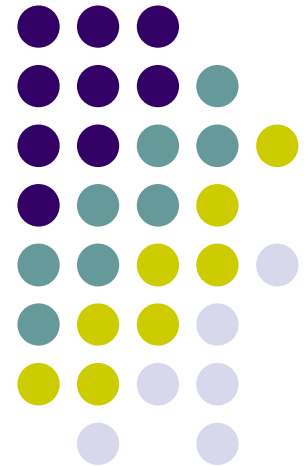
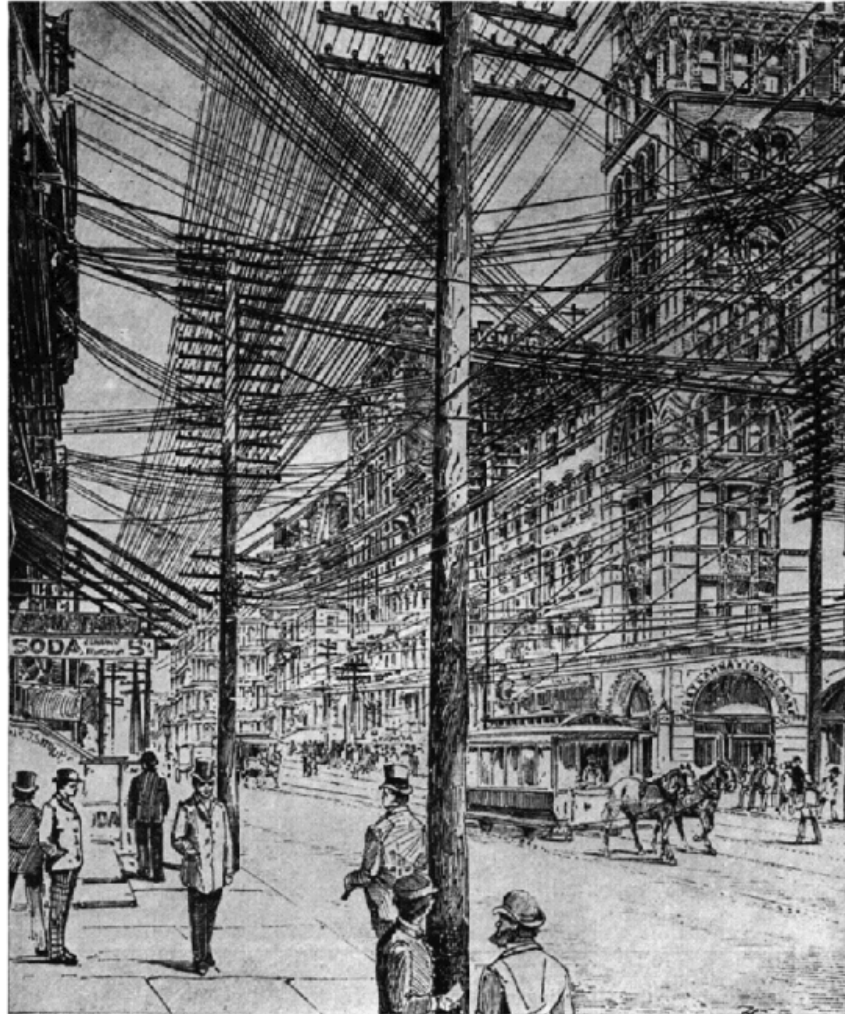


ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Βίτσας Βασίλειος



Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς New Generation Access (NGA) Networks



Manhattan 1890

Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς New Generation Access (NGA) Networks



Σκοπός

Άρση των περιορισμών του χάλκινου δικτύου σε
εύρος ζώνης

Στόχος

Οπτική ίνα στο σπίτι—Fiber To The Home (FTTH)
αλλά

ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ

Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς New Generation Access (NGA) Networks



Εναλλακτικά

Οπτική ίνα στην καμπίνα–Fiber To The Cabinet
(FTTC)

Οπτική ίνα στο κτήριο–Fiber To The Building
(FTTB)

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Σύμφωνα με το
Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακής Τυποποίησης –
European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
σαν **δίκτυο πρόσβασης**

ορίζεται το τμήμα του δικτύου που συνδέει τον
συνδρομητή με το αστικό του κέντρο (ΑΚ) και



Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης

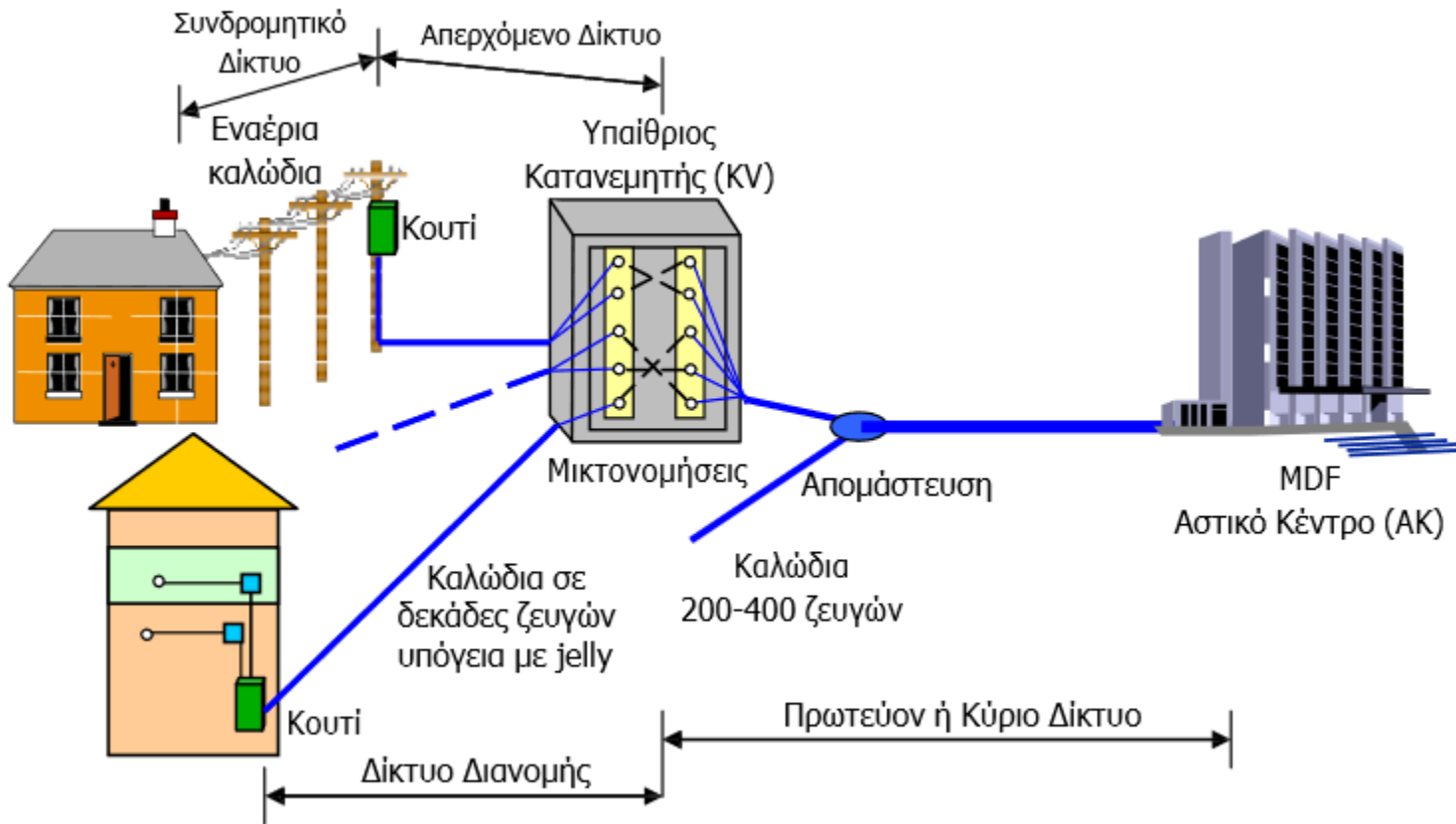
το **δίκτυο πρόσβασης** περιλαμβάνει

- το πρωτεύον ή κύριο δίκτυο και
- το δίκτυο διανομής

Το δίκτυο διανομής χωρίζεται σε

- στο απερχόμενο δίκτυο και
- στο συνδρομητικό δίκτυο

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης





Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης

Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει η παραπάνω δομή με τρία διακριτά τμήματα, δηλαδή τα

- πρωτεύον ή κύριο δίκτυο και
- απερχόμενο δίκτυο και
- συνδρομητικό δίκτυο

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις μεγάλων ειδικών πελατών, όπως υπουργεία, νοσοκομεία, αστυνομία, τράπεζες, κλπ όπου (α) για λόγους ασφαλείας και (β) λόγω μεγέθους, το κύριο δίκτυο τερματίζεται απευθείας στο χώρο του συνδρομητή

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Το δίκτυο πρόσβασης σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε, σε διάρκεια πολλών δεκαετιών, για την παροχή της υπηρεσίας της κοινής τηλεφωνίας (φωνής) (Plain Ordinary Telephony Services – POTS).

Χρησιμοποιεί αθωράκιστα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών που ξεκινούν από τον κεντρικό κατανομητή (Main Distribution Frame – MDF) του Αστικού Κέντρου (ΑΚ) και καταλήγουν στην υποδοχή τερματισμού δικτύου (Network Termination Equipment – NTE) στον χώρο του συνδρομητή.

Με άλλα λόγια, κάθε συνδρομητής έχει ένα ζεύγος χάλκινων συνεστραμμένων καλωδίων που τον συνδέει με το Αστικό Κέντρο της περιοχής του.

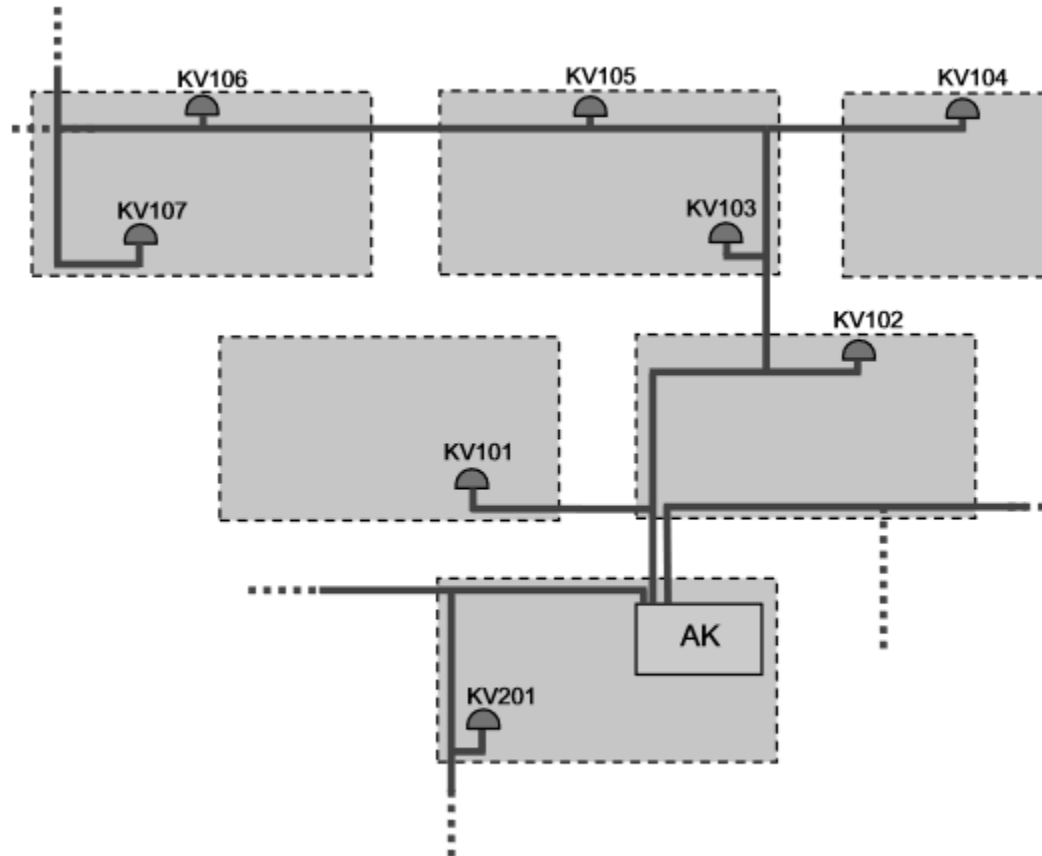
Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Το κύριο δίκτυο (ΑΚ-KV) περιλαμβάνει πολλά καλώδια πολύ μεγάλης χωρητικότητας (μέχρι 2.400 ζεύγη) που ξεκινούν από το Αστικό Κέντρο και αναπτύσσονται σε δενδροειδή τοπολογία με διακλαδώσεις και απομαστεύσεις και καταλήγουν σε υπαίθριους κατανεμητές (Cross Connection Cabinets – KV) που καλύπτουν τους συνδρομητές μιας περιοχής.

Τα καλώδια του κύριου δικτύου είναι τοποθετημένα συνήθως σε στεγανούς σωλήνες και επιτηρούνται από σύστημα Πεπιεσμένου Ξηρού Αέρα για καλύτερη απόδοση.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Σχήμα 1.2 Σχηματική ανάπτυξη κύριου δικτύου αστικού κέντρου.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Το απερχόμενο δίκτυο (KV-κουτί) ξεκινά από τους υπαίθριους κατανεμητές και καταλήγει σε κουτιά τερματισμού εντός ή εκτός κτιρίων. Τα καλώδια του απερχόμενου δικτύου είναι μικρότερης χωρητικότητας (10-100 ζεύγη).

Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως υπόγεια και είναι γεμισμένα με κατάλληλο πληρωτικό υλικό από γέλη (jelly) για να εμποδίζεται η εισροή υγρασίας εντός του καλωδίου



Σχήμα 3 Καλώδια αστικού δικτύου ΟΤΕ (Πηγή: Τηλεκαλώδια)

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης






Σε ημιαστικά περιβάλλοντα, τα κουτιά τερματισμού είναι συχνά τοποθετημένα πάνω σε ξύλινους στύλους και οι συνδρομητές συνδέονται με χρήση εναερίων αυτοστήρικτων συνδρομητικών καλωδίων.

Από το κουτί τερματισμού μέχρι τον συνδρομητή μεσολαβεί το συνδρομητικό δίκτυο ή η εσωτερική καλωδίωση του κτιρίου με ένα ή δύο ζεύγη ανά συνδρομητή.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Στον πίνακα 2 περιγράφεται η δομή του δικτύου πρόσβασης των μεγαλύτερων ευρωπαϊκών εταιριών, που διαθέτουν ενσύρματα δίκτυα παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών

Δομή Δικτύου	 Κύριο Δίκτυο	 Απερχόμενο Δίκτυο	 Συνδρομητικό Δίκτυο
	Πρώτο Τμήμα	Δεύτερο Τμήμα	Τρίτο Τμήμα
Μέσο Καλωδιακό μήκος (m) Αστικές Περιοχές Αγροτικές Περιοχές	500 – 2.000	300 – 1.000 100 – 1.000	50 - 100
Ζεύγη ανά τμήμα (μέση τιμή)	400 – 2.400	10 - 200	1 - 2
Διάμετρος αγωγών (mm)	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6	0,4 – 0,8
Ποσοστό χρήσης ζευγών ανά τμήμα (ενεργά ζεύγη)	65 %	50 %	100 %

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Όπως γίνεται αντιληπτό, στο δίκτυο πρόσβασης βρίσκουμε καλώδια διαφόρων τύπων και ηλικιών, κάποια από τα οποία έχουν δεχθεί εργασίες συντήρησης για την άρση καλωδιακών βλαβών και οι δυνατότητές τους, εκτός από το να μεταφέρουν φάσμα φωνής δεν είναι σε μεγάλο βαθμό αξιόπιστες.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Ο υπαίθριος κατανεμητής (KV) αποτελείται από μια υπαίθρια καμπίνα κατάλληλων διαστάσεων, μεταλλική ή πλαστική, η οποία τοποθετείται πάνω σε τσιμεντένια βάση για προστασία από πλημμύρες και περιλαμβάνει εξοπλισμό για τον τερματισμό και την διασύνδεση του κυρίου και του απερχόμενου δικτύου. Εξυπηρετεί από 150 μέχρι και 600 χάλκινα ζεύγη, ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού και τον γενικότερο δικτυακό σχεδιασμό. Σε περιοχές με μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα KV, ενώ μικρής χωρητικότητας KV σε πυκνοκατοικημένες περιοχές συχνά υποδηλώνουν μικρού μήκους δίκτυο διανομής.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



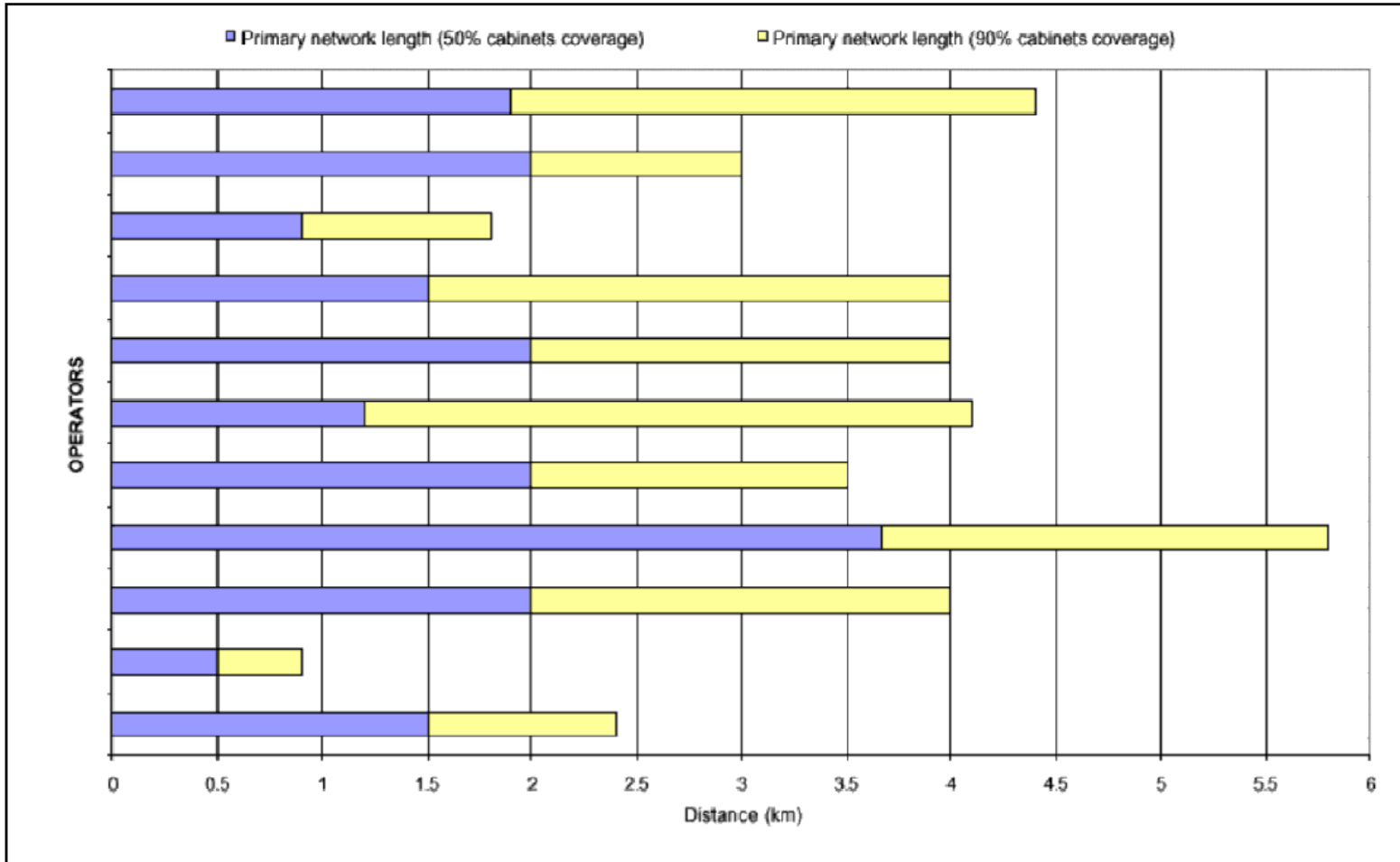
Σχήμα 4 Τα KV του ΟΤΕ (νέου και παλαιού τύπου) έχουν χωρητικότητα τερματισμού μέχρι 1.200 και 750 ζεύγη αντίστοιχα, με λόγο 2:3 μεταξύ των ζευγών κυρίου και απερχόμενου δικτύου.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



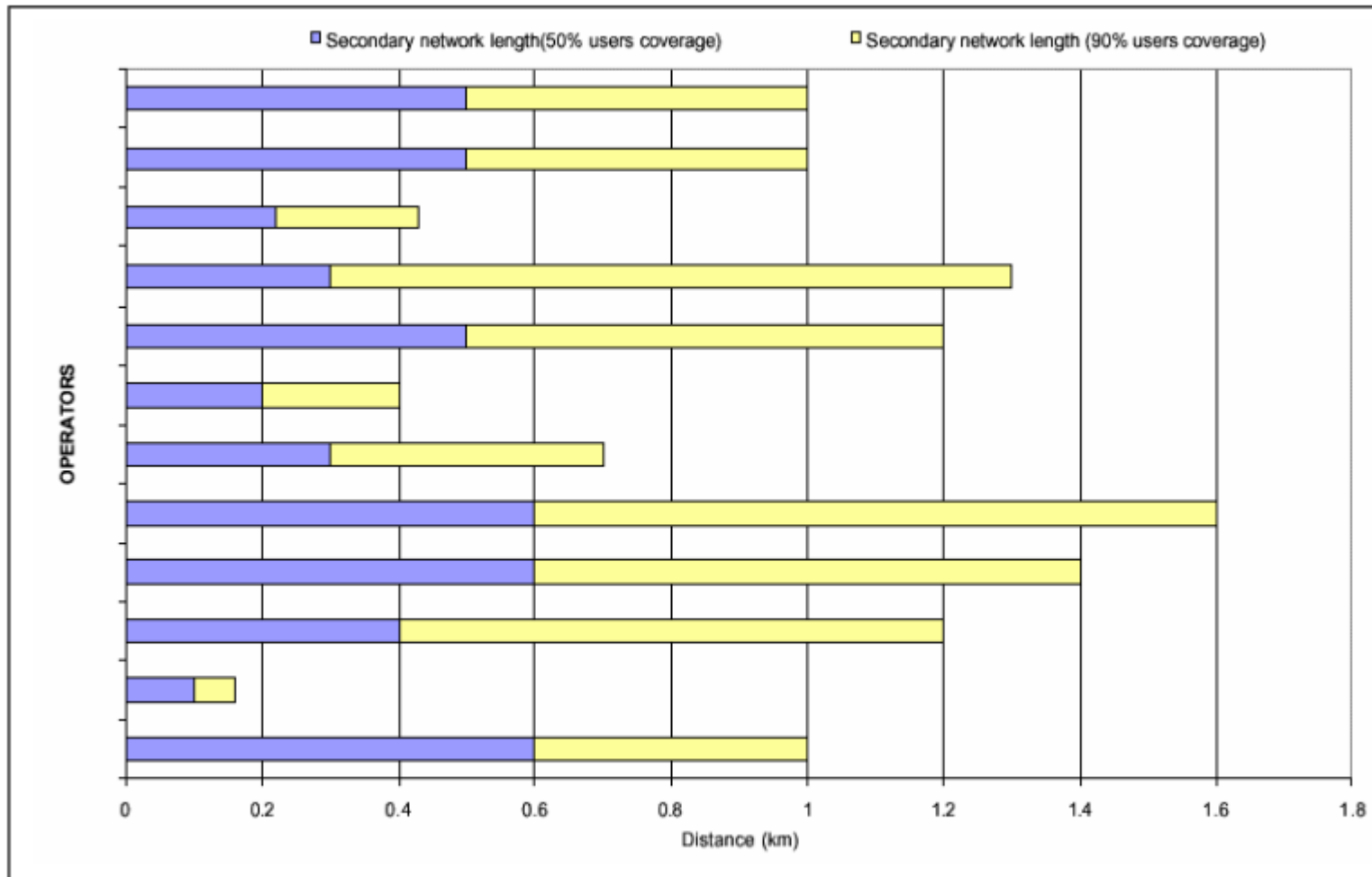
Το κουτί τερματισμού (ΚΤ) αποτελεί τον τερματισμό του απερχόμενου δικτύου στο άκρο του συνδρομητή. Βρίσκεται στο εσωτερικό ενός κτιρίου, συνδεδεμένο με την εσωτερική καλωδίωση των διαμερισμάτων μιας πολυκατοικίας, ή σε εξωτερικό χώρο, στερεωμένο πάνω σε τοίχο ή στύλο. Τόσο τα εσωτερικά όσο και τα εξωτερικά ΚΤ είναι μεταλλικά ή πλαστικά και είναι εξοπλισμένα με στοιχεία τερματισμού. Τα εσωτερικά ΚΤ, γνωστά και ως εσκαλίτ, είναι μεγαλύτερα ώστε να επιτρέπουν τον τερματισμό μέχρι και 50 ζευγών (εισαγωγή εξωτερικού καλωδίου και εσωτερική καλωδίωση), ενώ τα εξωτερικά ΚΤ είναι μικρότερα, με χωρητικότητα τερματισμού από 10 έως 20 ζευγών. Η συνδρομητική καλωδίωση από τα εξωτερικά ΚΤ μέχρι τον συνδρομητή γίνεται με αυτοστήρικτα καλώδια 2 ή 4 ζευγών.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Σχήμα 5 Στοιχεία κάλυψης κυρίου δικτύου ευρωπαϊκών Telco [ITU-T FS-VDSL FGTS Part 1: Operator requirements, p. 26].

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Σχήμα 6 Στοιχεία κάλυψης απερχόμενου δικτύου ευρωπαϊκών Telco [ITU-T FS-VDSL FGTS Part 1: Operator requirements, p. 26].

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



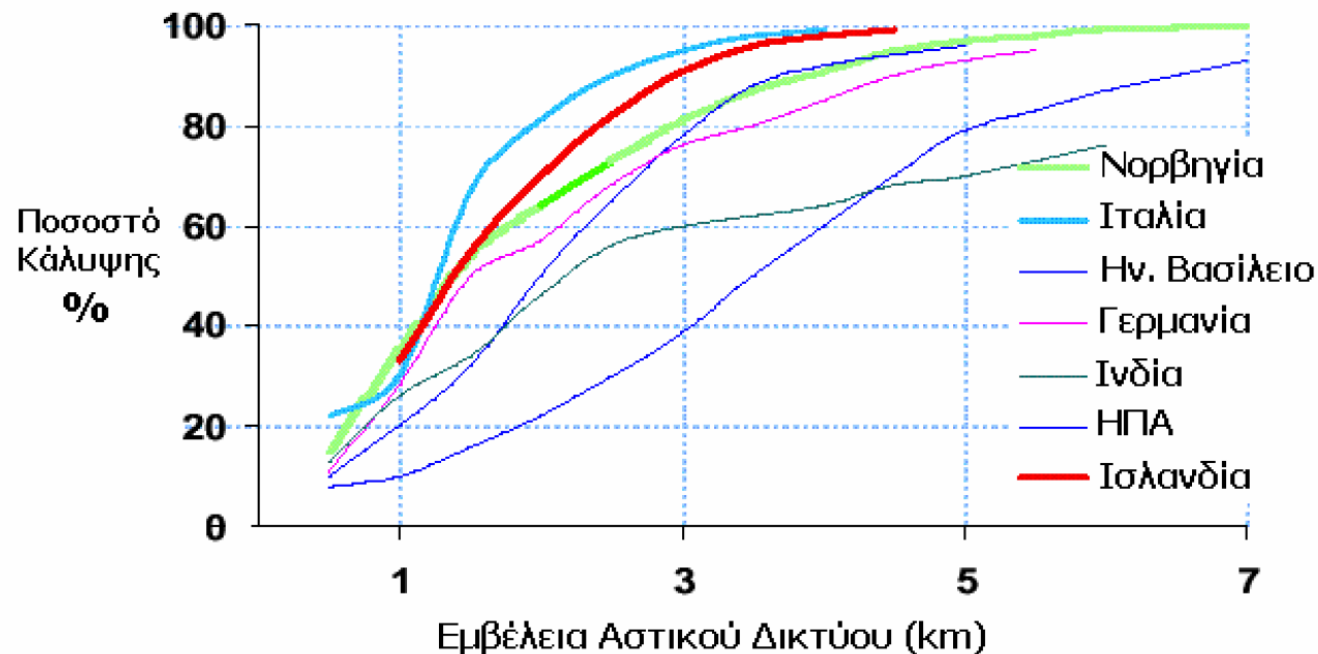
Από τα παραπάνω φαίνεται ότι, τόσο οι δυνατότητες όσο και οι επιλογές ενός τηλεπικοινωνιακού παρόχου επηρεάζονται και βασίζονται σημαντικά από τον σχεδιασμό και τις αποστάσεις του υφιστάμενου δικτύου πρόσβασης.

Για παράδειγμα σε χώρες που το δίκτυο διανομής έχει μεγάλο μήκος ή είναι φτωχό ή κακής ποιότητας, η επιλογή FTTH/B είναι μονόδρομος, ενώ αντίθετα σε χώρες που το δίκτυο διανομής είναι μικρού μήκους και καλής ποιότητας, η επιλογή FTTC με VDSL2 είναι πολύ ελκυστική.

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης

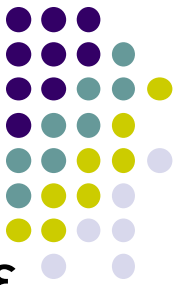


Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες πάνω από το 60 % του συνόλου των συνδρομητών βρίσκεται σε απόσταση μέχρι 2 km από το αστικό κέντρο. Αντίθετα στις ΗΠΑ, στην Νορβηγία και στην Ινδία, το δίκτυο πρόσβασης έχει μεγαλύτερο μήκος, όπως εμφανίζεται παρακάτω σχήμα.

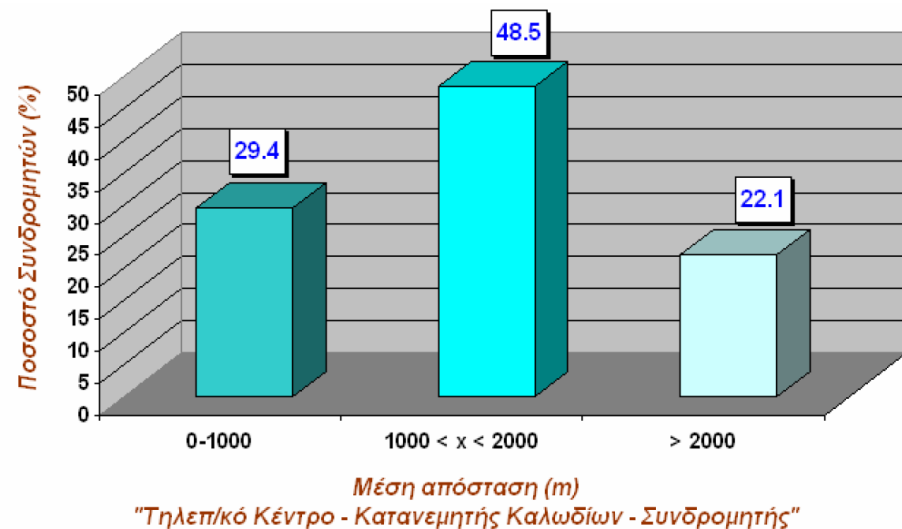


Σχήμα 7. Συγκριτική κάλυψη δικτύων πρόσβασης σε διάφορες χώρες³⁸

Παραδοσιακή δομή δικτύου πρόσβασης



Στην Ελλάδα η δομή του δικτύου πρόσβασης ομοιάζει με εκείνο της Γερμανίας, και το 78% των συνδρομητών βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 2 km από το αστικό κέντρο (βλέπε σχήμα). Τα στοιχεία διαφοροποιούνται μεταξύ περιοχών, με μικρότερα μήκη χαλκού στις πολυκεντρικές περιοχές στο κέντρο των πόλεων και μεγαλύτερα μήκη σε προαστιακές περιοχές, που αναπτύσσονται οικιστικά στις παρυφές των πόλεων.





Δικτυακές Υπηρεσίες

Οι υπηρεσίες προσθέτουν αξία σε ένα δίκτυο!

Τι είναι πιο σημαντικό;

- Χρήσιμες υπηρεσίες με υψηλή ζήτηση από δυνητικούς χρήστες ή
- Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα με υψηλές ταχύτητες;

Χωρίς υπηρεσίες τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι λεωφόροι άδειες από αυτοκίνητα, πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας χωρίς κίνηση και χωρίς έσοδα από διόδια για να χρηματοδοτήσουν την συντήρησή τους και να δικαιολογήσουν την ύπαρξή τους.



Δικτυακές Υπηρεσίες

Κάποιοι υποστηρίζουν:

Αναπτύξτε μια «χρυσοφόρα» εφαρμογή με μεγάλη ζήτηση που να απαιτεί αρκετό εύρος ζώνης ώστε να δικαιολογείται η απαιτούμενη δικτυακή επένδυση και θα αναπτυχθεί το κατάλληλο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο!

Η αντίθεση άποψη λέει:

Η προσφορά εύρους ζώνης, δηλαδή τηλεπικοινωνιακού δικτύου υψηλών ταχυτήτων σε χαμηλές τιμές, θα δημιουργήσει από μόνη της τις απαιτούμενες εφαρμογές και θα οδηγήσει σε μεγάλη ανάπτυξη εφαρμογών.



Δικτυακές Υπηρεσίες

Σύμφωνα με τις εως τώρα τεχνολογικές εξελίξεις, δεν υπάρχει μία «χρυσοφόρα» εφαρμογή αλλά ένα σημαντικό πλήθος εφαρμογών, όπως αυτές του παρακάτω πίνακα, οι οποίες, εφόσον εξυπηρετηθούν από μια κοινή πλατφόρμα δικτύου IP, μπορούν λόγω οικονομίας κλίμακας να έχουν λογικό κόστος ώστε να δημιουργήσουν ικανή ζήτηση που να διακιολογεί την ανάπτυξη του δικτύου.

Δικτυακές Υπηρεσίες



Κατηγορία	Υπηρεσία	Ρυθμός Πληροφορίας (kbit/s)		QoS	Καθυστερήση (ms)	PLR ⁴⁶	Ροή	Τύπος
		Κατερχόμενου	Ανερχόμενου					
Φωνή	PSTN	64	64	CBR ⁴⁷	150	1%	αμφίδρομη	unicast
	VoIP	30	30	rt-VBR ⁴⁸	400	3%	αμφίδρομη	unicast
Ήχος	Audio-conferencing	128		rt-VBR			αμφίδρομη	multicast
	Audio-on-Demand	256		rt-VBR			μονόφορη	unicast
	Broadcast Audio	128		rt-VBR			μονόφορη	multicast
Βίντεο	Broadcast SDTV @ MPEG-2	4.000		CBR			μονόφορη	multicast
	Broadcast HDTV @ MPEG-2	15.000		CBR			μονόφορη	multicast
	Broadcast SDTV @ MPEG-4	2.000		CBR			μονόφορη	multicast
	Broadcast HDTV @ MPEG-4	8.000		CBR			μονόφορη	multicast
	Video-on-Demand SDTV	2.000		CBR			μονόφορη	unicast
	Video-on-Demand HDTV	8.000		rt-VBR			μονόφορη	unicast
	Video-telephony	384	384	rt-VBR			αμφίδρομη	unicast
	Video-conferencing	384	384	rt-VBR			αμφίδρομη	multicast
Δεδομένα	File Transfer	1.000-5.000		UBR ⁴⁹			μονόφορη	unicast
	WWW	256-1.000		ABR ⁵⁰			μονόφορη	unicast
	E-mail	1.000		UBR			Μονόφορη	unicast
	Peer-to-peer	5.000		UBR			αμφίδρομη	unicast
	Instant Messaging	10		ABR			αμφίδρομη	unicast
	Gaming-on-Demand	1.500		CBR	100		αμφίδρομη	unicast



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης

Η **διείσδυση των οπτικών ινών** στο δίκτυο πρόσβασης εξυπηρετείται από μια ομάδα δικτυακών τεχνολογιών, που είναι γνωστές ως **FTTx** (Fibre To The x), όπου η παράμετρος x υπονοεί τον βαθμό διείσδυσης της οπτικής ίνας στο δίκτυο. Οι περισσότερες κοινές παραλλαγές περιλαμβάνουν:

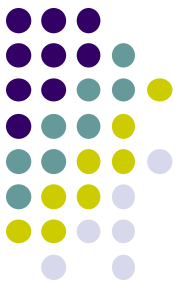
- Fibre to the cabinet or curb (FTTC – ίνα μέχρι μια υπαίθρια καμπίνα)
- Fibre to the building (FTTB – ίνα μέχρι την εισαγωγή του κτιρίου)
- Fibre to the home (FTTH – ίνα μέχρι το διαμέρισμα του συνδρομητή).

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC

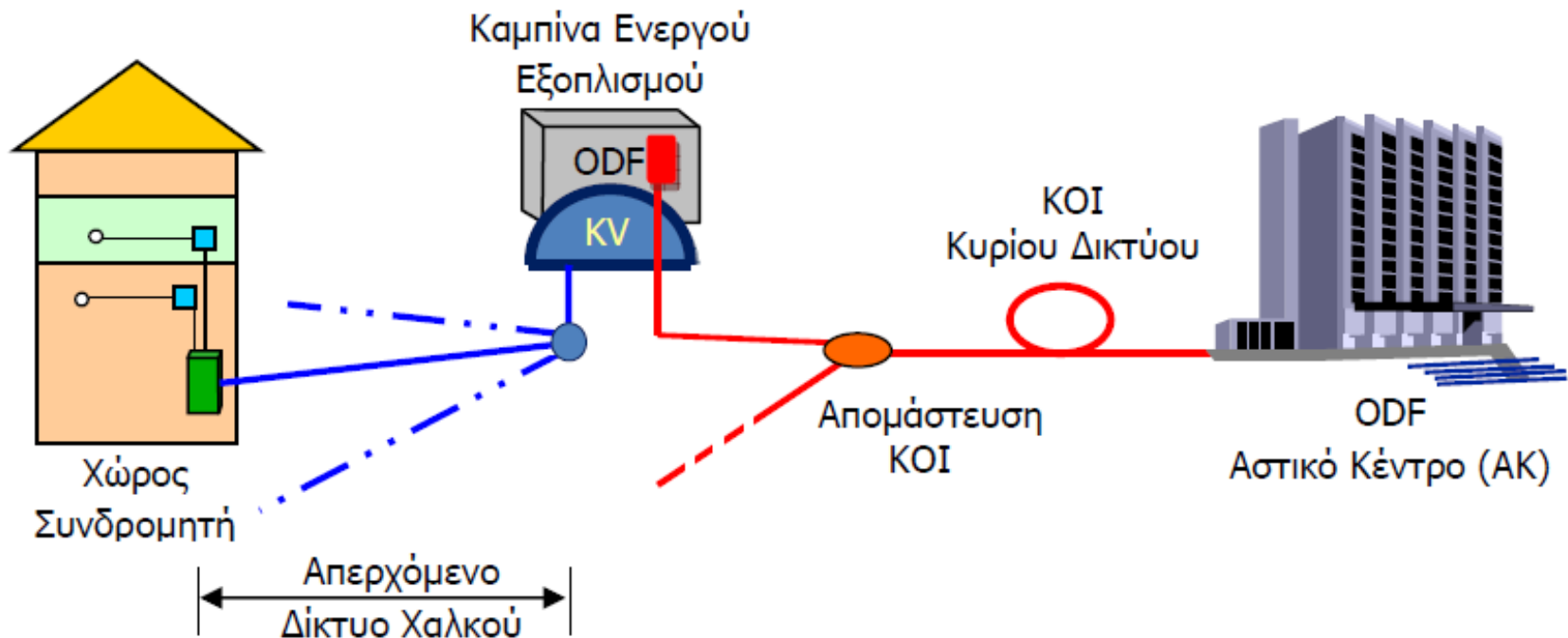


Το FTTC σημαίνει «ίνα μέχρι την καμπίνα» και προβλέπει τη χρήση της οπτικής ίνας μέχρι μια υπαίθρια καμπίνα εγκατάστασης ενεργού εξοπλισμού, η οποία τοποθετείται επί του πεζοδρομίου και εξυπηρετεί μια ομάδα συνδρομητών (από 50 έως 500) μέσω του υφιστάμενου απερχόμενου δικτύου χαλκού. Με δεδομένη την τοπολογία του δικτύου πρόσβασης, η πλέον κατάλληλη θέση για την εγκατάσταση του ενεργού εξοπλισμού είναι ο χώρος του υφιστάμενου υπαίθριου κατανεμητή (KV).

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



Με τον τρόπο αυτό η οπτική ίνα αντικαθιστά το καλώδιο κυρίου δικτύου, που συνδέει το ΚV με το αστικό κέντρο, ενώ το απερχόμενο δίκτυο διατηρείται για την πρόσβαση στο χώρο του συνδρομητή, όπως περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα.



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



Η ανάπτυξη ενός δικτύου FTTC προϋποθέτει την εγκατάσταση υπαίθριας καμπίνας για την εγκατάσταση ενεργού εξοπλισμού. Η καμπίνα πρέπει να έχει κατάλληλες διαστάσεις ώστε να φιλοξενεί και να προστατεύει τον ενεργό εξοπλισμό από το εξωτερικό περιβάλλον, διασφαλίζοντας κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας. Αν και κατά καιρούς έχουν εξετασθεί διάφορα σενάρια υλοποίησης, στην γενικότερη περίπτωση, ο ενεργός εξοπλισμός, που εγκαθίσταται εντός της καμπίνας θα πρέπει να καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις του συνόλου των συνδρομητών σε υπηρεσίες POTS, VoIP, ISDN, DSL (FastInternet, IPTV, VoD), μισθωμένα κυκλώματα κλπ.).

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



Μια υπαίθρια καμπίνα πρέπει να διαθέτει κατάλληλη διαρρύθμιση ώστε να στεγάζει τον ακόλουθο ενεργό και παθητικό εξοπλισμό:

- Ενεργό εξοπλισμό για την παροχή υπηρεσιών στενής και ευρείας ζώνης (POTS, ISDN, DSLAM για παροχή xDSL και VDSL2).
- Εξοπλισμός μετάδοσης για όλα τα είδη του ενεργού εξοπλισμού (πχ σύνδεση Ethernet (Fast Ethernet ή Gigabit Ethernet) προς το οικείο αστικό κέντρο

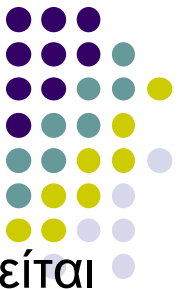
Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



- Μονάδα ηλεκτρικής τροφοδοσίας, τοπική ή απομακρυσμένη, κατάλληλης ισχύος για την λειτουργία του ενεργού εξοπλισμού. Σε περίπτωση τοπικής τροφοδοσίας χρησιμοποιούνται: ένας μετρητής για μέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, μια ανορθωτική διάταξη για την παροχή DC τάσης στα -48 V, καθώς και ηλεκτρικούς συσσωρευτές για εφεδρεία σε περίπτωση διακοπών τάσης. Για χαμηλές απαιτήσεις ισχύος (<500 W), μπορεί να χρησιμοποιηθεί και τηλε- τροφοδότηση ισχύος από το αστικό κέντρο, μέσω ικανού πλήθους διαθέσιμων ζευγών χαλκού του κυρίου δικτύου.

Η τηλε-τροφοδοσία της καμπίνας από το αστικό κέντρο αναιρεί την ανάγκη για χρήση μπαταριών στην καμπίνα, εξοικονομώντας χώρο εντός της καμπίνας και μειώνοντας το κόστος συντήρησης, αφού σε περίπτωση διακοπής τάσης η εφεδρεία παρέχεται από το ηλεκτροπαροχικό ζεύγος του αστικού κέντρου.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



- Το πλαίσιο του τοπικού κατακεμητή καλωδίων (LDF) χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών (ευρείας και στενής ζώνης) στους συνδρομητές, μέσω πρόσβασης στο υφιστάμενο χάλκινο δίκτυο διανομής.
- Το πλαίσιο οπτικού κατακεμητή (ODF) απαιτείται για τον τερματισμό του καλωδίου οπτικών ινών, που συνδέει την υπαίθρια καμπίνα με το αστικό κέντρο.
- Μονάδα για τον θερμοκρασιακό έλεγχο του ενεργού εξοπλισμού στο εσωτερικό της καμπίνας, το είδος και οι δυνατότητές της οποίας εξαρτώνται από τις συνολικές απαιτήσεις κατανάλωσης ισχύος του ενεργού εξοπλισμού. Η ψύξη θεωρείται περισσότερο σημαντική σε χώρες του ευρωπαϊκού νότου, όπου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η εξωτερική θερμοκρασία μπορεί να ξεπερνά τους 50°C. Για την ψύξη του ενεργού εξοπλισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές τεχνικές, όπως εξαερισμός με ανεμιστήρες και φίλτρα σκόνης, απαγωγείς θερμότητας διαφόρων μεγεθών κλπ. Η χρήση κλιματιστικών μονάδων συνήθως αποφεύγεται, αφού, περίπτωση διακοπής της ηλεκτρικής τροφοδοσίας, οι απαιτήσεις ισχύος τους αναλώνουν σε σύντομο χρόνο την εφεδρική ενέργεια των συσσωρευτών.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTC



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTB

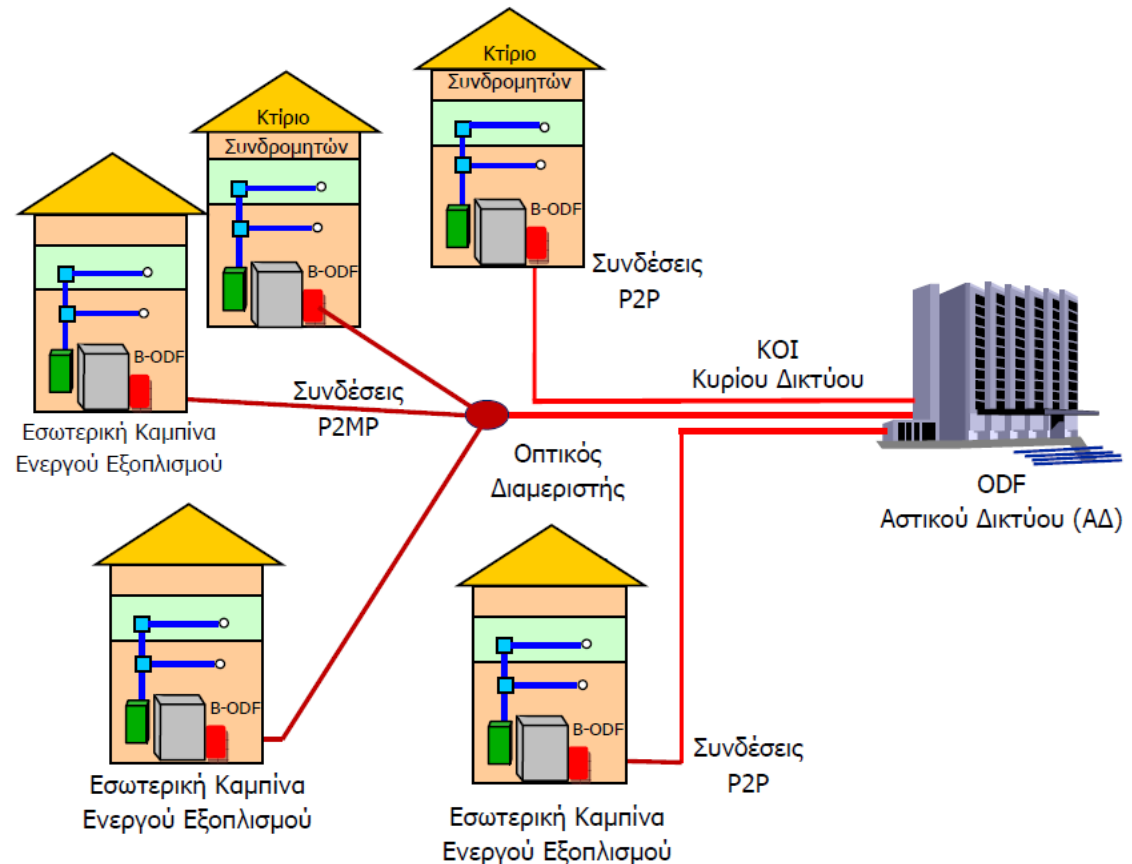


Το FTTB σημαίνει «ίνα μέχρι το κτίριο» και αποτελεί το επόμενο μεταβατικό στάδιο στην διαδικασία εξέλιξης προς ένα «εξ' ολοκλήρου οπτικό» δίκτυο πρόσβασης. Με τον όρο «κτίριο» αναφερόμαστε συνήθως σε ένα συγκρότημα διαμερισμάτων ή πολυκατοικία και όχι σε μεμονωμένες κατοικίες, όπου το FTTB γίνεται ταυτόσημο με το FTTH. Αν και το μέσο πλήθος των διαμερισμάτων ανά κτίριο δεν είναι ίδιο σε όλες τις χώρες, στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες ένα τυπικό μέγεθος κτιρίου περιλαμβάνει δέκα έως δώδεκα διαμερίσματα.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTB



Στην υλοποίηση FTTB, κάθε κτίριο συνδέεται μέσω καλωδίου οπτικών ινών στο αστικό κέντρο, όπως περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα:



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTB



Οι οπτικές ίνες εισέρχονται στο κτίριο και τερματίζονται σε ένα μικρό οπτικό κατανεμητή (B-ODF), κοντά στο κουτί τερματισμού του χάλκινου συμβατικού δικτύου (εσκαλίτ).

Για την πρόσβαση στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου απαιτείται η έγκριση του ιδιοκτήτη ή των συνιδιοκτητών.

Ο ενεργός εξοπλισμός που εγκαθίσταται στο εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να περιλαμβάνει POTS, VoIP, ISDN, DSL μισθωμένα κυκλώματα κλπ.).

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTB

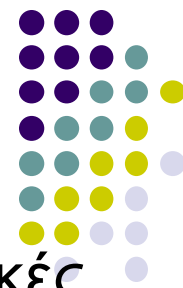


Ο εξοπλισμός αυτός πρέπει να εγκαθίσταται σε μια μικρή καμπίνα-κουτί εσωτερικού χώρου, σε κατάλληλη θέση εντός του κτιρίου, κοντά στον κατανεμητή χάλκινων καλωδίων («εσκαλίτ»), όπου τερματίζεται η εσωτερική καλωδίωση του κτιρίου, που παρέχει πρόσβαση στα επιμέρους διαμερίσματα.

Η ηλεκτρική τροφοδοσία του ενεργού εξοπλισμού θα παρέχεται τοπικά (χρησιμοποιώντας κοινόχρηστο ή ανεξάρτητο μετρητή).

Για την τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού στον κοινόχρηστο εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου, απαιτείται η έγκριση του ιδιοκτήτη ή των συνιδιοκτητών του κτιρίου, η οποία δεν παρέχεται εύκολα σε κτίρια με πολλούς συνιδιοκτήτες.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTB



Η υλοποίηση FTTB παρουσιάζει ρυθμιστικές και πρακτικές δυσκολίες όταν η εξυπηρέτηση των συνδρομητών του κτιρίου γίνεται από περισσότερους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους. Στην περίπτωση αυτή, υφίσταται ανάγκη για φυσική συνεγκατάσταση του εξοπλισμού περισσοτέρων παρόχων εντός του κτιρίου, αυξάνοντας τις απαιτήσεις σε χώρο και ηλεκτρική τροφοδοσία, καθώς και την δυσκολία διασφάλισής τους.

Επιπλέον προκύπτουν προβλήματα επιμερισμού κόστους μεταξύ υφισταμένων παρόχων, ενώ το πρόβλημα της εμφάνισης μελλοντικού παρόχου φαντάζει άλυτο, όσον αφορά τον καταμερισμό δαπανών.

Επίσης σε περίπτωση διακοπής, ζημιάς ή παράβασης απορρήτου σε κύκλωμα ενός εκ των παρόχων προκύπτει αδιέξοδο.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTB



Στον ενεργό εξοπλισμό παρέχεται τοπική τροφοδοσία με την άδεια του ιδιοκτήτη του κτιρίου, μέσω κοινόχρηστου ή ανεξάρτητου μετρητή.

Προτιμάται εξοπλισμός με παροχή AC, αλλιώς απαιτείται η χρήση ενός μικρού ανορθωτή για την παροχή -48 V DC.

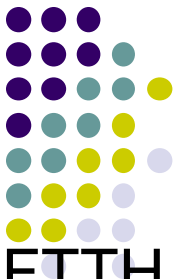
Για λόγους εφεδρείας σε περίπτωση διακοπών ηλεκτροδότησης (διασφάλιση λειτουργίας γραμμών πρώτης ανάγκης), προτιμάται η χρήση εξοπλισμού UPS αντί για μπαταριών.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Το FTTH σημαίνει «ίνα μέχρι το σπίτι» και αποτελεί τον τελευταίο σταθμό στην εξελικτική διαδικασία προς ένα αμιγώς οπτικό δίκτυο πρόσβασης. Με τον όρο «σπίτι» υπονοείται συνήθως ένα διαμέρισμα σε μία πολυκατοικία και όχι η μονοκατοικία, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως κτίριο.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, στην υλοποίηση FTTH κάθε διαμέρισμα ενός κτιρίου συνδέεται με το αστικό του κέντρο μέσω ενός ζεύγους οπτικών ινών. Για την σύνδεση μπορεί να χρησιμοποιηθούν τοπολογίες P2P ή P2MP. Ένα οπτικό καλώδιο, κατάλληλης χωρητικότητας σε οπτικές ίνες, εισάγεται στο κτίριο και τερματίζεται στο «κύριο οπτικό κατανομητή κτιρίου» (Main Building Optical Distribution Frame → MB-ODF), που αποτελεί το σημείο διεπαφής μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού οπτικού δικτύου.



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH

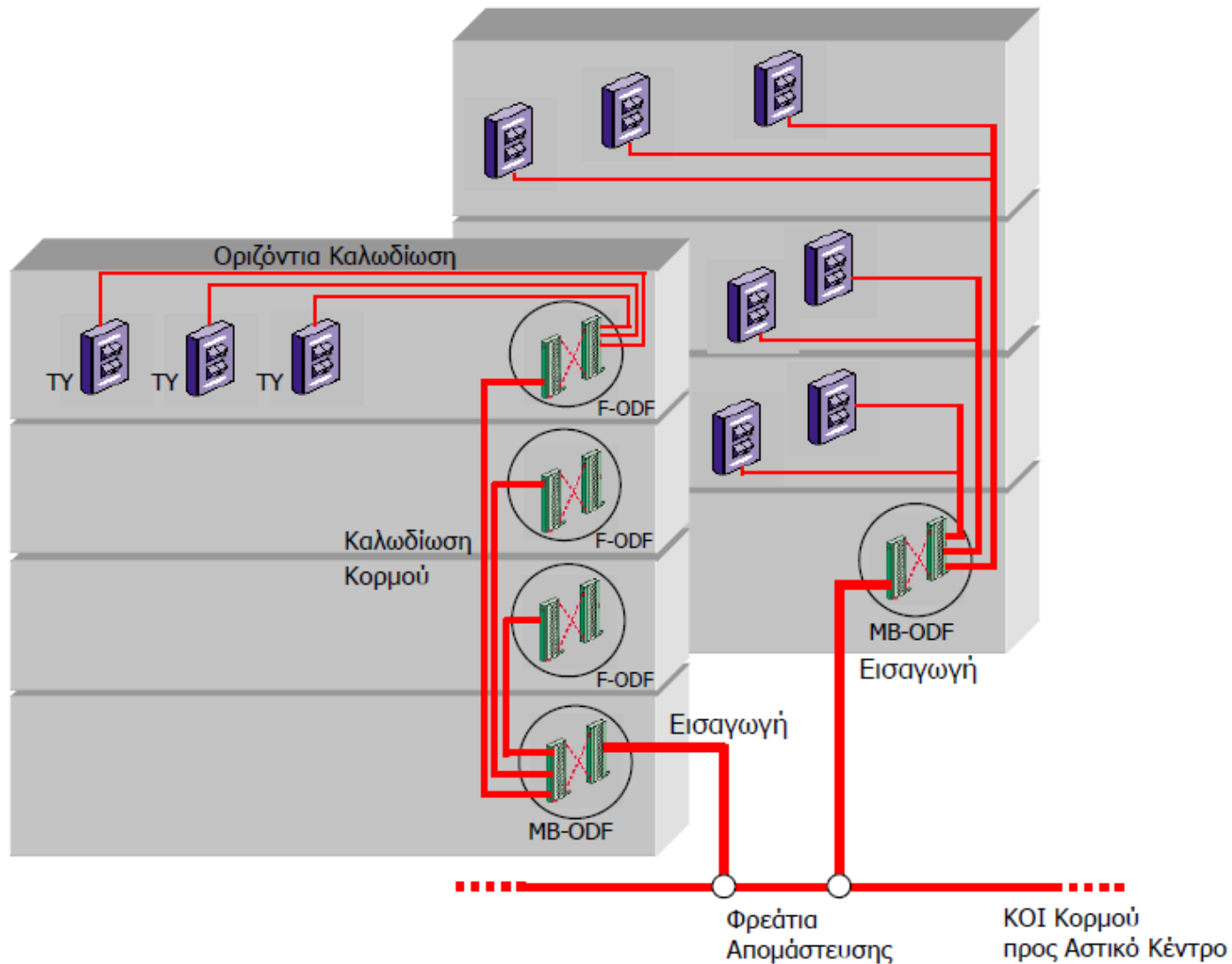
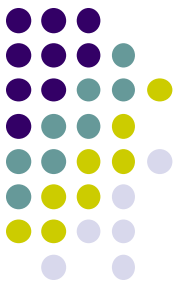


Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι ανάπτυξης του εσωτερικού δικτύου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Στην **πρώτη περίπτωση** υπάρχει μια σαφής διαφοροποίηση μεταξύ της καλωδίωσης κορμού, που ξεκινά από τον MB-ODF και τερματίζει σε ανεξάρτητο κατανεμητή κάθε ορόφου (F-ODF), και της οριζόντιας καλωδίωσης, που ξεκινά από κάθε F-ODF και τερματίζει στην τηλεπικοινωνιακή υποδοχή (TY) κάθε διαμερίσματος σε τοπολογία αστέρα.

Στην **δεύτερη περίπτωση** στο εσωτερικό δίκτυο μιας πολυκατοικίας προτιμάται συνήθως η κεντριοποιημένη καλωδίωση, με κατάργηση των F-ODF κάθε ορόφου και απ' ευθείας σύνδεση όλων των διαμερισμάτων (TY) στον MB-ODF.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Μια περισσότερο ελκυστική προσέγγιση χρησιμοποιεί, αντί καλωδίου, «δέσμη μικρο-σωληνώσεων" σε όλη τη διαδρομή από το αστικό κέντρο μέχρι τα διαμερίσματα των συνδρομητών, αφήνοντας εφεδρεία σωληνίσκων σε κάθε ενδιάμεσο κουτί διασύνδεσης ή τερματισμού για μελλοντικές συνδέσεις. Για την σύνδεση ενός νέου διαμερίσματος απαιτείται: α) η εξασφάλιση της συνέχειας στη διαδρομή των σωληνίσκων από το αστικό κέντρο μέχρι την ΤΥ του συνδρομητή, β) η εμφύσηση δέσμης ινών από το ένα άκρο στο άλλο και γ) ο τερματισμός των ινών στα δύο άκρα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι ενδιάμεσες συγκολλήσεις σε οπτικούς συνδέσμους και οι τερματισμοί ινών σε ενδιάμεσους ODF, που αυξάνουν τόσο την εξασθένιση της ζεύξης όσο και το κόστος κατασκευής. Καταργείται όμως ουσιαστικά ο λειτουργικός διαχωρισμός μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού δικτύου.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Σε πολλά νέα κτίρια υφίσταται εσωτερική καλωδίωση οπτικών ινών, ή διατίθεται υποδομή από σωληνώσεις και καλωδιο-διαδρομές για εύκολη μελλοντική εγκατάσταση καλωδίων οπτικών ινών από τον MB-ODF μέχρι τα διαμερίσματα των συνδρομητών. Η κατάσταση γίνεται περισσότερο δύσκολη σε υφιστάμενα κτίρια, που δεν διαθέτουν ελεύθερες σωληνώσεις για την εγκατάσταση ΚΟΙ μέχρι τα διαμερίσματα, και απαιτείται κατασκευαστικό έργο στον κοινόχρηστο χώρο της πολυκατοικίας, με χρήση επίτοιχων σωληνώσεων ή καλωδιο-διαδρομών.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Η δομή ενός τέτοιου δικτύου σε υφιστάμενα κτίρια περιλαμβάνει:

- Την κατακόρυφη καλωδίωση ή καλωδίωση κορμού, που εκτείνεται σε αστεροειδή τοπολογία από τον MB-ODF προς όλα τα ενδιάμεσα κουτιά των F-ODF (ένα για κάθε όροφο). Η κατακόρυφη καλωδίωση είναι επιτοίχια, ακολουθώντας συνήθως την διαδρομή του κλιμακостаσίου, του φωταγωγού ή του ανελκυστήρα. Έχει επίσης εξετασθεί και η δυνατότητα για εγκατάσταση της καλωδίωσης στο εξωτερικό του κτιρίου, στην περίπτωση όμως αυτή η πρόσβαση στους F-ODF είναι δυσκολότερη, ενώ μπορεί να υπάρχουν αντιδράσεις συνιδιοκτητών λόγω αλλοίωσης της όψης του κτιρίου.

Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



- Το οριζόντιο τμήμα της καλωδίωσης ορόφου εκτείνεται από τον F-ODF μέχρι την ΤΥ κάθε διαμερίσματος, σε αστεροειδή τοπολογία. Αποτελείται από επίτοιχους καλωδιο-διαδρόμους, προσεκτικά κατασκευασμένους σε «δύσκολες» διαδρομές από τοίχο σε τοίχο, με γωνίες που δεν πρέπει να παραβιάζουν την ελάχιστη επιτρεπτή καμπυλότητα των οπτικών ινών, μέχρι να εισέλθουν από οπή του τοίχου στο διαμέρισμα του συνδρομητή και να φθάσουν στην ΤΥ με την ελάχιστη δυνατή κατασκευαστική και αισθητική ενόχληση.
- Το τμήμα ενδο-οικιακής διανομής, από την κεντρική ΤΥ του διαμερίσματος στις επιμέρους υποδοχές των δωματίων τηλεπικοινωνιακού ενδιαφέροντος, όπως στο γραφείο, το καθιστικό, τα υπνοδωμάτια κλπ. Μετά τον τερματισμό του ζεύγους οπτικών ινών στον ενεργό εξοπλισμό του διαμερίσματος (ONT), η διανομή των επιμέρους υπηρεσιών (POTS, Fast Internet, IPTV/VoD κλπ) μπορεί να γίνεται με διαφορετικές τεχνολογίες, όπως με καλωδίωση UTP, ασύρματη μετάδοση WiFi ή αξιοποιώντας την υφιστάμενη⁵² καλωδίωση διανομής ηλεκτρικής ισχύος PLC.

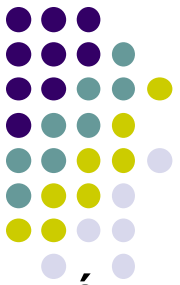
Τεχνολογίες Δικτύου Πρόσβασης - FTTH



Η κατασκευή του εσωτερικού δικτύου οπτικών ινών σε υφιστάμενα κτίρια πολυκατοικιών έχει υψηλό κόστος και η υλοποίησή του εμφανίζει συχνά δυσκολίες και καθυστερήσεις, αφού σημαντικό έργο (όπως διάτρηση τοίχων, επίτοιχη στήριξη σωληνώσεων και καλωδιο-διαδρομών) πρέπει να γίνει σε κοινόχρηστους χώρους, όπου απαιτείται η σύμφωνη γνώμη της γενικής συνέλευσης των ιδιοκτητών. Δεν είναι επίσης προφανές ποιόν θα επιβαρύνει οικονομικά η κατασκευή του νέου αυτού δικτύου (Telco, ιδιοκτήτες του κτιρίου ή κρατική χρηματοδότηση), και ποιο θα είναι το ιδιοκτησιακό καθεστώς του. Αν και οι Telco εμφανίζονται ως οι πλέον πιθανοί υποψήφιοι για την χρηματοδότηση της ως άνω υποδομής, η κατάσταση περιπλέκεται ρυθμιστικά στην περίπτωση, που περισσότερες Telco διεκδικούν ή παρέχουν τις υπηρεσίες τους στο ίδιο κτίριο.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

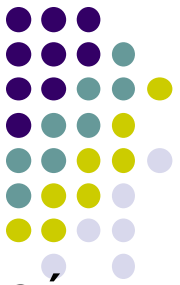
Τεχνολογίες xDSL



Το DSL (Digital Subscriber Line), που σημαίνει «ψηφιακή γραμμή συνδρομητή», αποτελεί σήμερα την πλέον διαδεδομένη τεχνολογία πρόσβασης, παρέχοντας ευρυζωνικές υπηρεσίες σε εκατομμύρια συνδρομητές του τηλεφωνικού δικτύου μέσω του υφιστάμενου δικτύου πρόσβασης. Η μεγάλη της επιτυχία οφείλεται στη χρήση των υφισταμένων καλωδίων χαλκού του αστικού δικτύου, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες δικτυακές επεμβάσεις.

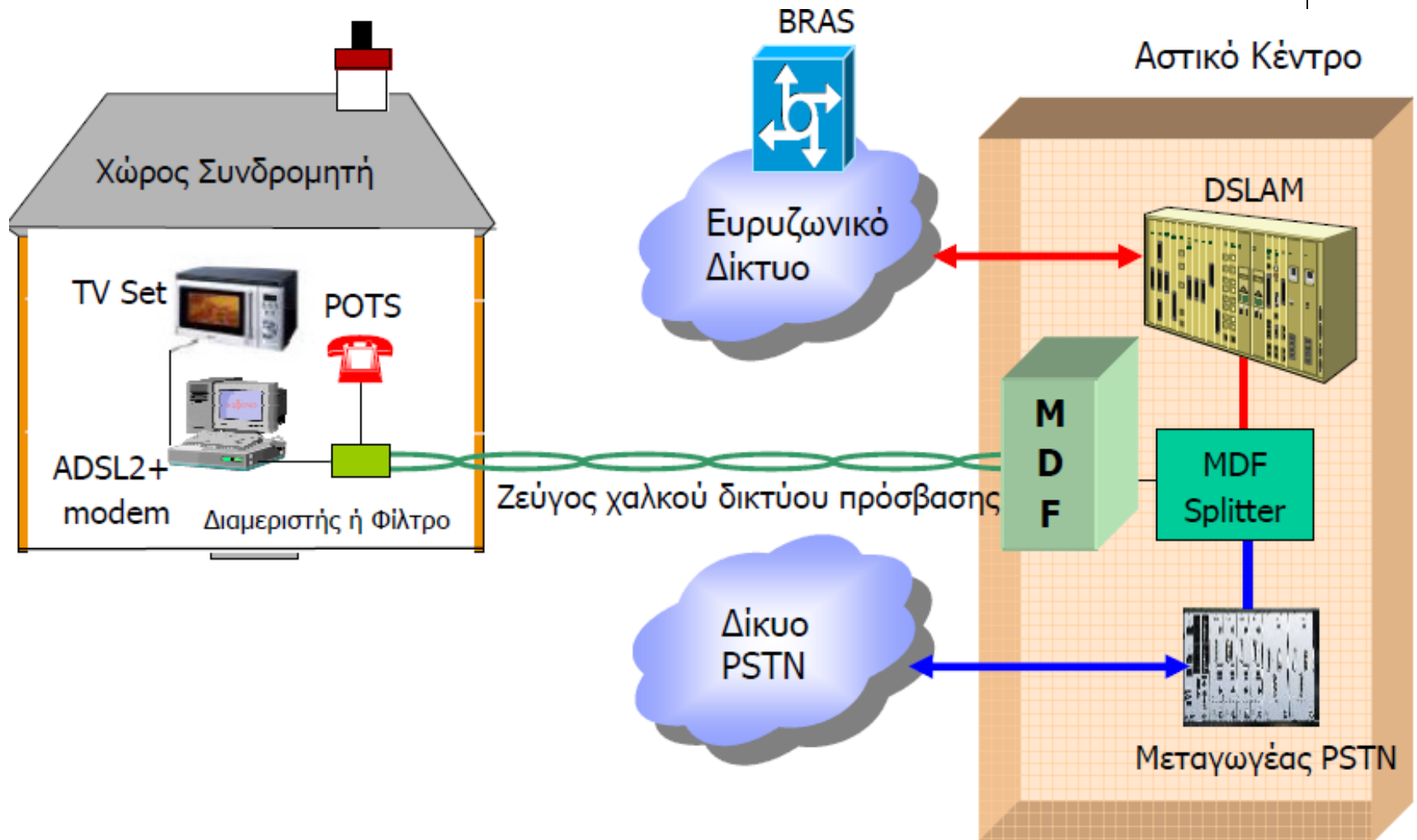
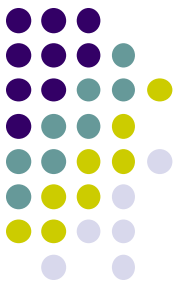
Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η λειτουργία του DSL βασίζεται στην αξιοποίηση του ηλεκτρικού φάσματος των χάλκινων καλωδίων πέραν της φωνόσυχνης περιοχής (300 – 3400 Hz). Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της τεχνολογίας DSL, γνωστής και ως xDSL. Οι περισσότερες εφαρμόζουν τεχνική πολυπλεξίας με διαίρεση συχνότητας (FDM) για ταυτόχρονη μετάδοση αναλογικής τηλεφωνίας και ευρυζωνικών υπηρεσιών μέσω του ιδίου ζεύγους χαλκού. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με χρήση ενός κατάλληλου διαμεριστή, υπό την μορφή βαθυπερατού φίλτρου, τόσο στο χώρο του αστικού κέντρου όσο και στον χώρο του συνδρομητή, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Τεχνολογίες Πρόσβασης Τεχνολογίες xDSL



Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η σύνδεση ADSL δημιουργείται στην υφιστάμενη τηλεφωνική γραμμή του συνδρομητή, με χρήση κατάλληλου modem στον χώρο του συνδρομητή και μιας αντίστοιχης θύρας DSL στο DSLAM του οικείου αστικού κέντρου. Το DSLAM λειτουργεί ως πολυπλέκτης, συνδυάζοντας ροές δεδομένων από ένα πλήθος συνδρομητών σε μια ενιαία ροή, την οποία, χρησιμοποιώντας τεχνολογία μετάδοσης ATM ή Ethernet, προωθεί σε έναν εξυπηρετητή BRAS, που παρέχει πρόσβαση στους διάφορους παρόχους υπηρεσιών διαδικτύου (ISPs), ενώ συνδέεται και στο δίκτυο κορμού IP.

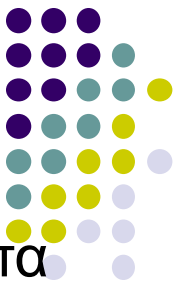
Τεχνολογίες Πρόσβασης



Όνομα	Περιγραφή	Τυποποίηση	Ζεύγη	Ρυθμός Μετάδοσης	Εύρος ζώνης
HDSL	High bit rate DSL	ITU-T G.991.1	Δύο	2.048 kb/s (Σ)	0-370 kHz
SHDSL	Single pair HDSL	ITU-T G.991.2	Ένα	192 - 2.304 kb/s (Σ)	0-400 kHz
SHDSL.bis	SDSL 2η εκδ.	ITU-T G.991.2 Annex F IEEE 802.3ah (EFM)	Ένα	768 - 5.696 kb/s (Σ)	
ADSL	Asymmetric DSL	ITU-T G.992.1(G.DMT) ITU-T G.992.2(G.lite)	Ένα	1 Mb/s (AN) 8 Mb/s (KAT)	25-138 kHz 138-1.104 kHz
ADSL2	ADSL 2η εκδ.	ITU-T G.992.3 ITU-T G.992.3 Annex J,L ITU-T G.992.4 ITU-T G.992.4 Annex J,L	Ένα	1 Mb/s (AN) 12 Mb/s (KAT)	25-138 kHz 138-1.104 kHz
ADSL2+	ADSL 3η εκδ.	ITU-T G.992.5 ITU-T G.992.5 Annex M	Ένα	1 Mb/s (AN) 24 Mb/s (KAT)	25-138 kHz 138-2.208 kHz
VDSL	Very high bit rate DSL	ITU-T G.993.1	Ένα	28 Mb/s (Σ) ή 55 Mb/s (KAT)	25 (ή 138)- 12.000 kHz
VDSL2	VDSL 2η εκδ.	ITU-T G.993.2	Ένα	Προφίλ 8a,b,c,d: 25 Mb/s (Σ) ή 50 Mb/s (KAT) Προφίλ 12a,b 17a 30a: 50 Mb/s (Σ) ή 100 Mb/s (AN)	8,5 MHz, 12,0 MHz, 17,7 MHz, 30,0 MHz

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Το ADSL αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο του Stanford και στα εργαστήρια της AT&T Bell Labs, κατά τις αρχές της δεκαετίας του 90, για την διανομή αναλογικού video μέσω τηλεφωνικών ζευγών χαλκού. Παρόλο που η εφαρμογή αυτή δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής, το ADSL γρήγορα χρησιμοποιήθηκε για πρόσβαση στο διαδίκτυο με ρυθμούς πληροφορίας μέχρι 8 Mbit/s για κατερχόμενο σήμα και μέχρι 1 Mbit/s για ανερχόμενο, ενώ το 1996 τυποποιήθηκε από την ITU-T ως G.992.1. Το 1998 η ITU-T, προκειμένου να προωθήσει περαιτέρω την τεχνολογία ADSL, προχώρησε στην έκδοση της G.992.2, μιας παραλλαγής ADSL χαμηλότερων επιδόσεων, γνωστής ως G.lite, που διευκολύνει την εγκατάσταση του ADSL modem από συνδρομητή χωρίς ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις, χρησιμοποιώντας βαθυπερατό φίλτρο γραμμής αντί για διαμεριστή. Το φίλτρο γραμμής τοποθετείται «εν σειρά», πριν από κάθε τηλεφωνική συσκευή, με σκοπό να προστατεύσει το ADSL modem από τις επιπτώσεις του κρουστικού θορύβου που αυτές μεταφέρουν.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



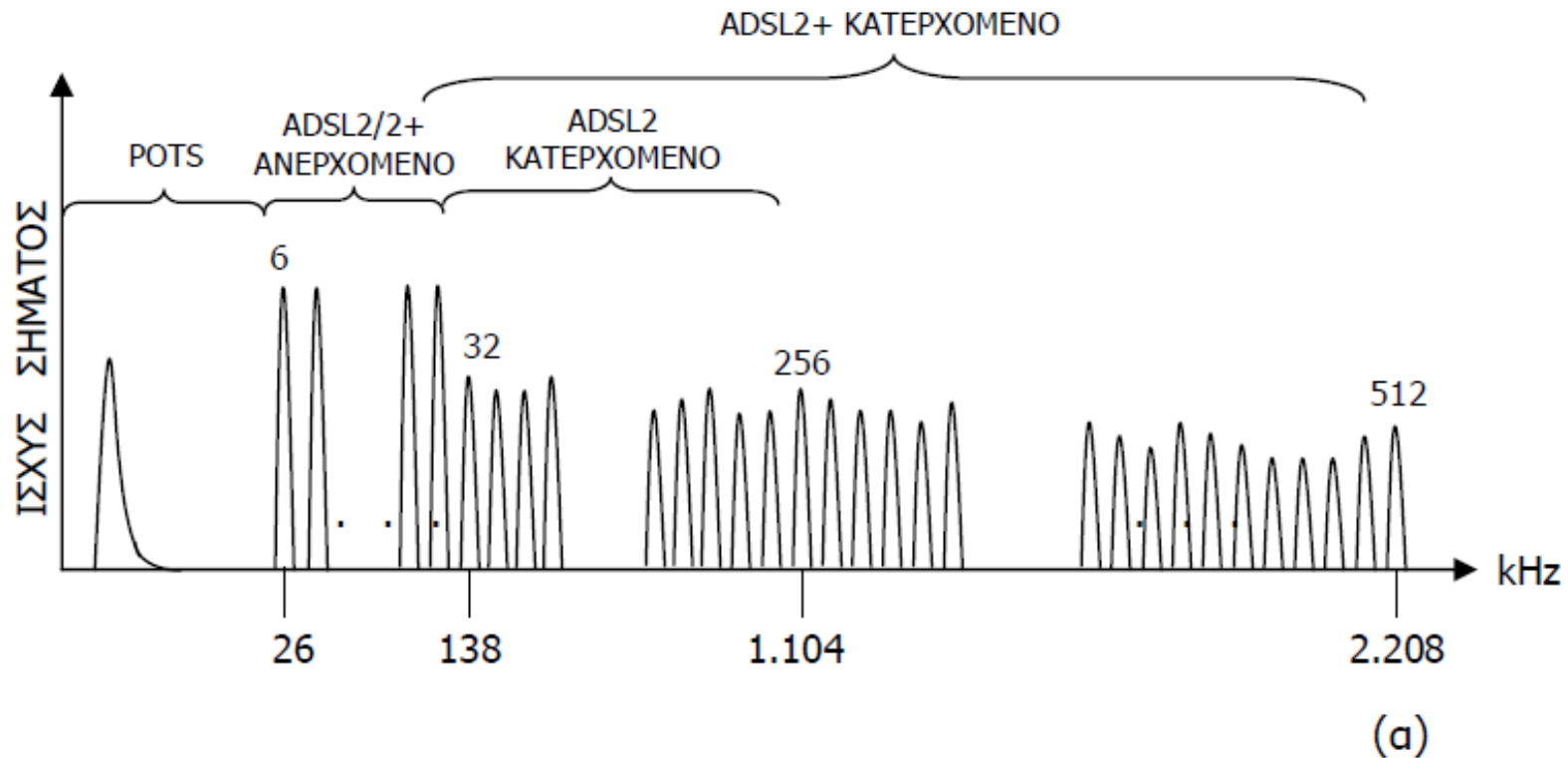
Η δεύτερη γενιά της τεχνολογίας ADSL, γνωστή ως ADSL2, εμφανίστηκε το 2002 με τις τυποποιήσεις G.992.3 και G.992.4 της ITU-T, που βελτιστοποιούν την λειτουργία του ADSL, χωρίς όμως να μεταβάλλουν σημαντικά τις επιδόσεις σε ρυθμό πληροφορίας πρόσβασης. Το ADSL2+ αποτελεί την πλέον πρόσφατη τυποποίηση του ADSL, που εκδόθηκε από την ITU-T ως G.992.5 το 2003, και επιτυγχάνει ταχύτητες κατερχόμενου σήματος έως 24 Mbit/s, αυξάνοντας τις φασματικές απαιτήσεις του σήματος μέχρι τα 2,208 MHz. Ο ρυθμός πληροφορίας του ανερχόμενου σήματος παραμένει στα 1Mbit/s.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL

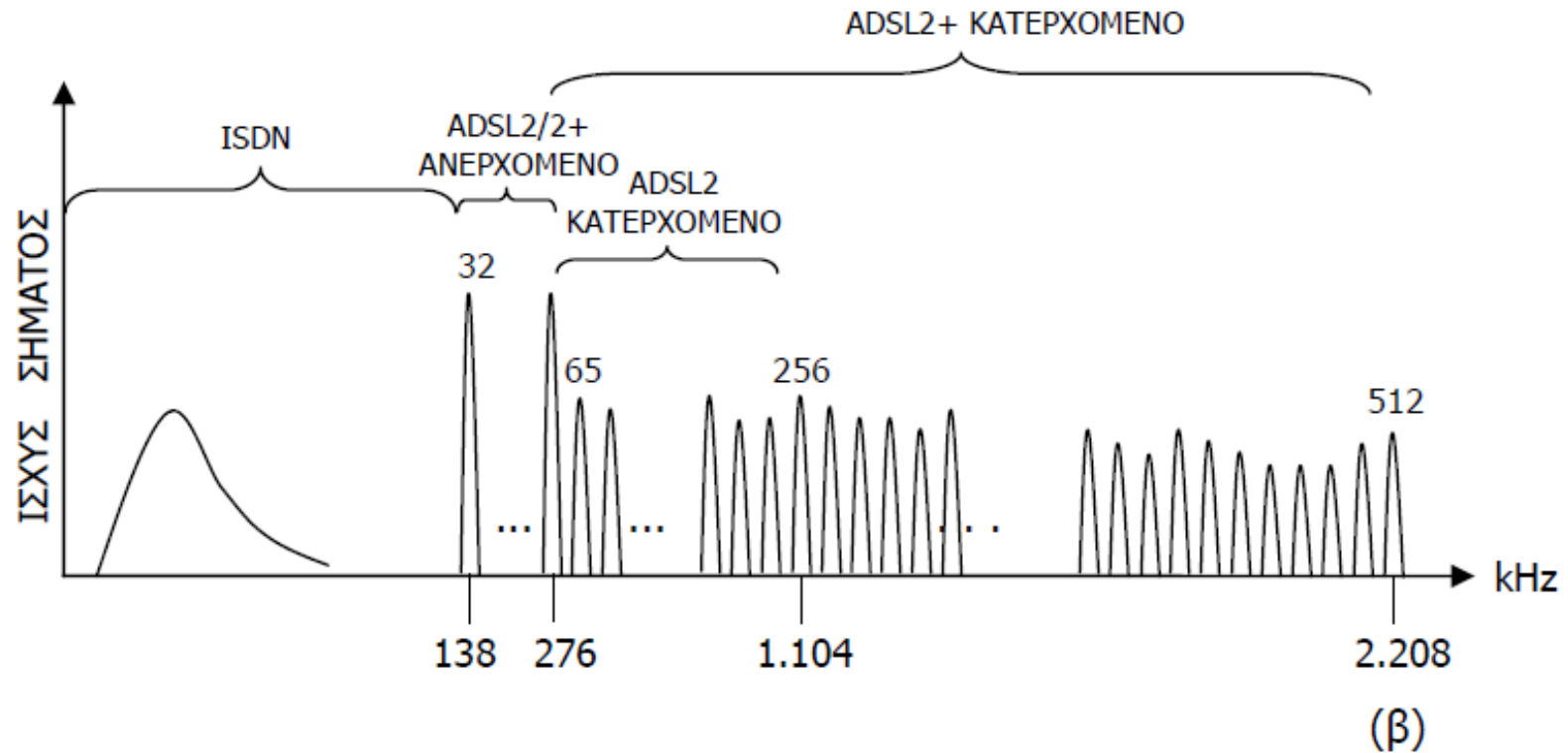


Στις παρακάτω εικόνες περιγράφονται οι διαφορετικές παραλλαγές της φασματικής κατανομής των ADSL2 και ADSL2+, για τρόπους λειτουργίας ADSL/POTS (Annex A), ADSL/ISDN (Annex B) και εξ ολοκλήρου ψηφιακό (Annex I)..



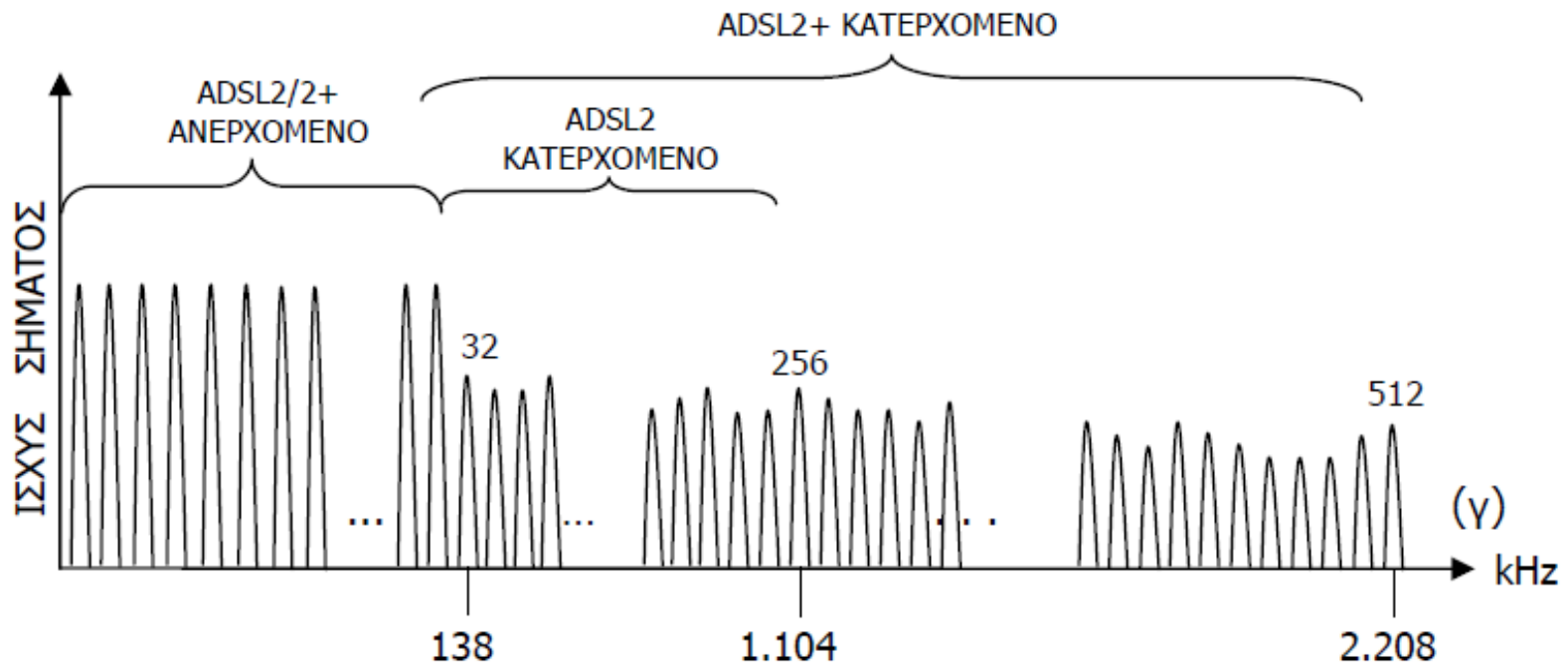
Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Ο παρεχόμενος από την τεχνολογία ADSL2+ υψηλός ρυθμός μετάδοσης περιορίζεται στην πράξη από το μήκος του καλωδιακού βρόχου, δηλαδή την καλωδιακή απόσταση του συνδρομητή από το οικείο αστικό του κέντρο, όπου βρίσκεται εγκατεστημένο DSLAM. Ο περιορισμός αυτό οφείλεται στα δυο βασικά χαρακτηριστικά μετάδοσης των ζευγών του τηλεφωνικού καλωδίου, δηλαδή στην **εξασθένηση** και την **διαφωνία**.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η **εξασθένηση** σχετίζεται με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος του μεταδιδόμενου σήματος κατά μήκος του τηλεφωνικού ζεύγους, που συμπεριφέρεται σαν γραμμή μεταφοράς, και η τιμή της εξαρτάται **από την συχνότητα λειτουργίας του σήματος**, την διατομή των αγωγών και **το μήκος της σύνδεσης**. Η εξασθένηση του σήματος στα χάλκινα συνεστραμμένα ζεύγη των τηλεφωνικών καλωδίων αποδίδεται κυρίως σε δύο παράγοντες: το *επιδερμικό φαινόμενο* και την *διηλεκτρική απώλεια*.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Σύμφωνα με το *επιδερμικό φαινόμενο*, όταν το ρεύμα διέρχεται μέσω ενός αγωγού σε υψηλή συχνότητα, η πυκνότητά του πεδίου δεν είναι ίδια σε όλη την διατομή του αγωγού, αλλά συγκεντρώνεται στην εξωτερική επιφάνειά του. Σαν αποτέλεσμα, μειώνεται η ενεργός διατομή του αγωγού, και ως εκ τούτου αυξάνονται οι απώλειες κατά ποσό ανάλογο προς την **τετραγωνική ρίζα της συχνότητας λειτουργίας**. Το επιδερμικό φαινόμενο εξηγεί την μεγαλύτερη αύξηση της εξασθένησης στις υψηλότερες συχνότητες του σήματος ADSL2+, που περιορίζει σημαντικά τον ρυθμό πληροφορίας σε απομακρυσμένες συνδέσεις.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η *διηλεκτρική απώλεια* σχετίζεται με την απορρόφηση μέρους της ισχύος του σήματος από το μονωτικό υλικό που περιβάλλει τον αγωγό. Το μέγεθος της απώλειας εξαρτάται από το είδος και την ποιότητα του διηλεκτρικού υλικού, ενώ η τιμή της επηρεάζεται και από την θερμοκρασία περιβάλλοντος και αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το πολυαιθυλένιο (συμπαγές ή αφρώδες) είναι το πλέον κατάλληλο υλικό για την μόνωση των αγωγών.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η **εξασθένηση** αποτελεί το βασικότερο χαρακτηριστικό μετάδοσης των χάλκινων τηλεφωνικών καλωδίων, αφού οποιαδήποτε μείωση της εξασθένησης αυξάνει την στάθμη του σήματος στην έξοδο, βελτιώνοντας τον λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR), και μέσω αυτού την ταχύτητα μετάδοσης. Ουσιαστική βελτίωση της εξασθένησης επιτυγχάνεται μόνο με την αύξηση της διατομής των αγωγών, ενώ το μέγεθος της εξασθένησης παραμένει ανεξάρτητο από την τεχνική μετάδοσης.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η **διαφωνία** αναφέρεται στην ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή μεταξύ υψίσυχνων σημάτων, που μεταδίδονται σε γειτονικά ζεύγη. Τα τηλεφωνικά καλώδια του κυρίου δικτύου του ΟΤΕ περιλαμβάνουν μέχρι και 2.400 ζεύγη συνεστραμμένων μονωμένων αγωγών, που ομαδοποιούνται σε τετράδες, και συστρέφονται ομοιόμορφα σε αστερο- τετραδική διάταξη, έτσι ώστε οι αγωγοί που βρίσκονται διαγώνια να αποτελούν ζεύγος.

Η βασική ομάδα σχηματίζεται από ομαδοποιήσεις πέντε τετράδων (10 ζευγών), ενώ το συνολικό καλώδιο απαρτίζεται από έναν αριθμό κύριων ομάδων των 50 ή 100 ζευγών, κάθε μια εκ των οποίων σχηματίζεται από πέντε ή δέκα βασικές μονάδες διατεταγμένες σε μία ή δυο στρώσεις αντίστοιχα.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL

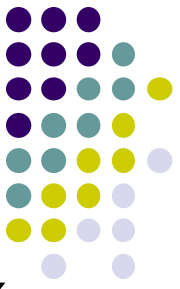


Με δεδομένη την δομή του τηλεφωνικού καλωδίου, η μετάδοση πληροφορίας στην ίδια περιοχή συχνοτήτων από γειτονικά ζεύγη κάθε ομάδας, δημιουργεί έντονα φαινόμενα διαφωνίας, με την επαγωγή σημάτων, που προστίθενται στο μεταδιδόμενο σήμα πληροφορίας υπό μορφή θορύβου. Η επίδραση αυτή μπορεί να είναι απλή, δηλαδή μεταξύ δύο ζευγών, ή σωρευτική, σε ένα ζεύγος από όλα τα γειτονικά με αυτό.

Ορίζονται δύο βασικά μεγέθη διαφωνίας, η παραδιαφωνία, και η τηλεδιαφωνία, που αναφέρονται ως NEXT και FEXT αντίστοιχα. Στην παραδιαφωνία η παρεμβολή επιδράστη αντίθετη κατεύθυνση από το DSL σήμα, ενώ στην τηλεδιαφωνία στην ίδια.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Από τα ανωτέρω γίνονται εμφανείς οι λόγοι για τους οποίους οι πραγματικές ταχύτητες, που παρέχονται από συνδέσεις ADSL2+ επηρεάζονται από την καλωδιακή απόσταση μεταξύ DSLAM και συνδρομητή.

Ακόμη και για σύνδεση με ονομαστικό ρυθμό μετάδοσης 24 Mbit/s, στο modem του συνδρομητή **σπάνια επιτυγχάνεται ταχύτητα μεγαλύτερη από 2 Mbit/s**, εφόσον η καλωδιακή απόσταση από το DSLAM υπερβαίνει τα 3 km για διάμετρο αγωγού καλωδίου 0,4 mm.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL

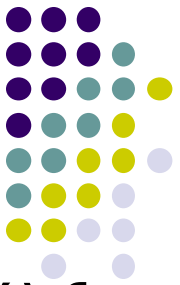


Οι επιδόσεις υποβαθμίζονται περαιτέρω λόγω αθροιστικής διαφωνίας, στην περίπτωση που αυξάνεται το ποσοστό πλήρωσης του τηλεφωνικού καλωδίου σε υπηρεσίες DSL. Η σταδιακή αύξηση των πηγών παρεμβολής μειώνει τις τιμές SNR για κάθε σύνδεση DSL, με αποτέλεσμα μια συνεχή, δυναμικά μεταβαλλόμενη, υποβάθμιση του ρυθμού μετάδοσης για το σύνολο των ευρυζωνικών συνδέσεων.

Άρα στην πράξη, οι υψηλές ταχύτητες των συνδέσεων ADSL2+ είναι διαθέσιμες μόνο σε ένα μικρό ποσοστό των συνδρομητών, που κατοικούν κοντά στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Το VDSL2 αποτελεί την πλέον πρόσφατη τεχνολογική εξέλιξη της οικογένειας xDSL και διαθέτει την απαραίτητη δυναμική ώστε να υποκαταστήσει το ADSL2+ ως κύρια επιλογή DSL.

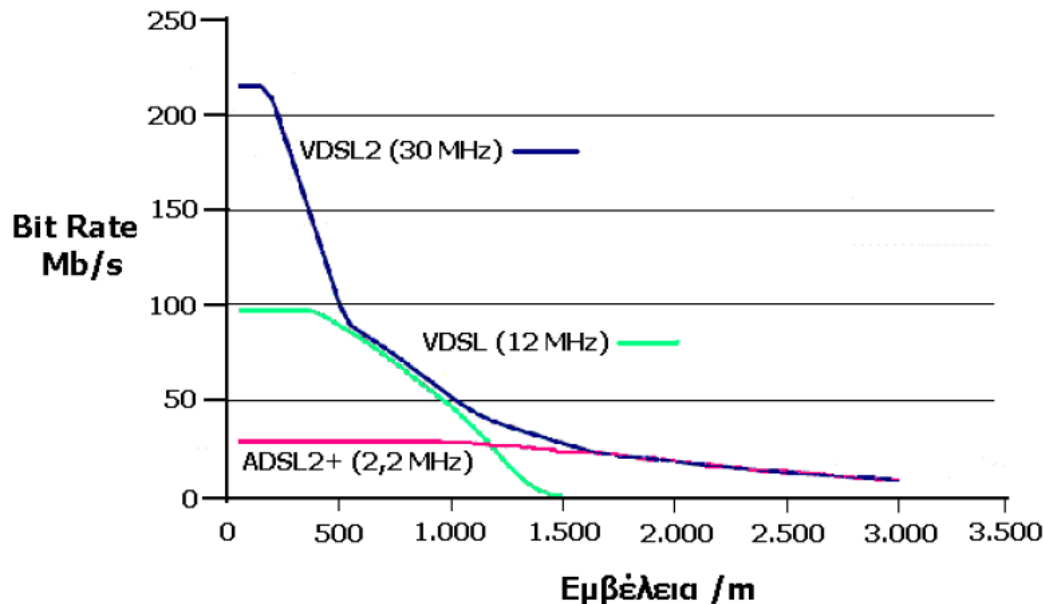
Ως VDSL2 νοείται η 2η έκδοση του VDSL – (Very high bit rate DSL) «Πολύ Υψίρρυθμου DSL», που αποτελούσε και αυτό εξέλιξη της τεχνολογίας ADSL2+. Οι προσπάθειες για την τυποποίηση του VDSL ξεκίνησαν το 1995 από το ANSI, ενώ το 1997 το ETSI και η ITU-T δημιούργησαν το FSAN, με σκοπό την διεθνή τυποποίηση του VDSL, η οποία τελικά υιοθετήθηκε από την ITU το 2003 ως G.993.1.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL

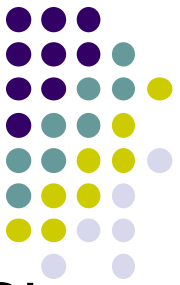


Το VDSL2 τυποποιήθηκε από την ITU-T το 2006 ως G.993.2 και αντικατέστησε πλήρως το VDSL, προσφέροντας βελτιωμένες επιδόσεις σε μικρά καλωδιακά μήκη και προς τα πίσω συμβατότητα με το ADSL2+ για καλωδιακά μήκη μεγαλύτερα από 1.500 m, όπως φαίνεται στο σχήμα



Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Η εξέλιξη αυτή κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, αφού το VDSL δεν επέτρεπε λειτουργία για καλωδιακές αποστάσεις μεγαλύτερες των 1.000 m. Για τον λόγο αυτό το VDSL2 αποτελεί τον διάδοχο όχι μόνο της τεχνολογίας VDSL αλλά και της τεχνολογίας ADSL2+, αφού λειτουργεί και στην περίπτωση, που ο συνδρομητής διαθέτει modem ADSL2+.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Το VDSL2 διαθέτει οκτώ διαφορετικές κατατομές υλοποίησης (βλ παρακάτω πίνακα), προκειμένου να εξυπηρετήσει απαιτήσεις τόσο για συμμετρικές όσο και για ασύμμετρες υπηρεσίες. Το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης έχει αυξηθεί από τα 2,2 MHz του ADSL2+ στα 8,5 MHz, 12 MHz, 17,7 MHz και 30 MHz για τις λειτουργικές κατατομές 8a/b/c/d, 12a/b, 17a και 30a αντίστοιχα.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Κατατομή	Κατερχόμενο Σήμα		Ανερχόμενο Σήμα		Θέση Εγκατάστασης
	Μέγιστη Συχνότητα (MHz)	Μέγιστη Ισχύς (dbm)	Μέγιστη Συχνότητα (MHz)	Μέγιστη Ισχύς (dbm)	
8a	8,5	17,5	5,2	14,5	Αστικό Κέντρο
8b	8,5	20,5	5,2	14,5	Αστικό Κέντρο
8c	8,5	11,5	5,2	14,5	Αστικό Κέντρο
8d	8,5	14,5	5,2	14,5	Αστικό Κέντρο
12a	8,5	14,5	12,0	14,5	Αστικό Κέντρο/ Υπαίθρια Καμπίνα
12b	8,5	14,5	12,0	14,5	Αστικό Κέντρο/ Υπαίθρια Καμπίνα
17a	15,5	14,5	17,7	14,5	Υπαίθρια Καμπίνα
30a	18,1	14,5	30,0	14,5	Κτίριο Συνδρομητή

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Από τις εν λόγω κατατομές, η 8a/b/c/d έχει σχεδιασθεί για παροχή υπηρεσιών από το αστικό κέντρο και αναμένεται να αντικαταστήσει το ADSL2+, παρέχοντας ταχύτητες πρόσβασης μεγαλύτερες από 24 Mbit/s σε συνδρομητές, που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το αστικό κέντρο. Η κατατομή 12a/b μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά στο αστικό κέντρο ή σε υπαίθρια καμπίνα με μακρύτερο δίκτυο διανομής, η κατατομή 17a χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε υπαίθριες καμπίνες (FTTC+VDSL2), ενώ η κατατομή 30a έχει σχεδιαστεί για χρήση σε κτίρια (FTTB+VDSL2) και ταχύτητες άνω των 100 Mbit/s μέσω της εσωτερικής καλωδίωσης του κτιρίου.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Στην περιοχή συχνοτήτων μέχρι 2,2 MHz η κατανομή φάσματος είναι ίδια με την αντίστοιχη του ADSL2+, υποβαθμίζεται όμως η ισχύς του σήματος, προκειμένου να περιορίζεται κατά το δυνατό η παρεμβολή του VDSL2 σε συνδέσεις ADSL2+, επιτρέποντας την συνύπαρξη των δύο τεχνολογιών στο ίδιο καλώδιο.

Η ασύμμετρη λειτουργία παρέχει την δυνατότητα για ρυθμούς μετάδοσης άνω των 100 Mbit/s, για καλωδιακούς βρόχους μέχρι 500 m, ενώ για την ίδια απόσταση η συμμετρική λειτουργία υπερβαίνει τα 50 Mbit/s.

Τεχνολογίες Πρόσβασης

Τεχνολογίες xDSL



Είναι επομένως εμφανές ότι για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας VDSL2, η μέγιστη καλωδιακή απόσταση μεταξύ DSLAM και συνδρομητή πρέπει να περιορίζεται σε κάτω από 500 m. Αυτό επιτυγχάνεται μόνο με υλοποιήσεις FTTC/B, όπου ένα μικρό DSLAM, εξοπλισμένο με θύρες VDSL2, τοποθετείται σε μια καμπίνα ενεργού εξοπλισμού σε υπαίθριο ή στεγασμένο χώρο, αξιοποιώντας το μικρού μήκους δίκτυο διανομής ή την εσωτερική καλωδίωση ενός κτιρίου για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε ταχύτητες συγκρίσιμες με εκείνες που παρέχονται από δίκτυα οπτικών ινών.

Σύγκριση Ενσύρματων/Ασύρματων Τεχνολογιών



- Μπορούν οι ασύρματες τεχνολογίες (4G, 5G) να ανταγωνισθούν την τεχνολογία FTTC/VDSL2 σε αριθμό συνδρομητών και ρυθμό μετάδοσης;
- Μπορεί η τεχνολογία FTTC/VDSL2 να ανταγωνισθεί τις ασύρματες τεχνολογίες (4G, 5G) σε κινητικότητα συνδρομητών;

Προσπάθειες:

- WiFi Access σε πολλαπλούς routers σπιτιών (πχ COSMOTE)
- WiFi Access σε πλατείες, παραλιακά μέτωπα κλπ
- Προσβαση κινητών σε σπίτια με χαμηλό σήμα