



Κεφάλαιο 17: IPTV και Netflix: Πώς το διαδίκτυο μπορεί να υποστηρίξει την κίνηση Video;

Καθηγητής Χρήστος Δουληγέρης
E-mail: cdoulig@unipi.gr
Γραφείο: 302



Μοντέλα Θέασης

Το IP έχει γίνει η βάση σχεδόν όλων των συστημάτων διανομής περιεχομένου. Η τάση αυτή έχει επιφέρει μία επανάσταση στις προτιμήσεις μας ως τηλεθεατές:

- **Ο Τύπος του Περιεχομένου:** Η αύξηση στη δημιουργία περιεχομένου από τους χρήστες συνεπάγεται μία αυξανόμενη ανάγκη στην ικανότητα ανάρτησης (uploading).
- **Πότε:** Αναφερόμενοι στα διαφορετικά είδη βίντεο, τα οποία κάποιος μπορεί να παρακολουθηθεί κατά βούληση, με τη χρήση συσκευών, όπως η συσκευή ψηφιακής καταγραφής βίντεο για το IPTV ή υπηρεσίες όπως το HBO Go.
- **Πού:** Μπορούμε να παρακολουθήσουμε οποιοδήποτε βίντεο από όπου σχεδόν επιθυμούμε, δεδομένης μίας αρκετά γρήγορης σύνδεσης στο Διαδίκτυο.
- **Πώς:** Εκτός από την αποκλειστική χρήση τηλεοράσεων ή επιτραπέζιων υπολογιστών, μπορούμε να έχουμε πρόσβαση από τα κινητές συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο.
- **Πόσο:** Παρακολουθούμε περισσότερα βίντεο, λόγω της ύπαρξης πολλών εφαρμογών όπου ορισμένα από αυτά παρέχονται δωρεάν, άλλα είναι δωρεάν αλλά με επιπρόσθετες διαφημίσεις, ορισμένα απαιτούν μηνιαία συνδρομή, ενώ σε άλλα απαιτείται πληρωμή ανά θέαση και μερικά συμπεριλαμβάνονται σε πακέτο υπηρεσιών ως οι Netflix, Hulu, Deja, ενώ μας δίνεται η δυνατότητα ενσωμάτωσης τους σε πολλές ιστοσελίδες.

Μοντέλα Θέασης

Τα μοντέλα παρακολούθησης βίντεο μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις διαστάσεις. Κάθε συνδυασμός παρουσιάζει διαφορετικές επιπτώσεις στο σχεδιασμό του δικτύου για την υποστήριξη του συγκεκριμένου μοντέλου παρακολούθησης:

- Πραγματικού χρόνου(real-time) - προκωδικοποιημένα (precoded) βίντεο.
- Ισοζυγισμός ροής ή λήψη.
- Μέσω καναλιών (channelized) ή κατ' απαίτηση βίντεο.
- Μονή εκπομπή (Unicast) ή Πολλαπλή εκπομπή (Multicast).

Πραγματικού χρόνου(real-time) - προκωδικοποιημένα (precoded) βίντεο

- Ορισμένα βίντεο παρακολουθούνται καθώς δημιουργούνται σε πραγματικό χρόνο, όπως τα αθλητικά, οι ειδήσεις, ο καιρός. Ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία τους είναι προκωδικοποιημένα: το περιεχόμενο έχει ήδη κωδικοποιηθεί και αποθηκευθεί κάπου.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, κάθε βίντεο αποθηκεύεται σε εκατοντάδες διαφορετικές εκδοχές, το καθένα από αυτά με διαφορετικό πρότυπο (format) αναπαραγωγής ή ρυθμό μετάδοσης (bitrate).
- Τα βίντεο πραγματικού χρόνου είναι πιο ευαίσθητα σε καθυστερήσεις, ενώ τα προκωδικοποιημένα έχουν τη δυνατότητα της κατάλληλης προπαρασκευής.
- Ορισμένες άλλες υπηρεσίες βίντεο δεν είναι μόνο πραγματικού χρόνου, αλλά και διαδραστικά αμφίδρομες, όπως οι βίντεο-κλήσεις, οι βίντεο-συνδιασκέψεις και τα διαδικτυακά παιχνίδια.
- Τα διαδραστικά βίντεο παρουσιάζουν ακόμα πιο αυστηρές απαιτήσεις αναφορικά με την καθυστέρηση και το jitter (δηλαδή, τη διακύμανση της χρονικής καθυστέρησης).

Ισοζυγισμός ροής ή λήψη

- Ορισμένα βίντεο, όπως εκείνα που είναι αναρτημένα στο Netflix και το YouTube, μας παρέχονται χωρίς η συσκευή μας να έχει τη δυνατότητα να κρατήσει αντίγραφο του αρχείου.
- Σε άλλες περιπτώσεις, όπως στο iTunes, απαιτείται η λήψη ολόκληρου του βίντεο πριν την αναπαραγωγή του σε κάποια μεταγενέστερη χρονική στιγμή.
- Φυσικά, το ίδιο το περιεχόμενο μπορεί να διαγράφεται αυτόματα από τα τοπικά μέσα αποθήκευσης, αν τα ψηφιακά δικαιώματα διαχειρίζονται ορθώς, όπως στην περίπτωση ενοικίασης των ταινιών.
- Συνδυασμός αυτών των δύο μας προσφέρει την δυνατότητα της μερικής λήψης και αναπαραγωγής.

Μέσω καναλιών (channelized) ή κατ' απαίτηση βίντεο

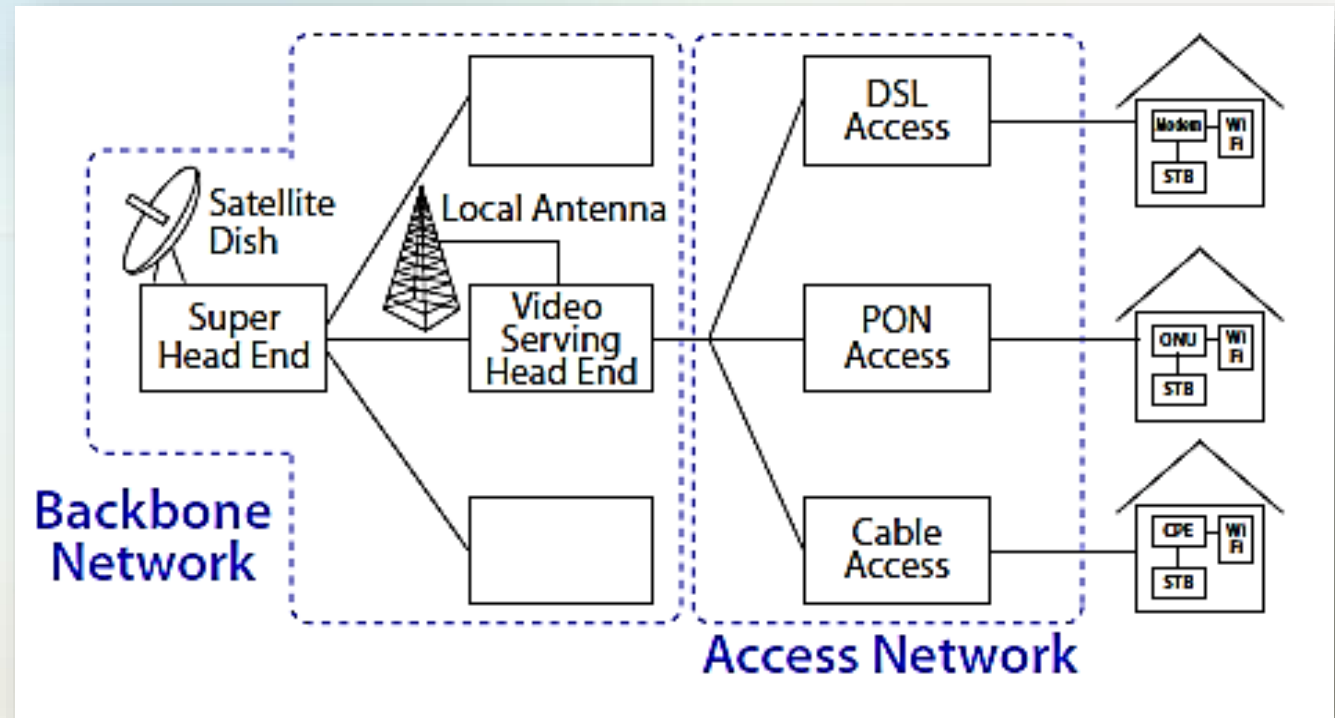
- Μερικά περιεχόμενα οργανώνονται σε κανάλια, και πρέπει να ακολουθείται αναλόγως το πρόγραμμα του εκάστοτε καναλιού.
- Αντίθετα, η κατ' απαίτηση βίντεο (Video on Demand - VoD) μας επιτρέπει να λαμβάνουμε το περιεχόμενο, όταν το επιθυμούμε. Τόσο το YouTube όσο και το Netflix είναι VoD.
- Υπάρχουν επίσης υπηρεσίες VoD στην τηλεόραση, οι οποίες συνήθως χρεώνουν κάποιο αρχικό χρηματικό ποσό.
- Συνδυαστικά, υπάρχει το NVoD, Near Video on Demand, το οποίο διατηρεί το ίδιο κανάλι κάθε μερικά λεπτά, έτσι ώστε μέσα σε αυτή την ολιγόλεπτη χρονική περίοδο να προσφέρεται η εμπειρία του VoD.

Μονή εκπομπή (Unicast) ή Πολλαπλή εκπομπή (Multicast)

- **Unicast**, ορίζεται η μετάδοση από μία πηγή προς έναν δέκτη, ενώ **Multicast** ορίζεται η μετάδοση πληροφορίας από μία πηγή προς πολλούς προορισμούς.
- Η τηλεόραση είναι παραδοσιακά ένα μέσο πολλαπλής εκπομπής (multicast), ορισμένες φορές με τη χρήση μέσων που είναι εγγενώς πολλαπλής εκπομπής, όπως οι δορυφόροι.
- Το Διαδίκτυο είναι παραδοσιακά μονής εκπομπής). Τώρα οι δύο ακραίες καταστάσεις συγκλίνουν όλο και περισσότερο.
- Παρατηρούνται δυνατότητες μονής εκπομπής στη διανομή βίντεο σύμφωνα με τις διευθύνσεις IP, καθώς και πολλαπλής εκπομπής σε δίκτυα IP (τα οποία πραγματοποιούνται είτε στο επίπεδο δικτύου μέσω δρομολόγησης πολλαπλής εκπομπής IP (routing) ή στο επίπεδο εφαρμογών μέσω P2P).
- Φαίνεται ότι υπάρχουν $2^4 = 16$ συνδυασμοί οι οποίοι χρησιμοποιούν την προγενέστερη ταξινόμηση των τρόπων θέασης βίντεο.
- Προφανώς, ορισμένοι συνδυασμοί δεν έχουν νόημα, όπως τα βίντεο πραγματικού χρόνου πρέπει να είναι συνεχούς ροής (streaming) αλλά δε μπορούν να μεταφορτωθούν. Εντούτοις, τα προκωδικοποιημένα βίντεο μπορεί να είναι είτε συνεχούς ροής (streaming) είτε να μεταφορτώνονται.
- Επίσης πραγματικά τα VoD δε δύνανται να είναι πολλαπλής εκπομπής καθώς κάθε χρήστης αναζητά το περιεχόμενο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, ενώ το περιεχόμενο που διοχετεύεται μέσω καναλιών ή το περιεχόμενο NVoD μπορεί να είναι είτε μονής είτε πολλαπλής εκπομπής.

Βίντεο IP: IPTV και VoI

- Ο όρος “Βίντεο IP” ουσιαστικά περιλαμβάνει δύο όρους:
 1. την IPTV (Internet Protocol Television) και
 2. το Βίντεο μέσω Διαδικτύου (Video over the Internet - VoI).
- Η IPTV μετατρέπει την μετάδοση του τηλεοπτικού καναλιού σε μία μετάδοση βασισμένη στο IP. Η VoI αντιμετωπίζει το Διαδίκτυο ως μία σωλήνωση η οποία μπορεί να υποστηρίξει οποιοδήποτε τύπο περιεχομένου προς μεταφορά.
- Το VoI γίνεται διαρκώς εξαιρετικά πιο δημοφιλές για τη χρήση βίντεο σε σχέση με την IPTV. Αν όλα τα περιεχόμενα είναι διαθέσιμα μέσω VoI, τότε ποια είναι τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η IPTV στην εμπειρία του χρήστη;



Μία τοπική αρχιτεκτονική της IPTV

Βίντεο IP: IPTV και VoI (συνέχεια)

Ερώτηση: Το VoI γίνεται διαρκώς εξαιρετικά πιο δημοφιλές για τη χρήση βίντεο σε σχέση με την IPTV. Αν όλα τα περιεχόμενα είναι διαθέσιμα μέσω VoI, τότε ποια είναι τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η IPTV στην εμπειρία του χρήστη;

Απάντηση:

- Η **IPTV** που συχνά περιλαμβάνεται ως τμήμα της τριπλής ή τετραπλής δέσμης υπηρεσιών που παρέχεται από έναν ISP
- Το **Βίντεο μέσω Διαδικτύου** (Video over Internet, VoI).

Βίντεο IP: IPTV και VoI (συνέχεια)

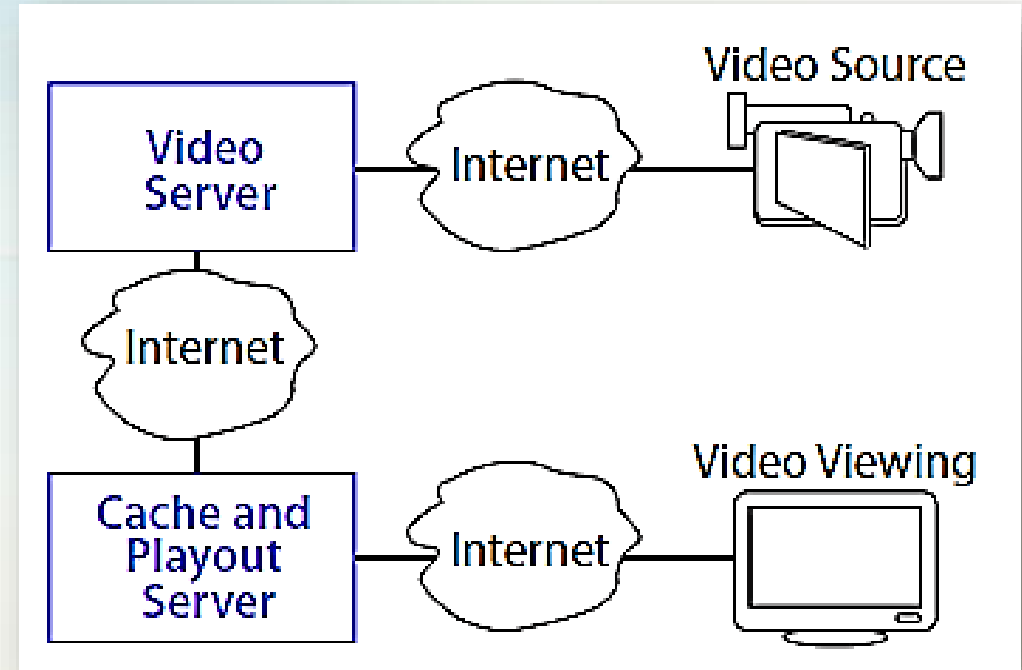
Η IPTV:

- Κατανέμεται από ένα ιδιωτικό δίκτυο διαχείρισης, μέσω ενός μετασχηματιστή ψηφιακού σήματος (Set-Top-Box, STB) καθ' υπόδειξη του χρήστη.
- Αυτό το ιδιωτικό δίκτυο χρησιμοποιεί το IP ως πρωτόκολλο ελέγχου, αλλά πολλά κομμάτια του έχουν εγκατασταθεί και διαχειρίζονται από ένα ενιαίο πάροχο υπηρεσιών Διαδικτύου (ISP), όπως τηλεφωνικές εταιρείες ή εταιρείες τηλεπικοινωνιών οι οποίες προσφέρουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο.
- Αυτό καθιστά πιο εύκολο τον έλεγχο της ποιότητας των υπηρεσιών.
- Γιατί, λοιπόν, η επανάσταση της IPTV συμβαίνει τώρα; Υπάρχουν μερικοί βασικοί λόγοι: *Σύγκλιση, Κόστος, Ευελιξία, Συμπύεση.*
- Εμείς εξετάσαμε τα μοντέλα εσόδων για την IPTV και το VoI. Αναφορικά με τα μοντέλα κόστους, συχνά αποτελούνται από τα ακόλουθα στοιχεία:
 - Περιεχόμενο.
 - Εξυπηρετητές.
 - Η χωρητικότητα του δικτύου.
 - Η παράδοση του εξοπλισμού, όπως των STB και των κονσόλων παιχνιδιών, στους πελάτες.
 - Λογισμικό.

Βίντεο IP: IPTV και VoI (συνέχεια)

Το Βίντεο μέσω Διαδικτύου (Video over Internet, VoI):

- Κατανέμεται εξ' ολοκλήρου από δημόσια δίκτυα, συχνά μέσω μονής εκπομπής, προς μία πληθώρα συσκευών καταναλωτών.
- Δεδομένης της τρέχουσας εξέλιξης των επιχειρηματικών μοντέλων, το VoI καταλαμβάνει όλο και περισσότερο τον τομέα της IPTV καθώς οι καταναλωτές έχουν πρόσβαση στο περιεχόμενο των βίντεο από τις συνδέσεις IP χωρίς εγγραφή σε υπηρεσίες TV.
- Υπάρχουν **3 κύριοι τύποι VoI**:
 - Ο ιδιοκτήτης του περιεχομένου στέλνει βίντεο μέσω αρχιτεκτονικών πελάτη – εξυπηρετητή – χωρίς συνδρομή, όπως το YouTube, το ABC και το BBC.
 - Ο ιδιοκτήτης του περιεχομένου στέλνει το βίντεο μέσω αρχιτεκτονικών πελάτη -εξυπηρετητή με μία συνδρομή, όπως τα Netflix, Amazon Prime, Hulu Plus, HBO Go.
 - Δωρεάν ανταλλαγή ταινιών με χρήση P2P, όπως τα Bit Torrent, PPLive.



Βίντεο IP: IPTV και VoI (συνέχεια)

- Είτε αναφερόμαστε σε IPTV ή σε VoI, η **μέτρηση της ποιότητας** εξαρτάται από:
 - το ρυθμό μετάδοσης πληροφορίας,
 - την καθυστέρηση, και
 - την διακύμανση της καθυστέρησης.
- **Ερώτηση:** Τι είδους ρυθμοί μετάδοσης πληροφορίας απαιτούνται για τα βίντεο;

Απάντηση: Εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως:

- την **ποσότητα κίνησης στο βίντεο**,
- την **αποτελεσματικότητα των μεθόδων συμπίεσης**,
- την **ανάλυση της οθόνης**, και
- το **λόγο της απόστασης θέασης προς το μέγεθος της οθόνης**.

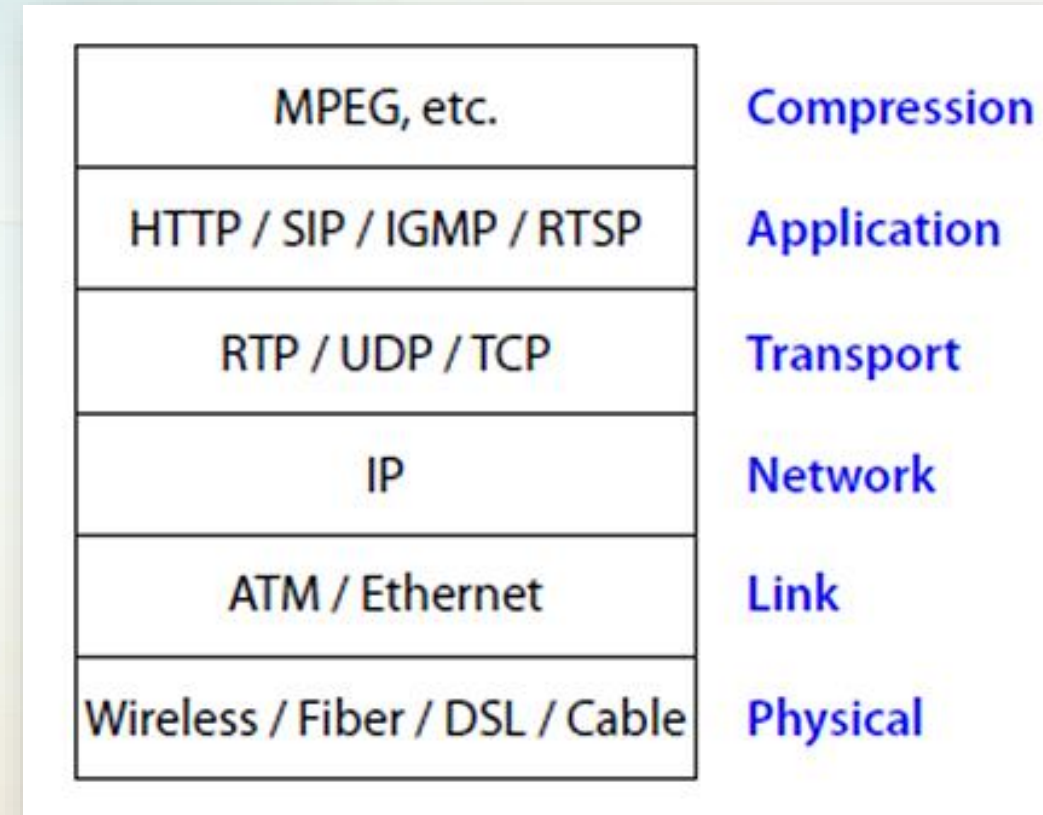
Σε γενικές γραμμές, η **ελάχιστη απαίτηση σήμερα κυμαίνεται στα 300 kbps**. Κάτω από αυτό το όριο η οπτική ποιότητα είναι πάρα πολύ κακή, ακόμη και σε μικρές οθόνες.

Για ταινίες **κανονικής ευκρίνειας** χρειαζόμαστε περίπου **1Mbps**.

Για ταινίες **υψηλής ευκρίνειας** χρειαζόμαστε τουλάχιστον **6-8 Mbps**.

Αρχιτεκτονική δικτύου για την κυκλοφορία των βίντεο

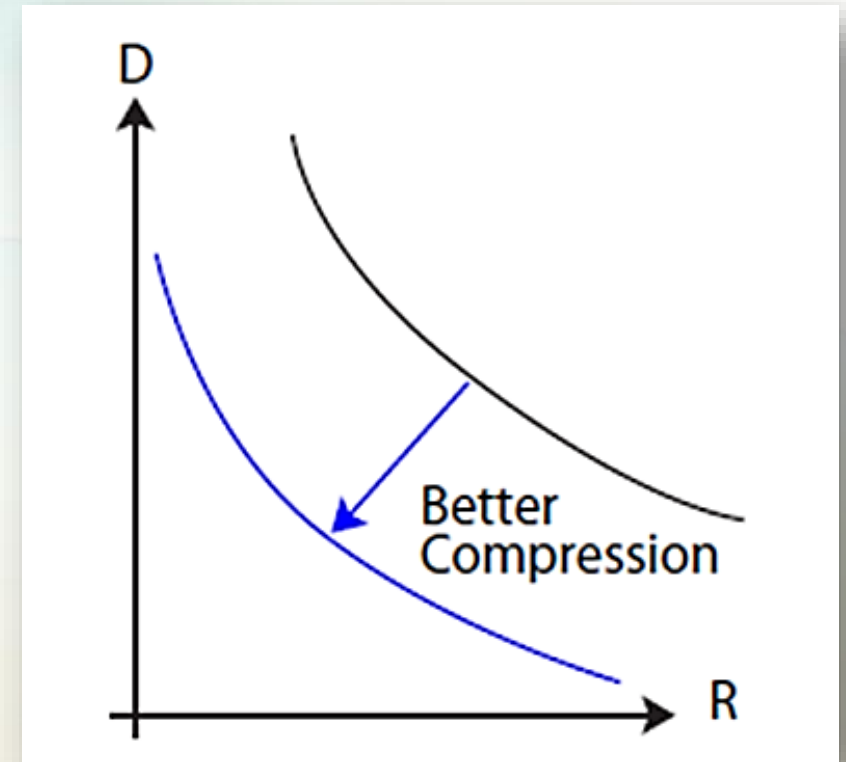
- Η συνολική στοίβα πρωτοκόλλων για τα βίντεο IP περιλαμβάνει τα ακόλουθα:
 - MPEG μέσω HTTP/ SIP/ IGMP/ RTSP,
 - μέσω RTP/ UDP/ TCP, μέσω IP,
 - μέσω ATM ή Ethernet,
 - μέσω ασύρματου δικτύου/οπτικών ινών/ DSL/ καλωδίων.
- Στην συνέχεια θα μελετήσουμε σε λεπτομέρεια τις 3 κορυφαίες παραμέτρους:
 - την **συμπίεση**,
 - τις **εφαρμογές**, και
 - την **μεταφορά**.



*Πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική δικτύου
για την κυκλοφορία των βίντεο.*

Συμπίεση

- Προκειμένου να συμπεριληφθεί μεγαλύτερη ποσότητα περιεχόμενου εντός μίας δεδομένης σύνδεσης, απαιτείται συμπίεση του αρχείου.
- Η **συμπίεση** αποτελεί τη διαδικασία απομάκρυνσης των περιττών τμημάτων από τα σήματα και επιτελείται με 2 τρόπους:
 - **συμπίεση χωρίς απώλειες**, όπως η συμπίεση Lempel-Ziv.
 - **συμπίεση με απώλειες**, και παρατηρείται μεταβολή ανάμεσα στο λόγο συμπίεσης (το μέγεθος του αρχείου μετά τη συμπίεση προς το μέγεθός του πριν την συμπίεση) και την αποτελεσματική πιστότητα του συστήματος.
- Ο **ρυθμός παραμόρφωσης της μεταβολής** φαίνεται στο διπλό σχήμα.



Καμπύλες ρυθμού παραμόρφωσης για δύο διαφορετικά συστήματα συμπίεσης με απώλειες. Μεγαλύτερος ρυθμός μετάδοσης συνοδεύεται από χαμηλότερη παραμόρφωση. Όσο πιο κοντά στην αρχική καμπύλη μεταβολής, τόσο καλύτερη είναι η μεταβολή αυτή.

Συμπύεση (συνέχεια)

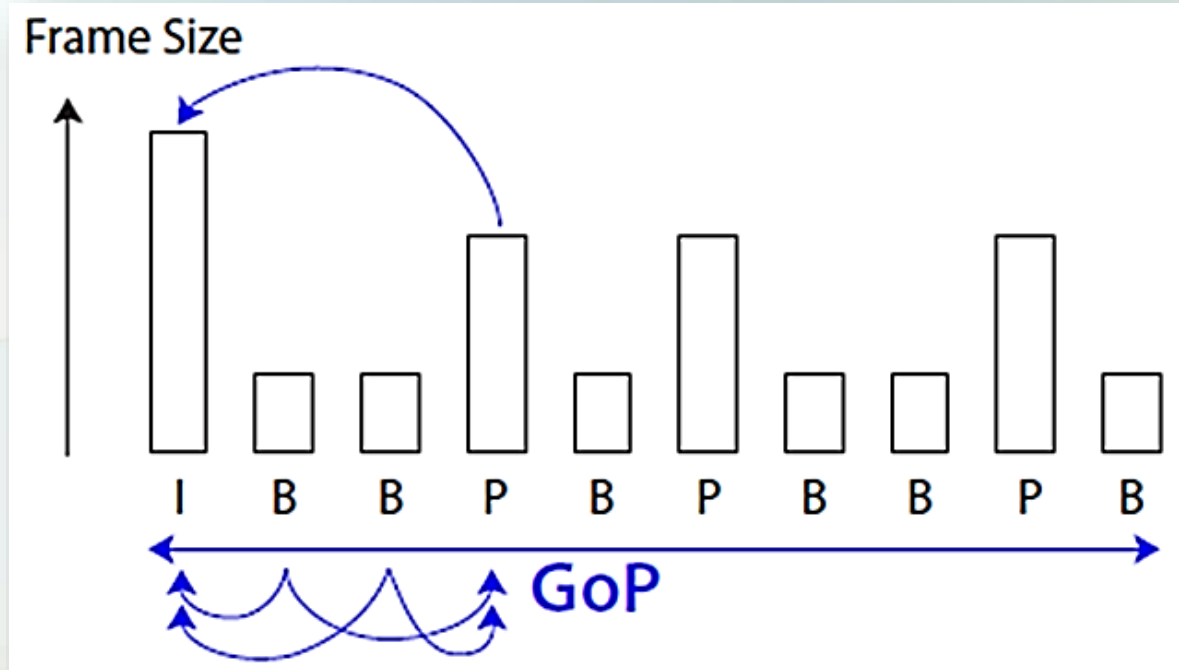
Η συμπύεση βίντεο έχει εξελιχθεί σημαντικά στη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών:

- **MPEG1:** εμφανίστηκε κατά το 1992: χρησιμοποιείται στο VCD (με ρυθμό μετάδοσης 1Mbps).
- **MPEG2:** εμφανίστηκε κατά το 1996 (καλείται H.262 από ένα διαφορετικό οργανισμό τυποποίησης ο οποίος ονομάζεται ITU-T). Χρησιμοποιήθηκε για DVD και εμφανίζει ρυθμό μετάδοσης 10Mbps.
- **MP3:** είναι το 3ο επίπεδο του προτύπου MPEG2 (δεν υπάρχει MPEG3 γιατί απορροφήθηκε στο MPEG2): μόνο για την κωδικοποίηση του ήχου, και επιτυγχάνεται αναλογία συμπίεσης 12:1.
- **MPEG4:** εμφανίστηκε κατά το 2000: αποτελεί το τρέχον πρότυπο συμπίεσης όσον αφορά τα βίντεο.
- **MPEG4 Part 10** (καλείται επίσης AVC ή H.264) είναι τουλάχιστον δύο φορές καλύτερο από το MPEG2 ως προς την ικανότητα συμπίεσης. Χρησιμοποιείται σε HDTV (με ταχύτητα 20-25Mbps) και σε Blu-ray (με ταχύτητα 40 Mbps). Μπορεί εύκολα να επιτευχθεί ένας παράγοντας συμπίεσης της τάξης 100.
- **Άλλες μορφές non-MPEG:**
 - **H.261:** ήταν δημοφιλής σε IP βίντεο κατά τον πρώτο καιρό.
 - **QuickTime** από την Apple ενσωματώνεται στο MPEG4.
 - **Windows Media Player** από τη Microsoft,
 - **Flash** της Adobe, και
 - **Real Media Viewer** από τη Real Networks.

Συμπύεση (συνέχεια)

- Η βασική ιδέα στη συμπίεση MPEG είναι η αξιοποίηση του πλεονασμού σε όλα τα πλαίσια, όταν δεν υπάρχει πολλή κίνηση και καλείται **αντιστάθμιση της κίνησης με ενδο-πλαισιακή πρόβλεψη** (inter-frameprediction).
- Υπάρχουν τρεις τύποι πλαισίων, και συλλογικά ένας συνδυασμός αυτών αποτελεί μία ομάδα πλαισίων (Group of Pictures, GoP):
 - **Πλαίσιο I (ενδο-κωδικοποιημένο-Intra-coded)**: Είναι ένα ανεξάρτητο πλαίσιο. Η κωδικοποίηση του δεν εξαρτάται από τα frames πριν ή μετά από αυτό.
 - **Πλαίσιο P (προβλεπτικά κωδικοποιημένο-Predictive-coded)**: αυτό το είδος του πλαισίου εξαρτάται από το προηγούμενο I (ή P) frame, αλλά όχι από το επόμενο του.
 - **Πλαίσιο B (δικατευθυντικά προβλεπτικά κωδικοποιημένο -Bidirectionally predictive-coded)**: αυτός ο τύπος πλαισίου εξαρτάται τόσο από το προηγούμενο πλαίσιο I (ή P) όσο και από το αντίστοιχο επόμενο του.

Συμπίεση (συνέχεια)



Μία τυπική δομή μίας ομάδας πλαισίων (Group of Pictures, GoP).

- Κάθε GoP ξεκινά με ένα πλαίσιο I, που ακολουθείται από μία αλληλουχία πλαισίων P και B. Το πλαίσιο I είναι ανεξάρτητο και το πιο σημαντικό σε κάθε GoP. Κάθε πλαίσιο P εξαρτάται από το προηγούμενο πλαίσιο I/P.
- Κάθε πλαίσιο B εξαρτάται τόσο από τα προηγούμενα πλαίσια I/P όσο και από τα αντίστοιχα επόμενά τους. Ορισμένες από αυτές τις σχέσεις εξάρτησης υποδεικνύονται με τα βέλη.
- Επιλέγοντας το μήκος και τη δομή μίας GoP επηρεάζεται ο ρυθμός μετάδοσης (bitrate), η αναγνώριση και η αντοχή στα σφαλμάτων (error resilience or error recognition), και οι καθυστερήσεις κατά την αλλαγή των καναλιών.

Συμπύεση (συνέχεια)

Το μήκος του GoP επηρεάζει ορισμένες παραμέτρους:

- **Η απόδοση του ρυθμού μετάδοσης (bit rate efficiency):** Αν η GoP είναι μεγαλύτερη, υπάρχουν περισσότερα πλαίσια P και B (εν δυνάμει τα πιο εύκολα συμπιέσιμα). Ο ρυθμός μετάδοσης μικραίνει.
- **Αναγνώριση σφάλματος (error resilience):** Αν ένα πλαίσιο I χαθεί και είναι αναγκαίο ολόκληρη η GoP να αναμεταδοθεί, αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη GoP και άρα αναμετάδοση περισσότερων πλαισίων. Εμφανίζεται μία αντίστροφη σχέση μεταξύ απόδοσης και αναγνώρισης, όπως θα προσδιοριστεί από τη μελέτη των ασκήσεων.
- **Στιγμιαία αλλαγή καναλιών:** Για βίντεο που ανήκουν σε κανάλια, η δυνατότητα γρήγορης αλλαγής των καναλιών είναι μία σημαντική παράμετρος, υποθέτοντας ότι η παραδοσιακή τηλεοπτική εμπειρία θα αντιγραφεί πάνω στην IPTV. Δεδομένου ότι η GoP αντιπροσωπεύει τη βασική λογική μονάδα αναπαραγωγής, μεγαλύτερη GoP σημαίνει μεγαλύτερο χρόνο αναμονής για το θεατή στην αλλαγή καναλιών.

Επίπεδο Εφαρμογής

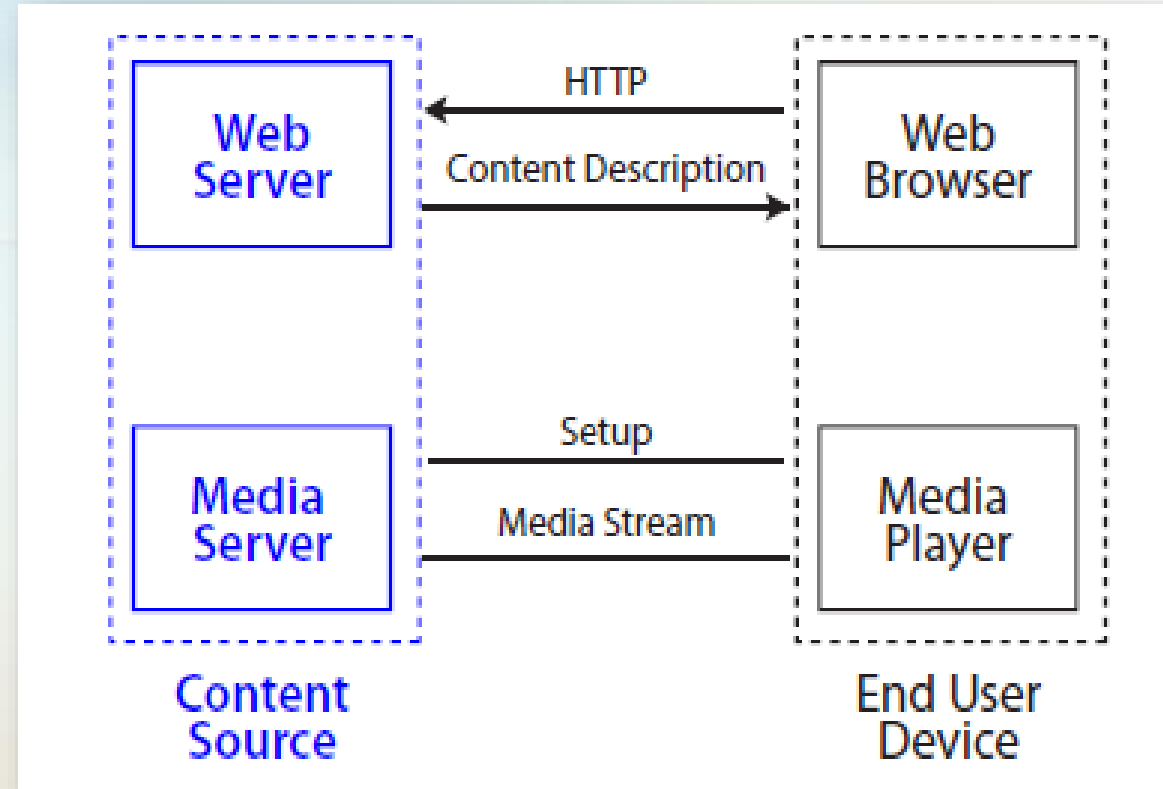
Πρωτόκολλο IGMP

- Εκτός από την ικανότητα να πραγματοποιείται δρομολόγηση πολλαπλής εκπομπής, χρειαζόμαστε και το **πρωτόκολλο διαχείρισης ομάδων (Internet Group Management Protocol, IGMP)**.
- Το **IGMP** εκτελεί τη διαχείριση των ομάδων πολλαπλής εκπομπής και υπαγορεύει στον δρομολογητή ότι ένας πελάτης (εν τέλει η συσκευή του χρήστη στον οποίον καταλήγει το σήμα) επιθυμεί να ενταχθεί σε μία συγκεκριμένη ομάδα πολλαπλής εκπομπής.
- Η είσοδος και η έξοδος ομάδων πολλαπλών εκπομπών επιβαρύνονται με την αύξηση και την επεξεργασία καθυστερήσεων.
- Η άμεση αλλαγή καναλιών μπορεί να μην είναι εφικτή. Για την επιτάχυνση αυτής της διαδικασίας, ένας πάροχος υπηρεσιών IPTV μπορεί να στείλει κάποια GoP μονής εκπομπής στον τελικό χρήστη, όταν ζητείται αλλαγή καναλιού για πρώτη φορά.
- Μόλις η αίτηση συμμετοχής στην ομάδα επεξεργαστεί, μετατρέπεται λειτουργία σε πολλαπλής εκπομπής.

Επίπεδο Εφαρμογής (συνέχεια)

Πρωτόκολλο RTSP

- Για τις εφαρμογές ρευμάτων (streaming applications), χρησιμοποιείται συχνά το **πρωτόκολλο ροής πραγματικού χρόνου (Real Time Streaming Protocol, RTSP)**.
- Το RTSP επιτρέπει σε μία συσκευή αναπαραγωγής πολυμέσων (media player) τον έλεγχο της μετάδοσης της ροής τους με τη χρήση των: fast-forward, rewind, pause, play.
- Θεωρείται ανεξάρτητο του προτύπου συμπίεσης ή του πρωτοκόλλου μεταφοράς.



Πρωτόκολλο ρευμάτων (Streaming) πραγματικού χρόνου (Real Time Streaming Protocol, RTSP) σε λειτουργία. Μία σύννοδος http πρώτα εξασφαλίζει την ανταλλαγή του ελέγχου πληροφοριών μεταξύ του φυλλομετρητή ιστού του πελάτη και του εξυπηρετητή ιστού. Ακολουθεί η πραγματική ροή των πολυμέσων (media stream) από τον εξυπηρετητή πολυμέσων(media server) στο λογισμικό αναπαραγωγής πολυμέσων (media-player software) της τερματικής συσκευής του χρήστη.

Επίπεδο Εφαρμογής (συνέχεια)

Πρωτόκολλο SIP

- Ένα άλλο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται συχνά για τη μετάδοση πολυμεσικής κίνησης πάνω από το IP είναι το **Πρωτόκολλο Αρχικοποίησης Συνόδου (Session Initiation Protocol (SIP))** της Internet Engineering Task Force (IETF).
- Το **SIP** καθιερώνει μία κλήση μεταξύ καλούντος και καλούμενου μέσω ενός δικτύου IP, καθορίζει τη διεύθυνση IP, και διαχειρίζεται την κλήση προσθέτοντας καλούντες, πραγματοποιώντας μεταφορές ή αναμονές κλήσεων, ή αλλάζοντας φωνητικές κωδικοποιήσεις.
- Σε συνδυασμό με τα πρότυπα βίντεο, το SIP μπορεί να παρέχει ένα μηχανισμό για βίντεο-συνδιασκέψεις.

Πρωτόκολλο H.323

Ένα ακόμα σύνηθες πρωτόκολλο είναι το H.323 της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union, ITU). Στην πραγματικότητα αφορά μία μεγάλη ομάδα (suite).

Επίπεδο Μεταφοράς

- Ένα μεγάλο μέρος μεταφοράς πολυμεσικής κίνησης, ειδικά της κίνησης πραγματικού χρόνου ή διαδραστικής φύσης, τρέχουν στο επίπεδο μεταφοράς μέσω του **Πρωτοκόλλου Δεδομένων γραφήματος - Δεδομένων του Χρήστη (User Datagram Protocol, UDP)**.
- Το UDP είναι πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση, το οποίο σημαίνει ότι δε γίνεται προσπάθεια διατήρησης της από άκρο σε άκρο αξιοπιστίας καθώς και της επιλογής των πακέτων στην κατάλληλη σειρά.
- Το UDP λειτουργεί με διευθύνσεις IP για τη μεταφορά των πακέτων στους εκάστοτε προορισμούς, εντούτοις αν τα πακέτα δεν φτάσουν σωστά, δεν θα γίνει προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος.
- Το UDP χειρίζεται επίσης αρκετά καλά τις πολλαπλές εκπομπές, δεδομένου ότι δεν απαιτείται η λήψη ενός πακέτου σε όλους τους προορισμούς.
- Το UDP είναι θεμελιωδώς διαφορετικό από το TCP ως προς τον από άκρο σε άκρο έλεγχο του Διαδικτύου.

Επίπεδο Μεταφοράς (συνέχεια)

Ερώτηση: Γιατί εφαρμογές με αυστηρές προθεσμίες προτιμούν το UDP;

Απάντηση: Η απάντηση βρίσκεται στη μεταβολή μεταξύ έγκαιρης μεταφοράς και της αξιοπιστίας:

- Το TCP χρησιμοποιεί μία χειραψία τριών δρόμων (3-way handshake), για τη δημιουργία μίας ειδικής λειτουργίας, ενώ για το UDP δεν παρατηρείται παρόμοια ακολουθία.
- Το TCP εκτελεί ελέγχους συμφόρησης για τη ρύθμιση των ρυθμών μετάδοσης, σε αντίθεση με το UDP που στέλνει το πακέτο μόλις δημιουργείται από το επίπεδο εφαρμογής.
- Το TCP εξασφαλίζει την αξιοπιστία του μέσω πακέτων αναμετάδοσης στο επίπεδο μεταφοράς, αλλά πολλές εφαρμογές πολυμέσων είναι ενσωματωμένες με τους δικούς τους μηχανισμούς αναγνώρισης και αντοχής σε σφάλματα.

Ερώτηση: Γιατί πολλά πρωτόκολλα διαχείρισης δικτύου ή σηματοδοσίας, όπως το SNMP και το RIP;

Απάντηση:

- Το TCP διατηρεί πάρα πολλές καταστάσεις της κάθε συνόδου συγκριτικά με το UDP. Έτσι το UDP μπορεί να υποστηρίξει περισσότερες τέτοιες συνόδους ταυτόχρονα.
- Η επικεφαλίδα του TCP καταλαμβάνει 20 byte ενώ του UDP 8 byte. Για τα μικρά πακέτα, ελέγχου η διαφορά αυτή είναι αρκετά σημαντική.

Επίπεδο Μεταφοράς (συνέχεια)

Πρωτόκολλα RTP και RTCP

- Ένα πρωτόκολλο πάνω από το UDP είναι το **πρωτόκολλο μεταφοράς πραγματικού χρόνου (Real-time Transport Protocol, RTP)**, το οποίο χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό σε πολλές εφαρμογές πολυμεσικής κίνησης IP, συμπεριλαμβανομένου και του VoIP (Voice over IP, υπηρεσία φωνής μέσω διαδικτύου).
- Το RTP καθορίζει ένα πρότυπο για τη μεταφορά πολυμεσικών ροών.
- Η κύρια πρόκληση εδώ είναι η υποστήριξη πολλαπλών διαφορετικών προτύπων μέσων συμπεριλαμβανομένων και των υπό ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.
- Η αντίστοιχη λύση της είναι ο καθορισμός ενός εύρους προφίλ και ωφέλιμων προτύπων ειδικά για κάθε τύπο μέσων, χωρίς να καθίσταται αναγκαία η εξάρτηση των πρωτοκόλλων από τον τύπο των μέσων.
- Το RTP εκτελείται στο επίπεδο των δεδομένων, το οποίο μεταδίδει τα πραγματικά δεδομένα, ενώ το **πρωτόκολλο ελέγχου του RTP (RTP Control Protocol, RTCP)** εκτελείται στο επίπεδο ελέγχου, το οποίο στέλνει σήματα ελέγχου.
- Το RTCP παρακολουθεί τη ροή πληροφοριών του RTP, όπως το πλήθος των πακέτων, τον αριθμό των byte και τα στοιχεία χρονικής καταγραφής των πληροφοριών. Ακο-λουθεί τις στατιστικές αναλύσεις και συγχρονίζει τις πολλαπλές ροές.

Παραδείγματα

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B

Θα μελετηθεί η επίδραση των πλαισίων I, P και B στην υποβάθμιση της ποιότητας του βίντεο. Θεωρούμε την κάθε τιμή του εικονοστοιχείου στη θέση (x, y) της μονοχρωματικής κλίμακας του γκρι στο πλαίσιο i .

$$p_i = \text{εκπεμπόμενο πλαίσιο}, \bar{p}_i = \text{ληφθέν πλαίσιο}$$

Για τη μετρική της ποιότητας του βίντεο μας, χρησιμοποιούμε την νόρμα L-1, το άθροισμα των απόλυτων διαφορών κατά μήκος όλων των εικονοστοιχείων και των πλαισίων, δηλαδή,

$$\text{σφάλμα} = \sum_{x,y,i} |p_i(x, y) - \bar{p}_i(x, y)|.$$

Ένα πολύ απλό παράδειγμα με 2x2 εικονοστοιχεία. Για λόγους απλοποίησης, υποθέτουμε ότι όλες οι τιμές των εικονοστοιχείων σε ένα δεδομένο πλαίσιο είναι ίδιες (αυτό είναι ένα αρκετά βαρετό βίντεο).

Μία GoP αποτελείται από 4 πλαίσια τα οποία δεικτοδοτούνται από το $i = 1, 2, 3, 4$.

Στην συνέχεια, θα υποβαθμίσουμε κάθε πλαίσιο της GoP, και θα υπολογίσουμε την επίδραση που έχει στη μετρική του σφάλματος. Υποθέστε ότι τα πλαίσια 0 και 5 (τα οποία ανήκουν στις προηγούμενες και τις επόμενες GoP, αντίστοιχα) λαμβάνονται πάντα επιτυχώς.

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B (συνέχεια)

0 0	1 1	2 2	3 3	4 4
0 0	1 1	2 2	3 3	4 4
$i = 0$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
Last GoP B frame	I frame	P frame	B frame	B frame
		5 5		
		5 5		
		$i = 5$		
		Next GoP I frame		

Υπενθυμίζουμε ότι ένα πλαίσιο I δεν έχει πλαίσιο αναφοράς, ένα πλαίσιο P χρησιμοποιεί το τελευταίο πλαίσιο I ή πλαίσιο P ως πλαίσιο αναφοράς, και ένα πλαίσιο B χρησιμοποιεί το τελευταίο πλαίσιο I ή πλαίσιο P και το επόμενο πλαίσιο I/P ως πλαίσιο αναφοράς. Ένα «σφάλμα» στο πλαίσιο i σημαίνει ότι είτε το πλαίσιο i λείπει, είτε έχει πραγματοποιηθεί απόκρυψη σφάλματος, λόγω της απουσίας αναφοράς του πλαισίου i .

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B (συνέχεια)

Μπορούμε να δημιουργήσουμε ορισμένους κανόνες απόκρυψης σφάλματος στο δέκτη:

- Αν ο δέκτης χάνει κάποιο πλαίσιο, παρουσιάζει το τελευταίο διαθέσιμο πλαίσιο.
- Αν ο δέκτης ανιχνεύσει σφάλμα στο πλαίσιο αναφοράς ενός πλαισίου P, ομοίως εμφανίζει το τελευταίο διαθέσιμο πλαίσιο στη θέση του πλαισίου P.
- Αν ο δέκτης ανιχνεύει σφάλμα σε ένα πλαίσιο αναφοράς ενός πλαισίου, εμφανίζει το άλλο πλαίσιο αναφοράς.

Αν το πλαίσιο I της παρούσας GoP υποβαθμιστεί, ο δέκτης εμφανίζει ό,τι συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα (17.1):

Πίνακας 17.1: Πλαίσιο 1: χάνεται, έτσι επαναλαμβάνεται το πλαίσιο 0. Πλαίσιο 2: σφάλμα στο πλαίσιο αναφοράς 1, έτσι επαναλαμβάνεται το πλαίσιο 1. Πλαίσιο 3: Σφάλμα στο πλαίσιο αναφοράς 2, οπότε παρουσιάζεται το πλαίσιο 5. Πλαίσιο 4: Σφάλμα στο πλαίσιο αναφοράς 2, έτσι εμφανίζεται το πλαίσιο 5.

	$\bar{p}(1, 1)$	$\bar{p}(1, 2)$	$\bar{p}(2, 1)$	$\bar{p}(2, 2)$
$i = 0$	0	0	0	0
$i = 1$	0	0	0	0
$i = 2$	0	0	0	0
$i = 3$	5	5	5	5
$i = 4$	5	5	5	5
$i = 5$	5	5	5	5

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B (συνέχεια)

Τότε το σφάλμα μεταξύ της εκπεμπόμενης και της ληφθείσας εικόνας είναι:

$$\begin{aligned}
 & |p_1(1,1) - \bar{p}_1(1,1)| + |p_1(1,2) - \bar{p}_1(1,2)| + |p_1(2,1) - \bar{p}_1(2,1)| + |p_1(2,2) - \bar{p}_1(2,2)| + \\
 & |p_2(1,1) - \bar{p}_2(1,1)| + |p_2(1,2) - \bar{p}_2(1,2)| + |p_2(2,1) - \bar{p}_2(2,1)| + |p_2(2,2) - \bar{p}_2(2,2)| + \\
 & |p_3(1,1) - \bar{p}_3(1,1)| + |p_3(1,2) - \bar{p}_3(1,2)| + |p_3(2,1) - \bar{p}_3(2,1)| + |p_3(2,2) - \bar{p}_3(2,2)| + \\
 & |p_4(1,1) - \bar{p}_4(1,1)| + |p_4(1,2) - \bar{p}_4(1,2)| + |p_4(2,1) - \bar{p}_4(2,1)| + |p_4(2,2) - \bar{p}_4(2,2)| \\
 & = 4 |p_1(1,1) - \bar{p}_1(1,1)| + 4 |p_2(1,1) - \bar{p}_2(1,1)| \\
 & + 4 |p_3(1,1) - \bar{p}_3(1,1)| + 4 |p_4(1,1) - \bar{p}_4(1,1)| = 4|1 - 0| + 4|2 - 0| + 4|3 - 5| + 4|4 - 5| \\
 & = 24
 \end{aligned}$$

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B (συνέχεια)

Αν το πλαίσιο P υποβαθμίζεται, ο δέκτης μπορεί να εμφανίζει αυτό που συνοψίζεται στον Πίνακα 17.2.

Το σφάλμα μεταξύ της εκπεμπόμενης και ληφθείσας εικόνας είναι:

$$4 |p_1(1,1) - \bar{p}_1(1,1)| + 4 |p_2(1,1) - \bar{p}_2(1,1)| + 4 |p_3(1,1) - \bar{p}_3(1,1)| + 4 |p_4(1,1) - \bar{p}_4(1,1)| = 4|1 - 1| + 4|2 - 1| + 4|3 - 5| + 4|4 - 5| = 16$$

Εάν το πρώτο πλαίσιο B, πλαίσιο 3, υποβαθμιστεί τότε ο δέκτης εμφανίζει αυτό που συνοψίζεται στον Πίνακα 17.3.

Πίνακας 17.2 Πλαίσιο 2: χάνεται, έτσι επαναλαμβάνεται το πλαίσιο 1. Πλαίσιο 3: Σφάλμα στο πλαίσιο αναφοράς 2, οπότε παρουσιάζεται το πλαίσιο 5. Πλαίσιο 4: Σφάλμα στο πλαίσιο αναφοράς 2, οπότε παρουσιάζεται το πλαίσιο 5.

	$\bar{p}(1,1)$	$\bar{p}(1,2)$	$\bar{p}(2,1)$	$\bar{p}(2,2)$
$i = 0$	0	0	0	0
$i = 1$	1	1	1	1
$i = 2$	1	1	1	1
$i = 3$	5	5	5	5
$i = 4$	5	5	5	5
$i = 5$	5	5	5	5

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B (συνέχεια)

Πίνακας 17.3 Πλαίσιο3: χάνεται, έτσι επαναλαμβάνεται το πλαίσιο2.

	$\bar{p}(1,1)$	$\bar{p}(1,2)$	$\bar{p}(2,1)$	$\bar{p}(2,2)$
$i = 0$	0	0	0	0
$i = 1$	1	1	1	1
$i = 2$	2	2	2	2
$i = 3$	2	2	2	2
$i = 4$	4	4	4	4
$i = 5$	5	5	5	5

Το σφάλμα μεταξύ της εκπεμπόμενης και της ληφθείσας εικόνας είναι:

$$4 |p_1(1,1) - \bar{p}_1(1,1)| + 4 |p_2(1,1) - \bar{p}_2(1,1)|$$

$$+ 4 |p_3(1,1) - \bar{p}_3(1,1)| + 4 |p_4(1,1) - \bar{p}_4(1,1)| = 4|1 - 1| + 4|2 - 2| + 4|3 - 2| + 4|4 - 4| = 4$$

Εάν το δεύτερο πλαίσιο B, πλαίσιο 4, υποβαθμιστεί, ο δέκτης εμφανίζει αυτά που συνοψίζονται στον Πίνακα 17.4.

Το σφάλμα μεταξύ της εκπεμπόμενης και της ληφθείσας εικόνας είναι:

$$4 |p_1(1,1) - \bar{p}_1(1,1)| + 4 |p_2(1,1) - \bar{p}_2(1,1)|$$

$$+ 4 |p_3(1,1) - \bar{p}_3(1,1)| + 4 |p_4(1,1) - \bar{p}_4(1,1)| = 4|1 - 1| + 4|2 - 2| + 4|3 - 3| + 4|4 - 3| = 4$$

Παράδειγμα 1: Ποιότητα βίντεο και πλαίσια I/P/B (συνέχεια)

Το μεγαλύτερο σφάλμα προκύπτει από την υποβάθμιση του πλαισίου I, ακολουθούμενη από τα πλαίσια P, και, εν τέλει, τα πλαίσια B. Περισσότερα σημαντικά πλαίσια προκαλούν περισσότερα σφάλματα στην υποβάθμιση της GoP, οδηγώντας σε μεγαλύτερη υποβάθμιση της οπτικής ποιότητας.

Πίνακας 17.4: Πλαίσιο4: χάνεται, έτσι επαναλαμβάνεται το πλαίσιο3.

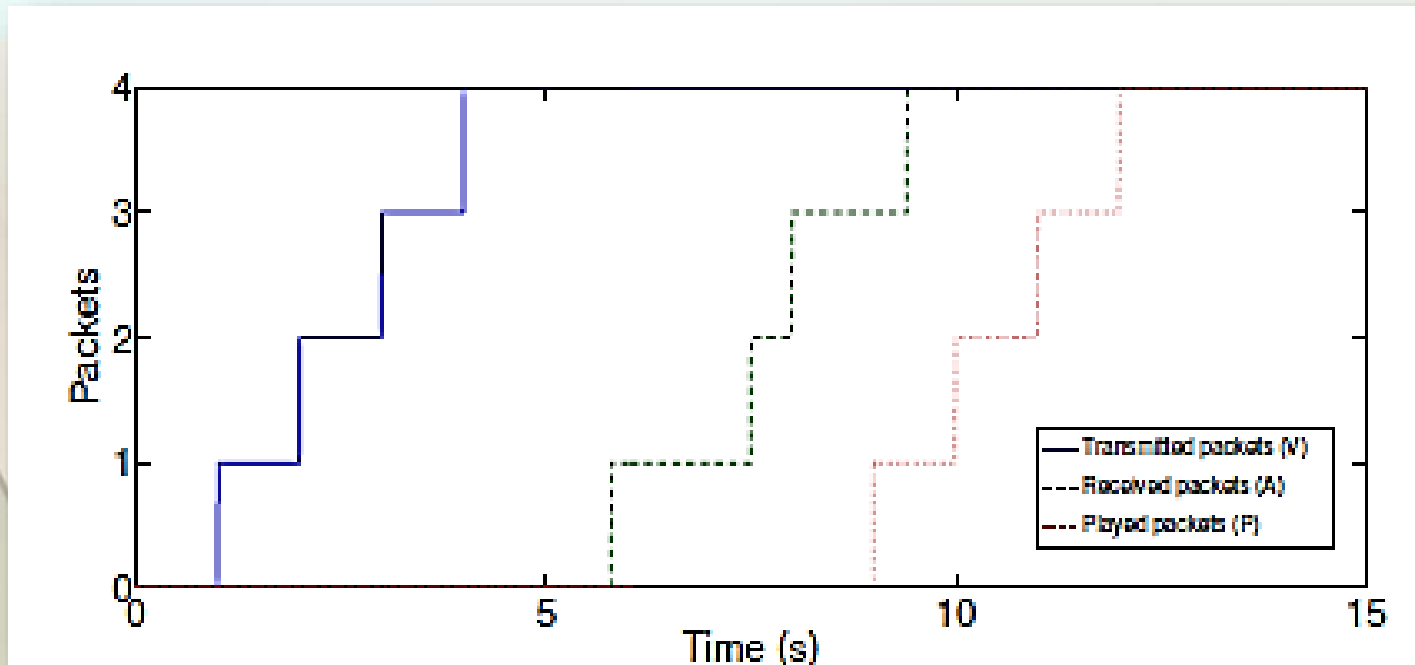
	$\bar{p}(1, 1)$	$\bar{p}(1, 2)$	$\bar{p}(2, 1)$	$\bar{p}(2, 2)$
$i = 0$	0	0	0	0
$i = 1$	1	1	1	1
$i = 2$	2	2	2	2
$i = 3$	3	3	3	3
$i = 4$	3	3	3	3
$i = 5$	5	5	5	5

Παράδειγμα 2: Σχέση καθυστέρησης και διακύμανσης καθυστέρησης

Σε αυτό το παράδειγμα, θα εξετάσουμε την επίδραση της αρχικής ενταμίευσης (buffering) κατά την αναπαραγωγή μίας ροής βίντεο. Θα δούμε ποια θα πρέπει να είναι η καθυστέρηση της αναπαραγωγής για την παροχή μίας ομαλής εμπειρίας θέασης.

Ας υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα πλαίσιο ανά πακέτο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα εκπεμπόμενα, τα ληφθέντα (στο δέκτη), και τα εκτελεσθέντα πλαίσια κατά την πάροδο του χρόνου.

Αναφερόμαστε σε αυτά ως χρονικές καμπύλες, ή χάριν συντομίας ως καμπύλες V , A , και P . Οι καμπύλες V και A προσδιορίζονται από την πηγή και το δίκτυο, και η δική μας δουλειά έγκειται στο να σχεδιάσουμε την καλύτερη δυνατή καμπύλη P .



Η Αναπαραγωγή ενδιάμεσης μνήμης (play back buffer) εξομαλώνει την αναπαραγωγή του βίντεο. Αυτό το γράφημα δείχνει την καμπύλη V στον πομπό: πώς τα πακέτα μεταδίδονται με σταθερό ρυθμό, την καμπύλη A στον δέκτη: πώς οι χρόνοι άφιξης των πακέτων διαφέρουν καθώς διασχίζουν το δίκτυο, και την καμπύλη P στην αναπαραγωγή: πώς ο χρόνος μεταφοράς της αναπαραγωγής μπορεί να εξομαλώνει το jitter (διακύμανση της χρονικής καθυστέρησης) της άφιξης.

Παράδειγμα 2: Σχέση καθυστέρησης και διακύμανσης καθυστέρησης (συνέχεια)

Η πηγή του βίντεο εκπέμπει με σταθερό ρυθμό, έτσι το V αποτελεί υπέρθεση βαθμωτών συναρτήσεων.

Ας ορίσουμε το V_i ως το χρόνο κατά το οποίο μεταδίδεται το πακέτο i , το A_i ως το χρόνο κατά τον οποίο το λαμβάνεται πακέτο i , και P_i το χρόνο κατά τον οποίο εμφανίζεται στο χρήστη το πακέτο i .

Η καθυστέρηση μεταξύ του εκπεμπόμενου και ληφθέντος πακέτου i δίνεται από την σχέση $d_i = A_i - V_i$. Συνεπώς, έχουμε:

$$V = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 5,8 \\ 7,5 \\ 8 \\ 9,4 \end{bmatrix}, \quad d = A - V = \begin{bmatrix} 4,8 \\ 5,5 \\ 5 \\ 5,4 \end{bmatrix}$$

Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να ξέρουμε το A εκ των προτέρων και πρέπει είτε να εκτιμηθεί, είτε να εκτιμηθεί σε πραγματικό χρόνο, όπως μία άσκηση. Προς το παρόν, μπορούμε να υποθέσουμε ότι είναι γνωστό μέγεθος.

Η P πρέπει να είναι μία μοναδιαία βηματική συνάρτηση δεδομένου ότι τα πλαίσια χρειάζεται να εμφανίζονται με ένα σταθερό ρυθμό. Πότε είναι η κατάλληλη στιγμή για την έναρξη της αναπαραγωγής, δηλαδή, ποια είναι η τιμή του P_1 ;

Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η συνολική καθυστέρηση που αντιλαμβάνεται ο χρήστης:

$$\begin{array}{ll} \text{ελαχιστοποίηση} & \sum_i (P_i - V_i) \\ \text{πεδίο ορισμού} & P_{i+1} = P_i + 1, \quad \forall i \\ & P_i \geq A_i, \quad \forall i \text{ μεταβλητές } \{P_i\} \end{array}$$

Παράδειγμα 2: Σχέση καθυστέρησης και διακύμανσης καθυστέρησης (συνέχεια)

Ο πρώτος περιορισμός της προηγούμενης βελτιστοποίησης διασφαλίζει ότι η καμπύλη αναπαραγωγής P είναι μία βαθμιαία συνάρτηση και ο δεύτερος διασφαλίζει ότι η αναπαραγωγή του πακέτου μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μετά τη λήψη του.

Η ζητούμενη συνάρτηση μπορεί να απλοποιηθεί ακόμα περισσότερο αφού οι P και V είναι βαθμιαίες συναρτήσεις, η διαφορά $P_i - V_i$ είναι ίδια για όλα τα i , οπότε η επιθυμητή συνάρτηση ταυτίζεται με την ελαχιστοποίηση του κάθε $P_i - V_i$.

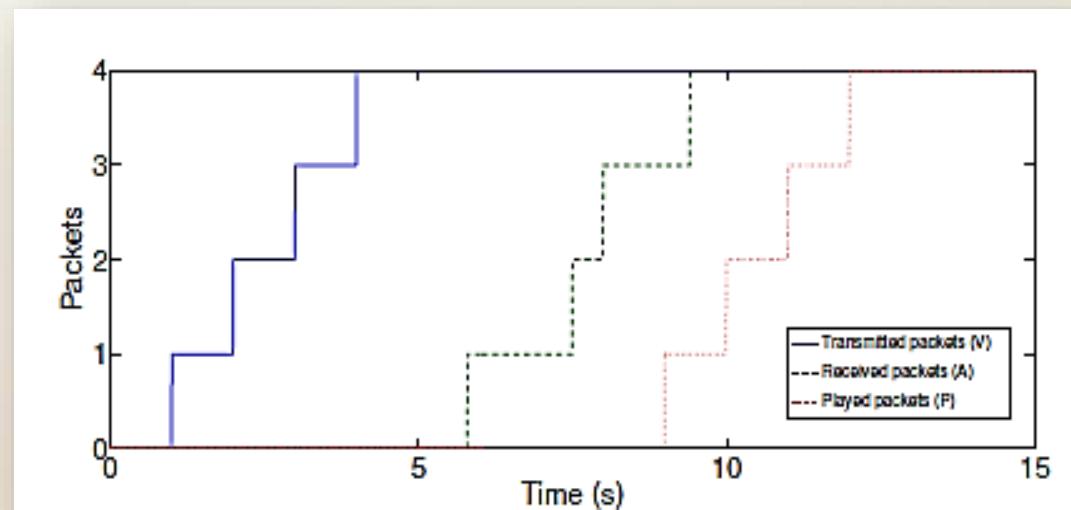
Το δεδομένο πρόβλημα μπορεί εύκολα να λυθεί μέσω ενός οπτικού έλεγχου. Κατά βάση, στρέφουμε τη βηματική συνάρτηση P προς τα αριστερά, έως ότου ισχύει ότι

$$P_k = A_k \text{ για κάθε } k \text{ και } P_k \geq A_k, \forall i \neq k.$$

Επομένως, θέλουμε την καμπύλη P όσο το δυνατόν πιο κοντά στην καμπύλη A , αλλά να παραμένει κάτω από την A .

Από το σχήμα παρακάτω, είναι σαφές ότι $k = 2$. Καθώς $P_2^* = A_2 = 7,5 \text{ s}$, έχουμε $P_1^* = 6,5 \text{ s}$.

Αυτό σημαίνει ότι η αναπαραγωγή θα πρέπει να ξεκινά στα $6,5\text{s}$, το οποίο με τη σειρά του σημαίνει καθυστέρηση αναπαραγωγής κατά $P_1 - A_1 = 6,5 - 5,8 = 0,7\text{s}$.



Παράδειγμα 2: Σχέση καθυστέρησης και διακύμανσης καθυστέρησης (συνέχεια)

Η ενσωμάτωση αυτής της καθυστέρησης στην αναπαραγωγή επιτυγχάνει την αποφυγή «παγωμένων» βίντεο, φαινόμενο το οποίο οφείλεται στη διακύμανση της λήψης των πακέτων μέσω του δικτύου.

Σε γενικές γραμμές, για μία πηγή σταθερού ρυθμού μετάδοσης, η αναπαραγωγή πρέπει να αρχίσει όταν

$$P_1^* = A_1 + D,$$

όπου $D = \max_i (d_i - d_1)$ και αντιπροσωπεύει τη μέγιστη διακύμανση καθυστέρησης.

Αυτός ο τύπος εφαρμόζεται στο παραπάνω παράδειγμα.

Αφού $D = d_2 - d_1 = 5,5 - 4,8 = 0,7 \text{ s}$, έχουμε $P_1^* = A_1 + D = 5,8 + 0,7 = 6,5 \text{ s}$

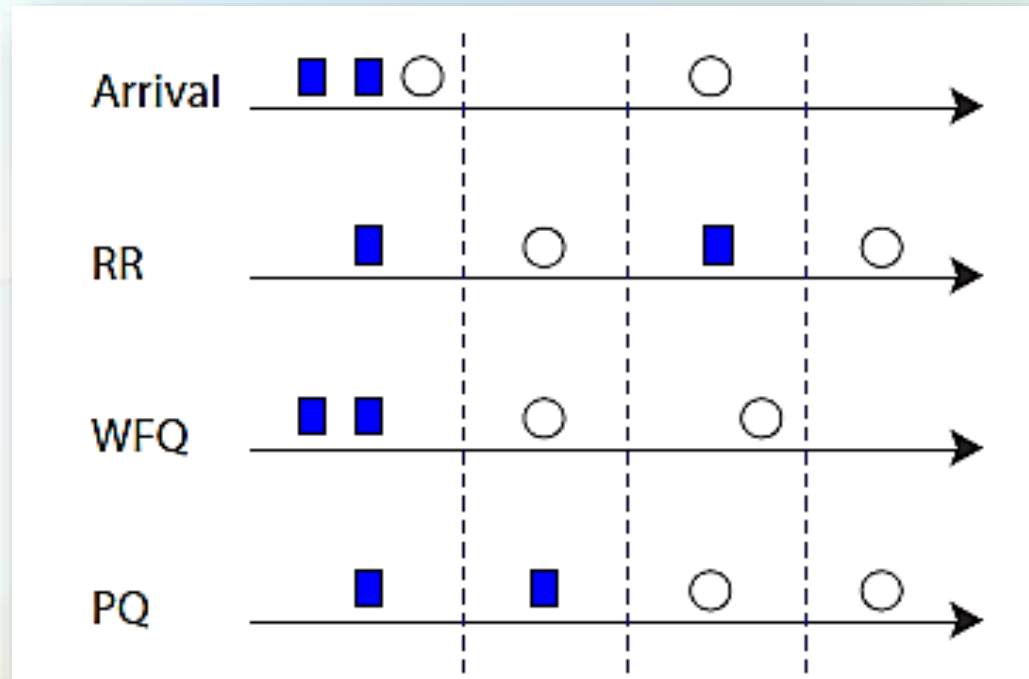
Προχωρημένο Υλικό

- Υπάρχουν επιπλέον τρεις βασικές προσεγγίσεις στη διαχείριση της ποιότητας των υπηρεσιών σε σχέση με τις υπηρεσίες απλής συνδεσιμότητας, οι οποίες προσφέρονται με τη καλύτερη δυνατή προσπάθεια από το λεπτό στρώμα των TCP/ IP.
 - Αντιμετωπίζονται οι διαφορετικές σύνοδοι ατομικά κατά την κατανομή των πόρων.
 - Ρυθμίζεται ποιοι χρήστες μπορεί να γίνουν δεκτοί .
 - Κατανέμονται οι εξυπηρετητές σε στρατηγικές τοποθεσίες.
- Κατ' αναλογία, σκεφτείτε τον έλεγχο της κυκλοφορίας σε μία εθνική οδό. Η διαφοροποίηση της κατανομής των πόρων μπορεί να ταυτιστεί με τη χρήση μίας λωρίδας μόνο από ορισμένα οχήματα, όπως μία λωρίδα συνοδήγησης (car-pool lane).
- Η ρύθμιση της αποδοχής των χρηστών ομοίως μπορεί να θεωρηθεί ταυτόσημη με τους φωτεινούς σηματοδότες κατά τη διάρκεια κυκλοφοριακής συμφόρησης.
- Η κατανομή στους εξυπηρετητές μοιάζει με την κατασκευή καινούριων εξόδων προς δημοφιλείς προορισμούς, όπως προς μεγάλα παντοπωλεία.
- Βέβαια, το τελευταίο σημείο είναι σαφώς μία επιχείρηση πολύ μεγαλύτερης κλίμακας σε σχέση με τα δύο προηγούμενα.

Πολιτικές Ουράς Αναμονής

- Υπάρχουν ποικίλα πρότυπα διαχείρισης ουρών δεδομένων (queuing disciplines) σε ένα δρομολογητή.
- Οι ακόλουθες τρεις μέθοδοι θα δημιουργήσουν διαφορετικές χρονικές ακολουθίες υπηρεσιών μεταξύ των εισερχόμενων συνεδρίων. Όμως και οι τρεις αυτές μέθοδοι δεν θα χρησιμοποιήσουν μία χρονοθυρίδα εάν υπάρχει κάποιο πακέτο που πρέπει να εξυπηρετηθεί (work-conserving).
 - **Ο χρονοπρογραμματισμός εξυπηρέτησης εκ περιτροπής (round robin):** Εναλλάσσεται η σειρά κάθε κατηγορίας κίνησης. Ρυθμίζεται ποιοι χρήστες μπορεί να γίνουν δεκτοί.
 - **Ζυγοσταθμισμένη ευνομία των ουρών (weighted fair queueing):** Κατά την εναλλαγή, κάποια κατηγορία μπορεί να λάβει μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης από κάποια άλλη.
 - **Ουρά προτεραιότητας (priority queueing):** Πακέτα μεγαλύτερης προτεραιότητας και σπουδαιότητας επεξεργάζονται πριν από τα αντίστοιχα μικρότερης προτεραιότητας, τα οποία πρέπει να περιμένουν μέχρι να μην υπάρχουν πια πακέτα μεγάλης προτεραιότητας στην ουρά.
- Κατ' αναλογία, σκεφτείτε τον έλεγχο της κυκλοφορίας σε μία εθνική οδό. Η διαφοροποίηση της κατανομής των πόρων μπορεί να ταυτιστεί με τη χρήση μίας λωρίδας μόνο από ορισμένα οχήματα, όπως μία λωρίδα συνοδήγησης (car-pool lane).

Πολιτικές Ουράς Αναμονής (συνέχεια)



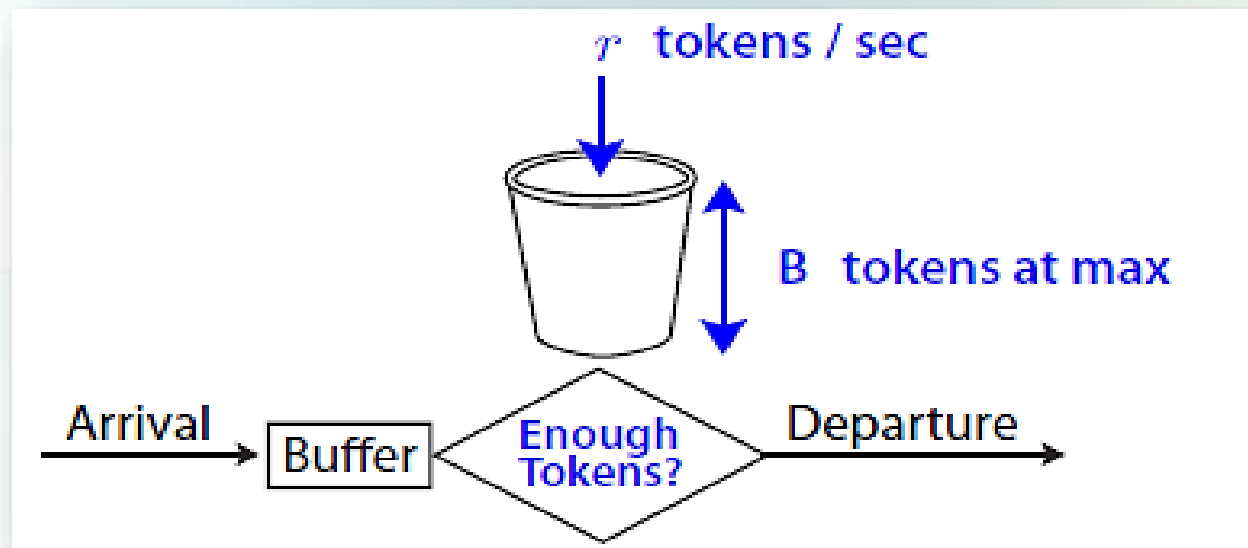
Τρεις διαχειριστές ουρών δεδομένων (*queueing disciplines*) δίνουν διαφορετική προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση πακέτων. Υπάρχουν δύο κατηγορίες που φθάνουν μετά τις χρονοσχισμές (*timeslots*) οι οποίες δηλώνονται με διακεκομμένες γραμμές.

- Στον προγραμματισμό *round robin* (RR), τα τετράγωνα πακέτα και τα στρογγυλά πακέτα εξυπηρετούνται με τη λογική του ενός πακέτου σε κάθε *timeslot*.
- Στη WFQ οι δύο κατηγορίες εξυπηρετούν εκ περιτροπής, όμως τα τετράγωνα πακέτα έχουν μεγαλύτερο ρυθμό εξυπηρέτησης.
- Στην PQ, τα τετράγωνα πακέτα έχουν απόλυτη σειρά προτεραιότητας και τα στρογγυλά πακέτα παίρνουν σειρά μόνο όταν όλα τα τετράγωνα πακέτα έχουν σταλεί.

Έλεγχος Εισόδου

- Μία εναλλακτική προσέγγιση στην προσπάθεια διαχείρισης των πόρων είναι η ρύθμιση της ζήτησης. Υπό αυτή την έννοια, ο έλεγχος συμφόρησης του TCP εκτελεί το ζητούμενο μέσω ενός βρόχου ανάδρασης, ο οποίος λειτουργεί στη χρονική κλίμακα του RTT.
- Η αστυνόμευση ή ο στραγγαλισμός διαμορφώνουν περαιτέρω το ρυθμό της έγχυσης κίνησης στο δίκτυο.
- **Για τον έλεγχο ανοικτού βρόχου**, μπορούμε να εφαρμόσουμε **έλεγχο εισόδου**: να λαμβάνεται η απόφαση αν θα πρέπει να επιτραπεί η έναρξη μετάδοσης μίας συνόδου (session) σε κάθε δοθείσα χρονοσχισμή. Τέτοιου είδους έλεγχος λαμβάνει χώρα συνήθως στην άκρη του δικτύου, συχνά στο πρώτο στοιχείο του δικτύου το οποίο βλέπει τις τερματικές συσκευές του χρήστη.
- Ένας πιθανός έλεγχος εισόδου είναι ο έλεγχος του μέγιστου ρυθμού της εισερχόμενης, σε κάποια χρονική κλίμακα. Αυτό ταυτίζεται με τους φωτεινούς σηματοδότες οι οποίοι ρυθμίζουν την είσοδο των αυτοκίνητων ενός αυτοκινητόδρομου και εξομαλύνει την κίνηση της κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο κατά τις ώρες αιχμής.
- Με τη μείωση του ρυθμού μεταβολής των πράσινων σηματοδοτών, μπορούμε να μειώσουμε το ρυθμό αύξησης της κυκλοφορίας στον αυτοκινητόδρομο (ο κορμός του δικτύου, back bone network), αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση συμφόρησης στον σηματοδότη (το δίκτυο πρόσβασης ή εισόδου).

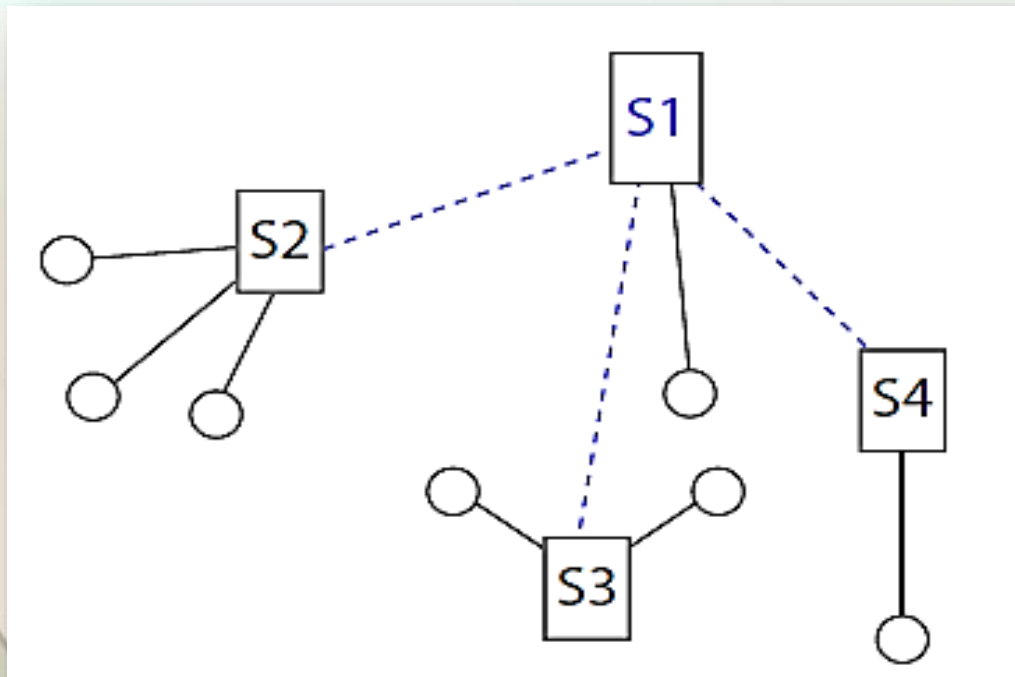
Έλεγχος Εισόδου (συνέχεια)



«Διαρρέων κάδος» για τον έλεγχο εισόδου. Κάθε κάδος μπορεί να διατηρεί τουλάχιστον B «κουπόνια», ενώ r κουπόνια προστίθενται στον κάδο ανά δευτερόλεπτο. Κάθε μεταδιδόμενο πακέτο καταναλώνει ένα κουπόνι. Προκειμένου ένα πακέτο στο buffer(ενδιάμεση μνήμη) να μεταδίδεται στο σύνδεσμο εξόδου, πρέπει να υπάρχει ένα διαθέσιμο κουπόνι (token) στον κάδο.

Διανομή Περιεχομένου (συνέχεια)

- Η προσέγγιση αυτή εκμεταλλεύεται τη συνεχή πτώση του κόστους αποθήκευσης και την ευρεία δημοφιλία ορισμένων περιεχομένων στη δημιουργία χωρικής αλληλουχίας δεδομένων για τη διανομή του περιεχομένου.
- Η ιδέα να αλλάζει η θέση της πηγής εφαρμόζεται στους διαδικτυακούς εξυπηρετητές διαμεσολάβησης (web proxy servers) από τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Οι γρήγορες μνήμες των δημοφιλών ιστοσελίδων των ISP διατηρούνται σε τοπικούς αποθηκευτικούς χώρους αρκετά κοντά στους χρήστες στους οποίους απευθύνονται.



Μία απεικόνιση ενός δικτύου διανομής περιεχόμενου. Το περιεχόμενο που αρχικά τοποθετείται στον εξυπηρετητή (server) S1 αντιγράφεται σε άλλες τρεις τοποθεσίες S2, S3, και S4 και αποστέλλεται μέσω ζεύξεων οπτικών ινών οι οποίες δίνονται από τις διακεκομμένες γραμμές. Όταν ένας πελάτης ζητά ένα τμήμα του περιεχομένου, επιλέγεται ένας συγκεκριμένος εξυπηρετητής ως η πηγή για την εξυπηρέτηση της δεδομένης ζήτησης.

Διανομή Περιεχομένου (συνέχεια)

Ένας ολόκληρος βιομηχανικός τομέας, ο οποίος καλείται **πάροχοι Δικτύου Διανομής Περιεχομένου** (Content Distribution Networks, CDN), έχει δημιουργηθεί με αυτό ακριβώς το σκοπό. Η συγκεκριμένη υπηρεσία εξυπηρετεί ISP ή ιδιοκτήτες περιεχομένου και διαχειρίζεται τις ακόλουθες διεργασίες:

- Χρησιμοποιούν πολλούς εξυπηρετητές, μερικές φορές εξυπηρετητές ιδιωτικών κέντρων και άλλες φορές εξυπηρετητές που ανήκουν σε κέντρα δεδομένων κοινής χρήσης. Οι συγκεκριμένοι συχνά καλούνται ιστότοποι «καθρέπτες» (mirror sites).
- Αντιγραφή περιεχομένων και αποθήκευσή τους σε διαφορετικούς εξυπηρετητές. Αυτό περιλαμβάνει βελτιστοποίηση με βάση τη διαθεσιμότητα των ζεύξεων υψηλής ταχύτητας και αποθηκευτικού χώρου μεγάλης χωρητικότητας, καθώς και την πρόβλεψη της δημοφιλίας του περιεχομένου στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές.
- Για κάθε αίτημα ανάκτησης του περιεχομένου, επιλέγεται ο κατάλληλος εξυπηρετητής με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως πηγή προέλευσης του περιεχομένου.

Διανομή Περιεχομένου (συνέχεια)

- Η συγκεκριμένη βελτιστοποίηση στην επιλογή του εξυπηρετητή αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης που αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Εκτελείται από το CDN μέσω μίας δεδομένης διαδρομής η οποία καθορίζεται από τον ISP.
- Εκτελείται από το CDN μέσω μίας δεδομένης διαδρομής η οποία καθορίζεται από τον ISP. Εντούτοις, ο ISP εκτελεί βελτιστοποίηση δρομολόγησης μέσω της μηχανικής κίνησης, κάτω από δεδομένα συγκεκριμένα πρότυπα κίνησης μεταξύ εξυπηρετητών και χρηστών. Τα δύο αυτά προβλήματα βελτιστοποίησης είναι οι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος (mirror images) και οι ανάλογες λειτουργίες του CDN δια-χειριστή και του ISP δύναται να έχουν ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις.
- Η σύγκλιση του αρχικού περιεχομένου και του περιεχόμενου που μεταφέρεται δημιουργεί μία πολύ ενδιαφέρουσα δυναμική αλληλεπίδραση. Η σωστή λειτουργία των CDN μπορεί να δημιουργήσει αρκετά ιδανικές συνθήκες: οι καταναλωτές λαμβάνουν καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών(μειώνεται η καθυστέρηση και αυξάνεται η επίδοση), ενώ οι ιδιοκτήτες περιεχομένου ή οι ISP μειώνουν το κόστος χρήσης εξυπηρετητών μεγάλων χωρητικοτήτων και ζεύξεων (καθώς μειώνεται η συμφόρηση στο δίκτυο).

Σύνοψη

Πλαίσιο 17 Μηχανισμοί ποιότητας υπηρεσιών

Τα περιεχόμενα αποσυνδέονται από συγκεκριμένα κανάλια διανομής περιεχομένου και συσκευές κατανάλωσης περιεχομένου και το IP έχει γίνει η βάση για σχεδόν όλα τα συστήματα διανομής περιεχομένου, όπως η IPTV και το VoI. Η συμπίεση των βίντεο, οι εφαρμογές βίντεο στο δίκτυο, και τα πρωτόκολλα μεταφοράς χωρίς σύνδεση, συνεισφέρουν στη μεγάλη αύξηση των βίντεο στο Διαδίκτυο. Η διαφορά στην ποιότητα, ο έλεγχος εισόδου, και η ικανότητα διανομής περιεχομένου επιτρέπει στο Διαδίκτυο την καλύτερη δυνατή προσπάθεια για την υποστήριξη εφαρμογών βίντεο.

Τέλος Κεφαλαίου 17

Ερωτήσεις;;;