



Αρχές Ψηφιακής Τηλεόρασης ***Ενότητα 8 – IPTV***

Καθηγητής Δρ. Ευάγγελος Πάλλης
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Περιεχόμενα

- Σύνοψη και μαθησιακά αποτελέσματα/στόχοι
- Εισαγωγή στην Ενότητα 8
- Ρόλοι και λειτουργικότητα
 - Ρόλοι
 - Λειτουργικότητα
- Τοπολογίες Δικτύου και Τρόποι Εκπομπής
 - Βασικές Αρχιτεκτονικές
 - Τρόποι Εκπομπής
 - Διευθυνσιοδότηση
 - Αλλαγή Ομάδας Πολυεκπομπής
- Στοίβα Πρωτοκόλλων και Ενθυλάκωση Δεδομένων
 - Στοίβα Πρωτοκόλλων
 - Ενθυλάκωση Δεδομένων
 - Χρήση Πακέτων TS
 - Απευθείας Μετάδοση με RTP
- Αρχιτεκτονική - STB
 - Δικτυακή Διεπαφή
 - Έξοδοι Βίντεο και Ήχου
 - Διεπαφή Χρήστη
 - Έλεγχος Πρόσβασης
 - Μέσο Αποθήκευσης
 - Μεσισμικό

Περιγραφή Ενότητας 8

Σύνοψη

Στην Ενότητα 8 εξετάζουμε τα βασικά θέματα που αφορούν στην παροχή του τηλεοπτικού σήματος και των σχετικών υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου. Περιγράφουμε τα χαρακτηριστικά της παροχής του τηλεοπτικού σήματος μέσω ενός νέου τρόπου μετάδοσης, των δικτύων δεδομένων, αντί της χρήσης των καθιερωμένων τηλεπικοινωνιακών διαύλων (επίγειου, δορυφορικού και καλωδιακού). Εξετάζουμε τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται, καθώς και τους μηχανισμούς που εξασφαλίζουν την κατά το δυνατόν αποδοτική χρήση των υποκείμενων πόρων του δικτύου (κυρίως του διαθέσιμου εύρους ζώνης). Επίσης περιγράφουμε την ενσωμάτωση των δεδομένων, που αποτελούν το τηλεοπτικό σήμα, στα πακέτα του δικτύου και τη χρήση των πρωτοκόλλων που εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη συνεργασία των εμπλεκόμενων λειτουργικών μονάδων. Τέλος, εξετάζουμε τη βασική λειτουργικότητα των λειτουργικών μονάδων που εξασφαλίζουν την αναπαραγωγή του τηλεοπτικού σήματος (επιτραπέζιοι αποκωδικοποιητές – Set Top Box).

Προαπαιτούμενη γνώση

Για την κατανόηση της Ενότητας 8 είναι χρήσιμη η κατανόηση των μηχανισμών δημιουργίας πακέτων για τη μετάδοση του περιεχομένου (κυρίως μέσω του μηχανισμού MPEG Transport Stream – βλ. Ενότητες 5 και 6). Ενδείκνυται η γνώση της λογικής και της αρχιτεκτονικής του διαδικτύου, όσον αφορά τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται, τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων με χρήση πακέτων, τα θέματα διευθυνσιοδότησης των δικτυακών συσκευών.

Μαθησιακά αποτελέσματα

Με την επιτυχή ολοκλήρωση της Ενότητας 8 ο φοιτητής / τρια θα είναι σε θέση να:

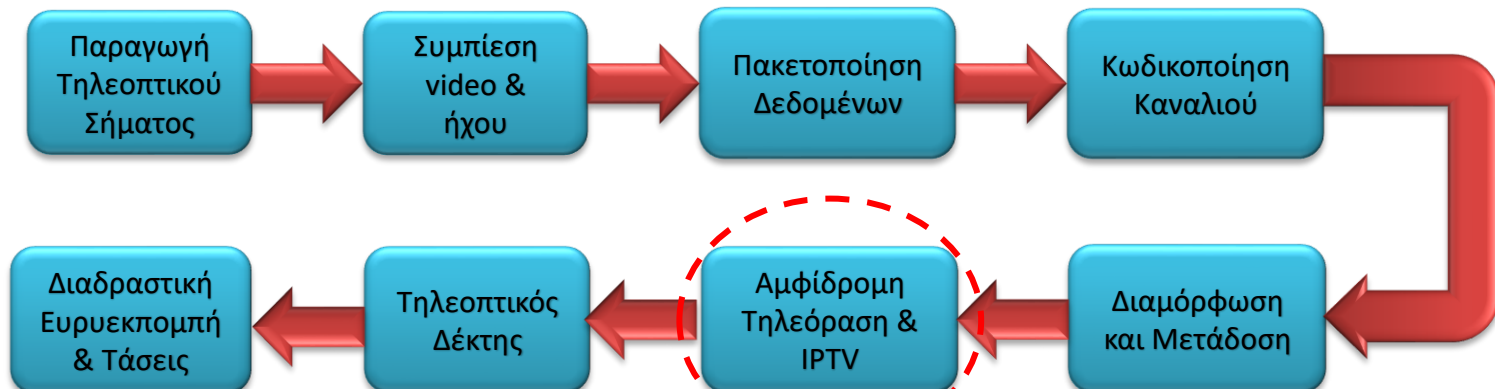
- Κατανοεί τον τρόπο λειτουργίας και οργάνωσης των μονάδων μετάδοσης/λήψης του IPTV, και τη χρήση τους για βέλτιστη ποιότητα υπηρεσίας στον τελικό χρήστη.
- Γνωρίζει τις βασικές τοπολογίες και τρόπους εκπομπής IPTV, τους μηχανισμούς μετάδοσης (πρωτόκολλα και ενθυλάκωση) των δεδομένων εικόνας και ήχου, καθώς και τις βασικές αρχιτεκτονικές υλοποίησης αποκωδικοποιητών STB.
- Εφαρμόζει μεθόδους και εργαλεία ανάλυσης των παραμέτρων εκπομπής/λήψης τηλεοπτικών υπηρεσιών IPTV, καθώς της δομής των εκπεμπόμενων πληροφοριών.
- Αναλύει και υπολογίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των μηχανισμών εκπομπής και των ροών μετάδοσης IPTV, καθώς και αυτών της λήψης του IPTV μέσω αποκωδικοποιητών STB.
- Προτείνει λύσεις σε θέματα λειτουργίας και συντήρησης των μονάδων εκπομπής/λήψης Υπηρεσιών IPTV, καθώς και τρόπους αξιολόγησης των επιδόσεών τους.

Εισαγωγή

Εισαγωγή στην Ενότητα 8

Στην Ενότητα 8 εξετάζουμε τους ρόλους, τη λειτουργικότητα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της υπηρεσίας IPTV, δηλαδή της τηλεόρασης μέσω του διαδικτύου (Internet Protocol Television, IPTV), είναι μία πολυμεσική υπηρεσία μέσω της οποίας μεταδίδεται το τηλεοπτικό περιεχόμενο συμπεριλαμβανομένων του βίντεο, του ήχου, του κειμένου, των γραφικών και των δεδομένων.

Το IPTV χαρακτηρίζεται ως **αμφίδρομη, αλληλεπιδραστική υπηρεσία**, η οποία διατίθεται μέσω του του διαδικτύου (Internet) και διαχειριζόμενων δικτύων δεδομένων τα οποία παρέχουν ελεγχόμενη ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service, QoS), δυνατότητες αλληλεπίδρασης, ασφάλεια και αξιοπιστία.



Εισαγωγή στην Ενότητα 8

Τα βασικά χαρακτηριστικά του IPTV περιλαμβάνουν:

- Υποστήριξη πολλαπλών τηλεοπτικών καναλιών / προγραμμάτων.
- Παροχή τηλεοπτικού περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο, ανάλογο με το πρόγραμμα των καναλιών που προσφέρονται.
- Μετάδοση πληροφοριών και προς τις δύο κατευθύνσεις (αμφιδρομότητα) και διαθεσιμότητα κατ' ελάχιστον των επιλογών που έχει στη διάθεσή του ο θεατής, όταν λαμβάνει το τηλεοπτικό σήμα μέσω των τυπικών διαύλων (π.χ. επίγειου, δορυφορικού), όπως η δυνατότητα άμεσης αλλαγής καναλιού και η χρήση ηλεκτρονικού οδηγού προγράμματος (Electronic Program Guide).
- Αξιοποίηση δικτύων νέας γενιάς (Next generation Networks, NGN), τα οποία είναι συνήθως ήδη διαθέσιμα στον χρήστη (χωρίς, δηλαδή, παρεμβάσεις στο δίκτυο πρόσβασης που καταλήγει στον χώρο του χρήστη).
- Δυνατότητα για επιπλέον υπηρεσίες οι οποίες καθορίζονται από τον πάροχο της υπηρεσίας (του IPTV), τα χαρακτηριστικά του υποκείμενου δικτύου, αλλά και τις δυνατότητες του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί ο χρήστης.

Εισαγωγή στην Ενότητα 8

Πρέπει να επισημανθεί ότι το IPTV είναι διαφορετική υπηρεσία από τη ροή πολυμεσικού περιεχομένου στο διαδίκτυο (Internet streaming). Συγκεκριμένα, παρόλο που και στους δύο τύπους υπηρεσιών χρησιμοποιούνται (σε κάποιο βαθμό) κοινοί μηχανισμοί και υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά, υπάρχουν και σοβαρές διαφοροποιήσεις. Περιληπτικά θα λέγαμε ότι το IPTV έχει πιο αυστηρές προδιαγραφές και πιο αυστηρές απαιτήσεις από το υποκείμενο δίκτυο.

Ο διπλανός πίνακας συνοψίζει τις βασικές διαφοροποιήσεις μεταξύ αυτών των δύο τύπων υπηρεσιών, του IPTV και του Internet streaming.

Κριτήριο	IPTV	Internet Streaming
Είδος περιεχομένου	Τηλεοπτικό περιεχόμενο, το οποίο παρέχεται από το τηλεοπτικό κανάλι (και είναι το ίδιο με το περιεχόμενο που παρέχεται μέσω των τυπικών τηλεπικοινωνιακών διαύλων επίγειου, δορυφορικού και καλωδιακού).	Ευρεία γκάμα τύπων περιεχομένου χωρίς ιδιαίτερο περιορισμό.
Χρονισμός παροχής περιεχομένου	Σύμφωνα με το πρόγραμμα του τηλεοπτικού καναλιού (δυνατότητα πρόσβασης σε προγενέστερο περιεχόμενο εφόσον επιτρέπεται από τον πάροχο της υπηρεσίας).	Δεν υπάρχει χρονικός περιορισμός στη λήψη του περιεχομένου.
Θέση και αναπαραγωγή περιεχομένου	Μέσω του τηλεοπτικού δέκτη τυπικά με χρήση επιτραπέζιου αποκωδικοποιητή (STB).	Στον υπολογιστή ή σε κινητή συσκευή (PC, laptop, tablet, κινητό τηλέφωνο).
Τεχνικά χαρακτηριστικά περιεχομένου	Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του περιεχομένου είναι αυστηρά ορισμένα από τον πάροχο της υπηρεσίας. Αυτά αφορούν, για παράδειγμα, την ανάλυση του βίντεο (όπου πρέπει κατ' ελάχιστον να υποστηρίζεται η τυπική ανάλυση, Standard Definition) αλλά ο ρυθμός εναλλαγής των εικόνων. Η υποστήριξη αυτών των χαρακτηριστικών είναι που θέτει τις απαιτήσεις για το υποκείμενο δίκτυο.	Τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου που διατίθεται είναι ετερογενή και δεν υπακούουν σε κάποιες ελάχιστες προϋποθέσεις, αφού εξαρτώνται από τις επιλογές του εκάστοτε παρόχου περιεχομένου.
Χαρακτηριστικά υποκείμενου δικτύου	Η δυνατότητα παροχής της υπηρεσίας με αξιόπιστο τρόπο εκ μέρους του υποκείμενου δικτύου αποτελούν προϋποθέσεις του IPTV. Για αυτό και ο ρόλος του παρόχου του δικτύου είναι σημαντικός σε ένα σενάριο παροχής υπηρεσιών IPTV.	Η λήψη της ροής δεδομένων μπορεί να γίνει χωρίς ιδιαίτερη πρόνοια αναφορικά με τα χαρακτηριστικά του υποκείμενου δικτύου (με αποτέλεσμα, βέβαια, να επηρεάζεται η ποιότητα του λαμβανόμενου περιεχομένου).
Οικονομικό αντίτιμο	Στις υπηρεσίες IPTV οι θεατές τυπικά χρεώνονται για τη λήψη τους (συνήθως σε περιοδική, π.χ. μηνιαία ή εξαμηνιαία βάση).	Η λήψη ροών περιεχομένου στο διαδίκτυο είναι συνήθως δωρεάν (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχει περιεχόμενο και επί πληρωμή).

Σύγκριση χαρακτηριστικών IPTV και Internet streaming

Ρόλοι και λειτουργικότητα

Ρόλοι

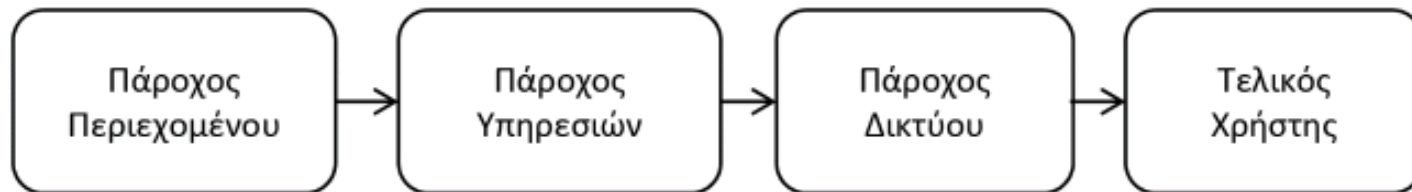
Η τηλεόραση μέσω διαδικτύου (IPTV) εμπλέκει μια σειρά από ρόλους, μεταξύ των οποίων οι πλέον βασικοί είναι:

- Ο **πάροχος του περιεχομένου (content provider)**, ο οποίος έχει στην ιδιοκτησία του το περιεχόμενο το οποίο και παρέχει με τρόπους που επιλέγει αυτός (όπως η ροή δεδομένων ή αποθηκευμένο σε κάποιο μέσο αποθήκευσης).
- Ο **πάροχος της υπηρεσίας (service provider)**, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παροχή της συνολικής λειτουργικότητας και τη διανομή του περιεχομένου προς τους χρήστες.
- Ο **πάροχος του δικτύου (network provider)**, ο οποίος παρέχει τους απαραίτητους πόρους του δικτύου και τους κατάλληλους μηχανισμούς για να γίνει η μετάδοση του περιεχομένου στους χρήστες με κάποιες εγγυήσεις όσον αφορά την ποιότητα υπηρεσίας.
- Ο **χρήστης – πελάτης (customer)**, ο οποίος λαμβάνει την υπηρεσία, επιλέγει και καταναλώνει το περιεχόμενο και καταβάλλει βέβαια και το οικονομικό τίμημα που αφορά την υπηρεσία.

Ρόλοι

Οι βασικοί ρόλοι απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα, στο οποίο μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι διεπαφές μεταξύ αυτών των ρόλων και οι αλληλουχίες οι οποίες δημιουργούνται είναι συγκεκριμένες. Για παράδειγμα, ο πάροχος του περιεχομένου διαθέτει το περιεχόμενο στον πάροχο των υπηρεσιών. Αυτός με τη σειρά του θα συνθέσει τις τηλεοπτικές υπηρεσίες με χρήση (και) αυτού του περιεχομένου. Στη συνέχεια ο πάροχος των τηλεοπτικών υπηρεσιών θα έλθει σε επαφή με τον πάροχο του δικτύου ο οποίος και επιτρέπει τη διασύνδεση με τον τελικό χρήστη.

- Το τηλεοπτικό κανάλι, το οποίο διαδραματίζει και τον πλέον βασικό ρόλο στην παραδοσιακή παροχή τηλεοπτικών υπηρεσιών, εδώ στην IPTV, συνήθως παίζει τον ρόλο του παρόχου της υπηρεσίας (service provider) και του παρόχου του περιεχομένου (content provider).



Τυπικοί ρόλοι σε σενάριο IPTV

Λειτουργικότητα

Ο **πάροχος του περιεχομένου (content provider)** είναι επί της ουσίας ο ιδιοκτήτης του περιεχομένου και διαθέτει αυτό το περιεχόμενο στον πάροχο της υπηρεσίας, με συγκεκριμένους κάθε φορά όρους. Η συνεργασία μεταξύ του παρόχου του περιεχομένου και του παρόχου των υπηρεσιών καθορίζει το τίμημα για την παραχώρηση του ψηφιακού περιεχομένου, τα πνευματικά δικαιώματα που εμπλέκονται και τους τρόπους χρήσης αυτού του περιεχομένου.

Ο **πάροχος της υπηρεσίας (service provider)** συνθέτει το ψηφιακό περιεχόμενο σε μία ενιαία τηλεοπτική υπηρεσία, και διαχειρίζεται τα πνευματικά δικαιώματα (Digital Right Management, DRM) καθώς και τη σχέση με τους πελάτες/χρήστες της υπηρεσίας (Customer Relationship Management, CRM). Η σχέση αυτή (CRM) περιλαμβάνει την εξασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου ποιότητας της υπηρεσίας που παρέχεται, τα θέματα της υποστήριξης αλλά και τη χρέωση των πελατών (billing). Από τεχνικής άποψη ο πάροχος της υπηρεσίας διαχειρίζεται τη διανομή του περιεχομένου στους χρήστες (ως ροές) και την παροχή της απαραίτητης λειτουργικότητας προς τους χρήστες συμπεριλαμβανομένης και της αλληλεπίδρασης.

- Εδώ έγκειται μια σημαντική διαφορά με τη μετάδοση του τηλεοπτικού σήματος: Η τηλεόραση (όπως αυτή παρέχεται μέσω του τηλεοπτικού διαύλου) είναι παθητική, ενώ το IPTV έχει δυνατότητα **αλληλεπίδρασης**. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων, π.χ. τους ενεργούς χρήστες, τηλεθεατές που δύναται να παρέχουν το δικό τους περιεχόμενο και τις δικές τους υπηρεσίες.

Λειτουργικότητα

Ο **πάροχος του δικτύου (network provider)** είναι υπεύθυνος για το δίκτυο πρόσβασης και το δίκτυο κορμού. Είναι επίσης υπεύθυνος για τη διασφάλιση της ποιότητας υπηρεσίας (QoS), όσον αφορά την μετάδοση του περιεχομένου από τον πάροχο της υπηρεσίας στον τελικό χρήστη/τηλεθεατή. Η διασφάλιση της ποιότητας της υπηρεσίας εμπλέκει σημαντικά δικτυακά χαρακτηριστικά όπως η καθυστέρηση (delay), η διακύμανση της καθυστέρησης (jitter), η απώλεια των πακέτων (BER, ByER, PER), και εν γένει τα σφάλματα που τυχόν παρουσιάζονται κατά την μετάδοση.

Ο **χρήστης (customer)** της υπηρεσίας είναι ο τηλεθεατής, ο οποίος έχει πρόσβαση στο τηλεοπτικό περιεχόμενο. Συνήθως έχει στην κατοχή του έναν επιτραπέζιο αποκωδικοποιητή (Set Top Box) ο οποίος λαμβάνει και αποκωδικοποιεί το περιεχόμενο.

Λειτουργικότητα

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται συνοπτικά οι λειτουργίες που αντιστοιχούν στους ρόλους που προαναφέρθηκαν σχετικά με την παροχή της υπηρεσίας.

Τελικός Χρήστης

- Τηλεοπτικός δέκτης
- Επιτραπέζιος αποκωδικοποιητής (STB)

Πάροχος Υπηρεσίας

- Διαχείριση ροών
- Διαχείριση δικαιωμάτων
- Αναγνώριση χρηστών
- Χρέωση

Πάροχος Δικτύου

- Διαχείριση δικτύου πρόσβασης
- Διαχείριση δικτύου κορμού
- Διαχείριση ποιότητας υπηρεσίας (QoS)
- Παρακολούθηση κι έλεγχος πόρων

Πάροχος Περιεχομένου

- Δημιουργία και παροχή περιεχομένου
- Διαχείριση πνευματικών δικαιωμάτων

Βασικές λειτουργίες ανά ρόλο

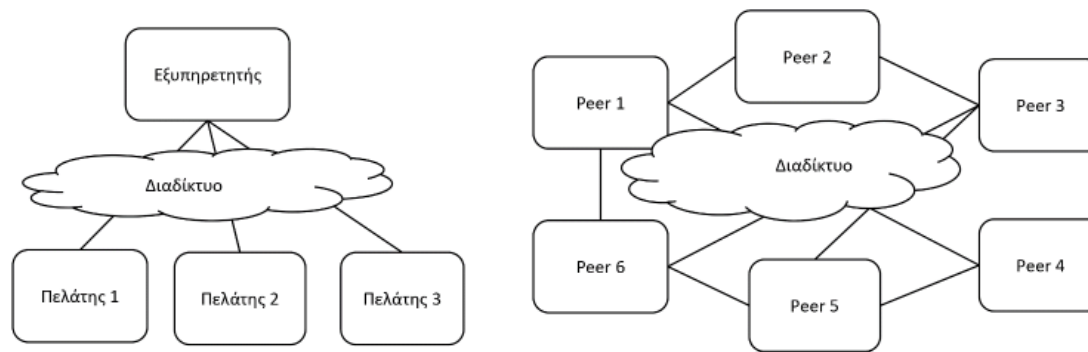
Τοπολογίες δικτύου και τρόποι εκπομπής

Βασικές αρχιτεκτονικές

Το πρωτόκολλο του διαδικτύου (IP) αποτελεί τη βάση για τις επικοινωνίες του διαδικτύου και υποστηρίζει κατά βάση δύο είδη συνδέσεων - αρχιτεκτονικών:

- Την **τοπολογία πελάτη – εξυπηρετητή (client- server)**, η οποία είναι και η πιο συνηθισμένη και στηρίζεται στη ζήτηση εκ μέρους ενός πελάτη (client) κάποιου περιεχομένου (είτε ως αυτόνομο αρχείο είτε ως ροή) από έναν εξυπηρετητή (server). Ο εξυπηρετητής είναι σε θέση να εξυπηρετήσει (να προσφέρει, δηλαδή, περιεχόμενο) σε πολλαπλούς πελάτες ταυτόχρονα (δημιουργώντας πολλαπλές, παράλληλες διμερείς συνδέσεις). Οι ρόλοι του πελάτη και του εξυπηρετητή είναι εν γένει σταθεροί και δεν εναλλάσσονται.
- Την **τοπολογία ομότιμων οντοτήτων (peer to peer)**, όπου το περιεχόμενο ανταλλάσσεται μεταξύ των συμμετεχουσών οντοτήτων οι οποίες μπορεί να εναλλάσσουν τους ρόλους του πελάτη και του εξυπηρετητή (να λειτουργούν δηλαδή σε μία σύνδεση ως πελάτες και σε μία άλλη ως εξυπηρετητές – λαμβάνοντας ή προσφέροντας περιεχόμενο αντίστοιχα).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται δύο απλά παραδείγματα που αποτυπώνουν αυτές τις τοπολογίες: αριστερά η τοπολογία πελάτη εξυπηρετητή (όπου ένας εξυπηρετητής εξυπηρετεί τρεις πελάτες) και στο δεξιό μια τοπολογία ομότιμων οντοτήτων (peer) αποτελούμενη από 6 ομότιμες οντότητες (peers) καθεμία εκ των οποίων μπορεί να παίζει τον ρόλο του πελάτη ή του εξυπηρετητή σε διαφορετικές συνδέσεις.



Τοπολογίες πελάτη εξυπηρετητή και ομότιμων οντοτήτων

Τρόποι εκπομπής

Το πρωτόκολλο IP είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο κατά βάση υποστηρίζει την **μονοεκπομπή** (σύνδεση ένας προς έναν, **unicast**), δηλαδή την αποστολή δεδομένων από τον εξυπηρετητή προς έναν πελάτη, με τα δεδομένα να απευθύνονται μόνο στον εκάστοτε παραλήπτη (π.χ. πλοήγηση στο διαδίκτυο). Στην περίπτωση όμως συνδέσεων οι οποίες εμπλέκουν ροές με μεγάλες ταχύτητες (π.χ. συνδέσεις πολυμέσων) ένα τέτοιο μοντέλο αποστολής και λήψης δεδομένων επιβαρύνει αρκετά τις απαιτήσεις σε χωρητικότητα (εύρος ζώνης των υποκείμενων υποδομών, BW). Επιπλέον, το γεγονός ότι πολλαπλοί δέκτες λαμβάνουν το ίδιο περιεχόμενο ταυτόχρονα καθιστά τη μονοεκπομπή (unicast) απαγορευτική. Σε αυτήν την περίπτωση το μοντέλο της μονοεκπομπής προκαλεί μεγάλη κατανάλωση των πόρων του δικτύου, αφού για κάθε ροή δημιουργείται ξεχωριστή σύνδεση και δεσμεύονται διαφορετικοί πόροι.

Για αυτόν τον λόγο είναι ανάγκη να στραφούμε σε άλλους τρόπους εκπομπής, όπως:

- **Ευρυεκπομπή (broadcast):** σύνδεση ενός προς όλους.
- **Πολυεκπομπή (multicast):** σύνδεση ενός προς πολλούς.

Στο **μοντέλο της ευρυεκπομπής** ο πομπός αποστέλλει προς όλες τις οντότητες που είναι συνδεδεμένες, κάτι το οποίο δεν είναι χρήσιμο για το IPTV αφού οι χρήστες είναι συγκεκριμένοι και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ελέγχεται το κατά πόσο επιτρέπεται η σύνδεσή τους.

Τρόποι εκπομπής

Η **πολυεκπομπή (multicast)** επιτρέπει την αποστολή δεδομένων σε ένα συγκεκριμένο σύνολο παραληπτών. Η αποστολή δεδομένων γίνεται μία φορά προς όλους τους πελάτες και δεν δημιουργείται διαφορετική σύνδεση για καθέναν ξεχωριστό.

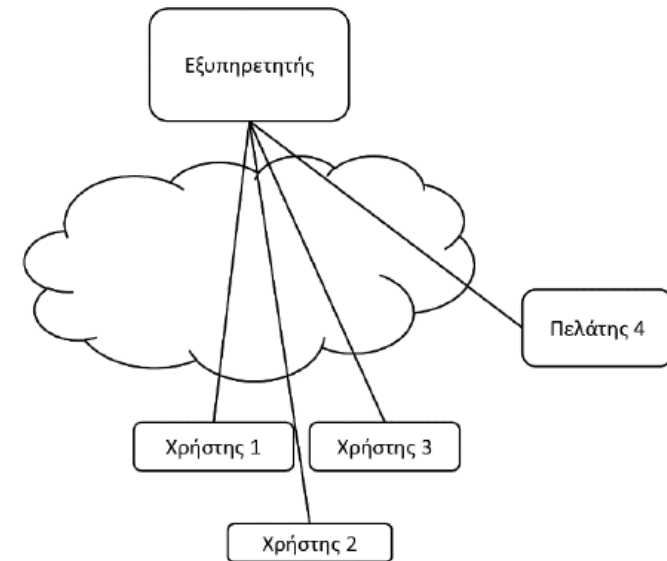
Χαρακτηριστικό της πολυεκπομπής είναι τα δένδρα πολυεκπομπής που σχηματίζονται και επιτρέπουν την ένωση διαδρομών προς όλους τους παραλήπτες. Οι διαδρομές δεν είναι απαραίτητα βέλτιστες, αλλά επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση κατανάλωσης των πόρων, καθώς και ελαχιστοποίηση μεταδόσεων πακέτων. **Το μοντέλο της πολυεκπομπής είναι αυτό που χρησιμοποιείται κατά κόρο στην περίπτωση του IPTV.**

- Η πολυεκπομπή επιφέρει εξοικονόμηση των πόρων του δικτύου, ωστόσο, δεν επιτρέπει μια σειρά λειτουργιών εκ μέρους του χρήστη, οι οποίες είναι δυνατές στην περίπτωση της μονοεκπομπής, όπως την παύση του περιεχομένου ή τη μετάβαση σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμεί ο χρήστης.

Τρόποι εκπομπής

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα ευρυζωνικό δίκτυο στο οποίο τέσσερις χρήστες αναπαράγουν το ίδιο περιεχόμενο.

- Σε καθέναν από αυτούς τους χρήστες δημιουργείται μια ξεχωριστή σύννοδος (session) μεταξύ της οικιακής συσκευής και του VOD server.
- Αυτές οι τέσσερις ξεχωριστές ροές δεδομένων (bitstreams) πηγάζουν από τον εξυπηρετητή και καθεμία συνδυάζεται με μια ροή (τρεις συνολικά) για τις εντολές που δίνει ο χρήστης αναφορικά με τη θέαση (π.χ. μετάβαση σε συγκεκριμένο σημείο, γρήγορα μπροστά/πίσω, παύση, κτλ.).

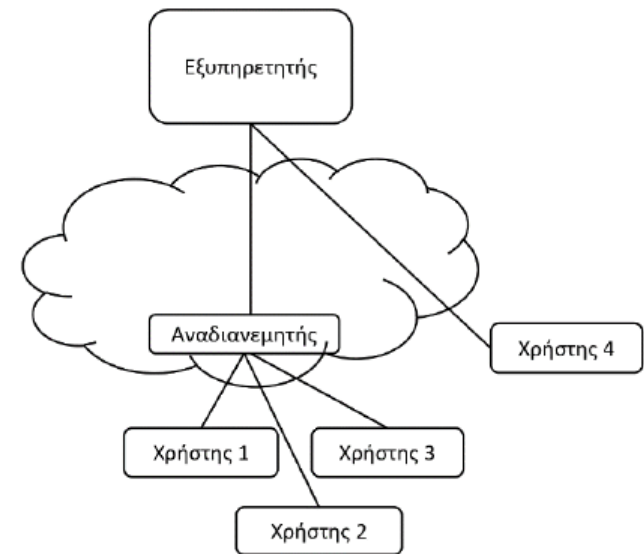


Σενάριο μονοεκπομπής (unicast)

Τρόποι εκπομπής

Το σενάριο της πολυεκπομπής (multicast, βλ. διπλανό σχήμα) καλύπτει την αποστολή του περιεχομένου σε πολλαπλούς χρήστες με περιορισμένες δυνατότητες όσον αφορά το κανάλι αλληλεπίδρασης με τον χρήστη (π.χ. περιορίζεται στην επιλογή καναλιών). Κάθε κανάλι έχει ένα δικό του IP multicast group, και με τη χρήση του πρωτοκόλλου διαχείρισης ομάδων στο διαδίκτυο (Internet Group Management Protocol, **IGMP**) οι χρήστες μπορούν να λάβουν τα πακέτα broadcast και να καθοδηγήσουν το broadcast stream στο δίκτυό τους. Το IGMP επιτρέπει σε μια συσκευή (host) να γίνει μέλος (join) ή να φύγει από μία ομάδα (multicastgroup).

- Η τεχνική της πολυεκπομπής (multicast) επιτρέπει σε έναν πάροχο της υπηρεσίας να προσθέτει τη δυνατότητα της ευρυεκπομπής (broadcast) σε ένα δίκτυο για την εξοικονόμηση μεγάλου ποσοστού από το εύρος ζώνης σε σχέση με τα σενάρια της μονοεκπομπής.

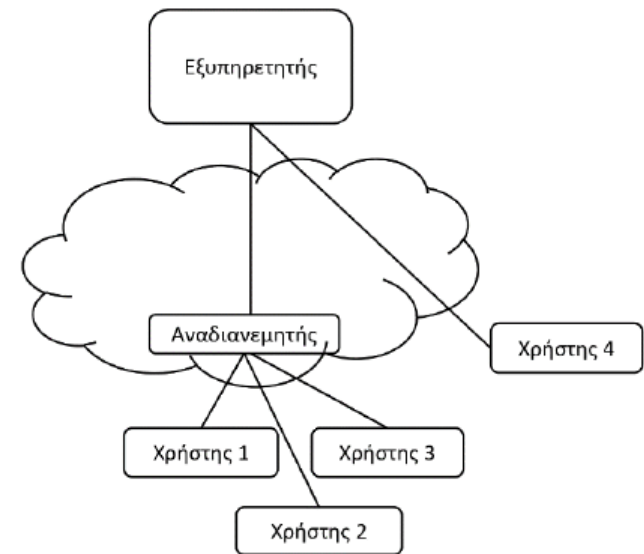


Σενάριο πολυεκπομπής (multicast)

Τρόποι εκπομπής

Η πολυεκπομπή (unicast) είναι ένα από τα εργαλεία που πρέπει να έχει στη διάθεσή του ο IPTV πάροχος δικτύου (network provider), αφού:

- Εξοικονομεί εύρος ζώνης του δικτύου.
- Μειώνει τη συμφόρηση του δικτύου (προκαλεί, δηλαδή, μικρότερο αριθμό σφαλμάτων στους δρομολογητές).
- Μειώνει το φορτίο στους εξυπηρετητές, αφού ένας μόνο εξυπηρετητής είναι απαραίτητος για την εξυπηρέτηση μεγάλο αριθμό χρηστών.

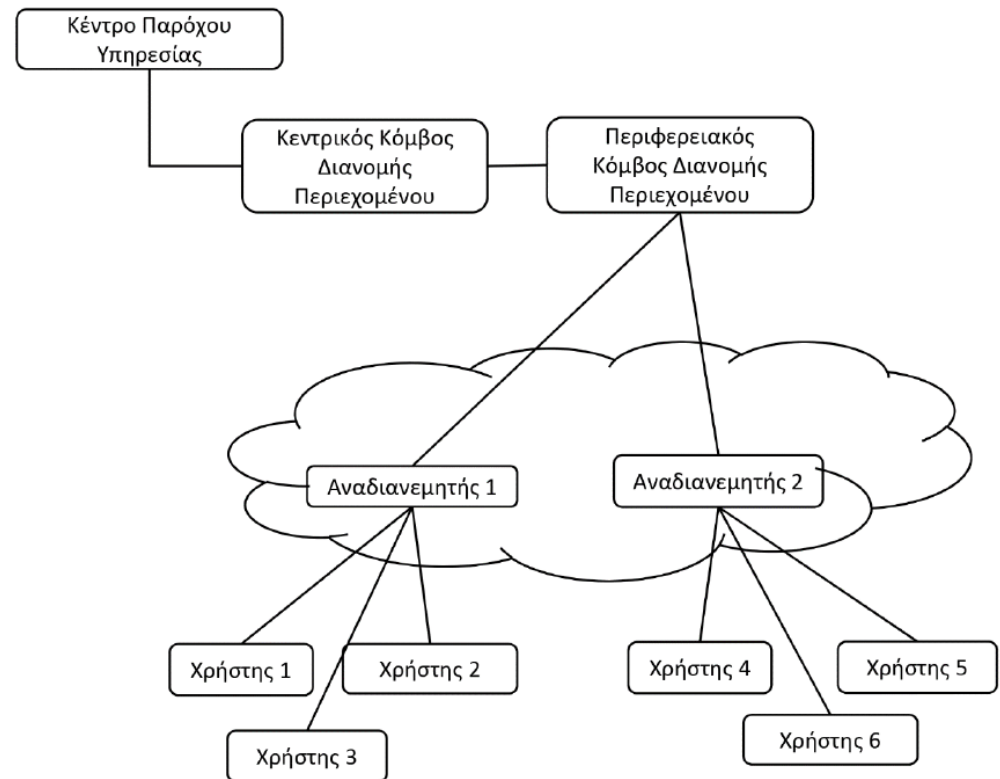


Σενάριο πολυεκπομπής (multicast)

Τρόποι εκπομπής

Μια πιο ρεαλιστική τοπολογία βασίζεται στην έννοια του δένδρου (είναι δηλαδή δενδροειδής) και απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα.

- Η τοπολογία αυτή αποτυπώνει ένα απλουστευμένο διάγραμμα του IPTV συστήματος και περιλαμβάνει τις βασικές βαθμίδες από τις οποίες διέρχεται το σήμα βίντεο και ήχου μέχρι τον τελικό χρήστη.



Μοντέλο/τοπολογία διανομής περιεχομένου στο IPTV

Διευθυνσιοδότηση

Όπως προαναφέρθηκε, το πρωτόκολλο στο οποίο βασίζεται η πολυεκπομπή (multicast) είναι το **Πρωτόκολλο Διαχείρισης Ομάδων στο Διαδίκτυο (Internet Group Management Protocol, IGMP)**. Το IP ορίζει διευθύνσεις πολυεκπομπής (multicast addresses), διευθύνσεις, δηλαδή, οι οποίες αντιπροσωπεύουν περισσότερες από μία συσκευές, και το πρωτόκολλο IGMP χρησιμοποιείται (μεταξύ άλλων) για τον ορισμό των συσκευών που συμμετέχουν στην ομάδα πολυεκπομπής (multicast group).

- Πιο συγκεκριμένα, κάθε συσκευή (οντότητα) που συμμετέχει σε συνδέσεις διαδικτύου (IP) έχει μία διεύθυνση IP, η οποία στο IPv4 αποτελείται από 4 Bytes ενώ στο IPv6 χρησιμοποιούνται 16 Bytes για τη διευθυνσιοδότηση των συσκευών. Για την περίπτωση του IPv4 οι διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται για την πολυεκπομπή (IP multicast) εκτείνονται στο εξής διάστημα:

224.0.0.0 έως και 239.255.255.255

(1)

Απαραίτητη προϋπόθεση για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το IGMP και να προκαλέσει εξοικονόμηση πόρων είναι να υποστηρίζεται από τους δρομολογητές στις ενδιάμεσες διαδρομές, αφού αυτοί είναι υπεύθυνοι να λαμβάνουν τις αιτήσεις των χρηστών και να συνδεθούν ή να αποσυνδεθούν με τις ομάδες unicast.

Αλλαγή ομάδας πολυεκπομπής

Μια βασική απαίτηση για την απρόσκοπτη παροχή υπηρεσίας τηλεόρασης είναι η ταχεία και επαναλαμβανόμενη (κυκλική από κανάλι σε κανάλι) αλλαγή καναλιού. Σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης αναμένει να δει το βίντεο του νέου καναλιού σε χρονικό διάστημα περίπου ενός δευτερολέπτου. Σε αντίθετη περίπτωση θεωρείται ότι έχουμε **υποβιβασμό της ποιότητας** σε σχέση με την τυπική περίπτωση της λήψης τηλεοπτικού σήματος από τα συμβατικά κανάλια.

- Η συγκεκριμένη λειτουργία δημιουργεί σοβαρές προκλήσεις δεδομένου ότι η λειτουργία της βασίζεται στο δίκτυο πρόσβασης και στη στοίβα πρωτοκόλλων του IP. Η **αλλαγή καναλιού** τεχνικά μεταφράζεται, όσον αφορά το IGMP, στην **αλλαγή της ομάδας** (group) στην οποία ανήκει ο χρήστης, από την οποία δηλαδή λαμβάνει περιεχόμενο.

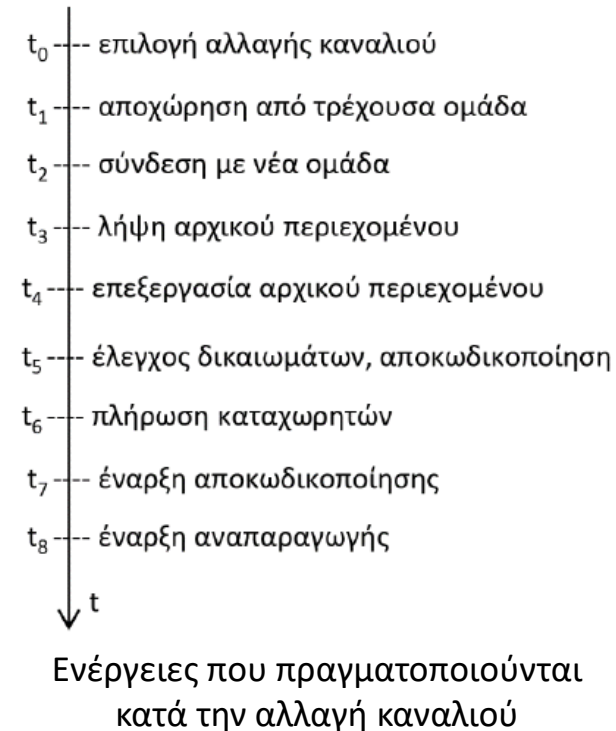
Αλλαγή ομάδας πολυεκπομπής

Όταν πραγματοποιείται μια αλλαγή καναλιού, το σύστημα του χρήστη πρέπει να αποστείλει αυτήν την πληροφορία μέσω του διαδικτύου ώστε να γίνει η αλλαγή στη δρομολόγηση των δεδομένων βίντεο και ήχου. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η τυπική ακολουθία ενεργειών η οποία αντιστοιχεί στη αλλαγή καναλιού σε ένα σενάριο όπου χρησιμοποιείται το IGMP.

t0. Είναι η χρονική στιγμή κατά την οποία ο χρήστης πατάει το σχετικό κουμπί στο τηλεχειριστήριο και ενεργοποιείται η αλλαγή καναλιού.

t1. Η συσκευή του χρήστη ενημερώνει το δίκτυο και τον εξυπηρετητή IPTV να σταματήσει να αποστέλλει την τρέχουσα ροή (βίντεο και ήχου), μέσω της αποστολής μηνύματος (IGMP) leave request. Εάν δεν γίνει αυτό το βήμα και απλώς ο χρήστης ζητήσει μια επιπλέον ροή, η τρέχουσα δεν θα σταματήσει, δηλαδή το σύστημα του χρήστη ζητά ολοένα και περισσότερες ροές, με αποτέλεσμα να αυξηθεί ο ρυθμός εισερχόμενων ροών και να μην μπορεί να γίνει διαχείριση αυτών.

- Το βήμα της ενημέρωσης απαιτεί περίπου 150 ms. Κάποιοι routers μπορούν να διαχειριστούν απευθείας αυτήν την εντολή, γεγονός το οποίο μειώνει πολύ το απαιτούμενο διάστημα.

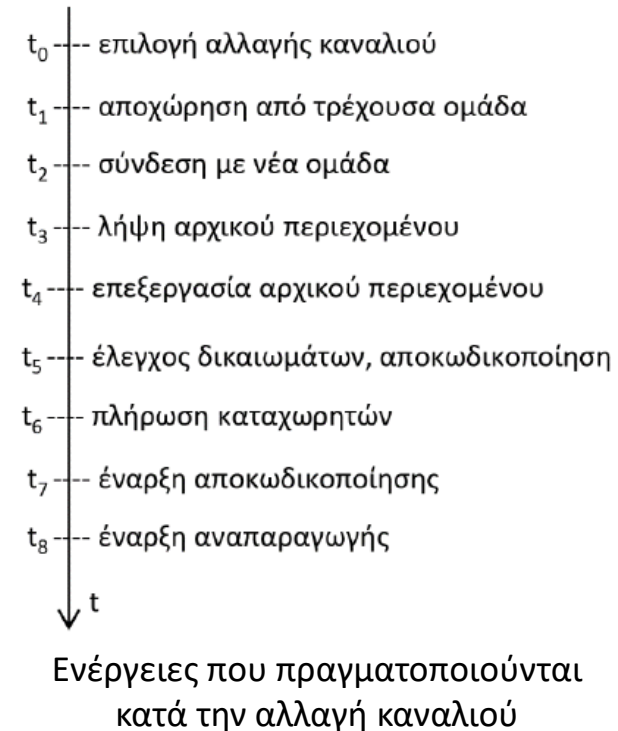


Αλλαγή ομάδας πολυεκπομπής

t2. Μόλις ο χρήστης σταματήσει τη λήψη της ροής πολυεκπομπής (multicast stream), τότε θα μπορεί να εισέλθει σε μια νέα σύνοδο πολυεκπομπής (ώστε να αρχίσει να λαμβάνει μια νέα ροή). Για να γίνει αυτό πρέπει να αποσταλεί ένα μήνυμα τύπου (IGMP) join request. Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την ενέργεια αυτή είναι σχετικά μικρό.

t3. Το χρονικό διάστημα μέχρι τη χρονική στιγμή t3 απαιτείται για να καταφθάσει και να εισέλθει το περιεχόμενο στο σύστημα του χρήστη. Μια τυπική τιμή του χρονικού αυτού διαστήματος είναι τα 50 ms.

t4. Ο χρήστης λαμβάνει δεδομένα μέσω του δικτύου. Η συσκευή του χρήστη επεξεργάζεται την εισερχόμενη πληροφορία και εξάγει τα απαραίτητα δεδομένα, όπως η πληροφορία που αφορά το κανάλι, οι περιγραφές του περιεχομένου. Αυτές οι πληροφορίες θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια κατά την αποκωδικοποίηση.

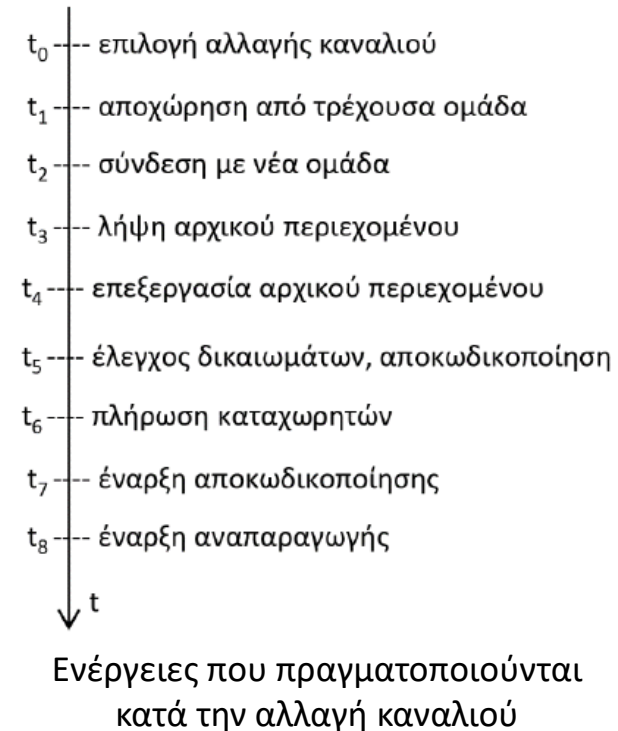


Αλλαγή ομάδας πολυεκπομπής

t5. Στην περίπτωση που το σύστημα υλοποιεί έναν μηχανισμό ελεγχόμενης πρόσβασης (Conditional Access, CA ή Digital Rights Management, DRM), ο χρήστης χρειάζεται να προσπελάσει τα απαραίτητα κλειδιά αποκωδικοποίησης είτε μέσω του ίδιου του καναλιού ή από μηχανισμό εκτός καναλιού. Με χρήση των κλειδιών αυτών, το περιεχόμενο που λαμβάνεται αποκρυπτογραφείται ώστε να μπορεί να γίνει η επεξεργασία αυτού.

- Το βήμα αυτό απαιτείται μόνο αν το νέο περιεχόμενο προστατεύεται με μηχανισμό διαφορετικό από τον μηχανισμό που αντιστοιχούσε στο περιεχόμενο του προηγούμενου καναλιού.

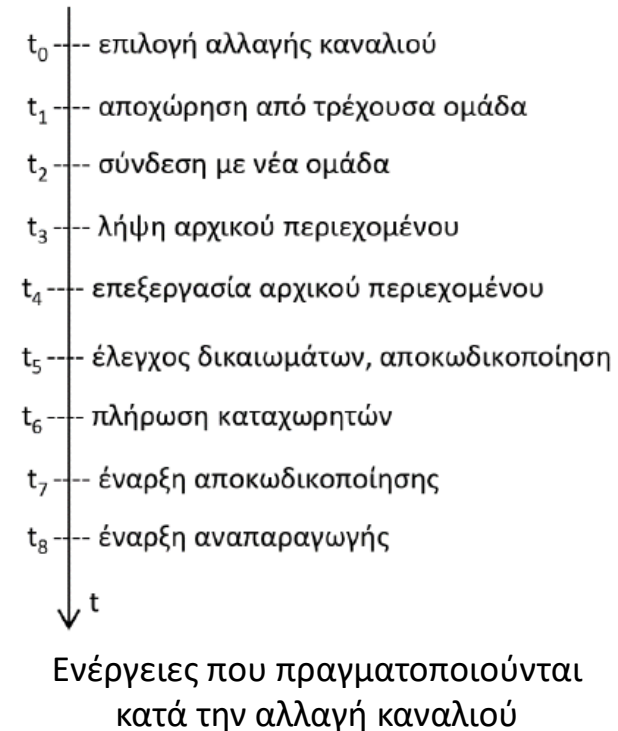
t6. Στο βήμα αυτό πραγματοποιείται η εισαγωγή περιεχομένου στη μνήμη του δέκτη για την αντιμετώπιση της μεταβλητότητας στην καθυστέρηση (jitter). Επειδή τα δεδομένα αυτά μεταδίδονται από ένα δίκτυο IP, καταφθάνουν στη συσκευή του χρήστη κατά ριπάς. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου χρησιμοποιείται ο καταχωρητής, το μέγεθος του οποίου εξαρτάται από το εκάστοτε σύστημα (δεν είναι σταθερό), π.χ. καταχωρητής ο οποίος αντιστοιχεί σε διάρκεια βίντεο 300 ms.



Αλλαγή ομάδας πολυεκπομπής

t7. Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν το χρονικό διάστημα μέχρι την έναρξη της αποκωδικοποίησης είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την προσπέλαση ενός πλαισίου τύπου I (MPEG Intra frame, I-frame). Ως γνωστόν το I-frame είναι αυτό που περιέχει το σύνολο της πληροφορίας που απαιτείται για την αποκωδικοποίησή του, χωρίς δηλαδή να εξαρτάται από προηγούμενα ή επόμενα πλαίσια. Η απόσταση (το πλήθος των πλαισίων που μεσολαβούν μέχρι την προσπέλαση ενός I πλαισίου) εξαρτάται από την ίδια κωδικοποίηση (βλ. GoP size). Ένα τυπικό χρονικό διάστημα για την προσέλευση αυτού του είδους του πλαισίου είναι τα 500 ms, οπότε, ανάλογα με τη χρονική στιγμή που ξεκινάει η αποθήκευση δεδομένων στον καταχωρητή, το χρονικό διάστημα αναμονής μπορεί να είναι από 0 έως 500 ms, με μέσο όρο το ήμισυ δηλαδή περί τα 250 ms (το οποίο είναι εν γένει ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα).

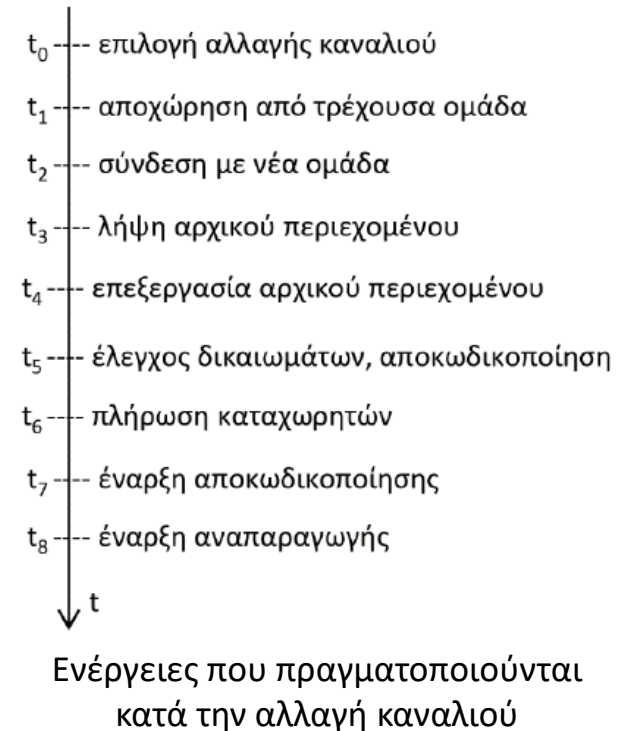
Παρόλο, λοιπόν, που τα **I-frames** μπορεί να περιέχουν ακόμη και πέντε φορές τον όγκο της πληροφορίας σε σχέση με τα υπόλοιπα frames η **πυκνότητά τους μπορεί να μειώσει δραστικά το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αλλαγή καναλιού.**



Αλλαγή ομάδας πολυεκπομπής

t8. Το μεγάλο ποσοστό αυτού του χρονικού διαστήματος αφιερώνεται στη διαχείριση της εικόνας με βάση τους κανόνες της διαπλεγμένης σάρωσης και της κατακόρυφης αμαύρωσης.

Συνολικά το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αλλαγή του καναλιού υπό κανονικές συνθήκες και σύμφωνα με την όλα τα παραπάνω είναι περί το 1 second. Βέβαια, το χρονικό αυτό διάστημα εξαρτάται από διάφορες παράγοντες αλλά η τιμή αυτή είναι η τυπική που αναμένεται από το IP Set Top Box (STB).



Στοιίβα πρωτοκόλλων και ενθυλάκωση δεδομένων

Στοίβα πρωτοκόλλων

Η μετάδοση του ψηφιακού βίντεο και ήχου σε δίκτυα IP δημιουργεί νέες προκλήσεις αφού αυτού του είδους τα δίκτυα δεν παρέχουν ποιότητα υπηρεσίας σε πραγματικό χρόνο (real-time quality of service, QoS). Η απώλεια πακέτων και η μεταβαλλόμενη καθυστέρηση δημιουργούν απώλεια στην ποιότητα του περιεχομένου. Στην πολυεκπομπή, αντίθετα με την μονοεκπομπή όπου υπάρχει η σχετική δυνατότητα, δεν υποστηρίζεται μηχανισμός για την εύρεση και αντιμετώπιση σφαλμάτων δικτύου, όπως, για παράδειγμα, τα χαμένα πακέτα ή η εναλλαγή στη σειρά των πακέτων.

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με τη μετάδοση σε δίκτυα IP έχουν σχεδιαστεί πρωτόκολλα τα οποία υποστηρίζουν τις πλέον βασικές απαιτήσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνουν:

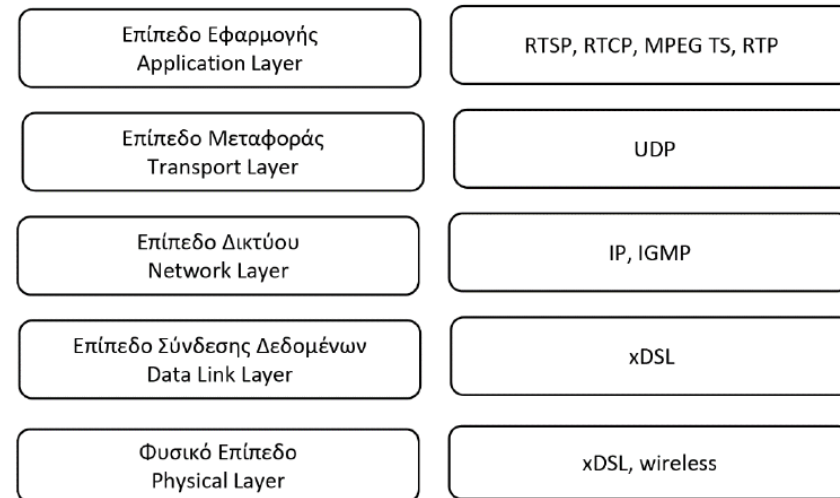
- διαχείριση ποιότητας υπηρεσίας
- διαχείριση ρολογιού
- διαχείριση συνόδων

Στις διαφάνειες που ακολουθούν σε αυτό το τμήμα της Ενότητας 8, θα εξετάσουμε τη στοίβα πρωτοκόλλων και τους μηχανισμούς διαχείρισης των δεδομένων. Η στοίβα πρωτοκόλλων περιλαμβάνει το Internet Protocol (IP) ως πρωτόκολλο διαδικτύου και το User Datagram Protocol (UDP) ως το πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς (transport layer).

Στοίβα πρωτοκόλλων

Η χρήση του πρωτοκόλλου IP είναι μη αξιόπιστη, όσον αφορά τη διαχείριση των τυχόν σφαλμάτων και έχει μη προβλέψιμη, μεταβλητή καθυστέρηση. Από την άλλη, τα δεδομένα πρέπει να φτάνουν με την ίδια σειρά που εστάλησαν και με κάποια προβλέψιμη καθυστέρηση. Το πρωτόκολλο μετάδοσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (**Real Time Protocol, RTP**), το οποίο περιγράφεται στο RFC 3550, έχει σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση τέτοιων θεμάτων και παρέχει υποστήριξη για την μετάδοση σε πραγματικό χρόνο από τον πομπό στον δέκτη.

Το RTP παρέχει την πληροφορία που αφορά το χρονικό σημείο που βρίσκεται (**timestamp**) και έναν αύξοντα αριθμό (**sequence number**) για την αντιμετώπιση των προβλημάτων χρονισμού.

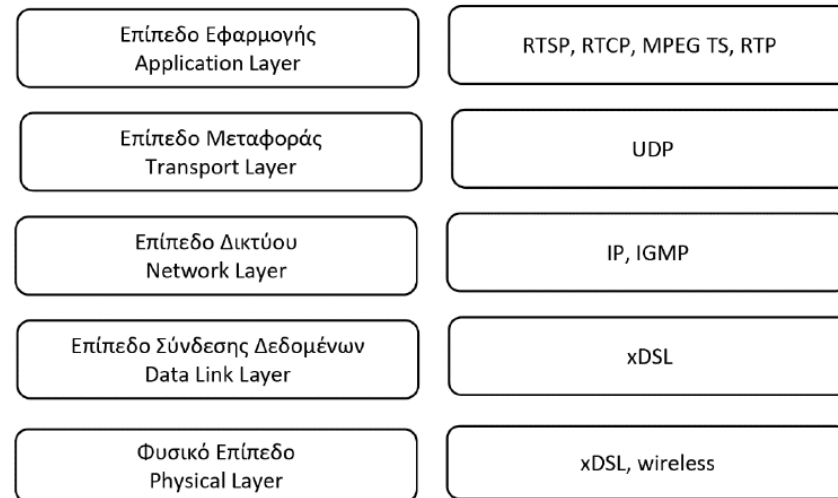


Βασικά πρωτόκολλα για ένα σενάριο IPTV

Στοίβα πρωτοκόλλων

Το πρωτόκολλο ελέγχου **Real-Time Control Protocol (RTCP)** είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου το οποίο έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί με το RTP. Είναι ένας μηχανισμός για την αναφορά σε θέματα QoS και βασίζεται σε περιοδική αποστολή πακέτων ελέγχου από όλους τους συμμετέχοντες αναφορικά με την ποιότητα της συνόδου και τη συμμετοχής τους σε αυτή.

Η βασική λειτουργία του RTCP είναι η παροχή ανάδρασης για τον έλεγχο της ποιότητας της υπηρεσίας (**QoS**) του RTP. Με την πληροφορία αυτή ο πομπός μπορεί να επιχειρήσει να βελτιώσει την ποιότητα υπηρεσίας με διορθωτικές ενέργειες (όπως π.χ. αλλαγή του ρυθμού μετάδοσης).

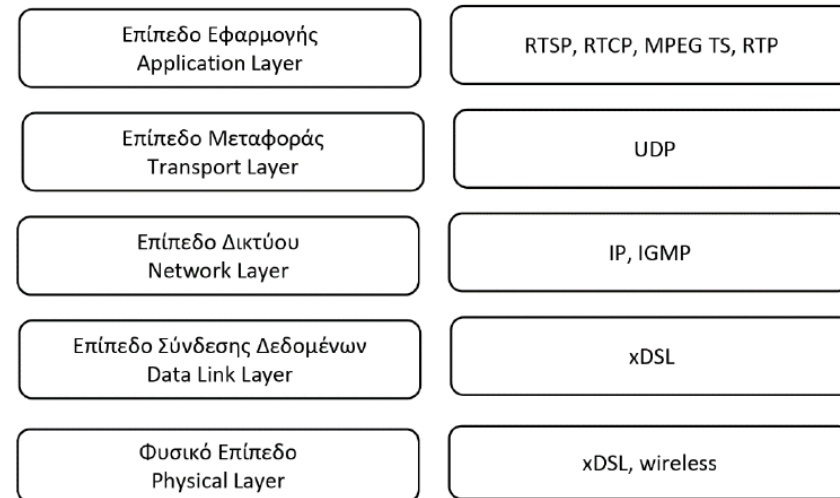


Βασικά πρωτόκολλα για ένα σενάριο IPTV

Στοιίβα πρωτοκόλλων

Το πρωτόκολλο **Real-Time Streaming Protocol (RTSP)**, το οποίο περιγράφεται στο RFC 2326, είναι ένα πρωτόκολλο σε επίπεδο εφαρμογής το οποίο συνεργάζεται με πρωτόκολλα χαμηλότερου (λειτουργικού) επιπέδου που ασχολούνται με τη ροή των δεδομένων όπως το RTP.

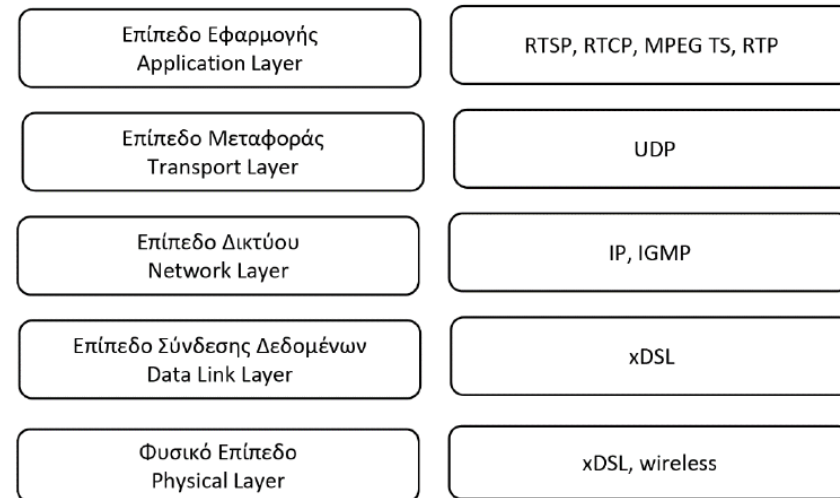
Ο βασικός του ρόλος είναι ο έλεγχος επί των ροών με εντολές αντίστοιχες του **VCR**, επιτρέποντας δηλαδή ενέργειες όπως η παύση (pause / play). Αν και αυτές οι λειτουργίες αντιστοιχούν περισσότερο σε υπηρεσίες τύπου Video on Demand (VoD) χρησιμοποιούνται και στο IPTV.



Βασικά πρωτόκολλα για ένα σενάριο IPTV

Στοιίβα πρωτοκόλλων

Παράλληλα με τους βασικούς μηχανισμούς που έχει ορίσει η IETF, το DVB Project έχει ορίσει τα πρωτόκολλα που σχετίζονται με την ανακάλυψη συσκευών (device discovery) και με την παροχή τηλεοπτικών υπηρεσιών μέσω IP. Οι προδιαγραφές του DVB δημοσιεύονται από το ETSI (ETSI TS 102 033), και περιγράφουν το αρχιτεκτονικό πλαίσιο για την παροχή υπηρεσιών DVB πάνω από δίκτυα IP (περιλαμβάνοντας τις περιγραφές υπηρεσιών IPTV). Το ETSI 102 034 περιγράφει την μεταφορά DVB υπηρεσιών που βασίζονται στο MPEG-2 πάνω από IP.



Βασικά πρωτόκολλα για ένα σενάριο IPTV

Στοίβα πρωτοκόλλων

Μερικές από τις βασικές οδηγίες του προτύπου ETSI TS 102 034 περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Οι πληροφορίες για την ανακάλυψη των υπηρεσιών και την επιλογή αυτών κωδικοποιούνται με χρήση του πρωτοκόλλου **Service Discovery and Selection (SD&S)** το οποίο (στο πλαίσιο των υπηρεσιών πολυεκπομπής) μεταφέρεται σε πακέτα IP.
- Το RTSP χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μετάδοσης πολυεκπομπής.
- Οι ροές ήχου και βίντεο αλλά και η πληροφορία που αφορά τις υπηρεσίες πολυπλέκονται σε μια ροή μεταφοράς του MPEG-2 (Transport Stream). Τα πακέτα που δημιουργούνται σύμφωνα με το MPEG-2 ενσωματώνονται στο **Realtime Transport Protocol (RTP)** με σήμανση για υπηρεσίες με κλιμακούμενο επίπεδο ποιότητας (**Differentiated Service Code Point, DSCP**) για διαχείριση της ποιότητας της υπηρεσίας.
- Το πρωτόκολλο **RTCP** χρησιμοποιείται για τη μετάδοση στατιστικών και το πρωτόκολλο **IGMP** για τη συμμετοχή σε ροές πολυεκπομπής.
- Το πρωτόκολλο **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)** χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση του οικιακού δικτύου.

Το πρωτόκολλο ETSI TISPAN 102 005 προδιαγράφει την κωδικοποίηση βίντεο και ήχου στις υπηρεσίες DVB όπως αυτές διανέμονται πάνω από τα πρωτόκολλα του Internet χωρίς τη χρήση ενός MPEG2 Transport Stream.

Ενθυλάκωση δεδομένων

Η φυσική εξέλιξη του IPTV ήταν να βασιστεί στην πιο ώριμη τεχνολογία του MPEG-2/4 σε συνδυασμό με τους μηχανισμούς δημιουργίας των συρμών μεταφοράς του MPEG-2/4 (Transport Stream). Η λογική πίσω από αυτήν την προσέγγιση είναι η **ενθυλάκωση των πακέτων του IPTV στο πρωτόκολλο RTP και στη συνέχεια στο IP**.

Στις επόμενες διαφάνειες εξετάζουμε τις δύο εναλλακτικές περιπτώσεις ενθυλάκωσης:

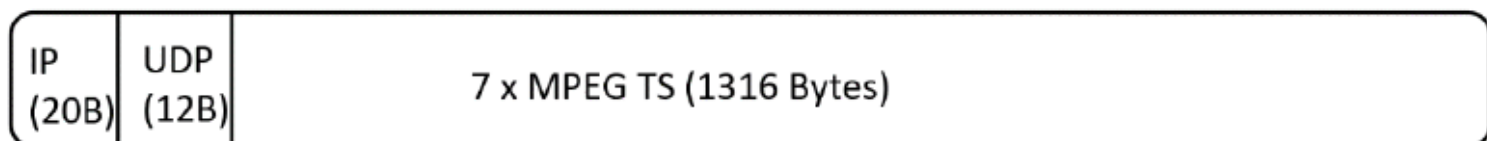
- **Ενθυλάκωση** πακέτων MPEG-2 Transport Stream σε πακέτα πρωτοκόλλων RTP/UDP/IP.
- **Απευθείας μετάδοση** σε RTP/UDP/IP (χωρίς, δηλαδή, χρήση του πακέτων MPEG-2 Transport Stream).

Χρήση πακέτων TS

Ο απλούστερος τρόπος να μεταφερθούν αυτά τα πακέτα είναι η εισαγωγή του κατάλληλου πλήθους πακέτων στο κυρίως σώμα του πακέτου IP (**IP payload**). Για την περίπτωση του Ethernet το μέγιστο μέγεθος της πληροφορίας που μεταδίδεται ανά πακέτο (Maximum Transmission Unit, MTU) είναι 1.500 Bytes.

- Αυτό σημαίνει ότι εάν αξιοποιηθεί το μέγιστο αυτό μήκος, **7 πακέτα μεταφοράς MPEG-2 TS χωράνε στο πακέτο το οποίο δημιουργείται στο Ethernet.**

Η παρακάτω εικόνα δείχνει αυτήν την ενθυλάκωση των πακέτων TS packets σε πακέτα **UDP** και **IP**. Η μετάδοση των πακέτων MPEG-2 TS πάνω από το UDP είναι μεν η απλούστερη μέθοδος, ωστόσο αυτή δεν περιλαμβάνει κάποιον μηχανισμό για την παρακολούθηση της ποιότητας υπηρεσίας. Χρησιμοποιείται κατά κόρον σε ιδιωτικά δίκτυα, αλλά για τη μετάδοση ροών στο διαδίκτυο (χωρίς κάποιες προϋποθέσεις αναφορικά με τη διαχείριση της ποιότητας) χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα RTP.

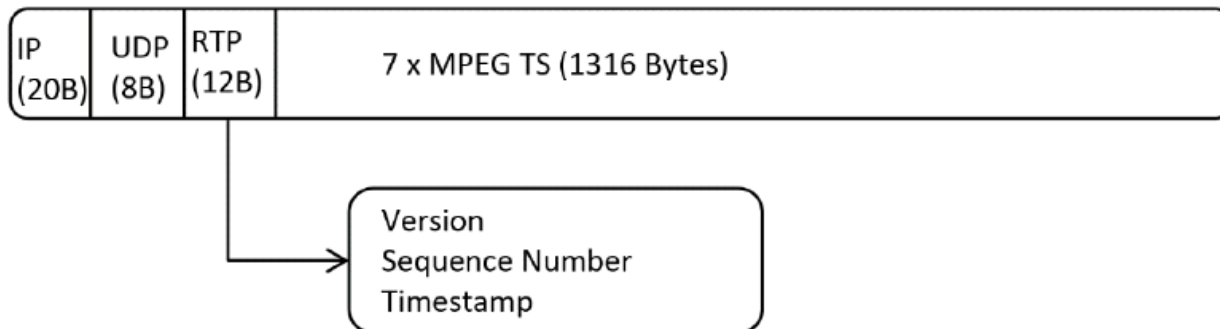


Ενθυλάκωση δεδομένων σε πακέτα IP και UDP

Χρήση πακέτων TS

Μια πρώτη προσέγγιση για τη μετάδοση δεδομένων με χρήση του RTP είναι η τοποθέτηση πολλαπλών MPEG-2 TS σε ένα πακέτο IP, όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη διαφάνεια, με τη διαφοροποίηση ότι τα πακέτα MPEG-2 TS **ενθυλακώνονται αρχικά σε ένα πακέτο RTP**. Η παρακάτω εικόνα δείχνει πώς γίνεται η ενθυλάκωση επτά πακέτων MPEG-2 TS στο κυρίως σώμα του πακέτου RTP λαμβάνοντας υπόψη την επικεφαλίδα του RTP και τις επικεφαλίδες των UDP/IP.

Το πακέτο RTP έχει ενθυλακωθεί (encapsulated) σε πακέτο UDP και στη συνέχεια σε πακέτο IP. Το πακέτο RTP έχει επικεφαλίδα 12 bytes που ακολουθείται από τα κυρίως δεδομένα (π.χ. μια συμπιεσμένη ροή). Το διάγραμμα δείχνει πακέτα μεταφοράς των 188 bytes που αποτελούν τα κυρίως δεδομένα του RTP.



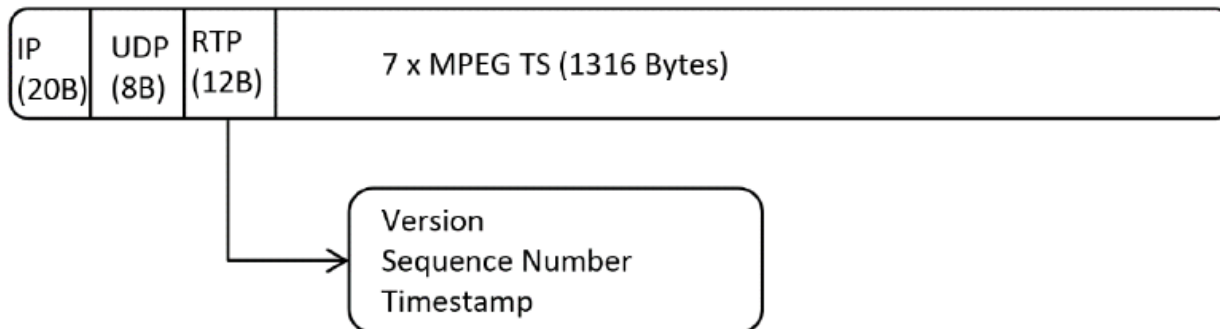
Ενθυλάκωση δεδομένων σε πακέτα RTP/UDP/IP

Χρήση πακέτων TS

Εντός της επικεφαλίδας του RTP υπάρχει πληροφορία αναφορικά με τη **χρονοσφραγίδα (timestamp)** των δεδομένων στο κυρίως σώμα. Αυτή η πληροφορία χρονισμού εισάγεται από την πηγή με την έναρξη της αποστολής των δεδομένων και ενημερώνεται με την πάροδο του χρόνου. Ο δέκτης χρησιμοποιεί τη χρονοσφραγίδα ως μηχανισμό για να εντοπίσει πότε πρέπει να γίνει η επεξεργασία των δεδομένων.

Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται επίσης ο μηχανισμός για τον συγχρονισμό μεταξύ των υπηρεσιών, που χειρίζονται για παράδειγμα τον ήχο και το βίντεο.

- Ο συγχρονισμός αυτού του επιπέδου δεν έχει ως στόχο την επίτευξη πολύ μεγάλης ακρίβειας (όπως π.χ. για τις ανάγκες του lip-sync).
- Ο αύξων αριθμός είναι χρήσιμος στον δέκτη αναφορικά με την τοποθέτηση των πακέτων στην αρχική του σειρά. Υπενθυμίζεται ότι το UDP δεν παρέχει κάποιον αξιόπιστο μηχανισμό μετάδοσης και η σειρά άφιξης των πακέτων ενδεχομένως δεν είναι ίδια με αυτή της αποστολής.



Ενθυλάκωση δεδομένων σε πακέτα RTP/UDP/IP

Απευθείας μετάδοση με RTP

Μια δεύτερη προσέγγιση για τη μετάδοση δεδομένων με χρήση του RTP είναι η απευθείας μετάδοση των κωδικοποιημένων δεδομένων (όπως, δηλαδή, αυτά προκύπτουν από τον κωδικοποιητή) πάνω από RTP. Το RFC 3984 ορίζει τη μορφή του κυρίως σώματος του RTP (payload) για βίντεο κωδικοποιημένο κατά το **H.264 (Advanced Video Coding, AVC)**.

Οι προδιαγραφές του AVC ορίζουν δύο επίπεδα το οποία ονομάζονται:

- **Επίπεδο Κωδικοποίησης Βίντεο (Video Coding Layer, VCL).** Το επίπεδο κωδικοποίησης βίντεο (VCL) περιέχει τη λειτουργικότητα που αφορά την επεξεργασία του σήματος βίντεο κατά την κωδικοποίηση. Η έξοδος του VCL αποτελείται από τα κωδικοποιημένα δεδομένα του βίντεο (τα macroblocks).
- **Επίπεδο Αφαιρετικής διεπαφής Δικτύου (Network Abstraction Layer, NAL).** Ο κωδικοποιητής NAL είναι αυτός που ενθυλακώνει την έξοδο του κωδικοποιητή VCL στα ελάχιστα τμήματα τα οποία μπορούν να αποκωδικοποιηθούν ανεξάρτητα (χωρίς, δηλαδή, γνώση των υπολοίπων μονάδων) και τα οποία ονομάζονται μονάδες NAL (NAL units). Τα NAL units είναι κατάλληλα για μετάδοση σε δίκτυα πάνω από RTP. Ένα NAL unit αποτελείται από επικεφαλίδα 1 Byte και το κυρίως μέρος.

Αρχιτεκτονική - STB

Βασική δομή ενός STB

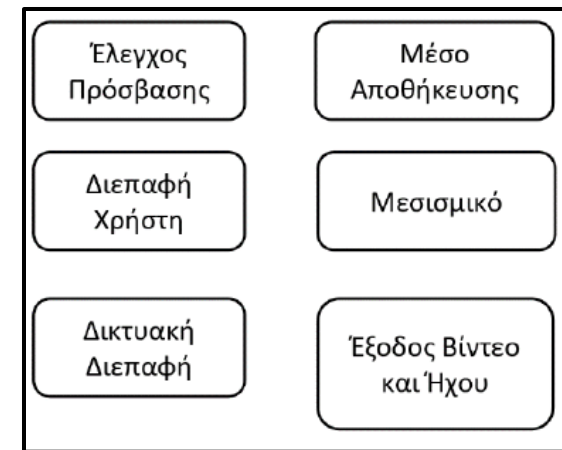
Ο αποκωδικοποιητής ή αλλιώς Set Top Box (STB), αποτελεί τη συσκευή με την οποία έρχεται σε επαφή ο χρήστης. Βρίσκεται σε σύζευξη με τον τηλεοπτικό δέκτη και παρέχει μια σειρά από λειτουργίες με πιο σημαντική αυτή της **λήψης και της αποκωδικοποίησης του σήματος**, και τη μετατροπή του σε σήμα βίντεο και ήχου που μπορεί να αναπαραχθεί στην οθόνη και τα ηχεία της τερματικής συσκευής.

- Επιπλέον το STB παρέχει τη **γραφική διεπαφή** στους χρήστες / τηλεθεατές για να κάνουν τις επιλογές των καναλιών και του τρόπου θέασης.

Βασική δομή ενός STB

Στην διπλανή εικόνα φαίνεται η βασική δομή ενός STB, στην οποία περιλαμβάνονται οι εξής βασικές βαθμίδες:

- **Δικτυακή διεπαφή (network interface)** για τη λήψη του σήματος IPTV και την μετάδοση των εντολών του χρήστη.
- **Εξόδους βίντεο και ήχου (video/audio outputs)** οι οποίες συνδέονται με τη συσκευή αναπαραγωγής σήματος (δηλαδή τον τηλεοπτικό δέκτη).
- **Διεπαφή με τον χρήστη (user interface)**, είτε με χρήση κουμπιών πάνω στη συσκευή είτε με χρήση τηλεχειριστηρίου.
- **Βαθμίδα ελεγχόμενης πρόσβασης (Conditional Access & Digital Rights Management, CA/ DRM)** για ελεγχόμενη πρόσβαση η οποία περιλαμβάνει υλικό και λογισμικό για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων.
- **Μέσο αποθήκευσης** ώστε να παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης τηλεοπτικού περιεχομένου.



Βασικές δομικές μονάδες στο STB

Δικτυακή διεπαφή

Η δικτυακή διεπαφή (**network interface**) είναι συνήθως μια διεπαφή τύπου Ethernet που επιτρέπει τη ροή της κίνησης (IP) από και προς το STB. Τα δεδομένα που μεταδίδονται περιλαμβάνουν την κωδικοποιημένη πληροφορία βίντεο και ήχου, τις εντολές του χρήστη, τις πληροφορίες που αφορούν την κατάσταση της συσκευής. Οι ροές αυτές είναι ασύμμετρες με μεγάλο εισερχόμενο ρυθμό και μικρότερο εξερχόμενο ρυθμό.

- Η διεπαφή του STB συνήθως δεν συνδέεται απευθείας με την οικιακή συσκευή λήψης του σήματος του δικτύου π.χ. στην πλέον συνηθισμένη περίπτωση το Digital Subscriber Line (DSL) modem αλλά με μια οικιακή πύλη (Residential Gateway) η οποία λαμβάνει τα δεδομένα μέσω του δικτύου DSL και τα μετατρέπει σε μορφή Ethernet. Με αυτόν τον τρόπο το STB χρειάζεται να υποστηρίζει μόνο το κοινό πρωτόκολλο του Ethernet και όχι διαφορετικές εκδόσεις του ADSL.

Έξοδοι βίντεο και ήχου

Οι **έξοδοι βίντεο και ήχου (video/audio outputs)** ενός STB περιλαμβάνουν επιλογές οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του σήματος που μεταδίδεται.

- **Αναλογικά καλώδια RCA (Radio Corporation of America):** Οι τυπικές διεπαφές RCA έχουν τρία χρώματα: κίτρινο για το βίντεο, κόκκινο για το δεξί κανάλι του στερεοφωνικού ήχου και άσπρο για το αριστερό κανάλι του ήχου.
- **Διεπαφή S-video,** όπου η φωτεινότητα και τα χρώματα μεταδίδονται με χρήση διαφορετικών καλωδίων. Μια εναλλακτική είναι η χρήση καλωδίου **SCART** (Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs – Radio and Television Receiver Manufacturers' Association).
- **Διεπαφή Digital Visual Interface (DVI)** η οποία μεταδίδει ψηφιακό ή αναλογικό σήμα βίντεο καθώς και το σήμα ήχου. Σε μεγάλο βαθμό η συγκεκριμένη διεπαφή έχει αντικατασταθεί από τη διεπαφή HDMI, η οποία είναι πιο οικονομική όσον αφορά την κατασκευή.
- **Διεπαφή πολυμέσων υψηλής ακρίβειας (High Definition Multimedia Interface, HDMI)** η οποία χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ψηφιακού βίντεο και ήχου. Βασίζεται στις προδιαγραφές του DVI με την προσθήκη ψηφιακού ήχου στο ίδιο καλώδιο και διατηρεί τη συμβατότητα με τις προδιαγραφές του DVI-Digital, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η εναλλαγή των καλωδίων.
- **Η διεπαφή Προστασίας Ψηφιακού Περιεχομένου Υψηλού Εύρους Ζώνης (High Bandwidth Digital Content Protection, HDCP)** χρησιμοποιείται στις διεπαφές DVI και HDMI για να αποτραπεί μη εξουσιοδοτημένη αντιγραφή ψηφιακού σήματος βίντεο με την κρυπτογράφηση των δεδομένων.

Διεπαφή χρήστη

Η **διεπαφή του χρήστη (user interface)** με το STB καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εμπειρία του κατά τη χρήση της υπηρεσίας IPTV. Η διεπαφή αυτή αποτελείται συνήθως από τρία τμήματα.

- Το πρώτο τμήμα αφορά στις ενδείξεις σχετικά με την κατάσταση της συσκευής.
- Το δεύτερο τμήμα αφορά στον τηλεχειρισμό της συσκευής, συνήθως με χρήση υπέρυθρων.
- Το τρίτο τμήμα αφορά το λογισμικό το οποίο είναι εγκατεστημένο στη συσκευή και υποστηρίζει την αλληλεπίδραση με τον χρήστη.

Το **δεύτερο και το τρίτο τμήμα** είναι που υποστηρίζουν την εμπειρία του χρήστη και παρέχουν πρόσβαση στις βασικές λειτουργίες οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Έλεγχο της συσκευής, ενεργοποίηση, ρύθμιση έντασης ήχου, επιλογή εισόδου σήματος.
- Επιλογή και αλλαγή καναλιού.
- Περιήγηση και χρήση ηλεκτρονικού οδηγού προγράμματος (Electronic Program Guide, EPG).
- Έλεγχο πρόσβασης, χρήση γονικού ελέγχου και εισαγωγή κωδικών.
- Βασική Αλληλεπίδραση κατά τη θέαση, όπως παύση, εντολή για γρήγορα μπροστά και μετακίνηση προς τα πίσω.
- Προχωρημένη αλληλεπίδραση, όπως χρήση υπηρεσιών από την οθόνη, ψηφοφορίες, αγορές.

Έλεγχος πρόσβασης

Η **ελεγχόμενη πρόσβαση και η διαχείριση των πνευματικών δικαιωμάτων (Conditional Access & Digital Rights Management, CA/ DRM)** παίζουν σημαντικό ρόλο και στις υπηρεσίες του IPTV και γίνεται με τη χρήση του STB.

Η πρώτη προϋπόθεση είναι η δυνατότητα του συστήματος να αναγνωρίζει μονοσήμαντα τον χρήστη. Εν γένει η αναγνώριση ενός χρήστη μπορεί να γίνει με χρήση ορισμένων πληροφοριών – κωδικών. Στην περίπτωση του IPTV το STB παίζει έναν αντίστοιχο ρόλο, αφού πρέπει να είναι σε θέση να προστατεύσει τη χρήση του περιεχομένου που παρέχεται ή και αποθηκεύεται στη συσκευή. Μια από τις πιο χαρακτηριστικές τεχνολογίες είναι η έξυπνη κάρτα (Smart Card). Αυτές οι κάρτες ενσωματώνουν έναν μικροεπεξεργαστή και μνήμη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορες εφαρμογές. Η χρήση του προϋποθέτει την ύπαρξη καρταναγνώστη, ο οποίος είναι συνήθως ενσωματωμένος στο STB.

- Λύσεις οι οποίες βασίζονται στο λογισμικό έχουν ξεκινήσει να διατίθενται και να παρέχουν το ίδιο ή και υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας, σε σχέση με τις λύσεις που βασίζονται στο υλικό. Τέτοιες λύσεις πλεονεκτούν από άποψη κατασκευαστικού κόστους καθώς και διαχειριστικού κόστους αναφορικά με τη διάθεση του εξοπλισμού στους χρήστες.

Μέσο αποθήκευσης

Οι STB αποκωδικοποιητές, σε αντιστοιχία με τους υπολογιστές, είναι να δυνατό να έχουν **μέσα αποθήκευσης** - σκληρούς δίσκους τα οποία να χρησιμοποιούνται για τη μόνιμη αποθήκευση περιεχομένου. Με τις τρέχουσες τεχνολογίες συμπίεσης είναι δυνατή η αποθήκευση άνω των 500 ωρών πολυμεσικού υλικού τυπικής ανάλυσης ή 100 ωρών υλικού υψηλής ευκρίνειας.

- Κατά την εγγραφή ο χρήστης επιλέγει τα χαρακτηριστικά της εγγραφής, χρησιμοποιώντας τον αποκωδικοποιητή ως Personal Video Recorder (PVR), για παράδειγμα καταγραφή τηλεοπτικών προγραμμάτων.

Μεσισμικό

Το **μεσισμικό (middleware)** αποτελεί τη λειτουργικότητα που διασυνδέει τα στοιχεία ενός συστήματος, όπως οι εξυπηρετητές (servers), τα στοιχεία του δικτύου (routers) και τα STBs. Επίσης διασυνδέει τα λειτουργικά τμήματα των εφαρμογών (όπως τον έλεγχο πρόσβασης, τα συστήματα χρέωσης και αλληλεπίδρασης). Συγκεκριμένα, υπάρχουν πρότυπα που επιτρέπουν τη σχεδίαση και την ανάπτυξη εφαρμογών για οποιοδήποτε STB, χωρίς να είναι αναγκαία η γνώση των λεπτομερειών καθεμίας συσκευής.

- Το μεσισμικό συνενώνει τα τμήματα ενός συστήματος IPTV και παρέχει τους μηχανισμούς ώστε να δώσει στους χρήστες τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση στο περιεχόμενο και στις λειτουργίες του συστήματος, οι οποίες περιλαμβάνουν την αναγνώριση των χρηστών, την πλοήγηση στην οθόνη, τη δημιουργία κειμένων και μενού, την αλλαγή καναλιού, τη διαχείριση των εφαρμογών και εν γένει την αλληλεπίδραση του χρήστη με την υπηρεσία και τη συσκευή.

Επαναληπτικές ασκήσεις – Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Άσκηση

Υπολογίστε την πληροφορία η οποία σχετίζεται με τις επικεφαλίδες των πρωτοκόλλων (και όχι με το χρήσιμο σήμα) στα διαφορετικά σενάρια ενθυλάκωσης των πακέτων MPEG Transport Stream που εξετάσαμε σε αυτή την Ενότητα:

- a. UDP / IP
- b. RTP / UDP / IP

Θεωρήστε ότι το χρήσιμο φορτίο το οποίο μπορεί να εισαχθεί σε ένα πακέτο IP για την περίπτωση του παραδείγματος είναι 1.380 Bytes.

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Απάντηση / Λύση

Ξεκινάμε με το δεδομένο ότι το διαθέσιμο φορτίο στο πακέτο IP είναι 1380 Bytes. Διαιρώντας με το πλήθος των Bytes ανά πακέτο MPEG TS, προκύπτει το πλήθος N των πακέτων Transport Stream που μπορούν να συμπεριληφθούν. Συγκεκριμένα έχουμε:

$$N = 1380/188 = 7.34 \quad (1)$$

Λαμβάνοντας το ακέραιο μέρος προκύπτει ότι χωράνε **7 πακέτα** και καταλαμβάνουν **1.316 Bytes**, με τα υπόλοιπα 64 Bytes να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν (να περιέχουν δηλαδή μη χρήσιμα δεδομένα).

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα επιπλέον δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα ώστε να πραγματοποιηθούν τα σενάρια ενθυλάκωσης.

- Το πακέτο IP έχει επικεφαλίδα 4 Bytes.
- Το πακέτο UDP έχει επικεφαλίδα 8 Bytes.
- Το πακέτο UDP εισάγεται (στη δεύτερη περίπτωση που εξετάζουμε) σε πακέτο RTP με επικεφαλίδα στα 12 Bytes (κατ' ελάχιστον).

Με βάση τα παραπάνω η μη χρήσιμη πληροφορία (overheads) υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{array}{ll} \text{a.} & \text{Α' Σενάριο: } 4+8 = \mathbf{12 \text{ Bytes}} \\ \text{b.} & \text{Β' Σενάριο: } 4+8+12 = \mathbf{24 \text{ Bytes}} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a.} \\ \text{b.} \end{array}} \right\} (2)$$

Όπως αναμένεται στο δεύτερο σενάριο απαιτείται περισσότερη πληροφορία, αφού εμπλέκεται και το πρωτόκολλο RTP, ωστόσο το μέγεθος της επικεφαλίδας είναι μικρό σε σχέση με το μέγεθος της χρήσιμης πληροφορίας.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Άσκηση

Αντιστοιχίστε τις επόμενες λειτουργίες:

- Διευθυνσιοδότηση συσκευών
- Πολυεκπομπή και διαχείριση ομάδων
- Χρονοσήμανση πακέτων
- Βασικός έλεγχος ροής
- Έλεγχος ποιότητας υπηρεσίας
- Λειτουργίες επιπέδου μεταφοράς

στα πρωτόκολλα που τις υλοποιούν:

- RTSP
- RTCP
- UDP
- NTP
- IGMP
- RTP
- IP

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Απάντηση / Λύση

Λειτουργία	Πρωτόκολλο
Διευθυνσιοδότηση συσκευών	Internet Protocol (IP)
Πολυεκπομπή και διαχείριση ομάδων	Internet Group Management Protocol (IGMP)
Χρονοσήμανση πακέτων	Network Time Protocol (NTP)
Βασικός έλεγχος ροής	Real Time Streaming Protocol (RTSP)
Έλεγχος ποιότητας υπηρεσίας	Real Time Control Protocol (RTCP)
Λειτουργίες επιπέδου μεταφοράς	User Datagram Protocol, Real Time Protocol (UDP/RTP)

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Άσκηση

Υπολογίστε τα εξής:

- a. Ποιο είναι το μέγεθος του χώρου διευθυνσιοδότησης για τα σενάρια της πολυεκπομπής;
- b. Ποια είναι η πιθανότητα δύο ομάδες πολυεκπομπής να επιλέξουν την ίδια διεύθυνση;
- c. Πόσες διευθύνσεις πολυεκπομπής χρειάζονται για να λειτουργήσει μία ομάδα που αποτελείται από 10 χρήστες; Πόσες απαιτούνται στην περίπτωση που τα μέλη της ομάδας δεκαπλασιαστούν;

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Απάντηση / Λύση

- a. Αναφορικά με το μέγεθος του χώρου διευθυνσιοδότησης για τα σενάρια πολυεκπομπής, αυτό προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τα bits τα οποία είναι διαθέσιμα για τον σχηματισμό διευθύνσεων. Όπως έχει συζητηθεί παραπάνω το διαθέσιμο πλήθος είναι:

$$32 - 4 = \mathbf{28 \text{ bits} \quad (3)}$$

- b. Το πλήθος αυτό μας δίνει $N=2^{28}$ δυνατές διευθύνσεις. Η πιθανότητα δύο ομάδες να έχουν την ίδια διεύθυνση προκύπτει με απλή διαίρεση:

$$P2 = 1 / N = \mathbf{3.73 * 10^{-9} \quad (4)}$$

- c. Τέλος, επισημαίνεται ότι σε μια ομάδα πολυεκπομπής χρησιμοποιείται μόνο μια διεύθυνση, για όλους τους συμμετέχοντες στην ομάδα. Αυτό σημαίνει ότι και στις δύο περιπτώσεις του τελευταίου ερωτήματος απαιτείται μια διεύθυνση πολυεκπομπής.

Βιβλιογραφία και βασικές πηγές

Βιβλιογραφία και βασικές πηγές

Προτεινόμενη βιβλιογραφία

1. Παπαδάκης, Α., 2015. Ψηφιακή τηλεόραση. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5005>
2. G. Driscoll. Next Generation IPTV Services and Technologies. J Wiley & Sons, 2007.
3. DARPA Internet Protocol. IPProtocol, RFC (Request for Comments) 791. Internet Engineering Task Force, 1981.
4. X. Hei. IPTV over P2P streaming networks the Push Pull approach. IEEE Communications Magazine, Vol. 46, Issue 2, 2008.
5. Internet Engineering Task Force (IETF). Internet Group Management Protocol (IGMP), RFC 2236, IGMP v.3. Internet Engineering Task Force, 2002.
6. Internet Engineering Task Force (IETF). RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 3550. Internet Engineering Task Force, 2015.
7. Internet Engineering Task Force (IETF). Real Time Streaming Protocol (RTSP). Internet Engineering Task Force, 1998.
8. Digital Video Broadcasting (DVB). Architectural framework for the delivery of DVB-services over IP-based networks, ETSI TS 102 033. Digital Video Broadcasting, 2004.
9. Digital Video Broadcasting (DVB). Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks, ETSI TS 102 034. Digital Video Broadcasting, 2010.
10. Digital Video Broadcasting (DVB). Specification for the use of Video and Audio Coding in DVB services delivered directly over IP protocols, ETSI TS 102 005. Digital Video Broadcasting, 2010.
11. Internet Engineering Task Force (IETF). RTP Payload Format for H.264 Video, RFC 3984. Internet Engineering Task Force, 2005.

Συναφή επιστημονικά περιοδικά

1. IEEE Communications Magazine, ComSoc
2. IEEE Transactions on Broadcasting
3. International Journal of Digital Television, Intellect

Παράρτημα