



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών,
Διοίκηση και Οικονομικά Τηλεπικοινωνιακών δικτύων

Ψηφιακή Τηλεόραση

HDTV over IPTV

Πέτρος Τσέλιος

ΑΜ: 325

Διδάσκων: Νικόλαος Δεσύπρης

Περιεχόμενα

| | | |
|-------|-----------------------------------------------|----|
| 1 | Αρκτικόλεξα - Συντομεύσεις..... | 3 |
| 2 | Σύνοψη..... | 4 |
| 3 | Τι είναι η HDTV..... | 5 |
| 3.1 | Ανάλυση Εικόνας..... | 5 |
| 3.2 | Ιστορία της Τηλεόρασης Υψηλής Ευκρίνειας..... | 5 |
| 3.3 | Ψηφιακή Τηλεόραση και HDTV..... | 5 |
| 3.4 | Συμπίεση Εικόνας..... | 6 |
| 3.4.1 | Γενική σύγκριση MPEG2 και MPEG4..... | 6 |
| 3.4.2 | Επίπεδα συμπίεσης..... | 7 |
| 4 | Τι είναι η IPTV..... | 8 |
| 4.1 | Αρχιτεκτονική συστημάτων IPTV..... | 8 |
| 4.1.1 | Super Head Office..... | 9 |
| 4.1.2 | Video Hub/Servicing Office..... | 9 |
| 4.1.3 | Customer Premise Equipment - Set Top Box..... | 10 |
| 5 | Πως μεταδίδεται η IPTV;..... | 11 |
| 5.1 | Προκλήσεις της IPTV..... | 11 |
| 5.2 | IPTV over ADSL..... | 11 |
| 5.2.1 | Προϋποθέσεις για την παροχή IPTV..... | 12 |
| 5.2.2 | Βελτιώνοντας την ποιότητα..... | 12 |
| 5.2.3 | PVC, VPI/VCI και VBR-RT..... | 12 |
| 6 | Η IPTV Παγκόσμια και στην Ελλάδα..... | 14 |
| 7 | Συμπεράσματα – Μελλοντικές Εξελίξεις..... | 15 |

1 Αρκτικόλεξα - Συντομεύσεις

| | |
|------|--------------------------------------|
| HDTV | High Definition Television |
| IPTV | Internet Protocol (based) Television |
| SHO | Super Head End Office |
| VSO | Video Hub/Servicing Office |
| STB | Set Top Box |
| CPE | Customer Premises Equipment |
| DRM | Digital Rights Management |
| LLU | Local Loop Unbundled |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line |
| QoS | Quality Of Service |
| QoE | Quality of Experience |
| PVC | Permanent Virtual Circuit |
| SVC | Switched Virtual Circuit |
| VCI | Virtual Circuit Identifier |
| VPI | Virtual Path Identifier |

Πίνακας 1.1: Αρκτικόλεξα

2 Σύνοψη

Μετά από 60 χρόνια εκπομπών αναλογικής τηλεόρασης, ήρθε η ώρα της μετάβασης στην ψηφιακή τηλεόραση. Μαζί με την ψηφιακή τηλεόραση, κάνει την εμφάνισή της κι η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας. Ταυτόχρονα, οι τεχνολογίες μετάδοσης δεδομένων μέσω των δικτύων χαλκού και οπτικών ινών βελτιώνουν τις ταχύτητες πρόσβασης καθημερινά, επιτρέποντας την ανάπτυξη νέων μεθόδων προβολής τηλεοπτικών προγραμμάτων όπως η IPTV, που έχει ήδη κάνει την εμφάνισή της και στην Ελλάδα. Σε αυτήν την εργασία, θα παρουσιάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά τόσο της τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας, όσο και της IPTV και θα κάνουμε μία πρώτη προσπάθεια να δούμε με ποιο τρόπο θα μπορούσαμε να έχουμε μετάδοση HDTV μέσα από δίκτυα IP.

Λέξεις Κλειδιά: HDTV, IPTV, High Definition, MPEG-2, MPEG-4, υψηλή ευκρίνεια, ψηφιακή τηλεόραση.

3 Τι είναι η HDTV

HDTV είναι τα αρχική του όρου **High Definition TeleVision**. Ως όρος καθιερώθηκε ώστε να δείξει στους καταναλωτές την υψηλότερη ευκρίνεια που διαθέτει σε σχέση με την απλή τηλεόραση (αναλογική και ψηφιακή).

3.1 Ανάλυση Εικόνας

Η έννοια της υψηλής ανάλυσης είναι σχετική και χρειάζεται μία βάση αναφοράς. Η βάση αυτή είναι η αναλογική τηλεόραση, ανεξαρτήτως και προτύπου εκπομπής. Όμως, στην αναλογική μετάδοση δεν ισχύει η έννοια της ανάλυσης εικόνας. Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε μία αναλογική και μία ψηφιακή εικόνα, θα πρέπει να μετατρέψουμε την αναλογική σε ψηφιακή. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι αναλύσεις σε pixels των βασικών αναλογικών τηλεοπτικών σημάτων, αφού πρώτα έχουμε ψηφιοποιήσει ένα πλαίσιο.

| Σύστημα Μετάδοσης | Γραμμές Σάρωσης | Ανάλυση Εικόνας |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| NTSC | 525 | 720 x 480 |
| PAL | 625 | 720 x 576 |

Πίνακας 3.1.1: Ανάλυση εικόνας ανά αναλογικό τηλεοπτικό σύστημα

3.2 Ιστορία της Τηλεόρασης Υψηλής Ευκρίνειας

Οι προσπάθειες για την επίτευξη τηλεοπτικού σήματος υψηλής ανάλυσης ξεκίνησαν ήδη από τα πρώτα χρόνια μετά τον Β' Π.Π. Στη Γαλλία, ήδη από το 1949, υπήρχε ένα πρότυπο, 819 γραμμών, όμως η εικόνα ήταν μονόχρωμη, χρησιμοποιήθηκε μόνο στα VHF για το πρώτο γαλλικό τηλεοπτικό κανάλι, και σταμάτησε τις εκπομπές του το 1985 [1].

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι οθόνες των τηλεοπτικών δεκτών ήταν πλέον αρκετά μεγάλες και τόσο στις ΗΠΑ, όσο και στην Ιαπωνία, το πρότυπο NTSC με τις 480 πεπλεγμένες γραμμές [2] είχε φτάσει στα όριά του. Το 1979, η Ιαπωνική κρατική τηλεόραση, NHK, ανέπτυξε το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο τηλεοπτικό σήμα υψηλής ευκρίνειας, με λόγο διαστάσεων 5:3. Το σύστημα, έγινε γνωστό ως Hi-Vision ή MUSE [3], όμως απαιτούσε διπλάσιο το εύρος ζώνης σε σχέση με το NTSC. Από την άλλη πλευρά, η ανάλυσή του ήταν περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερη (1080i/1125 γραμμές).

Ο μεγαλύτερος αριθμός εικονοστοιχείων του HDTV, συγκρινόμενος με τα συστήματα PAL και NTSC, έχει ως συνέπεια την απαίτηση για μεγαλύτερο εύρος ζώνης, έτσι ώστε να μεταδοθεί η αυξημένη πληροφορία της οριζόντιας ανάλυσης. Επίσης, απαιτεί ένα μεγαλύτερο αριθμό γραμμών σάρωσης για να καλύψει και την αύξηση στην κατακόρυφη ανάλυση. Τόσο στις ΗΠΑ και Ιαπωνία, όσο και στην Ευρώπη, η αύξηση των τηλεοπτικών σταθμών, αλλά κι οι εξελίξεις στις ασύρματες επικοινωνίες, καθιστούσαν αδύνατη την παραχώρηση επιπλέον συχνοτήτων για τη μετάδοση του σήματος υψηλής ευκρίνειας.

3.3 Ψηφιακή Τηλεόραση και HDTV

Η εξέλιξη της τεχνολογίας, άλλαξε τα βασικά δεδομένα της HDTV. Η μεγάλη αλλαγή ήρθε με την ψηφιοποίηση της εικόνας. Στις ψηφιακές εικόνες, δεν υπάρχει πλέον η έννοια της (αναλογικής) γραμμής, αλλά των pixels. Πλέον, η HDTV, όντας ψηφιακή, έχει συγκεκριμένες αναλύσεις [4], όπως φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

| Ανάλυση | Ανάλυση Μετάδοσης | Ανάλυση σε pixels |
|---------|-------------------|-------------------|
| SD | 858x525 | 720x576 |
| HD 720 | 1650x750 | 1280x720 |
| HD 1080 | 2200x1125 | 1920x1080 |

Πίνακας 3.3.1: Ανάλυση εικόνων D-TV

Όμως, η ψηφιοποίηση της εικόνας σημαίνει αύξηση του απαιτούμενου εύρους ζώνης. Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται οι απαιτήσεις εύρους ζώνης για τη μετάδοση ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος.

| Ανάλυση | Ανάλυση Μετάδοσης | FPS | Croma/Luminance bits | Bandwidth |
|----------|-------------------|-----|----------------------|-----------|
| SD | 858x525 | 30 | 20 | 270Mbps |
| HD 720p | 1650x750 | 60 | 20 | 1,5Gbps |
| HD 1080i | 2200x1125 | 30 | 20 | 1,5Gbps |
| HD 1080p | 2200x1125 | 60 | 20 | 3Gbps |

Πίνακας 3.3.2: Απαιτήσεις Bandwidth ασυμπιεστων τηλεοπτικών σημάτων

Είναι προφανές πως για να μεταδώσουμε ένα κανάλι υψηλής ευκρίνειας, θα χρειαζόμασταν περίπου 6 φορές το εύρος ζώνης μίας απλής αναλογικής μετάδοσης τυπικής ανάλυσης. Αλλά η ψηφιακή τεχνολογία έχει το πλεονέκτημα της συμπίεσης των δεδομένων.

3.4 Συμπύεση Εικόνας

Τη λύση στο πρόβλημα του τεράστιου εύρους ζώνης που απαιτείται για τη μεταφορά των δεδομένων της ψηφιακής τηλεόρασης και κυρίως της HDTV, δίνουν οι τεχνολογίες συμπίεσης της εικόνας [5]. Τα πρότυπα συμπίεσης, βίντεο είναι απωλεστικά. Λειτουργούν βασισμένα στην αρχή πως πολλά από τα δεδομένα που υπήρχαν πριν τη συμπίεση δεν είναι απαραίτητα για την επίτευξη καλής *αντιληπτής* ποιότητας. Η συμπίεση βίντεο, γενικά, ισορροπεί ανάμεσα στο μέγεθος και την ποιότητα του βίντεο, καθώς επίσης και το κόστος του υλικού που απαιτείται για να αποσυμπιέσει το βίντεο σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, εάν το βίντεο είναι συμπίεσμένο υπερβολικά, είναι πιθανό να εμφανιστούν artifacts. Τα πλέον διαδεδομένα συστήματα συμπίεσης και κωδικοποίησης βίντεο σήμερα είναι τα MPEG-2 και MPEG-4-AVC.

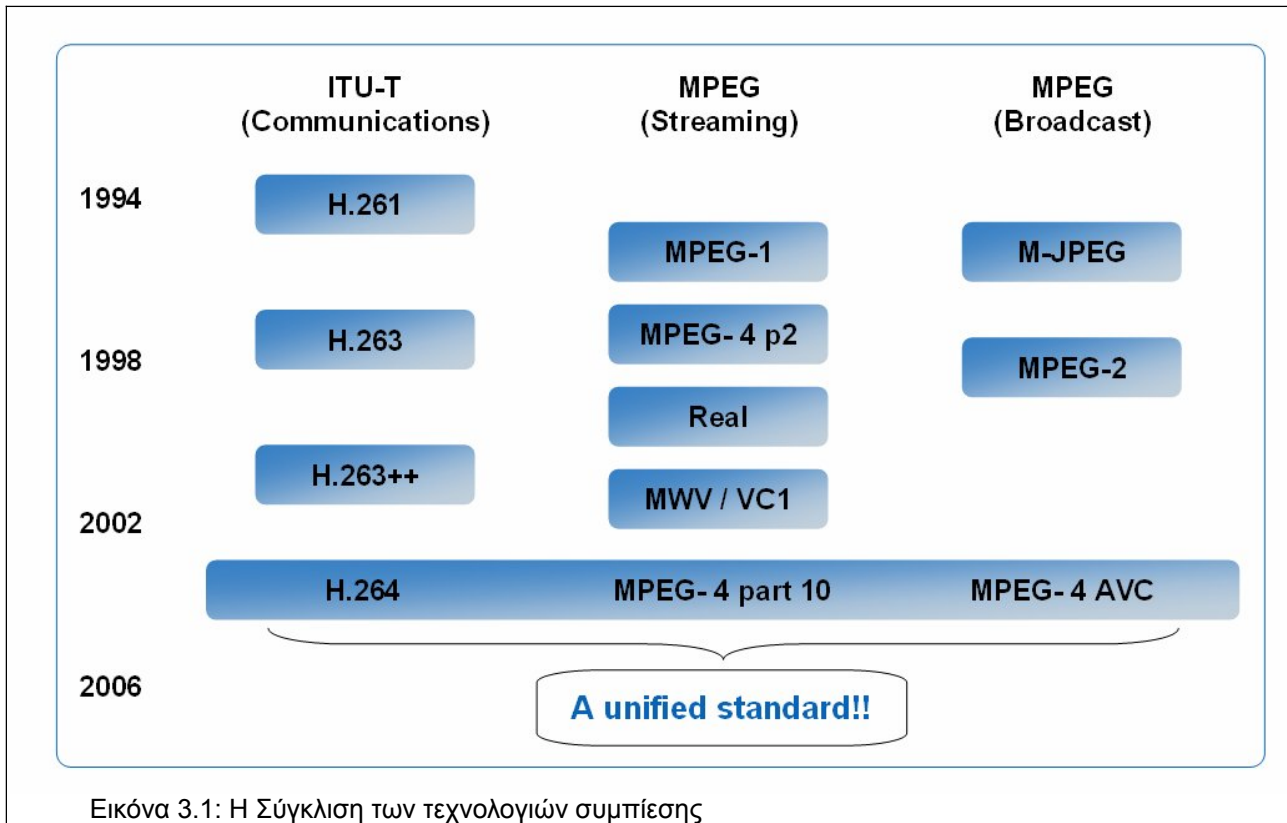
Οι πρώτες μεταδόσεις τηλεοπτικών σημάτων έγιναν με τη χρήση συμπίεσης MPEG-2. Πρόσφατα, η τυποποίηση του προτύπου DVB-T για τη μετάδοση ψηφιακού υψηλής ευκρίνειας τηλεοπτικού σήματος προβλέπει τη χρήση της συμπίεσης H.264/MPEG-4, και ενώ η συμπίεση του ήχου γίνεται με τη χρήση AC-3 [6]

3.4.1 Γενική σύγκριση MPEG2 και MPEG4

Το MPEG-2 [7] είναι το πρότυπο που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία της εικόνας και του βίντεο. Μέχρι πρόσφατα ήταν το πρότυπο μετάδοσης της ψηφιακής τηλεόρασης και της κωδικοποίησης στα DVD. Η ποιότητα των εικόνων MPEG-2 είναι άπογη, αλλά σε υψηλούς ρυθμούς bit, γιατί αυτό το πρότυπο δεν έχει αναπτυχθεί για δικτυακές εφαρμογές πολυμέσων. Έτσι, η ποιότητα ενός βίντεο συμπίεσμένου σε μορφή MPEG-2, εάν μεταδοθεί μέσω δικτύου, θα είναι μειωμένη.

Από την άλλη πλευρά, το πρότυπο MPEG-4 έχει αναπτυχθεί για τη μετάδοση εφαρμογών πολυμέσων στο διαδίκτυο [8]. Έτσι, ένα βίντεο κωδικοποιημένο με τη μορφή MPEG-4 θα δώσει καλύτερη ποιότητα βίντεο και ήχου, σε σχέση με το ίδιο βίντεο που είναι κωδικοποιημένο ως MPEG-2, όταν μεταδίδονται στο διαδίκτυο και κυρίως, μικρότερο μέγεθος (ή αλλιώς, υψηλότερη συμπίεση).

Είναι, λοιπόν, προφανές πως η μετάδοση εικόνας και ήχου σε ένα δίκτυο γενικότερα και στο διαδίκτυο ειδικότερα, ευνοείται από τη χρήση της συμπίεσης MPEG-4. Σήμερα πλέον, αν κι έχει επικρατήσει να ονομάζουμε το πρότυπο MPEG-4, στην πραγματικότητα, έχουμε ένα ενοποιημένο πρότυπο των H.264, MPEG-4 part 10, MPEG-4 AVC [9].



3.4.2 Επίπεδα συμπίεσης

Οι τεχνολογίες MPEG-2 και MPEG-4 μας δίνουν τη δυνατότητα να συμπίεσουμε τα δεδομένα, τόσο ώστε να μπορούμε να τα μεταδώσουμε ακόμα κι από το διαδίκτυο. Το αντίτιμο της συμπίεσης είναι η μειωμένη ποιότητα της εικόνας. Σύμφωνα με το [10], στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται οι τυπικές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης για τις κυριότερες αναλύσεις της ψηφιακής τηλεόρασης.

| Ανάλυση | MPEG-2 | MPEG-4 |
|-----------|--------|---------|
| 720x576 | 7Mbps | 2Mbps |
| 1280x720 | 15Mbps | 4-5Mbps |
| 1920x1080 | 50Mbps | 7-8Mbps |

Πίνακας 3.4.2.1: Εύρος Ζώνης αναλύσεων μετά από συμπίεση

Από την ανάγνωση του πίνακα, είναι εμφανές πως με τη χρήση της κατάλληλης τεχνικής συμπίεσης, θα μπορούσαμε να μεταδώσουμε ένα τηλεοπτικό σήμα μέσω ενός δικτύου IP.

4 Τι είναι η IPTV

Όπως υποδηλώνει και η ονομασία της, η IPTV είναι ένα ένας διαφορετικός τρόπος μετάδοσης ενός σήματος βίντεο προς τους τηλεοπτικούς δέκτες. Ο τρόπος αυτός είναι η χρήση ενός δικτύου IP, όπως αυτό του Internet.

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για το τι είναι η IPTV. Ο επίσημος ορισμός, έχει δοθεί από την ITU στη συνάντηση της Κορέας [11]:

“Ως IPTV ορίζονται οι πολυμεσικές υπηρεσίες όπως η τηλεόραση, video, ήχος, γραφικά, δεδομένα, που παραδίδονται πάνω από κατάλληλα δίκτυα IP που υποστηρίζουν το απαραίτητο επίπεδο QoS/QoE, ασφάλειας, διαδραστικότητας κι αξιοπιστίας.”

Ο ορισμός αυτός, αν και γενικός, μας οδηγεί στις βασικές διαφοροποιήσεις της IPTV σε σχέση με το Internet Video ή Internet TV, που δεν είναι άλλα από την ασφάλεια και τον έλεγχο. Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να πούμε πως η IPTV έχει πολλές ομοιότητες με μία κλασσική συνδρομητική τηλεόραση.

Υποστήριξη για διαδραστική Τηλεόραση.

Οι αμφίδρομες δυνατότητες των συστημάτων IPTV επιτρέπουν στους παρόχους υπηρεσιών να παρέχουν μια ολόκληρη σειρά από εφαρμογές διαδραστικής τηλεόρασης. Οι τύποι των παρεχόμενων υπηρεσιών μέσω μιας υπηρεσίας IPTV μπορούν να περιλαμβάνουν ζωντανά τηλεοπτικά προγράμματα, τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), διαδραστικά παιχνίδια, και Internet υψηλής ταχύτητας.

Time shifting.

Η IPTV σε συνδυασμό με μια ψηφιακή συσκευή εγγραφής βίντεο επιτρέπει τη χρονική μετατόπιση του προγράμματος, μέσω ενός μηχανισμού για την καταγραφή και αποθήκευση του προγράμματος της IPTV για να το δει ο τηλεθεατής αργότερα.

Personalization.

Ένα σύστημα IPTV υποστηρίζει αμφίδρομη επικοινωνία κι επιτρέπει στους τελικούς χρήστες να διαμορφώσετε σύμφωνα με τα προσωπικά τους ενδιαφέροντα, χρόνο και γούστο τις τηλεοπτικές τους συνθήσεις, επιτρέποντάς τους να αποφασίσουν τι θέλουν να παρακολουθήσουν και πότε.

Απαίτηση χαμηλού εύρους ζώνης.

Αντί της παράδοσης όλων των καναλιών σε όλους τους τελικούς χρήστες, η τεχνολογία IPTV επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών να στείλουν το περιεχόμενο μόνο στους χρήστες που το έχουν ζητήσει. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει τους διαχειριστές του δικτύου τη διατήρηση ελεύθερου μεγάλου μέρους του εύρους ζώνης των δικτύων τους.

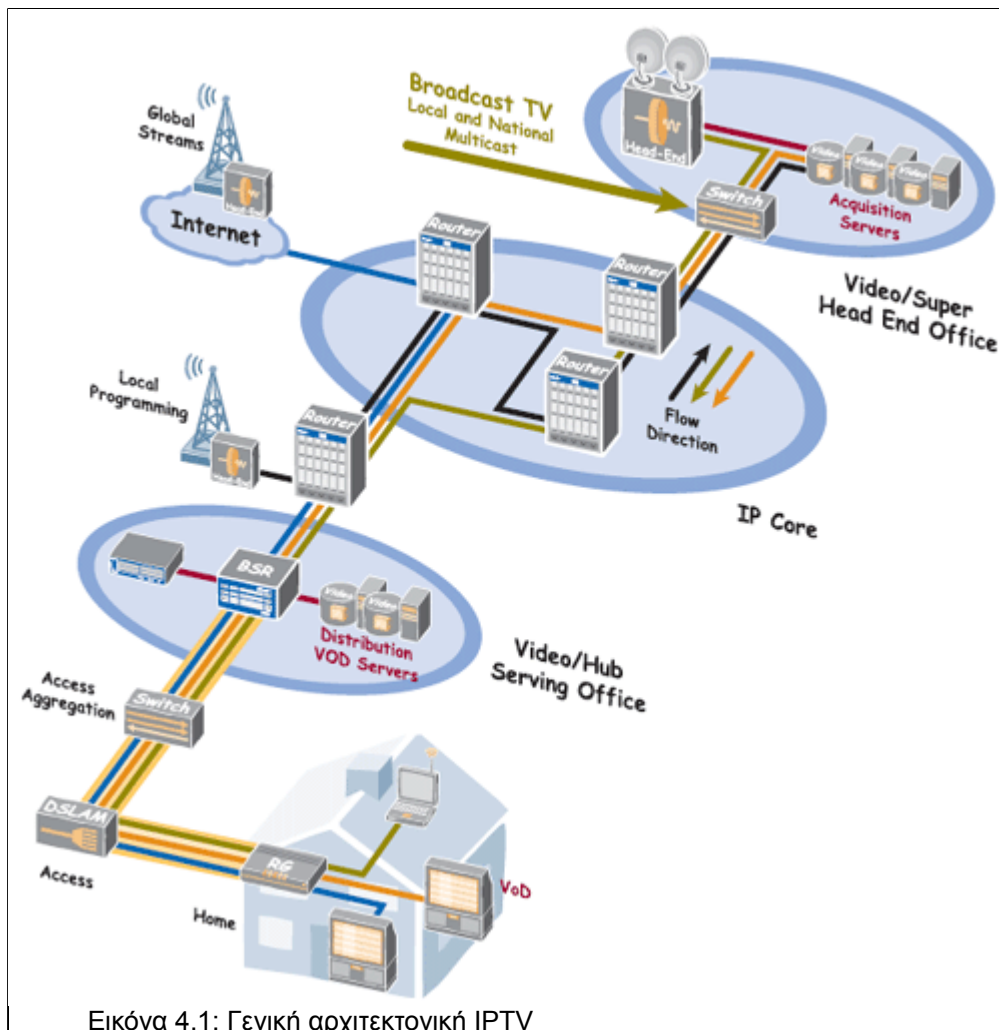
Πρόσβαση σε πολλαπλές συσκευές.

Η θέαση του περιεχομένου της IPTV δεν περιορίζεται στις τηλεοράσεις. Οι καταναλωτές συχνά χρησιμοποιούν τους υπολογιστές τους καθώς και κινητές συσκευές για την παρακολούθηση του περιεχομένου της IPTV, συχνά, χωρίς τη χρήση επιπλέον υλικού.

4.1 Αρχιτεκτονική συστημάτων IPTV

Ένα τυπικό σύστημα IPTV χωρίζεται στα εξής επιμέρους τμήματα:

- Super Head End Office
- Video Hub/Service Office
- Customer Premise Equipment - Set Top Box



Φυσικά, αναπόσπαστο κομμάτι της υποδομής είναι ένα δίκτυο IP που αποτελεί το μέσο μετάδοσης τους τηλεοπτικού σήματος.

4.1.1 Super Head Office

Το SHO είναι η καρδιά ενός συστήματος IPTV. Εδώ συγκεντρώνεται το περιεχόμενο (εθνικής εμβέλειας) και διαμοιράζεται. Η συγκέντρωση του περιεχομένου γίνεται από διάφορες πηγές (studio, δορυφόρους, άλλες πηγές). Στο επόμενο στάδιο, οι διάφορες πολιτικές DRM εφαρμόζονται σε αυτό και τέλος διαμοιράζεται στα υπόλοιπα μέρη του δικτύου. Επιπλέον, στο SHO αποθηκεύεται το περιεχόμενο για το VoD.

Άλλες λειτουργίες του SHO έχουν σχέση με τη διαχείριση των πελατών (πιστοποίηση, τιμολόγηση, πρόσβαση σε περιεχόμενο, τεχνική υποστήριξη κοκ). Σε μεγάλα δίκτυα, οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να καταναμηθούν σε και στο VSO.

4.1.2 Video Hub/Servicing Office

Το VHO λειτουργεί ως αναμεταδότης για τη διανομή του περιεχομένου σε μια περιφερειακή αγορά από 100.000 έως και 1.000.000 χρηστών. Η VHO λαμβάνει περιεχόμενο από το SHE και το διανέμει στο συνδρομητή, είτε απευθείας είτε μέσω άλλου γραφείου που ονομάζεται Video Servicing Office. Πριν από τη διανομή, υπάρχει η δυνατότητα να εισαχθούν τοπικά κανάλια (περιεχόμενο) ενώ μπορούν να προβληθούν μηνύματα προς την τοπική αγορά ή/και τοπικές διαφημίσεις. Τέλος, δημοφιλείς περιεχόμενο VoD αποθηκεύονται και διανέμονται στη μονάδα VHO.

Το VSO μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον απαιτείται, είτε από μια αρκετά μεγάλη συνδρομητική βάση σε μικρότερες αγορές ή όταν υπάρχει ανάγκη να εστιάσει σε μια συγκεκριμένη δημογραφική απαίτηση. Η χρήση του VSO φέρνει το δημοφιλές περιεχόμενο, ακόμα πιο κοντά στο συνδρομητή.

4.1.3 Customer Premise Equipment - Set Top Box

Το CPE (Customer Premise Equipment) σε συνδυασμό με την καλωδίωση στο σπίτι αποτελεί το οικιακό δίκτυο. Τυπικά, η διάταξη περιλαμβάνει ένα ADSL Modem/Router (Residential Gateway - RG) κι ένα δέκτη IPTV, (Set Top Box). Το STB αναλαμβάνει την αποκωδικοποίηση των IPTV ροών video αλλά και την παροχή εξελιγμένων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας στον συνδρομητή. Η RG διαχειρίζεται επίσης τα αιτήματα ελέγχου από κάθε Set Top Box (STB) πίσω στο δίκτυο διανομής βίντεο.

Κάθε STB είναι συνδεδεμένο με μία τηλεόραση και μεταδίδει το βίντεο και τον ήχο του προγράμματος. Η καλωδίωση στο σπίτι είναι μια σημαντική πτυχή του οικιακού δικτύου και μπορεί να περιλαμβάνει καλωδίωση CAT5/CAT6 ή, πιο συνηθισμένα, ασύρματο τοπικό δίκτυο. Παρόλο που μία καλωδίωση στο σπίτι μπορεί να είναι δαπανηρή, η αξιοπιστία κι η ταχύτητα του ενσύρματου τοπικού δικτύου εξασφαλίζει σταθερά καλύτερη ποιότητα σε σχέση με ένα ασύρματο δίκτυο. Όμως, τα περισσότερα σπίτια δεν διαθέτουν δομημένη καλωδίωση, οπότε προκρίνονται άλλες λύσεις για τη δικτύωση των σπιτιών (πχ Powerline).

5 Πως μεταδίδεται η IPTV;

Στην πραγματικότητα η IPTV δεν είναι τίποτα περισσότερο από έναν διαφορετικό τρόπο μετάδοσης ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος. Η μετάδοση του τηλεοπτικού σήματος γίνεται μέσα από δίκτυα IP, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν διάφορα μέσα μετάδοσης, όπως καλώδια χαλκού, καλώδια οπτικών ινών, ομοαξονικά καλώδια, από τον αέρα αλλά κι από δορυφόρους. Η μεταφορά του τηλεοπτικού σήματος μέσα από δίκτυα IP δίνει τη δυνατότητα σε τηλεπικοινωνιακούς παρόχους να προσφέρουν με σχετικά χαμηλό κόστος, τηλεόραση, επιπλέον των υπολοίπων υπηρεσιών (σταθερή και κινητή τηλεφωνία, internet, VOIP κοκ). Επιπλέον, τα δίκτυα IP είναι στην πραγματικότητα, στο κέντρο της επιχειρηματικότητας των παρόχων, συνεπώς, μπορούμε να πούμε με σχετική ασφάλεια πως οι τελευταίοι είναι βαθείς γνώστες τους.

Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν κάποιες ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος από δίκτυα IP. Ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η δυνατότητα ενός δικτύου IP για να στέλνει με το βέλτιστο τρόπο ίδιο περιεχόμενο σε πολλαπλούς κόμβους που χρησιμοποιώντας IP Multicast, παρόμοια δηλαδή με ένα δίκτυο εκπομπής. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει πολλές εφαρμογές και έχει αποδείξει την αξία του για μεγάλο χρονικό διάστημα στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, όπου σε ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου, που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις καθυστερήσεις μετάδοσης, είναι χτισμένες πάνω σε multicast IP. [12]

Επιτρέπει επίσης την παρακολούθηση και την εποπτεία του εξοπλισμού που μπορεί να συμμετάσχει σε οποιαδήποτε από τις ομάδες multicast και παρέχει in-line ανάλυση των ροών, τόσο σε επίπεδο IP όσο και σε επίπεδο μετάδοσης. Επιπλέον το VHO μπορεί να λειτουργήσει ως ένα αντίγραφο ασφαλείας ή ένα περιφερειακό σημείο εισαγωγής περιεχομένου, αλλά επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως η πηγή των τηλεοπτικών σημάτων στο δίκτυο μεταφοράς. Αυτό είναι δυνατό με τη χρήση μίας νέας τεχνολογίας που ονομάζεται IP Anycast, η οποία επιτρέπει στο STB να βλέπει πολλαπλές πηγές ως μία και μοναδική, και χρησιμοποιώντας το δίκτυο για τον προσδιορισμό των προτεραιοτήτων κάθε πηγής. Συνεπώς, είναι δυνατή η η μετάπτωση σε άλλη πηγή περιεχομένου χωρίς την ανάγκη αλλαγών στις ρυθμίσεις του.

5.1 Προκλήσεις της IPTV

Η κυριότερη πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι πάροχοι υπηρεσιών IPTV είναι η παροχή επαρκούς εύρους ζώνης στο τμήμα του δικτύου που βρίσκεται μεταξύ του δικτύου κορμού (backbone) και των τελικών χρηστών. Στην Ελλάδα, για το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου έχει επικρατήσει ο όρος "Τοπικός Βρόγχος" (LLU), ενώ στην Αγγλική βιβλιογραφία συναντάται συνήθως ως "τελευταίο μίλι" (last mile). Οι διαθέσιμες τεχνολογίες αυτή τη στιγμή είναι:

- Οπτικά δίκτυα (Fiber to the Home, Fiber to the Hub)
- xDSL
- Καλωδιακή Τηλεόραση
- Δορυφορικές επικοινωνίες

Όπως αναμένεται, θα επικεντρωθούμε στη μετάδοση της IPTV μέσα από μία υπάρχουσα υποδομή ADSL, καθώς αυτή είναι η υπάρχουσα κυρίαρχη υποδομή στην Ελλάδα.

5.2 IPTV over ADSL

Αν κι έχει επικρατήσει η ονομασία ADSL, οι τεχνολογίες broadband (xDSL) είναι περισσότερες από μία [13]. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή, στην Ελλάδα και την Ευρώπη γενικότερα, οι δυνατότητες που έχουν, καθώς κι οι αριθμοί και τύποι των τηλεοπτικών σημάτων που μπορούν να περάσουν μέσα από αυτές.

| Τεχνολογία | Ταχύτητα | Μέγιστη Απόσταση | Αριθμός καναλιών και είδος |
|------------|----------|------------------|-----------------------------|
| ADSL | 8/1 | 5,5Km | 1 SD/MPEG 2 |
| ADSL2 | 12/1 | 5,5Km | 2 SD MPEG-2 |
| ADSL2+ | 25/1 | 1,5Km | 5 SD MPEG 2 ή 2 HD MPEG-4 |
| VDSL1 | 55/15 | <1Km | 12 SD MPEG 2 ή 5 HD MPEG-4 |
| VDSL2 (LR) | 30/30 | 1,5Km | 7 SD MPEG 2 ή 3 HD MPEG-4 |
| VDSL2 (SR) | 100/100 | 350m | 25 SD MPEG 2 ή 10 HD MPEG-4 |

Πίνακας 5.2.1: Μέγιστες χωρητικότητες τηλεοπτικών σημάτων σε τεχνολογίες xDSL

Συνεπώς, βασική προϋπόθεση για τη μετάδοση τηλεοπτικού σήματος, μέσα από ένα δίκτυο IP έστω και σε ποιότητα SD, είναι η ύπαρξη δικτύου τουλάχιστον ADSL2+. Στη συνέχεια, θεωρούμε ως δεδομένο πως ένας πάροχος διαθέτει στους πελάτες του συνδέσεις τουλάχιστον ADSL2+.

5.2.1 Προϋποθέσεις για την παροχή IPTV

Στην Ελλάδα, η μέση ταχύτητα μίας σύνδεσης ADSL είναι περίπου 11Mbps. Η ταχύτητα αυτή είναι αρκετή για τη μετάδοση τουλάχιστον 1 καναλιού σε περιεχόμενο HD. Αν κι όπως είδαμε η μετάδοση ενός τηλεοπτικού σήματος HDTV απαιτεί ένα εύρος ζώνης περίπου 5 Mbps, για τη μετάδοση του σήματος μέσα από ένα δίκτυο IP, αυτό αυξάνει. Αιτία της αύξησης είναι το επιπλέον εύρος ζώνης που απαιτείται από το ίδιο το δίκτυο, το οποίο υπολογίζεται από 15%-25%.

Τεχνολογικά λοιπόν, μπορούμε μέσα από ADSL γραμμή να μεταδώσουμε τηλεοπτικό σήμα υψηλής ανάλυσης. Οι τηλεθεατές, επιπλέον, έχουν την απαίτηση η εικόνα που λαμβάνουν να μην έχει κενά, σπασίματα, ή artifacts. Βασικό χαρακτηριστικό των δικτύων IP είναι η αποστολή των πακέτων των δεδομένων με μία σειρά που δεν έχει άμεση σχέση, ενώ ακόμα κι αν χαθεί ένα πακέτο, αυτό προωθείται πάλι από την πηγή στον προορισμό. Στο τηλεοπτικό σήμα, αυτό δεν είναι δυνατό. Συνεπώς, η ποιότητα της σύνδεσης σε μία γραμμή ADSL πρέπει να τηρεί κάποια ελάχιστα αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Κύριο στοιχείο μέτρησης είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο που έχει μία τηλεφωνική γραμμή πάνω από την οποία θα μεταδοθεί τηλεοπτικό σήμα. Ακριβέστερα, αυτό που υπολογίζεται είναι το ελάχιστο SNR που πρέπει να έχει μία γραμμή ώστε να συνδεθεί ένας συνδρομητής, με σταθερότητα, σε μία συγκεκριμένη ταχύτητα.

Σε μία τυπική ADSL γραμμή, ένα ελάχιστο αποδεκτό SNR Margin είναι τα 6db. Στην περίπτωση που θέλουμε πάνω από αυτή τη γραμμή να μεταδώσουμε σήμα IPTV, το ελάχιστο αποδεκτό SNR Margin είναι τα 9db.

5.2.2 Βελτιώνοντας την ποιότητα

Οι πάροχοι, προκειμένου να βελτιώσουν την ποιότητα της υπηρεσίας, τυπικά, αυξάνουν το SNR Margin ώστε να μειώσουν τις πιθανότητες αποσυνδέσεων, απωλειών πακέτων και μειωμένης συνολικής εμπειρίας. Αυτό γίνεται εις βάρος της ταχύτητας σύνδεσης. Τυπικά, μία αύξηση του SNR Margin κατά 1db μειώνει την ταχύτητα (download) της σύνδεσης κατά 750-800Kbps.

5.2.3 PVC, VPI/VCI και VBR-RT

Επιπλέον, βασικό χαρακτηριστικό μίας ADSL γραμμής που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά τηλεοπτικού σήματος, είναι η χρήση των PVC. Οι συνδέσεις ADSL δεν έχουν εγγυημένη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Οι πάροχοι επιλέγουν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του δικτύου τους καθώς και το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Έτσι, ένας συνδρομητής με ταχύτητα σύνδεσης 8Mbps/1Mbps, δεν έχει εξασφαλισμένο όλο αυτό το εύρος ζώνης. Αν το δίκτυο του παρόχου έχει διαθέσιμο αυτό το εύρος ζώνης, ο συνδρομητής θα το καταλάβει ολόκληρο όταν το χρειαστεί. Διαφορετικά, θα έχει εξασφαλισμένο ένα ποσοστό αυτού, συνήθως το 1/7.

Στις συνδέσεις IPTV, όμως, οι πάροχοι πρέπει να εξασφαλίσουν πως ο συνδρομητής τους λαμβάνει το ελάχιστο δυνατό εύρος ζώνης για τη παρακολούθηση των τηλεοπτικών προγραμμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται

με 2 διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος είναι η χρήση πολλαπλών PVC [14], ενός για κάθε υπηρεσία. Η δεύτερος είναι με την ταυτοποίηση των πακέτων χρησιμοποιώντας μία υψηλή κλάση QoS [14,15]. Τυπικά, το QoS έχει τα παρακάτω επίπεδα.

| Επίπεδο (Priority Marking) | Υπηρεσία |
|----------------------------|--------------------------|
| 0 | Best Effort |
| 1 | Priority |
| 2 | Flash |
| 3 | Flash Override |
| 4 | Controlled load |
| 5 | Guaranteed service/ IPTV |
| 6 | VOIP |
| 7 | Network control |

Πίνακας 5.2.3.1: IP Precedence: Τιμές κι επεξήγηση

Στην περίπτωση της χρήσης ενός PVC, ο πάροχος επιλέγει την χρήση του IP marking, και του classification, ώστε να εξασφαλίσει την σωστή κι έγκαιρη προώθηση των IP πακέτων (κατά προτεραιότητα). Με με τη χρήση πολλαπλών PVC, ο πάροχος ουσιαστικά, εξασφαλίζει πως ο συνδρομητής του θα έχει ένα ελάχιστο εύρος ζώνης διαθέσιμο ανά πάσα στιγμή, ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση των τηλεοπτικών προγραμμάτων. Η διαφοροποίηση των PVC γίνεται με τη χρήση διαφορετικών VPI/VCI [16,17]. Σε κάθε περίπτωση, η εξασφάλιση του ελάχιστου απαιτούμενου εύρους ζώνης γίνεται εις βάρος των υπολοίπων υπηρεσιών κι ειδικότερα της πρόσβασης στο Internet.

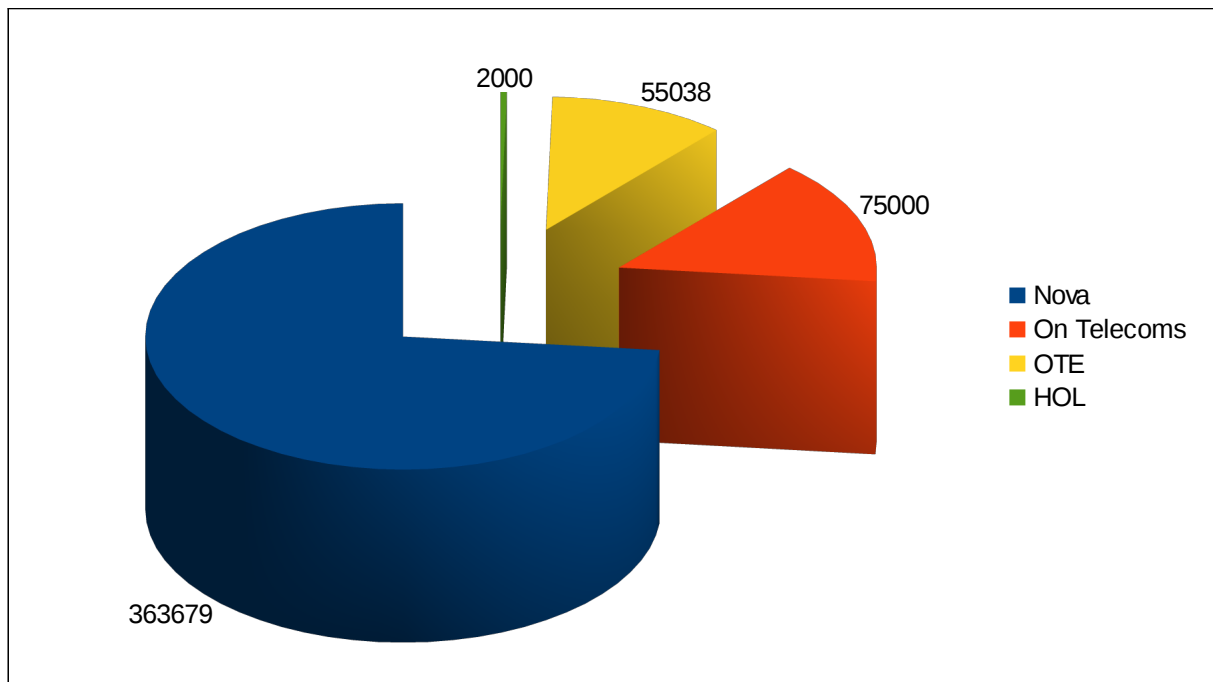
Η επιλογή του αριθμού των PVC δεν εξαρτάται από άλλες παραμέτρους, παρά μόνο από το είδος του δικτυακού εξοπλισμού του παρόχου.

6 Η IPTV Παγκόσμια και στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σήμερα δραστηριοποιούνται 4 πάροχοι IPTV: On Telecoms, Vivodi (CableTV), HOL, OTE, ενώ η Forthnet μέσω της Nona παρέχει συνδρομητική δορυφορική τηλεόραση. Από τους 4 παρόχους, μόνο ο OTE κι On Telecoms συνεχίζουν να προωθούν εμπορικά την υπηρεσία, ενώ τόσο HOL όσο κι η Vivodi έχουν σταματήσει τη διάθεσή της. Επίσης, περιεχόμενο σε υψηλή ανάλυση προσφέρει μόνο η HOL κι η On σε επιλεγμένα προγράμματα. Αντίθετα, όλοι οι πάροχοι εκμεταλλεύονται τις διαδραστικές δυνατότητες της IPTV (Time shifting, VOD, PVR κλπ).

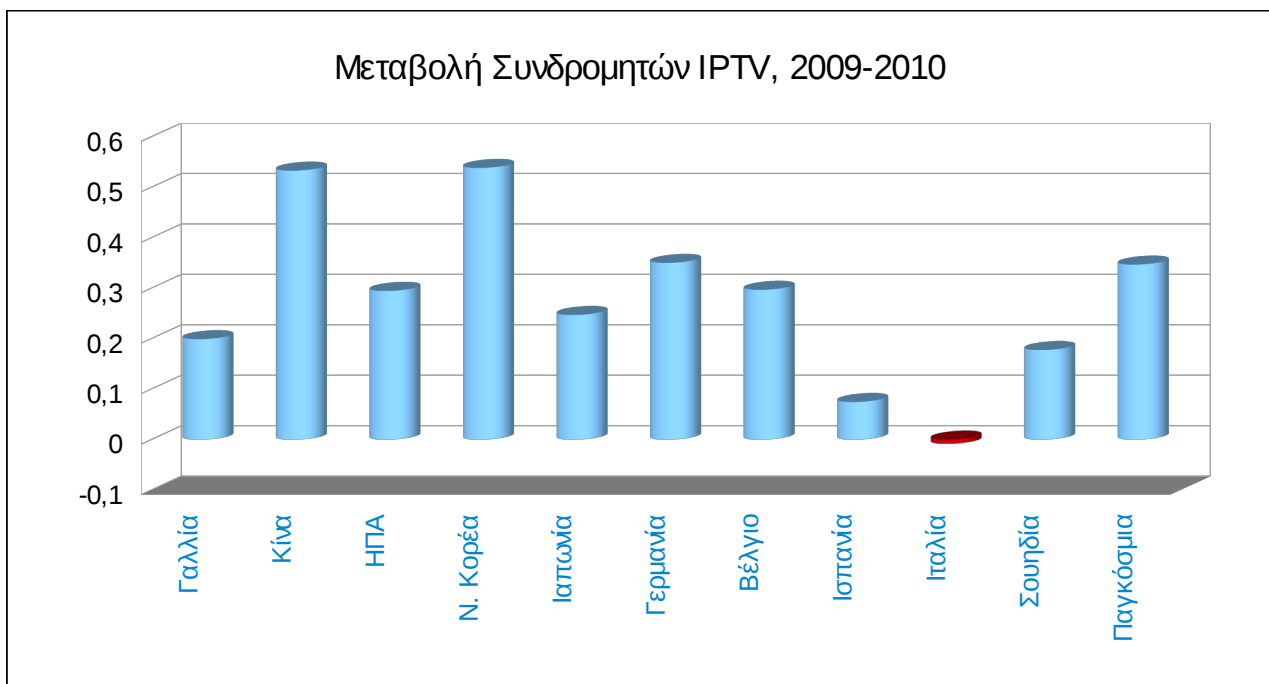
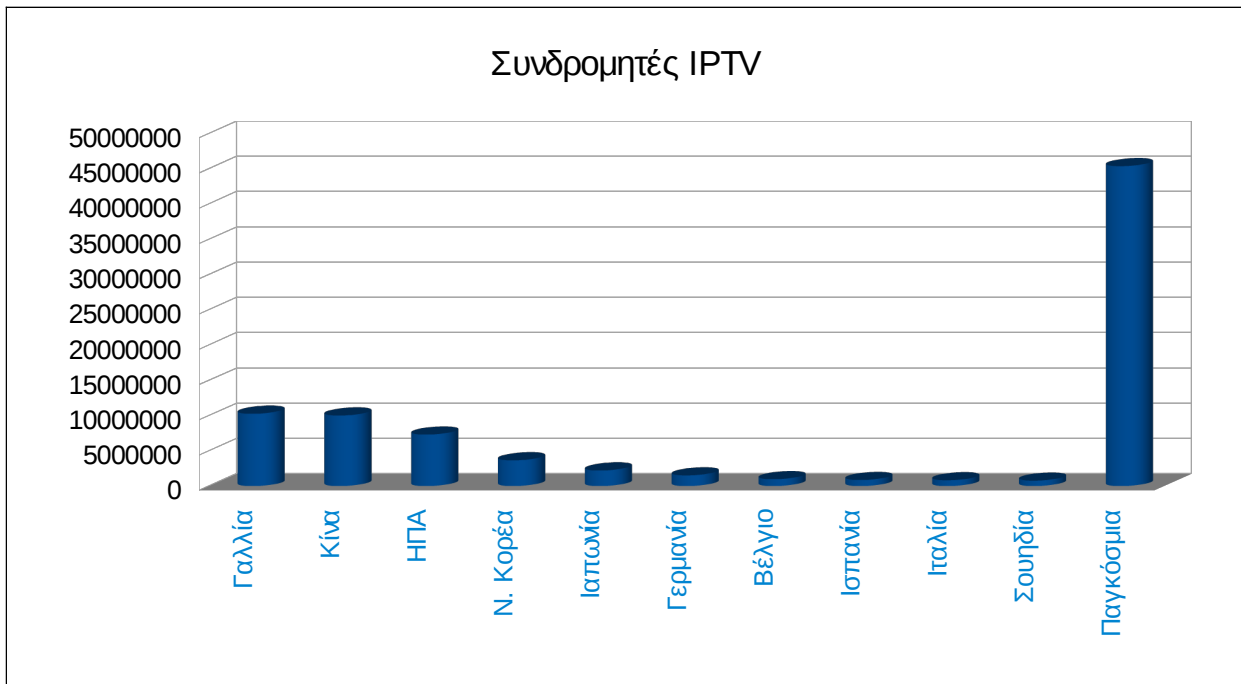
Γενικά, η τεχνολογία είναι αρκετά ώριμη ώστε να παρέχονται ποιοτικές υπηρεσίες. Όμως, οι περισσότεροι πάροχοι αντιμετωπίζουν πρόβλημα με το περιεχόμενο. Με εξαίρεση τον OTE (και τη Nona), οι υπόλοιποι πάροχοι δεν έχουν το περιεχόμενο εκείνο που θα μπορούσε να προσελκύσει θεατές. Ακόμα και στις υπηρεσίες VoD, το διαθέσιμο περιεχόμενο δεν είναι ούτε σύγχρονο, ούτε μεγάλο σε αριθμό.

Συνολικά, η εγκατεστημένη βάση IPTV στην Ελλάδα περιορίζεται σε πάρα πολύ μικρά ποσοστά των συνδρομητών ADSL των παρόχων (λιγότερα από 5%), με εξαίρεση την On, όπου διατηρεί μία ικανοποιητική βάση πελατών IPTV (περίπου 40%). Συνδυαστικά, (IPTV και δορυφορικές πλατφόρμες), η συνδρομητική τηλεόραση στην Ελλάδα δεν ξεπερνά το 10% του πληθυσμού σε θεατές, ενώ το ποσοστό των συνδρομητών ADSL με σύνδεση IPTV είναι ιδιαίτερα χαμηλό.



Μερίδιο Αγοράς Παρόχων Συνδρομητικής Τηλεόρασης στην Ελλάδα

Συγκριτικά, στην Ευρώπη, ο αντίστοιχος μέσος όρος είναι πολύ υψηλότερος, με τη Γαλλία να ξεπερνάει το 50% των συνδρομητών Broadband, ενώ ταυτόχρονα έχει και το μεγαλύτερο αριθμό συνδρομητών IPTV σε απόλυτους αριθμούς παγκοσμίως [18].



| Χώρα | Συνδρομητές 2010 | Αύξηση από 2009 |
|-----------|------------------|-----------------|
| Γαλλία | 10.255.000 | 19,87% |
| Κίνα | 10.002.000 | 53,26% |
| ΗΠΑ | 7.301.800 | 29,44% |
| Ν. Κορέα | 3.645.650 | 53,81% |
| Ιαπωνία | 2.213.117 | 24,68% |
| Γερμανία | 1.513.200 | 34,99% |
| Βέλγιο | 975.000 | 29,65% |
| Ισπανία | 858.200 | 7,44% |
| Ιταλία | 819.000 | -0,84% |
| Σουηδία | 770.000 | 17,73% |
| Παγκόσμια | 45.364.427 | 34,65% |

Πίνακας 6.1: Συνδρομητές IPTV στις 10 καλύτερες χώρες και Παγκόσμια

7 Συμπεράσματα – Μελλοντικές Εξελίξεις

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως η IPTV, ειδικά στην Ελλάδα όπου δεν υπάρχουν υπηρεσίες καλωδιακής τηλεόρασης, έχει τη δυνατότητα να επιτύχει. Η διαθέσιμη τεχνολογία επιτρέπει στους παρόχους να εξασφαλίζουν μία ποιοτική υπηρεσία. Στο μέλλον όμως, θα παρουσιαστούν δυσκολίες στην ανάπτυξη της IPTV. Κύριος λόγος για αυτό είναι η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση, και την πιθανή εκπομπή σήματος υψηλής ευκρίνειας από τα επίγεια ψηφιακά κανάλια. Επιπλέον, με την αύξηση των πωλήσεων συσκευών υψηλής ευκρίνειας, είτε τηλεοράσεων, είτε υπολογιστών και οθονών, φορητών συσκευών κοκ, το διαθέσιμο εύρος ζώνης από την τεχνολογία ADSL θα καθιστά δύσκολη την παρακολούθηση περισσότερων του ενός προγραμμάτων HDTV. Σε κάθε περίπτωση όμως, δεδομένου και του περιορισμένου κόστους για τους συνδρομητές, η IPTV έχει τη δυνατότητα να αποτελέσει μία ισχυρή πηγή εσόδων για τους παρόχους, με την προϋπόθεση της διάθεσης ικανοποιητικού για τους θεατές περιεχομένου.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής δεν εξετάσαμε ένα αρκετά υποσχόμενο μοντέλο IPTV, το υβριδικό. Τα υβριδικά μοντέλα IPTV, είναι ο συνδυασμός δορυφορικής τηλεόρασης και IPTV. Σε αυτά τα συστήματα, συνήθως, η εκπομπές των προγραμμάτων (broadcast) γίνονται μέσω των δορυφόρων, ενώ οι διαδραστικές υπηρεσίες (πχ VOD) παρέχονται μέσω της IPTV.

Αναφορές

1. **ITU-R BT.470-7: Conventional analogue television systems**
2005, ITU
2. **High definition television**
http://en.wikipedia.org/wiki/High-definition_television
3. **High definition television : Hi-vision technology**
NHK science and technical research laboratories
1992, Springer
4. **Digital Television**
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_television
5. **H.262 : Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video**
ITU, 2000
<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.262-200002-I/en>
6. **Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces**
Charles Poynton, 2003,
Morgan Kaufmann
7. **Video compression**
http://en.wikipedia.org/wiki/Video_compression
8. **Overview of the MPEG-4 Standard**
Rob Koenen
<http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
9. **MPEG-4 AVC (H.264)**
<http://www.infocomm.org/cps/rde/xbcr/infocomm/VideoCompressionMPEG4AVC%28H.264%29.pdf>
10. **HDTV and the Transition to Digital Broadcasting, Understanding New Television Technologies**
Philip J. Cianci, 2007,
Focal Press
11. **Terms of Reference of IPTV**
GSI, 2009
http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/2C/02/T2C020000030001PDFE.pdf
12. **Network structures — the internet, IPTV and QoE**
Jeff Goldberg and Thomas Kernen
Cisco Systems, October 2007
13. **ADSL**
<http://en.wikipedia.org/wiki/Adsl>
14. **X.25 and related protocols**
Uyless D. Black
EEE Computer Society Press, 1991
15. **Traffic contract**
http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_contract
16. **Virtual Path Identifier**
http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Path_Identifier
17. **Virtual Circuit Identifier**
http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Circuit_Identifier
18. **2010 IPTV Worldwide Report**
<http://www.reelseo.com/2010-iptv-worldwide-report-346-growth-454m-subscribers/>