

FTTH

Fiber to the Home ή Fear to the Haul

Άρθρο του **Δημήτρη Φιλίππου**
Business Development Manager
Netplex Ltd.

IEEE & PMI Member, BICSI Country Chairman
ELOT Technical Committee TE93 Member
e-mail: dfilipp@netplex.gr



Οι εποχές αλλάζουν... Προχωράμε σε καινοτόμες εφαρμογές που διευκολύνουν και αναβαθμίζουν την ποιότητα ζωής του πολίτη:

- Σχέδιο 2,1 δις ευρώ για δίκτυα νέας γενιάς και ψηφιακές υποδομές.
- Δωρεάν δορυφορικές συνδέσεις σε περισσότερα από 1.600 σημεία της περιφέρειας.
- Αύξηση 100% των πολιτών με πρόσβαση στο διαδίκτυο.
- Μείωση 88% του μέσου κόστους σύνδεσης υψηλής τεχνολογίας.

Σπάμε την απομόνωση της επαρχίας. Δίνουμε σε όλους τους Έλληνες το δικαίωμα στην τηλε-εκπαίδευση, στην τηλε-ιατρική, στην τηλε-εργασία, στην ενημέρωση και στην επικοινωνία μέσω διαδικτύου. Συνομιλούμε με τον κόσμο που έρχεται."

Υπουργείο Μεταφορών & Επικοινωνιών.

Πράγματι, τα δίκτυα νέας γενιάς και οι ψηφιακές υποδομές αποτελούν το μέλλον των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής, κυρίως λόγω του τεράστιου εύρους ζώνης και των υψηλών ρυθμών μετάδοσης που παρέχουν, υποστηρίζοντας τόσο τις σημερινές, όσο και τις μελλοντικές εφαρμογές, καθώς και τις προσφερόμενες μέσα από αυτές υπηρεσίες. Τα δίκτυα νέας γενιάς μπορούν να αναπτυχθούν οικονομικά και αποδοτικά χρησιμοποιώντας ολιστικές (Holistic) λύσεις κυρίως για την εγκατάσταση της πα-

θητικής τους υποδομής (εικόνα 1).

Στην πραγματικότητα όμως χρειαζόμαστε τέτοια σύγχρονα δίκτυα νέας γενιάς και νέες ψηφιακές υποδομές; Οι διεθνείς σύγχρονες μελέτες, οι ειδικοί στις τηλεπικοινωνίες σε όλο τον κόσμο και η παγκόσμια εμπειρία από τα Διεθνή έργα τηλεπικοινωνιών και πληροφορικής, δίνουν την απάντηση: Οι τεχνολογίες αιχμής, τα δίκτυα νέας γενιάς και οι ψηφιακές υποδομές είναι απολύτως απαραίτητα για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής, εξασφαλίζοντας αποδο-



Εικόνα 1. Εγκατάσταση Δικτύου Νέας Γενιάς (FTTx) στο Brownfield Land.

τικότερες υποδομές, οι οποίες θα κληθούν να ικανοποιήσουν όλες τις μελλοντικές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και σε ταχύτητα όλων των σύγχρονων εφαρμογών που απαιτούν ένα τεράστιο πλήθος συναλλαγών (Transaction-Intensive Applications).

Διεθνείς εξειδικευμένοι φορείς και οργανισμοί συμφωνούν απόλυτα ότι το μέλλον ανήκει στα δίκτυα πρόσβασης οπτικών ινών (FTTx). Για παράδειγμα, ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.) [Organization for Economic Cooperation and Development - OECD], διαπίστωσε ότι τα FTTH (Fiber to the Home) δίκτυα παρέχουν την καλύτερη απόδοση ανά τελικό χρήστη αναφορικά με το εύρος ζώνης και την διατηρησιμότητα τους και ως εκ τούτου θα επικρατήσουν στο μέλλον έναντι όλων των άλλων εναλλακτικών λύσεων [OECD Report 2008b, April 2008].

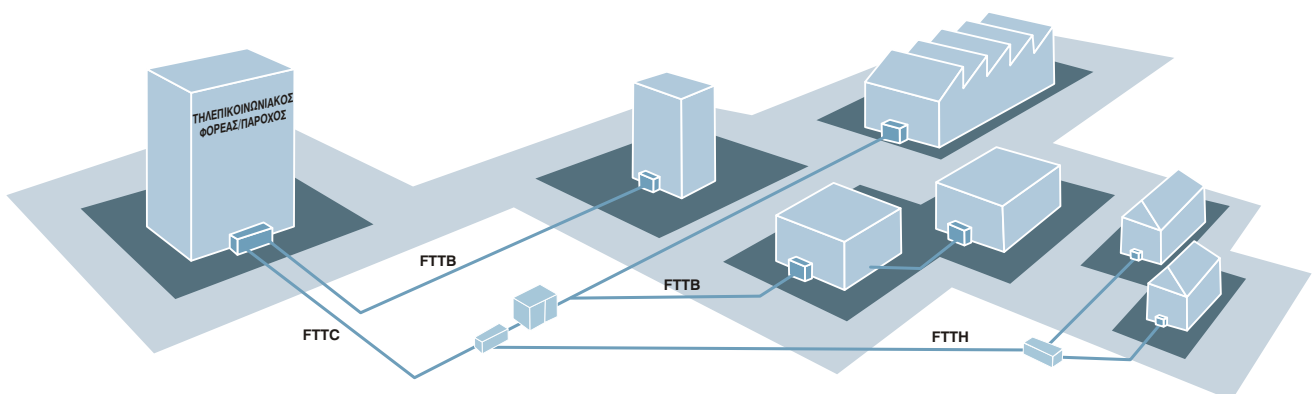
Εισαγωγή στα FTTx δίκτυα

Ο καταγισμός των πληροφοριών και η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για νέες υπηρεσίες με αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης οδήγησαν τους τηλεπικοινωνιακούς φορείς/παρόχους στην αλλαγή του τηλεπικοινωνιακού τους δικτύου πρόσβασης από το παραδοσιακό δίκτυο διανομής χαλκού στις σύγχρονες λύσεις των οπτικών ινών. Οι νέες μορφές οπτικών δικτύων πρόσβασης καθορίζονται από το γνωστό ακρωνύμιο FTTx, το οποίο προσδιορίζεται από την έκφραση Fiber-to-the-X (Οπτική Ίνα-μέχρι-to-X), όπου το "X" καθορίζει τον προορισμό της οπτικής σύνδεσης. Συνοπτικά τα ακρωνύμια που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια αγορά είναι:

- FTTH (Fiber-to-the-Home), Οπτική ίνα μέχρι το σπίτι,
- FTTP (Fiber-to-the-Premise), Οπτική ίνα μέχρι το κτίσμα,
- FTTC (Fiber-to-the-Curb), Οπτική ίνα μέχρι τον διακλαδωτή,
- FTTB (Fiber-to-the-Building), Οπτική ίνα μέχρι το κτίριο,
- FTТУ (Fiber-to-the-User), Οπτική ίνα μέχρι τον χρήστη, και
- FTTN (Fiber-to-the-Node), Οπτική ίνα μέχρι τον κόμβο

όπου μερικά από αυτά απεικονίζονται στο Σχήμα 2.

Τα δίκτυα οπτικών ινών διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:



Σχήμα 2. Τύποι FTTx Οπτικών Δικτύων.

i. Οπτική ίνα σε όλη την διαδρομή μέχρι τον οικιακό ή επιχειρησιακό τελικό χρήστη χρησιμοποιώντας παθητικό οπτικό δίκτυο PON (Passive Optical Network) ή Ethernet. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι:

- Οπτική ίνα μέχρι το σπίτι (FTTH)
- Οπτική ίνα μέχρι το κτίριο (FTTB)

ii. Οπτική ίνα σε όλη την διαδρομή μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιώντας μόνο παθητικό οπτικό δίκτυο PON. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

- Οπτική ίνα μέχρι το κτίσμα (FTTP)

iii. Χρησιμοποιώντας οπτική ίνα τμηματικά. Στον τύπο αυτό χρησιμοποιούνται τμηματικά πέρα από οπτικές ίνες και γραμμές μεταφοράς χαλκού.

- Οπτική ίνα μέχρι τον κόμβο (FTTN)
- Οπτική ίνα μέχρι τον διακλαδωτή (FTTC)

Στο Σχήμα 3 απεικονίζονται αναλυτικότερα μερικοί τύποι FTTx παθητικών οπτικών δικτύων PON.

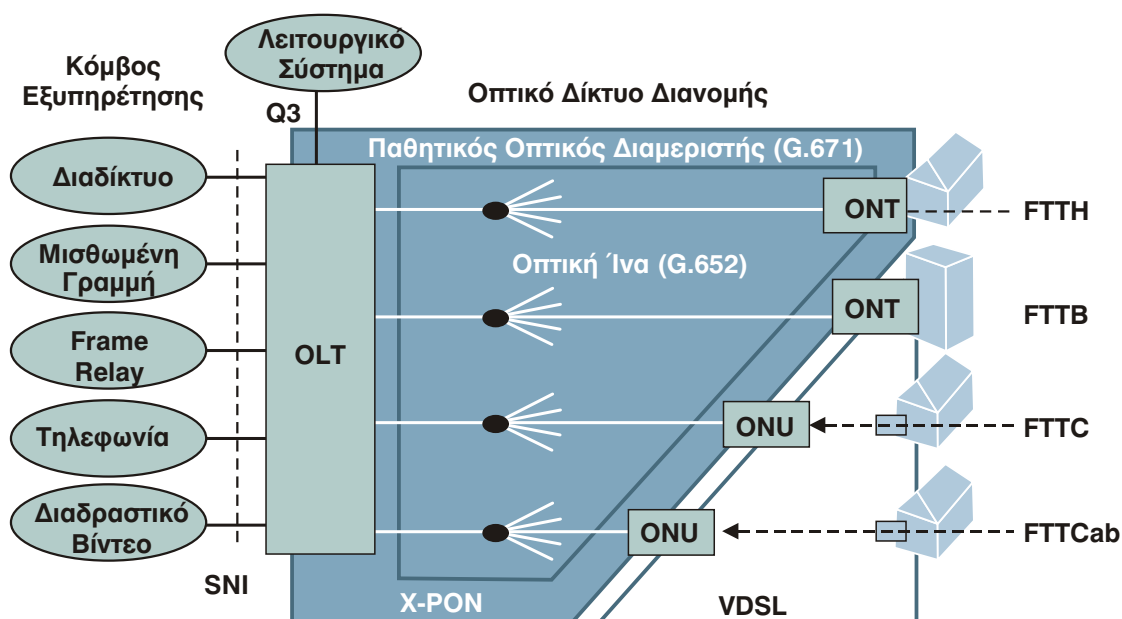
Οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς/πάροχοι καλούνται πλέον να καλύψουν τις ανάγκες των τελικών χρηστών επικεντρώθηκαν κυρίως σε δύο μορφές οπτικού δικτύου πρόσβασης αυτό με

οπτική ίνα μέχρι το κτίριο (FTTB) και αυτό με οπτική ίνα μέχρι το σπίτι (FTTH). Για την υλοποίηση αυτών των δύο μορφών οπτικών δικτύων πρόσβασης χρησιμοποιήσαν δύο ευρύτερες αρχιτεκτονικές δικτύων:

- Τα παθητικά οπτικά δίκτυα PON (Passive Optical Network), τα οποία δεν απαιτούν την ύπαρξη ενεργών στοιχείων μεταξύ του τελικού χρήστη και του κέντρου μεταγωγής (Central Office), και
- τα ενεργά οπτικά δίκτυα AON (Active Optical Network), τα οποία απαιτούν την ύπαρξη ενεργών στοιχείων μεταξύ του τελικού χρήστη και του κέντρου μεταγωγής.

Γενικά, τα πλεονεκτήματα των παθητικών οπτικών δικτύων είναι τα παρακάτω:

- α. καλύπτουν πλήρως ή ακόμα και υπερκαλύπτουν τις ανάγκες σε υπηρεσίες των τελικών χρηστών και ελαχιστοποιούν τις κεφαλαιουχικές δαπάνες (Capital Expenditures - CAPEX),
- β. περιορίζουν την πολυπλοκότητα και τις λειτουργικές δαπάνες (Operating Expenditures - OPEX), και
- γ. συντονίζουν τις επενδύσεις CAPEX με βελ-



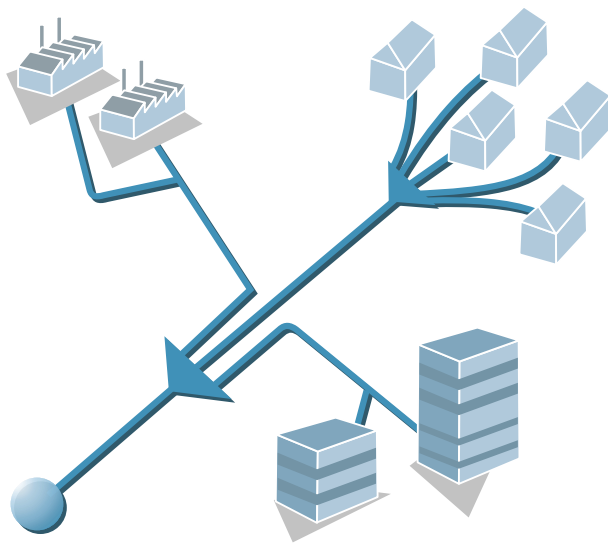
Σχήμα 3. Τύποι FTTx Παθητικών Οπτικών Δικτύων PON.

τιώσεις υπηρεσιών (π.χ. χρησιμοποιώντας μεταβλητά κόστη) όπου αυτό είναι δυνατό, διασφαλίζοντας όμως παράλληλα τις επενδύσεις σε εγκαταστάσεις και σε εξοπλισμό που πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις βιωσιμότητας.

Στα παθητικά οπτικά δίκτυα PON ανήκουν τρεις βασικές κατηγορίες σημείο-πολυσημειακών (point-to-multipoint)¹ δικτύων, τα APON (ATM PON)/BPON (Broadband PON), τα GPON (Gigabit PON) και τα EPON (Ethernet PON). Παρόλο που τα APON/BPON διαθέτουν ακριβές ATM διεπαφές (Asynchronous Transfer Mode Interfaces) με συγκριτικά χαμηλές ταχύτητες μετάδοσης και αποτελούν εύλογα τα λιγότερο δλεαστικά οπτικά παθητικά δίκτυα PON από τα τρία, δεν υπάρχει σήμερα κανένα PON που να κυριαρχεί σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στις Η.Π.Α. η Verizon αποφάσισε να μεταβεί από το BPON στο GPON το 2007, ενώ η NTT στην Ιαπωνία - ο μεγαλύτερος τηλεπικοινωνιακός οργανισμός σε FTTH υποδομή - μέσω των θυγατρικών εταιρειών NTT West και NTT East προτίμησε να μεταβεί από το BPON στο EPON. Πολλοί σημαντικοί τηλεπικοινωνιακοί φορείς/πάροχοι στην Ευρώπη συνεχίζουν να σταθμίζουν τις FTTH/FTTB στρατηγικές τους και αναμένεται ακόμα ο προσδιορισμός της προτεινόμενης δικτυακής αρχιτεκτονικής. Αντιθέτως, ένας αριθμός από εναλλακτικούς φορείς/παρόχους και δήμους έχουν ξεκινήσει να προσαρμόζονται στα AON. Η Fastweb στην Ιταλία και η B2 στην Σουηδία είναι οι δύο εναλλακτικοί τηλεπικοινωνιακοί φορείς/πάροχοι που έχουν ξεκινήσει την υλοποίηση των μεγαλύτερων AON στην Ευρώπη.

Παράλληλα, μερικές μεγάλες πόλεις στην Ευρώπη προτιμώμενες από την κυβέρνηση τους, έχουν υιοθετήσει την AON αρχιτεκτονική. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων πόλεων είναι το Άμστερνταμ και η Βιέννη. Αντιθέτως, η κυβέρνηση της Asturias, ενός πριγκιπάτου στην



Σχήμα 4. Αρχιτεκτονική Παθητικού Οπτικού Δικτύου PON.

Βόρεια Ισπανία, έχει υιοθετήσει την αρχιτεκτονική PON. Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η αρχιτεκτονική ενός PON δικτύου.

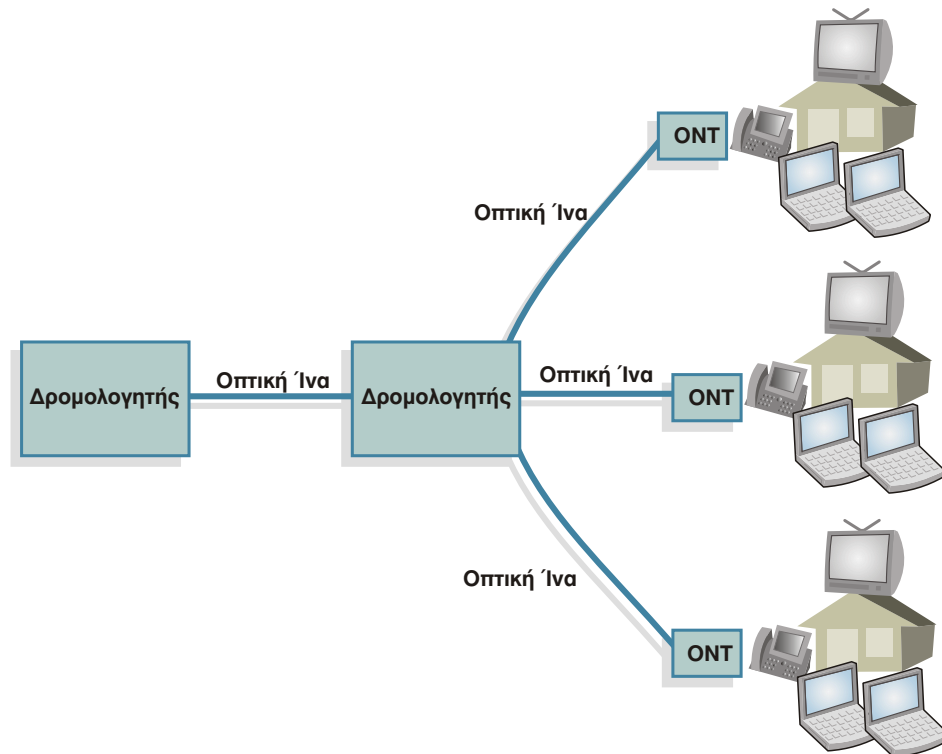
Ειδικότερα, τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη ενός παθητικού οπτικού δικτύου PON από τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους/φορείς στην βάση της μαζικής αγοράς είναι:

- η δημιουργία μιας καθολικής οπτικής παθητικής υποδομής,
- η σημαντική μείωση των κέντρων μεταγωγής (Central Offices - CO) και των απαιτήσεων του χώρου εγκατάστασης,
- η μείωση των λειτουργικών εξόδων των εγκαταστάσεων, και
- η εύκολη αναβάθμιση και η βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων.

Τα ενεργά οπτικά δίκτυα (AON) παρόλο ότι απαιτούν μεγαλύτερο αριθμό οπτικών ινών, παρέχουν την δυνατότητα μιας ανεξάρτητης και μεμονωμένης πρόσβασης για κάθε χρήστη-συνδρομητή. Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου AON απεικονίζεται στο Σχήμα 5.

Στα ενεργά οπτικά δίκτυα AON, όπως και στα παθητικά, η κατασκευή της υποδομής πρόσβα-

1. Συχνά η σημείο-πολυσημειακή τοπολογία περιγράφεται και συναντάται ως τοπολογία δέντρου (Tree).



Σχήμα 5. Αρχιτεκτονική Ενεργού Οπτικού Δικτύου AON.

σης είναι η ίδια και αποτελεί το πιο σημαντικό και δαπανηρό κομμάτι της επένδυσης ενός FTTH έργου. Στην περίπτωση των ενεργών οπτικών δικτύων στην θέση του διαμεριστή (Splitter) υφίσταται ένας δρομολογητής, ο οποίος εγκαθίσταται στο κέντρο μεταγωγής και παρέχει ένα πλήθος από αξιόπιστες και γρήγορες υπηρεσίες, διασφαλίζοντας ένα μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο έχει την ικανότητα να υποστηρίξει όλες τις μελλοντικές απαιτήσεις.

Στην παγκόσμια αγορά οι απόψεις δίστανται αναφορικά με την σύγκριση του κόστους υλοποίησης ενός PON και ενός AON. Στην πράξη την μεγαλύτερη εγκατεστημένη βάση διαθέτουν τα παθητικά οπτικά δίκτυα. Παρόλα αυτά εκτιμάται ότι το κόστος του ενεργού εξοπλισμού που απαιτείται για την υλοποίηση ενός AON είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό ενός PON και πέραν τούτου το κόστος αυτό θεωρείται μεγάλο σε σύγκριση με τις παρεχόμενες υπηρεσίες και το απαιτούμενο εύρος ζώνης.

Αρχιτεκτονική Δικτύου PON

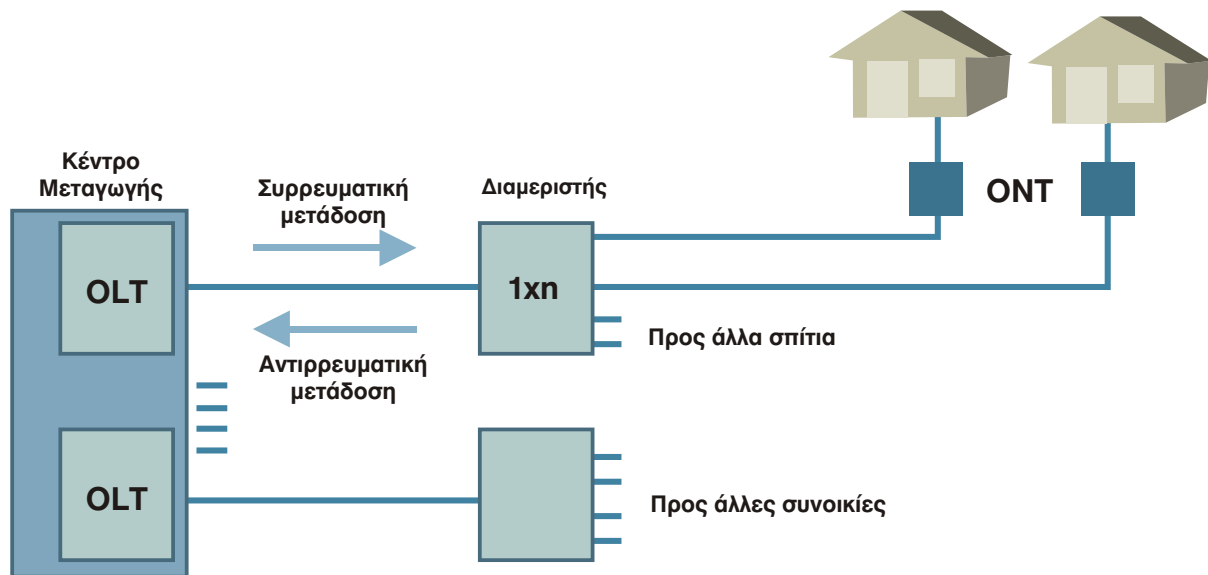
Ένα παθητικό οπτικό δίκτυο PON (είτε FTTH,

είτε FTTB ή FTTP) αποτελεί μια σημείο-πολυσημειακή αρχιτεκτονική δικτύου οπτικών ινών για την πρόσβαση σε κτιριακές εγκαταστάσεις, στην οποία χρησιμοποιούνται οπτικοί διαμεριστές (Splitters), χωρίς καμία απαίτηση παροχής ισχύος, για την εξυπηρέτηση πολλαπλών εγκαταστάσεων μέσω μιας οπτικής ίνας από το κέντρο μεταγωγής μέχρι τον τελικό χρήστη, τυπικά από 32 έως 128, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 6.

Ένα παθητικό οπτικό δίκτυο PON αποτελείται από μια μονάδα οπτικού τερματισμού OLT (Optical Line Terminal) στο κέντρο μεταγωγής του τηλεπικοινωνιακού φορέα/παρόχου και από ένα αριθμό από οπτικές δικτυακές μονάδες τερματισμού ONT (Optical Networking Terminal) ή ONU (Optical Network Unit) στην πλευρά του τελικού χρήστη. Τυπικά, μια OLT μπορεί να εξυπηρετήσει μέχρι 32 ONU.

Οι OLT μονάδες παρέχουν την διεπαφή μεταξύ του δικτύου PON και του δικτύου κορμού. Γενικότερα, οι OLT υποστηρίζουν τα παρακάτω:

- την IP (Internet Protocol) μετάδοση των δεδομένων μέσω του Gigabit, 10G ή του 100Mbit/s



Σχήμα 6. Σημείο-Πολυσημειακή Αρχιτεκτονική PON.

Ethernet πρωτοκόλλου,

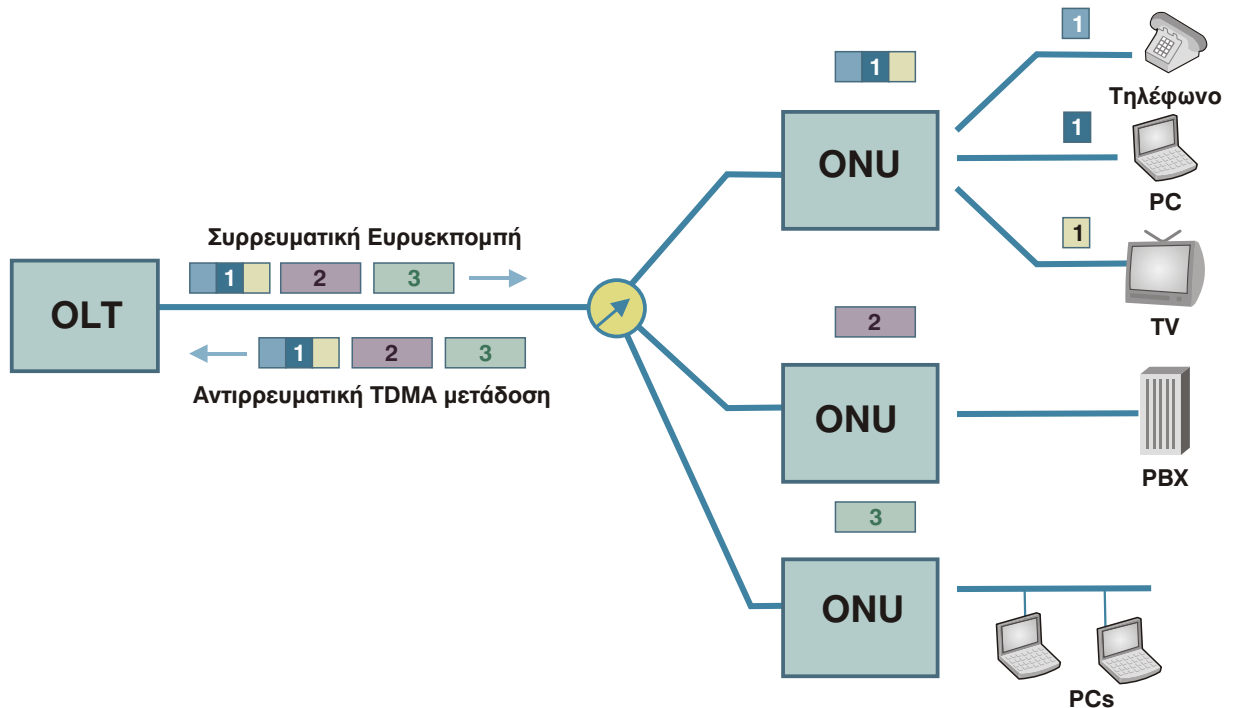
- τις προτυποποιημένες διεπαφές χρονικής πολυπλεξίας (TDM), όπως το SONET/SDH ή το PDH με πολλαπλούς ρυθμούς μετάδοσης, και
- τα ATM UNI στα 155 - 622Mbit/s.

Μία ONT αποτελεί μια ολοκληρωμένη ηλεκτρονική μονάδα στην οποία τερματίζει το παθητικό οπτικό δίκτυο PON και παρέχει εγγενείς διεπαφές στον τελικό χρήστη. Αντίθετα, μια ONU αποτελεί κατά το ήμισυ μια ONT, εφόσον σε αυτή τερματίζει το παθητικό οπτικό δίκτυο PON, όμως παρέχει μια ή περισσότερες συγκλίνουσες διεπαφές, όπως xDSL ή Ethernet, στον τελικό χρήστη. Μια ONU αποτελεί επιπλέον μια συνδρομητική μονάδα, η οποία παρέχει στον χρήστη υπηρεσίες, όπως η τηλεφωνία και η μετάδοση δεδομένων και εικόνας μέσω του πρωτοκόλλου Ethernet. Στην πράξη, η διαφορά μεταξύ της ONT και της ONU συχνά αγνοείται και οι δύο όροι χρησιμοποιούνται γενικότερα για να περιγράψουν και τους δύο τύπους εξοπλισμού. Μεταξύ των OLT και των ONU/ONT, ουσιαστικά μεσολαβεί το οπτικό δίκτυο διανομής ODN (Optical Distribution Network), το οποίο απαρτίζεται από παθητικά στοιχεία, όπως οι οπτικές ίνες, οι διαμεριστές κλπ. Η δομή ενός παθητικού οπτι-

κού δικτύου PON περιορίζει το πλήθος των οπτικών ινών και του δικτυακού εξοπλισμού που απαιτείται στο κέντρο μεταγωγής σε σχέση με τις σημειακές (point-to-point) αρχιτεκτονικές.

Οι OLT συνδέονται με τις ONU/ONT μέσω μιας γραμμής μεταφοράς οπτικών ινών για την μετάδοση ενός συρρευματικού μήκους κύματος (Wavelength Downstream). Με την χρήση ενός διαμεριστή, ο οποίος διαχωρίζει το οπτικό κύμα, είναι δυνατή η διανομή των συρρευματικών (Downstream) δεδομένων που προέρχονται από την OLT προς τους επιμέρους τελικούς χρήστες. Ο διαμεριστής αποτελεί μια πολύ απλή παθητική και μόνο συσκευή χωρίς καθόλου ηλεκτρονικά στοιχεία. Επίσης, τα συρρευματικά σήματα αποτελούν σήματα ευρυεκπομπής (Broadcast) προς κάθε κτιριακή εγκατάσταση - τελικό χρήστη, τα οποία μοιράζονται μια μόνο οπτική ίνα.

Τα αντιρρευματικά (Upstream) δεδομένα που μεταδίδονται από τις ONU/ONT, τα οποία διαθέτουν διαφορετικό μήκος κύματος για την αποφυγή συγκρούσεων (Collisions) με τα συρρευματικά δεδομένα, συγκεντρώνονται στην ίδια παθητική μονάδα του διαμεριστή (Passive Splitter Unit), η οποία πολυπλέκει τα δεδομένα μεταξύ τους χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο πολ-



Σχήμα 7. Αρχή λειτουργίας ενός Παθητικού Οπτικού Δικτύου PON.

λαπλής πρόσβασης, αμετάβλητης χρονικής πολυπλεξίας (Time Division Multiple Access - TDMA). Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στην OLT να συλλέγει τα δεδομένα μέσω μιας και μόνο οπτικής ίνας. Οι OLT οριοθετούν το πλήθος των ONU/ONT, παρέχοντας ένα συγκεκριμένο αριθμό χρονοθυρίδων εκχώρησης για την αντிரευματική επικοινωνία. Αναλυτικά η αρχή λειτουργίας ενός παθητικού οπτικού δικτύου απεικονίζεται στο Σχήμα 7.

Η ικανότητα δυναμικής κατανομής του εύρους ζώνης DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) που διαθέτει ένα σημείο-πολυσημειακό PON, το ξεχωρίζει από ένα σημειακό (Point-to-point) PON και ένα AON.

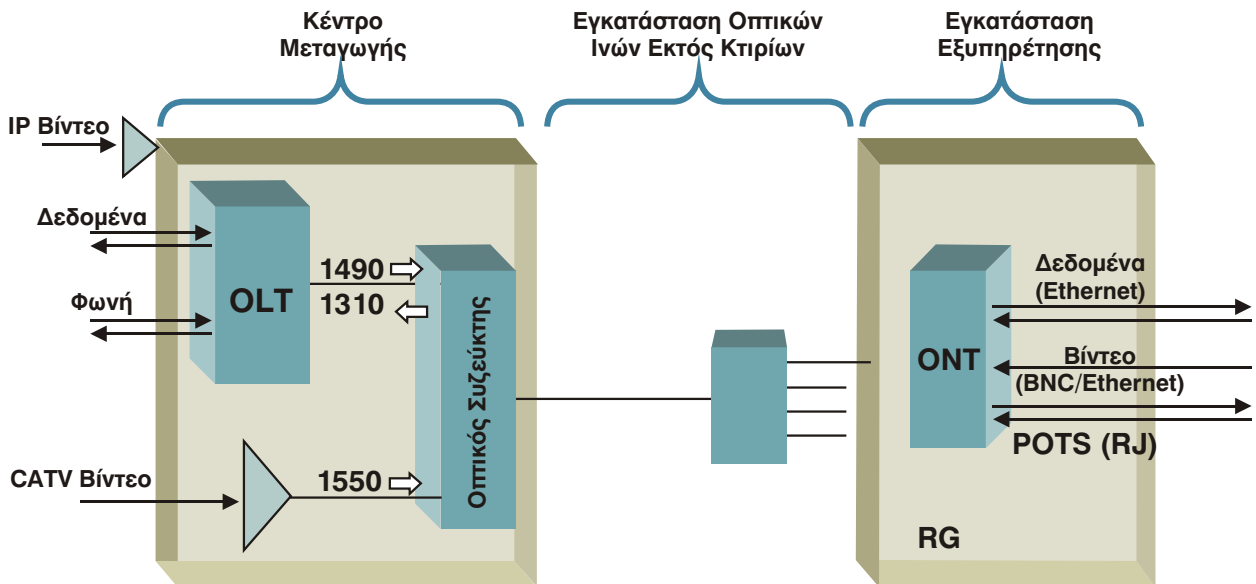
Πρακτικά, με την ανάπτυξη ενός παθητικού οπτικού δικτύου PON παρέχεται η δυνατότητα υποστήριξης ενός πλήθους υπηρεσιών, ακόμα και αναλογικών, οι οποίες μεταδίδονται παράλληλα με τις βασικές υπηρεσίες. Στο Σχήμα 8 απεικονίζεται μια απλή εγκατάσταση, όπου χρησιμοποιούνται τρία μήκη κύματος (1310, 1490 και 1550nm), δύο για τις βασικές υπηρεσίες του παθητικού οπτικού δικτύου PON και ένα για την

μετάδοση ενός RF υπερθέσιμου (Overlay) σήματος εικόνας. Μια εναλλακτική λύση για την μετάδοση εικόνας είναι η χρήση του γνωστού IPTV μέσω των βασικών υπηρεσιών του παθητικού οπτικού δικτύου PON.

Παθητικά Οπτικά Δίκτυα PON

Τα πρώτα βήματα για την υλοποίηση ενός δικτύου πρόσβασης με οπτική ίνα μέχρι το σπίτι ξεκίνησαν την δεκαετία του 1990 από μια ομάδα τηλεπικοινωνιακών παρόχων γνωστή ως Full Service Access Network (FSAN). Στην συνέχεια η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών ITU (International Telecommunications Union) εξέδωσε δύο πρότυπα, ένα για κάθε γενιά οπτικού δικτύου.

Το παλαιότερο πρότυπο της ITU-T, το G.983 βασίζεται στο πρωτόκολλο ATM και είναι γνωστό ως APON (ATM PON). Οι βελτιώσεις που έγιναν στο αρχικό APON πρότυπο, καθώς επίσης και η βαθμιαία πτώση της κυριαρχίας του ATM ως πρωτόκολλο, οδήγησε στην τελική μορφή το προτύπου ITU-T G.983, η οποία είναι γνωστή ως Broadband PON (BPON). Ένα σύνηθες APON/BPON παρέχει στην πράξη 622 Mbit/s συρ-



Σχήμα 8. Δομή Εγκατάστασης ενός Παθητικού Οπτικού Δικτύου PON.

ρευματικού εύρους ζώνης και 155 Mbit/s αντιρρευματικής μετάδοσης δεδομένων, παρόλο ότι το πρότυπο καθορίζει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης.

Το πρότυπο ITU-T G.984 (GPON) αποτελεί μια βελτιωμένη λύση, τόσο σε επίπεδο συνολικού εύρους ζώνης, όσο και σε επίπεδο απόδοσης, εφόσον χρησιμοποιεί μεγαλύτερα και μεταβλητού μεγέθους πακέτα. Το πρότυπο αυτό επιτρέπει πολλούς ρυθμούς μετάδοσης, όμως στην παγκόσμια αγορά έχει καθιερωθεί ο ρυθμός μετάδοσης των 2.488 Gbit/s για το συρρευματικό εύρος ζώνης και τα 1.244 Gbit/s για το αντιρρευματικό εύρος ζώνης. Η μέθοδος ενθυλάκωσης του GPON (GPON Encapsulation Method - GEM) επιτρέπει την βέλτιστη δυνατή πακετοποίηση των δεδομένων του χρήστη, με τμηματοποίηση του πλαισίου (Frame Segmentation), προσφέροντας μεγαλύτερη ποιότητα στις υπηρεσίες (Quality of Service) μετάδοσης ευαίσθητων στις καθυστερήσεις δεδομένων, όπως η φωνή και η εικόνα.

Παράλληλα, η IEEE το 2004 εξέδωσε το πρότυπο IEEE 802.3 Ethernet PON (EPON ή GEPON) ως μια εναλλακτική πρόταση για το δίκτυο πρόσβασης. Το EPON χρησιμοποιεί τα πλαίσια του IEEE 802.3 Ethernet με συμμετρικό 1 Gbit/s

αντιρρευματικό και συρρευματικό ρυθμό μετάδοσης. Τα EPON χρησιμοποιούνται κυρίως σε δεδομένο-κεντρικά δίκτυα (Data-centric Networks), καθώς επίσης σε δίκτυα φωνής, εικόνας και δεδομένων. Μέσα στο 2006, η IEEE ξεκίνησε την δημιουργία ενός νέου προτύπου για τα EPON πολύ υψηλών ταχυτήτων, δηλαδή της τάξεως των 10 Gbit/s, γνωστά ως XEPON ή 10-GEAPON.

Τα παθητικά οπτικά δίκτυα PON εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα της πολυπλεξίας μήκους κύματος WDM (Wavelength Division Multiplexing), χρησιμοποιώντας ένα μήκος κύματος για την συρρευματική και ένα άλλο για την αντιρρευματική μετάδοση μέσω μιας οπτικής ίνας με μη μηδενική ολίσθηση της διασποράς (Non-zero dispersion shifted fiber) (ITU-T G.652). Το μήκος κύματος της συρρευματικής μετάδοσης είναι στα 1490 nm και της αντιρρευματικής μετάδοσης στα 1310 nm. Η ζώνη των 1550 nm προορίζεται για προαιρετικές υπερκείμενες υπηρεσίες, τυπικά RF (αναλογική) εικόνα. Εκτός από τον ρυθμό μετάδοσης, τα πρότυπα προσδιορίζουν και το ισοζύγιο (Budget) των οπτικών απωλειών, το οποίο συνήθως είναι της τάξης των 28 dB για τα BPON και τα GPON. Τα 28 dB αντιστοιχούν σε απόσταση 20 Km με ένα

Characteristic	IEEE EPON	ITU-T GPON	ITU-T BPON
Downstream line rates, Mbit/s	1.250	1.244, 16 or 2.488,32	155,52 or 622,08 or 1.244, 16 (am.2)
Upstream line rates, Mbit/s	1.250	155,52 or 622,08 or 1.244, 16 or 2.488,32	155,52 or 622,08 (am.1)
Line coding	8B/10B	NRZ (+ scrambling)	NRZ (+ scrambling)
Addressing capability (minimum)	16	64	32
Addressing capability (maximum)	256	128	64
Logical reach, km	10 or 20	60, with 20km maximum differential logical reach between farthest and nearest subscribers	20
Layer 2 protocol	Ethernet	Ethernet over GEM and/or ATM	ATM
TDM support	TDM over Packet	Native TDM and/or TDM over ATM and/or TDM over Packet	TDM over ATM
Number of traffic flows per PON system	Depends on number of LLIDs/ONT	4.096	256
Upstream bandwidth capacity for data throughput, Mbit/s	<900	1.160 (for 1.244 Gbit/s symmetrical)	500 (for 622 Mbit/s symmetrical)
OA&M and management	Ethernet OAM, optional SNMP	PL OAM + OMCI	PL OAM + OMCI
Downstream Security	Open	AES (counter mode)	Churningor AES (am.2)

Πίνακας 1. Συγκριτικά Στοιχεία Τριών Βασικών Τύπων Παθητικών Οπτικών Δικτύων PON.

32απλό διαμερισμό. Ο έλεγχος σφάλματος FEC (Forward Error Control) παρέχει επιπλέον απώλειες της τάξης των 2 - 3 dB στα συστήματα GPON. Το ισοζύγιο των 28 dB πιθανώς να αυξηθεί, όσο βελτιώνονται τα οπτικά. Επιπλέον, τα GPON μπορούν να εξυπηρετήσουν μέχρι 128 ONU με μια και μόνο οπτική ίνα.

Στον Πίνακα 1 παρατίθενται συγκριτικά στοιχεία για τους τρεις βασικούς τύπους Παθητικών Οπτικών Δικτύων.

Υλοποίηση των Παθητικών Οπτικών Δικτύων PON

Η εγκατάσταση των παθητικών οπτικών δικτύων PON, η οποία αναφέρεται κυρίως στο δίκτυο ευρείας περιοχής και ειδικότερα στο δίκτυο υποδομής εκτός των κτιρίων, μπορεί να υλοποιηθεί με πολλούς τρόπους και εξαρτάται από διάφο-

ρους παράγοντες, όπως η απόσταση από το κέντρο μεταγωγής (CO), η πυκνότητα των κτιρίων, η αστυφιλία, κ.α. Οι γραμμές μεταφοράς οπτικών ινών μπορούν να εγκατασταθούν χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους, όπως υπόγεια ή εναέρια. Η εγκατάσταση των διαμεριστών και των άλλων παθητικών στοιχείων, καθώς και των καμπίνων που χρησιμοποιούνται εξαρτάται κυρίως από γεωγραφικούς παράγοντες και την τοπολογία του παθητικού οπτικού δικτύου PON.

Γενικότερα, οι γραμμές μεταφοράς οπτικών ινών αποτελούν το πιο δαπανηρό στοιχείο στην ανάπτυξη ενός παθητικού οπτικού δικτύου PON. Για την εγκατάσταση τους χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές ανάλογα με το κόστος, τα δικαιώματα πρόσβασης, την αισθητική κλπ, καθώς και με το αν η εγκατάσταση τους γίνεται

σε νέες ή σε υπάρχουσες υποδομές. Στην πράξη, χρησιμοποιούνται τρεις βασικές μέθοδοι εγκατάστασης:

- Η μέθοδος απευθείας ταφής, κατά την οποία η γραμμή μεταφοράς οπτικών ινών τοποθετείται απευθείας στο χώμα, σύμφωνα με τις συστάσεις ITU-T L.48 και ITU-T L.49,
- Η μέθοδος εγκατάστασης εντός υπόγειας υποδομής, κατά την οποία η γραμμή μεταφοράς οπτικών ινών τοποθετείται εντός δικτύου σωληνώσεων, σύμφωνα με την σύσταση ITU-T L.38. Αν και η εγκατάσταση της υπόγειας υποδομής θεωρείται ως ποιο δαπανηρή από ότι η μέθοδος απευθείας ταφής, η χρήση υπόγειων σωληνώσεων κάνει την εγκατάσταση της γραμμής μεταφοράς οπτικών ινών πιο ευέλικτη κατά την εγκατάσταση ή την απεγκατάσταση και την συντήρηση της,
- Η μέθοδος εναέριος εγκατάστασης περιλαμβάνει την εγκατάσταση των γραμμών μεταφοράς οπτικών ινών σε κολώνες και στύλους πάνω από το έδαφος, σύμφωνα με την σύσταση ITU-T L.57. Ο τύπος της εγκατάστασης αυτός συνήθως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις πυκνοκατοικημένων περιοχών και αποτελεί την πιο οικονομική λύση.

Οι διαμεριστές, τα πεδία βυσματικής διαχείρισης (Patch Panels) και το σύστημα διαχείρισης των οπτικών ινών συνήθως τοποθετούνται στις καμπίνες, οι οποίες εγκαθίστανται στα πεζοδρόμια ή σε στύλους και είναι γνωστές ως Συγκεντρωτές Οπτικής Διανομής (Fiber Distribution Hubs - FDH), σύμφωνα με την σύσταση ITU-T L.35. Ο αριθμός, ο τύπος και η θέση των διαμεριστών εξαρτάται από τον τύπο και την τοπολογία του δικτύου (EPON, BPON και GPON σύμφωνα με τις αντίστοιχες συστάσεις της ITU-T), καθώς και τον αριθμό των οπτικών ινών της γραμμής μεταφοράς οπτικών ινών.

Οι συγκολλήσεις (Splices) μπορεί να είναι μηχανικές ή σύντηξης. Οι μηχανικές συγκολλήσεις είναι λιγότερο δαπανηρές, αλλά εμφανίζουν μεγαλύτερη απώλεια εισαγωγής (Insertion Loss - IL) και οπίσθιες ανακλάσεις (Backreflections)

απ' ότι οι συγκολλήσεις σύντηξης, οι οποίες δεν εμφανίζουν σχεδόν καμία οπίσθια ανάκλαση, αλλά τυπικά απαιτούν την χρήση ακριβούς εξοπλισμού συγκόλλησης σύντηξης και πολύ καλά εκπαιδευμένο τεχνικό συγκόλλησης. Ο αριθμός των οπτικών συγκολλήσεων εξαρτάται από το μήκος της γραμμής μεταφοράς οπτικών ινών (τυπικά κάθε 2km, 4km ή 6Km), σύμφωνα με την σύσταση ITU-T L.35. Όσο πιο μικρό είναι το μήκος μεταξύ δύο συγκολλήσεων, τόσο πιο εύκολη είναι η συντήρηση της γραμμής μεταφοράς, όμως τόσο πιο μεγάλο είναι το πλήθος των συγκολλήσεων που απαιτούνται και επομένως τόσο πιο πολλές είναι ο χρόνος και το κόστος σε αντίθεση με την δυσκολία συντήρησης που διαθέτουν οι μεγάλοι μήκους γραμμές.

Οι απολήξεις (Drop Terminals) τυπικά χρησιμοποιούνται για την εύκολη διασύνδεση και κατανομή και μπορεί να είναι εναέριες, υπόγειες ή να τοποθετούνται στα διαμερίσματα των σπιτιών, ανάλογα με την εγκατάσταση, σύμφωνα με την σύσταση ITU-T L.35. Οι απολήξεις των γραμμών μεταφοράς οπτικών ινών μεταξύ του διαμεριστή και των κτισμάτων μπορεί να είναι προτερματισμένες και να είναι υπόγειες ή εναέριες.

Η Κατάσταση της Παγκόσμιας Αγοράς

Τα παθητικά δίκτυα οπτικών ινών χρήζουν ιδιαίτερης ανάπτυξης παγκοσμίως. Στην Ιαπωνία, το πλήθος των FTTH συνδέσεων ξεπερνά τα 10 εκατομμύρια. Κάθε μήνα σχεδόν 300.000 νέοι συνδρομητές επιλέγουν να συνδεθούν με το παθητικό οπτικό δίκτυο FTTH και 60.000 συνδρομητές απαρνούνται τις ADSL συνδέσεις και περνάνε στις FTTH συνδέσεις. Στην Βόρεια Κορέα, οι FTTB/LAN συνδέσεις ξεπερνούν το 35% των συνολικών ευρυζωνικών συνδέσεων, ενώ στο Χόνγκ Κόνγκ ξεπερνάνε το 28%.

Με 3 εκατομμύρια οικιακές συνδέσεις και ρυθμό ανάπτυξης που ξεπερνά το 100%, οι Η.Π.Α. είναι κατά πολύ μπροστά από την Ευρώπη στην παγκόσμια κατάταξη των FTTH συνδέσεων. Σε μια του συνέντευξη στην PORTEL.DE, ο καθηγητής (FH) Hartwig Tauber, Γενικός Διευθυντής του

FTTH Council στην Ευρώπη, εξηγεί ότι η εικόνα στην Ευρώπη είναι εξίσου ελπιδοφόρα: "Αρχικά η ανάπτυξη των FTTH συνδέσεων το 2004 στην Ευρώπη ήταν πολύ χαμηλή, ενώ εκτιμήθηκε ότι θα ξεπεράσει τα 3 εκατομμύρια το 2010. Στο μεταξύ, έχουμε ήδη περίπου 1,8 εκατομμύρια συνδέσεις στην Ευρώπη και αναμένουμε ο αριθμός αυτός να σκαρφαλώσει στα 5.5 εκατομμύρια το 2010 και στα 15 εκατομμύρια το 2012".

Από πλευράς υπηρεσιών, για παράδειγμα αναφορικά με τον αριθμό των συνδέσεων ανά 100 νοικοκυριά, η Σουηδία και η Δανία θα κυριαρχήσουν στην λίστα των πρώτων 10 Ευρωπαϊκών χωρών το 2012, με 36,9% και 29,2% αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τα ευρήματα του FTTH Council, ο ρυθμός μετάδοσης των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ευρώπη θα αυξηθεί με ένα ετήσιο ποσοστό μεγαλύτερο του 50%. Η χρήση των παθητικών οπτικών δικτύων ως ευρυζωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται από τα νοικοκυριά θα αυξάνεται με ρυθμό περίπου 20% ετησίως, ενώ η κίνηση που θα αναπτύξουν, ως FTTH συνδέσεις, θα είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή των ADSL συνδέσεων. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια εντυπωσιακή απόδειξη της θέσης ότι οι τελικοί χρήστες θα κάνουν σχεδόν άμεσα χρήση του μεγαλύτερου εύρους ζώνης, μόλις αυτό τους δοθεί.

Αναφερόμενοι στην σημασία της οικονομικής ανάπτυξης που θα επιτευχθεί με την επέκταση των παθητικών οπτικών δικτύων PON, ο καθηγητής Tauber δήλωσε ότι η Ελλάδα, η Πορτογαλία και η Φιλανδία ακολουθούν το παράδειγμα της Σουηδίας, της Νορβηγίας, της Δανίας και της Ολλανδίας και αναπτύσσουν προγράμματα ανάπτυξης της FTTH υποδομής.

Η Ελληνική Θέση

Στο παρελθόν δυστυχώς, έγιναν πολλαπλές απεγνωσμένες προσπάθειες από διάφορους φορείς να καθορίσουν τις βάσεις και τις απαιτούμενες απαιτήσεις της μελέτης, σχεδίασης και ανάπτυξης παθητικών οπτικών δικτύων δίχως όμως ιδιαίτερη επιτυχία. Οι κατά καιρούς

προδιαγραφές που ερχόντουσαν στην επιφάνεια δεν είχαν ούτε την απαιτούμενη επάρκεια, ούτε την δέουσα ορθότητα, αλλά και ούτε καμία συμμόρφωση με τα Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα και συστάσεις, τα οποία είναι τα μόνα που είναι σε θέση να διασφαλίσουν την ποιότητα, την λειτουργικότητα, την βιωσιμότητα και την διατηρησιμότητα των παθητικών οπτικών δικτύων PON, αλλά και την σωστά αναπτυσσόμενη, ανταγωνιστική και ελεύθερη αγορά.

Ήδη από τον Ιανουάριο του 2009, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών (Υ.Μ.Ε.) σε μια προσπάθεια ενημέρωσης και προστασίας της Ελληνικής αγοράς και των πολιτών, καθώς επίσης θέλοντας να ελαχιστοποιήσει τα προβλήματα του παρελθόντος, έχει εκδώσει τον Τεχνικό Κανονισμό για τις εργασίες που αφορούν στις εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιακών δικτύων εκτός κτιρίων (Υ.Α. 72146/2316, ΦΕΚ 21/Β/2009).

Στον Κανονισμό αυτόν δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην υποδομή των δικτύων της τεχνολογίας πληροφοριών, η οποία απαιτείται να είναι τουλάχιστον ίση, αν όχι ανώτερη, ως προς τα υπόλοιπα δίκτυα κοινής ωφέλειας, όπως της ύδρευσης, αποχέτευσης και ηλεκτρικής τροφοδότησης. Επιπλέον, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην διασφάλιση της ποιότητας της εγκατάστασης, στην οποία οι διακοπές της παροχής υπηρεσίας μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις, ενώ παράλληλα τονίζεται ότι θα πρέπει να αποφεύγεται η παροχή χαμηλής ποιότητας υπηρεσιών, λόγω έλλειψης επαρκούς σχεδιασμού, χρήσης ακατάλληλων εξαρτημάτων, λανθασμένης εγκατάστασης, φτωχής διαχείρισης ή ανεπαρκούς συντήρησης και απαιτείται η άμεση ικανοποίηση των απαιτήσεων διασύνδεσης, καθώς και η επίτευξη της δέουσας ασφάλειας.

Επίσης, στον κανονισμό αυτό αναφέρεται ρητά η απαίτηση πλήρους συμμόρφωσης και εφαρμογής των παρακάτω προτύπων του ΕΛΟΤ και των Συστάσεων της Διεθνούς ένωσης Τηλεπικοινωνιών ITU-T:

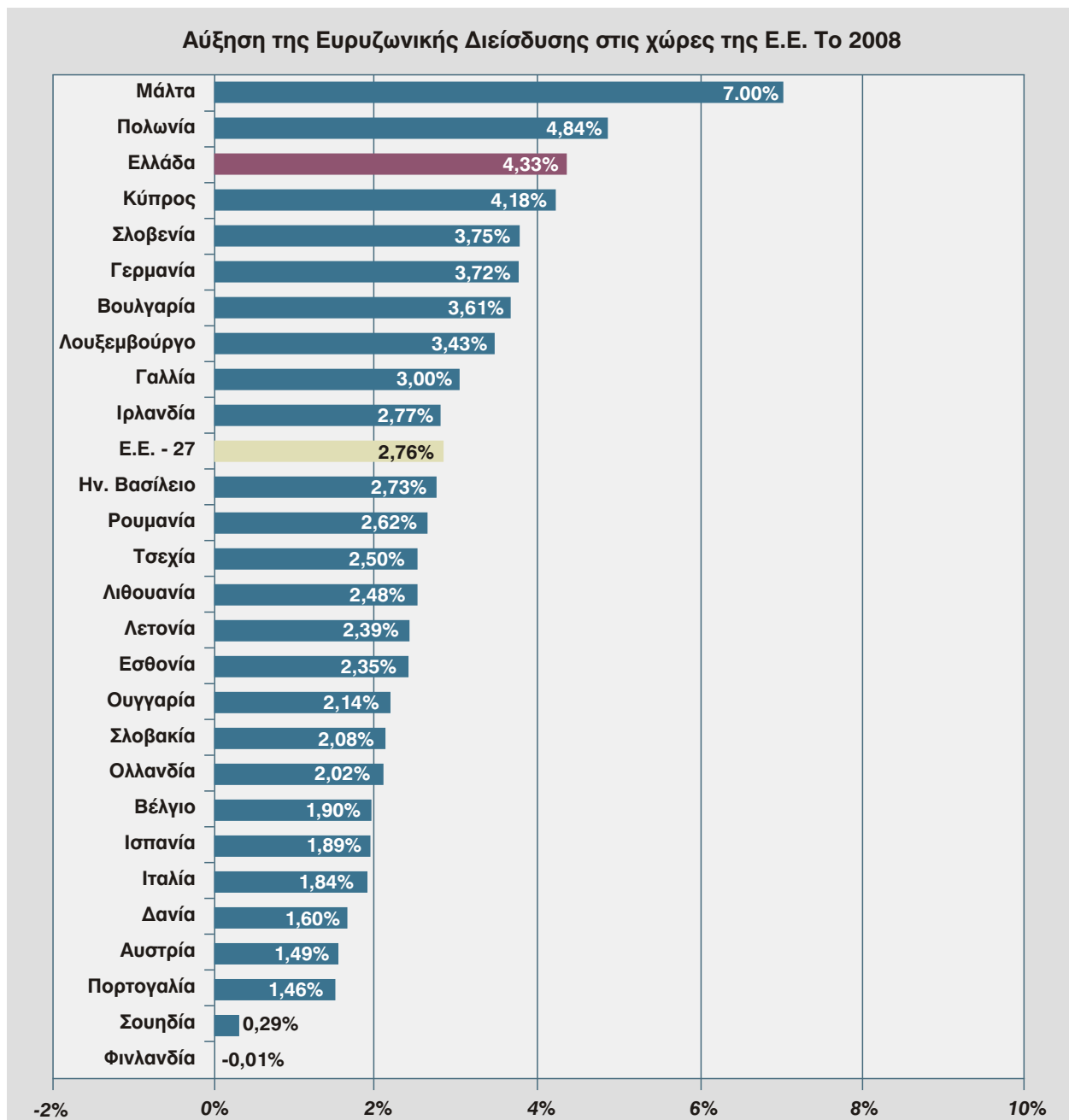
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50174-1: Τεχνολογία πληροφοριών - Εγκατάσταση καλωδίωσης - Μέρος 1: Προδιαγραφή και διασφάλιση ποιότητας.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50174-3: Τεχνολογία πληροφοριών - Εγκατάσταση καλωδίωσης - Μέρος 3: Σχεδίαση και πρακτικές εγκατάστασης εξωτερικές των κτιρίων.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794 - 3: Ιννοοπτικά καλώδια. - Μέρος 3: Τμηματική προδιαγραφή - Καλώδια εξωτερικής χρήσεως.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794-3-10: Ιννοοπτικά καλώδια - Μέρος 3 - 10: Καλώδια εξωτερικής χρήσης - Προδιαγραφή οικογένειας για οπτικά τηλεπικοινωνιακά καλώδια τοποθετημένα σε σωληνώσεις ή απευθείας θαμμένα.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794-3-12: Ιννοοπτικά καλώδια - Μέρος 3 - 12: Καλώδια εξωτερικής χρήσης - Λεπτομερής προδιαγραφή για οπτικά τηλεπικοινωνιακά καλώδια τοποθετημένα σε σωληνώσεις ή απευθείας θαμμένα για χρήση σε καλωδίωση χώρων.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794-3-20: Ιννοοπτικά καλώδια - Μέρος 3-20: Καλώδια εξωτερικής χρήσης - Προδιαγραφή οικογένειας για οπτικά τηλεπικοινωνιακά καλώδια εναέρια αυτοϋποστηριζόμενα.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794-3-21: Ιννοοπτικά καλώδια - Μέρος 3 - 21: Καλώδια εξωτερικής χρήσης - Λεπτομερής προδιαγραφή για εναέρια οπτικά αυτοστήρικτα τηλεπικοινωνιακά καλώδια για χρήση σε καλωδίωση χώρων.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794-3-30: Ιννοοπτικά καλώδια - Μέρος 3 - 30: Καλώδια εξωτερικής χρήσης - Οικογένεια προδιαγραφών για οπτικά τηλεπικοινωνιακά καλώδια σε λίμνες και διαβάσεις ποταμών.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60794-4-10: Ιννοοπτικά καλώδια - Μέρος 4 - 10: Εναέρια οπτικά καλώδια κατά μήκος γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας - Οικογένεια προδιαγραφών για OPGW (Οπτικά σύρματα γης).
- Σύσταση ITU - T L. 7: Application of joint cathodic protection.
- Σύσταση ITU - T L. 11: Joint use of tunnels by pipelines and telecommunication cables, and the standardization of underground duct plans.
- Σύσταση ITU - T L. 15: Optical local distribution networks - Factors to be considered for their construction.
- Σύσταση ITU - T L. 25: Optical fibre cable network Maintenance.
- Σύσταση ITU - T L. 32: Protection devices for through - cable penetrations of fire - sector partitions.
- Σύσταση ITU - T L. 34: Installation of Optical Fibre Ground Wire (OPGW) cable.
- Σύσταση ITU - T L. 35: Installation of optical fibre cables in the access network.
- Σύσταση ITU - T L. 38: Use of trenchless techniques for the construction of underground infrastructures for telecommunication cable installation.
- Σύσταση ITU - T L. 39: Investigation of the soil before using trenchless techniques.
- Σύσταση ITU - T L. 40: Optical fibre outside plant maintenance support, monitoring and testing system.
- Σύσταση ITU - T L. 42: Extending optical fibre solutions into the access network.
- Σύσταση ITU - T L. 43: Optical fibre cables for buried application.
- Σύσταση ITU - T L. 46: Protection of telecommunication cables and plant from biological attack.
- Σύσταση ITU - T L. 48: Mini - trench installation technique.
- Σύσταση ITU - T L. 49: Micro - trench installation technique.
- Σύσταση ITU - T L. 56: Installation of optical fibre cables along railways.
- Σύσταση ITU - T L. 57: Air - assisted installation of optical fibre cables.
- Σύσταση ITU - T L. 61: Optical fibre cable installation by floating technique.
- Σύσταση ITU - T L. 62: Practical aspects of

unbundling services by multiple operators in copper access networks.

- Σύσταση ITU - T L. 63: Safety procedures for outdoor installations.
- Σύσταση ITU - T L. 64: ID tag requirements for infrastructure and network elements management.
- Σύσταση ITU - T L. 65: Optical fibre distribution of access networks.

- Σύσταση ITU - T L. 66: Optical fibre cable maintenance criteria for in - service fibre testing in access networks.

Ως εκ τούτου, η μελέτη, η ανάπτυξη, η υλοποίηση και η συντήρηση ενός παθητικού δικτύου πλέον απαιτείται να διέπεται και να συμμορφώνεται σε όλα τα επίπεδα με το σύνολο των παραπάνω προτύπων και συστάσεων.



(Πηγή: 14η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πορεία της αγοράς Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών στην Ε.Ε.)

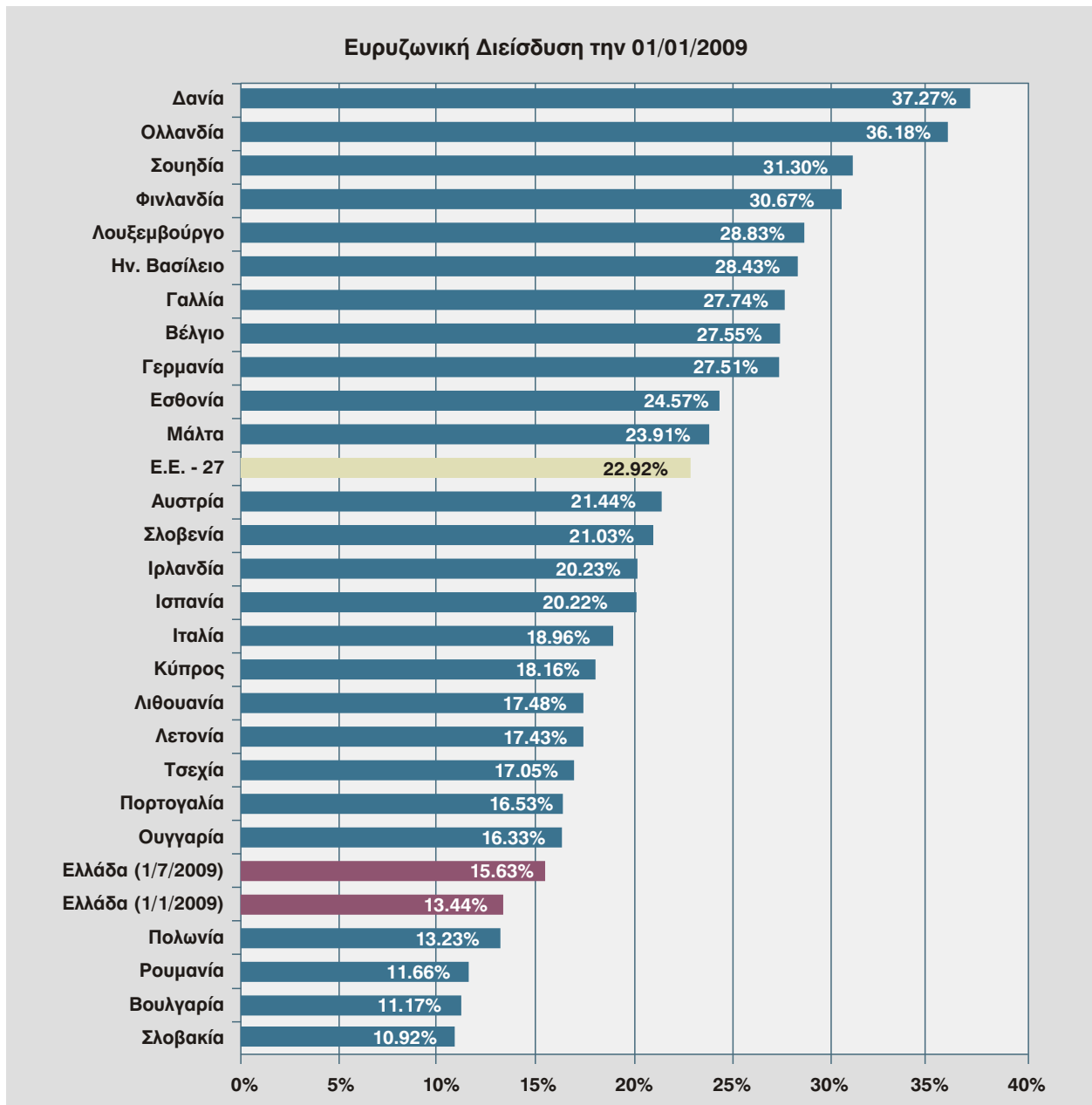
Σχήμα 9. Αύξηση στην Ευρυζωνική Διείσδυση στις Χώρες της Ε.Ε. το 2008.

Η Σημερινή Κατάσταση της Ελληνικής Αγοράς

Σύμφωνα με την 14η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πορεία της αγοράς Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών στην Ε.Ε., η Ελλάδα κατά τη διάρκεια του 2008 είχε την τρίτη υψηλότερη θέση σε αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης μεταξύ των 27 κρατών μελών της Ε.Ε., όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 9. Παρόλη όμως την πρόοδο που σημειώθηκε, παραμένει στην πέμπτη από το τέλος σειρά κατάταξης σε βαθμό

διείσδυσης της ευρυζωνικότητας, ενώ εξακολουθεί να απέχει αισθητά από τον αντίστοιχο Ευρωπαϊκό μέσο όρο, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10. Κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του 2009, η ευρυζωνική διείσδυση στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 2,19 μονάδες (από 13,44% σε 15,63%).

Ο αριθμός των ευρυζωνικών συνδέσεων στο τέλος του Ιουνίου έφτασαν τις 1.753.434 (διείσδυση 15,63% στον πληθυσμό), έναντι 1.629.322



(Πηγή: 14η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πορεία της αγοράς Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών στην Ε.Ε.)

Σχήμα 10. Ευρυζωνική Διείσδυση στα Κράτη Μέλη της Ε.Ε. την 1/1/2009.

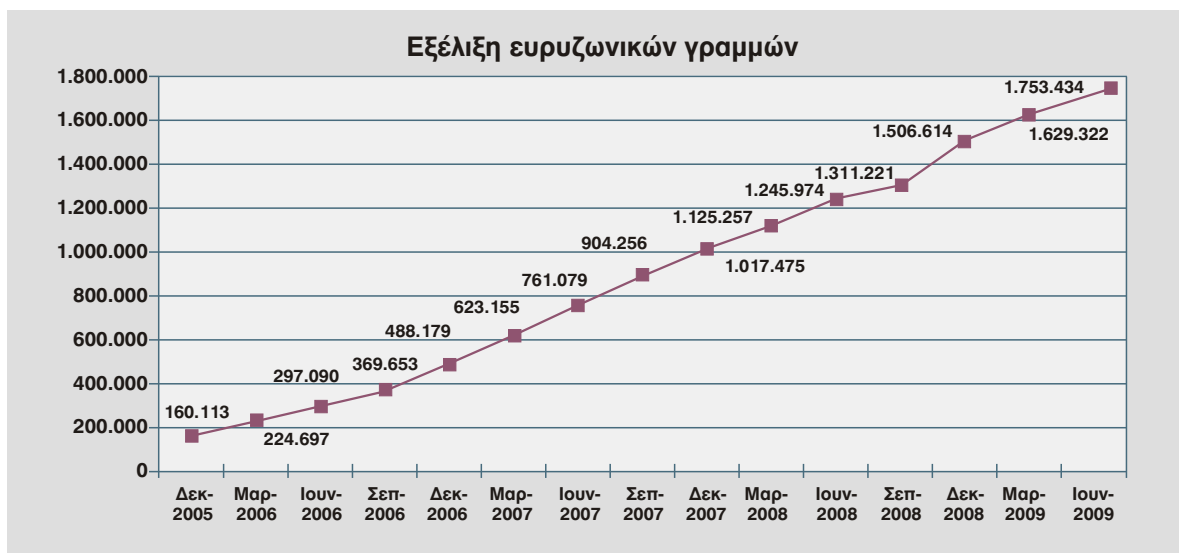
(διείσδυση 14,5%) τον Μάρτιο του 2009, παρουσιάζοντας αύξηση 7,6% κατά τη διάρκεια του τριμήνου. Σε απόλυτα μεγέθη, η αύξηση αυτή μεταφράζεται σε 124.112 νέες ευρυζωνικές συνδέσεις κατά τη διάρκεια του τριμήνου, έναντι 122.708 νέων συνδέσεων που σημειώθηκαν το προηγούμενο τρίμηνο, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 11.

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 12, το ποσοστό των γραμμών πρόσβασης ADSL μέσω Ασύμμετρου Ρυθμού Σύνδεσης (ΑΡΥΣ) (χονδρικής ή λιανικής), έφθασε τον Ιούλιο του 2009 το 59% του συνόλου των γραμμών, έναντι 63,6% τον Δεκέμβριο του 2008. Σε αντίθεση, η πρόσβαση xDSL μέσω Αδεσμοποίητης Πρόσβασης στον Τοπικό Βρόχο (ΑΠΤΒ) εξακολουθεί να αυξάνεται και έχει φτάσει το 40,5% των ευρυζωνικών γραμμών (έναντι 36% τον Δεκέμβριο του 2008). Σε αντίθεση, ο αριθμός των γραμμών ΑΡΥΣ (bitstream) ολοένα και ελαττώνεται, σημειώνοντας 30,5% μείωση σε σχέση με το προηγούμενο τρίμηνο. Κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του 2009, οι ευρυζωνικές γραμμές μέσω ΑΠΤΒ παρουσίασαν αύξηση κατά 31%. Το ίδιο διάστημα οι λιανικές γραμμές ADSL του ΟΤΕ (στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και οι γραμμές ADSL της Otenet) παρουσίασαν αύξηση

περίπου 12,3%. Η πρόσβαση μέσω λοιπών τεχνολογιών (όπως οπτικές ίνες, σταθερή ασύρματη πρόσβαση, δορυφορικές συνδέσεις και μισθωμένες γραμμές) εξακολουθεί να παραμένει σε χαμηλό επίπεδο με ποσοστό κάτω του 1%, γεγονός που καταδεικνύει την απουσία εναλλακτικών δικτύων στη χώρα.

Η ανησυχία

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω είναι έκδηλη μια τεράστια ανησυχία για την ποιότητα, την αξιοπιστία και γενικότερα το μέλλον των δικτύων νέας γενιάς (PON) και των ψηφιακών υποδομών στην Ελλάδα. Ξεκινώντας την αναζήτηση των στοιχείων για την εκπόνηση της παραπάνω μελέτης διαπίστωσα ότι το φάσμα των αρχιτεκτονικών, των τεχνολογιών και των εφαρμογών είναι τεράστιο. Η ανάλυση σε βάθος των παθητικών οπτικών δικτύων PON και των FTTx αρχιτεκτονικών έδειξε ότι τα δίκτυα αυτά, όσο και να θέλει κάποιος να τα υποβαθμίσει, τελικά αποτελούν το μέλλον. Μέσα σε αυτά έρχονται να συμπεριληφθούν και τα πιο σύγχρονα οπτικά παθητικά δίκτυα PON με περισσότερα πλεονεκτήματα και φυσικά με μεγαλύτερα μεγέθη εύρους ζώνης και ταχύτητας, γνωστά ως WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing - PON).



Πηγή: EETT βάσει στοιχείων αδειοδοτημένων παρόχων

Σχήμα 11. Εξέλιξη των Ευρυζωνικών Γραμμών στη Ελλάδα.

Σε κάθε όμως περίπτωση η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών (Quality-of-Service - QoS) είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ποιότητα του συστήματος της παθητικής υποδομής (Quality-of-System - QoS) του δικτύου. Δηλαδή την ποιότητα των φρεατίων, των σωληνώσεων, των γραμμών μεταφοράς οπτικών ινών, της εγκατάστασης, καθώς επίσης την ποιότητα και την δυνατότητα τακτικής και προληπτικής συντήρησης αυτών, αλλά και την δυνατότητα άμεσης επέμβασης και αποκατάστασης μιας βλάβης.

Βέβαια, δεν είναι μόνον αυτά. Η έρευνα σε Εθνικό επίπεδο έδειξε ότι καμία επένδυση, ιδιωτική ή δημόσια, κυρίως σε επίπεδο υποδομής δεν έγινε με βάση την μέγιστη δυνατή βιωσιμότητα της, την ποιότητα και την αξιοπιστία της και φυσικά σύμφωνα με τα απαιτούμενα Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα και συστάσεις. Όπου και να γυρίσει κανείς το βλέμμα του βλέπει την καταφανή παραβίαση όλων των προβλεπόμενων προτύπων και συστάσεων, την αλόγιστη καταστροφή του περιβάλλοντος και την παντελή έλλειψη αποτύπωσης, καταγραφής και διαχείρισης όλων των υποδομών. Πουθενά και από κανένα φορέα δεν έχει πιστοποιηθεί η συμμόρφωση των υποδομών με τα απαιτούμενα πρότυπα και τις συστάσεις.

Πώς λοιπόν μπορεί κανείς να αποδείξει ότι όλες οι παραπάνω ανησυχίες, αλλά και πολλές άλλες, είναι στην σφαίρα της φαντασίας και δεν αγγίζουν την πραγματικότητα;

Ποιος μηχανικός, φορέας, οργανισμός ή αρχή είναι αυτή που γνωρίζει σήμερα αποδεδειγμένα στην Ελλάδα τα απαιτούμενα για την μελέτη, σχεδίαση, ανάπτυξη και υλοποίηση ενός δικτύου νέας γενιάς, Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα; Και φυσικά, αυτός που τα γνωρίζει αποδεδειγμένα και όχι θεωρητικά, γνωρίζοντας μόνο την ύπαρξη τους, εμπλέκεται άμεσα στην μελέτη, σχεδίαση, ανάπτυξη και υλοποίηση ενός δικτύου νέας γενιάς ή αποτελεί θεατή ενός έργου σε θέατρο σκιών;

Πως μπορεί κανείς να διασφαλίσει ότι οι υφιστάμενες υποδομές, πριν από την έκδοση του

Τεχνικού Κανονισμού του Υ.Μ.Ε. συμμορφώνονται πλήρως με τα προβλεπόμενα πρότυπα; Και πως μπορεί κανείς να εξασφαλίσει την ποιότητα, την λειτουργικότητα, την αξιοπιστία και την βιωσιμότητα όλων αυτών των υποδομών;

Πως μπορεί πλέον να διασφαλιστεί η απόσβεση ή η προστασία όλων αυτών των Εθνικών επενδύσεων, όταν ενδέχεται οι υποδομές αυτές να είναι σαθρές και τεχνολογικά πεθαμένες εν τη γενέσει τους;

Αν υποθέσει κανείς ότι οι ευρυζωνικές υποδομές, τα δίκτυα νέας γενιάς και γενικότερα οι ψηφιακές υποδομές εντός των αστικών περιοχών ικανοποιούν έστω και στο ελάχιστο κάποιες απαιτήσεις και αυτό γιατί στις περιοχές αυτές οι ανάγκες είναι μεγαλύτερες, πως μπορεί κάποιος να διασφαλίσει ότι το ίδιο ισχύει και στην περιφέρεια όταν εκεί οι απαιτήσεις ενδέχεται να μην αγγίζουν ποτέ το μέγεθος των απαιτήσεων των αστικών περιοχών;

Πως μπορεί κανείς να περιμένει από τις υφιστάμενες ψηφιακές υποδομές να ικανοποιηθούν οι σημερινές και μελλοντικές ανάγκες του, όταν οι υποδομές αυτές δεν μπορούν να ικανοποιήσουν ταχύτητες μεγαλύτερες των 24 Mbps, στην καλύτερη των περιπτώσεων, μιας και το μεγαλύτερο ποσοστό των δικτύων αυτών είναι ακόμα με καλώδια χαλκού στο τελικό άκρο (Local Loop);

Πως είναι δυνατόν να μιλάμε για FTTH συνδέσεις όταν ακόμα οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς/πάροχοι δεν έχουν καλύψει τις ανάγκες του FTTC; Ακόμα και αν έχουν φτάσει μέχρι τον ακραίο διακλαδωτή (FTTC), πως μπορούν οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς/πάροχοι να διασφαλίσουν ότι η υποδομή τους συμμορφώνεται με τα απαιτούμενα Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η εγγυημένη απόδοση των παρεχόμενων υπηρεσιών-εφαρμογών;

Πως μπορούμε να μιλάμε για δίκτυα επόμενης γενιάς, όταν τα υφιστάμενα δίκτυα δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις σχεδίασης και υποστήριξης των σημερινών τεχνολογιών οπτικών πα-

θητικών δικτύων (GPON);

Γιατί όλοι δίνουν υπέρμετρη βαρύτητα στην ποιότητα, την αξιοπιστία και το όνομα του κατασκευαστή του ενεργού εξοπλισμού, δαπανώντας δεκάδες ή/και εκατοντάδες χιλιάδες ευρώ και δεν δίνουν καμία σημασία στην ποιότητα, αξιοπιστία, βιωσιμότητα της υποδομής του δικτύου και στην συμμόρφωση αυτής με τα απαιτούμενα πρότυπα, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή προστασία της επένδυσής τους;

Ποιος μπορεί να διασφαλίσει από δω και στο εξής ότι όλα τα έργα θα υλοποιούνται σύμφωνα με τον νέο Τεχνικό Κανονισμό του Υ.Μ.Ε.;

Ποια θα είναι η αρμόδια αρχή ή ο αρμόδιος φορέας που θα ελέγξει αν όλα τα νέα έργα των δικτύων νέας γενιάς και των ψηφιακών υποδομών συμμορφώνονται με τον Τεχνικό Κανονισμό του Υ.Μ.Ε. και θα επιβάλει σημαντικές κυρώσεις μέχρι και την διακοπή λειτουργίας σε ολόκληρη την Ελλάδα, σε περίπτωση απόκλισης ή μη πλήρους συμμόρφωσης με αυτόν;

Ποιος μπορεί στην Ελλάδα να πιστοποιήσει την απαιτούμενη εμπειρία και τεχνογνωσία των εταιρειών σε αντίστοιχα σύγχρονα έργα τηλεπικοινωνιακών υποδομών που έχουν υλοποιηθεί, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα και συστάσεις;

Γιατί κανένας ή σχεδόν κανένας τηλεπικοινωνιακός φορέας/πάροχος δεν είναι σε θέση να προσφέρει 100% εγγυημένες υπηρεσίες με αυστηρές ποινικές ρήτρες (SLA) που θα μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και στην διακοπή της λειτουργίας του στην Ελλάδα;

Γιατί κανένας μέχρι στιγμής δεν μπορεί να πιστοποιήσει αποδεδειγμένα την διαφορετικότητα του σε ποιοτικές και αξιόπιστες υποδομές, σύμφωνα με τα απαιτούμενα Διεθνή και Ευρωπαϊκά-Εθνικά πρότυπα και συστάσεις;

Για πια αναβάθμιση της ποιότητας ζωής του πολίτη θα μπορούσε να μιλήσει κανείς όταν σήμερα οι παρεχόμενες σε κάθε επίπεδο υπηρεσίες είναι πολύ χαμηλότερες ακόμα και από αυτές που παρέχονται σε αναπτυσσόμενες χώρες της

Αφρικανικής ηπείρου;

Και βέβαια, υπάρχει ακόμα ένα μεγάλο πλήθος από ερωτήσεις που μπορεί κανείς να υποβάλλει, όμως το μόνο σίγουρο είναι ότι η απάντηση σε όλες αυτές τις ερωτήσεις είναι η μοναδική που μπορεί να ανήκει στην σφαίρα της φαντασίας και η οποία πιθανώς στο μέλλον να αποτελέσει πηγή έμπνευσης των συγγραφέων κινηματογραφικών έργων επιστημονικής φαντασίας, όπως του George Lucas και του Steven Spielberg.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Υπουργείο Μεταφορών & Επικοινωνιών. "Οι εποχές αλλάζουν...", Διαφήμιση στην Εφημερίδα Το Πρώτο Θέμα, 26 Ιουλίου 2009.

[2] Tobias Munzer, "FTTx: Need For Speed", R&M Connections No 36, April 2009. [3] ITU-T G.983.1: 01/2005, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)".

[4] ITU-T G.983.2: 07/2005, "ONT management and control interface specification for B-PON".

[5] ITU-T G.983.3: 03/2001, "A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation".

[6] ITU-T G.983.4: 11/2001, "A broadband optical access system with increased service capability using dynamic bandwidth assignment".

[7] ITU-T G.983.5: 01/2002, "A broadband optical access system with enhanced survivability".

[7] ITU-T G.984.1: 03/2008, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics".

[8] ITU-T G.984.2: 03/2003, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification".

[9] ITU-T G.984.3: 03/2008, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Transmission convergence layer specification".

[10] ITU-T G.984.4: 02/2008, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification".

[11] ITU-T G.984.5: 09/2007, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Enhancement band".

[12] ITU-T G.984.6: 03/2008, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Reach extension (ex G.984.re - GPON optical reach extension)".

[13] IEEE 802.3ah, "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and

FTTH

Physical Layer Specifications Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Networks".

[14] Light Reading, "PON & FTTx Update", United Business Media Limited, August 8, 2005.

[15] Wikipedia, "Passive Optical Network", 26 June 2008.

[16] River Stone Networks, "FTTP Shootout - Active Ethernet vs PON", 2004 Ken Wieland, "The FTTx Mini-Guide", First Edition, Telecommunications International Magazine & Nexans, February 2007.

[17] FTTH Council Europe, "FTTH Infrastructure, Components and Deployment Methods", Network Infrastructure Committee, Barcelona 2007.

[18] Fiber Industry Inside, "FTTH Market Forecast & Technology Trends", Sterlite Optical Technologies Limited., May 2007.

[19] EXFO, "FTTx PON Guide. Testing Passive Optical Networks", EXFO 2008.

[20] Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Αρ. Φύλλου 21, Τεύχος Δεύτερο, "Καθορισμός των τεχνικών προδιαγραφών των εργασιών που αφορούν στις εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιακών δικτύων εκτός κτιρίων", 7 Ιανουαρίου 2009.

[21] Νισσήμ Μπενμαγιάρ, "Τεχνικός Κανονισμός για τις εργασίες που αφορούν στις εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιακών δικτύων εκτός κτιρίων (Υ.Α. 72146/2316, ΦΕΚ 21/Β/2009)", Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών (ΥΜΕ), ΗΜΕΡΙΔΑ Υ.Μ.Ε, Δίκτυα Επόμενης Γενιάς και Εφαρμογές, 8 Μαΐου 2009.

[22] Stuart Walker, Terry Quinlan, Mehmet Toycan, Manoj Thakur, Rouzbeh Razavi, Emilio Hugues-Salas and Michael Parker, "Convergence of Future Passive Optical and Wireless Personal Area Networks for Triple Play Service Distribution", Dept. of Electronic Systems Engineering, University of Essex & Fujitsu Laboratories of Europe.

[23] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων, "ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Β' ΤΡΙΜΗΝΟ 2009", Β' Τρίμηνο 2009.

Εάν επιθυμείτε το COMMUNICATION SOLUTIONS να δημοσιεύσει περισσότερα άρθρα για το FTTH κυκλώστε το **No 22** στην **κάρτα αναγνωστών**

BICSI®

To Excel in Your Installation Career.

"The BICSI Installation Program isn't just about pulling cables—it teaches installers and technicians about safety, professionalism and best practices."

*David M. Richards, RCDD, NTS, OSP
BICSI ITS Technician
President, DR Consulting*

Gain a competitive edge through BICSI education,
visit www.bicsi.org/74.

Educate
Never Stop Learning

