

Αναβάθμιση των Δικτύων Καλωδιακής Τηλεόρασης σε Γενικά Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Πρόσβασης

Hybrid Fiber Coaxial (HFC)



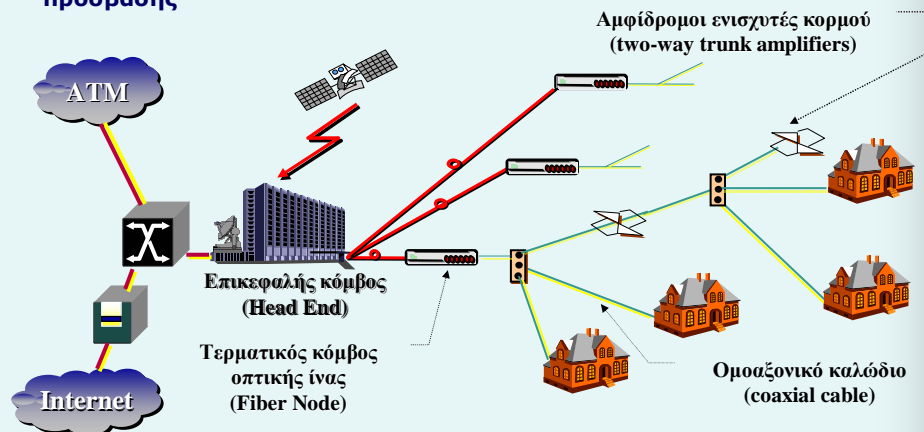
Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλ/νιών

Εξέλιξη Δικτύων HFC

- Για την παροχή αναλογικού σήματος τηλεόρασης σε σπίτια μέσω των δικτύων καλωδιακής τηλεόρασης (CABLE TV, CATV) έχει εγκατασταθεί μεγάλη έκταση ομοαξονικών καλωδίων.
- Η υποδομή αυτή είναι ακόμη περισσότερο ελκυστική από τη λύση της ADSL καθώς το προσφερόμενο εύρος ζώνης των ομοαξονικών καλωδίων είναι σημαντικά μεγαλύτερο.
- Για την αναβάθμιση των υπάρχοντων δικτύων ομοαξονικών καλωδίων για την μονόδρομη εκπομπή προς τους χρήστες αναλογικού σήματος τηλεόρασης, ώστε να προσφέρουν μεγαλύτερη χωρητικότητα με καλύτερη ποιότητα σήματος και ανοχή στο θόρυβο, οι διαχειριστές αυτών των δικτύων προχώρησαν στην αντικατάσταση του αρχικού (και μικρότερης έκτασης) τμήματος ομοαξονικών καλωδίων του δικτύου από οπτική ίνα. Τα δίκτυα αυτής της αρχιτεκτονικής αποκαλούνται Υβριδικά Δίκτυα Ομοαξονικών Καλωδίων-Οπτικών Ινών (Hybrid Fiber Coaxial, HFC).

Γενική Τοπολογία Συστημάτων HFC

- Αποτελούν αναβάθμιση των δικτύων καλωδιακής τηλεόρασης (Community Area TV, Cable TV, CATV) σε γενικό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο πρόσβασης



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Γενικά Χαρακτηριστικά Δικτύων HFC (I)

- Το δίκτυο έχει δενδροειδή τοπολογία ξεκινώντας από τον επικεφαλής κόμβο, στον οποίο είτε συγκεντρώνονται τηλεοπτικά προγράμματα από δορυφορικές εκπομπές, είτε παράγονται τοπικά και εκπέμπονται προς τους χρήστες.
- Το πρώτο τμήμα του δικτύου μέχρι το σημείο, όπου ξεκινά η διακλάδωση προς τις διάφορες κατευθύνσεις, αποτελείται από οπτικές ίνες για αύξηση της χωρητικότητας, της αξιοπιστίας και της ποιότητας του σήματος.
- Στη συνέχεια ακολουθεί το δενδροειδούς τοπολογίας καλωδιακό τμήμα του δικτύου, όπου για την αποκατάσταση της εξασθένισης του σήματος χρησιμοποιούνται αναλογικοί ενισχυτές μονής κατεύθυνσης.

Ορφανουδάκης Θεοφάνης

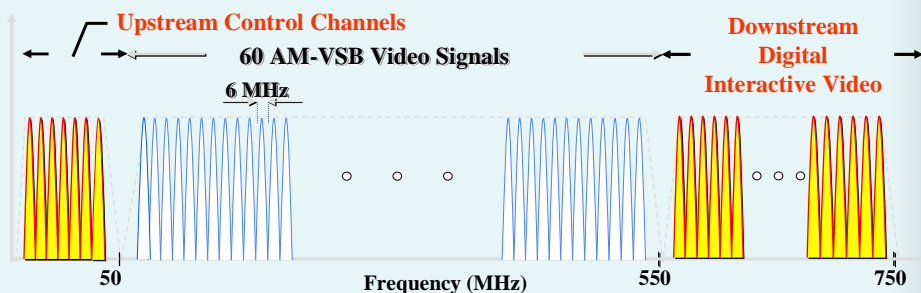
Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Γενικά Χαρακτηριστικά Δικτύων HFC (II)

- Καθώς ένα μόνο ποσοστό της χωρητικότητας του καλωδιακού δικτύου εξαντλείται από τα υπάρχοντα κανάλια εκπομπής αναλογικού σήματος τηλεόρασης υπήρξε έντονη τάση για την αξιοποίηση του υπολειπόμενου εύρους ζώνης και την απόδοσή του σε κανάλια μετάδοσης ψηφιακού σήματος εκπομπής τόσο προς όσο και από τους χρήστες και συνδρομητές του δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης και εισαγωγής της ιδιαίτερα σημαντικής δυνατότητας της αμφίδρομης επικοινωνίας.
- Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην κατανομή του διαθέσιμου φάσματος των ομοαξονικών δικτύων με λογική παραπλήσια αυτής της ανάπτυξης του DSL στα τηλεφωνικά δίκτυα συνεστραμμένων χάλκινων ζευγών

Κατανομή Φάσματος

STANDARD	UPSTREAM	DOWNSTREAM
DVB-C ETS 300 800	5-65 MHz	70-862 MHz QAM 70-130 MHz QPSK 300-862 MHz QAM
DAVIC 1.3	8-26.5 MHz	70-1000 MHz QAM 70-130 MHz QPSK 300-1000 MHz QAM
DOCSIS	5-30 MHz 5-42 MHz	50-860 MHz



Χαρακτηριστικά Καναλιού Upstream

- Περισσότερες δυσκολίες αντιμετωπίζει η εκπομπή στο κοινό κανάλι επιστροφής, όπου η δένδροειδής τοπολογία και ο συνδυασμός των μεταδιδόμενων σημάτων στο laser εκπομπής στο οπτικό τμήμα του δικτύου καταλήγει σε φαινόμενα συγκέντρωσης και ενίσχυσης θορύβου (noise funneling), είτε ενδογενούς του δικτύου λόγω αναπόφευκτων κατασκευαστικών ατελειών, είτε εισερχόμενου στο δίκτυο από τα σημεία προσαρμογής των χρηστών. Ιδιαίτερους περιορισμούς επίσης επιβάλλει η διακοπτόμενη μετάδοση σήματος με τη μορφή ριπών εκπομπής (burst transmission) στην περίπτωση πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access, TDMA), όπου κάθε τερματικό εκπέμπει σε καθορισμένα και καταναμημένα χρονικά διαστήματα.

Επίδραση Θορύβου (I)

- Στην περίπτωση σύζευξης γραμμών παροχής εναλλασσόμενης τάσης, εμφανίζεται ένας κατά πλάτος διαμορφωμένος «βόμβος» (*hum amplitude modulation*),
 - ✓ προϊόν της διαμόρφωσης της παρεμβαλλόμενης ισχύος του εναλλασσόμενου ρεύματος που υπερτίθεται στην περιβάλλουσα πλάτους του σήματος. Η διαταραχή αυτή επηρεάζει περισσότερο τα τετραγωνικά κατά πλάτος διαμορφωμένα σήματα (QAM) και λιγότερο τα κατά QPSK διαμορφωμένα σήματα.
- **Μικρο-ανακλάσεις (micro-reflections)**
 - ✓ εμφανίζονται σε κάθε σημείο προσαρμογής στο καλωδιακό τμήμα λόγω αναπόφευκτων τεχνικών ατελειών και ασυνεχειών. Σε αυτά τα σημεία ένα ποσοστό της ενέργειας του σήματος μοιραία ανακλάται. Το φαινόμενο αυτό επίσης επηρεάζει λιγότερο τα κατά QPSK ή BPSK διαμορφωμένα σήματα ενώ για τα τετραγωνικά κατά πλάτος διαμορφωμένα σήματα (QAM) ενδέχεται να απαιτείται εξισορρόπηση (equalization).

Επίδραση Θορύβου (II)

- **Εισαγωγή παρεμβολών (ingress noise)**

- ✓ Θόρυβος επίσης εισάγεται λόγω της φύσεως του καλωδιακού δικτύου, που παρουσιάζει χαρακτηριστικά κεραίας λόγω κατασκευαστικών ατελειών των διαφόρων συνδετήρων/διακλαδωτήρων. επηρεαζόμενο από
 - ραδιοφωνικά σήματα και
 - γενικότερα παρεμβολές από περιβαλλοντικές εκπομπές ραδιοφωνικών συχνοτήτων, όπως θόρυβοι παραγόμενοι από μηχανές,
- ✓ Αυτό το είδος θορύβου μπορεί να διακριθεί σε δύο κύριες κατηγορίες:
 - **Παρεμβολές στενής ζώνης (narrowband interference),**
 - σχετίζονται με τη μετάδοση σημάτων της ζώνης HF. Τα σήματα στην περιοχή 5-30 MHz διαδίδονται ως γνωστό με συνεχείς ανακλάσεις στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η διάδοση αυτή επηρεάζεται τόσο από τις ημερήσιες διακυμάνσεις όσο και από την περιοδική ανά 10.7 έτη διακύμανση της ηλιακής δραστηριότητας. Η διέγερση των ηλιακών κηλίδων έχει αποδειχθεί ότι είναι συσχετισμένη με την αύξηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης λόγω του αυξημένου ιονισμού των ανωτέρων στρωμάτων της ατμόσφαιρας. Αντίστροφα μείωση της ηλιακής δραστηριότητας διευκολύνει την μετάδοση σημάτων στην περιοχή 5-30 MHz, τα οποία εάν συζευχθούν στα σημεία προσαρμογής των χρηστών περιορίζουν το αξιοποιήσιμο τμήμα του φάσματος.
 - **Τοπικής φύσεως παρεμβολές (local specific interference)** σκόπιμες είτε ακούσιες.
 - Τέτοιου είδους παρεμβολές εμφανίζονται, όταν η καλωδιακή υποδομή των χρηστών βρίσκεται πλησίον μονάδων εκπομπής υψηλής ισχύος στην περιοχή 5-40 MHz, όπως για παράδειγμα ερασιτεχνικές ραδιοφωνικές μεταδόσεις.

Επίδραση Θορύβου (III)

- **Θόρυβοι κρουστικής φύσεως (impulsive noise)**

- ✓ παρουσιάζονται για διάφορους λόγους, όπως: στεμματόμορφες ηλεκτρικές εκκενώσεις (corona discharges) σε γραμμές τροφοδοσίας, οι οποίες βρίσκονται συχνά τοποθετημένες μαζί με τμήμα του καλωδιακού δικτύου, εκκενώσεις στις επαφές φθαρμένων συνδετήρων, αναφλέξεις κινητήρων αυτοκινήτων και οικιακών ηλεκτρικών συσκευών. Προκαλούνται επίσης από φυσικές αιτίες όπως κεραυνοί, γαλαξιακός θόρυβος και ηλεκτροστατικές εκκενώσεις. Παραλλαγή αυτής της φύσεως θορύβων μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας αποτελούν και οι θόρυβοι ριπής (burst noise). Αυτή η κατηγορία θορύβου μοντελοποιείται ως ζωνοπερατός, προσθετικός λευκός θόρυβος με Γκαουσιανή κατανομή (Additive White Gaussian Noise, AWGN). Για την αντιμετώπιση σε μεγάλο βαθμό των λαθών στη μετάδοση εξαιτίας θορύβων κρουστικής φύσεως ενδείκνυται η εφαρμογή εμπροσθόδοτου ελέγχου σφαλμάτων (Forward Error Correction, FEC).

Επίδραση Θορύβου (IV)

- Το αξιοποιήσιμο εύρος ζώνης περιορίζεται επίσης από τα γραμμικά στοιχεία του δικτύου, όπως τα φίλτρα διαχωρισμού των καναλιών στις δύο αντίθετες κατευθύνσεις μετάδοσης καθώς και από τη μη γραμμική συμπεριφορά των ενισχυτών, του δέκτη laser στον επικεφαλής κόμβο (Head End) και κυρίως του laser εκπομπής στο οπτικό τμήμα του δικτύου. Η μη γραμμική αυτή συμπεριφορά προκαλεί την εμφάνιση αυξημένων γινομένων ενδοδιαμόρφωσης (intermodulation products) και αρμονικών εξαιτίας της συμπίεσης, που προκαλείται στον εισαγόμενο θόρυβο, καθώς και όταν τα επίπεδα εκπεμπόμενης από τους χρήστες ισχύος υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια. Τα φαινόμενα αυτά μπορούν να προκαλέσουν παρενοχλήσεις και σε άλλες υπηρεσίες σε ολόκληρη την έκταση του φάσματος και γι'αυτό πρέπει ο μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης στο κοινό κανάλι (Medium Access Control, MAC) να ελαχιστοποιεί τις περιπτώσεις συγκρούσεων κατά τη μετάδοση από τα διάφορα τερματικά.
- Τέλος μπορούν να παρουσιαστούν φαινόμενα μετατόπισης συχνότητας (frequency offset) και θορύβου φάσης (phase noise) σε πολυπλέκτες με συσσώρευση συχνότητων, που ενδέχεται να περιέχονται στο κανάλι επιστροφής. Φαινόμενα παραμόρφωσης φάσης μπορεί επίσης να προκληθούν και στους ταλαντωτές των τερματικών.

Εναλλακτικές Τεχνικές Διαμόρφωσης Downstream (I)

- **Ροή προς τους χρήστες (downstream)**
 - ✓ *χαρακτηριστικά*
 - σχετικά μεγάλο εύρος ζώνης,
 - χαμηλός θόρυβος
 - δυνατότητα συνεχούς μετάδοσης (και όχι Burst Transmission),
 - ✓ *Διαμόρφωση:*
 - σχήματα δυαδικής ή ανώτερης τάξης μετατόπισης φάσης (Binary Phase Shift Keying-BPSK, higher level PSK)
 - τετραγωνική διαμόρφωσης πλάτους (Quadrature Amplitude Modulation-QAM).

Εναλλακτικές Τεχνικές Διαμόρφωσης Downstream (II)

- Η διαμόρφωση BPSK μπορεί και να θεωρηθεί ως ειδική εφαρμογή της αμφίπλευρης διαμόρφωσης πλάτους με καταπιεσμένο φέρον (Double-Side-Band Suppressed Carrier, AM-DSBSC), όπου το ημιτονοειδές φέρον διαμορφώνεται από την κωδικοποιημένη ψηφιακή ακολουθία. Κωδικοποίηση περισσότερων επιπέδων οδηγεί σε καλύτερη αξιοποίηση του φάσματος, όπως για παράδειγμα κωδικοποίηση τριάδων ψηφίων οδηγεί στην 8-PSK με αύξηση του ρυθμού μετάδοσης κατά $3/2$ σε σχέση με την διαμόρφωση QPSK για τον ίδιο ρυθμό ροής συμβόλων (symbol rate) χωρίς όμως να μπορεί να αντιστοιχηθεί σε ακέραιο αριθμό συμβόλων. Η ακόμα μεγαλύτερης τάξης 16-PSK επιτυγχάνει την ίδια αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης με την 16-QAM, αλλά απαιτεί 4-5dB καλύτερο σηματοθορυβικό λόγο (SNR) για τις ίδιες επιδόσεις. Αποτελεί συνήθη επιλογή στην περίπτωση μεθόδου πολλαπλής προσπέλασης με ασύγχρονη διαίρεση κωδικών (asynchronous CDMA), αλλά δεν προτιμάται στην περίπτωση πολλαπλής προσπέλασης με διαίρεση χρόνου λόγω της κατώτερης επίδοσης και ανοχής στο θόρυβο.

Εναλλακτικές Τεχνικές Διαμόρφωσης Downstream (III)

- Η τετραγωνική διαμόρφωση πλάτους (Quadrature Amplitude Modulation-QAM) αποτελεί επίσης επέκταση της διαμόρφωσης πλάτους. Η διαμόρφωση αυτή χρησιμοποιεί ως φέρον τη συνισταμένη δύο τετραγωνικών μεταξύ τους ημιτονοειδών σημάτων, τα οποία διαμορφώνονται τόσο κατά πλάτος όσο και κατά φάση. Με κωδικοποίηση υψηλότερων επιπέδων (M-ary encoding) προκύπτουν οι αντίστοιχες μιαδικές QAM διαμορφώσεις (16-QAM, 64-QAM, 256-QAM κλπ.). Η τεχνική αυτή επιτυγχάνει πολύ καλή αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης και δίνει επίσης τη δυνατότητα σταδιακής αναβάθμισης και αντικατάστασης των αναλογικών καναλιών, καθώς το διαμορφωμένο φέρον παραμένει αναλογικό σήμα, οπότε είναι εύκολη η αναβάθμιση των τερματικών συσκευών αποδιαμόρφωσης για τη δυαδική λειτουργία τόσο για τη λήψη ψηφιακών όσο και αναλογικών σημάτων.

Εναλλακτικές Τεχνικές Διαμόρφωσης Upstream (I)

- Στο κανάλι upstream επικρατεί η εκπομπή κατά ριπές (**burst transmission**) και ο δέκτης θα πρέπει να μπορεί να συγχρονίζεται σε διαφορετικό πομπό στα χρονικά πλαίσια κάθε χρονοθυρίδας.
 - ✓ Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση καθορισμένης σχηματομορφής (*word preamble*), που προηγείται του σήματος πληροφορίας. Οι αντίστοιχες επιλογές για την τεχνική της διαμόρφωσης στο κανάλι επιστροφής περιορίζονται από αυτή την αυστηρή απαίτηση.
- Διαμόρφωση QPSK σε μορφή ριπής (**burst QPSK**)
 - ✓ περιλαμβάνει την πληροφορία του μεταδιδόμενου σήματος στη φάση του διαμορφωμένου φέροντος, που μπορεί να πάρει τέσσερις διαφορετικές τιμές, οπότε μεταδίδονται δύο ψηφία ανά σύμβολο. Αποτελεί αρκετά εύρωστη διαμόρφωση, όσον αφορά το θόρυβο και τις συνθήκες εκπομπής στο κοινό κανάλι επιστροφής, καθιστώντας δυνατή την αποδιαμόρφωση του σήματος και στην περίπτωση ολίσθησης κατά περίπου +/- 1 σύμβολο. Αυτό σημαίνει ότι οι ριπές εκπομπής επιτρέπεται να ολισθαίνουν εμπρός ή πίσω από το βέλτιστο σημείο για την ορθή αποδιαμόρφωση κατά ένα σύμβολο. Στην περίπτωση, που η ολίσθηση φτάσει την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, αναλαμβάνει ο επικεφαλής κόμβος την ανατροφοδότηση της πληροφορίας για ευθυγράμμιση της εκπομπής μέσω της διαδικασίας του *ranging*.

Εναλλακτικές Τεχνικές Διαμόρφωσης Upstream (II)

- Τετραγωνική διαμόρφωση πλάτους (QAM)
 - ✓ αποτελεί επίσης εναλλακτική λύση και προβλέπεται χρήση μέχρι και 16-QAM. Η λύση αυτή προβλέπεται για μελλοντικές κυρίως επεκτάσεις καθώς η διαμόρφωση αυτή περιλαμβάνει την πληροφορία τόσο στο πλάτος όσο και στη φάση του διαμορφωμένου σήματος καθιστώντας την περισσότερο ευαίσθητη στην παρουσία θορύβου.
 - ✓ Η παρουσία λευκού θορύβου (AWGN) στο κανάλι προκαλεί τη μείωση της ελάχιστης απόστασης των σημείων στο χώρο καταστάσεων αυξάνοντας την ευαισθησία στην ενδοσυμβολική παρεμβολή (*InterSymbol Interference-ISI*) και αντίστοιχα απαιτείται κατά 5 dB καλύτερος σηματοθορυβικός λόγος (SNR) για να επιτύχει τις ίδιες επιδόσεις με τη διαμόρφωση QPSK υπό την παρουσία λευκού θορύβου.
 - ✓ Επίσης θεμελιώδης διαφορά των δύο διαμορφώσεων είναι η ανεξαρτησία της QPSK από το πλάτος του διαμορφωμένου φέροντος, ενώ η QAM απαιτεί μεγάλη ακρίβεια στο κέρδος ενίσχυσης (*gain*). Συνολικά η QAM απαιτεί μεγαλύτερη ακρίβεια στη συχνότητα του ρολογιού, καταπίεση του φέροντος και εξισορρόπηση πλάτους και φάσης των I και Q συνιστωσών του σήματος.
 - ✓ Η περίπου διπλάσια χωρητικότητα της όμως έναντι της QPSK την κάνει ελκυστική, εάν εξασφαλιστεί η απαραίτητη αναβάθμιση των δικτύων, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις λειτουργίας της.

Ρυθμοί Μετάδοσης Upstream

- **Συνηθέστερη περίπτωση στο θορυβώδες κανάλι ανόδου είναι η διαμόρφωση QPSK με εναλλακτική την 16-QAM**
 - ✓ Προβλέπεται να υποστηρίζονται οι εξής ρυθμοί μετάδοσης: 160, 320, 640, 1,280 & 2,560 kilosymbols/second
 - Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης (περίπτωση 16-QAM, 4 bits/symbol) 10.24 megabits
 - Συνήθης περίπτωση QPSK (2 bits/symbol) με ρυθμό 1,280 kilosymbols/second αποδίδει ρυθμό μετάδοσης 2,56Mbps
 - ✓ Για τους παραπάνω ρυθμούς μετάδοσης το εύρος του καναλιού αντίστοιχα γίνεται 200, 400, 800, 1600, 3200 KHz
 - ✓ Στη διάρκεια της μικροσχισμής των 6.25 microseconds για το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 2,560 kilosymbols/second μεταδίδονται 16symbols (32 ή 64 bit για κάθε διαμόρφωση αντίστοιχα)

Ρυθμοί Μετάδοσης Downstream

- **Στο κανάλι καθόδου επιλέγονται οι παρακάτω εναλλακτικές διαμορφώσεις**
 - ✓ 64-QAM με ρυθμό μετάδοσης 5.056941 megasymbols/second (που αντιστοιχεί σε ρυθμό 30.341646 megabits/second)
 - ✓ ή 256-QAM με ρυθμό μετάδοσης 5.360537 megasymbols/second (που αντιστοιχεί σε ρυθμό 42.884296 megabits/second).

Οργανισμοί & Πρότυπα: Επισκόπηση

IEEE 802.14

- Framing, coding, modulation
- MAC
 - address, slot format
 - CBR, VBR, ABR

ATM Forum RBB

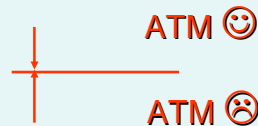
- Reference architecture for ATM over HFC, FTTC, ADSL, VDSL
- VP/VC, traffic classes and QoS provisioning across access network
- Signaling over access network
- physical interfaces
- Management of access network devices

DAVIC/DVB

- Reference protocol architecture for digital Audio/Video flows
- Framing, coding, modulation
- MAC (- address, slot format...)

IETF-IPCDN

- DHCP
- ARP
- Broadcast & multicast
- IP Service Class
- RSVP, QoS



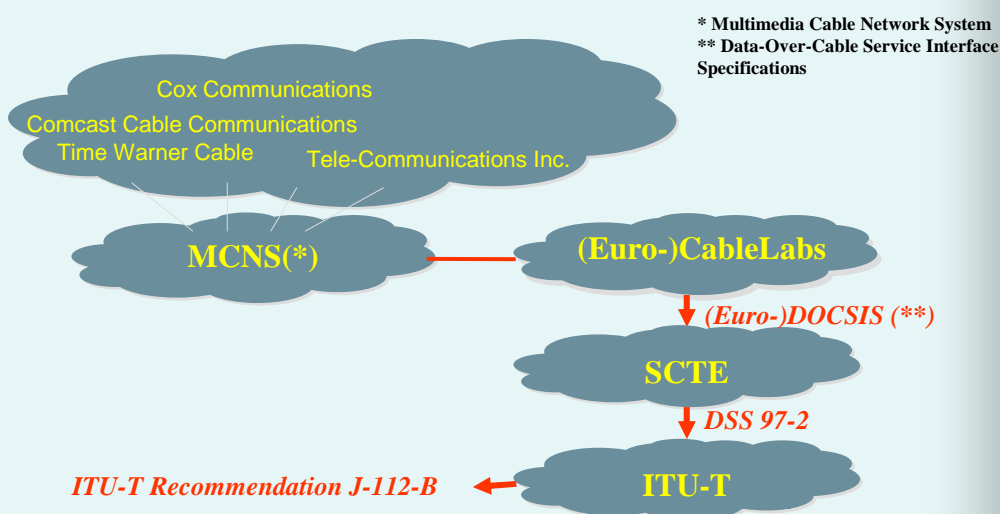
MCNS/CableLabs

- Data over cable reference architecture
- Service interface specification (SP-CMCI, SP-CMRFI...)

Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

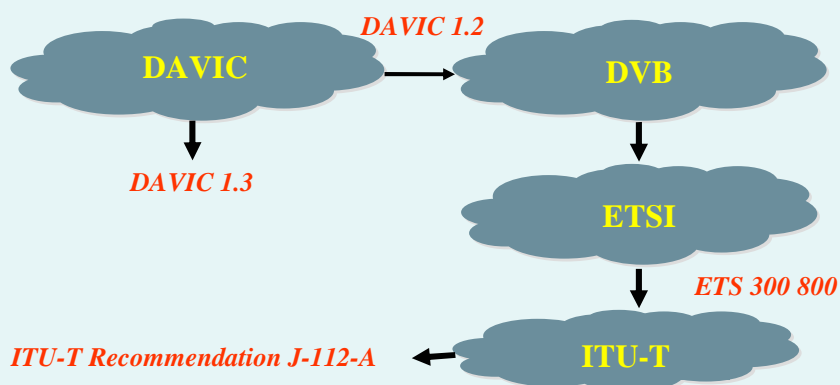
Οργανισμοί & Πρότυπα: Ποιος είναι ποιος



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Οργανισμοί & Πρότυπα: Ποιος είναι ποιος



Οργανισμοί & Πρότυπα: Κατανομή του φάσματος

- Συστάσεις για την κατανομή του φάσματος

STANDARD	UPSTREAM	DOWNSTREAM
DVB-C	5-65 MHz	70-862 MHz QAM
ETSI 300 800		70-130 MHz QPSK 300-862 MHz QAM
DAVIC 1.3	8-26.5 MHz	70-1000 MHz QAM 70-130 MHz QPSK 300-1000 MHz QAM
MCNS/DOCSIS	5-30 MHz 5-42 MHz (extended subsplit)	50-860 MHz

Οργανισμοί & Πρότυπα: Κοινά χαρακτηριστικά

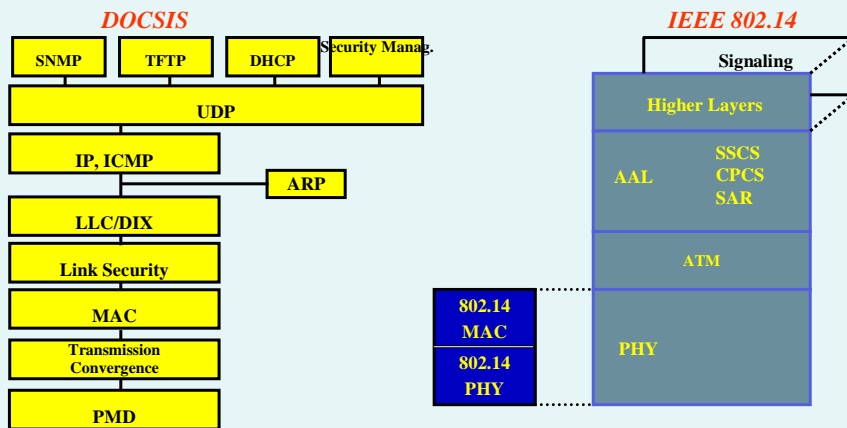
- Συνδυασμός FDM (για την κατανομή των καναλιών επιστροφής-upstream) & TDMA (για την κατανομή του εύρους ζώνης σε κάθε κανάλι)
- Το PHY Type B για το κανάλι εκπομπής προς τους χρήστες (downstream) του IEEE 802.14 ταυτίζεται με αυτό των J.112-B/DOCSIS
- Παρόμοιοι προβλεπόμενοι μηχανισμοί πρόσβασης
- Χρήση μικρο-σχισμών (mini-slots) για τη μετάδοση αιτήσεων στο κανάλι επιστροφής (για το DAVIC από την έκδοση 1.3 και μετά)

Οργανισμοί & Πρότυπα: Διαφορές

- Διαφορετικό PHY του DAVIC 1.2 (ITU J-112-A)
- Διαφορετικά πρωτόκολλα ελέγχου πρόσβασης (MAC) (Διευθύνσεις, πεδία/μηνύματα, αλγόριθμοι επίλυσης συγκρούσεων)
- Διαφορετικές προβλέψεις για διάκριση κλάσεων υπηρεσιών και εξασφάλιση ποιότητας προσφερόμενης υπηρεσίας (QoS)
- Διαφορετική υποστήριξη στρωμάτων δικτύου (IP, ATM)

Οργανισμοί & Πρότυπα

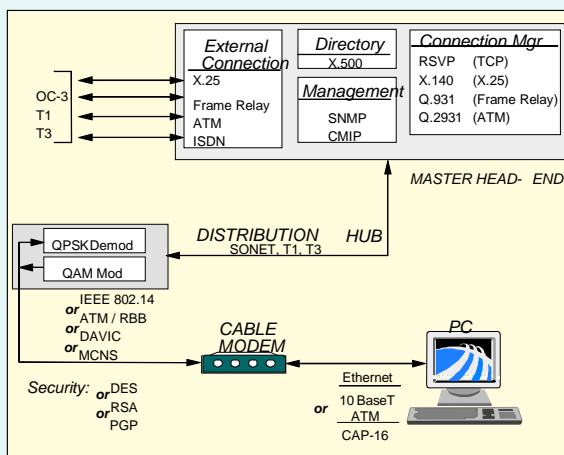
- **IP-ATM: Οι δύο κόσμοι (και) στο περιβάλλον του HFC**
 - ✓ *Ο de-facto νικητής είναι το πρότυπο DOCSIS*



Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Αρχιτεκτονικές, Πρωτόκολλα, Διαλειτουργικότητα



- **Φυσικό Στρώμα**
 - ✓ Διεπαφές (interfaces) με δίκτυα κορμού
 - ✓ Διαμόρφωση, πλαισίωση, κωδικοποίηση, τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης
- **Ασφάλεια Δεδομένων**
 - ✓ Κρυπτογράφηση
- **Έλεγχος Πρόσβασης**
 - ✓ Διευθυνσιοδότηση
 - ✓ Μηχανισμοί πρόσβασης
- **Πρωτόκολλα ανωτέρων στρωμάτων**
 - ✓ TCP/IP, ATM
- **Εφαρμογές**

Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου