



ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 1: Βασικά στοιχεία ευρυζωνικών επικοινωνιών
(Μέρος 1)

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Γενικές Πληροφορίες

- Το μάθημα αυτό διδάσκεται ως Μάθημα Ελεύθερης Επιλογής Εαρινού Εξαμήνου στο Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών.
- Το μάθημα θα πραγματοποιείται κάθε Παρασκευή 09:00-11:00, εξ' αποστάσεως, μέσω του zoom <https://upatras-gr.zoom.us/j/95031363934?pwd=NVdoQXZud3k3UGVnOVA5Ui4LzNudz09>.
- Online συνάντηση μπορεί να ορισθεί και μετά από επικοινωνία με e-mail στο kokkinos@cti.gr



Έγλη Μαθήματος

- Βασικά στοιχεία ευρυζωνικών επικοινωνιών
- Ευρυζωνικές τεχνολογίες πρόσβασης πάνω από συνδέσεις χαλκού (xDSL)
- Τεχνολογία Very-high-bitrate DSL (VDSL)
- Τεχνολογίες Ethernet
- Οπτικά συστήματα μετάδοσης (οπτικές ίνες, xWDM, SDH/SONET)
- Δίκτυα και αρχιτεκτονικές FTTx
- Πρότυπο WiMAX (IEEE 802.16)
- Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (MIMO, muMIMO, MMWave, LTE, LTE-A, 5G, Beyond 5G, 6G)
- Επιχειρηματικά μοντέλα αξιοποίησης ευρυζωνικών υποδομών



Τρόπος Εξέτασης

- Γραπτή (ή διαδικτυακή) εξέταση
- Εργασία (προαιρετικά)
 - Συνεισφέρει με επιπλέον μία μονάδα στον τελικό βαθμό
 - Ατομική και προαιρετική
 - Παράδοση την ημερομηνία της εξέτασης
 - Μετράει μόνο θετικά και μόνο για το τρέχον έτος
 - Έλεγχος για αντιγραφή και αν διαπιστωθεί αντιγραφή η εργασία θα μηδενίζεται
 - Θα υπάρχει επιβλέπων και θα δοθεί template για την συγγραφή της
 - **Δήλωση του θέματος αυστηρά μέχρι τις 15/03/2021** με email στο kokkinos@cti.gr (κοινοποίηση στο bouras@upatras.gr)



Υποστηρικτικό Υλικό

- Στο δικτυακό τόπο του μαθήματος:
<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>
- Στη σελίδα του μαθήματος στο eclass:
<https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/>
- Μπορείτε να βρείτε:
 - Διαλέξεις – Παρουσιάσεις
 - Σημειώσεις του μαθήματος
 - Σχετική Βιβλιογραφία (βιβλία, διπλωματικές εργασίες, διδακτορικές διατριβές, δικτυακοί τόποι κ.α.)
 - Εργασίες Φοιτητών



Συγγράμματα μαθήματος

- Τίτλος: Επικοινωνίες υπολογιστών και δεδομένων (8η έκδοση)
 - Συγγραφείς: Stallings William
 - Έτος: 2011, Εκδόσεις Τζιόλα



Βασικά στοιχεία ευρυζωνικών επικοινωνιών (Μέρος 1)

Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στα βασικά στοιχεία των ευρυζωνικών επικοινωνιών
- Παρουσίαση του μοντέλου ISO/OSI
- Εισαγωγή στη μετάδοση δεδομένων
- Ανάλυση της ευρυζωνικότητας και των πλεονεκτημάτων της



Περιεχόμενα ενότητας

- Πληροφορίες και ύλη μαθήματος
- Μοντέλο ISO/OSI
- Μετάδοση δεδομένων
- Τι είναι η ευρυζωνικότητα
- Η σπουδαιότητα της ευρυζωνικότητας
- Πλεονεκτήματα ευρυζωνικής πρόσβασης



Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα

- Σκοπός των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι η μεταβίβαση πληροφοριών από ένα σημείο του χώρου που ονομάζεται πομπός σε ένα άλλο σημείο του χώρου που ονομάζεται δέκτης, με τη βοήθεια ενός μέσου διάδοσης
- Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα εξελίσσονται με το χρόνο
- Η πραγματοποίηση της επικοινωνίας διέπεται από:
 - σαφείς κανόνες
 - αυστηρότητα
 - μεγάλη πολυπλοκότητα



Ανάπτυξη των δικτυακών τεχνολογιών

- Η ταχύτατη ανάπτυξη των δικτυακών τεχνολογιών και η σύγκλιση των τηλεπικοινωνιών με την πληροφορική επιφέρουν σημαντικές ανατροπές στα μοντέλα ανάπτυξης
- Παράλληλα, επιδρούν καθοριστικά και στα κοινωνικά μοντέλα οργάνωσης που σκοπό έχουν την εξασφάλιση της συμμετοχής, της συνοχής και της ισονομίας των πολιτών, την ισότιμη επικοινωνία και την πρόσβαση στη γνώση



Μοντέλο OSI

- Αποτελεί μια ευρέως αποδεκτή τεχνική δόμησης σε επίπεδα
- Υποδιαιρεί τις λειτουργίες ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου σε επτά (7) επίπεδα
- Κάθε επίπεδο σχετίζεται με ένα υποσύνολο λειτουργιών που απαιτούνται για την επικοινωνία με κάποιο άλλο σύστημα
- Κάθε επίπεδο στηρίζεται στο αμέσως χαμηλότερο (αξιοποιεί τις λειτουργίες του κατώτερου επιπέδου)



Επίπεδα μοντέλου OSI

- Επίπεδο 7: Εφαρμογής
- Επίπεδο 6: Παρουσίασης
- Επίπεδο 5: Συνόδου
- Επίπεδο 4: Μεταφοράς
- Επίπεδο 3: Δικτύου
- Επίπεδο 2: Διασύνδεσης (Ζεύξης) Δεδομένων
- Επίπεδο 1: Φυσικό

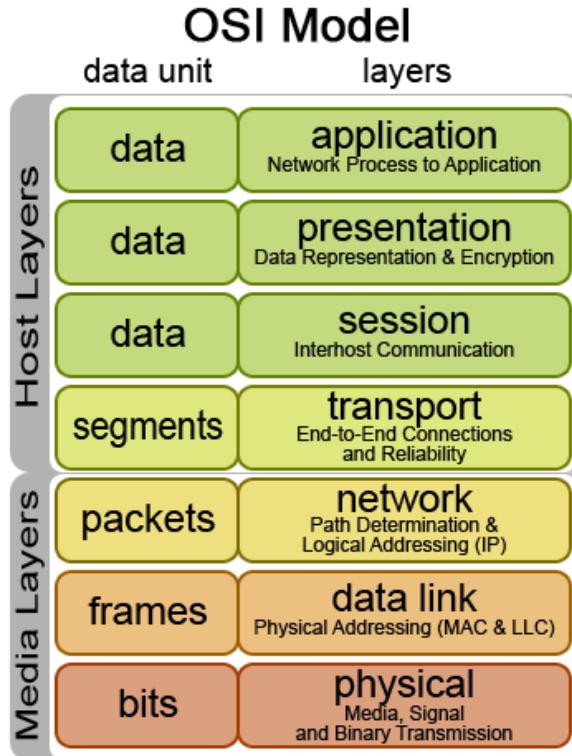


Επίπεδα μοντέλου OSI

- Στοίβα πρωτόκόλλων: Μια υλοποίηση του μοντέλου με καθορισμένα πρωτόκολλα για κάθε επίπεδο.
- Κάθε ένα από αυτά τα πρωτόκολλα υλοποιείται είτε από το λογισμικό είναι από το υλικό
- Λογισμικό: Επίπεδα 4-7
- Υλικό: Επίπεδα 1-3



Μοντέλο OSI



Μοντέλο OSI

(πηγή: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Osi-model.png>)



Φυσικό Επίπεδο (1/2)

- Χαμηλότερο επίπεδο μοντέλου OSI
- Αποτελεί τη φυσική διεπαφή ανάμεσα σε συσκευές (Καθορίζει την μετάδοση και λήψη απλών bit)
- Είναι υπεύθυνο τόσο για τη μετάδοση όσο και για τη λήψη απλών ακατέργαστων bit (raw bit) από και προς μια συσκευή μέσω του μέσου μετάδοσης



Φυσικό Επίπεδο (2/2)

- Χαρακτηριστικά
 - Μηχανικό: Οι φυσικές ιδιότητες της διεπαφής σε ένα μέσο μετάδοσης
 - Ηλεκτρικό: Αναπαράσταση των bit
 - Λειτουργικό: Καθορίζει τις λειτουργίες που εκτελούνται από τα ανεξάρτητα κυκλώματα της φυσικής διεπαφής
 - Διαδικαστικό: Καθορίζει την ακολουθία γεγονότων για την ανταλλαγή bit μέσω ενός φυσικού μέσου



Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων

- Επιχειρεί να κάνει αξιόπιστη τη φυσική σύνδεση
 - Ενεργοποίηση, επισκευή και απενεργοποίηση της ζεύξης
- Ανίχνευση και έλεγχος σφαλμάτων του φυσικού επιπέδου (χωρίς να σημαίνει ότι δε γίνεται έλεγχος και από τα υψηλότερα στρώματα)
- Αποτελείται από δύο υποεπίπεδα:
 - Medium Access Control (MAC) layer
 - Logical Link Control (LLC) layer



Επίπεδο Δικτύου

- Παρέχει υπηρεσίες για τη μεταφορά πληροφορίας ανάμεσα σε τερματικά συστήματα ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου
- Τα υψηλότερα στρώματα δε χρειάζεται να γνωρίζουν οτιδήποτε για την υποκείμενη μετάδοση δεδομένων και τις τεχνολογίες μεταγωγής
- Στο επίπεδο αυτό ανήκει το IP



Επίπεδο Μεταφοράς

- Είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε τερματικά συστήματα
- Εξασφαλίζει τη μετάδοση δεδομένων απαλλαγμένη από σφάλματα στη σωστή σειρά χωρίς πολλαπλά αντίγραφα ή απώλειες
- Μπορεί να παρέχει μια ζητούμενη Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) στο επίπεδο συνόδου
- Στο επίπεδο αυτό ανήκει το TCP και το UDP



Επίπεδο Συνόδου

- Παρέχει το μηχανισμό για τον έλεγχο της επικοινωνίας μεταξύ εφαρμογών και τερματικών συστημάτων
- Κυριότερες υπηρεσίες:
 - Τρόπος «διαλόγου» (full-duplex ή half duplex)
 - Ομαδοποίηση ροής δεδομένων
 - Ανάκτηση (π.χ. μηχανισμός με σημεία έλεγχου για την επαναμετάδοση δεδομένων)



Επίπεδο Παρουσίασης

- Καθορίζει τη μορφή των δεδομένων που πρόκειται να ανταλλαγούν ανάμεσα στις εφαρμογές
- Προσφέρει ένα σύνολο υπηρεσιών μετασχηματισμού δεδομένων σε μορφή που αποδέχεται το επίπεδο εφαρμογής
- Παραδείγματα υπηρεσιών:
 - Συμπίεση
 - Κρυπτογράφηση δεδομένων



Επίπεδο Εφαρμογής

- Το ανώτερο επίπεδο – το πλησιέστερο προς το χρήστη
- Παρέχει το μέσο ώστε τα προγράμματα εφαρμογών να έχουν πρόσβαση στο περιβάλλον του OSI
- Περιλαμβάνει:
 - Διαχειριστικές λειτουργίες
 - Μηχανισμούς για την υποστήριξη κατανεμημένων εφαρμογών
 - Εφαρμογές γενικού σκοπού (π.χ. μεταφορά αρχείων, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, πρόσβαση τερματικού σε απομακρυσμένους υπολογιστές)



Μετάδοση Δεδομένων (1/3)

- Τα μέσα μετάδοσης μπορεί να είναι:
 - Κατευθυνόμενα (guided) – τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα οδηγούνται μέσω ενός φυσικού μονοπατιού (ενσύρματα)
 - Μη κατευθυνόμενα (unguided) – τα κύματα μεταδίδονται στο κενό, στον αέρα κτλ. (ασύρματα)



Μετάδοση Δεδομένων (2/3)

- Μονοπάτι μετάδοσης:
 - Direct link – τα σήματα κατευθύνονται από τον πομπό στο δέκτη χωρίς να παρεμβάλλονται άλλες συσκευές εκτός από ενισχυτές ή επαναλήπτες (repeaters)
- Συνδέσεις:
 - Point-to-point – Το μέσο μετάδοσης παρέχει σύνδεση σημείου προς σημείο αν αποτελεί έναν κατευθείαν σύνδεσμο μεταξύ δύο συσκευών που μοιράζονται αποκλειστικά το μέσο
 - Multipoint – Το μέσο μετάδοσης μοιράζεται σε περισσότερες από δύο συσκευές



Μετάδοση Δεδομένων (3/3)

- Μονόδρομη (simplex)
 - Τα σήματα μεταδίδονται προς μια κατεύθυνση. Ο ένας σταθμός είναι ο πομπός και ο άλλος ο δέκτης.
- Αμφίδρομη εναλλασσόμενη (half duplex)
 - Οι 2 σταθμοί είναι πομποί και λήπτες, αλλά κάθε φορά μεταδίδει μόνο ο ένας
- Αμφίδρομη ταυτόχρονη (full duplex)
 - Οι 2 σταθμοί είναι πομποί και λήπτες. Μεταδίδουν ταυτόχρονα (το μέσο μετάδοσης μεταφέρει σήματα ταυτόχρονα και προς τις 2 κατευθύνσεις)



Τι είναι η Ευρυζωνικότητα (1/4)

- Τι είναι μια ευρυζωνική σύνδεση σύμφωνα με τη Vodafone?
 - Μία υψηλής ταχύτητας σύνδεση και αποκαλείται ευρυζωνική επειδή καλύπτει ένα μεγάλο μέρος του φάσματος συχνοτήτων και η αποστολή και παραλαβή δεδομένων είναι πολύ υψηλότερη από μια απλή σύνδεση
- Ως ευρυζωνικότητα με την ευρεία έννοια ορίζεται ως το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον, αποτελούμενο από:



Τι είναι η Ευρυζωνικότητα (2/4)

1. Την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο

- Σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού
- Με ανταγωνιστικές τιμές
- Χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό



Τι είναι η Ευρυζωνικότητα (3/4)

2. Την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:

- επιτρέπει την κατανεμημένη ανάπτυξη υπαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών
- δίνει τη δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές
- ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα
- είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον κόστος ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται



Τι είναι η Ευρυζωνικότητα (4/4)

3. Τη δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει:

- ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του
- μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών
- μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας και με πιθανή συμμετοχή του ίδιου του πολίτη

4. Το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο:

- πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την οικονομική ανάπτυξη μέσω της Ευρυζωνικότητας και της Κοινωνίας της Πληροφορίας



Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Η Ευρυζωνική πρόσβαση χαρακτηρίζεται από:
 - ικανότητα μεταφοράς μεγάλου όγκου πληροφορίας μεταξύ επικοινωνούντων συστημάτων και τελικών χρηστών
 - δυνατότητα συνεχούς σύνδεσης με παρόχους πολυμεσικού περιεχομένου
 - μετάδοση στο βρόχο πρόσβασης (τελευταίο μίλι) καλής ποιότητας διαδραστικού video



Προϋποθέσεις Ευρυζωνικής Πρόσβασης

- Πολιτικές και οικονομικές συνθήκες που διασφαλίζουν την επεκτασιμότητα, κλιμάκωση και βιωσιμότητα υποδομών και υπηρεσιών
- Ύπαρξη δικτυακών υποδομών κορμού υπέρ-υψηλών ταχυτήτων
- Ύπαρξη διακινούμενης πληροφορίας αντιστοίχου όγκου, ενδιαφέροντος και οικονομικής αξίας



Σπουδαιότητα της Ευρυζωνικότητας (1/3)

- Η πολιτεία στο ρόλο ενός σημαντικού χρήστη τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μπορεί μέσα από την προσπάθεια κάλυψης των αναγκών της να λειτουργεί ως καταλύτης σημαντικών αλλαγών στην εξέλιξη της τηλεπικοινωνιακής αγοράς
- Η σημασία της στην ανάπτυξη μιας χώρας επιβεβαιώνεται από την δραστηριοποίηση πολλών κρατών, που τοποθετούν τα έργα τέτοιων υποδομών ως βασικό στρατηγικό στόχο



Σπουδαιότητα της Ευρυζωνικότητας (2/3)

- Η ανάπτυξη ευρυζωνικών δικτύων έχει υιοθετηθεί από την κοινή Ευρωπαϊκή πολιτική για την υλοποίηση της Κοινωνίας της Πληροφορίας καθώς επίσης και από μεγάλους οργανισμούς (ΟΟΣΑ)
- Το σχέδιο δράσης Digital Agenda for Europe υπό την στρατηγική Europe 2020, θέτει τα ζητήματα ευρυζωνικής πρόσβασης ως σημαντική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Σπουδαιότητα της Ευρυζωνικότητας (3/3)

- Οι ευρυζωνικές υποδομές μπορούν να διασφαλίσουν την υποστήριξη των αναγκών του δημόσιου τομέα αλλά και την αξιόπιστη και γρήγορη παροχή των υπηρεσιών προς τους πολίτες
- Η συγκέντρωση της ζήτησης, η διάθεση των πόρων και η ανταλλαγή των εμπειριών μεταξύ κυβέρνησης και οργανισμών αλλά και του ιδιωτικού τομέα θα αποτρέψει την ανάπτυξη πολλαπλών υποδομών
- Αναμένεται να μειώσει το σημαντικό κόστος που καταβάλλεται για τη λεπτικονωνιακές υπηρεσίες



Πλεονεκτήματα Ευρυζωνικής Πρόσβασης

- Τα ευρυζωνικά δίκτυα πρόκειται να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο:
 - Επικοινωνούμε
 - Ενημερωνόμαστε
 - Συλλέγουμε και επεξεργαζόμαστε πληροφορίες
 - Εργαζόμαστε - Εκπαιδευόμαστε
 - Συναλλασσόμαστε
 - Ψυχαγωγούμαστε
 - Απολαμβάνουμε ένα πιο εξελιγμένο σύστημα υγείας
 - Συμμετέχουμε σε εκπαιδευτικές και ερευνητικές δραστηριότητες



Πλεονεκτήματα Ευρυζωνικής Πρόσβασης για τη ζωή των πολιτών

- Προοπτικές στη ζωή των πολιτών:
 - «τηλε»-υπηρεσίες (τηλε-εργασία, τηλε-εκπαίδευση, τηλε-ιατρική, τηλε-συνεδρίαση κτλ.)
 - δικτυακές υπηρεσίες ανάμεσα σε ομότιμους κόμβους (peer-to-peer networking services)
 - μετάδοση video υψηλής ποιότητας
 - αλληλεπιδραστικά παιχνίδια
 - παροχή πληροφοριών, ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων αλλά και εμπορικών συναλλαγών



Πλεονεκτήματα Ευρυζωνικής Πρόσβασης για το Δημόσιο Τομέα

- Προοπτικές στο Δημόσιο Τομέα
 - αποδοτικότερη αλληλεπίδραση μεταξύ δημόσιων υπηρεσιών και πολιτών μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών
 - βελτίωση και απλοποίηση παρεχόμενων υπηρεσιών του κράτους προς τους πολίτες
 - παροχή εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων
 - πλεονεκτήματα στον τομέα της υγείας ανεξάρτητα από τη γεωγραφική περιοχή



Πλεονεκτήματα Ευρυζωνικής Πρόσβασης για τον Ιδιωτικό Τομέα

- Προοπτικές στον Ιδιωτικό Τομέα
 - βελτίωση και απλοποίηση παρεχόμενων υπηρεσιών του κράτους προς τις επιχειρήσεις
 - απλοποίηση του τρόπου εισαγωγής των επιχειρήσεων στο νέο ψηφιακό περιβάλλον
 - υλοποίηση νέων εξελιγμένων μηχανισμών διαφήμισης και προώθησης των προϊόντων και των υπηρεσιών τους
 - ελαχιστοποίηση της σημασίας της γεωγραφικής περιοχής στην οποία εδρεύει και λειτουργεί μια επιχείρηση
 - ανάπτυξη των δραστηριοτήτων στον τομέα του ηλεκτρονικού εμπορίου

Ρόλος Ευρυζωνικής Πρόσβασης στην γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος

- Εξάλειψη σημαντικών παραγόντων «αποκλεισμού» μεγάλων ομάδων πληθυσμού και περιοχών της χώρας, όπως της απόστασης και του χρόνου
- Η εγκατάσταση ευρυζωνικών υποδομών λειτουργεί ευεργετικά στη γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος, κυρίως σε απομακρυσμένες και λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές, οι οποίες αντιμετωπίζουν τους πιο έντονους τεχνολογικούς αποκλεισμούς



Υπηρεσίες μέσω Ευρυζωνικών Δικτύων

- Στον τομέα της εκπαίδευσης: εφαρμογές ηλεκτρονικής εκπαίδευσης (e-learning)
- Στον τομέα της υγείας: εφαρμογές τηλεϊατρικής (e-health)
- Στον τομέα της εξυπηρέτησης του πολίτη: εφαρμογές e-government
- Στον τομέα του επιχειρείν: εφαρμογές e-επιχειρείν
- Στον τομέα της επικοινωνίας: νέες μέθοδοι επικοινωνίας με μικρότερο κόστος
- Στον τομέα της ενημέρωσης και της ψυχαγωγίας: online παιχνίδια, αμφίδρομη διαδραστική τηλεόραση, παρακολούθηση ταινιών από ηλεκτρονικές ταινιοθήκες



Σύντομη ανασκόπηση

- Πληροφορίες μαθήματος
- Μοντέλο ISO/OSI
- Μετάδοση δεδομένων
- Τι είναι η ευρυζωνικότητα
- Η σπουδαιότητα της ευρυζωνικότητας
- Χαρακτηριστικά και προϋποθέσεις ευρυζωνικότητας
- Πλεονεκτήματα ευρυζωνικής πρόσβασης
- Τομείς που ωφελούνται από τα ευρυζωνικά δίκτυα



Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 1)
- Βιβλία:
 - Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών, Πομπόρτσης Α.
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - Broadband Communications, Balaji Cumar
- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/> (eclass μαθήματος)



Ερωτήσεις



ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 2: Βασικά στοιχεία ευρυζωνικών επικοινωνιών
Μέρος 2

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,
site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στα βασικά στοιχεία ευρυζωνικών επικοινωνιών
- Παρουσίαση βασικών υπηρεσιών
- Παρουσίαση διαθέσιμων πακέτων υπηρεσιών
- Επεξήγηση της αποδέσμευσης τοπικού βρόχου
- Παρουσίαση των δικτύων επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος



Περιεχόμενα ενότητας

- Υπηρεσίες μέσω ευρυζωνικών δικτύων
- Πακέτα υπηρεσιών
- Ευρυζωνικές δικτυακές τεχνολογίες
- Last mile
- Local loop
- Δίκτυα επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος
- Cable networks+



Βασικά στοιχεία ευρυζωνικών επικοινωνιών (Μέρος 2)

Η υπηρεσία Internet Protocol Television - IPTV (1/4)

- Σύστημα ψηφιακής τηλεόρασης που μεταδίδεται στους συνδρομητές-χρήστες του διαδικτύου, μέσω του IP πρωτοκόλλου και μίας ευρυζωνικής σύνδεσης
- Η μετάδοση IPTV προγραμμάτων μπορεί να παρέχεται δωρεάν ή και επί πληρωμή ενώ ήδη υπάρχουν εκατοντάδες δωρεάν IPTV τηλεοπτικά κανάλια στο διαδίκτυο
- Δίνει τη δυνατότητα αδιάκοπου streaming, οπότε το περιεχόμενο τους είναι άμεσα διαθέσιμο στους χρήστες που «συντονίζονται»
- Έχει επιχειρησιακή εφαρμογή (αφού η υπηρεσία αυτή μπορεί να μεταδοθεί μέσω συνεργατικών Local Area Networks-LANs) αλλά και οικιακή χρήση

Η υπηρεσία Internet Protocol Television - IPTV (2/4)

- Υποστήριξη μετάδοσης τόσο ζωντανών “live” τηλεοπτικών προγραμμάτων όσο και μετάδοση “playback” βίντεο (timeshifting, catch-up TV, start-over TV, video on demand)
- Ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει το περιεχόμενο της υπηρεσίας IPTV που επιθυμεί μέσω ενός υπολογιστή ή μίας ειδικής set-top box (STB) συσκευής συνδεδεμένης στην τηλεόραση
- Προσφέρει διαδραστικές δυνατότητες. Οι χρήστες μπορούν να πραγματοποιούν αναζήτηση περιεχομένου με βάση τον τίτλο μίας εκπομπής ή μίας ταινίας, με βάση το όνομα ενός ηθοποιού ή ακόμα και να παρακολουθούν τα στατιστικά ενός αθλητή κατά τη διάρκεια ενός αθλητικού γεγονότος



Η υπηρεσία Internet Protocol Television - IPTV (3/4)

- Παλαιότερα, πραγματοποιείτο συμπίεση του βίντεο με MPEG-2 κωδικοποίηση
- Η χρήση MPEG-4 κωδικοποίησης, η οποία οδηγεί σε μικρότερες απαιτήσεις εύρους ζώνης, έχει πλέον επικρατήσει της MPEG-2



Η υπηρεσία Internet Protocol Television - IPTV (4/4)

- Έχει σαφείς απαιτήσεις στην ελάχιστη απαιτούμενη ταχύτητα για να αποδώσει εικόνα σταθερού framerate. Η εικόνα που βλέπει ο χρήστης αποτελείται από Frames per Second (FPS). Τα οπτικοακουστικά προγράμματα απαιτούν τουλάχιστον 24 FPS.
- Είναι ευαίσθητη στην απώλεια πακέτων και στη μη αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων.



Η υπηρεσία Video on Demand – VoD (1/3)

- Η υπηρεσία VoD επιτρέπει στους χρήστες να επιλέγουν και να βλέπουν ταινίες από ηλεκτρονικές ταινιοθήκες μέσω ενός αλληλεπιδραστικού συστήματος τηλεόρασης
- Παρέχει ιδιαίτερη ελευθερία και ευελιξία στους χρήστες αφού μπορούν να παρακολουθήσουν μία ταινία ή ένα εκπαιδευτικό βίντεο οποιαδήποτε χρονική στιγμή αυτοί το επιθυμούν
- Η ευελιξία που παρέχει την έχει κάνει ιδιαίτερα δημοφιλή (π.χ. Netflix, Amazon Prime).



Η υπηρεσία Video on Demand – VoD (2/3)

- Τα βίντεο είναι αποθηκευμένα στο αποθηκευτικό μέσο του Video Server
- Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθήσουν την ταινία είτε αφού έχει αποθηκευτεί σε μέσο του χρήστη (download systems) είτε σε πραγματικό χρόνο (streaming systems) χωρίς αποθήκευση
- Παροχή δυνατότητας ενός μεγάλου πλήθους λειτουργιών ελέγχου όπως pause, fast forward, fast rewind, jump to previous/future frame κτλ.

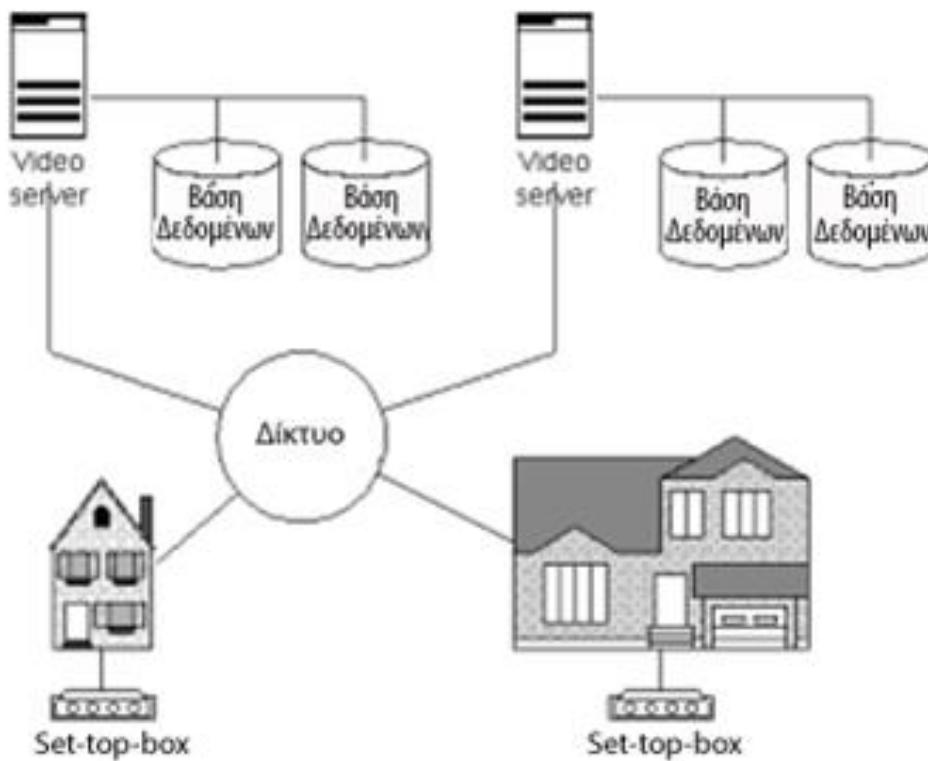


Η υπηρεσία Video on Demand – VoD (3/3)

- Γνώρισε μεγάλη εξέλιξη μετά τη δεκαετία του 1990.
- Το 2019 περισσότεροι από 1733 εκατομμύρια χρήστες επιλέγουν υπηρεσίες VOD. Ο αριθμός αυτός το 2024 αναμένεται να ξεπεράσει τα 2132 εκατομμύρια χρήστες
- (Πηγή: Statista
<https://www.statista.com/statistics/456771/video-on-demand-users-worldwide-forecast/>)



Βασική αρχιτεκτονική VoD



Βασική αρχιτεκτονική Video on Demand



Streaming Services

- Απαιτεί διασύνδεση στο διαδίκτυο
- Εναλλακτική υπηρεσία στο κατέβασμα αρχείων «file downloading»
- Ο χρήστης κατέχει τα δικαιώματα πρόσβασης σε περιεχόμενο, αλλά δεν κατεβάζει το αρχείο στον προσωπικό του αποθηκευτικό χώρο. Αντιθέτως όταν θέλει να έχει πρόσβαση στο περιεχόμενο απλά το κάνει streaming από την επιλεχθείσα υπηρεσία
- Δημοφιλείς υπηρεσίες streaming:
Hulu, Netflix, Amazon Prime, Disney+



Η υπηρεσία Voice over Internet Protocol - VoIP (1/3)

- Η υπηρεσία VoIP γνωστή και ως «τηλεφωνία μέσω Internet» αποτελεί το σύστημα τηλεφωνικών συνομιλιών που διενεργούνται μέσω του διαδικτύου ή οποιουδήποτε δικτύου βασισμένου στο IP πρωτόκολλο, μετατρέποντας τη φωνή σε πακέτα δεδομένων
- Παρέχει φωνητική συνομιλία σε πραγματικό χρόνο με σχετικά καλή ποιότητα και με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος



Η υπηρεσία Voice over Internet Protocol - VoIP (2/3)

- Επιτρέπεται η διεξαγωγή κλήσεων ή video-conference μέσω του διαδικτύου ανεξάρτητα από τη γεωγραφική θέση του χρήστη και δεδομένης μίας σταθερής και γρήγορης σύνδεσης
- Δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να πραγματοποιούν ή να δέχονται κλήσεις ενώ ταξιδεύουν



Η υπηρεσία Voice over Internet Protocol - VoIP (3/3)

- Η χρήση της VoIP τηλεφωνίας έχει το μειονέκτημα ότι βασίζεται στην ύπαρξη μίας σταθερής, αξιόπιστης και γρήγορης σύνδεσης στο διαδίκτυο, κάτι που δεν είναι πάντα εφικτό
- Καθώς η VoIP στερείται μίας εγγυημένης Ποιότητας Υπηρεσίας (Quality of Service - QoS), μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή καθυστέρηση μετάδοσης της φωνής, υψηλό jitter (διακύμανση του Latency στην κλίμακα του χρόνου) και σε απώλεια πακέτων ιδιαίτερα σε δίκτυα με μεγάλη συμφόρηση



Η υπηρεσία Cable TV (1/2)

- Η καλύτερη τηλεόραση δημιουργήθηκε για καλύτερη ποιότητα τηλεόρασης, συνδέοντας τους συνδρομητές με ένα δίκτυο ομοαξονικών καλωδίων αποφεύγοντας το θόρυβο και επιφέροντας μεγάλα κέρδη λόγω του συνδρομητικού χαρακτήρα της
- Πιο σύγχρονα συστήματα Cable TV αντί για ομοαξονικά καλώδια χρησιμοποιούν καλώδια οπτικών ινών.
- Το σημαντικότερο πλεονέκτημά της είναι η χωρητικότητά της σε σύγκριση με την εναέρια εκπομπή προγραμμάτων. Συστήματα που βασίζονται σε καλώδια οπτικών ινών έχουν εύρος ζώνης 750MHz και μπορούν να μεταδώσουν πάνω από 100 κανάλια



Η υπηρεσία Cable TV (2/2)

- Στη μεγαλύτερη αγορά Cable TV, στις Ηνωμένες Πολιτείες, το 2018 υπήρχαν περίπου 90 εκατομμύρια συνδρομητές
- Το πλήθος αυτών των συνδρομητών αναμένεται το 2020 να περιοριστεί σε περίπου 82 εκατομμύρια συνδρομητές
- Η μείωση αυτή εντοπίζεται στο μεγάλο κόστος της συνδρομητικής τηλεόρασης σε σχέση με άλλες υπηρεσίες όπως το streaming

(Πηγή: nocable.com

<https://nocable.org/learn/cable-tv-cord-cutting-statistics/>)



Η υπηρεσία Cable TV – Εξοπλισμός (1/2)

- Σε αντίθεση με τις υπηρεσίες που αναφέρθηκαν, δε χρησιμοποιεί το internet αλλά τη δική της δικτυακή υποδομή
- Στις εγκαταστάσεις του χρήστη τοποθετείται μια συσκευή που καλείται αποκωδικοποιητής
- Ο αποκωδικοποιητής αποτελείται από το μετατροπέα (converter) και το descrambler
- Αντίστροφοι converters και scramblers υπάρχουν στις εγκαταστάσεις του διανομέα του σήματος



Η υπηρεσία Cable TV – Εξοπλισμός (2/2)

- Ο converter χρησιμοποιείται για την επιλογή των βασικών καναλιών που προσφέρει ο φορέας, κλειδώνοντας στα αντίστοιχα φάσματα συχνοτήτων
- Ο descrambler χρησιμοποιείται για την αποκωδικοποίηση καναλιών που δεν προσφέρονται απευθείας αλλά απαιτούν επιπλέον συνδρομή (premium)
- Ο αποκωδικοποιητής είναι προσπελάσιμος μέσω διεύθυνσης (addressable) από την εταιρία – πάροχο του σήματος, κάτι που της δίνει τη δυνατότητα ελέγχου, ενεργοποίησης και απενεργοποίησης του αποκωδικοποιητή



Η υπηρεσία Cable TV – Τεχνολογίες δικτύων

- Ομοαξονικά δίκτυα:
 - Τα πρώτα δίκτυα με κλασσική ομοαξονική καλωδίωση. Μειονεκτήματα: απαίτηση πολλών ενισχυτών, μικρή ανθεκτικότητα
- Δίκτυα οπτικών ινών:
 - Το δίκτυο σε όλη τη διαδρομή μέχρι τις οικίες (Fiber To The Home) ή τουλάχιστον μέχρι ομάδες σπιτιών (Fiber To The Neighborhood) είναι πλήρως οπτικό
- Υβριδικά δίκτυα οπτικών ινών – ομοαξονικών καλωδίων
 - Το όλο σύστημα αποτελείται από καλώδια και των δύο τύπων, αυξάνοντας την αξιοπιστία, τη χωρητικότητα και μειώνοντας το κόστος



Cable Networks

- Για να χρησιμοποιηθεί το δίκτυο της καλωδιακής τηλεόρασης για την ανταλλαγή δεδομένων θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας
- Για την αναβάθμιση του δικτύου της καλωδιακής τηλεόρασης απαιτούνται ειδικά Modems (Cable Modems) και αναβάθμιση των ενισχυτών
- Ο συνδρομητής συνδέει το Cable Modem στο καλώδιο το οποίο εισέρχεται στην τηλεόραση και ο πάροχος της καλωδιακής τηλεόρασης συνδέει ένα Τερματικό Σύστημα Καλωδιακών Modem (Cable Modem Termination System CMTS) στο δικό του άκρο



Αρχιτεκτονική Cable Networks

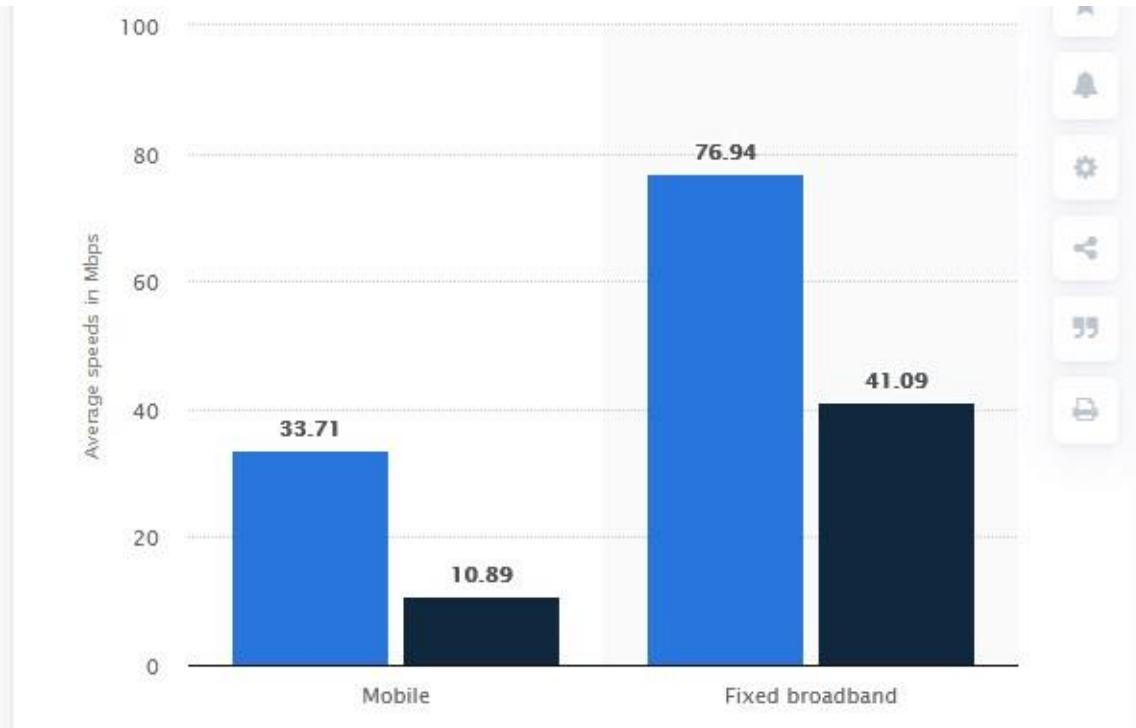
- Ένα τυπικό καλωδιακό δίκτυο αποτελείται από τρία τμήματα:
 - Το Regional Cable Headend εξυπηρετεί 200.000 έως 400.000 σπίτια και τροφοδοτεί τα distribution hubs μέσω ενός μητροπολιτικού δαχτυλιδιού ινών
 - Στα distribution hubs (κάθε ένα που εξυπηρετεί 20.000 έως 40.000 σπίτια) το σήμα μετατρέπεται σε αναλογικό και μεταφέρεται μέσω οπτικών ινών στους κόμβους
 - Από τους κόμβους που εξυπηρετούν από 500 έως 1.000 σπίτια, τα σήματα μεταφέρονται μέσω ομοαξονικού καλωδίου (ή οπτικής ίνας σε πλήρως οπτικά δίκτυα) σε ένα σπίτι ή μια επιχείρηση



Εκτιμήσεις για τη χρήση εύρους ζώνης από υπηρεσίες

Υπηρεσίες	Downstream	Upstream
Browsing/email	<5 Mbps	2 Mbps
HDTV/κανάλι/συσκευή	16 Mbps	0.5 Mbps
Peer to peer	<4 Mbps	<4 Mbps
VoIP	<1 Mbps	<1 Mbps
Gaming	3 Mbps ανά παίκτη	3 Mbps ανά παίκτη
Instant messaging	<1 Mbps	<1 Mbps
Audio, web radio, podcasts	<2 Mbps	<0.5 Mbps
Video Streaming	<25 Mbps	<1 Mbps
Video Conference	5 Mbps	3 Mbps
Home Security	2 Mbps	<0.5 Mbps
E-government	<5 Mbps	<8 Mbps

Ταχύτητες συνδέσων στον κόσμο

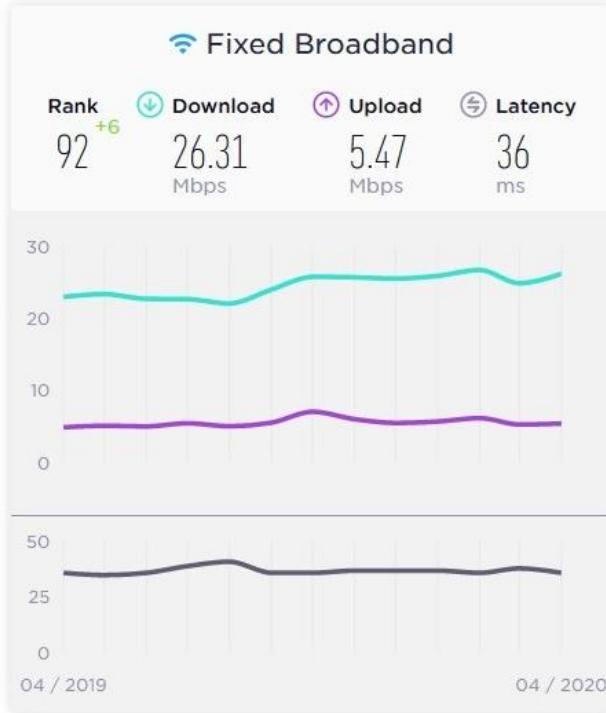


Μέσες ταχύτητες για ιανητές και σταθερές ευρυζωνικές συνδέσεις (Μάϊος 2020)

(πηγή: <https://www.statista.com/statistics/896779/average-mobile-fixed-broadband-download-upload-speeds/>)



Μέση ταχύτητα ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα



Σύγκλιση υπηρεσιών φωνής – δεδομένων – βίντεο (1/2)

- Με την ολοένα και μεγαλύτερη ανάπτυξη των ευρυζωνικών δικτύων και την προσιτή σύνδεση σε αυτά και των οικιακών χρηστών παρατηρήθηκε μεγάλη ανάγκη για τη σύγκλιση των υπηρεσιών φωνής, δεδομένων και βίντεο σε ένα ενιαίο δίκτυο
- Οι υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιούν κοινούς πόρους και παράλληλα να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρέχοντας έτσι πολλές νέες δυνατότητες



Σύγκλιση υπηρεσιών φωνής – δεδομένων – βίντεο (2/2)

- Οι μεγάλοι πάροχοι επιδίωξαν τη δημιουργία πακέτων υπηρεσιών ώστε να προσφέρουν περισσότερες και υψηλής ποιότητας υπηρεσίες και να καλύψουν μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς
- Τα πακέτα αυτά μπορούν να προσαρμόζονται στις ανάγκες του χρήστη
- Τα ολοκληρωμένα αυτά επιχειρηματικά πακέτα συνδυάζουν υπηρεσίες:
 - φωνής
 - βίντεο
 - Δεδομένων



Πακέτα υπηρεσιών

- Τα πακέτα αυτά που συνδυάζουν με ενιαίο τρόπο τις παραπάνω υπηρεσίες δημιουργούν ένα νέο είδος πακέτων υπηρεσιών με την ονομασία X-Play
- Ανάλογα με το βαθμό σύγκλισης των υπηρεσιών αυτών προκύπτουν τα πακέτα υπηρεσιών Double Play (2Play), Triple Play (3Play) και Quadruple Play (4Play)



Πακέτα υπηρεσιών: Double play

- Double play
 - Συνδυασμός των υπηρεσιών φωνής και δεδομένων (Internet)
 - Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα πρώτο στάδιο σύγκλισης των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών φωνής και δεδομένων
 - Συνήθως προσφέρεται ευρυζωνική σύνδεση της τάξης των 24 Mbps



Πακέτα υπηρεσιών: Triple play

- Triple Play
 - Συνδυασμός της ταυτόχρονης παροχής υψηλών ταχυτήτων πρόσβασης στο διαδίκτυο, των υπηρεσιών τηλεόρασης (IPTV, VoD) και τηλεφωνίας (VoIP)
 - Ο χρήστης έχει με αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα να πληρώνει για τις υπηρεσίες αυτές σε ένα μόνο πάροχο και μάλιστα με συγκριτικά πολύ μικρότερο κόστος
 - Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο πακέτο υπηρεσιών με στόχο τη δημιουργία ενός εμπορικού μοντέλου παρά την αντιμετώπιση τεχνικών ζητημάτων από την ταυτόχρονη παροχή των υπηρεσιών φωνής – δεδομένων – βίντεο



Πακέτα υπηρεσιών: Quadruple play

- Quadruple Play (ή 4play)
 - Αποτελεί εξέλιξη της Triple Play. Πλέον της ενσύρματης δικτυακής υποδομής γίνεται χρήση και ασύρματων επικοινωνιών για τη μετάδοση υπηρεσιών βίντεο, τηλεφωνίας και Internet
 - Η πρόσφατη ανάπτυξη της κινητής τηλεφωνίας και η ευρεία διάδοση και χρήση των δικτύων νέας γενιάς (4G/5G) κατέστησαν εφικτή τη μετάδοση των παραπάνω υπηρεσιών και σε χρήστες που λαμβάνουν το περιεχόμενο που επιθυμούν στην κινητή τους συσκευή
 - Αυτή η τεχνολογία επέτρεψε την δημιουργία πακέτων ειδικών για τις διαθέσιμες ταχύτητες των χρηστών, τις αποστάσεις μεταξύ τους αλλά και την αντιμετώπιση περιπτώσεων «non line of sight»



Ενσύρματες Ευρυζωνικές Δικτυακές Τεχνολογίες

- Οπτικές ίνες: οι τεχνολογίες οπτικών ινών δημιουργούν μια οικογένεια αρχιτεκτονικών που ονομάζεται FTTx
- Οι ασυμμετρικές τεχνολογίες πρόσβασης αναφέρονται γενικά ως xDSL και οι κυριότερες είναι: ADSL, HDSL, SDSL και VDSL
- Gigabit Ethernet: σύνολο των τεχνολογιών για την υλοποίηση δικτύων Ethernet σε ονομαστικές ταχύτητες μετάδοσης ενός Gigabit το δευτερόλεπτο
- Τεχνολογία Communication over Power Lines (CoPL): χρησιμοποιεί την υπάρχουσα υποδομή ηλεκτρικού ρεύματος για τη μεταφορά δεδομένων
- Cable networks: Αναβάθμιση του δικτύου καλωδιακής τηλεόρασης για αμφίδρομη επικοινωνία



Ασύρματες Ευρυζωνικές Δικτυακές Τεχνολογίες (2/2)

- Το πρότυπο IEEE 802.16
 - WiMAX
- Κυρίαρχα (σε χρήση) συστήματα κινητών επικοινωνιών επόμενης γενιάς
 - LTE
 - LTE-Advanced
 - 5G
- Σε ανάπτυξη συστήματα κινητών επικοινωνιών
 - 5G and Beyond
 - 6G



Last Mile (1/3)

- Συχνά αναφέρεται ως «Last kilometer»
- Με τον όρο «last mile» (ή τελευταίο μίλι) ορίζεται το τελικό σκέλος της παροχής διασύνδεσης από έναν πάροχο επικοινωνιών σε έναν πελάτη
- Για να ικανοποιηθούν οι αυξημένες απαιτήσεις των τελικών χρηστών απαιτείται η χρήση ευρυζωνικών συνδέσεων οι οποίες θα καλύπτουν το last mile



Last Mile (2/3)

- Η κάλυψη του last mile με οπτική ίνα μοιάζει να είναι ένα άριστο μέσο όσον αφορά τη χωρητικότητα, δεν είναι όμως εύκολα διαθέσιμη στους περισσότερους τελικούς χρήστες
- Μια εναλλακτική λύση είναι η σύνδεση μέσω του καλωδίου που παρέχει την καλωδιακή τηλεόραση. Είναι κατά κύριο λόγο ασυμμετρική λύση, με μέγιστη ταχύτητα κατεβάσματος (download) μεγαλύτερη της ταχύτητας ανεβάσματος (upload)
- Η υποδομή του δικτύου παροχής ηλεκτρικού ρεύματος φαίνεται να είναι μια οικονομικώς αποδοτική λύση για το last mile
- Εναλλακτικές λύσεις αποτελούν οι ασύρματες συνδέσεις και τα δορυφορικά συστήματα



Last Mile (3/3)

- Η υλοποίηση του last mile περιλαμβάνει τεχνολογικά, οικονομικά, γεωγραφικά ζητήματα καθώς και ζητήματα πολιτικής
- Ο απλούστερος τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί κάτι που βρίσκεται ήδη σε ισχύ παρά να δημιουργηθεί νέα υποδομή
- Οι τηλεφωνικές γραμμές και τα τηλεοπτικά καλώδια είναι οι προφανείς επιλογές και για μεγάλη περίοδο απολάμβαναν την περισσότερη προσοχή
- Υπάρχει επίσης σαν επιλογή και η υπάρχουσα υποδομή του δικτύου που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στα σπίτια



Local Loop (1/2)

- Στο συνηθισμένο τηλεφωνικό δίκτυο (Plain Old Telephone Service-POTS) καλούμε «local loop» τις point-to-point συνδέσεις των τελικών χρηστών με κάποιο κεντρικό κόμβο του τηλεπικοινωνιακού φορέα
- Αυτές οι συνδέσεις γίνονται συνήθως μέσω χάλκινων συνεστραμμένων ζευγών (twisted pair) καλωδίων.
- Το μέγιστο μήκος των συνδέσεων είναι 4 έως 7 Km, ανάλογα με την διατομή των καλωδίων, με μέσο μήκος 1-2 Km
- Αυτά τα καλώδια καταλήγουν σε κατανεμητές εγκατεστημένους στους δρόμους των πόλεων («ΚΑΦΑΟ»)
- Από τα ΚΑΦΑΟ υπάρχουν αρκετές προοπτικές καλωδίωσης (ίνες/καλώδια χαλκού) οι οποίες ανάλογα και με την υποδομή του δικτύου καταλήγουν σε άλλα σημεία διανομής και εν τέλει φτάνουν στον χρήστη



Local Loop (2/2)

- Η υποδομή Local Loop αποδεσμεύεται σύμφωνα με ενέργειες και οδηγίες των ρυθμιστικών αρχών, επιτρέποντας έτσι σε νόμιμα δικαιούχους οργανισμούς (εναλλακτικούς τηλεπικοινωνιακούς παρόχους) να χρησιμοποιούν το δίκτυο πρόσβασης τρίτων (π.χ. ΟΤΕ) για να παρέχουν τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες στους καταναλωτές
- Η αποδέσμευση του τοπικού βρόχου
 - Ενισχύει τον ανταγωνισμό
 - Επιταχύνει την εφαρμογή τεχνολογιών (π.χ. xDSL) και την παροχή νέων υπηρεσιών
 - Μειώνει τις τιμές στον καταναλωτή



Τρόποι εισχώρησης εναλλακτικών παρόχων (1/2)

- Μεταπώληση: Ο υπάρχων πάροχος προσφέρει ολοκληρωμένες υπηρεσίες προς τον εναλλακτικό πάροχο και εκείνος τις μεταπωλεί με τη σειρά του στους πελάτες
- Bitstream: ο υπάρχων πάροχος δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του μέσου μετάδοσης (χαλκού/οπτικής ίνας) αλλά και του συστήματος μετάδοσης (εξοπλισμού xDSL ή SDH)



Τρόποι εισχώρησης εναλλακτικών παρόχων (2/2)

- Αποδέσμευση Τοπικού Βρόχου (Local Loop Unbundling – LLU): οι εναλλακτικοί πάροχοι συνδέουν το δίκτυό τους στο local loop ή στα καλώδια του «βασικού» παρόχου.
- Ιδιόκτητη υποδομή: Ο πάροχος κατασκευάζει τη δική του φυσική υποδομή μετάδοσης και διασυνδέει τον τοπικό του μεταγωγέα με τους πελάτες του.



Τύποι Local Loop Unbundling

- Full LLU: ο εναλλακτικός λαμβάνει τον πλήρη έλεγχο του καλωδίου
- Shared LLU: ο νέος πάροχος προσφέρει κατά κανόνα υπηρεσίες δεδομένων, ενώ ο αρχικός πάροχος τη βασική υπηρεσία φωνής.
- Sub-loop LLU: ο εναλλακτικός αποκτά τον πλήρη έλεγχο για ένα τμήμα του βρόχου, μέσω εξωτερικής πρόσβασης σε ένα σημείο πρόσβασης
- η διαφορά του Bitstream με το LLU είναι ότι στο LLU ο εναλλακτικός διασυνδέεται σε φυσικό επίπεδο με τον υπάρχοντα πάροχο στο σημείο τερματισμού του τοπικού βρόχου, ενώ στο Bitstream η διασύνδεση είναι στον τοπικό μεταγωγέα (switch) ή και «υψηλότερα»



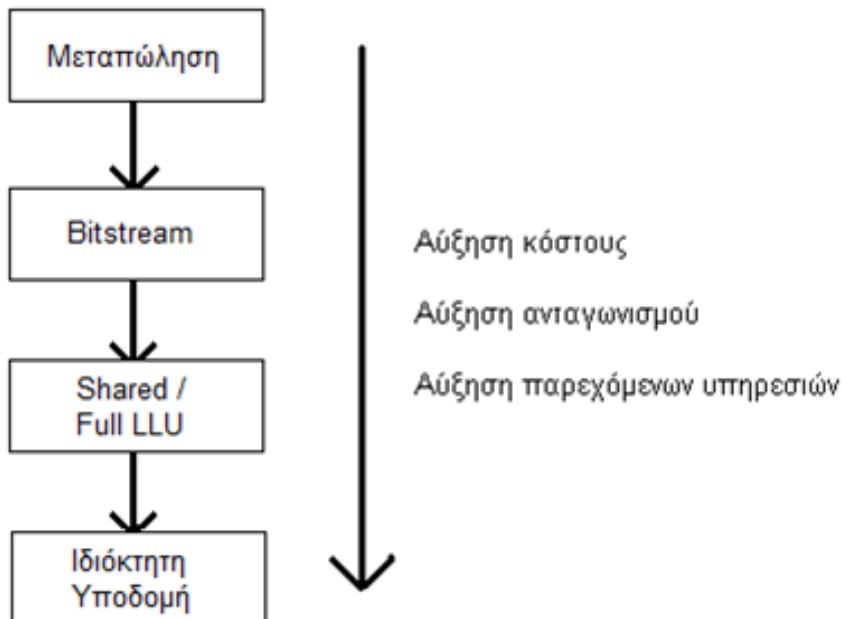
Πλεονεκτήματα Local Loop Unbundling

- Αύξηση της ανταγωνιστικότητας και των επιλογών στην αγορά
- Η ποικιλία αυτή πάντα ευνοεί τον τελικό χρήστη καθώς ο ανταγωνισμός προωθεί την ανάπτυξη του δικτύου τόσο σε υλοποίηση νεών υποδομών όσο και στην επέκταση της υπάρχουσας υποδομής
- Ευνοεί την ανάπτυξη οικονομικότερων λύσεων (για προσέλκυση και διατήρηση πελατολογίου)
- Ευνοεί την επέκταση των προσφερόμενων παροχών

Πηγή: eett.gr



Στάδια επένδυσης εναλλακτικών τηλεπικοινωνιακών παρόχων



- Στάδια επένδυσης εναλλακτικών τηλεπικοινωνιακών παρόχων.
«Κατεβαίνοντας» το διάγραμμα, αυξάνεται το κόστος αλλά και ο ανταγωνισμός και οι προσφερόμενες υπηρεσίες

Δίκτυα επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος (1/3)

- Τα δίκτυα επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος (Power line communication - PLC) είναι μια εναλλακτική λύση για την υλοποίηση των δικτύων πρόσβασης, η οποία χρησιμοποιεί την υπάρχουσα υποδομή του ηλεκτρικού δικτύου για τη μεταφορά δεδομένων
- Πλεονέκτημα: Καμία ανάγκη για τοποθέτηση νέων καλωδίων επικοινωνιών
- Μειονέκτημα: Υψηλό κόστος και χαμηλές ταχύτητες



Δίκτυα επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος (2/3)

- Αποτελεί μια λύση η οποία θα μπορούσε να συμπληρώσει τις υπάρχουσες τεχνολογίες πρόσβασης και να βοηθήσει την ανάπτυξη της κοινωνίας της πληροφορίας
- Εντούτοις, το περιθώριο επιτυχίας είναι περιορισμένο και ποικίλει από χώρα σε χώρα ανάλογα με το ανταγωνιστικό περιβάλλον και την ευρυζωνική διεύσδυση
- Η εφαρμογή του PLC στα δίκτυα παροχής χαμηλής τάσης φαίνεται να είναι μια οικονομικώς αποδοτική λύση για το «last mile»



Δίκτυα επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος (3/3)

- Τα δίκτυα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, υψηλής ή μέσης τάσης θα μπορούσαν να γεφυρώσουν μια μεγαλύτερη απόσταση ώστε να αποφευχθεί ένα επιπλέον δίκτυο επικοινωνιών
- Οι PLC μπορούν επίσης να εφαρμοστούν μέσα σε κτίρια ή σπίτια, όπου η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση θα χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση των in-home PLC δικτύων
- Προϋποθέτει την εγκατάσταση ειδικών modem για τη διασύνδεση των διάφορων συσκευών επικοινωνιών μέσω του δικτύου παροχής ηλεκτρικού ρεύματος



Σύντομη ανασκόπηση

- Υπηρεσίες IPTV, VoD, VoIP, Cable TV, Streaming
- Ολοκληρωμένα επιχειρηματικά πακέτα ευρυζωνικών υπηρεσιών
- Last Mile
- Local Loop
- Δίκτυα επικοινωνιών πάνω από γραμμές ρεύματος
- Cable networks



Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις μαθήματος
- Βιβλία:
 - Πομπόρτσης Α., “Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών”, εκδόσεις Α. Τζιόλα Ε., 1997, ISBN : 960-7219-64-3
 - Broadband Communications Signature Edition, Balaji Cumar
- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>
(Δικτυακός τόπος μαθήματος)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 3: Τεχνολογίες xDSL

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site: <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στις τεχνολογίες xDSL
- Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών DSL
- Εξοικείωση με την τεχνολογία ADSL
- Κατανόηση με τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία του ADSL
- Επεξήγηση της αρχιτεκτονικής του ADSL



Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή
- Αναλυτική Περιγραφή της ADSL Τεχνολογίας
- Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL
- DSLAM
- Αρχιτεκτονική ADSL
- Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο



Τεχνολογίες xDSL

Εισαγωγή

- Τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός
- Αν και ο ήχος της ανθρώπινης φωνής εκτείνεται σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων, η ενέργεια που φέρουν οι συχνότητες άνω των 5.000 Hz, συνήθως είναι μικρή
- Έτσι στις τηλεπικοινωνίες, αυτές οι συχνότητες αποκόπτονται για εξοικονόμηση εύρους
- Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως και στην περίπτωση του DSL



DSL (1/2)

- Digital Subscriber Line (DSL)
- Χρησιμοποιεί το απλό τηλεφωνικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί το εύρος συχνοτήτων που δεν εκμεταλλεύεται το τηλεφωνικό δίκτυο
- Μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής
- Χρησιμοποιεί τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα



DSL (2/2)

- Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές επιδόσεις
- Με κάθε γενιά τεχνολογίας οι ταχύτητες αυξάνονται, με την πιο εξελιγμένη (VDSL2+) να πετυχαίνει 300 Mbit/s σε downstream και 100Mbit/s σε upstream ([Πηγή wikipedia](#))
- Ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής



Τεχνολογίες xDSL

- Οι τεχνολογίες DSL αναφέρονται γενικά ως xDSL και οι κυριότερες από αυτές είναι:
 - ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)
 - VDSL (Very-high-data-rate Digital Subscriber Line)
 - SDSL (Single-line Digital Subscriber Line)
 - HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line)
 - RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line)
 - UDSL (Universal ADSL)
 - IPSL (Internet Protocol Subscriber Line)



Κατηγοριοποίηση τεχνολογιών

Συμμετρικές	Ασυμμετρικές
HDSL, HDSL2, HDSL4	ADSL, ADSL2, ADSL2+
SDSL, SHDSL	UDSL (G.Lite)
IDSL	

- Συμμετρικές: Το bitrate είναι ίδιο και στις δύο κατευθύνσεις (downstream, upstream)
- Ασυμμετρικές: Το bitrate δεν είναι ίδιο και στις δύο κατευθύνσεις (downstream, upstream)
- Λειτουργούν και συμμετρικά και ασύμμετρα
 - RADSL
 - VDSL, VDSL2

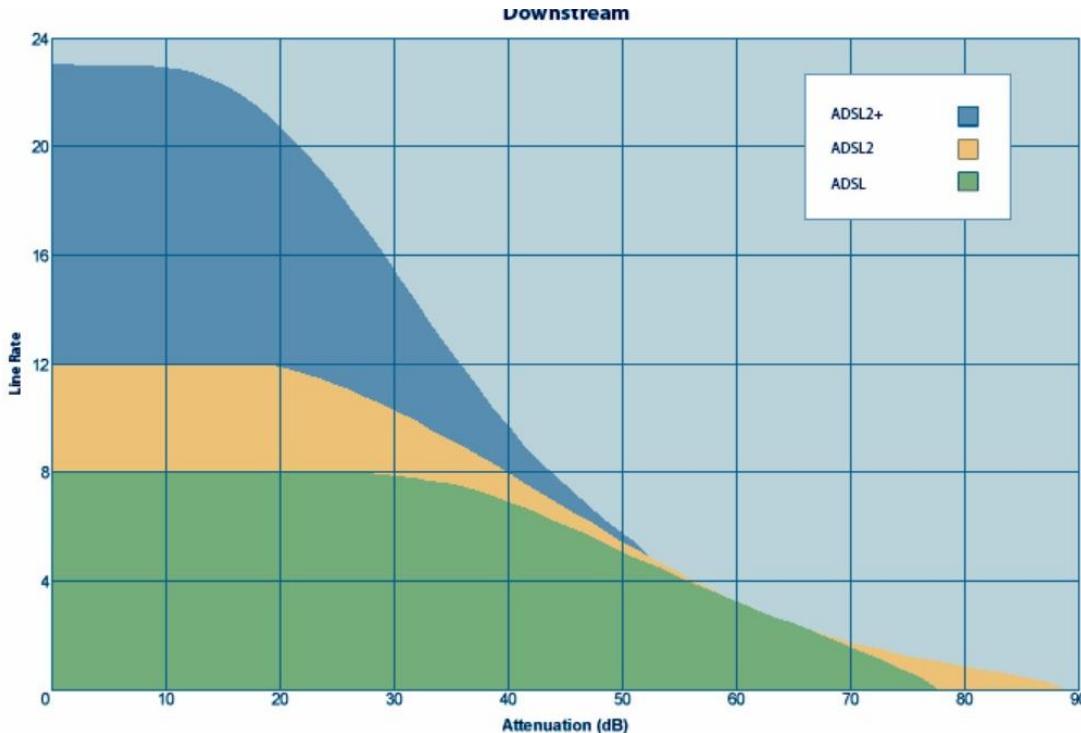


ADSL Γενικά

- Πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα
- Παρέχεται στην Ελλάδα
- Δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής
- Η μεταφορά δεδομένων γίνεται με ασύμμετρο τρόπο
 - ADSL: Μέχρι 8 Mbps downstream και 640 kbps upstream
 - ADSL2+: Μέχρι 24 Mbps downstream και 1 Mbps upstream
- Η απόδοση του ADSL2+ εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του modem του χρήστη από το DSLAM, τη συσκευή πολυπλεξίας των γραμμών DSL του παρόχου.



Απόδοση του ADSL σε σχέση με την απόσταση



Απόδοση των τεχνολογιών ADSL σε σχέση με την απόσταση
(χρήστη – modem παρόχου)

(πηγή:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/ADSL_Line_Rate_Attenuation.gif



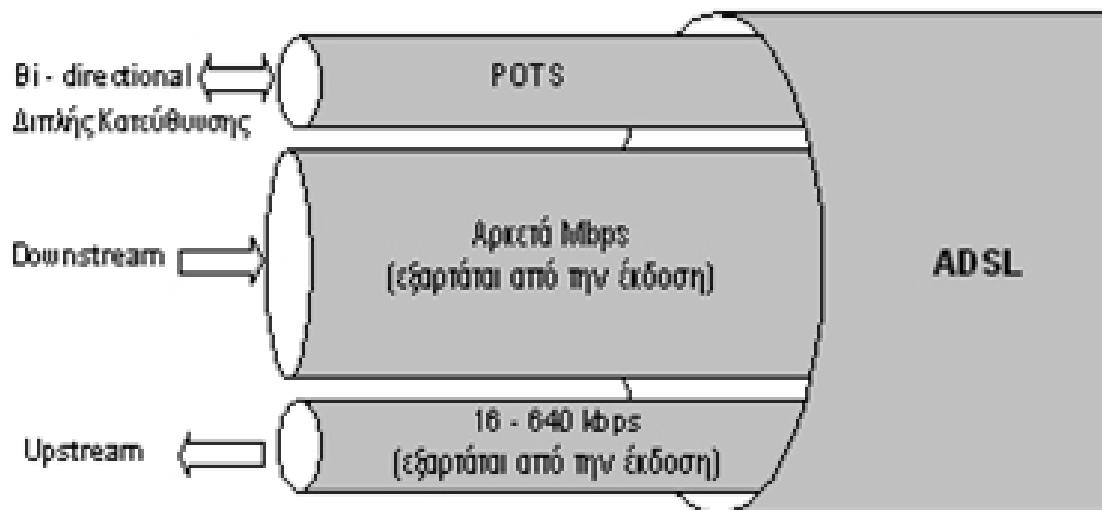
ADSL - Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα

- Πλεονεκτήματα ADSL
 - μικρό κόστος (σε σχέση με τις καλωδιακές τεχνολογίες)
 - σταθερή ταχύτητα
 - δυνατότητα στατικής IP (π.χ για gaming applications)
 - μπορείς να μιλάς στο τηλέφωνο και να είσαι online ταυτόχρονα
 - Μεγάλη απόδοση και αξιοπιστία
- Μειονεκτήματα ADSL
 - η παροχή υπηρεσιών περιορίζεται προς το παρόν σε μικρές περιοχές γύρω από τα τηλεφωνικά κέντρα (περίπου 5,5 χιλιόμετρα)



Τεχνικά Χαρακτηριστικά ADSL

Χρησιμοποιεί συνεστραμμένα καλώδια χαλκού ως μέσο μετάδοσης (όπως και το τηλεφωνικό δίκτυο) πετυχαίνοντας υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης



Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL



Η Φιλοσοφία του ADSL

- Στηρίζεται σε ένα κανάλι υψηλού ρυθμού με καθοδική κατεύθυνση προς τον πελάτη και ένα με χαμηλότερο ρυθμό από τον πελάτη προς το δίκτυο (με ανοδική κατεύθυνση)
- Πολυπλέκει τη ψηφιακή πληροφορία με ένα κανάλι αναλογικής φωνής επιτρέποντας στο χρήστη να διατηρεί την τηλεφωνική υπηρεσία ενώ ταυτόχρονα έχει πρόσβαση στις ψηφιακές υπηρεσίες του ADSL
- Αυτό επιτυγχάνεται
 - Με πολύπλεξη στην συχνότητα
 - Με echo cancellation (ακύρωση ηχούς) μεταξύ ανοδικού και καθοδικού ADSL καναλιού

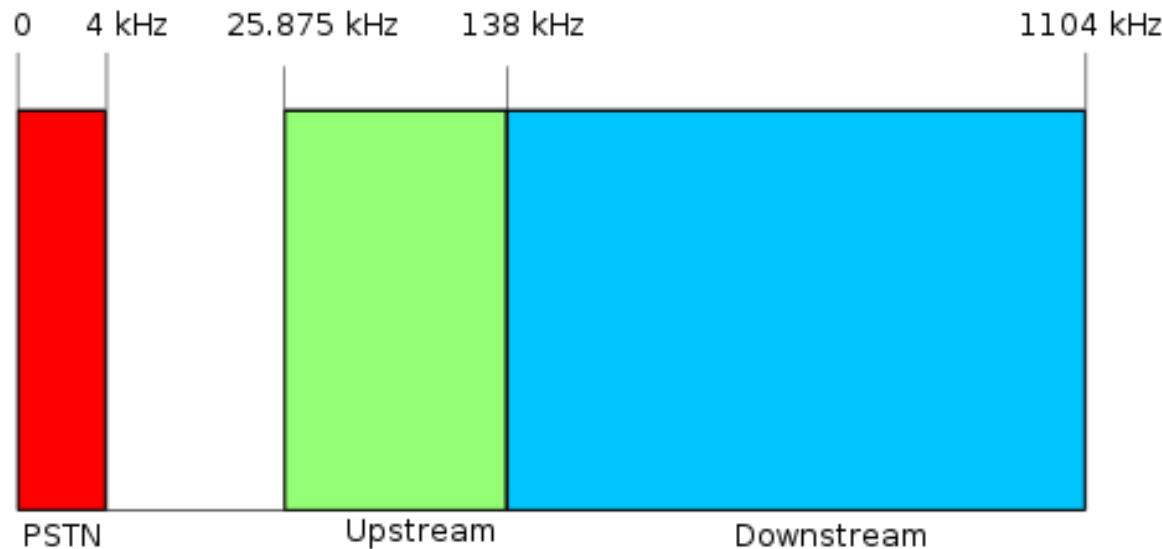


Συχνότητες ADSL Μετάδοσης (1/2)

- Από το Θεώρημα του Shannon γνωρίζουμε ότι ο ρυθμός μετάδοσης σε ένα κανάλι εξαρτάται από το εύρος ζώνης και τον λόγο σήματος προς θόρυβο
 - $C = B * \log_2(1 + S/N)$
- Βασικότατη παράμετρος στο να αυξηθεί το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης φτάνοντας μέχρι και το 1 MHz ήταν η χρήση των μικροεπεξεργαστών, που επέτρεψε την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζονται στις συχνότητες αυτές, καθώς και την πολύπλεξη των διαφορετικών συχνοτήτων με την βοήθεια του fast Fourier transform (FFT)



Συχνότητες ADSL Μετάδοσης (2/2)



Χρήση συχνοτήτων στο ADSL

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADSL_frequency_plan.svg)

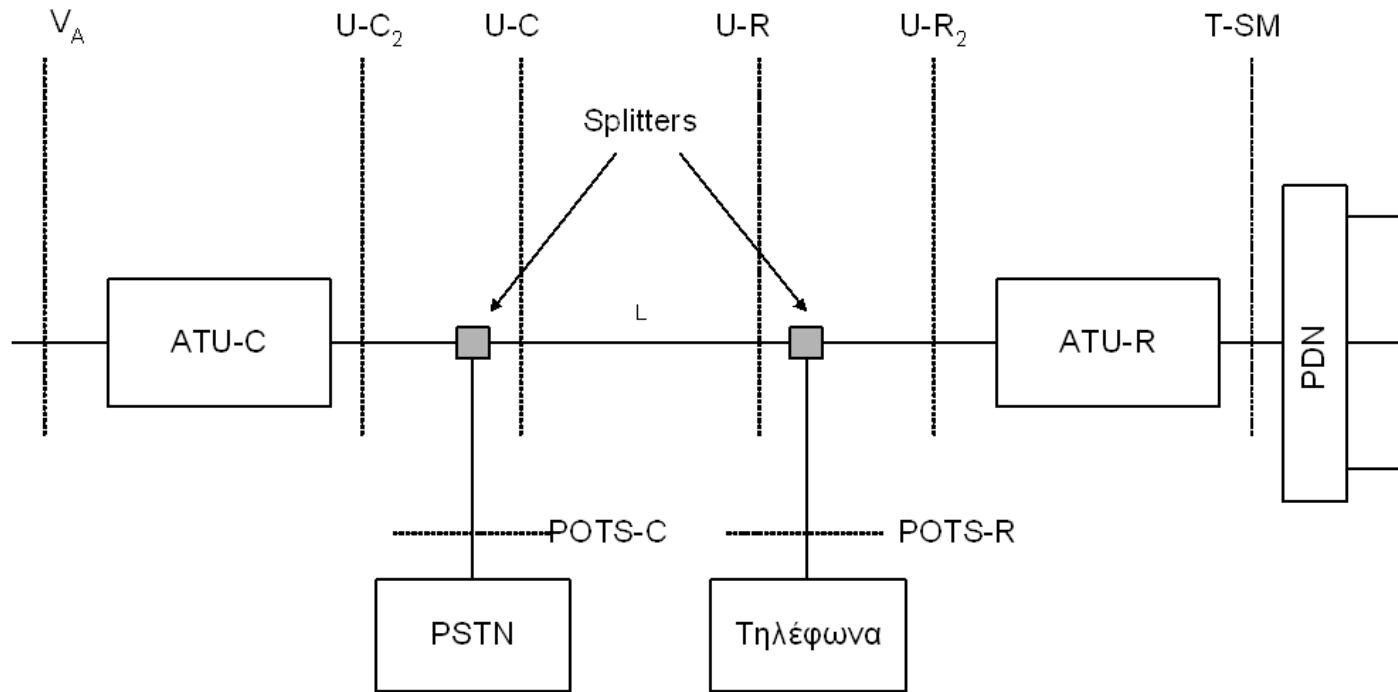


Βασική Αρχιτεκτονική ADSL (1/2)

- ATU-C, ATU-R : ADSL Transmission Unit, CO Side και Remote Side, αντίστοιχα
- CO: Central Office
- PDN: Premises Distribution Network
- PSTN: Public Switched Telephone Network
- POTS-C, POTS-R : Διεπαφή μεταξύ του PSTN και του splitter στην πλευρά του CO και του remote, αντίστοιχα
- T-SM: Διεπαφή μεταξύ του ATU-R και των Service Modules
- U-C: Διεπαφή U στην πλευρά του CO (U-C2: από το Splitter στο ATU-C)
- U-R: Διεπαφή U στην πλευρά remote (U-R2: από το Splitter στο ATU-R)
- VA: Διεπαφή V, στην πλευρά του CO από τον κόμβο πρόσβασης στην υπηρεσία δικτύου



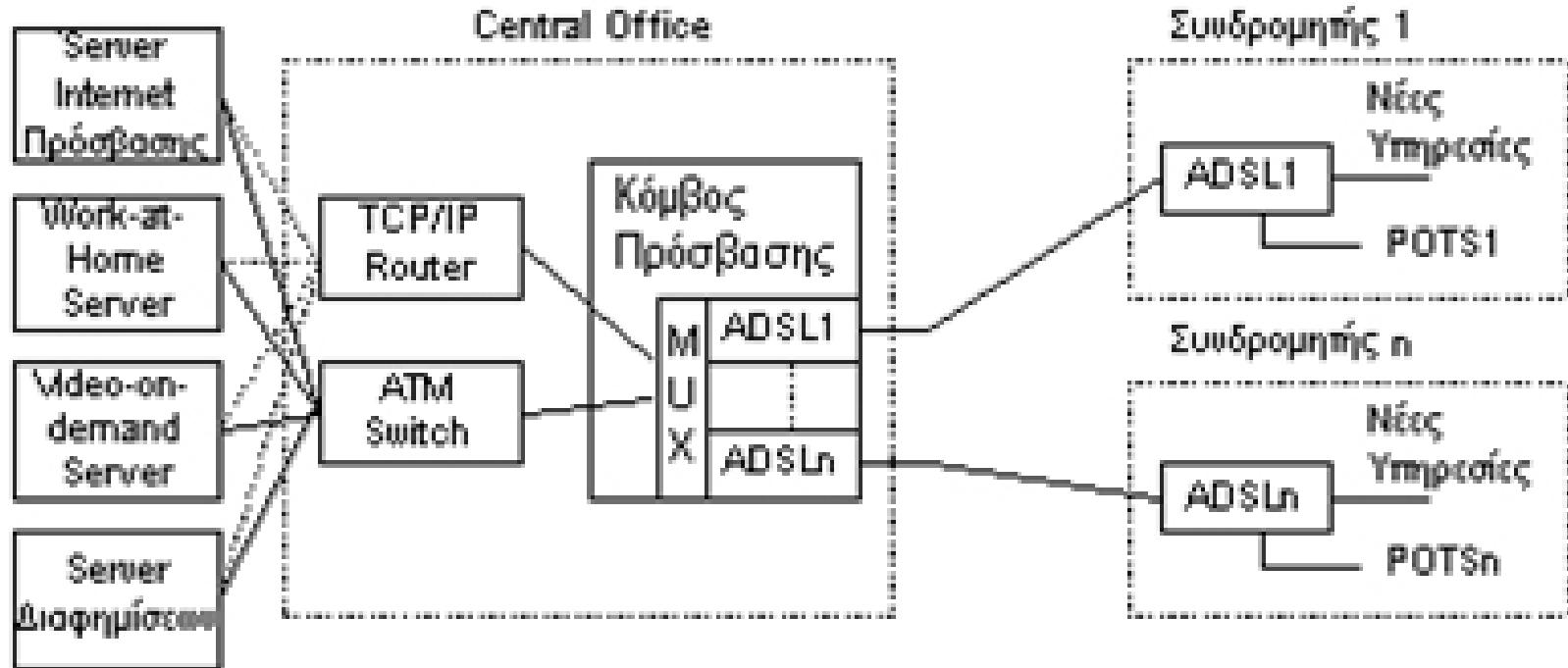
Βασική Αρχιτεκτονική ADSL (2/2)



Βασική αρχιτεκτονική ADSL



Αρχιτεκτονική ενός ADSL Δικτύου



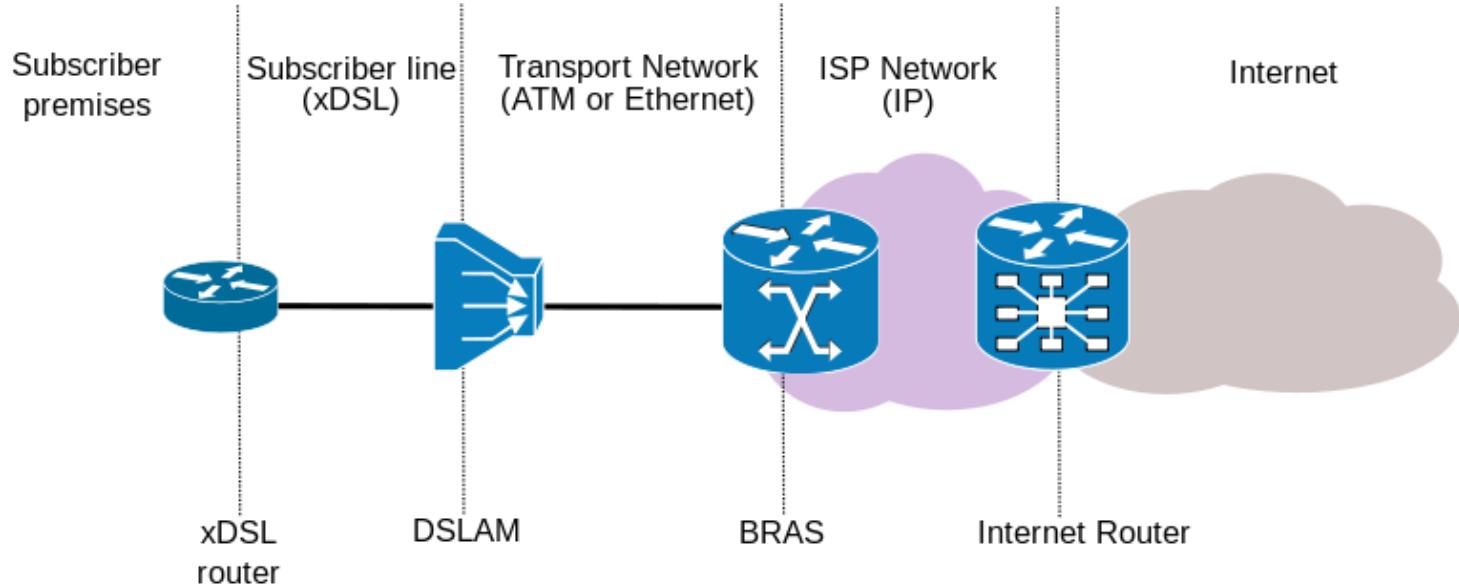
Αρχιτεκτονική ενός ADSL δικτύου

DSLAM (1/2)

- Πολυπλέκτης
- Καταλαμβάνει θέση-κλειδί σε ολόκληρη την αρχιτεκτονική του δικτύου ADSL
 - Όλη η κίνηση από και προς τους χρήστες διεκπεραιώνεται μέσω του DSLAM
 - Όλη η κίνηση από και προς τους εξυπηρετητές του δικτύου πίσω από το DSLAM περνάει επίσης μέσω αυτού
- Το DSLAM εκτελεί λειτουργίες ολοκλήρωσης της ADSL κίνησης ανεξάρτητα από τον τύπο δεδομένων που μεταφέρει, είτε πρόκειται για δεδομένα είτε για φωνή



DSLAM (2/2)



Διάγραμμα κίνησης στο ADSL και ο ρόλος του DSLAM

(source:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:XDSL_Connectivity_Diagram_en.svg)



Αρχιτεκτονική του DSLAM

- Η βασική μορφή καθώς και οι λειτουργίες ενός DSLAM δεν έχουν καλυφθεί πλήρως από κανένα ADSL ή γενικά xDSL standard
- Η βασική ιδέα του DSLAM είναι η εξυπηρέτηση πολλαπλών ATU-Cs ή και HTU-Cs
- Οι λειτουργίες που θα εκτελεί καθώς και ο τρόπος που θα τις εκτελεί, εξαρτάται αποκλειστικά από τον κατασκευαστή
- Αυτό σημαίνει ότι όλο το πεδίο γύρω από τις λειτουργίες ενός DSLAM είναι ασαφές, με τα περισσότερα προϊόντα να υποστηρίζουν μερικές βασικές λειτουργίες

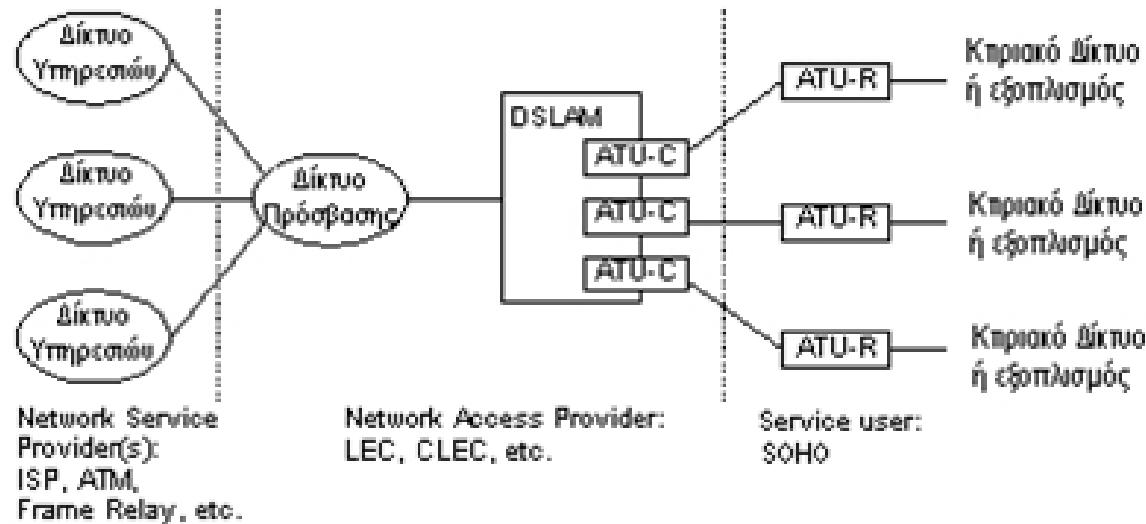


Σχεδίαση DSLAM

- Η σχεδίαση ενός DSLAM βασίζεται σε τρεις κυρίως παράγοντες:
 - Συνολικό αριθμό των απαιτούμενων DSL θυρών (access links)
 - Συνολικό αριθμό των απαιτούμενων trunk θυρών (trunk links)
 - Συνολική κίνηση που προσφέρεται στο διακόπτη (το άθροισμα όλων των ρυθμών των θυρών – total ports)
- Το μέγεθος του DSLAM καθορίζεται από την ικανότητα διαχείρισης της κίνησης καθώς και από τον αριθμό των θυρών



Αρχιτεκτονική Δικτύου από την Σκοπιά του DSLAM (1/2)



Αρχιτεκτονική δικτύου από την σκοπιά του DSLAM



Αρχιτεκτονική Δικτύου από την Σκοπιά του DSLAM (2/2)

- Service user (SU) τμήμα:
 - ATU-Rs, ή άλλες xDSL συσκευές (π.χ. HTU-R)
- Network Access Provider (NAP) τμήμα:
 - ATU-Cs, HTU-Cs, ή άλλες διεπαφές του DSLAM
- Network Service Provider (NSP) τμήμα:
 - Το δίκτυο πρόσβασης και γενικά τα δίκτυα μέσω των οποίων παρέχονται οι υπηρεσίες
- Ο κεντρικός ρόλος του DSLAM σαν NAP είναι η πραγματοποίηση της σύνδεσης μεταξύ του χρήστη και του παρόχου της υπηρεσίας



Αρχιτεκτονική και υπηρεσίες (1/2)

- Το ADSL επιτρέπει την προσπέλαση του δικτύου με υψηλές ταχύτητες, και αποτελεί μέρος μιας ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής δικτύου που επιτρέπει σε όλους τους συνδρομητές να κάνουν χρήση ευρυζωνικών υπηρεσιών, π.χ.
 - video on demand
 - streaming
- Ταυτόχρονα, επιτρέπεται φυσικά η μετάδοση τηλεφωνικών υπηρεσιών (PSTN)

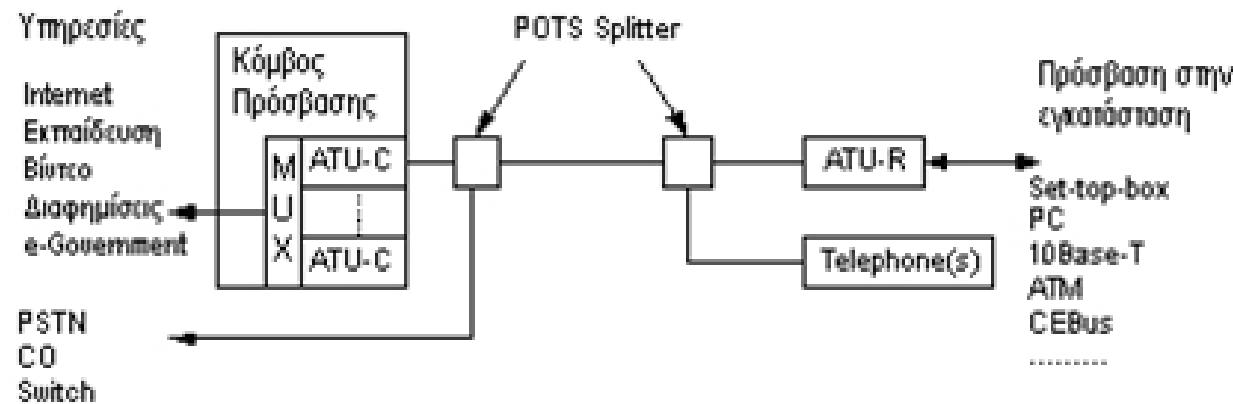


Αρχιτεκτονική και υπηρεσίες (2/2)

- Με την πρόσβαση σε αυτό το φάσμα των υπηρεσιών να πραγματοποιείται μέσω του DSLAM, λύνεται το πρόβλημα της συμφόρησης στο τηλεφωνικό δίκτυο και στους μεταγωγείς
 - Ο τοπικός ADSL βρόχος τερματίζεται στο DSLAM αντί να οδηγείται αμέσως στους διακόπτες του CO
 - Το λογισμικό των PSTN διακοπτών δεν χρειάζεται να αναβαθμιστεί προκειμένου να υποστηρίξει αυτές τις υπηρεσίες



Το Βασικό ADSL Δίκτυο



Το βασικό ADSL δίκτυο



ADSL διασύνδεση

- Η φυσική συσκευή μπορεί να είναι PC ή set-top box
- Η διασύνδεση της συσκευής ATU-R με την τελική συσκευή μπορεί να είναι απλή διασύνδεση modem με υπολογιστή ή πιο πολύπλοκες μορφές διασυνδέσεων
 - π.χ. 10Base-T, Ethernet LAN ή private ATM δίκτυο
- Η καλωδίωση των υπαρχόντων αναλογικών συσκευών (τηλέφωνα, FAX) δεν απαιτείται να τροποποιηθεί
 - Με χρήση splitter διαχωρίζονται και χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα τα αναλογικά σήματα και τα ψηφιακά
- Στο CO, οι τηλεφωνικές υπηρεσίες διαχωρίζονται μέσω μιας διάταξης από splitters και οδηγούνται στους διακόπτες PSTN



Λειτουργία POTS Splitter

- Ο POTS Splitter χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα κανάλια upstream και downstream από το τηλεφωνικό κανάλι, δηλαδή για να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός από 300 KHz μέχρι τα 3,5 MHz
- Στο φάσμα αυτό, ο POTS splitter εκτός των σημάτων φωνής πρέπει να επιτρέπει και την διέλευση των τόνων dial, ringing και των σημάτων on/off hook



Δομή POTS Splitter

- Η δομή του POTS splitter είναι πανομοιότυπη και για το ATU-R και για το ATU-C
 - Κατωπερατό φίλτρο για την διεπαφή του POTS
 - Υψηπερατό φίλτρο για τα κανάλια upstream και downstream
- Το κατωπερατό φίλτρο αφαιρεί, από το κανάλι POTS, την παρεμβολή των καναλιών upstream και downstream
- Το υψηπερατό φίλτρο αφαιρεί, από τα κανάλια upstream και downstream, την παρεμβολή από το κανάλι POTS



Τρόποι Διανομής ADSL (1/3)

- Κατά την διάρκεια μιας ADSL σύνδεσης αποστέλλεται κάθε 17 msec ένα superframe (υπερπλαίσιο) (περίπου 59 το δευτερόλεπτο) που αποτελείται από 68 ADSL frames (πλαίσια)
- To ADSL Forum έχει ορίσει τέσσερις διαφορετικούς τρόπους διανομής (distribution modes) για όλες τις xDSL τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένης και της ADSL
- Οι τρόποι διανομής καθορίζουν ποια μορφή θα πάρουν τα bits μέσα στα ADSL πλαίσια πριν αποσταλούν



Τρόποι Διανομής ADSL (2/3)

- Bit synchronous mode: ο πιο απλός τρόπος στον οποίο κάθε bit που τοποθετείται στον buffer μιας συσκευής στο ένα άκρο της σύνδεσης (π.χ. ATU-R) θα εμφανιστεί στον buffer της συσκευής στο άλλο άκρο (ATU-C)
- Packed adapter mode: η διαφορά με το bit synchronous mode είναι ότι οι συσκευές στην πλευρά του χρήστη αποστέλλουν και λαμβάνουν πακέτα και όχι απλά συρμούς από bits



Τρόποι Διανομής ADSL (3/3)

- End-to-end packed mode: η κύρια διαφορά με τον packed adapter mode είναι ότι τα πακέτα πολυπλέκονται μέσα στο ADSL κανάλι (βασίζεται κυρίως στο TCP/IP πρωτόκολλο)
- End-to-end ATM mode: η πληροφορία τοποθετείται σε ATM κελιά και όχι σε IP πακέτα



ADSL2

- Παρέχει καλύτερη υποστήριξη για νέες εφαρμογές και υπηρεσίες
- Προσφέρει βελτιώσεις στην απόδοση, στο ρυθμό μετάδοσης και την προσβασιμότητα, τις διαγνωστικές μεθόδους, την προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης, και την κατάσταση αναμονής (stand-by mode)
- Ανάλογα και με την ποιότητα της γραμμής, οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν να φτάσουν τα 12 Mbit/s downstream και 3,5 Mbit/s upstream
- Η απόσταση από το DSLAM (Digital subscriber line access multiplexer) μέχρι τον εξοπλισμό του πελάτη είναι συνήθως ο πιο καθοριστικός παράγοντας στην ποιότητα της γραμμής



Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL2

- Χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες που χρησιμοποιεί το απλό ADSL
- Η έκδοση ADSL2 ορίζεται στις συστάσεις ITU G.992.3 και G.992.4
- Χρήση τετραδιάστατης κωδικοποίησης trellis 16 καταστάσεων και 1-bit quadrature amplitude modulation (QAM)
- Παρέχει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης σε γραμμές μεγάλου μήκους όταν ο λόγος σήματος προς θόρυβο (signal-to noise ratio - SNR) είναι μικρός
- Επιτρέπει στον αποδέκτη να διασκορπίσει τον μη στατικό θόρυβο που προέρχεται από radio AM παρεμβολές
- Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι συμβατές με το πρότυπο



Βελτιώσεις σε σχέση με απλό ADSL (1/2)

- Βελτιωμένη απόδοση της διαμόρφωσης (modulation)
- Μείωση της επιβάρυνσης για την κατασκευή των frames
- Μεγαλύτερο κέρδος από την κωδικοποίηση
- Βελτίωση της αρχικοποίησης
- Καλύτεροι αλγόριθμοι επεξεργασίας σήματος
- Έλεγχος ορισμένων παραμέτρων από τον πομπό και τον δέκτη προκειμένου να επιτευχθεί βέλτιστη «εκπαίδευση» των συναρτήσεων επεξεργασίας σήματος του πομπού και του δέκτη
- Βελτίωση στην κατανάλωση ισχύος: Σε αντίθεση με τους πομποδέκτες του απλού ADSL πρώτης γενιάς, πλέον οι πομποδέκτες δεν λειτουργούν σε πλήρη ισχύ όλη τη μέρα

Βελτιώσεις σε σχέση με απλό ADSL (2/2)

- Εξουδετέρωση τόνων κατά την αρχικοποίηση ώστε να γίνει δυνατή η χρήση σχημάτων ακύρωσης της παρεμβολής ραδιοφωνικών συχνοτήτων (radio frequency interference (RFI) cancellation schemes)
- Μείωση του χρόνου αρχικοποίησης σε λιγότερο από 3 δευτερόλεπτα, σε σχέση με πάνω από 10 δευτερόλεπτα που απαιτεί το ADSL
- Σε τηλεφωνικές γραμμές μεγάλου μήκους, το ADSL2 μπορεί να παρέχει επιπλέον 50 kbps ρυθμό μετάδοσης
 - Σημαίνει αύξηση της μέγιστης απόστασης της τάξης των 200 μέτρων
 - Σημαίνει αύξηση κάλυψης περίπου 6%, ή 6.5 τετραγωνικά χιλιόμετρα
- Ακύρωση ηχούς (echo cancellation) και επιπέδων διασταυρούμενης ομιλίας (crosstalk) στα δύο άκρα της γραμμής



Διαγνωστικές μέθοδοι ADSL2

- Οι πομποδέκτες του ADSL2 έχουν ενισχυθεί με διαγνωστικές δυνατότητες
- Παρέχουν μετρήσεις για
 - τον θόρυβο της γραμμής
 - την εξασθένιση του σήματος
 - το λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) στα δύο άκρα της γραμμής
- Μπορούν να συλλεχθούν χρησιμοποιώντας ένα ειδικό διαγνωστικό mode λειτουργίας ακόμα και όταν η ποιότητα της γραμμής είναι πολύ κακή για να πραγματοποιηθεί μία κανονική ADSL σύνδεση



Διαχείριση ενέργειας ADSL2: L2 mode

- Όταν γίνεται λήψη μεγάλων αρχείων, η ADSL2 σύνδεση λειτουργεί σε πλήρη ισχύ (L0 mode)
- Όταν η κίνηση στη σύνδεση μειώνεται το σύστημα μπορεί να μεταβεί στο L2 mode, στο οποίο ο ρυθμός μετάδοσης είναι σημαντικά μικρότερος και η κατανάλωση ισχύος μειώνεται
- Από το L2 mode, το ADSL2 μπορεί να επανέλθει στιγμιαία στο L0 και να αυξήσει το ρυθμό μετάδοσης μόλις ο χρήστης ξεκινήσει για παράδειγμα μια λήψη αρχείου
- Ο μηχανισμός εισόδου και εξόδου στο L2 mode και οι προσαρμογές του ρυθμού μετάδοσης επιτυγχάνονται χωρίς καμία διακοπή της υπηρεσίας και επομένως δεν γίνονται αντιληπτές από το χρήστη



Διαχείριση ενέργειας ADSL2: L3 mode

- Το L3 mode είναι ένα sleep mode όπου η κίνηση δεν μπορεί να μεταφερθεί πάνω από την σύνδεση
- Όταν ο χρήστης επιστρέψει, οι πομποδέκτες του ADSL2 χρειάζονται περίπου 3 δευτερόλεπτα για να επαναρχικοποιηθούν και να μπουν σε κατάσταση πλήρους λειτουργίας



Φαινόμενο Crosstalk

- Crosstalk θεωρείται η παρεμβολή στην αναλογική γραμμή ενός γειτονικού σήματος με το επιθυμητό σήμα
- Τα τηλεφωνικά καλώδια είναι τοποθετημένα μαζί σε ομάδες των 25 ή και περισσότερων συνεστραμμένων ζευγών
- Τα ηλεκτρικά σήματα από ένα συνεστραμμένο ζεύγος μπορεί να αλληλεπιδρούν ηλεκτρομαγνητικά με γειτονικά συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων
- Το φαινόμενο αυτό λέγεται διασταυρούμενη ομιλία (crosstalk) και επηρεάζει αρνητικά την απόδοση της ADSL σύνδεσης, που μπορεί να οδηγήσει το ADSL να διακόψει τη σύνδεση



Προσαρμογή ρυθμού μετάδοσης ADSL2

- Το ADSL2 αντιμετωπίζει το crosstalk και παρόμοια προβλήματα με το να προσαρμόζει ομαλά το ρυθμό μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο
 - seamless rate adaptation (SRA)
- Το ADSL2 ανιχνεύει αλλαγές στις συνθήκες του καναλιού και προσαρμόζει το ρυθμό λειτουργίας στη νέα κατάσταση του καναλιού με τρόπο διάφανο ως προς το χρήστη



Λειτουργία SRA

- Ο δέκτης παρακολουθεί το λόγο SNR του καναλιού και καθορίζει ότι απαιτείται αλλαγή του ρυθμού μετάδοσης
- Ο δέκτης στέλνει ένα μήνυμα με όλες τις απαραίτητες παραμέτρους στον πομπό για να αρχικοποιήσει την αλλαγή στο ρυθμό μετάδοσης
- Ο πομπός στέλνει ένα σήμα “Sync Flag” που χρησιμοποιείται για να μαρκάρει την ακριβή χρονική στιγμή όπου θα αρχίσουν να χρησιμοποιούνται ο νέος ρυθμός μετάδοσης και οι παράμετροι μετάδοσης
- Το Sync Flag σήμα ανιχνεύεται από τον δέκτη και τα δύο άκρα μεταβαίνουν ομαλά και διάφανα για το χρήστη στο νέο ρυθμό μετάδοσης



Κατάτμηση καναλιών

- Το ADSL2 δίνει τη δυνατότητα κατάτμησης του εύρους ζώνης σε διαφορετικά κανάλια με διαφορετικά χαρακτηριστικά για διαφορετικές εφαρμογές
- Το ADSL2 μπορεί να υποστηρίξει ταυτόχρονη χρήση μιας εφαρμογής φωνής και μιας εφαρμογής δεδομένων, οι οποίες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά χαρακτηριστικά όπως ρυθμός λαθών και καθυστέρηση μετάδοσης (latency)



Voice over DSL (1/2)

- Το ADSL2 υποστηρίζει Channelized Voice over DSL (CVoDSL), μία μέθοδο για τη διάφανη μεταφορά κίνησης φωνής
 - χρησιμοποιεί «κανάλια» των 64 kbps
- Τα δεδομένα της φωνής δεν χρειάζεται να εισαχθούν σε πακέτα, αντίθετα από τις περιπτώσεις για παράδειγμα του VoIP και του VoATM



ADSL2+ (1/2)

- Η έκδοση ADSL2+ οριστικοποιήθηκε ως πρότυπο από την ITU τον Ιανουάριο του 2003 με επίσημη ονομασία προτύπου «G.992.5»
- Εισάγει:
 - εξελιγμένα χαρακτηριστικά για την αντιμετώπιση του θορύβου
 - Υψηλότερους ρυθμούς συμβόλων κατά τη διαμόρφωση
- Χρησιμοποιεί DMT αλλά διπλασιάζει το downstream bandwidth, αυξάνοντας το ρυθμό κατεβάσματος δεδομένων μέχρι και τα 24 Mbps



ADSL2+ (2/2)

- Το ADSL2+ καθορίζει την downstream συχνότητα ως τα 2.2 MHz
 - Τα πρώτα δύο μέλη της οικογένειας των ADSL2 προτύπων, τα G.992.3 (G.dmt.bis) και G.992.4 (G.lite.bis) καθορίζουν μία μπάντα συχνοτήτων για downstream μέχρι το 1.1 MHz και τα 552 kHz αντίστοιχα

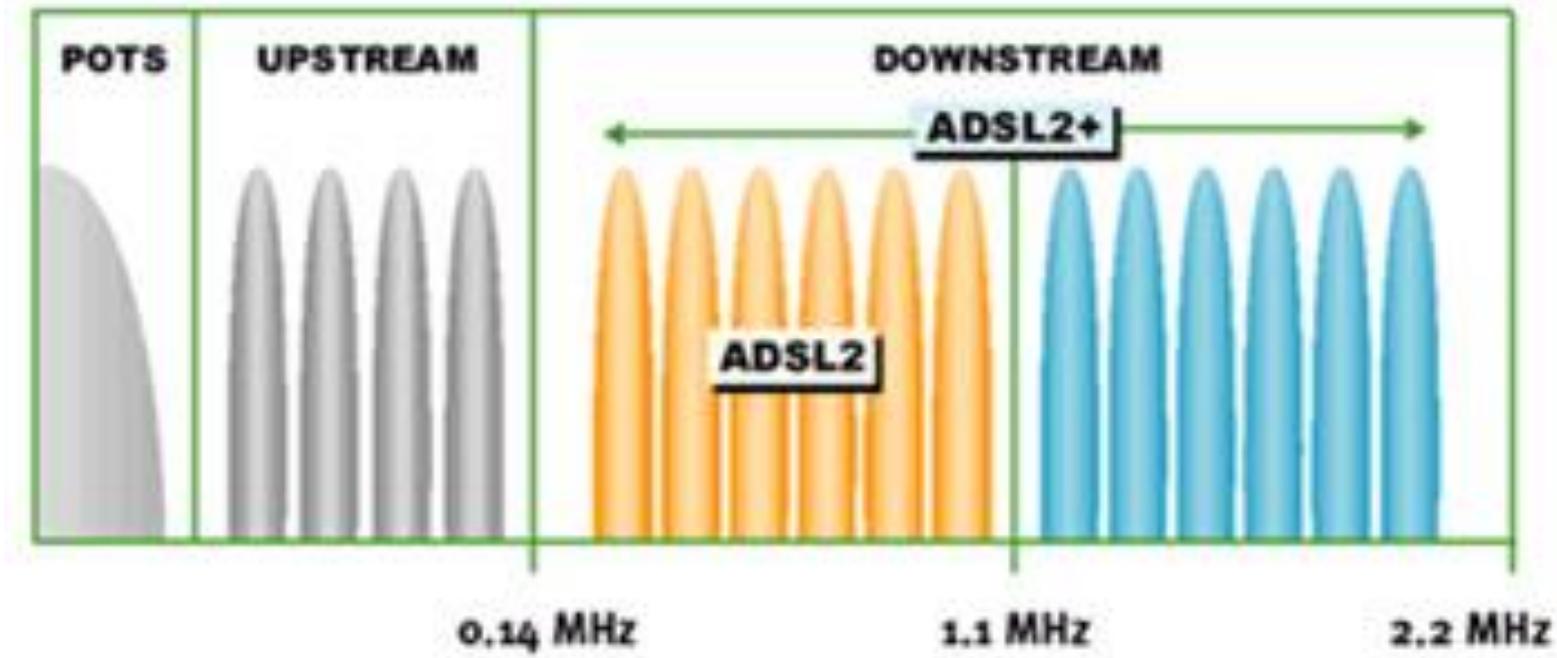


Βασικά χαρακτηριστικά ADSL2+

- Το ADSL2+ παρέχει έναν προαιρετικό τρόπο λειτουργίας που διπλασιάζει το εύρος ζώνης του upstream και το ρυθμό μετάδοσης
- Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να μειωθεί το crosstalk
 - παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν μόνο οι συχνότητες μεταξύ 1.1 MHz και 2.2 MHz με την απόκρυψη (masking) των downstream συχνοτήτων κάτω από το 1.1 MHz
- Επιτρέπει το «δέσιμο» των θυρών: Το συνολικό εύρος ζώνης ισούται με το άθροισμα των παρεχόμενων θυρών. Δεν έχουν αυτήν τη δυνατότητα όλοι οι DSLAM vendors
 - Για παράδειγμα αν δυο γραμμές 24 Mbit/s δεθούν, θα έχει αποτέλεσμα μια σύνδεση ταχύτητας έως και 48 Mbit/s



Συχνότητες ADSL2, ADSL2+



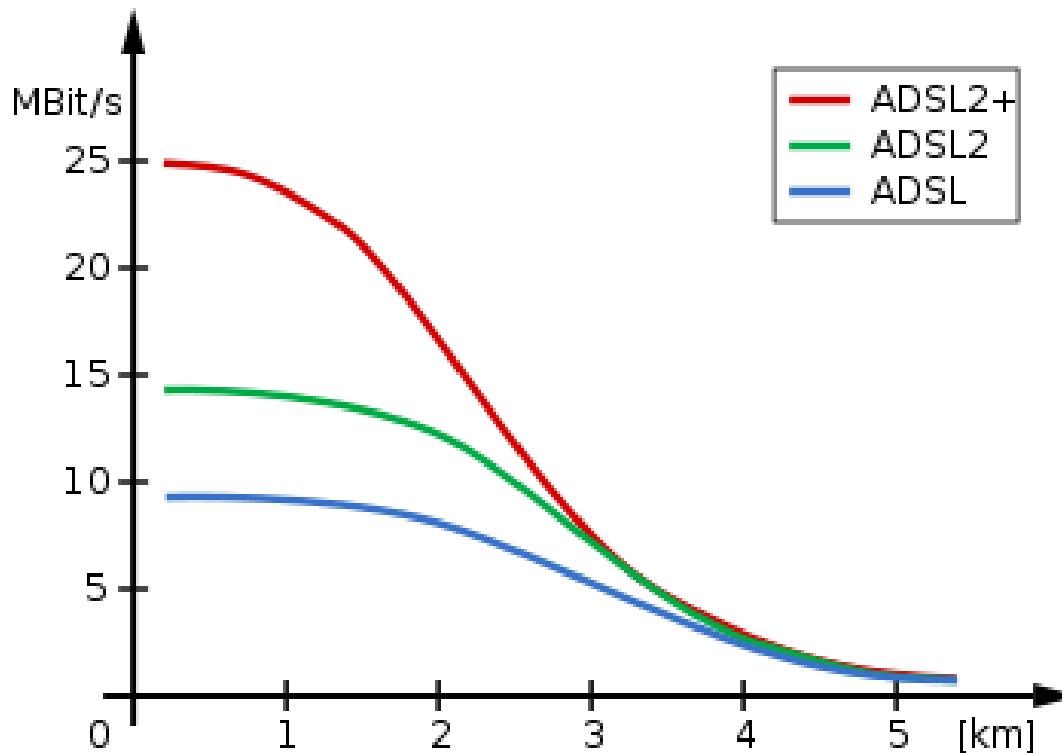
Συχνότητες ADSL2, ADSL2+

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADSL2_frequencies.png)



Σύγκριση απόδοσης ADSL, ADSL2, ADSL2+



Σύγκριση απόδοσης ADSL, ADSL2, ADSL2+

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adsl_bitrates.svg)



RE-ADSL2+

- Reach Extended ADSL2+
- Μία παραλλαγή του ADSL2+ (πρότυπο ITU G.992.5 Annex L)
- Η βασική διαφορά με το G.992.5 (ADSL2+) είναι η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- Για να αυξηθεί η απόσταση χρησιμοποιείται περισσότερη ισχύς στις χαμηλότερες συχνότητες, επιτρέποντας να λειτουργεί μια σύνδεση σε απόσταση 7 χιλιομέτρων
- Συνήθως οι ιδιοκτήτες του local loop δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίησή του επειδή η υψηλή ισχύς μπορεί να δημιουργήσει crosstalk



Annex M

- Βρίσκει εφαρμογή στο ADSL2 και ADSL2+
- Το διαχωριστικό όριο μεταξύ των upstream και downstream συχνοτήτων έχει μετακινηθεί από τα 138kHz στα 276kHz
- Δεν επηρεάζει την απόδοση στο downstream, ώστόσο επιτρέπει στο upstream bandwidth να αυξηθεί από το 1 Mbit/s στα 3.5 Mbit/s



Μελλοντική εξέλιξη ADSL

- Συχνά ως ADSL3 αντιμετωπίζεται μια ελαφρύτερη έκδοση του VDSL2, το οποίο μπορεί να προσφέρει 20-25 Mbps downstream
- Το VDSL2 και το ADSL έχουν πολλά κοινά στοιχεία, που οδηγούν σε μεγάλο βαθμό διαλειτουργικότητας μεταξύ των δύο τεχνολογιών
- Το ADSL στις διάφορες παραλλαγές και μετεξελίξεις του (ADSL2, ADSL2+) αποτελεί μία από τις βασικές τεχνολογίες με την οποία προωθείται η ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα καθώς και στις περισσότερες χώρες του κόσμου
- Το 2015 οι διάφορες DSL τεχνολογίες με προεξάρχουσα την ADSL αποτελούσαν το 70% περίπου των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση



Σύντομη ανασκόπηση

- Εισαγωγή
- Αναλυτική Περιγραφή της ADSL Τεχνολογίας
- Τεχνικά χαρακτηριστικά ADSL
- Αρχιτεκτονική ADSL
- Τρόποι Μετάδοσης σε ένα ADSL Δίκτυο
- ADSL2+



Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 2)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - http://whirlpool.net.au/wiki/?tag=ADSL_Theory (ADSL tutorial)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 4: Τεχνολογίες VDSL

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των τεχνολογιών εξέλιξης του ADSL
- Επεξήγηση κύριων χαρακτηριστικών των ADSL2, ADSL2+, VDSL
- Εξοικείωση με άλλες xDSL τεχνολογίες



Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή
- Τεχνολογία για ανάπτυξη VDSL
- VDSL
- Άλλες xDSL τεχνολογίες



Τεχνολογίες VDSL

Εισαγωγή (1/2)

- Το ADSL υπάρχει εδώ και χρόνια, ωστόσο πλέον έχει αποδειχθεί ότι δεν είναι «Future Proof»
- Θέτει πολλούς περιορισμούς (ταχύτητα, ποιότητα) οι οποίοι δεν είναι αποδεκτοί στις αναδυόμενες χρήσεις του δικτύου
 - Το VDSL είναι μονόδρομος



Εισαγωγή (2/2)

- Το VDSL παρέχει τεράστια πλεονεκτήματα
- Η πλήρης αξιοποίηση του έχει οδηγήσει σε αλλαγές στην υποδομή του δικτύου (π.χ. εγκατάσταση οπτικών ινών)
- Την πρόοδο της εγκατάστασης των οπτικών ινών στο δίκτυο μπορούμε να την περιγράψουμε με τους όρους FTTx που θα μελετήσουμε σε επόμενες ενότητες



Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Οπτικών Ινών έναντι χάλκινων καλωδίων (1/2)

- Προσφέρουν καλύτερες ταχύτητες
- Υποστηρίζουν μεγαλύτερες αποστάσεις χωρίς απώλεια σήματος
- Προσφέρουν μεγαλύτερη αξιοπιστία, το οποίο είναι σημαντικό με την αύξηση υπηρεσιών απαιτητικών σε «bandwidth», όπως οι υπηρεσίες streaming



Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Οπτικών Ινών έναντι χάλκινων καλωδίων (2/2)

- Οι οπτικές ίνες θεωρούνται ως «Future proof», καθότι οι δυνατότητες που προσφέρουν είναι μεγαλύτερες από τις δυνατότητες που μπορούν να αξιοποιήσουν τα υπάρχοντα μηχανήματα, οπότε υπάρχει ένα «overhead» που μπορεί να αξιοποιηθεί από μελλοντικές τεχνολογίες
- Δίνουν τη δυνατότητα υβριδικών λύσεων (χρήση fiber σε τμήματα μόνο του δικτύου) για χαμηλότερο κόστος



VDSL (1/4)

- VDSL (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line) (ITU G.993.1)
 - Είναι μία ασυμμετρική τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων
 - Αποτελεί επέκταση της ADSL τεχνολογίας
 - Υπόσχεται ταχύτητες που μπορεί να φτάνουν τα 52 Mbps στο downstream και έως και 16 Mbps στο upstream
 - Εφαρμοσμένο σε μεγάλη κλίμακα σε χώρες όπως η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα.



VDSL (2/4)

- Ανάλογα με την υλοποίηση, το VDSL δε μπορεί να ξεπερνά το 1,5 km
- Οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται για τη λήψη από 13 έως 52 Mbps και για την αποστολή αγγίζουν τα 16 Mbps
- Υποστηρίζει υπηρεσίες όπως HDTV και VoIP



VDSL (3/4)

- Χρησιμοποιεί FTTN (FTT Network) ή FTTC αρχιτεκτονική
- Στο FTTC (Fiber To The Cabinet), έχουμε την τοποθέτηση οπτικών ινών μέχρι και το ΚΑΦΑΟ
- Ο εξοπλισμός (DSLAM) τοποθετείται σε επίπεδο γειτονιάς (συνήθως στα ΚΑΦΑΟ)
- Επειδή οι ταχύτητες που προσφέρει το VDSL εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την δικτυακή υποδομή, δεν είναι εγγυημένες και για αυτό οι πάροχοι δεν το προσφέρουν σε όλους τους χρήστες



VDSL (4/4)

- Τεχνολογίες για την υλοποίηση του VDSL:
 - Η τεχνολογία QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
 - Η τεχνολογία DMT (Discrete Multi-Tone): Δημιουργεί 247 εικονικά κανάλια στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Κάθε κανάλι ελέγχεται χωριστά και ανά πάσα στιγμή μπορεί να ενεργοποιηθεί κάποιο άλλο που προσφέρει καλύτερη ροή δεδομένων.
- Η DMT χρησιμοποιείται από τους περισσότερους κατασκευαστές VDSL (π.χ. OTE)



Χαρακτηριστικά VDSL (1/2)

- Η τεχνολογία VDSL είναι αρκετά ευέλικτη και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αρκετές περιπτώσεις ανάλογα με την περίσταση υλοποίησης
- Duplexing:
 - FDD
- Error correction:
 - FEC
 - Reed Solomon Error Correction

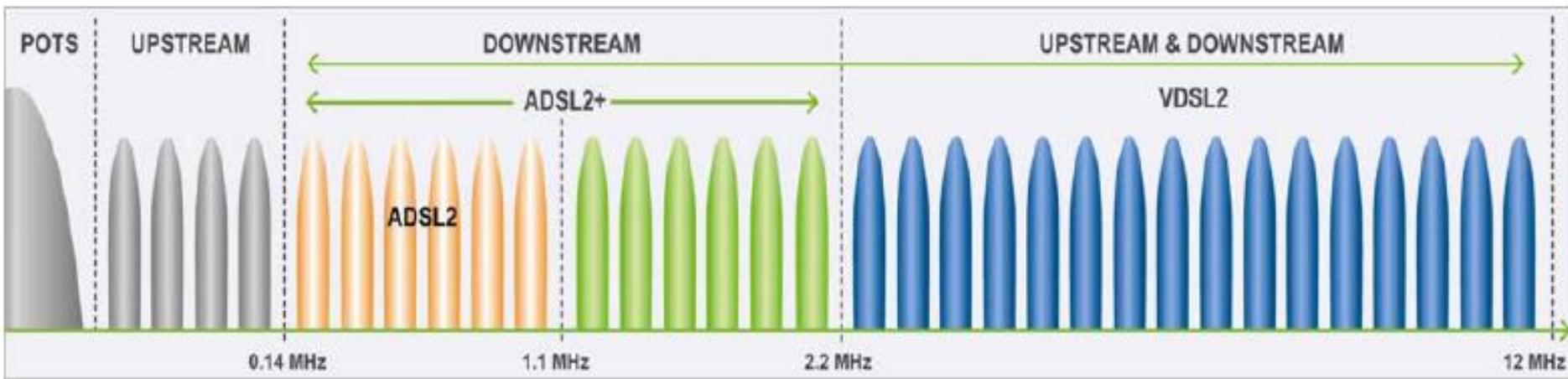


Χαρακτηριστικά VDSL (2/2)

- Modulation Scheme:
 - Single carrier Modulation - QAM
 - Multi carrier Modulation – DMT
- Χρησιμοποιεί το εύρος συχνοτήτων από τα 25 KHz έως και τα 12 MHz



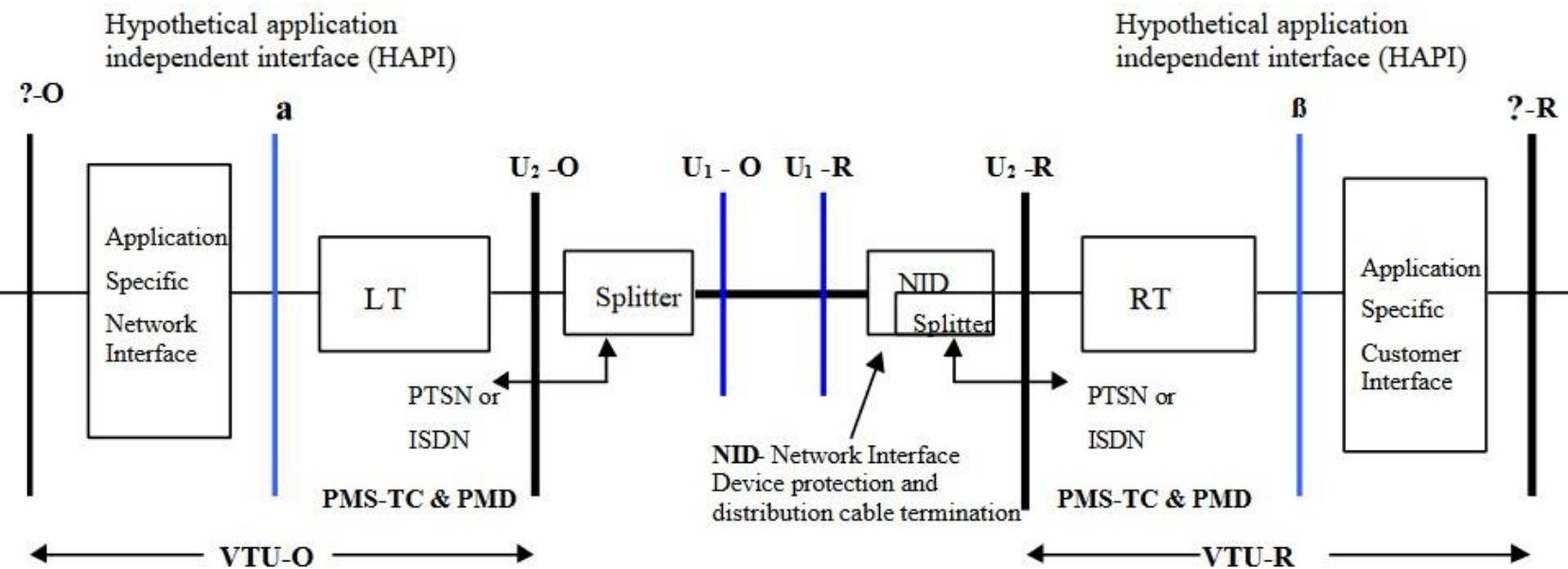
Συχνότητες VDSL



Πηγή: [wikipedia](#)



Μοντέλο αναφοράς VDSL



Πηγή: <http://www.ieee802.org/>



Επίπεδα VDSL (2/2)

- PMD
 - Πραγματοποιεί λειτουργίες του φυσικού επιπέδου (του μοντέλου OSI)
- PMS – TC
 - Πραγματοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες του VDSL (VDSL Framing Functions)
- TPS – TC
 - Πραγματοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες (για το transport protocol)



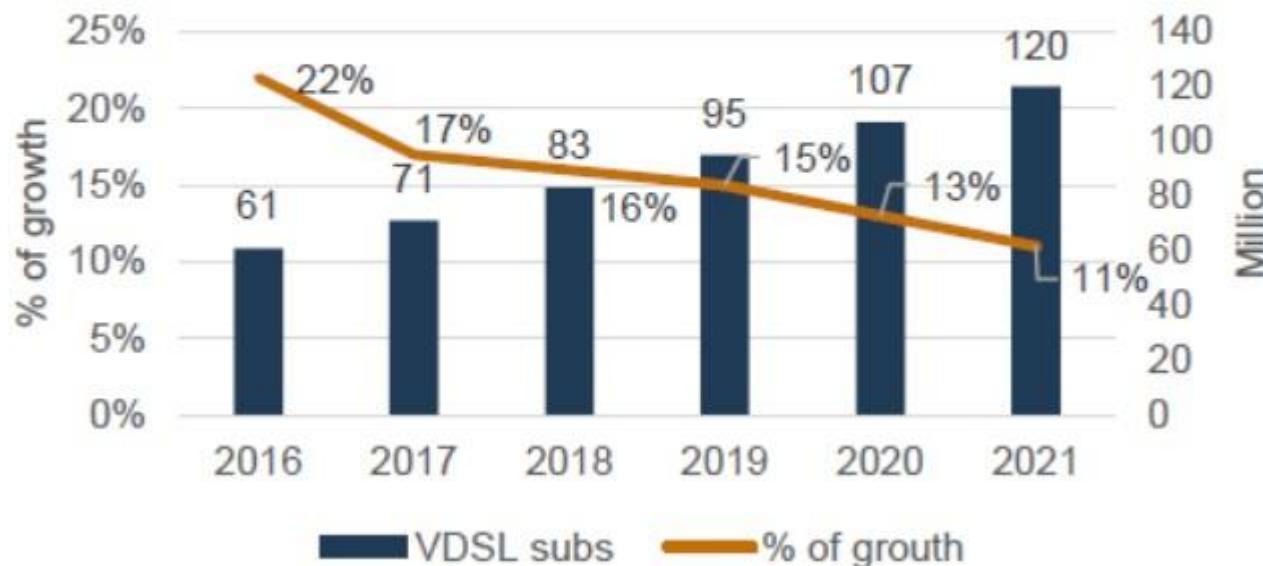
Ροή συγχρονισμού VDSL

- Παρέχει συγχρονισμό μεταξύ των υποεπιπέδων TPS-TC και PMS-TC:
 - Bit ροής δεδομένων και λήψης (Clkt, Clkr)
 - Συγχρονισμός οκτάδων ροής δεδομένων εκπομπής και λήψης (Osynct, Osyncr)
- Όλα τα σήματα δημιουργούνται από το PMS-TC και κατευθύνονται προς το TPS-TC



Global VDSL subscriptions 2017-2021(forecast)

**Compared growth of VDSL and FTTH/B subscriptions,
2017-2021 (in million)**



Πηγή: idate.org



VDSL στην Ελλάδα

- Το VDSL υπάρχει εδώ και αρκετά χρόνια στην Ελλάδα
- Μαζική χρήση της τεχνολογίας παρατηρείται τα τελευταία χρόνια
- Κύριο πρόβλημα μαζικής κυριαρχίας του VDSL στην Ελλάδα είναι το υπάρχων δίκτυο το οποίο πρέπει να αναβαθμιστεί για να υποστηρίζει VDSL σε όλη τη χώρα
 - Η αναβάθμιση συνήθως γίνεται ανά μικρά τμήματα
- Η επόμενη κίνηση μετάβασης στην ψηφιακή εποχή στην Ελλάδα θα είναι το δίκτυο FTTB (Fiber to the Building) για να μειώσει τις απώλειες ταχυτήτων λόγω απόστασης

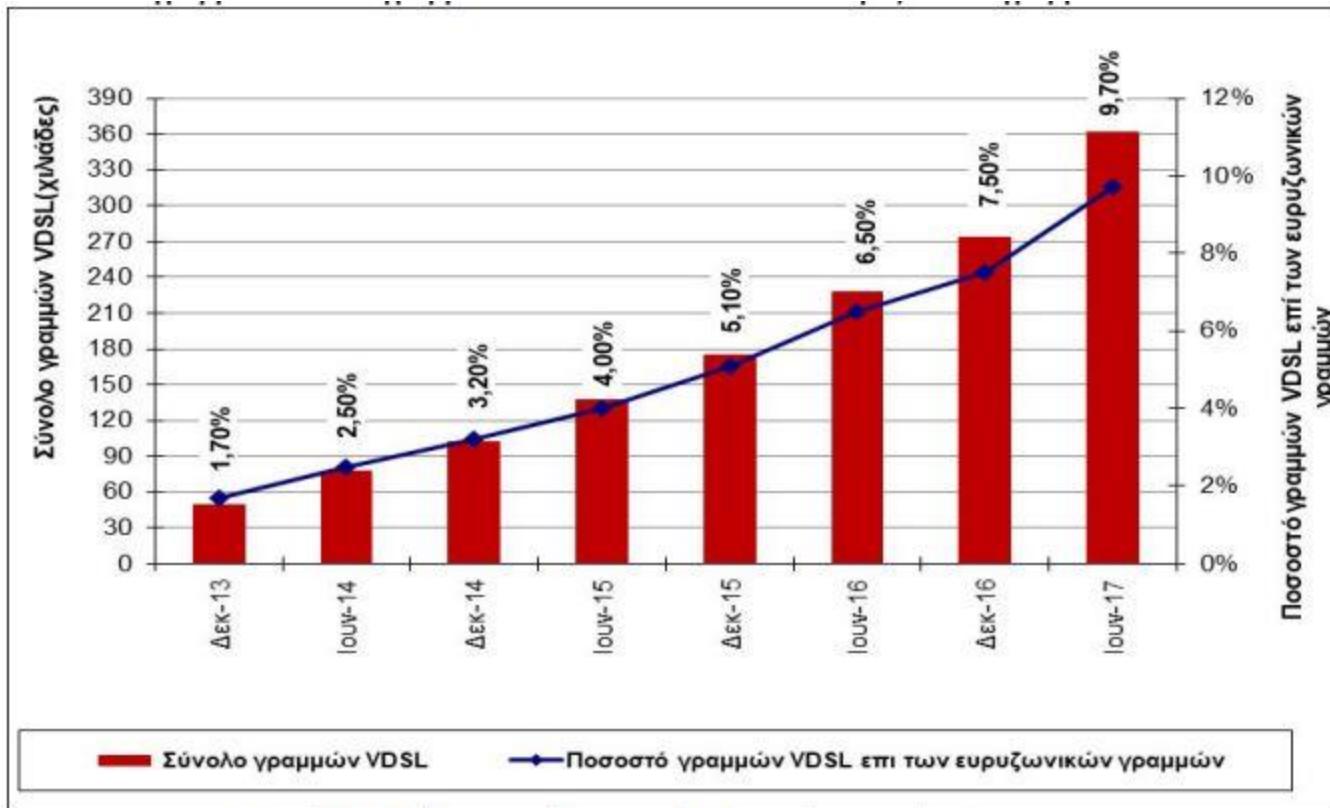


VDSL στην Ελλάδα (2/2)

- Τα τελευταία χρόνια οι γραμμές υψηλών ταχυτήτων στην Ελλάδα συνιστούν ποσοστό που κυμαίνεται άνω του 10% του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών της χώρας
- Αναπτύσσεται ταχύτατα
- Το 2016 το ποσοστό ανερχόταν στο 7,6 %
- Το 2017 ανήλθε σε 9,9%



VDSL στην ελλάδα



Πηγή: digitalife.gr



VDSL2 (ITU G.993.2) (1/3)

- Σχεδιασμένο για Triple Play υπηρεσίες (φωνή, video, δεδομένα, υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση και διαδραστικά παιχνίδια)
- Το πρότυπο ITU G.993.2 εγκρίθηκε το Φεβρουάριο του 2006
- Χρησιμοποιεί κατά βάση FTTN (Fiber to the Network) αρχιτεκτονική, αν και μερικές φορές υλοποιείται και σε FTTB (Fiber to the Building)



VDSL2 (ITU G.993.2) (2/3)

- Επιτρέπει τη μετάδοση συμμετρικών και ασύμμετρων ρυθμών (Full-Duplex) μέχρι 200 Mbit/s σε συνεστραμμένα ζεύγη
- Χρησιμοποιεί συχνότητες μέχρι 30 MHz
- Επιτρέπει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων πάνω από 100Mbps και στις δύο κατευθύνσεις (downstream/upstream)

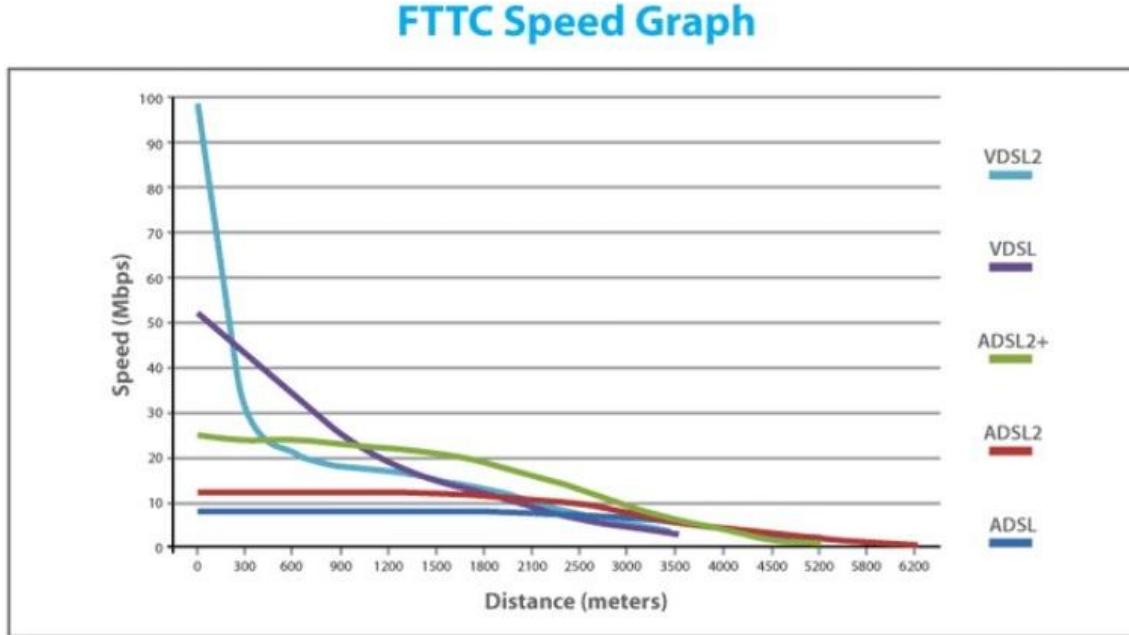


VDSL2 (ITU G.993.2) (3/3)

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποστάσεις έως 4-5 χιλιόμετρα, σε αντίθεση με το VDSL (<1,5 Km)
- Γρήγορα όμως εκφυλίζεται από τις ονομαστικές ταχύτητες των 200 Mbit/s στα 100 Mbit/s για απόσταση 0,5 km και στα 50 Mbit/s για απόσταση 1 km
- Από εκεί και πέρα η μείωση είναι σημαντικά πιο αργή και συνεχίζει να υπερισχύει του VDSL



Σύγκριση VDSL, ADSL, ADSL2



Source: Ofcom

Σύγκριση VDSL2, VDSL1, ADSL2

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VDSL2_Snelheid.gif)



VDSL2 στην Ελλάδα

- Το VDSL2 υπάρχει στην Ελλάδα
- Προσφέρει ταχύτητες μεγαλύτερες των 200 Mbps στο downstream και 100 Mbps στο upstream
- Δεν υποστηρίζεται σε όλες τις περιοχές καθώς απαιτεί αναβάθμιση του δικτύου
 - Η αναβάθμιση συνήθως γίνεται ανά μικρά τμήματα
- Απαιτεί χρήση ειδικού εξοπλισμού (Modem/Router οπτικών ινών)



VDSL2+ ITU G.993.2

Amendment 1

- Το πρότυπο εγκρίθηκε το 2015
- Προσφέρει ταχύτητες που αγγίζουν τα 300 Mbps στο downstream και τα 100 Mbps στο upstream
- Το πρότυπο πάλι εξαρτάται από την απόσταση και σε μεγάλες αποστάσεις η απόδοση του πλησιάζει την απόδοση του VDSL2



Βασικές διαφορές VDSL με ADSL (1/3)

- Ταχύτητα: Το VDSL προσφέρει ταχύτητες υπερδιπλάσιες του ADSL τόσο σε downstream όσο και σε upstream
- Εφαρμογές: Προσφέρει μεγάλο bandwidth, επιτρέποντας ταυτόχρονη χρήση απαιτητικών εφαρμογών, όπως ταυτόχρονο streaming πολλών δεδομένων εικόνας
- Διαθεσιμότητα: Το ADSL είναι ευρέως διαθέσιμο σε αντίθεση με το VDSL



Βασικές διαφορές VDSL με ADSL (2/3)

- Τιμή:
 - Για το χρήστη: Το ADSL παραμένει πιο οικονομικό από το VDSL. Αυτό συμβαίνει διότι περισσότεροι πάροχοι έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν υπηρεσίες ADSL. Όσο αυξάνεται η διαθεσιμότητα του VDSL τόσο αναμένεται η διαφορά τιμής απόκτησης μεταξύ των δύο υπηρεσιών να εκμηδενιστεί
 - Για τους παρόχους: Το VDSL απαιτεί επένδυση στο δίκτυο, η οποία είναι ασύμφορη για παρόχους που δεν εξυπηρετούν μεγάλο πλήθος χρηστών



Βασικές διαφορές VDSL με ADSL (3/3)

- Απώλεια σήματος:
 - Τόσο το VDSL όσο και το ADSL αντιμετωπίζουν απώλεια σήματος όσο αυξάνει η απόσταση
 - To VDSL αντιμετωπίζει μικρότερες απώλειες από το ADSL
- To VDSL αποτελεί ξεκάθαρο νικητή

Πηγή: router-switch.com



Άλλες τεχνολογίες xDSL - RADSL

- Rate Adaptive DSL
- Αναφέρεται σε ένα περιορισμό που υπήρχε σε πρώιμες υλοποιήσεις του ADSL
 - διατηρούσαν σταθερό τον ρυθμό δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις ώστε να διατηρείται η γραμμή περισσότερο συνδεδεμένη
- Σήμερα ως RADSL εννοούμε το ADSL που χρησιμοποιεί τον κώδικα γραμμής QAM ή CAP
 - Αυτά που χρησιμοποιούν DMT σύμφωνα με το πρότυπο T1.413 είναι επίσης rate adaptive αλλά γενικά δεν αναφέρονται έτσι
 - ο uplink ρυθμός δεδομένων είναι ανάλογος προς τον downlink και εξαρτάται από τις συνθήκες της γραμμής και τον θόρυβο



Άλλες τεχνολογίες xDSL - UDSL

- Universal ADSL
 - γνωστό και ως ADSL-lite ή G.Lite
- Στόχος μια προδιαγραφή παγκόσμια, «ανοικτή», χωρίς διάταξη διαχωρισμού φωνής δεδομένων («splitterless»)
 - υποστηρίζει μέχρι 1,5 Mbit/s στο κανάλι καθόδου και 512 kbit/s στο κανάλι ανόδου σε μεγαλύτερα μήκη τοπικού βρόχου
- Σχεδιάστηκε ως μια χαμηλού κόστους και μικρότερου εύρους ζώνης τεχνολογία ADSL
- Είναι κατάλληλη για γρήγορες υπηρεσίες Internet αλλά όχι για απαιτητικές εφαρμογές όπως βίντεο υψηλής ευκρίνειας



Άλλες τεχνολογίες xDSL - MSDSL

- Multi-rate Symmetric DSL
 - Δεν έχει εγκριθεί ακόμα
- Προσφέρει μέγιστη απόσταση μετάδοσης δεδομένων που αγγίζει τα 8800 m
- Προσφέρει ταχύτητες που φτάνουν τα 2,32 Mbit/s
- Ένα μέρος του Bandwidth δεν είναι διαθέσιμο στους χρήστες και χρησιμοποιείται για τη διαχείριση (management)



Άλλες τεχνολογίες xDSL - HDSL

- HDSL – High-bit-rate Digital Subscriber Line
 - Σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρικό
 - Προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για την αποστολή όσο και για τη λήψη
 - Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3,5 km
 - Μια άλλη βασική διαφορά από το ADSL είναι ότι απαιτείται η εγκατάσταση 2 τηλεφωνικών γραμμών (2 συνεστραμμένα καλώδια)



Άλλες τεχνολογίες xDSL - HDSL2

- Χρησιμοποιώντας μόνο ένα ζεύγος καλωδίων (για την μετάδοση της ίδιας πληροφορίας) μειώνει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος
 - μείωση των παρεμβολών
 - χρήση ενός ζεύγους καλωδίων
- Λόγω του γεγονότος ότι χρησιμοποιεί ένα ζεύγος καλωδίων, αυξάνεται η ισχύς για τη μετάδοση του σήματος
 - μεγαλύτερες απώλειες απ' ότι στην HDSL των δύο ζευγών



Άλλες τεχνολογίες xDSL – SDSL (1/2)

- SDSL – Single-line Digital Subscriber Line
 - Είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps)
 - Απαιτεί όμως μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού
 - Για το λόγο αυτό, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km



Άλλες τεχνολογίες xDSL – SDSL (2/2)

- Εναποθέτει συμμετρικά το bandwidth μεταξύ του downstream και του upstream
- Ταχύτητα περίπου 1,5 Mbps
- Ιδανικό για μικρές υπηρεσίες με μεγάλη και σταθερή (always on) ανάγκη για bandwidth

Πηγή: [versatek](#)



Άλλες τεχνολογίες xDSL - SHDSL (ITU G.991.2)

- Το αρχικό SDSL είναι μια εμπορική τεχνολογία και η προσπάθεια προτυποποίησής της από την ITU (ITU G.991.2) και από τους οργανισμούς ANSI της Β. Αμερικής και ETSI της Ευρώπης οδήγησε στο SHDSL
- Παρέχει συμμετρικούς ρυθμούς των 2,3 Mbps σε απόσταση 3 km και 192 kbps στα 6 km σε ένα ζευγάρι καλωδίων
- Παρέχει την επιλογή αύξησης της απόστασης ή του ρυθμού με τη χρήση του δεύτερου ζεύγους καλωδίων
- Η προαιρετική διαμόρφωση με 4 καλώδια μπορεί να επεκτείνει τους ρυθμούς των 2,3 Mbps στα 5 km
- Είναι σχεδιασμένο για συμβατότητα με τις άλλες xDSL τεχνολογίες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κοινού



Άλλες τεχνολογίες xDSL – IDSL

- Χρησιμοποιεί το ήδη εγκατεστημένο ISDN, επιτρέποντας την χρήση της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας για μετάδοση μόνο δεδομένων και όχι φωνής
 - Οι εταιρίες μπορούν με εύκολο τρόπο να αναβαθμίσουν τον ISDN εξοπλισμό δικτύου
 - Οι ISDN χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα modem που ήδη έχουν
- Πραγματοποιεί, σε αντίθεση με το ISDN, την μετάδοση μόνο δεδομένων και όχι φωνής
 - οδηγεί στην χρήση μιας επιπλέον γραμμής για την μετάδοση φωνής, κάτι που είναι ιδιαίτερα ασύμφορο



Σύγκριση τεχνολογιών xDSL

	Down Speed	Up Speed	Distance
Asymmetric	G.lite	1.5 Mbps	512 Kbps
	ADSL	6-8 Mbps	640 Kbps 12,000-18,000 ft
	ADSL2	12 Mbps	1 Mbps 6,000 ft
	ADSL2+	27 Mbps	1 Mbps 3,000 ft
	VDSL	13-52 Mbps	1.5-2.3 Mbps 4,500 ft
	VDSL2	200 Mbps	200 Mbps 6,600 ft
	IDSL	144 Kbps	144 Kbps More than 2,000 ft
	SDSL	1.5 Mbps	1.5 Mbps 10,000-18,000 ft
	HDSL	2.3 Mbps	2.3 Mbps 12,000 ft

<http://www.slideshare.net/ghayouri23/dsl-41>

Σύγκριση τεχνολογιών xDSL



Σύντομη ανασκόπηση

- Εισαγωγή
- VDSL
- Άλλες xDSL τεχνολογίες



Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 2)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>
(Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - http://whirlpool.net.au/wiki/?tag=ADSL_Theory (ADSL tutorial)
 - Βλ. διαφάνειες



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 5: Τεχνολογίες Ethernet

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με τις τεχνολογίες Ethernet
- Κατανόηση των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας
- Επεξήγηση των σημαντικότερων πλεονεκτημάτων της
- Παρουσίαση εξελιγμένων προτύπων της τεχνολογίας



Περιεχόμενα ενότητας

- Γενικά στοιχεία
- Ιστορική Αναδρομή
- Συστάσεις
- Κύρια Χαρακτηριστικά - Αρχιτεκτονική
- Πλεονεκτήματα
- Απόδοση
- 10-Gigabit Ethernet
- Metro Ethernet
- 40 και 100 Gigabit Ethernet



Τεχνολογίες Ethernet

Γενικά στοιχεία (1/2)

- Το Ethernet είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο ενσύρματης τοπικής δικτύωσης υπολογιστών
- Οι προδιαγραφές της τεχνολογίας Ethernet εφαρμόζονται στα δύο πρώτα επίπεδα του Μοντέλου Αναφοράς OSI (φυσικό επίπεδο και το υπο-επίπεδο MAC του επιπέδου ζεύξης)
- Το 1985 το Ethernet έγινε αποδεκτό επίσημα από τον οργανισμό IEEE ως το πρότυπο **802.3** για ενσύρματα τοπικά δίκτυα (LAN).



Γενικά στοιχεία (2/2)

- Τα συστήματα επικοινωνίας που βασίζονται στο Ethernet διαιρούν μια ροή δεδομένων σε μικρότερα κομμάτια που ονομάζονται πλαίσια (frames)
- Κάθε πλαίσιο περιέχει διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού και δεδομένα για τον έλεγχο σφαλμάτων, ώστε λάθος δεδομένα να ανιχνευτούν και να μεταδοθούν εκ νέου



Ιστορική Αναδρομή (1/3)

- Ξεκίνησε στο Πανεπιστήμιο της Χαβάης στα τέλη της δεκαετίας του '60 με την ονομασία ALOHA
- Το 1972 το ALOHA αναβαθμίστηκε στο slotted ALOHA, μια αλλαγή που διπλασίαζε την αποδοτικότητα του
- Το Ethernet όπως το γνωρίζουμε σήμερα, ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1972 από τον Bob Metcalfe με την ονομασία ALTO ALOHA. Το 1973 το μετονόμασε σε Ethernet
- Το 1977 εισήχθηκε στο Ethernet η τεχνολογία CSMA/CD



Ιστορική Αναδρομή (2/3)

- Το 1984 το Ethernet υιοθετήθηκε ως επίσημο standard από την IEEE
- Το 1985 διαπιστώθηκε ότι το Ethernet μπορεί να τρέχει και πάνω από οπτική ίνα
- Το 1993 έφερε άλλη μια καινοτομία: full-duplex Ethernet
- Τον Μάιο του 1996, οι εταιρείες της Fast Ethernet Alliance μαζί με κάποιες νέες, οργάνωσαν την Gigabit Ethernet Alliance (GEA)
- Το 1997 η IEEE επικύρωσε το 802.3x full-duplex/flow-control standard



Ιστορική Αναδρομή (3/3)

- Έχουν εμφανιστεί νεότερες εκδόσεις τύπου Ethernet όπως φαίνεται παρακάτω:

Έκδοση	Υποστηριζόμενη
Ethernet	10 Mbps
Fast Ethernet	100 Mbps
Gigabit Ethernet	1 Gbps
10 Gigabit Ethernet	10 Gbps

Συστάσεις (1/2)

- Half-duplex και full-duplex λειτουργία σε ταχύτητες της τάξης των 1000Mbps
- Χρήση του ήδη υπάρχοντος 802.3 προτύπου για πλαίσια Ethernet
- Χρήση της μεθόδου CSMA/CD με υποστήριξη ενός repeater ανά πεδίο σύγκρουσης (collision domain)
- Προς τα πίσω συμβατότητα με τα πρότυπα 10BASE-T (Ethernet) και 100BASE-T (Fast Ethernet)



Συστάσεις (2/2)

- Ως προς την τεχνολογία των συνδέσεων, τέθηκε ως στόχος η λειτουργία του προτύπου μεταξύ άλλων πάνω σε:
 - πολύτροπη οπτική ίνα μέγιστου μήκους 550 μέτρων (1000BASE-SX), αν και στην πράξη μπορεί να υποστηρίξει μεγαλύτερες αποστάσεις
 - μονότροπη οπτική ίνα μέγιστου μήκους 3 χιλιομέτρων που αργότερα επεκτάθηκε στα 5 (1000BASE-LX)
 - χάλκινο (short-haul copper) καλώδιο μέγιστου μήκους 25 μέτρων (1000BASE-CX)



Αρχιτεκτονική

- Ακολουθεί τον συνδυασμό 2 τεχνολογιών:
 - IEEE 802.3 Ethernet
 - ANSI X3T11 FibreChannel
- Τα πλεονεκτήματα της επιλογής αυτής:
 - Το πρότυπο μπορεί να εκμεταλλευτεί την ήδη υπάρχουσα, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο φυσικό μέσο (τεχνολογία του FibreChannel)
 - Διατηρείται το πρότυπο πλαισίου του Ethernet και η προς τα πίσω συμβατότητα με την ήδη εγκατεστημένη βάση συστημάτων



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο

- Στο φυσικό επίπεδο υπάρχουν οι εξής διαχωρισμοί:
 - 802.3z: Gigabit Ethernet πάνω από οπτική ίνα
 - 802.3ab: Gigabit Ethernet πάνω από αθωράκιστο συνεστραμμένο ζεύγος (UTP)



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3z (1/3)

- Έχουν αναπτυχθεί 10 πρότυπα
- Δύο laser πρότυπα υποστηρίζονται πάνω σε πολύτροπη οπτική ίνα: το 1000Base-SX (short-wave laser) και το 1000Base-LX (long-wave laser).
- Με μονότροπη οπτική ίνα χρησιμοποιείται long-wave laser
- Το υπεπίπεδο πρόσδεσης φυσικού μέσου (physical media attachment sublayer - PMA) στο Gigabit Ethernet είναι όμοιο με το PMA του FibreChannel



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3z (2/3)

- Η υποστήριξη πολλαπλών σχημάτων κωδικοποίησης και η παρουσίασή τους στα ανώτερα επίπεδα είναι ευθύνη του serializer/deserializer
- Χρήση κωδικοποίησης 8B/10B. Το υποεπίπεδο προσαρμογής (reconciliation sublayer) στέλνει δεδομένα σε ομάδες των 8 bits στο υποεπίπεδο PCS, το οποίο αναλαμβάνει την κωδικοποίηση τους σε ομάδες των 10 bits με πρόσθεση bits ελέγχου



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3z (3/3)

- Το GMII (Gigabit Media Independent Interface) είναι μια σειρά προδιαγραφών που καθορίζουν τη σύνδεση του MAC με το φυσικό επίπεδο
- Σκοπός των προδιαγραφών αυτών είναι η ανεξάρτητη, από το είδος του φυσικού μέσου, λειτουργία από το υπό επίπεδο MAC και πάνω



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (1/5)

- Η μετάδοση σε ρυθμούς 1000Mb/s πάνω στο UTP 5 παρουσιάζει τις εξής δυσκολίες:
 - ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
 - εξασθένηση του σήματος
 - απώλεια επιστροφής (return loss)
 - ηχώ (echo). Η ηχώ είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας σε full-duplex και παράγεται όταν το παραμένον σήμα μετάδοσης (residual transmit signal) και η απώλεια επιστροφής του καλωδίου συνδυάζονται



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (2/5)

- Το crosstalk είναι ανεπιθύμητα σήματα που παράγονται από την αλληλεπίδραση των σημάτων μεταξύ δύο ζευγών
- Εφόσον το 1000Base-T χρησιμοποιεί και τα 4 ζεύγη του UTP 5, κάθε ζεύγος μπορεί να επηρεαστεί από καθένα από τα αλλά 3 ζεύγη



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (3/5)

- Το crosstalk σε σχέση με τον πομπό χαρακτηρίζεται ως:
 - Near-end crosstalk (NEXT): δημιουργείται στην έξοδο του ζεύγους των καλωδίων, στην απόληξη του πομπού
 - Far-end crosstalk (FEXT): δημιουργείται στην έξοδο του ζεύγους των καλωδίων, στην απομακρυσμένη απόληξη του καλωδίου που ξεκινά από τον πομπό
 - Equal level far-end crosstalk (ELFEXT), όμοια με το FEXT από το οποίο όμως αφαιρείται το μέγεθος της εξασθένησης του σήματος (attenuation)



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (4/5)

- Για τη λειτουργία του 1000Base-T:
 - Χρησιμοποιείται καλωδίωση που συμβαδίζει με το πρότυπο ANSI/TIA/EIA-568-A (1995) για Category 5 UTP
 - Γίνεται dual duplex χρήση και των 4 ζευγαριών καλωδίων για να επιτυγχάνεται ρυθμός συμβόλων 125Mbaud
 - Γίνεται χρήση της κωδικοποίησης PAM-5 που επιτρέπει την αποστολή περισσότερης πληροφορίας με κάθε σύμβολο
 - Γίνεται χρήση της 4D 8-state Trellis Forward Error Correction κωδικοποίησης για να αντισταθμιστεί η επίδραση του θορύβου και του crosstalk



Τεχνολογία στο φυσικό επίπεδο - 802.3ab (5/5)

- Χρησιμοποιούνται τεχνικές διαμόρφωσης παλμού που προετοιμάζουν το προς μετάδοση σήμα
- Χρησιμοποιούνται υψηλής τεχνολογίας DSP τεχνικές εξισορρόπησης (equalize) του σήματος για την αντιμετώπιση του θορύβου, της ηχούς και του crosstalk καθώς και για την επίτευξη bit error rate 10-10
- Χρησιμοποιείται scrambling



Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων

- Το υποεπίδεδο MAC του Gigabit Ethernet είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το αντίστοιχο MAC των Ethernet και Fast Ethernet
- Χρησιμοποιεί τη μορφή πλαισίων που ορίζει το πρότυπο 802.3
- Έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει είτε σε half-duplex (με τη χρήση της μεθόδου CSMA/CD) είτε σε full-duplex



Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - Carrier Extension

- Το Carrier Extension χρησιμοποιείται ώστε να μειωθεί η απόσταση μεταξύ σταθμών από τα 2 χιλιόμετρα του Ethernet στα 200 μέτρα του Gigabit
- Όταν ένα πλαίσιο είναι μικρότερο των 512bytes τότε το MAC στέλνει ένα ειδικό σήμα που διαρκεί τόσο ώστε το πλαίσιο να φαίνεται στους άλλους σταθμούς ως πλαίσιο των 512bytes, οπότε παρέχεται ο απαιτούμενος χρόνος για να ανιχνευθεί τυχόν σύγκρουση



Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - Frame bursting

- Μειονέκτημα carrier extension: η προέκταση δεν χρησιμοποιείται για δεδομένα ενώ καταναλώνει bandwidth
- Στην περίπτωση που η κυκλοφορία αποτελείται αποκλειστικά από πλαίσια των 64bytes τότε ο ρυθμός μετάδοσης πέφτει έως και 90%
- Δεδομένου πως στα περισσότερα δίκτυα Ethernet τα πλαίσια έχουν μέγεθος 200-500 bytes, η απόδοση κινείται αρκετά χαμηλότερα από το 1Gbps
- Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έγινε μια ακόμα αλλαγή στο MAC που ονομάστηκε frame bursting. Το frame bursting είναι η μετάδοση πολλών μικρών (<512bytes) πλαισίων μαζί, συνολικού μεγέθους το πολύ 8192bytes



Τεχνολογία στο επ. ζεύξης δεδομένων

- 802.3x full-duplex/flow control

- Ο έλεγχος ροής (flow control) είναι απαραίτητος σε ένα δίκτυο, ειδικά όταν αναμιγνύονται τεχνολογίες που λειτουργούν σε διαφορετικές ταχύτητες
- Η μέθοδος CSMA/CD προσφέρει έναν εγγενή τρόπο αντιμετώπισης παρόμοιων καταστάσεων αφού οι συγκρούσεις που δημιουργούνται εμποδίζουν την υπερφόρτωση
- Σε full-duplex η CSMA/CD απενεργοποιείται οπότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη μέθοδος ελέγχου ροής



Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - 802.1p, 802.1Q, 802.3ad

- 802.1p - ορίζει μια μέθοδο που επιτρέπει στους σταθμούς να ζητούν προτεραιότητα και επιτρέπει στα switches να μεταφέρουν τις αιτήσεις αυτές στον προορισμό τους
- 802.1Q - ορίζει μια τυποποίηση για εικονικά δίκτυα (Virtual LANs – VLANs)
- 802.3ad - ορίζει μια τυποποίηση για link aggregation (η δυνατότητα ύπαρξης πολλαπλών παράλληλων point-to-point, switch/switch ή switch/server συνδέσεων)



Τεχνολογία στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων - Full-Duplex repeater

- Εκτελεί τις λειτουργίες ενός repeater, προσφέρει όμως ταυτόχρονα και μερικά από τα πλεονεκτήματα των switches
- Το μεγάλο πλεονέκτημα των full-duplex repeaters είναι ότι προσφέρουν απόδοση και λειτουργικότητα που πλησιάζει τα switches, ενώ το κόστος τους κυμαίνεται στα επίπεδα των απλών repeaters



Τεχνολογία στο επίπεδο δικτύου

- Το Gigabit Ethernet δεν παρέχει μηχανισμούς Quality of Service (QoS), μπορεί όμως να παράσχει Class of Service (CoS - ή αλλιώς best-effort QoS)
- Δέχεται αιτήσεις QoS χωρίς όμως να εγγυάται 100% την ικανοποίηση τους
- Η υποστήριξη CoS παρέχεται στο Gigabit Ethernet μέσω προτύπων όπως τα 802.1p, 802.1Q και κυρίως μέσω του Resource reSerVation Protocol (RSVP)



Πλεονεκτήματα (1/3)

- Εύκολη και άμεση μετάβαση σε επίπεδα υψηλότερης απόδοσης χωρίς διάσπαση του δικτύου
 - Διατηρείται η μορφή πλαισίου 802.3
 - Full- και Half-Duplex λειτουργία
 - Παρέχει πρωτόκολλα διαχείρισης όπως το SNMP
- Χαμηλό κόστος ιδιοκτησίας-
συμπεριλαμβανομένου του κόστους αγοράς
και υποστήριξης



Πλεονεκτήματα (2/3)

- Ικανότητα υποστήριξης νέων εφαρμογών και τύπων δεδομένων χάρη στα παρακάτω:
 - Αυξημένο bandwidth που παρέχεται από Fast Ethernet και Gigabit Ethernet, βελτιωμένο από LAN switching
 - Την εμφάνιση νέων πρωτοκόλλων όπως το RSVP που παρέχουν εξασφάλιση bandwidth
 - Την εμφάνιση νέων standards όπως το 802.1Q και 802.1p που θα παρέχουν εικονικά LAN (VLAN) και πληροφορίες προτεραιότητας για τα πακέτα
 - Την ευρεία χρήση προχωρημένων τεχνικών συμπίεσης video



Πλεονεκτήματα (3/3)

- Ευέλικτος σχεδιασμός δικτύου
 - Ευέλικτο Internetworking: Οι τρέχουσες τεχνολογίες internetworking, καθώς και τεχνολογίες όπως IP-specific switching και Layer 3 switching, είναι πλήρως συμβατές με το Gigabit Ethernet, όπως ακριβώς είναι με το Ethernet και το Fast Ethernet



Απόδοση

- Πειράματα της AMD δείχνουν ότι σε μια τοπολογία half-duplex με συγκρούσεις, ένα δίκτυο Gigabit Ethernet πετυχαίνει ρυθμαπόδοση άνω των 720 Mbps σε συνθήκες προσφερόμενου φορτίου 100%
- Πειράματα για την απόδοση ενός port ενός Gigabit Ethernet multi-port switch, με διαφορετικά μεγέθη πακέτων: 64 bytes, 128 bytes, ..., 1518 bytes δείχνουν ότι η αποδοτικότητα φτάνει το 100%



10 Gigabit Ethernet

- Πρώτο πρότυπο IEEE 802.3ae 2002
- Τρέχων πρότυπο IEEE 802.3-2018
- Δουλεύει πάνω από οπτική ίνα και λειτουργεί μόνο με πλήρως αμφίδρομο τρόπο (full duplex)
- Κατά αυτό τον τρόπο τα πρωτόκολλα ανίχνευσης-συγκρούσεων δεν είναι απαραίτητα (CSMA/CD)
- Παρέχει μία σημαντική αύξηση του εύρους ζώνης ενώ παράλληλα διατηρεί μέγιστη συμβατότητα με τις ήδη εγκαταστημένες 802.3 διεπαφές



Εφαρμογές του 10 Gigabit Ethernet

- Εφαρμογή σε LAN
- Εφαρμογή σε MAN
- Εφαρμογή σε WAN
- Το 10 GE επεκτείνει τη διασύνδεση και την απόσταση λειτουργίας στα 40km



Εφαρμογή σε LAN (1/2)

- Κίνητρο για τη χρήση της τεχνολογίας 10 Gigabit Ethernet στα LAN:
 - η αυξανόμενη ανάγκη για περισσότερο bandwidth
 - το κόστος
- Στόχος: 10 Gigabit Ethernet συνδεσιμότητα με 3 ή 4 φορές το κόστος του Gigabit Ethernet



Εφαρμογή σε LAN (2/2)

- Εφαρμογές:
 - ομαδοποίηση πολλαπλών Gigabit ροών, σε ένα μοναδικό 10 Gigabit Ethernet σύνδεσμο
 - LAN δίκτυο ραχοκοκαλιάς (Backbone), για τη σύνδεση πολλών περιοχών σε ένα κέντρο δεδομένων
 - η διασύνδεση εξυπηρετητών με την έννοια της συστάδας εξυπηρετητών



Εφαρμογή σε MAN

- Η τεχνολογία 10 Gigabit Ethernet μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δικτυακή σύνδεση ανάμεσα σε απομακρυσμένες γεωγραφικά περιοχές
- Το SONET/SDH έχει επικρατήσει ως πρωτόκολλο μεταφοράς στο MAN backbone δίκτυο
- Κύρια προβλήματα:
 - Μεγάλος αριθμός στοιχείων του δικτύου
 - Μεγάλο και πολύπλοκο δίκτυο
 - Περισσότερα επίπεδα πρωτοκόλλου



Εφαρμογή σε WAN

- Το SONET/SDH είναι το κυρίαρχο πρωτόκολλο μεταφοράς στα WAN δίκτυα ραχοκοκαλιάς (ταχύτητες των 9.58 Gbps)
- Το πρότυπο IEEE 802.3ae ορίζει δύο τύπους PHY. Αυτοί είναι το LAN και WAN PHY
- Το WAN φυσικό επίπεδο διαφέρει από αυτό του LAN
- Το WAN PHY είναι ένα PHY που κάνει SONET πλαισιοποίηση χρησιμοποιώντας SONET/SDH
- Δε χρειάζεται μετατροπή πρωτοκόλλου στο επίπεδο 3. Η μετατροπή και η ενθυλάκωση γίνονται στο PHY στο επίπεδο 1
- Λιγότερα στοιχεία στο δίκτυο → μείωση κόστους του δικτύου



Metro Ethernet

- Εισάγει την χρήση Ethernet σε μητροπολιτικά δίκτυα πάνω από υποδομή οπτικών ινών
- Υλοποιούνται οπτικά δίκτυα σε μητροπολιτικές περιοχές και σε αυτά εισάγεται εξοπλισμός τεχνολογίας ethernet στο δίκτυο (από τον provider) και στους τελικούς χρήστες σαν τερματικός εξοπλισμός



Τύποι υπηρεσιών Metro Ethernet

- E-Line γνωστό και ως Virtual Leased Line (VLL), Point-to-Point ή Ethernet Private Wire Service (EPWS)
- E-LAN γνωστό και ως Virtual Private LAN Services (VPLS), Transparent LAN Services και MultiPoint-to-MultiPoint
- E-TREE γνωστό και ως Point-to-MultiPoint



Τεχνολογίες Metro Ethernet

- Ethernet over SONET/SDH
- Resilient Packet Ring
- Ethernet Transport
- Ethernet MANs βασισμένα σε MPLS



40 Gigabit Ethernet

- Δημιουργήθηκε για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες
- Πρότυπα:
 - IEEE 802.3ba
(Επικυρώθηκε τον Ιούνιο του 2010)
 - IEEE 802.3bg
(Επικυρώθηκε τον Μάρτιο του 2011)
 - IEEE 802.3bm
(Επικυρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2015)



100 Gigabit Ethernet (1/2)

- Δημιουργήθηκε για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες
- Πρότυπα:
 - IEEE 802.3ba
(Επικυρώθηκε τον Ιούνιο του 2010)
 - IEEE 802.3bj
(Επικυρώθηκε τον Ιούνιο του 2014)
 - IEEE 802.3bm
(Επικυρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2015)
 - IEEE 802.3cn
(Επικυρώθηκε τον Νοέμβριο του 2019)



100 Gigabit Ethernet (2/2)

- Τα παρακάτω πρότυπα αναμένεται να επικυρωθούν
- Πρότυπα:
 - IEEE 802.3ca
 - IEEE 802.3ck
 - IEEE 802.3ct
 - IEEE 802.3cu



100 Gigabit Ethernet (2/2)

- Γιατί δημιουργούνται νέα πρότυπα προς επικύρωση;
- Τα νέα αυτά πρότυπα αναμένεται να:
 - Εισαγάγουν και να αξιοποιήσουν νέες τεχνολογίες
 - Προσαρμογή σε νέες υποδομές και τεχνολογίες δικτύων
 - Βελτίωση αποστάσεων εξασθένισης σήματος



Μελλοντική εξέλιξη

- Απαραίτητη για να καλύψει τις νέες ανάγκες για ταχύτητες και ταυτόχρονη ασφαλή μετάδοση δεδομένων
- Οι οργανισμοί προτυποίησης ήδη δουλεύουν πάνω σε νέα πρότυπα Ethernet
- Τα πρότυπα για το 40+ Gigabit Ethernet έχουν αρχίσει να σχηματίζονται από το 2010 και συνεχίζονται μέχρι σήμερα
- Το 2020 αναμένεται να είναι η χρονιά που οι ανάγκες σε Bandwidth θα φτάσουν τα 1,2 Gbps



40 και 100 Gigabit Ethernet

- Χρησιμοποιεί την τυποποίηση Ethernet για το στρώμα MAC και τη μορφή του πλαισίου
- Η κοινή αρχιτεκτονική για 40 Gb/s and 100 Gb/s Ethernet είναι ευέλικτη και μπορεί να κλιμακωθεί
- Παρέχει κατάλληλη υποστήριξη για Optical Transport Networks
- Παρέχει προδιαγραφές στο φυσικό επίπεδο για μετάδοση πάνω από μονοτροπική και πολυτροπική ίνα, καλώδια χαλκού και backplane



To ethernet στο πρώτο/τελευταίο μίλι (802.3ah) (1/3)

- Τελευταίο μίλι (Last Mile): το κομμάτι του τηλεπικοινωνιακού δικτύου που διασυνδέει τον τελευταίο κόμβο του παρόχου με τις εγκαταστάσεις του πελάτη
- Πρώτο μίλι (First Mile): ακριβώς το ίδιο πράγμα, από την οπτική γωνία όμως του πελάτη
- Το πρότυπο 802.3ah δεν αποτελεί βελτίωση ή αντικατάσταση του Ethernet, αλλά παρέχει επιπλέον προδιαγραφές για να καταστεί δυνατή η λειτουργία του Ethernet πάνω από μέσα που προηγουμένως δεν υποστηρίζονταν



To Ethernet στο πρώτο/τελευταίο μίλι (802.3ah) (2/3)

- Θέτει τις αρχές και τους κανόνες διαλειτουργικότητας για την ανάπτυξη της πρόσβασης Ethernet σε:
 - Συνδέσεις Point to Point (P2P) Optical Ethernet Links συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ιδιοτήτων για συνδέσεις Fast και Gigabit Ethernet, και των πρωτοκόλλων διαχείρισης των συνδέσεων
 - Συνδέσεις Point to Multipoint (P2MP) Optical Ethernet Links συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ιδιοτήτων (PMD) για Gigabit Ethernet, και των πρωτοκόλλων διαχείρισης των συνδέσεων αυτών



To Ethernet στο πρώτο/τελευταίο μίλι (802.3ah) (3/3)

- Παρέχει:
 - Επισήμανση σφάλματος σύνδεσης (Link fault detection)
 - Dying gasp: σηματοδοσία προς τον link partner για τοπική μη αναστρέψιμη βλάβη
 - Άλλα critical events
 - Δυνατότητα Link loopback



Σύντομη ανασκόπηση

- Γενικά στοιχεία
- Ιστορική Αναδρομή
- Συστάσεις
- Κύρια Χαρακτηριστικά - Αρχιτεκτονική
- Πλεονεκτήματα
- Απόδοση
- 10-Gigabit Ethernet
- Metro Ethernet
- 40 και 100 Gigabit Ethernet



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 3)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - Gigabit Ethernet for Metro Area Networks, Bedell P.
 - Switched, Fast and Gigabit Ethernet, Robert Breyer, Sean Riley



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>
(Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.ieee802.org/3/> (IEEE 802.3 Ethernet Working Group)
 - <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html> (IEEE Standard for Ethernet)
 - http://www.comsocscv.org/docs/Workshop_101310_StdArch.pdf (IEEE 802.3ba40 and100 Gigabit Ethernet Architecture)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 6: Οπτικά συστήματα μετάδοσης Μέρος 1

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με συστήματα μετάδοσης οπτικών ίνων
- Παρουσίαση της λειτουργίας και των χαρακτηριστικών της οπτικής ίνας
- Κατανόηση των τεχνολογιών WDM, DWDM και CWDM



Περιεχόμενα ενότητας

- Οπτική ίνα / οπτικό δίκτυο
 - Περιγραφή
 - Μετάδοση δεδομένων
- WDM τεχνολογία
 - Αρχιτεκτονική & βασική ιδέα
- DWDM τεχνολογία
- CWDM τεχνολογία



Οπτικά συστήματα μετάδοσης

Μέρος 1

Μετάδοση Σήματος (1/2)

- Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης έχει τρία στοιχεία
 - την πηγή φωτός
 - το μέσο μετάδοσης
 - τον ανιχνευτή
- Συμβατικά ένας παλμός φωτός αντιστοιχεί στο bit 1, ενώ η απουσία φωτός στο bit 0



Μετάδοση Σήματος (2/2)

- Το μέσο μετάδοσης είναι μία εξαιρετικά λεπτή ίνα γυαλιού. Ο ανιχνευτής δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό όταν πέφτει πάνω του φως
- Συνδέοντας μια πηγή φωτός στο ένα άκρο οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο, δημιουργείται ένα σύστημα μετάδοσης μονής κατεύθυνσης
 - Το σύστημα δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει σε παλμούς φωτός και το μεταδίδει, ενώ στο τέλος το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα στη λήψη



Οπτική ίνα (1/2)

- Μια οπτική ίνα αποτελείται από μία δέσμη γυάλινων νημάτων (fibers), κάθε μία από τις οποίες είναι ικανή να μεταδίδει μηνύματα διαμορφωμένα σε κύματα φωτός
- Διάμετρος μικρότερη των 10μm ανά νήμα
- Οι οπτικές ίνες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά μέσα:
 - μεγαλύτερο εύρος ζώνης (bandwidth)
 - επηρεάζονται λιγότερο από παρεμβολές
 - είναι πιο λεπτές και πιο ελαφρές
 - μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα σε ψηφιακή αντί για αναλογική μορφή

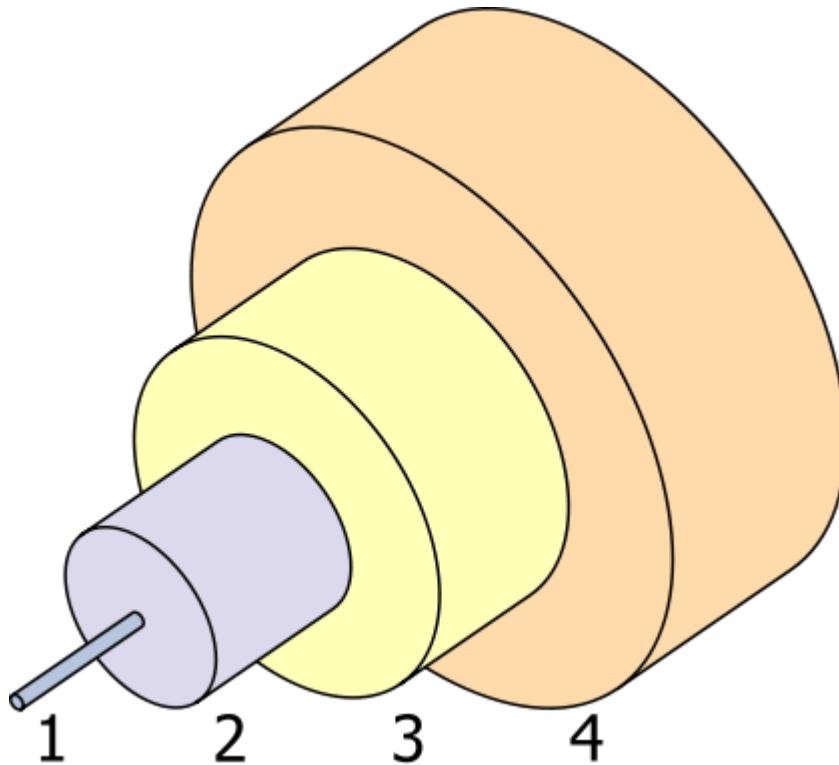


Οπτική ίνα (2/2)

- Από τι αποτελείται μια οπτική ίνα
 - Πυρήνας - εγκλωβίζει τις ακτίνες φωτός και τις οδηγεί στο τέρμα
 - Επικάλυψη - περιβάλλει την οπτική ίνα και κρατάει το φως στον πυρήνα, εμποδίζοντας το σήμα να διασκορπιστεί και να χάσει την ισχύ του
 - Περίβλημα - εξωτερικό προστατευτικό υλικό, το οποίο προστατεύει την ίνα από τους περιβαλλοντικούς κινδύνους



Η δομή μίας οπτικής ίνας



Η δομή μίας οπτικής ίνας

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Singlemode_fibre_structure.svg)

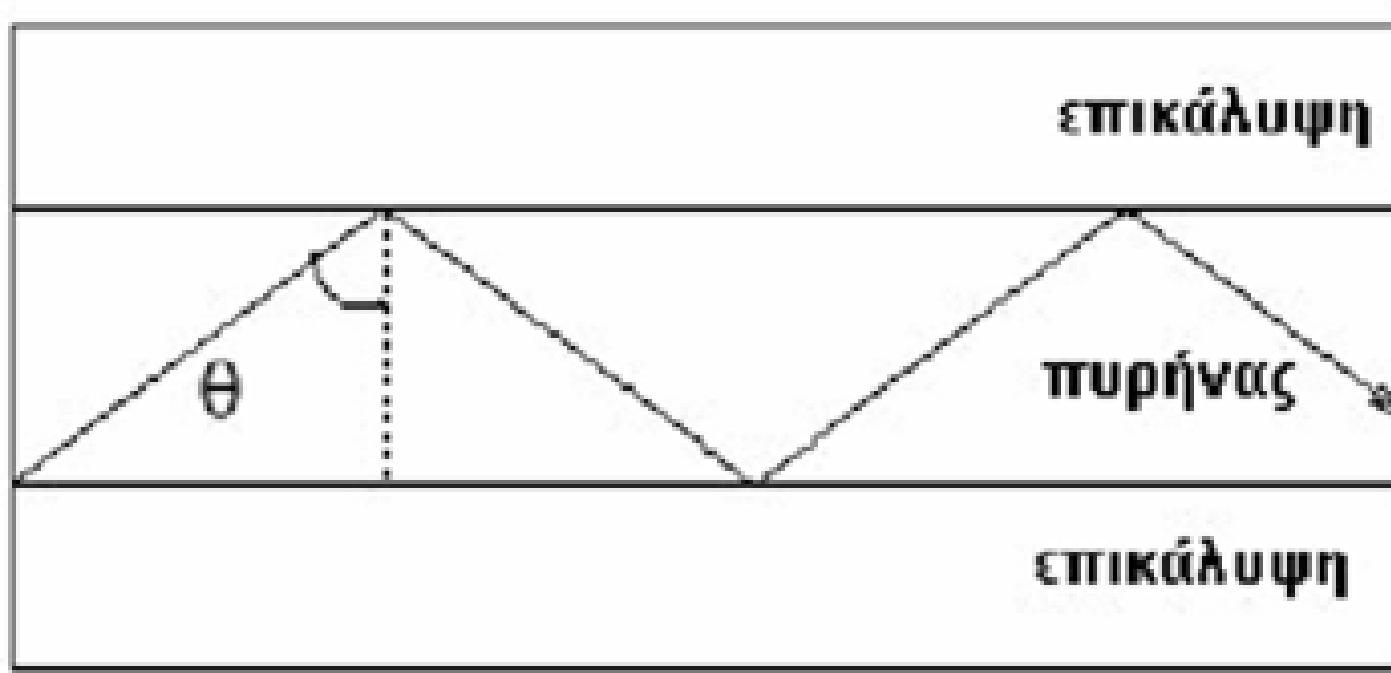


Μετάδοση στην οπτική ίνα

- Οφείλεται στην ανάκλαση του σήματος
 - Δείκτης διάθλασης εξωτερικού υλικού < Δείκτη διάθλασης εσωτερικού
 - Γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας > της οριακής τιμής -> (οπτικές ίνες μικρού διαμετρήματος)
- Συνεπώς, μια ακτίνα φωτός προσπίπτουσα με γωνία ίση ή μεγαλύτερη της οριακής τιμής παγιδεύεται εντός της ίνας
- Με αυτό τον τρόπο η ακτίνα μπορεί να διαδοθεί για πολλά χιλιόμετρα, με σχεδόν μηδενική απώλεια



Εκπομπή δέσμης φωτός διαμέσου οπτικής ίνας



Εκπομπή δέσμης φωτός διαμέσου οπτικής ίνας

Πηγές φωτεινής δέσμης

- Μέθοδος Laser
 - Μεγάλη ισχύς εκπομπής
 - Υψηλό ρυθμό Bit rate
 - Στενή δέσμη φωτός
 - Χρήση και σε μονότροπη και σε πολύτροπη οπτική ίνα
- LED (Light Emitting Diode)
 - Χαμηλότερο κόστος
 - Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
 - Μικρή ευαισθησία στην θερμοκρασία

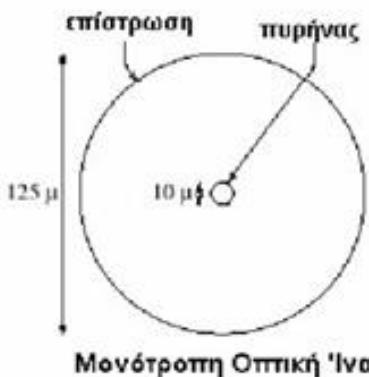


Τύποι οπτικών ινών

- Πολύτροπη οπτική ίνα
 - Διάμετρος: 50, 62.5, 100 μm
 - Ανάκλαση ακτινών οπτικού σήματος με διαφορετικές γωνίες
 - Μείωση της διαμέτρου -> μείωση «δρόμων διάδοσης»
- Μονότροπη οπτική ίνα
 - Διάμετρος = μήκος κύματος εκπεμπόμενου σήματος
- Step index, graded index
 - Ανάλογα με μείωση δείκτη διάθλασης

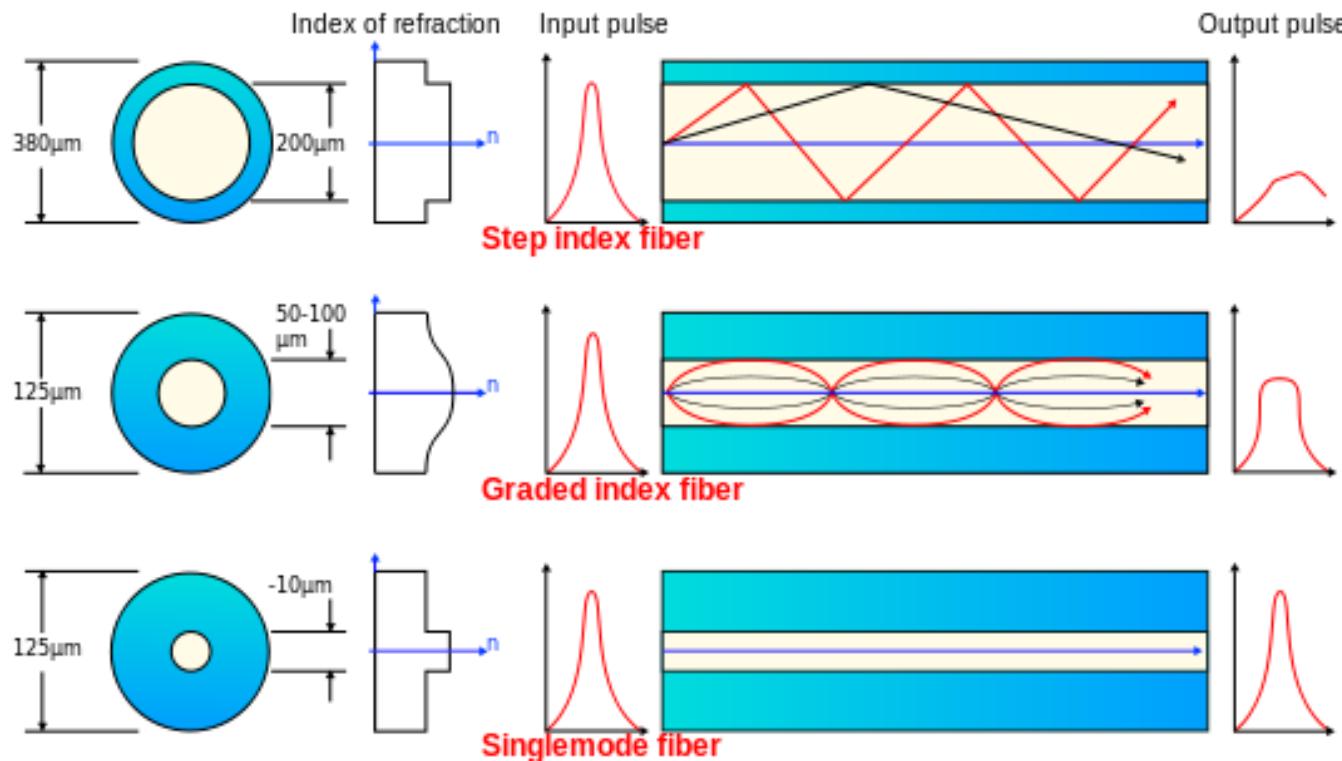


Πολύτροπη και Μονότροπη οπτική ίνα



- Για τις πολύτροπες ίνες υπάρχει κι ο διαχωρισμός ανάλογα με το αν η μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως μεταξύ του πυρήνα και της επικάλυψης είναι απότομη (step index) ή βαθμιαία (graded index)

Τύποι οπτικών ινών



Τύποι οπτικών ινών

(πηγή:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Optical_fiber_types.svg)

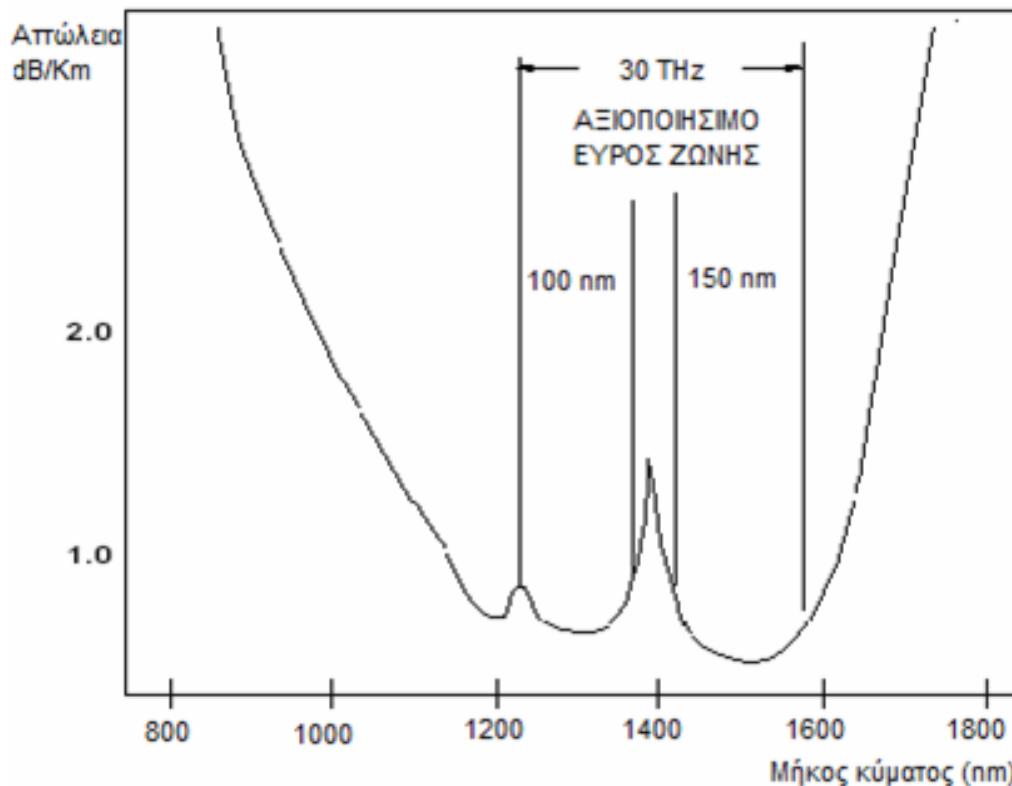


Μετάδοση φωτός μέσω οπτικών ινών

- $N = (BT \times LT) / B \times L$
 - N αριθμός ενισχυτών
 - B bits per second χωρίς ενίσχυση σε απόσταση L χιλιομέτρων
- Εξασθένηση του φωτός
 - Αν η δύναμη του σήματος είναι PT, η ισχύς P(I) σε απόσταση I θα πρέπει να αποδίδεται $P(I) = a(I) \times PT$
 - Εξασθένηση (dB) = $10 \log_{10} (\text{ισχύς μετάδοσης}/\text{ισχύς λήψης})$
 - 2 περιοχές μήκους κύματος (1.3μμ και 1.55μμ) με εύρος παραθύρου 100nm και 150nm αντίστοιχα



Συχνοτικά παράθυρα



Συχνοτικά παράθυρα



Water Peak

- Ο όρος «water peak» (αιχμή ύδατος), αναφέρεται στο διάστημα στο φάσμα συχνοτήτων κοντά στο μήκος κύματος $1383\text{nm} \pm 50\text{nm}$, στο οποίο η εξασθένηση του σήματος γίνεται ιδιαίτερα ισχυρή και απρόβλεπτη
- Αιτία είναι η υγρασία η οποία παραμένει στην οπτική ίνα κατά τη διαδικασία κατασκευής της
- Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι παραγωγής που εξουδετερώνουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό το φαινόμενο αυτό, παράγοντας οπτικές ίνες τύπου “low water peak” και “zero water peak”



Διάχυση σήματος

- Η διάχυση του φωτεινού σήματος μας αναγκάζει να υποτετραπλασιάσουμε την χωρητικότητα
- Το φως μπορεί να ταξιδεύει μέσα σε οποιοδήποτε διαφανές υλικό, αλλά η ταχύτητά του θα είναι μικρότερη από ότι στο κενό
- Ο λόγος της ταχύτητας στο κενό προς την ταχύτητα μέσα στο υλικό ονομάζεται δείκτης διάθλασης

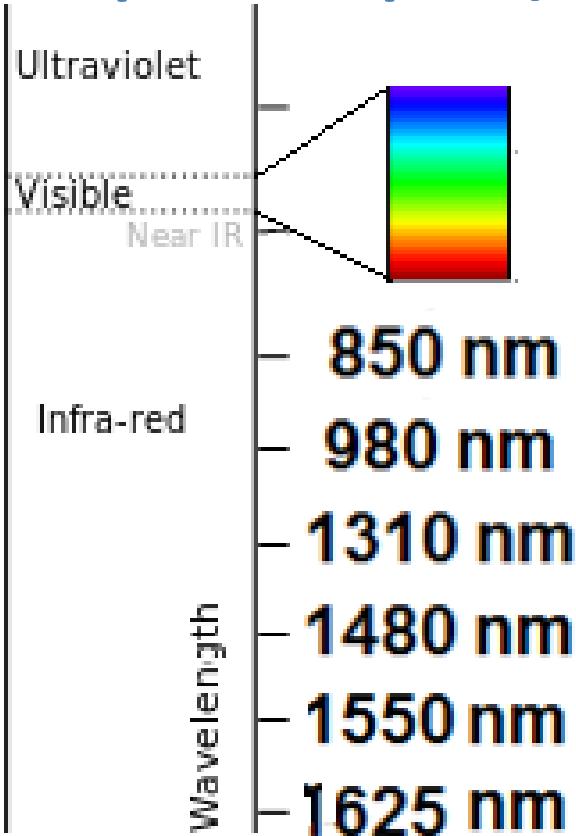


Οπτικοί Δέκτες και Ενισχυτές

- Παθητικοί οπτικοί δέκτες
 - Πλεονέκτημα: Επιτυγχάνουν υψηλή ανάλυση
 - Μειονεκτήματα: Σημαντικές απώλειες, μεγάλος χρόνος συντονισμού (αποτελούνται από μηχανικά στοιχεία)
- Ενεργοί δέκτες και διόδου laser
 - Συντονίζονται με μεγαλύτερες ταχύτητες
 - Μικρότερη ανάλυση
- Οπτικοί ενισχυτές (optical amplifiers)
 - Αναγέννηση οπτικών σημάτων χωρίς ανάγκη οπτικο-ηλεκτρονικών μεταλλακτών



Ωφέλιμο εύρος ζώνης



Ωφέλιμο οπτικό εύρος ζώνης = 30THz, σε μήκη κύματος από 1,2 έως 1,6 μμ



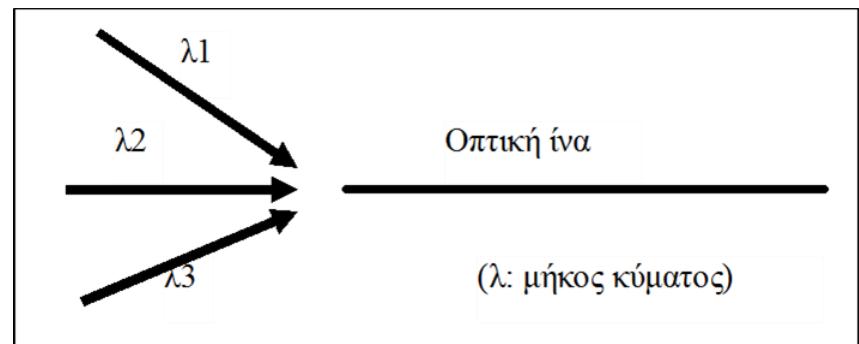
Αρχή Λειτουργίας WDM

- WDM: Wavelength-division multiplexing
- Σε κάθε οπτική ίνα το οπτικό σήμα που διαδίδεται έχει μια συγκεκριμένη συχνότητα
- Είναι δυνατόν από την ίδια ίνα να περάσουν περισσότερα του ενός σήματα, διαφορετικού μήκους κύματος (λ) όπου το καθένα αντιπροσωπεύει και μία ροή δεδομένων
- Επιτρέπει την παράλληλη μετάδοση bits



WDM

- Πολυπλεξία φωτεινών ακτινών με διαφορετικά μήκη κύματος μέσα από 1 οπτική ίνα
 - Πολλαπλάσιο εύρος ζώνης
 - Πολλαπλές ιδεατές οπτικές ίνες
- Εκχώρηση σε κάθε οπτικό σήμα ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος λ



WDM ενίσχυση σήματος

- Η επίτευξη οπτικής επικοινωνίας σε μεγάλες αποστάσεις απαιτεί την ενίσχυση του σήματος
- Τα οπτικό σήμα με χρήση ενός οπτικού ανιχνευτή μετατρέπεται σε ηλεκτρικό, ενισχύεται και έπειτα ξαναμετατρέπεται σε οπτικό μέσω ενός laser
- Οι παλαιότεροι οπτικοί ανιχνευτές αδυνατούσαν να διακρίνουν σήματα διαφορετικών μηκών κύματος
- Λύση έδωσε η τεχνική «Οπτική ενίσχυση ερβίου» (erbium-doped optical amplifier) που καθιστά δυνατή την ενίσχυση του σήματος χωρίς τη μετατροπή του σε ηλεκτρικό



Οπτική ενίσχυση ερβίου

- Το εξασθενημένο οπτικό σήμα εισόδου διεγείρει τα ιονισμένα άτομα ερβίου στην έξοδο της οπτικής ίνας που με την σειρά τους εκπέμπουν οπτικό σήμα στο ίδιο μήκος κύματος με την ακτινοβολία που τα διέγειρε
- Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση σημάτων διαφορετικών μηκών κύματος που ταξιδεύουν παράλληλα στην ίδια οπτική ίνα
- Αλυσίδες τέτοιων οπτικών ενισχυτών μπορούν να συνδυαστούν για την διάδοση του οπτικού σήματος διαμέσου ίνας για χιλιάδες χιλιόμετρα



WDM δικτυώματα περίθλασης

- Στα άκρα της οπτικής ίνας απαιτούνται διατάξεις οι οποίες διαχωρίζουν τα οπτικά σήματα διαφορετικών μηκών κύματος: διαφορικά φίλτρα ή δικτυώματα περίθλασης
- Τα πρώτα παρουσιάζουν ατέλειες για πολλά μήκη κύματος
- Τα δικτυώματα περίθλασης αντίθετα μπορούν να διαχωρίσουν πολλά μήκη κύματος με σχετικά απλές διατάξεις και εξοπλισμό
- Βασίζονται στο ότι όταν τα οπτικά σήματα προσπίπτουν πάνω στο δικτύωμα, περιθλώνται κατά μία γωνία που εξαρτάται από το μήκος κύματός τους



Κατασκευή δικτυώματος

- Η ποιότητα και ο τρόπος κατασκευής του δικτυώματος αποτελούν βασικά στοιχεία της τεχνολογίας πολύπλεξης
 - ο αριθμός των αυλακιών πάνω στο δικτύωμα καθορίζει σημαντικά και τον αριθμό των διαφορετικών καναλιών που μπορούν να πολυπλεχτούν
 - ένα καλά κατασκευασμένο δικτύωμα παρουσιάζει μικρότερες απώλειες και μειώνει το φαινόμενο της πόλωσης



WDM συχνοτικά παράθυρα

- Το μέρος του φάσματος που χρησιμοποιείται στην τεχνολογία WDM είναι δυο παράθυρα στις περιοχές γύρω από τα 1300nm και στα 1550 nm
 - στο πρώτο υπάρχει η ελάχιστη διασπορά
 - στο δεύτερο αντίστοιχα έχουμε την ελάχιστη εξασθένιση
 - σε καθένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εύρος περίπου 100nm όπου μπορούν να οριστούν γύρω στα 3000 διαφορετικά κανάλια



Χαρακτηριστικά δικτύων WDM

- Δίκτυα WDM χαρακτηρίζονται από
 - Ασφάλεια
 - Αξιοπιστία
 - Υψηλή χωρητικότητα
 - Μικρή απώλεια ισχύος
 - Διαφάνεια πρωτοκόλλων



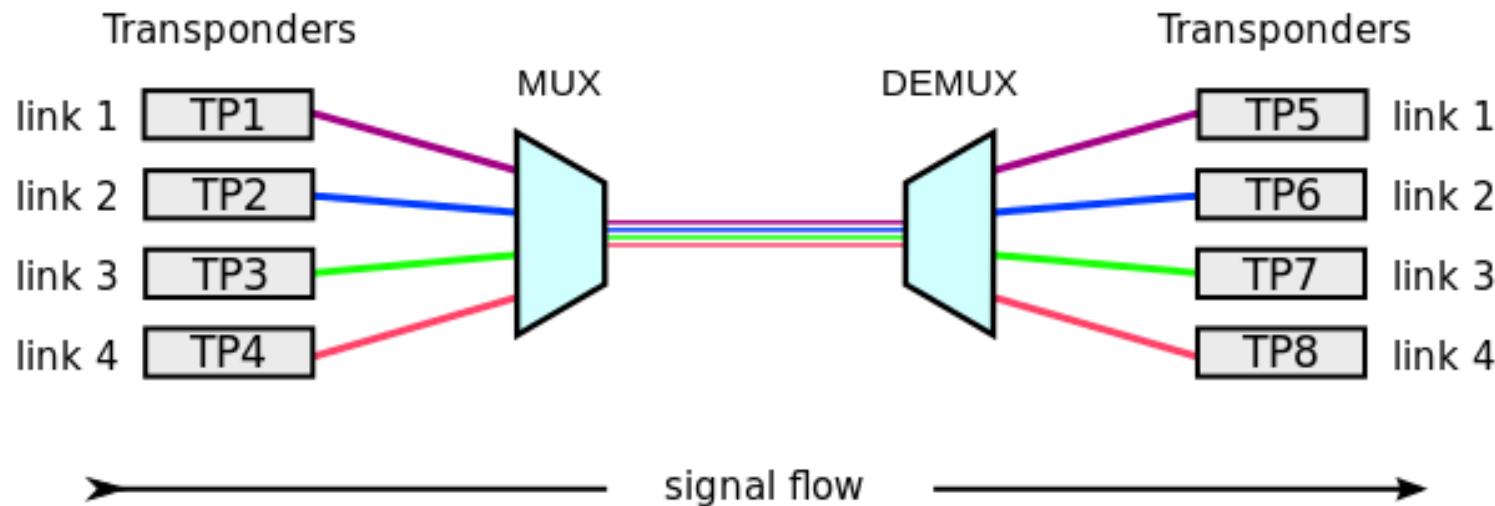
Δομικά στοιχεία WDM

- Οπτικές ίνες
- Συσκευές ακτίνων laser
- Οπτικοί ενισχυτές (optical amplifiers)
- Συσκευές φωτοανίχνευσης (photodetectors)
- Οπτικοί πολυπλέκτες ελεγχόμενης πολύπλεξης (add/drop optical multiplexers)
- Οπτικοί αποπολυπλέκτες (optical demultiplexers)
- Οπτικά στοιχεία διασύνδεσης (optical cross-connect components)



Αρχή λειτουργίας WDM

wavelength-division multiplexing (WDM)



Αρχή λειτουργίας WDM

(πηγή:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WDM_operating_principle
.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WDM_operating_principle.svg))



WDM εξοπλισμός

- Για τη μεταφορά του σήματος απαιτούνται
 - Οπτικοί ενισχυτές
 - Ιδανικά ενισχυτές ερβίου
 - Συσκευές φωτοανίχνευσης
 - Θετικές- εσωτερικές φωτοδίοδοι
 - Φωτοδίοδοι χιονοστιβάδας
 - Πολυπλέκτες / αποπολυπλέκτες



WDM - Διασύνδεση οπτικών ινών

- Τερματισμός σε ακροδέκτες και βισμάτωση σε πρίζες ινών
 - 10-20% απώλεια φωτός
- Μηχανική ένωση των 2 μερών (σε ειδική θήκη)
 - 10% απώλεια φωτός
 - Διόδευση φωτός και διορθώσεις μέσω «ευθυγράμμισης»
- Σύντηξη των 2 μερών
 - Καλύτερο αποτέλεσμα, μικρή απώλεια φωτός



WDM - Τοπολογίες δικτύων

- Δύο κοινές τοπολογίες δικτύων μπορούν να χρησιμοποιήσουν WDM: του αστέρα (star) και του δαχτυλιδιού (ring)
- Τοπολογία αστέρα: κάθε κόμβος έχει ένα μεταδότη και έναν δέκτη, με τον μεταδότη να συνδέεται με μια από τις κεντρικές παθητικές εισαγωγές του αστέρα, και το δέκτη να συνδέεται με μία από τις εξόδους του
- Τοπολογία δαχτυλιδιού: προσαρμόζονται σε οποιαδήποτε δικτυακή τοπολογία, με τη βοήθεια ενός δέκτη που έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ένα ορισμένο μήκος κύματος



WDM - Διαχείριση εύρους ζώνης σε τοπικά δίκτυα

- Single hop
 - Μειονέκτημα: ότι το δίκτυο και τα συστατικά του πρέπει να προσαρμόσουν τα μήκη κύματος ή, κάτι που είναι δύσκολο (ή και αδύνατο) σε μεγάλα δίκτυα
- Multi hop
 - Στηρίζονται στην χρήση ενδιάμεσων συντονισμένων ή αργά συντονιζόμενων συστατικών του δικτύου
 - Πλεονέκτημα: ο κάθε κόμβος χρειάζεται να έχει πρόσβαση σε ένα μικρό αριθμό καναλιών
 - Ωστόσο τα πακέτα πρέπει να ταξιδέψουν από ένα ή περισσότερους σταθμούς εισάγοντας καθυστέρηση και την απαίτηση μηχανισμού δρομολόγησης



Μειονεκτήματα WDM τεχνολογιών

- Πολυπλοκότητα. Για κάθε bit of resolution απαιτείται ένα Led ενός άλλου μήκους κύματος
- Ευαισθησία στις παραλλαγές και τις αντανακλάσεις εύρους
- Οι σχετικά μεγάλες σπείρες καθυστέρησης, μαζί με πολλούς ακριβούς και ογκώδεις οπτικούς splitter
- Λύσεις: Ανάπτυξη wideband LED's, ώστε να απαιτούνται λιγότερα LEDs και χωριστή ίνα για το φως επιστροφής για να μειωθούν οι εσωτερικές αντανακλάσεις συνδετήρων



DWDM (1/4)

- Dense WDM (DWDM)
- Πυκνή πολύπλεξη στο πεδίο του μήκους κύματος
- Επέκταση της WDM τεχνολογίας
 - Περισσότερα κανάλια
 - Μεγαλύτερη χωρητικότητα σε εύρος ζώνης
 - Τα συστήματα WDM μπορούν να μεταδώσουν μέχρι 24 κανάλια αλλά στο μέλλον 128



DWDM (2/4)

- Ταχύτητες από 2,5 έως 10Gbps ανά σήμα
- Μήκη κύματος φωτός πολύ κοντά μεταξύ τους
 - 100GHz
- Χρήση DFB laser επικεντρωμένα σε συγκεκριμένα μήκη κύματος
- Μεταφορά δεδομένων μέσα από οπτικές ίνες για την υλοποίηση σχεδίων όπως το Gigabit Internet



DWDM (3/4)

- Αύξηση του συνολικού ρυθμού μεταφοράς δεδομένων ανά οπτική ίνα, που προκύπτει από την άθροιση των ρυθμών μεταφοράς κάθε σήματος διαφορετικού μήκους κύματος
- Σήμερα είναι δυνατή η πολυπλεξία 160 (αναφορές γίνονται και για 320) τέτοιων σημάτων σε μία ίνα
- Κάθε ένα μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ρυθμό 10 Gb/s, με αποτέλεσμα συνολικό ρυθμό μεταφοράς 400 Gb/s



DWDM (4/4)

- Σε πειραματικό επίπεδο έχουν επιτευχθεί ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων της τάξης των Tb/s (υπολογίζουμε ταχύτητα που φτάνει τα 16 Tbit/s)
- Έχει δει εφαρμογή και σε δίκτυα cable television με διαφορετικό μήκος κύματος για τα downstream και upstream



Υλοποίηση DWDM συστημάτων

- Μονής κατεύθυνσης
 - 2 οπτικές ίνες για διπλής κατεύθυνσης μετάδοση
- Διπλής κατεύθυνσης
 - Διαμοίραση συχνοτήτων για μετάδοση ανά κατεύθυνση



DWDM – Αρχιτεκτονική

- Αρχιτεκτονική συστημάτων
 - Ο εξοπλισμός υλοποίησης της τεχνολογίας είναι ανεξάρτητος από τον υπόλοιπο δικτυακό εξοπλισμό
 - Ολοκλήρωση της τεχνολογίας DWDM σε ενεργές δικτυακές συσκευές (ATM, SDH, IP routers)



DWDM – Κόστος υλοποίησης

- Η τεχνολογία DWDM είναι γρηγορότερη και φθηνότερη
- Σήμερα, η υλοποίηση της είναι γεγονός και προσφέρει αναβάθμιση των οπτικών συνδέσεων με κόστος μόλις το 1/3 σε σχέση με την κλασική μέθοδο πρόσθεσης νέων οπτικών ινών
- Το κόστος αναμένεται να μειωθεί και άλλο καθώς η τεχνολογία των lasers και των οπτικών ενισχυτών συνεχώς βελτιώνεται



Πλεονεκτήματα DWDM (1/2)

- Πολλαπλασιασμός του εύρους ζώνης
- Εύκολη αναβάθμιση της υποδομής
- Χαμηλότερο κόστος υλοποίησης
- Ευκολία δυνατότητας χρησιμοποίησης
 - Τα WDM συστήματα έχει μερικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που το καθιστούν εύκολο στη χρήση



Πλεονεκτήματα DWDM (2/2)

- Χρήση οπτικού ενισχυτή και όχι κλασικών οπτικο-ηλεκτρονικών διατάξεων
- Λειτουργεί το ίδιο ανεξάρτητα από τον αριθμό των διαφορετικών μηκών κύματος και το bit rate που έχουν τα σήματα
- Ανεξαρτησία πρωτόκολλων
- Γρηγορότερη πρόσβαση στα νέα κανάλια



CWDM (Coarse WDM)

- Ακολουθεί την WDM αρχιτεκτονική με μεγαλύτερα διαστήματα μεταξύ των μηκών κύματος
 - Μπορούν να σταλούν μέχρι 18 μήκη κύματος
 - Χρησιμοποιεί πολύ ευρύτερο φωτονιακό φάσμα ζωνών
 - Υλοποιείται πάνω από μονότροπες και πολύτροπες οπτικές ίνες
 - Πιο χαμηλό κόστος και απλότητα στον σχεδιασμό
 - Τεχνολογία μεταφοράς πολυπρωτοκόλλων



Metro CWDM

- Οι τεχνολογίες Metro CWDM περιλαμβάνουν τα οπτικά φίλτρα και τα μη ψυχόμενα λέιζερ με διαστήματα 20 nm
- Πέντε από τα μήκη κύματος CWDM εμπίπτουν στην E-band
 - Αυτή η ζώνη κανονικά δεν χρησιμοποιείται στην τυποποιημένη ίνα τύπων G.652 λόγω της αιχμής ύδατος (water peak)



Συστήματα CWDM

- Οπτική Ίνα
 - βελτιώσεις δικτύων ινών metro: εγκατάσταση της πιο πρόσφατης τεχνολογίας ινών που αποβάλλει το φαινόμενο αιχμής ύδατος
- Λέιζερ
 - Άμεσα διαμορφωμένα λέιζερ CWDM, ικανά για μετάδοση 2,5 Gbit/s πέρα από τις αποστάσεις 80 χλμ.
 - Χαμηλότερο κόστος, μικρή δύναμη και μειωμένες παρεμβολές συσκευών αποστολής σημάτων λέιζερ



Διαφορές DWDM και CWDM (1/2)

- Ο όγκος μιας συσκευής λέιζερ DWDM είναι περίπου οκτώ φορές της συσκευής CWDM και η ενέργεια που καταναλώνει είναι περίπου 20 φορές της αντίστοιχης CWDM
 - CWDM 16-καναλιών ~ 4Watt
 - DWDM μπορεί να καταναλώνει > 80 Watt.
- Τμήματα συσκευών DWDM έχουν τέσσερις έως πέντε φορές το κόστος των αντίστοιχων CWDM



Διαφορές DWDM και CWDM (2/2)

- Οι δέκτες στα πολυδιαυλικά συστήματα CWDM είναι ίδιοι με εκείνους σε συστήματα DWDM
- Τα φίλτρα CWDM χρησιμοποιούν τη λεπτή τεχνολογία φίλτρων (TFF) και είναι λιγότερο ακριβά από τα φίλτρα DWDM λόγω μικρότερου αριθμού στρωμάτων στο σχέδιο φίλτρων
- Πιο σύντομος χρόνος κατασκευής & λιγότερα υλικά για τα CWDM φίλτρα



Σύντομη ανασκόπηση

- Οπτική ίνα / οπτικό δίκτυο
 - Περιγραφή
 - Μετάδοση δεδομένων
- WDM τεχνολογία
 - Αρχιτεκτονική & βασική ιδέα
- DWDM τεχνολογία
- CWDM τεχνολογία



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 4)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - Optical WDM Networks, Mukherjee B.
 - DWDM and Optical Networks: An Introduction to Terabit Technology, Krauss O.
 - Tsunami Optics – riding the CWDM wave, James Campbell



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:

- <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en> (Recommendation G.652 : Χαρακτηριστικά μονοτροπικής οπτικής ίνας)
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.2/en> (Recommendation G.694 : χαρακτηριστικά CWDM)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 7: Οπτικά συστήματα μετάδοσης Μέρος 2

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με συστήματα μετάδοσης οπτικών ινών
- Παρουσίαση της τεχνολογίας PDH
- Κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του SDH/SONET
- Παρουσίαση της τεχνολογίας IP over WDM



Περιεχόμενα ενότητας

- WDM networking
 - PDH
 - SDH/SONET
 - IP over SDH over WDM
 - IP over WDM



Οπτικά συστήματα μετάδοσης

Μέρος 2

WDM Networking (1/2)

- Τεχνική με την οποία συνδυάζεται η τεχνολογία WDM με αρχιτεκτονικές δικτύου υψηλότερων επιπέδων ώστε να καταστεί δυνατή η χρήση των μεγάλων ρυθμών μετάδοσης
- Η «συνεργασία» του WDM με τις αρχιτεκτονικές υψηλότερων επιπέδων δημιουργεί προβλήματα λόγω της μεγάλης πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τα οπτικά δίκτυα
- Η χρήση της οπτικής μετάδοσης σε backbone δίκτυα που συνδέονται πελάτες με διαφορετικές ταχύτητες πρόσβασης και με διαφορετικό εξοπλισμό οδήγησαν στην δημιουργία προτύπων περιγραφής του τρόπου μεταφοράς δεδομένων & διασύνδεσης πάνω από ένα οπτικό δίκτυο



WDM Networking (2/2)

- Δημιουργία επιπέδου περιγραφής τρόπου μεταφοράς δεδομένων
 - SONET/ SDH
 - Εξαιτίας ανόμοιων ταχυτήτων και τρόπων μετάδοσης των συνδεδεμένων πελατών
- Αποτελούν ένα επίπεδο που βρίσκεται πάνω από το επίπεδο των οπτικών ινών και του ακριβούς τρόπου μετάδοσης του οπτικού σήματος μέσα από αυτές.
- Σήμερα υπάρχει αμφισβήτηση της ανάγκης ύπαρξης του επιπέδου αυτού



Συστήματα μετάδοσης σε οπτικές επικοινωνίες (1/4)

- Τα πρώτα συστήματα ήταν αναλογικά και εφάρμοζαν την πολυπλεξία με καταμερισμό χρόνου TDM
- Στη συνέχεια ήταν αναλογικά σήματα που χρησιμοποιούσαν παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM – Pulse Code Modulation)
 - το σήμα δέχεται επεξεργασία (δειγματοληψία, κβάντιση, ψηφιοποίηση και κωδικοποίηση) ώστε να μετατρέπεται σε μια ακολουθία δυαδικών ψηφίων, τα οποία ύστερα πολυπλέκονται σε σήματα με υψηλότερο ρυθμό
 - Έτσι δημιουργήθηκε το «ψηφιακό σήμα 1ου επιπέδου» (DS1 – Digital Stream1)



Συστήματα μετάδοσης σε οπτικές επικοινωνίες (2/4)

- Στις ΗΠΑ αναπτύχθηκε το πρώτο επίπεδο πολυπλεξίας, γνωστό ως T1, με συνολικό ρυθμό 1,544 Mbps. Περιελάμβανε 24 PCM ψηφιακά κανάλια φωνής των 64 Kbps και 8Kbps σηματοδοσίας
- Στην Ευρώπη αναπτύχθηκε το E1 σήμα με ρυθμό 2,048 Mbps και στο οποίο πολυπλέκονται 30 κανάλια φωνής και 2 κανάλια συγχρονισμού και σηματοδοσίας
- Πολυπλέκοντας πολλά σήματα T1 ή E1 δημιουργούμε πιο υψηλούς ρυθμούς δεδομένων
 - DS2 ή T2 (6,312 Mbps), DS3 ή T3 (44,376 Mbps), DS4 ή T4 (274, 176 Mbps) και αντίστοιχα στην Ευρώπη τα σήματα E2, E3, E4, E5



Συστήματα μετάδοσης σε οπτικές επικοινωνίες (3/4)

- Με την εξέλιξη της τεχνολογίας εμφανίστηκαν διάφορα πρότυπα για την μετάδοση και πολυπλεξία τέτοιων σημάτων: Συστήματα σύγχρονης, ασύγχρονης και πλησιόχρονης πολυπλεξίας
- Η διαφοροποίηση της σύγχρονης και ασύγχρονης πολυπλεξίας έγκειται στην ύπαρξη ρολογιού που συγχρονίζει τις πηγές



Συστήματα μετάδοσης σε οπτικές επικοινωνίες (4/4)

- Η σύγχρονη πολυπλεξία επικρατεί καθώς παρουσιάζει μεγάλη απόδοση και υψηλή χωρητικότητα
- Αντίθετα στην πλησιόχρονη μετάδοση, τα πολυπλεγμένα σήματα έχουν ίδια ονομαστική τιμή αλλά διαφορετική πραγματική που κυμαίνεται μέσα σε ένα εύρος τιμών



PDH τεχνολογία (1/2)

- Η PDH (plesiochronous digital hierarchy) τεχνολογία προήλθε από τα Bell Labs και στόχο είχε τη μεταφορά φωνής
- Βασική ροή δεδομένων παραμένει το «βασικό ψηφιακό ρεύμα» (DS0-Digital Stream 0), με ρυθμό 64Kbps.



PDH τεχνολογία (2/2)

- Δομείται σε μια ιεραρχία όπου εφαρμόζεται πολυπλεξία σε διαδοχικά επίπεδα, αυξάνοντας έτσι και την ταχύτητα μετάδοσης
- Η τεχνολογία αυτή, ακολουθεί την πλησιόχρονη πολυπλεξία και χρησιμοποιεί την τεχνική bit stuffing για να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις συγχρονισμού



PDH τεχνολογία (3/3)

- Χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό για τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων μέσα από ψηφιακό μέσο μετάδοσης (όπως η οπτική ίνα)
- Με την αλλαγή της χιλιετίας, το υλικό PDH αντικαθίσταται σε μεγάλο βαθμό από SDH και SONET enabled υλικό



Μειονεκτήματα PDH τεχνολογίας

- Τα μειονεκτήματα της PDH τεχνολογίας
 - Μειωμένη απόδοση εξαιτίας του γεγονότος πως σε κάθε οπτικό σήμα μετάδοσης εισάγονται δυαδικά ψηφία συμπλήρωσης, σπαταλώντας έτσι χωρητικότητα
 - Η πρόσβαση σε ένα σήμα χαμηλότερα στην ιεραρχία απαιτεί από-πολυπλεξία όλων των επιπέδων
 - Τα πρότυπα και οι μηχανισμοί μεταφοράς πληροφοριών ελέγχου και διαχείρισης είναι περιορισμένα
- Αποτέλεσμα αυτών: μεταστροφή σε μια νέα ομάδα προτύπων – τεχνολογιών που βασίζονται στην σύγχρονη πολυπλεξία



SONET/SDH (1/2)

- SONET -> ΗΠΑ, Ιαπωνία (Bellcore)
 - Πρότυπο οπτικής διόδευσης
 - Πλαίσιο 810 bytes διάρκειας 125μsec
 - 774 Bytes πληροφορίας (SPE) και επιβάρυνση μετάδοσης (POH)
 - POH διαιρείται σε επιβάρυνση τμήματος (SOH) και γραμμής (LOH)
- SDH -> Ευρώπη (ETSI)



SONET/SDH (2/2)

- SONET
 - Synchronous Optical Networking
- SDH
 - Synchronous Digital Hierarchy
- Στην ουσία αποτελούν το ίδιο πρωτόκολλο, για τη μεταφορά πολλαπλών Ψηφιακών bit stream μέσα από οπτικό μέσο μετάδοσης
- Η ITU-T επέλεξε ως διεθνές πρότυπο το SONET/SDH



SONET (1/3)

- Το πλαίσιο του SONET μεταδίδεται σχηματίζοντας ένα σήμα 51,840 Mbps (STS-1)
- Η λειτουργικότητα του SONET επιτυγχάνεται:
 - ορίζοντας το βασικό STS-1 σήμα
 - δημιουργώντας μια πολλαπλάσια δομή η οποία προκύπτει από την πολυπλεξία σημάτων STS-1 με τη μέθοδο της παρεμβολής οκτάδων
- Ανάλογα με το βαθμό πολυπλεξίας δημιουργούνται σήματα με ρυθμούς N φορές μεγαλύτερους από το βασικό ρυθμό του STS-1
- Οι τιμές του N είναι 1,3,9,12,18,24,36,48,96,192,768



SONET (2/3)

- Το οπτικό αντίστοιχο του STS-1 λέγεται OC-1 (Optical Carrier -1)
- Είναι το σήμα που λαμβάνεται στην έξοδο ενός ηλεκτρικό-οπτικού μετατροπέα, όταν στην είσοδό του εισάγεται το σήμα STS-1

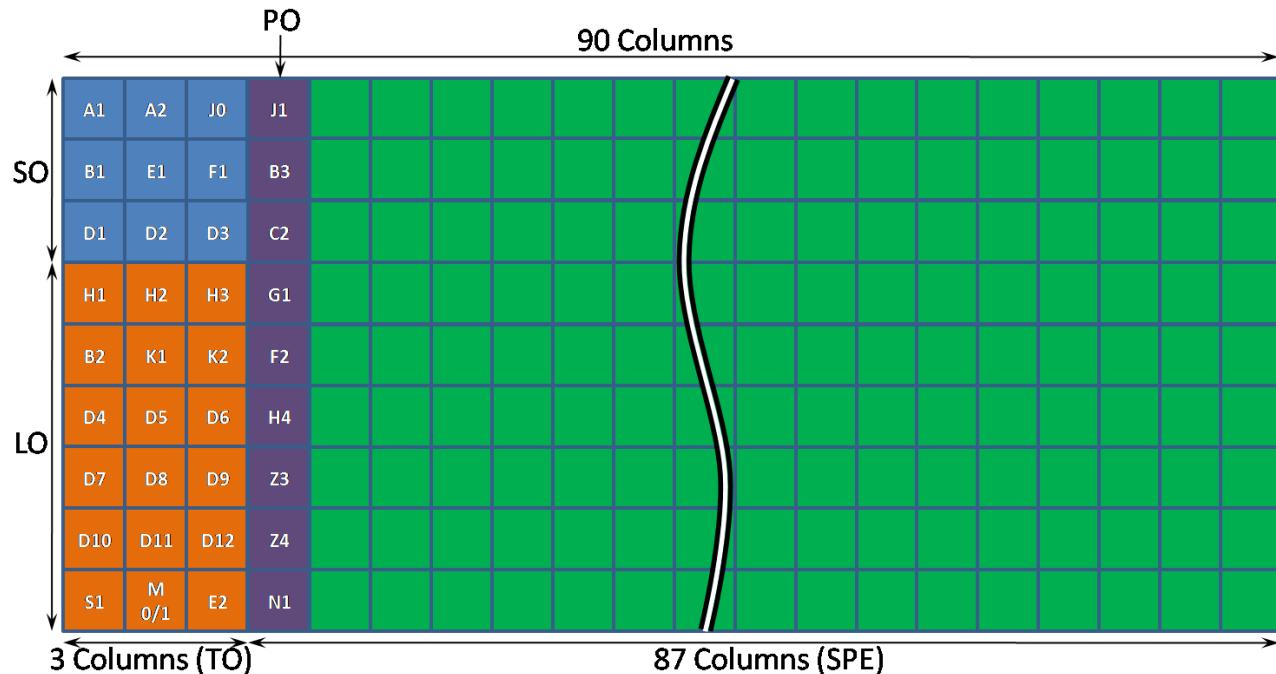


SONET (3/3)

- Αποτελεί το βασικό δομικό στοιχείο μετάδοσης στο SONET και από αυτόν μπορούν να παραχθούν σήματα υψηλότερης ιεραρχίας
 - το OC-3 μεταφέρει πληροφορία με ρυθμό 3x51,84 δηλαδή 155,42 Mbps
 - ο αριθμός που συνοδεύει το πρόθεμα OC δείχνει το πλήθος των σημάτων ψηφιακού ρεύματος (DS3), που το τοπικό σήμα μπορεί να μεταφέρει



Δομή πλαισίου στο STS-1



Δομή πλαισίου στο STS-1 (πηγή:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SONET-Frame-STS1.png>)



SPE (Φάκελος Σύγχρονου Φορτίου)

- Η περιοχή ωφέλιμου φορτίου ορίζεται και σαν «Φάκελος Σύγχρονου Φορτίου» (SPE – Synchronous Payload Envelope) και περιλαμβάνει και την επιβάρυνση μονοπατιού/διαδρομής (path overhead - POH)
- Ένα SPE μπορεί να ξεκινάει οπουδήποτε μέσα σε ένα πλαίσιο STS-1 και να τελειώνει στο επόμενο



Virtual Tributaries

- Στην περίπτωση υπηρεσιών με ανάγκες σε εύρος ζώνης μεγαλύτερο από αυτές που προσφέρει το STS-1, μπορούμε συνδυάζοντας σήματα STS-1, να σχηματίσουμε σήματα STS-N που λύνουν το πρόβλημα
- Για υπηρεσία που απαιτεί ρυθμούς εξυπηρέτησης χαμηλότερους από αυτόν που αντιστοιχεί στο DS3, το SPE ενός πλαισίου STS-1 μπορεί να διαιρεθεί σε συνιστώσες χαμηλότερων ρυθμών
- Οι συνιστώσες είναι ειδικές δομές που ονομάζονται «κνοητές μερικές ροές» (VT-Virtual Tributary) και επιτρέπουν τη μεταφορά ωφέλιμων φορτίων, που είναι μικρότερα από το ωφέλιμο φορτίο του STS-1
 - Π.χ. η VT1.5 μπορεί να μεταφέρει σήμα 1,544 Mbps (T1)

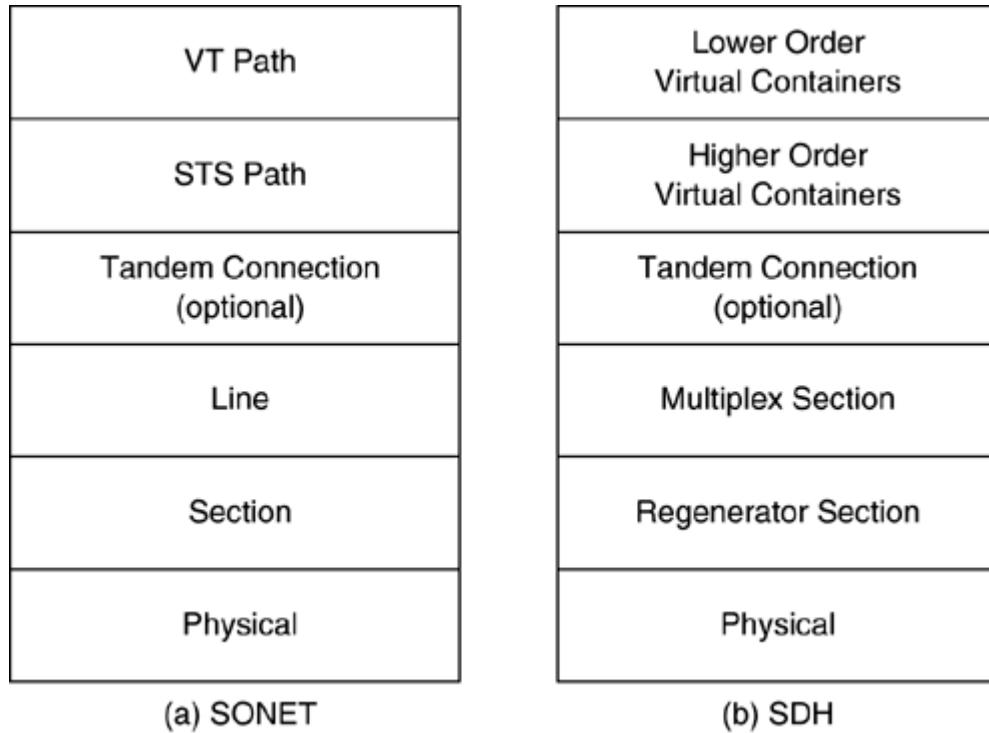


Ομοιότητες SONET vs SDH

- Και τα δύο μεταφέρουν πληροφορία διαμέσου οπτικής ίνας
- Και τα δύο προσφέρουν error checking δυνατότητες
- Μπορούν να εντοπίσουν το πρόβλημα στιγμιαία
- Αυτό γίνεται με τον έλεγχο της εγκυρότητας του σήματος είτε σε κάποιο επίπεδο είτε όταν μεταφέρεται ένα σήμα από ένα ανώτερο επίπεδο σε κάποιο άλλο (client-higher level -> server-lower level)



Ομοιότητες SONET vs SDH



Πηγή: [informit](#)

Από το βιβλίο: Optical Network Control: Architecture, protocols and Standards



SONET vs SDH

- Το SDH βασίζεται στο SONET και το επεκτείνει
- Διαφορές:
 - Ο βασικός ρυθμός είναι 150 Mbps αντί 50 Mbps
 - Άρα το STM-1 του SDH είναι η συνένωση 3 βασικών σημάτων STS-1
- Διαφέρουν στο πλήθος και την πυκνότητα των ρυθμών μετάδοσης που υποστηρίζουν

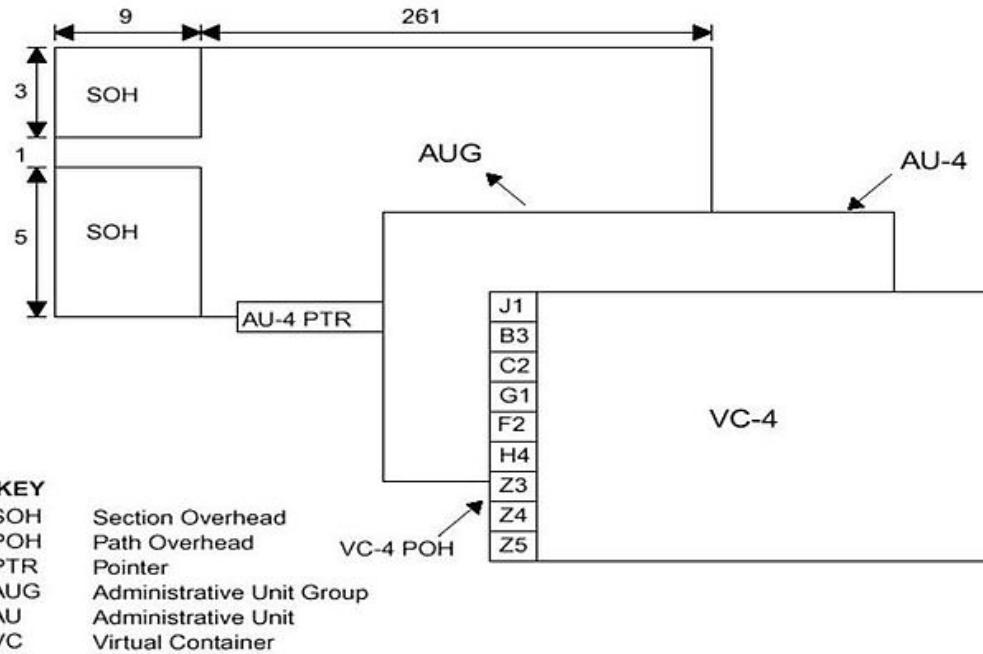


SONET vs SDH

- Η τιμή του βασικού πλαισίου του SDH είναι 155,520 Mbps
 - με την πολυπλεξία π.χ. 4 καναλιών θα προκύψει ρυθμός 622,080 Mbps (STM-4) και αν πολυπλεχθούν 16, θα προκύψει ρυθμός 2.488,320 Mbps (STM-16)
- Επίσης, το πλαίσιο του SONET μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το ένα τρίτο του SDH. Το πλαίσιο του SDH αποτελείται από 9 γραμμές των 270 bytes, ενώ του SONET από 9 γραμμές των 90 bytes
- Το SDH έχει δυσκολία για τη μεταφορά των σημάτων μικρότερου ρυθμού αφού έχει μεγάλο βασικό ρυθμό



Δομή πλαισίου στο STM-1



Δομή πλαισίου στο STM-1 (πηγή:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stm_1.jpg)



Πρότυπα ρυθμών μεταφοράς

SONET Frame Format (Electrical)	SDH Level and Frame Format	Payload (Kbit/s)	Bandwidth
STS-1	STM-0	50,112	
STS-3	STM-1	150,336	
STS-12	STM-1	601,344	
STS-24	-	1,202,688	
STS-48	STM-16	2,405,376	
STS-192	STM-64	9,621,504	
STS-768	STM-256	38,486,016	
STS-3072	STM-1024	153,944,064	

Πρότυπα ρυθμών μεταφοράς

Πηγή: <http://www.fiber-optic-equipment.com>



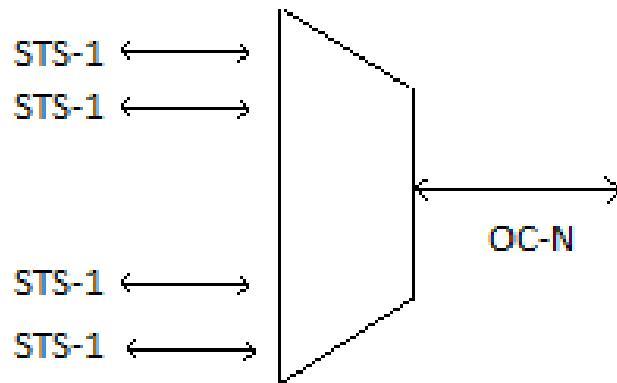
Συσκευές δικτύων SONET

- Συστήματα μετατροπής ηλεκτρικού σε οπτικό σήμα (FOTS – Fiber Optic Transmission Systems)
- Τερματικοί Πολυπλέκτες (TM – Terminal Multiplexers)
- Πολυπλέκτες εισαγωγής-απομάστευσης (ADM – Add-Drop Multiplexers)
- Wideband συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (WDCS – Wideband Digital Cross-connect Systems)
- Broadband συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (BDCS – Broadband Digital Cross-connect Systems)



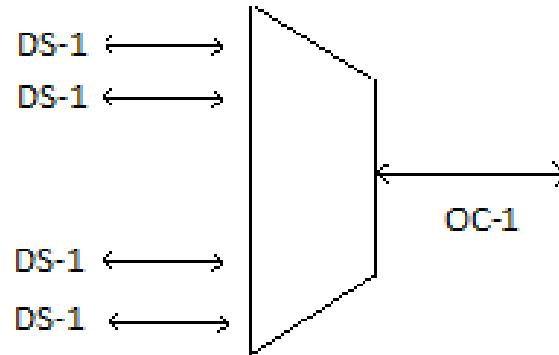
Συστήματα μετατροπής ηλεκτρικού σε οπτικό σήμα

- Χρησιμοποιούνται για:
 - Τη σύνδεση ηλεκτρικών σημάτων τύπου DSn και STS-n → STS-N
 - Τη μετατροπή σε οπτικό σήμα OC-N ή την αντίστροφη διαδικασία (δηλ. απόπλεξη)



Τερματικοί Πολυπλέκτες

- Τοποθετούνται στην αρχή μιας γραμμής και χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί ένα σήμα STS-1 από ένα σύνολο 28 σημάτων DS1
- Λειτουργούν καΙ σαν αποπολυπλέκτες, οπότε και εκτελούν την αντίστροφη διαδικασία



Πολυπλέκτες εισαγωγής- απομάστευσης

- Μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου και παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης εισαγωγής σε ένα σήμα STS ενός ή περισσοτέρων σημάτων DS χαμηλότερου ρυθμού
- Λειτουργούν επίσης και σαν αποπλέκτες



Συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης

- Wideband συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (WDCS – Wideband Digital Cross-connect Systems)
 - switching σε σήματα με ρυθμούς από 1,5 Mbps έως και 50Mbps
- Broadband συστήματα ψηφιακής διασύνδεσης (BDCS – Broadband Digital Cross-connect Systems)
 - switching σε σήματα με ρυθμούς από 50Mbps έως 600Mbps



Τοπολογίες SONET/SDH

- Σύνδεση σημείο σε σημείο (Point-to-point) όπου έχουμε τερματιστές στα άκρα κάθε οπτικής ίνας, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε TM είτε ADM
- Δίκτυα εισαγωγής-απομάστευσης δενδρικής τοπολογίας
- Δίκτυα βασισμένα σε hub όπου έχουμε ένα κεντρικό σημείο στο οποίο συγκεντρώνεται η κυκλοφορία από πολλά περιφερειακά σημεία
- Δίκτυα δακτυλίου αυτόματης επιδιόρθωσης
 - Χρησιμοποιούν την τεχνική «Αυτόματη προστασία δακτυλίου» (APS)



SONET/SDH - Βλάβες

- Οι πιο συνηθισμένες βλάβες που μπορούν να συμβούν σε ένα οπτικό δακτύλιο είναι:
 - Βλάβη στην οπτική ίνα (π.χ. κόψιμο)
 - Προβλήματα με την ακτίνα laser (βλάβη στον πομπό, ή μειωμένη ισχύς ακτίνας)
 - Βλάβη σε κόμβο του δακτυλίου



SONET/SDH - Είδη δακτυλίων

- Διάφορα είδη δακτυλίων τα οποία χρησιμοποιούνται είναι:
 - Δακτύλιοι μονής κατεύθυνσης με μεταγωγή μονοπατιού
 - Δακτύλιοι διπλής κατεύθυνσης με μεταγωγή γραμμής
 - Διασύνδεση δύο δακτυλίων
 - Folded rings



POS (Packet over SONET)

- Τεχνολογία IP over SONET (Packet over SONET)
 - Χρήση PPP πρωτοκόλλου
 - Αποτελεσματική/χαμηλού ‘overhead’ από-σημείο-σε-σημείο μεταφορά της IP κυκλοφορίας.
 - IP over SONET over WDM
 - Εξειδικευμένη διάταξη εκπομπής (transponder): αναλαμβάνει τη μετατροπή του συμβατού με το πρότυπο SONET/SDH οπτικού σήματος, που περιέχει τις πληροφορίες του IP πακέτου, σε ηλεκτρικό σήμα



IP over SONET over WDM - Πλεονεκτήματα

- Η αύξηση της χωρητικότητας της υπάρχουσας οπτικής ίνας
- Η αντικατάσταση των ηλεκτρικών αναγεννητών (electrical regenerators) με οπτικούς ενισχυτές (optical amplifiers)
- Πιο αραιή τοποθέτηση οπτικών ενισχυτών (κάθε περίπου 1000 km) σε αντίθεση με τους ηλεκτρικούς αναγεννητές του IP over SONET συστήματος που τοποθετούνται κάθε 60-100km
- Εύκολη προσθήκη νέων καναλιών στο δίκτυο
- Μοναδική απαίτηση είναι η εγκατάσταση του κατάλληλου αριθμού ‘transponders’ στο σύστημα, στα δύο άκρα του WDM υποσυστήματος



Μειονεκτήματα χρήσης SONET

- Χρονοβόρα και επισφαλής εγκαθίδρυση μιας νέας σύνδεσης μεταξύ δύο IP routers
- Στην επίτευξη μιας σύνδεσης μεταξύ δυο άκρων, αν για κάποιο λόγο δεν υπάρχει σε έναν δακτύλιο η διαθεσιμότητα μιας χρονικής θυρίδας απαιτούμενου εύρους ζώνης, η δέσμευση σε όλους τους άλλους δακτυλίους παραμένει μέχρι να υπάρξει
- Χρονοβόρα και ακριβή αγορά και εγκατάσταση ενός νέου πολυπλέκτη για την κατασκευή ενός νέου δακτυλίου



Client over SONET over WDM (1/2)

- Αρχιτεκτονικές Από-Σημείο-Σε-Σημείο
 - Συστήματα με προστασία στο ‘client’ στρώμα
 - Συστήματα με προστασία στο οπτικό κανάλι (OCHP)
 - Συστήματα με προστασία στο τμήμα οπτικής πολύπλεξης (OMSP)
 - Συστήματα με συνδυασμένη SONET/WDM προστασία



Client over SONET over WDM (2/2)

- Αρχιτεκτονικές Δακτυλίου (Ring Architectures)
 - Δακτύλιος WDM απλής κατεύθυνσης με προστασία στο οπτικό κανάλι (OCHP)
 - Δακτύλιος WDM διπλής κατεύθυνσης με συστήματα προστασίας OMSP
 - Δακτύλιος διπλής κατεύθυνσης με συστήματα προστασίας OCHP



IP over WDM (1/2)

- Απεριόριστο εύρος ζώνης
- Απαλοιφή του παραδοσιακού SONET/SDH στρώματος
- Τα IP πακέτα δεδομένων μετατρέπονται απευθείας σε οπτικό σήμα και ακολουθεί η διαδικασία της πολύπλεξης στο πεδίο του μήκους κύματος
- Απαιτείται η ύπαρξη ενός καινοτόμου δρομολογητή που θα ενσωματώνει ορισμένες βασικές WDM λειτουργίες
 - Cisco ONS (series 15000)



IP over WDM (2/2)

- Κλειδί: ο ξεκάθαρος ορισμός των υπηρεσιών και της λειτουργικότητας που καθένα από τα IP και WDM στρώματα θα προσφέρουν
- Απαιτείται συμπληρωματικότητα IP και WDM



IP over WDM Μέσω MPLS

- Απαιτείται ένα ισχυρό πρωτόκολλο που θα επιτυγχάνει:
 - Διευθυνσιοδότηση, Σηματοδοσία, Δρομολόγηση
- MPLS
 - Διευθυνσιοδότηση μέσω WDM οπτικών μονοπατιών
 - OXCs συσκευές δέχονται IP διεύθυνση
 - Σηματοδοσία
 - Μοντέλα: Client-server, peer to peer, augmented
 - Δρομολόγηση: κατανεμημένη ή κεντρικοποιημένη



GMPLS

- Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)
- Σουίτα πρωτοκόλλου που επεκτείνει το MPLS για τη διαχείριση περαιτέρω διασυνδέσεων και τεχνολογιών μεταγωγής, όπως πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου, μεταγωγή μήκους κύματος και μεταγωγή οπτικής ίνας
- Το GMPLS βασίζεται στις generalized labels
- Αυτές είναι ετικέτες που μπορεί να αντιπροσωπεύουν είτε (α) μια οπτική ίνα σε μια δέσμη ινών, (β) μια ζώνη συχνοτήτων μέσα στην ίνα, (γ) ένα μήκος κύματος μέσα σε μια ζώνη συχνοτήτων (ή ίνα), ή (δ) ένα σύνολο χρονοθυρίδων μέσα σε ένα μήκος κύματος



IP over WDM – Πλεονεκτήματα

- Πλεονεκτήματα από απαλοιφή SONET
 - ταχύτερη κλιμάκωση μεγέθους και μεγάλη μείωση του κόστους υλοποίησης και λειτουργίας
 - μετριασμός του πλεονασμού που εισάγει η ύπαρξη του επιπλέον SONET/SDH στρώματος
 - χαμηλή πολυπλοκότητα της 'IP over WDM' υλοποίησης
 - υψηλή ευελιξία λόγω απλής υλοποίησης δύο στρωμάτων



IP over WDM – Μειονεκτήματα

- Μειονεκτήματα
 - η τεχνολογία SONET διαθέτει υψηλό επίπεδο ωριμότητας
 - στη λύση IP over WDM δεν υπάρχουν ακόμη εκείνα τα πρότυπα που θα την κάνουν vendor-independent



Σύντομη ανασκόπηση

- WDM networking
 - PDH
 - SDH/SONET
 - IP over SDH over WDM
 - IP over WDM



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 4)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - IP over WDM, Liu K.
 - Sonet/SDH Demystified Shepard S.
 - Broadband Networking: ATM, SDH and SONET, Mike Sexton, Andy Reid



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.electrosofts.com/sonet/> (Understanding SONET/ SDH)
 - <http://www.sonet.com/> (A Reference For Optical Networking Professionals)
 - <http://bnrg.cs.berkeley.edu/~randy/Courses/CS294.S02/IPWDM.ppt> (Παρουσίαση για το IP over WDM)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 8: Δίκτυα FTTx (Μέρος 1)

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με το Fiber to the x (FTTx)
- Κατανόηση των FTTx αρχιτεκτονικών
- Παρουσίαση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε αρχιτεκτονικής



Περιεχόμενα ενότητας

- Μύθοι για τα δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς
- FTTx
 - Αρχιτεκτονική
 - PON
 - Home Run
 - Active Node
 - Reverse PON



Δίκτυα FTTx (Μέρος 1)

Μύθος 1

- Γρήγορο Internet = ADSL
 - Ολοένα και πιο απαιτητικές Δικτυακές Εφαρμογές (βίντεο, τηλεδιασκέψεις υψηλής ευκρίνειας)
 - Μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ταχύτητες και ικανότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης πολλών «Bandwidth heavy» εφαρμογών
 - Όσες χώρες παραμένουν στα χάλκινα καλώδια θα πρέπει να αναμένουν ραγδαία τεχνολογική υποβάθμιση απέναντι στις χώρες που θα μεταβούν σε οπτικά δίκτυα



Μύθος 2

- Το ADSL μπορεί να εξελίσσεται καλύπτοντας τις ανάγκες των χρηστών
 - Αρκετές ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν στη μείωση του θορύβου από τα χάλκινα καλώδια
 - Ωστόσο, η φύση του χαλκού αδυνατεί να προσφέρει αξιόπιστα τις ταχύτητες που απαιτούν οι χρήστες
 - Οι ΟΟΣΑ, ΕΕ επιμένουν πως «οι οπτικές ίνες είναι το μόνο μέσο μετάδοσης που αντέχει στο χρόνο για την κάλυψη των αναγκών» - Viviane Reding (Ευρωπαϊκή επίτροπος)



Μύθος 3

- Τα δίκτυα οπτικών ινών απευθύνονται σε επιχειρηματικούς χρήστες
 - Είναι πιο οικονομική όταν υπάρχει εξαρχής εγκατάσταση οπτικής καλωδίωσης σε νέα κτίρια
 - Οι χώρες Βόρειας Ευρώπης, Βόρειας Αμερικής και η Ανατολική Ασία: Μαζικές επενδύσεις σε οπτικές ίνες μέχρι το σπίτι
 - Το δίκτυο οπτικών ινών αναπτύσσεται σταθερά και δέχεται μεγαλύτερη υποδοχή από τους απλούς χρήστες (ιδιώτες)
 - Στη Γαλλία υπάρχει κανονισμός που καθιστά υποχρεωτική την οπτική καλωδίωση σε νέα κτίρια
- Οι προηγμένες χώρες έχουν αντιληφθεί τη σπουδαιότητα της χρήσης οπτικών ινών



Μύθος 4

- Η ελληνική αγορά δεν απαιτεί ακόμα μεγάλες ταχύτητες σύνδεσης στο Internet
 - Τέτοιου τύπου αναφορές είναι αβάσιμες
 - Τα τελευταία χρόνια με την αύξηση της μέσης ταχύτητας πρόσβασης, η ζήτηση αυξήθηκε
 - Οι χρήστες διέψευσαν τις θεωρίες περί «καθυστερημένης αγοράς» και «ανώριμων χρηστών»
 - Νέες απαιτητικές εφαρμογές εμφανίσθηκαν όπως ηλεκτρονική εκπαίδευση και online διανομή τηλεοπτικών προγραμμάτων. Ταυτόχρονη πρόσβαση σε τέτοιες εφαρμογές επιτάσσει τη χρήση οπτικής ίνας



Μύθος 5

- Το κόστος του FTTH είναι απαγορευτικό
 - Οι νέες τεχνολογίες εγκατάστασης οπτικών καλωδίων έχουν συρρικνώσει το κόστος οπτικής σύνδεσης
 - Σε κάλυψη 1.000.000 νοικοκυριών το κόστος μπορεί να πέσει κάτω από 1.000 € / οικία
 - Οι οπτικές συνδέσεις προσφέρουν μεγάλη αξιοπιστία (εξοικονόμηση σε βάθος χρόνου)
 - Δυνατότητα τμηματικής εγκατάστασης οπτικής ίνας στο δίκτυο – μακροχρόνιος ορίζοντας εγκατάστασης



Μύθος 6

- Είναι σοφότερο αντί να κάνουμε áλματα, να ακολουθούμε τα βήματα των áλλων
 - Χρήσιμη τακτική για τομείς της οικονομίας με βραδύτερους κύκλους ζωής
 - Η οικονομική εξέλιξη επιτάσσει βελτιστοποιημένη πρόσβαση στο διαδίκτυο – Πρέπει να είμαστε ανταγωνιστικοί, τεχνολογική υστέρηση 4 ετών στις τεχνολογίες FTTx σημαίνει κατάταξη σε χώρες τρίτου κόσμου
 - Η ανάπτυξη εφαρμογών κοινωνικής δικτύωσης έχει αυξήσει δραματικά τις ανάγκες σε bandwidth – Οι χρήστες δικτύων θέλουν να απολαμβάνουν μόνιμα την απροβλημάτιστη λειτουργία του δικτύου



Μύθος 7

- Η Ελλάδα είναι καταδικασμένη να μείνει μια μικρή χώρα, χωρίς ουσιαστικές δυνατότητες στην παγκόσμια κοινωνία της γνώσης
 - Θα συμβεί μόνο εάν πεισθούμε εμείς για αυτό
 - Οι νέες τεχνολογίες δίνουν ώθηση σε «περιφερειακές» χώρες και σε «ξεγραμμένες» περιοχές
 - Στόχος: Να φέρουμε τη χώρα μας πιο κοντά στο διεθνές Internet με μεγαλύτερες ταχύτητες και μικρότερο κόστος
 - Προϋποθέσεις για ενεργή συμμετοχή πολιτών και επιχειρήσεων στην παγκόσμια κοινωνία
 - Μπορούμε να ξαναγίνουμε εξαγωγέας καινοτόμων προϊόντων-υπηρεσιών προσελκύοντας ξένες επενδύσεις



Μύθος 8

- Οι Έλληνες είναι τεχνολογικά «αναλφάβητοι» με χαμηλές δυνατότητες αφομοίωσης των νέων διαδικτυακών εφαρμογών
 - Οι διεθνείς δείκτες μας κατατάσσουν χαμηλά ως προς την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών
 - Σημαντική μερίδα του νεανικού πληθυσμού αποξενώνεται από την τεχνολογία
 - Μόνο η έλλειψη βούλησης για πρόοδο μπορεί να μας κρατήσει πίσω



Μύθος 9

- Οι νέες διαδικτυακές τεχνολογίες είναι μόνο για τους μυημένους στις ΤΠΕ
 - ΟΥΔΕΝ ΑΝΑΛΗΘΕΣΤΕΡΟΝ!
 - Οι νέες εφαρμογές είναι πολύ πιο εύχρηστες και αξιόπιστες από παλαιότερες
 - Για το λόγο αυτό έχουν πολλαπλασιαστεί οι χρήστες του Διαδικτύου σε όσες χώρες διαθέτουν προηγμένες διαδικτυακές υποδομές



Μύθος 10

- Δεν υπάρχει λόγος να επενδύσουμε στο δίκτυο έναντι άλλων τομέων
 - Αναμένεται ραγδαία αύξηση των παραγόμενων δεδομένων σε ένα δίκτυο
 - Τεράστιος όγκος Δεδομένων -> Τεράστιος ταυτόχρονος φόρτος δικτύου
 - Ανεπαρκές δίκτυο μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση της υποδομής της χώρας



Μύθος 11

- Δεν υπάρχουν εφαρμογές που να αξιοποιούν το δίκτυο οπτικών ινών
 - Μηχανική Μάθηση (Μ.Μ.) – Εφαρμόζεται ήδη σε πολλές περιπτώσεις και αναμένεται να εφαρμοστεί σε όλους τους τομείς της καθημερινής μας ζωής στο μέλλον
 - Κατά τη Μ.Μ. αξιοποιούνται δεδομένα –Εκτός από τον όγκο δεδομένων μας ενδιαφέρει και η γρήγορη και χωρίς λάθη μετάδοση τους



FTTx (1/2)

- FTTx = Fiber to the x
- το 'x' παριστάνει τόσο τις διάφορες επιλογές όσον αφορά τον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το τελευταίο τμήμα της καλωδίωσης, όσο και το βαθμό προσέγγισης του συνδρομητή με την οπτική ίνα
- Με τον όρο FTTx υποδηλώνουμε την μέχρι και σε κάποιο σημείο του δικτύου πέρα από το central office (CO) του τηλεπικοινωνιακού παρόχου



FTTx (2/2)

- Έχουν προταθεί συμβολισμοί FTT σχεδόν για κάθε περίπτωση εφαρμογής
- Η ταξινόμηση αυτή αν και φαινομενικά δύσκολη στην κατανόηση – Δίνει τη δυνατότητα σαφούς «χαρτογράφησης» του δικτύου
- Αξιοποιείται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία VDSL



FTTN

- FTTN (Node) / FTTN (Neighborhood) / FTTS (Street)
 - Αποτελεί την αρχιτεκτονική στην οποία έχουμε εγκατάσταση ενός δικτύου οπτικών ινών, που εξυπηρετεί εκατοντάδες χρήστες.
 - Αυτοί οι χρήστες συνήθως βρίσκονται σε μία ακτίνα 1600 μέτρων.
 - Οι οπτικές ίνες φτάνουν μέχρι το cabinet (το γνωστό ΚΑΦΑΟ) που εξυπηρετεί μια γειτονιά, και μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός)
 - Η απόσταση των 1600 m συνήθως αναφέρεται ως «The Last Mile»



FTTC

- Fiber To The Curb (Curb/Cabinet)
 - Αποτελεί την αρχιτεκτονική στην οποία έχουμε εγκατάσταση ενός δικτύου οπτικών ινών μέχρι το ΚΑΦΑΟ, μια συσκευή που συνήθως απέχει μέχρι 300 μέτρα από το χώρο του χρήστη που απολαμβάνει την υπηρεσία
 - Μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή
 - Συνήθως προσφέρει ταχύτητες μέχρι 100 Mbit/s



FTTB

- Fiber To The Building (Business)
 - Αποτελεί την αρχιτεκτονική στην οποία έχουμε εγκατάσταση ενός δικτύου οπτικών ινών μέχρι και κτίριο του χρήστη.
 - Στην περίπτωση πολλών χώρων (π.χ. σπίτια ή γραφεία) σε ένα κτίριο, το FTTB φτάνει μέχρι το κοινόχρηστο κτίριο αλλά όχι σε κάθε όροφο, γραφείο ή διαμέρισμα



FTTH

- FTTH (Home) / FTTO (Office)
 - Αποτελεί την αρχιτεκτονική στην οποία έχουμε εγκατάσταση ενός δικτύου οπτικών ινών μέχρι και την «πόρτα» του χρήστη (π.χ. μέχρι και όλα τα σπίτια των ενοίκων σε μια πολυκατοικία)
 - Ταχύτητες από 1Gbps έως και 10 Gbps

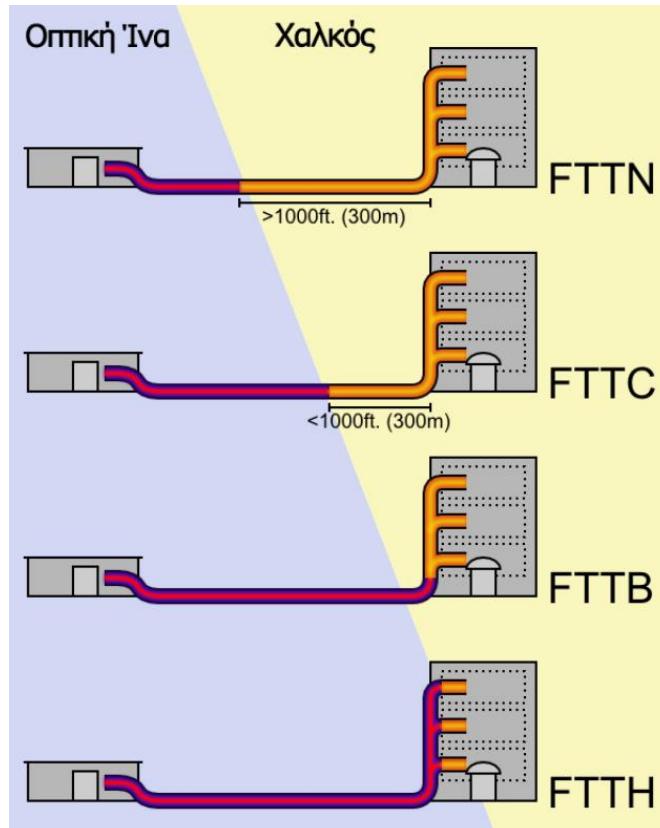


Άλλοι τύποι FTTx

- FTTP (Premises)
 - Η οπτική ίνα φτάνει σε κάθε τύπο κτιρίου (χρησιμοποιείται κάποιες φορές για να περιγράψει το FTTH ή/και το FTTB). Η βασική διαφορά από τα FTTN και FTTC είναι ότι η οπτική ίνα καλύπτει και το “last mile” μέχρι τον τελικό χρήστη
- FTTD (Desktop)
 - Η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το τερματικό του τελικού χρήστη



Αποστάσεις βασικών τύπων FTTx



Αποστάσεις βασικών τύπων FTTx

(πηγή: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FTTx.svg>)



Διαστρωμάτωση δικτύου

- Φυσικό Μέσο – Υποδομή: Σωληνώσεις, μικροσωληνώσεις, ιστοί κεραιών
- Παθητική μετάδοση και διασύνδεση μέσων: Καλώδια οπτικών ινών, σύνδεσμοι οπτικών ινών, παθητικός εξοπλισμός
- Ενεργά συστήματα μετάδοσης: Εξοπλισμός που υλοποιεί λογικές συνδέσεις πάνω από το φυσικό μέσο
- Επίπεδο IP: Το δίκτυο του εκάστοτε παρόχου προς τον τελικό χρήστη
- Επίπεδο εφαρμογών: Εξοπλισμός, εφαρμογές και δεδομένα χρηστών



Τμήματα οπτικού δικτύου

- OLT: Optical Line Termination (Οπτικός Τερματισμός Γραμμής)
 - αποτελεί την οπτική τερματική διάταξη του FTTx προς την πλευρά του παρόχου και είναι εγκατεστημένος στο σημείο παρουσίας του
- ONU (ή και ONT): Optical Network Unit (Οπτική Τερματική Συσκευή)
 - αποτελούν τις τερματικές διατάξεις προς την πλευρά των πελατών, στις οποίες καταλήγει το FTTx δίκτυο
- Οπτικό Δίκτυο
 - η οπτική καλωδίωση που συνδέει την OLT με τις ONU



Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx (1/3)

- Point-to-point (σημείο-προς-σημείο)
 - Κάθε θύρα συνδέεται απευθείας με ένα οπτικό δίκτυο (Optical Network Terminal - ONT) που βρίσκεται μέσα στο χώρο του χρήστη
 - Υποστηρίζει πλήρως ταχύτητες άνω του 1Gb και είναι πραγματικά συμμετρική
 - Προσφέρει αυξημένη ασφάλεια και διαχείριση προβλημάτων



Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx (2/3)

- Active Network (ενεργού δικτύου) σε μορφή δακτυλίου ή αστέρα
 - ✓ κάθε χρήστης διαθέτει αφιερωμένη οπτική ίνα έως το σημείο όπου βρίσκεται εγκατεστημένος ενεργός εξοπλισμός (π.χ. Ethernet switches), που μετάγει από εκεί την κίνηση των χρηστών προς το κυρίως δίκτυο
- Τύπου “Home Run”
 - ✓ για κάθε χρήστη υπάρχει αφιερωμένη οπτική ίνα που έρχεται από το OLT και καταλήγει σε αυτόν



Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx (3/3)

- Point-to-multipoint (σημείο-προς-πολλαπλά σημεία)
 - Δενδρικές αρχιτεκτονικές με χρήση τεχνολογιών Passive Optical Network (PON)
 - Διάφορα πρότυπα

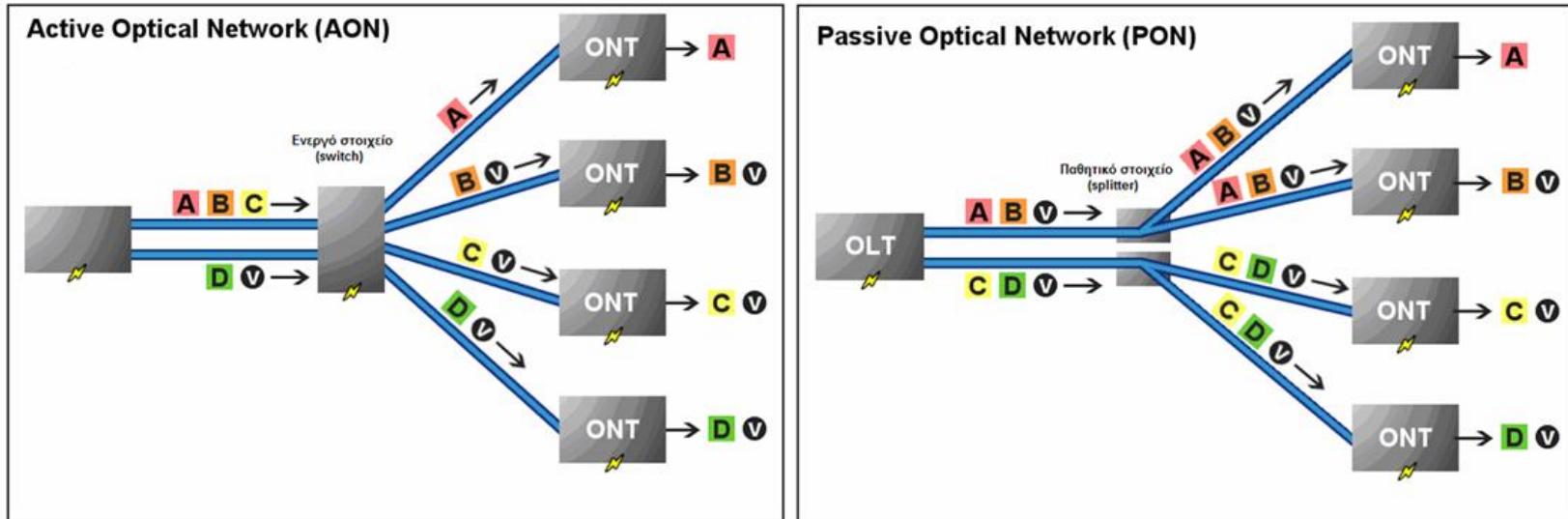


Ενεργό / παθητικό δίκτυο

- Ενεργό δίκτυο (αρχιτεκτονικές Active Network)
 - Όταν περιλαμβάνει και ενεργούς κόμβους (τα switches), τα οποία τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα
- Παθητικό δίκτυο (PON)
 - Χρησιμοποιούνται διατάξεις που δεν χρειάζονται ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οπτικοί διαχωριστές (splitters), για να δώσουν τη δυνατότητα μία οπτική ίνα να διαμοιραστεί σε πολλαπλούς χρήστες
 - Το τελευταίο ενεργό στοιχείο στην περίπτωση του PON βρίσκεται στο δίκτυο κορμού (backbone)



Σύγκριση ενεργού και παθητικού δικτύου



Σύγκριση ενεργού και παθητικού δικτύου

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PON_vs_AON.png)



PON

- Ένα PON αποτελείται από
 - την καλωδίωση οπτικών ινών,
 - από παθητικούς διαχωριστές (splitters) και
 - συνδετήρες (couplers)
- Η αρχιτεκτονική PON είναι η πλέον κατάλληλη επιλογή για το σχεδιασμό ενός δικτύου FTTX



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του PON

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής και εφαρμογής	To E.Z. που χρησιμοποιείται για upload δεν είναι broadcast
Υλοποίηση με το λιγότερο αριθμό πομποδεκτών	Η οπτική ισχύς διαχωρίζεται μεταξύ των θυρών εξόδου
Μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των τελικών χρηστών και του κεντρικού συστήματος του παρόχου (20 Km)	Το ίδιο οπτικό σήμα παραλαμβάνεται από όλες τις μονάδες (ONUs), εγείροντας ανησυχίες για την ασφάλεια δικτύων
Επιτρέπει τεράστιες ταχύτητες που φτάνουν τα 10 Gbps	Απαίτηση για αυστηρό αλγόριθμο για τη σύλληψη upstream κυκλοφορίας
Πλήρως παθητικό δίκτυο	Πιο σύνθετοι πομποδέκτες
Δεν είναι ενεργός κανένας απομακρυσμένος κόμβος	Το ίδιο εύρος ζώνης πρέπει να διαιρεθεί μεταξύ διαφόρων χρηστών

Συμπληρωματική Πηγή: technopedia.com

Πρότυπα PON (1/3)

- APON (ATM Passive Optical Network). Το πρώτο πρότυπο παθητικών οπτικών δικτύων
 - Χρησιμοποιήθηκε αρχικά για επιχειρήσεις, ενώ βασίστηκε στο πρωτόκολλο ATM
- BPON (Broadband Passive Optical Network). Εξελιγμένη έκδοση του APON
 - Υποστηρίζει πολύπλεξη WDM, μία δυναμική και υψηλότερη upstream κατανομή εύρους ζώνης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής



Πρότυπα PON (2/3)

- GPON (Gigabit-capable PON). Εξέλιξη του BPON
 - Υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων με ενισχυμένη ασφάλεια, ενώ απευθύνεται και στο πρωτόκολλο ATM και στο Ethernet
- EPON (Ethernet Passive Optical Network)
 - Ένα πρότυπο της IEEE/EFM για την χρήση του πρωτοκόλλου Ethernet στα πακέτα δεδομένων



Πρότυπα PON (3/3)

	BPON	EPON	GPON
Πρότυπο	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Εύρος Ζώνης	Downstream έως 622 Mbps Upstream έως 622 Mbps	Downstream έως 1.25 Gbps Upstream έως 1.25 Gbps	Downstream έως 2.5 Gbps Upstream έως 1.25 Gbps
Downstream μήκος κύματος	1490 και 1550 nm	1550 nm	1490 και 1550 nm
Upstream μήκος κύματος	1310 nm	1310 nm	1310 nm
Μετάδοση	ATM	Ethernet	Ethernet, ATM, TDM

Πρότυπα PON



Αρχιτεκτονικές τύπου “home run”

- Η διαθέσιμη χωρητικότητα της οπτικής ίνας δεν διαμοιράζεται σε άλλους χρήστες
- Ως εκ τούτου το μοντέλο αυτό προσφέρει
 - μέγιστη δυνατή χωρητικότητα και
 - μελλοντική κλιμακωσιμότητα όσον αφορά τις ανάγκες του χρήστη



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Home Run

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μέγιστο Εύρος Ζώνης	Μεγαλύτερο κόστος λόγω μεγαλύτερης ποσότητας οπτικής ίνας
Μέγιστη κλιμακωσιμότητα	Ανάγκη για μεγαλύτερο χώρο
Εύκολη διάκριση παρόχου υποδομής και παρόχου υπηρεσιών	Εκτενέστερες επισκευές σε περίπτωση βλάβης
Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών	
Ασφάλεια	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα του Home Run



Αρχιτεκτονικές ενεργού δικτύου (Active Node – Ethernet Switch) (1/2)

- Η κύρια διαφορά ενός ενεργού δικτύου σε σχέση με το PON είναι η αντικατάσταση του παθητικού splitter από έναν ενεργό κόμβο
- Μια σημαντική συνέπεια είναι ότι είναι απαραίτητο ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο (power line) μεταξύ του central office (CO) και του ενεργού κόμβου



Αρχιτεκτονικές ενεργού δικτύου (Active Node – Ethernet Switch) (2/2)

- Εκτός από μια διακλαδισμένη δενδρική αρχιτεκτονική όπως χρησιμοποιείται σε ένα PON, ένα ενεργό δίκτυο μπορεί να υλοποιείται και με μια αρχιτεκτονική δακτυλίου ή αστέρα
- Σε κάθε τελικό χρήστη παρέχεται αφιερωμένη σύνδεση που του παρέχει το συνολικό αμφίδρομο εύρος ζώνης
 - μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας τεχνικές SDM (Space Division Multiplexing) ή WDM



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ενός ενεργού κόμβου

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλότερο Εύρος Ζώνης	Ανάγκη ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου
Υψηλότερη πιθανή απόσταση	Πιο πολύπλοκη υποδομή καλωδίων
Μεγαλύτερη ασφάλεια	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα ενεργού κόμβου



Υβριδικές αρχιτεκτονικές

- Υβριδικά PON τα οποία αποτελούν ένα συνδυασμό ενός ενεργού κόμβου και μιας αρχιτεκτονικής PON
- Η εφικτή απόσταση είναι υψηλότερη από ότι στην περίπτωση χρησιμοποίησης ενός PON με διαμοίραση ισχύος
- Παράλληλα, χρησιμοποιείται απλούστερη υποδομή σε σχέση με μια απολύτως ενεργή τοπολογία



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός υβριδικού PON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλή εφικτή απόσταση	Ανάγκη ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου
Απλούστερη υποδομή από ότι στην ενεργή τοπολογία	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα υβριδικού PON



Αρχιτεκτονική Reverse PON

- Υποδομές οπτικών ινών που συνδέουν τελικούς χρήστες και ανήκουν στους ίδιους
- Έρχεται σε «σύγκρουση» με τις υπάρχουσες κραταιές πολιτικές των τηλεπικοινωνιακών παρόχων και των service providers
- Αποτελεί την αντιστροφή της κλασικής αρχιτεκτονικής PON, με τον εξοπλισμό του πελάτη να παρέχει διακριτές «συνδέσεις» με διάφορους service providers



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός Reverse PON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλή εφικτή απόσταση	Ανάγκη για διαχείριση της οπτικής ίνας και του τερματικού εξοπλισμού από τον τελικό χρήστη
Μεγαλύτερη εμβέλεια	Υψηλό αρχικό κόστος απόκτησης
Υψηλότερο εύρος ζώνης και πλήρως διαχειρίσιμο	
Ευελιξία στην επιλογή services	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα Reverse PON



Πλεονεκτήματα PON σε σύγκριση με τις point-to-point αρχιτεκτονικές

- Εξοικονόμηση ινών πρόσβασης
- Εξοικονόμηση θυρών στο σημείο παρουσίας (POP) του παρόχου
- Broadcast μετάδοση
- Δεν χρειάζεται παροχή ηλεκτρικού ρεύματος
- Οικονομικότερη επισκευή βλαβών από home run
- Μείωση αρχικού κόστους



Μειονεκτήματα PON σε σύγκριση με τις point-to-point αρχιτεκτονικές

- Κοινό εύρος ζώνης
- Απαιτείται κρυπτογράφηση
- Δεν μπορεί να υπάρξει διάκριση χρηστών στο φυσικό επίπεδο αλλά μόνο σε ένα λογικό επίπεδο
- Δυσκολότερη ανίχνευση λαθών και συντήρηση
- Πιθανή ασυμβατότητα με νέες τεχνολογίες (π.χ. 10-Gbps PON)



Πλεονεκτήματα αρχιτεκτονικών Ethernet FTTx

- Ουσιαστικά απεριόριστο εύρος ζώνης
- Προσιτότητα (ίνες τεχνολογίας 100BX ή 1000BX μπορούν να διανύσουν έως και 10 χιλιόμετρα χωρίς ενίσχυση)
- Δυνατότητα Επέκτασης
- Ευκολία αναβάθμισης εύρους ζώνης
- Ασφάλεια
- Μικρότερο λειτουργικό κόστος



Σύγκριση τεχνολογιών PON, Active network και Home run

Χαρακτηριστικό	B(G) PON (GPON)	E(GE) PON	Active Ethernet	Home Run
Τύπος δικτύου διανομής	Παθητικό	Παθητικό	Παθητικό	
Πρότυπο	ITU-T G.983 (G.984)	IEEE 802.3ah	IEEE 802.3ah	
Χωρητικότητα	Μέχρι 32 (64) χρήστες ανά δέντρο	16 χρήστες ανά δέντρο		
Εμβέλεια	20 km από OLT	20 km	10 km από ενεργό κόμβο	Εξαρτάται από τον εξοπλισμό
Ρυθμοί μετάδοσης	Μέχρι 2.4 Gbps ανά PON	Μέχρι 1.2 Gbps ανά PON	Μέχρι 1.2 Gbps ανά χρήστη	Εξαρτάται από τον εξοπλισμό
Αξιοποίηση bandwidth	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Κλιμακωσιμότητα	Περισσότερη οπτική ίνα και εξοπλισμός	Περισσότερη οπτική ίνα και εξοπλισμός	Επιπλέον εξοπλισμός	Απεριόριστη (θεωρητικά χωρητικότητα)
Αποδοχή	Μεγάλοι πάρχοι ειδικά εντός Αμερικής	Μεγάλοι πάροχοι ειδικά εκτός Αμερικής	Δήμοι και Υπηρεσίες	Εγκατάσταση νέων δικτύων (όχι εξέλιξη υπαρχόντων)

Σύγκριση PON, Active network και Home run

Συμπεράσματα Σύγκρισης

- Η σύγκριση αφορά την μέγιστη ταχύτητα download (ονομαστική), την μέγιστη ταχύτητα upload καθώς και την ελάχιστη μέση ταχύτητα download και upload ανά χρήστη
- Το σενάριο αναφέρεται σε αποκλειστική χρήση της εκάστοτε τεχνολογίας από ένα μόνο χρήστη στη μία περίπτωση και από 20 χρήστες στην άλλη
- Η σύγκριση δείχνει :
 - Την υπεροχή των τεχνολογιών FTTx σε σχέση με τις υπόλοιπες γνωστές ευρυζωνικές τεχνολογίες
 - Και πως κύριο μειονέκτημα των αρχιτεκτονικών PON σε σχέση με τις P2P, είναι ο διαμοιρασμός του εύρους ζώνης



Σύντομη ανασκόπηση

- Μύθοι για τα δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς
- FTTx
 - Αρχιτεκτονική των δικτύων FTTx
 - PON
 - Home Run
 - Active Node
 - Reverse PON



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 5)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - Δίκτυα Οπτικών Ινών, Green P. E.
 - Optical networks, Sivarajan Ramaswani



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.ftthcouncil.eu/> (Fiber to the Home Council: Europe)
 - <http://www.thefoa.org/tech/ref/contents.html> (Fiber Optic Association's Guide To Fiber Optics & Premises Cabling)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 9: Δίκτυα FTTx (Μέρος 2)

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση των επιπέδων των οπτικών δικτύων
- Κατανόηση της υλοποίησης των δικτύων
- Εξήγηση των απαιτήσεων στην ανάπτυξή τους
- Παρουσίαση τεχνικών ζητημάτων



Περιεχόμενα ενότητας

- Επίπεδα δικτύων οπτικών ινών
- Υλοποίηση οπτικών δικτύων
 - Ανάπτυξη
 - Απαιτήσεις
 - Τεχνικά ζητήματα



Δίκτυα FTTx (Μέρος 2)

Κλιμάκωση δικτύων (1/2)

- Όσο πιο ψηλά βρίσκεται ένα δίκτυο στην ιεραρχία τόσο πιο αυξημένες είναι οι απαιτήσεις σε
 - εύρος ζώνης
 - διαθεσιμότητα
 - ασφάλεια



Κλιμάκωση δικτύων (2/2)



Κλιμάκωση δικτύων



Εθνικό Δίκτυο

- Ένα εθνικό δίκτυο διασυνδέει όλα τα επιμέρους δίκτυα της χώρας
- Πιθανώς διασυνδέεται με εθνικά δίκτυα άλλων χωρών
- Υψηλές απαιτήσεις και standards σε ασφάλεια, απόδοση και αξιοπιστία



Δίκτυο Διασύνδεσης Νομών

- Διασυνδέει δίκτυα γειτονικών νομών σε μια ευρύτερη περιοχή
- Επιμέρους δίκτυα διασύνδεσης νομών ολοκληρώνουν το εθνικό δίκτυο



Δίκτυο Διασύνδεσης Πόλεων

- Μικρής σχετικά έκτασης (εντός νομών)
- Διασυνδέει τα δίκτυα πόλεων ή αλλιώς μητροπολιτικά δίκτυα
- Συνδέεται στο δίκτυο διασύνδεσης νομών



Μητροπολιτικό Δίκτυο

- Τα μητροπολιτικά δίκτυα ή δίκτυα πόλεων έχουν στόχο να παρέχουν την ευρυζωνική υποδομή η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει μακροχρόνιες ανάγκες
- Τα μητροπολιτικά δίκτυα συνδέουν δίκτυα πρόσβασης σε κύριους κόμβους



Δίκτυο Πρόσβασης

- Συνδέει συνδρομητές – τελικούς χρήστες ή ομάδες συνδρομητών σε κόμβους πρόσβασης
- Συνδέονται χρήστες όπως μεμονωμένες οικίες, πολυκατοικίες, επιχειρήσεις, δημόσιοι οργανισμοί
- Υπάρχουν υποδοχές για σύνδεση κόμβων ασύρματης πρόσβασης και κεραιών κινητής τηλεφωνίας
- Στο δίκτυο πρόσβασης μπορούν να συνδεθούν συστήματα ασφαλείας όπως συναγερμοί, απομακρυσμένη παρακολούθηση χώρων καθώς και συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου

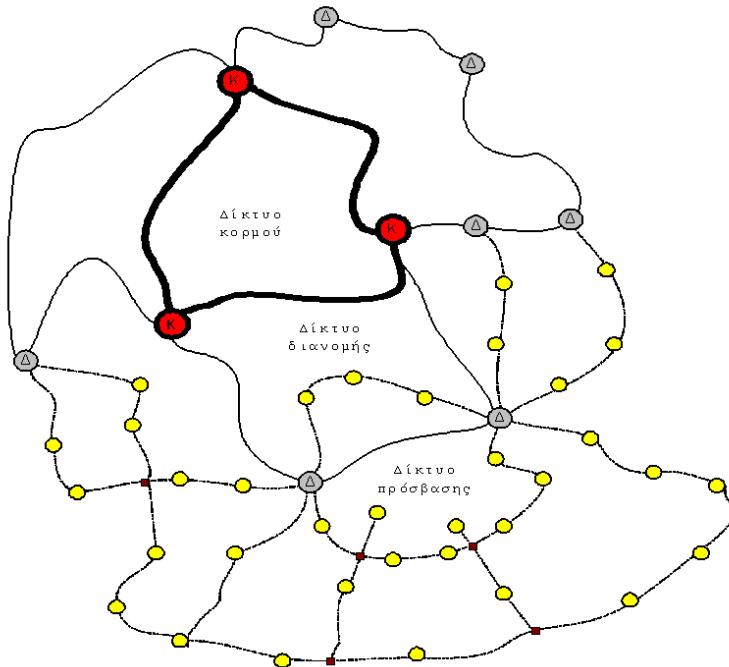


Υλοποίηση μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών

- Αρχιτεκτονική των τριών επιπέδων
 - Κύριος κόμβος - Κύριο δίκτυο
 - Κόμβος διανομής - Δίκτυο διανομής
 - Κόμβος πρόσβασης - Δίκτυο πρόσβασης



Η γενική μορφή ενός δικτύου οπτικών ινών



Η γενική μορφή ενός δικτύου οπτικών ινών
(πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Κοινωνία της Πληροφορίας)



Κύριος κόμβος

- Κύριο σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του περιφερειακού ιστού για κάλυψη των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών ενός μεγάλου δήμου ή μιας ευρύτερης αλλά αραιοκατοικημένης περιοχής ή μέρους ενός μεγάλου αστικού κέντρου
- Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής, επιδιώκεται κάθε κύριος κόμβος να είναι άμεσα συνδεδεμένος με παραπάνω του ενός ομότιμους κύριους κόμβους
- Στους κύριους κόμβους εγκαθίσταται ενεργός εξοπλισμός και προβλέπεται συν-εγκατάσταση ή πρόσβαση διαχειριστών και παρόχων υπηρεσιών και εφαρμογών



Κύριο δίκτυο

- Το δίκτυο υποδομών και οπτικών καλωδίων για τη διασύνδεση μεταξύ των κυρίων κόμβων
- Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ των κύριων κόμβων γειτνιάζουν ή ταυτίζονται με εθνικά ή περιφερειακά δίκτυα υποδομών άλλου τύπου (όπως οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικά, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου κλπ)



Απαιτήσεις για το κύριο δίκτυο (1/2)

- Ένωση κύριων κόμβων δικτύου με διακριτό καλώδιο χωρίς μικτονομήσεις
- Σε αντίθετη περίπτωση αξιοποίηση καλωδίου από το Δίκτυο Διανομής
- Ελάχιστο πλήθος συγκολλήσεων, (κατά προτίμηση) εντός των κόμβων διανομής, χωρίς όμως δυνατότητα τερματισμού και μικτονόμησης
- Δηλαδή λειτουργικά/λογικά ένας συγκεκριμένος αριθμός ινών θα πρέπει να ενώνει κύριο κόμβο με κύριο κόμβο



Απαιτήσεις για το κύριο δίκτυο (2/2)

- Σχεδιασμός με γνώμονα την επεκτασιμότητα
 - Σε περιφερειακό επίπεδο θα χρειαστεί χώρος για επέκταση (σωληνώσεις, οπτικές ίνες, καλώδιο)
- Γενικότερα, θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον $K+1$ υποσωληνώσεις όπου K είναι ο αριθμός των προβλεπόμενων κυρίων κόμβων στους οποίους θα συνδεθούν οι κόμβοι διανομής
- Επιπλέον, θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια για την εκμετάλλευση της εκσκαφής της συγκεκριμένης διόδευσης για τις σωληνώσεις και καλώδια διανομής και της πρόσβασης



Κόμβος διανομής (1/2)

- Το σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του κατ' εξοχήν μητροπολιτικού δικτύου (δικτύου διανομής) για συγκέντρωση των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών μιας γεωγραφικής περιοχής
- Ανάλογα με το μοντέλο ανάπτυξης των λειτουργικών δικτύων, στους κόμβους διανομής μπορεί να μην εγκατασταθεί ενεργός εξοπλισμός, αλλά μόνο διατάξεις μικτονόμησης οπτικών ινών
- Για διάφορους λόγους όμως, στον κόμβο διανομής μπορεί να τοποθετηθεί παθητικός ή/και ενεργός εξοπλισμός για πολυπλεξία



Κόμβος διανομής (2/2)

- Πιθανοί λόγοι που μπορεί να οδηγήσουν σε αυτό είναι:
 - η μεγάλη απόσταση από τον πλησιέστερο κύριο κόμβο
 - η έλλειψη κύριου κόμβου
 - η στενότητα στον αριθμό οπτικών Ινών
 - η επιθυμία πολλαπλασιασμού του εύρους ζώνης
 - άλλες εξωγενείς αιτίες



Δίκτυο διανομής (1/2)

- Αναλαμβάνει την συγκέντρωση των συνδέσεων των μεταγωγών του δικτύου πρόσβασης και τη διασύνδεσή τους με το δίκτυο κορμού και απαρτίζεται από τους κατά τόπους κεντρικούς δρομολογητές/μεταγωγείς του εκάστοτε τμήματος/κτιριακής εγκατάστασης
- Συχνά για τη βέλτιστη διαχείριση και την άμεση ενημέρωση των τεχνικών και της ομάδας διαχείρισης του δικτύου διανομής, υλοποιείται λογισμικό παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο (monitoring)
- Το monitoring υλοποιείται σε πραγματικό χρόνο, ελέγχει τα ζωτικά σημεία του δικτύου και προβαίνει στην ενημέρωση της ομάδας διαχείρισης



Δίκτυο διανομής (2/2)

- Το πυκνότερο δίκτυο για τη διασύνδεση μεταξύ των κόμβων διανομής ή/και μεταξύ κόμβων διανομής και κύριων κόμβων
- Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές (χάνδακες) μεταξύ κόμβων διανομής ταυτίζονται με διαδρομές του δικτύου κορμού, του δικτύου πρόσβασης και «τρέχουν» παράλληλα με δίκτυα άλλων υποδομών (οδικό δίκτυο, αποχέτευσης, κλπ.)
- Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής, επιδιώκεται η έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου διανομής με περισσότερους του ενός κύριους κόμβους είτε απ' ευθείας είτε εμμέσως ή/και μέσω ενδιάμεσων συνδέσεων με άλλους κόμβους διανομής



Απαιτήσεις για το δίκτυο διανομής

- Συνήθως, σωληνώσεις για περισσότερους του ενός κόμβους διανομής, καθώς και σωληνώσεις του δικτύου πρόσβασης συνυπάρχουν στην ίδια διόδευση
 - Συνεπώς πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για περισσότερες υπο-σωληνώσεις
- Μείωση κατά πολύ των απαιτήσεων σε αριθμό εγκατεστημένων ινών μέσω
 - πρόβλεψης ενεργών ή παθητικών στοιχείων πολυπλεξίας και απο-πολυπλεξίας στους κόμβους διανομής
 - σύνδεσης εν σειρά κόμβων για υλοποίηση τοπικών δακτυλίων ή αρτηριών με ένα ή περισσότερα σημεία εξόδου



Κόμβος πρόσβασης

- Το σημείο διασύνδεσης μεμονωμένων κτιριακών εγκαταστάσεων ή συγκροτημάτων προς το δίκτυο πρόσβασης
- Αποτελεί και σημείο τοποθέτησης ενεργού εξοπλισμού για παροχή δικτυακών υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες



Δίκτυο πρόσβασης

- Το τελευταίο τμήμα του δικτύου
- Το πυκνό δίκτυο σύνδεσης των κόμβων πρόσβασης με το δίκτυο διανομής
- Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ κόμβων πρόσβασης γειτνιάζουν ή ταυτίζονται και με δίκτυα άλλων υποδομών σε τοπικό επίπεδο π.χ. μιας γειτονιάς
- Για λόγους διαθεσιμότητας και ασφάλειας, επιδιώκεται η έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου πρόσβασης με περισσότερους του ενός κόμβους διανομής, αν και αυτό μπορεί να μην είναι καθολικά υλοποιήσιμο
- Η πυκνότητα και η τοπολογία του δικτύου διαφοροποιούνται ανάλογα με τον χαρακτήρα της περιοχής (αστική, βιομηχανική, αγροτική)

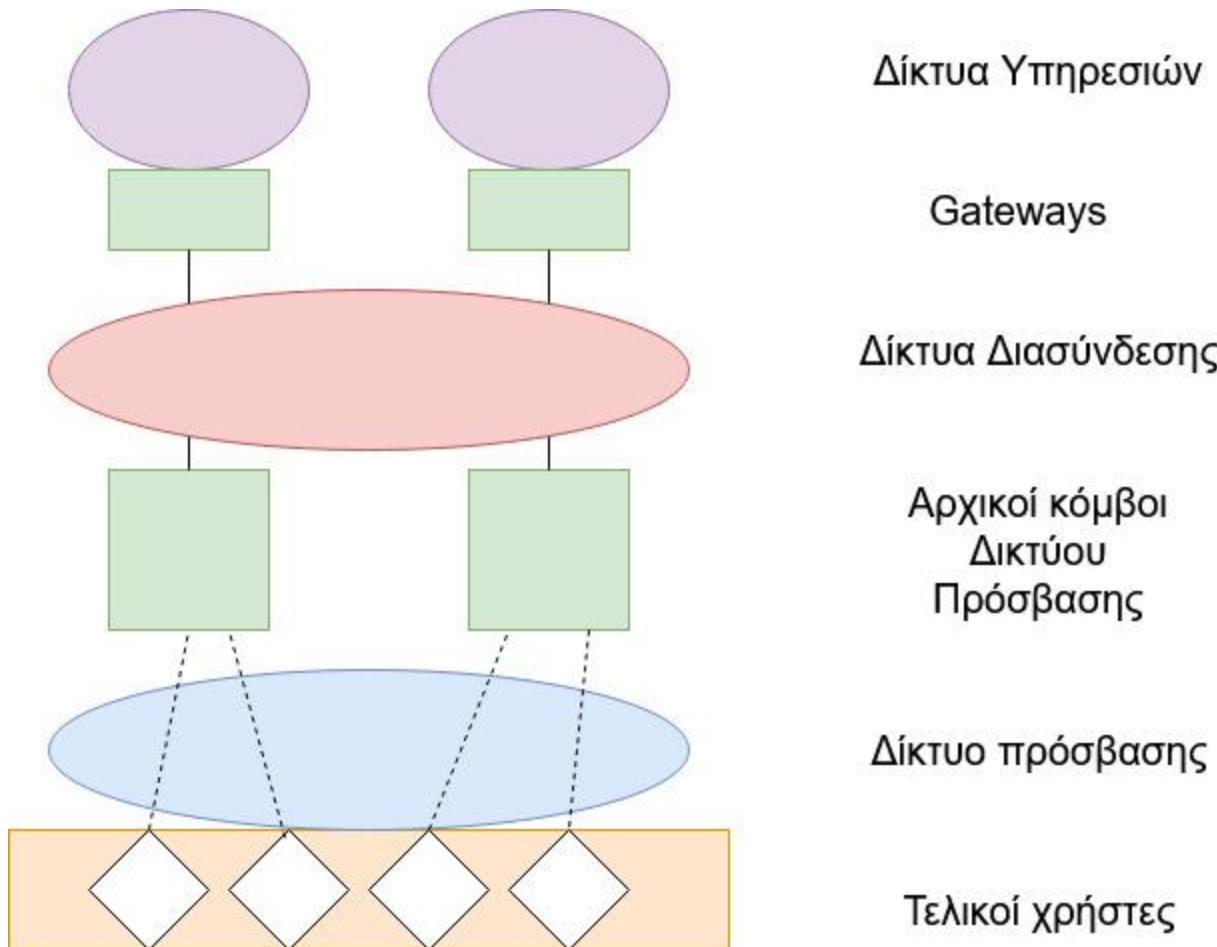


Απαιτήσεις για το δίκτυο πρόσβασης

- Το δίκτυο πρόσβασης ενώνει τους κόμβους πρόσβασης με τους κόμβους διανομής μέσω του καλωδίου πρόσβασης το οποίο με τη μορφή βρόχου διατρέχει φρεάτια διακλάδωσης και συγκόλλησης
- Από τον κόμβο πρόσβασης αναχωρούν ζεύξεις για διακριτούς χρήστες της περιοχής
- Ο αριθμός των σωλήνων, υπο-σωλήνων, κλπ. που θα τοποθετηθεί στο χάνδακα που ενώνει τα φρεάτια πρόσβασης θα εξαρτηθεί από το εάν κοινοί χάνδακες και σωληνώσεις εξυπηρετούν και άλλους χρήστες κατά μήκος της διαδρομής τους



Απεικόνιση των δικτύων



Προϋποθέσεις ανάπτυξης οπτικής υποδομής (1/4)

- Σε κάθε περίπτωση κατά την ανάπτυξη της οπτικής υποδομής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι εξής παράγοντες:
 - Κόστος επέκτασης και συντήρησης
 - Ασφάλεια
 - Επεκτασιμότητα (δυνατότητες επέκτασης)
 - Εξέλιξη (Δυνατότητες προσαρμογής σε απαιτήσεις)
 - Τρέχουσες ανάγκες παρόχων και χρηστών



Προϋποθέσεις ανάπτυξης οπτικής υποδομής (2/4)

- Πλεονασμός: Δυνατότητα για εναλλακτικές συνδέσεις σε ένα πάροχο
- Προσαρμοστικότητα: Για διαφοροποιημένες απαιτήσεις παρόχων δικτυακών υπηρεσιών με διαφορετικούς τρόπους και αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών από τον καθένα
- Τοπολογίες: Να επιτρέπει λειτουργικές (λογικές) τοπολογίες αρτηρίας, δένδρων και δακτυλίων σε υποσύνολο της υποδομής



Προϋποθέσεις ανάπτυξης οπτικής υποδομής (3/4)

- Πολυπλεξία υψηλής ρυθμαπόδοσης: Να επιτρέπεται
 - μεταξύ κύριων κόμβων
 - μεταξύ κύριων κόμβων και κόμβων πρόσβασης
 - μεταξύ κόμβων πρόσβασης
 - μεταξύ κόμβων πρόσβασης και διακριτών χρηστών
- Ανεξάρτητη Επεκτασιμότητα: Ακόμα και με πρωτοβουλία τρίτων μερών που θα μπορούν να κατασκευάσουν συμπληρωματικές υποδομές και να ζητήσουν τη διασύνδεση των υποδομών αυτών μέσω σωληνώσεων της παρούσας υποδομής



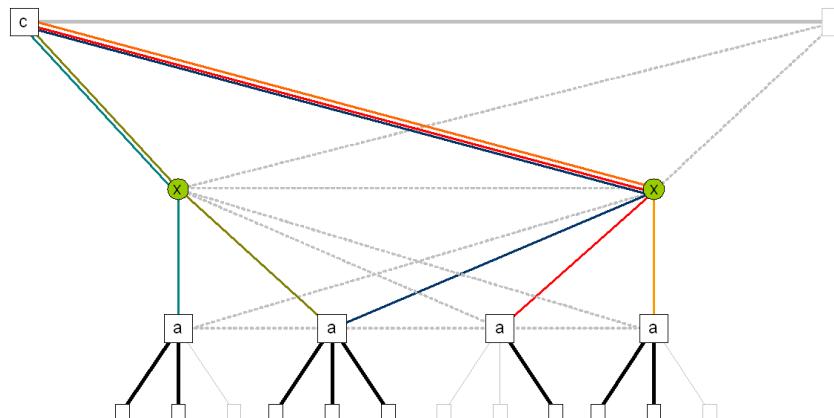
Προϋποθέσεις ανάπτυξης οπτικής υποδομής (4/4)

- Να επιτρέπει με φυσικό τρόπο το μερισμό της και την κοστολόγηση των μερών που ενοικιάζονται ή εκχωρούνται μακροχρόνια ανάλογα με το διαχειριστικό σχήμα που θα προκύψει
- Να έχει μειωμένο κόστος διαχείρισης και αποκατάστασης βλαβών



Όδευση δικτύων οπτικών ινών

- Ιδανική όδευση με άμεση ή έμμεση σύνδεση οποιουδήποτε σημείου προς οποιοδήποτε σημείο και μάλιστα με επιπλέον εναλλακτική όδευση



Πηγή εικόνας: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Κοινωνία της Πληροφορίας

Απαιτήσεις για το δίκτυο συγκέντρωσης (τελικών χρηστών)

- Τυπικά κάθε χρήστης (κτίριο σε fiber to the home - FTTH) εξυπηρετείται από έναν κόμβο πρόσβασης, μέσω φρεατίων και διαδρομών
- Οι διαδρομές αυτές στο φυσικό επίπεδο μπορούν να έχουν μικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηρία ή και δακτύλιο
- Κάθε χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα πλεονασματικών συνδέσεων (εντός της ίδιας όδευσης) προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης και σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνεται εκμετάλλευση κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν



Υλικά (1/2)

- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα οπτικά δίκτυα συμπεριλαμβάνουν
 - φρεάτια
 - σωληνώσεις
 - καλώδια
 - μούφες συγκόλλησης
 - κιβώτια συγκολλήσεων



Υλικά (2/2)

- υπαίθρια κιβώτια ή κιβώτια εσωτερικού χώρου με ερμάρια συγκόλλησης ή/και διατάξεις μικτονόμησης (cross-connect) τερματισμού και σύνδεσης με ενεργό εξοπλισμό
- χώρο οργάνωσης πλεονάζοντος καλωδίου
- ικριώματα παθητικού και ενεργού εξοπλισμού
- βιοηθητικές διατάξεις και εξαρτήματα για την ένωση και διακλάδωση σωληνώσεων και υπό-σωληνώσεων, και για τη στήριξη, τη δρομολόγηση και την οργάνωση μεγάλου αριθμού καλωδίων

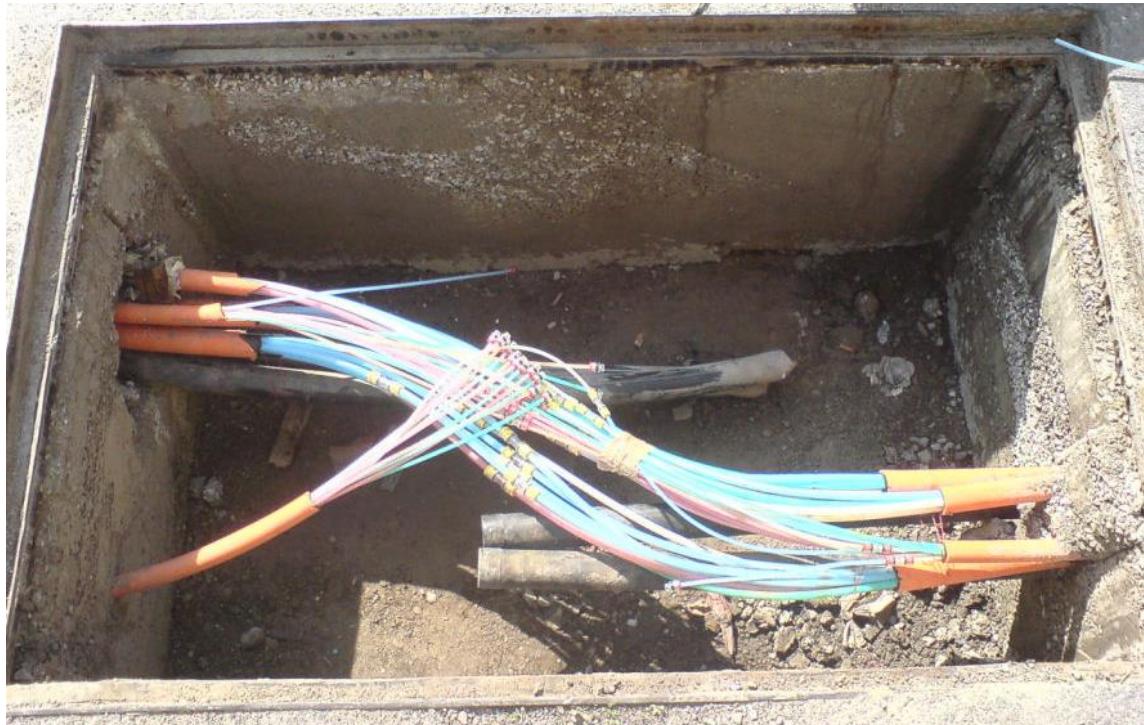


Φρεάτια

- Χρησιμοποιούνται για τρεις κυρίως σκοπούς
 - τοποθέτηση πλεονασματικού καλωδίου (looping cable)
 - συγκόλληση/διακλάδωση καλωδίων και φιλοξενία των διατάξεων συγκόλλησης (cable splicing) ή διακλαδωτήρων μικροσωληνώσεων (microtube branching)
 - ως σημεία για την υποβοήθηση της έλξης ή της εμφύσησης καλωδίου



Φρεάτιο του Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών Πάτρας



Φρεάτιο του Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών
Ινών Πάτρας



Σωληνώσεις

- 2 προσεγγίσεις όσον αφορά τις σωληνώσεις:
 - Χρήση συμβατικών σωληνώσεων για τις κύριες αρτηρίες ή/και τις αρτηρίες διανομής εάν μεσολαβούν μεγάλες αποστάσεις και υπάρχει η ανάγκη για μεγάλο αριθμό ινών ανά καλώδιο και συγκολλήσεων σε φρεάτια συγκόλλησης
 - Χρήση συστοιχιών μικροσωληνώσεων



1η προσέγγιση: χρήση συγκολλήσεων και σωληνώσεων

- Κάθε καλώδιο του κυρίου δικτύου τοποθετείται εντός ιδιαίτερης υπο-σωλήνωσης
- Το καλώδιο οδεύει χωρίς διακοπές από κύριο κόμβο σε κύριο κόμβο με προσπάθεια για μεγιστοποίηση των τμημάτων τα οποία μεσολαβούν μεταξύ συγκολλήσεων
- Οι συγκολλήσεις όλων των ινών του καλωδίου ασφαλίζονται και προστατεύονται από την υγρασία εντός ειδικής διάταξης (μούφας)



2η προσέγγιση: χρήση συστοιχιών μικροσωληνώσεων

- Οι μικροσωληνώσεις
 - είτε έχουν τη μορφή μίας ολοκληρωμένης συστοιχίας σωληνίσκων με εξωτερικό προστατευτικό μανδύα
 - είτε τοποθετούνται τμηματικά κατά δέσμες εντός υπάρχοντος προστατευτικού σωλήνα με ειδικές διατάξεις προώθησης
- Αντί της δρομολόγησης οπτικών ινών μέσω συγκόλλησης μεταξύ καλωδίων, δρομολογούνται οι μικροσωληνώσεις μέσω διακλαδωτήρων και συνδέσμων
- Εξασφαλίζεται ένα λείο φυσικό κανάλι από επιλεγμένο σημείο προς επιλεγμένο σημείο



Καλώδια Οπτικών Ινών (1/3)

- Οι οπτικές ίνες οι οποίες χρησιμοποιούνται σαν μέσα μετάδοσης κατασκευάζονται από γυαλί υψηλής καθαρότητας.
- Στο εσωτερικό της το γυαλί μπορεί να μεταδίδει το φως.
- Το περίβλημα (το όποιο βρίσκεται εξωτερικά) εξασφαλίζει ότι το φως θα παραμένει συνεχώς μέσα στην ίνα.
- Το κεντρικό μέρος της ίνας ονομάζεται πυρήνας.
- Το περίβλημα έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα και τον καλύπτει κυλινδρικά.
- Για λόγους προστασίας τοποθετείται κατά τη διάρκεια κατασκευής της ίνας, μια επικάλυψη (πρόσθετο προστατευτικό περίβλημα) από συνθετικό η πολυμερές υλικό το οποίο αυξάνει την αντοχή της.

Πηγή: Kataskevesktirion.gr



Καλώδια Οπτικών Ινών (2/3)

- Ανάλογα με τη διάμετρο του πυρήνα και τη διάδοση των φωτεινών ακτίνιων, υπάρχουν οι εξής κατηγορίες ινών, οι μονότροπες (single-mode) και οι πολύτροπες (multi-mode)
- Μονότροπες οπτικές ίνες
 - Έχουν διάσταση μέχρι 10μm.
 - Τα κύματα φωτός ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή
 - Το φως εισέρχεται στον πυρήνα με γωνία 90 μοιρών
 - Η ακτίνα να ακολουθεί μία σταθερή ευθεία πορεία μέσα από το κέντρο του πυρήνα κάτι το οποίο αυξάνει σημαντικά την ταχύτητα και την απόσταση που μπορούν τα δεδομένα να μεταφερθούν
 - Συμβατή με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (bandwidth) και μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με την πολύτροπη οπτική ίνα



Καλώδια Οπτικών Ινών (3/3)

- Πολύτροπη οπτική ίνα
 - Ένα φωτεινό σήμα, το οποίο αποτελείται από πολλές φωτεινές ακτίνες, εισέρχεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας.
 - Η κάθε ακτίνα ανακλάται με διαφορετική γωνία στα τοιχώματα του περιβλήματος.
 - Υπάρχουν πολλοί τρόποι μετάδοσης που αντιστοιχούν στις διαδρομές των ακτίνων (πολύτροπη μετάδοση).
 - Κάθε ακτίνα φτάνει σε διαφορετικό χρόνο στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική παραμόρφωση του σήματος



Καλώδιο με πολλαπλές ίνες



Καλώδιο με πολλαπλές ίνες

(πηγή:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical_fiber_cable.jpg)



Άλλες απαιτήσεις για οπτικά δίκτυα (1/4)

- Ασφάλεια
 - Ένα οπτικό δίκτυο πρέπει να κατασκευάζεται εξ αρχής με τρόπο τέτοιο ώστε να επιδεικνύει το μέγιστο βαθμό λειτουργικής διαθεσιμότητας
 - Οποιεσδήποτε διακοπές εξ' αιτίας βλαβών πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο αντιληπτές από το χρήστη
 - Οι βλάβες πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες και επιδιορθώσιμες σε μικρό σχετικά χρόνο



Άλλες απαιτήσεις για οπτικά δίκτυα (2/4)

- Ομοιόμορφη Δομή
 - καθιστά εύκολη την επέκταση, τη συντήρηση και την αποκατάσταση
 - οι επιδιωρθώσεις βλαβών μπορεί να εκτελεστούν γρήγορα επειδή όλα τα μέρη έχουν κατασκευαστεί με ομοιόμορφο τρόπο



Άλλες απαιτήσεις για οπτικά δίκτυα (3/4)

- Προστασία απέναντι σε φθορές, απόπειρες κλοπής και φωτιές
 - Στα κομβικά σημεία υπάρχει ένα προκαθορισμένο επίπεδο ασφαλείας απέναντι σε απόπειρες κλοπής, αλλά θα πρέπει και τα φρεάτια, τα καλώδια, τα κιβώτια και οι σωλήνες όδευσης να είναι επίσης προστατευμένα
 - Τα κιβώτια πρέπει π.χ. να ασφαλίζονται από πόρτες με κλειδαριές
 - Οι σωλήνες πρέπει να επιλεγούν ώστε να έχουν τη μέγιστη δυνατή προστασία



Άλλες απαιτήσεις για οπτικά δίκτυα (4/4)

- Μετρήσεις και δοκιμασίες: Βασίζονται κυρίως σε δύο διαδικασίες, την OTDR (optical time-domain reflectometer) και την μέτρηση εξασθένισης σήματος
 - Η μέτρηση OTDR μας προμηθεύει με γνώση σχετικά με το αν κάθε κομμάτι της οπτικής επαφής λειτουργεί χωρίς προβλήματα
 - Η μέτρηση εξασθένισης σήματος δίνει ακριβή τιμή για τη συνολική εξασθένιση της οπτικής επαφής από άκρο σε άκρο



Σύγκριση FTTx με άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες (1/2)

	HSDPA / HSUPA	HSDPA / HSUPA	Wifi 802.11 g	Wifi 802.11 g	WiMAX 1 χρ.	WiMAX 20 χρ.	ADSL 1 χρ.	ADSL 20 χρ.	VDSL2 1 χρ.	VDSL2 20 χρ.
Μέγιστη Ταχύτητα download (Mbps)	14	14	54	54	40	40	24	24	50	50
Μέγιστη ταχύτητα upload	6	6	54	54	40	40	4	4	50	50
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα download ανά χρήστη	14	1	54	3	40	2	24	24	50	50
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα upload ανά χρήστη	6	0,3	54	3	40	2	4	4	50	50

FTTx vs. άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες



Σύγκριση FTTx με άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες (2/2)

	FibreP2 P 100 1 χρ.	FibreP2 P 100 20 χρ.	FibreP2 P 1000 1 χρ.	FibreP2 P 1000 20 χρ.	Fibre BPON 1 χρ.	Fibre BPON 20 χρ.	Fibre GPON 1 χρ.	Fibre GPON 20 χρ.	Fibre EPON 1 χρ.	Fibre EPON 20 χρ.
Μέγιστη Ταχύτητα download (Mbps)	100	100	1000	1000	622	622	2500	2500	1250	1250
Μέγιστη ταχύτητα upload	100	100	1000	1000	155	155	1250	1250	1250	1250
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα download ανά χρήστη	100	100	1000	1000	622	31	2500	125	1250	63
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα upload ανά χρήστη	100	100	1000	1000	155	8	1250	63	1250	63

FTTx vs. άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες



Σύντομη ανασκόπηση

- Επίπεδα δικτύων οπτικών ινών
- Υλοποίηση οπτικών δικτύων
 - Ανάπτυξη
 - Απαιτήσεις
 - Τεχνικά ζητήματα



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 5)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - Δίκτυα Οπτικών Ινών, Green P. E.
 - Optical networks, Sivarajan Ramaswani



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.ftthcouncil.eu/> (Fiber to the Home Council: Europe)
 - <http://www.thefoa.org/tech/ref/contents.html> (Fiber Optic Association's Guide To Fiber Optics & Premises Cabling)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 10: WiMAX

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με το ασύρματο πρότυπο WiMAX
- Παρουσίαση κύριων χαρακτηριστικών του προτύπου
- Κατανόηση των βασικών τεχνολογιών του
- Ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του
- Παρουσίαση του mobile WiMAX



Περιεχόμενα ενότητας

- Βασικές Έννοιες και Ορισμοί
- WiMAX
- Τοπολογίες
- Υποστηριζόμενες υπηρεσίες
- Mobile WiMAX
- LTE



WiMAX

(Worldwide Interoperability for Microwave Access)

Εισαγωγή

- Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless Local Area Network-WLAN) είναι ένα επικοινωνιακό σύστημα που χρησιμοποιείται ως επέκταση ή εναλλακτική λύση ενός κοινού ενσύρματου δικτύου (Ethernet) και επιτρέπει στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων
- Προσφέρουν ασύρματη πρόσβαση ανάμεσα σε PCs, φορητούς υπολογιστές, tablets, smartphones, smart TVs και αισθητήρες αλλά και άλλες κινητές συσκευές



Εφαρμογές WLANs

- Μικρές ομάδες εργασίας με διαμοιραζόμενες πληροφορίες
- Εργαστήρια πανεπιστημίων
- Ιστορικά κτήρια όπου η εγκατάσταση καλωδίων είναι δύσκολη ή αδύνατη
- Μεγάλες βιομηχανικές μονάδες με τεράστιες ανάγκες καλωδίωσης



IEEE 802.16

κύρια χαρακτηριστικά

- Υπό την IEEE η οικογένεια των πρωτοκόλλων IEEE 802.16 επίσημα καλείται με την ονομασία (WirelessMAN), ωστόσο στην εμπορική του ονομασία κυριάρχησε το WiMAX
- Τα πρωτόκολλα της οικογένειας λειτουργούν σε μια ευρεία μπάντα συχνοτήτων, η οποία εκτείνεται από 2 ως 66 GHz
- Αρχικά παρείχε ρυθμούς μετάδοσης έως και 72 Mbps στον αέρα, αλλά οι σύγχρονες εκδόσεις με χρήση πολλαπλών κεραιών και καναλιών αγγίζουν το 1 Gbps σε στατικούς χρήστες
- Παρέχει κάλυψη που αγγίζει τα 50Km στην περίπτωση επικοινωνίας σημείου προς σημείο
- Παρέχει συνδέσεις σημείων τα οποία βρίσκονται ακόμη και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής
- Δυνατότητα επικοινωνίας σημείου προς σημείο (PTP) και σημείου προς πολλά σημεία (PTM)



IEEE 802.16

Τρέχοντα πρωτόκολλα

- 802.16.1 (Σεπτέμβριος 2012)
- 802.16p (Οκτώβριος 2012)
- 802.16.1b (Οκτώβριος 2010)
- 802.16.1n (Μάρτιος 2013)
- 802.16.1a (Μάρτιος 2013)
- 802.16-2017(Σεπτέμβριος 2017)



Τοπολογίες

- Point to Point – PTP (Σημείο προς σημείο)
- Point to Multipoint - PTM (Σημείο προς πολλαπλά σημεία)

Χρήσεις WiMAX

- Δίκτυο κορμού στα κυψελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας
- Broadband on Demand
- Παροχή κάλυψης σε περιοχές που είναι αδύνατο τα καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας
- Το WiMAX μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την υλοποίηση συστήματα τα οποία βασίζουν τη αποδοτική λειτουργία τους στην επικοινωνία των κόμβων που τα αποτελούν.
- Υποστηρίζει υπηρεσίες Triple Play
- Μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά αποδοτικό σε συστήματα καίριας σημασίας, όπως Environmental Monitoring, Fire Prevention, Telemedicine



Χαρακτηρισμός Καναλιού (1/5)

- Ζεύξη με οπτική επαφή (Line of Sight - LOS)
- Ζεύξη με οπτική επαφή αλλά χωρίς fresnel zone clearance (Optical Line of Sight - OLOS)
- Ζεύξη χωρίς οπτική επαφή (Non Line of Sight - NLOS)



Χαρακτηρισμός Καναλιού (2/5)

- Line of Sight - LOS:
 - Σε μια ζεύξη σημείων που βρίσκονται σε οπτική επαφή, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα κατευθύνεται απευθείας από την κεραία του πομπού στην κεραία του δέκτη χωρίς να υποστεί κάποια ανάκλαση από γειτονικά εμπόδια
 - Αυτό συμβαίνει όταν είναι ελεύθερη από εμπόδια μια περιοχή του ασύρματου καναλιού μεταξύ των δύο σημείων προς επικοινωνία που ονομάζεται ελλειψοειδές του Fresnel (Fresnel Zone)



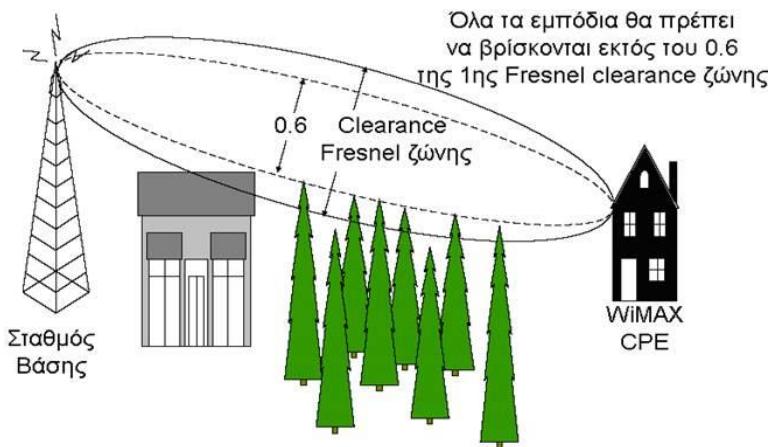
Χαρακτηρισμός Καναλιού (3/5)

- Line of Sight - LOS:
 - Κατά την μετάδοση ενός σήματος εκτός από την αδυναμία μετάδοσης του σήματος, σημαντικό παράγοντα παίζει και η παραμόρφωση που αυτό μπορεί να υποστεί.
 - Μία από τις πιο αποδοτικές λύσεις είναι η τοποθέτηση των κεραιών σε υψηλά σημεία, ώστε να μην εγκλωβίζεται το σήμα από τα εμπόδια
 - Τοποθέτηση σε ψηλά σημεία, αντίστοιχα μειώνει την πιθανότητα παραμόρφωσης λόγω γειτονικής επιφάνειας



Χαρακτηρισμός Καναλιού (4/5)

- Η ζώνη Fresnel υπολογίζεται από τον τύπο: $F_N = \sqrt{\frac{N * \lambda * D_1 * D_2}{D_1 + D_2}}$
 - N είναι ο αριθμός της ζώνης (π.χ. για N=1 έχουμε την 1η ζώνη Fresnel)
 - λ είναι το μήκος κύματος
 - D1 , D2 είναι οι αποστάσεις των δύο κεραιών από το εμπόδιο



Χαρακτηρισμός Καναλιού (5/5)

- Optical Line of Sight - OLOS:
 - Το πρότυπο IEEE 802.16 μπορεί να παρέχει επικοινωνία και σε σημεία τα οποία βρίσκονται σε συνθήκες OLOS
- Non Line of Sight - NLOS:
 - Μετάδοση σε ένα μονοπάτι (path), όπου είναι γνωστή η ύπαρξη εμποδίων.
 - Η χρήση της διαμόρφωσης OFDM επιτρέπει στο πρότυπο να εξασφαλίζει σταθερές και αξιόπιστες συνδέσεις ακόμα και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής



Βασικές δυνατότητες του WiMAX (1/3)

- Δυναμικό TDMA MAC
 - Προσφέρει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης στους σταθμούς των συνδρομητών
- Ποιότητα υπηρεσιών
 - Υποστήριξη ακόμα πιο απαιτητικών υπηρεσιών (π.χ. VoD)
- Ευέλικτο εύρος ζώνης καναλιών
 - Διευκολύνουν τη μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις



Βασικές δυνατότητες του WiMAX (2/3)

- Προσαρμογή συνδέσμων (Link Adaptation)
 - Παρέχει υψηλή αξιοπιστία στο σύστημα
 - Υποστήριξη NLOS
 - Λύνει προβλήματα από καταστάσεις μη οπτικής επαφής
 - Αποδοτική χρησιμοποίηση φάσματος
 - Αποδοτικότερη χρήση φάσματος συστήματος πρόσβασης
- Έλεγχος ισχύος
 - Μειώνει την κατανάλωση ισχύος στις συσκευές των συνδρομητών και την πιθανότητα παρεμβολής με άλλους σταθμούς βάσης

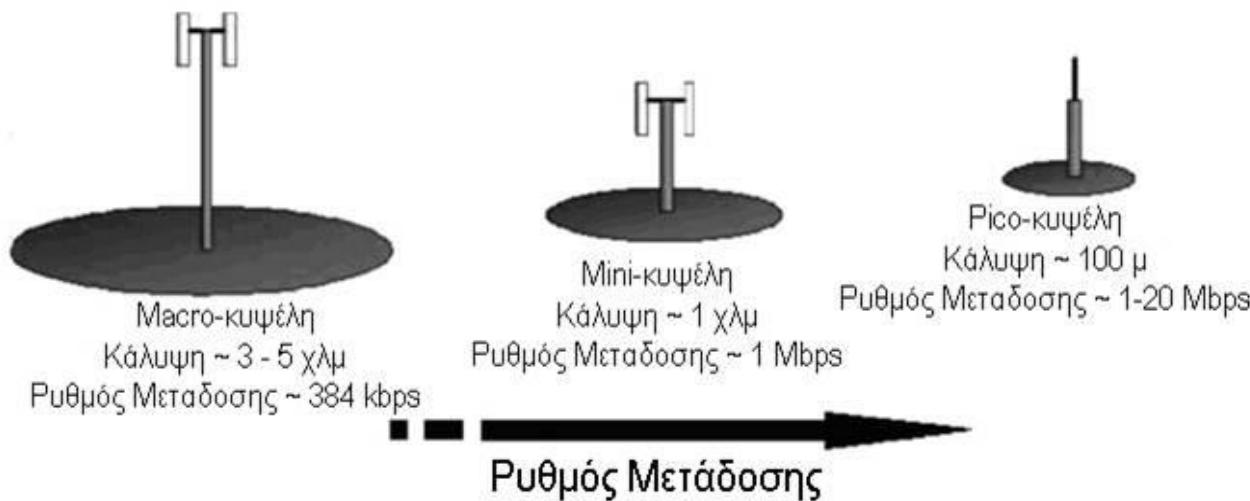


Βασικές δυνατότητες του WiMAX (3/3)

- Τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων (Error correction techniques)
 - Forward Error correction (FEC)
 - Cyclic Redundancy Check (CRC)
 - Από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές είναι το Reed Solomon coding
 - Έχει προταθεί και η χρήση του Turbo Codes
 - Μειώνουν τις απαιτήσεις του λόγου σήματος/θόρυβο
 - Βελτιώνουν σημαντικά το bit error rate
- Ασφάλεια
 - Εξασφαλίζει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων



Πλεονεκτήματα του WiMAX (1/3)



Παράδειγμα προσαρμογής του ρυθμού μετάδοσης
ανάλογα με την απόσταση

Πλεονεκτήματα του WiMAX (2/3)

- Ευελιξία και επεκτασιμότητα
 - Επαναχρησιμοποίηση των καναλιών συχνότητας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συνολική ικανότητα των δικτύων
 - Υποστηρίζει έλεγχο ισχύος και επιτρέπει ποιοτικές μετρήσεις καναλιών ως εργαλεία για την αποδοτική χρήση του φάσματος
 - Ευκολία προσθήκης νέων τομέων (sectors) για μεγιστοποίηση της ικανότητας των κελιών
 - Ιδανικό για επιχειρήσεις που υποχρεωτικά μετακινούνται συχνά



Πλεονεκτήματα του WiMAX (3/3)

- Η δυναμική προσαρμοστική διαμόρφωση (Dynamic Adaptive Modulation) επιτρέπει στο σταθμό βάσης να επιλέξει το ρυθμό μετάδοσης ανάλογα με την απόσταση
- Καλύπτει ευρείες γεωγραφικές εκτάσεις
- Μείωση εξόδων εγκατάστασης
 - Επιτρέπει στους φορείς παροχής υπηρεσιών να αποφύγουν έξοδα που συνδέονται με την ανάπτυξη καλωδιακών υποδομών
 - Σε πολύ λιγότερο χρόνο και με πολύ μικρότερο κόστος μπορεί να πραγματοποιηθεί μία ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση



Μειονεκτήματα του WiMAX

- Παρεμβολή ραδιοσυχνοτήτων (interference)
 - Μπορεί να σταματήσει μια μετάδοση ή να μειώσει την απόδοσή της
 - Μπορεί να μειωθεί με χρήση προσαρμοστικής διαμόρφωσης, με κατάλληλο σχεδιασμό του δικτύου, φιλτράρισμα, συγχρονισμό των σημάτων καθώς και με χρήση ενισχυτών ισχύος
- Τοποθέτηση υποδομής
 - Αφορά τη φυσική θέση των στοιχείων υποδομής (κεραίες κλπ.)
 - Δυσκολία στην εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας για αποφυγή εμποδίων (δέντρα, κτίρια)



WiMAX – Φυσικό επίπεδο (1/5)

- Χρήση OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - Σε ένα κλασικό σύστημα παράλληλης μετάδοσης δεδομένων, η διαθέσιμη μπάντα συχνοτήτων διαιρείται σε N μη επικαλυπτόμενα υποκανάλια
 - Στο OFDM τα κανάλια είναι επικαλυπτόμενα αλλά ορθογώνια
- Χρήση FEC (Forward Error Correction)
- Χρήση Προσαρμοστικής Διαμόρφωσης (Adaptive Modulation)
- Χρήση CRC (Cyclic Redundancy Check)



WiMAX – Φυσικό επίπεδο (2/5)

- Πλεονεκτήματα OFDM:
 - Το OFDM αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το φαινόμενο της πολυδιόδευσης (multipath)
 - Εξοικονομεί εύρος ζώνης σε σχέση με τα συστήματα μονής φέρουσας
 - Υποστηρίζει NLOS συνδέσεις
 - Είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στην παρεμβολή στενού φάσματος διότι τέτοιου είδους παρεμβολή επηρεάζει μόνο ένα μικρό ποσοστό των υποφερουσών



WiMAX – Φυσικό επίπεδο (3/5)

- Adaptive Modulation:
 - Προσαρμόζει την ποιότητα διαβάθμισης της ζεύξης ενώ προσφέρει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης για δεδομένα σενάρια ανάπτυξης
 - Χρησιμοποιεί 8 διαφορετικούς τύπους διαμόρφωσης



WiMAX – Φυσικό επίπεδο (4/5)

Διαμόρφωση	FEC Coding Rate	Uncoded Burst Rate (Mbps)	Από άκρο σε άκρο Ethernet Throughput (Mbps)
BPSK	1/2	6	5,7
BPSK	3/4	9	8,6
QPSK	1/2	12	11,4
QPSK	3/4	18	17
16QAM	1/2	24	22,4
16QAM	3/4	36	33
64QAM	2/3	48	43,2
64QAM	3/4	54	48,1

Οι 8 τύποι διαμόρφωσης



WiMAX – Φυσικό επίπεδο (5/5)

Χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα
Χρήση OFDM με 256 φέρουσες	Επικοινωνία LOS και NLOS
Χρήση προσαρμοστικής διαμόρφωσης και κωδίκων διόρθωσης σφαλμάτων	Αποτελεσματικές ζεύξεις με μέγιστο αριθμό bits/sec σε κάθε χρήστη
Υποστήριξη TDD και FDD	Ικανοποιεί τις συνθήκες διαχείρισης φάσματος κάθε χώρας
Μεταβλητό εύρος ζώνης καναλιού (3,5 MHz , 5MHz , 10MHz)	Δυνατότητα λειτουργίας σε πολλές ζώνες συχνοτήτων ανάλογα με τον κανονισμό κάθε χώρας
Υποστήριξη έξυπνων κεραιών	Εξασφαλίζεται υψηλό κέρδος ισχύος

Σύνοψη χαρακτηριστικών και πλεονεκτημάτων



WiMAX – Υπο-επίπεδο πρόσβασης στο μέσο (1/2)

- Το επίπεδο MAC σχεδιάστηκε ώστε:
 - Να ικανοποιεί εφαρμογές point-to-multipoint
 - Να παρέχει υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων με δεδομένο SLA (Service Level Agreement)
 - Να παρέχει υπηρεσίες πραγματικού χρόνου, οι οποίες, όπως είναι γνωστό είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση
 - Παρέχει μία διεπαφή (Interface) μεταξύ των Physical, Transport layer



WiMAX – Υπο-επίπεδο πρόσβασης στο μέσο (2/2)

Χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα
Χρήση TDM/TDMA	Αποδοτικότητα εύρους ζώνης (Bandwidth efficiency)
Υποστήριξη μέχρι και 100 χρηστών ανά Base Station	Ικανότητα να καλύπτουν αξιόπιστα αστικές περιοχές
Υποστήριξη QoS	- Μικρή καθυστέρηση για υπηρεσίες όπως TDM Voice, VoIP - Αποδοτική μετάδοση VBR κίνησης
Υποστήριξη ARQ	Βελτίωση της από άκρο σε άκρο απόδοσης του συστήματος
Χρήση προσαρμοστικής διαμόρφωσης και κωδίκων διόρθωσης σφαλμάτων	Αποτελεσματικές ζεύξεις με μέγιστο αριθμό bits/sec σε κάθε χρήστη
Χρήση Triple DES για ασφάλεια	Προστασία δεδομένων
Automatic Power Control	Δυνατότητα για δημιουργία κυψελοειδών αρχιτεκτονικών

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα σχεδίασης
MAC Layer



WiMax – Επίπεδο Σύγκλισης

- Πάνω από το επίπεδο MAC υπάρχει ένα επίπεδο σύγκλισης. Ένα πρωτόκολλο επιπέδου σύγκλισης μπορεί:
 - Να ενσωματώνει την PDU (protocol data unit) πλαισιοποίηση των ανώτερων επιπέδων στα τοπικά MAC/PHY πλαίσια
 - Να χαρτογραφεί τις διευθύνσεις των ανώτερων επιπέδων με 802.16 διευθύνσεις
 - Να μεταφράζει τις παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας των ανώτερων επιπέδων σε 802.16 MAC τυποποίηση
 - Να προσαρμόζει τις χρονικές εξαρτήσεις της κίνησης των ανώτερων επιπέδων στην αντίστοιχη MAC υπηρεσία



QoS και WiMAX

- Το πρότυπο IEEE 802.16 έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει στους χρήστες, όταν οι ίδιοι το επιθυμούν, εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης και ταυτόχρονα κίνηση best effort
- Δηλαδή, αν δύο χρήστες καλύπτονται από το ίδιο Base Station, είναι δυνατό ο ένας χρήστης να έχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας και ο δεύτερος χρήστης να δέχεται και να στέλνει απλή IP κίνηση best effort
- Κάτι τέτοιο με το πρότυπο 802.11 δεν ήταν δυνατό



Υπηρεσίες Χρονοπρογραμματισμού (Scheduling Services) (1/2)

- Αναπαριστούν τους μηχανισμούς μεταχείρισης δεδομένων, που υποστηρίζεται από το MAC, για τη μετάδοση δεδομένων σε μία σύνδεση
- Κάθε σύνδεση συσχετίζεται με μια υπηρεσία δεδομένων και η υπηρεσία συσχετίζεται με ένα σύνολο QoS παραμέτρων που προσδιορίζουν την συμπεριφορά της. Υποστηρίζονται τέσσερις υπηρεσίες:
- UGS (Unsolicited Grant Service)
 - Η υπηρεσία UGS έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει service flow πραγματικού χρόνου που δημιουργούν σε περιοδική βάση πακέτα δεδομένων σταθερού μεγέθους



Υπηρεσίες Χρονοπρογραμματισμού (Scheduling Services) (2/2)

- rTPS
 - Η υπηρεσία rTPS έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει service flows πραγματικού χρόνου που δημιουργούν πακέτα δεδομένων διαφόρων μεγεθών σε περιοδική βάση
- nrTPS
 - Η υπηρεσία nrTPS υποστηρίζει υπηρεσίες μη-πραγματικού χρόνου που απαιτούν μεταβλητό μέγεθος πακέτων και ένα ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης
- BE
 - Υποστηρίζει μετάδοση κίνησης που δεν απαιτεί ένα ελάχιστο εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης, δηλαδή best effort κίνησης



Ασφάλεια και WiMAX

- Την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων στο WiMAX αναλαμβάνει οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης
- Advanced Encryption Standard (AES) with 128-bit key
- Rivest, Shamir and Adleman (RSA) with 1024-bit key
- Triple Data Encryption Standard (3-DES)
- Με τη μέθοδο Triple-DES, το μήνυμα κωδικοποιείται τρεις φορές, με τρία διαφορετικά κλειδιά



Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες (1/2)

- Ασύρματο VoIP
 - Απλή και οικονομική υπηρεσία που επιτρέπει σε χρήστες να χρησιμοποιούν VoIP υπηρεσίες ενώ κινούνται
- Virtual Private LAN Services (VPLS)
 - Το WiMAX παρέχει μια άριστη λύση για VPLS, λόγω του QoS και της ασφάλειας που παρέχει
- Video on Demand (VoD)
 - Το WiMAX με τους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης μπορεί να εξυπηρετήσει πολλούς συνδρομητές παρέχοντας VoD
- ATM Τραπεζών
 - Εγκατάσταση ATM σε αγροτικές και προαστιακές περιοχές

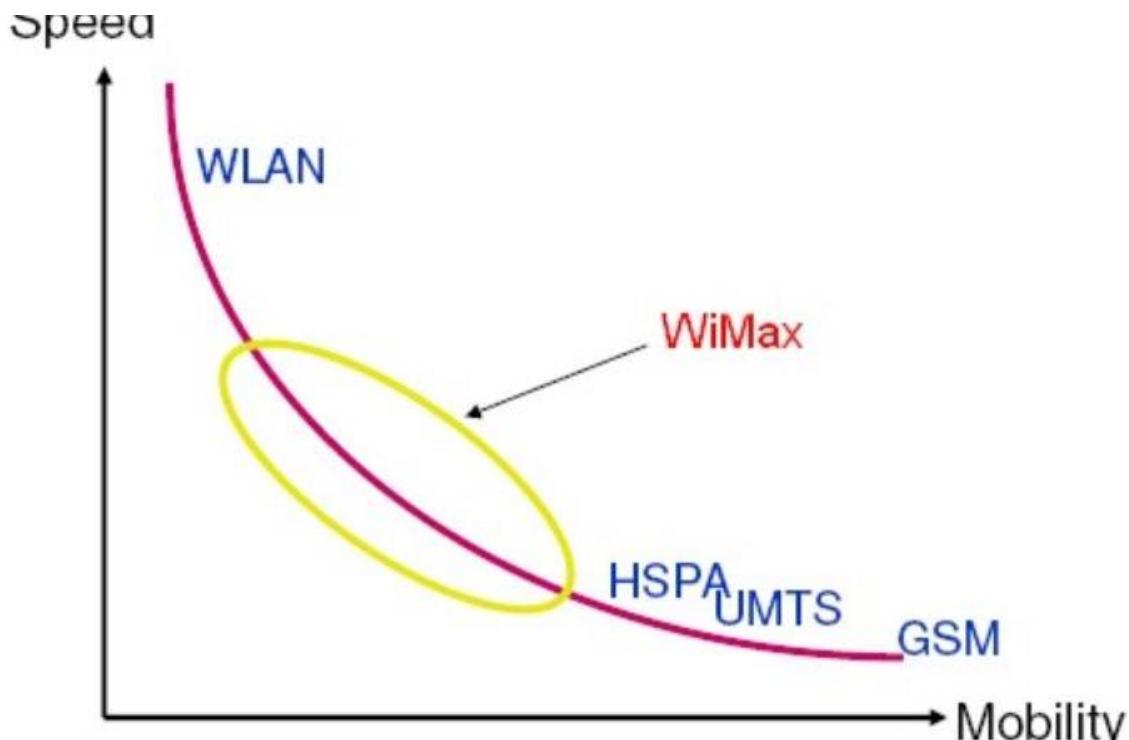


Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες (2/2)

- Εφαρμογές ασφάλειας και επιτήρησης
 - Κάμερες ασφαλείας για την επιτήρηση απομακρυσμένων περιοχών
 - Μπορεί να διαβιβάζει βίντεο υψηλής ευκρίνειας σε πραγματικό χρόνο από τις κάμερες ασφαλειας στο κέντρο ασφάλειας
- Άλλες υπηρεσίες
 - Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης
 - Άμεση αποστολή και λήψη χαρτών, σχεδιαγραμμάτων και αρχιτεκτονικών σχεδίων σε μονάδες διάσωσης που συμμετέχουν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης



Σύγκριση Ασύρματων Τεχνολογιών



Ρυθμαπόδοση vs. Κινητικότητα ασύρματων τεχνολογιών

(πηγή: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wimax-speed.jpg>)



Mobile WiMAX

- Αποτελεί το υπο-πρότυπο 802.16m που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ευρυζωνική πρόσβαση σε κινητά δίκτυα
- Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης φθάνει το 1 Gbps
- Επικεντρώνεται:
 - στην PTM ευρυζωνική πρόσβαση
 - στην λύση του προβλήματος του last mile
 - στην εξυπηρέτηση κινητών χρηστών



Χαρακτηριστικά Mobile WiMAX

- Βασίζεται στο πρωτόκολλο Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)
- Επιτρέπει την εξυπηρέτηση πολλών χρηστών σε διάφορες φέρουσες του ίδιου καναλιού ταυτόχρονα
- Υποστηρίζει Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) μειώνοντας την καθυστέρηση
- Υποστηρίζει Multiple Input Multiple Output (MIMO) στις κεραίες, αυξάνοντας τους ρυθμούς μετάδοσης και μειώνοντας τον αριθμό σφαλμάτων

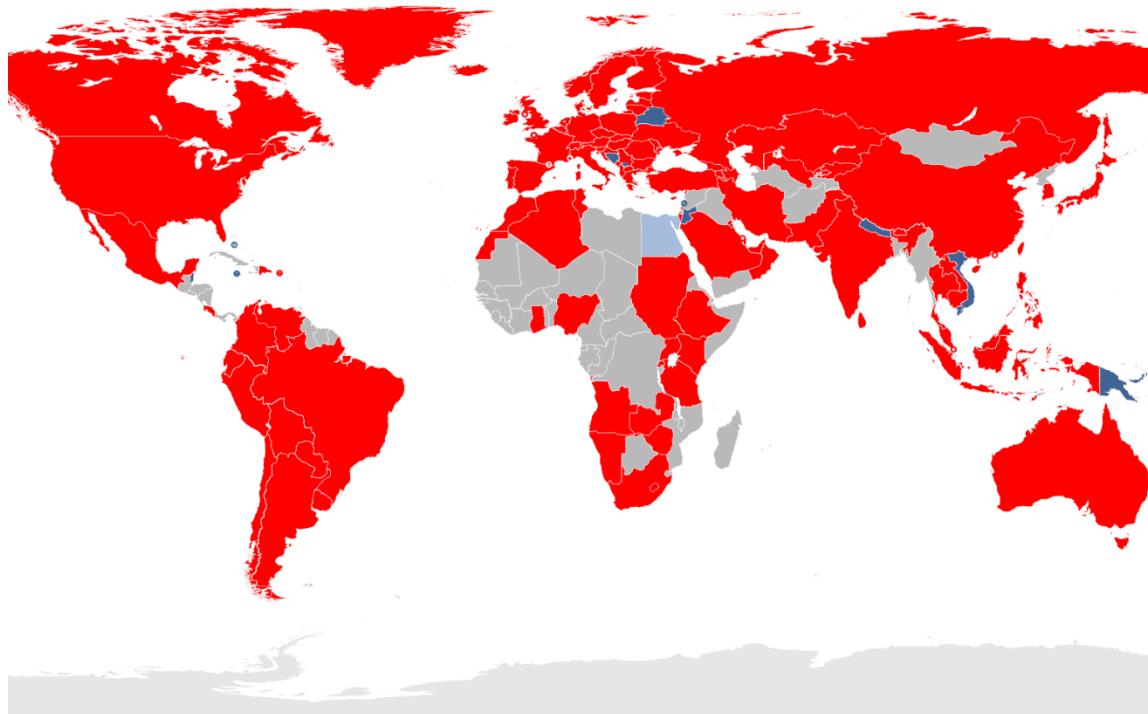


3GPP Long Term Evolution (LTE)

- Το LTE φαίνεται να έχει υπερισχύσει έναντι του WiMAX όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα
- Το LTE αποτελεί την εξέλιξη του HSPA, οπότε κυριάρχησε και λόγω του χαμηλού κόστους αναβάθμισης του δικτύου
- Το πρότυπο καλύπτει θέματα που αφορούν την ασύρματη διεπαφή καθώς και την αρχιτεκτονική του ασύρματου δικτύου
- Το LTE της πρώτης έκδοσης δεν κάλυπτε πλήρως τις απαιτήσεις που είχαν οριστεί για τα 4^{ης} γενιάς συστήματα για αυτό τυπικά θεωρείται 3.9G
- Κάτω από την πίεση του μάρκετινγκ, όμως, τελικά αναφέρεται και προωθείται πλέον εμπορικά ως 4ης γενιάς



Παγκόσμια εξάπλωση LTE



Εξάπλωση LTE (κόκκινο: σε λειτουργία, μπλε: σε περίοδο δοκιμών ή σε κατασκευή)

(πηγή:

https://el.wikipedia.org/wiki/LTE#/media/File:3GPP_Long_Term_Evolution_Country_Map.svg)



Βασικές απαιτήσεις LTE (1/2)

- Υποστήριξη αποκλειστικά υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου
- Μειωμένες καθυστερήσεις, (χρόνο εγκατάστασης σύνδεσης και καθυστέρηση μετάδοσης)
- Αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων
- Αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης ακόμα και στα όρια της κυψέλης, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιομορφία στην παροχή υπηρεσιών
- Μειωμένο κόστος ανά bit, αποτέλεσμα της βελτιωμένης φασματικής απόδοσης
- Λογική κατανάλωση ενέργειας στις κινητές τερματικές συσκευές



Βασικές απαιτήσεις LTE (2/2)

- Μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση του φάσματος, στις νέες και στις υπάρχουσες συχνότητες λειτουργίας
- Σημαντική μείωση της round-trip καθυστέρησης από το χρήστη στο σταθμό βάσης στα 5-10ms
- Απλοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου
- Διαλειτουργικότητα:
 - δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας με μη-3GPP πρότυπα και με υπάρχοντα UTRAN συστήματα κινητών επικοινωνιών
 - υποστήριξη δυνατότητας handover από και προς τα συστήματα αυτά



Βασικές διαφορές LTE-UMTS

- Επίπεδη αρχιτεκτονική αποτελούμενη από μόνο έναν τύπο κόμβων (eNodeBs)
- Αποτελεσματικότερα πρωτόκολλα για την υποστήριξη υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου
- Αποτελεσματικότεροι μηχανισμοί λειτουργίας και συντήρησης, συμπεριλαμβάνοντας λειτουργίες αυτόματης βελτιστοποίησης
- Εύκολη ανάπτυξη και ρύθμιση του δικτύου, προσφέροντας νέου τύπου σταθμούς βάσης, όπως τους οικιακούς σταθμούς βάσης (femtocells)



Η Αρχιτεκτονική του Δικτύου LTE (1/2)

- Παρέχει συνεχή IP συνδεσιμότητα μεταξύ της κινητής συσκευής (User Equipment - UE) και του δικτύου Πακέτων Δεδομένων (Packet Data Network-PDN)
- Ο όρος LTE αναφέρεται κυρίως στην εξέλιξη της τεχνολογίας ασύρματης πρόσβασης μέσω του eUTRAN (Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network)
- Άλλα συνοδεύεται και από την εξέλιξη των θεμάτων που δεν αφορούν την ασύρματη πρόσβαση υπό τον όρο ‘System Architecture Evolution’ (SAE) ο οποίος περιλαμβάνει το δίκτυο κορμού Evolved Packet Core (EPC)



Η Αρχιτεκτονική του Δικτύου LTE (2/2)

- Το LTE μαζί με το SAE σχηματίζουν το Evolved Packet System (EPS)
- Το EPS χρησιμοποιεί την έννοια του ασύρματου «φορέα» (radio bearer) για να δρομολογεί την IP κίνηση από μία πύλη στο PDN προς το UE
- Ένας bearer είναι μία ροή IP πακέτων με ένα καθορισμένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών (Quality of Service-QoS)
- Το eUTRAN και το EPC σε συνεργασία εγκαθιστούν και διαχειρίζονται τους bearers ανάλογα με τις απαιτήσεις



Τεχνολογίες LTE

- Για την επίτευξη των υψηλών επιδόσεών του, το LTE χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες. Οι κυριότερες εξ αυτών είναι:
 - OFDM- OFDMA
 - Channel-Dependent Scheduling and Rate Adaptation
 - Inter-Cell Interference Coordination (ICIC)
 - Hybrid ARQ with Soft Combining
 - Μετάδοση πολλαπλών κεραιών
 - Multicast and Broadcast
 - Positioning/Dual-Layer Beam-Forming



Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)

- Το LTE χρησιμοποιεί την τεχνολογία OFDM για το downlink
- Ο σταθμός βάσης μεταδίδει δεδομένα μέσω πολλαπλών φορέων μικρού εύρους, αντί μέσω ενός μοναδικού wideband σήματος
- Οι φορείς ονομάζονται subcarriers και είναι ορθογώνιοι μεταξύ τους, ώστε είτε ατομικά είτε ως γκρουπ να μεταφέρουν ανεξάρτητες ροές δεδομένων



Orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA)

- Επεκτείνει την τεχνολογία του OFDM ώστε να παράγει στο downlink ένα σχήμα πολλαπλής πρόσβασης με μεγάλο βαθμό ελευθερίας
- Οι υποφέρουσες ομαδοποιούνται σε resource blocks (12 subcarriers)
- Τα resource blocks (RB) έχουν μέγεθος 180 kHz στο πεδίο της συχνότητας και 0.5 ms στο πεδίο του χρόνου



Resource blocks (RBs)

- Ο αριθμός των RB εξαρτάται από το διαθέσιμο φάσμα
- Σε κάθε χρήστη ανατίθεται ένας αριθμός από RB
- Όσο περισσότερα RB/χρήστη και όσο ανώτερος ο τύπος διαμόρφωσης, τόσο μεγαλύτερος ο ρυθμός μετάδοσης
- Την ανάθεση των RB στους χρήστες αναλαμβάνει ένα σύνολο μηχανισμών χρονοπρογραμματισμού

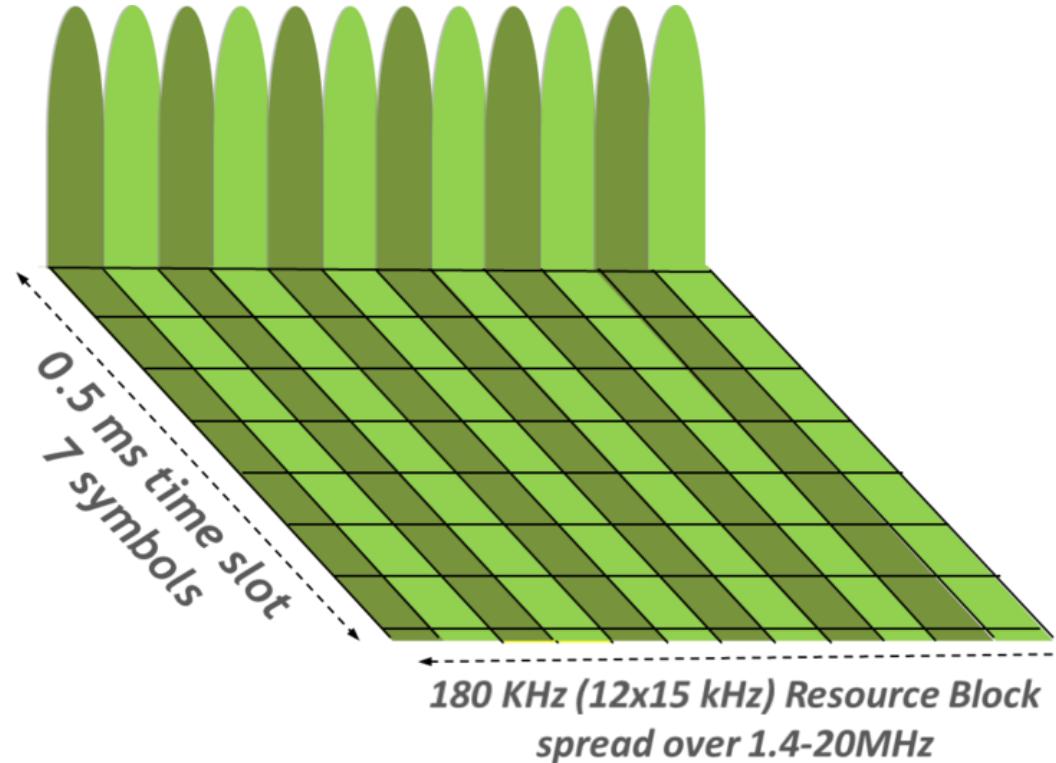


LTE Frame

- Το πεδίο του χρόνου στο LTE χωρίζεται σε frames
- Κάθε frame έχει διάρκεια 10 ms και χωρίζεται σε 10 subframes των 1 ms
- Το μισό subframe (0.5 ms) ονομάζεται slot και στο FDD (frequency division duplex) αποτελείται από σύμβολα
- Κάθε slot μπορεί να περιέχει 7 σύμβολα (normal cyclic prefix) ή 6 σύμβολα (Extended Cyclic Prefix)
- Στο TDD (time division duplex) κάθε subframe ανατίθεται για uplink, downlink ή απαραίτητη σηματοδοσία ελέγχου



Resource block στο χρόνο και τη συχνότητα



To resource block στο χρόνο και τη συχνότητα
(πηγή: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Resource-Block_LTE_OFDMA.png)



Σύντομη ανασκόπηση

- Βασικές Έννοιες και Ορισμοί
- Αρχιτεκτονική - Τοπολογίες
- Ρυθμοί Μετάδοσης
- Βασικές Τεχνολογίες
- Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα
- Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες
- Mobile WiMAX



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 6)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - WiMAX Network Planning and Optimization, Yan Zhang
 - WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access, Nuaymi L.



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.ieee.org/index.html> (Δικτυακός τόπος του οργανισμού IEEE)
 - <http://grouper.ieee.org/groups/802/16/> (The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards)
 - <http://www.wimaxforum.org/> (WiMAX forum)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 11: Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (1)

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξουκείωση με τα κινητά δίκτυα τέταρτης γενιάς (Long Term Evolution)
- Ανάλυση των κυριότερων χαρακτηριστικών του προτύπου LTE
- Παρουσίαση της αρχιτεκτονικής
- Κατανόηση των κυριότερων τεχνολογιών



Περιεχόμενα ενότητας

- LTE - Τεχνολογίες
- MIMO
- Τεχνολογίες μικροκυψελών
- SDN/NVF



Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (Μέρος 1)

Εισαγωγή

- Τα δίκτυα υπολογιστών επιτρέπουν το διαμοιρασμό πόρων μεταξύ των κόμβων που αποτελούν το δίκτυο
- Η μετάδοση γίνεται με ενσύρματο ή ασύρματο μέσο
- Αποτελεσματικότεροι μηχανισμοί λειτουργίας και συντήρησης, συμπεριλαμβάνοντας λειτουργίες αυτόματης βελτιστοποίησης
- Εύκολη ανάπτυξη και ρύθμιση του δικτύου, προσφέροντας νέου τύπου σταθμούς βάσης, όπως τους οικιακούς σταθμούς βάσης (femtocells)



Inter-Cell Interference Coordination - ICIC (1/2)

- Το LTE σχεδιάστηκε να λειτουργεί με επαναχρησιμοποίηση συχνότητας ανά κελί
- Αυτό σημαίνει πως οι ίδιοι πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα σε γειτονικά κελιά
- Η πρόσβαση σε ολόκληρο το φάσμα προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση συνολικά αλλά οδηγεί σε παρεμβολές σε χρήστες στα όρια της κυψέλης
- Για τη μείωση των παρεμβολών, μπορεί να υπάρξει συντονισμός μεταξύ των κελιών (ICIC), αποφεύγοντας τη ταυτόχρονη χρήση φάσματος από τερματικά στα άκρα γειτονικών κυψελών



Inter-Cell Interference Coordination - ICIC (2/2)

- Οι προδιαγραφές του LTE-A επιτρέπουν τρεις τύπους συντονισμού: το στατικό, το ημι-στατικό και το δυναμικό
 - Ο στατικός κατανέμει τους πόρους μία φορά βάση παρελθοντικών παρατηρήσεων και δεν υφίσταται ανακατανομή
 - Ο ημιστατικός εξετάζει περιοδικά για μεγάλες αλλαγές στις συνθήκες φόρτου, ώστε να αλλάξει, αν θεωρηθεί ωφέλιμο, τον υφιστάμενο καταμερισμό. Η περίοδος είναι της τάξης των ωρών
 - Στον δυναμικό συντονισμό, οι eNodeBs επικοινωνούν συνεχώς προκειμένου να προσαρμόζονται σε νέες συνθήκες



Εισαγωγή στο ΜΙΜΟ (1/2)

- Η χρήση τεχνολογιών πολλαπλών κεραιών (ΜΙΜΟ) επιτρέπει την εκμετάλλευση του χωρικού πεδίου σαν μία άλλη νέα διάσταση
- Με τη χρήση πολλαπλών κεραιών η θεωρητικά επιτεύξιμη φασματική απόδοση κλιμακώνεται γραμμικά με το πλήθος των κεραιών
- Τρεις θεμελιώδεις αρχές:
 - Κέρδος ποικιλομορφίας
 - Κέρδος διάταξης
 - Κέρδος χωρικής πολυπλεξίας



Εισαγωγή στο MIMO (2/2)

- Κέρδος ποικιλομορφίας. Χρήση της χωρικής ποικιλομορφίας για να βελτιωθεί η ανθεκτικότητα της εκπομπής ως προς την εξασθένιση λόγω πολυδιόδευσης
- Κέρδος διάταξης. Η συγκέντρωση της ενέργειας σε μία ή περισσότερες κατευθύνσεις. Αυτό επιτρέπει και την ταυτόχρονη εξυπηρέτηση πολλών χρηστών (multi-user MIMO)
- Κέρδος χωρικής πολυπλεξίας. Η μετάδοση πολλαπλών ροών σήματος σε ένα χρήστη σε πολλαπλά χωρικά επίπεδα μέσω συνδυασμού των διαθέσιμων κεραιών



MIMO (1/5)

- Multiple Input Multiple Output
- Προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον τελικό χρήστη
- Εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό στα ασύρματα δίκτυα, προσφέροντας βελτιωμένες ταχύτητες αλλά και αξιοπιστία



MIMO (2/5)

- Ο πρώτος όρος Multiple αναφέρεται στην χρήση πολλαπλών κεραιών που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα για την μετάδοση. Αυτές εισαγάγουν το προς-αποστολή-σήμα στο κανάλι
- Ο δεύτερος όρος Multiple αναφέρεται στη χρήση πολλαπλών κεραιών που χρησιμοποιούνται για λήψη στο κανάλι επικοινωνίας. Οι κεραίες αυτές αποτελούν το δέκτη του σήματος



MIMO (3/5)

- Είναι δυνατό να έχουμε συγκεκριμένο πλήθος κεραιών;
- Ναι. Π.χ. Αν έχουμε πολλές κεραίες που αποστέλλουν ένα σήμα και μία μόνο κεραία παραλήπτη.
- Μπορούμε γενικά να αναφέρουμε την ύπαρξη ενός NxM συστήματος, όπου το N αντιστοιχίζεται στο πλήθος των κεραιών-πομπών και το M στο πλήθος των κεραιών-ληπτών



MIMO (4/5)

- Παλαιότερα ο όρος MIMO χρησιμοποιούταν για να ορίσει την ύπαρξη περισσότερων της μίας κεραιών τόσο ως λήπτες όσο και ως αποστολείς
- Πλέον συχνά υπονοεί την αποστολή περισσότερων του ενός σημάτων ταυτόχρονα μέσα από το κανάλι



MIMO (5/5)

- Μέθοδοι μετάδοσης στο MIMO
- Spatial multiplexing
 - Αποτελεί μία μέθοδο μετάδοσης σε MIMO συστήματα. Στοχεύει στην αύξηση του capacity του δικτύου δημιουργώντας ανεξάρτητα SISO (Single Input Single Output) κανάλια.
 - Το πλήθος αυτών των καναλιών, από το πλήθος των κεραιών που λειτουργούν ως παραλήπτες αλλά και των κεραιών που λειτουργούν ως αποστολείς



mu - MIMO (1/2)

- Multi User – MIMO
- Δημιουργήθηκε για να υποστηρίξει περιβάλλοντα στα οποία πολλαπλά τερματικά με (μία ή περισσότερες) κεραίες προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση και να επικοινωνήσουν σε ένα ασύρματο δίκτυο ταυτόχρονα.
- Επέκταση της τεχνολογίας Single User – MIMO (su-MIMO), όπου πάντα υπήρχε μόνο ένας παραλήπτης στην επικοινωνία (με μία ή περισσότερες κεραίες)

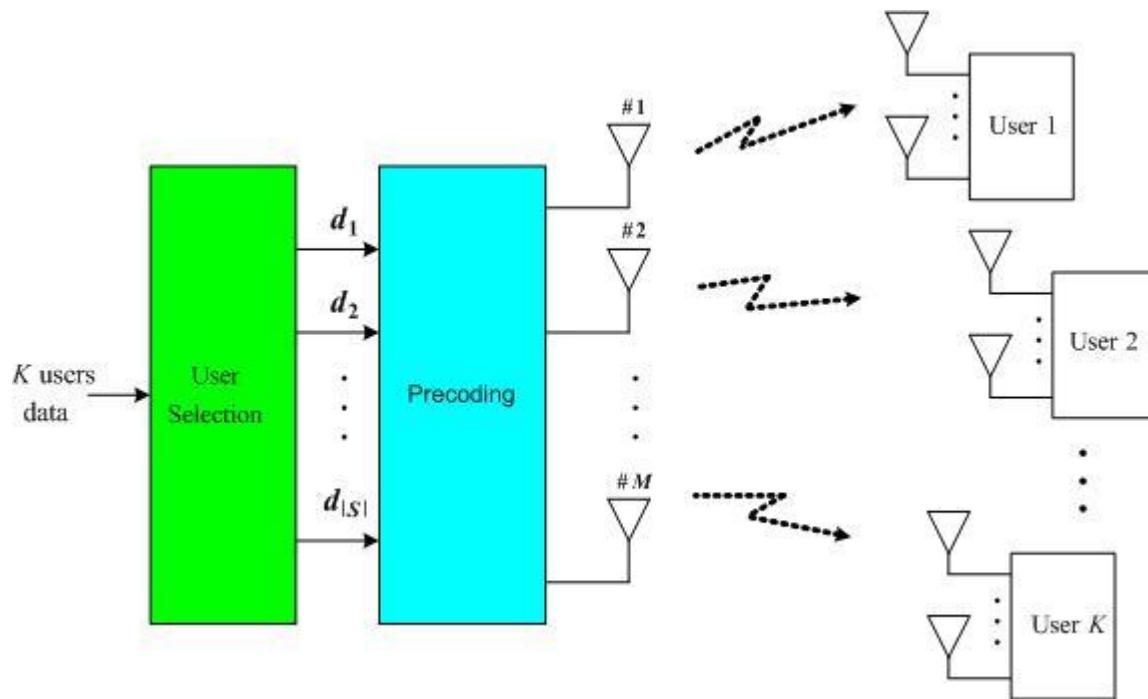


mu - MIMO (2/2)

- Στο mu – MIMO μπορούν να ικανοποιούνται πολλοί χρήστες ταυτόχρονα.
 - Μείωση ατομικού χρόνου αναμονής συσκευών, οι οποίες σαν επακόλουθο περιορίζουν τη δημιουργία ουρών αναμονής
 - Αύξηση perceived speed του δικτύου



mu - MIMO (5/5)



Πηγή: [Wikipedia](#)



Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS)

- Στις υπηρεσίες MBMS τα ίδια δεδομένα μεταδίδονται σε πολλαπλούς χρήστες από πολλά διαφορετικά κελιά και όλοι οι χρήστες της συγκεκριμένης MBMS υπηρεσίας λαμβάνουν το ίδιο σήμα
- Στο LTE η υλοποίηση ονομάζεται eMBMS
- Προϋποθέτει καλή κάλυψη και μικρή κατανάλωση ισχύος των τερματικών
- Το πρώτο είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί στο MBMS δεν μπορεί να γίνει προσαρμογή σύνδεσης σε ξεχωριστούς χρήστες, που σημαίνει ότι ο ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από την δυνατότητα λήψης του χειρότερου χρήστη



MBMS Single-Frequency Network (MBSFN)

- Όταν οι μεταδόσεις από διαφορετικά κελιά είναι συγχρονισμένες, το τερματικό μπορεί να θεωρήσει ότι η πηγή του σήματος είναι μοναδική
- Αυτή η λειτουργία ονομάζεται MBMS Single-Frequency Network (MBSFN)
- Προσφέρει αυξημένη ποιότητα σήματος, ειδικά στα όρια των κελιών που συμμετέχουν στο σχήμα
- Οδηγεί σε μειωμένες παρεμβολές σε ευάλωτες περιοχές
- Προσφέρει αυξημένο diversity, αφού η ίδια πληροφορία προέρχεται από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές



Carrier aggregation (1/3)

- Η πρώτη έκδοση του LTE παρείχε μέγιστο εύρος φάσματος 20 MHz
- Η μέθοδος carrier aggregation διευρύνει το εύρος φάσματος συνδυάζοντας πολλαπλούς φορείς (ήτοι χρησιμοποιούμενα φάσματα από έναν χρήστη) για χρήση για μετάδοση από ένα τερματικό
- Το LTE-A υποστηρίζει τον συνδυασμό μέχρι και 5 φορέων, φτάνοντας το μέγιστο φάσμα που μπορεί να κατανεμηθεί σε έναν χρήστη στα 100 MHz, αυξάνοντας σημαντικά το μέγιστο επιτεύξιμο ρυθμό μετάδοσης



Carrier aggregation (2/3)

- Κάθε τερματικό έκδοσης 8 ή 9 που δεν υποστηρίζει τη λειτουργία αυτή, απλά χρησιμοποιεί έναν από τους φορείς, εξασφαλίζοντας τη συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις
- Οι φορείς που συνδυάζονται δεν απαιτείται να είναι διαδοχικοί στη πεδίο της συχνότητας, επιτρέποντας την εκμετάλλευση απομονωμένου φάσματος
- Αυτό απαλλάσσει τους παρόχους από την ανάγκη να αποκτήσουν ένα μεγάλο μέρος διαδοχικού φάσματος, συνδυάζοντας απλά τα μέρη του φάσματος που ήδη κατέχουν



Carrier aggregation (3/3)

- Το LTE-A υποστηρίζει τρεις τρόπους συνδυασμού φορέων
 - Συνδυασμός διαδοχικών φορέων στην ίδια ζώνη συχνοτήτων
 - Συνδυασμός μη διαδοχικών φορέων στην ίδια ζώνη συχνοτήτων
 - Συνδυασμός φορέων που βρίσκονται σε διαφορετικές ζώνες
- Αν και παρόμοιας λειτουργίας, η περιπλοκότητα κάθε περίπτωσης είναι σημαντικά διαφορετική με την τρίτη περίπτωση να απαιτεί εξαιρετικά προηγμένα τερματικά



Relying (1/2)

- Το relaying είναι η προσέγγιση βάση της οποίας ένα τερματικό επικοινωνεί με το κεντρικό δίκτυο μέσω ενός κόμβου αναμετάδοσης
- Ο κόμβος είναι ασύρματα συνδεδεμένος με το βασικό κελί χρησιμοποιώντας την ασύρματη διασύνδεση του LTE
- Από την οπτική του τερματικού, ο ενδιάμεσος κόμβος εμφανίζεται σαν ένα κανονικό κελί



Relying (2/2)

- Αυτό απλοποιεί την υλοποίηση του τερματικού, και βοηθά την επίτευξη συμβατότητας με τερματικά προηγούμενης έκδοσης
- To *relying* επιτρέπει την βελτίωση της κάλυψης σε μέρη που διαφορετικά το σήμα θα ήταν ασθενές, όπως εσωτερικοί χώροι, απομακρυσμένες περιοχές κλπ.



Ενισχυμένη μετάδοση πολλαπλών κεραιών (1/2)

- Στην έκδοση 10, η χωρική πολυπλεξία στο downlink επεκτείνεται ώστε να υποστηρίζει οχτώ στρώματα μετάδοσης (8x8)
- Παράλληλα, εισάγεται μια ενισχυμένη δομή για σήματα αναφοράς, ώστε να βελτιωθεί η υποστήριξη των διάφορων προσεγγίσεων beam-forming
- Τα παραπάνω καθιστούν δυνατή τη μετάδοση σε ρυθμούς έως και 3 Gbit/s ενώ η φασματική απόδοση φτάνει τα 30 bit/s/Hz



Ενισχυμένη μετάδοση πολλαπλών κεραιών (2/2)

- Στο uplink, υποστηρίχθηκε η πολυπλεξία μέχρι και τεσσάρων στρωμάτων
- Αποτελείται από ένα σύστημα βασισμένο σε κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση υπό τον έλεγχο του σταθμού βάσης, γεγονός που επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί και για μετάδοση beam-forming στο uplink
- Αυτό έχει αποτέλεσμα επιτεύξιμους ρυθμούς μετάδοσης 1.5 Gbit/s και φασματική απόδοση 15 bit/s/Hz



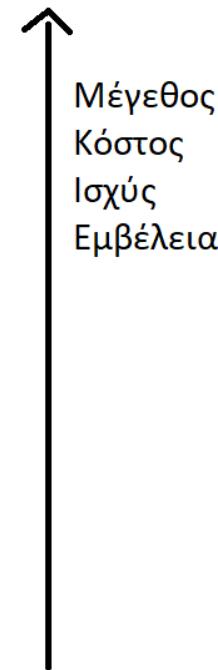
Υποστήριξη ετερογενών παρατάξεων

- Η ετερογενής παράταξη αναφέρεται σε οποιαδήποτε παράταξη περιλαμβάνει ένα σύνολο κελιών με διαφορετικά επίπεδα στην ισχύ μετάδοσης
- Μπορεί να λειτουργεί μερικώς ή συνολικά στο ίδιο σύνολο συχνοτήτων και με επικαλυπτόμενες περιοχές κάλυψης
- Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η εναπόθεση small cells (femtocells, picocells) μέσα στην περιοχή κάλυψης ενός κελιού



Είδη κυψελών

- Macrocells
- Small cells
 - Microcell
 - Picocell
 - Femtocell



Τεχνολογίες κυψελών (1/6)

- Macrocell (1/2)
 - Αποτελεί ένα είδος κεραίας υψηλής ισχύος, σε ένα δίκτυο κινητών επικοινωνιών που προσφέρει πολύ μεγάλη κάλυψη και μπορεί να ικανοποιήσει πολλούς χρήστες
 - Προσφέρει μεγαλύτερη κάλυψη από τα υπόλοιπα είδη κυψελών
 - Η εμβέλεια τους μπορεί να φτάνει μέχρι και τα 35 χιλιόμετρα



Τεχνολογίες κυψελών (1/5)

- Macrocell (2/2)
 - Συνήθως χρησιμοποιούνται στα περίχωρα μιας περιοχής όπως κατά μήκος μιας εθνικής οδού
 - Κεραίες μπορούν να τοποθετηθούν και σε άλλα σημεία όπως (ταράτσες κτιρίων ή άλλες υπάρχουσες υποδομές)
 - Η κύρια διαφορά τους σε σχέση με τα αμέσως πιο ισχυρά είδη κυψελών είναι ότι ενδείκνυνται για χρήση όπου απαιτείται μεγάλη εμβέλεια



Τεχνολογίες κυψελών (2/5)

- Microcell
 - Μικρότερης ισχύος σε σχέση με το Macrocell και μεγαλύτερο ενός picocell
 - Προσφέρει μικρότερη εμβέλεια εξυπηρέτησης (συνήθως μικρότερη των 2 χιλιομέτρων σε ακτίνα)
 - Ένα δίκτυο το οποίο αποτελείται από microcell αποκαλείται microcellular network
 - Ενδείκνυται για περιπτώσεις που απαιτείται αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου
 - Η εγκατάστασή τους γίνεται από τον διαχειριστή του δικτύου και η σύνδεσή τους με το δίκτυο κορμού γίνεται συνήθως μέσω οπτικής ίνας



Τεχνολογίες κυψελών (3/5)

- Picocell
 - Μικρής εμβέλειας συνήθως μέχρι 200 μέτρα (σε ακτίνα)
 - Χρησιμοποιείται πολύ σε μεγάλους κλειστούς χώρους (όπως malls), πρόσφατα ακόμα και σε αεροσκάφη
 - Επίσης χρησιμοποιείται και για επέκταση της εξυπηρέτησης σε χώρους με πολλούς χρήστες
 - Η εγκατάστασή τους γίνεται από τον διαχειριστή του δικτύου και η σύνδεσή τους με το δίκτυο κορμού γίνεται συνήθως μέσω οπτικής ίνας



Τεχνολογίες κυψελών (4/5)

- Femtocell (1/2)
 - Πολύ μικρής ισχύος και εμβέλειας (η εμβέλεια τους ορίζεται περίπου στα 10m)
 - Χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε εσωτερικούς χώρους όπως σπίτια και επιχειρήσεις
 - Μικρό κόστος απόκτησης και εγκατάστασης με αποτέλεσμα συχνά να χρησιμοποιούνται για επέκταση του δικτύου
 - Μπορούν να εξυπηρετήσουν μικρό αριθμό χρηστών (<10)



Τεχνολογίες κυψελών (5/5)

- Femtocell (2/2)
- Το μικρό κόστος απόκτησης επιτρέπει τη χρήση τους σε περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή η εγκατάσταση μεγαλύτερων cells
- Η εύκολη απόκτηση και εγκατάσταση τους, σημαίνει πώς μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν σε μεγάλο πλήθος σε ένα δίκτυο και να αλλάξουν την δομή του
- Λειτουργικά, η μονάδα femtocell ενσωματώνει την λειτουργικότητα ενός τυπικού σταθμού βάσης
- Εγκαθίστανται από τους χρήστες και όχι από τους διαχειριστές των δικτύων

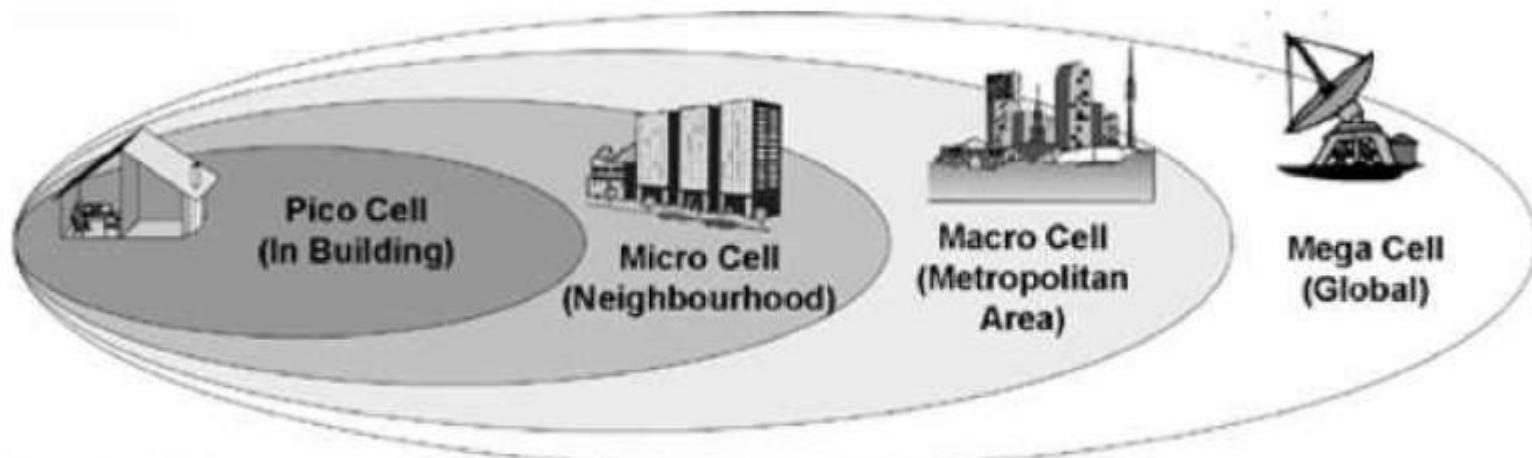


Femtocells - Πλεονεκτήματα

- Παρέχουν εξαιρετική κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους
- Απαλλάσσουν φόρτο από το στρώμα macrocell βελτιώνοντας την απόδοσή τους
- Βελτιώνει σημαντικά την συνολική χωρητικότητα του δικτύου με την επαναχρησιμοποίηση του φάσματος
- Προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας στα τερματικά αφού μειώνονται οι απώλειες μετάδοσης λόγω τοιχωμάτων
- Εφόσον τα femtocells ενεργοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες βρίσκονται κοντά, η χρήση τους είναι πιο «πράσινη» από τα macrocells



Τεχνολογίες κυψελών



Coverage Area

Πηγή: fishercom

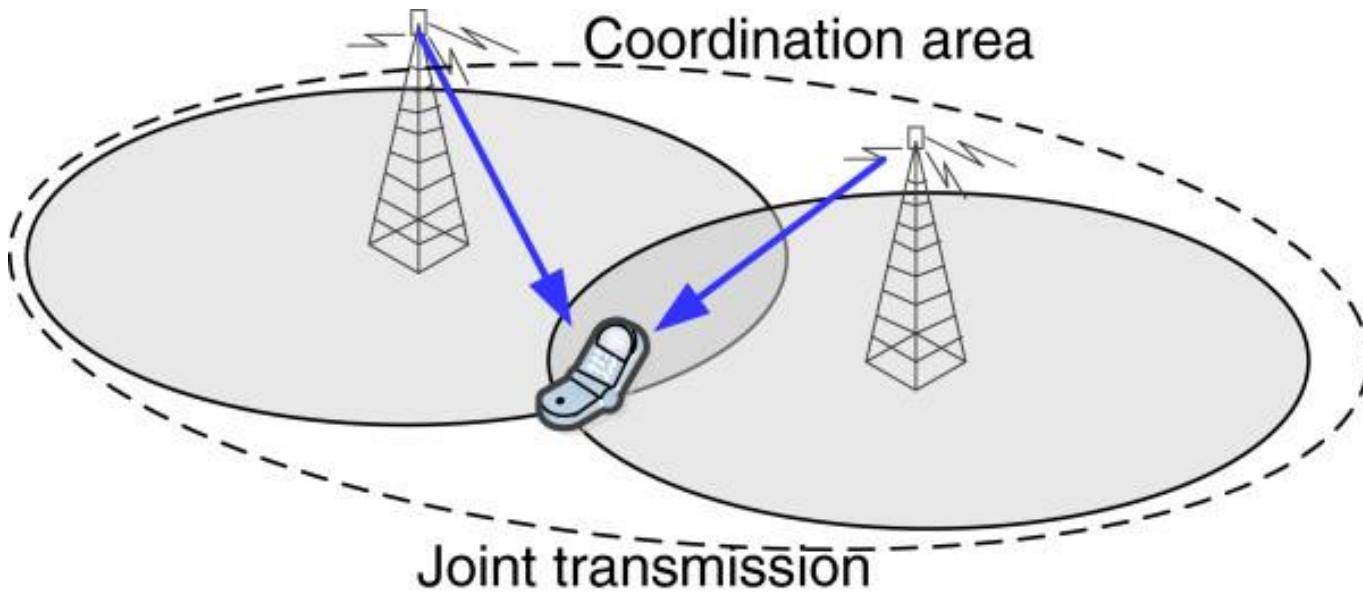


CoMP (1/2)

- Η τεχνολογία Coordinated multipoint (CoMP) χρησιμοποιείται για αποστολή και λήψη δεδομένων προς και από ένα χρήστη, από διαφορετικά σημεία
- Προϋποθέτει τον δυναμικό συντονισμό μετάδοσης των σταθμών βάσης
- Ουσιαστικά, μετατρέπει την παρεμβολή μεταξύ διαφορετικών κυψελών σε αφέλιμο σήμα
- Πλεονεκτήματα: Καλύτερη χρήση πόρων του συστήματος, βελτιωμένη λήψη, αυξημένη ισχύς σήματος και μείωση παρεμβολών



CoMP (2/2)



Στο CoMP ένας χρήστης μπορεί να εξυπηρετείται ταυτόχρονα από δύο διαφορετικούς συντονισμένους σταθμούς βάσης
(πηγή: Määttänen et al. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2012
2012:247 doi:10.1186/1687-6180-2012-247,
<http://asp.eurasipjournals.com/content/2012/1/247>)



SDN (1/5)

- Software Defined Networking
- Αποτελεί μία αρχιτεκτονική δικτύων η οποία επιτρέπει μία συλλογική και έξυπνη διαχείριση του δικτύου χρησιμοποιώντας λογισμικό.
- Διαχωρίζει το «Control Plane» από το «Data Plane»

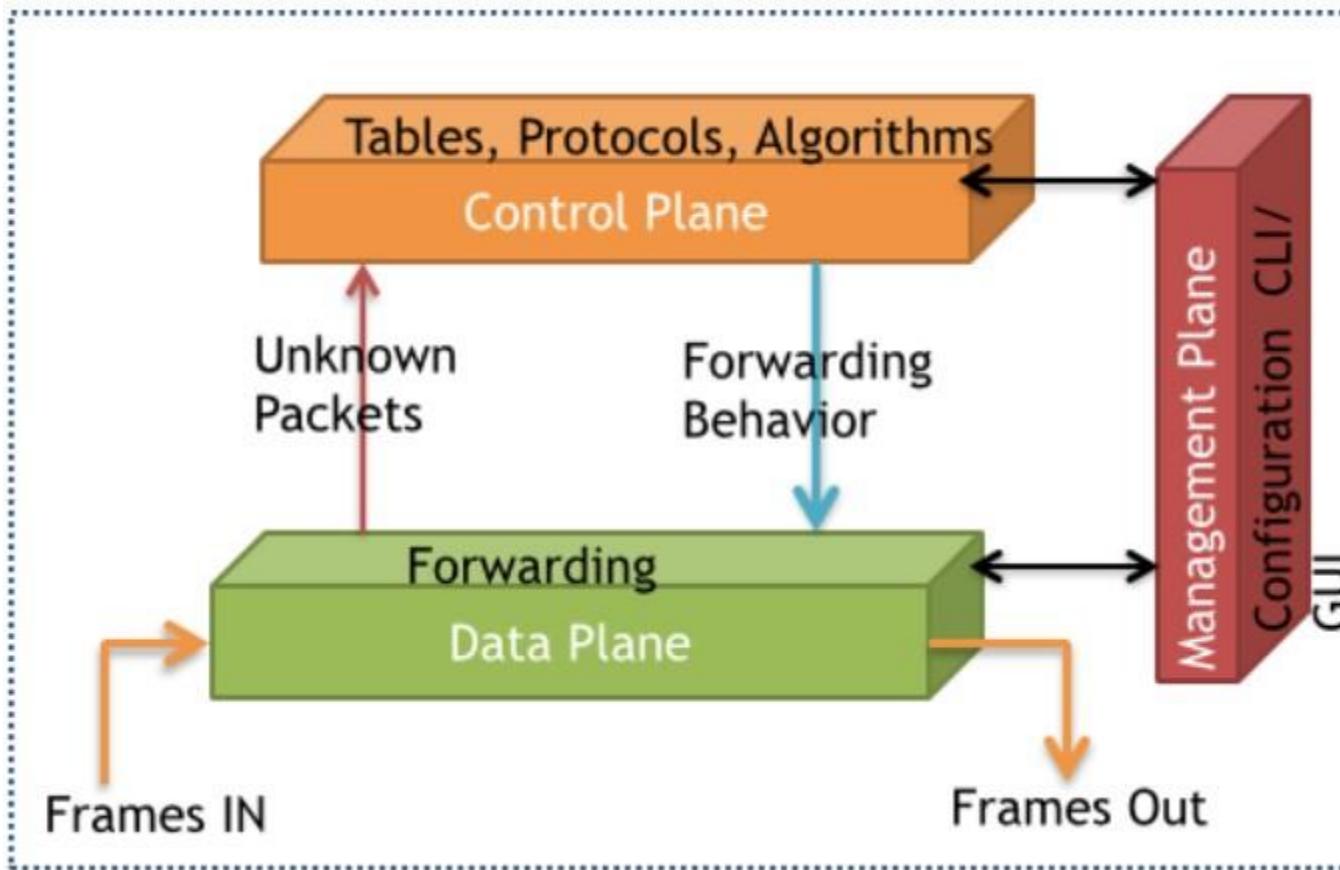


SDN (2/5)

- Data Plane: Αναφέρεται σε όλες τις λειτουργίες και τις διεργασίες που πρωθούν πακέτα από μια διεπαφή σε κάποια άλλη
- Management Plane: Το πλήθος των λειτουργιών που έχουμε για τον έλεγχο και το «monitoring» συσκευών
- Control Plane: Καθορίζει όλες τις λειτουργίες και τις διεργασίες που καθορίζουν ποιο μονοπάτι θα ακολουθηθεί



SDN (3/5)



Πηγή: thenewstack.io



SDN (4/5)

- Το SDN επιτρέπει τον προγραμματισμό της δικτυακής συμπεριφοράς με έναν συλλογικό τρόπο μέσα από τη χρήση λογισμικού
- Προσφέρει μειωμένα έξοδα διαχείρισης του δικτύου αλλά και σαφή εικόνα για την κατάσταση του
- Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του SDN είναι η δυνατότητα των διαχειριστών του δικτύου να παράξουν κώδικα ο οποίος να διαχειρίζεται τη συμπεριφορά του δικτύου



SDN (5/5)

- Πως γίνεται η διαχείριση ενός SDN δικτύου;
 - SDN Controllers
- **SDN Controllers:** Μπορεί να είναι είτε λογισμικό είτε φυσικές συσκευές
- Εφόσον μπορούν να διαχειριστούν ολόκληρο το δίκτυο, είναι εφικτό να σχεδιαστούν με τρόπο ώστε να καλύπτουν τις συλλογικές ανάγκες των δικτύων



NFV (1/5)

- Network Functions Virtualization
- **NFV:** Έχει ως στόχο να ανεξαρτητοποιήσει τις δικτυακές λειτουργίες από το υλικό στο οποίο πραγματοποιούνται
- Όπως και το SDN, το NFV βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στο Virtualization, έτσι ώστε να κάνει το σχεδιασμό και την υλοποίηση του δικτύου πιο «αφηρημένη» και ανεξάρτητη από το υλικό (αλλά εξαρτημένη από το λογισμικό)



NFV (2/5)

- **Virtualization:** Έχει ως στόχο να κάνει πιο αφηρημένους (abstraction) τους φυσικούς πόρους του δικτύου οι οποίοι εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες
- Είδη Virtualization:
 - Storage
 - Application
 - Desktop
 - Server
 - Networking



NFV (3/5)

- Το NFV αφορά όλες τις λειτουργίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για όλες τις λειτουργίες του δικτύου, σε κάθε στάδιο, όπως:
 - Αποδοχή κίνησης
 - Προώθηση κίνησης
 - Φιλτράρισμα κίνησης



NFV (4/5)

- Το NFV αντικαθιστά υπηρεσίες του δικτύου οι οποίες υλοποιούνται από συγκεκριμένο υλικό του δικτύου, με το ανάλογο virtual λογισμικό
- Έτσι υπηρεσίες όπως routers, firewalls, load balancers πλέον μπορούν να αντικατασταθούν με λογισμικό που να τρέχει σε εικονικές μηχανές.
- Αυτές οι virtualized λειτουργίες βρίσκονται υπό την επίβλεψη ενός επόπτη (hypervisor), ρόλο που αναλαμβάνει το SDN



NFV (5/5)

- Το NFV βοηθάει στην εξοικονόμηση κόστους (ακόμα και λειτουργικού)
- Διαδικασίες που παλαιότερα θα χρειαζόντουσαν εξειδικευμένο υλικό πλέον, μπορούν να υλοποιηθούν από το ανάλογο λογισμικό, προσφέροντας δραστική μείωση στο κόστος



Σύντομη ανασκόπηση

- Τεχνολογίες δικτύων κινητής τηλεφωνίας
- MIMO
- SDN-NFV
- Τεχνολογίες μικροκυψελών



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 7)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Dahlman E., Parkvall S., Skold J.
 - Long Term Evolution: 3GPP LTE Radio and Cellular Technology, Furht B., Ahson S.



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el>
(Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.3gpp.org/> (Δικτυακός τόπος του οργανισμού 3GPP)
 - <http://www.3gpp.org/specifications/67-releases>
(Προδιαγραφές εκδόσεων LTE)
 - <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core> (Ο δικτυακός τόπος του 3GPP για το Evolved Packet Core)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 12: Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (2)

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση της έρευνας πάνω στα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G)
- Παρουσίαση των δικτύων έκτης γενιάς (6G)



Περιεχόμενα ενότητας

- 5G
 - Στόχοι
 - Έρευνα
 - Τεχνολογίες
- 5G BEYOND
- 6G



Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (Μέρος 2)

Στόχοι 5G

- Η έλευση του 5G αναμένεται να συμβάλει στη δημιουργία της παγκόσμιας συνδεδεμένης ψηφιακής κοινωνίας
- Αναμένεται να είναι η πρώτη γενιά δικτύων που θα υποστηρίξει ικανοποιητικά το Internet of Things (IoT) και θα μπορεί να υποστηρίξει τεράστια πληθώρα συσκευών και αισθητήρων
- Οι νέες τεχνολογίες πρέπει να είναι ανθρωποκεντρικές διασυνδέοντας τους πάντες με τα πάντα



Σενάρια χρήσης 5G

(Σύμφωνα με την [Ericsson](#))

- Ενεργειακή χρήση
- Δημόσια ασφάλεια
- Τομέας υγείας (Healthcare)
- Κατασκευές (Manufacturing)



Σενάρια χρήσης 5G

- Ψυχαγωγία
- Αυτοκίνηση
- Αγροτική παραγωγή
- Δημόσιες Μεταφορές
- Οικονομία και υπηρεσίες
- Εμπόριο



Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών 5ης Γενιάς (5G)

- Έπειτα από την κυριαρχία της γενιάς 4G ήδη από το 2019 έχουμε την εισαγωγή στη μαζική αγορά συσκευών που υποστηρίζουν τη Πέμπτη γενιά δικτύων (5G)
- Ως ώρας, ο κύκλος κάθε προηγούμενης γενιάς άγγιζε τα δέκα χρόνια
- Η μετάβαση στο 5G δεν θα γίνει ραγδαία αλλά προετοιμάζεται εδώ και αρκετά χρόνια
- Η νέα γενιά, δεν θα καταργήσει την υπάρχουσα LTE γενιά



5G vs 4G

	4G (Today, Before Further Developments)	5G
Latency	10 ms	Less than 1 ms
Peak data rates	1 Gbps	20 Gbps
Number of mobile connections	8 billion (2016)	11 billion (2021)
Channel bandwidth	20MHz 200kHz (for Cat-NB1 IoT)	100MHz below 6GHz 400MHz above 6GHz
Frequency band	600MHz to 5.925 GHz	600MHz–mmWave (for example, 28GHz, 39GHz, and onward to 80 GHz)
Uplink waveform	Single-carrier frequency division multiple access (SC-FDMA)	Option for cyclic prefix orthogonal frequency-division multiplexing (CP-OFDM)
User Equipment (UE) transmitted power	+23 decibel-milliwatts (dBm) except 2.5GHz time- division duplexing (TDD) Band 41 where +26dBm, HPUE is allowed IoT has a lower power-class option at +20dBm	+26dBm for less than 6GHz 5G bands at and above 2.5GHz

Πηγή: QORVO.COM

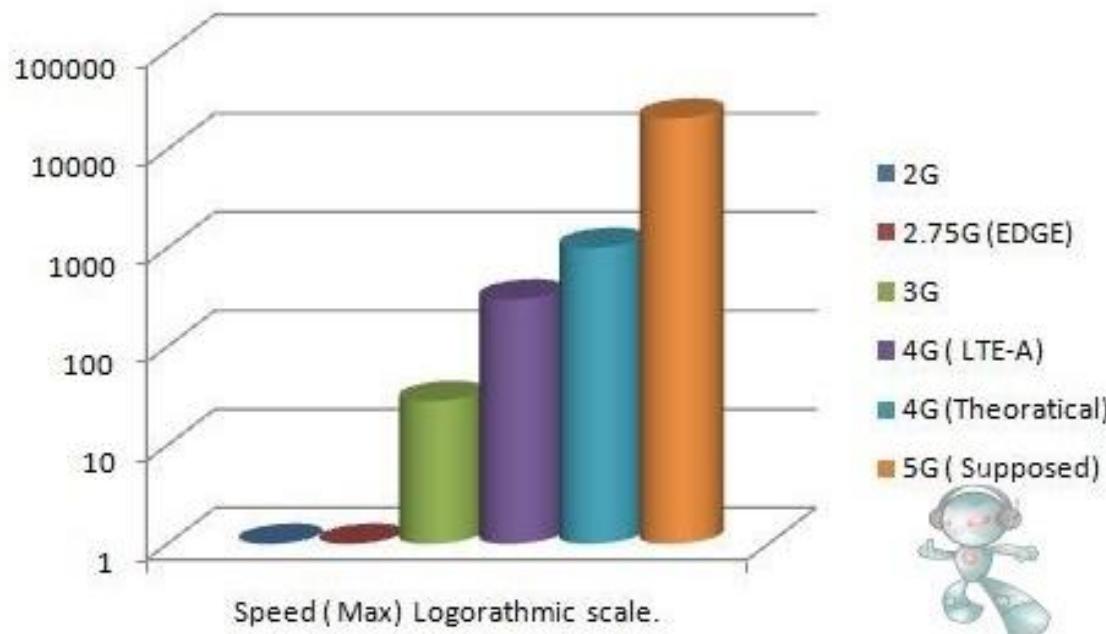


Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών 5ης Γενιάς (5G)

- Σε μια έρευνα που έγινε πρόσφατα από τη Deutsche Telekom, μετρήθηκε πραγματική ταχύτητα της τάξης των 3 Gbit/sec
- Υπό ιδανικές συνθήκες το 5G εκτιμάται ότι θα φτάσει ταχύτητες που αγγίζουν τα 10 Gbit/s
- Σε μια τέτοια περίπτωση, μια συσκευή που υποστηρίζει 5G θα μπορούσε να κατεβάσει περιεχόμενο ταινίας μεγέθους 4.7 GB σε λιγότερο από πέντε δευτερόλεπτα
- Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι πραγματική εκτόξευση των συνδρομητών που έχουν 5G συσκευή θα δούμε από το 2021



Εξέλιξη ταχυτήτων ανά γενιά συστημάτων



Source: <http://wccftech.com/the-next-generation-of-mobile-networking-5g/>

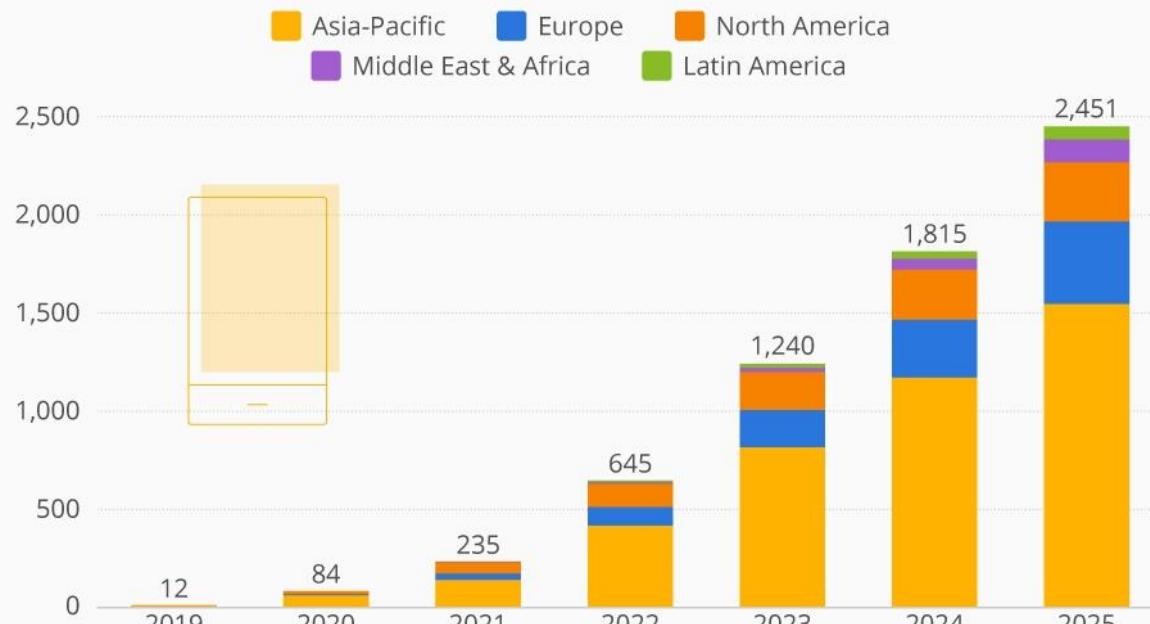
Εξέλιξη ταχυτήτων ανά γενιά συστημάτων



Πλήθος συνδρομητών 5G σε εκατομμύρια

Global 5G Adoption to Take Off in 2021

Forecast of 5G smartphone subscriptions by region (in millions)



Forecast as of November 2019

Source: Ericsson Mobility Report

statista

Πηγή: [statista](#)



Επιδόσεις στην πράξη

- Οι επιδόσεις και οι προδιαγραφές θα εξαρτώνται άμεσα από τη χρησιμοποιούμενη :
 - Ταχύτητες από 50 Mbit/s μέχρι 1 Gb/s, ανάλογα και με το συχνοτικό εύρος που θα χρησιμοποιείται
 - Οι υψηλότερες ταχύτητες επιτυγχάνονται με την αξιοποίηση του mmWave, για το οποίο θα μιλήσουμε στη συνέχεια και αγγίζουν το 1,8 Gb/s
 - Σαφή μείωση του latency στα ~10ms
 - Το latency αναμένεται να μειωθεί ακόμα περισσότερο στα επόμενα χρόνια
 - 1000 φορές μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά bit



Τεχνολογίες

- Οι τεχνολογίες/έννοιες που έχουν τραβήξει το ενδιαφέρον στα πλαίσια των ερευνών, είναι:
 - Ultra Dense Networks
 - Advanced interference and mobility management
 - Χρήση millimeter wave συχνοτήτων
 - Pervasive networks
 - Multi-hop networks
 - Cognitive radio technology



mmWAVE (1/2)

- Ονομάζεται η αξιοποίηση του φάσματος συχνοτήτων το οποίο περιέχει συχνότητες από 30 GHz μέχρι τα 300 GHz
- Η αξιοποίηση αυτών συχνοτήτων δίνει τις καλύτερες δυνατές ταχύτητες για το 5G
- Αυτή τη στιγμή χρησιμοποιείται για περιπτώσεις απαιτούνται σημαντικοί πόροι όπως το streaming για High/Resolution video



mmWAVE (2/2)

- Η αξιοποίηση αυτών των συχνοτήτων προσφέρει μικρή εμβέλεια μετάδοσης
- Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το LOS. Τα σήματα που μεταδίδονται σε αυτές τις συχνότητες δεν μπορούν να διαπεράσουν κτίρια
- Επίσης τα σήματα που μεταδίδονται σε αυτές τις συχνότητες έχουν πολύ μικρή εμβέλεια καθώς απορροφώνται σε μεγάλο βαθμό από στοιχεία του περιβάλλοντος όπως αέρια στην ατμόσφαιρα ή την βροχή

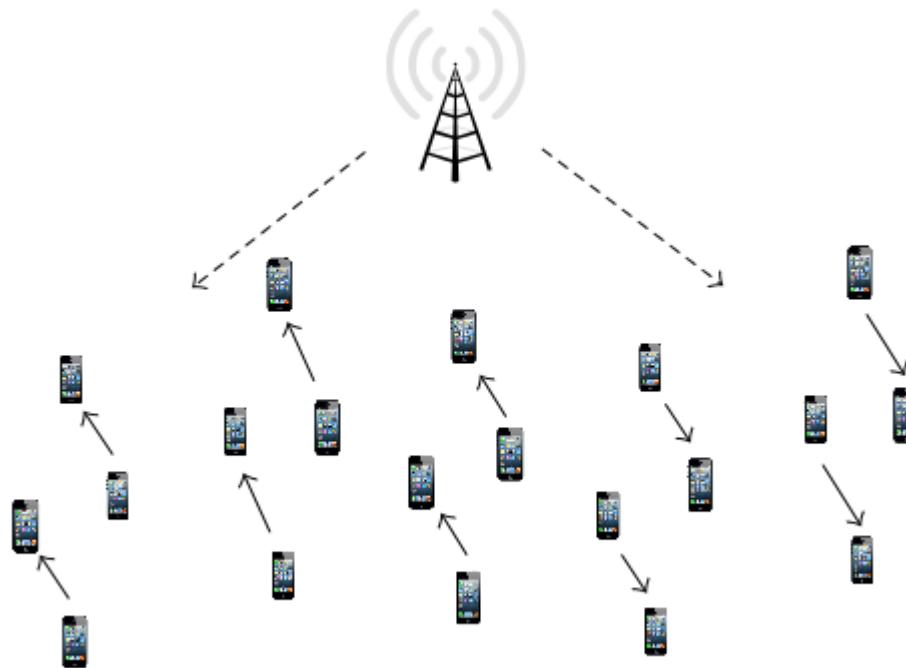


Ασύρματη διεπαφή - Διαχείριση φάσματος

- Η ασύρματη διεπαφή θα ανταποκρίνεται στη μεγάλη ποικιλία των σεναρίων και εφαρμογών και στις αυξημένες απαιτήσεις εξυπηρέτησης
- Θα διαχειρίζεται τις παρεμβολές και την κινητικότητα συντονίζοντας τη διαχείριση φάσματος και τις δυνατότητες MIMO, αξιοποιώντας τις επιδόσεις της mm-wave διασύνδεσης και της device to device (D2D) επικοινωνίας
- Θα είναι ευέλικτο ώστε να υποστηρίξει το σύνολο των επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας και το σύνολο των συσκευών
- Θα χαρακτηρίζεται από επεκτασιμότητα και ενεργειακή απόδοση, ομοιόμορφη κάλυψη, υψηλή χωρητικότητα και υψηλή φασματική απόδοση



Device-to-Device (D2D) επικοινωνία



Device-to-Device (D2D) επικοινωνία

(πηγή:

<http://www.hindawi.com/journals/aee/2014/261390/>)



M2M technologies– E2E services

- Μέρος της έρευνας θα αφορά την ανάπτυξη συστημάτων για μαζικές επικοινωνίες machine to machine (M2M) σε τομείς όπως η ενέργεια, η δημόσια ασφάλεια κλπ.
- Θα απαιτεί πραγματικού χρόνου σχεδίαση πολλαπλών συνδέσμων, υποστήριξη πλοήγησης σε φορητές συσκευές, υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα
- Θα πρέπει να υποστηρίζει καθολική υποστήριξη των επιχειρηματικών μοντέλων (B2B, B2C, C2C, D2D)
- Θα υποστηρίζει End-to-End υπηρεσίες με μηχανισμούς ταυτοποίησης για ασφάλεια και προσαρμογή της υπηρεσίας βάσει τοποθεσίας και περιεχομένου



Ολιστική αρχιτεκτονική

- Η αρχιτεκτονική θα υποστηρίζει πληθώρα διαφορετικών περιπτώσεων χρήσης, καθώς και εύκολη ενσωμάτωση επεκτάσεων
- Στόχοι είναι η σχεδίαση της σηματοδοσίας και των πρωτοκόλλων κατά μήκος πολλαπλών σημείων, ζωνών και στρωμάτων και η ολοκλήρωση των RAN και CN λειτουργιών με χαμηλό κόστος
- Η έννοια του συστήματος θα είναι ολιστική καλύπτοντας διαφορετικά σενάρια (fixed-mobile)
- Θα καθορίσει ένα συγκλίνον επίπεδο ελέγχου για τα ετερογενή περιβάλλοντα βασιζόμενο σε τρία στοιχεία: Κινητικότητα, QoS και Ασφάλεια



Cognitive network - Unified control

- Η προσέγγιση Cognitive network management θα αναπτύξει αλγόριθμους που θα επιτρέψουν στα δίκτυα 5G να είναι αυτό-διαχειριζόμενα
- Στόχος είναι αυτοματοποιημένες διεργασίες και αρχιτεκτονικές για τη διαχείριση και τη συντήρηση που θα μειώσουν το OPEX, δηλαδή τα λειτουργικά έξοδα και θα βελτιώσουν την ποιότητα των υπηρεσιών και την αξιοπιστία
- Unified control είναι ο επιδιωκόμενος σχεδιασμός τεχνολογιών για ενιαίο έλεγχο των ετερογενών δικτύων και συσκευών (τερματικά, οχήματα, μηχανές) μέσω μηχανισμών ανεξάρτητων από τον τύπο πρόσβασης (ασύρματο, fixed, δορυφορικό)



Network slicing (1/5)

- Μετάβαση από δίκτυα οντοτήτων σε δίκτυα λειτουργιών
- Network slicing: οι πόροι του δικτύου θα μπορούν να χωρίζονται δυναμικά προκειμένου να δημιουργούν “slices”, ήτοι συλλογές από λειτουργίες που απαιτούνται για μια περίπτωση χρήσης
- Τα slices θα αντιπροσωπεύονται από μια σειρά ρυθμίσεων που θα αντανακλούν συγκεκριμένους πόρους, τεχνολογίες RAT και συνδέσεις στο δίκτυο κορμού



Network Slicing (2/5)

- Network slicing: Επιτρέπει στον χειριστή του δικτύου να παρέχει αποκλειστικά virtual networks με συγκεκριμένη λειτουργικότητα προς συγκεκριμένη υπηρεσία ή προς τις ατομικές ανάγκες κάποιου χρήστη του δικτύου
- Αποτελεί μία αρχιτεκτονική εικονικού δικτύου που χρησιμοποιεί τις ίδιες βασικές αρχές με το SDN και το NFV



Network Slicing (3/5)

- Επιτρέπει σε πολλά virtual networks να δημιουργούνται πάνω σε μία κοινή (για αυτά) υποδομή
- Αυτά τα εικονικά δίκτυα, έπειτα προσαρμόζονται στις συγκεκριμένες ανάγκες του χρήστη, της εφαρμογής ή της υπηρεσίας για την οποία προορίζονται



Network Slicing (4/5)

- Κάθε εικονικό δίκτυο θα αποτελεί ένα ξεχωριστό σετ από λογικές (software) λειτουργίες του δικτύου, που προορίζονται για συγκεκριμένη χρήση
- Κάθε σετ θα βελτιστοποιείται για να παρέχει την τοπολογία δικτύου και τους πόρους που απαιτεί η εκάστοτε λειτουργία (ταχύτητα, συνδεσιμότητα, κάλυψη)



Network Slicing (5/5)

- Κάθε δίκτυο θα είναι απολύτως ξεχωριστό από τα υπόλοιπα και δεν θα μπορεί να παρέμβει στην κίνηση που διακινείται από άλλα δίκτυα. Αυτό προσφέρει και αυξημένη ασφάλεια στο δίκτυο καθώς μια πιθανή επίθεση σε κάποιο δίκτυο δεν επηρεάζει τα υπόλοιπα
- Κάθε δίκτυο θα έχει σαφή και διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά στην δομή του. Διαφορετική οργάνωση και υποδομή που εξαρτάται από τη χρήση του



Network Slicing in Next Gen(1/2)

- Αναμένεται να αξιοποιηθεί ιδιαίτερα στα δίκτυα επόμενης γενιάς ξεκινώντας από τα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G)
- Το 5G θα εισάγει πολλά νέα «use cases» που καθιστούν αναγκαία την δημιουργία δικτύων με σαφή και βελτιστοποιημένα προς συγκεκριμένη κατεύθυνση χαρακτηριστικά
 - π.χ. ένα αυτόνομο όχημα θα απαιτεί V2X (vehicle-to-anything) επικοινωνία.



Network Slicing in Next Gen(2/2)

- Με τις δυνατότητες που προσφέρει, αναμένεται να αξιοποιήσει καλύτερα τους υπάρχοντες πόρους, οδηγώντας σε αυξημένη εξοικονόμηση ενέργειας
- Τέλος αναμένεται να δώσει ώθηση για την παραγωγή νέων αγαθών και υπηρεσιών που θα μπορούν να αξιοποιήσουν τις ικανότητες που προσφέρουν τα «μεμονωμένα» εικονικά δίκτυα
 - Μία έρευνα της Ericsson το 2017 αναφέρει αύξηση κέρδους 150% από τη χρήση Network Slicing



Ασφάλεια και ευρωστία

- Κύριος πυλώνας του 5G δικτύου θα είναι ο υπερκερασμός απειλών για την ασφάλεια μέσω της διασφάλισης των δεδομένων, της αξιοπιστίας και της ακεραιότητας
- Η ασφάλεια δικτύου και η ιδιωτικότητα σε όλα τα εικονικά, Software-defined δίκτυα (SDN) όσο και στα ετερογενή δίκτυα θα εξασφαλίζεται μέσω ευφυών μηχανισμών ασφαλείας και big data αναλύσεων για την ενδυνάμωση του 5G δικτύου
- Η ολοκλήρωση των ετερογενών τεχνολογιών θα είναι διαφανής και «έξυπνη» τόσο σε επίπεδο πρόσβασης όσο και σε επίπεδο backhaul



Το μέλλον στο 5G (1/2)

- Το 5G αναμένεται να είναι το δίκτυο που θα αντιμετωπίσει την πιο ραγδαία αύξηση κίνησης από οποιαδήποτε άλλη γενιά
- Με το IoT, αναμένεται να εισαχθούν πολλά νέα είδη διασυνδεδεμένων συσκευών
- Μαζί με αυτά τα είδη, θα έχουμε και μαζική αύξηση του όγκου των δεδομένων που διακινούνται...και αυτών που παράγονται
- Επιτάσσεται λοιπόν η ανάγκη νέων τεχνολογιών για την αποδοτικότερη μετάδοση και αξιοποίηση τέτοιων δεδομένων



Το μέλλον στο 5G (2/2)

- Μία από τις πιο συμφέρουσες λύσεις είναι η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)
- Προσφέρει αλγόριθμους που μπορούν να υλοποιηθούν εύκολα σε όλο το δίκτυο
- Βοηθάει στην αποδοτικότερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων του δικτύου
- Άλλά και να αξιοποιήσουμε τα παραγόμενα δεδομένα από τις συσκευές για την απόδοση του δικτύου (και για το κέρδος των επενδυτών-στο δίκτυο)



Χρονοδιάγραμμα

- Προς το παρόν, η έρευνα βρίσκεται σε προκαταρκτικό στάδιο
- Αναμένεται η εμπορική διάθεση 5G υπηρεσιών να ξεκινήσει μετά το 2020
- Για αυτό και το 5G αναφέρεται συχνά και ως «beyond 2020» τεχνολογία



5G Beyond

- Ένας όρος που οραματίζεται το μέλλον
- Το 5G υπόσχεται πολλά και οι υποδομές του δεν έχουν αξιοποιηθεί στο έπακρο
- Το 5G and beyond θα πρέπει να αξιοποιήσει στο έπακρο κάθε υποδομή και απαίτηση πριν μιλήσουμε για μια επόμενη γενιά δικτύων
- Η μόνη έννοια που αναμένεται να παραμείνει απολύτως απαραίτητη στο 5G και στο 5G and Beyond είναι το IoT



5G Beyond – Τι θα φέρει; (1/2)

- Πανταχού παρών δίκτυο
- Μεγάλη χωρητικότητα δικτύου
- Ακόμα μικρότερες καθυστερήσεις
- Επεκτασιμότητα ανάλογα με τις ανάγκες χρηστών-δικτύου
- Αξιοποίηση cloud τεχνολογιών
- Συνδεσιμότητα: Vehicle to Infrastructure



5G Beyond – Τι θα φέρει; (2/2)

- Συνδεσιμότητα:
 - Vehicle to Infrastructure
 - Vehicle to vehicle
 - Vehicle to pedestrian
 - Person to person



6G – Τι περιμένουμε; (1/4)

- Το 2018 περίπου 1.000.000 Terabyte μεταδίδονται από κινητά δίκτυα επικοινωνιών παγκοσμίως ανά ημέρα
- Στην επόμενη γενιά δικτύων αυτό το μέγεθος αναμένεται να πολλαπλασιαστεί, ενώ αναμένεται να έχουμε και την πρώτη γενιά 3D Video/Holographic επικοινωνία
- Δικτυακή Νοημοσύνη: Θα πρέπει το δίκτυο να έχει μηχανισμούς μάθησης, ώστε να προσαρμόζεται ανάλογα με την κατάσταση του (π.χ. ανάλογα με το πλήθος χρηστών ή το QoS)



6G – Τι περιμένουμε; (2/4)

- Spectrum allocation: Το αξιοποιούμενο φάσμα συχνοτήτων θα μπορεί να εναλλάξει βάσει των απαιτήσεων επικοινωνίας
 - Όπως είδαμε στο 5G οι χρησιμοποιούμενες συχνότητες επηρεάζουν τις ταχύτητες μετάδοσης
- Θα επιτρέψει νέου είδους επικοινωνίες όπως το 3D video/Holographic
- Ενεργειακά οφέλη: Αναμένεται να φέρει μεγάλη εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας



6G – Τι περιμένουμε; (3/4)

- Ιδιωτικότητα και διαχείριση δεδομένων:
 - Το δίκτυο θα πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστεί τα δεδομένα των χρηστών. Οι νέες τεχνολογίες μπορούν να προσφέρουν καλύτερες μεθόδους κρυπτογράφησης και μηχανισμούς ασφάλειας
- Ασφάλεια: Με την άνοδο του IoT, τα μεταδιδόμενα δεδομένα θα αφορούν πολύ συχνά την ίδια την υποδομή του δικτύου. Έτσι είναι επιτακτική ή έρευνα για την βελτίωση της ασφαλούς και σωστής μετάδοσης των δεδομένων



6G – Τι περιμένουμε; (4/4)

- Έκρηξη στο πλήθος ιδιωτικών δικτύων:
 - Όπως έχει ήδη ξεκινήσει από τις τεχνολογίες SDN/NFV, το δίκτυο θα πρέπει να προσαρμόζεται στις ανάγκες των χρηστών και του δικτύου ανεξάρτητα από την υπάρχουσα υποδομή
- Μεγάλη αύξηση εφαρμογών που να αξιοποιούν επαυξημένη/εικονική πραγματικότητα



6G – Χαρακτηριστικά (1/3)

- Συχνότητα λειτουργίας:
 - Αναμένεται να αξιοποιηθούν συχνότητες στο εύρος από 100 GHz έως και 10 THz
 - Παράγοντες όπως απώλειες κατά τη διάδοση (propagation loss), απορρόφηση (molecular absorption), απώλειες κατά τη διείσδυση σε επιφάνειες (penetration loss) και οι προκλήσεις από μηχανική άποψη (υποδομές-κεραίες και κατασκευή κυκλωμάτων, δυνατότητα υλοποίησης)



6G – Χαρακτηριστικά (2/3)

- Οι ταχύτητες αναμένεται να είναι σαφώς καλύτερες από αυτές του 5G ακόμα και με την αξιοποίηση της τεχνολογίας mmWave
 - Για τον περιορισμό των μειονεκτημάτων του mmWave μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθυνόμενες κεραίες (directional antennas)
 - Ακόμα και η ευαισθησία των υψηλών συχνοτήτων στο να διαπερνούν κτίρια μπορεί να αξιοποιηθεί για την βελτίωση σημάτων που θα χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους



6G – Χαρακτηριστικά (3/3)

- User-centric αρχιτεκτονική:
 - Εδώ θα αξιοποιείται η Μηχανική Μάθηση έτσι ώστε το δίκτυο να είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις με βάση τα αποτελέσματα προηγούμενων διεργασιών, χωρίς αυτό να προσθέτει πολυπλοκότητα στο δίκτυο. Οι αποφάσεις πρέπει να γίνονται σε πραγματικό χρόνο, χωρίς χρονικές επιβαρύνσεις (communication overhead) και με χαμηλή καθυστέρηση (latency). Τα δίκτυα θα πρέπει να βελτιστοποιούν το QoS βάσει των απαιτήσεων των χρηστών



6G – Γενικά

- Όπως όλες οι γενιές δικτύων το 6G αναμένεται να υλοποιηθεί και να κυριαρχήσει με το πέρας του 5G περίπου το 2030
- Ήδη μεγάλες εταιρίες τηλεπικοινωνιών έχουν αρχίσει να στρέφουν το ενδιαφέρον τους σε αυτή την τεχνολογία
- Ήδη έχει αρχίσει να γίνεται προσπάθεια αδειοδότησης ακόμα υψηλότερων συχνοτήτων



Έρευνα

- Η έρευνα έχει δρομολογηθεί κυρίως μέσα από κοινοπραξίες δημόσιου και ιδιωτικού τομέα
- Συνεργασίες εταιρειών με ακαδημαϊκούς φορείς και την αρωγή κυβερνήσεων έχουν σχηματιστεί ανά τον κόσμο με στόχο την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει χρηματοδοτήσει και συνεχίζει να χρηματοδοτεί πολλαπλά τέτοια ερευνητικά έργα



Σύντομη ανασκόπηση

- 5G
- mmWave
- Cognitive radio
- Network slicing
- 5G and Beyond
- 6G



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 6)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Dahlman E., Parkvall S., Skold J.
 - Long Term Evolution: 3GPP LTE Radio and Cellular Technology, Furht B., Ahson S.



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://www.3gpp.org/specifications/67-releases> (Προδιαγραφές εκδόσεων LTE/LTE-A)
 - <https://www.metis2020.com/> (Ο δικτυακός τόπος του ερευνητικού έργου METIS)
 - http://www.huawei.com/ilink/en/download/HW_314849 (Ανάλυση κύριων προβληματισμών πάνω στο 5G από την εταιρεία Huawei)
 - <http://5g-ppp.eu/> (Ο δικτυακός τόπος του ερευνητικού έργου 5G-Infrastructure-PPP)
 - [5G Italy](#)



Ερωτήσεις





ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 13: Επιχειρηματικά μοντέλα

Βασίλειος Κόκκινος (εκ μέρους του Καθηγητή Χ. Ι. Μπούρα)
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών

email: kokkinos@cti.gr,

site:

<http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras?language=el>

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με τις βασικές έννοιες των μοντέλων αξιοποίησης ευρυζωνικών υπηρεσιών
- Κατανόηση των σεναρίων επιχειρηματικών μοντέλων
- Ανάλυση των εξόδων των ευρυζωνικών δικτύων



Περιεχόμενα ενότητας

- Ορισμός επιχειρηματικού μοντέλου (ΕΜ)
- Σενάρια επιχειρηματικών μοντέλων
- Οικονομικά στοιχεία
 - OPEX
 - CAPEX



Επιχειρηματικά μοντέλα

Ορισμός

- Ένα «επιχειρηματικό μοντέλο - ΕΜ» αποτελείται από ροές υπηρεσιών και πληροφορίας, περιλαμβάνοντας
 - τις περιγραφές των παικτών της αγοράς,
 - τους ρόλους και τις σχέσεις αυτών,
 - τη σχετική τους θέση σε ένα δίκτυο αξίας,
 - την κοστολογική τους δομή και τις πηγές εσόδων τους



Βασικές έννοιες (1/2)

- Παίκτης: Μια οντότητα η οποία μπορεί να είναι
 - μια επιχειρηματική οντότητα, η οποία παρέχει υπηρεσίες,
 - ένας πελάτης, ο οποίος αγοράζει υπηρεσίες
- Ρόλος: Η λειτουργία ενός παίκτη σε ένα επιχειρηματικό μοντέλο
- Σχέση: Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ρόλων/παικτών/επιπέδων. Μπορεί να είναι
 - τεχνική (ροή δεδομένων, ροή ελέγχου κ.λπ.)
 - επιχειρηματική (ροή χρημάτων, συμβόλαια κ.λπ.).



Βασικές έννοιες (2/2)

- Κάθετη δεσμοποίηση ή ολοκλήρωση: Αναφέρεται στην έκταση στην οποία ένας παίκτης ελέγχει την παραγωγή και τη διανομή υπηρεσιών στην αλυσίδα αξίας
 - Παράδειγμα: ένας πάροχος υπηρεσιών φωνής, ο οποίος έχει ολοκληρώσει τις λειτουργίες του παρόχου υπηρεσιών και δικτύου, και διατηρεί έτσι τον πλήρη έλεγχο
- Μοντέλο εσόδων: Το μοντέλο εσόδων περιγράφει τις ροές των εσόδων τα οποία είναι διαθέσιμα για έναν παίκτη σε ένα επιχειρηματικό μοντέλο
 - Παραδείγματα μοντέλων εσόδων είναι τα μοντέλα χρέωσης της συνδρομής



Παράγοντες διαφοροποίησης ΕΜ

- Ολοκλήρωση ιδιοκτησίας:
 - Μέχρι ποιο σημείο τα διαφορετικά λειτουργικά στρώματα αναπτύσσονται κάτω από κοινή ιδιοκτησία
- Ολοκλήρωση στόχου:
 - Μέχρι ποιο σημείο εκτελούνται οι στόχοι με αμοιβαίο συντονισμό, πριν εισέλθει ο ανταγωνισμός (π.χ. co-location, εργασία σε ομάδες κ.λπ.)
- Ολοκλήρωση γνώσης:
 - Μέχρι ποιο σημείο οι εμπλεκόμενοι φορείς έχουν γνώση σχετικά με τις δραστηριότητες των άλλων εμπλεκόμενων φορέων



Στοιχεία που εμπλέκονται στα ΕΜ

- Τα στοιχεία που εμπλέκονται στα επιχειρηματικά μοντέλα για την αξιοποίηση ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών, είναι τα παρακάτω:
 - Συσκευές
 - Πύλες
 - Περιεχόμενο
 - Υπηρεσίες
 - Πλατφόρμες υπηρεσιών
 - Υποδομές πρόσβασης



Φάσεις

- Φάση ανάπτυξης:
 - Άθροιση ζήτησης, προώθηση, προχρηματοδότηση, έναρξη, συντονισμός προτύπων, σχέδιο, υλοποίηση
- Φάση εμπορικής εκμετάλλευσης:
 - Λειτουργία, συντήρηση, διαφήμιση, πωλήσεις, CRM (Customer Relationship Management), τιμολόγηση



Επίπεδα ΕΜ (1/2)

- Επίπεδο 1: Παθητικός εξοπλισμός δικτύου
- Επίπεδο 2: Ενεργός εξοπλισμός δικτύου
- Επίπεδο 3: Πρόσβαση, περιεχόμενο,
υπηρεσίες



Επίπεδα ΕΜ (2/2)

3

Πρόσβαση, Υπηρεσίες,
Περιεχόμενο

- Ράδιοφωνο/Τηλεόραση
- Διαδίκτυο
- Τηλεφωνία
- Άλλες υπηρεσίες

2

Ενεργός Εξοπλισμός Δικτύου
(Κορμός και Διανομή)

- Δρομολογητές (routers)
- Διακόπτες (switches)
- κλπ.

1

Παθητικός Εξοπλισμός Δικτύου
(Iva - Dark Fiber)

- Αγωγοί
- Οπτικές ίνες

Επίπεδα Επιχειρηματικών Μοντέλων

(πηγή:

broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D15_1.pdf



Σενάρια ΕΜ

- Ίση πρόσβαση (Equal Access)
- Πλήρης κρατικός έλεγχος μέσω κοινοπραξιών του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα
- Κοινοπραξίες του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα χωρίς κρατικό έλεγχο
- Δημόσιος Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών
- Μοναδικός ιδιωτικός πάροχος υπηρεσιών



Σενάριο 1: Ίση πρόσβαση (Equal Access)



Σενάριο ίσης πρόσβασης

(πηγή:

broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D15_1.pdf)



Ίση πρόσβαση (1/2)

- Ο ρόλος της οντότητας (συνήθως κάποια δημόσια αρχή) στο επίπεδο 1 παρέχοντας παθητικό εξοπλισμό είναι να παρακινήσει τον ανταγωνισμό σε επίπεδο παροχής υπηρεσιών
- Η οντότητα αυτή λόγω του μη-κερδοσκοπικού χαρακτήρα της που επιτρέπει χρέωση της παθητικής υποδομής, μειώνει το κόστος για τους παρόχους υπηρεσιών



Ίση πρόσβαση (2/2)

- 2 σημαντικές παραλλαγές:
 - όταν υπάρχει ήδη σημαντική ευρυζωνική υποδομή στην περιοχή και δεν είναι αναγκαίες νέες επενδύσεις
 - όταν η δημοτική αρχή αναλαμβάνει και τη διαχείριση της ενεργής υποδομής μαζί με τη διαχείριση της παθητικής υποδομής



Προϋποθέσεις ίσης πρόσβασης

- Πρέπει ένας μεγάλος αριθμός από παρόχους υπηρεσιών και περιεχόμενου να είναι διαθέσιμοι και να ανταγωνίζονται μεταξύ τους
 - Αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, καθώς η δημιουργία μιας δυναμικής αγοράς παίρνει σεβαστό χρονικό διάστημα
- Το δίκτυο να αποφέρει γρήγορα ικανοποιητικά κέρδη, προκειμένου να υποστηρίξει μεγάλο αριθμό ανταγωνιστριών εταιρειών



Σενάριο 2: Πλήρης κρατικός έλεγχος μέσω κοινοπραξιών



Πλήρης κρατικός έλεγχος μέσω κοινοπραξιών δημόσιου
και ιδιωτικού τομέα

(πηγή:
broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D151.pdf)



Πλήρης κρατικός έλεγχος μέσω κοινοπραξιών (1/2)

- Κοινοπραξίες του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα
- Εμπλέκει την δημοτική αρχή σε όλα τα μέρη του ευρυζωνικού δικτύου (παθητική/ενεργή υποδομή, υπηρεσίες)
- Επιλέγεται είτε όταν η δημοτική αρχή δεν επιτρέπει μονοπώλιο για την παροχή υπηρεσιών, είτε δεν το επιτρέπει η νομοθεσία
- Επίσης, μπορεί να επιλεγεί όταν υπάρχει απροθυμία από παρόχους να επενδύσουν (π.χ. σε απομακρυσμένες περιοχές)



Πλήρης κρατικός έλεγχος μέσω κοινοπραξιών (2/2)

- **Πλεονεκτήματα**
 - απλοποίηση της διαχείρισης του συνολικού έργου εφόσον εμπλέκεται μόνο ένας πάροχος
- **Μειονεκτήματα**
 - μη προαγωγή του ανταγωνισμού και απουσία της πίεσης των τιμών
 - απαίτηση από την μη «εξειδικευμένη» δημοτική αρχή να λειτουργεί ως πάροχος τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών



Κοινοπραξίες χωρίς κρατικό έλεγχο



Κοινοπραξίες χωρίς κρατικό έλεγχο
(πηγή:

broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D151.pdf)



Σενάριο 3: Κοινοπραξίες χωρίς κρατικό έλεγχο

- Δημιουργείται μια δημόσια – ιδιωτική κοινοπραξία για τον έλεγχο του παθητικού εξοπλισμού του δικτύου, καθώς και των υπηρεσιών
- Ο Δήμος συμμετέχει με μικρό ποσοστό, συνήθως μικρότερο του 20%, ενώ οι υπόλοιποι συμμετέχοντες είναι ιδιωτικοί φορείς
- Το ενεργό μέρος τους δικτύου το κατέχει και το διαχειρίζεται αποκλειστικά μια ιδιωτική εταιρεία



Σενάριο 4: Δημόσιος Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών



Η εκμετάλλευση του παθητικού και του ενεργού μέρους
του δικτύου γίνεται από μια δημόσια εταιρεία κοινής
ωφέλειας

(πηγή: broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D151.pdf)



Δημόσιος Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών

- Οι ιδιωτικές υπηρεσίες συνήθως περιορίζονται στο να δίνουν πρόσβαση στους χρήστες στις υπηρεσίες και στο περιεχόμενο του δικτύου
- Η κατασκευή και εγκατάσταση του εξοπλισμού του δικτύου (ενεργού και εξοπλισμού) συνήθως γίνεται από κοινού, τόσο από το Δημόσιο όσο και από τον Ιδιωτικό τομέα.



Σενάριο 5: Μοναδικός ιδιωτικός πάροχος υπηρεσιών



Μοναδικός ιδιωτικός πάροχος υπηρεσιών

(πηγή:

broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D151.pdf
f)



Μοναδικός ιδιωτικός πάροχος υπηρεσιών (1/2)

- Ο ενεργός δικτυακός εξοπλισμός, η διαχείριση του δικτύου, καθώς και οι υπηρεσίες παρέχονται από έναν και μόνο ιδιωτικό πάροχο
- Ένας δημόσιος φορέας (π.χ. ο Δήμος) έχει στην ιδιοκτησία του τον παθητικό δικτυακό εξοπλισμό



Μοναδικός ιδιωτικός πάροχος υπηρεσιών (2/2)

- **Πλεονεκτήματα**
 - το όλο εγχείρημα γίνεται εμπορικά βιώσιμο σε μικρότερα επίπεδα κόστους ανά πελάτη
- **Μειονεκτήματα**
 - στους πελάτες παρέχονται περιορισμένες υπηρεσίες και απουσιάζει ο ανταγωνισμός στις τιμές
- Η αρχή πρέπει να διασφαλίσει ότι το μονοπώλιο θα υφίσταται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μέχρι να γίνει βιώσιμη μια ανταγωνιστική αγορά



Επιχειρηματικά μοντέλα σε επίπεδο εφαρμογής MAN

- Σε επίπεδο εφαρμογής MAN (Metropolitan Area Networks), η εκμετάλλευση και η διαχείριση των ευρυζωνικών υποδομών μπορεί να γίνει σε επίπεδο
 - Δήμου
 - Περιφέρειας
 - Διαπεριφερειακό
- Για καθεμία από τις παραπάνω λύσεις, προτείνεται η σύσταση μιας εταιρείας, σε επίπεδο Δήμου ή Περιφέρειας, αντίστοιχα που θα εφαρμόζει το κατά περίπτωση επιχειρηματικό μοντέλο



Επιχειρηματικά μοντέλα σε επίπεδο Δήμου

- Σε επίπεδο δήμων, κάθε Δήμος θα αναλάβει την δημιουργία, εκμετάλλευση, συντήρηση και επέκταση των ευρυζωνικών υποδομών
 - Στο πρώτο επίπεδο δραστηριοποιείται μια δημοτική επιχείρηση κοινής ωφέλειας που θα διαχειρίζεται τον παθητικό εξοπλισμό του δικτύου
 - Στο δεύτερο επίπεδο δραστηριοποιείται μια κοινοπραξία ιδιωτικών επιχειρήσεων και παρόχων που θα προσφέρει τον ενεργό εξοπλισμό
 - Στο τρίτο επίπεδο δραστηριοποιούνται πολλοί πάροχοι υπηρεσιών που ανταγωνίζονται μεταξύ τους



Επιχειρηματικά μοντέλα σε επίπεδο Περιφέρειας

- Σε επίπεδο περιφέρειας, κάθε Περιφέρεια θα αναλάβει την εκμετάλλευση, συντήρηση και επέκταση των ευρυζωνικών υποδομών της
- Σε κάθε Περιφέρεια θα πρέπει να συσταθεί μια εταιρεία με ρόλο την
 - επέκταση των επιμέρους μητροπολιτικών δικτύων των δήμων
 - διασύνδεση των δημοτικών δικτύων μεταξύ τους
 - διασύνδεση των δικτύων με άλλα ευρυζωνικά δίκτυα
- Είναι επιθυμητό να γίνεται χρήση των κόμβων των MANs και όχι του κυρίαρχου παρόχου

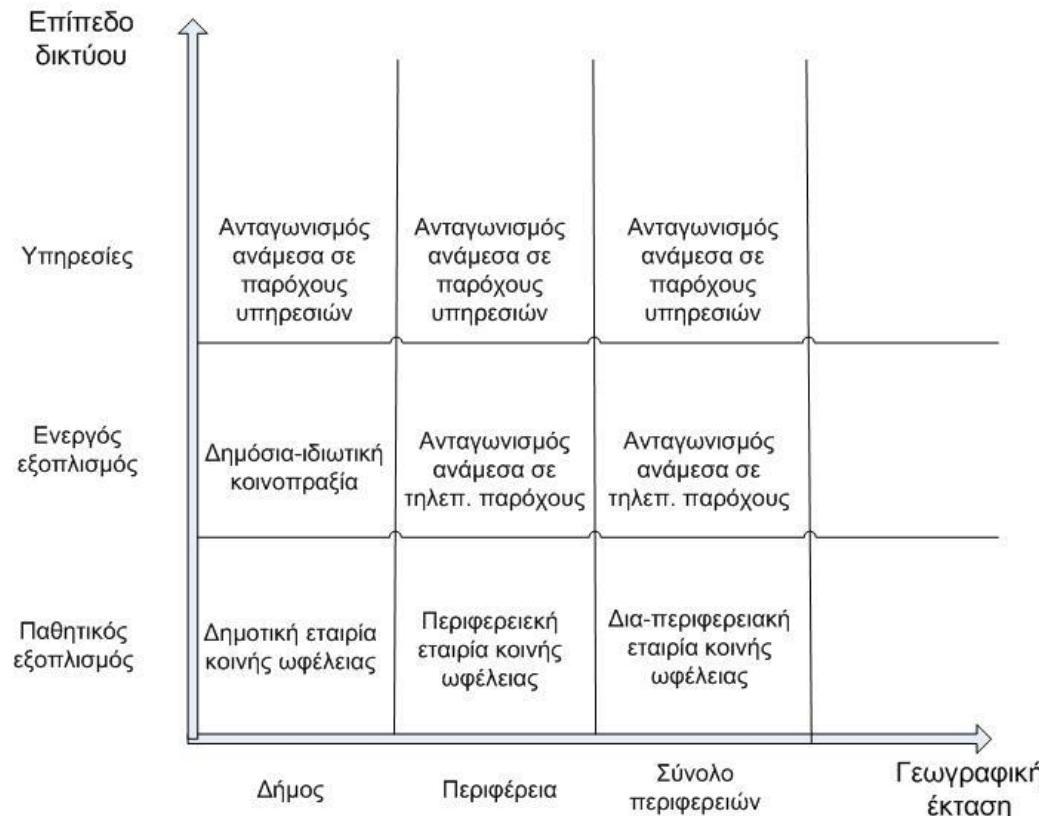


Επιχειρηματικά μοντέλα σε Διαπεριφερειακό Επίπεδο

- Σε Διαπεριφερειακό Επίπεδο, συστήνεται μια διαπεριφερειακή εταιρεία με ρόλο την
 - επέκταση των επιμέρους δημοτικών δικτύων,
 - διασύνδεση των δικτύων αυτών μεταξύ τους σε διαπεριφερειακό επίπεδο,
 - διασύνδεση των υπαρχόντων δικτύων με άλλα ευρυζωνικά δίκτυα
- Παρόμοια με την περίπτωση της διαχείρισης σε επίπεδο Περιφέρειας, είναι επιθυμητό να γίνεται χρήση των κόμβων των MANs ώστε τα τοπικά δίκτυα να διατηρούν την αυτονομία τους



Σύγκριση επιχειρηματικών μοντέλων



Σύγκριση επιχειρηματικών μοντέλων



Συστατικά ευρυζωνικού δικτύου

- Παθητική υποδομή
- Ενεργή υποδομή
- Παροχή υπηρεσιών
- Εταιρεία λειτουργίας του δικτύου
- Πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και πάροχοι περιεχομένου
- Δημόσιος τομέας, οικιακοί και εταιρικοί χρήστες



Οικονομικά στοιχεία

- CAPEX (Capital expenditure)
 - το κόστος κατασκευής του ευρυζωνικού δικτύου
- OPEX (Operational expenditure)
 - το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του ευρυζωνικού δικτύου



CAPEX

- Παθητικός εξοπλισμός (σωληνώσεις, μικρο-σωληνώσεις, φρεάτια, οπτικές ίνες, κατανεμητές, κ.λπ.)
- Ενεργός εξοπλισμός (μεταγωγείς, δρομολογητές, transcievers κ.λπ.)
- Εργασίες (εκσκαφές, συγκολλήσεις, αποκαταστάσεις κ.λπ.)



Εξέλιξη CAPEX τα τελευταία χρόνια

- Το CAPEX έχει την τάση να μειώνεται, με κύριες αιτίες:
 - Τη διαθεσιμότητα end-to-end λύσεων για την υλοποίηση ευρυζωνικών δικτύων
 - Την εισαγωγή της τεχνολογίας tube-in-tube με την χρήση μικρο-σωληνώσεων
 - Τις συσκευές διασύνδεσης νέας γενιάς υψηλής χωρητικότητας



Τρόποι μείωσης CAPEX

- Προσεκτικός σχεδιασμός του δικτύου (planning)
- Προσεκτικός σχεδιασμός σχετικά με τα απαιτούμενα υλικά (logistics)
- Χρήση ευέλικτων τεχνικών (π.χ. υλοποίηση του δικτύου με χρήση μικρο-σωληνώσεων)
- Ισχυρή διείσδυση του δικτύου οδηγεί σε μείωση του CAPEX/πελάτη



OPEX (1/2)

- Κόστος το οποίο σχετίζεται με τον χρήστη όπως:
 - κεντρική προετοιμασία [όπως βάσεις δεδομένων, χρεώσεις, ενεργοποίηση θύρας (Port), κ.λπ.]
 - εγκατάσταση εξοπλισμού (κόστος το οποίο υφίσταται μόνο μία φορά)
 - χρέωση (επαναλαμβανόμενο κόστος)
 - κέντρο λειτουργίας δικτύου (επαναλαμβανόμενο κόστος)



OPEX (2/2)

- Κόστος το οποίο σχετίζεται με τον εξοπλισμό όπως:
 - προληπτική συντήρηση (επαναλαμβανόμενο κόστος)
 - αντιμετώπιση λαθών και προβλημάτων (επαναλαμβανόμενο κόστος)
 - κατανάλωση ενέργειας (επαναλαμβανόμενο κόστος)
 - κόστος χρήσης χώρων (επαναλαμβανόμενο κόστος)



ΟΡΕΧ: Συντήρηση εξοπλισμού και συσκευών

- Περιλαμβάνει :
 - Όλες τις επαναλαμβανόμενες δαπάνες που είναι περιοδικά απαραίτητες για την λειτουργία δικτύων και υπηρεσιών
 - Την προληπτική συντήρηση και επιδιόρθωση
 - Τις νέες επενδύσεις (επανεπενδύσεις) λόγω ξεπερασμένου εξοπλισμού
 - Το κόστος παροπλισμού παλαιού εξοπλισμού (αν και μπορεί να θεωρηθεί και CAPEX)
 - Περιοδικές δαπάνες αδειών



ΟΡΕΧ: Πωλήσεις και μάρκετινγκ, απόκτηση πελατών

- Περιλαμβάνει:
 - Μάρκετινγκ
 - Διαφημίσεις
 - Καμπάνιες
 - Διαπραγματεύσεις SLA (Service-Level Agreement)
 - Επιδοτήσεις (για παράδειγμα παροχές σε προμηθευτές τηλεφωνικών συσκευών)



ΟΡΕΧ: Παροχές και φροντίδα πελατών

- Περιλαμβάνει:
 - Εγγραφή/καταχώρηση, εγκατάσταση/ενεργοποίηση πελατών
 - Εξυπηρέτηση πελατών, χειρισμός καταγγελιών
 - Λειτουργία γραφείων βοήθειας
 - Λειτουργία διαχείρισης σχέσεων πελατών (CRM)
- Συχνά δίνεται υπεργολαβία και μπορεί να βασιστεί σε προσωπικά ή/και πληροφοριακά συστήματα



OPEX: Χρέωση, τιμολόγηση και διαχείριση υπηρεσιών

- Τρόποι μέτρησης, συλλογή δεδομένων, κ.λπ.
- Χρέωση
- Τιμολόγηση, λογιστική και έλεγχος
- Διαχείριση προϊόντων (από αρμόδιο πρόσωπο)
- Επίβλεψη και έλεγχος των υπηρεσιών και της ποιότητας
- Διαχείριση SLA



ΟΡΕΧ: Διαχείριση δικτύων και ανάπτυξη πλατφορμών

- Διαχείριση θεμάτων που αφορούν αστοχίες, ρυθμίσεις, λογιστική, απόδοση και ασφάλεια
- Επίβλεψη και έλεγχος των στοιχείων του δικτύου
- Λειτουργία συστημάτων υποστήριξης λειτουργίας (Operation Support Systems, OSS)
- Σχεδιασμός δικτύων
- Σχεδιασμός και ανάπτυξη υπηρεσιών
- Σχεδιασμός SLA



OPEX: Ενοίκιο φυσικών δικτυακών πόρων

- Αφορά τους παρόχους υπηρεσιών που δεν κατέχουν τις δικτυακές πλατφόρμες ή τις υποδομές, αλλά τις ενοικιάζουν
 - Αδεσμοποίηση τοπικού βρόγχου (Local Loop Unbundling - LLU)
 - Χονδρική πώληση (π.χ. πρόσβαση DSL)
 - Μισθωμένες γραμμές, σκοτεινή ίνα
 - Συνεγκατάσταση, φιλοξενία (hosting)
 - Ιστός για τους σταθμούς βάσεων
 - Κινητή πρόσβαση



OPEX: Roaming

- Το κόστος για τη συμφωνία roaming και το κόστος τακτοποίησης (settlement cost):
 - κόστος διαπραγμάτευσης, συμφωνιών και οικονομικών τακτοποιήσεων
- Σφαιρική δοκιμή roaming:
 - κόστος διεξαγωγής των δοκιμών διαλειτουργικότητας
- Συντήρηση VHE (Virtual home environment):
 - κόστος συντήρησης του VHE, απαραίτητου για την παροχή του ίδιου εξατομικευμένου προφίλ σε πολλά διαφορετικά δίκτυα και τερματικά



ΟΡΕΧ: Διασύνδεση και περιεχόμενο

- Οι δαπάνες διασύνδεσης περιλαμβάνουν κυρίως τις δαπάνες τερματισμού που επιβάλλονται από έναν χειριστή δικτύων, αρμόδιο για την ολοκλήρωση μιας κλήσης ή συνόδου που δημιουργήθηκε σε ένα άλλο δίκτυο
- Το κόστος για το περιεχόμενο είναι το κόστος για την αγορά αδειών από έναν τρίτο (ιδιοκτήτη περιεχομένου) για την διανομή του περιεχομένου



OPEX: Ετήσιο κόστος αδειών ραδιοφάσματος

- Αποτελεί το ετήσιο κόστος για τις άδειες συχνότητας, ενώ δεν περιλαμβάνει τις one-time πληρωμές
- Μερικά ρυθμιστικά πλαίσια επιτρέπουν τη δυνατότητα εκμίσθωσης του φάσματος από έναν πάροχο σε έναν τρίτο
- Για παράδειγμα, θα μπορούσε να είναι δυνατή η εκμίσθωση του φάσματος σε έναν MVNO (Mobile Virtual Network Operator) από ένα χειριστή δικτύων



OPEX: Κανονισμοί/Ρυθμίσεις (Regulation)

- Κόστος για τις πληροφορίες και τον ρυθμιστή
- Συμπληρωματικό κόστος λόγω του αντίκτυπου αλλαγών που επισύρονται από ρυθμιστικές αποφάσεις
- Πρόστιμα βασισμένα στις αποφάσεις των ρυθμιστικών αρχών



Σύνοψη κύριων στοιχείων OPEX



Σύνοψη κύριων στοιχείων OPEX



Τρόποι μείωσης OPEX

- Χρήση self service portals
- Χρήση υπεργολαβιών
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Ισχυρή διεύσδυση του δικτύου, η οποία οδηγεί σε μείωση του OPEX/πελάτη
- Χρήση «ασφαλών» πολιτικών στην εγκατάσταση οπτικών ινών (π.χ. υλοποίηση του δικτύου με χρήση μικρο-σωληνώσεων)
- Χρήση εξοπλισμού με μεγάλη διάρκεια ζωής



Χρηματοδότηση δημιουργίας ευρυζωνικών υποδομών

- Τρόποι χρηματοδότησης
 - Επιχορήγηση (εθνική, κοινοτική κλπ.)
 - Μακρόχρονος δανεισμός – οι δημοτικές αρχές θεωρούνται αξιόπιστες και μπορούν να πάρουν μακροχρόνια δάνεια
 - Μετοχικό κεφάλαιο – ο χρηματοδότης θα λάβει ως «ανταμοιβή» μέρος της επιχείρησης
 - Δημοτική και ιδιωτική σύμπραξη



Σύντομη ανασκόπηση

- Ορισμός επιχειρηματικού μοντέλου (ΕΜ)
- Σενάρια επιχειρηματικών μοντέλων
- Οικονομικά στοιχεία
 - OPEX
 - CAPEX



Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 8)
- Βιβλία:
 - Data and Computer Communications, William Stallings
 - Επιχειρησιακή διαδικτύωση, Διακονικολάου Γ., Αγιακάτσικα Α., Μπούρας Η.
 - Broadband Services: Business Models and Technologies for Community Networks, Imrich Chlamtac, Ashwin Gumaste, Csaba Szabo



Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
 - <http://telematics.upatras.gr/telematics/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el> (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
 - <http://tinyurl.com/p53fw93> (pdf)(Broadband Assessment Model από την Federal Communications Commission)
 - http://broadband.cti.gr/el/download/deliverables/cti/Deliverable_D152.pdf (Παραδοτέο έργου για τη δημιουργία μοντέλων ανάπτυξης & αξιοποίησης ευρυζωνικών Υποδομών)



Ερωτήσεις

