

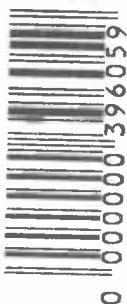


ΑΙΓΑΙΝ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
δις 64241
αρ 0067
τελ XPI

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)
στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μετάδοση ψηφιακού video
σε Συστήματα Video-on-Demand
με Αλληλεπίδραση»

Χριστοπούλου Ελένη

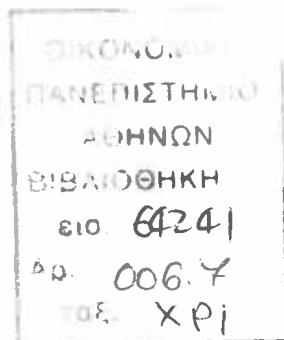
M3980005

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2000



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)
στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**«Μετάδοση ψηφιακού video
σε Συστήματα Video-on-Demand
με Αλληλεπίδραση»**

Χριστοπούλου Ελένη

M3980005

**Επιβλέπων Καθηγητής: Θεόδωρος Αποστολόπουλος
Εξωτερικός Κριτής: Ι. Μήλης**

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2000



Περιεχόμενα

Πρόλογος	5
Executive Summary	6
Σχήματα	12
Πίνακες	12
Εισαγωγή	13
Μέρος Α: Εννοιολογική Θεώρηση Συστήματος Video-on-Demand	16
Κεφάλαιο I Video-on-Demand και Αλληλεπίδραση	17
1 Video-on-Demand εφαρμογές	17
1.1 Τηλεδιάσκεψη	18
1.2 Εκπαίδευση από απόσταση	18
1.3 Τηλεσυνεργασία	18
1.4 Τηλε-ιατρική	19
1.5 Τηλε-ενημέρωση	19
1.6 Τηλε-αγορές	19
1.7 Τηλεόραση με αλληλεπίδραση και Βιβλιοθήκες ταινιών	20
1.8 Παιχνίδια	20
2 Αλληλεπίδραση	20
2.1 Συστηματική θεώρηση της αλληλεπίδρασης	20
2.2 Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης	22
2.2.1 Υπηρεσίες Συνδιάλεξης (Conversational Services)	22
2.2.2 Υπηρεσίες Ανταλλαγής Μηνυμάτων (Messaging Services)	23
2.2.3 Υπηρεσίες Ανάκτησης (Retrieval Services)	23
2.2.4 Υπηρεσίες Τηλεδραστηριοποίησης (Tele-action Services)	23
2.2.5 Υπηρεσίες Τηλελειτουργίας (Tele-operation Services)	24
2.2.6 Υπηρεσίες Τηλεπαρουσίας (Tele-presence Services)	24
Κεφάλαιο II: Σύστημα Video-on-Demand	26
1 Ορισμός	26
2 Αρχιτεκτονική	27
2.1 Βίντεο εξυπηρετητής	28
2.2 Διαχειριστές δικτύου	29
2.3 Χρήστες υπηρεσιών	30
3 Επίπεδα Λειτουργικότητας	31
3.1 Επίπεδο Δικτύου	32
3.2 Επίπεδο Εφαρμογής	33
3.3 Επίπεδο Αποθήκευσης	34
3.4 Επίπεδο Παρουσίασης	35
3.5 Λειτουργικό Επίπεδο	36
4 Προδιαγραφές	37
4.1 Προδιαγραφές συστήματος	37
4.1.1 Ποιότητα Υπηρεσίας	37
4.1.2 Συγχρονισμός	41
4.1.3 Αλληλεπίδραση	45
4.1.4 Επεκτασιμότητα	45
4.2 Προδιαγραφές ανά επίπεδο συστήματος	46
5 Λειτουργία	52
Μέρος Β: Σχεδίαση Δικτύου Επικοινωνίας Συστήματος Video-on-Demand	54

Κεφάλαιο III: Δίκτυο Επικοινωνίας	55
1 Κατηγορίες Δικτύων	55
1.1 Δίκτυο Μετάδοσης	56
1.2 Δίκτυο Αλληλεπίδρασης	57
1.2.1 Λόγοι εγκαθίδρυσης δικτύου αλληλεπίδρασης	57
1.3 Δίκτυο Πρόσβασης	58
Κεφάλαιο IV: Τεχνολογίες Δικτύου Αλληλεπίδρασης	59
1 European Digital Video Broadcasting (DVB) Project.....	59
2 Καλωδιακή Τηλεόραση	60
2.1 Μοντέλο Σχεδίασης	60
2.2 Κανάλια αλληλεπίδρασης	62
2.2.1 Κανάλι αλληλεπίδρασης εκτός ζώνης από τον εξυπηρετητή στον πελάτη	62
2.2.2 Κανάλι αλληλεπίδρασης εντός ζώνης από τον εξυπηρετητή στον πελάτη	63
2.2.3 Κανάλι αλληλεπίδρασης από τον πελάτη στον εξυπηρετητή	63
3 Δημόσιο Μεταγάγιμο Τηλεφωνικό Δίκτυο (Public Switched Telephone Network, PSTN)	65
4 Ψηφιακό δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network, ISDN)	65
5 Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης μέσω συστημάτων teletext	66
Κεφάλαιο V: Τεχνολογίες Δικτύων Μετάδοσης	68
1 Εισαγωγή	68
2 IEEE 802.3 (Ethernet)	68
2.1 Ισόχρονο Ethernet (Isochronous Ethernet)	69
2.2 Fast Ethernet (100 Base-T)	69
2.3 Τοπικό Δίκτυο Ζήτησης Προτεραιότητας (100 Mbps Demand Priority LAN)	70
3 Δικτύο με πέρασμα κουπονιού (IEEE 802.5 Token Passing Ring)	70
4 Fiber Distributed Data Interface (FDDI)	71
4.1 Fiber Distributed Data Interface II (FDDI-II)	71
5 X.25	72
6 IEEE 802.6 (Distributed Queue Double Bus, DQDB)	72
7 Frame Relay	73
8 Switched Multi-Megabit Data Service (SMDS)	74
9 Δίκτυα μεταγωγής πακέτου IP	74
9.1 IPv6	75
9.2 ISA (Integrated Services Architecture)	79
9.2.1 Βασικές ISA λειτουργίες	80
9.2.2 Υλοποίηση της ISA αρχιτεκτονικής	81
10 B-ISN	83
10.1 Χαρακτηριστικά των B-ISDN δικτύων	83
10.2 Μοντέλο B-ISDN	84
10.2.1 Φυσικό επίπεδο	85
10.2.2 ATM επίπεδο	86
10.2.3 ATM επίπεδο προσαρμογής (ATM adaptation layer, AAL)	89
10.2.4 Επίπεδο B-ISDN υπηρεσιών	91
11 ATM LANS	91
Κεφάλαιο VI: Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης	93

1 Εισαγωγή	93
2 Κατηγορίες τεχνολογιών δικτύων πρόσβασης	94
3 Fiber to the Curb (FTTC)	95
4 Τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης βασισμένες στον χαλκό.....	97
4.1 Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL)	98
4.2 Very High Speed Digital Subscriber Line (VDSL)	100
4.3 Συγκριτική θεώρηση των ADSL και VDSL τεχνολογιών	102
4.4 Hybrid Fiber Coax (HFC).....	102
5 Fiber to the Home (FTTH).....	103
6 Διάδοση μέσω δορυφόρων.....	104
7 Διάδοση μέσω επίγειων πομπών	105
8 Microwave Multipoint Distribution Systems (MMDS).....	106
9 Local Multipoint Distribution Service (LMDS).....	107
Κεφάλαιο VII: Υποστήριξη μετάδοσης	109
1 Πρωτόκολλα και πρότυπα μετάδοσης για υπηρεσίες VoD	109
1.1 Μεταφορά σε πραγματικό χρόνο	109
1.1.1 Real -Time Transport Protocol (RTP)	110
1.1.2 Xpress Transport Protocol (XTP).....	110
1.1.3 Tenet Transport Protocols	112
1.2 Διαχείριση Συνδέσεων	112
1.2.1 RSVP (Resource Reservation Protocol)	112
1.2.2 Stream Protocol, version 2 (ST-II)	113
1.2.3 Tenet Protocol Suite 2 – Μηχανισμοί δέσμευσης	114
1.3 Δυναμική διαχείριση συνδέσεων από το επίπεδο εφαρμογής	115
1.3.1 Digital Storage Medium-Command and Control (DCM-CC)	115
1.4 Δρομολόγηση	117
1.5 Πρότυπο μετάδοσης πολλαπλών διευθύνσεων	118
Κεφάλαιο VIII: Προτεινόμενα Μοντέλα.....	120
1 Προτεινόμενα μοντέλα για παροχή υπηρεσιών VoD	120
1.1 ATM Forum	120
1.2 ITU-T	121
1.3 Internet Engineering Task Force (IETF)	122
1.4 Digital Audio-VISual Council (DAVIC)	122
1.4.1 Συστημικό Μοντέλο Αναφοράς	123
Μέρος Γ: Υλοποίηση Συστήματος Video-on-Demand	125
Κεφάλαιο IX: Μοντέλο Υλοποίησης συστήματος VoD.....	126
1 Παραδοχές	126
2 Εναλλακτικά μοντέλα	127
2.1 Μοντέλα μετάδοσης βασισμένα στο πρωτόκολλο HTTP	127
2.2 Μοντέλο υλοποίησης βασισμένο σε συνδυασμούς πρωτοκόλλων	129
3 Βασικές οντότητες του μοντέλου υλοποίησης.....	131
3.1 Client	131
3.2 Video Server	131
3.3 Application Server	132
4 Προδιαγραφές του application server	132
5 Εσωτερική δομή του application server.....	137
5.1 Σενάρια	137
5.2 Εσωτερικές δομές	138

5.3 Προγράμματα	138
5.4 Βιβλιοθήκες	138
5.5 Στατικά δεδομένα	139
5.6 Διεπαφή	139
6 Βασικές δομές σεναρίων	139
7 Βιβλιοθήκες	143
7.1 Βασικές διαδικασίες	143
7.2 Διαδικασίες αλληλεπιδρασης	146
7.3 Γενικές διαδικασίες	147
8 Εκτέλεση Σεναρίου	149
9 Μελλοντική έρευνα	150
Κεφάλαιο X: Μελέτη Περίπτωσης	152
1. Εισαγωγή	152
2 Περιγραφή Εφαρμογής	152
3 Τεχνική Περιγραφή Συστήματος	153
3.1 Client	153
3.2 Video Server	154
3.3 Application Server	154
4 Υλοποίηση Σεναρίου Εφαρμογής	155
4.1 Εσωτερικές Δομές	155
4.2 Λειτουργίες Σεναρίου	156
5 Εργαλεία Ανάπτυξης	158
5.1 HTML (Hypertext Markup Language)	158
5.2 TCL (Tool Command Language)	159
5.3 TclHttpd Web Server	160
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	161
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	162
Βιβλία	162
Τεχνικές Αναφορές	162
Επιστημονικά Άρθρα	164
URL	164
Communication of Digital Video in an Interactive Video-on-Demand System	165

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (MSc) στα Πληροφοριακά Συστήματα του τμήματος Πληροφορικής του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών για το ακαδημαϊκό έτος 1998-1999. Η εργασία ασχολείται με τη μελέτη θεμάτων μετάδοσης ψηφιακού video σε συστήματα Video-on-Demand με αλληλεπίδραση.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Θεόδωρο Αποστολόπουλο που ανέλαβε την επίβλεψη της εργασίας και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την ομάδα του Κέντρου Διαχείρισης Δικτύου του πανεπιστημίου και κυρίως τον Αλέξη Ζάβρα, την Άννα Κεφάλα και τον Δημήτρη Μπότη για την συνεργασία και τη βοήθεια που μου παρείχαν. Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου, στους φίλους και συνεργάτες μου για την κατανόηση και τη συμπαράστασή τους κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Ελένη Χριστοπούλου
Αθήνα, Ιανουάριος 2000



Executive Summary

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και των πρωτοκόλλων δικτύων υψηλής ταχύτητας, σε συνδυασμό με την αναβάθμιση των υπολογιστικών συστημάτων από πλευράς ισχύος, αποθηκευτικού χώρου και γραφικών διεπαφών, άνοιξε το δρόμο για μια νέα γενιά εφαρμογών. Πρόκειται για τις εφαρμογές πολυμέσων που χαρακτηρίζονται από την παραγωγή, διαχείριση, παρουσίαση, αποθήκευση και διαβίβαση ανεξάρτητης πληροφορίας που είναι κωδικοποιημένη σε ένα τουλάχιστο χρονικά εξαρτημένο μέσο, όπως video ή/και ήχος.

Μια από τις βασικότερες κατηγορίες πολυμεσικών εφαρμογών είναι οι εφαρμογές Video-on-Demand που σχετίζονται με τη μετάδοση υψηλής ποιότητας ψηφιακού video. Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους έγκειται στη δυνατότητα αλληλεπίδρασης των χρηστών με αυτές τόσο κατά την εκκίνηση της υπηρεσίας (επιλογή του video) όσο και κατά τη διάρκειά της. Τέτοιες εφαρμογές αποτελούν ενδεικτικά: η τηλεδιάσκεψη, η εκπαίδευση από απόσταση, η τηλεσυνεργασία, η τηλειατρική, η τηλε-ενημέρωση, οι τηλε-αγορές, η τηλεόραση με αλληλεπίδραση και οι βιβλιοθήκες ταινιών και τα παιχνίδια video και ιδεατής πραγματικότητας.

Ως αλληλεπίδραση στα πλαίσια ενός συστήματος ορίζεται η δυνατότητα κάθε συστατικού του στοιχείου να επηρεάσει την κατάσταση ή την συμπεριφορά των υπολούτων. Στην περίπτωση της παροχής υπηρεσιών Video-on-Demand, η έννοια αυτή αναφέρεται στη δυνατότητα του χρήστη της υπηρεσίας να καθορίσει το είδος της, καθώς και τη μορφή της πληροφορίας που λαμβάνει. Ο βαθμός αλληλεπίδρασης δεν είναι ενιαίος σε όλα τα συστήματα, αλλά εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, τις απαιτήσεις και τον αριθμό των χρηστών, την υπάρχουσα υποδομή, το είδος της επικοινωνίας και το είδος και τον αριθμό των εναλλακτικών δράσεων. Η πολυπλοκότητα του συστήματος αυξάνει ανάλογα με το βαθμό αλληλεπίδρασης. Οι κυριότερες υπηρεσίες αλληλεπίδρασης που παρέχονται από ένα σύστημα είναι οι υπηρεσίες συνδιάλεξης, ανταλλαγής μηνυμάτων, ανάκτησης, τηλεπαρουσίας, τηλεδραστηριοποίησης και τηλελειτουργίας.

Ένα σύστημα που παρέχει υπηρεσίες Video-on-Demand με αλληλεπίδραση καλείται σύστημα Video-on-Demand. Τα κύρια συστατικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του είναι ο πάροχος των υπηρεσιών ή εξυπηρετητής, ο αποδέκτης ή πελάτης ή χρήστης των υπηρεσιών και ο διαχειριστής του δικτύου όπου συνδέονται και ο οποίος ενσωματώνει ουσιαστικά τους δικτυακούς μηχανισμούς. Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργικότητας του συστήματος VoD, αυτό μπορεί να διαχωριστεί σε επιμέρους επίπεδα. Έτσι, διακρίνονται τα επίπεδα δικτύου, εφαρμογής, αποθήκευσης, παρουσίασης και το λειτουργικό επίπεδο.

Οι βασικές λειτουργίες που επιτελούνται στο επίπεδο δικτύου είναι ο έλεγχος της ποιότητας υπηρεσίας, η δέσμευση πόρων, η μετάδοση των δεδομένων και η δυναμική διαχείριση των συνδέσεων. Στο επίπεδο εφαρμογής πραγματοποιείται η διαχείριση της συνόδου μεταξύ ενός πελάτη και ενός εξυπηρετητή. Το επίπεδο αποθήκευσης αναλαμβάνει την συλλογή, ψηφιοποίηση, κωδικοποίηση, καταχώρηση και ανάκτηση της πληροφορίας. Το επίπεδο παρουσίασης είναι υπεύθυνο για την αποκωδικοποίηση του video, τον έλεγχο των συσκευών παρουσίασης, τη διεπαφή με το χρήστη και τον συγχρονισμό μεταξύ των διαφορετικών μέσων. Τέλος, στο λειτουργικό επίπεδο εναπόκειται ο καθορισμός χρονικών περιορισμών στο λειτουργικό σύστημα και η διαμόρφωση της διαχείρισης των πόρων με τρόπο ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί αυτοί.

Ως κύριες προδιαγραφές συστήματος Video-on-Demand θεωρούνται η ποιότητα υπηρεσίας, ο συγχρονισμός, η αλληλεπίδραση και η επεκτασιμότητα. Η ποιότητα υπηρεσίας σε ένα σύστημα VoD επιτυγχάνεται σε όλα τα επίπεδα και σχετίζεται με την επίδοση σε πραγματικό χρόνο, την αξιοπιστία, τη διαθεσιμότητα και την ασφάλεια του συστήματος. Ο συγχρονισμός αφορά στις χρονικές σχέσεις μεταξύ των μέσων της πληροφορίας και στη διατήρηση των σχέσεων αυτών κατά την παρουσίαση. Διακρίνονται διάφορες κατηγορίες συγχρονισμού. Η απαίτηση για αλληλεπίδραση έγκειται κυρίως στην ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης και της διακύμανσής της, έτσι ώστε να δίνεται η αίσθηση στο χρήστη ότι ελέγχει και επηρεάζει άμεσα την πληροφορία. Τέλος, η δυνατότητα κλιμάκωσης και ενσωμάτωσης νέων ετερογενών στοιχείων αποτελεί σημαντική προδιαγραφή του συστήματος. Οι προδιαγραφές συστήματος που αναφέρθηκαν αναλύονται σε επιμέρους απαιτήσεις ανά επίπεδο λειτουργικότητας.

Από το σύνολο των επιπέδων λειτουργικότητας ενός συστήματος Video-on-Demand, εκείνο που υποστηρίζει κυρίως τη μετάδοση του ψηφιακού video είναι το επίπεδο δικτύου. Το τελευταίο είναι υπεύθυνο για την καθιέρωση και υποστήριξη της επικοινωνίας μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή. Ωστόσο, το γεγονός ότι η επικοινωνία είναι ισόχρονη και αμφίδρομη συνεπάγεται υψηλές προδιαγραφές οι οποίες δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστούν με τη χρησιμοποίηση ενός μόνο δικτύου επικοινωνίας μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή. Ειδικότερα, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες δικτύων που εμπεριέχονται σε ένα σύστημα VoD: τα δίκτυα μετάδοσης, τα δίκτυα αλληλεπίδρασης και τα δίκτυα πρόσβασης.

Το δίκτυο μετάδοσης αναλαμβάνει την μεταφορά της κύριας πληροφορίας δηλαδή του video. Διασφαλίζει το κυριότερο μέρος της επικοινωνίας και για το λόγο αυτό η επίδοση που επιτυγχάνει και οι προδιαγραφές που πληρούν είναι καθοριστικοί παράγοντες για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Στα πλαίσια της εργασίας, περιγράφονται μια σειρά τεχνολογίων δικτύων μετάδοσης και τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Έτσι, αναφέρονται τα δίκτυα Ethernet, IEEE 802.5 Token Passing Ring, FDDI, X.25, DQDB, Frame Relay, Switched Multi-Megabit Data Service (SMDS), ATM-LAN, καθώς και τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου (IP) και τα δίκτυα B-ISDN. Τα δύο τελευταία αναγνωρίζονται ως οι επικρατέστερες επιλογές για την υλοποίηση του δικτύου μετάδοσης ενός συστήματος VoD.

Τα δίκτυα που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP, όπως το Internet, σχεδιάστηκαν για εφαρμογές με περιορισμένες απαιτήσεις από άποψη εύρους, ρυθμαπόδοσης και χρονικών περιορισμών με αποτέλεσμα να μην μπορούν αρχικά να υποστηρίξουν πολυμεσικές εφαρμογές. Ωστόσο, η πλατιά εξάπλωση της συγκεκριμένης τεχνολογίας οδήγησε τον οργανισμό IETF στην επανεξέταση των σχεδιαστικών της στόχων και στην ανάπτυξη νέων μηχανισμών και πρωτοκόλλων. Έτσι, εκτός από την εμφάνιση νέας εξελιγμένης έκδοσης του πρωτοκόλλου IP (version 6), σχεδιάστηκε νέο μοντέλο παροχής υπηρεσιών που έγκειται στην εισαγωγή νέων λειτουργιών για την προώθηση διάφορων τύπων κίνησης. Οι κυριότερες από αυτές τις λειτουργίες σχετίζονται με τον έλεγχο αποδοχής, τη δέσμευση πόρων, τη μεταφορά σε πραγματικό χρόνο, την ενσωμάτωση μηχανισμών ασφάλειας και την προσαρμογή των μηχανισμών δρομολόγησης, ουράς και απόρριψης πακέτων.



Σε αντίθεση με τα δίκτυα IP, τα δίκτυα B-ISDN αναπτύχθηκαν εξ αρχής με σκοπό την ολοκλήρωση όλων των υπηρεσιών και τη δημιουργία μιας ενιαίας δικτυακής υποδομής. Έχοντας ως βάση τους το πρωτόκολλο ATM παρέχουν όλους εκείνους τους μηχανισμούς που απαιτούνται για την υποστήριξη της μετάδοσης video, ενώ παράλληλα εξασφαλίζουν και την αποδοτική μετάδοση κίνησης με λιγότερο υψηλές απαιτήσεις. Τέλος, είναι η μόνη τεχνολογία που επιτρέπει τον σαφή καθορισμό διαφορετικών επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας.

Το χαρακτηριστικό της αλληλεπίδρασης σε ένα VoD σύστημα προϋποθέτει την εγκαθίδρυση ενός επιπλέον δίκτυου που θα μεταφέρει την πληροφορία ελέγχου μεταξύ χρήστη και εξυπηρετητή. Το δίκτυο αλληλεπίδρασης δεν διαφοροποιείται απαραίτητα από το δίκτυο μετάδοσης από τεχνολογικής πλευράς. Σύμφωνα με το European Digital Video Broadcasting (DVB) Project, ως κύριες τεχνολογίες που μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την υλοποίηση του δίκτυου αλληλεπίδρασης θεωρούνται η καλωδιακή τηλεόραση (CATV), το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (PSTN), το ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISDN) και τα συστήματα teletext. Επιπλέον, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και άλλες δικτυακές τεχνολογίες όπως τα IP ή τα Frame Relay δίκτυα. Από όλες τις τεχνολογίες αυτές, ως επικρατέστερες εμφανίζονται η καλωδιακή τηλεόραση και το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, κυρίως εξαιτίας του ότι δεν απαιτούν σημαντικό κόστος για την εγκατάσταση υποδομής.

Το δίκτυο πρόσβασης είναι υπεύθυνο για τη διανομή του video στους τελικούς χρήστες και για την μεταφορά της πληροφορίας αλληλεπίδρασης από τους χρήστες στο δίκτυο αλληλεπίδρασης. Παράλληλα, πάνω από την ίδια υποδομή, υποστηρίζει την παροχή και άλλων υπηρεσιών, όπως το τηλέφωνο. Οι βασικές τεχνολογίες δίκτυων πρόσβασης που αναφέρονται είναι οι εξής: Fiber to the Curb, ADSL, VDSL, Hybrid Fibre Coax, Fiber to the Home, MMDS, LMDS, τα δορυφορικά δίκτυα και οι επίγειοι πομποί. Από τη μελέτη των παραπάνω τεχνολογιών, τα δορυφορικά δίκτυα είναι εκείνα που προκύπτουν ως η επικρατέστερη τάση. Παρόλα αυτά, το γεγονός ότι δεν μπορούν να υλοποιήσουν το κανάλι επιστροφής για τη μετάδοση πληροφορίας ελέγχου από τον χρήστη, συνεπάγεται την χρήση και κάποιου άλλου δίκτυου (π.χ. το τηλεφωνικό δίκτυο) που θα παρέχει την συγκεκριμένη υπηρεσία.

Με στόχο την ολοκλήρωση των θεμάτων που αφορούν στη μετάδοση ψηφιακού video σε συστήματα Video-on-Demand περιγράφονται τα κυριότερα πρωτόκολλα και πρότυπα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο δικτυακό επίπεδο. Η κατηγοριοποίησή τους δεν σχετίζεται με τις διαφορετικές τεχνολογίες, αλλά ορίζεται με βάση τη συγκεκριμένη λειτουργία του επιπέδου που υποστηρίζουν. Ειδικότερα, αναφέρονται η μεταφορά σε πραγματικό χρόνο (RTP/RTCP, XTP, Tenet Protocol Suite), η διαχείριση συνδέσεων (RSVP, ST-II, Tenet Protocol Suite), η δυναμική διαχείριση συνδέσεων από το επίπεδο εφαρμογής (DSM-CC), η δρομολόγηση (IGP, EGP, OSPF) και το πρότυπο μετάδοσης πολλαπλών διευθύνσεων (multicasting).

Τέλος, έμφαση δίνεται στις προσεγγίσεις τεσσάρων οργανισμών και ερευνητικών ομάδων που δραστηριοποιούνται στον χώρο των δικτυακών τεχνολογιών και ασχολούνται με τη μετάδοση ψηφιακού video. Πρόκειται για το ATM Forum, τον ITU-T, τον IETF και το DAVIC.

Στη συνέχεια της μελέτης επιχειρείται ο προσδιορισμός ενός μοντέλου υλοποίησης συστήματος Video-on-Demand το οποίο θα βασίζεται στο μοντέλο σχεδίασης που περιγράφτηκε. Η έμφαση εστιάζεται μόνο στο τμήμα της μετάδοσης, ενώ ως δίκτυο επικοινωνίας θεωρείται το Internet. Οι διάφορες εναλλακτικές αρχιτεκτονικές που προτείνονται διαφέρουν κυρίως στην υλοποίηση του εξυπηρετητή. Το βασικό ζήτημα που προκύπτει έγκειται στο κατά πόσο θα πρέπει να αναλάβει ένας εξυπηρετητής και την υποστήριξη της μετάδοσης του video και την υποστήριξη των εφαρμογών ή είναι καλύτερο να διαχωριστούν οι δύο λειτουργίες σε δύο εξυπηρετητές (application server & video server). Μέσα από συγκριτική ανάλυση των δύο λύσεων η δεύτερη θεωρείται περισσότερο ευέλικτη και αποδοτική.

Κατά συνέπεια, προκύπτει ότι το μοντέλο υλοποίησης περιλαμβάνει τον client, τον application server και τον video server. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στον application server ο οποίος καλείται να διασφαλίσει μια σειρά προδιαγραφών για να μπορέσει να ανταποκριθεί στις υψηλές απαιτήσεις των εφαρμογών VoD που υποστηρίζει. Οι κυριότερες από αυτές συνίστανται στην ανεξαρτησία από τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής και στην ανεξαρτησία από το υποκείμενο δίκτυο.

Οι εφαρμογές VoD που πρόκειται να εξυπηρετηθούν από τον application server περιγράφονται με τη μορφή σεναρίου μέσα από μια διαδικασία αντιστοίχισης. Η διαδικασία αυτή έγκειται στον προσδιορισμό των δομών που θα περιλαμβάνουν την πληροφορία της εφαρμογής και των λειτουργιών που θα παρέχονται στους χρήστες. Ο application server περιλαμβάνει ειδική βιβλιοθήκη προγραμμάτων που υλοποιεί ένα μέρος των λειτουργιών που είναι κοινό για όλες τις εφαρμογές.

Η επικοινωνία μεταξύ application server και client πραγματοποιείται με **HTTP πρωτόκολλο (Web server - Browser)**. Σε περίπτωση που ο client ζητήσει τη μετάδοση video, έρχεται σε επαφή με τον video server μέσω του application server και εγκαθιδρύει νέα επικοινωνία που μπορεί να βασίζεται σε **TCP, UDP, HTTP και άλλα πρωτόκολλα**.

Για την επίδειξη της γενικότητας του μοντέλου αναπτύχθηκε συγκεκριμένη εφαρμογή που αφορά σε ένα παιχνίδι γνώσεων στο Internet. Η υλοποίηση του σεναρίου και της βιβλιοθήκης έγινε σε HTML όσο αφορά στο στατικό μέρος της εφαρμογής, ενώ η δυναμική μεταβολή των ιστοσελίδων με βάση την αλληλεπίδραση των χρηστών έγινε σε γλώσσα TCL.

Σχήματα

Σχήμα I - 1 Κατηγορίες Υπηρεσιών Αλληλεπίδρασης	25
Σχήμα II - 1 Βασικό αρχιτεκτονικό μοντέλο συστήματος VoD	27
Σχήμα II - 2 Γενικό αρχιτεκτονικό μοντέλο συστήματος VoD	28
Σχήμα II - 3 Τα συστατικά στοιχεία ενός video εξυπηρετητή	29
Σχήμα II - 4 Τα συστατικά στοιχεία του διαχειριστή δικτύου	30
Σχήμα II - 5 Τα συστατικά στοιχεία του χρήστη	31
Σχήμα II - 6 Μοντέλου συγχρονισμού	43
Σχήμα III - 1 Κατηγορίες δικτύων σε ένα σύστημα VoD	56
Σχήμα IV - 1 Υπηρεσίες VoD μέσω δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης	60
Σχήμα IV - 2 Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης μέσω συστημάτων teletext	67
Σχήμα V - 1 Μοντέλο δρομολογητή στην αρχιτεκτονική ολοκληρωμένων υπηρεσιών	82
Σχήμα V - 2 B-ISDN μοντέλο	85
Σχήμα VI - 1 Μοντέλο Δικτύου Πρόσβασης	94
Σχήμα VI - 2 Δίκτυο FTTc	96
Σχήμα VI - 3 Δίκτυο ADSL	99
Σχήμα VI - 4 Δίκτυο VDSL	100
Σχήμα VI - 5 Δίκτυο HFC	102
Σχήμα VI - 6 Δορυφορικό Δίκτυο	104
Σχήμα VI - 7 Δίκτυο LMDS	107
Σχήμα VII - 1 DSM-CC διεπαφές	115
Σχήμα VIII - 1 ATM Forum μοντέλο αναφοράς VoD πρωτοκόλλων	121
Σχήμα VIII - 2 Davic Μοντέλο αναφοράς συστήματος VoD	124
Σχήμα IX - 1 Βασικό μοντέλο μετάδοσης με βάση πρωτόκολλο HTTP	128
Σχήμα IX - 2 Εναλλαχτικό μοντέλο μετάδοσης με βάση πρωτόκολλο HTTP	129
Σχήμα IX - 3 Μοντέλο μετάδοσης με συνδυασμό πρωτοκόλλων	130
Σχήμα IX - 4 Οντότητα του application server: Κατάσταση	140
Σχήμα IX - 5 Οντότητες του application server: Ενέργεια & Βήμα Ενέργειας	141
Σχήμα IX - 6 Οντότητα του application server: Μετάβαση	142
Σχήμα IX - 7 Οντότητα του application server: Εκτέλεση Σεναρίου	142
Σχήμα X - 1 Δομή TclHttpd Web Server	160

Πίνακες

Πίνακας II - 1 Επίπεδα ανθρώπινης ανοχής σε σφάλματα συγχρονισμού	51
Πίνακας IV - 1 Χαρακτηριστικά καναλιού επιστροφής σε δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης	64
Πίνακας V - 1 ΙΡν6 Προτεραιότητες	77
Πίνακας V - 2 Ταξινόμηση των AAL πρωτοκόλλων ανά τύπο υπηρεσίας	90
Πίνακας VI - 1 Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης	95
Πίνακας VI - 2 Τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης βασισμένες στο χαλκό	97
Πίνακας VI - 3 Ρυθμοί μετάδοσης VDSL καναλιών	101



Eισαγωγή

Με τον όρο ‘μέσο (medium)’ χαρακτηρίζεται ο τρόπος με τον οποίο μεταδίδεται και αναπαρίσταται η πληροφορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μέσων θεωρούνται το κείμενο, τα γραφικά, η φωνή, η μουσική κ.λπ.. Τα μέσα κατηγοριοποιούνται με διάφορα κριτήρια. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- η αντίληψη: πώς ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την πληροφορία σε ένα περιβάλλον
- η αναπαράσταση: πώς κωδικοποιείται η πληροφορία
- η παρουσίαση: με ποιο τρόπο μεταφέρεται η πληροφορία από ή σε ένα υπολογιστικό σύστημα
- η αποθήκευση: πού διατηρείται η πληροφορία
- η μετάδοση: πάνω από ποια δικτυακή πλατφόρμα θα μεταδοθεί

Επιπλέον, κάθε μέσο χαρακτηρίζεται και από τις διαστάσεις αναπαράστασής του. Συνήθως, ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τη διάσταση του χρόνου. Ειδικότερα, διακρίνονται ανάλογα με το αν εξαρτώνται ή όχι από το χρόνο. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν μέσα όπως το κείμενο και η εικόνα, ενώ στη δεύτερη κατατάσσονται κυρίως το video και ο ήχος.

Πολυμεσικό ονομάζεται ένα σύστημα που ολοκληρώνει την παραγωγή, διαχείριση, παρουσίαση, αποθήκευση και μετάδοση ανεξάρτητης πληροφορίας η οποία κωδικοποιείται μέσω τουλάχιστον ενός χρονικά εξαρτημένου μέσου. Αντίστοιχα, ως σύστημα Video-on-Demand ορίζεται ένα πολυμεσικό σύστημα που παρέχει υπηρεσίες μετάδοσης ψηφιακού video. Βασικό στοιχείο κάθε συστήματος VoD αποτελεί η αλληλεπίδραση με το χρήστη η οποία συντελείται τόσο κατά την έναρξη της υπηρεσίας (επιλογή video) αλλά και σε όλη τη δάρκειά της.

Τα πολυμεσικά συστήματα και ειδικότερα τα συστήματα VoD είναι πολυδιάστατα και εμφανίζουν μεγάλη πολυπλοκότητα. Αυτό οφείλεται στον τύπο των δεδομένων που διαχειρίζονται και στις λειτουργίες που καλούνται να παρέχουν. Πιο

συγκεκριμένα, το video ως κύριο μέσο της πληροφορίας του συστήματος παρουσιάζει σημαντικές ιδιαιτερότητες σε σχέση με άλλα μέσα. Εκτός από τους χρονικούς περιορισμούς που το χαρακτηρίζουν και οι οποίοι απαιτείται να διασφαλίζονται κατά την παρουσίασή του, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ανάγκη για υψηλό επίπεδο ποιότητας στην παροχή των υπηρεσιών. Επιπλέον, το γεγονός του μεγάλου όγκου των δεδομένων δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην αποδοτικότητα και την ευελιξία του συστήματος. Τέλος, η λειτουργία της αλληλεπίδρασης το επιβαρύνει με επιπλέον απαιτήσεις για μετάδοση σε πραγματικό χρόνο και ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης και της διακύμανσης των τιμών της.

Όλα αυτά τα ζητήματα είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν κατά τη σχεδίαση κάθε συστήματος Video-on-Demand. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνητικών ομάδων και εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο χώρο του video, έχουν ασχοληθεί εκτεταμένα με τον καθορισμό προδιαγραφών για όλα τα συστήματα που ανήκουν στην κατηγορία αυτή. Ωστόσο, κάθε φορέας δίνει βαρύτητα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του συστήματος. Έτσι, σημαντικές μελέτες έχουν διεξαχθεί για τον τρόπο αποθήκευσης του video έτσι ώστε να βελτιστοποιούνται οι διαδικασίες ανάκτησής του. Άλλες δίνουν έμφαση στους αλγόριθμους κωδικοποίησης και στην αποτελεσματικότητά τους. Εξάλλου, ιδιαίτερη ερευνητική εργασία έχει γίνει αναφορικά με τους μηχανισμούς μετάδοσης του video στα πλαίσια της οποίας έχουν προταθεί μια σειρά δικτυακών τεχνολογιών και πρωτοκόλλων που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για υποστήριξη πολυμεσικών εφαρμογών. Άλλα θέματα που αποτελούν αντικείμενο μελέτης είναι η εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας και αλληλεπίδρασης, ο συγχρονισμός σε διάφορα επίπεδα του συστήματος και η επίδραση του λειτουργικού συστήματος στη συνολική απόδοση.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των μηχανισμών μετάδοσης ψηφιακού video σε συστήματα Video-on-Demand με αλληλεπίδραση και η περιγραφή ενός γενικού μοντέλου για την υλοποίηση εφαρμογών VoD. Με στόχο την επίδειξη της γενικότητας του μοντέλου αναπτύχθηκε, παράλληλα με τη μελέτη, εφαρμογή VoD που αφορά σε ένα παιχνίδι ερωτήσεων. Οι τεχνικές υλοποίησης και η περιγραφή της λειτουργίας της εμπεριέχονται επίσης στην εργασία. Ειδικότερα, η δομή της τελευταίας έχει ως εξής:

Το πρώτο μέρος της μελέτης αποτελεί μία θεωρητική προσέγγιση των κυριότερων εννοιών που σχετίζονται με την μετάδοση ψηφιακού video σε συστήματα Video-on-Demand με αλληλεπίδραση. Στα πλαίσια αυτά, περιγράφεται, αρχικά, η έννοια των VoD υπηρεσιών και της αλληλεπίδρασης. Στο δεύτερο κεφάλαιο, προσδιορίζεται η έννοια του συστήματος VoD και των συστατικών του στοιχείων και καθορίζονται οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις που καλείται να εκπληρώσει για την εξυπηρέτηση των χρηστών. Η μελέτη του συστήματος γίνεται ανά επίπεδο λειτουργικότητας και συνολικά.

Στο δεύτερο μέρος, η έρευνα επικεντρώνεται ειδικά στο επίπεδο δικτύου και στα θέματα που σχετίζονται άμεσα με αυτό. Πιο συγκεκριμένα, δίνεται έμφαση στη σχεδίαση του δικτύου μετάδοσης του ψηφιακού video (κεφάλαιο III), στις διαθέσιμες δικτυακές τεχνολογίες υλοποίησης (κεφάλαια IV-VI) και στα πρωτόκολλα που απαιτούνται για την υποστήριξη της λειτουργίας του (κεφάλαιο VII). Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην ερευνητική εργασία που έχει γίνει στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο και στα αρχιτεκτονικά μοντέλα για παροχή υπηρεσιών VoD που έχουν προταθεί στα πλαίσια αυτής (κεφάλαιο VIII).

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος της εργασίας επιχειρείται η θεώρηση του Video-on-Demand συστήματος στα πλαίσια του επιπέδου εφαρμογής. Αρχικά, προσδιορίζεται ένα μοντέλο υλοποίησης του συστήματος όπως αυτό προκύπτει από τη μελέτη που προηγήθηκε. Στη συνέχεια, η προσοχή εντοπίζεται στο σημείο που λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος μεταξύ δικτύου και συγκεκριμένης εφαρμογής VoD περιγράφοντας τα συστατικά του στοιχεία και τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ενσωματώνει (κεφάλαιο IX). Τέλος, αναφέρονται τα κυριότερα στοιχεία της εφαρμογής που αναπτύχθηκε με βάση το μοντέλο και η οποία υλοποιεί ένα παιχνίδι γνώσεων στο Internet (κεφάλαιο X).

Μέρος Α:

Εννοιολογική Θεώρηση

Video-on-Demand

Συστήματος

Το πρώτο μέρος της μελέτης αποτελεί μία θεωρητική προσέγγιση των κυριότερων εννοιών που σχετίζονται με την μετάδοση ψηφιακού video σε συστήματα Video-on-Demand με αλληλεπίδραση. Στα πλαίσια αυτά, περιγράφεται, αρχικά, η έννοια των υπηρεσιών VoD και της αλληλεπίδρασης. Στη συνέχεια, προσδιορίζεται η έννοια του συστήματος VoD και των συστατικών του στοιχείων και καθορίζονται οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις που καλείται να εκπληρώσει για την εξυπηρέτηση των χρηστών. Η μελέτη του συστήματος γίνεται ανά επίπεδο λειτουργικότητας και συνολικά.



Κεφάλαιο I

Video-on-Demand και Αλληλεπίδραση

1 Video-on-Demand εφαρμογές

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και των πρωτοκόλλων δικτύων υψηλής ταχύτητας σε συνδυασμό με την αναβάθμιση των υπολογιστικών συστημάτων από πλευράς ισχύος, αποθηκευτικού χώρου και γραφικών διεπαφών, άνοιξε το δρόμο για μια νέα γενιά εφαρμογών. Πρόκειται για τις εφαρμογές πολυμέσων που χαρακτηρίζονται από την παραγωγή, διαχείριση, παρουσίαση, αποθήκευση και διαβίβαση ανεξάρτητης πληροφορίας που είναι κωδικοποιημένη σε ένα τουλάχιστον χρονικά εξαρτημένο μέσο. Η έννοια της χρονικής εξάρτησης αναφέρεται στις περιπτώσεις που η πληροφορία προσδιορίζεται όχι μόνο από το περιεχόμενό της, αλλά και από το χρόνο εμφάνισής της. Ως χρονικά εξαρτημένα πληροφοριακά μέσα θεωρούνται κυρίως το video και ο ήχος.

Μία από τις βασικότερες κατηγορίες πολυμεσικών εφαρμογών είναι οι εφαρμογές Video-on-Demand (VoD) που σχετίζονται με την μετάδοση υψηλής ποιότητας ψηφιακού video. Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στην κωδικοποιημένη σε video πληροφορία που επιθυμούν από οποιοδήποτε σημείο και σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Το κυριότερο χαρακτηριστικό των VoD εφαρμογών έγκειται στην δυνατότητα αλληλεπίδρασης των χρηστών με αυτές, τόσο κατά την εκκίνηση της υπηρεσίας (επιλογή του video) όσο και κατά τη διάρκειά της. Στην συνέχεια, θα γίνει αναφορά σε μια σειρά από εφαρμογές που παρέχουν VoD υπηρεσίες και στις οποίες επικεντρώνεται το ερευνητικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια.

1.1 Τηλεδιάσκεψη

Τα συστήματα τηλεδιάσκεψης δίνουν τη δυνατότητα σε άτομα από απομακρυσμένα γεωγραφικά σημεία να συνεργαστούν χωρίς να χρειαστεί να συναντηθούν. Η μορφή της επικοινωνίας είναι είτε ένα-προς-ένα είτε συλλογική και διεξάγεται με ανταλλαγή πληροφοριών σε video, ήχο ή κείμενο. Οι τηλεδιασκέψεις αποτελούν μέρος των συστημάτων υποστήριξης συλλογικής εργασίας (Computer Supported Cooperative Work, CSCW).

1.2 Εκπαίδευση από απόσταση

Η λειτουργία της μάθησης δεν εμπεριέχει μόνο την μεταβίβαση της πληροφορίας, αλλά κυρίως συνίσταται από μια σειρά μηχανισμών που συντείνουν ώστε η πληροφορία αυτή να γίνει κατανοητή και να αφομοιωθεί. Ένας από αυτούς τους μηχανισμούς είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ του πομπού και του δέκτη της πληροφορίας. Οι υπηρεσίες VoD μπορούν να προσφέρουν πολλά σε αυτόν τον τομέα, καθώς δίνουν τη δυνατότητα παροχής πληροφορίας σε διάφορες εναλλακτικές μορφές και ταυτόχρονα επιτρέπουν στον αποδέκτη να αντιδράσει και να καθορίσει αυτό που λαμβάνει.

1.3 Τηλεσυνεργασία

Τα συστήματα τηλεσυνεργασίας βασίζονται στην δημιουργία ενός ιδεατού χώρου εργασίας με βάση τα πολυμέσα. Οι χρήστες έχουν πρόσβαση στο χώρο αυτό και συνεργάζονται σε πραγματικό χρόνο ανταλλάσσοντας πληροφορία και αλληλεπιδρώντας σε αυτή. Τέτοιες εφαρμογές έχουν ευρεία απήχηση σε ερευνητικά έργα όπου οι επιστημονικές ομάδες είναι διασκορπισμένες σε διάφορα γεωγραφικά σημεία.

1.4 Τηλε-ιατρική

Οι εφαρμογές τηλε-ιατρικής έρχονται να καλύψουν το μεγάλο πρόβλημα που προκύπτει από την αδυναμία του συστήματος ιατρικής περιθαλψης να αντιμετωπίσει επείγουσες καταστάσεις σε απομακρυσμένες περιοχές ή γενικά καταστάσεις όπου ο ασθενής δεν μπορεί να έρθει σε επαφή με κάποιο γιατρό. Με την μετάδοση video μέσω του τηλεπικοινωνιακού δικτύου, ο γιατρός μπορεί όχι μόνο να διαγνώσει μια ασθένεια και να προτείνει θεραπεία, αλλά ακόμα και να δώσει οδηγίες σε κάποιο λιγότερο έμπειρο άτομο να διεξάγει κάποια επέμβαση στον ασθενή αν αυτό κριθεί αναγκαίο.

1.5 Τηλε-ενημέρωση

Μια ακόμα χαρακτηριστική εφαρμογή VoD σχετίζεται με τον τομέα της τηλε-ενημέρωσης. Πρόκειται για τα λεγόμενα κιόσκια πληροφορίας (information kiosks) που βρίσκονται τοποθετημένα κυρίως σε δημόσιους χώρους και από τα οποία μπορεί το κοινό να πάρει γενικού είδους πληροφορίες. Στα ίδια πλαίσια εντάσσονται και τα ηλεκτρονικά έντυπα ενημέρωσης όπου ο αναγνώστης καθορίζει τις ειδήσεις που λαμβάνει.

1.6 Τηλε-αγορές

Η μετάδοση ψηφιακού video συναντάται ευρέως και στις τηλε-αγορές. Οι επικείμενοι αγοραστές αναζητούν το προϊόν που επιθυμούν να αγοράσουν και ενημερώνονται για τα βασικά χαρακτηριστικά του. Επιπλέον, μπορούν ακόμα και να το παραγγείλουν και να το πληρώσουν ηλεκτρονικά. Γενικά, υπηρεσίες VoD ενσωματώνονται και σε πολλές άλλες εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου.

1.7 Τηλεόραση με αλληλεπίδραση και Βιβλιοθήκες ταινιών

Το χαρακτηριστικό της αλληλεπίδρασης στην τηλεόραση προσδιορίζει μια πιο ενεργή συμμετοχή στον τηλεθεατή. Ο τελευταίος έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το πρόγραμμα που επιθυμεί να παρακολουθήσει, να ζητήσει πληροφορίες σχετικά με αυτό ή ακόμα και να χρησιμοποιήσει την τηλεόραση ως μέσο εκπαίδευσης. Παρόμοιες είναι και οι εφαρμογές που προσομοιώνουν την λειτουργία των βιβλιοθηκών ταινιών (Video Clubs).

1.8 Παιχνίδια

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται κυρίως τα video παιχνίδια και τα παιχνίδια ιδεατής πραγματικότητας. Το σενάριο του παιχνιδιού στέλνεται μέσω δικτύου από ένα κεντρικό μηχάνημα στον κάθε παίκτη, ο οποίος ελέγχει μια σειρά από αντικείμενα. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού το κεντρικό μηχάνημα στέλνει τις νέες συντεταγμένες των αντικειμένων και λαμβάνει τις ενέργειες του παίκτη. Συχνά οι συμμετέχοντες συναγωνίζονται μεταξύ τους. Το μόνο σημείο στο οποίο διαφέρουν τα παιχνίδια ιδεατής πραγματικότητας είναι ότι δίνουν στον συμμετέχοντα την ψευδαίσθηση ότι βρίσκεται μέσα στο παιχνίδι, δηλαδή ότι λαμβάνει μέρος στο σενάριο. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός (ειδικά γάντια κίνησης, κράνος, ακουστικά κ.λπ.).

2 Αλληλεπίδραση

2.1 Συστημική θεώρηση της αλληλεπίδρασης

Ως αλληλεπίδραση στα πλαίσια ενός συστήματος ορίζεται η δυνατότητα κάθε συστατικού του στοιχείου να επηρεάσει την κατάσταση ή την συμπεριφορά των υπολοίπων. Το βασικό πλεονέκτημα που προσφέρει η αλληλεπίδραση είναι ότι

παρόλο που οι τελικοί χρήστες βρίσκονται σε απομακρυσμένα σημεία, μπορούν να λειτουργούν σε απομακρυσμένα δεδομένα και πόρους με τον ίδιο τρόπο που θα λειτουργούσαν σε τοπικό επίπεδο.

Στην συγκεκριμένη περύπτωση της παροχής υπηρεσιών VoD, η έννοια αυτή αναφέρεται στη δυνατότητα του χρήστη της υπηρεσίας να καθορίσει το είδος της, καθώς και την μορφή της πληροφορίας που λαμβάνει. Το γεγονός ότι ο χρήστης παύει να λειτουργεί ως απλός αποδέκτης συνεπάγεται την αύξηση της πολυπλοκότητας του συστήματος και την ενσωμάτωση νέων μηχανισμών λειτουργίας που θα εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των νέων απαιτήσεων.

Ο βαθμός αλληλεπίδρασης στα διάφορα συστήματα δεν είναι ενιαίος. Αντίθετα, παρατηρούνται διαφορετικές διαβαθμίσεις που κυμαίνονται ανάλογα με το είδος της εφαρμογής, τις απαιτήσεις των χρηστών και την υπάρχουσα υποδομή. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αλληλεπίδρασης που επιτρέπει ένα σύστημα, τόσο αυξάνει η πολυπλοκότητά του. Οι παράμετροι που τον καθορίζουν συνοψίζονται στις εξής:

➤ Το είδος της επικοινωνίας

Η λειτουργία της αλληλεπίδρασης συνίσταται στην ανταλλαγή πληροφοριών ελέγχου μεταξύ δύο απομακρυσμένων σημείων αναφορικά με την παρουσίαση των δεδομένων. Η επικοινωνία των δύο σημείων μπορεί να είναι σύγχρονη, ασύγχρονη ή ισόχρονη. Στην ασύγχρονη επικοινωνία, η αντίδραση με βάση τα δεδομένα ελέγχου δεν χρειάζεται να είναι άμεση, αλλά είναι δυνατό να δρομολογηθεί σε συνάρτηση με το φόρτο και την κατάσταση του συστήματος. Αντίθετα, κατά την σύγχρονη επικοινωνία, απαιτείται τα δεδομένα να φτάνουν στα δύο σημεία με προκαθορισμένη από-άκρη-σε-άκρη καθυστέρηση και η επεξεργασία τους να γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, η ισόχρονη επικοινωνία θέτει ακόμα αυστηρότερους περιορισμούς στον χρόνο επεξεργασίας καθορίζοντας και ελάχιστη καθυστέρηση εκτός από μέγιστη. Εμφανίζεται κυρίως στις λεγόμενες playback εφαρμογές, όπου οι χρόνοι συλλογής της πληροφορίας είναι απαραίτητο να διατηρηθούν και κατά την παρουσίασή της για να μην αλλοιωθεί το αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ζωντανές τηλεοπτικές μεταδόσεις.

➤ Το είδος και ο αριθμός των εναλλακτικών δράσεων

Μία άλλη παράμετρος αφορά στο είδος και τον αριθμό των εναλλακτικών δράσεων που επιτρέπει ένα σύστημα. Για παράδειγμα, ένα σύστημα παροχής υπηρεσιών VoD που επιτρέπει στον χρήστη μόνο να ‘σταματάει (pausing)’ το video που λαμβάνει, δεν έχει την ίδια πολυπλοκότητα με ένα αντίστοιχο σύστημα που δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ‘προχωράει μπροστά ή πίσω σε γρήγορη κίνηση (fast forwarding, fast rewinding)’ την ταινία.

➤ Ο βαθμός παραλληλίας

Τέλος, ο αριθμός των χρηστών που συμμετέχουν στο σύστημα είναι εξίσου καθοριστικός. Αν οι υπηρεσίες προσφέρονται σε ένα χρήστη ανά κανάλι επικοινωνίας, η αλληλεπίδραση είναι ευκολότερο να επιτευχθεί. Όταν, όμως, πολλοί χρήστες χρησιμοποιούν παράλληλα το ίδιο κανάλι επικοινωνίας, θέτονται μια σειρά από επιπλέον ζητήματα όπως είναι το θέμα της ιεραρχίας στον έλεγχο της μεταδιδόμενης πληροφορίας και το θέμα της αντιμετώπισης των επικείμενων συγκρούσεων.

2.2 Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης

Η αλληλεπίδραση χαρακτηρίζεται από το είδος των υπηρεσιών που προσφέρει σε ένα σύστημα. Οι κυριότερες από αυτές είναι οι υπηρεσίες συνδιάλεξης, ανταλλαγής μηνυμάτων, ανάκτησης, τηλεπαρουσίας, τηλεδραστηριοποίησης και τηλελειτουργίας. Οι περισσότερες έχουν ενσωματωθεί, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, σε συστήματα εφαρμογών VoD. Σε επόμενα κεφάλαια, το ενδιαφέρον θα επικεντρωθεί στην αλληλεπίδραση που πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο και δεν θα γίνει αναφορά σε ασύγχρονες υπηρεσίες.

2.2.1 Υπηρεσίες Συνδιάλεξης (Conversational Services)

Η υπηρεσία αυτή χρησιμοποιεί σύνδεση διπλής κατεύθυνσης για επικοινωνία μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη για να υποστηρίξει τη συνδιάλεξη μεταξύ δύο

απομακρυσμένων χρηστών. Η μετάδοση των πολυμέσων και προς τις δύο κατευθύνσεις γίνεται με σύγχρονο τρόπο. Βασική προϋπόθεση είναι η ελαχιστοποίηση της από-άκρη-σε-άκρη καθυστέρησης έτσι ώστε να μην διαταραχτεί η ανθρώπινη αντίληψη ότι πρόκειται για πραγματικό διάλογο.

2.2.2 Υπηρεσίες Ανταλλαγής Μηνυμάτων (Messaging Services)

Παρόμοια με την υπηρεσία συνδιάλεξης λειτουργεί και η υπηρεσία ανταλλαγής μηνυμάτων. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή, η επικοινωνία είναι ασύγχρονη. Δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά στην υπηρεσία αυτή δεδομένου ότι η αλληλεπίδραση στην οποία αναφέρεται δεν είναι πραγματικού χρόνου.

2.2.3 Υπηρεσίες Ανάκτησης (Retrieval Services)

Όταν η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται μεταξύ ενός εξυπηρετητή (server) που διαχειρίζεται μία βάση δεδομένων και ενός πελάτη (client) που ζητεί κάποιες πληροφορίες από τη βάση αυτή, τότε αναφερόμαστε σε υπηρεσίες ανάκτησης. Πρόκειται για διπλή επικοινωνία η οποία είναι ασύγχρονη στην κατεύθυνση από τον πελάτη στον εξυπηρετητή. Στην αντίθετη κατεύθυνση η επικοινωνία μπορεί να είναι είτε σύγχρονη είτε ασύγχρονη ανάλογα με τη μορφή των δεδομένων που ανακτούνται. Με λίγα λόγια, αν η πληροφορία είναι σε μορφή συνεχούς μέσου (video, ήχος) η επικοινωνία είναι σύγχρονη, ενώ αν πρόκειται για διακριτό μέσο (αρχείο), η επικοινωνία δεν επίκειται σε χρονικούς περιορισμούς.

2.2.4 Υπηρεσίες Τηλεδραστηριοποίησης (Tele-action Services)

Οι κύριες δραστηριότητες με τις οποίες σχετίζονται οι υπηρεσίες τηλεδραστηριοποίησης περιλαμβάνουν την ανάγνωση και την εγγραφή πληροφορίας από ένα απομακρυσμένο σημείο. Αυτές οι δραστηριότητες αποτελούν συνήθως μέρος κάποιας γενικότερης λειτουργίας με βάση την οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Επεξεργασία συναλλαγών τα στοιχεία προέρχονται από απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων.
- Παρακολούθηση καταστάσεων και παραγόντων που επηρεάζουν την ατομική και δημόσια ασφάλεια (π.χ διάρρηξη, φωτιά, ιατρική ανάγκη)
- Αυτοματοποίηση επιχειρήσεων
- Διαχείριση πόρων κοινής ωφέλειας (π.χ γκάζι, νερό, ηλεκτρισμός)
- Τηλεμετρία για μετρήσεις από απόσταση και έλεγχο εξοπλισμού (π.χ θερμοστάτες, φώτα, συσκευές, βιομηχανικά και ιατρικά μηχανήματα)

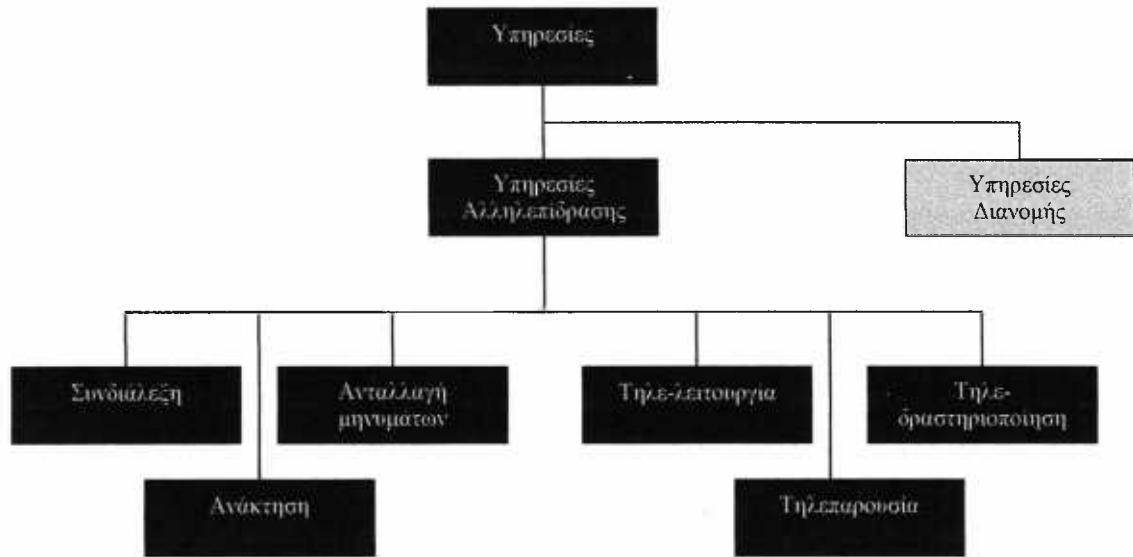
2.2.5 Υπηρεσίες Τηλελειτουργίας (*Tele-operation Services*)

Οι υπηρεσίες τηλελειτουργίας προκύπτουν από την ανάγκη εκτέλεσης μιας ενέργειας σε ένα χώρο που δεν είναι προσβάσιμος. Συνήθως, υπάρχει ένα ρομποτικό μηχάνημα στο χώρο αυτό το οποίο καθοδηγείται από μακριά. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χρήσης τέτοιων υπηρεσιών συναντά κανείς σε πυρηνικά εργοστάσια, στην εξόρυξη μεταλλευμάτων και στην ιατρική.

2.2.6 Υπηρεσίες Τηλεπαρουσίας (*Tele-presence Services*)

Μία έννοια που σχετίζεται με την τηλελειτουργία είναι η τηλεπαρουσία. Στις εφαρμογές τηλεπαρουσίας, στόχος είναι απλά η παρακολούθηση ενός μη προσβάσιμου χώρου. Χρησιμοποιούνται μία σειρά από κάμερες που παρέχουν στον παρατηρητή στερεοσκοπική άποψη του χώρου, ενώ διάφοροι μηχανισμοί του επιτρέπουν να μελετήσει ενδεχόμενες αλλαγές στο σκηνικό που παρακολουθεί. Η έρευνα των διαστημικών φαινομένων και του υποθαλάσσιου χώρου βασίζεται στην τηλεπαρουσία.

Στο σχήμα I-1 διακρίνεται ακολουθεί φαίνεται η κατηγοριοποίηση των κυριότερων υπηρεσιών αλληλεπίδρασης.



Σχήμα I - I Κατηγορίες Υπηρεσιών Αλληλεπίδρασης

Κεφάλαιο II:
Σύστημα
Video-on-Demand

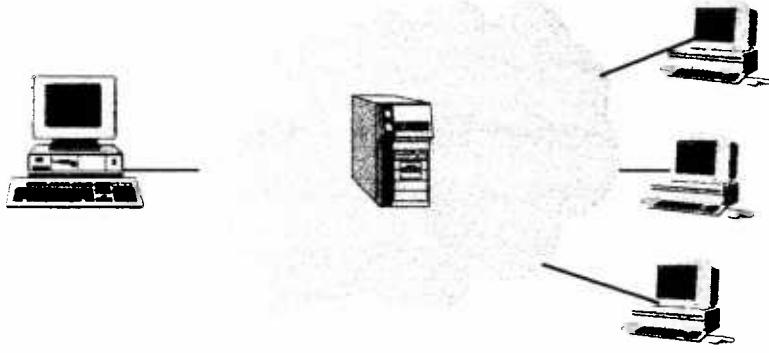
1 Ορισμός

Ένα σύστημα που παράγει, διαχειρίζεται, αποθηκεύει, μεταδίδει και παρουσιάζει ψηφιακό video καλείται σύστημα Video-on-Demand (VoD). Κάθε σύστημα VoD εμπεριέχει την έννοια της αλληλεπίδρασης η οποία μπορεί να επιτευχθεί είτε με κάποια καθυστέρηση είτε σε πραγματικό χρόνο. Στην πρώτη περίπτωση, το σύστημα χρησιμοποιεί πολλαπλά κανάλια για τη μετάδοση του ίδιου video με καθορισμένη χρονική διακύμανση ή καθυστέρηση μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό, η λειτουργία της αλληλεπίδρασης είναι δυνατό να προσομοιωθεί εναλλάσσοντας τα κανάλια μετάδοσης. Από την άλλη πλευρά, σε ένα σύστημα VoD πραγματικού χρόνου, η αντίδραση στην κάθε ενέργεια του χρήστη της υπηρεσίας είναι άμεση. Ωστόσο, αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο είναι δύσκολο να επιτευχθεί και ιδιαίτερα για μεγάλο αριθμό παράλληλων χρηστών.

Στη συνέχεια, θα γίνει αναφορά στα βασικά συστατικά στοιχεία και στην αρχιτεκτονική ενός συστήματος VoD. Εξαιτίας του βαθμού πολυπλοκότητάς του, θα διαχωριστεί σε λειτουργικά επίπεδα για να διευκολυνθεί η μελέτη. Τέλος, θα περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας του, καθώς και οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να εξασφαλίζονται τόσο στα πλαίσια κάθε επιπέδου όσο και από το συνολικό σύστημα.

2 Αρχιτεκτονική

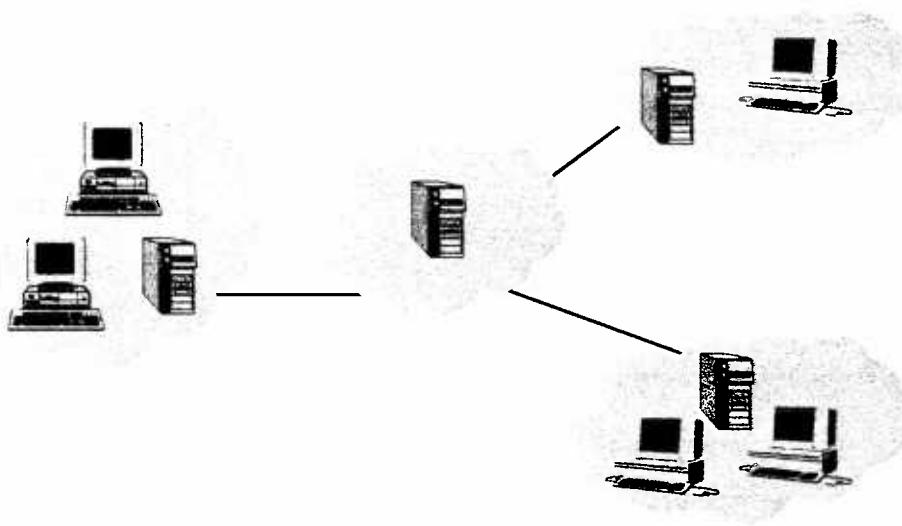
Τα δύο κύρια συστατικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος Video-on-Demand είναι ο πάροχος των υπηρεσιών ή εξυπηρετητής (video server) και ο αντίστοιχος αποδέκτης ή πελάτης ή χρήστης των υπηρεσιών (video client). Ωστόσο, δεδομένης της κατανεμημένης φύσης και των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει το σύστημα εξαιτίας της εξάρτησής του από τον παράγοντα 'χρόνο', προκύπτει ότι το δίκτυο επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη λειτουργία του. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι η αρχιτεκτονική ενός συστήματος VoD συνίσταται από τρία στοιχεία, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα: τον εξυπηρετητή, τον χρήστη και τον διαχειριστή του δικτύου που αυτοί συνδέονται.



Σχήμα II - 1 Βασικό αρχιτεκτονικό μοντέλο συστήματος VoD

Εκτός από την πολλαπλότητα των χρηστών, η οποία είναι δεδομένη, είναι δυνατό να υπάρχουν και παραπάνω από ένας εξυπηρετητές οι οποίοι να επικοινωνούν και να συνδυάζονται μεταξύ τους προσφέροντας από κοινού υπηρεσίες στους χρήστες. Στην περίπτωση αυτή, κάθε εξυπηρετητής συνδέεται με ένα σύνολο χρηστών και κάθε χρήστης μπορεί να στέλνει αιτήσεις σε πολλούς εξυπηρετητές. Επιπλέον, το γεγονός ότι κάθε πελάτης ή εξυπηρετητής μπορεί να είναι συνδεδεμένος σε διαφορετικό δίκτυο προϋποθέτει την ύπαρξη πολλών διαφορετικών διαχειριστών οι οποίοι θα διασφαλίζουν την επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων. Στο σχήμα II-2

δίνεται η αρχιτεκτονική ενός πιο πολύπλοκου συστήματος VoD και στη συνέχεια περιγράφονται τα βασικά συστατικά μέρη κάθε οντότητας.



Σχήμα II - 2 Γενικό αρχιτεκτονικό μοντέλο συστήματος VoD

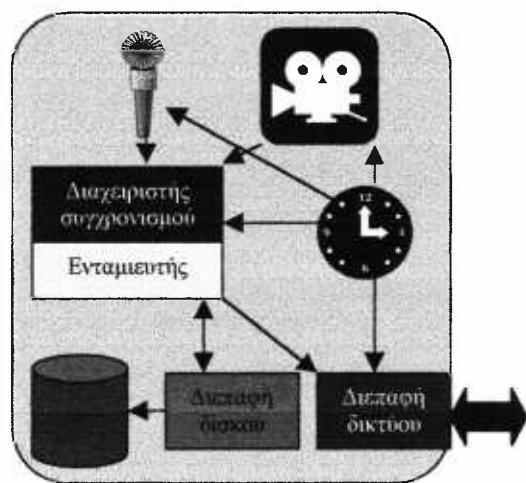
2.1 Video εξυπηρετητής

Πρωταρχικά, ο video εξυπηρετητής αποτελείται από μια σειρά συσκευών (π.χ μικρόφωνα, κάμερες) και μηχανισμών που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή της πληροφορίας, την ψηφιοποίησή και την κωδικοποίησή της. Οι μονάδες δεδομένων (data units, DU) που προκύπτουν συνδέονται με ένα χρονικό σημείο μέσω της χρονοσφραγίδας που παράγεται από το ρολόι συστήματος. Στη συνέχεια, μέσω των μηχανισμών συγχρονισμού, προσδιορίζονται τα σημεία έναρξης και τερματισμού κάθε ροής. Για τη διαδικασία αυτή, πραγματοποιείται διαπραγμάτευση μεταξύ των εξυπηρετητών.

Μόλις ολοκληρωθεί και αυτή η φάση, τα DU προωθούνται στον ενταμιευτή (buffer) μέχρι να αποθηκευτούν ή να μεταδοθούν. Στην πρώτη περίπτωση, ο μηχανισμός διεπαφής δίσκου είναι υπεύθυνος για την καταχώρησή τους στο σύστημα αρχείων (file system) ή στη βάση δεδομένων με τρόπο έτσι ώστε να βελτιστοποιείται ο χρόνος ανάκτησής τους. Εξάλλου, αν πρόκειται τα DU να μεταδοθούν, η δικτυακή διεπαφή αναλαμβάνει να τα συλλέξει από τον ενταμιευτή να τα οργανώσει σε ροές και να τα

προωθήσει. Επίσης, είναι υπεύθυνη για την διαχείριση των συνδέσεων και των πόρων, για την διαπραγμάτευση των παραμέτρων μετάδοσης και γενικά για την επικοινωνία με τους χρήστες και τους διαχειριστές δικτύου.

Τέλος, άλλοι μηχανισμοί που ενυπάρχουν στον video εξυπηρετητή σχετίζονται με την διαχείριση των αιτήσεων των χρηστών και την μέτρηση και τον έλεγχο των παραμέτρων υπηρεσίας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική λειτουργία του, διαμορφώνοντας δυναμικά τους μηχανισμούς που τον διέπουν ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Επιπλέον, καθοριστικός είναι και ο ρόλος του ρολογιού συστήματος με βάση το οποίο συντονίζονται τα διαφορετικά συστατικά στοιχεία του εξυπηρετητή, αλλά και οι εξυπηρετητές μεταξύ τους.

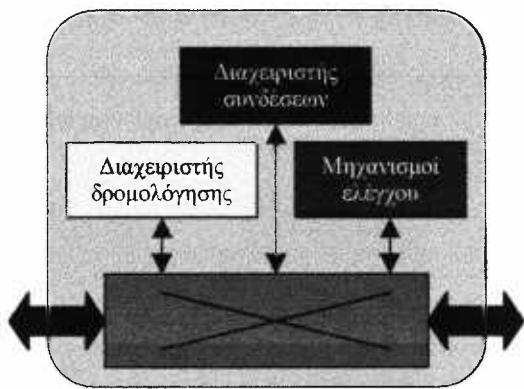


Σχήμα II - 3 Τα συστατικά στοιχεία ενός video εξυπηρετητή

2.2 Διαχειριστές δικτύου

Οι διαχειριστές δικτύου βρίσκονται συνήθως σε μεταγωγείς (switches) ή δρομολογητές (routers). Γενικότερα, αντιπροσωπεύουν τον παράγοντα ‘δίκτυο’ σε ένα VoD σύστημα. Αποτελούνται κυρίως από τέσσερα μέρη: τον διαχειριστή συνδέσεων, τον διαχειριστή δρομολόγησης, τους μηχανισμούς ελέγχου και μέτρησης και τις δικτυακές διεπαφές.

Ο διαχειριστής συνδέσεων είναι υπεύθυνος για την εγκαθίδρυση, και την διακοπή της σύνδεσης μεταξύ χρήστη και εξυπηρετητή ή δύο εξυπηρετητών μεταξύ τους. Από την άλλη πλευρά, ο διαχειριστής δρομολόγησης χρησιμοποιεί πρωτόκολλα γρήγορης σηματοδότησης (fast signaling protocols) για να πραγματοποιεί δυναμικές μεταβολές στις συνδέσεις, καθώς και να είναι σε θέση να καθορίζει το κατάλληλο σημείο στο δίκτυο για τις μεταβολές αυτές. Τέλος, η συνολική απόδοση του συστήματος ελέγχεται και από τον διαχειριστή δίκτυου ο οποίος συλλέγει στατιστικά στοιχεία μέσω ειδικών μηχανισμών και μετρήσεων. Η αρχιτεκτονική του διαχειριστή δίκτυου δίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



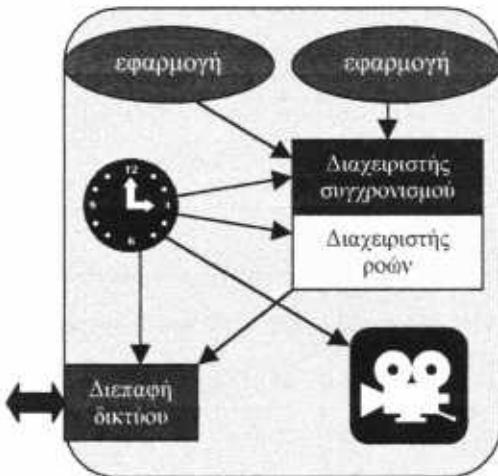
Σχήμα II - 4 Τα συστατικά στοιχεία του διαχειριστή δίκτυου

2.3 Χρήστες υπηρεσιών

Τα βασικά λειτουργικά μέρη της αρχιτεκτονικής ενός χρήστη ή πελάτη υπηρεσίας VoD είναι το τμήμα των εφαρμογών, ο διαχειριστής συγχρονισμού, το ρολόι συστήματος, οι συσκευές παρουσίασης και η δικτυακή διεπαφή. Στο ανώτερο επίπεδο, οι εφαρμογές επικοινωνούν με το διαχειριστή συγχρονισμού για να ελέγχουν την παρουσίαση του video. Οι κυριότερες λειτουργίες που επιτελούν αφορούν στην έναρξη και τον τερματισμό της παρουσίασης και γενικά σε οτιδήποτε σχετίζεται με την διαχείριση της ψηφιακής πληροφορίας από την εφαρμογή. Ο διαχειριστής συγχρονισμού, όμοια με τον αντίστοιχο στην πλευρά του εξυπηρετητή κρατάει την κατάσταση των ροών (δηλαδή ποιες παρουσιάζονται, ποιες βρίσκονται σε αναμονή, ποιες τερματίζονται κ.λπ.) και προωθεί τις αιτήσεις προς τον εξυπηρετητή στην

δικτυακή διεπαφή. Η τελευταία, έχει, επίσης, την ίδια λειτουργία με την αντίστοιχη στον εξυπηρετητή, με μόνη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή λαμβάνει πακέτα από τα οποία προκύπτουν τα DUs.

Όταν ο πελάτης λάβει από το δίκτυο την ψηφιακή πληροφορία, ο διαχειριστής ροής αναλαμβάνει να αποθηκεύσει στους ενταμιευτές τα DUs που θα παρουσιαστούν σε μελλοντική χρονική στιγμή με βάση τη χρονοσφραγίδα τους, απορρίπτοντας ταυτόχρονα εκείνα που ο χρόνος παρουσίασής τους έχει περάσει. Επιπλέον, ο διαχειριστής ροής ενημερώνει την δικτυακή διεπαφή για την κατάσταση των ενταμιευτών. Ειδικές συσκευές και προγράμματα αναλαμβάνουν την παρουσίαση του video, αποκωδικοποιών την πληροφορία και παράγονταν ειδικές εξαιρέσεις όταν συμβεί κάποιο σφάλμα. Τέλος, το ρολόι συστήματος ρυθμίζει και συντονίζει την λειτουργία όλων των υπόλοιπων τμημάτων.



Σχήμα II - 5 Τα συστατικά στοιχεία του χρήστη

3 Επίπεδα Λειτουργικότητας

Ο διαχωρισμός ενός συστήματος VoD στα συστατικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του θεωρεί το σύστημα από μια κάθετη οπτική γωνία όπου όλα τα στοιχεία του

φαίνεται να λειτουργούν μεμονωμένα και οι συσχετισμοί μεταξύ τους δεν είναι εμφανείς. Για το λόγο αυτό, θα γίνει προσπάθεια να διαχωριστεί το σύστημα σε επιμέρους επίπεδα έτσι ώστε να δοθεί μια περισσότερο σφαιρική άποψη της λειτουργικότητας που εμπεριέχει. Ειδικότερα, ένα σύστημα παροχής υπηρεσιών VoD αποτελείται από τα επίπεδα δικτύου, εφαρμογής, αποθήκευσης, παρουσίασης και από το λειτουργικό επίπεδο. Στη συνέχεια, θα γίνει μια αναφορά στις λειτουργίες κάθε επιπέδου. Λεπτομέρειες για τον τρόπο υλοποίησης των λειτουργιών αυτών θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

3.1 Επίπεδο Δικτύου

Το πιο σημαντικό επίπεδο σε ένα σύστημα VoD, τόσο εξαιτίας της μεταβλητότητας από την οποία χαρακτηρίζεται όσο και λόγω του καθοριστικού ρόλου που διαδραματίζει στην συνολική απόδοσή του συστήματος, είναι το επίπεδο δικτύου. Ειδικότερα, οι βασικές λειτουργίες που επιτελούνται στο επίπεδο αυτό είναι ο έλεγχος της ποιότητας των υπηρεσιών, η δέσμευση πόρων, η μετάδοση των δεδομένων και η δυναμική διαχείριση των συνδέσεων.

Ο έλεγχος της ποιότητας των υπηρεσιών συνδέεται άμεσα με τους χρονικούς περιορισμούς από τους οποίους διέπεται μια εφαρμογή VoD, δηλαδή με τις εγγυήσεις που θα πρέπει να υπάρχουν έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η μετάδοση του video και η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο. Μία μέθοδος για να επιτευχθεί ο βαθμός ποιότητας που απαιτείται είναι η δέσμευση πόρων, που, επίσης, πραγματοποιείται από το επίπεδο δικτύου. Οι χρήστες ζητούν πόρους από τους εξυπηρετητές ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας που θέλουν να χρησιμοποιήσουν. Η αίτησή τους μεταφέρεται από σημείο σε σημείο προς την κατεύθυνση του εξυπηρετητή περνώντας από τους ενδιάμεσους δρομολογητές. Κάθε φορά που κάποιος δρομολογητής δεχτεί μια αίτηση λαμβάνει σε τοπικό επίπεδο την απόφαση για το αν θα γίνει αποδεκτή ή όχι. Εναλλακτικά, η διαδικασία δέσμευσης πόρων είναι δυνατό να ξεκινήσει και από τον εξυπηρετητή και να είναι προσανατολισμένη σε σύνδεση ή να επιτρέπεται και στα δύο μέρη να αναλάβουν σχετική πρωτοβουλία.



Όσο αφορά στην μετάδοση του video, το επίπεδο δικτύου αναλαμβάνει να την πραγματοποιήσει σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με το πρότυπο μετάδοσης που χρησιμοποιείται. Στα πλαίσια της ένα-προς-ένα επικοινωνίας, κάθε κανάλι αντιστοιχεί σε έναν πελάτη. Αντίθετα, σε περίπτωση που έχει υιοθετηθεί το πρότυπο πολλαπλών διευθύνσεων (multicast), κάθε κανάλι αντιστοιχεί σε μία ομάδα χρηστών η οποία μεταβάλλεται δυναμικά. Το επίπεδο δικτύου μέσω των δρομολογητών είναι υπεύθυνο να διατηρεί την κατάσταση των ομάδων και από ποιους χρήστες αποτελούνται, καθώς και να διαχειρίζεται την μετάβαση των χρηστών από μία ομάδα σε άλλη.

Τέλος, η φύση των πολυμεσικών εφαρμογών απαιτεί ιδιαίτερη διαχείριση των συνδέσεων μεταξύ πελατών και εξυπηρετητή. Για παράδειγμα, για την υποστήριξη μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (variable bit rate, VBR) video πρέπει να είναι δυνατή η ρύθμιση των παραμέτρων σύνδεσης κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας έτσι ώστε να ελέγχεται η καθυστέρηση. Για να μπορεί να διαχειρίζεται δυναμικά τις συνδέσεις το επίπεδο δικτύου χρησιμοποιεί μηχανισμούς γρήγορης σηματοδότησης (fast signaling mechanisms).

3.2 Επίπεδο Εφαρμογής

Στο επίπεδο εφαρμογής, πραγματοποιείται η διαχείριση της συνόδου μεταξύ ενός πελάτη και του εξυπηρετητή (session management). Η λειτουργία αυτή αποτελεί τον πυρήνα ενός συστήματος VoD δεδομένου ότι με βάση αυτή καθορίζεται η λειτουργία και των υπόλοιπων επιπέδων.

Πιο συγκεκριμένα, η διαχείριση μιας συνόδου περιλαμβάνει κυρίως:

- **τον έλεγχο συμμετοχής.** Εδώ, υπάγονται λειτουργίες όπως η αυθεντικοποίηση και η εγγραφή των συμμετεχόντων.
- **τον διαδικαστικό έλεγχο.** Στην ουσία πρόκειται για το πρωτόκολλο επικοινωνίας, δηλαδή τις αρχές που θα πρέπει να τηρηθούν, μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή.

- τον έλεγχο των μέσων παρουσίασης. Στην περίπτωση αυτή, εννοείται κυρίως ο συγχρονισμός των μέσων μετάδοσης (π.χ. video, ήχος) που απαιτείται έτσι ώστε να είναι κατανοητή η πληροφορία στον αποδέκτη.
- τον έλεγχο ρύθμισης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διαπραγμάτευση των παραμέτρων ποιότητας μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή και ο καθορισμός της πολιτικής διαχείρισης των διαθέσιμων πόρων.
- τον έλεγχο της συνόδου, δηλαδή την έναρξη και τον τερματισμό της ή την μετατροπή των παραμέτρων της.

Η διαχείριση μιας συνόδου πραγματοποιείται με κατανεμημένο τρόπο και σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την εκάστοτε εφαρμογή VoD. Με άλλα λόγια, το επίπεδο εφαρμογής είναι δυνατό να περιλαμβάνει και επιπλέον λειτουργίες οι οποίες όμως κυμαίνονται στα ίδια πλαίσια.

3.3 Επίπεδο Αποθήκευσης

Οι κύριες φάσεις από τις οποίες περνάει η πληροφορία από τη στιγμή που εισάγεται στο σύστημα είναι η συλλογή, η ψηφιοποίηση, η κωδικοποίηση, η καταχώρηση και η ανάκτηση. Αυτές οι λειτουργίες παρέχονται από το επίπεδο αποθήκευσης το οποίο είναι ενσωματωμένο στον εξυπηρετητή.

Αρχικά, η πληροφορία συλλέγεται από το περιβάλλον του συστήματος με ειδικές συσκευές όπως κάμερες και μικρόφωνα. Εναλλακτικά, είναι δυνατό να εισαχθεί στο σύστημα μέσω κάποιου άλλου αποθηκευτικού μέσου (π.χ. CD). Στη συνέχεια, αν βρίσκεται σε αναλογική μορφή μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα από τις ίδιες συνήθως συσκευές και περνάει στη φάση της κωδικοποίησης.

Η κωδικοποίηση του video επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση του εξυπηρετητή και κατά επέκταση όλου του συστήματος. Στόχος της είναι η ελαχιστοποίηση της πληροφορίας που απαιτείται να αποθηκευτεί από τον εξυπηρετητή με τρόπο ώστε να μην επηρεαστεί η παρουσίαση σε πραγματικό χρόνο του video στο χρήστη. Οι τεχνικές κωδικοποίησης βασίζονται στα χαρακτηριστικά

της ανθρώπινης φύσης η οποία αντιλαμβάνεται πληροφορία που κυμαίνεται σε συγκεκριμένο εύρος, καθώς και στις ομοιότητες που παρουσιάζουν διαδοχικά τμήματα του video εξαιτίας της λογικής ακολουθίας που το χαρακτηρίζει.

Μετά την κωδικοποίηση, το video αποθηκεύεται στον εξυπηρετητή είτε σε ειδική βάση πολυμέσων είτε σε σύστημα αρχείων. Μαζί με τα κύρια δεδομένα καταχωρούνται και στοιχεία για το περιεχόμενο του video και για τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα. Αυτά τα στοιχεία ονομάζονται μεταδεδομένα και η αναγκαιότητά τους έγκειται στην ανάγκη να διευκολυνθεί η αναζήτηση ενός συγκεκριμένου video. Επιπλέον, η καταχώρηση του video γίνεται με τρόπο ώστε να προωθείται η γρήγορη ανάκτησή του και να ελαχιστοποιείται η αρχική καθυστέρηση δηλαδή η καθυστέρηση πριν τη μετάδοση.

3.4 Επίπεδο Παρουσίασης

Πρόκειται για το περισσότερο αντιπροσωπευτικό επίπεδο του συστήματος αφού αποτελεί τον ‘καθρέφτη’ της απόδοσής του. Το επίπεδο παρουσίασης είναι υπεύθυνο για την αποκωδικοποίηση του video, τον έλεγχο των συσκευών παρουσίασης, την διεπαφή με το χρήστη και τον συγχρονισμό μεταξύ των διαφορετικών μέσων. Η λειτουργικότητα του καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο εφαρμογής και είναι κυρίως ενσωματωμένο στην πλευρά του χρήστη.

Το video φτάνει στο επίπεδο παρουσίασης κωδικοποιημένο με βάση κάποιο αλγόριθμο. Εκεί αποκωδικοποιείται με την αντίστροφη διαδικασία για να ανακτηθεί η αρχική πληροφορία. Συνήθως, η αποκωδικοποίηση γίνεται από τις συσκευές παρουσίασης οι οποίες θα πρέπει να υποστηρίζουν το πρότυπο κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκε στον εξυπηρετητή. Τον έλεγχο και την διαχείριση των συσκευών αυτών αναλαμβάνει το επίπεδο παρουσίασης σε συνεργασία με το επίπεδο εφαρμογής.

Όσο αφορά στην διεπαφή με το χρήστη, έμφαση δίνεται στις ενέργειες που πραγματοποιεί ο χρήστης στα πλαίσια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα. Αυτές αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένες οδηγίες ελέγχου οι οποίες μεταδίδονται στον

εξυπηρετητή μέσω του επιπέδου δικτύου. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης πατήσει το πλήκτρο εκείνο που αντιστοιχεί στον τερματισμό της παρουσίασης του video, τότε θα πρέπει να γίνει η αντιστοίχηση της ενέργειάς του με την εντολή τερματισμού και να προωθηθεί η εντολή προς τον εξυπηρετητή ώστε να διακοπεί η μετάδοση. Τέλος, η λειτουργία του συγχρονισμού που επιτελείται κυρίως στο επίπεδο αυτό, αλλά και στα υπόλοιπα επίπεδα θα συζητηθεί εκτενέστερα στη συνέχεια.

3.5 Λειτουργικό Επίπεδο

Από τη στιγμή που το λειτουργικό σύστημα αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ της εφαρμογής και του υλικού, θα πρέπει να παρέχει και αυτό την απαραίτητη υποστήριξη για τις υψηλές απαιτήσεις που θέτει η παροχή υπηρεσιών VoD. Αυτό προϋποθέτει τη δυνατότητα καθορισμού χρονικών περιορισμών στο λειτουργικό σύστημα, καθώς και τη διαμόρφωση της διαχείρισης των πόρων με τρόπο ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί αυτοί.

Στα πλαίσια αυτά, μια βασική δραστηριότητα του λειτουργικού επιπέδου, έγκειται στην επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και, πιο συγκεκριμένα, στον σωστό χρονοπρογραμματισμό των διεργασιών. Ο τελευταίος δεν ακολουθεί τις βασικές αρχές χρονοπρογραμματισμού των παραδοσιακών συστημάτων δηλαδή τη βελτιστοποίηση της ρυθμαπόδοσης και της χρησιμοποίησης των πόρων και την τίμια αντιμετώπιση όλων των διεργασιών. Αντίθετα, στόχος του είναι να επιτρέψει σε όσο το δυνατό περισσότερες κρίσιμες διεργασίες να τύχουν επεξεργασίας μέσα στην προθεσμία τους.

Ένα άλλο θέμα που σχετίζεται με το λειτουργικό επίπεδο αναφέρεται στη διαχείριση των πόρων. Αυτή περιλαμβάνει την αντιστοίχηση των παραμέτρων ποιότητας που θέτονται στο επίπεδο εφαρμογής σε συγκεκριμένες απαιτήσεις πόρων και τη δέσμευσή τους, την αναζήτηση και χρήση εναλλακτικών πόρων στη θέση κάποιων που είναι περιορισμένοι και τον έλεγχο αποδοχής. Επίσης, και ο έλεγχος του ρυθμού και η διαχείριση των ενταμιευτών θα πρέπει να υποστηρίζονται ως συμπληρωματικές λειτουργίες.

Τέλος, εξίσου σημαντική για την απόδοση του λειτουργικού επιπέδου είναι η διαχείριση της μνήμης, των συσκευών που ελέγχονται από το λειτουργικό σύστημα και του συστήματος αρχείων. Ειδικά, στην περίπτωση της μνήμης, απαιτείται σωστή κατανομή στις διεργασίες και περιορισμός της πρόσβασης σε κατανεμημένες περιοχές μνήμης δεδομένου ότι χρησιμοποιείται ευρέως για την επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών μέσων.

4 Προδιαγραφές

Μετά από την μελέτη της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος παροχής υπηρεσιών Video-on-Demand και το διαχωρισμό της λειτουργικότητάς του σε επιμέρους επίπεδα, θα γίνει προσπάθεια να προσδιοριστούν οι απαραίτητες προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούνται αναφορικά με τους στόχους που καλείται να εκπληρώσει. Οι προδιαγραφές αυτές θα καθοριστούν τόσο για το σύνολο του συστήματος όσο και για τα επιμέρους επίπεδα από τα οποία συνίσταται. Με άλλα λόγια θα αναλυθούν αρχικά οι απαιτήσεις που θα πρέπει να τηρηθούν από το σύστημα και στη συνέχεια θα αντιστοιχηθούν οι απαιτήσεις αυτές σε κάποιες ειδικότερες που σχετίζονται με κάθε ένα από τα επίπεδα.

4.1 Προδιαγραφές συστήματος

Ως κύριες προδιαγραφές συστήματος θεωρούνται η ποιότητα υπηρεσίας, ο συγχρονισμός, η αλληλεπίδραση και η επεκτασιμότητα.

4.1.1 Ποιότητα Υπηρεσίας

Ορισμός

Η παροχή υπηρεσίας στον χρήστη δεν σημαίνει απαραίτητα και επιτυχή λειτουργία του συστήματος που την παρείχε. Για να συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει η ποιότητα της υπηρεσίας που δέχτηκε ο χρήστης να είναι σε τέτοιο επίπεδο ώστε να εκπληρώνονται οι στόχοι και οι προδιαγραφές του συστήματος. Από αυτή την οπτική γωνία, η παροχή ποιοτικών υπηρεσιών αποτελεί μια πολύ γενική έννοια, η σημασία της οποίας εξαρτάται από το εκάστοτε σύστημα και από την διαφορετική θεώρηση από την οποία γίνεται αυτό αντιληπτό.

Ειδικά στην περίπτωση του συστήματος VoD πρωταρχικός στόχος δεν αποτελεί απλά η μετάδοση ψηφιακού video και η παρουσίασή του σε απομακρυσμένο σημείο. Ήα πρέπει, επίσης, η πληροφορία που λαμβάνει ο αποδέκτης από την παρουσίαση να είναι κατανοητή και να μπορεί να την ελέγχει και να την επεξεργάζεται στα πλαίσια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα. Κατά συνέπεια, προκύπτει ότι η απαίτηση για ποιότητα υπηρεσίας εμπεριέχει το σύνολο των απαιτήσεων του συστήματος, δεδομένου ότι όλες αυτές οι απαιτήσεις είναι απαραίτητο να εξασφαλιστούν έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του.

Στα πλαίσια αυτά, είναι δυνατό να ειπωθεί ότι η ποιότητα υπηρεσίας δεν επιτυγχάνεται από ένα μόνο επίπεδο του συστήματος, ούτε καθορίζεται από κάποια συγκεκριμένη λειτουργία του. Αντίθετα, κάθε επίπεδο στοχεύει στην ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχει και λειτουργεί με βασική του προδιαγραφή την εξασφάλισή της. Με αυτό τον τρόπο συντελείται ο τελικός σκοπός που είναι η από-άκρη-σε-άκρη ποιότητα υπηρεσίας.

Προδιαγραφές από-άκρη-σε-άκρη ποιότητας υπηρεσίας

Με βάση τον ορισμό της από-άκρη-σε-άκρη ποιότητας υπηρεσίας, αυτή αποτελεί τη συνισταμένη πολλών παραγόντων. Ωστόσο, είναι δυνατό να καθοριστούν μια σειρά από προδιαγραφές οι οποίες δίνουν μια γενική θεώρηση του τι περιλαμβάνει η έννοια αυτή. Ειδικότερα, η ποιότητα υπηρεσίας ενός συστήματος VoD σχετίζεται με τέσσερις έννοιες: την επίδοση σε πραγματικό χρόνο (real-time performance), την αξιοπιστία (reliability), την διαθεσιμότητα (availability) και την ασφάλεια (security).

Ως σύστημα πραγματικού χρόνου ορίζεται ένα σύστημα του οποίου η κατάσταση μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου. Τα συστήματα VoD ανήκουν στην κατηγορία των συστημάτων αυτών, καθώς χαρακτηρίζονται από την παρουσίαση video με χρονικούς περιορισμούς και από την ανάγκη για άμεση και συνεπή απόκριση στην αλληλεπίδραση του χρήστη. Κατά την πρόσβαση σε μια υπηρεσία, η ταχύτητα με την οποία παράγεται η απόκριση εξαρτάται από την επίδοση όλων των τμημάτων του συστήματος. Επομένως, για την εξασφάλιση της επίδοσης σε πραγματικό χρόνο απαιτείται η βελτιστοποίηση της επίδοσης όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Μία άλλη απαίτηση που προέρχεται από την πλευρά των χρηστών αναφέρεται στην αξιοπιστία του συστήματος. Παρόλα αυτά, υπηρεσίες υψηλής αξιοπιστίας οδηγούν σε υψηλότερους χρόνους απόκρισης οπότε θα πρέπει να γίνει σαφής διάκριση με βάση τη συγκεκριμένη εφαρμογή του κατά πόσο η αξιοπιστία σε ένα σύστημα VoD αποτελεί απαραίτητη απαίτηση ή όχι. Γενικά, η αξιοπιστία ενός συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέτρο της πιθανότητας να παρεκκλίνει από τους στόχους της αρχικής του σχεδίασης. Η απόκλιση μπορεί να οφείλεται σε κάποιο σφάλμα στη λειτουργία του ή σε κάποια λανθασμένη ενέργεια. Δεδομένης της πολυπλοκότητας και της κατανεμημένης φύσης του συστήματος VoD, η πιθανότητα σφάλματος είναι πολύ μεγάλη, γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σχεδιαστικά έτσι ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει ενδεχόμενο σφάλμα με αδιαφάνεια ως προς τον χρήστη των υπηρεσιών (fault tolerance). Το ίδιο ισχύει και όσο αφορά στη διαθεσιμότητα του συστήματος δηλαδή στο κατά πόσο είναι δυνατό να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των χρηστών. Στην περίπτωση αυτή, υιοθετούνται διάφορες τεχνικές όπως η τεχνική του αντιγράφου (replication) και η δέσμευση των πόρων (resource reservation) που θα συζητηθούν στην συνέχεια.

Τέλος, με την ποιότητα υπηρεσίας σχετίζεται άμεσα και η ασφάλεια. Το κύριο πρόβλημα ασφάλειας σε ένα σύστημα VoD πηγάζει από την κατανεμημένη φύση του και το γεγονός ότι είναι ανοιχτό σε κάθε είδους απελή. Σε εφαρμογές που είναι κατά βάση εμπορικές και διακρίνονται από χαμηλή επικινδυνότητα, το θέμα της ασφάλειας δεν αντιμετωπίζεται συνήθως. Ωστόσο, σε άλλες εφαρμογές VoD με εκπαιδευτικό, επιστημονικό ή ερευνητικό χαρακτήρα, η μη ακεραιότητα της πληροφορίας που μεταβιβάζεται ή η έλλειψη μηχανισμών εξουσιοδότησης και ταυτοποίησης των χρηστών μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες.

Κατηγορίες παραμέτρων ποιότητας υπηρεσίας

Όπως ειπώθηκε προηγουμένως, η ποιότητα υπηρεσίας αποτελεί γενική απαίτηση που επιδιώκεται σε όλα τα επίπεδα. Αυτό πραγματοποιείται μέσω του καθορισμού παραμέτρων ποιότητας ανά επίπεδο. Ειδικότερα, στα επίπεδα εφαρμογής και παρουσίασης, έμφαση δίνεται στα χαρακτηριστικά των μέσων και της μετάδοσής τους (π.χ από-άκρη-σε-άκρη καθυστέρηση), καθώς και στις σχέσεις που υφίστανται μεταξύ των μέσων (π.χ συγχρονισμός).

Στο λειτουργικό επίπεδο και στο επίπεδο αποθήκευσης, οι παράμετροι ποιότητας προσδιορίζονται από ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια. Ποσοτικά κριτήρια θεωρούνται αυτά που είναι δυνατό να αξιολογηθούν με μετρικές όπως ο αριθμός σφαλμάτων, ο αριθμός των bits στη μονάδα του χρόνου, ο χρόνος επεξεργασίας κ.λπ.. Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσονται παράμετροι όπως η ρυθμαπόδοση, η καθυστέρηση, ο χρόνος απόκρισης, το μέγεθος ενταμίευσης κ.λπ. Από την άλλη πλευρά, τα ποιοτικά κριτήρια αναφέρονται στις αναμενόμενες υπηρεσίες που απαιτούνται για την παροχή ποιότητας και μπορεί, για παράδειγμα, να σχετίζονται με τους μηχανισμούς χρονοπρογραμματισμού ή ανάκαμψης σφαλμάτων.

Τέλος, οι παράμετροι ποιότητας στο επίπεδο δικτύου προσδιορίζονται σε όρους φόρτου και επίδοσης δικτύου. Με την έννοια του φόρτου περιγράφεται η δικτυακή κίνηση η οποία χαρακτηρίζεται από το μέσο και ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ αφίξεων, από το μέγεθος των πακέτων / κυψελίδων και από το χρόνο εξυπηρέτησης. Η επίδοση του δικτύου μπορεί να εκφραστεί μέσω της συνολικής καθυστέρησης, του ρυθμού των χαμένων πακέτων ή του εύρους.

Τύποι υπηρεσίας

Με βάση τις τιμές που λαμβάνουν οι παράμετροι ποιότητας διακρίνονται δύο τύποι υπηρεσίας:

- Η εγγυημένη υπηρεσία παρέχει εγγυήσεις ποιότητας καθορίζοντας συγκεκριμένες τιμές για τις παραμέτρους. Οι τιμές αυτές μπορεί να είναι ντετερμινιστικές (σταθερή τιμή, ζεύγος τιμών ή διάστημα) ή στατιστικές.
- Η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας δεν παρέχει καμιά εγγύηση ποιότητας.

Σε ένα σύστημα VoD απαιτείται να παρέχεται εγγυημένη υπηρεσία. Οι παράμετροι που τη συνιστούν αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή, τόσο κατά την εκκίνηση της υπηρεσίας όσο και κατά τη διάρκειά της.

4.1.2 Συγχρονισμός

Ορισμός και κατηγορίες συγχρονισμού

Σε ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας, ο συγχρονισμός αναφέρεται σε ένα συνδυασμό χρονικών (temporal), χωρικών (spatial) και σχέσεων περιεχομένου (content). Ωστόσο, σε ένα σύστημα VoD, ο συγχρονισμός αφορά στις χρονικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σχέση μεταξύ ενός video που δείχνει ένα κονσέρτο και του ήχου που αντιστοιχεί στη μουσική που ακούγεται. Όταν το συνολικό video παρουσιαστεί στο χρήστη, η εικόνα και ο ήχος θα πρέπει να έχουν την ίδια χρονική σχέση όπως τη στιγμή που μαγνητοσκοπήθηκαν. Γενικά, ο συγχρονισμός σε ένα σύστημα VoD αναφέρεται στην απαίτηση όλες οι μονάδες δεδομένων (DUs) μιας παρουσίασης να εμφανιστούν την κατάλληλη χρονική στιγμή και για το σωστό χρονικό διάστημα. Δεδομένου ότι αυτές οι δύο παράμετροι δεν είναι απαραίτητα γνωστοί εκ των προτέρων θα πρέπει να καθοριστούν μηχανισμοί που θα αντιμετωπίζουν ενδεχόμενα σφάλματα.

Με βάση τις διαφορετικές περιπτώσεις στις οποίες αναφέρεται, διακρίνονται διάφορες κατηγορίες συγχρονισμού. Σε ένα σύστημα VoD επιζητείται συνήθως συγχρονισμός στο εσωτερικό μιας ροής, συγχρονισμός μεταξύ εικόνας και ήχου,

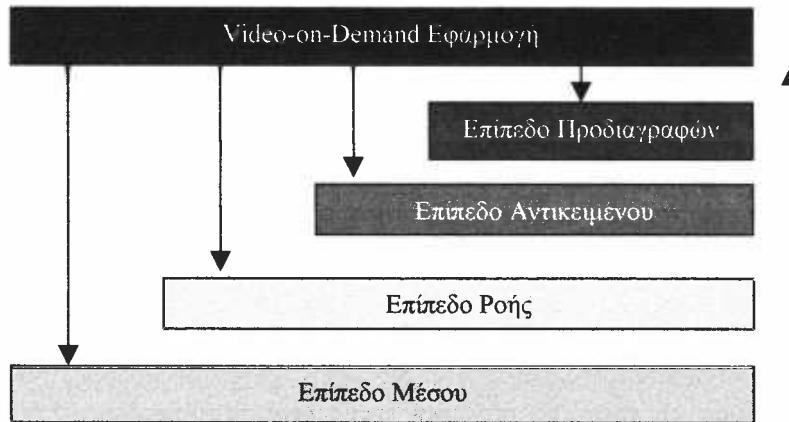
συγχρονισμός με βάση κάποιο γεγονός και ζωντανός συγχρονισμός. Ειδικότερα, υπάρχει συγχρονισμός:

- **στο εσωτερικό του αντικειμένου (intra-object):** αναφέρεται στη χρονική σχέση μεταξύ διαφορετικών μονάδων παρουσίασης του ίδιου αντικειμένου. Παράδειγμα αποτελεί η χρονική σχέση μεταξύ των πλαισίων ενός video.
- **μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων (inter-object):** Σε περίπτωση που διαφορετικά αντικείμενα εμφανίζονται διαδοχικά, θα πρέπει να συγχρονίζονται ώστε κάθε φορά που ολοκληρώνεται η παρουσίαση του ενός να ξεκινά η παρουσίαση του επόμενου.
- **στο εσωτερικό μιας ροής (intra-stream):** Πρόκειται για τη χρονική σχέση μεταξύ αντικειμένων στο εσωτερικό μιας ροής, όταν αυτά είναι όλα χρονικά εξαρτημένα.
- **μεταξύ εικόνας και ήχου σε ένα video (lip)**
- **με βάση κάποιο γεγονός (event-based):** Το γεγονός αυτό είναι εξωτερικό και τις περισσότερες φορές σχετίζεται με κάποια ενέργεια του χρήστη στα πλαίσια της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα.
- **ζωντανός (live):** Στην περίπτωση του ζωντανού συγχρονισμού, στόχος είναι η ακριβής αναταραγωγή των χρονικών σχέσεων όπως υφίστατο κατά την διαδικασία της συλλογής της πληροφορίας (π.χ. της μαγνητοσκόπησης ενός αγώνα).
- **συνθετικός (synthetic):** Αντίθετα με τον ζωντανό συγχρονισμό, στον συνθετικό οι χρονικές σχέσεις καθορίζονται με τεχνικό τρόπο. Για το σκοπό αυτό απαιτείται ένα μοντέλο για τον προσδιορισμό και την διαχείριση των συνθηκών και των λειτουργιών συγχρονισμού.

Προδιαγραφές Συγχρονισμού

Σύμφωνα με το μοντέλο των Steinmetz και Nahrstedt, ο καθορισμός των απαιτήσεων και η επιβολή των περιορισμών συγχρονισμού μπορεί να γίνουν σε τέσσερα επίπεδα. Κάθε επίπεδο περιλαμβάνει μία εξωτερική διεπαφή για τον ορισμό των περιορισμών και όσο ψηλότερα βρίσκεται ένα επίπεδο τόσο αυξάνεται το επίπεδο αφαίρεσης. Τα

τέσσερα επίπεδα, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, είναι: το επίπεδο μέσου, το επίπεδο ροής, το επίπεδο αντικειμένου και το επίπεδο προδιαγραφών.



Σχήμα II – 6 Μοντέλον συγχρονισμού

Το επίπεδο μέσου παρέχει ένα μηχανισμό εισόδου / εξόδου για μεμονωμένες ροές ανεξάρτητο από την εκάστοτε συσκευή. Το επίπεδο αυτό θεωρεί μόνο χρονικά εξαρτημένα μέσα. Από πάνω βρίσκεται το επίπεδο ροής το οποίο καλείται να επιβάλει εσωτερικό συγχρονισμό για κάθε μεμονωμένη ροή, καθώς και να υλοποιήσει τον έλεγχο ροής μεταξύ των ροών που βρίσκονται σε αναμονή για παρουσίαση και αυτών που παρουσιάζονται. Το τρίτο επίπεδο θεωρεί αφαιρετικά όλα τα αντικείμενα, χρονικά εξαρτημένα ή ανεξάρτητα και προγραμματίζει την παρουσίαση ανάλογα με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί στο ανώτερο επίπεδο.

Η διαδικασία καθορισμού των προδιαγραφών συγχρονισμού είναι εξαιρετικά πολύπλοκη γεγονός που οφείλεται κυρίως στη δυνατότητα αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να εκπληρώνει κάποιες συγκεκριμένες απαρτήσεις, όπως:

- Να υποστηρίζει την συνέπεια και τη διατήρηση των προδιαγραφών συγχρονισμού.
- Να θεωρεί το κάθε αντικείμενο ως μία λογική μονάδα και ταυτόχρονα να δίνει αφαιρετικά τη δυνατότητα προσδιορισμού χρονικών σχέσεων με μέρος μόνο του αντικειμένου.

- Να περιγράφει όλες τις κατηγορίες συγχρονισμού.
- Να υποστηρίζει την ολοκλήρωση χρονικά εξαρτημένων και χρονικά ανεξάρτητων αντικειμένων.
- Να επιτρέπει τον προσδιορισμό παραμέτρων ποιότητας υπηρεσίας.
- Να υποστηρίζει ιεραρχικά επίπεδα συγχρονισμού.

Αφού καθοριστούν οι προδιαγραφές συγχρονισμού θα πρέπει να μεταφερθούν στο σημείο παρουσίασης, δηλαδή στον πελάτη. Υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις για τον τρόπο μεταφοράς.

- **Μεταφορά του συνόλου της πληροφορίας συγχρονισμού πριν την έναρξη της παρουσίασης.** Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις συνθετικού συγχρονισμού. Η υλοποίηση της είναι απλή, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι αυξάνεται σημαντικά η καθυστέρηση πριν την παρουσίαση.
- **Χρήση επιπλέον καναλιού για τη μεταφορά.** Μια τέτοια λύση ενδείκνυται σε περιπτώσεις ζωντανού συγχρονισμού, όπου οι προδιαγραφές δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων. Τη διαχείριση του επιπλέον καναλιού αναλαμβάνει το επίπεδο αντικειμένου σε συνεργασία με το επίπεδο ροής. Εξάλλου, θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η πληροφορία συγχρονισμού θα έχει φτάσει στο σημείο παρουσίασης και θα έχει αποκωδικοποιηθεί πριν ξεκινήσει η παρουσίαση του αντικειμένου στο οποίο αναφέρεται.
- **Πολύπλεξη των ροών δεδομένων.** Η προσέγγιση αυτή δεν παρουσιάζει τα μειονεκτήματα των προηγούμενων δύο, καθώς δεν απαιτεί επιπλέον κανάλι ούτε προκαλεί αύξηση της καθυστέρησης. Ωστόσο, είναι δύσκολος ο καθορισμός παραμέτρων ποιότητας υπηρεσίας δεδομένου ότι αυτές θα πρέπει να αναφέρονται σε ένα μόνο κομμάτι της ροής. Από την άλλη πλευρά, τα πιο γνωστά πρότυπα κωδικοποίησης (π.χ. MPEG) προϋποθέτουν την πολύπλεξη ως τρόπο μετάδοσης πληροφορίας συγχρονισμού.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο μετάδοσης που επιλέγεται, η λειτουργία του συγχρονισμού πραγματοποιείται σε όλα σχεδόν τα επίπεδα του συστήματος. Συγκεκριμένα, συγχρονισμός πραγματοποιείται κάτα την ψηφιοποίηση και την ανάκτηση της πληροφορίας (επίπεδο αποθήκευσης), κατά την παράδοση των μονάδων δεδομένων στο δίκτυο (λειτουργικό επίπεδο), κατά την μεταφορά τους στον

πελάτη (επίπεδο δικτύου) και κατά την παρουσίασή τους (επίπεδο παρουσίασης). Ειδικά στο τελευταίο θα γίνει περαιτέρω αναφορά στη συνέχεια.

4.1.3 Αλληλεπίδραση

Η έννοια της αλληλεπίδρασης μελετήθηκε διεξοδικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Όσο αφορά στην κύρια απαίτηση που πρέπει να ικανοποιεί το σύστημα έτσι ώστε να δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη των υπηρεσιών VoD να καθορίζει την πληροφορία που λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο, αυτή έγκειται στην ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης. Η καθυστέρηση σχετίζεται άμεσα με την επίδοση του συστήματος και επηρεάζεται από τις ίδιες παραμέτρους. Επομένως, για την ελαχιστοποίηση της απαιτείται η ελαχιστοποίηση των επιμέρους καθυστέρησεων. Με βάση αυτή την παραδοχή ορίζονται τρεις μορφές καθυστέρησης:

- **Αρχική καθυστέρηση.** Πρόκειται για την καθυστέρηση στη πλευρά του εξυπηρετητή. Προέρχεται από την επεξεργασία της αίτησης, την αναζήτηση και την ανάκτηση του video προς παρουσίαση από τη βάση ή το σύστημα αρχείων που βρίσκεται αποθηκευμένο. Επίσης, στην αρχική καθυστέρηση υπάγεται και ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία μιας ενέργειας αλληλεπίδρασης από τον χρήστη.
- **Καθυστέρηση μετάδοσης.** Η καθυστέρηση μετάδοσης οφείλεται στο δίκτυο και εξαρτάται από τις παραμέτρους που το καθορίζουν (π.χ εύρος μετάδοσης).
- **Καθυστέρηση παρουσίασης.** Εδώ αντιστοιχεί ο χρόνος αποκωδικοποίησης, συγχρονισμού και παρουσίασης των μονάδων δεδομένων από τις αντίστοιχες συσκευές. Η καθυστέρηση παρουσίασης πραγματοποιείται στην πλευρά του χρήστη.

4.1.4 Επεκτασιμότητα

Η δυνατότητα κλιμάκωσης και ενσωμάτωσης ετερογενών στοιχείων πρέπει να χαρακτηρίζει κάθε κατανεμημένο σύστημα. Ενδεχόμενες αλλαγές δεν επιτρέπεται να επηρεάζουν την λειτουργία του συστήματος. Στο συγκεκριμένο σύστημα που μελετάται, ο περιορισμένος αριθμός πόρων και οι μεγάλες διακυμάνσεις στο φόρτο

και στο μέγεθος του συστήματος είναι δυνατό να προκαλέσουν προβλήματα. Τεχνικές όπως ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων και η δέσμευση των πόρων εξομαλύνουν ως ένα βαθμό την κατάσταση. Ωστόσο, ένα σύστημα VoD θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε ενδεχόμενες τεχνολογικές εξελίξεις ή αυξήσεις στο αριθμό των συστατικών του στοιχείων να μην απαιτούν τον επανασχεδιασμό του ή την αναστολή της λειτουργίας του.

4.2 Προδιαγραφές ανά επίπεδο συστήματος

Εκτός από τις γενικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από ένα σύστημα VoD, υπάρχουν και ειδικότερες που αφορούν σε κάθε επίπεδο του συστήματος χωριστά. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν οι σημαντικότερες από αυτές, ενώ σε επόμενα κεφάλαια θα δοθεί έμφαση κυρίως στο επίπεδο δικτύου.

Επίπεδο Δικτύου

✓ Υψηλό εύρος

Βάσει της υπόθεσης ότι η δεδομένη εφαρμογή VoD θα χρησιμοποιήσει πολλαπλές ροές με υψηλές απαιτήσεις η κάθε μια, δημιουργείται η ανάγκη για ύπαρξη υψηλού εύρους δικτύου.

✓ Εγγυήσεις ποιότητας

Το δίκτυο πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα μετάδοσης χρονικά εξαρτημένης κίνησης με υψηλή πιθανότητα επιτυχίας, δηλαδή να παρέχει εγγυημένη υπηρεσία.

✓ Χαμηλή από-άκρη-σε-άκρη καθυστέρηση

Στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή, θα πρέπει να μειωθεί στο ελάχιστο η καθυστέρηση από σημείο σε σημείο, ώστε να δίνεται η εντύπωση στο χρήστη ότι η ανταπόκριση στις ενέργειες του είναι άμεση.

✓ Πρότυπο πολλαπλών διευθύνσεων

Η αποδοτική χρήση των δικτυακών πόρων και το υψηλό κόστος που συνεπάγεται η ένα-προς-ένα επικοινωνία προϋποθέτει τη χρήση του πρότυπου πολλαπλών

διευθύνσεων για τη μετάδοση. Ωστόσο, μια τέτοιου είδους επικοινωνία έρχεται σε σύγκρουση με την απαίτηση για αλληλεπίδραση από τη στιγμή που η τελευταία αποτελεί 'ατομική' υπηρεσία.

✓ **Μηχανισμοί γρήγορης σηματοδότησης**

Για να επιτευχθεί δυναμική διαχείριση των συνδέσεων και η γρήγορη μεταβολή των ομάδων πολλαπλής μετάδοσης (multicast groups) είναι απαραίτητο να υπάρχουν μηχανισμοί που θα επιτυγχάνουν αυτές τις μεταβολές στην κατάσταση του δικτύου σε πραγματικό χρόνο.

✓ **Ενσωματωμένη υποστήριξη πολλαπλών τύπων κίνησης**

Δεδομένου ότι το ίδιο δίκτυο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και από εφαρμογές με διαφορετικές, και ίσως μικρότερες, απαίτησεις, χρειάζεται να ενσωματωθεί σε αυτό η διαχείριση πολλαπλών τύπων κίνησης.

✓ **Υψηλή ρυθμαπόδοση**

Ακόμα και σε συμπιεσμένη μορφή ο όγκος της πληροφορίας σε ένα VoD σύστημα είναι πολύ μεγάλος και ο χρόνος διαχείρισής του περιορισμένος. Επομένως, η υψηλή ρυθμαπόδοση αποτελεί πρωταρχική απαίτηση του επιπέδου δικτύου.

✓ **Μηχανισμοί ανίχνευσης και ανάκαμψης σφαλμάτων**

Εξαιτίας της φύσης του, η επίδραση ενδεχόμενων σφαλμάτων κατά τη μετάδοση μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη λειτουργία του. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να ενσωματωθούν μηχανισμοί γρήγορης ανίχνευσης σφαλμάτων και ανάκαμψης σε περίπτωση που κάπι τέτοιο είναι δυνατό να επιτευχθεί.

✓ **Περιορισμένη διακύμανση καθυστέρησης**

Εκτός από τη μείωση της από-άκρη-σε-άκρη καθυστέρησης σημαντική είναι και η μείωση της διακύμανσής της, καθώς διευκολύνει τους μηχανισμούς αντιμετώπισης της καθυστέρησης να την προβλέψουν και να την αντιμετωπίσουν ανάλογα.

Επίπεδο Εφαρμογής

Η πιο βασική απαίτηση του επιπέδου εφαρμογής αναφέρεται στη φιλικότητα της διεπαφής ως προς τον χρήστη. Η απαίτηση αυτή να επιτυγχάνεται σε συνεργασία με το επίπεδο παρουσίασης. Δε θα γίνει περαιτέρω αναφορά στα στοιχεία εκείνα που χαρακτηρίζουν τη φιλικότητα της διεπαφής δεδομένου ότι κάτι τέτοιο δεν είναι στους στόχους της παρούσας μελέτης.

Επίπεδο Αποθήκευσης

Οι κύριες λειτουργίες του επιπέδου αποθήκευσης συνίστανται στην αποθήκευση και ανάκτηση της πληροφορίας και στη συμπίεσή της με βάση ειδικούς αλγόριθμους κωδικοποίησης. Ανάλογα με τη συγκεκριμένη λειτουργία προκύπτουν οι εξής απαιτήσεις.

❖ Αποθήκευση και ανάκτηση

✓ Ανάλογη με το μέσο αποθήκευσης

Το ψηφιακό video πρέπει να αποθηκευτεί και να διαχειριστεί ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του διαθέσιμου μέσου αποθήκευσης είτε πρόκειται για εσωτερική είτε για εξωτερική συσκευή.

✓ Συνέπεια και ασφάλεια δεδομένων

Η συνέπεια και η ασφάλεια των δεδομένων είναι σημαντική προϋπόθεση και εξαρτάται από τη φύση της εκάστοτε εφαρμογής.

✓ Μεταφορά σε πραγματικό χρόνο

Η ανάγνωση και η εγγραφή πληροφορίας στη βάση είναι απαραίτητο να γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Αυτό προϋποθέτει ότι τα video clips θα είναι ανάλογα αποθηκευμένα.

✓ Μέθοδοι αναζήτησης με βάση το περιεχόμενο

Η αναζήτηση στη βάση που αποθηκεύεται το video γίνεται με βάση το περιεχόμενο του video. Το γεγονός αυτό εισάγει ιδιαιτερότητες αναφορικά με τις παραδοσιακές τεχνικές αναζήτησης.

✓ Διεπαφή ανεξάρτητη της συσκευής και της μορφοποίησης του μέσου

Η διεπαφή της βάσης αποθήκευσης της ψηφιακής πληροφορίας απαιτείται να είναι ανεξάρτητη της συσκευής αποθήκευσης καθώς και της συγκεκριμένης μορφοποίησης του μέσου. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν νέες τεχνολογίες αποθήκευσης χωρίς να χρειαστεί μετατροπή των εφαρμογών της βάσης.

✓ Διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων

Το σύστημα διαχείρισης της βάσης που θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση πρέπει να μπορεί να χειριστεί μεγάλους όγκους δεδομένων και να επιτρέπει επερωτήσεις (queries) για την πληροφορία που εμπεριέχεται στα ψηφιακά δεδομένα. Επίσης, θα πρέπει να υποστηρίζει χρονοβόρες συναλλαγές.

✓ Σχεσιακή συνέπεια της διαχείρισης δεδομένων

Οι σχέσεις μεταξύ των δεδομένων ενός μέσου ή μεταξύ πολλών διαφορετικών μέσων είναι απαραίτητο να παραμένουν σύμφωνες με τις αρχικές τους προδιαγραφές. Τέτοιες σχέσεις μπορεί να είναι: σχέσεις γνωρίσματος, περιεχομένου, αντικατάστασης ή συγχρονισμού.

❖ Κωδικοποίηση

✓ Υψηλή ποιότητα

Η ελαχιστοποίηση των ατελειών που εισάγει η συμπίεση είναι κοινός στόχος για όλα τα σχήματα κωδικοποίησης. Ειδικά στην περίπτωση του video κάτι τέτοιο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς η μείωση της ποιότητας της εικόνας επηρεάζει και προκαλεί τη δυσαρέσκεια του αποδέκτη.

✓ **Ρυθμιζόμενο εύρος**

Η μείωση του εύρους μέσω της συμπίεσης θα πρέπει να συνυπολογιστεί και με άλλους παράγοντες όπως η ποιότητα και η πολυπλοκότητα και να μην θεωρηθεί αυτοσκοπός.

✓ **Χαμηλό υπολογιστικό κόστος και κόστος υλοποίησης**

Ο αλγόριθμος κωδικοποίησης δεν θα πρέπει να απαιτεί υψηλό υπολογιστικό κόστος δεδομένου ότι θα πρέπει να εκτελείται σε πραγματικό χρόνο και να είναι εύκολα υλοποιήσιμος και στη πλευρά του χρήστη.

✓ **Ανοχή σε σφάλματα**

Δεδομένου ότι κατά τη μετάδοση των πακέτων από τον εξυπηρετητή στον πελάτη, ορισμένα από αυτά ενδέχεται να χαθούν, ο αλγόριθμος κωδικοποίησης που θα επιλεγεί χρειάζεται να είναι ανεκτικός στα σφάλματα.

✓ **Χαμηλές απαιτήσεις σε μνήμη**

Αυτή η απαιτηση εντάσσεται στη γενικότερη ανάγκη για μείωση του κόστους υλοποίησης. Η μείωση της απαραίτητης μνήμης μειώνει τις δυνατότητες του αλγορίθμου.

✓ **Χαμηλή καθυστέρηση**

Η καθυστέρηση εντοπίζεται κυρίως μεταξύ των κωδικοποιήσεων δύο διαδοχικών ροών.

✓ **Επεκτασιμότητα**

Το σχήμα κωδικοποίησης απαιτείται να μπορεί να ενσωματώσει ενδεχόμενη αύξηση του αριθμού των ροών.

Επίπεδο Παρουσίασης

Εκτός από τη φιλικότητα της διεπαφής, οι απαιτήσεις του επιπέδου παρουσίασης συνίστανται στην ακρίβεια της παρουσίασης των μονάδων πληροφορίας (DUs) και στην ακρίβεια της παράλληλης παρουσίασης των πολυμεσικών αντικειμένων. Με άλλα λόγια θα πρέπει να επιτευχθεί συγχρονισμός στο εσωτερικό του κάθε

αντικειμένου, καθώς και συγχρονισμός μεταξύ αντικειμένων. Στην πρώτη περίπτωση, στόχος αποτελεί η σταθερή διακύμανση της καθυστέρησης μεταξύ διαδοχικών DUs, ενώ στη δεύτερη θα πρέπει να αποφευχθεί η δημιουργία κενού μεταξύ δύο αντικειμένων κατά την παρουσίασή τους (gap problem). Σε συστήματα VoD βασική προϋπόθεση αποτελεί, επίσης, η διασφάλιση της χρονικής σχέσης μεταξύ του ήχου και του video (lip synchronization).

Η απουσία κάποιας από αυτές τις μορφές συγχρονισμού οδηγεί σε σφάλματα παρουσίασης. Ωστόσο, τα σφάλματα αυτά ενδέχεται να μην είναι τόσο σημαντικά ώστε να πέσουν στο πεδίο αντίληψης του αποδέκτη. Επομένως, είναι απαραίτητο να μελετηθούν τα όρια της ανθρώπινης ανοχής σε τέτοια σφάλματα έτσι ώστε να καθοριστούν οι παράμετροι εκείνες με βάση τις οποίες θα ελέγχεται το επίπεδο παρουσίασης και στις οποίες θα προσαρμόζεται. Στα πλαίσια ειδικών ερευνών για την ανθρώπινη αντίληψη προέκυψαν τα στοιχεία που συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα.

Μέσο	Κλάση Συγχρονισμού	Επίπεδο Ανοχής
Ήχος και Video	Συγχρονισμός ήχου και video	± 80 ms
Ήχος και Ήχος	Στενά συνδεδεμένοι (stereo)	± 11μs
Ήχος και Ήχος	Χαλαρά συνδεδεμένοι (πολυμελής συζήτηση)	± 120 ms
Ήχος και Κείμενο	Σχολιασμός	± 240 ms
Video και Εικόνα	Με επικάλυψη	± 240 ms
Video και Εικόνα	Χωρίς επικάλυψη	± 500 ms
Video και Κείμενο	Με επικάλυψη	± 240 ms
Video και Κείμενο	Χωρίς επικάλυψη	± 500 ms

Video	Χρόνος αντίδρασης της κεφαλής εγγραφής	± 60 ms
Stereo Video	Καθυστέρηση διαδοχικών πεδίων	± 50 ms

Πίνακας II - 1 Επίπεδα ανθρώπινης ανοχής σε σφάλματα συγχρονισμού

Λειτουργικό Επίπεδο

Το λειτουργικό επίπεδο σε ένα Video-on-Demand αποτελεί καθοριστικός παράγοντας για την επίτευξη των χρονικών περιορισμών. Οι κύριες προδιαγραφές που καλείται να πληροί αναφέρονται:

- ✓ Στον δυναμικό καταμερισμό πόρων στις διεργασίες.
- ✓ Στην απόδοση προτεραιότητας σε κρίσιμες χρονικά διεργασίες με βάση την προθεσμία τους.
- ✓ Στον κατάλληλο προγραμματισμό του δίσκου, της μνήμης και των συσκευών ώστε να υποστηρίζεται η απόδοση του συστήματος σε πραγματικό χρόνο.

5 Λειτουργία

Η λειτουργία ενός συστήματος VoD είναι σε μεγάλο βαθμό συνάρτηση της εκάστοτε εφαρμογής που υλοποιείται. Ωστόσο, είναι δυνατό να προσδιοριστούν μια σειρά από φάσεις που είναι κοινές στα περισσότερα συστήματα. Αυτές περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια:

① Εγγραφή

Στα πρώτα στάδια της λειτουργίας ενός συστήματος Video-on-Demand πραγματοποιείται η εγγραφή των χρηστών. Στην ουσία, προσδιορίζονται οι όροι που

Θα διέπουν την παροχή των υπηρεσιών και συμφωνείται η σύμβαση μεταξύ πάροχου και αποδέκτη που περιλαμβάνει τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των δύο μερών. Η συγκεκριμένη λειτουργία διαφοροποιείται σημαντικά από σύστημα σε σύστημα και σε ορισμένες περιπτώσεις δεν αφορά τόσο τυπική διαδικασία, αλλά είναι περισσότερο ανεπίσημη. Κατά την εγγραφή ενδέχεται να καθοριστούν και οι παράμετροι ποιότητας της υπηρεσίας VoD.

❷ Αίτηση και έλεγχος αποδοχής

Με βάση τη σύμβαση που έχει συμφωνηθεί, ο πελάτης / χρήστης καλεί τον εξυπηρετητή κάνοντας αίτηση για παροχή υπηρεσιών και περιγράφοντας τις συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας. Από την άλλη πλευρά, ο εξυπηρετητής ελέγχει τις αιτήσεις που έχει λάβει και ανάλογα με τις προδιαγραφές τους και τη διαθεσιμότητα των πόρων δέχεται ή απορρίπτει την κάθε αίτηση. Ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία και εξαρτάται από ένα σύνολο παραμέτρων.

❸ Επικοινωνία

Από τη στιγμή που θα γίνει αποδεκτή μία κλήση αρχίζει η επικοινωνία μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής μεταδίδει το ψηφιακό video στον πελάτη ο οποίος έχει τη δυνατότητα να ελέγξει τη πληροφορία που λαμβάνει μέσω της αλληλεπίδρασής του με το σύστημα. Οι παράμετροι ποιότητας της υπηρεσίας αποτελούν και σε αυτή τη φάση αντικείμενο διαπραγμάτευσης.

❹ Χρέωση

Η τελική φάση της λειτουργίας του συστήματος VoD αναφέρεται στη χρέωση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η χρέωση καθορίζεται συνήθως από την αρχική συμφωνία. Η διαδικασία εντάσσεται στα γενικότερα πλαίσια της χρέωσης για δικτυακές υπηρεσίες και υπόκειται στις ίδιες δυσκολίες. Προτεινόμενες τεχνικές χρέωσης σχετίζονται με τη χρήση των πόρων, με το χρόνο εξυπηρέτησης και με την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας.



Μέρος Β:

Σχεδίαση Δικτύου Επικοινωνίας

Συστήματος

Video-on-Demand

Στα προηγούμενα κεφάλαια επιχειρήθηκε μια θεωρητική προσέγγιση στις βασικές έννοιες που σχετίζονται με ένα σύστημα Video-on-Demand. Επίσης, μελετήθηκε η αρχιτεκτονική του συστήματος, καθώς και οι προδιαγραφές που θα πρέπει αυτό να πληροί στα πλαίσια της λειτουργίας του και ανά επίπεδο λειτουργικότητας.

Στη συνέχεια της μελέτης, δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά στα διάφορα επίπεδα του συστήματος όπως περιγράφηκαν. Αντίθετα, η μελέτη θα επικεντρωθεί ειδικά στο επίπεδο δικτύου και στα θέματα που σχετίζονται άμεσα με αυτό. Πιο συγκεκριμένα, θα δοθεί έμφαση στη σχεδίαση του δικτύου μετάδοσης του ψηφιακού video, στις διαθέσιμες δικτυακές τεχνολογίες υλοποίησης και στα πρωτόκολλα που απαιτούνται για την υποστήριξη της λειτουργίας του. Επιπλέον, θα γίνει αναφορά στην ερευνητική εργασία που έχει γίνει στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο και στα αρχιτεκτονικά μοντέλα για παροχή υπηρεσιών VoD που έχουν προταθεί στα πλαίσια αυτής.



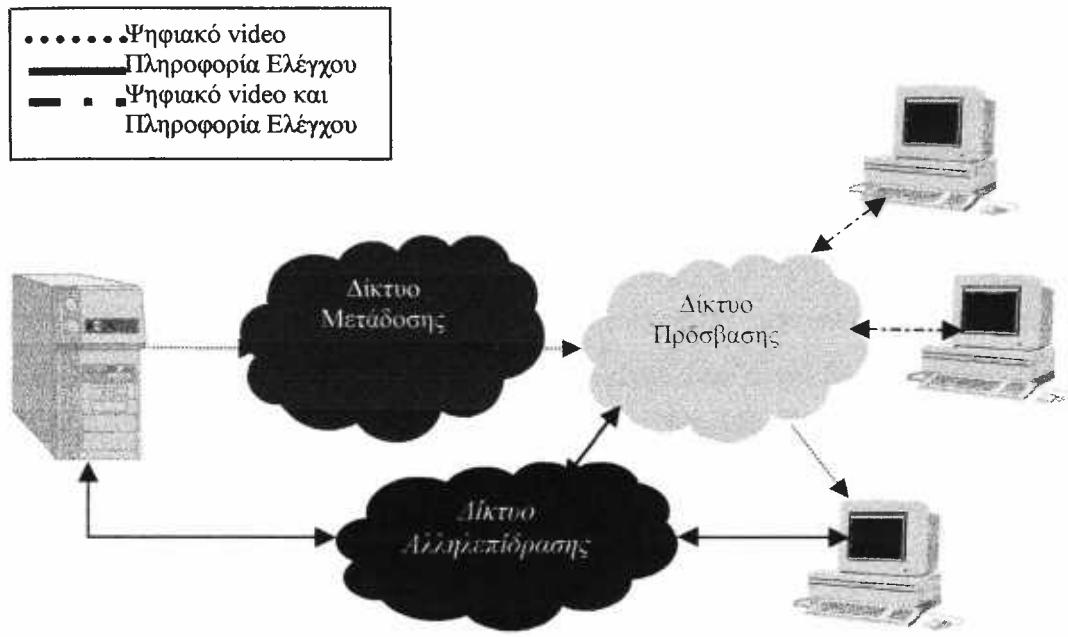
Κεφάλαιο III:

Δίκτυο Επικοινωνίας

1 Κατηγορίες Δικτύων

Το δικτυακό επίπεδο σε ένα σύστημα VoD είναι υπεύθυνο για την καθιέρωση και υποστήριξη της επικοινωνίας μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή. Τα κύρια χαρακτηριστικά της επικοινωνίας αυτής είναι η αμφίδρομη φύση της και η υλοποίησή της σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, το γεγονός ότι η επικοινωνία είναι ισόχρονη και αμφίδρομη συνεπάγεται υψηλές προδιαγραφές οι οποίες δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστούν με τη χρησιμοποίηση ενός μόνο δικτύου επικοινωνίας μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή. Το ίδιο ισχύει και εξαιτίας της απαίτησης να γίνει χρήση όσο το δυνατό περισσότερο της υφιστάμενης δικτυακής υποδομής. Εξάλλου, θα πρέπει να καθοριστεί και ο τρόπος πρόσβασης του τελικού χρήστη στα κύρια δίκτυα μετάδοσης της πληροφορίας.

Κατά συνέπεια, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες δικτύων που εμπεριέχονται σε ένα σύστημα VoD, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα: τα δίκτυα μετάδοσης, τα δίκτυα αλληλεπίδρασης και τα δίκτυα πρόσβασης. Θα πρέπει να σημειωθεί η περίπτωση ο τελικός χρήστης να συνδέεται απευθείας στο δίκτυο αλληλεπίδρασης (π.χ PSTN δίκτυα). Επίσης, το τελευταίο ενδέχεται να ταυτίζεται με το δίκτυο μετάδοσης.



Σχήμα III - 1 Κατηγορίες δικτύων σε ένα VoD σύστημα

1.1 Δίκτυο Μετάδοσης

Το δίκτυο μετάδοσης αναλαμβάνει την μεταφορά της κατεξοχήν πληροφορίας δηλαδή του video. Διασφαλίζει το κυριότερο μέρος της επικοινωνίας και για το λόγο αυτό η επίδοση που επιτυγχάνει και οι προδιαγραφές που πληροί είναι καθοριστικοί παράγοντες για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Εκτός από το video, μέσω του δικτύου μετάδοσης μεταφέρονται και ορισμένες πληροφορίες ελέγχου. Αυτές αποστέλλονται από τον εξυπηρετητή στον πελάτη και αφορούν κυρίως στην διαδικασία αποκαθικοποίησης, στην διαχείριση των σφαλμάτων και στον συγχρονισμό. Ωστόσο, συνήθως είναι ενσωματωμένες στα ίδια τα δεδομένα και δεν αποστέλλονται από ξεχωριστό κανάλι επικοινωνίας.

1.2 Δίκτυο Αλληλεπίδρασης

Το χαρακτηριστικό της αλληλεπίδρασης σε ένα σύστημα VoD προϋποθέτει την εγκαθίδρυση τουλάχιστον ενός καναλιού επικοινωνίας από τον χρήστη στον εξυπηρετητή. Στην περίπτωση αυτή, η αλληλεπίδραση θεωρείται μονής κατεύθυνσης. Για να εξελιχθεί σε αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των δύο εμπλεκόμενων μερών, απαιτείται ακόμα ένα κανάλι που θα μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου από τον εξυπηρετητή προς τον χρήστη. Τα δύο αυτά κανάλια μπορεί να θεωρηθεί ότι συνιστούν το δίκτυο αλληλεπίδρασης. Το τελευταίο συνδέεται άμεσα με το δίκτυο μετάδοσης αν και έχει πολύ μικρότερο εύρος δεδομένου ότι μεταφέρει μόνο πληροφορίες ελέγχου.

1.2.1 Λόγοι εγκαθίδρυσης δικτύου αλληλεπίδρασης

Το δίκτυο αλληλεπίδρασης δεν διαφοροποιείται απαραίτητα από το δίκτυο μετάδοσης. Ωστόσο, ακόμα και αν χρησιμοποιηθεί η ίδια τεχνολογική υποδομή, σε καμιά περίπτωση δεν υιοθετείται το ίδιο κανάλι επικοινωνίας και για τη μετάδοση της πρωταρχικής πληροφορίας και για τη μετάδοση της πληροφορίας ελέγχου. Οι βασικοί λόγοι για τους οποίους ισχύει αυτό σχετίζονται με τους εξής τομείς:

- ◆ **Ασφάλεια επικοινωνίας.** Ο διαχωρισμός της κατεξοχήν πληροφορίας από την πληροφορία ελέγχου επιτρέπει τη διαφοροποίηση των πολιτικών προστασίας των δεδομένων με βάση την σπουδαιότητα που εμπεριέχουν.
- ◆ **Κοστολόγηση υπηρεσιών.** Προωθείται η άμεση και ευκολότερη επιβολή της συγκεκριμένης πολιτικής κοστολόγησης που έχει συμφωνηθεί μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή.
- ◆ **Στατιστική πληροφόρηση.** Το δίκτυο αλληλεπίδρασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για σύλλογή στατιστικών στοιχείων και διαγνωστικών μηνυμάτων σχετικά με την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χρηστών (π.χ. προτιμήσεις, προφίλ)
- ◆ **Εύρος μετάδοσης.** Σε περιπτώσεις που το εύρος του δικτύου μετάδοσης δεν επαρκεί, το κανάλι του δικτύου αλληλεπίδρασης που μεταφέρει πληροφορίες

ελέγχου από τον εξυπηρετητή στον πελάτη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά.

Από την άλλη πλευρά, παρά τα τεράστια οφέλη που προκύπτουν από τη εγκαθίδρυση δικτύου αλληλεπίδρασης, παρουσιάζονται μια σειρά από δυσκολίες που επηρεάζουν την υιοθέτηση αυτής της λύσης κατά τη σχεδίαση ενός VoD συστήματος. Οι κυριότερες δυσκολίες αφορούν στο υψηλό κόστος και στα τεχνικά προβλήματα που προϋποθέτει η εγκατάσταση σε κάθε πελάτη ειδικού εξοπλισμού που θα δέχεται τις ενέργειες του χρήστη, θα τις μεταφράζει σε πληροφορία ελέγχου και θα τις αποστέλλει στον εξυπηρετητή.

1.3 Δίκτυο Πρόσβασης

Οι μηχανισμοί διανομής του ψηφιακού video από το δίκτυο μετάδοσης στα συγκεκριμένα γεωγραφικά σημεία που βρίσκονται οι τελικοί χρήστες έχουν ιδιαίτερη σημασία κατά την εγκαθίδρυση των υπηρεσιών VoD. Τόσο η μορφή της πληροφορίας που μεταδίδεται όσο και η απαίτηση για αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα συνεπάγονται υψηλές δικτυακές προδιαγραφές που δεν περιορίζονται μόνο στο κύριο μέρος του δικτυακού επιπέδου (δίκτυο επικοινωνίας), αλλά επεκτείνονται μέχρι και τον αποδέκτη της πληροφορίας. Το δίκτυο πρόσβασης είναι υπεύθυνο για τη διανομή του video στους τελικούς χρήστες, για την μεταφορά της πληροφορίας αλληλεπίδρασης από τους χρήστες στον εξυπηρετητή και για την εξασφάλιση των προδιαγραφών αυτών. Παράλληλα, πάνω από την ίδια υποδομή, υποστηρίζει την παροχή και άλλων υπηρεσιών, όπως το τηλέφωνο.

Κεφάλαιο IV:

Τεχνολογίες Δικτύου Αλληλεπίδρασης

1 European Digital Video Broadcasting (DVB) Project

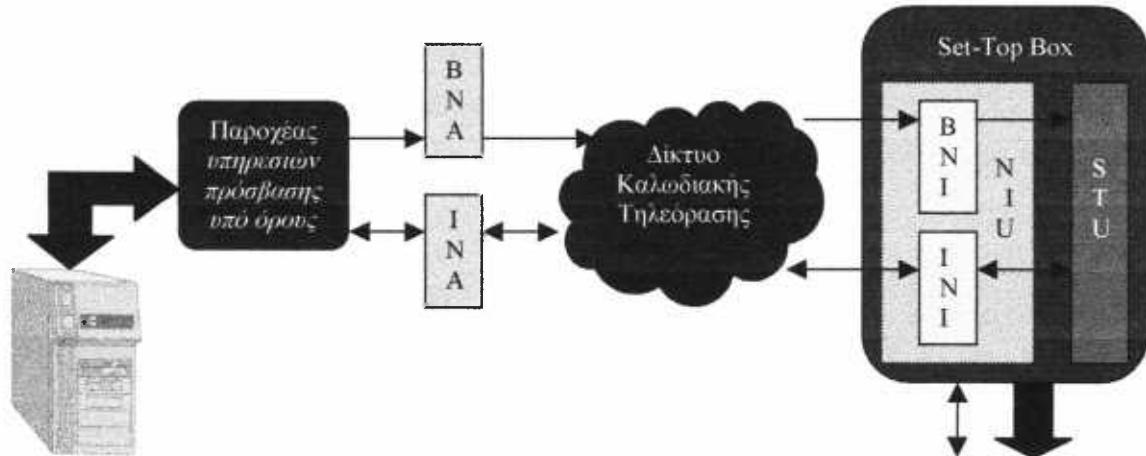
Το 1992, με πρωτοβουλία της γερμανικής κυβέρνησης δημιουργήθηκε σε ευρωπαϊκό επίπεδο η European Launching Group (ELG), μια επιτροπή υπεύθυνη για την καθιέρωση και την προώθηση προτύπων για τη μετάδοση ψηφιακού video. Η επιτροπή αυτή αποτελείται από εκπροσώπους όλων των οργανισμών που εμπλέκονται στο συγκεκριμένο τομέα όπως κατασκευαστές, τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς, μέσα μετάδοσης και θεσμικές αρχές. Στα πλαίσια των εργασιών της, υπογράφηκε το 1993 υπόμνημα το οποίο είναι γνωστό ως European Digital Video Broadcasting (DVB) Project και αποτελεί μια από τις πιο επιτυχημένες προσπάθειες προτυποποίησης εξαιτίας και της άμεσης αποδοχής με την οποία αντιμετωπίστηκε από την αγορά. Σύμφωνα με αυτό, υιοθετήθηκε το πρότυπο MPEG-2 για καδικοποίηση και πολύπλεξη των δεδομένων και δόθηκε έμφαση στην ανάπτυξη προδιαγραφών για την ψηφιακή μετάδοση μέσω διρυφόρου, καλωδιακής τηλεόρασης και των πιο πρόσφατων δικτυακών τεχνολογιών.

Τα τελευταία χρόνια, το DVB επεκτείνεται, σε μια προσπάθεια να προσδιορίσει ένα μοντέλο για την παροχή υπηρεσιών αλληλεπίδρασης. Ως κύριες τεχνολογίες που μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την υλοποίηση του δικτύου αλληλεπίδρασης θεωρεί την καλωδιακή τηλεόραση (CATV), το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (PSTN), το ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISDN) και τα συστήματα teletext. Επιπλέον, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και άλλες δικτυακές τεχνολογίες όπως τα IP ή τα Frame Relay δίκτυα. Αυτές θα αναφερθούν εκτενέστερα κατά την περιγραφή των τεχνολογιών που υιοθετούνται συνήθως για δίκτυα μετάδοσης.

2 Καλωδιακή Τηλεόραση

2.1 Μοντέλο Σχεδίασης

Το δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης μπορεί να υποστηρίζει την υλοποίηση μονής και διπλής κατεύθυνσης καναλιών επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του πάροχου της υπηρεσίας. Το μοντέλο που απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα αποτελεί τη βάση για την υλοποίηση του δικτύου αλληλεπίδρασης μέσω της καλωδιακής τηλεόρασης όπως περιγράφεται σε σχετικό πρότυπο του DVB, τροποποιημένο έτσι ώστε να αφορά σε υπηρεσίες video-on-demand.



Σχήμα IV - 1 Υπηρεσίες VoD μέσω δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης

Οι βασικές οντότητες που διαφαίνονται στο σχήμα είναι οι εξής:

- ❖ *Video εξυπηρετητής (Video Server).*

Παρέχει τις υπηρεσίες VoD καθώς και τις υπηρεσίες αλληλεπίδρασης στους χρήστες που έχουν εγγραφεί στο σύστημα.

- ❖ **Πάροχος υπηρεσιών πρόσβασης υπό όρους (Conditional Access Service Provider).**
Ο εξυπηρετητής βρίσκεται σε συμφωνία με κάποιον πάροχο υπηρεσιών πρόσβασης υπό όρους, ο οποίος αναλαμβάνει την αυθεντικοποίηση των χρηστών που επιχειρούν να κάνουν χρήση των υπηρεσιών VoD.

- ❖ **Προσαρμογέας δικτύου μετάδοσης (Broadcast Network Adapter, BNA)**
Προσαρμόζει τη μεταδιδόμενη πληροφορία δηλαδή το ψηφιακό video και την προωθεί στο δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης.

- ❖ **Προσαρμογέας δικτύου αλληλεπίδρασης (Interactive Network Adapter, INA)**
Έχει παρόμοια λειτουργία με τον προσαρμογέα δικτύου μετάδοσης, μόνο που αυτός διαχειρίζεται την πληροφορία ελέγχου που προκύπτει στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα.

- ❖ **Δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης (CATV Network)**
Στο μοντέλο αυτό, το δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης ενσωματώνει τόσο το δίκτυο μετάδοσης όσο και το δίκτυο αλληλεπίδρασης. Η λειτουργία του έγκειται στη μετάδοση της κύριας πληροφορίας και της πληροφορίας ελέγχου μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή. Ειδικά όσο αφορά στην πληροφορία ελέγχου, αυτή μεταδίδεται μέσω δύο καναλιών αλληλεπίδρασης που καλύπτουν τις δύο κατευθύνσεις, ενώ μέρος της μεταφέρεται και από το κανάλι μετάδοσης του ψηφιακού video (in-band).

- ❖ **Διεπαφή δικτύου ευρείας ζώνης (Broadband Network Interface, BNI)**
Αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ του δικτύου μετάδοσης και της συσκευής του χρήστη.

- ❖ **Διεπαφή δικτύου αλληλεπίδρασης (Interactive Network Interface,INI)**
Αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ του δικτύου αλληλεπίδρασης και της συσκευής του χρήστη.

- ❖ **Μονάδα δικτυακής διεπαφής (Network Interface Unit, NIU)**
Περιλαμβάνει τις διεπαφές των δικτύων μετάδοσης και αλληλεπίδρασης και εξασφαλίζει την από κοινού λειτουργία τους.

❖ **Μονάδα λήψης (Set-Top Unit)**

Διεκπεραιώνει την επικοινωνία μεταξύ της μονάδας δικτυακής διεπαφής και του τελικού χρήστη.

❖ **Συσκευή λήψης (Set-Top Box)**

Πρόκειται για τη συσκευή που εγκαθίσταται στο σημείο παρουσίασης του ψηφιακού video. Περιλαμβάνει τις μονάδες λήψης και δικτυακής διεπαφής.

2.2 Κανάλια αλληλεπίδρασης

Όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή του μοντέλου σχεδίασης δικτύου αλληλεπίδρασης μέσω της καλωδιακής τεχνολογίας, θεωρούνται τρία κανάλια αλληλεπίδρασης: ένα κανάλι από τον πελάτη στον εξυπηρετητή και δύο κανάλια από τον εξυπηρετητή στον πελάτη, δεδομένου ότι το κανάλι μετάδοσης του ψηφιακού video χρησιμοποιείται και για την μετάδοση πληροφορίας ελέγχου. Στην συνέχεια, θα γίνει αναφορά σε κάποια βασικά χαρακτηριστικά των καναλιών αυτών.

2.2.1 Κανάλι αλληλεπίδρασης εκτός ζώνης από τον εξυπηρετητή στον πελάτη

Η μετάδοση στο κανάλι αλληλεπίδρασης εκτός ζώνης από τον εξυπηρετητή στον πελάτη και, ειδικότερα, από τον προσαρμογέα δικτύου αλληλεπίδρασης στις μονάδες δικτυακών διεπαφών, χρησιμοποιείται για να παρέχει πληροφορίες ελέγχου και συγχρονισμού στις συσκευές λήψης. Σε κάθε πελάτη αντιστοιχίζεται μία διεύθυνση που είναι ενσωματωμένη στη συσκευή ή παρέχεται από κάποια εξωτερική πηγή.

Για να είναι δυνατή η μετάδοση της πληροφορίας ελέγχου από το συγκεκριμένο κανάλι, το ψηφιακό σήμα υπόκειται στη διαδικασία κωδικοποίησης και στη συνέχεια σε μια διαδικασία προσαρμογής. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μετάδοση στο κανάλι αλληλεπίδρασης εκτός ζώνης από τον εξυπηρετητή στον πελάτη πραγματοποιείται με ρυθμαπόδοση 1,544 Mbps ή 3,088 Mbps, ενώ το προτεινόμενο

από το DVB εύρος του καναλιού κυμαίνεται από 1MHz έως 2MHz. Τέλος, κάθε πλαίσιο συνίσταται από 193 bits και ανά 24 πλαίσια προσδιορίζεται ένα υπερπλαίσιο.

2.2.2 Κανάλι αλληλεπίδρασης εντός ζώνης από τον εξυπηρετητή στον πελάτη

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το κανάλι μετάδοσης λειτουργεί και ως κανάλι αλληλεπίδρασης. Η πληροφορία ελέγχου είναι συγχωνευμένη με την πρωτογενή πληροφορία και κωδικοποιημένη και αυτή με το MPEG-2 πρότυπο.

2.2.3 Κανάλι αλληλεπίδρασης από τον πελάτη στον εξυπηρετητή

Με βάση την τεχνική πολύπλεξης με διαίρεση χρόνου το κανάλι επιστροφής, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία το κανάλι αλληλεπίδρασης από τον πελάτη στον εξυπηρετητή, διαμοιράζεται σε μια ομάδα χρηστών. Αυτοί στέλνουν πακέτα είτε σε μια προκαθορισμένη χρονοθυρίδα είτε τυχαία με κίνδυνο να δημιουργηθούν συγκρούσεις. Οι συχνότητες μετάδοσης των καναλιών επιστροφής υποδεικνύονται από το MAC πρωτόκολλο και ο συγχρονισμός των πλαισίων επιτυγχάνεται με την αποστολή πλαισίου συγχρονισμού από τον εξυπηρετητή στους χρήστες. Επιπλέον, όσο αφορά στον τρόπο επικοινωνίας των χρηστών με τον εξυπηρετητή, διακρίνουμε τέσσερις κύριες κατηγορίες πρόσβασης. Αυτές είναι δυνατό να υποστηρίζονται ταυτόχρονα σε ένα φορέα ή ο φορέας να αντιστοιχίζεται σε μία συγκεκριμένη κατηγορία πρόσβασης. Έτσι, διακρίνουμε:

➤ Ανταγωνιστική πρόσβαση (*contention access*)

Οι χρήστες στέλνουν σε τυχαία χρονοθυρίδα τα πακέτα. Σε περίπτωση που πραγματοποιηθεί σύγκρουση μεταξύ δύο χρηστών, χρησιμοποιείται ειδικό πρωτόκολλο επίλυσης. Ειδάλλως, η μονάδα δικτυακής διεπαφής αποστέλλει σε κάθε χρήστη θετική επιβεβαίωση ότι έλαβε το πακέτο.

➤ *Πρόσβαση προκαθορισμένου ρυθμού (fixed-rate access)*

Κάθε χρήστης δεσμεύει εκ των προτέρων μία ή περισσότερες χρονοθυρίδες σε κάθε πλαίσιο. Ο προσαρμογέας δικτύου αλληλεπίδρασης αντιστοιχεί μοναδικά μία θυρίδα σε κάθε σύνδεση.

➤ *Δεσμευμένη πρόσβαση (reservation access)*

Στα πλαίσια της ικανοποίησης της ανάγκης των χρηστών για μεγαλύτερες δυνατότητες μετάδοσης, η μονάδα δικτυακής διεπαφής μπορεί να στείλει αίτηση στον προσαρμογέα δικτύου αλληλεπίδρασης για περισσότερες χρονοθυρίδες από ότι είχε αρχικά προσδιοριστεί.

➤ *Κυμαινόμενη πρόσβαση (ranging access)*

Η κυμαινόμενη πρόσβαση σχετίζεται με την ρύθμιση της μετάδοσης έτσι ώστε να γίνεται εκμετάλλευση των χρονοθυρίδων που αν και έχουν αντιστοιχηθεί σε κάποιον χρήστη δεν χρησιμοποιούνται.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο πρόσβασης που θα υιοθετηθεί, απαιτείται η ύπαρξη ενός μηχανισμού που θα επιτρέπει στον εξυπηρετητή να αναγνωρίζει μέσα στη ροή τις υποροές που προέρχονται από τους διάφορους χρήστες. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η λεγόμενη μοναδική λέξη (unique word). Πρόκειται για μια σειρά από bits που διαχωρίζουν τις επιμέρους υποροές σε μια ροή. Τέλος, στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι τρεις κατηγορίες μετάδοσης που χαρακτηρίζουν το κανάλι επιστροφής, καθώς και το εύρος, η ρυθμαπόδοση και ο αριθμός χρονοθυρίδων στη μονάδα του χρόνου που υποστηρίζουν.

	Εύρος	Ρυθμαπόδοση	Χρονοθυρίδες/ sec
Grade A	200 kHz	256 Kbps	500 slots/s
Grade B	1 MHz	1,544 Mbps	3000 slots/s
Grade C	2 MHz	3,088 Mbps	6000 slots/s

Πίνακας IV - 1 Χαρακτηριστικά καναλιού επιστροφής σε δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης

3 Δημόσιο Μεταγώγιμο Τηλεφωνικό Δίκτυο (Public Switched Telephone Network, PSTN)

Το δημόσιο μεταγώγιμο τηλεφωνικό δίκτυο είναι ένα αναλογικό δίκτυο που παρέχει περιορισμένης ζώνης κανάλια διπλής κατεύθυνσης για αναλογική μετάδοση, με εύρος 4 KHz το καθένα. Η χρήση ενός από τα κανάλια αυτά για την υλοποίηση του καναλιού επιστροφής προϋποθέτει την τοποθέτηση ενός διαμορφωτή-αποδιαμορφωτή (modem) που θα εξασφαλίζει τη διπλή επικοινωνία μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή.

To modem μπορεί να είναι ανεξάρτητο από τη συσκευή λήψης (set-top box) ή ενσωματωμένο σε αυτή. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, δεδομένου ότι η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται μέσω δημόσιου επικοινωνιακού δικτύου, το modem ή και ολόκληρη η συσκευή λήψης θεωρείται τερματικός εξοπλισμός. Αυτό σημαίνει ότι σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπόκειται σε νομικούς περιορισμούς και πρέπει να πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Τέλος, όσο αφορά στον τρόπο επικοινωνίας, ο χρήστης είναι εκείνος που πραγματοποιεί τη σύνδεση δεδομένου ότι το modem δεν μπορεί να δεχτεί κλήσεις. Όσο διαρκεί η σύνδεση, δεν είναι δυνατή η χρήση της τηλεφωνικής γραμμής από άλλο τερματικό εξοπλισμό.

4 Ψηφιακό δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network, ISDN)

Το ISDN είναι ένα ψηφιακό μεταγώγιμο δίκτυο που παρέχει στη βασική του έκδοση δύο κανάλια των 64Kbps (B-κανάλια) για μετάδοση δεδομένων και ένα κανάλι με ρυθμαπόδοση 16Kbps για σηματοδοσία. Η καθιέρωσή τους ως η επικρατέστερη

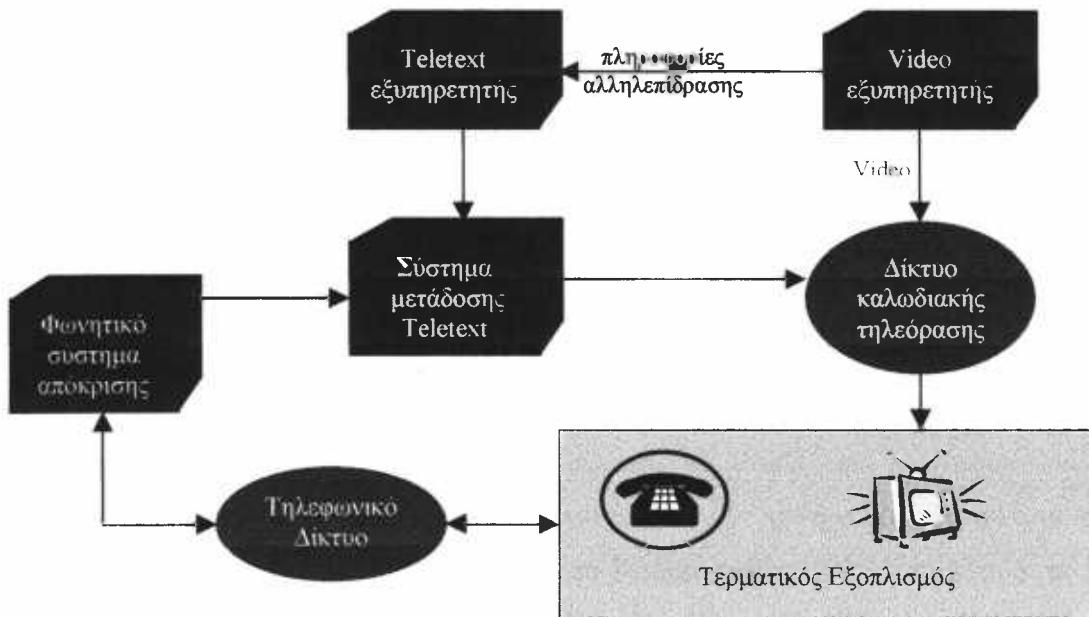
τεχνολογία επικοινωνιακών δικτύων, τα καθιστά ικανά να αντιμετωπίσουν ένα ευρύ φάσμα επικοινωνιακών αναγκών.

Τα ISDN δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση καναλιών αλληλεπίδρασης είτε μονής είτε διπλής κατεύθυνσης και την παροχή υπηρεσιών αλληλεπίδρασης. Όπως και στην περίπτωση του PSTN, η συσκευή λήψης στην πλευρά του χρήστη θεωρείται τερματικός εξοπλισμός και υπόκειται σε νομικούς περιορισμούς.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το ISDN υποδιαιρείται σε δύο βασικά τεχνολογικά ρεύματα, το ISDN στενής ζώνης (Narrowband ISDN, N-ISDN) και το ISDN ευρείας ζώνης (Broadband ISDN, B-ISDN). Το N-ISDN αποτελεί εξέλιξη των ολοκληρωμένων ψηφιακών δικτύων και χρησιμοποιεί τεχνικές μεταγωγής κυκλώματος, πακέτου ή πλαισίου. Υποστηρίζει πρόσβαση με ρυθμαπόδοση μέχρι και 2Mbps, ενώ μεγαλύτεροι ρυθμοί υποστηρίζονται από το B-ISDN. Το τελευταίο θα περιγραφεί εκτενέστερα όταν θα αναφερθεί ως τεχνολογία υλοποίησης δικτύου μετάδοσης ψηφιακού video.

5 Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης μέσω συστημάτων teletext

Τα συστήματα teletext είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια ενός συστήματος VoD για να παρέχουν υπηρεσίες αλληλεπίδρασης. Όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, ο χρήστης χρησιμοποιεί τερματικό εξοπλισμό που αποτελείται από μία τηλεόραση με ενσωματωμένο σύστημα teletext και ένα τηλέφωνο. Ο χρήστης τηλεφωνεί σε ένα σύστημα φωνητικής απόκρισης και επιλέγει την υπηρεσία που επιθυμεί με τα πλήκτρα του τηλεφώνου. Η πληροφορία εμφανίζεται στην οθόνη της τηλεόρασης.



Σχήμα IV - 2 Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης μέσω συστημάτων teletext

Τα κύρια μειονεκτήματα της λύσης αυτής εντοπίζονται στη μη γραφικότητα της διεπαφής, καθώς και στις μειωμένες δυνατότητες που παρέχει το πληκτρολόγιο του τηλεφώνου. Ωστόσο, αντισταθμίζονται από το γεγονός ότι ο απαιτούμενος εξοπλισμός κατέχεται ήδη από το μεγαλύτερο μέρος των χρηστών και δεν απαιτείται εγκατάσταση συσκευών λήψης που θα επέφερε υψηλό κόστος. Επίσης, η χρήση του τηλεφώνου και της τηλεόρασης είναι αυτονόητη και η διεπαφή τους με τους ενδεχόμενους χρήστες δεν θα παρουσιάσει προβλήματα.

Κεφάλαιο V:

Τεχνολογίες Δικτύων

Μετάδοσης

1 Εισαγωγή

Εκτός από το δίκτυο αλληλεπίδρασης το επίπεδο δικτύου ενός συστήματος Video-on-Demand διαχειρίζεται και το δίκτυο μέσω του οποίου μεταδίδεται το ψηφιακό video από τον εξυπηρετητή στους χρήστες των υπηρεσιών. Σε προηγούμενα κεφάλαια έχει αναφερθεί εκτενώς ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει το δίκτυο μετάδοσης για την συνολική απόδοση του συστήματος. Για το λόγο αυτό η τεχνολογική λύση που θα επιλεγεί για την υλοποίηση θα πρέπει να διασφαλίζει μια σειρά προδιαγραφών που σχετίζονται κυρίως με την μετάδοση σε πραγματικό χρόνο και την υποστήριξη υπηρεσιών με υψηλές απαιτήσεις σε δικτυακό εύρος. Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφερθούν οι βασικότερες τεχνολογίες δικτύων μετάδοσης και τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στα B-ISDN δίκτυα και στα IP δίκτυα που αποτελούν τις επικρατέστερες επιλογές για την υλοποίηση ενός συστήματος VoD.

2 IEEE 802.3 (Ethernet)

Τα δίκτυα τύπου Ethernet χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο πολλαπλής προσπέλασης με ακρόαση φέροντος και ανίχνευση συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) και υποστηρίζουν ρυθματόδοση 10Mbps. Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζουν αναφορικά με την υποστήριξη εφαρμογών VoD εστιάζεται στην πιθανοκρατική συμπεριφορά της μεθόδου που ελέγχει την πρόσβαση



στο μέσο. Συγκεκριμένα, η μέθοδος CSMA/CD δεν παρέχει μηχανισμούς ελέγχου και προτεραιοτήτων ούτε εξασφαλίζει κάποιο άνω όριο καθυστέρησης. Επίσης, δεν προσφέρει δυνατότητες διαχείρισης του διαθέσιμου εύρους ζώνης.

Τα παραπάνω προβλήματα είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με δύο κυρίως τρόπους. Ο πρώτος ονομάζεται τμηματοποίηση (segmentation) ή μικροτμηματοποίηση (microsegmentation) και έγκειται στη σύνδεση ενός μικρού αριθμού υπολογιστών ανά τμήμα Ethernet. Ως δεύτερη λύση προτείνεται η χρήση δικτύων Ethernet υψηλών ταχυτήτων. Στη κατηγορία αυτή κατατάσσονται το Ισόχρονο Ethernet (Isochronous Ethernet), το Fast Ethernet (100 Base-T) και το Τοπικό Δίκτυο Ζήτησης Προτεραιότητας (100 Mbps Demand Priority LAN).

2.1 Ισόχρονο Ethernet (Isochronous Ethernet)

Το Ισόχρονο Ethernet ή Iso-Ethernet, όπως ονομάζεται διαφορετικά, αποτελεί παραλλαγή του Ethernet η οποία προτάθηκε με στόχο την ολοκλήρωση δεδομένων φωνής (Integrated Voice Data LAN, IVD LAN) σε τοπικά δίκτυα. Έμφαση δόθηκε στον συνδυασμό των υπηρεσιών τοπικών δίκτυων και ψηφιακών δίκτυων ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN). Ωστόσο, το γεγονός αυτό κατέστησε τη συγκεκριμένη λύση περισσότερο μια προσπάθεια να εισαχθεί το ISDN σε τοπικό επίπεδο, παρά μια γενική λύση υποστήριξης ολοκληρωμένων ευρυζωνικών εφαρμογών όπως το Video-on-Demand.

2.2 Fast Ethernet (100 Base-T)

Το Fast Ethernet (100 Base-T) αποτελεί τη φυσική εξέλιξη του Ethernet. Είναι συμβατό με το πρότυπο IEEE 802.3 σε επίπεδο δομής πλαισίου και χρησιμοποιεί και αντό το πρωτόκολλο CSMA/CD. Κατά συνέπεια και το 100 Base-T δεν παρέχει τους απαραίτητους μηχανισμούς ελέγχου, δέσμευσης και προτεραιοτήτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι βασικός στόχος του προτύπου ήταν μεν η αύξηση του εύρους ζώνης αλλά χωρίς να διαταραχθεί η υπάρχουσα καλωδιακή δομή. Τέλος, η συγκεκριμένη δικτυακή τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπου μία ομάδα

εξυπηρετητών παρέχουν υπηρεσίες με αυξημένες απαιτήσεις εύρους ζώνης. Θετικό, επίσης, στοιχείο αποτελεί η δυνατότητα συνύπαρξης των 100 Base-T και 10 Base-T προτύπων με την προϋπόθεση ότι δεν βρίσκονται στο ίδιο τμήμα δικτύου. Παρόλα αυτά, δεν εμφανίζεται να ικανοποιεί το μεγαλύτερο μέρος των απαιτήσεων ενός συστήματος VoD σε επίπεδο μετάδοσης.

2.3 Τοπικό Δίκτυο Ζήτησης Προτεραιότητας (100 Mbps Demand Priority LAN)

Στα πλαίσια της αύξησης του εύρους ζώνης του Ethernet, αναπτύχθηκε και η τεχνολογία τοπικών δικτύων ζήτησης προτεραιότητας. Τα δίκτυα αυτά έχουν ρυθμαπόδοση 100 Mbps και μπορούν να συνδυαστούν τόσο με Ethernet δίκτυα όσο και με τοπικά δίκτυα πολλαπλής προσπέλασης με πέρασμα κουπονιού (IEEE 802.5, Token Passing Ring). Επιπλέον, υποστηρίζουν πολλαπλή εκπομπή και έλεγχο της πρόσβασης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εγγυημένη καθυστέρηση, η οποία αποτελεί βασική προδιαγραφή κάθε συστήματος VoD. Ωστόσο, τα τοπικά δίκτυα ζήτησης προτεραιότητας συνιστούν αξιόπιστη λύση μόνο σε περιπτώσεις που στο σύστημα εμπλέκεται μικρός αριθμός χρηστών (περίπου 30).

3 Δακτύλιος με πέρασμα κουπονιού (IEEE 802.5 Token Passing Ring)

Το πρότυπο IEEE 802.5 ορίζει το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης στο μέσο (MAC) περάσματος κουπονιού για ένα τοπικό δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου. Το κουπόνι είναι ένα ειδικό πλαίσιο ελέγχου το οποίο περιστρέφεται μέσα στο δακτύλιο και ο κόμβος που το κατέχει έχει επίσης και το δικαίωμα πρόσβασης. Το IEEE 802.5 υποστηρίζει ταχύτητα μετάδοσης 16Mbps καθώς και μηχανισμούς κατανομής του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Στα βασικά του χαρακτηριστικά μπορεί να προστεθεί η δυνατότητα μορφοποίησης της κίνησης κάθε σταθμού και καθορισμού ενός άνω ορίου καθυστέρησης. Αυτό συνεπάγεται ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να

υποστηρίζει ένα μεγάλο μέρος της λειτουργικότητας ενός συστήματος VoD για περιορισμένο όμως αριθμό χρηστών.

4 Fiber Distributed Data Interface (FDDI)

Το πρότυπο FDDI ορίζει ένα δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου με μέσο μετάδοσης οπτική ίνα και ρυθμό δεδομένων 100 Mbps. Η πρόσβαση στο μέσο ελέγχεται με κουπόνι. Βασίζεται σε τοπολογία διπλού δακτυλίου για ανάκαμψη από ενδεχόμενα σφάλματα και χρησιμοποιεί μονότροπες ή πολύτροπες οπτικές ίνες. Το πρότυπο υποστηρίζει μέχρι και 1000 φυσικές συνδέσεις και μέγιστη απόσταση 200 χιλιόμετρα. Αναπτύχθηκε ως βασική τεχνολογία μητροπολιτικών δικτύων (Metropolitan Area Networks, MAN) και συνήθως χρησιμοποιείται για διασύνδεση δικτύων και μεγάλων υπολογιστών ή σταθμών εργασίας.

Στα κύρια θετικά στοιχεία του FDDI κατατάσσονται το υψηλό εύρος ζώνης και οι δυνατότητες υποστήριξης σύγχρονης κίνησης και πολλαπλής εκπομπής. Επίσης, παρέχει ανοχή σε σφάλματα και μηχανισμούς δυναμικής διαχείρισης του εύρους ζώνης. Από την άλλη πλευρά η υποστήριξη σύγχρονης κίνησης αν και αποτελεί βασική προδιαγραφή του προτύπου δεν εξασφαλίζεται στις περισσότερες υλοποιήσεις. Επιπλέον, αν και η τεχνική του κουπονιού επιτρέπει τον περιορισμό της καθυστέρησης σε συγκεκριμένες τιμές, η μείωση του χαμηλού ορίου καθυστέρησης οδηγεί σε μείωση της χρήσης του εύρους ζώνης. Σε μια προσπάθεια διεύρυνσης του προτύπου και αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών, αναπτύχθηκε το FDDI-II.

4.1 Fiber Distributed Data Interface II (FDDI-II)

Το FDDI-II αποτελεί εξέλιξη του FDDI με στόχο την υποστήριξη κίνησης πραγματικού χρόνου. Για το σκοπό αυτό βασίζεται σε πρωτόκολλο δακτυλίου με σχισμές (slotted ring) και στη χρήση χρονοθυρίδων. Η λειτουργία του εξασφαλίζεται

από πολύπλοκους μηχανισμούς σηματοδοσίας και δυναμικής διαχείρισης του εύρους ζώνης, ενώ προσφέρει και δυνατότητες πολλαπλής αποστολής. Έτσι, καταφέρνει να παρέχει ισόχρονα κανάλια χαμηλής καθυστέρησης και κατά επέκταση τη δυνατότητα να ικανοποιήσει ένα μεγάλο ποσοστό των απαιτήσεων ενός συστήματος VoD. Τέλος, στα αρνητικά στοιχεία του προτύπου συμπεριλαμβάνονται η μεγάλη του πολυπλοκότητα και η ασυμβατότητα με το FDDI.

5 X.25

Το X.25 αποτελεί τη βασική υποδομή για υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου. Η λειτουργία του έγκειται στην παροχή αξιόπιστων υπηρεσιών με χρήση συνδέσεων που χαρακτηρίζονται από χαμηλή αξιοπιστία και ταχύτητα. Η μέγιστη ταχύτητα που επιτρέπει είναι 2Mbps αν και στην πραγματικότητα το άνω όριο κυμαίνεται συνήθως στα 64kbps. Η αδυναμία του προτύπου να υποστηρίξει πολλαπλή εκπομπή και να περιορίσει την καθυστέρηση και τη διακύμανσή της σε συγκεκριμένες τιμές, το καθιστά ακατάλληλη επιλογή ως δικτύου μετάδοσης ενός συστήματος VoD.

6 IEEE 802.6 (Distributed Queue Double Bus, DQDB)

Το δικτυακό πρότυπο IEEE 802.6 ανήκει στις τεχνολογίες μητροπολιτικών δικτύων, όπως και το FDDI. Η αρχιτεκτονική του δικτύου που ονομάζεται και DQDB από το ομώνυμο πρωτόκολλο στο οποίο στηρίζει τη λειτουργία του, υλοποιείται με δύο αρτηρίες που μεταφέρουν κίνηση προς την μία μόνο διεύθυνση και σε αντίθετες κατευθύνσεις. Αν και οι δύο αρτηρίες είναι δυνατό να σχηματίσουν δακτύλιο, δεν εμφανίζονται τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά ενός δικτύου τοπολογίας δακτυλίου. Το IEEE 802.6 παρέχει μηχανισμούς ανάκαμψης σφαλμάτων και επιτρέπει την

υποστήριξη διαφόρων τύπων κίνησης μέσω των χρονοθυρίδων. Τέλος, κύριο πλεονέκτημά του θεωρείται και η δυναμική διαχείριση του διαθέσιμου εύρους ζώνης.

Σε σύγκριση με το FDDI, το DQDB παρουσιάζει μικρότερη καθυστέρηση πρόσβασης. Επίσης, σε αντίθεση με αυτό, είναι συμβατό με τα υπάρχοντα πρότυπα τηλεπικοινωνιακών όπως το SONET και το ISDN. Παρόλα αυτά, το FDDI έχει γίνει ευρύτερα αποδεκτό στην αγορά, ενώ για το DQDB δεν έχει εμφανιστεί μεγάλος αριθμός προϊόντων.

7 Frame Relay

Ως εξέλιξη της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτου X.25 αναπτύχθηκε η τεχνολογία μεταγωγής πλαισίου, η οποία κατατάσσεται στη γενικότερη κατηγορία των ευρυζωνικών τεχνολογιών και παρέχει αρκετά υψηλές ταχύτητες. Ειδικότερα, το πρότυπο αυτό υποστηρίζει τη μεταγωγή πακέτων μεταβλητού μήκους και είτε υλοποιείται ως ιδιωτική δικτυακή υποδομή είτε προσφέρεται ως υπηρεσία από ένα δημόσιο δίκτυο. Η ταχύτητα που επιτυγχάνεται κατά τη μεταγωγή αυτή, κυμαίνεται στα 64 Kbps, σε πολλαπλάσια των 64 Kbps και σε 2,048 Mbps.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας μεταγωγής πλαισίου σχετίζονται με τη μείωση της καθυστέρησης, τη βελτίωση της επικοινωνιακής απόδοσης και της χρήσης του διαθέσιμου εύρους, καθώς και τη μείωση του κόστους υλοποίησης σε σχέση με τις τεχνολογίες που περιγράφηκαν προηγουμένως. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα υιοθέτησης της συγκεκριμένης τεχνολογίας για την υλοποίηση του δικτύου επικοινωνίας ενός συστήματος VoD.

8 Switched Multi-Megabit Data Service (SMDS)

Η SMDS είναι μια τεχνολογία μεταγωγής κυψελίδων χωρίς σύνδεση σε υψηλές ταχύτητες και συγκεκριμένα σε 34, 45 ή 155 Mbps. Ανήκει στις ευρυζωνικές τεχνολογίες και το βασικό πεδίο εφαρμογής της είναι η διασύνδεση τοπικών δικτύων. Επίσης, η χρήση της SMDS ενδείκνυται σε περιπτώσεις εφαρμογών που απαιτούν υπηρεσίες που προσφέρονται από τοπικά δίκτυα, αλλά επεκτείνονται σε γεωγραφικές περιοχές αντίστοιχες των μητροπολιτικών δικτύων ή των δικτύων ευρείας περιοχής. Τέλος, θα πρέπει να ειπωθεί ότι η SMDS θεωρείται από πολλούς περισσότερο ως υπηρεσία παρά ως τεχνολογία. Γενικά, μπορεί να ενσωματωθεί σε άλλες τεχνολογικές πλατφόρμες και να υποστηριχθεί από πολλαπλά πρωτόκολλα, εφόσον ικανοποιούνται οι βασικές της προδιαγραφές.

Ανεξάρτητα, πάντως, από τις τεχνολογίες με τις οποίες ενυπάρχει, η SMDS εμφανίζει κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά αναφορικά με την υποστήριξη πολυμεσικών εφαρμογών. Καταρχήν, παρέχει υπηρεσίες χωρίς σύνδεση με υψηλή απόδοση και περιορισμένη καθυστέρηση σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Επιτρέπει τον έλεγχο των διευθύνσεων αποστολής και λήψης και δίνει τη δυνατότητα πολλαπλής αποστολής μέσα από μηχανισμούς καταλόγων διανομής. Επιπλέον, υποστηρίζει πολλαπλές κλάσεις πρόσβασης με διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης. Ωστόσο, η χρήση της SMDS περιορίζεται σε πολυμεσικές εφαρμογές με μικρό εύρος απαιτήσεων, όπως το πολυμεσικό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή εφαρμογές εικόνας υψηλής ανάλυσης και δεν ενδείκνυται για ισόχρονες εφαρμογές όπως VoD.

9 Δίκτυα μεταγωγής πακέτου IP

Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου βασίζονται στο IP πρωτόκολλο (Internet Protocol). Για τη μεταφορά των πακέτων είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διάφορες δικτυακές τεχνολογίες όπως Ethernet, Frame Relay και ATM. Το πιο γνωστό δίκτυο μεταγωγής

πακέτου είναι το Internet. Το τελευταίο όπως και όλα τα δίκτυα που βασίζονται στο IP σχεδιάστηκαν αρχικά για εφαρμογές που δεν επηρεάζονται σημαντικά από την εισαγωγή καθυστέρησης κατά τη μετάδοση ούτε από τις διακυμάνσεις στη ρυθμαπόδοση και τις απώλειες πακέτων. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε σχεδιαστικές αποφάσεις που προσανατολίζονταν στην ικανοποίηση περιορισμένων απαιτήσεων.

Στα πλαίσια αυτά, η χρήση δικτύων μεταγωγής πακέτου για την υποστήριξη εφαρμογών VoD δεν ενδείκνυται. Ωστόσο, η παγκόσμια εξάπλωση του Internet και η μεγάλη αποδοχή που έχει γνωρίσει από τους χρήστες, καθώς και το χαμηλό κόστος πρόσβασης που το χαρακτηρίζει προκάλεσε την επανεξέταση των σχεδιαστικών του στόχων και την ανάπτυξη νέων μηχανισμών και πρωτοκόλλων για την υποστήριξη κίνησης πραγματικού χρόνου και υψηλού εύρους. Χαρακτηριστική έκφραση της εξέλιξης αυτής αποτέλεσε η ανάπτυξη του προτύπου IPv6.

9.1 IPv6

Το 1995, το Internet Engineering Task Force (IETF) εξέδωσε τις προδιαγραφές για νέα έκδοση του IP πρωτοκόλλου γνωστή ως IPng και ένα χρόνο μετά δημιουργήθηκε το IPv6 πρότυπο. Το πρότυπο αυτό παρέχει διάφορες λειτουργικές βελτιώσεις στην προηγούμενη έκδοση του IP (version 4) και είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει υψηλές ταχύτητες και διαφορετικά είδη κίνησης συμπεριλαμβανομένου του video και του ήχου. Επίσης, βασικό ρόλο στην ανάπτυξή του διαδραμάτισε η ανάγκη για μεγαλύτερο αριθμό διευθύνσεων, που θα μπορούσαν να καλύψουν την τεράστια αύξηση των χρηστών. Στη συνέχεια, θα περιγραφούν κάποια χαρακτηριστικά που είναι ενσωματωμένα στην συγκεκριμένη έκδοση του IP και τα οποία είναι δυνατό να υποστηρίζουν τη μετάδοση video σε ένα σύστημα Video-on-Demand.

➤ Λιγότερα πεδία στην επικεφαλίδα του πακέτου

Αν και η επικεφαλίδα του IPv6 πακέτου είναι σχεδόν διπλάσια από την αντίστοιχη στην προηγούμενη έκδοση, περιέχει μικρότερο αριθμό πεδίων. Το γεγονός αυτό, επιταχύνει την επεξεργασία που απαιτείται για τη δρομολόγηση των πακέτων.

➤ Πεδίο Προτεραιότητας

Με το πεδίο προτεραιότητας που εμπεριέχεται στην επικεφαλίδα του πακέτου, δίνεται η δυνατότητα στην πηγή να καθορίσει την προτεραιότητα μετάδοσης κάθε πακέτου. Οι προτεραιότητες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες διαβαθμίσεων όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα: τις προτεραιότητες κίνησης ελεγχόμενης συμφόρησης και τις προτεραιότητες κίνησης μη ελεγχόμενης συμφόρησης.

Στην πρώτη περίπτωση, η ύπαρξη καθυστέρησης και η λήψη πακέτων εκτός σειράς δεν προκαλεί ιδιαίτερα προβλήματα. Στην κατηγορία αυτή, διακρίνονται οι εξής τύποι κίνησης, από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη προτεραιότητα:

- Πληροφορίες πρωτοκόλλων. Πρόκειται για τον πιο σημαντικό τύπο κίνησης ειδικά σε στιγμές συμφόρησης, όπου απαιτείται να ενεργοποιηθούν οι κατάλληλοι μηχανισμοί για την αποσυμφόρηση.
- Πληροφορίες αλληλεπίδρασης. Η αλληλεπίδραση απαιτεί γρήγορη απόκριση και ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης.
- Αναμενόμενες πληροφορίες μεγάλου όγκου. Σχετίζονται με εφαρμογές που μεταδίδουν μεγάλους όγκους πληροφορίας, όπου, όμως, η καθυστέρηση μετάδοσης είναι αναμενόμενη από τον αποδέκτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα FTP και HTTP πρωτόκολλα.
- Μη αναμενόμενες πληροφορίες. Πρόκειται για πληροφορίες που μεταδίδονται ασύγχρονα όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.
- Παρασκηνιακή κίνηση. Αναφέρεται σε μηνύματα που παραλαμβάνονται στο παρασκήνιο για την υποστήριξη άλλων μορφών κίνησης.
- Μη χαρακτηριζόμενη κίνηση. Εφόσον δεν δοθεί συγκεκριμένη προτεραιότητα σε έναν τύπο κίνησης, αυτή θεωρείται μη χαρακτηριζόμενη.

Από την άλλη πλευρά, στην κατηγορία μη ελεγχόμενης συμφόρησης εντάσσεται κίνηση που απαιτεί σταθερό ρυθμό μετάδοσης και σταθερή καθυστέρηση, όπως το video και ο ήχος. Διακρίνονται και στην περίπτωση αυτή, οχτώ επίπεδα προτεραιότητας. Βασικό κριτήριο αντιστοίχησης ενός τύπου κίνησης σε κάποιο επίπεδο είναι το κατά πόσο θα επηρεαστεί η ποιότητα της λαμβανόμενης πληροφορίας αν χαθεί ένας αριθμός πακέτων. Για παράδειγμα, σε μια τηλεφωνική

συνομιλία η απώλεια πακέτων είναι αδιαφανής στον χρήστη και πρέπει να ελαχιστοποιείται.

Προτεραιότητες κίνησης ελεγχόμενης συμφόρησης		Προτεραιότητες κίνησης μη ελεγχόμενης συμφόρησης	
Μη χαρακτηριζόμενη κίνηση	0	Video υψηλής πιστότητας	8
Παρασκηνιακή κίνηση	1	.	9
Μη αναμενόμενες πληροφορίες	2	.	10
<για μελλοντική χρήση>	3	.	11
Αναμενόμενες πληροφορίες μεγάλου όγκου	4	.	12
<για μελλοντική χρήση>	5	.	13
Πληροφορίες αλληλεπίδρασης	6	.	14
Πληροφορίες πρωτοκόλλων	7	Ήχος χαμηλής πιστότητας	15

Πίνακας V - 1 IPν6 Προτεραιότητες

➤ Πεδίο Ροής

Το πρότυπο ορίζει ως ροή μία ακολουθία πακέτων που προέρχονται από τον ίδιο αποστολέα, κατευθύνονται στον ίδιο παραλήπτη και απαιτούν ειδική διαχείριση από τους ενδιάμεσους δρομολογητές. Μία ροή μπορεί να αφορά μία ή περισσότερες TCP συνδέσεις και μία εφαρμογή μπορεί να παράγει πολλές ροές. Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα Video-on-Demand διαφορετική ροή θα αντιστοιχεί στο μεταδιδόμενο video και διαφορετική ροή σε πληροφορίες ελέγχου.

Οσο αφορά στην ειδική μεταχείριση των πακέτων μιας συγκεκριμένης ροής, αυτή σχετίζεται με την επιλογή μονοπατιών, τον καταμερισμό των πόρων, την πολιτική αποδοχής των πακέτων, τη λογιστική χρέωση καθώς και την επιβολή επιπλέον

μηχανισμών ασφάλειας. Με τον τρόπο αυτό, βάσει του πεδίου ροής, οι δρομολογητές κατανέμουν τον χώρο των ενταμιευτών, δίνοντας μεγαλύτερη ή μικρότερη προτεραιότητα προώθησης και απαιτούν διαφορετικό επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας από τα υποδίκτυα στα οποία μεταβιβάζουν τα πακέτα της ροής.

Τέλος, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι προδιαγραφές για τον τρόπο διαχείρισης κάθε ροής δεν συμπεριλαμβάνονται ούτε στο πεδίο ροής ούτε στο πακέτο γενικότερα. Αντίθετα, αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης μεταξύ της πηγής και του προορισμού, η οποία πραγματοποιείται πριν την αποστολή των πακέτων. Στην περίπτωση αυτή, ο ρόλος των δρομολογητών έγκειται στην αποθήκευση τών χαρακτηριστικών της κάθε ροής και την προώθηση των πακέτων με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αν κάποιος δρομολογητής δεν υποστηρίζει τη δυνατότητα του πεδίου ροής δεν το επεξεργάζεται και απλά το προωθεί. Η ανάθεση του πεδίου ροής πραγματοποιείται από την πηγή η οποία έχει την ευθύνη να αντιστοιχίζει διαφορετικό τυχαίο αριθμό σε κάθε ροή.

➤ Διεύρυνση των μεγέθους των IP διευθύνσεων

Η αύξηση του μεγέθους των διευθύνσεων σε 128 bits και η δυνατότητα πολλαπλών διευθύνσεων ανά διεπαφή βελτιώνουν σημαντικά την απόδοση των μηχανισμών δρομολόγησης σε σχέση με την προηγούμενη έκδοση του IP. Αυτό οφείλεται στην καλύτερη ιεράρχηση των διευθύνσεων ανά κατηγορίες που συνεπάγεται μείωση του μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης και του χρόνου αναζήτησης και τελικά βελτίωση της δικτυακής απόδοσης.

➤ Πρότυπο μετάδοσης πολλαπλών διευθύνσεων (*multicasting*)

Το πρότυπο μετάδοσης πολλαπλών διευθύνσεων επιτρέπει την ενσωμάτωση επιπλέον λειτουργιών και υπηρεσιών χωρίς αυτό να επιδρά στην αύξηση του κόστους ή στην επιβάρυνση της δικτυακής κίνησης. Το IPv6 παρέχει τη δυνατότητα σε έναν αποστολέα να μεταδώσει το ίδιο πακέτο σε πολλαπλούς παραλήπτες, ωστόσο δεν υπάρχει ακόμα η απαραίτητη δικτυακή υποδομή για να υποστηριχτεί κάπι τέτοιο. Παρόλα αυτά, το ποσοστό του δικτύου που υποστηρίζει το συγκεκριμένο πρότυπο μετάδοσης αυξάνει συνεχώς.

Δεδομένου του μεγάλου εύρους της πληροφορίας που μεταδίδεται σε ένα σύστημα VoD, η προοπτική ότι ο εξυπηρετητής θα μπορεί να αποστείλει κάθε πακέτο σε όλους τους χρήστες ταυτόχρονα και όχι σε κάθε χρήστη ζεχωριστά (one-to-one service) παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Από την άλλη πλευρά, το γεγονός ότι η αλληλεπίδραση αποτελεί βασική και απαραίτητη απαίτηση του συστήματος, καθώς και η δυνατότητα παροχής διαφορετικών επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας στους επιμέρους χρήστες μιας ομάδας χρηστών (multicast group) δημιουργεί μια σειρά θεμάτων για περαιτέρω διερεύνηση. Μεγαλύτερη αναφορά σε αυτά θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

➤ Επικεφαλίδα Hop-by-Hop επιλογών (Hop-by-Hop Options Header)

Η επικεφαλίδα αυτή περιλαμβάνει προαιρετικές επιλογές τις οποίες διαχειρίζονται οι δρομολογητές. Στο IPv6 πρωτόκολλο έχει καθοριστεί μία επιλογή που χρησιμοποιείται για πολύ μεγάλα πακέτα και, συγκεκριμένα, για πακέτα με τμήμα δεδομένων μεγαλύτερο από 65.535 octets. Η δυνατότητα αυτή διευκολύνει τη μετάδοση δεδομένων video και επιτρέπει στο πρωτόκολλο να διαχειριστεί καλύτερα το διαθέσιμο εύρος.

9.2 ISA (Integrated Services Architecture)

Παρά το γεγονός ότι το IPv6 πακέτο, αλλά και η προηγούμενή του έκδοση (IPv4), περιλαμβάνουν πεδία που χρησιμοποιούνται για τον προσδιωρισμό προτεραιότητας και τύπου υπηρεσίας, η πληροφορία αυτή δεν λαμβάνεται πάντα υπόψη από τους δρομολογητές. Την ανάγκη για ενσωμάτωση της δυνατότητας υποστήριξης διάφορων μορφών κίνησης με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας στην TCP/IP αρχιτεκτονική ανέλαβε να καλύψει ο IETF (Internet Engineering Task Force) οργανισμός. Στα πλαίσια αυτά δημιουργήσε μια σειρά προτύπων τα οποία συνέστησαν το μοντέλο της Αρχιτεκτονικής Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (Integrated Services Architecture).

9.2.1 Βασικές ISA λειτουργίες

Για την αποδοτική υποστήριξη τόσο ελαστικής όσο και ανελαστικής κίνησης σε δίκτυα βασισμένα στο πρωτόκολλο IP, η ISA προτείνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ✓ **Έλεγχος αποδοχής**

Για μετάδοση των πακέτων με ταυτόχρονη εξασφάλιση των παραμέτρων ποιότητας υπηρεσίας, απαιτείται έλεγχος του αριθμού και του είδους των ροών που γίνονται αποδεκτές από το σύστημα. Η απόφαση αποδοχής ή μη λαμβάνεται ύστερα από διαπραγμάτευση των δρομολογητών με βάση τη διαθεσιμότητα των πόρων και τα χαρακτηριστικά της ροής.

- ✓ **Δέσμευση πόρων**

Στα ίδια πλαίσια διατήρησης της ποιότητας υπηρεσίας κυμαίνεται και η λειτουργία δέσμευσης πόρων. Για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως οι VoD, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η εξασφάλιση εγγυημένης υπηρεσίας, δηλαδή περιορισμένης καθυστέρησης και σταθερής ρυθμαπόδοσης. Αυτό ακριβώς επιδιώκεται από τον μηχανισμό δέσμευσης πόρων.

- ✓ **Μεταφορά σε πραγματικό χρόνο**

Η μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αφορά στις 'playback' εφαρμογές όπως οι video-on-demand όπου μετά την αποκωδικοποίηση του σήματος αυτό θα πρέπει να αναταραχθεί ακριβώς όπως ήταν πριν την κωδικοποίησή του. Η επίδοση τέτοιου είδους εφαρμογών καθορίζεται από την καθυστέρηση και την πιστότητα. Η ISA εκτός από την δέσμευση πόρων και των έλεγχο αποδοχής, παρέχει και συμπληρωματικούς μηχανισμούς που ειδοποιούν τις εφαρμογές να προσαρμόσουν τις απαιτήσεις τους ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου.

- ✓ **Προσαρμογή του αλγόριθμου δρομολόγησης**

Οι περισσότεροι αλγόριθμοι δρομολόγησης στηρίζονται στην ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης κατά την επιλογή μονοπατιών. Ωστόσο, κατά ISA, η απόφαση για τη δρομολόγηση του πακέτου θα πρέπει να λαμβάνεται έχοντας υπόψη το σύνολο των παραμέτρων ποιότητας υπηρεσίας.

✓ Προσαρμογή των μηχανισμών ουράς

Τα πακέτα στους δρομολογητές δεν προωθούνται πλέον μόνο με βάση την σειρά άφιξής τους. Η ISA θεωρεί ότι η προώθηση πρέπει να προσδιορίζεται και από την προτεραιότητα των πακέτων, καθώς και από το πόσο επηρεάζονται από την καθυστέρηση (delay sensitive).

✓ Προσαρμογή των μηχανισμών απόρριψης πακέτων

Μία ακόμα λειτουργία που υποστηρίζεται μέσα από τη νέα αρχιτεκτονική αναφέρεται στους μηχανισμούς απόρριψης πακέτων. Ειδικότερα, δίνεται η δυνατότητα προκαθορισμού των πακέτων που θα επιλεγούν για απόρριψη σε περιπτώσεις που το δίκτυο κινδυνεύει να μην μπορεί να διασφαλίσει τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί. Επίσης, ο μηχανισμός αυτός είναι δυνατό να επεκταθεί όταν η μετάδοση κάποιων πακέτων είναι εξαιρετικά σημαντική και δεν θα πρέπει να υποβληθούν σε έλεγχο αποδοχής. Τότε και στην περίπτωση που οι πόροι που απαιτούνται έχουν δεσμευτεί από ροές που έχουν χαρακτηριστεί ως λιγότερο ‘ευάλωτες’ σε τυχόν απόρριψη, οι τελευταίες απορρίπτονται και τα πακέτα γίνονται αποδεκτά εφόσον αποδεσμεύτηκαν οι απαιτούμενοι πόροι.

✓ Ενσωμάτωση μηχανισμών ασφάλειας

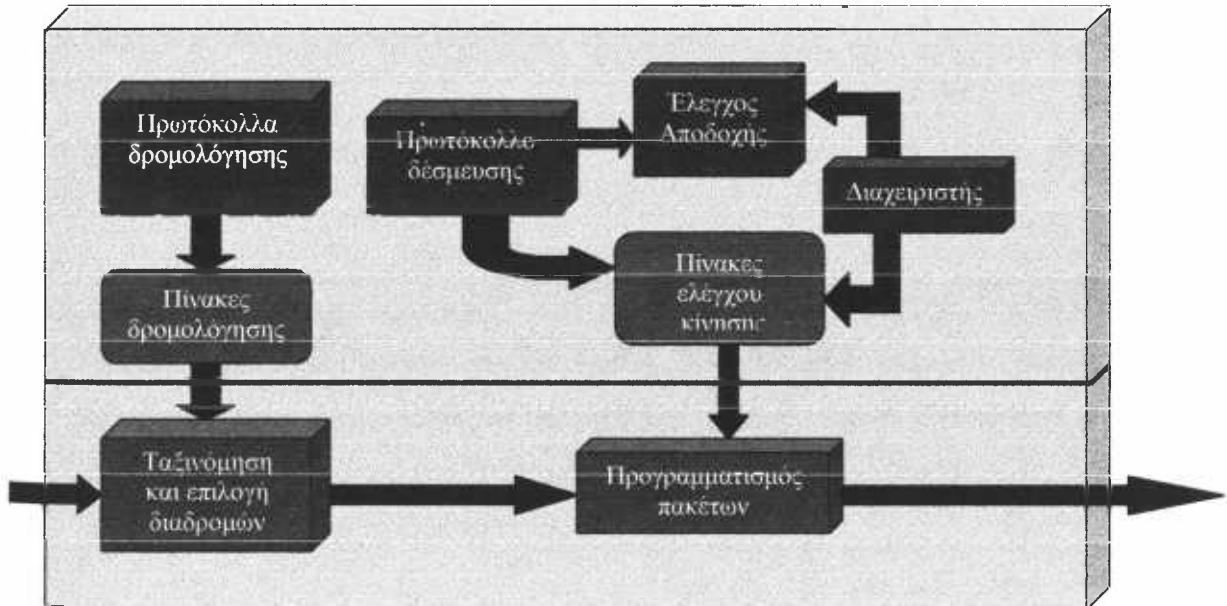
Η δυνατότητα δέσμευσης πόρων συνεπάγεται την ύπαρξη μηχανισμών ασφαλείας που θα υποστηρίζουν τη λειτουργία της αυθεντικοποίησης. Η λειτουργία αυτή μπορεί να θεωρηθεί σε δύο επίπεδα. Αρχικά, απαιτείται να διασφαλιστεί η γνησιότητα της ταυτότητας των χρηστών που επιζητούν τη δέσμευση των πόρων. Στη συνέχεια, θα πρέπει να εξακριβωθεί κατά πόσο ένα πακέτο έχει το δικαίωμα να χρησιμοποιήσει τους πόρους αυτούς, δηλαδή κατά πόσο προέρχεται από τον χρήστη για τον οποίο πραγματοποιήθηκε η δέσμευση.

9.2.2 Υλοποίηση της ISA αρχιτεκτονικής

Οι λειτουργίες που περιγράφηκαν ενσωματώνονται στα συστατικά στοιχεία της ISA αρχιτεκτονικής. Στο σχήμα που ακολουθεί, διακρίνονται οι βασικές λειτουργίες ενός δρομολογητή που περιλαμβάνεται σε ένα σύστημα ολοκληρωμένων υπηρεσιών, όπως

το σύστημα VoD που εξετάζεται, σε περίπτωση που επιλεγεί η τεχνολογία δικτύων μεταγωγής πακέτου για την υλοποίηση του δικτύου επικοινωνίας.

Οι λειτουργίες που ανήκουν στο κάτω επίπεδο επιτελούν το κύριο έργο του δρομολογητή δηλαδή την προώθηση των πακέτων. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει η λειτουργία που αντιστοιχεί τα πακέτα σε κλάσεις ανάλογα με τις προδιαγραφές τους και καθορίζει τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν. Μετά από αυτή, ακολουθεί ο προγραμματισμός των πακέτων που έγκειται στη διαχείριση των ουρών και στην επιλογή των πακέτων που θα απορριφτούν σε περίπτωση συμφόρησης.



Σχήμα V - 1 Μοντέλο δρομολογητή στην αρχιτεκτονική ολοκληρωμένων υπηρεσιών

10 B-ISDN

10.1 Χαρακτηριστικά των B-ISDN δικτύων

Η μόνη τεχνολογία που μπορεί μέχρι στιγμής να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και σε ευελιξία καθώς και τις απαιτήσεις για αλληλεπίδραση που χαρακτηρίζουν τη μετάδοση ψηφιακού video σε ένα σύστημα Video-on-Demand, είναι το πρωτόκολλο ATM (Asynchronous Transfer Mode) που αποτελεί βασικό στοιχείο των δικτύων B-ISDN. Το B-ISDN είναι μια συλλογή από τεχνολογίες με κέντρο το ATM που δημιουργήθηκαν με σκοπό να ολοκληρώσουν τις υπάρχουσες τεχνολογίες και να δημιουργήσουν την υποδομή για ένα παγκόσμιο δίκτυο που θα καλύπτει το σύνολο των αναγκών και των υπηρεσιών.

Τα B-ISDN δίκτυα προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες, σε σχέση με τις προηγούμενες δικτυακές δομές, οι οποίες συνοψίζονται στις εξής:

- **Ανεξαρτησία από την εφαρμογή**
Πρόκειται για τη δυνατότητα των δικτύων B-ISDN να υποστηρίζουν τη μετάδοση διαφόρων τύπων πληροφορίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, είναι δυνατό να μεταδώσουν δεδομένα σταθερού και μεταβλητού ρυθμού, video, ήχο ή και συνδυασμούς των μορφών αυτών.
- **Αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης**
Σε αντίθεση με το σύγχρονο τρόπο επικοινωνίας και την πολύπλεξη με διαίρεση χρόνου, το ATM διαθέτει το εύρος ζώνης αρκετά αποδοτικά. Η μέθοδος που χρησιμοποιεί βασίζεται στη στατιστική πολύπλεξη και στην απεριόριστη πρόσβαση ανάλογα με την υφιστάμενη χωρητικότητα.
- **Ολοκλήρωση των LAN, MAN και WAN δικτύων**
Το γεγονός ότι το ATM είναι ανεξάρτητο από τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου, συνεπάγεται ότι μπορεί να ενσωματωθεί σε όλα τα δίκτυα. Αυτό

σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητη η μετατροπή μεταξύ των πρωτοκόλλων, καθώς και ότι δεν καταργείται η ήδη εγκατεστημένη καλωδιακή υποδομή.

➤ **Προσαρμοστικότητα του εύρους ζώνης**

Τα δίκτυα B-ISDN επιτρέπουν την προσαρμογή του εύρους με βάση τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής, δεδομένου ότι το τμήμα δεδομένων μιας κυψελίδας είναι 48 bytes. Στην πράξη, οι προδιαγραφές εύρους καθορίζονται κατά την εγκατάσταση μιας σύνδεσης.

➤ **Δυναμική κατανομή του εύρους ζώνης**

Αν κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης οι απαιτήσεις που διαπραγματεύτηκαν κατά την εγκατάστασή της μεταβληθούν, τότε παρέχεται η δυνατότητα νέας κατανομής του εύρους ανά χρήστη. Επιπλέον, μπορεί να υπολογιστεί το εύρος που χρησιμοποιήθηκε για σκοπούς λογιστικής χρέωσης.

➤ **Διακύμανση της παρεχόμενης ποιότητας ανά σύνδεση**

Κάθε χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την ποιότητα υπηρεσίας που λαμβάνει ανάλογα με τις ανάγκες του τόσο κατά την έναρξη της μετάδοσης όσο και κατά τη διάρκειά της.

10.2 Μοντέλο B-ISDN

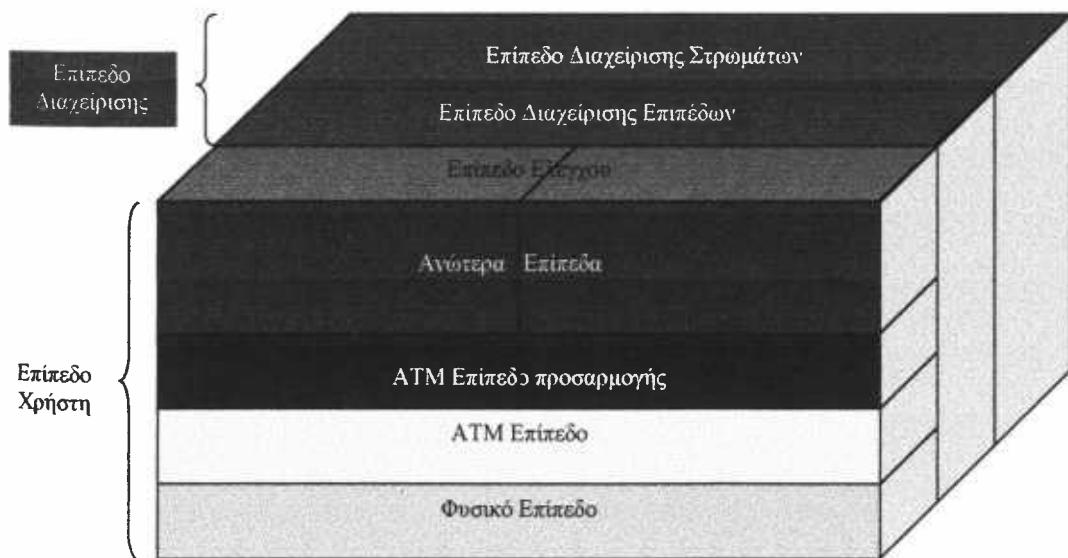
Στα πλαίσια της κατανόησης των δυνατοτήτων και των περιορισμών που χαρακτηρίζουν της υπηρεσίες μετάδοσης ψηφιακού video από δίκτυα B-ISDN, θα γίνει αναφορά στη λειτουργικότητα των πρωτοκόλλων που περιλαμβάνει καθώς και στον τρόπο που αυτά συνεργάζονται μεταξύ τους. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνονται τα επίπεδα τα οποία συνιστούν το B-ISDN αρχιτεκτονικό μοντέλο.

Καταρχήν, το μοντέλο αποτελείται από τρία κατακόρυφα επίπεδα: το επίπεδο χρήστη (User Plane), το επίπεδο ελέγχου (Control Plane) και το επίπεδο διαχείρισης (Management Plane).

- **Επίπεδο χρήστη:** Πραγματοποιεί τη μεταφορά του video, ή του εκάστοτε τύπου υπηρεσίας, από τον video εξυπηρετητή ως τον τελικό χρήστη.

- Επίπεδο ελέγχου:** Χρησιμοποιείται κατά την εγκατάσταση και την αποεγκατάσταση των συνδέσεων μέσω των μηχανισμών σηματοδότησης.
- Επίπεδο διαχείρισης:** Το επίπεδο διαχείρισης χωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα. Η διαχείριση των στρωμάτων (layer management) περιλαμβάνει διαχειριστικές λειτουργίες που αναφέρονται στα οριζόντια επίπεδα του μοντέλου. Αντίθετα, η διαχείριση επιπέδων (plane management) αναφέρεται στις διαδικασίες διαχείρισης και συντονισμού που σχετίζονται με τη συνολική λειτουργία του μοντέλου.

Από οριζόντια οπτική γωνία, το B-ISDN μοντέλο αποτελείται από στρώματα πρωτοκόλλων. Ειδικότερα, διακρίνονται το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ATM και το επίπεδο προσαρμογής στο ATM, καθώς και τα ανώτερα επίπεδα πρωτοκόλλων.



Σχήμα V - 2 B-ISDN μοντέλο

10.2.1 Φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο συνίσταται από δύο υποεπίπεδα: το υποεπίπεδο σύγκλισης μεταφοράς (transport convergence, TC) και το υποεπίπεδο που εξαρτάται από το φυσικό μέσο (Physical Medium Dependent, PMD). Το πρώτο προσαρμόζει τη ροή

των κυψελίδων στο ρυθμό ροής του PMD δημιουργώντας τη δομή του πλαισίου που θα μεταφερθεί και εισάγοντας και εξάγοντας τις κυψελίδες από αυτό. Επίσης, αναλαμβάνει το κομμάτι της επεξεργασίας του φυσικού επιπέδου και τις διαδικασίες εύρεσης των ορίων των κυψελίδων και ελέγχου σφαλμάτων. Από την άλλη πλευρά, το PMD προσδιορίζει το από σημείο-σε-σημείο σύστημα μετάδοσης που συνδέει τα στοιχεία του δικτύου μεταξύ τους και επιτελεί λειτουργίες ανάλογα με τις προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου φυσικού μέσου.

Στο φυσικό επίπεδο, το πιο σημαντικό πρότυπο μετάδοσης ATM κυψελίδων είναι το SDH/SONET. Αν και πρόκειται στην ουσία για δύο διαφορετικά πρότυπα, οι διαφορές τους σχετικά με το B-ISDN είναι επουσιώδεις. Ο λόγος για την χρήση των προτύπων αυτών εντοπίζεται στην ευελιξία που παρέχουν στην πολύπλεξη και στις εκτεταμένες δυνατότητες που παρουσιάζουν για δικτυακό έλεγχο και συντήρηση. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι για τα SDH και SONET πρωτόκολλα έχουν προταθεί πολλές συστάσεις και ταχύτητες. Ωστόσο, για την μετάδοση ATM κυψελίδων επιλέγονται συνήθως τα 155 Mbps.

10.2.2 ATM επίπεδο

Το ATM επίπεδο καθιστά δυνατή τη μετάδοση υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις από το ίδιο φυσικό δίκτυο με αποδοτικό τρόπο. Η λειτουργία του έγκειται στην πολύπλεξη και προώθηση των κυψελίδων μέσα από μία νοητή σύνδεση (virtual connection, VC) που πραγματοποιείται με βάση τις προδιαγραφές των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Η σύνδεση αυτή χαρακτηρίζεται σε τοπικό επίπεδο από ένα ζευγάρι δεικτών: τον δείκτη νοητού καναλιού (virtual channel indicator, VCI) και τον δείκτη νοητού μονοπατιού (virtual path indicator, VPI). Ειδικότερα, μία από-άκρη-σε-άκρη σύνδεση μεταξύ δύο χρηστών συνίσταται από έναν αριθμό VC συνδέσμων σε κάθε έναν από τους οποίους αντιστοιχεί μία τιμή. Εξάλλου, ως νοητό μονοπάτι θεωρείται ένα σύνολο από νοητά κανάλια. Το νοητό μονοπάτι διαφοροποιείται εννοιολογικά από τη νοητή σύνδεση, δεδομένου ότι αυτή αποτελεί λογική έννοια, ενώ το μονοπάτι έχει πρακτική σημασία. Επίσης, δεν θα πρέπει να παρανοείται το ζεύγος των δεικτών που

χρησιμοποιείται για τοπική δρομολόγηση, με την διεύθυνση ATM που χαρακτηρίζει τον αποδέκτη των κυψελίδων.

Τέλος, το πρωτόκολλο ATM είναι προσανατολισμένο σε σύνδεση, η οποία υλοποιείται με μηχανισμούς σηματοδότησης. Κάθε κυψελίδα που μεταφέρει περιλαμβάνει ένα πεδίο δεδομένων 48 bytes και μία επικεφαλίδα μεγέθους 5 bytes. Η επικεφαλίδα διαφοροποιείται ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται στη διεπαφή μεταξύ δικτύου και χρήστη ή στη διεπαφή μεταξύ δικτύων. Τα χαρακτηριστικά εκείνα που παρέχουν δυνατότητες υποστήριξης μετάδοσης ψηφιακού video σε ένα σύστημα VoD συνοψίζονται στα εξής:

❖ Προτεραιότητα απώλειας κυψελίδων

Πρόκειται για ειδικό πεδίο της επικεφαλίδας που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της προτεραιότητας των κυψελίδων. Το ποσοστό των κυψελίδων χαμηλής προτεραιότητας αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης κατά την έναρξη της κλήσης μέσω ειδικών μηνυμάτων σηματοδότησης.

❖ Έλεγχος σφαλμάτων επικεφαλίδας

Ο έλεγχος σφαλμάτων επικεφαλίδας (header error control, HEC) είναι πεδίο της επικεφαλίδας που υπολογίζεται από το υποεπίπεδο σύγκλισης μεταφοράς. Εκτός από τον έλεγχο σφαλμάτων επιτυγχάνει και συγχρονισμό σε επίπεδο κυψελίδας.

❖ Απλοποιημένη δομή

Η δομή των ATM κυψελίδων απλοποιεί την υλοποίηση των απαιτούμενων διακοπτικών στοιχείων μεταγωγής και των πολυπλεκτών και, παράλληλα, επιτρέπει την υποστήριξη υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς. Επιπλέον, ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της δομής τους είναι ότι παύει η διάκριση μεταξύ μικρών και μεγάλων πακέτων. Έτσι, επιτρέπει τη συνύπαρξη σταθερού και μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης.

❖ Υπαρξη ειδικών διαχειριστικών κυψελίδων

Στο ATM επίπεδο, διακρίνονται δύο τύποι κυψελίδων λειτουργίας και συντήρησης (operations and management cells, OAM), F4 και F5. Οι κυψελίδες τύπου F4 αναλαμβάνουν την παρακολούθηση και τον έλεγχο της απόδοσης των

νοητών μονοπατιών, ενώ οι άλλες παρακολουθούν την απόδοση και τη διαθεσιμότητα των νοητών καναλιών.

❖ Καθορισμός παραμέτρων ποιότητας

Στα πλαίσια της ενσωμάτωσης της ποιότητας υπηρεσίας ως βασική προδιαγραφή, καθορίζονται μια σειρά παραμέτρων που τη χαρακτηρίζουν. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι: ο λόγος των εσφαλμένων κυψελίδων (cell error ratio), ο λόγος των ομάδων κυψελίδων με σοβαρά προβλήματα (severely errored cell block ratio), ο λόγος απώλειας κυψελίδων (cell loss ratio), ο λόγος λανθασμένης εισαγωγής κυψελίδων (cell misinsertion rate), η καθυστέρηση μεταφοράς (cell delay) και η διακύμανση της καθυστέρησης (cell delay variation). Οι τιμές τους σχετίζονται με τις απαιτήσεις τόσο των χρηστών όσο και των διαχειριστών του δικτύου.

❖ Μηχανισμοί ελέγχου κίνησης

Σε ένα ATM δίκτυο, οι υπάρχουσες ροές κίνησης μπορούν να εξεταστούν σε διαφορετικές βαθμίδες, οι οποίες αναγνωρίζονται από διαφορετικές οντότητες κίνησης, όπως κλήσεις, νοητές συνδέσεις μονοπατιών, νοητές συνδέσεις καναλιών κ.λπ.. Ο έλεγχος κίνησης ροών αποτελείται από ένα σύνολο μηχανισμών ελέγχου που είναι δυνατό να εφαρμοστούν πάνω σε διαφορετικές οντότητες κίνησης σε κάθε βαθμίδα. Αυτοί ενδέχεται να είναι στιγμιαίοι, δηλαδή να λειτουργούν με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες στο σημείο εφαρμογής τους ή να εξαπλώνονται κατά μήκος του δικτύου σε χρόνο που αντιστοιχεί στο χρόνο μετάδοσης μεταξύ δύο σημείων. Επίσης, υπάρχουν περιπτώσεις μηχανισμών που λειτουργούν κατά μήκος του δικτύου, αλλά εφαρμόζονται μέσω της αμφίδρομης ανταλλαγής μηνυμάτων, όπως ο έλεγχος αποδοχής σύνδεσης. Εκείνο που θα πρέπει να τονιστεί είναι η αδυναμία εφαρμογής των ‘παραδοσιακών’ μηχανισμών ελέγχου, που στηρίζονται σε πληροφορίες ανάδρασης, σε δίκτυα ATM.

❖ Έλεγχος παραμέτρων χρήσης και δικτύου

Οι ενέργειες οι οποίες πραγματοποιούνται στο δίκτυο με σκοπό τη συμμόρφωση των κυψελίδων με τις προσυμφωνημένες παραμέτρους ποιότητας, συνιστούν τον έλεγχο παραμέτρων χρήσης ή έλεγχο παραμέτρων δικτύου. Τα πρότυπα δεν καθορίζουν συγκεκριμένο τρόπο εφαρμογής των ελέγχων.

❖ **Μηχανισμοί μορφοποίησης κίνησης**

Η διαδικασία προσαρμογής της κίνησης των κυψελίδων που προέρχονται από ένα χρήστη με βάση τις παραμέτρους κίνησης ονομάζεται μορφοποίηση. Ως χαρακτηριστικές κατηγορίες μορφοποίησης αναφέρονται η ενδιάμεση αποθήκευση, η χρήση προτεραιοτήτων αναμονής, η αραίωση των κυψελίδων και η πλαισίωση. Δεν θα γίνει εκτενής αναφορά στις πραχτικές αυτές.

❖ **Μηχανισμοί συμφόρησης**

Ως συμφόρηση σε ένα ATM δίκτυο ορίζεται η κατάσταση εκείνη κατά την οποία το προσφερόμενο φορτίο πλησιάζει ή και υπερβαίνει τα όρια των παραμέτρων που έχουν προσυμφωνηθεί. Συμφόρηση μπορεί να παρουσιαστεί στις θύρες των στοιχείων μεταγωγής, στους ενταμιευτές, στις γραμμές μετάδοσης και στα σημεία ελέγχου αποδοχής κλήσεων. Κάθε μηχανισμός συμφόρησης αναφέρεται στη διαχείριση της κατάστασης, στην αποφυγή της και στις διαδικασίες ανάκαμψης από αυτή.

❖ **Μηχανισμοί ελέγχου αποδοχής κλήσεων και διαχείρισης πόρων**

Πρόκειται για αντίστοιχους μηχανισμούς με αυτούς που περιγράφηκαν στα δίκτυα IP. Ωστόσο, η πολυπλοκότητά τους στην περίπτωση των δίκτυων B-ISDN αυξάνεται εξαιτίας των διαφορετικών χαρακτηριστικών των απαιτήσεων που παρουσιάζουν οι διάφορες παρεχόμενες υπηρεσίες.

10.2.3 ATM επίπεδο προσαρμογής (ATM adaptation layer, AAL)

Η χρήση του ATM δημιουργησε την ανάγκη για ένα επίπεδο προσαρμογής που θα υποστηρίζει πρωτόκολλα μετάδοσης πληροφορίας που δεν βασίζονται στο ATM. Το επίπεδο αυτό κάνει εφικτή την συνεργασία του ATM δίκτυου με άλλες δικτυακές τεχνολογίες. Οι κύριες λειτουργίες που επιτελεί σχετίζονται με τη διαχείριση των σφαλμάτων μετάδοσης, την κατάτμηση και επανασυναρμολόγηση των δεδομένων, τη διαχείριση απωλειών των κυψελίδων, τον έλεγχο ροής και τη χρονική διαχείριση. Το ATM επίπεδο προσαρμογής είναι οργανωμένο σε δύο λογικά υποεπίπεδα: το υποεπίπεδο σύγκλισης και το υποεπίπεδο κατάτμησης και επανασυρμολόγησης. Το

πρώτο υποδιαιρείται με τη σειρά του στο τμήμα συγκεκριμένης υπηρεσίας και στο κοινό τμήμα και είναι εξαρτημένο από τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Δεδομένου ότι τα B-ISDN δίκτυα υποστηρίζουν ποικίλες κλάσεις υπηρεσιών, ορίζονται αντίστοιχα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας τα οποία αντιστοιχούνται στις κλάσεις αυτές. Έτσι, για προσομοίωση κυκλώματος και υπηρεσίες σταθερού ρυθμού μετάδοσης (κλάση Α), για μετάδοση video και φωνής (κλάση Β), για μεταφορά δεδομένων προσανατολισμένων σε σύνδεση (κλάση Γ) και για μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση (κλάση Δ) καθορίζονται οι αντίστοιχες κλάσεις ποιότητας υπηρεσίας από 1 έως 4. Στις τέσσερις βασικές κλάσεις προστέθηκαν πρόσφατα και δύο νέες κλάσεις. Η κλάση Χ αναφέρεται σε υπηρεσίες μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης χωρίς απαιτήσεις χρονισμού μεταξύ των δύο επικοινωνούντων σημείων και μπορεί να είναι προσανατολισμένη σε σύνδεση ή όχι. Η κλάση Υ δημιουργήθηκε με στόχο να παρέχει τη δυνατότητα μεταβολής των χαρακτηριστικών της σύνδεσης και μετά την εγκατάστασή της και, πιο συγκεκριμένα, για να υποστηρίξει χρονικά μεταβαλλόμενη κίνηση.

Για κάθε μία από τις βασικές κλάσεις, αναπτύχθηκαν αντίστοιχα πρωτόκολλα για το επίπεδο σύγκλησης. Έτσι, προέκυψαν τα AAL1, AAL2, AAL3/4 (που αποτέλεσε το αποτέλεσμα της συγχώνευσης των AAL3 και AAL4) και το AAL5 (ως επιπλέον πρωτόκολλο). Στον πίνακα που ακολουθεί διακρίνεται η σχέση μεταξύ πρωτοκόλλων και κλάσεων, καθώς και τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

	Κλάση Α	Κλάση Β	Κλάση C	Κλάση D
Χρονική σχέση μεταξύ πληρής και προορισμού Ρυθμός μετάδοσης	Απαιτείται	Απαιτείται	Δεν Απαιτείται	
Προσανατολισμένο σε σύνδεση	Σταθερός		Μεταβλητός	
AAL πρωτόκολλο	Type 1	NAI		OXI
	Type 2		Type ¾	
			Type 5	

Πίνακας V - 2 Ταξινόμηση των AAL πρωτοκόλλων ανά τύπο υπηρεσίας

10.2.4 Επίπεδο B-ISDN υπηρεσιών

Το επίπεδο υπηρεσιών βρίσκεται στην κορυφή του B-ISDN μοντέλου και αναλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ των κατώτερων επιπέδων και της εφαρμογής. Για παράδειγμα, οι λειτουργίες του MPEG-2 System που αναλαμβάνει την κωδικοποίηση του video σε ένα σύστημα Video-on-Demand μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ενσωματωμένες στο επίπεδο υπηρεσιών. Επίσης, το τελευταίο αποτελεί το σημείο πρόσβασης για τη διαχείριση και την παρακολούθηση του δικτύου.

Τέλος, το επίπεδο υπηρεσιών επιτελεί και τη σηματοδότηση. Ειδικότερα, η δυνατότητα πραγματοποίησης συνδέσεων με βάση τη ζήτηση αποτελεί σημαντική προδιαγραφή ενός συστήματος VoD και επιτυγχάνεται μέσα από μηχανισμούς σηματοδότησης. Η ανάγκη για την ύπαρξη τέτοιων μηχανισμών έγκειται κυρίως στην απαίτηση για γρήγορη απόκριση στις ενέργειες αλληλεπίδρασης του χρήστη που συνεπάγονται συνεχείς δυναμικές μεταβολές στις μόνιμες συνδέσεις.

Οι διαδικασίες σηματοδότησης εφαρμόζονται από σημείο σε σημείο και διακρίνονται σε σηματοδότηση στη διεπαφή χρήστη δικτύου (User-Network Interface Signaling) και στη σηματοδότηση στη διεπαφή μεταξύ δύο διαφορετικών δικτύων (Network-Network Interface Signaling). Τόσο ο ITU-T όσο και το ATM-Forum έχουν κατασκευάσει μια σειρά προτύπων σηματοδότησης, τα οποία, όμως, δεν θα περιγραφούν αναλυτικά στο σημείο αυτό.

11 ATM LANS

Τα ATM LANS αποτελούν τεχνολογία τρίτης γενιάς τοπικών δικτύων που σχεδιάστηκε για να παρέχει αυξημένη ρυθμαπόδοση και εγγυήσεις μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο για την υποστήριξη πολυμεσικών εφαρμογών. Οι κύριες προδιαγραφές τους συνοψίζονται στις εξής:

- Υποστήριξη πολλαπλών κλάσεων εγγυημένης υπηρεσίας
- Δυνατότητα αύξησης της ρυθμαπόδοσης ανά σταθμό εργασίας και επεκτασιμότητας του συστήματος
- Προώθηση της επικοινωνίας μεταξύ τεχνολογιών τοπικών και μητροπολιτικών δικτύων και ενσωμάτωσή τους
- Δυνατότητα μερικώς μόνιμων (semi-permanent) και βάσει ζήτησης (on-demand) συνδέσεων

Τα ATM LANS εμφανίζονται σε διάφορες μορφές. Καταρχήν, είναι δυνατό να λειτουργήσουν ως πύλες για ATM WANS δίκτυα, όπου ένας ATM μεταγωγός ενεργεί ως δρομολογητής και συγκεντρωτής κίνησης ενός ATM WAN. Επίσης, μια ομάδα από μεταγωγούς ATM ενδέχεται να διασύνδεουνε επιμέρους τοπικά δίκτυα. Εξάλλου και η περίπτωση κατευθείαν σύνδεσης ισχυρών σταθμών εργασίας σε έναν μεταγωγέα ATM αποτελεί συχνό τρόπο υλοποίησης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Τέλος, δυνατή εμφανίζεται και η μίζη των μορφών αυτών.

Ανεξάρτητα, πάντως, από την μορφή που θα επιλεγεί, δεδομένου των διαφορετικών χαρακτηριστικών που διέπουν τα δίκτυα ATM και LAN, απαιτείται για την επικοινωνία τους να ληφθούν υπόψη βασικά ζητήματα συμβατότητας. Στα πλαίσια αυτά, το θέμα της συμβατότητας θα πρέπει να εξεταστεί σε τρία κυρίως σημεία:

- Στην αλληλεπίδραση του τελικού συστήματος με το δίκτυο ATM και με το δίκτυο LAN
- Στην αλληλεπίδραση του τελικού συστήματος ενός LAN με το τελικό σύστημα ενός διαφορετικού LAN ίδιου τύπου και
- Στην αλληλεπίδραση του τελικού συστήματος ενός LAN με το τελικό σύστημα ενός άλλου LAN διαφορετικού τύπου

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις που αντιμετωπίζουν τα θέματα συμβατότητας. Στην ουσία, εκείνο που περιλαμβάνουν είναι ένα πρωτόκολλο που λειτουργεί ως γέφυρα για την αντιστοίχηση μεταξύ των διαφόρων MAC επιπέδων και μεταξύ των MAC μορφοτύπων και των ATM κυψελίδων.

Κεφάλαιο VI:

Τεχνολογίες Δικτύου

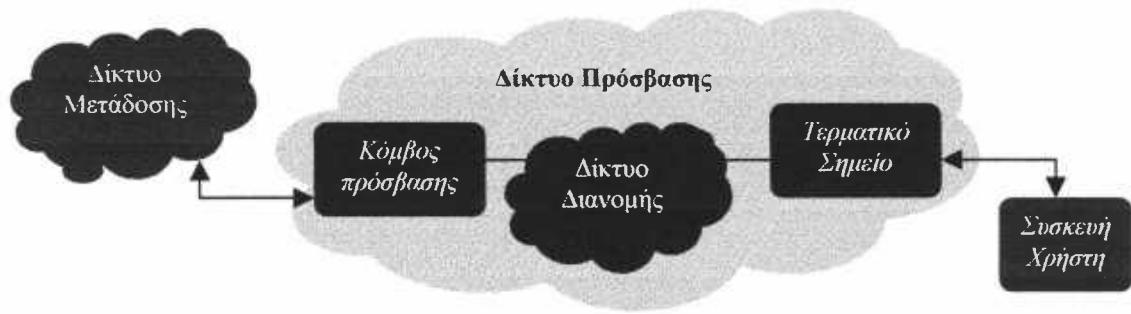
Πρόσβασης

1 Εισαγωγή

Το δίκτυο πρόσβασης σε ένα σύστημα Video-on-Demand αναλαμβάνει να μεταφέρει το ψηφιακό video από το κύριο δίκτυο στον τελικό χρήστη και αντίστροφα, στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης. Παράλληλα, καλείται να υποστηρίξει και άλλες υπηρεσίες όπως η τηλεφωνία, η αναλογική τηλεόραση και η πρόσβαση στο Internet.

Ποικίλες διαφορετικές αρχιτεκτονικές δικτύων πρόσβασης έχουν προταθεί, χωρίς, όμως, να έχει καθιερωθεί κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο. Ο λόγος για αυτό εντοπίζεται στις διαφορετικές καλωδιακές αρχιτεκτονικές που υπάρχουν ήδη εγκατεστημένες και στο μεγάλο κόστος που θα εμφάνιζε η επένδυση σε νέα καλωδιακή υποδομή.

Ωστόσο, οι προτεινόμενες αρχιτεκτονικές, αν και θεωρούν διαφορετική υποδομή, στην ουσία διαμορφώνονται με βάση ένα γενικό μοντέλο, το οποίο περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα. Στην ουσία, ένα δίκτυο πρόσβασης αποτελείται από ένα τοπικό κόμβο πρόσβασης ο οποίος το συνδέει με το κύριο δίκτυο και από ένα τερματικό σημείο δικτύου (Network Termination, NT) που είναι τοποθετημένο στον τελικό χρήστη.



Σχήμα VI - 1 Μοντέλο Δικτύου Πρόσβασης

Ειδικότερα, ο κόμβος πρόσβασης αναλαμβάνει λειτουργίες όπως τη σύγκλιση της ταχύτητας γραμμής και του πρωτοκόλλου μετάδοσης από και προς το κύριο δίκτυο. Από την άλλη πλευρά, το τερματικό σημείο δικτύου θεωρείται το όριο μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού πεδίου. Μπορεί να είναι παθητικό αν δεν χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη λειτουργικότητα ή ενεργητικό αν επιτελεί επιπλέον λειτουργίες όπως μετατροπή μεταξύ διαφορετικών τύπων μέσων. Τέλος, το δίκτυο διανομής που ενώνει τα δύο αυτά σημεία μπορεί να είναι ασύρματο ή να υλοποιείται με οπτικές ίνες, με συνεστραμμένα ζεύγη χαλκού ή διάφορους άλλους συνδυασμούς. Επίσης, και η τοπολογία του είναι δυνατό να πάρει διάφορες μορφές.

2 Κατηγορίες τεχνολογιών δικτύων πρόσβασης

Οι τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης είναι δυνατό να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το αν είναι καλωδιακές ή ασύρματες. Στην πρώτη, μάλιστα, περίπτωση, περαιτέρω διάκριση γίνεται με βάση την τοπολογία που χρησιμοποιείται. Τέλος, και στις ασύρματες και στις καλωδιακές τεχνολογίες, σημαντικό χαρακτηριστικό αποτελεί η γεωγραφική περιοχή στην οποία εκτείνονται. Στον πίνακα που ακολουθεί διαφαίνονται οι τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης ανάλογα με τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν και στη συνέχεια, θα αναφερθούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά που αφορούν στην ενσωμάτωσή τους στην υλοποίηση ενός συστήματος VoD.

	<i>Έως</i> <i>300m</i>	<i>Έως</i> <i>1500m</i>	<i>Έως</i> <i>5000m</i>	<i>Γειτονιά</i>	<i>Πόλη</i>	<i>Περιοχή</i>	<i>Χώρα</i>
FTTC	X						
ADSL		X					
VDSL				X			
HFC					X		
Δορυφόρος							X
Επίγειος						X	
πομπός							
MMDS						X	
LMDS				X			

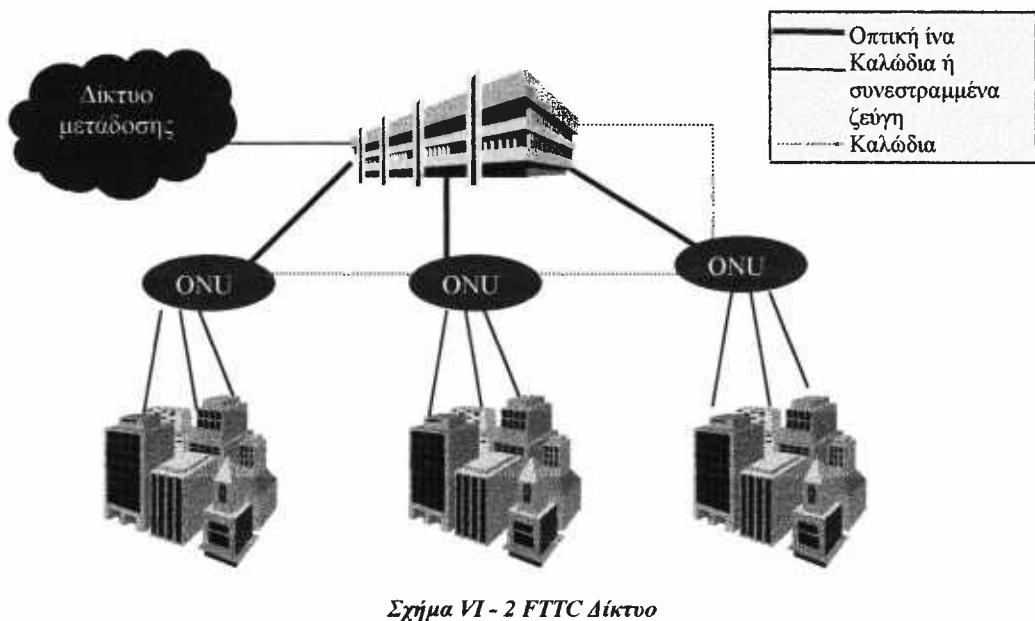
Πίνακας VI - I Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης

3 Fiber to the Curb (FTTC)

Η FTTC τεχνολογία, ή τεχνολογία μεταγώγιμου ψηφιακού video (Switched Digital Video) όπως αλλιώς ονομάζεται, κάνει χρήση οπτικών ινών που εκτείνονται από ένα κεντρικό σταθμό, που συνδέεται με το δίκτυο μετάδοσης, μέχρι το σημείο που είναι εγκατεστημένες οι μονάδες οπτικού δικτύου (optical network units, ONUs). Το ψηφιακό video μεταφέρεται από και προς τον τελικό χρήστη μέσω των ινών. Τα ONUs συνδέονται με το κεντρικό σταθμό και μέσω καλωδίων. Αυτό οφείλεται στην ανάγκη για μεταφορά των σημάτων της αναλογικής τηλεόρασης και για παροχή ρεύματος στα ONUs. Το γεγονός ότι απαιτείται ρεύμα για τη λειτουργία των ONUs δημιουργεί θέμα διαθεσιμότητας ιδιαίτερα όταν πρόκειται για βασικές υπηρεσίες, όπως η τηλεφωνία, που ενδέχεται να προσφέρονται από το δίκτυο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε να μην επηρεάζονται οι υπηρεσίες αυτές από ενδεχόμενες διακοπές ρεύματος.



Όπως φαίνεται στο σχήμα, κάθε ONU συνδέεται με τοπολογία αστεριού σε ένα σύνολο κτιρίων όπου βρίσκονται οι τελικοί χρήστες. Ο αριθμός των κτιρίων κυμαίνεται μεταξύ 4 και 16 και σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει μέχρι 128 ή 256, ενώ η απόστασή τους από την μονάδα οπτικού δικτύου βρίσκεται στο διάστημα μεταξύ 50 ή 100 και 300 μέτρων. Το μέσο σύνδεσης μπορεί να είναι είτε καλώδια είτε συνεστραμμένα ζεύγη χαλκού.



Μια σειρά ειδικών τεχνικών υιοθετούνται για την εξασφάλιση σχετικά υψηλού εύρους ζώνης με ασύμμετρο τρόπο. Για παράδειγμα, σύμφωνα με την προσέγγιση της DAVIC προδιαγραφής, χρησιμοποιώντας ειδικά ενθυλακωμένες κυψελίδες ATM, ενδέχεται να επιτευχθεί ρυθμαπόδοση από 12,96 έως 51,84 Mbps στην κανονική κατεύθυνση και από 1,62 έως 19,44 Mbps στην αντίστροφη. Τέλος, ειδικοί μηχανισμοί χρησιμοποιούνται και για τη διόρθωση σφαλμάτων και την προώθηση της ποιότητας μεταφοράς.

4 Τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης βασισμένες στον χαλκό

Με την έννοια των τεχνολογιών δικτύων πρόσβασης που βασίζονται στο χαλκό, αναφέρεται μια σειρά τεχνολογιών διαμορφωτών / αποδιαμορφωτών (modems). Ένα ζευγάρι από modems συνδεδεμένο σε μία γραμμή αποτελεί, αυτό που ονομάζεται, ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (digital subscriber line, DSL). Υπάρχει μια σειρά τεχνολογιών που ανήκουν στη συγκεκριμένη κατηγορία, οι οποίες διαφοροποιούνται κυρίως από το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και το είδος των εφαρμογών που υποστηρίζουν. Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι κυριότερες τεχνολογίες, που προσφέρει η αγορά, σε συνδυασμό με τα βασικά χαρακτηριστικά τους. Δεν θα γίνει λεπτομερής αναφορά σε κάθε μία από αυτές, παρά μόνο σε εκείνες που μπορούν να υποστηρίζουν εφαρμογές VoD με αλληλεπίδραση και συγκεκριμένα στις τεχνολογίες ADSL και VDSL.

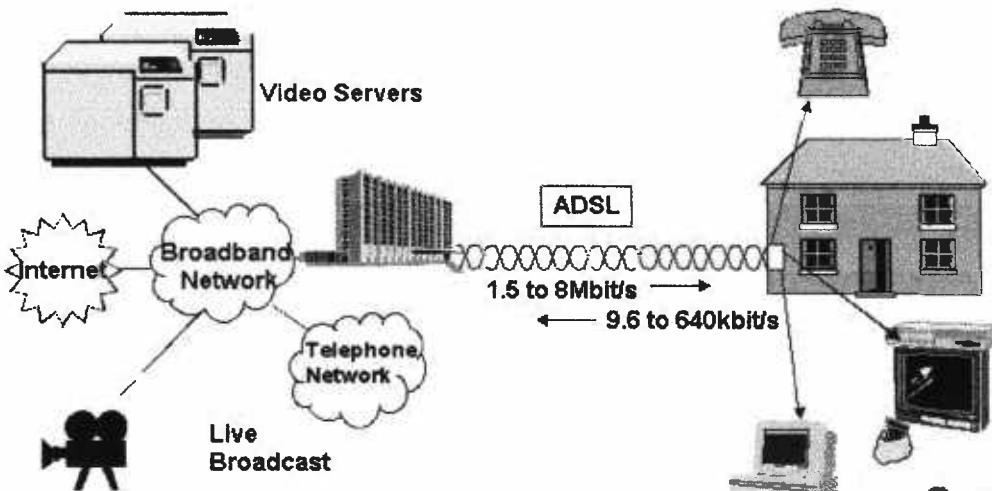
	<i>Όνομα</i>	<i>Ρυθμός</i>	<i>Φορά</i>	<i>Εφαρμογές</i>
V.22,	Voice Band	1200 bps to	Duplex	Data communications
V.32,	Modems	28,800 bps		
V.34				
DSL	Digital Subscriber line	160 kbps	Duplex	ISDN service, Voice and data communication
HDSL	High data rate Digital Subscriber Line	1.544 Mbps	Duplex	T1/E1 service
		2.048 Mbps	Duplex	Feeder plant, WAN, LAN access, server access
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	1.544 Mbps	Duplex	Feeder plant, WAN, LAN access, server access

		2.048 Mbps	Duplex	Premises access for symmetric services
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1.5 to 9 Mbps	Down	Internet access, video on demand, simplex video, remote LAN access, interactive multimedia
		16 to 640 kbps	Up	
VDSL	Very high data rate digital subscriber line	13 to 52 Mbps	Down	Internet access, video on demand, simplex video, remote LAN access, interactive multimedia, HDTV

Πίνακας VI - 2 Τεχνολογίες δικτύων πρόσβασης βασιμένες στο χαλκό

4.1 Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL)

Η ADSL είναι μια νέα τεχνολογία modem, που μετατρέπει τις υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές σε μονοπάτια πρόσβασης για πολυμεσικές εφαρμογές και επικοινωνία υψηλών ταχυτήτων. Μία γραμμή ADSL συνδέεται με δύο ADSL modems δημιουργώντας τρία κανάλια επικοινωνίας: ένα κανάλι υψηλών ταχυτήτων, ένα κανάλι μέσης ταχύτητας και διπλής κατεύθυνσης και ένα κανάλι για τηλεφωνικές ή υπηρεσίες ISDN. Το τελευταίο διαχωρίζεται από το modem με ειδικά φίλτρα, διασφαλίζοντας αδιάκοπη επικοινωνία ακόμα και σε περίπτωση που το ADSL αποτύχει.



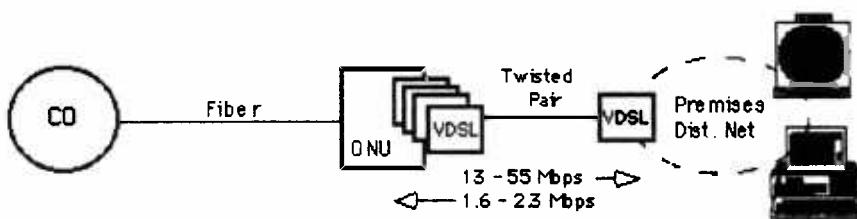
Σχήμα VI - 3 ADSL δίκτυο

Η ρυθμαπόδοση που υποστηρίζει το κανάλι υψηλών ταχυτήτων του ADSL κυμαίνεται από 1,5 έως 6,1 Mbps και εξαρτάται από το μήκος της γραμμής, το πάχος του καλωδίου και άλλους παράγοντες. Οι αντίστοιχες τιμές για το κανάλι διπλής κατεύθυνσης είναι από 16 έως 640 kbps. Κάθε κανάλι μπορεί να διαιρεθεί σε κανάλια μικρότερου ρυθμού ανάλογα με το σύστημα.

Η ADSL τεχνολογία είναι δυνατό να συνδυαστεί τόσο με ATM όσο και με IP δίκτυα μετάδοσης. Δεδομένου ότι δημιουργήθηκε με σκοπό να υποστηρίξει την μετάδοση ψηφιακού video, υιοθέτησε μια σειρά τεχνικών για την προώθηση της επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο. Στα πλαίσια αυτά, εντάσσονται οι μέθοδοι διόρθωσης σφαλμάτων προς τα εμπρός (forward error correction methods) που αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα σφάλματα που οφείλονται στο θόρυβο της γραμμής και στην προώθηση του ψηφιακού σήματος. Επιπλέον, η ADSL ενσωματώνει προχωρημένες τεχνικές επεξεργασίας σήματος και συμπίεσης δεδομένων.

4.2 Very High Speed Digital Subscriber Line (VDSL)

Αν και οι τεχνολογίες δίκτυων πρόσβασης που βασίζονται στις οπτικές ίνες, όπως η FTTH, προσφέρουν υψηλές ταχύτητες, παρουσιάζουν παράλληλα και ιδιαίτερα υψηλό κόστος. Για το λόγο αυτό, φαίνεται να επικρατεί τα τελευταία χρόνια στην αγορά η τάση να χρησιμοποιηθούν οπτικές ίνες που θα μεταφέρουν την πληροφορία μέχρι την κάθε γειτονιά (Fiber to the Neighborhood, FTTN) και στη συνέχεια θα αναλάβει η υπάρχουσα ή νέα καλωδιακή υποδομή. Το ρόλο της υποδομής που θα μπορεί να υποστηρίξει την FTTN τεχνολογία, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα, καλύπτει η καλωδιακή συνδρομητική γραμμή πολύ υψηλού ρυθμού (Very high rate Digital Subscriber Line, VDSL).



Σχήμα VI - 4 VDSL δίκτυο

Η VDSL τεχνολογία δεν έχει προτυποποιηθεί πλήρως. Αν και υπάρχουν κάποια προϊόντα στην αγορά, ένας αριθμός σημαντικών θεμάτων παραμένει απροσδιόριστος. Καταρχήν, δεν έχει καθοριστεί η μέγιστη απόσταση που μπορεί να υποστηρίξει η τεχνολογία αυτή για συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν είναι γνωστά τα πραγματικά χαρακτηριστικά της γραμμής στις συχνότητες που απαιτεί η VDSL και στο ότι η απόσταση θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποφευχθούν οι περιπτώσεις εκείνες που η μετάδοση επηρεάζει τις συχνότητες εκπομπής του ερασιτεχνικού ραδιοφώνου.

Ένα ακόμα θέμα το οποίο δεν έχει διασαφηνιστεί αφορά στις υπηρεσίες που θα παρέχει η VDSL τεχνολογία. Δεδομένη θεωρείται η συνεργασία με δίκτυα μετάδοσης

ATM και η υποστήριξη ασύμμετρης επικοινωνίας και δεδομένων video. Ωστόσο, ανοιχτό παραμένει το θέμα της συμβατότητας με άλλα μορφότυπα δεδομένων και η υποστήριξη συμμετρικών καναλιών σε ρυθμούς ευρείας ζώνης.

Εξάλλου, η επιλογή μεταξύ μιας ενεργητικής ή μιας παθητικής διεπαφής με το τηλεφωνικό δίκτυο αποτελεί αντικείμενο διαφωνιών. Βάσει του κόστους, η λύση της παθητικής διεπαφής, όπου η VDSL ενυπάρχει στις κτιριακές εγκαταστάσεις του πελάτη, φαίνεται να είναι προτιμότερη. Ωστόσο, θέματα διαχείρισης, αξιοπιστίας και ρύθμισης οδηγούν στην υιοθέτηση της ενεργητικής λύσης, που βασίζεται σε έναν τερματικό σημείο που διαμοιράζει την πληροφορία σε μια ομάδα κτιρίων.

Ανεξάρτητα, πάντως, από το γεγονός ότι η VDSL δεν έχει οριστεί πλήρως, προτάσεις έχουν τεθεί αναφορικά με τους υποστηριζόμενους ρυθμούς μετάδοσης ανάλογα με την απόσταση. Αυτές οι προτάσεις συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Κανάλι Υψηλών Ταχυτήτων		Κανάλι Αιπλής Κατεύθυνσης
Απόσταση	Ρυθμός Μετάδοσης	Ρυθμός Μετάδοσης
1500 m	12,96 – 13,8 Mbps	1,6 – 2,3 Mbps
1000 m	25,92 – 27,6 Mbps	19,2 Mbps
300 m	51,84 – 55,2 Mbps	Συμμετρικός

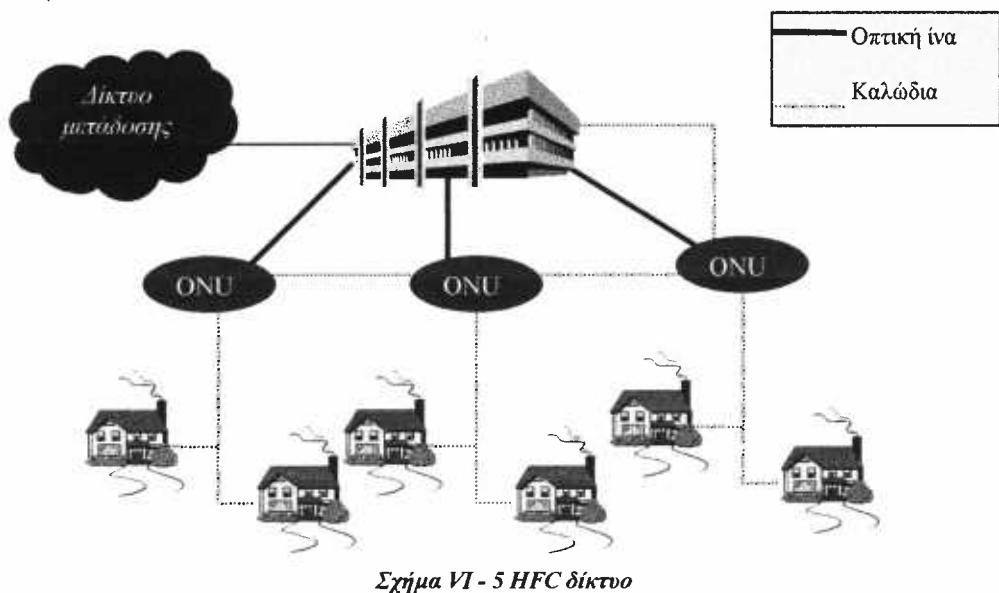
Πίνακας VI - 3 Ρυθμοί μετάδοσης VDSL καναλιών

4.3 Συγκριτική θεώρηση των ADSL και VDSL τεχνολογιών

Μέσα από την συγκριτική θεώρηση των δύο τεχνολογιών προκύπτει ένα φαινομενικά αντιφατικό συμπέρασμα. Αν και η VDSL επιτυγχάνει ρυθμούς μετάδοσης κατά πολὺ μεγαλύτερους από την ADSL, η τελευταία χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Αυτό οφείλεται στην ευρύτητα που τη διακρίνει. Από την άλλη πλευρά, οι δύο τεχνολογίες βασίζονται στις ίδιες τεχνικές μετάδοσης και διόρθωσης σφαλμάτων. Τέλος, μεταξύ αυτών των τεχνολογικών λύσεων, η VDSL θεωρείται ικανή να υποστηρίζει ένα δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών. Σε αυτό, η ADSL αντιταραθέτει την δυνατότητα χρήσης της υπάρχουσας υποδομής για την παροχή των υπηρεσιών και κατά επέκταση περιορισμού του κόστους υλοποίησης.

4.4 Hybrid Fiber Coax (HFC)

Με εξαίρεση το γεγονός ότι οι οπτικές ίνες δεν φτάνουν σε τόσο μικρή απόσταση από τον τελικό χρήστη, η δομή του HFC δικτύου πρόσβασης είναι παρόμοια με τη δομή του HTTC δικτύου. Το ψηφιακό video και η πληροφορία ελέγχου μεταφέρονται μέσω οπτικών ινών από το κεντρικό κτίριο στις μονάδες οπτικού δικτύου (ONUs) και από εκεί μέσω καλωδίων στον τελικό χρήστη. Μια άλλη διαφοροποίηση σε σχέση με το HTTC είναι ότι αντί για τοπολογία αστεριού νιοθετείται τοπολογία κοινού μέσου, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο επόμενο σχήμα. Τέλος, κάθε ONU αντιστοιχεί σε μία γειτονιά και εξυπηρετεί μερικές εκατοντάδες κτιρίων.



Το κύριο πρόβλημα που παρουσιάζει το HFC αναφορικά με την ενσωμάτωση του σε ένα σύστημα VoD σχετίζεται με την τοπολογία του. Ειδικότερα, ο θόρυβος που συγκεντρώνεται από το κοινό μέσο στην μονάδα οπτικού δικτύου επηρεάζει σημαντικά την υλοποίηση του καναλιού επιστροφής. Σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού, ο DAVIC πρότεινε τη χρήση πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC) όπως ισχύει σε Ethernet δίκτυα για την αποφυγή των συγκρούσεων και για την εξασφάλιση δίκαιας πρόσβασης στο κανάλι επιστροφής. Επιπλέον, νιοθετήθηκαν τεχνικές αντιμετώπισης σφαλμάτων παρόμοιες με τις αντίστοιχες στα FTTC δίκτυα.

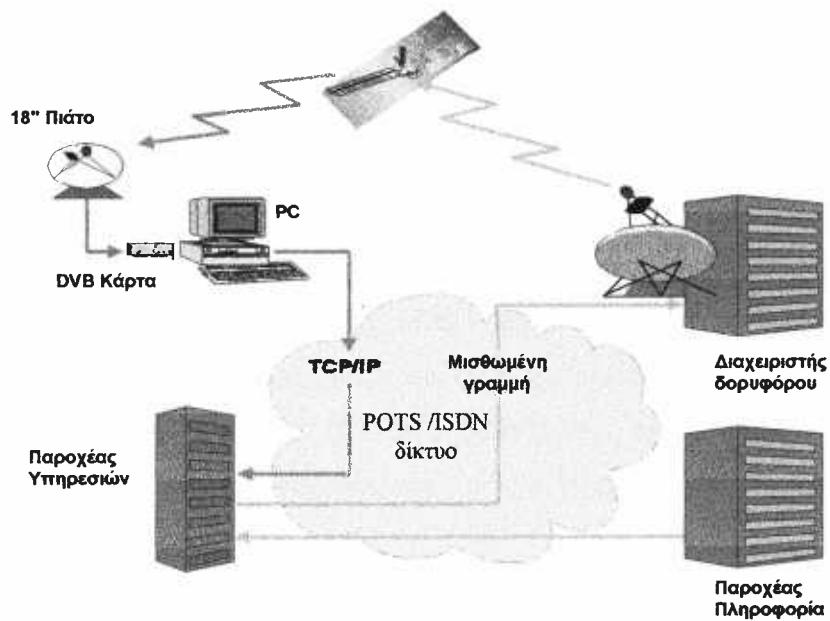
5 Fiber to the Home (FTTH)

Τα FTTH δίκτυα περιλαμβάνουν μικρές ομάδες κτιρίων που συνδέονται με το κεντρικό κτίριο μέσω οπτικών ίνων. Η τοπολογία της μοιάζει με την αντίστοιχη στην FTTC τεχνολογία. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση υλοποίησης αφορά μία σύνδεση των 622 Mbps η οποία διαμοιράζεται με βάση την τεχνική πολύπλεξης με διαίρεση χρόνου σε τέσσερις συνδέσεις των 155 Mbps. Επίσης, απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία του δικτύου αποτελεί η μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό και αντίστροφα στο σημείο που βρίσκεται η τερματική συσκευή του τελικού χρήστη.

Η FTTH τεχνολογία θεωρείται η βέλτιστη λύση δεδομένου ότι παρέχει το μεγαλύτερο εύρος ζώνης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες πρόσβασης. Ωστόσο, οι δυσκολίες και το υψηλό κόστος που παρουσιάζει η εγκατάσταση οπτικών ίνων που θα συνδέουν όλα τα κτίρια, καθιστούν την άμεση υλοποίησή της απαγορευτική.

6 Διάδοση μέσω δορυφόρων

Οι δορυφόροι έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για τη διάδοση αναλογικού video. Αντίστοιχα είναι λογικό να αποτελέσουν τα μέσα για τη διάδοση και ψηφιακού video. Είναι σε θέση να καλύψουν γεωγραφικές περιοχές διαμέτρου πολλών χιλιομέτρων μεταφέροντας κωδικοποιημένα (με MPEG) σήματα. Η πληροφορία που προκύπτει από το βασικό δίκτυο μετάδοσης μεταδίδεται στον δορυφόρο διαμορφωμένο με ειδικές μεθόδους και με βάση ειδικούς μηχανισμούς αντιμετώπισης σφαλμάτων. Ο δορυφόρος λειτουργεί στα GHz, γεγονός που σημαίνει ότι ένα τυπικό κανάλι μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ρυθμό 38 Mbps, τα οποία αντιστοιχούν κατά προσέγγιση σε 5 με 8 κανάλια μετάδοσης κωδικοποιημένου video μέσης ποιότητας. Ωστόσο, τα δορυφορικά δίκτυα δεν είναι δυνατό να καλύψουν την ανάγκη για το κανάλι επιστροφής που απαιτείται στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο συμπληρωματικό δίκτυο όπως το τηλεφωνικό ή κάποιες N-ISDN γραμμές.



Σχήμα VI - 6 Δορυφορικό δίκτυο

Ο οργανισμός DVB (Digital Video Broadcasting) που ασχολείται με θέματα μετάδοσης ψηφιακού video, έχει εκδώσει το πρότυπο DVB-S που σχετίζεται με δορυφορική μετάδοση και στο οποίο βασίζονται υπηρεσίες που παρέχονται σε έξι ηπείρους. Σύμφωνα με αυτό, ακολουθούνται τα εξής στάδια επεξεργασίας των δεδομένων πριν τη μετάδοσή τους από το δορυφορικό δίκτυο:

- ◆ Δημιουργία πακέτων σταθερού μήκους μέσω του MPEG συστήματος κωδικοποίησης
- ◆ Αντιστροφή των bytes συγχρονισμού για κάθε όγδοη επικεφαλίδα πακέτου
- ◆ Ενίσχυση του πακέτου κατά περίπου 8% λόγω της εφαρμογής της Reed-Solomon τεχνικής διόρθωσης σφαλμάτων
- ◆ Convolutional Interleaving
- ◆ Επιπρόσθεση νέου συστήματος διόρθωσης σφαλμάτων. Η ενίσχυση του πακέτου μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τις ανάγκες του πάροχου υπηρεσιών (μέγεθος πιάτου, διαθέσιμος ρυθμός μετάδοσης, ισχύ).
- ◆ Εφαρμογή της QSPK (quadrature phase-shift keying) τεχνικής διαμόρφωσης.

7 Διάδοση μέσω επίγειων πομπών

Η λύση της επίγειας εκπομπής παρουσιάζει αντίστοιχα πλεονεκτήματα με τη δορυφορική, αν και η έκταση διάδοσης είναι σχετικά μικρότερη. Χρησιμοποιεί τις VHF και UHF συχνότητες του φάσματος και κάθε κανάλι καταλαμβάνει 8MHz στην Ευρώπη και 6MHz στην Αμερική. Ως κανάλι επιστροφής της πληροφορίας ελέγχου στον παροχέα της υπηρεσίας χρησιμοποιείται και στην περίπτωση αυτή είτε το τηλεφωνικό είτε κάποιο N-ISDN δίκτυο.

Όσο αφορά στην προτυποποίηση του τρόπου μετάδοσης μέσω επίγειων πομπών, η ερευνητική ομάδα του DVB εξέδωσε σχετικό πρότυπο (DVB-T) το οποίο εγκρίθηκε το 1997. Εκτός από την MPEG-2 τεχνική κωδικοποίησης που αποτελεί κοινό στοιχείο

όλων των DVB προτύπων, ως κυριότερα χαρακτηριστικά του DVB-T αναφέρονται ενδεικτικά:

- ❖ Το COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) σχήμα διάδοσης.
- ❖ Reed-Solomon τεχνική διόρθωσης σφαλμάτων και convolutional interleaving.
- ❖ Χρήση QPSK και QAM τεχνικών διαμόρφωσης.
- ❖ Κωδικοποίηση και διαμόρφωση σήματος σε δύο επίπεδα.
- ❖ Υιοθέτηση της OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) τεχνικής, η οποία ενδείκνυται για περίπλοκα περιβάλλοντα.

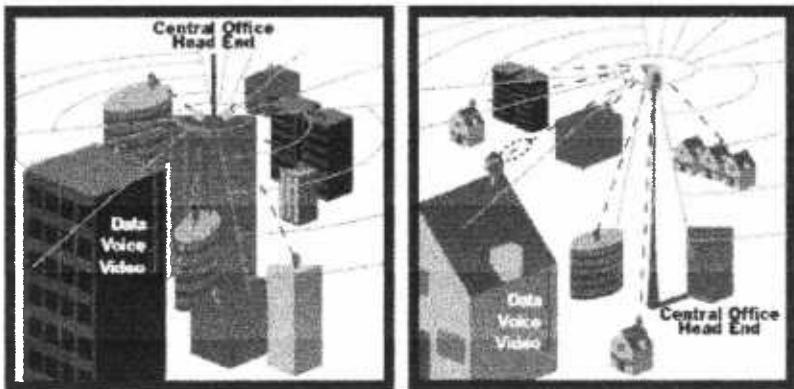
8 Microwave Multipoint Distribution Systems (MMDS)

Η MMDS τεχνολογία μπορεί να θεωρηθεί ως ένας τρόπος γρήγορης πρόσβασης των χρηστών με σχετικά χαμηλό κόστος δεδομένου ότι δεν απαιτεί τη χρήση δορυφόρου ή την εγκατάσταση καλωδιακών συστημάτων. Βασίζεται στην επίγεια εκπομπή μικροκυμάτων σε έκταση μέχρι και πενήντα χλιόμετρα όσο αφορά στην επικοινωνία μεταξύ του παροχέα των υπηρεσιών και του πελάτη, ενώ ως αντίστροφο κανάλι υιοθετείται συμπληρωματικά το τηλεφωνικό ή το N-ISDN δίκτυο. Υπό κανονικές συνθήκες, καλύπτει το πεδίο συχνοτήτων από 2.5 GHz έως 2.7 GHz, οι οποίες αντιστοιχούν σε 100 με 200 κανάλια ψηφιακής κωδικοποιημένης πληροφορίας ή σε 30 κανάλια αναλογικού video.

Το γεγονός ότι η MMDS βασίζεται στη μετάδοση μικροκυμάτων που πραγματοποιείται σε ευθείες γραμμές συνεπάγεται την απαίτηση ο αποδεκτής να βρίσκεται σε ευθεία, ελεύθερη από εμπόδια απόσταση από τον πομπό για να λάβει αξιόπιστο και ποιοτικό σήμα. Ωστόσο, η απαίτηση αυτή είναι εξαιρετικά δύσκολο να εξασφαλιστεί στην πραγματικότητα εξαιτίας τόσο εδαφικών ανωμαλιών όσο και του τρόπου δόμησης των κτιρίων. Επομένως, τα 50 χλιόμετρα κάλυψης που διατείνεται ότι μπορεί να καλύψει η συγκεκριμένη τεχνολογία, αποτελούν στην ουσία μία θεωρητική προσέγγιση. Στην πράξη, χρησιμοποιούνται ειδικοί επαναλήπτες που αναλαμβάνουν την επανεκπομπή του ψηφιακού σήματος.

9 Local Multipoint Distribution Service (LMDS)

Μία παρόμοια τεχνολογική προσέγγιση με την MMDS είναι η LMDS. Αυτή καλύπτει μικρότερη γεωγραφική έκταση, γύρω στα 3 με 5 χιλιόμετρα ανά πομπό, ο οποίος και στην συγκεκριμένη περίπτωση, απαιτείται να βρίσκεται σε ευθεία και ελεύθερη από εμπόδια απόσταση από τον αποδέκτη για την μετάδοση των μικροκυμάτων. Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο τεχνολογιών εντοπίζεται στο ότι η LMDS υλοποιεί και το κανάλι επιστροφής μέσω της εκπομπής μικροκυμάτων (όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί) και έτσι δεν χρειάζεται η υιοθέτηση κάποιου συμπληρωματικού δικτύου για να μεταφέρει την πληροφορία αλληλεπίδρασης από τον χρήστη στον παροχέα των υπηρεσιών. Στα πλαίσια αυτά, από τις συχνότητες που λειτουργεί η LMDS και οι οποίες ξεπερνούν τα 10 GHz οι υψηλότερες αναθέτονται στη μετάδοση του ψηφιακού video και οι χαμηλότερες στη μετάδοση της πληροφορίας ελέγχου.



Σχήμα VI - 7 LMDS δίκτυο

Σχηματικά, τα LMDS συστήματα περιλαμβάνουν τρία κυρίως λειτουργικά μέρη που καθορίζουν την αρχιτεκτονική τους. Ειδικότερα, πρόκειται για:

- *Tις εγκαταστάσεις του συνδρομητή.* Εκεί υπάρχει εγκατεστημένη μία συσκευή λήψης των μικροκυμάτων, μία μονάδα δικτυακής διεπαφής και ο εξοπλισμός

επεξεργασίας του σήματος. Ο τελευταίος μπορεί να αναφέρεται σε LAN ή ATM μεταγωγείς, σε δρομολογητές και σε διάφορες πλατφόρμες πρόσβασης πολλαπλών υπηρεσιών.

- *Τον κεντρικό κόμβο.* Ο κεντρικός κόμβος περιλαμβάνει μονάδες αποστολής και λήψης σήματος και ομάδες καναλιών για παροχή υπηρεσιών. Υποστηρίζει μεγάλο εύρος δικτυακών σχεδίων και τοπολογιών, γεγονός που καθιστά την τεχνολογία LMDS ιδιαίτερα ευέλικτη στις ανάγκες της αγοράς και στην ικανοποίηση των διαφορετικών απαιτήσεων των χρηστών.
- *Το κύριο δίκτυο πρόσβασης.* Αναλαμβάνει την αποτελεσματική μετάδοση του σήματος με στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσης του εύρους ζώνης και την ελαχιστοποίηση του κόστους. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, θα πρέπει να μπορεί να υποστηρίζει την μεταφορά κίνησης βασιζόμενης τόσο σε ATM όσο και σε IP τεχνολογίες.

Κεφάλαιο VII:

Υποστήριξη μετάδοσης

1 Πρωτόκολλα και πρότυπα μετάδοσης για υπηρεσίες VoD

Στα πλαίσια της συγκριτικής ανάλυσης που προηγήθηκε αναφορικά με τις τεχνολογίες που είναι δυνατό να ενσωματωθούν στο επίπεδο δικτύου ενός συστήματος VoD, περιγράφτηκαν τα κυριότερα πρωτόκολλα και μηχανισμοί στα οποία βασίζουν τη λειτουργία τους. Ωστόσο, οι προδιαγραφές που τέθηκαν για τη λειτουργία του συστήματος αυτού, προϋποθέτουν την ενσωμάτωση επιπλέον μηχανισμών που θα δράσουν συμπληρωματικά με τα κύρια πρωτόκολλα επικοινωνίας (π.χ IP, ATM). Στη συνέχεια, θα γίνει αναφορά στα βασικότερα πρωτόκολλα και πρότυπα μετάδοσης με βάση τη συγκεκριμένη λειτουργία του επιπέδου δικτύου που υποστηρίζουν. Με γνώμονα την κατηγοριοποίηση αυτή, στόχος δεν θα αποτελέσει η σε βάθος περιγραφή των μηχανισμών που περιλαμβάνουν, αλλά, κυρίως, ο προσδιορισμός των απαιτήσεων που διασφαλίζουν.

1.1 Μεταφορά σε πραγματικό χρόνο

Οι Εφαρμογές Video-on-Demand, όπως και κάθε πολυμεσική εφαρμογή, απαιτούν αποτελεσματικούς μηχανισμούς μεταφοράς του video σε πραγματικό χρόνο. Για το σκοπό αυτό, έχουν αναπτυχθεί διάφορα πρωτόκολλα, κυρίως πάνω από IP δίκτυα, με κυριότερα το Real-time Transport Protocol (RTP) και το Xpress Trasport Protocol (XTP) . Παράλληλα, σε ερευνητικό επίπεδο έχουν υλοποιηθεί διάφορα συστήματα μεταφοράς για πολυμεσικές εφαρμογές (Tenet Transport Protocols, Heidelberg Transport System, METS).

1.1.1 Real -Time Transport Protocol (RTP)

Ο αρχικός σχεδιασμός του πρωτοκόλλου έγινε για να καλύψει τις ανάγκες εφαρμογών τηλεδιασκέψεων και στη συνέχεια εξελίχτηκε για να ανταποκριθεί σε μεγαλύτερο εύρος απαιτήσεων. Παρέχει μηχανισμούς υποστήριξης χρονοσφραγίδων, αρίθμησης πακέτων και επιβεβαίωσης λήψης. Ωστόσο, όσο αφορά στην ποιότητα υπηρεσίας, βασίζεται σε κατώτερα πρωτόκολλα για την εξασφάλισή της. Τέλος, το κύριο πλεονέκτημα του RTP έγκειται στο γεγονός ότι καθορίζει μια σειρά γενικών πεδίων, στην επικεφαλίδα του κάθε πακέτου, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε εφαρμογής.

Συμπληρωματικά με το RTP, σχεδιάστηκε το RTCP πρωτόκολλο το οποίο είναι υπεύθυνο για δύο κυρίως διαδικασίες. Η πρώτη έγκειται στον έλεγχο και τη διαχείριση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών και η δεύτερη στην μεταφορά πληροφοριών ελέγχου μεταξύ των μελών μιας συνόδου. Στα πλαίσια των διαδικασιών αυτών επιτελεί μια σειρά λειτουργιών που περιλαμβάνουν τον καθορισμό της τεχνικής κωδικοποίησης, τον συγχρονισμό, την πλαισίωση, την ανίχνευση σφαλμάτων, την κρυπτογράφηση, τον χρονισμό και την αντιστοίχηση μεταξύ ροών και πηγών προέλευσης. Τα πακέτα πληροφορίας των δύο πρωτοκόλλων μεταδίδονται από διαφορετικά κανάλια.

1.1.2 Xpress Transport Protocol (XTP)

Το πρωτόκολλο XTP ολοκληρώνει τη λειτουργικότητα των πρωτοκόλλων μεταφοράς και των πρωτοκόλλων δικτύου και στοχεύει στο να καλύψει τις ανάγκες μεγάλου εύρους εφαρμογών και να ανταποκριθεί στις υψηλές ταχύτητες των νέων δικτυακών τεχνολογιών. Στα πλαίσια αυτά, ορίζει έξι διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών: σύνδεση, συναλλαγή, χωρίς επιβεβαίωση, με επιβεβαίωση, ισόχρονη μεταφορά και μεταφορά δεδομένων μεγάλου όγκου.

Εκτός από την ισόχρονη υπηρεσία που είναι σαφές ότι απαιτείται από ένα σύστημα Video-on-Demand, το πρωτόκολλο εμπεριέχει και μία σειρά άλλων μηχανισμών που προωθούν τη μεταφορά πολυμεσικών δεδομένων. Ειδικότερα, το XTP:

- **Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ATM δίκτυα και να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες δέσμευσης εύρους ζώνης που προσφέρουν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υποστηρίζει μεταφορά προσανατολισμένη σε σύνδεση.**
- **Διαθέτει ευέλικτους μηχανισμούς διαχείρισης σφαλμάτων.** Πιο συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο για κάθε πακέτο αναμένει επιβεβαίωση λήψης για ένα χρονικό διάστημα. Αν περάσει το χρονικό διάστημα, στέλνεται από τον αποστολέα νέα αίτηση επιβεβαίωσης και η μετάδοση αναστέλλεται. Με τον τρόπο αυτό, δεν γίνεται αναμετάδοση του πακέτου παρά μόνο στην περίπτωση που επιβεβαιωθεί η απώλειά του. Επομένως, ο λειτουργία του μηχανισμού επαναμεταδόσεων είναι ελεγχόμενη και μπορεί να μην χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές που δεν προσφέρει κάποια ωφέλεια όπως οι πολυμεσικές.
- **Ο έλεγχος ροής που υλοποιεί βασίζεται στον ρυθμό της ροής και σε έναν συνδυασμό μηχανισμών μεταξύ συγκεντρωτικής και επιλεκτικής επιβεβαίωσης.** Το μέγεθος του παραθύρου διαπραγματεύεται κατά την εκκίνηση της σύνδεσης και μπορεί να συσχετιστεί με παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας.

Ωστόσο, παρά τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν, το XTP παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα κατά την υλοποίησή του, τα οποία δεν συμβιβάζονται με τις υψηλές απαιτήσεις ενός συστήματος VoD. Καταρχήν, οι περισσότερες υλοποιήσεις του πρωτοκόλλου έχουν γίνει με λογισμικό με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα αργές. Επίσης, παρατηρείται ότι η ενεργοποίηση των μηχανισμών ελέγχου σφαλμάτων που σταματούν την μεταφορά νέων πακέτων μέχρι τη λήψη επιβεβαίωσης γίνεται με ιδιαίτερα υψηλή συχνότητα εισάγοντας επιπλέον καθυστέρηση. Ένα ακόμα πρόβλημα του XTP εντοπίζεται στην έλλειψη μηχανισμών ταυτοποίησης της πηγής, που αποτελεί βασική απαίτηση ασφάλειας ενός συστήματος. Τέλος, το μέγεθος της επικεφαλίδας των πακέτων είναι αρκετά μεγάλο, ενώ η δυνατότητα συνεργασίας του με άλλα πρωτόκολλα συχνά τίθεται υπό αμφισβήτηση.

1.1.3 Tenet Transport Protocols

Τα Tenet πρωτόκολλα μεταφοράς αναπτύχθηκαν ειδικά για την μετάδοση πολυμέσων από την ομώνυμη ερευνητική ομάδα στο Πανεπιστήμιο του Berkeley στην Καλιφόρνια. Πρόκειται για δύο ξεχωριστά πρωτόκολλα, το Real-time Message Transport Protocol (RMTP) και το Continuous Media Transport Protocol (CMTP). Το πρώτο αναλαμβάνει την παράδοση των μηνυμάτων και είναι προσανατολισμένο σε σύνδεση με εγγυημένη απόδοση. Παρόλα αυτά δεν περιλαμβάνει διαχείριση συνδέσεων ούτε εξασφαλίζει την αξιόπιστη παράδοση των πακέτων. Από την άλλη πλευρά, το CMTP υποστηρίζει συνεχούς ροής δικτυακή κίνηση με εγγυήσεις απόδοσης. Την λειτουργία τους συμπληρώνουν τα RTIP (Real-time Internet Protocol) και τα RCAP (Real-time Channel administration Protocol) πρωτόκολλα, που παρέχουν τη βάση λειτουργίας (RTIP) και δυνατότητες δέσμευσης πόρων και διαχείρισης ποιότητας υπηρεσίας (RCAP) αντίστοιχα.

1.2 Διαχείριση Συνδέσεων

Η εγκαθίδρυση επικοινωνίας μεταξύ εξυπηρετητή και πελάτη σε ένα σύστημα Video-on-Demand διεκπεραιώνεται από τη λειτουργία διαχείρισης συνδέσεων του επιπέδου δικτύου. Αυτή περιλαμβάνει μηχανισμούς δέσμευσης πόρων με βάση τους οποίους διασφαλίζονται οι χρονικοί περιορισμοί και οι απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσιών του συστήματος. Ως κυριότερο πρωτόκολλο που αναλαμβάνει τη λειτουργία της δέσμευσης πόρων θεωρείται το RSVP (Resource Reservation Protocol). Εξάλλου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντίστοιχα και το ST-II (Internet Stream Protocol version II), ενώ δέσμευση πόρων παρέχεται και από τη σειρά πρωτοκόλλων Tenet Protocol Suite 2 ως μέρος της εγκαθίδρυσης καναλιού επικοινωνίας.

1.2.1 RSVP (Resource Reservation Protocol)

Το RSVP πρωτόκολλο καθιερώθηκε από τον IETF με στόχο την υλοποίηση πολιτικής δέσμευσης στα πλαίσια της αρχιτεκτονικής ολοκληρωμένων υπηρεσιών (ISA). Κατά

τον σχεδιασμό του, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην διασφάλιση μιας σειράς απαιτήσεων, όπως:

- ✓ Στην υποστήριξη ετερογενών αναγκών.
- ✓ Στην βελτιστοποίηση των δεσμεύσεων σε σχέση με το πρότυπο πολλαπλών διευθύνσεων
- ✓ Στην δυνατότητα επέκτασης των μηχανισμών του.
- ✓ Στην παροχή ευελιξίας κατά την δυναμική μεταβολή των ομάδων χρηστών.

Το RSVP είναι ενσωματωμένο στους δρομολογητές του δικτύου και λειτουργεί πάνω από το επίτεδο IP. Σε πρώτο στάδιο, εγκαθιδρύονται οι συνδέσεις μεταξύ των χρηστών και του πάροχου των video υπηρεσιών είτε με βάση το πρότυπο πολλαπλών διευθύνσεων (multicast) είτε στα πλαίσια της ένα-προς-ένα επικοινωνίας. Στη συνέχεια, οι χρήστες μεταδίδουν αιτήσεις για τη δέσμευση πόρων προς την κατεύθυνση του εξυπηρετητή. Η απόφαση για αποδοχή ή μη των αιτήσεων λαμβάνεται τόσο κατά την λήψη της αίτησης όσο και σε κάθε ενδιάμεσο δρομολογητή με βάση τη διαθεσιμότητα των πόρων και τις προκαθορισμένες παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας. Αν μια αίτηση δεν γίνει αποδεκτή, αποστέλλεται μήνυμα σφάλματος στον χρήστη.

Η κατεξοχήν λειτουργία της δέσμευσης στηρίζεται στον καθορισμό μιας σειράς παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την κάθε ροή (flowspec). Τα χαρακτηριστικά αυτά δεν προσδιορίζονται από το RSVP πρωτόκολλο, αλλά από την εκάστοτε εφαρμογή. Τα μηνύματα του πρωτοκόλλου στέλνονται ως IP datagrams και ο κάθε δρομολογητής κρατάει την κατάσταση των δεσμεύσεων και την ενημερώνει βάσει ειδικών μηνυμάτων που αποστέλλονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τέλος, το γεγονός ότι η διαδικασία δέσμευσης αρχικοποιείται με πρωτοβουλία του χρήστη παρέχει τη δυνατότητα υποστήριξης ετερογενών χρηστών.

1.2.2 Stream Protocol, version 2 (ST-II)

Το ST-II δεν περιγράφει άμεσα τη λειτουργία διαχείρισης πόρων. Ωστόσο, θεωρείται ότι η λειτουργία αυτή εμπεριέχεται μέσα στη γενικότερη διαχείριση των ροών. Σε αντίθεση με το RSVP, είναι προσανατολισμένο σε σύνδεση και η διαδικασία της



δέσμευσης αρχικοποιείται από τον εξυπηρετητή. Παρά το γεγονός ότι λειτουργεί στο ίδιο επίτεδο με το IP χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με αυτό. Οι συνδέσεις ενδέχεται να είναι ‘ένα-προς-ένα’ ή ‘ένα-προς-πολλά’, ενώ υποστηρίζεται η δυναμική μεταβολή των ομάδων.

Κατά την εγκαθίδρυση της επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή, σχηματίζεται ένα διάνυσμα που περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της κάθε ροής με γνώμονα την προτεραιότητά της και την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας. Ο έλεγχος αποδοχής της ροής διεξάγεται και στην περίπτωση αυτή, σε όλο το μήκος της διαδρομής από τον εξυπηρετητή στον χρήστη, ενώ παράλληλα γίνεται σε κάθε σημείο επιλογή του επόμενου κόμβου της διαδρομής έτσι ώστε να προτιμηθεί η βέλτιστη διαδρομή όχι μόνο από άποψη μήκους αλλά και από άποψη ποιότητας. Από την στιγμή που θα εγκαθιδρυθεί η διαδρομή δεν δύναται να μεταβληθεί, αν και επιτρέπεται η μεταβολή των χαρακτηριστικών της ροής.

1.2.3 Tenet Protocol Suite 2 – Μηχανισμοί δέσμευσης

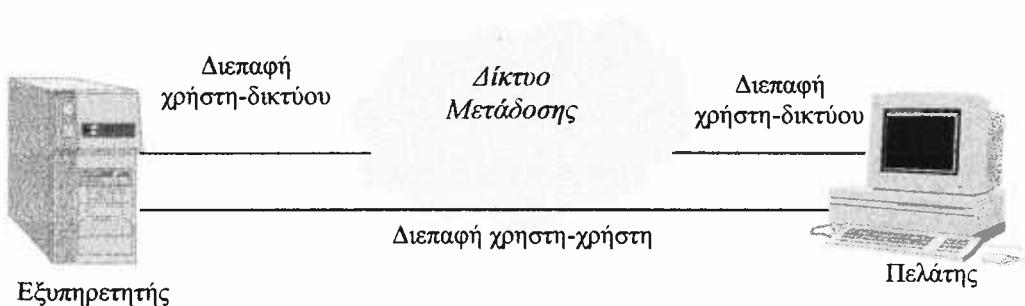
Όπως και στην περίπτωση του ST-II, η ομάδα πρωτοκόλλων Tenet παρέχει τη δέσμευση πόρων ως μέρος της εγκαθίδρυσης του καναλιού επικοινωνίας δηλαδή στα πλαίσια της σύνδεσης. Η έναρξη της δέσμευσης πραγματοποιείται και από τα δύο μέρη και ακολουθεί ο έλεγχος αποδοχής που διενεργείται σε δύο περάσματα. Στο πρώτο γίνεται η αρχική δέσμευση και στο δεύτερο επιβεβαιώνεται. Επιπλέον, η ομάδα πρωτοκόλλων Tenet υποστηρίζει δυναμικές μεταβολές των χαρακτηριστικών των συνδέσεων, καθώς και ετερογένεια μεταξύ των χρηστών. Παρόλα αυτά, εξαιτίας των δύο περασμάτων απαιτείται σημαντικό χρονικό διάστημα για την υλοποίηση της σύνδεσης και επομένως δεν ενδείκνυται για συστήματα πραγματικού χρόνου που είναι ευαίσθητα στην καθυστέρηση.

1.3 Δυναμική διαχείριση συνδέσεων από το επίπεδο εφαρμογής

Οι εφαρμογές VoD και γενικά όσες εφαρμογές αφορούν ισόχρονη επικοινωνία απαιτούν άμεσο έλεγχο του υποκείμενου δικτύου και των συνδέσεων με τους χρήστες. Ο έλεγχος αυτός έγκειται, κυρίως στην ρύθμιση της χρήσης των πόρων για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και στη δυναμική μεταβολή των συνδέσεων μέσω μηχανισμών σηματοδότησης. Με γνώμονα την ανάγκη για δικτυακή διαχείριση από το επίπεδο εφαρμογής, η ερευνητική ομάδα προτυποποίησης του MPEG-2 πρωτοκόλλου ανέλαβε την ανάπτυξη μιας σειράς προτύπων που αποτέλεσαν το DCM-CC (Digital Storage Medium-Command and Control) πρωτόκολλο.

1.3.1 Digital Storage Medium-Command and Control (DCM-CC)

Τα DSM-CC πρωτόκολλα συμπληρώνουν τη λειτουργία των υπόλοιπων δικτυακών πρωτοκόλλων για την υποστήριξη των απαιτήσεων μετάδοσης video. Θεωρούν ότι οι συνδέσεις μεταξύ του εξυπηρετητή και των χρηστών έχουν εγκαθιδρυθεί μέσω σηματοδοτικών μηχανισμών του B-ISDN ή μέσω του πρωτοκόλλου ATM. Από εκεί και πέρα αναλαμβάνουν την εγκαθιδρυση και τη διαχείριση των συνόδων που θα βασιστούν στις συνδέσεις αυτές.



Σχήμα VII - 1 DSM-CC διεπαφές

Σύμφωνα με το DSM-CC μοντέλο σχεδίασης και όπως διακρίνεται και στο παραπάνω σχήμα, ορίζονται δύο είδη διεπαφών: μεταξύ της κάθε οντότητας (εξυπηρετητή και χρήστη) και του δικτύου και μεταξύ των δύο οντοτήτων. Οι δύο διεπαφές διαφέρουν στο ότι η πρώτη αντιστοιχίζεται στα πρωτόκολλα σηματοδότησης του επιπέδου δικτύου του OSI μοντέλου, ενώ η δεύτερη σχετίζεται κυρίως με το επίπεδο εφαρμογής και λειτουργεί με βάση μια πιο αντικειμενοστραφή προσέγγιση.

Διεπαφή μεταξύ οντοτήτων και δικτύου

Στο σημείο αυτό δίνεται έμφαση στο κομμάτι της διαχείρισης και του ελέγχου της συνόδου μεταξύ του εξοπλισμού του χρήστη ή του εξυπηρετητή και του δικτύου. Για την επιτέλεση των σχετικών λειτουργιών το DSM-CC ορίζει μια σειρά μηνυμάτων και ακολουθιών εντολών.

Όσο αφορά στα μηνύματα, διακρίνονται δύο κατηγορίες. Τα μηνύματα διαμόρφωσης εστιάζουν στη μετάδοση των δικτυακών παραμέτρων (διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη) ή ακόμα και των παραμέτρων που έχουν καθοριστεί από τον ίδιο το χρήστη (χρονομέτρες και, γενικά, διάφοροι μετρητές). Αντίθετα, τα υπόλοιπα μηνύματα χρησιμοποιούνται για την εγκαθίδρυση και τη διαχείριση των συνόδων. Στο κύριο μέρος και των δύο τύπων μηνυμάτων προσδιορίζονται μια σειρά πεδίων δεδομένων που περιλαμβάνουν γενικές πληροφορίες, όπως το αναγνωριστικό της συνόδου, και μια σειρά περιγραφητών που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένους πόρους, όπως το εύρος ζώνης. Οι περιγραφητές πόρων εξαρτώνται τόσο από τη συγκεκριμένη σύνοδο όσο και από την υποκείμενη δικτυακή τεχνολογία.

Από την άλλη πλευρά, μία ακολουθία εντολών ορίζεται ως η διαδοχή πολλαπλών μηνυμάτων. Οι ακολουθίες εντολών αρχικοποιούνται με πρωτοβουλία του πελάτη, του εξυπηρετητή ή ακόμα και του ίδιου του δικτύου. Στον πελάτη αποδίδεται συνήθως η εγκαθίδρυση της σύνδεσης, η αποδέσμευση από αυτή και η αίτηση για ενημέρωσή του σχετικά με την κατάσταση των υπόλοιπων ενεργών συνόδων. Ωστόσο, την εκκίνηση και τον τερματισμό μιας συνόδου ενδέχεται να επιδιώξει και ο εξυπηρετητής, ο οποίος αναλαμβάνει, επίσης, και την δυναμική μεταβολή των πόρων που δεσμεύονται για κάθε σύνοδο. Τέλος, το δίκτυο ξεκινά μια ακολουθία εντολών

σε περίπτωση που αδυνατεί να παρέχει πλέον την απαιτούμενη υπηρεσία, ή κατά τη συγκέντρωση πληροφοριών για την κατάσταση των άλλων οντοτήτων.

Διεπαφή μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή

Η διεπαφή μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή προσομοιάζει την από-άκρη-σε-άκρη επικοινωνία μεταξύ των δύο μερών. Η επικοινωνία αυτή είναι διαφανής ως προς το δίκτυο και διακρίνεται από την εκτέλεση της εφαρμογής και από τις λειτουργίες πελάτη- εξυπηρετητή (client-server functions).

Ειδικότερα, η επικοινωνία που διενεργείται για την εκτέλεση της εφαρμογής έγκειται στην μεταφορά του εκτελέσιμου κώδικα από τον εξυπηρετητή στον πελάτη αμέσως μετά την εγκαθίδρυση της συνόδου. Για την υποστήριξη της επικοινωνίας αυτής, πραγματοποιούνται μια σειρά λειτουργιών μεταξύ των δύο οντοτήτων. Αυτές αποτελούν το κύριο μέρος της επικοινωνίας πελάτη-εξυπηρετητή και συνοψίζονται στις εξής:

- ✓ Λειτουργίες πάνω στη ροή, για παράδειγμα VCR λειτουργίες (pause, forward, rewind)
- ✓ Λειτουργίες πρόσβασης, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τις υπόλοιπες ως βάση.
- ✓ Λειτουργίες ευρετηρίου, με βάση τις οποίες αναζητούνται τα DSM-CC αντικείμενα.
- ✓ Λειτουργίες αρχείου, που περιλαμβάνουν απομακρυσμένη ανάγνωση και εγγραφή αρχείων.
- ✓ Λειτουργίες υπηρεσιών για την πρόσβαση του πελάτη σε συγκεκριμένες υπηρεσίες του εξυπηρετητή.
- ✓ Γενικές λειτουργίες, όπως πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων.

1.4 Δρομολόγηση

Σε ένα σύστημα Video-on-Demand, η βέλτιστη επίδοση των μηχανισμών δρομολόγησης, σε όρους ταχύτητας, επιτυγχάνεται με την επιλογή μιας σταθερής

διαδρομής για τη μετάδοση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις περιπτώσεις που γίνεται χρήση μιας συγκεκριμένης διαδρομής, διευκολύνεται η επιβολή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσίας. Επίσης, αποφεύγεται η εμφάνιση μεγάλης διακύμανσης στις τιμές της καθυστέρησης που θα προέκυπτε από την αλλαγή των μονοπατιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά κίνησης.

Παρόλα αυτά, στην ειδική περίπτωση που το δίκτυο στηρίζεται σε πρωτόκολλο IP, όπως για παράδειγμα το Internet, μια τέτοια θεώρηση ενδέχεται να δημιουργήσει προβλήματα. Συγκεκριμένα, μια από τις βασικές λειτουργίες του πρωτοκόλλου IP έγκειται στην ανάκαμψη από αποτυχίες στο επίπεδο σύνδεσης. Κάτι τέτοιο δεν θα μπορεί να επιτευχθεί αν νιοθετηθεί μία σταθερή διαδρομή. Το ίδιο θα ισχύσει και όσο αφορά στην υπηρεσία με βάση την βέλτιστη προσπάθεια (best-effort service) που παρέχουν τα IP δίκτυα και που δεν προϋποθέτει προηγούμενη δέσμευση πόρων. Τέλος, γενικά, στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης που επικρατούν περιλαμβάνουν τα IGP, EGP και OSPF.

1.5 Πρότυπο μετάδοσης πολλαπλών διευθύνσεων

Η καλύτερη διαχείριση του εύρους ζώνης και των δικτυακών πόρων γενικότερα, καθώς και το υψηλό κόστος που παρουσιάζει η ένα-προς-ένα μετάδοση ψηφιακού video ειδικά σε συστήματα πολλαπλών χρηστών, καθιστά το πρότυπο μετάδοσης πολλαπλών διευθύνσεων ως τη συμφερότερη λύση. Ωστόσο, οι υπάρχουσες υλοποιήσεις που έχουν γίνει σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου, όπως για παράδειγμα το Mbone δίκτυο που μοιράζεται το ίδιο φυσικό δίκτυο με το Internet, δεν έχουν ακόμα επεκταθεί αν και βρίσκονται σε εξέλιξη.

Κάθε δίκτυο που υποστηρίζει το συγκεκριμένο πρότυπο, περιλαμβάνει στην ουσία δύο βασικά συστατικά. Το πρώτο αναφέρεται στο κομμάτι του πρωτοκόλλου που βρίσκεται στην πλευρά του εξυπηρετητή και επιτρέπει στο επίπεδο εφαρμογής του χρήστη να ειδοποιήσει τον τοπικό δρομολογητή ότι θα συμμετέχει σε μία συγκεκριμένη ομάδα. Εξάλλου, το δεύτερο συστατικό σχετίζεται με τη δυνατότητα των δρομολογητών να επικοινωνήσουν μεταξύ τους για την προώθηση των datagrams σε όλους τους αποδέκτες.

Στα πλαίσια αυτά, το πρότυπο διασφαλίζει δύο βασικές απαιτήσεις. Καταρχήν, η συμμετοχή και η απόσυρση του κάθε χρήστη από μία ομάδα γίνεται με γνώμονα την ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης που προϋποθέτει η ενέργεια τους αυτή. Το IGMP (Internet Group Management protocol) είναι το βασικό πρωτόκολλο που αναλαμβάνει τη διαχείριση ομάδων πολλαπλής μετάδοσης στο Internet. Παράλληλα, ο χρήστης θα πρέπει να είναι σε θέση να ξεκινήσει να στέλνει τα πακέτα χωρίς να περιμένει να γίνει πρώτα μέλος μιας ομάδας. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι η εξασφάλιση της αλληλεπίδρασης και της ποιότητας υπηρεσίας σε ένα σύστημα VoD δημιουργεί σημαντικά προβλήματα σε σχέση με τις απαιτήσεις αυτές, δεδομένου ότι οι χρήστες διαφοροποιούνται συνεχώς με βάση τις δύο αυτές παραμέτρους, αυξάνοντας την πολυπλοκότητα της μετάδοσης και των μηχανισμών του προτύπου.

Κεφάλαιο VIII:

Προτεινόμενα Μοντέλα

1 Προτεινόμενα μοντέλα για παροχή υπηρεσιών VoD

Η μετάδοση video στα πλαίσια εφαρμογών Video-on-Demand και γενικότερα, αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερου ερευνητικού ενδιαφέροντος από διάφορες επιστημονικές κοινότητες. Τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί, εταιρείες δικτυακής υποδομής και πληροφορικής, πανεπιστήμια και μία σειρά από εμπορικές επιχειρήσεις που θεωρούν το video ως βασικό μέσο παροχής και προώθησης των υπηρεσιών τους, δραστηριοποιούνται στο συγκεκριμένο πεδίο με στόχο να καθορίσουν ένα γενικό μοντέλο συστήματος που θα διασφαλίζει τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές μιας εφαρμογής VoD.

Μέσα από τις διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν γίνει για τη μετάδοση ψηφιακού video σε δίκτυα δεδομένων ζεχωρίζουν οι προτάσεις τεσσάρων οργανισμών. Πρόκειται για τους ATM Forum, ITU-T, IETF και DAVIC. Στη συνέχεια, θα γίνει συνοπτική αναφορά στην συνεισφορά του κάθε οργανισμού σε αυτό το επιστημονικό πεδίο.

1.1 ATM Forum

Το ATM Forum ανέθεσε σε ειδική τεχνική επιτροπή να διερευνήσει τον τρόπο παροχής οπτικοακουστικών πολυμεσικών υπηρεσιών πάνω σε ATM υποδομή. Από την επιτροπή αυτή προέκυψε το 1995 μία προδιαγραφή υλοποίησης για εφαρμογές Video-on-Demand η οποία πραγματευόταν βασικά θέματα μετάδοσης. Η επιτροπή πρότεινε μια ομάδα πρωτοκόλλων που συνέστησαν το VoD μοντέλο αναφοράς του ATM Forum και το οποίο περιγράφεται στο σχήμα που ακολουθεί.

(Link) Control Plane	User Plane			(Video) Control Plane	
Connection control	Video	Audio	Private Data	User to User Control	Session Control
ATMF 4.0	MPEG-2 SPTS			Transport Protocol	
SSCOP					
SSCF	ATM Forum Network Adaptation				
	AAL5				
	ATM				
	Physical and Convergence				

Σχήμα VIII - 1 ATM Forum μοντέλο αναφοράς VoD πρωτοκόλλων

Το πιο σημαντικό κομμάτι της συγκεκριμένης προδιαγραφής υλοποίησης σχετίζεται με τον προσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο η ροή των πακέτων MPEG-2 μεταδίδεται μέσω του δικτύου ATM. Το πρότυπο AAL-5 υιοθετείται στο επίπεδο προσαρμογής για να παρέχει την αντιστοίχηση μεταξύ των πακέτων MPEG-2 και των πακέτων που τελικά μεταφέρονται μέσω του δικτύου.

1.2 ITU-T

Ο παγκόσμιος οργανισμός τηλεπικοινωνιών (ITU-T) συμπεριέλαβε μέσα στις προτάσεις προτυποποίησης που εκδίδει και την πρόταση J.82. Η πρόταση αυτή αφορά στην μετάδοση σημάτων τηλεόρασης σε δίκτυα ATM, σε περίπτωση που είναι κωδικοποιημένα με το MPEG-2 και διακρίνονται από σταθερό ρυθμό μετάδοσης. Εκτός από τη χρήση του AAL-5 που ακολουθεί την ίδια προσέγγιση με αυτή του ATM Forum, ο ITU-T περιγράφει μία εναλλακτική μέθοδο κατά την οποία

χρησιμοποιείται το πρότυπο AAL-1. Το τελευταίο είναι περισσότερο πολύπλοκο, αλλά παρέχει μεγαλύτερη κάλυψη από τα σφάλματα του δικτύου.

Ειδικότερα, το AAL-1 περιλαμβάνει μηχανισμούς αντιμετώπισης και διόρθωσης ενδεχόμενων σφαλμάτων. Ο κυριότερος από αυτούς έγκειται στην χρήση χρονοσφραγίδων με βάση τις οποίες εξασφαλίζεται σταθερή από-άκρη-σε-άκρη καθυστέρηση. Στην ελάττωση της διακύμανσης της καθυστέρησης συντελεί και η χρήση ενταμιευτών. Επίσης, το πρότυπο AAL-1 αντιμετωπίζει καταστάσεις απώλειας κυψελίδων και σε συνδυασμό με το πρότυπο I.363 διασφαλίζει την ανάκτησή τους.

1.3 Internet Engineering Task Force (IETF)

Η απαίτηση για ενσωμάτωση του video ως μορφή πληροφορίας που είναι δυνατό να μεταδοθεί μέσα από το Internet, οδήγησε σε μια σειρά προσπαθειών να καθοριστούν οι προδιαγραφές εκείνες που θα το επιτρέπουν και οι μηχανισμοί που θα υιοθετηθούν για να τις διασφαλίσουν. Κυρίαρχο ρόλο στις προσπάθειες αυτές διαδραμάτισε το Internet Engineering Task Force. Με γνώμονα την αδυναμία της υφιστάμενης αρχιτεκτονικής και των προτύπων του Internet να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις των εφαρμογών Video-on-Demand για μετάδοση σε πραγματικό χρόνο, με αλληλεπίδραση και με συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας, οδηγήθηκε στην αναζήτηση νέων μοντέλων. Από την ερευνητική αυτή εργασία προέκυψε η αρχιτεκτονική ολοκληρωμένων υπηρεσιών (Integrated Services Architecture). Παράλληλα, αναπτύχθηκαν νέα πρωτόκολλα για την υποστήριξή της (RSVP, RTP) και προωθήθηκε το πρότυπο πολλαπλών διευθύνσεων για τη μετάδοση του video. Στα θέματα αυτά έγινε εκτεταμένη αναφορά στην ενότητα των δικτυακών τεχνολογιών μεταγωγής πακέτων (IP δίκτυα).

1.4 Digital Audio-Visual Council (DAVIC)

Το DAVIC ιδρύθηκε το 1994 με πρωταρχικό την ανάπτυξη ενός μοντέλου αναφοράς που θα υποστηρίζει τις νέες εφαρμογές και υπηρεσίες μετάδοσης ψηφιακού video. Στο συμβούλιο αυτό συμμετέχουν εταιρείες πληροφορικής, επιχειρήσεις παροχής

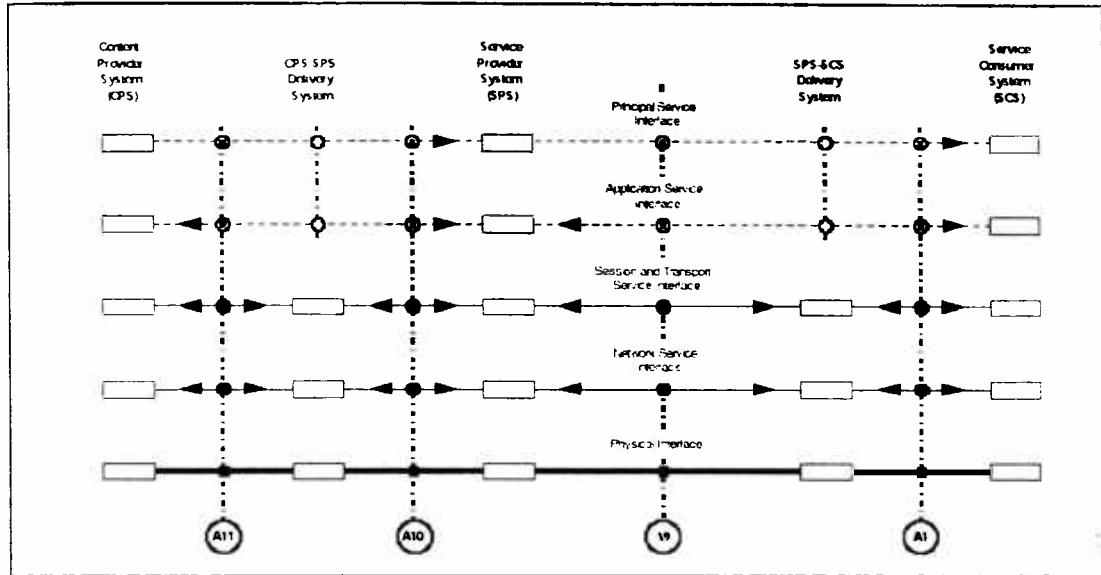
υπηρεσιών και κατασκευαστές οπτικοακουστικού εξοπλισμού. Εξαιτίας των διαφορετικών προσεγγίσεων που αντιπροσωπεύουν τα μέλη του, ασχολείται με ένα ευρύ φάσμα θεμάτων μετάδοσης συμπεριλαμβανομένου και της πρόσβασης του τελικού χρήστη, αλλά και την χρήση του Internet δικτύου ως μέσου διάδοσης της ψηφιακής πληροφορίας.

Το DAVIC εξέδωσε την πρώτη προδιαγραφή στα τέλη του 1995. Η δομή της επικεντρώνεται γύρω από μια σειρά αντιπροσωπευτικών εφαρμογών με βάση τις οποίες καθορίζονται οι απαιτήσεις που θα πρέπει να διασφαλιστούν. Με γνώμονα τις απαιτήσεις αυτές προσδιορίζονται οι κύριες λειτουργίες που θα τις καλύψουν και, στη συνέχεια, τα μοντέλα, οι αρχιτεκτονικές, τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που θα υλοποιήσουν τη συγκεκριμένη λειτουργικότητα.

1.4.1 Συστημικό Μοντέλο Αναφοράς

Όλες οι προδιαγραφές του DAVIC στηρίζονται σε ένα συστημικό μοντέλο αναφοράς το οποίο αποτελείται από τέσσερα μέρη: το σύστημα παροχής περιεχομένου (Content provider system, CPS), το σύστημα παροχής υπηρεσίας (Service provider system, SPS), το σύστημα κατανάλωσης υπηρεσίας (Service consumer system) και το σύστημα παράδοσης (Delivery system, DS). Η πληροφορία που ανταλλάσσεται μεταξύ των συστημάτων αφορά εκτός από την κύρια πληροφορία και πληροφορία ελέγχου. Στην ουσία, προσδιορίζονται πέντε βασικές ροές πληροφορίας, όπως διακρίνεται στο σχήμα. Παράλληλα, σύμφωνα με το μοντέλο καθορίζονται και μια σειρά σημείων αναφοράς τόσο μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων όσο και μεταξύ των οντοτήτων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση του συστήματος Video-on-Demand, ως CPS θεωρείται ο video εξυπηρετητής, ενώ το σύστημα παροχής υπηρεσίας θα μπορούσε να αποτελέσει κάποιος τηλεπικοινωνιακός οργανισμός. Από την άλλη πλευρά, την υπηρεσία απολαμβάνει κάποιος χρήστης μέσω ειδικού εξοπλισμού αποκωδικοποίησης του λαμβανόμενου σήματος. Τέλος, το σύστημα μετάδοσης συνιστούν όλες οι εμπλεκόμενες κατηγορίες δικτύων (δίκτυο μετάδοσης, δίκτυο πρόσβασης και δίκτυο αλληλεπίδρασης).



Σχήμα VIII - 2 Davic Μοντέλο αναφοράς συστήματος VoD

Μέρος Γ:

Υλοποίηση

Συστήματος VoD

Στα δύο πρώτα μέρη της μελέτης αυτής, περιγράφηκε η αρχιτεκτονική ενός συστήματος VoD με αλληλεπίδραση και αναλύθηκαν οι προδιαγραφές που θα πρέπει αυτό να πληροί σε όλα τα επίπεδα ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει τις υψηλές απαιτήσεις μιας ευρύτερης κατηγορίας εφαρμογών VoD. Επιπλέον, αναφέρθηκαν οι κυριότερες τεχνολογικές πλατφόρμες που ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν στο δικτυακό επίπεδο για την μετάδοση του ψηφιακού video και των πληροφοριών ελέγχου από τον πάροχο των υπηρεσιών μέχρι τον τελικό χρήστη.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα προσδιοριστεί ένα μοντέλο υλοποίησης του συστήματος όπως αυτό προκύπτει από τη μελέτη που προηγήθηκε. Στη συνέχεια, η μελέτη θα επικεντρωθεί στο σημείο που λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος μεταξύ δικτύου και συγκεκριμένης εφαρμογής VoD περιγράφοντας τα συστατικά του στοιχεία και τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ενσωματώνει. Τέλος, θα γίνει αναφορά σε σχετική εφαρμογή που υλοποιήθηκε με βάση το μοντέλο.



Κεφάλαιο IX:

Μοντέλο Υλοποίησης

συστήματος VoD

1 Παραδοχές

Το μοντέλο υλοποίησης που θα νιοθετηθεί στηρίζεται σε μια σειρά παραδοχών, οι οποίες συνοψίζονται στις εξής:

- ✓ Το μοντέλο υλοποίησης βασίζεται στο μοντέλο σχεδίασης του συστήματος VoD που περιγράφτηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό σημαίνει ότι περιλαμβάνει έναν video εξυπηρετητή που αναλαμβάνει την παροχή των υπηρεσιών VoD και τον πελάτη ή χρήστη που λειτουργεί ως αποδέκτης. Η επικοινωνία μεταξύ των δύο οντοτήτων πραγματοποιείται μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας που ενσωματώνει, ως επιμέρους δίκτυα, το δίκτυο μετάδοσης, το δίκτυο αλληλεπίδρασης και το δίκτυο πρόσβασης.
- ✓ Ως δίκτυο επικοινωνίας θεωρείται το Internet που αποτελεί δίκτυο μεταγωγής πακέτου και στηρίζεται στην TCP/IP οικογένεια πρωτοκόλλων.
- ✓ Θεωρείται ότι το μοντέλο ακολουθεί τις αρχές τις αρχιτεκτονικής ολοκληρωμένων υπηρεσιών (Integrated Service Architecture, ISA). Ειδικότερα, το δίκτυο βασίζεται σε πρωτόκολλα και πρότυπα που υποστηρίζουν μετάδοση σε πραγματικό χρόνο και με συγκεκριμένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας (π.χ RTP, RTCP, RSVP, HTTPPs).
- ✓ Θέματα που αφορούν στη διαχείριση του video (αποθήκευση, ανάκτηση, κωδικοποίηση) και, γενικότερα, σε επίπεδα εκτός του επιπέδου εφαρμογής (π.χ

λειτουργικό επίπεδο) θεωρείται ότι έχουν εξασφαλιστεί με αποδοτικές τεχνικές και δεν αντιμετωπίζονται από το μοντέλο.

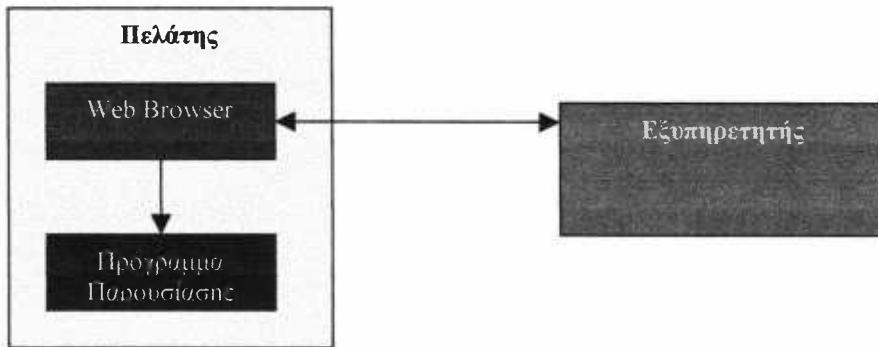
- ✓ Τέλος, αν και κατά την περιγραφή του μοντέλου υλοποίησης ενός συστήματος Video-on-Demand αναφέρεται ένας εξυπηρετητής, δεν απαιτούνται σημαντικές τροποποιήσεις σε περίπτωση που προτιμηθεί οι υπηρεσίες να παρέχονται από μία ομάδα κατανεμημένων εξυπηρετητών.

2 Εναλλακτικά μοντέλα

Το γεγονός ότι το Internet θα αποτελέσει το δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή συνεπάγεται δύο εναλλακτικούς τρόπους μετάδοσης της ψηφιακής πληροφορίας. Ο πρώτος αφορά στην χρήση του πρωτοκόλλου HTTP για την παράδοση του video και ο δεύτερος μια σειρά άλλων πρωτοκόλλων είτε γνωστών είτε σχεδιασμένων ειδικά για το εκάστοτε περιβάλλον της εφαρμογής. Επιπλέον, συχνά υιοθετείται ένας συνδυασμός των δύο αυτών τρόπων. Με βάση τους εναλλακτικούς τρόπους μετάδοσης προκύπτουν τα τρία μοντέλα υλοποίησης μιας εφαρμογής VoD που περιγράφονται στη συνέχεια.

2.1 Μοντέλα μετάδοσης βασισμένα στο πρωτόκολλο HTTP

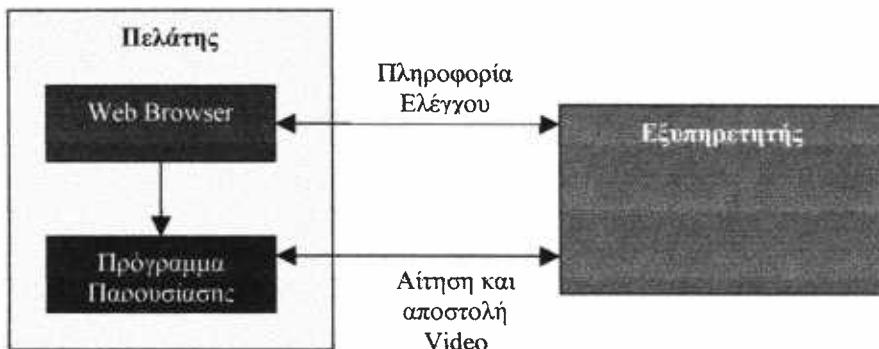
Το μοντέλο αυτό είναι εξαιρετικά απλό στην υλοποίηση. Συγκεκριμένα, ένας browser στην πλευρά του χρήστη εγκαθιστά μια TCP σύνδεση με τον εξυπηρετητή και του στέλνει αίτηση για το video clip που επιθυμεί. Εκείνος με τη σειρά του επιστρέφει ένα HTTP μήνυμα που περιλαμβάνει το video. Ο browser αναγνωρίζει τον τύπο του μηνύματος από ειδικό πεδίο στην επικεφαλίδα και ενεργοποιεί το κατάλληλο πρόγραμμα που θα αναλάβει την παρουσίαση του clip. Το μοντέλο αυτό, αναπαρίσταται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα IX - 1 Βασικό μοντέλο μετάδοσης με βάση πρωτόκολλο HTTP

Παρά την απλότητα της προσέγγισης αυτής, το κύριο μειονέκτημά της είναι ότι το πρόγραμμα παρουσίασης του video αλληλεπιδρά με τον εξυπηρετητή μόνο μέσω του browser. Κατά συνέπεια, πρέπει να ολοκληρωθεί η παραλαβή του για να ξεκινήσει η εμφάνισή και η διαχείρισή του. Κάτι τέτοιο εισάγει σημαντική καθυστέρηση που δεν είναι αποδεκτή από τον χρήστη.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, υλοποιείται μια παραλλαγή του συγκεκριμένου μοντέλου που σχετίζεται με την άμεση επικοινωνία του εξυπηρετητή τόσο με τον browser όσο και με το πρόγραμμα παρουσίασης. Σύμφωνα με αυτή, το URL που επιλέγει ο χρήστης δεν αντιστοιχεί απευθείας σε κάποιο video, αλλά σε ένα μετά-αρχείο (metafile) που περιέχει το URL του video. Όταν το μετά-αρχείο αποσταλεί με μήνυμα HTTP στον browser, εκείνος το αναγνωρίζει από την επικεφαλίδα, την αφαιρεί, ενεργοποιεί το πρόγραμμα παρουσίασης και του περνάει το κύριο σώμα του μηνύματος. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα θα εγκαθιδρύσει μια TCP σύνδεση και θα αναλάβει εκείνο την επικοινωνία με τον εξυπηρετητή. Η παραλλαγή του μοντέλου εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2 : Εναλλαχτικό μοντέλο μετάδοσης βασισμένο σε HTTP

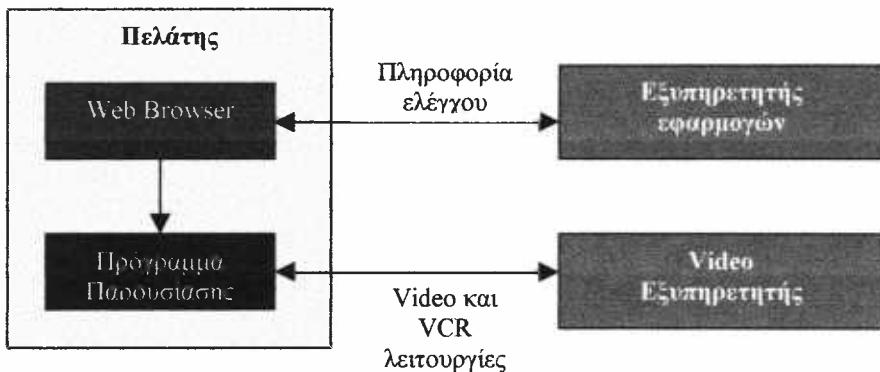
2.2 Μοντέλο υλοποίησης βασισμένο σε συνδυασμούς πρωτοκόλλων

Το μοντέλο υλοποίησης που εμπεριέχει μόνο HTTP μηχανισμούς μετάδοσης δεν ενδείκνυται ακόμα και αν υιοθετηθεί η περίπτωση όπου ο εξυπηρετητής επικοινωνεί απευθείας με το πρόγραμμα ή τη συσκευή παρουσίασης. Αυτό οφείλεται στην αδυναμία του HTTP πρωτοκόλλου να υποστηρίξει ικανοποιητική από άποψη ποιότητας αλληλεπίδραση με τον video εξυπηρετητή και να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά καταστάσεις απώλειας πακέτων που εισάγουν σημαντικό βαθμό καθυστέρησης.

Η λύση που προτείνεται έγκειται στο διαχωρισμό της επικοινωνίας στο κομμάτι που αφορά στην συγκεκριμένη εφαρμογή και σε αυτό που σχετίζεται με τη μετάδοση και διαχείριση του video και στην ανάθεση του κάθε κομματιού σε διαφορετικό εξυπηρετητή. Με τον τρόπο αυτό, όπως φαίνεται στο σχήμα, ο εξυπηρετητής της εφαρμογής (application server) αναλαμβάνει την ανταλλαγή πληροφοριών, που σχετίζονται με το σενάριο της εφαρμογής, με τον browser και ο video εξυπηρετητής διαχειρίζεται ότι σχετίζεται με το ίδιο το video και τη μετάδοσή του. Ειδικότερα, ανταλλάσσονται τα εξής μηνύματα:

- Ο browser του χρήστη στέλνει το URL που αντιστοιχεί στην επιλογή του στον εξυπηρετητή της εφαρμογής (application server).

- Ο τελευταίος, αφού επεξεργαστεί την αίτησή του, στέλνει στον browser την πληροφορία που δεν σχετίζεται με το video και, παράλληλα, το μετά-αρχείο που περιλαμβάνει την IP διεύθυνση του video εξυπηρετητή και την περιγραφή του video clip που επέλεξε.
- Ο browser εξετάζει την επικεφαλίδα του μετά-αρχείου, την αφαιρεί, καλεί το αντίστοιχο πρόγραμμα παρουσίασης και του περνάει το κύριο μέρος του αρχείου.
- Το πρόγραμμα παρουσίασης ζητά από τον video εξυπηρετητή το clip με βάση τα στοιχεία που έλαβε από τον browser.
- Ο video εξυπηρετητής αποστέλλει το clip.
- Από εκεί και μετά ξεκινά η διαδικασία αλληλεπίδρασης όπου ο χρήστης μέσω του προγράμματος παρουσίασης επιτελεί μια σειρά VCR λειτουργιών ρυθμίζοντας την πληροφορία που δέχεται. Η παρουσίαση του video μπορεί να ξεκινήσει είτε αφού παραληφθεί ολόκληρο το video είτε παράλληλα με την μετάδοσή του με ένα διάστημα καθυστέρησης.



Σχήμα IX - 3 Μοντέλο μετάδοσης με συνδυασμό πρωτοκόλλων

Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη διαφοροποίηση των δύο λειτουργιών. Καταρχήν, δεν συγκεντρώνεται όλος ο φόρτος επεξεργασίας σε ένα μηχάνημα, γεγονός που θα επιβάρυνε την επικοινωνία με τον χρήστη. Κατά επέκταση, μειώνεται η πολυπλοκότητα του κάθε μηχανήματος, αφού αφιερώνεται σε μία κατηγορία λειτουργιών και αυξάνεται η συνολική απόδοση του συστήματος. Επιπλέον, δημιουργείται η δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών, πιο ευέλικτων, πρωτοκόλλων για την αποστολή του video. Για παράδειγμα, θα μπορούσε

η μετάδοση του να διεξάγεται πάνω από μια UDP σύνδεση. Τέλος, η κατανομή των λειτουργιών αποτελεί μονόδρομο σε περιπτώσεις που το σύστημα αναφέρεται σε μεγάλο αριθμό χρηστών με αυξημένες απαιτήσεις όπως συμβαίνει σε ένα σύστημα Video-on-Demand.

3 Βασικές οντότητες του μοντέλου υλοποίησης

Το μοντέλο υλοποίησης που επιλέχτηκε περιλαμβάνει τρεις βασικές οντότητες: τον πελάτη (client), τον video εξυπηρετητή (video server) και τον εξυπηρετητή της εφαρμογής (application server).

3.1 Client

Βασική προϋπόθεση για την αποδοχή του συστήματος από τους χρήστες αποτελεί η ελαχιστοποίηση του κόστους που περιλαμβάνει η συμμετοχή τους στο σύστημα. Η προϋπόθεση αυτή καλύπτεται πλήρως από το προτεινόμενο μοντέλο υλοποίησης, καθώς απαιτεί μόνο την εγκατάσταση συγκεκριμένου εξοπλισμού που περιορίζεται στον υπολογιστή και σε ένα modem μέσω του οποίου θα γίνει η σύνδεση με το Internet, σε ένα λογαριασμό σε κάποιον παροχέα υπηρεσιών πρόσθιασης και στα απαραίτητα για την παρουσίαση προγράμματα και συσκευές (π.χ ηχεία, multimedia players, κάρτα ήχου κ.λπ.). Τα κύρια προγράμματα που θα αναλάβουν την επικοινωνία με τον εξυπηρετητή είναι το πρόγραμμα παρουσίασης και ο browser.

3.2 Video Server

Όλες οι λειτουργίες και οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί ο video server για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος, καθώς και τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται περιγράφτηκαν στο κεφάλαιο που αναφέρθηκε στην αρχιτεκτονική ενός

συστήματος Video-on-Demand. Στην ουσία, από τα πέντε επίτεδα λειτουργικότητας που καθορίστηκαν - εφαρμογής, παρουσίασης, αποθήκευσης, δικτύου και λειτουργικό- περιλαμβάνει κυρίως λειτουργίες από τα τρία τελευταία, ενώ τα υπόλοιπα ενσωματώνονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στον application server.

3.3 Application Server

Ο application server είναι υπεύθυνος για ότι σχετίζεται με το κομμάτι της εφαρμογής. Στην ουσία αποτελεί το σημείο διεπαφής μεταξύ του χρήστη και του συστήματος VoD. Το γεγονός ότι εξυπηρετεί ταυτόχρονα διαφορετικές εφαρμογές δημιουργεί την ανάγκη για κατασκευή ενός γενικού μοντέλου εξυπηρετητή εφαρμογής που θα καλύπτει τις επιμέρους ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις. Ταυτόχρονα, ο application server θα πρέπει να μην εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του video server ούτε από τις συγκεκριμένες δικτυακές τεχνολογίες που εξασφαλίζουν την επικοινωνία. Στη συνέχεια αναλύονται οι κυριότερες προδιαγραφές που απαιτείται να διέπουν τη λειτουργία του εξυπηρετητή εφαρμογής σε ένα σύστημα Video-on-Demand, καθώς και τα βασικά στοιχεία που τον συνιστούν.

4 Προδιαγραφές του application server

Ο application server καλείται να ανταποκριθεί στις υψηλές απαιτήσεις των εφαρμογών VoD που θα υποστηρίζει λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές πλατφόρμες υλοποίησης του συστήματος. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να υποστηρίζει και να προωθεί τα εξής χαρακτηριστικά:

> Ανεξαρτησία από τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής

Είναι προφανές ότι το σύνολο των εφαρμογών που εξυπηρετεί ο application server, δεν έχουν πάντα κοινά στοιχεία μεταξύ τους παρά μόνο ότι παρέχουν υπηρεσίες VoD επιτρέποντας παράλληλα την αλληλεπίδραση με το χρήστη.

Επομένως, είναι απαραίτητο ο application server να λειτουργεί ως κοινή βάση, εξομαλύνοντας τις διαφορές και υποστηρίζοντας διαδικασίες που είναι κοινές σε όλες τις εφαρμογές. Για παράδειγμα, ένας εξυπηρετητής που αναφέρεται μόνο σε παιχνίδια VoD, θα παραβιάζε τη γενικότητα του μοντέλου.

➤ *Ανεξαρτησία από το υποκείμενο δίκτυο*

Παρά το γεγονός ότι η επικοινωνία του application server με τον client θα βασίζεται στο HTTP πρωτόκολλο, αυτό δεν θα πρέπει να θεωρηθεί καθοριστικός σχεδιαστικός παράγοντας. Αντίθετα, η αρχιτεκτονική του εξυπηρετητή απαιτείται να είναι ανεξάρτητη από τα χρησιμοποιούμενα δίκτυακα πρωτόκολλα και πρότυπα, έτσι ώστε να μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε διάφορες τεχνολογικές πλατφόρμες. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι το υποκείμενο δίκτυο δεν είναι δυνατό να μην ληφθεί καθόλου υπόψη.

➤ *Ανεξαρτησία από τις τεχνικές διαχείρισης του video*

Ο application server αναλαμβάνει να φέρει σε επαφή τον client με τον video server. Επομένως, ανεξάρτητα από το αν οι δύο εξυπηρετητές βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον ή όχι, ο πρώτος θα πρέπει να γνωρίζει κάποια στοιχεία για τον δεύτερο. Τα στοιχεία, όμως, αυτά περιορίζονται κυρίως στα video clips που περιλαμβάνει και δεν αφορούν σε συγκεκριμένες τεχνικές διαχείρισης (κωδικοποίησης, αποθήκευσης, ανάκτησης, κ.λπ.) του video.

➤ *Αλληλεπίδραση*

Ως πρωταρχική απαίτηση του συστήματος Video-on-Demand, η αλληλεπίδραση θα πρέπει να υποστηρίζεται και από τον εξυπηρετητή εφαρμογής. Η υποστήριξη δεν σχετίζεται μόνο με τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με τον client, αλλά και με όλους εκείνους του μηχανισμούς που προωθούν την απόκριση σε πραγματικό χρόνο στις ενέργειες του χρήστη.

➤ *Ποιότητα υπηρεσίας*

Σύμφωνα με τον ορισμό της, η ποιότητα υπηρεσίας καθορίζεται και διασφαλίζεται σε όλα τα επίπεδα ενός συστήματος VoD. Ο application server υποστηρίζει την ποιότητα υπηρεσίας στα επίπεδα παρουσίασης και εφαρμογής. Επίσης, δεδομένου ότι αποτελεί την διεπαφή του χρήστη με το σύστημα, είναι



απαραίτητο να παρέχει μία σειρά μηχανισμών προσδιορισμού των παραμέτρων ποιότητας. Εξάλλου, ο application server πραγματοποιεί και ένα μέρος της αντιστοίχησης των απαιτήσεων ποιότητας που θέτει ο χρήστης σε συγκεκριμένες προδιαγραφές συστήματος.

➤ Ασφάλεια

Ένα μεγάλο μέρος της ασφάλειας του συστήματος στηρίζεται σε μηχανισμούς που ενυπάρχουν στον εξυπηρετητή εφαρμογών. Οι μηχανισμοί αυτοί απαιτείται να είναι αποτελεσματικοί και ευέλικτοι. Επιπλέον, θα πρέπει να μπορούν να υποστηρίζουν πολλαπλά επίπεδα ασφάλειας, εξαιτίας των διαφορετικών απαιτήσεων που παρουσιάζει κάθε εφαρμογή. Για παράδειγμα, ένας application server δεν θα θέσει τις ίδιες προδιαγραφές ασφάλειας για εφαρμογές VoD παιχνιδιών και για μία επιχειρηματική εφαρμογή οικονομικού περιεχομένου.

➤ Μηχανισμούς ανάκαμψης σφαλμάτων

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία του εξυπηρετητή εφαρμογών είναι να εμπεριέχει και μηχανισμούς ανάκαμψης σφαλμάτων. Σφάλματα ενδέχεται να προκύψουν στο επίπεδο της εφαρμογής και κυρίως στο επίπεδο δικτύου επηρεάζοντας την απόδοση του συστήματος. Ο application server καλείται να μπορεί να τα αντιμετωπίσει. Σε καμιά περίπτωση, όμως, δεν αναλαμβάνει τη διόρθωση των σφαλμάτων σε επίπεδο δικτύου. Αυτή εναπόκειται στα δικτυακά πρότυπα που έχουν υιοθετηθεί και τα οποία αναλαμβάνουν την ανάκαμψη από τα σφάλματα, κυρίως με μεθόδους διόρθωσης προς-τα-εμπρός (forward error correction techniques). Το επίπεδο εφαρμογής, από την άλλη πλευρά, είναι υπεύθυνο για τη διασφάλιση αδιαφάνειας ως προς τον χρήστη.

➤ Αποτελεσματικότητα

Για να είναι αποτελεσματική η λειτουργία του συστήματος Video-on-Demand που θα υλοποιηθεί, θα πρέπει όλες οι οντότητες που το συνιστούν να προωθούν τους στόχους και τις υπηρεσίες του συστήματος αποτελεσματικά. Κατά την έννοια αυτή, και ο εξυπηρετητής των εφαρμογών δεν επιτρέπεται να εξελιχθεί σε ανασταλτικό παράγοντα εισάγοντας στο σύστημα επιπλέον χρόνο καθυστέρησης ή αποτυγχάνοντας να υποστηρίξει τις χρονικές απαιτήσεις των εφαρμογών.

➤ Αποφυγή συμφόρησης

Στα πλαίσια της περιγραφής της αρχιτεκτονικής του συστήματος VoD, αναφέρθηκε ότι σε αυτό είναι δυνατό να συμμετέχει μεγάλος αριθμός χρηστών και εξυπηρετητών. Ειδικότερα, μέσα από την ανάλυση του προτεινόμενου μοντέλου υλοποίησης είναι σαφές ότι κατά την επέκταση του συστήματος, ένας application server ενδέχεται να συνδέει πολλαπλούς πελάτες με πολλαπλούς εξυπηρετητές video (ειδικά αν η πληροφορία είναι μεγάλου εύρους και δεν μπορεί να αποθηκευθεί σε ένα μόνο μηχάνημα). Σε τέτοια περίπτωση, ως πρωταρχικός στόχος προκύπτει η αποφυγή συμφόρησης στο κομμάτι του application server από το πλήθος των αιτήσεων των χρηστών.

➤ Μείωση του φόρτου

Σε συνδυασμό με την προηγούμενη απαίτηση, καταστάσεις υπερβολικού φόρτου επεξεργασίας στον εξυπηρετητή των εφαρμογών είναι απαραίτητο να αποφευχθούν. Ο συγκεκριμένος στόχος είναι εξαρτημένος από τον όγκο της πληροφορίας που αποθηκεύεται στον application server κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας. Με άλλα λόγια όσο περισσότερη πληροφορία διατηρεί, τόσο μικρότερη επεξεργασία των αιτήσεων απαιτείται. Συνήθως, προτιμάται μια μέση λύση. Ωστόσο, στην περίπτωση του συστήματος VoD που υλοποιείται, όπου θεωρείται ότι θα συμμετέχει μεγάλος αριθμός χρηστών, είναι συμφερότερο να αυξηθεί λίγο ο χρόνος επεξεργασίας παρά να διατηρεί ο application server την κατάσταση του κάθε χρήστη σε κάθε χρονική στιγμή.

➤ Επεκτασιμότητα

Η κλιμάκωση του συστήματος που περιγράφτηκε είναι δυνατό να θεωρηθεί σε τρεις κυρίως άξονες: ως προς τους χρήστες, ως προς τους video εξυπηρετητές και ως προς τις υποστηριζόμενες εφαρμογές. Σε όλες τις περιπτώσεις, η επέκταση θα πρέπει να υποστηριχτεί χωρίς να δημιουργήσει προβλήματα. Προς τη κατεύθυνση αυτή συντείνουν και οι απαιτήσεις για ανεξαρτησία του application server από τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής και τις δικτυακές προδιαγραφές της επικοινωνίας.

➤ Διαλειτουργικότητα

Η πολυμορφία της επικοινωνίας στη συγκεκριμένη υλοποίηση του συστήματος Video-on-Demand αναφέρεται τόσο στην ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των οντοτήτων που το συνιστούν όσο και στην επικοινωνία του με άλλα συστήματα. Με βάση την πρώτη προσέγγιση, ο εξυπηρετητής εφαρμογών καλείται να μπορεί να συνεργαστεί με χρήστες και video εξυπηρετητές που είναι ποικίλως διαμορφωμένοι από πλευράς υλικού και λογισμικού. Εξάλλου, απαιτείται να συνεισφέρει στην διαλειτουργικότητα του συστήματος αναφορικά και με άλλα συστήματα VoD με τα οποία ενδέχεται να επικοινωνεί.

➤ Μηχανισμούς ελέγχου και διαχείρισης

Οι υψηλές απαιτήσεις της μετάδοσης ψηφιακού video δημιουργούν την ανάγκη για μια σειρά μηχανισμούς ελέγχου της απόδοσης της κάθε λειτουργίας. Εκτός από τη συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων που εκφράζουν σε μεγάλο βαθμό την εικόνα του application server, σημαντική κρίνεται και η ενεργοποίηση των αντίστοιχων μηχανισμών διαχείρισης των παραμέτρων που τον χαρακτηρίζουν με τρόπο ώστε να ανταποκριθεί στις προκαθορισμένες προδιαγραφές.

➤ Μηχανισμούς λογιστικής χρέωσης

Η παροχή υπηρεσιών προϋποθέτει και την χρέωση των χρηστών που τις απολαμβάνουν. Η πολιτική στην οποία στηρίζεται η λογιστική χρέωση των χρηστών αποτελεί συμβατικό ζήτημα το οποίο τίθεται σε διαπραγμάτευση κατά την εκκίνηση χρήσης των υπηρεσιών ή κατά την εγγραφή των χρηστών στο σύστημα σε περίπτωση που υφίσταται μια τέτοια διαδικασία. Παρόλα αυτά, τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη για τη χρέωση συλλέγονται σε μεγάλο ποσοστό στο επίπεδο της εφαρμογής και συγκεκριμένα από τον application server.

5 Εσωτερική δομή του application server

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που τέθηκαν, προσδιορίζεται η δομή του εξυπηρετητή εφαρμογών. Οι κυριότερες οντότητες από τις οποίες αποτελείται είναι τα σενάρια, οι εσωτερικές δομές, τα προγράμματα, οι βιβλιοθήκες, τα στατικά δεδομένα και η διεπαφή. Στην συνέχεια, θα αναλυθεί κάθε μία από αυτές καθώς και τα επιμέρους συστατικά στοιχεία που περιλαμβάνουν.

5.1 Σενάρια

Το σενάριο συνίσταται από ένα σύνολο καταστάσεων και μια ακολουθία ενέργειών. Οι ενέργειες αυτές είτε προέρχονται από τον χρήστη είτε αποτελούν την αντίδραση του συστήματος σε κάποια συγκεκριμένη του δράση. Ως κατάσταση ορίζεται η πραγματικότητα όπως γίνεται αντιληπτή στα πλαίσια του συστήματος. Κάθε ενέργεια ενδέχεται να οδηγήσει το σύστημα σε μια νέα κατάσταση. Στην ουσία, δηλαδή, ένα σενάριο μπορεί να αναταρασταθεί από ένα διάγραμμα καταστάσεων (state diagram), στο οποίο έχουν προσδιοριστεί όλες οι δυνατές καταστάσεις (states), καθώς και τα γεγονότα (events) που προκαλούν τη μετάβαση μεταξύ αυτών.

Μέσα από αυτή την εννοιολογική προσέγγιση προκύπτει ότι κάθε εφαρμογή VoD που υποστηρίζεται από τον application server μπορεί να περιγραφεί από ένα σενάριο. Η αντιστοίχηση εφαρμογής-σεναρίου βασίζεται στην αλληλεπίδραση με τον χρήστη που αποτελεί πρωταρχική απαίτηση οποιασδήποτε εφαρμογής VoD. Το μοντέλο του σεναρίου είναι αρκετά γενικό έτσι ώστε να καλύπτει τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε εφαρμογής και παράλληλα επιτρέπει τον προσδιορισμό μιας σειράς λειτουργιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κοινή βάση.

Όλα τα σενάρια προκύπτουν μέσα από μια διαδικασία αντιστοίχησης. Αυτή αναλαμβάνει να αναλύσει και να μοντελοποιήσει την συμπεριφορά μιας συγκεκριμένης εφαρμογής VoD σε ένα σύνολο δομών. Στις τελευταίες καθώς και στην διαδικασία αντιστοίχησης θα γίνει αναφορά στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

5.2 Εσωτερικές δομές

Εκτός από τις δομές στις οποίες στηρίζεται το σενάριο κάθε εφαρμογής, στον application server ενυπάρχουν και άλλες δομές που προωθούν την εσωτερική του λειτουργία. Η πληροφορία που αποθηκεύεται σε αυτές σχετίζεται με παρασκηνιακές ενέργειες του εξυπηρετητή για την υποστήριξη των απαιτήσεων που έχουν τεθεί. Έτσι, οι εσωτερικές δομές μπορεί να αποτελούν μέρος της ευρύτερης πολιτικής του εξυπηρετητή σε θέματα ασφάλειας, διαχείρισης και ελέγχου ή και χρέωσης των χρηστών.

5.3 Προγράμματα

Τα προγράμματα αναλαμβάνουν να φέρουν εις πέρας τις λειτουργίες του εξυπηρετητή εφαρμογών. Κυρίως, υπάρχουν τρεις κατηγορίες προγραμμάτων. Η πρώτη αφορά στην εκτέλεση των σεναρίων, η δεύτερη στην επικοινωνία με τον client και η τρίτη κατηγορία σχετίζεται με τις εσωτερικές λειτουργίες και δομές του application server. Επιπλέον, υπάρχουν και τα προγράμματα που υποστηρίζουν την αντιστοίχηση της κάθε εφαρμογής σε σενάριο, τα οποία εκτελούνται μόνο στη φάση εισαγωγής νέας εφαρμογής.

5.4 Βιβλιοθήκες

Δεδομένου ότι όλα τα σενάρια βασίζονται στο ίδιο μοντέλο, είναι σαφές ότι ένα μεγάλο μέρος της λειτουργικότητας που τα αφορά είναι κοινό. Οι βιβλιοθήκες περιέχουν προγράμματα που χρησιμοποιούνται από την πλειοψηφία των σεναρίων. Το γεγονός αυτό παρέχει ιδιαίτερη ευελιξία και δίνει τη δυνατότητα επέκτασης του υποστηριζόμενου αριθμού εφαρμογών χωρίς ιδιαίτερο κόστος.

5.5 Στατικά δεδομένα

Ως στατικά δεδομένα χαρακτηρίζονται οι πληροφορίες εκείνες που παραμένουν κατά βάση αμετάβλητες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Συνήθως, αναφέρονται στη διεπαφή του application server με τον client (π.χ HTML σελίδες, εικόνες, κ.λπ.) ή σε στοιχεία του video server που χρησιμοποιούνται για να φέρουν τον client σε επαφή με αυτόν.

5.6 Διεπαφή

Η διεπαφή είναι το κομμάτι του application server που σχετίζεται με την επικοινωνία με τον χρήστη. Χρησιμοποιείται για την γνωστοποίηση των εφαρμογών που παρέχονται και αντανακλά τα αποτελέσματα των ενεργειών του χρήστη. Εκτός από τις διαδικασίες που ο χρήστης επιλέγει συνειδητά μέσω της διεπαφής, αποστέλλονται παρασκηνιακά και συμπληρωματικές πληροφορίες στον application server, όπως για παράδειγμα η ταυτότητα του χρήστη, τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα και το σημείο της εφαρμογής στο οποίο βρίσκεται. Αυτό προσθέτει πολυπλοκότητα στο κομμάτι της διεπαφής, αλλά απαλλάσσει τον εξυπηρετητή εφαρμογών από τη διατήρηση μεγάλου όγκου πληροφορίας ανά χρήστη. Το κομμάτι της διεπαφής αναλαμβάνεται από έναν Web Server.

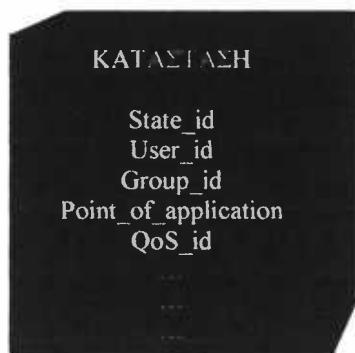
6 Βασικές δομές σεναρίων

Η έννοια του σεναρίου αναφέρθηκε ως ένα γενικό μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται για την περιγραφή της κάθε εφαρμογής και την ενσωμάτωσή της στον application server. Η φιλοσοφία της εκάστοτε εφαρμογής μεταφέρεται μέσω της διαδικασίας αντιστοίχησης σε προκαθορισμένες δομές. Παράλληλα, κατά την εκτέλεση του σεναρίου χρησιμοποιούνται και επιπλέον δομές. Όλες έχουν επιλεγεί με τρόπο ώστε να μην θέτουν σε αμφισβήτηση τη γενικότητα του σεναρίου και, ταυτόχρονα, να επιτρέπουν την εύκολη εισαγωγή νέων εννοιών και δομών που θα προκύψουν από

καινούργιες απαιτήσεις. Παρακάτω, αναπαρίσταται η πληροφορία που εμπεριέχουν οι κυριότερες από αυτές τις δομές.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (State)

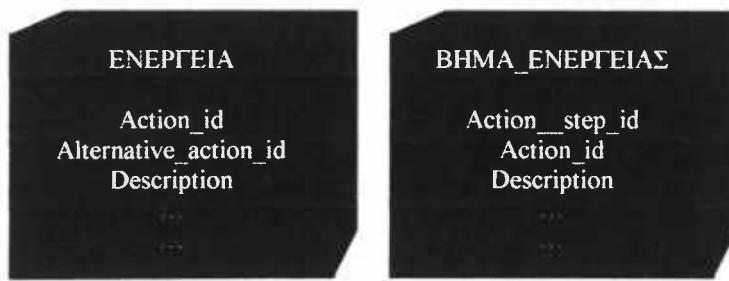
Η συγκεκριμένη δομή περιλαμβάνει όλα εκείνα τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την κατάσταση του χρήστη σε μία χρονική στιγμή. Το διάνυσμα των χαρακτηριστικών αυτών δεν διατηρείται από τον application server, αλλά αποστέλλεται ως μέρος κάθε μηνύματος που προέρχεται από την πλευρά των χρηστών. Στα πλαίσια αυτά, μια δεδομένη κατάσταση (state_id) μπορεί να εξαρτάται από τον συγκεκριμένο χρήστη με τον οποίο σχετίζεται (user_id), από την ομάδα που ανήκει αυτός (group_id), από το σημείο της εφαρμογής που βρίσκεται (point_of_application), από την ποιότητα υπηρεσίας που επιζητά (QoS_id) κ.ο.κ. Κάθε μία από τις παραμέτρους αυτές, αναφέρεται σε μια σειρά άλλων επιμέρους δομών. Για παράδειγμα, το αναγνωριστικό της ποιότητας υπηρεσίας (QoS_id) παραπέμπει σε άλλες δομές που αναλύουν την έννοια της ποιότητας σε όρους ρυθμαπόδοσης, καθυστέρησης, εύρους ζώνης κ.λπ.



*Σχήμα IX - 4 Οντότητα του application server:
Κατάσταση*

ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΒΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Action & Action_steps)

Με την έννοια της ενέργειας περιγράφεται κάθε δράση που πραγματοποιείται ως απόκριση του εξυπηρετητή εφαρμογής στην αλληλεπίδραση του χρήστη. Στην ουσία, η ενέργεια τις περισσότερες φορές αναφέρεται στην αποστολή νέας πληροφορίας στον χρήστη. Ωστόσο, ενδέχεται να αφορά και σε κάποια διαδικασία ενημέρωσης των εσωτερικών δομών του εξυπηρετητή. Ανεξάρτητα, πάντως, από τη φύση της ενέργειας, η τελευταία συνίσταται από επιμέρους βήματα (action steps) που καθορίζουν την έκβασή της (status) και τα οποία πρέπει να ολοκληρωθούν επιτυχώς για να θεωρηθεί η ενέργεια πετυχημένη. Σε περίπτωση αποτυχίας, ενεργοποιείται νέα ενέργεια (alternative_action_id) που αναλαμβάνει την διαδικασία ανάκαμψης.



Σχήμα IX - 5 Οντότητες του application server: Ενέργεια & Βήμα Ενέργειας

ΜΕΤΑΒΑΣΗ

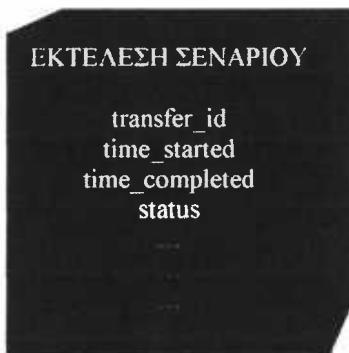
Αφού προσδιοριστεί το σύνολο των δυνατών καταστάσεων και ενεργειών, είναι απαραίτητο να καθοριστεί και ο τρόπος μετάβασης από τη μία κατάσταση στην άλλη. Η μετάβαση χαρακτηρίζεται από την προηγούμενη και την επόμενη κατάσταση, από το γεγονός που την προκαλεί, από τη συγκεκριμένη δράση που την πραγματοποιεί και από το χρονικό περιθώριο που θεωρείται αποδεκτό για την ολοκλήρωσή της. Γεγονός αποτελεί κάθε ενέργεια αλληλεπίδρασης του χρήστη (π.χ το πάτημα ενός κουμπιού).



*Σχήμα IX - 6 Οντότητα του
application server:
Μετάβαση*

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Με βάση τον προηγούμενο ορισμό, προκύπτει ότι το σύνολο των μεταβάσεων περιγράφει την εκτέλεση του σεναρίου της εφαρμογής. Ειδικότερα, κάθε μετάβαση αντιστοιχίζεται στα χρονικά σημεία έναρξης και τερματισμού της καθώς και στην έκβαση την οποία είχε, δίνοντας μια πλήρη εικόνα της εκτέλεσης του σεναρίου από κάθε συγκεκριμένο χρήστη. Από τα στοιχεία αυτά είναι δυνατό να εξαχθούν και στατιστικά στοιχεία για την απόδοση του συστήματος, καθώς και για τις προτιμήσεις των χρηστών σε σχέση με την κάθε εφαρμογή.



*Σχήμα IX - 7 Οντότητα του
application server: Εκτέλεση
Σεναρίου*

7 Βιβλιοθήκες

Όπως αναφέρθηκε, οι βιβλιοθήκες που είναι ενσωματωμένες στον εξυπηρετητή εφαρμογών περιέχουν μια σειρά από προγράμματα και διαδικασίες που είναι κοινά για όλα τα σενάρια. Διακρίνονται δύο κατηγορίες βιβλιοθηκών. Η πρώτη αναφέρεται σε εκείνες που σχετίζονται με το συγκεκριμένο λογισμικό υλοποίησης και εγκαθίστανται στον εξυπηρετητή εφαρμογών μαζί με αυτό. Η δεύτερη κατηγορία βιβλιοθηκών χρησιμοποιεί τις βιβλιοθήκες του εκάστοτε λογισμικού υλοποίησης για να ορίσει μια σειρά διαδικασιών ανώτερου επιπέδου που αναλαμβάνουν να διεκπεραιώσουν τις βασικές λειτουργίες του προς ανάπτυξη συστήματος. Ειδικότερα για το μοντέλο υλοποίησης συστήματος VoD που μελατάται, είναι δυνατό να προσδιοριστεί μία κύρια βιβλιοθήκη η οποία θα περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες διαδικασιών: τις βασικές, αυτές που αφορούν στην αλληλεπίδραση με τον χρήστη και τις γενικές.

7.1 Βασικές διαδικασίες

Πρόκειται για τις διαδικασίες εκείνες που σχετίζονται με τις απλές και συνηθέστερες λειτουργίες της εκτέλεσης ενός σεναρίου και οι οποίες αποτελούν τη βάση για περισσότερο πολύπλοκες διαδικασίες. Με την έννοια αυτή, μπορεί να θεωρηθεί ότι στην κατηγορία των βασικών διαδικασιών υπάγονται:

- **Play_multimedia**

Περιγραφή: αναλαμβάνει την παρουσίαση ενός πολυμεσικού αντικειμένου (π.χ video, ήχος).

Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό του αντικειμένου και ο τύπος του

Παράπετροι εξόδου: εξάγει την εντολή που θα επιτρέψει στον client να επικοινωνήσει με τον video server και να παραλάβει το συγκεκριμένο clip

- **Show_image**

- Περιγραφή:* εμφάνιση εικόνας
Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό της εικόνας
Παράπετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας ή κωδικός επιτυχίας

- **Show_text**

- Περιγραφή:* εμφάνιση κειμένου
Παράμετροι εισόδου: το κείμενο, μια σειρά παραμέτρων μορφοποίησης (π.χ Alignment, Font, Color)
Παράπετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας ή κωδικός επιτυχίας

- **Show_message**

- Περιγραφή:* εμφάνιση μηνύματος
Παράμετροι εισόδου: το μήνυμα και ο τύπος μηνύματος (επιβεβαίωση, μήνυμα σφάλματος, πληροφοριακό μήνυμα)
Παράπετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας ή κωδικός επιτυχίας

- **Create_trigger_object**

- Περιγραφή:* δυναμική δημιουργία αντικειμένων που συνδέονται στην ενέργεια του χρήστη με κάποια προκαθορισμένη δράση.
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δημιουργία μιας υπερσύνδεσης (hyperlink) σε μια HTML σελίδα, η οποία όταν θα την επιλέγει ο χρήστης θα ενεργοποιεί τον αντίστοιχο trigger, το οποίο ενδεχομένως θα περαστεί ως παράμετρος στην διαδικασία evaluate_response. Η διαδικασία create_trigger_object μπορεί να διασπαστεί και σε επιμέρους διαδικασίες ανάλογα με το εκάστοτε αντικείμενο που δημιουργείται δυναμικά για να μειωθεί η πολυπλοκότητά της.
- Παράμετροι εισόδου:* τύπος και χαρακτηριστικά αντικειμένου, το

αναγνωριστικό του trigger που θα ενεργοποιηθεί.

Παράπετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος ή επιτυχημένης δημιουργίας

• Search_file

Περιγραφή: αναζήτηση τιμής σε αρχείο με προκαθορισμένη γραμμογράφηση. Το αρχείο αποτελείται από μια εγγραφών που αποτελούνται από μια σειρά πεδίων που διαχωρίζονται μεταξύ τους με ειδικό σύμβολο. Με βάση την τιμή ενός πεδίου, επιστρέφονται μία ή περισσότερες τιμές της ίδιας εγγραφής

Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό του αρχείου, το πεδίο αναζήτησης και η τιμή του, ο συνδιασμός των πεδίων που θα επιστραφούν, πληροφορίες γραμμογράφησης (π.χ το διαχωριστικό σύμβολο των πεδίων)

Παράπετροι εξόδου: η τιμή των επιστρεφόμενων πεδίων ή κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας της αναζήτησης

• Read_file

Περιγραφή: ανάγνωση γραμμογραφημένου αρχείου.

Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό του αρχείου, πληροφορίες γραμμογράφησης (π.χ το διαχωριστικό σύμβολο των πεδίων)

Παράπετροι εξόδου: η εγγραφή ή κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας

• Execute_script

Περιγραφή: εκτέλεση διαδικασίας και έλεγχος του αποτελέσματος

Παράμετροι εισόδου: η διαδικασία και οι παράμετροί της

Παράπετροι εξόδου: κωδικός ανάλογος με την έκβαση της διαδικασίας

7.2 Διαδικασίες αλληλεπίδρασης

Κατά τη σχεδίαση της βιβλιοθήκης, πρωταρχικός στόχος αποτελεί ο καθορισμός διαδικασιών που δεν θα βλάπουν τη γενικότητα του μοντέλου αλλά θα προωθούν τα κοινά χαρακτηριστικά των εφαρμογών VoD. Ωστόσο, στην περίπτωση των διαδικασιών αλληλεπίδρασης, κάτι τέτοιο παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες, δεδομένου ότι εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την φύση της εφαρμογής. Με γνώμονα το γεγονός αυτό, προκύπτουν οι εξής διαδικασίες:

- **Evaluate_response**

Περιγραφή: αναλαμβάνει την επεξεργασία της κάθε ενέργειας του χρήστη. Βασίζεται σε συγκεκριμένη δομή που περιγράφει την αντιστοίχιση μεταξύ ενεργειών του χρήστη και απόκρισης του συστήματος.

Παράμετροι εισόδου: αναγνωριστικό του trigger, η κατάσταση (state) του συστήματος τη χρονική στιγμή της ενεργοποίησής του (π.χ σε ποιο σημείο της εφαρμογής βρίσκοταν ο χρήστης)

Παράμετροι εξόδου: το αναγνωριστικό της ενέργειας απόκρισης του συστήματος

- **Collect_state_info**

Περιγραφή: Κάθε χρονική στιγμή εκτέλεσης της εφαρμογής, η κατάσταση του συστήματος περιγράφεται από μια σειρά χαρακτηριστικών όπως το συγκεκριμένο χρήστη που την εκτελεί, το σημείο της εφαρμογής που βρίσκεται κ.λπ.. Η διαδικασία collect_state_info συλλέγει την πληροφορία αυτή είτε μέσα από τις παραμέτρους που λαμβάνει από τον client είτε από σχετικό αρχείο και είτε την αποθηκεύει σε κάποιο αρχείο είτε εκχωρεί τις τιμές σε εσωτερικές μεταβλητές.

Παράμετροι εισόδου: η πηγή της πληροφορίας (αρχείο ή περιβάλλον εκτέλεσης), το αναγνωριστικό του αρχείου από όπου θα

την ανακτήσει ή θα την αποθηκεύσει

Παράμετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας ή κωδικός επιτυχίας

- **Activate_action**

Περιγραφή: εκτελεί την ενέργεια απόκρισης του συστήματος σε μια συγκεκριμένη δράση του χρήστη. Η ενέργεια απόκρισης του συστήματος θεωρείται ως μία ολοκληρωμένη συναλλαγή (transaction), αλλά ενδέχεται να αποτελείται από επιμέρους διαδικασίες. Επιτυχημένη εκτέλεση της ενέργειας προϋποθέτει επιτυχημένη εκτέλεση των επιμέρους διαδικασιών.

Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό της ενέργειας

Παράμετροι εξόδου: κωδικός έκβασης της ενέργειας(επιτυχής, αποτυχημένη)

- **Find_alternative_action**

Περιγραφή: Σε περίπτωση που αποτύχει η ενέργεια απόκρισης του συστήματος, η διαδικασία αυτή αναζητά την εναλλακτική ενέργεια, σύμφωνα με την περιγραφή του σεναρίου. Εναλλακτική ενέργεια μπορεί να αφορά, για παράδειγμα, στην εμφάνιση ενός μηνύματος.

Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό της ενέργειας

Παράμετροι εξόδου: το αναγνωριστικό της εναλλακτικής ενέργειας

7.3 Γενικές διαδικασίες

Οι γενικές διαδικασίες αναφέρονται σε λειτουργίες που δεν σχετίζονται άμεσα με το σενάριο, αλλά λειτουργούν υποστηρικτικά. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι κυριότερες από αυτές.

- **Authorize_user**

Περιγραφή: παρέχει αναγνωριστικό στον χρήστη με το οποίο

εξουσιοδοτείται να συμμετάσχει στο σύστημα. Το αναγνωριστικό συνδέεται με μια σειρά από γνωρίσματα που τον περιγράφουν ως οντότητα του συστήματος. Για παράδειγμα, ανάλογα με την γενικότερη ομάδα χρηστών στην οποία ανήκει καθορίζεται η ποιότητα υπηρεσίας που λαμβάνει.

Παράμετροι εισόδου: προαιρετικά κάποια βασικά στοιχεία του χρήστη (π.χ όνομα)

Παράμετροι εξόδου: το αναγνωριστικό του χρήστη

• **Authenticate_user**

Περιγραφή: ελέγχει την πρόσβαση του χρήστη στο σύστημα.

Παράμετροι εισόδου: το αναγνωριστικό εξουσιοδότησης

Παράμετροι εξόδου: μήνυμα μη αποδοχής πρόσβασης σε περίπτωση μη αναγνώρισης του κωδικού εξουσιοδότησης

• **Get_stat_info**

Περιγραφή: συλλέγει στοιχεία και τα αποθηκεύει σε ειδικά αρχεία για στατιστικούς λόγους. Λαμβάνει στοιχεία από εσωτερικές δομές και τα εμφανίζει ή τα προωθεί για επεξεργασία

Παράμετροι εισόδου: η λίστα των παραμέτρων και η πηγή από όπου θα συλλεχθούν οι τιμές τους

Παράμετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας ή κωδικός επιτυχίας

• **Set_stat_info**

Περιγραφή: οι στατιστικές πληροφορίες του συστήματος καθορίζονται είτε από παραμέτρους που λαμβάνονται από τον client είτε μέσα από διαδικασίες που καλούνται για να υπολογίσουν δικτυακές παραμέτρους ή παραμέτρους του λειτουργικού συστήματος

Παράμετροι εισόδου: η λίστα των παραμέτρων που θα προσδιοριστούν, η

πηγή από όπου θα συλλεχθούν οι σχετικές τιμές και εκείνη στην οποία θα αποθηκευθούν.

Παράμετροι εξόδου: κωδικός σφάλματος σε περίπτωση αποτυχίας ή κωδικός επιτυχίας

8 Εκτέλεση Σεναρίου

Έχοντας περιγράψει τις κυριότερες δομές στις οποίες στηρίζεται ένα σενάριο, γίνεται κατανοητή η διαδικασία εκτέλεσής του. Τα βήματα που περιλαμβάνει συνοψίζονται στα εξής:

- **Έκδοση της εφαρμογής** μέσω της διεπαφής ώστε να γνωστοποιηθεί στους χρήστες. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μία HTML σελίδα στην οποία θα περιγράφονται όλες οι εφαρμογές που υποστηρίζονται από τον application server.
- **Ο χρήστης επιλέγει την εφαρμογή** που επιθυμεί. Στην πραγματικότητα, η ενέργειά του αυτή αντιστοιχεί σε μία URL διεύθυνση και, κατά συνέπεια, στην αποστολή μιας αίτησης στον application server. Η αίτηση συνίσταται από το αναγνωριστικό του σεναρίου που υλοποιεί την εφαρμογή και από ένα διάνυσμα παραμέτρων που σχετίζονται με την κατάσταση του χρήστη τη δεδομένη χρονική στιγμή.
- **Ακολουθεί η διαδικασία ελέγχου αποδοχής** της αίτησης που διεξάγεται από σχετικό πρόγραμμα. Ο έλεγχος αποδοχής μπορεί να αφορά σε μια διαδικασία αυθεντικοποίησης του χρήστη με βάση δικαιώματα πρόσβασης που του έχουν αποδοθεί κατά την εγγραφή του στο σύστημα. Επίσης, σε μεγάλο βαθμό σχετίζεται με την ποιότητα των υπηρεσιών που απαιτεί να του παρασχεθεί. Τέλος, απόρριψη της αίτησης ενδέχεται να γίνει εξαιτίας συγκεκριμένων περιορισμάν που θέτει η κάθε εφαρμογή (π.χ. μέγιστος αριθμός χρηστών).
- **Εφόσον γίνει αποδεκτή η αίτηση, μεταβιβάζεται το διάνυσμα των παραμέτρων στο αντίστοιχο σενάριο και ξεκινά η εκτέλεση.**

- Ο χρήστης αποστέλλει αιτήσεις ανάλογα με τις ενέργειες που πραγματοποιεί
- Ως ανταπόκριση λαμβάνει τη σχετική πληροφορία και μεταβαίνει σε μια νέα κατάσταση. Η μετάβαση γίνεται με αδιαφανή τρόπο και δεν εμπλέκεται ο χρήστης σε αυτή παρά μόνο για να παρέχει το γεγονός που ενεργοποιεί την εκάστοτε ενέργεια. Αν η ενέργεια αυτή εμπλέκει την παρουσίαση video, ο application server φέρνει σε επαφή τον client με τον video server, δίνοντας στον πρώτο την διεύθυνση του δεύτερου και το αναγνωριστικό του clip. Για τον συγχρονισμό των πληροφοριών που λαμβάνει από τους δύο εξυπηρετητές είναι υπεύθυνος ο ίδιος ο χρήστης.
- Η επικοινωνία αυτή μεταξύ χρήστη και εξυπηρετητή εφαρμογής επαναλαμβάνεται μέχρι να ολοκληρωθεί το σενάριο. Οι πληροφορίες που σχετίζονται με αυτή (ποιες μεταβάσεις γίνανε, από ποιους και πότε) καταγράφονται ως στοιχεία της εκτέλεσης του σεναρίου.

9 Μελλοντική έρευνα

Η μελέτη από την οποία προέκυψε το μοντέλο υλοποίησης συστήματος Video-on-Demand επικεντρώθηκε κυρίως στην απαίτηση για αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη και συστήματος. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να διασφαλιστούν και οι υπόλοιπες προδιαγραφές που τέθηκαν για τον application server. Ειδικότερα, περαιτέρω μελέτη θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αναφορικά με την ενσωμάτωση μηχανισμών ασφάλειας και ποιότητας υπηρεσίας στο μοντέλο. Οι απαιτήσεις αυτές λήφτηκαν υπόψη κατά την υλοποίηση χωρίς όμως να περιληφτούν τυπικά στο μοντέλο.

Ένα άλλο σημείο που θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής έρευνας αφορά στην ολοκλήρωση όλων των εσωτερικών δομών του application server σε ένα γενικό σχήμα βάσης δεδομένων. Κάτι τέτοιο θα προσέφερε όχι μόνο βέλτιστη διαχείριση της πληροφορίας αλλά και δυνατότητες υποστήριξης περισσότερο πολύπλοκων εφαρμογών.

Τέλος, μία από τις παραδοχές που έγιναν κατά τη σχεδίαση του μοντέλου συνίστατο στην επιλογή του Internet ως δικτύου επικοινωνίας. Το γεγονός αυτό επηρέασε σημαντικά τις σχεδιαστικές αποφάσεις που λήφτηκαν και τον τρόπο ανάπτυξης της εφαρμογής. Αντίστοιχα, θα μπορούσε να υιοθετηθεί κάποιο γενικό μοντέλο και για άλλες κατηγορίες δικτύων όπως τα B-ISDN.



Κεφάλαιο X: Μελέτη Περίπτωσης

1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε προσπάθεια να περιγραφεί ένα γενικό μοντέλο υλοποίησης συστήματος παροχής υπηρεσιών Video-on-Demand. Θεωρείται ότι το μοντέλο αυτό μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη ενός μεγάλου αριθμού εφαρμογών VoD οι οποίες χαρακτηρίζονται από την αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη και συστήματος. Με στόχο την επίδειξη της γενικότητας του μοντέλου, σχεδιάστηκε, στα πλαίσια της μελέτης αυτής, συγκεκριμένη εφαρμογή VoD, η οποία θα περιγραφεί στη συνέχεια.

2 Περιγραφή Εφαρμογής

Η εφαρμογή Video-on-Demand που σχεδιάστηκε αφορά σε ένα παιχνίδι γνώσεων στο Internet. Τα άτομα που συμμετέχουν στο παιχνίδι καλούνται να απαντήσουν σε μια σειρά ερωτήσεων που σχετίζονται με κινηματογραφικές ταινίες. Οι ερωτήσεις που θέτονται στηρίζονται στην παρουσίαση του video clip της ταινίας. Στο τέλος του παιχνιδιού, εμφανίζεται σε κάθε παίκτη το ποσοστό των ερωτήσεων που απάντησε σωστά.

Η εφαρμογή αυτή, η οποία ονομάστηκε CineMagic, δεν εμφανίζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα όσο αφορά στη φύση της πληροφορίας που παρέχεται στους χρήστες. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε συνειδητή σχεδιαστική απόφαση, δεδομένου ότι προτιμήθηκε να δωθεί έμφαση στην εξασφάλιση της αλληλεπίδρασης μεταξύ χρήστη

και συστήματος. Με άλλα λόγια, η προσπάθεια επικεντρώθηκε στη διασφάλιση της δυναμικής και άμεσης μεταβολής της κατάστασης του συστήματος σύμφωνα με τις ενέργειες του χρήστη. Εξάλλου, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για απλή εφαρμογή, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι περιλαμβάνει όλες τις βασικές δυνατότητες που παρέχουν εφαρμογές υπηρεσιών Video-on-Demand. Σε αυτή τη βάση, μπορεί να θεωρηθεί ως ο κύριος κορμός για την υλοποίηση μεγαλύτερων και πολυπλοκότερων εφαρμογών.

3 Τεχνική Περιγραφή Συστήματος

Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής, υιοθετήθηκε το μοντέλο υλοποίησης που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ειδικότερα, ως συστατικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του συστήματος θεωρήθηκαν το τμήμα του client, ο video server και ο application server. Ως βασικά πρωτόκολλα επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκαν το HTTP μεταξύ client και application server και TCP, UDP ή HTTP για τη μετάδοση του video και των VCR λειτουργιών μεταξύ του video server και του client.

3.1 Client

Το τμήμα του client υλοποιείται στην πλευρά του παίκτη και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα. Το μόνο που απαιτείται είναι η δυνατότητα πρόσβασης στο Internet και η ύπαρξη των κατάλληλων πολυμεσικών προγραμμάτων και συσκευών (ηχεία, κάρτα ήχου) που θα αναλάβουν την παρουσίαση του video clip της κάθε ταινίας.

Αναφορικά με τη σύνδεση στο Internet, αυτή μπορεί να διασφαλιστεί μέσω σύμβασης με οποιοδήποτε οργανισμό ISP (Internet Support Provider). Επιπλέον, η πλοήγηση στις ιστοσελίδες της εφαρμογής είναι δυνατό να υποστηριχτεί από όλους τους browsers (π.χ Netscape, Microsoft Explorer) αρκεί να έχουν εγκατεστημένο το ειδικό

plug-in πρόγραμμα για διαχείριση δεδομένων video το οποίο παρέχεται χωρίς επιβάρυνση μέσω Internet.

Εξάλλου, για την παρουσίαση του video, επιλέχτηκε το πρόγραμμα NetShow Player της Microsoft. Το NetShow Player αναπαράγει αρχεία με μορφή ενεργού ροής (.ASF) και ζωντανές ακολουθίες ροής ASF. Το NetShow Player μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες ASF που μεταδίδονται μέσω απλής διανομής ή πολλαπλής διανομής (multicasting). Επίσης, υποστηρίζει μετάδοση με πρωτόκολλα TCP, UDP και HTTP δίνοντας δυνατότητα ρύθμισης του εκάστοτε πρωτοκόλλου μέσω του ίδιου του προγράμματος. Τέλος, το NetShow Player παρέχει, εκτός από τις κύριες λειτουργίες διαχείρισης video (VCR), και λειτουργίες καθορισμού των παραμέτρων αναπαραγωγής και ενταμίευσης (buffering), καθώς και λήψης στατιστικών στοιχείων σχετικών με την παραλαβή της ροής.

3.2 Video Server

Ως video server που παρέχει τα clips των ταινιών στους παίκτες επιλέχτηκε ένας ήδη διαμορφωμένος και εν λειτουργία εξυπηρετητής ο οποίος βρίσκεται στην διεύθυνση www.hollywood.com. Ο server αυτός παρέχει video και διάφορες πληροφορίες για ένα μεγάλο αριθμό κινηματογραφικών ταινιών. Όπως θα περιγραφεί στη συνέχεια, η επικοινωνία με τον video server πραγματοποιείται με αδιαφανή τρόπο ως προς τον παίκτη. Αντίστοιχα, με αυτόν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και οποιοσδήποτε video server του οποίου τα χαρακτηριστικά και η δομή καθίστανται γνωστά στον application server.

3.3 Application Server

Το μεγαλύτερο μέρος της υλοποίησης της εφαρμογής σχετίστηκε με το τμήμα του application server. Ο τελευταίος παρέχεται από το σύστημα Origin 2000 της Silicon Graphics Inc. με λειτουργικό σύστημα Irix 6.4. Στην ουσία, μελετήθηκαν δύο θέματα. Το πρώτο αφορούσε στην αντιστοίχιση της εφαρμογής σε συγκεκριμένο σενάριο και το δεύτερο στον τρόπο διαμόρφωσης του web server έτσι ώστε να παρέχει το σενάριο

στους παικτες. Οι σχεδιαστικές αποφάσεις που λήφθηκαν σε σχέση με αυτά θα αναφερθούν στη συνέχεια.

4 Υλοποίηση Σεναρίου Εφαρμογής

Η ανάπτυξη της εφαρμογής από τεχνική άποψη βασίστηκε στον μοντέλο υλοποίησης που περιγράφτηκε. Με γνώμονα το μοντέλο αυτό, η μελέτη επικεντρώθηκε στην περιγραφή του σεναρίου εκείνου που θα διασφαλίζει και θα προωθεί τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Η συγκεκριμένη διαδικασία αντιστοίχισης έγκειται στον καθορισμό των δομών που θα διατηρήσουν την διαχειρίσιμη πληροφορία, καθώς και στην περιγραφή των λειτουργιών και υπηρεσιών που θα προσφερθούν στους χρήστες της εφαρμογής.

4.1 Εσωτερικές Δομές

Με στόχο τη διατήρηση της πληροφορίας που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του σεναρίου της εφαρμογής νιοθετούνται μια σειρά από εσωτερικές δομές. Οι κυριότερες αφορούν σε αρχεία που περιλαμβάνουν πληροφορίες για τις βασικές οντότητες της εφαρμογής. Εναλλακτικά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πίνακες μιας βάσης δεδομένων. Ωστόσο, δεδομένου ότι η πολυπλοκότητα και η λειτουργικότητα της εφαρμογής ήταν περιορισμένες, κάτι τέτοιο δεν κρίθηκε αναγκαίο. Οι οντότητες για τις οποίες διατηρούνται πληροφορίες στις εσωτερικές δομές του σεναρίου συνοψίζονται στις εξής:

- **Χρήστες:** Στα αρχεία των χρηστών αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία που τους αφορούν, καθώς και οι αντίστοιχοι κωδικοί εξουσιοδοτημένης πρόσβασης.

- **Ερωτήσεις:** Οι ερωτήσεις που καλούνται να απαντήσουν οι παίκτες και ο κωδικός της σωστής απάντησης αποθηκεύονται σε συγκεκριμένη εσωτερική δομή.
- **Απαντήσεις:** Πρόκειται για τις εναλλακτικές απαντήσεις που εμφανίζονται για κάθε ερώτηση
- **Video Server:** Τα στοιχεία του video server, όπως για παράδειγμα η διεύθυνση IP και η θύρα στην οποία δέχεται αιτήσεις, χρησιμοποιούνται για τον σχηματισμό της εντολής που θα εκκινήσει τη διαδικασία σύνδεσης μεταξύ του client και του video server.
- **Video:** Τα ονόματα των video clip και η αντιστοίχισή τους με τον κωδικό της ερώτησης που αφορούν διατηρούνται επίσης σε αρχείο της εφαρμογής.
- **Λειτουργία Εκτέλεσης:** Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην καταγραφή των συναλλαγών των παικτών με τον application server και γενικά των ενεργειών που πραγματοποιούν στη διάρκεια του παιχνιδιού. Το αρχείο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για στατιστικούς λόγους.

Εξάλλου, εκτός από τα αρχεία που προαναφέρθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν και μια σειρά από στατικά δεδομένα. Πρόκειται κυρίως για HTML σελίδες και εικόνες που συνιστούν την διεπαφή της εφαρμογής. Τέλος, για την εξασφάλιση των βασικών λειτουργιών έγινε χρήση των προγραμμάτων της βιβλιοθήκης για εφαρμογές VoD που περιγράφηκε στα πλαίσια του μοντέλου υλοποίησης.

4.2 Λειτουργίες Σεναρίου

Με στόχο να γίνει κατανοητή η εφαρμογή και κυρίως οι παρασκηνιακές διαδικασίες που πραγματοποιούνται για να διασφαλίσουν την δυναμική μεταβολή της πληροφορίας που παρέχεται στον χρήστη, θα αναφερθούν οι κύριες λειτουργίες που χαρακτηρίζουν την εκτέλεση του σεναρίου.

► Αρχικά, ο παίκτης επικοινωνεί μέσω του browser με τον application server σε προκαθορισμένη URL διεύθυνση, η οποία του έχει γνωστοποιηθεί. Η βασική ιστοσελίδα της εφαρμογής περιλαμβάνει την περιγραφή του παιχνιδιού και μία φόρμα όπου ο παίκτης συμπληρώνει το αναγνωριστικό (login & password) που εξουσιοδοτεί την συμμετοχή του στο παιχνίδι. Αφού συμπληρώσει και υποβάλλει τη φόρμα, διενεργείται η διαδικασία της αυθεντικοποίησης μέσω του αρχείου των χρηστών.

► Σε περίπτωση που ο παίκτης δεν αναγνωριστεί εμφανίζεται μήνυμα απόρριψης, ειδάλλως μεταφέρεται στην επόμενη ιστοσελίδα. Αυτή περιλαμβάνει κείμενο που είναι ανάλογο με τον συγκεκριμένο παίκτη, δεδομένου ότι το σύστημα πλέον γνωρίζει τα στοιχεία του συμμετέχοντα. Επίσης, έχει το κείμενο της πρώτης ερώτησης και τις εναλλακτικές επιλογές από τα αντίστοιχα αρχεία ερωτήσεων και απαντήσεων, καθώς και μία εικόνα που παραπέμπει στην παρουσίαση του σχετικού video clip.

► Στην ουσία, με την επιλογή της εικόνας ενεργοποιείται ο υπερσύνδεσμος (hyperlink) που αρχικοποιεί την επικοινωνία μεταξύ του client και του video server. Ο υπερσύνδεσμος δημιουργείται δυναμικά από το σχετικό πρόγραμμα της βιβλιοθήκης. Βασίζεται στα στοιχεία του video server (IP διεύθυνση και θύρα επικοινωνίας) και στο αναγνωριστικό του video clip που αντιστοιχεί στην ερώτηση. Σχηματίζεται, δηλαδή, μία αίτηση προς τον video server της μορφής:

IP διεύθυνση + θύρα + μονοπάτι και αναγνωριστικό CGI προγράμματος

και περνιέται ως παράμετρος το αναγνωριστικό του video clip.

► Επιλέγοντας ο παίκτης την εικόνα υποβάλλει την αίτηση και λαμβάνει από τον video server ένα μετα-αρχείο (metafile) το οποίο συνίσταται από τα στοιχεία μετάδοσης του video clip. Ο browser αναγνωρίζει αυτό την επικεφαλίδα τον τύπο των δεδομένων που πρόκειται να λάβει και προωθεί το μετα-αρχείο στο NetShow Player. Από το σημείο αυτό και μετά, η αλληλεπίδραση γίνεται μεταξύ του client και του video server μέχρι τη στιγμή που ο παίκτης θα τερματίσει την παρουσίαση.

- Στη συνέχεια, ο παίκτης απαντά στην ερώτηση και ανάλογα με το αν έδωσε την σωστή απάντηση εμφανίζεται σελίδα με σχετικό μήνυμα. Από αυτήν έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει στην επόμενη ερώτηση όπου ακολουθείται η ίδια διαδικασία. Το πρόγραμμα που δημιουργεί τις σελίδες των ερωτήσεων είναι το ίδιο. Το μόνο στοιχείο που μεταβάλλεται είναι ορισμένες από τις παραμέτρους που λαμβάνει, όπως είναι κυρίως ο αριθμός της ερώτησης στην οποία βρίσκεται ο παίκτης. Οι διαφορετικές παράμετροι αποτελούν τη βάση για τη δυναμική δημιουργία των σελίδων.
- Στο τέλος του παιχνιδιού, εμφανίζεται μια ιστοσελίδα που αναφέρει το ποσοστό των σωστών απαντήσεων που έδωσε ο παίκτης. Αυτή προκύπτει από τα στοιχεία που συλλέγονται στο αρχείο εκτέλεσης κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.

5 Εργαλεία Ανάπτυξης

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής και της βιβλιοθήκης στην οποία βασίστηκε, χρησιμοποιήθηκαν δύο γλώσσες προγραμματισμού: η HTML (Hypertext Markup Language) και η TCL (Tool Command Language). Με την πρώτη υλοποιήθηκε το στατικό κομμάτι της εφαρμογής, ενώ με τη δεύτερη το δυναμικό. Για την έκδοση της της εφαρμογής στο Internet εγκαταστάθηκε και διαμορφώθηκε ειδικός web server που να μπορεί να αναγνωρίζει την TCL. Πιο συγκεκριμένα:

5.1 HTML (Hypertext Markup Language)

Η HTML χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των στατικών σελίδων της εφαρμογής. Πρόκειται για τη βασική γλώσσα δημιουργίας εγγράφων τα οποία αναγνωρίζονται από τους web browsers. Στην ουσία, τα έγγραφα αυτά είναι απλά κείμενα τα οποία μεταφέρονται από τον web server στον browser μαζί με κάποια βοηθητικά αρχεία όπως, για παράδειγμα, εικόνες ή αρχεία ήχου. Ο browser χρησιμοποιεί ειδικές

ετικέττες που είναι ενσωματωμένες σε κάθε έγγραφο για να παράξει την ιστοσελίδα. Η αλληλεπίδραση με τον χρήστη πραγματοποιείται μέσω συνδέσμων που παραπέμπουν σε νέο έγγραφο ή σε κάποιο CGI πρόγραμμα όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια. Περαιτέρω περιγραφή της HTML γλώσσας ξεφεύγει από τους σκοπούς της μελέτης. Για περισσότερες πληροφορίες, ο αναγνώστης παραπέμπεται σε σχετικές πηγές που αναφέρονται στο παράρτημα.

5.2 TCL (Tool Command Language)

Με την TCL έγινε η υλοποίηση του CGI πρωτοκόλλου. Το CGI (Common Gateway Interface) είναι το πρωτόκολλο που επιτρέπει σε ένα web εξυπηρετητή να περάσει πληροφορία από ένα έγγραφο σε ένα εξωτερικό πρόγραμμα και το αντίστροφο. Με τον τρόπο αυτό, παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών εγγράφων, δεδομένου ότι τα στοιχεία που εμπεριέχονται σε αυτά μπορούν να προέλθουν από κάποιο πρόγραμμα και να μεταβάλλονται με βάση αυτό.

Η TCL δεν είναι η μόνη γλώσσα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση CGI προγραμμάτων ούτε και η πιο διαδεδομένη (όπως η Perl). Ωστόσο, επιλέχτηκε κυρίως για τα εξής στοιχεία που τη διακρίνουν:

- Έχει πολύ απλό συντακτικό, γεγονός που επιταχύνει τη διαδικασία της ανάπτυξης και διευκολύνει την επέκταση και τη συντήρηση του κώδικα
- Παρέχει ταχύτητα. Αναφορικά, η έκδοση 8.0 του διερμηνέα της TCL είναι γρηγορότερη από την έκδοση 5 του διερμηνέα της Perl.
- Παρέχει εξελιγμένη διεπαφή, μέσω της ενσωμάτωσης ειδικού πακέτου για γραφικό περιβάλλον (TK).

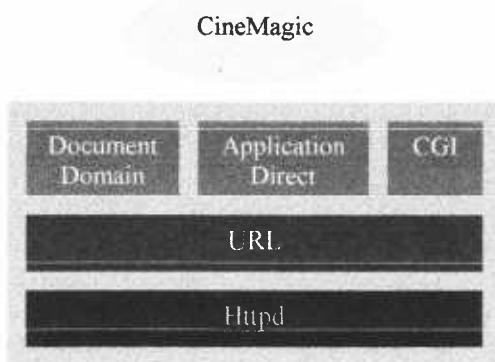
Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι εκτός από τη βιβλιοθήκη των εφαρμογών VoD που δημιουργήθηκε με TCL, η υλοποίηση στηρίχτηκε και στο πακέτο CGI.TCL. Πρόκειται για πακέτο που δημιουργήθηκε από τον Don Libes και περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία διαδικασιών για την ανάπτυξη CGI προγραμμάτων με TCL (βλπ παράρτημα A).



5.3 TclHttpd Web Server

Ένα από τα βασικότερα συστατικά του application server αποτελεί, σύμφωνα με το μοντέλο, ο web server που θα αναλάβει την έκδοση της εφαρμογής στο Internet. Κατά την συγκεκριμένη υλοποίηση επιλέχτηκε ο TclHttpd ο οποίος έχει αναπτυχθεί σε γλώσσα Tcl. Το πλεονέκτημα του TclHttpd έγκειται στο ότι αναγνωρίζει την Tcl χωρίς να απαιτείται η ενσωμάτωση κάποιου ειδικού πακέτου όπως συμβαίνει σε περιπτώσεις άλλων εξυπηρετητών (π.χ Netscape, Microsoft Explorer). Παράλληλα, δεν υστερεί σε λειτουργίες που παρέχουν περισσότερο διαδεδομένοι web servers. Τέλος, μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα ή ακόμα και να ενσωματωθεί στην ίδια την εφαρμογή.

Στο σχήμα που ακολουθεί, διακρίνονται τα βασικά συστατικά στοιχεία του TclHttpd και ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται η εφαρμογή με αυτόν. Στη βάση βρίσκεται η Httpd ενότητα η οποία υλοποιεί το HTTP πρωτόκολλο από την πλευρά του application server. Πρόκειται για δαίμονα (daemon) που διαχειρίζεται δικτυακές αιτήσεις και τις προωθεί προς την URL ενότητα. Η τελευταία διαχωρίζει το web site σε πεδία (domains) έτσι ώστε να επιτρέπει διαφορετικές υλοποιήσεις ανά πεδίο. Για παράδειγμα, το CGI πεδίο αντιστοιχεί ένα URL σε ένα πρόγραμμα, το πεδίο εγγράφων (Document domain) αντιστοιχεί ένα URL σε κάποιο αρχείο ή ευρετήριο του δίσκου και το Application Direct Domain σε μια TCL διαδικασία.



Σχήμα X – 1 Λογική TclHttpd Web Server

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ A

Στο παράρτημα αυτό παρατίθονται μια σειρά διευθύνσεων στις οποίες ο αναγνώστης μπορεί να βρει περαιτέρω πληροφορίες για τις γλώσσες προγραμματισμού και τα πακέτα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την υλοποίηση της εφαρμογής.

www.scripts.com

www.tclconsortium.org

www.purl.org/NET/Tcl-FAQ

www.neosoft.com

www.cis.ohio-state.edu/hypertext/faq/usenet/tcl-faq/top.html

www.sco.com/Technology/tcl/Tcl.html

www.cs.uoregon.edu/research/tcl/

www.winfo.com/tcl/usrquery/sea.shtml

www.net-quest.com/~ivler/cgibook/refs/index.shtml

starbase.neosoft.com/~claird/comp.lang.tcl/tcl-references.html

bmrc.berkeley.edu/people/chaffee/tcltk.html

home.wxs.nl/nijtmans/

www.cflynt.com

BΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιβλία

- Orzessek M., Sommer P., 'ATM & MPEG-2 Integrating digital video into broadband networks', Hewlett-Packard Professional Books, 1998.
- Steinmetz R., Nahrstedt Klara, 'Multimedia: Computing, Communications & Applications', Prentice Hall PTR 1995.
- De Bruin R., Smits J., 'Digital video broadcasting: Technology, standards and Regulations', Artech House Inc, 1998.
- Stallings W., 'High-Speed Networks: TCP/IP and ATM Design Principles', Prentice Hall, 1998.
- 'Multimedia Communications and Video Coding', edited by Wang Y., Panwar S., Kim S., Bertoni H. L., Polytechnic University Brooklyn, New York, 1996.
- Paulsen K., 'Video and Media Servers: Technology and Applications', Focal Press, 1998.
- Πομπόρτσης Α., 'Εισαγωγή στις νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών', Εκδόσεις Α. Τζιόλα Ε., 1997.
- Curwen P., 'Restructuring telecommunications: A study of Europe in a global context', Macmillan Press LTD, St. Martin's Press, Inc., 1997.
- Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., 'Distributed Systems: Concepts and Design', Addison-Wesley, Second Edition, 1995.
- Ball S., 'WEB TCL Complete', McGraw-Hill, 1999.
- Flynt C., 'Tcl/TK for real programmers', Academic Press, 1999.
- Musciano C., Kennedy B., 'HTML the definitive guide', O'Reilly, Third Edition, 1998.
- Welsh B., 'Practical Programming in Tcl and TK', URL: www.scriptics.com.

Τεχνικές Αναφορές

- NSF Young Investigator Award and Sun Microsystems, Inc, Schmidt B. K., 'An Architecture for distributed, interactive, multi-stream, multi-participant audio and video', CSL-TR-99-781, April 1999.

- Almeroth K. C., Mostafa A. H., '*Providing a scalable, interactive Video-on-Demand service using multicast communication*', GIT-CC-94/36, March 1994.
- Mundur P., Simon R., Sood A., '*Integrated system architectures for Video-on-Demand applications*'.
- Μπότης Δ., '*Σύστημα αποδοχής κλήσεων χρήστης υπηρεσιών Video-on-Demand*', Αθήνα, Μάρτιος 1999.
- Mundur P., Simon R., Sood A., '*Issues in distributed Video-on-Demand systems: Replication, Placement and Network Transfers*'.
- Hwang E., Kilic K., Subrahmanian V.C., '*Handling Updates and Crashes in VoD Systems*'.
- Aurrecoechea C., Campbell A. T., Hauw L., '*A survey of QoS Architectures*'.
- Dey J. K., Sen S., Kurose J. F., Towsley D., Salehi J. D., '*Playback restart in interactive streaming video applications*'.
- Chang E., Garcia-Molina H., '*Reducing Initial Latency in a multimedia storage system*'.
- Mauve M., Hilt V., Kuhmünch C., Effelsberg W., '*A general Framework and Communication Protocol for the Real-Time Transmission of Interactive Media*'.
- Quinn B., Stardust Forums, Almeroth K., UCSB, '*IP Multicast Applications: Challenges and Solutions*', IETF, Internet Draft, 1999.
- Shenker S., Partridge C., Guerin R., '*Specification of guaranteed quality of service*', Network Working Group, RFC 2212, September 1997.
- Braden R., Clark D., Shenker S., '*Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*', Network Working Group, RFC 1633, June 1994.
- Chen S., '*Quality of Service in Heterogeneous Environments*', Thesis, 1997.
- O' Connell K., Cahill V., Condon A., McGerty S., Starovic G., Tangney B., '*The VOID Shell*'.
- Hoffman D., Fernando G., Sun Microsystems Inc., Goyal V., Precept Software Inc., Givanlar M., AT&T Labs Research, '*RPT Payload Format for MPEG-1 / MPEG-2 Video*', Network Working Group, RFC 2250, 1998.
- Starlight Networks, Inc., '*Accelerating high-value business processes with streaming video*', URL: www.starlight.com, 1997.
- Libes D., '*Writing CGI scripts in Tcl*', The Proceedings of the Fourth Annual TCL/TK Workshop'96, Monterey, CA, July 1996.



Επιστημονικά Άρθρα

- Stiller B., Class C., Waldvogel M., Caronni G., Bauer D., 'A Flexible Middleware for Multimedia CommunicationQ Design, Implementation and Experience', *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 17, No. 9, September 1999.
- Leslie I.L., McAuley D., Black R., Roscoe T., Barham P., Evers D., Fairbairns R., Hyden E., 'The design and implementation of an operating system to support distributed multimedia applications', *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 14, No. 7, September 1996.
- Guha A., Pavan A., Liu J., Rastogi A., Steeves T., 'Supporting Real-Time and Multimedia Applications on the Mercuri Testbed', *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, No. 4, May 1995.
- Boutaba R., Hafid A., 'A Generic Platform for Scalable Access to Multimedia-on-demand Systems', *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 17, No. 9, September 1999.
- Barzilai T. P., Kandlur D. D., Mehra A., Saha D., 'Design and Implementation of an RSVP-based quality of service architecture for an integrated services Internet', *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 16, No. 3, May 1998.

URL

- www.itu.ch International Telecommunication Union
- www.iec.ch IEC Central Office
- www.iso.ch ISO Central Secretariat
- www.scriptics.com Scriptics Corporation
- www.adsl.com ADSL Corporation
- www.dvb.org Digital Video Broadcasting Project Office
- www.ietf.org Internet Engineering Task Force Secretariat
- www.davic.com DAVIC Secretariat
- www.atmforum.com ATM Forum
- www.spectrapoint.com Spectrapoint Corporation
- www.microsoft.com Microsoft Corporation

Communication of Digital Video in an Interactive Video-on-Demand System

In the last years, the rapid development in network technologies and high-speed protocols along with the evolution of computer systems in terms of power, storage and graphical interface have led to a new generation of applications. Multimedia applications are characterized by computer-controlled, integrated production, manipulation, presentation, storage and communication of independent information, which is encoded at least through a continuous (time-dependent) and a discrete (time-independent) medium.

Video-on-Demand applications constitute one of the many categories of multimedia applications and they concern the communication of high quality digital video. Their main attribute is the feature of interaction, which they provide to the user from the beginning of the service and through the whole process. Examples of this kind of applications are teleconference, distance learning, tele-cooperation, tele-medicine, tele-shopping, kiosks, interactive TV and video games.

Interaction is defined in terms of a system as the ability of each of its components to influence the state and behavior of the others. As far as Video-on-Demand services are concerned, interaction relates to the user's ability to determine the content and form of the information he receives. The level of interaction supported is not uniform in all systems. Instead, it depends on the specific application, on the requirements and the number of users, on the communication and network attributes and on the number and type of actions supported. The complexity of the whole system is increased proportionally to the level of interaction. Conversational, messaging and retrieval services along with tele-presence, tele-action and tele-operation constitute the main interaction services supported by a Video-on-Demand system.

An interactive system, which provides Video-on-Demand services, is called Video-on-Demand system and it is consisted of three main entities: the server, the client and the network administrator who incorporates the network mechanisms. A number of

users/clients initiate requests to a series of video servers who cooperate to satisfy their demands. The different entities may be part of different networks, in which case there is also need for the coordination of the network administrators in order to secure the communication standards.

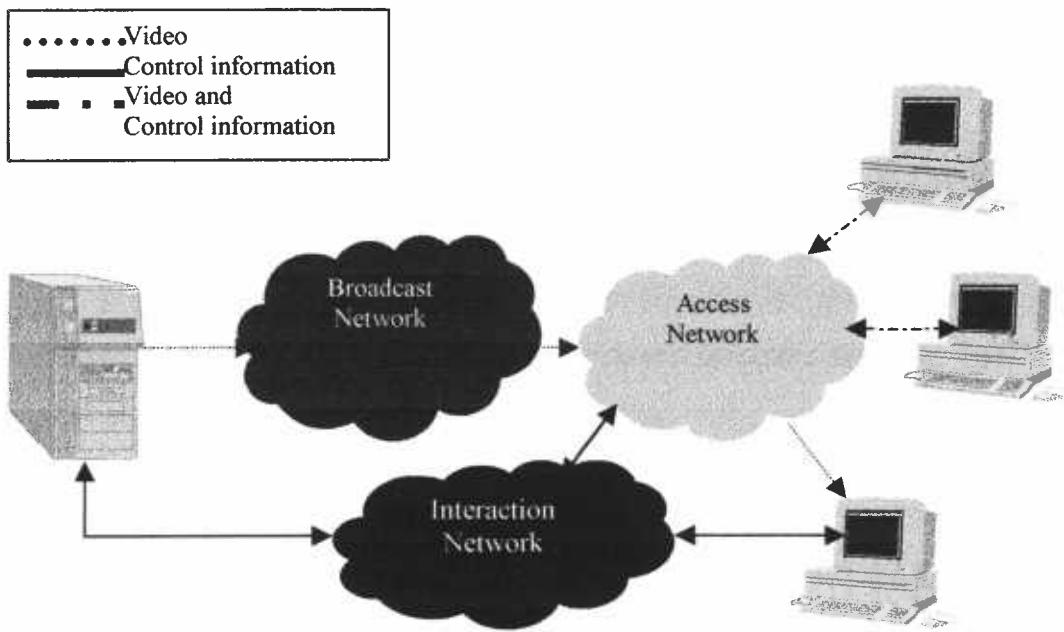
A VoD system is divided into five functional layers: the network layer, the application layer, the presentation layer, the storage layer and the operating system layer. The main functions of the network layer concern quality of service control, resource reservation, information communication and dynamic connection management. The application layer is responsible for the establishment and management of the session between the client and the server. The collection, digitization, coding, recording and recovery of information, on the other part, are realized at the storage layer. At the presentation layer lies the decoding of the video, the manipulation of the presentation devices, the user interface and the synchronization of the different mediums. Last, the operating system layer determines the time restrictions on the operating system in order to live up to the high standards, which characterize a VoD system and it manages the operating system resources according to those restrictions.

A Video-on-Demand system has to meet up with very strict requirements due to the nature of services and their time limitations. Quality of service, synchronization, interaction and extensibility constitute the main standards that need to be maintained. In a VoD system, quality of service is attained at all layers and it relates to the real-time performance and the reliability, availability and security attributes of the system. Synchronization concerns the temporal relations between the information mediums and their consistency at the time of the presentation. There are many types of synchronization. The requirement for interaction lies mainly on the effort to minimize the latency as well as the jitter produced in order to give the user the notion that he controls directly the information he receives. Moreover, the ability to expand the system and to include new heterogeneous entities should be a primary requirement.

A series of new standards originate from the previously mentioned, at the different functional layers of the system. For instance, the requirement for interaction necessitates an extra communication channel at the network layer for the communication of the control information. At the same time, a suitable interface

should be designed at the presentation layer to allow the users to interact with the video-on-demand application.

As noted, the network layer is mainly responsible for transmitting the digital video as well as establishing and managing the communication between the client and the server. However, the fact that the communication is realized in real time, with minimum and maximum bounds in terms of latency, sets additional requirements and standards. Thus, there is need to study the communication network of a VoD system in more detail in order to understand the different communication channels it comprises and their functionality and characteristics. In this context, one could distinguish three types of networks in a Video-on-Demand system: the broadcast network, the interaction network and the access network.



The digital video, which constitutes the primary information in a VoD system, is communicated to the client through the broadcast network. As a result, its performance and design standards determine in great extent the quality of services provided by the whole system. In the framework of this study, different technologies available for the implementation of the broadcast network are examined and compared. Specifically, the following network technologies are mentioned: Ethernet, IEEE 802.5 Token Passing Ring, FDDI, X.25, DQDB, Frame Relay, Switched Multi-

Megabit Data Service (SMDS), ATM-LAN, IP, B-ISDN. The last two seem to rise as the prevailing solutions.

Networks based on IP protocol, like Internet, were primarily designed for applications, which require low bandwidth and are not subject to time restrictions. As a result, they could hardly support high standard services such as Video-on-Demand. However, due to the wide user acceptance that Internet has known in the last years, Internet Engineering Task Force (IETF) was driven to make fundamental changes in the design objectives of the Internet service model, as well as to develop new mechanisms and protocols to support these objectives. Apart from the new version of the IP protocol (IPv6), the notion of an integrated service architecture (ISA) was introduced. It consists in a set of operations to support different types of traffic. Namely, they concern new mechanisms for resource reservation, admission control, real-time transport and security as well as for routing, buffering and packet discard.

In contrast with IP networks, B-ISDN networks were developed from the beginning with the objective to integrate all services under a uniform network infrastructure. They are based on the ATM protocol and include all the necessary mechanisms to support video transmission. Moreover, B-ISDN networks are the only technology, which promotes the clear distinction of different levels of quality of service.

In order for the interaction between the client and the server of the Video-on-Demand services to be realized, there is need for the establishment of a network which will be responsible for the communication of the control information. The interaction network does not necessarily differentiate technologically from the core network. According to the Digital Video Broadcasting (DVB) Project, the main technologies, which are considered to be suitable for this purpose are the CATV, PSTN and ISDN networks and the teletext systems. The fact that the first two have the advantage of an already installed infrastructure make them appear as the less costly and more suitable solutions.

The access network is responsible for the distribution of the video to the end-users and for the transmission of the control information from the end-users to the interaction network. At the same time, other services such as telephony are supported

by the same infrastructure. The main access network technologies, which are studied, are: Fiber to the Curb, ADSL, VDSL, Hybrid Fibre Coax, Fiber to the Home, MMDS, LMDS, Satellite distribution and Terrestrial distribution. Even though they cannot implement the return channel of the control information, satellites are considered the most efficient solution for this purpose. PSTN networks are used in this case to provide two-way communication.

Apart from the different technologies that may be integrated to the communication network of a Video-on-Demand system, there are also other issues that concern the network layer. In this study, we refer to the main protocols and mechanisms that have resulted from research in the last years. The protocols are not categorized according to the technology that they were designed to support, but, instead, according to the specific function of the network layer that they implement. In this context, one can conclude five main research areas that relate to real-time transfer (RTP/RTCP, XTP, Tenet Protocol Suite), connection management (RSVP, ST-II, Tenet Protocol Suite), dynamic connection management from the application layer (DSM-CC), routing (IGP, EGP, OSPF) and multicasting.

Last, emphasis is given to four VoD service models constructed by organizations and research groups that have showed active interest in the communication of digital video. Namely, ATM Forum, ITU-T, IETF and DAVIC have proposed system architectures and service models which address the issues discussed.

After concluding the analysis of the Video-on-Demand system and of the main issues, which concern the interactive broadcasting of digital video, an attempt is made to determine an implementation model based on the specified requirements. Internet is selected as the communication network of the model, which focuses mainly on the network layer standards. The alternative architectures that are proposed differ in the design of the server. Specifically, there lies the issue of whether all services should be provided by one server or they should be allocated between two servers according to their content. The distinction of services into those which concern the communication of the digital video and those that are application specific, seems to present the most advantages in terms of efficiency and flexibility. As a result, the idea of two servers, an application server and a video server (streaming server), is adopted.

The study is mainly concentrated on the application server. The latter must uphold a set of standards that in a great extent relate to the system's requirements. Moreover, since it constitutes the intermediary between the network and the application, which may differ from case to case, its design should be based in principles independent from the communication specifics and the characteristics of the supported applications.

All Video-on-Demand applications stored in the application server are described in the form of a scenario through a mapping process. This process identifies the structures that will contain the information necessary for the application execution and services. The application server includes also a special library with programs common to all applications.

The communication between the application server and the client is realized with the HTTP protocol (Web server - Browser). In case the client initiates a request that involves video transmission, it establishes a new connection with the video server through the application server. The protocols used for the communication of the digital video and for the VCR operations vary from TCP and UDP to HTTP and other protocols designed exclusively for specific types of streaming servers.

An application based on the described model was developed concerning a game of knowledge in the Internet. The implementation of the scenario and the library was realized in HTML, as far as the static part of the application was concerned. In addition, TCL was used for the dynamic creation of the web pages and for CGI scripting.



