008.
- [7] O’Driscoll Gerard, “*Next Generation IPTV Services and Technologies*”, Wiley, Canada 2008.
- [8] Perkins C., “*RTP – Audio and Video for the Διαδίκτυο*”, Addison-Wesley, Canada 2003.
- [9] Ramirez David, “*IPTV Security*”, Wiley, UK March 2008.
- [10] Altgeld Jochen, Zeeman D. (J.D.) John, “*The IPTV/VOD Challenge: Upcoming Business Models*”, IEC Publications, September 2005
- [11] Αλεξόπουλος Άρης και Λακογιάννης Γιώργος, “*Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών*”, 6^η Έκδοση, Παπασωτηρίου, Αθήνα 2003.
- [12] Διπλωματική Εργασία, Ευάγγελου Κωνσταντινίδη, «*IPTV – an overview*»
- [13] Amadio Delano, Rossetto Davide, Gunnar Maeland Hans, Kristoffersen Tore, “*Case Study: Lyse from Energy Provider to Multi-Play Telecom Operator*”, IEC Publications, 2005.
- [14] Berriman Paul, “*NOW Broadband TV*”, IEC Publications, 2005.
- [15] Buddle Paul, “*Global Convergence: Triple-Play Models*”, IEC Publications, 2005.
- [16] Fleury Jean-Francois, “*IPTV: THE NEED FOR STANDARDS*”, Thomson Broadband R&D Beijing Corporate Research, China 2005.
- [17] Ginsburg David, Lasser-Raab Inbar, “*A Tier 1 Ethernet-Based VPLS Triple-Play Service*”, IEC Publications, 2005.
- [18] Glynn Joe, Boyes Jamie, “*Overcoming the Business and Operational Challenges in Delivering the Triple Play*”, IEC Publications, 2005.
- [19] Georgios Baltoglou, Eirini Karapistoli, Periklis Chatzimisios, “*IPTV QoS and QoE Measurements in Wired and Wireless Networks*”
- [20] Διπλωματική Εργασία, Γκανάς Βασίλειος, “*IPTV (Διαδίκτυο Protocol Television) (Ψηφιακή Τηλεόραση μέσω IP)*”, 2011

- [21] Ancuta Sanda BUZILA, “EVALUATION OF QOS PARAMETERS FOR IPTV”, Technical University of Cluj Napoca, 2007
- [22] Kuhn K., “HDTV Television – An Introduction”, EE 498, 2007.
- [23] Perkins C., Gharai L., Lehman T. and Mankin A., “Experiments with Delivery of HDTV over IP Networks”, USC Information Sciences Institute, 15 March 2002.
- [24] Stich Michael, “From Vision to Execution: The Rise of the Complete Digital Service Provider”, IEC Publications 2005.
- [25] http://www.morax.gr/article_show.php?article_id=2632
- [26] <http://www.technews.gr/modules/news/article.php?storyid=490>
- [27] <http://en.wikipedia.org/wiki/>
- [28] http://www.image.ntua.gr/meleti_172KTP/node/15
- [29] <http://avlab.ee.auth.gr/hdtv/mpeg2.html>
- [30] http://www.image.ntua.gr/meleti_172KTP/node/18
- [31] <http://www.sdtv.gr/smf/index.php?topic=9112.0>
- [32] <http://nemertes.lis.upatras.gr/dspace/handle/123456789/1506>
- [33] <http://www.eetimes.com>
- [34] http://www.iptvmagazine.com/iptvmagazine_industry_directory_index.html
- [35] <http://www.sdtv.gr/smf/archive.php?topic=10124.0>
- [36] http://www.pirellibroadband.com/en_IT/browser/attachments/pdf/HY100STB.pdf
- [37] <http://www.kitz.co.uk/>
- [38] <http://www.cs.technion.ac.il>
- [39] <http://www.sysmaster.com/>
- [40] www.atsc.org.
- [41] www.dvb.org.
- [42] <http://www.arib.or.jp/english>.
- [43] <http://www.geektonic.com>
- [44] <http://www.cisco.com>
- [45] <http://www.iptvmagazine.com>
- [46] <http://www.greekiptv.com/>
- [47] <http://www.realccielab.org/>
- [48] <https://www.h3c.com>
- [49] <http://www.edn.com>

Παράρτημα Α

Ι. Περιγραφή ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος IPTV

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, υπάρχουν 2 μηχανισμοί για τη διανομή του περιεχομένου IPTV: broadcast (ή multicast τις περισσότερες φορές) και unicast που είναι το video on demand. Στην ουσία με την broadcast εκπομπή, το περιεχόμενο στέλνεται σε όλους τους χρήστες ενώ με την multicast το περιεχόμενο IPTV στέλνεται σε μία ομάδα χρηστών, κάτι το οποίο είναι και το πιο πιθανό. Ο τρόπος που αντιμετωπίζονται και οι 2 περιπτώσεις είναι παρόμοιος. Στην unicast εκπομπή το περιεχόμενο IPTV στέλνεται σε ένα μόνο χρήστη. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα διάφορα μέρη του υλικού (hardware) και του λογισμικού (software) καθώς και οι διεπαφές τους και τα οποία απαιτούνται για να υλοποιήσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα IPTV. Παρακάτω περιγράφονται ένα, ένα τα συστατικά μέρη αυτά καθώς και ο ρόλος τους.



Εικόνα Α.1 : Ένα ολοκληρωμένο Σύστημα IPTV [Πηγή: <http://www.cisco.com>]

a. Intergrated Receiver Devices (IRDs Δέκτες)

Αυτές οι ψηφιακές συσκευές χρησιμοποιούνται για να λαμβάνουν τα «κομμάτια» του βίντεο από διάφορα δίκτυα, από δορυφορικά links μέχρι και αφιερωμένα κυκλώματα βίντεο και links από μικροκύματα.

b. Real-Time Encoders (Κωδικοποιητές πραγματικού χρόνου)

Ένα από τα πιο βασικά μέρη ενός δικτύου IPTV είναι το σύστημα συμπίεσης, το οποίο έχει ως σκοπό να μεταδίδει υψηλής ποιότητας βίντεο και ήχου στους συνδρομητές καταναλώνοντας μια μικρή μόνο ποσότητα εύρος ζώνης του δικτύου. Ο κύριος σκοπός του συστήματος συμπίεσης του IPTV συστήματος είναι να ελαχιστοποιεί την χωρητικότητα των πληροφοριών διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα του

βίντεο και του ήχου σε υψηλά επίπεδα. Αυτό είναι χρήσιμο σε παρόχους που θέλουν να στείλουν όσο περισσότερα ψηφιακά κανάλια είναι δυνατόν σε ένα ρεύμα δεδομένων broadcast.

Το σύστημα συμπίεσης αποτελείται από έναν αριθμό από κωδικοποιητές πραγματικού χρόνου (real time encoders), που χρησιμοποιούνται για να ψηφιοποιήσουν και να συμπίεσουν μία αλληλουχία καναλιών, ήχου και βίντεο. Τα ασυμπίεστα δεδομένα, αναλογικά ή ψηφιακά λαμβάνονται ως input στη συσκευή κωδικοποίησης και εξάγονται ως συμπιεσμένο βίντεο ή συμπιεσμένα δεδομένα τα οποία ενθυλακώνονται σε πακέτα βίντεο για να μεταφερθούν. Οι ψηφιακοί κωδικοποιητές επιτρέπουν τους διαχειριστές του IPTV δικτύου να κάνουν broadcast εκπομπή περιεχομένου βίντεο πολύ υψηλής ποιότητας με κόστος το ίδιο εύρος ζώνης που απαιτούνταν για την εκπομπή ενός μόνο αναλογικού προγράμματος βίντεο. Μόλις το σήμα κωδικοποιηθεί, ένα συμπιεσμένο ρεύμα δεδομένων βίντεο μεταδίδεται στο router διανομής IPTV. Να σημειωθεί ότι οι πιο σύγχρονοι κωδικοποιητές έχουν μία διεπαφή Ethernet για να κάνουν output το συμπιεσμένο περιεχόμενο.

c. **Broadcast TV Streaming Servers**

Αυτοί οι servers συνήθως βρίσκονται σε συστοιχία (2-3 ή και περισσότεροι μαζί σε ομάδες) για να βρίσκονται συνέχεια σε λειτουργία και είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση IPTV περιεχομένου ζωντανά στους συνδρομητές, χρησιμοποιώντας διάφορα πρωτόκολλα.

d. **Ένα σύστημα κωδικοποίησης IP**

Οι απαιτήσεις ενός υποσυστήματος κωδικοποίησης στο IPTV κέντρο δεδομένων εξαρτάται από 2 παράγοντες:

1. Το format της πηγής του περιεχομένου βίντεο
2. Τα στάνταρ συμπίεσης του δικτύου διανομής IP.

Στην ουσία, ένα σύστημα κωδικοποίησης IP απαρτίζεται από ειδικό εξοπλισμό hardware που χρησιμοποιείται για να μετατρέπει ροές δεδομένων MPEG-2, SDI ή αναλογικά ασυμπίεστα δεδομένα σε συμπιεσμένο format όπως είναι το H.264/AVC ή το VC-1 που χρησιμοποιούνται στο IPTV. Η κωδικοποίηση δεν περιλαμβάνει την αναδημιουργία του βίντεο, παρόλα αυτά μπορεί να υπάρξει μία πτώση στο bit rate του βίντεο ή στην ανάλυση του. Άλλες λειτουργίες των κωδικοποιητών είναι η μετατροπή του format και η ρύθμιση του ρυθμού των frames (πλαισίων του βίντεο). Επίσης, κάποιοι κωδικοποιητές περιλαμβάνουν εκτός από την λειτουργία της κωδικοποίησης και αποκωδικοποίηση. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης.

e. **Ένα σύστημα λειτουργίας και υποστήριξης πληρωμών (OBSS, Operational and Business Support System)**

Το OBSS, επίσης γνωστό ως σύστημα διαχείρισης συνδρομητών (subscriber management system SMS), χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα μέρη του IPTV δικτύου για να ενεργοποιεί και να παρέχει διάφορες υπηρεσίες IPTV σε πραγματικό χρόνο στους συνδρομητές. Οι πληροφορίες που διαχειρίζεται ένα σύστημα OBSS είναι:

- Τα ονόματα και οι διευθύνσεις των συνδρομητών.
- Πληροφορίες χρέωσης και πληρωμής.
- Αιτήσεις για προγράμματα IPTV multicast από τους συνδρομητές.
- Αιτήσεις για προγράμματα VOD από τους συνδρομητές.
- Απαιτήσεις σε εύρος ζώνης για την παροχή μιας καινούριας υπηρεσίας IPTV.
- Ανάθεση διεύθυνσης IP σε μία νέα υπηρεσία IPTV.
- Χρόνος εγκατάστασης και παροχής νέων υπηρεσιών στους συνδρομητές.

Επίσης, εκτός από το να ενεργοποιεί νέες υπηρεσίες, το OBSS μπορεί να έχει και τις εξής λειτουργίες:

- Να στέλνει αιτήσεις παροχής υπηρεσιών στις ομάδες τεχνικών και εγκατάστασης υπηρεσιών IPTV.

- Να συλλέγει διάφορες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με διάφορες υπηρεσίες IPTV.
- Να επιβλέπει την κατάσταση των αιτήσεων για υπηρεσίες IPTV και να κάνει update, όποτε αυτό κρίνεται αναγκαίο.
- Να αποθηκεύει μία βάση δεδομένων για τους πόρους (hardware και software) που έχει στην διάθεσή του ο πάροχος.
- Να επιβλέπει και να διαχειρίζεται τα router στο ευρυζωνικό δίκτυο που συνδέονται με το κέντρο δεδομένων IPTV.
- Να διαχειρίζεται και να υποστηρίζει τους διανομείς περιεχομένου.
- Να διαχειρίζεται τους λογαριασμούς των συνδρομητών, τα προφίλ, και τα τιμολόγια.
- Να παρέχει ένα σύστημα self-service, το οποίο να επιτρέπει στους συνδρομητές να παραγγέλλουν προϊόντα διαμέσου μιας ιστοσελίδας.
- Να παρέχει μια σύνδεση σε ένα Web portal που να επιτρέπει στους συνδρομητές του IPTV να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες που θα τους βοηθάνε να λύσουν διάφορα τεχνικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Το OBSS χρησιμοποιεί μια στάνταρ διασύνδεση για να επικοινωνεί με τα εξωτερικά υποσυστήματα στο κέντρο δεδομένων, καθώς και με το σύστημα διαχείρισης πελατών (CRM customer relationship management).

f. IPTV CRM System

Η χρήση ενός συστήματος CRM παρέχει στους διαχειριστές του δικτύου τη δυνατότητα να βλέπουν τις πωλήσεις διαφόρων πακέτων υπηρεσιών. Ένα CRM περιλαμβάνει διάφορες λειτουργίες και μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε 3 διαφορετικά μέρη ανάλογα με την λειτουργία:

- **Διάδραση με τους συνδρομητές.** Αυτή η λειτουργία στην ουσία κρατάει ένα ιστορικό πληροφοριών όσον αφορά την επικοινωνία των συνδρομητών με το σύστημα και αντίστροφα και στην ουσία βοηθάει στην καλύτερη και πιο interactive επικοινωνία με τους χρήστες. Επίσης, η διαχείριση της επικοινωνίας γίνεται από αυτό το σύστημα.
- **Μάρκετινγκ προϊόντων IPTV και υπηρεσιών.** Αυτή η λειτουργία αφορά το μάρκετινγκ και διάφορες διαφημιστικές καμπάνιες.
- **Πώληση προϊόντων IPTV και υπηρεσιών.** Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται για να βοηθήσει τον πάροχο της υπηρεσίας IPTV να αυξήσει τις πωλήσεις. Στην ουσία αυτή η λειτουργία συνεργάζεται με το μάρκετινγκ προϊόντων IPTV και υπηρεσιών, με σκοπό την προώθηση των προϊόντων και την αύξηση των πωλήσεων. Επίσης, γίνεται και προώθηση περαιτέρω υπηρεσιών IPTV στους συνδρομητές.

g. Ένα σύστημα ασφαλείας IPTV

Η έξοδος από το σύστημα κωδικοποίησης περνάει στην συνέχεια σε ένα σύστημα ασφαλείας για να γίνει προστασία του περιεχομένου. Ο σκοπός του συστήματος ασφαλείας IPTV είναι να απαγορεύει την πρόσβαση σε συνδρομητές που δεν έχουν δικαιώματα πρόσβασης στο συγκεκριμένο περιεχόμενο και να προστατεύει ενάντια στην κλοπή του περιεχομένου IPTV και στην «πειρατεία». Το σύστημα ασφαλείας αποτελείται από δύο κύρια μέρη: το Conditional Access (CA) και το Digital Rights Management (DRM).

h. Servers Video On Demand

Όπως λέει και το όνομα, είναι οι βίντεο servers που αποθηκεύουν το περιεχόμενο Video on Demand και τα αντίστοιχα αρχεία. Οι βίντεο servers είναι, συνήθως, συνδεδεμένοι σε ένα cluster (συστοιχία), έτσι ώστε να υπάρχει εφεδρική μονάδα σε περίπτωση μιας αποτυχίας ή σφάλματος ενός server. Οι VoD servers τρέχουν συνήθως μια εφαρμογή λογισμικού, η οποία απαιτείται για να υποστηρίξει τη διαχείριση του VoD καθώς και άλλων πολυμεσικών εφαρμογών.

i. IPTV Headend Middleware και Application Servers

Το IPTV Middleware διαιρείται σε 2 κατηγορίες: client software (λογισμικόπελάτη) και server software (λογισμικόδιακομιστή). Το middleware server software υλοποιείται από μία σειρά από application servers (διακομιστές εφαρμογών) οι οποίοι λειτουργούν στο κέντρο δεδομένων IPTV. Το IPTV Headend και οι Application Servers κάνουν τις εξής λειτουργίες:

- Επικοινωνούν με το OBSS σύστημα και με τα συστήματα CA.
- Βοηθούν στην διαχείριση και επίβλεψη των νέων συνδρομητών, στην χρέωση, και στην διαχείριση των πακέτων βίντεο.
- Φιλοξενούν εφαρμογές λογισμικού, που συνεργάζονται με τις middleware clients εφαρμογές οι οποίες βρίσκονται ενσωματωμένες στις συσκευές πρόσβασης IP.
- Βοηθούν την διεπαφή του χρήστη και για multicast, αλλά και για on-demand υπηρεσίες.
- Οι client middleware εφαρμογές βρίσκονται στο IPTVCD (IPTV Consumer Device) και χρησιμοποιούνται για προγράμματα εφαρμογών σχετικά με το ευρυζωνικό δίκτυο.

j. Ένας Network Time Server

Πολλές συσκευές του δικτύου, καθώς και πολλοί servers χρησιμοποιούν το δικό τους εσωτερικό ρολόι για χρονισμό. Παρόλα αυτά, υπάρχουν διαφορές στον χρονισμό όλων αυτών των συσκευών, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να διακοπεί η λειτουργία κάποιας συσκευής ή κάποιου server. Γι αυτό, τα κέντρα δεδομένων IPTV χρησιμοποιούν ένα network time server για να επιτυγχάνουν αποτελεσματικά τον συγχρονισμό μεταξύ των διαφόρων συστατικών μερών του δικτύου. Για αυτή την διασύνδεση χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο Network Time Protocol (NTP), που αποτελεί ένα διεθνές πρότυπο.

k. IP Switching Infrastructure

Ένα κέντρο δεδομένων IPTV περιλαμβάνει τυπικό εξοπλισμό για να στέλνει τα σήματα βίντεο και ήχου. Μεγάλα baseband switches χρησιμοποιούνται για την δρομολόγηση των σημάτων του βίντεο μεταξύ διαφόρων συσκευών που περιέχουν περιεχόμενο βίντεο. Τα μειονεκτήματα των baseband switches είναι το μεγάλο τους φυσικό μέγεθος και η πολυπλοκότητά τους. Αυτά τα IP switches άρχισαν να αντικαθίστανται από νέα, τα οποία εγκαθίστανται στα κέντρα δεδομένων IPTV. Το μέγεθος και η πολυπλοκότητά τους εξαρτώνται από το πώς μεταφέρονται τα σήματα βίντεο και ήχου μεταξύ των διαφόρων συστατικών μερών του IPTV κέντρου δεδομένων. Πλέον, με την στροφή στην μετατροπή των ψηφιακών σημάτων βίντεο σε IP πακέτα για την μεταφορά τους, πολλοί πάροχοι της υπηρεσίας άρχισαν να χρησιμοποιούν στάνταρ IP δικτυακό εξοπλισμό, όπως Ethernet routers και switches για τη δρομολόγηση των σημάτων (με μορφή πακέτων πλέον). Η χρήση αυτού του στάνταρ Ethernet εξοπλισμού βοηθάει τους παρόχους να έχουν τη διακίνηση διαφόρων τύπων βίντεο, ήχου, και δεδομένων σε ένα ενιαίο δίκτυο. Έτσι, ελαχιστοποιούνται τα κόστη, απλοποιείται η διαχείριση του δικτύου, και αυξάνεται η ευκαμψία του δικτύου.

l. Ένας Distribution Router (router Διανομής)

Στο σύστημα IPTV περιλαμβάνεται και ένας router διανομής υψηλής ταχύτητας, όπου βρίσκεται συνήθως στο κέντρο του παρόχου και είναι υπεύθυνος για τη διανομή του διαδραστικού περιεχομένου IPTV στο δίκτυο διανομής. Ο router είναι απευθείας συνδεδεμένος στον πυρήνα του IPTV δικτύου.

m. IPTV Network (δίκτυο IPTV)

Το δίκτυο IPTV αποτελείται από 2 μέρη, το IP core network και το access ή last mile part distribution network.

- Το δίκτυο πυρήνα (ή IP core ή κεντρικό δίκτυο) είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση όλου του IP βίντεο περιεχομένου, καθώς και άλλων τύπων κίνησης σε ένα περιβάλλον triple-play.

- **To access ή last mile part ή δίκτυο διανομής (ή δίκτυο πρόσβασης)** του συστήματος χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό τεχνολογιών όπως η DSL και το WiMAX για να φέρει τις απαιτούμενες υπηρεσίες στον πελάτη IPTV.

n. IPTVCDs

Τα IPTVCD είναι τα αρχικά του IPTV consumer device ή συσκευή χρήστη IPTV. Το IPTVCD είναι μία συσκευή που στην ουσία βρίσκεται στο ένα άκρο μιας IPTV σύνδεσης, όπου αυτό είναι συνήθως στον χώρο του χρήστη. Παραδείγματα IPTVCDs είναι PCs, παιχνιδιομηχανές, routers, καθώς και ψηφιακά IP set-top boxes. Οι έννοιες IPTVCD και set top box είναι ταυτόσημες, όσον αναφορά το IPTV.

Παράρτημα Β

I. Set-top Boxes

Υπάρχουν διάφορα είδη STB και ανάλογα με τις δυνατότητες του καθενός, επηρεάζονται σημαντικά οι υπηρεσίες που θα είναι διαθέσιμες στον χρήστη και ο τρόπος με τον οποίο αυτές θα δίνονται. Το STB έχει ένα network interface (ενσύρματο ή ασύρματο) μέσω του οποίου είναι προσιτό όλο το περιεχόμενο και ένα interface για σύνδεση με την τηλεόραση, είτε αναλογικό (scart) είτε ψηφιακό (hdmi).

Μια πολύ βασική διαφοροποίηση στα STBs γίνεται με την ύπαρξη ή όχι σκληρού δίσκου. Όταν το STB έχει σκληρό δίσκο, του δίνεται η δυνατότητα να αποθηκεύσει τοπικά το περιεχόμενο, το οποίο σημαίνει ότι οι υπηρεσίες όπως το TSTV και το PVR μπορούν να γίνουν χωρίς επιβάρυνση του δικτύου με επιπρόσθετη unicast κίνηση αφού το περιεχόμενο θα είναι αποθηκευμένο στον τοπικό δίσκο του STB.

Πρέπει να σημειωθεί βέβαια ότι η ύπαρξη σκληρού δίσκου αυξάνει σημαντικά το κόστος ενός STB και ότι για την παροχή της υπηρεσίας PVR απαιτείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης αφού πρέπει ταυτόχρονα να φτάνουν στον χρήστη το stream του περιεχομένου που παρακολουθεί ζωντανά καθώς και αυτό το οποίο επιθυμεί να αποθηκεύσει.

Το STB επικοινωνεί συνεχώς με το middleware λογισμικό και μέσω ενός browser, δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να πλοηγηθεί και να επιλέξει την υπηρεσία που θέλει να χρησιμοποιήσει. Από την στιγμή που ο χρήστης επιλέξει την υπηρεσία, το STB αναλαμβάνει να παρουσιάσει το περιεχόμενο στην τηλεόραση ζητώντας το, από το αντίστοιχο στοιχείο της πλατφόρμας. Επειδή το περιεχόμενο είναι κρυπτογραφημένο, το STB είναι σε θέση, από την στιγμή που είναι αναγνωρισμένο σαν έγκυρο από το middleware, να ενημερώνεται για τα κλειδιά που χρησιμοποιούνται κάθε φορά και να το αποκρυπτογραφεί.

Τα πρωτόκολλα που θα πρέπει να υποστηρίζει το STB είναι τα εξής:

- **HTML/DHTML/Javascript:** Πρέπει να υπάρχει ένας browser, ο οποίος να υποστηρίζει τα προηγούμενα πρωτόκολλα για να είναι δυνατή η πλοήγηση στο EPG.
- **RTSP:** Για την παροχή των υπηρεσιών Video On Demand και Time Shifted TV είναι απαραίτητο το πρωτόκολλο RTSP, το οποίο δίνει την δυνατότητα για παροχή unicast video streams και επιτρέπει τις λειτουργίες της παύσης του fast forward και fast rewind σε αυτά.
- **IGMP:** Τα broadcast κανάλια μεταδίδονται με multicast κίνηση και για αυτό το STB θα πρέπει να είναι σε θέση να κάνει IGMP join και IGMP leave.
- **DHCP:** Το STB κατά την εκκίνησή του θα πρέπει να μπορεί να πάρει IP διεύθυνση μέσω DHCP request.

Τα STBs θα πρέπει να διαχειρίζονται από έναν κεντρικό server, μέσω του οποίου θα μπορούν να αλλάζουν τις παραμέτρους για τις εκάστοτε ανάγκες της υπηρεσίας. Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα, τα STBs, να ανακτούν το firmware και το image που χρειάζονται για να λειτουργήσουν από κάποιον boot server με αυτοματοποιημένη διαδικασία που να μην εμπλέκει καθόλου τον χρήστη.

Πολύ χρήσιμη είναι η δυνατότητα κατηγοριοποίησης των STBs σύμφωνα με διάφορα κριτήρια, πράγμα το οποίο βοηθάει στην συντήρηση, στην διόρθωση σφαλμάτων και καλύτερη οργάνωση των χρηστών.