

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

"VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ"

**ANNA ΜΟΣΧΑ
Μ 11 / 99**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Παραγρ.		Σελ.
	Θέμα	3
	Σύνοψη	4
	Abstract	5
1	Εισαγωγή	6
2	Εισαγωγικές Έννοιες	7
2.1	Ορισμός του Video κατόπιν ζήτησης	7
2.2	Κατηγορίες του Video κατόπιν ζήτησης	9
3	Αρχιτεκτονική και Διαχείριση Δικτύου για Video κατόπιν ζήτησης	10
3.1	Συμπίεση του video και τεχνολογία χρηστών	10
3.2	Αρχιτεκτονική συστήματος τεχνολογίας ATM για Video κατόπιν ζήτησης	12
3.3	Τεχνολογία του Δικτύου πρόσβασης	15
3.4	Αποθήκευση Ταινιών	16
3.5	Αρχιτεκτονική με ενδιάμεσους διαθέτες video	19
3.6	Διάβασμα και μετάδοση του video	21
3.7	Τρόποι βελτίωσης της αποδοτικότητας του εύρους ζώνης των διαθετών video	22
3.7.1	Μάζεμα σε ομάδα (batching)	23
3.7.2	Delayed Batching / Staggered Broadcasting	24
3.7.3	Τμηματική Εκπομπή (Segmentized Broadcasting)	25
3.7.4	Μεταφορά ως εξωτερικό φορτίο (Piggybacking)	26
3.7.5	Κατακράτηση σε κρυφή μνήμη (Interval Caching)	26
3.7.6	Ασύγχρονη Πολλαπλή Μετάδοση (Asynchronous Multicasting)	27
3.7.7	Παγίδευση Ρεύματος (Stream Tapping)	28
3.8	Μια Προσέγγιση Διαπραγμάτευσης της ποιότητας της υπηρεσίας με μελλοντική κράτηση κατάλληλη για Video κατόπιν ζήτησης	30
3.9	Απόκρυψη του video	33
4	Συμπεράσματα	34
5	Βιβλιογραφία	35

VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

ΣΥΝΟΨΗ

Μία από τις σύγχρονες τεχνολογικές επιτεύξεις είναι το video κατόπιν ζήτησης (VOD-Video on Demand). Με τον όρο αυτό εννοούμε ένα σύστημα όπου οι πελάτες διαλέγουν κάποιο video από μακρυσμένες ηλεκτρονικές αποθήκες και αυτό μεταδίδεται σ' αυτούς το ταχύτερο δυνατό. Για την υλοποίηση του απαιτείται ένα δίκτυο υψηλών ταχυτήτων πιθανότατα ATM που θα ενώνει τις βιβλιοθήκες video και τους διαθέτες video με το δίκτυο πρόσβασης στο οποίο συνδέονται οι πελάτες. Στο δίκτυο πρόσβασης χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες όπως το υβριδικό ομοαξονικό νήμα, η ίνα ως ένα σημείο, η ίνα μέχρι το σπίτι και η ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή. Ο πελάτης απαιτείται να διαθέτει έναν προσαρμογέα (set-top box) που αλληλεπιδρά με το δίκτυο πρόσβασης και αποκωδικοποιεί την συμπιεσμένη μορφή στην οποία βρίσκεται το video. Επίσης, απαραίτητος είναι ένας απομονωτής (buffer) και στα δυο άκρα του ρεύματος για την διατήρηση ενός ενιαίου ρυθμού εξόδου. Τα κυριότερα προβλήματα του συστήματος video κατόπιν ζήτησης είναι η εξοικονόμηση εύρους ζώνης και η μείωση της καθυστέρησης των πελατών. Μία λύση είναι η τοποθέτηση ενδιάμεσων διαθέτων video ενώ έχουν αναπτυχθεί και διάφορες στρατηγικές όπως μάζεμα σε ομάδα, μάζεμα σε ομάδα με καθυστέρηση, εναλλασσόμενη εκπομπή, τμηματική εκπομπή, μεταφορά ως εξωτερικό φορτίο, κατακράτηση σε κρυφή μνήμη, ασύγχρονη πολλαπλή μετάδοση και παγίδευση ρεύματος. Τέλος, η προσέγγιση διαπραγμάτευσης της ποιότητας της υπηρεσίας με μελλοντική κράτηση είναι κατάλληλη για σύστημα video κατόπιν ζήτησης, ενώ η απόκρυψη του video είναι ένα θέμα που πρέπει να προσεχθεί.

ABSTRACT

A recent technological advance is video on demand (VOD). It is a system that gives an end user possibility to request video from remote repositories and this video is to be transmitted directly to him/her as soon as possible. To implement a video on demand a very fast network is needed, probably an ATM network that connects video libraries and video servers with the access network that reaches into clients' houses. There is a proliferation of technologies being used in access network such as hybrid fiber coax, fiber to the curb, fiber to the home and asymmetric digital subscriber line. The client must have a set-top box that are interfacing with the access network and decode videos which are all in compress mode. Furthermore, buffering is needed at both ends of the stream to maintain a uniform output rate. The main problems of a video on demand system are savings in bandwidth and client latency. A solution to these problems is to include in the system local spooling servers. Also, many other strategies have been developed such as batching, delayed batching, staggered broadcasting, segmentized broadcasting, piggybacking, interval caching, asynchronous multicasting and stream tapping. A quality of service negotiation approach with future reservation does fit the needs for a video on demand system. Finally, encryption is also an issue.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το video κατόπιν ζήτησης είναι μία από τις αναπτυσσόμενες τεχνολογίες των δικτύων σήμερα. Μπορεί να συγκριθεί με ένα ηλεκτρονικό κατάστημα ενοικίασης video. Μόνο που στο video κατόπιν ζήτησης δεν χρειάζεται ο πελάτης να πάει μέχρι το κατάστημα να νοικιάσει το video, αλλά μπορεί να το παραγγείλει από το σπίτι μέσω του εξ αποστάσεως ελέγχου της τηλεόρασης. Υπάρχουν δύο κατηγορίες αυτού το near Video-on-Demand και το true Video-on-Demand.

Για την υλοποίηση του video κατόπιν ζήτησης απαιτείται ένα πολύ γρήγορο δίκτυο για να μπορεί να προβληθεί το video σε πραγματικό χρόνο. Ένα τέτοιο δίκτυο είναι το ATM που λόγω των επικοινωνιακών χαρακτηριστικών του, μπορεί να υποστηρίξει πολύ ικανοποιητικά την ποικιλία απαιτήσεων σε κριτήρια απόδοσης των διαφόρων εφαρμογών video. Το δίκτυο αυτό συνδέει τις βιβλιοθήκες video και τους διαθέτες video με το δίκτυο πρόσβασης στο οποίο είναι συνδεδεμένοι οι πελάτες.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο πρόσβασης απαιτούν την αλλαγή όλων των καλωδίων εκτός από μία που χρησιμοποιεί τα καλώδια της τηλεφωνικής συσκευής. Τα video αποθηκεύονται σε συμπιεσμένη μορφή έτσι είναι απαραίτητος ο προσαρμογέας (set-top box) και ο απομονωτής (buffer) και στα δυο άκρα του ρεύματος (stream) μετάδοσης του video. Η οργάνωση της αποθήκευσης του video στο δίσκο γίνεται συνήθως με την μέθοδο των ραβδώσεων (striping).

Το σύστημα video κατόπιν ζήτησης απαιτεί πολύ μεγάλο εύρος ζώνης καθώς και όσο το δυνατόν μικρότερη καθυστέρηση μετάδοσης. Διάφορες στρατηγικές έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση αυτών των προβλημάτων. Ο σκοπός τους είναι να εξοικονομούν εύρος ζώνης χωρίς να αναγκάζουν τους πελάτες να περιμένουν πολύ

και ταυτόχρονα να είναι οικονομικές. Επίσης, έχουν αναπτυχθεί στρατηγικές που αφορούν την ποιότητα της υπηρεσίας ειδικές για τα συστήματα video κατόπιν ζήτησης, καθώς και για την απόκρυψη των video.

Το υπόλοιπο της εργασίας είναι οργανωμένο ως εξής :

Η **Ενότητα 2** αναφέρεται σε κάποιες εισαγωγικές έννοιες, στον ορισμό του video κατόπιν ζήτησης και στις κατηγορίες του.

Η **Ενότητα 3** αναφέρεται στην αρχιτεκτονική και την διαχείριση δικτύου συστημάτων video κατόπιν ζήτησης. Αναφέρονται λίγα για την συμπίεση του video και την τεχνολογία των χρηστών, περιγράφεται μία γενική αρχιτεκτονική τεχνολογίας ATM, γίνεται αναφορά της τεχνολογίας του δικτύου πρόσβασης, της αποθήκευσης των ταινιών, της αρχιτεκτονικής με ενδιάμεσους διαθέτες video, του διαβάσματος και της μετάδοσης του video, των τρόπων βελτίωσης της αποδοτικότητας του εύρους ζώνης των διαθέτων video, της προσέγγισης διαπραγμάτευσης της ποιότητας της υπηρεσίας με μελλοντική κράτηση καθώς και της απόκρυψης του video.

Η **Ενότητα 4** περιλαμβάνει τα συμπεράσματα.

Τέλος, η **Ενότητα 5** περιλαμβάνει την βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

Το video κατόπιν ζήτησης (video on demand ή VOD) είναι ένα σύστημα το οποίο δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να ζητήσει ταινίες από απομακρυσμένες ηλεκτρονικές αποθήκες ταινιών. Εκεί, θα πρέπει να υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ταινιών που είναι διαθέσιμες για τον χρήστη οποιαδήποτε ώρα, έτσι ώστε να μπορεί να διαλέξει μία ταινία η οποία θα του μεταδοθεί απευθείας αποκλειστικά σ' αυτόν

(όχι ραδιοφωνικά εκπεμπόμενη) το ταχύτερο δυνατό. Άλλες ενδεικτικές εφαρμογές προγραμμάτων κατόπιν ζήτησης είναι οι αγορές από το σπίτι (home shopping), η βιντεοτηλεφωνία, και η υποστήριξη εκπαιδευτικών διαδικασιών.

Τα video κατόπιν ζήτησης συστήματα θα πρέπει να επιτρέπουν στον χρήστη να αλληλεπιδρά με τον αποστολέα, τουλάχιστον με την δυνατότητα να σταματά την μετάδοση κατά την διάρκεια της εξέλιξης της ταινίας. Βέβαια, αυτή η αλληλεπίδραση μπορεί να διευρυνθεί επιτρέποντας στον χρήστη να σταματά και να ξαναρχίζει την μετάδοση της ταινίας, όπως επίσης να δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να παίζει την ταινία από μία συγκεκριμένη στιγμή ή να αλλάξει τη θέση στην οποία βρίσκεται το έργο όσες φορές θέλει. Πιο πολύπλοκα συστήματα μπορούν να συμπεριλάβουν και το γύρισμα μπροστά ή πίσω γρήγορα ή σε βήματα της ταινίας κατά την διάρκεια που παίζει.

Έτσι, από την πλευρά του χρήστη το σύστημα θα αντιπροσωπεύει μία νοητή συσκευή video, όπου όλες οι πράξεις αλλαγής κασετών δε θα είναι ορατές από τους χρήστες.

Η αρχιτεκτονική του video κατόπιν ζήτησης μπορεί να αποτελείται από πολλούς χρήστες και πολλούς αποστολείς, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει εκείνον τον αποστολέα που είναι πιο εύκολα προσεγγίσιμος ή αυτόν με τα πιο ενδιαφέροντα περιεχόμενα.

2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

Βασικά υπάρχουν δύο ειδών video κατόπιν ζήτησης υπηρεσίες:

- near Video-on-Demand (σχεδόν video κατόπιν ζήτησης)
- true Video-on-Demand (πραγματικό video κατόπιν ζήτησης).

Στην υπηρεσία **near Video-on-Demand** ο προμηθευτής του video προβάλλει το video σε σταθερά χρονικά διαστήματα, για παράδειγμα κάθε πέντε λεπτά. Έτσι, κάθε πέντε λεπτά μια δημοφιλής ταινία αρχίζει και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με αποτέλεσμα, ένας χρήστης που θέλει να δει αυτή την ταινία να μη χρειαστεί να περιμένει πάνω από πέντε λεπτά ώσπου ν' αρχίσει. Παρόλο που σ' αυτήν την περίπτωση δεν μπορεί ο χρήστης να ακινητοποιήσει την ταινία ή να την γυρίσει πίσω, μπορεί μετά από ένα μικρό διάλειμμα του να γυρίσει σ' ένα άλλο κανάλι που δείχνει την ίδια ταινία αλλά πέντε λεπτά πιο πίσω. Έτσι, μπορεί να δει κάποια σκηνή δυο φορές αλλά δεν θα έχει χάσει τίποτα από την εξέλιξη του έργου.

Όσον αφορά την **true Video-on-Demand** υπηρεσία, εκεί οι κλήσεις των πελατών για γύρισμα της ταινίας πίσω καταφτάνουν στον εξυπηρετητή του βίντεο τυχαία σε αυθαίρετα χρονικά σημεία. Παλαιότερα τα true Video-on-Demand συστήματα απαιτούσαν και τον εξυπηρετητή και τις πηγές του δικτύου να είναι αφοσιωμένα σ' ένα ενεργό πελάτη κατά την διάρκεια του playback κάτι που ήταν εξαιρετικά δαπανηρό. Τώρα με τα ATM (Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς) δίκτυα και την ικανότητα μετάδοσης του video ταυτόχρονα σε πολλούς χρήστες υποστηρίζεται πολύ ικανοποιητικά η ποικιλία απαιτήσεων σε κριτήρια απόδοσης των διαφόρων εφαρμογών video.

3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΓΙΑ VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

3.1. ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΤΟΥ VIDEO ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΧΡΗΣΤΩΝ.

Είναι φανερό πως η μετάδοση μιας ταινίας γίνεται σε συμπιεσμένη μορφή. Το **MPEG (Motion Picture Experts Group)** είναι ένα πρότυπο που περιγράφει μια τεχνική συμπίεσης για αλληλουχία κινουμένων εικόνων. Για την συμπίεση των ταινιών χρησιμοποιούνται τα πρότυπα MPEG-1 αλλά κυρίως το MPEG-2 που έγινε διεθνές πρότυπο και αποτελεί τον διάδοχο του MPEG-1.

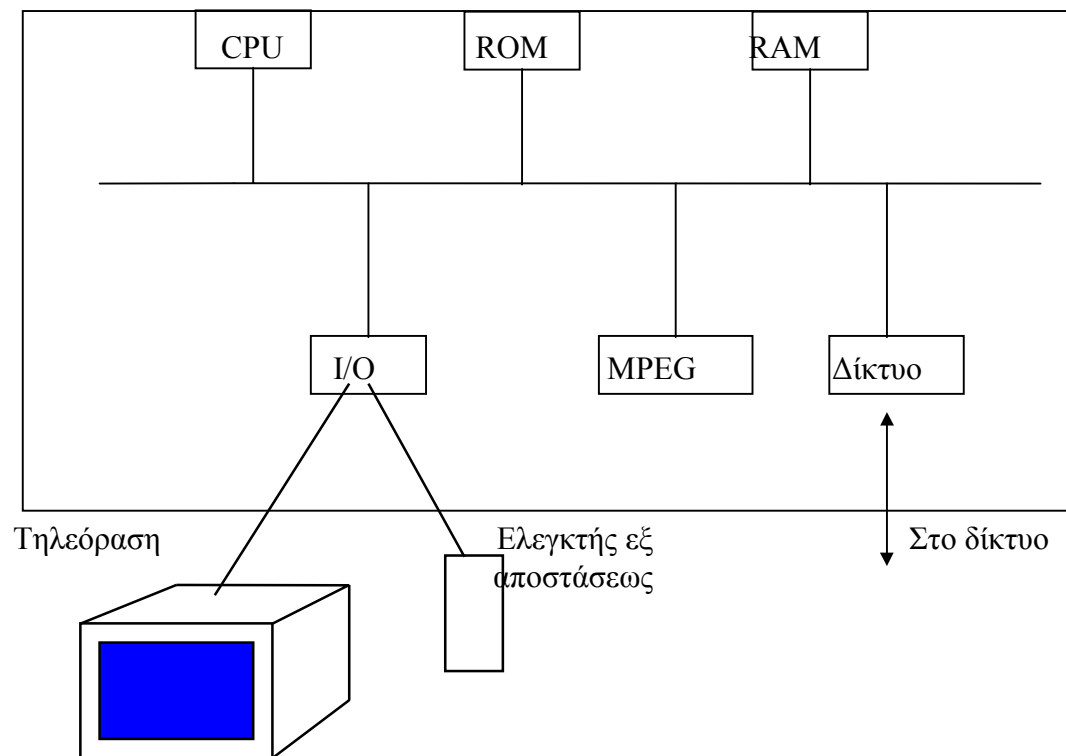
Έτσι, όταν φτάνει στον χρήστη μία ροή από το ζητούμενο βίντεο χρειάζεται να αποκωδικοποιηθεί και έτσι να αποσυμπιεστεί. Δύο προσεγγίσεις είναι εφικτές εδώ.

Σύμφωνα με την πρώτη προσέγγιση, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν τους προσωπικούς υπολογιστές τους για να αποκωδικοποιούν και να βλέπουν τις ταινίες. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να αγοράσουν και να συνδέσουν ένα ειδικό πίνακα που περιέχει ειδικά chips και ένα μηχανήμα σύνδεσης (connector) για να αλληλεπιδρούν με το τοπικό δίκτυο. Η ταινία τότε θα προβάλλεται στην οθόνη του υπολογιστή πιθανώς ακόμη και σ' ένα παράθυρο. Προφανώς αυτή η προσέγγιση είναι αρκετά οικονομική και προσφέρει την δυνατότητα στον χρήστη να αλληλεπιδρά με την βοήθεια του ποντικιού. Συνήθως όμως οι υπολογιστές έχουν μικρή οθόνη και εκπέμπουν αρκετά λιγότερο φως από ότι οι τηλεοράσεις.

Σύμφωνα με την δεύτερη προσέγγιση ο υπεύθυνος του τοπικού δικτύου νοικιάζει ή πουλάει σε κάθε χρήστη έναν **προσαρμογέα (set-top box)** στο οποίο

συνδέονται το δίκτυο και η τηλεόραση. Οι βασικές λειτουργίες του προσαρμογέα είναι η αλληλεπίδραση με το τοπικό δίκτυο, η αποκωδικοποίηση του MPEG σήματος, ο συγχρονισμός της ροής της φωνής με την εικόνα, η παραγωγή ενός σύνθετου σήματος για την τηλεόραση, η παρακολούθηση του εξ αποστάσεως ελέγχου και η διαχείριση της αλληλεπίδρασης του χρήστη. Αυτή η προσέγγιση είναι η επικρατέστερη γιατί σε κάθε σπίτι υπάρχει τηλεόραση ενώ υπολογιστής δεν υπάρχει σε κάθε σπίτι. Ακόμη, πολλοί υπολογιστές είναι παλιοί ή δεν είναι κατάλληλοι για MPEG αποκωδικοποίηση.

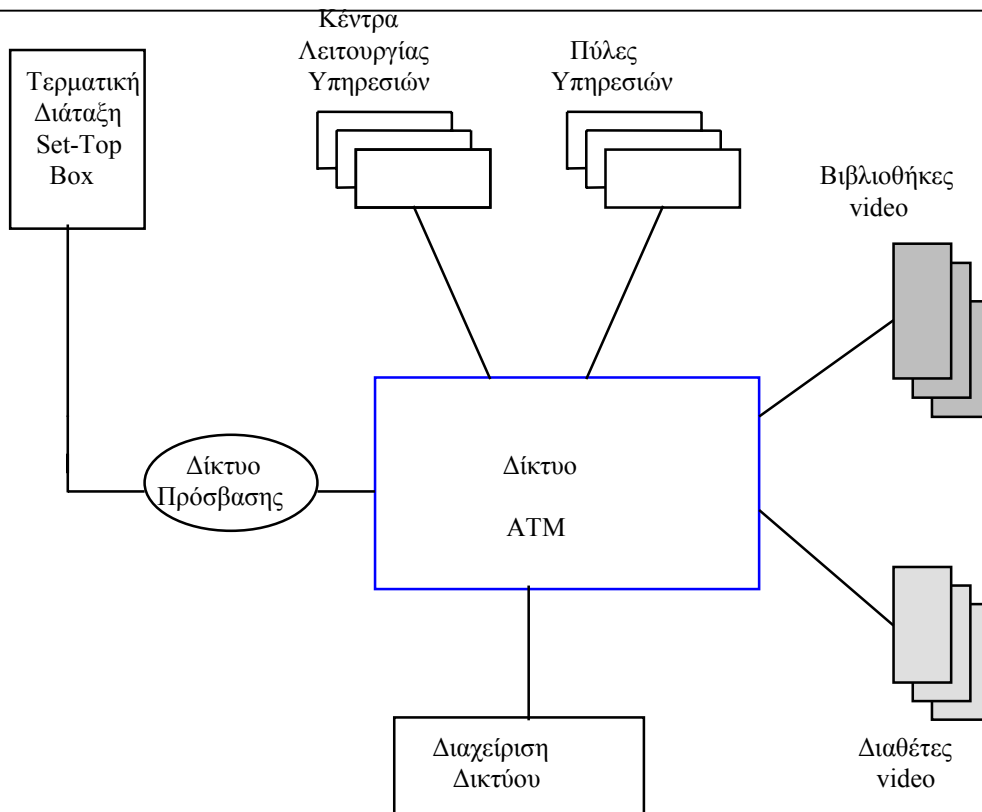
Μια πιθανή αρχιτεκτονική του προσαρμογέα είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 1. Αυτό αποτελείται από Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU), Μνήμη Μόνο Διαβάσματος (ROM), Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης (RAM), εκλεκτή εισόδου/εξόδου (I/O), MPEG αποκωδικοποιητή και αλληλεπίδραση με το δίκτυο. Επιπλέον μπορεί να προστεθεί ένα chip ασφαλείας για να αποκρύπτονται τα εξερχόμενα μηνύματα όπως οι αριθμοί πιστωτικών καρτών κ.α.



3.2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΤΜ ΓΙΑ VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται διαγραμματικά η αρχιτεκτονική του συστήματος για την υποστήριξη video κατόπιν ζήτησης, με βασικό δίκτυο τεχνολογίας ΑΤΜ.

Σχήμα 2 : Αρχιτεκτονική συστήματος, τεχνολογίας ΑΤΜ, για VOD



Οι βασικές δομικές μονάδες της αρχιτεκτονικής του σχήματος 2 είναι:

- Οι **Πύλες Υπηρεσιών (Service Gateways)**, που παρέχουν στον χρήστη τη δυνατότητα σύνδεσης με ένα διαθέτη video, ενός παροχέα υπηρεσιών που αυτός επιλέγει. Οι πύλες μπορεί να είναι ανεξάρτητα στοιχεία του δικτύου ή να ενσωματώνονται σε ήδη υπάρχοντα δικτυακά στοιχεία.
- Το **Κέντρο Λειτουργίας Υπηρεσιών (Service Operation Center)** που επιτρέπει στους παροχείς υπηρεσιών να διαχειρίζονται το πληροφοριακό υλικό τους και να εξυπηρετούν συγκεκριμένες ομάδες χρηστών. Ανάλογα με το μέγεθος του υλικού και την έκταση του δικτύου, ένα Κέντρο Λειτουργίας Υπηρεσιών μπορεί να είναι μια ανεξάρτητη μονάδα ή να ενσωματώνεται σε ένα διαθέτη video.
- Οι **βιβλιοθήκες video (Video libraries)** είναι τα συστήματα αρχειοθέτησης, στα οποία αποθηκεύεται συμπιεσμένο υλικό (π.χ. ταινίες, video).

-
- Οι **διαθέτες video (Video Servers)**, που παρέχουν τα video και το υπόλοιπο υλικό το οποίο μπορούν να ζητήσουν οι συνδρομητές/χρήστες.
 - Το **δίκτυο πρόσβασης (Access Network)**, που αναφέρεται στη διασύνδεση μεταξύ δικτύου και διατάξεων συνδρομητή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι δικτύων πρόσβασης ανάλογα με το είδος μετάδοσης, τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και το φυσικό μέσο μετάδοσης.
 - Η συνδρομητική διάταξη (CPE-Customer Premises Equipment), που περιλαμβάνει τον **προσαρμογέα (set-top box)** που συνδέεται με την τηλεόραση, τη συσκευή video και το σύστημα του εξ αποστάσεως ελέγχου.

Η χρήση της τεχνολογίας ATM παρέχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, στην μετάδοση εφαρμογών video κατόπιν ζήτησης, όπως:

- Μπορούν να υποστηριχθούν επικοινωνιακά πολλαπλοί τύποι υπηρεσιών, οι οποίες παράγουν διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων και οι οποίοι πιθανόν να πρέπει να αναμιχθούν και να ενοποιηθούν, στα πλαίσια μιας πολυμεσικής εφαρμογής.
- Το δίκτυο παρέχει ένα επαρκές σύστημα σηματοδότησης και, λόγω των προδιαγραφών λειτουργίας του, είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για την παράδοση σημάτων video, σε μεγάλο αριθμό συνδρομητών.
- Οι υπάρχοντες και χρησιμοποιούμενοι ταυτοποιητές νοητών συνδέσεων (μονοπατιών ή/και καναλιών) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ταυτοποίηση των διαφόρων προγραμμάτων (ταινίες, μουσική κ.α.).

Είναι δυνατόν να γίνεται χρήση αποκλειστικά τεχνολογίας ATM ή χρήση τεχνολογίας ATM μόνο μέχρι το δίκτυο πρόσβασης.

Στην πρώτη περίπτωση οι διαθέτες video παρέχουν, κατόπιν ζήτησης και μέσω του δικτύου ATM, ένα αντίγραφο από το video που ζητήθηκε. Τα

προγράμματα που είναι αποθηκευμένα σε κωδικοποιημένη μορφή MPEG ανακαλούνται από το μέσο αποθήκευσης, ενθυλακώνονται σε κυψελίδες ATM και

μεταφέρονται μέσω του δικτύου του συνδρομητή. Η αποκλειστική χρήση της τεχνολογίας ATM χαρακτηρίζεται και ως αρχιτεκτονική ΑΤΜΗ (ATM-to-the-Home).

Η δεύτερη περίπτωση απαιτεί μετατροπή των κυψελίδων ATM σε ρεύμα μετάδοσης (TS-Transport Stream), που έχει οριστεί για το MPEG-2 και εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στο δίκτυο πρόσβασης.

3.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Οι τέσσερις κυριότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο πρόσβασης είναι:

- Υβριδικό ομοαξονικό νήμα (HFC-Hybrid Fiber Coaxial),
- Ένα ως ένα σημείο (FTTC-Fiber-to-the-Curb),
- Ένα μέχρι το σπίτι (FTTH-Fiber-to-the-Home),
- Ασύμμετρη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή (ADSL-Asymmetric Digital Subscriber Line).

Για την υλοποίηση του **HFC** χρειάζεται να αντικατασταθεί ολόκληρο το καλωδιακό σύστημα των τηλεοράσεων αφού απαιτείται αντικατάσταση των ήδη υπαρχόντων καλωδίων από 750 MHz coax καλωδίων. Στο σχήμα **FTTC** η τηλεφωνική εταιρεία χρησιμοποιεί οπτική ίνα από το τελευταίο γραφείο της ως ένα ειδικό μηχάνημα, που ονομάζεται Οπτική Μονάδα Δικτύου (ONU-Optical Network Unit), είναι τοποθετημένο σε κάθε μικρή περιοχή χρηστών και δίνει την δυνατότητα

μεταφοράς MPEG-2 ταινιών. Η άλλη λύση είναι η **FTTH** όπου σύμφωνα μ' αυτή, χρησιμοποιείται οπτική ίνα από την τηλεφωνική εταιρεία έως το σπίτι κάθε χρήστη.

Όπως γίνεται φανερό και οι τρεις αυτές λύσεις είναι εξαιρετικά δαπανηρές και απαιτούν πολλές αλλαγές.

Η πιο φθηνή λύση είναι η **Ασύμμετρη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή**. Αυτή αποτελεί μια τεχνική μετάδοσης σε καλωδίωση συνεστραμμένων ζευγών αγωγών (twisted pair) δηλαδή, των συνηθισμένων τηλεφωνικών γραμμών που ήδη υπάρχουν σε κάθε σπίτι, χρησιμοποιώντας μια εξελιγμένη τεχνική κωδικοποίησης. Στον συνδρομητή προσφέρει ένα σήμα "καθόδου" (downstream signal) στα 1,536 Mbps, ένα "ανοδικό" (upstream) κανάλι ελέγχου 16 Kbps και ένα κανάλι ISDN βασικού ρυθμού (128 Kbps). Η βασική ιδέα είναι ότι το "ανοδικό" κανάλι έχει αρκετό εύρος ζώνης για τον χρήστη για να παραγγείλει ταινίες (δεν απαιτείται μεγάλο εύρος ζώνης) και μεγάλο εύρος ζώνης αρκετό για να δεχτεί την ταινία σε MPEG κωδικοποίηση.

Για την μετάδοση δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός, αρκεί η απόσταση του συνδρομητή από το σημείο μεταγωγής να είναι κάτω από 5,5 χιλιόμετρα. Πρόσφατα έχει προταθεί και η Ασύμμετρη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή-II (ADSL-II), που υποστηρίζει 6 Mbps στον τελικό χρήστη με τον ίδιο περιορισμό στην απόσταση. Το κόστος για τον τελικό χρήστη είναι μικρό μια και ελάχιστες αλλαγές απαιτούνται στην πλευρά του.

3.4. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΑΙΝΙΩΝ

Ένα άλλο πρόβλημα είναι αυτό της αποθήκευσης των ταινιών. Το γεγονός ότι κάποιες ταινίες είναι πιο δημοφιλής από κάποιες άλλες επιβάλλει την ιεραρχία στην

αποθήκευση όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Εδώ η απόδοση αυξάνεται όσο ανεβαίνουμε στην ιεραρχία.

Σχήμα 3 : Ιεραρχία αποθήκευσης



Η πιο φθηνή λύση είναι η μαγνητική ταινία αλλά υστερεί στο χρόνο προσπέλασης της ταινίας. Μια εναλλακτική λύση είναι η οπτική αποθήκευση (CD-ROMs) αλλά κι αυτή δεν μειώνει αρκετά το χρόνο για την εύρεση της ταινίας.

Μια πολύ καλύτερη λύση είναι ο μαγνητικός δίσκος. Έχει μικρό χρόνο προσπέλασης, υψηλό ρυθμό μεταφοράς και μη ευκαταφρόνητες ικανότητες και έτσι είναι ο καταλληλότερος για να αποθηκεύει ταινίες που πραγματικά μεταδίδονται (όχι απλά υπάρχουν σε περίπτωση που κάποιος θα τις ζητήσει). Το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι στοιχίζουν ακριβά για να αποθηκεύουν ταινίες οι οποίες σπάνια διαλέγονται για να μεταδοθούν.

Τέλος, είναι η μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM) που είναι η πιο γρήγορη αλλά και η πιο ακριβή. Αυτή είναι κατάλληλη για ταινίες των οποίων διαφορετικά μέρη στέλνονται σε διαφορετικά σημεία την ίδια στιγμή για παράδειγμα σε πραγματικό video κατόπιν ζήτησης σε πολλούς χρήστες που ο καθένας άρχισε να παρακολουθεί την ταινία σε διαφορετικές στιγμές.

Όσον αφορά τώρα τον διαθέτη video, οι κεντρικές μονάδες

επεξεργασίας του δέχονται τις παραγγελίες, εντοπίζουν τις ταινίες, μετακινούν την πληροφορία μεταξύ μηχανών και κάνουν ένα σωρό άλλες λειτουργίες. Άλλες απ' αυτές τις λειτουργίες δεν απαιτούν άμεση διεκπεραίωση αλλά οι περισσότερες

απαιτούν και έτσι οι κεντρικές μονάδες επεξεργασίας αναγκάζονται να χρησιμοποιούν λειτουργικά συστήματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα συστήματα σπάνε την δουλειά που πρέπει να γίνει σε επιμέρους εργασίες που η κάθε μια έχει γνωστό χρόνο λήξης της προθεσμίας της. Έτσι οι εργασίες διεκπεραιώνονται με τη χρησιμοποίηση αλγορίθμων όπως αυτός που διεκπεραιώνει πρώτα την εργασία με την μικρότερη προθεσμία λήξης ή όπως ο αλγόριθμος του μονότονου ρυθμού.

Η καρδιά του λειτουργικού του διαθέτη video είναι το λειτουργικό που αφορά την διαχείριση του δίσκου. Αυτό έχει δύο βασικές εργασίες : να βάζει τη ταινία στον μαγνητικό δίσκο όταν αυτή ήταν προηγουμένως αποθηκευμένη σε μαγνητική ταινία ή σε οπτική αποθήκευση, και να χειρίζεται τις παραγγελίες για πολλές ροές εξόδου. Ο τρόπος που τοποθετείται η ταινία επηρεάζει την απόδοση.

Δύο πιθανοί τρόποι οργάνωσης της αποθήκευσης στο δίσκο είναι η φάρμα δίσκου (**disk farm**) και ο πίνακας δίσκου (**disk array**). Με τη **φάρμα δίσκου** σε κάθε drive υπάρχουν μερικές ολόκληρες ταινίες. Κάθε ταινία θα πρέπει να υπάρχει σε τουλάχιστον δύο drives για λόγους ασφάλειας και απόδοσης. Σύμφωνα με την άλλη οργάνωση, τον **πίνακα δίσκου ή RAID-Redundant Array of Inexpensive Disks**, κάθε ταινία χωρισμένη και δια μοιρασμένη πάνω σε πολλαπλά drives, για παράδειγμα, το block 0 στο drive 0, το block 1 στο drive 1, κ.ο.κ., με το block $n-1$ στο drive $n-1$. Μετά ο κύκλος επαναλαμβάνεται, με το block n στο drive 0 κ.τ.λ. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται μέθοδος των ραβδώσεων (**striping**) και είναι η επικρατέστερη.

Ένας ραβδωτός δίσκος έχει περισσότερα πλεονεκτήματα όπως :

- Όλα τα n drives μπορούν να τρέχουν παράλληλα αυξάνοντας έτσι την απόδοση κατά ένα παράγοντα n .
- Προσθέτοντας ένα επιπλέον drive σε κάθε ομάδα των n επιτρέπεται η επανόρθωση ολόκληρης της πληροφορίας σε περίπτωση που κάποιο drive χαλάσει

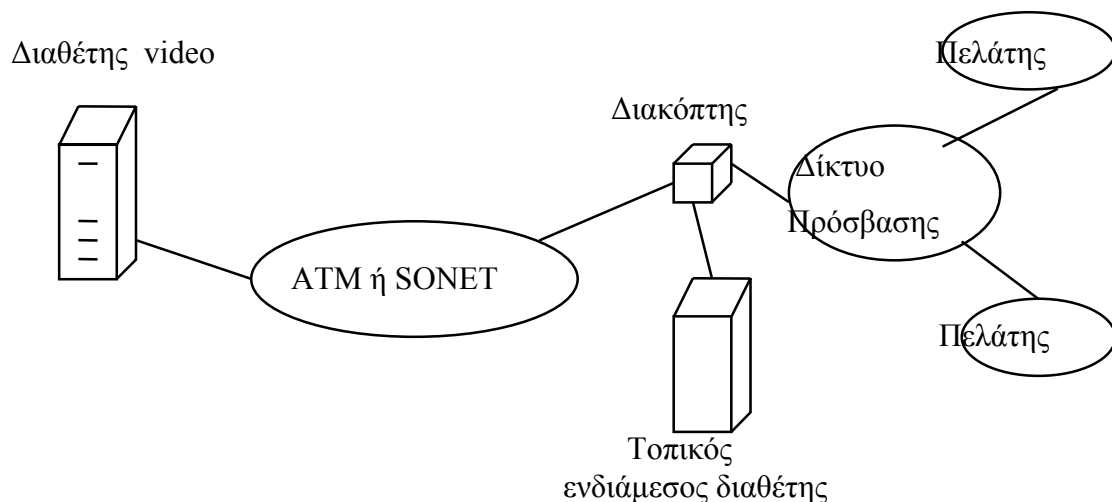
- Λύνει το πρόβλημα της εξισορρόπησης φορτίου (δεν χρειάζεται χειρονακτική τοποθέτηση για την αποφυγή της ύπαρξης όλων των δημοφιλών ταινιών στο ίδιο drive)

Βέβαια το μειονέκτημα της οργάνωσης με πίνακα δίσκου είναι ότι είναι πιο πολύπλοκη και αρκετά ευάλωτη σε πολλαπλές δυσλειτουργίες. Επίσης δεν είναι τόσο κατάλληλη για λειτουργίες εγγραφής video.

3.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥΣ ΔΙΑΘΕΤΕΣ VIDEO

Μια άλλη προσέγγιση για την αρχιτεκτονική του συστήματος για την υποστήριξη video κατόπιν ζήτησης είναι αυτή με την χρησιμοποίηση **ενδιάμεσων διαθετών video (spooling servers)** όπως φαίνεται στο σχήμα 4.

Σχήμα 4: Αρχιτεκτονική με ενδιάμεσους διαθέτες video



Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία ATM ή Σύγχρονου Οπτικού Δικτύου (SONET-Synchronous Optical Network). Με

τη χρησιμοποίηση Σύγχρονου Οπτικού Δικτύου επιτυγχάνεται μεγάλο εύρος ζώνης και μηδενικό τρέμουλο (jitter) δηλαδή δεν υπάρχει διαφορά στο χρόνο που χρειάζονται τα πακέτα για να μεταδοθούν.

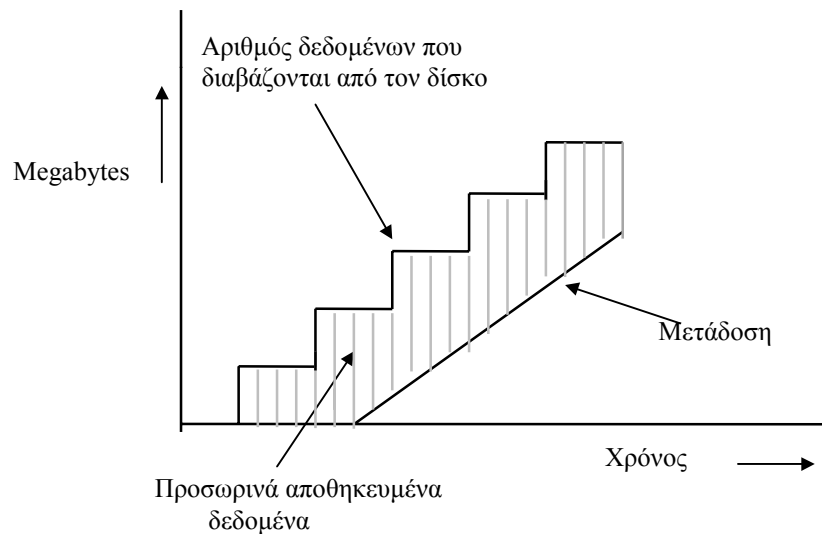
Επίσης, είναι δυνατό για όλα τα δίκτυα πρόσβασης, σε κάθε γειτονιά να υπάρχει ένας ή περισσότεροι ενδιάμεσοι διαθέτες video (spooling servers) στους οποίους είναι τοποθετημένα videos έτσι ώστε να είναι πιο κοντά στους χρήστες και να γίνεται εξοικονόμηση του εύρους ζώνης στις ώρες όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση. Μπορούν να γεμίζουν με ταινίες από πριν είτε δυναμικά είτε με κράτηση. Έτσι, η κυκλοφορία μέσω του ATM δικτύου δεν θα απαιτείται να είναι χωρίς καθόλου τρέμουλο (jitter), κάνοντας έτσι δυνατή την χρησιμοποίηση της υπηρεσίας του διαθέσιμου ρυθμού bit (ABR-Available Bit Rate) σε σχέση με την πιο ακριβή υπηρεσία του σταθερού ρυθμού bit (CBR-Constant Bit Rate). Τέλος, μπορούν οι πελάτες να παραγγέλνουν το video που επιθυμούν εκ των προτέρων, να το κατεβάζουν οι προμηθευτές στους τοπικούς ενδιάμεσους διαθέτες τις ώρες που δεν υπάρχει πολύ ζήτηση και να επιτυγχάνεται έτσι μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι η εξυπηρέτηση όλων των ροών εξόδου πραγματικού χρόνου μέσα στα πλαίσια που καθορίζουν οι χρονικοί περιορισμοί τους. Επειδή μια MPEG-2 ροή video αποτελείται από πλαίσια με διαφορετική αναλογία συμπίεσης για την διατήρηση ενός μόνο ρυθμού εξόδου απαιτείται **απομονωτής (buffer)** και στα δύο άκρα της ροής. Οι ενδιάμεσοι διαθέτες video μπορούν να παίξουν τον ρόλο του απομονωτή και έτσι μετακινώντας το ρόλο του απομονωτή από τους διαθέτες video στους ενδιάμεσους ο απαιτούμενος χώρος μνήμης μπορεί να μειωθεί.

3.6. ΔΙΑΒΑΣΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ VIDEO

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για την διατήρηση του ενιαίου ρυθμού μετάδοσης είναι απαραίτητος ο απομονωτής. Στο σχήμα 5 φαίνεται μια σκάλα η οποία δείχνει το αριθμό των δεδομένων που ανακλούνται από τον δίσκο για μια συγκεκριμένη ροή video (δεδομένου ότι η ταινία είναι στον δίσκο).

Σχήμα 5 : Προσωρινή συγκράτηση δεδομένων (buffering) στον δίσκο του διαθέτη



Όπως φαίνεται στο σχήμα η σκάλα ανεβαίνει κατά διακριτά σκαλοπάτια, κάθε σκαλοπάτι για κάθε block που διαβάζεται. Παρόλα αυτά, η μετάδοση θα πρέπει να γίνει με έναν πιο ενοποιημένο ρυθμό, έτσι η διαδικασία της ανάγνωσης του δίσκου θα πρέπει να προηγείται της διαδικασίας μετάδοσης. Η γραμμοσκιασμένη περιοχή στο σχήμα δείχνει τα δεδομένα που έχουν ανακληθεί από τον δίσκο αλλά δεν έχουν μεταδοθεί ακόμα.

Κανονικά, οι δίσκοι είναι προγραμματισμένοι να χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο του ανελκυστήρα (elevator algorithm) σύμφωνα με τον οποίο ο βραχίονας αρχίζει να κινείται προς το εσωτερικό μέχρι να χτυπήσει τον εσωτερικότερο κύλινδρο, εκτελώντας όλες τις απαιτήσεις που συναντά με τη σειρά.

Όταν φτάσει όσο εσωτερικά γίνεται αρχίζει την αντίστροφη διαδικασία κινούμενος προς τα έξω και πάλι εκτελώντας καθοδόν τις απαιτήσεις με την σειρά. Ενώ αυτός ο αλγόριθμος ελαχιστοποιεί τον χρόνο που απαιτείται για την αναζήτηση, δεν είναι φερέγγυος για πραγματικού χρόνου λειτουργίες και έτσι δεν είναι κατάλληλος για έναν διαθέτη video.

Ένας καλύτερος αλγόριθμος είναι αυτός που παρακολουθεί όλες τις ροές video και δημιουργεί λίστα από το επόμενο block που χρειάζεται η καθεμιά. Αυτοί οι αριθμοί των block ταξινομούνται και τα blocks διαβάζονται με τη σειρά του κυλίνδρου. Όταν το τελευταίο block διαβαστεί ο επόμενος κύκλος αρχίζει με την συλλογή του αριθμού του block που βρίσκεται τώρα στην κορυφή καθεμιάς ροής. Αυτοί πάλι ταξινομούνται και διαβάζονται με τη σειρά του κυλίνδρου κ.ο.κ. Αυτός ο αλγόριθμος διατηρεί πραγματικού χρόνου απόδοση για όλες τις ροές και επιπλέον απαιτεί πολύ λιγότερο χρόνο για την αναζήτηση συγκρινόμενος με τον απλό αλγόριθμο πρώτος-έρχεται, πρώτος-εξυπηρετείται.

3.7. ΤΡΟΠΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΤΩΝ VIDEO

Οι διαθέτες video κατόπιν ζήτησης έχουν περιορισμένο αριθμό εύρος ζώνης με το οποίο εξυπηρετούν τις απαιτήσεις των πελατών. Με τον όρο εύρος ζώνης του διαθέτη video εννοούμε τον μέσο αριθμό ρευμάτων (streams) που

χρησιμοποιούνται από τον διαθέτη video. Οι τυπικοί διαθέτες video αφιερώνουν ένα

μοναδικό ρεύμα (stream) δεδομένων για κάθε ένα πελάτη δηλαδή, δεν επιτρέπουν τον διαμοιρασμό δεδομένων από κοινού μεταξύ των πελατών και έτσι αυτή η στρατηγική πολύ γρήγορα κατανέμει όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Για την

βελτίωση της απόδοσης του εύρους ζώνης των διαθέτων video έχουν αναπτυχθεί διάφορες στρατηγικές :

- Batching (Μάζεμα σε ομάδα)
- Delayed Batching (Μάζεμα σε ομάδα με καθυστέρηση)
- Staggered Broadcasting (Εναλλασσόμενη εκπομπή)
- Segmentized Broadcasting (Τμηματική εκπομπή)
- Piggybacking (Μεταφορά ως εξωτερικό φορτίο)
- Interval Caching (Κατακράτηση σε κρυφή μνήμη)
- Asynchronous multicasting (Ασύγχρονη πολλαπλή μετάδοση)
- Stream Tapping (Παγίδευση Ρεύματος)

3.7.1. MAZEMA ΣΕ ΟΜΑΔΑ (BATCHING)

Σύμφωνα με την στρατηγική **batching**, όταν ο διαθέτης video έχει πολλαπλές αιτήσεις για το ίδιο video στη ουρά αιτήσεων του, μπορεί τις εξυπηρετήσει όλες (για παράδειγμα μαζεύοντας όλες μαζί σε μια ομάδα) μεταδίδοντας ταυτόχρονα το video σε όλους τους αιτούμενους πελάτες. Έτσι, αν υπάρχουν K αιτήσεις στη ουρά, ο διαθέτης video θα εξοικονομήσει $K-1$ φορές το εύρος ζώνης του video.

Θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι αν υπάρχει μία μόνο αίτηση για video στην ουρά αιτήσεων του διαθέτη video κατόπιν ζήτησης τότε αυτός δεν θα έχει καμιά

εξοικονόμηση εύρους ζώνης. Ο μόνος τρόπος για να επιτύχει κάποια εξοικονόμηση η μέθοδος batching είναι ο διαθέτης video να αφήσει την ουρά αιτήσεων του να μεγαλώσει, και αυτό συμβαίνει μόνο όταν έχει ήδη διαθέσει όλο το εύρος ζώνης του. Τον υπόλοιπο χρόνο η μέθοδος αυτή θα συμπεριφέρεται ακριβώς όπως τα τυπικά συστήματα.

3.7.2. DELAYED BATCHING / STAGGERED BROADCASTING

Οι στρατηγικές **delayed batching** και **staggered broadcasting** είναι παρόμοιες και έχουν ως στόχο να διορθώσουν το πρόβλημα της μεθόδου batching. Και οι δύο μέθοδοι επιτρέπουν στον διαθέτη video κατόπιν ζήτησης να καθυστερεί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αφού έχει δεχτεί τις αιτήσεις με σκοπό να αυξηθεί το μέγεθος του γκρουπ στο οποίο θα γίνει ταυτόχρονη πολλαπλή μετάδοση.

Σύμφωνα με τη μέθοδο delayed batching, ο διαθέτης video αρχίζει να καθυστερεί τη μετάδοση αφού πρώτα δεχτεί την αίτηση, και ο χρόνος που κρατά η καθυστέρηση εξαρτάται συνήθως από τον ρυθμό που καταφθάνουν οι αιτήσεις. Σύμφωνα με τη στρατηγική staggered broadcasting, ο διαθέτης αρχίζει να μεταδίδει τα ρεύματα του video σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, και η καθυστέρηση εξαρτάται από το πότε φθάνουν οι αιτήσεις κατά την διάρκεια του τρέχοντος χρονικού διαστήματος.

Το πρόβλημα μ' αυτές τις δυο στρατηγικές είναι ότι ενώ βελτιώνουν την ικανότητα του εύρους ζώνης του διαθέτη video, για να το επιτύχουν αυτό επιβάλουν μια αργοπορία στον πελάτη. Στην πραγματικότητα η μέση καθυστέρηση που έχει ο πελάτης είναι σίγουρο ότι δεν είναι μηδενική. Επίσης, οι στρατηγικές delayed

batching και staggered broadcasting μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για τα δημοφιλή video, μια και δεν είναι πιθανό να υπάρχουν πολλές αιτήσεις για τα μη δημοφιλή video κατά την διάρκεια των μικρών διαστημάτων καθυστέρησης.

3.7.3. ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ (SEGMENTIZED BROADCASTING)

Τα συστήματα **τμηματικής εκπομπής** περιλαμβάνουν την εκπομπή πυραμίδας (Pyramid broadcasting), την εκπομπή ουρανοξύστη (Skyscraper broadcasting) και την αρμονική εκπομπή (Harmonic broadcasting). Αυτά τα συστήματα δεν εκπέμπουν ένα ολόκληρο video σ' ένα ρεύμα, αλλά σπάζουν κάθε video σε επιμέρους τμήματα και εμφανίζουν κάθε τμήμα επαναληπτικά στο ρεύμα. Οι διαφορές μεταξύ αυτών των συστημάτων έχουν σχέση με το μέγεθος των τμημάτων, τον αριθμό των τμημάτων που λαμβάνουν οι πελάτες σε κάθε μια στιγμή και με τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων από τον διαθέτη video κατόπιν ζήτησης.

Ενώ τα συστήματα τμηματικής εκπομπής μπορούν να μειώσουν σημαντικά την καθυστέρηση που υφίστανται οι πελάτες σε σχέση με τα staggered broadcasting συστήματα, απαιτούν ένα πολύ πιο πολύπλοκο προσαρμογέα (set-top-box). Ο προσαρμογέας για παράδειγμα, θα πρέπει να μπορεί να αλλάζει από ρεύμα σε ρεύμα για να λάβει όλα τα τμήματα, να μπορεί να λαμβάνει δεδομένα διπλάσια ή και παραπάνω από το ρυθμό κατανάλωσης του video και να περιέχει έναν τοπικό απομονωτή (buffer) για να μπορεί να κρατά τα μισά δεδομένα του video. Επιπλέον, και αυτά τα συστήματα δεν εγγυούνται μηδενική καθυστέρηση στους πελάτες και τέλος είναι κατάλληλα για δημοφιλή video.

3.7.4. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΩΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (PIGGYBACKING)

Σύμφωνα με την **piggybacking** στρατηγική, ο ρυθμός εμφάνισης των video αλλάζει κατά $\pm 5\%$ (ένα ποσό που θεωρητικά δεν επιτρέπει στους ανθρώπινους

παρατηρητές να αντιληφθούν τις αλλαγές) έτσι ώστε δύο ρεύματα δεδομένων μπορούν να συγχωνευτούν σε ένα. Όταν τα δύο ρεύματα προσεγγίσουν το ίδιο στο σημείο στο video, το ένα από τα δύο ρεύματα μπορεί να αποδεσμευτεί και οι πελάτες του να αλλάξουν και να τροφοδοτηθούν από το άλλο ρεύμα που είναι ενεργό.

Υπάρχουν δύο βασικά μειονεκτήματα στην μέθοδο piggybacking. Το πρώτο είναι ότι απαιτείται αρκετός χρόνος για να συγχωνευτούν τα δύο ρεύματα. Αν τα δύο ρεύματα έχουν αρχίσει με διαφορά Δ λεπτά, τότε η μέθοδος αυτή απαιτεί 10Δ λεπτά για να κάνει την συγχώνευση. Το δεύτερο μειονέκτημα είναι ότι, είτε απαιτείται πολύ ισχυρός διαθέτης video για να μπορεί να αλλάζει το ρυθμό του video κατά την διάρκεια της μετάδοσης, είτε θα πρέπει αυτός να αποθηκεύει τουλάχιστον δύο αντίτυπα από κάθε video, σε περίπτωση που δεν είναι ισχυρός, οπότε θα πρέπει να διπλασιαστούν οι χώροι αποθήκευσης.

3.7.5. ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΣΗ ΣΕ ΚΡΥΦΗ ΜΝΗΜΗ (INTERVAL CACHING)

Σύμφωνα με την στρατηγική **interval caching** ο διαθέτης video χρησιμοποιεί μία τοπική μνήμη υψηλής ταχύτητας (cache) για το σύστημα αποθήκευσης του.

Μέσα σ' αυτή την μνήμη ο διαθέτης video αποθηκεύει όσο το δυνατό περισσότερα διαστήματα δεδομένων (intervals of data) του ίδιου video μεταξύ ζευγών από ρεύματα. Αυτή η στρατηγική επιτρέπει στο δεύτερο ρεύμα να παίρνει σχεδόν όλα τα δεδομένα του από την μνήμη αυτή που είναι υψηλής ταχύτητας (η οποία τροφοδοτείται από το πρώτο ρεύμα του ζεύγους) και έτσι ο διαθέτης εξοικονομεί σχεδόν ένα ρεύμα εύρους ζώνης.

Το βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ακριβή. Ο προμηθευτής video κατόπιν ζήτησης έχει δύο επιλογές, ή να χρησιμοποιήσει κρυφή μνήμη υψηλής ταχύτητας και να εξοικονομήσει εύρος ζώνης, ή να προσθέσει περισσότερα μηχανήματα αποθήκευσης και επίσης να προσθέσει και εύρος ζώνης. Οι Dan και Sitaram έκαναν μια ανάλυση κόστους και βρήκαν ότι για διαθέτες video κατόπιν ζήτησης με 300 ρεύματα, η κρυφή μνήμη υψηλής ταχύτητας θα πρέπει να είναι τόσο μεγέθους όσο να μπορεί να κρατήσει 20 με 40 λεπτά δεδομένων του video. Αυτό θα εξοικονομήσει περίπου 5% με 10% των αιτήσεων. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η στρατηγική interval caching δεν μειώνει το εύρος ζώνης του δικτύου. Τα ρεύματα που υπάρχουν στην κρυφή μνήμη θα πρέπει να δρομολογηθούν κι αυτά μέσω του δικτύου όπως και τα κανονικά ρεύματα.

3.7.6. ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ (ASYNCHRONOUS MULTICASTING)

Η στρατηγική **asynchronous multicasting** επιτρέπει σ' ένα πελάτη να γίνει μέλος κι αυτός σ' μια γκρουπ που δέχεται ομαδικά μια μετάδοση (multicast group) για ένα video αφού το video έχει αρχίσει προηγουμένως. Ο διαθέτης video κατόπιν ζήτησης το επιτυγχάνει αυτό με το να σπάει το video σε τμήματα μήκους K και να

στέλνει το τμήμα κάθε K λεπτά, αλλά χρησιμοποιώντας έναν ρυθμό μετάδοσης N φορές το ρυθμό εμφάνισης του video η μετάδοση διαρκεί μόνο K/N λεπτά. Αυτό επιτρέπει στον πελάτη να συμμετάσχει στο multicast group αργότερα, να αποθηκεύει τα τμήματα που μεταδίδονται εκείνη την στιγμή στα άλλα μέλη του γκρουπ σ' έναν τοπικό απομονωτή (buffer) μέχρι να τα χρειαστεί και να χρησιμοποιεί τα κενά μεταξύ των τμημάτων για να λάβει τα τμήματα που του λείπουν.

Εξαιτίας του υψηλού ρυθμού μετάδοσης των τμημάτων, οι πελάτες μπορούν μόνο να λάβουν ένα τμήμα του video σε κάθε στιγμή. Αυτό σημαίνει ότι ο πελάτης πρέπει να φθάσει πριν από το Νιοστό τμήμα του video που προβάλλεται ή μέσα σε $(N-1)K$ λεπτά από τότε που άρχισε το video αν θέλει να συμμετέχει στο γκρουπ. Για παράδειγμα αν $N=3$ και $K=6$, ο απομονωτής του πελάτη θα πρέπει να μπορεί να κρατά 18 λεπτά δεδομένων του video, αλλά ο πελάτης μπορεί μόνο να προλάβει τα video που άρχισαν πριν από λιγότερο από 12 λεπτά. Επίσης αν ο πελάτης φθάσει κατά την διάρκεια που ένα άλλο τμήμα προβάλλεται, πρέπει να περιμένει παρακολουθώντας για λίγο χωρίς χρέωση, αυξάνοντας έτσι την καθυστέρηση που υφίσταται.

3.7.7. ΠΑΓΙΔΕΥΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (STREAM TAPPING)

Η βασική ιδέα της μεθόδου **stream tapping** είναι ότι οι πελάτες δεν είναι αναγκασμένοι να χρησιμοποιούν το ρεύμα μόνο που τους έχει αποδοθεί. Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο οι πελάτες επιτρέπεται να "παγιδέψουν" οποιοδήποτε ρεύμα δεδομένων του διαθέτη video κατόπιν ζήτησης, το οποίο προβάλλει δεδομένα που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο πελάτης. Αρκεί λοιπόν, να είναι ενεργά άλλα ρεύματα του διαθέτη video που παίζουν το ίδιο video μ' αυτό που θέλει ο πελάτης.

Επειδή σύμφωνα με την στρατηγική stream tapping χρησιμοποιούνται τα ήδη υπάρχοντα ρεύματα, οι πελάτες χρειάζονται το δικό τους ρεύμα για μικρότερο χρονικό διάστημα και έτσι δημιουργούν λιγότερο φόρτωμα στον διαθέτη video. Επιπλέον, τα ήδη υπάρχοντα ρεύματα εξυπηρετούν περισσότερους πελάτες δηλαδή αξιοποιούνται περισσότερο. Παρόλα αυτά, μια και ο προσαρμογέας (set-top-box) του πελάτη θα πρέπει να μπορεί να λαμβάνει δεδομένα ανακατεμένα χωρίς σειρά

απαιτείται ένας μικρού μεγέθους απομονωτής (buffer) στον οποίο θα αποθηκεύονται τα δεδομένα ωσότου χρειαστούν.

Η μέθοδος stream tapping δεν κάνει καμιά υπόθεση για το περιβάλλον της, μπορεί να συμβιβαστεί και να τροποποιηθεί ανάλογα με τις αναγκαιότητες, συμπεριλαμβανομένου τον διαθέτη video και την πολυπλοκότητα του προσαρμογέα. Επίσης, δεν καθυστερεί ποτέ τις αιτήσεις όταν ο διαθέτης video έχει διαθέσιμους πόρους κάτι που κάνει το stream tapping ένα πραγματικό σύστημα κατόπιν ζήτησης. Επιπλέον, δεν απαιτεί από τον προμηθευτή του video να γνωστοποιήσει από πριν στο σύστημα τίποτα. Η στρατηγική αυτή θα διανέμει το διαθέσιμο εύρος ζώνης όπως ορίζει ο ρυθμός των αιτήσεων.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμα και με έναν μικρό απομονωτή προσαρμογέα που μπορεί να κρατά 10 λεπτά δεδομένων του video, η στρατηγική stream tapping μπορεί να εξυπηρετήσει 600 αιτήσεις την ώρα με ένα διαθέτη video 300 ρευμάτων και χωρίς να καθυστερήσει τους πελάτες παραπάνω από 10 λεπτά. Με έναν απομονωτή 30 λεπτών, το ίδιο σύστημα θα μπορούσε να εξυπηρετήσει 600 αιτήσεις την ώρα με σχεδόν καθόλου καθυστέρηση.

Η μέθοδος stream tapping και η asynchronous multicasting έχουν κάποιες ομοιότητες αλλά και σημαντικές διαφορές. Η stream tapping δεν σπάει το video σε τμήματα, δεν κάνει κάποιες υποθέσεις για τον ρυθμό μετάδοσης, χρησιμοποιεί καλύτερα τον απομονωτή του πελάτη, ποτέ δεν καθυστερεί τις αιτήσεις και απαιτεί

μικρότερο ρυθμό δεδομένων στον προσαρμογέα του πελάτη.

Επίσης, από την σύγκριση του stream tapping με τα τυπικά συστήματα, που αφιερώνουν ένα ρεύμα δεδομένων σε κάθε αίτηση, προκύπτει ότι η μέθοδος stream tapping εξοικονομεί πάνω από 80% εύρος ζώνης στα δημοφιλή video. Αν συγκριθούν με πιο πολύπλοκα συστήματα, συμπεριλαμβανομένου και των συστημάτων εκπομπής (broadcasting) τα οποία εγγυούνται την απόδοση

ανεξάρτητα από το ρυθμό των αιτήσεων, τα stream tapping συστήματα πάλι αποδίδουν καλύτερα, παρέχοντας σημαντική εξοικονόμηση στο εύρος ζώνης και στην καθυστέρηση των πελατών.

3.8. ΜΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΜΕ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΡΑΤΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΓΙΑ VIDEO ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ.

Το video κατόπιν ζήτησης και οι τηλεσυνδιαλέξεις προσφέρουν υπηρεσίες με διαφορετικές αναγκαιότητες της ποιότητας της υπηρεσίας (QoS-Quality of Service). Έτσι, ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να διαπραγματεύεται την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσίας που βασίζεται στις δικές του ανάγκες, στα χαρακτηριστικά του συστήματος που διαθέτει και στις οικονομικές του δυνατότητες. Οι περισσότερες προσεγγίσεις διαπραγμάτευσης της ποιότητας της υπηρεσίας δίνουν ως απάντηση στον χρήστη είτε την αποδοχή είτε την απόρριψη της αίτησης. Στην πραγματικότητα οι ήδη υπάρχουσες προσεγγίσεις διαπραγμάτευσης προσφέρουν στον χρήστη εκείνη την ποιότητα υπηρεσίας που μπορούν να δώσουν την στιγμή που έγινε η αίτηση για την υπηρεσία, θεωρώντας ότι η υπηρεσία ζητήθηκε για μη καθορισμένη διάρκεια. Βέβαια αυτές οι προσεγγίσεις δεν ταιριάζουν στις υπηρεσίες παροχής video κατόπιν ζήτησης.

Η προσέγγιση **διαπραγμάτευσης με μελλοντική κράτηση** υποδιπλασιάζει το χρόνο αναμονής από την στιγμή που έγινε η αίτηση έως ότου αρχίσει η υπηρεσία αλλά απαιτεί τον καθορισμό της διάρκειας της υπηρεσίας. Επίσης, επιτρέπει τον υπολογισμό της ποιότητας υπηρεσίας που μπορεί να προσφερθεί την στιγμή που γίνεται η αίτηση, καθώς και σε συγκεκριμένες μελλοντικές στιγμές που επιλέγονται προσεχτικά. Παρακάτω αναφέρονται δύο βασικές περιπτώσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ χρηστών και συστήματος video κατόπιν ζήτησης όπου χρησιμοποιούνται οι

προσεγγίσεις διαπραγμάτευσης που ήδη υπάρχουν, καθώς και η προσέγγιση διαπραγμάτευσης με μελλοντική κράτηση.

(A)

Ας υποθέσουμε ότι ένας πελάτης ζητά να παιχτεί μια ταινία με την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσίας για παράδειγμα έγχρωμη, με τον ρυθμό που προβάλλεται στην τηλεόραση και σε μεγάλο παράθυρο. Για να εξυπηρετηθεί αυτή η υπηρεσία πρέπει να κρατηθούν απόθεμα πόροι που θα μπορούν να εξυπηρετήσουν τον βαθμό αυτό της ποιότητας υπηρεσίας για παράδειγμα καθυστέρηση τόση ώστε η ποιότητα υπηρεσίας να είναι ικανοποιητική. Αν δυστυχώς δεν υπάρχουν αρκετοί πόροι την στιγμή που έγινε η αίτηση για να διεκπεραιώσουν την υπηρεσία που ζητήθηκε, σύμφωνα με τις ήδη υπάρχουσες προσεγγίσεις διαπραγμάτευσης θα απορριφθεί η αίτηση.

Η προσέγγιση διαπραγμάτευσης όμως με μελλοντική κράτηση θα προτείνει δύο λύσεις : (1) η ζητούμενη υπηρεσία μπορεί να διεκπεραιωθεί αμέσως αλλά με υποβαθμισμένη ποιότητα υπηρεσίας για παράδειγμα η ταινία να μεταδοθεί ασπρόμαυρη, και (2) η ζητούμενη υπηρεσία μπορεί να εξυπηρετηθεί με την ποιότητα υπηρεσίας που ζητήθηκε αλλά σε μια μελλοντική στιγμή T_1 , για παράδειγμα 30 λεπτά αργότερα. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να διαλέξει μεταξύ των δύο λύσεων ανάλογα με τις ανάγκες του.

(B)

Αν θεωρήσουμε ότι ο χρήστης διάλεξε την δεύτερη προσφορά, και αργότερα μετά από χρόνο $T_2 < T_1$, ένας δεύτερος πελάτης ζήτησε την ίδια ταινία. Αν το σύστημα έχει αρκετούς πόρους να εξυπηρετήσει τον δεύτερο πελάτη στον χρόνο T_2 δηλαδή αμέσως, τότε σύμφωνα με τις ήδη υπάρχουσες προσεγγίσεις διαπραγμάτευσης θα γίνει αποδεκτή η αίτηση.

Η προσέγγιση όμως διαπραγμάτευσης με μελλοντική κράτηση θα ελέγξει την δυνατότητα να εξυπηρετηθεί ο δεύτερος πελάτης ταυτόχρονα με τον πρώτο πελάτη την στιγμή T_1 , αφού έτσι θα μοιραστούν τους πόρους σε χαμηλότερο κόστος. Στην περίπτωση που μπορούν να μοιραστούν τους πόρους δίνονται δύο πάλι επιλογές στον δεύτερο πελάτη : (1) να αρχίσει η ταινία αμέσως δηλαδή την στιγμή T_2 με κόστος K_1 , και (2) να αρχίσει η ταινία αργότερα με κόστος K_2 όπου φυσικά $K_2 < K_1$. Έτσι, ο πελάτης μπορεί να επιλέξει την προσφορά που ικανοποιεί τις επιθυμίες του και τις οικονομικές του δυνατότητες.

Ο υπολογισμός της δεύτερης προσφοράς έγινε γιατί είναι γνωστό ότι η εξυπηρέτηση κάθε χρήστη ξεχωριστά είναι μη αποδοτική, ακριβή και δεν μπορεί να διαβαθμιστεί. Ένας από τους καλύτερους τρόπους μετάδοσης πληροφορίας σε περισσότερους χρήστες είναι η πολλαπλή ομαδική (multicast) επικοινωνία που έχει το πλεονέκτημα να μπορεί να διαβαθμίζεται. Πιθανότατα οι περισσότεροι πελάτες θα διάλεγαν την δεύτερη πρόταση η οποία βελτιστοποιεί την χρησιμοποίηση των πόρων και ελαχιστοποιεί το κόστος για τους πελάτες.

Είναι φανερό ότι η νέα αυτή προσέγγιση διαπραγμάτευσης βοηθά να αυξηθεί (α) η ευκαμψία του συστήματος με την προσφορά πολλαπλών επιλογών στον χρήστη, και (β) η χρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος με την προώθηση του διαμοιρασμού των πόρων, ειδικά μέσω του multicasting. Επιπλέον, μπορεί εύκολα να διεκπεραιώσει υπηρεσίες αιτήσεων που έχουν γίνει από πριν. Τέλος,

παρέχει την ευκαμψία να ενσωματώνει (α) μία ποικιλία από σχήματα κράτησης πόρων και πολιτικές προγραμματισμού, και (β) μία ποικιλία από νέες τεχνολογίες συστατικών του συστήματος.

3.9. ΑΠΟΚΡΥΨΗ ΤΟΥ VIDEO.

Ένα άλλο θέμα είναι αυτό της **απόκρυψης του video**. Όταν οι ταινίες μεταδίδονται ταυτόχρονα σε ομάδες θεατών είναι απαραίτητη η απόκρυψη έτσι ώστε μόνο αυτοί οι πελάτες που έχουν πληρώσει να μπορούν να παρακολουθούν την ταινία. Δύο προσεγγίσεις είναι πιθανές για αυτό το θέμα :

- απόκρυψη από πριν
- απόκρυψη κατά την διάρκεια της μετάδοσης

Αν πρώτα γίνεται η απόκρυψη και μετά αποθηκεύονται οι ταινίες, τότε αν κάποιος μάθει το κλειδί της ταινίας θα μπορεί να την παρακολουθεί χωρίς να πληρώνει αφού το ίδιο κλειδί θα χρησιμοποιείται κάθε φορά. Η ξεχωριστή απόκρυψη για κάθε ρεύμα είναι πιο ασφαλής, αλλά απαιτεί μεγαλύτερη υπολογιστική δύναμη των πόρων. Η διαχείριση του κλειδιού είναι επίσης ένα θέμα. Η πιο συνηθισμένη προσέγγιση είναι αυτή όπου η ταινία αποκρύπτεται κατά την διάρκεια της μετάδοσης με έναν απλό αλγόριθμο, αλλά το κλειδί αλλάζει συχνά , έτσι ώστε αν κάποιος εισβολέας σπάσει το κλειδί σε 10 λεπτά, να μη μπορεί να το χρησιμοποιήσει γιατί μέχρι τότε το κλειδί θα έχει αλλάξει.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το video κατόπιν ζήτησης είναι μία σύγχρονη τεχνολογική επίτευξη που συνεχώς αναπτύσσεται. Η υλοποίηση του απαιτεί ένα πολύ γρήγορο δίκτυο γι' αυτό καταλληλότερο είναι το ATM. Αυτό συνδέει τις βιβλιοθήκες video και τους διαθέτες video μ' ένα δίκτυο πρόσβασης όπου είναι συνδεδεμένοι οι χρήστες. Η πιο εύκολα

εφαρμόσιμη και πιο φθηνή τεχνολογία για το δίκτυο πρόσβασης είναι η ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή γνωστή ως ADSL η οποία χρησιμοποιεί την ήδη υπάρχουσα τηλεφωνική καλωδίωση. Ο χρήστης όμως από την μεριά του θα πρέπει να διαθέτει έναν προσαρμογέα (set-top box) που αλληλεπιδρά με το δίκτυο πρόσβασης και αποκωδικοποιεί την MPEG-2 συμπιεσμένη μορφή που βρίσκονται τα video.

Επειδή επιπλέον τα video αποτελούνται από πλαίσια με διαφορετική αναλογία συμπίεσης είναι αναγκαίος ένας απομονωτής (buffer) και στα δυο άκρα του ρεύματος για την διατήρηση ενός ενιαίου ρυθμού εξόδου. Γ' αυτό εξάλλου και η διαδικασία ανάγνωσης του δίσκου θα πρέπει να προηγείται της διαδικασίας μετάδοσης. Ο καλύτερος τώρα τρόπος οργάνωσης της αποθήκευσης στο δίσκο είναι η μέθοδος των ραβδώσεων γνωστή ως striping.

Ένα από τα βασικά προβλήματα του συστήματος video κατόπιν ζήτησης είναι η εξοικονόμηση εύρους ζώνης. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενδιάμεσοι διαθέτες video που θα παίζουν και το ρόλο του απομονωτή. Επίσης, έχουν αναπτυχθεί πολλές στρατηγικές για το ίδιο πρόβλημα αλλά συγκρινόμενες καλύτερα αποτελέσματα δίνει η παγίδευση ρεύματος η οποία παρέχει σημαντική εξοικονόμηση εύρους ζώνης ενώ παράλληλα μειώνει την καθυστέρηση που υφίστανται οι πελάτες.

Μια κατάλληλη για video κατόπιν ζήτησης προσέγγιση διαπραγμάτευσης της ποιότητας υπηρεσίας είναι αυτή με μελλοντική κράτηση που προσφέρει στο χρήστη πολλαπλές επιλογές και μια ποικιλία από σχήματα κράτησης πόρων και πολιτικές προγραμματισμού. Τέλος, για λόγους ασφάλειας θα πρέπει να γίνεται απόκρυψη του video.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **"Εισαγωγή στις νέες τεχνολογικές επικοινωνίες"**, Ανδρέας Πομπόρτσης, Εκδόσεις Τζιόλα.
- **"Computer Networks"**, Andrew S. Tanenbaum, third Edition, Prentice-Hall International, Inc
- **"High Performance Networking, V"**, Proceedings of the IFIP TC6/WG6.4 Fifth International Conference on High Performance Networking, Grenoble, France, 27 June-1 July 1994, Edited by S.FDIDA, Labatoire MASI-CNRS, Universite' Rene' Descartes, Paris, France.
- **"Multimedia communications networks. Technologies and services"**, Mallikarjun Tatipamula, Bhumip Khasnabish, Editors Artech House, Boston, London.
- **"A quality of service negotiation approach with future reservations (NAFUR): a detailed study"**, Abdelhakim Hafid, Gregor von Bochmann and Rachida Dsouli, 'Computer Networks and ISDN Systems', Volume 30, Issue 8, 1 May 1998.
- **"The usage of advance reservation mechanisms in distributed multimedia applications"**, F. Breiter, S. Kohn and A. Schill, 'Computer Networks and ISDN Systems', Volume 30, Issue 16-18, 30 September 1998.
- **"Design and implementation of a video on- demand system"**, Miklos Berzsényia, Istvan Vajka and Hui Zhangb, 'Computer Networks and ISDN Systems', Volume 30, Issue 16-18, 30 September 1998.

- **"Heuristic batching policies for video-on-demand services"**, J. -K. Chen and J. C. Wu, 'Computer Communications', Volume 22, Issue 13, 25 August 1999.
- **"Improving bandwidth efficiency of video-on-demand servers"**, Steven W. Carter and D. E. Long, 'Computer Networks', Volume 31, Issue 1-2, 14 January 1999.
- **"Study of video-on-demand system using narrow band ISDN"**, Hisashi Ibaraki, Shizuo Nakano, Kazunori Shimamura, 'Signal Processing : Image Communication', Volume 8, 1996.
- **"Scheduling video streams in large-scale video-on-demand server"**, Jinsung Cho, Heonshik Shin, 'Parallel Computing', Volume 23, 1997.
- **"A scalable video-on-demand system using future reservation of resources and multicast communications"**, Abdelhakim Hafid, 'Computer Communications', Volume 21, 1998.
- **"A survey of approaches to fault tolerant design of VOD servers : Techniques, analysis and comparison"**, Leana Golubchik, John C.S. Lui, Maria Papadopouli, 'Parallel Computing', Volume 24, 1998.
- **"Usability of communication performance models. A video-on-demand case study"**, Stefan Bocking, 'Computer Communications', Volume 20, 1997.
- **"Objective and subjective quality of service performance of video-on-demand in ATM-WAN"**, J. Zamora, D. Anastassiou, S. -F. Chang and L. Ulbricht, 'Signal Processing : Image Communication', Volume 14, Issue 6-8, May 1999.

-
- **"An efficient packet service algorithm for high-speed ATM switches"**, Ion Stoica and Hussein Abdel - Wahab, 'Computer Communications', Volume 21, Issue 9, 1 July 1997.
 - **"Quality-of-service adaptation in distributed multimedia applications"**, Abdelhakim Hafid, Gregor v. Bochmann, 'Multimedia Systems', Volume 6, 1998.
 - **"Video transcoding architecture with minimum buffer requirement for compressed MPEG-2 bitstream"**, Kou-Sou Kan and Kuo-Chin Fan, 'Signal Processing', Volume 67, Issue 2, 18 June 1998.
 - **"Experimental platform for telecommunication resource management"**, I. Cselinyi, R. Szabs, I. Szabs, A. Latour-Henner and N. Bjfrkman, 'Computer Communications', Volume 21, Issue 17, 25 November 1998.
 - **"Transmission of video streams with constant bandwidth allocation"**, Kang Sooyong and Yeom Heon Y., 'Computer Communications', Volume 22, Issue 2, 25 January 1999.
 - **"A client/server application as an example for MPEG-4 systems"**, J. Deicke, U. Mayer and M. Glesner, 'Computer Communications', Volume 21, Issue 15, 1 October 1998.
 - **"Scalable Internet video using MPEG-4"**, Hayder Radha, Yingwei Chen, Kavitha Parthasarathy and Robert Cochen, 'Signal Processing : Image Communication', Volume 15, Issue 1-2, September 1999.
 - **"Design issues for multicast ATM switches"**, M. -H. Guo and R. -S. Chang, 'Computer Communications', Volume 22, Issue 9, 15 June 1999.

-
- www.sciencedirect.com: Η ηλεκτρονική αυτή διεύθυνση είναι της εταιρείας ScienceDirect η οποία διαθέτει μια βάση δεδομένων στο Web που περιέχει πλήρη κείμενα περιοδικών επιστημονικού περιεχομένου. Αυτή η διεύθυνση είναι η πηγή σχεδόν όλων των άρθρων που χρησιμοποίησα για την εργασία μου.
 - www.lal.cs.byu.edu/ketav/issue_2.5/vod : Στην ηλεκτρονική αυτή διεύθυνση παρουσιάζεται η εργασία της Angela Stratton. Η εργασία έχει θέμα την υλοποίηση ενός συστήματος video κατόπιν ζήτησης χρησιμοποιώντας MPEG πρότυπο συμπίεσης, μοντέλο πελάτη/εξυπηρετητή (client/server) και ATM δίκτυο.
 - www.npac.syr.edu/projects/internship : Σ' αυτήν την ηλεκτρονική διεύθυνση παρουσιάζεται μία αναφορά της εργασίας μιας ομάδας φοιτητών. Αυτή η εργασία έγινε στο Northeast Parallel Architectures Center, Syracuse University, USA. Ένα από τα θέματα της εργασίας ήταν η υλοποίηση ενός ευρέως παραδεκτού συστήματος video κατόπιν ζήτησης που θα μπορούσε να επεκταθεί αργότερα, και θα έδινε την δυνατότητα στον χρήστη να σταματά, να ξαναρχίζει το video και να προσπελαύνει τυχαία τα αρχεία video.
 - www.1stfamily.com/dsl_faq : Στην ηλεκτρονική αυτή διεύθυνση περιγράφεται η ψηφιακή συνδρομητική γραμμή. Περιγράφεται η λειτουργία της και τα πλεονεκτήματα της.
 - www.trurl.npac.syr.edu/rlvod/report : Η διεύθυνση αυτή περιλαμβάνει τα αποτελέσματα του σχεδίου " Video-on-Demand Technologies and Demonstrations" των Geoffrey C. Fox και Marek Podgorny. Ο σκοπός του σχεδίου ήταν η ανάπτυξη και αξιολόγηση των ήδη βασικών τεχνολογιών και η δημιουργία ενός πρότυπου video κατόπιν ζήτησης διαθέτη (server) που μεταδίδει ψηφιακά ρεύματα video πάνω από NYNET τοπικό ATM δίκτυο μεταξύ του Syracuse University και του Rome Laboratory.

- www.cisco.com/warp/public/146/june98 : Εδώ η εταιρεία Cisco διαφημίζει το IP/TV 2.0 που προσφέρει καλά διαχειριζόμενη video κατόπιν ζήτησης υπηρεσία, και σύστημα που μπορεί να αυξομειωθεί. Στην κατανεμιμένη αρχιτεκτονική του διαθέτη video, τα περιεχόμενα αντιγράφονται και διασκορπίζονται σε τοπικούς διαθέτες και έτσι γίνεται εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ των διαθετών.
- www.pipikin.lut.acuk/cgi_bin/mede : Σ' αυτήν την διεύθυνση υπάρχει ένα σχέδιο για την ανάπτυξη μιας γενικής αρχιτεκτονικής τροφοδότησης με πολυμεσικές υπηρεσίες αλληλεπίδρασης σε κινητά και φορητά τερματικά.
- www.octacon.co.uk/proj/diamond : Σ' αυτήν την ηλεκτρονική διεύθυνση παρουσιάζεται το σχέδιο DIAMOND για video κατόπιν ζήτησης υπηρεσίες. Το σχέδιο αυτό, προβάλλει την άποψη ότι οι video κατόπιν ζήτησης υπηρεσίες πρέπει να είναι ανοικτές και τεχνολογικά ανεξάρτητες.
- www.europe.sgi.com/newsroom/press_releases/1998/april/dtv_release : Σ' αυτήν την ηλεκτρονική διεύθυνση η εταιρεία Silicon Graphics κάνει διαφήμιση των προϊόντων της. Μεταξύ αυτών, η Silicon Graphics Origin TM video computing platform προσφέρει ροή των video με πολλαπλά κανάλια ακόμα πιο γρήγορα κι από τον πραγματικό χρόνο.
- www.medios.fi/jps/bris95 : Σ' αυτήν την ηλεκτρονική διεύθυνση παρουσιάζεται η μελέτη "A Real-Time Video-on-Demand System on World Wide Web and ATM Networks" που έγινε από την εταιρεία Nokia. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός δοκιμαστικού συστήματος Video κατόπιν ζήτησης που χρησιμοποιεί ATM δίκτυο και τα πρωτόκολλα του Internet για αναζήτηση στις διαθέσιμες υπηρεσίες.

