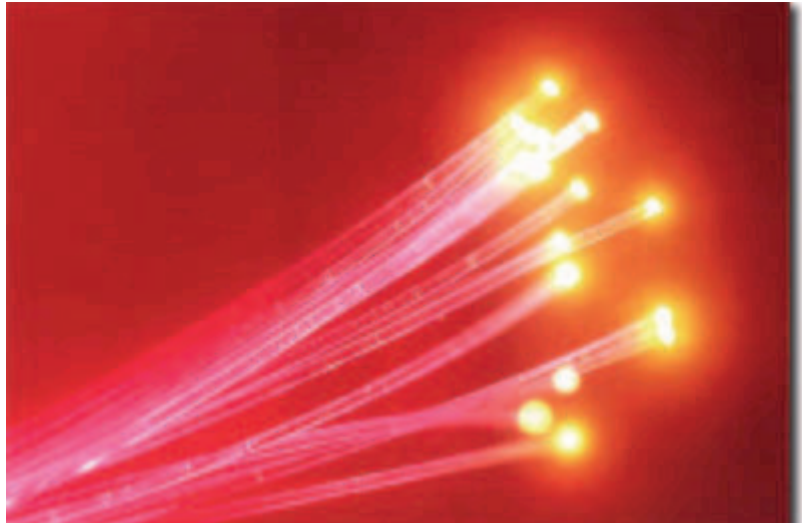


Μελλοντικά **ΟΠΤΙΚΑ** **ΔΙΚΤΥΑ** τηλεπικοινωνιών

Γράφει ο Δρ Δημήτριος Κλωνίδης



Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων τριάντα ετών, οι οπτικές τηλεπικοινωνίες έχουν διέλθει από όλα τα στάδια της σύγχρονης τεχνολογικής και βιομηχανικής ανάπτυξης:

- **Το αρχικό στάδιο της απόδειξης λειτουργίας.** Αυτό περιελάμβανε την ανάπτυξη σταθερών λέιζερ, υψηλής απόδοσης και μακράς διάρκειας ζωής, καθώς επίσης και οπτικών ινών με αμιγή χαρακτηριστικά και δυνατότητες μετάδοσης σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Ο συνδυασμός των παραπάνω επέτρεψε την πρώτη ανάπτυξη οπτικών ζεύξεων, κυρίως σε δίκτυα κορμού, παρέχοντας επίσης μακροχρόνια λύση στο πρόβλημα της περιορισμένης χωρητικότητας των τότε δικτύων.
- **Το στάδιο της ταχείας τεχνολογικής ανάπτυξης.** Σημαντικές ανακαλύψεις κατά το στάδιο αυτό οδήγησαν στην ταχύτερη αποδοχή και ανάπτυξη των οπτικών δικτύων. Η βασική ανακάλυψη που εκτίναξε τη χρήση της οπτικής ίνας ως μέσο μετάδοσης, ήταν ο οπτικός ενισχυτής, ο οποίος επέτρεψε την ταυτόχρονη μετάδοση κυμάτων (τεχνολογία WDM) σε μεγαλύτερες αποστάσεις, αποφεύγοντας τη χρήση αναγεννητών και μειώνοντας κατά συνέπεια

το κόστος ανάπτυξης και λειτουργίας των συστημάτων (χαρακτηριστικό παράδειγμα η δημιουργία των διατλαντικών ζεύξεων – TAT links)

- **Το στάδιο της ανεξέλεγκτης τεχνολογικής ανάπτυξης και της αποτυχίας.** Η ανάπτυξη ιδιαίτερων οπτο-ηλεκτρονικών υλικών καθώς και συστημάτων μετάδοσης, έδωσαν τη διαφανόμενη δυνατότητα ανάπτυξης έξυπνων οπτικών συστημάτων, ικανών να παρέχουν λειτουργίες υψηλής πιστότητας, όπως για παράδειγμα άμεση επεξεργασία οπτικών σημάτων ή και μετάδοση σε ταχύτητες 160Gb/s. Η βιομηχανία των οπτικών τηλεπικοινωνιών ανέμενε ότι αυτή η πρόοδος θα επεκτεινόταν σχεδόν άμεσα στα υπάρχοντα δίκτυα, παρέχοντας απεριόριστες νέες υπηρεσίες στους χρήστες και σημαντικά κέρδη στους παρόχους. Ωστόσο, παρά την ανάπτυξη της τεχνολογίας, η προσφερόμενη ζήτηση από τη μεριά των χρηστών ήταν φτωχή, οδηγώντας σε αναπόφευκτη κατάρρευση πολλών εταιρειών που επένδυσαν στις νέες αυτές τεχνολογίες
- **Το τρέχον στάδιο των ώριμων τεχνολογιών και της στρατηγικής ανάπτυξης.** Τα παθήματα από το προηγούμενο στάδιο έδειξαν το δρόμο για μία

Η διαδικασία εξέλιξης προς τις μελλοντικές οπτικές τηλεπικοινωνίες και η πρόβλεψη για τις μελλοντικές απαιτήσεις, τους τρέχοντες περιορισμούς των δικτύων και των τεχνολογιών και τον τρόπο προσέγγισης προηγμένων λύσεων οπτικής δικτύωσης στο άμεσο μέλλον, αποτελούν θέματα άκρως ενδιαφέροντα για την κατανόηση ενός σημαντικού τομέα των τηλεπικοινωνιών, που κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη αποδοχή.

πιο προγραμματισμένη ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, βασισμένη στις σύγχρονες ανάγκες των χρηστών και στις διαφαινόμενες μελλοντικές απαιτήσεις των δικτύων. Η έρευνα και ανάπτυξη μελλοντικών δικτύων ακολουθεί πλέον μια πιο ολιστική προσέγγιση, που συμπεριλαμβάνει τη δημιουργία νέων υπηρεσιών προς τους χρήστες, τη μελέτη νέων τεχνικών δικτύωσης και τις υπάρχουσες τεχνολογικές δυνατότητες που προσφέρονται. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί το απαραίτητο υπόβαθρο για τις μελλοντικές ευρυζωνικές υπηρεσίες, στη βάση μιας ικανής στρατηγικής προσέγγισης, για την ομαλή μετεξέλιξη των υπάρχουσών υποδομών σε ανεπτυγμένα μελλοντικά οπτικά δίκτυα



Υπάρχουσες τεχνολογίες δικτύων

Ένας ορθά δομημένος τρόπος για την παρουσίαση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, που επίσης προτιμάται από παρόχους υπηρεσιών και συστημάτων, βασίζεται στον τμηματικό διαχωρισμό του δικτύου και στη χωριστή μελέτη των διεπαφικών σημείων μεταξύ των τμημάτων. Στο **σχήμα 1** προσδιορίζονται τα διάφορα τμήματα, οι τοπολογίες και οι υπάρχουσες τεχνολογίες δικτύων, από τα δίκτυα πρόσβασης τελικών χρηστών (access networks) στα μητροπολιτικά δίκτυα (metro networks) και στο ευρείας περιοχής και παγκόσμιο δίκτυο (wide area and global networks).

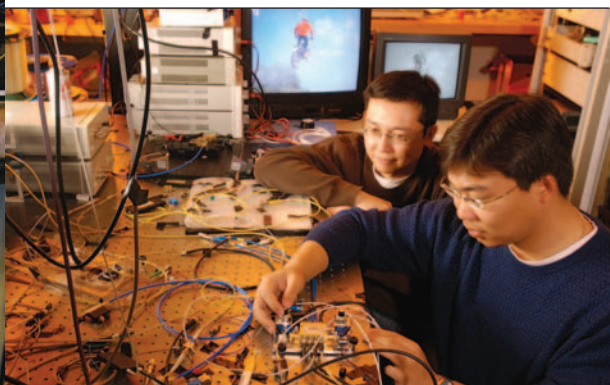
Τα δίκτυα πρόσβασης έχουν κερδίσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις μέρες μας, λόγω κυρίως της ανάπτυξης και διεύ-

δυσης της ευρυζωνικής τεχνολογίας (DSL) σε μαζικό επίπεδο και την ολοένα αυξανόμενη προσφορά σε νέες υπηρεσίες. Παράλληλα, ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες (όπως το WiMAX) αναπτύσσονται και αναμένονται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο κυρίως σε περιοχές διάσπαρτα κατοικημένες. Επιπλέον, ένας σημαντικός αριθμός ήδη εγκατεστημένων δικτύων πρόσβασης, (όπως LANs campus networks), παρέχουν σημαντικό όγκο δεδομένων και βασίζονται σε κοινά



ποδεκτές τεχνολογίες και πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα μητροπολιτικά δίκτυα συγκεντρώνουν και αντίστοιχα κατανέμουν την πληροφορία στα δίκτυα πρόσβασης. Η ανάπτυξή τους τα τελευταία χρόνια είναι ραγδαία, καθώς προσπαθούν να καλύψουν τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για μεγαλύτερες ταχύτητες διασύνδεσης, διατηρώντας ταυτόχρονα το κόστος σε χαμηλά επίπεδα. Τα μητροπολιτικά δίκτυα επεκτείνονται κυρίως σε τοπολογίες δακτυλιδιών (ring topology) και βασίζονται στις τεχνολογίες SDH και ATM. Εντούτοις, λόγω της ολοένα αυξανόμενης κίνησης δεδομένων που βασίζονται σε IP τεχνολογίες, απαιτείται η ανά-

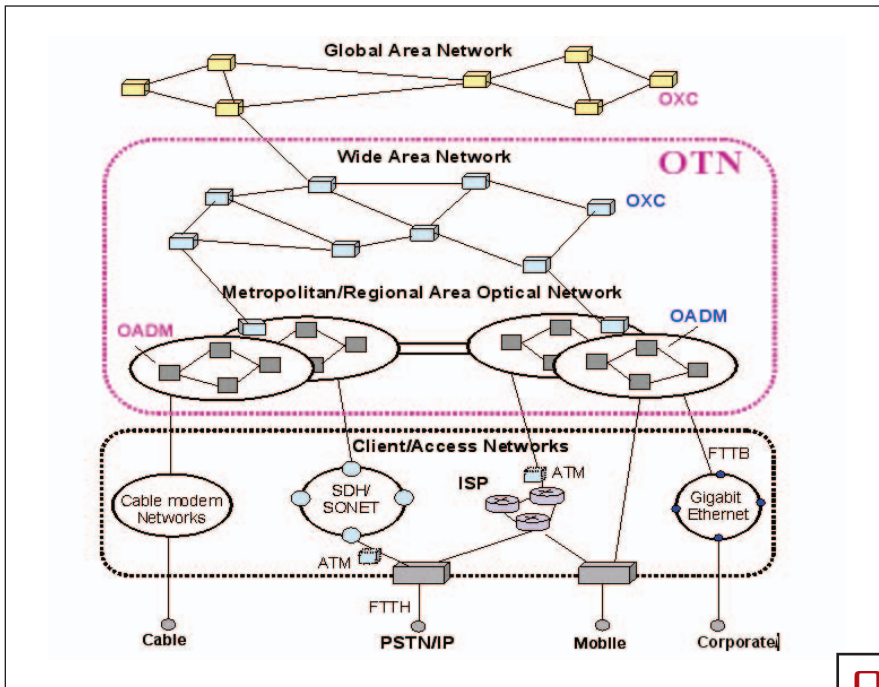
πτυξη συμβατών τεχνολογιών και στο επίπεδο αυτό (πέραν των δικτύων πρόσβασης) για την απλούστευση του σχεδιασμού και των τεχνικών διασύνδεσης και μεταγωγής πληροφορίας. Το ευρύ και παγκόσμιο δίκτυο, παρέχει τη δυνατότητα διασύνδεσης και μετάδοσης μεγάλου όγκου πληροφοριών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Η ευρεία επέκταση της οπτικής ίνας ως μέσο μετάδοσης, επέλυσε τα προβλήματα περιορισμένου φάσματος στο επίπεδο αυτό. Εντούτοις, ο αυξανόμενος όγκος της διακινούμενης πληροφορίας θέτει νέες απαιτήσεις για οπτικές τεχνολογίες μετάδοσης και μεταγωγής της πληροφορίας, που να ικανοποιούν ταχύτητες δεδομένων πέραν των 40Gb/s. Αυτά τα δίκτυα αναπτύσσονται σε τοπολογίες



πλέγματος και η τρέχουσα τεχνολογία μετάδοσης και μεταγωγής βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε SONET/SDH.

Περιορισμοί δικτύωσης και μελλοντικές απαιτήσεις

Η ευρυζωνική τεχνολογία έχει καθιερωθεί ως μία από τις πιο επιτυχείς νέες τεχνολογίες στην ιστορία, επιτυγχάνοντας μεγάλο ποσοστό διεύδυσης στην αγορά, που υπερέβη ακόμη και αυτό των κινητών τηλεφώνων. Συγχρόνως, μια νέα αγορά έχει ακμάσει, παρέχοντας μεγάλο αριθμό νέων υπηρεσιών βασιζόμενων στο Διαδίκτυο. Καθώς ο ρυθμός διεύδυσης και κατά συνέπεια τα έσοδα αυξάνουν, οι πάροχοι υπηρεσιών είναι σε θέση να προσφέρουν περισσότερες νέες υπηρεσίες στους χρήστες σε χαμηλότερη τιμή, αυξάνοντας έτσι συνεχόμενα τη ζήτηση



Δικτυακή δομή και τεχνολογίες. Όπως αναγνωρίζονται από το πρόγραμμα IST-OPTIMIST της Ε.Ε.

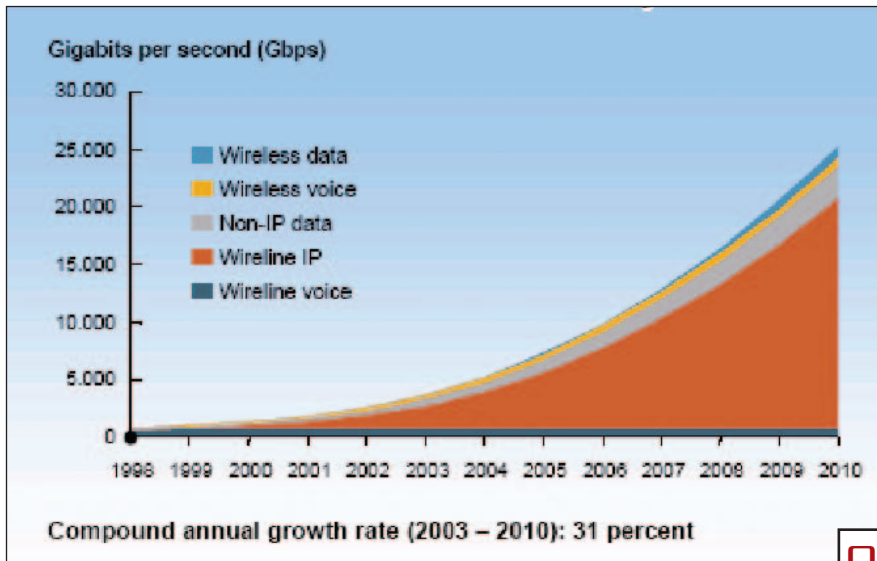
για περισσότερο προηγμένες υπηρεσίες και ταχύτητες πρόσβασης. Σημαντικοί πάροχοι υπηρεσιών Διαδικτύου μελετούν ή ακόμα και προσφέρουν ήδη δυνατότητες μετάδοσης φωνής, δεδομένων και video (triple-play) υπηρεσιών στα σπίτια, ενώ προσβλέπουν στη δυνατότητα παροχής υψηλής ευκρίνειας εικόνας (HDTV) και video-on-demand υπηρεσιών στο εγγύς μέλλον, σε ακόμα υψηλότερες ταχύτητες πρόσβασης. Αυτές οι νέες υπηρεσίες αναμένονται να δώσουν μια ώθηση στην απαιτούμενη χωρητικότητα των δικτύων πρόσβασης και κατά συνέπεια στην απαίτηση για μεγαλύτερο φασματικό εύρος στα μητροπολιτικά δίκτυα, όπου ο μεγάλος όγκος χρηστών και υπηρεσιών ενώνονται. Ωστόσο, η επέκταση των διαφορετικών τεχνολογιών πρόσβασης περιορίζεται αυστηρά και από τις υπάρχουσες υποδομές στο φυσικό στρώμα και από τις δικτυακές τεχνικές μεταγωγής. Σε ό,τι αφορά στο φυσικό στρώμα, το κυρίως πρόβλημα που περιορίζει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών εντοπίζεται στην υποδομή των δικτύων πρόσβασης, η οποία συνδέει τα δίκτυα σπιτιών και επιχείρησης. Σε ανώτερα επίπεδα δικτύων (μητροπολιτικά και ευρείας περιοχής δίκτυα) η επέκταση της

οπτικής ίνας έχει λύσει τις απαιτήσεις για χωρητικότητα, ενώ περαιτέρω αύξηση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση των τεχνολογιών πολυπλεξίας οπτικών κυμάτων (DWDM). Στο επίπεδο πρόσβασης, η επέκταση της οπτικής ίνας στο σπίτι (FTTH) προβλέπεται ως η μελλοντική λύση, εντούτοις το κόστος αντικατάστασης της υπάρχουσας υποδομής είναι τεράστιο, ιδιαίτερα όταν εναλλακτικές τεχνικές όπως το DSL παρέχουν μια ικανοποιητική, ακόμα, λύση. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι αυξανόμενες απαιτήσεις χωρητικότητας, η λύση είναι πρώτα η κίνηση προς τεχνολογίες μεγαλύτερου φασματικού εύρους ζώνης όπως VDSL, φέρνοντας την οπτική ίνα πιο κοντά στο σπίτι και αργότερα η αντικατάσταση των τελικών συνδέσεων (last mile) με οπτικές ίνες. Σε ό,τι αφορά την τεχνολογία δικτύωσης και μεταγωγής πληροφορίας, ο περιορισμός πηγάζει από την υπάρχουσα σύνθετη και πολύπλοκη δικτυακή υποδομή, όπου διαφορετικές τεχνολογίες και πρωτόκολλα εμφανίζονται στα δίκτυα ταυτόχρονα (π.χ. Ethernet, ATM, SDH/SONET κ.λπ.). Το πρόβλημα επικεντρώνεται κυρίως στις διασυνδέσεις των δικτύων αυτών, όπου απαιτείται η μετατροπή από τη μία τε-

χνολογία στην άλλη, καταλήγοντας συνήθως σε μεταφορά πάνω από SDH τεχνολογία και WDM στο οπτικό δίκτυο. Για παράδειγμα, μια χαρακτηριστική μορφή δικτύωσης φέρει δεδομένα σε Ethernet/IP από το δίκτυο πρόσβασης, πρώτα πάνω από ATM στη διεπαφή με το μητροπολιτικό δίκτυο, κατόπιν πάνω από SDH στα δίκτυα ευρείας περιοχής, τα οποία τέλος μεταφέρονται σε ένα μήκος κύματος στο WDM στρώμα. Το πλήθος στρωμάτων τεχνολογίας στις δικτυακές διεπαφές αυξάνει σημαντικά την πολυπλοκότητα του δικτύου, καθώς και το κόστος λειτουργίας αυτού.

Μελλοντική εξέλιξη δικτύων

Η εξέλιξη του Διαδικτύου και των μέσω αυτού παρεχόμενων υπηρεσιών σήμερα, οδήγησε στην εκθετική ανάπτυξη της κίνησης IP δεδομένων, που γρήγορα ξεπέρασε αυτή των δεδομένων φωνής, ενώ αποτελεί επί του παρόντος την κυρίαρχη μορφή πληροφορίας στο δίκτυο. Το **σχήμα 2** απεικονίζει προβολή του τύπου κίνησης. Παρ'όλα αυτά, η δικτυακή υποδομή βασίζεται ακόμα αποκλειστικά σε συνδέσεις μεταγωγής κυκλώματος, φωνητικά προσανατολισμένες, SDH/SONET, οι οποίες προσφέρουν προηγμένες δυνατότητες δικτύωσης, όπως παρακολούθηση, διαχείριση, έλεγχο σφαλμάτων και βιωσιμότητα. Επιπλέον, εφαρμόζονται και άλλες τεχνολογίες μεταγωγής, όπως ATM, ικανοποιώντας απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσιών. Προκειμένου να μειωθεί το κόστος και να απλοποιηθεί η διαχείριση και ο έλεγχος των δικτύων, οι σύγχρονες ερευνητικές και αναπτυξιακές προσπάθειες επιδιώκουν την ανεύρεση λύσης σύγκλισης των τεχνολογιών και μείωσης της πληθώρας των πρωτοκόλλων, μέσω της ενσωμάτωσης του κυρίαρχου δικτύου επιπέδου IP, απευθείας στο επίπεδο κυματικής πολυπλεξίας WDM (**σχήμα 3**). Εντούτοις, είναι σημαντικό οι τεχνικές μεταγωγής πακέτου να αναβαθμιστούν με προηγμένες δικτυακές ικανότητες, όπως Ποιότητας Υπηρεσιών (QoS) και διαχείρισης της κίνησης. Επιπλέον, η εξέλιξη προς μία τεχνολογία δικτύων ενιαίας βάσης, πρέπει να γίνει ομαλά. Οι προτεινόμενες λύσεις επιδιώκουν πρώτα τη σύγκλιση των διαφορε-



Τύπος συνοδικής κίνησης δεδομένων (πηγή: Siemens).

τικών τεχνολογιών πρόσβασης δικτύου πάνω από IP/Ethernet, οι οποίες θα εκτείνονται έως το μητροπολιτικό δίκτυο. Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει υβριδικές λύσεις μεταγωγής πακέτου και κυκλώματος, για τη διασύνδεση των μητροπολιτικών δικτύων με το δίκτυο κορμού και τους μεταγωγείς αυτού, οι οποίοι τελικά θα αντικατασταθούν από αμιγείς μεταγωγείς πακέτου. Παρ'όλα αυτά, ενώ το πρώτο βήμα βρίσκεται σε εξέλιξη, οδηγούμενο κυρίως από τις απαιτήσεις για ένα απλούστερο και καλύτερα διαχειριζόμενο δίκτυο πρόσβασης και μητροπολιτικό δίκτυο, το τελευταίο βήμα για ένα ολοκληρωμένο δίκτυο μεταγωγής πακέτου, επί του παρόντος, είναι μάλλον φουτουριστικό. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι έχουν ήδη προταθεί τεχνολογικές λύσεις μεταγωγής πακέτου, αποκαλύπτοντας τις ενδεχόμενες δυνατότητες, αλλά και τους πιθανούς περιορισμούς των μελλοντικών IP δικτύων.

Δίκτυα Μελλοντικής Γενιάς (NGN)

Οι προαναφερόμενες δικτυακές και τεχνολογικές αλλαγές καταδεικνύουν την εισαγωγή και τις βασικές αρχές των Δικτύων Μελλοντικής Γενιάς (Next Generation Networks). Επιβαλλόμενοι κυρίως από τους παρόχους, οι σημαντικοί παράγοντες που υποκινούν τη μετάβαση είναι:

- Ευκαιρίες για την αύξηση εσόδων – Αυτές προκύπτουν από επενδύσεις σε ευ-

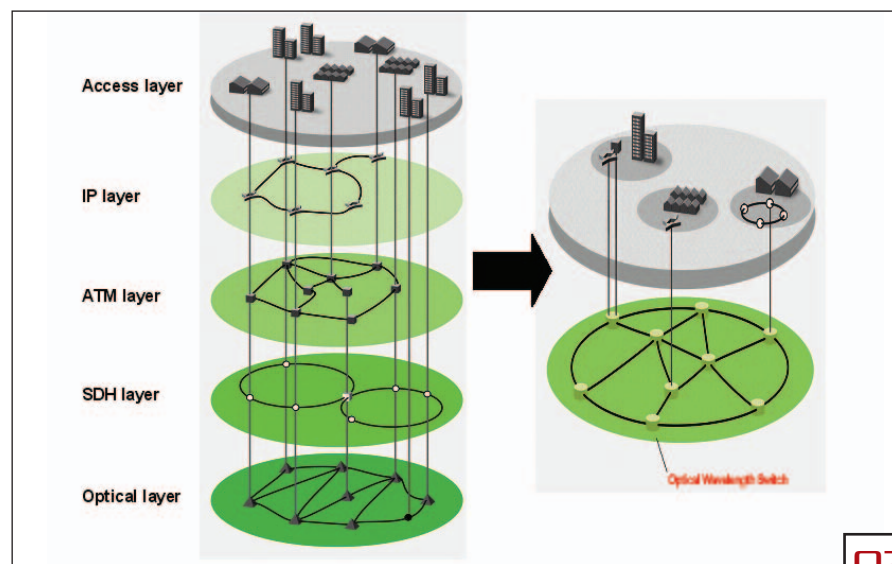
ρυζωνικές τεχνολογίες εντός του πλαισίου της γεωγραφικής επέκτασης (νέες αγορές) και της παροχής νέων υπηρεσιών υψηλών ταχυτήτων.

- Μείωση δαπανών και βελτιστοποίηση δικτύων – Αυτό βασίζεται στη μείωση των λειτουργικών εξόδων και στη βαθμιαία αντικατάσταση των σύγχρονων δικτύων από δίκτυα μεταγωγής πακέτου. Επιπλέον, η βελτιστοποίηση των δικτύων απαιτεί μικρότερο αριθμό κόμβων και διαδικασιών μεταγωγής, παρέχοντας απλούστερη εφαρμογή υπηρεσιών και μεγαλύτερη χωρητικότητα.
- Διαχείριση - Αυτό αφορά ζητήματα κε-

ντρικής διοίκησης και ελέγχου για την επίτευξη ομαλής αναβάθμισης δικτύων και το χειρισμό νέων υπηρεσιών .

- Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS) και ασφάλεια – Ένα από τα κύρια ζητήματα στα μελλοντικά δίκτυα είναι η βελτίωση της αξιοπιστίας και της βιωσιμότητας αυτών. Αυτό γίνεται ολοένα εναργέστερο με την εισαγωγή νέων υπηρεσιών, που προϋποθέτουν διάφορα δικτυακά χαρακτηριστικά.
 - Μόνιμη διαθεσιμότητα – Ένα μόνιμως διαθέσιμο δίκτυο προτιμάται, καθώς δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να συνδέεται οποτεδήποτε, οπουδήποτε και με κάθε τρόπο, μεγιστοποιώντας τη χρήση του δικτύου και τα έσοδα.
 - Διαλειτουργικότητα - Αυτό αναφέρεται σε σημαίνουσες απαιτήσεις για διαλειτουργικό εξοπλισμό, διαθέσιμο από όλους τους προμηθευτές, με βάση κοινώς καθορισμένα πρότυπα.
 - Δίκτυα πρόσβασης πολλαπλών διασυνδέσεων – Το ενιαίο δίκτυο πρόσβασης πρέπει να επιτρέπει ταυτόχρονες διασυνδέσεις μεταξύ σταθερών και κινητών δικτύων, που βασίζονται σε καλωδιακές, οπτικές και ασύρματες ζεύξεις.
- Με βάση αυτές τις παραμέτρους, η ITU έχει προσδιορίσει μια καθολική διαδικασία μετάβασης προς τα NGN. Καταρχήν, κρίνεται αναγκαία η παροχή νέων ευρυζωνικών υπηρεσιών προς τους χρήστες, με βάση την υπάρχουσα δικτυακή υποδομή. Με την επιτυχή εισαγωγή αυτών των υπηρε-

02

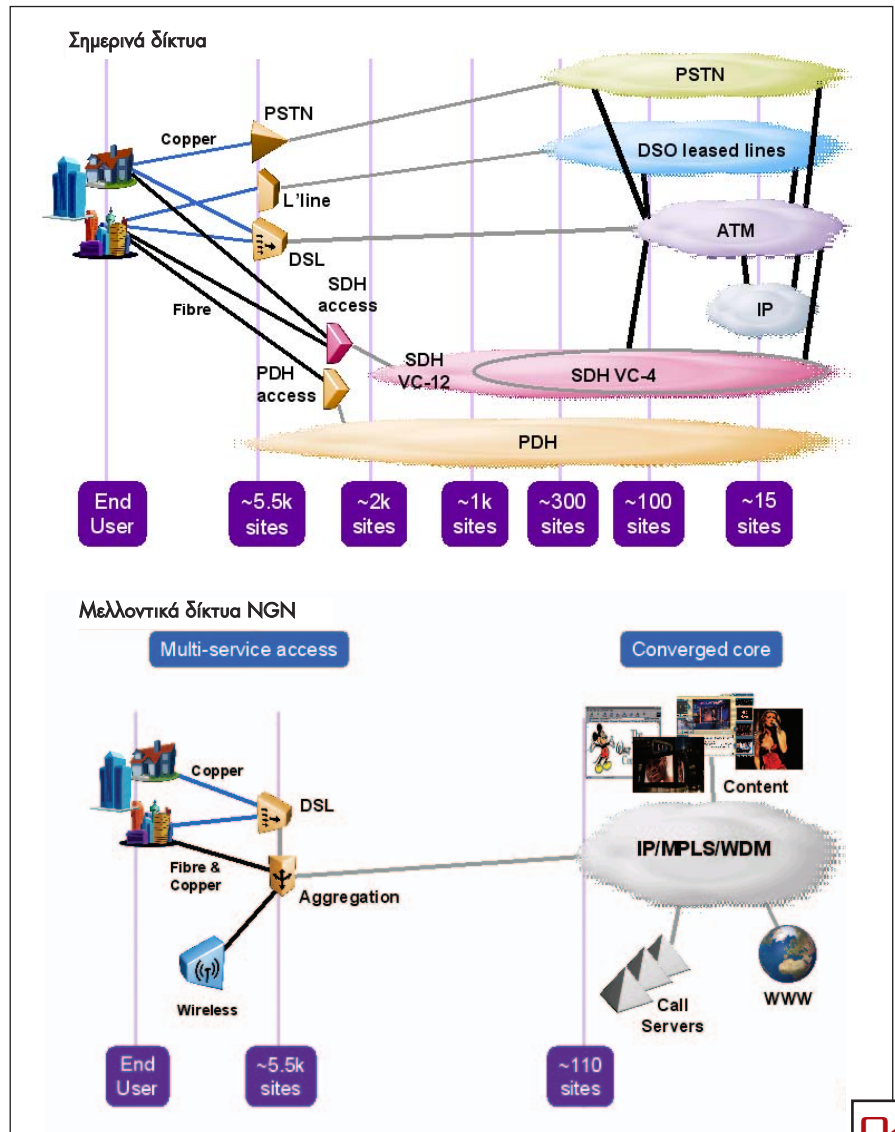


Μείωση των επιπέδων μεταγωγής πληροφορίας σε ένα ενιαίο επίπεδο, υποστηριζόμενο από WDM οπτική τεχνολογία.

03

σιών, σημαντικός αριθμός χρηστών θα μεταβεί σε αυτές τις υπηρεσίες, μειώνοντας τη χρήση γραμμών PSTN/ISDN. Το κόστος συντήρησης παράλληλα και των δύο συστημάτων, θα αποτελέσει ζήτημα, ενώ τα αυξανόμενα έσοδα θα συμβάλλουν στην απόφαση για την έναρξη αντικατάστασης των υποδομών. Στη συνέχεια, ένα μέρος της υποδομής θα αντικατασταθεί από νέα, χωρίς να απαιτεί τη μετάβαση όλων των χρηστών. Το τελικό στάδιο επιδιώκει την πλήρη μετάβαση προς νέες υποδομές και τη μεταφορά των εναπομειναντων χρηστών στα NGN.

Εξετάζοντας τη διαδικασία μετάβασης στα NGN από μια πρακτικότερη άποψη, παρατηρείται ότι σήμερα τα NGN δεν αφορούν (πλέον) σε μια γενική θεωρητική συζήτηση με στόχο τη βέλτιστη δικτύωση, αλλά σε μια κοινά αποδεκτή προσπάθεια από μεγάλους παρόχους, να εξυπηρετήσουν μελλοντικές ανάγκες. Παρ' όλο που οι λειτουργίες και η τεχνολογία των NGN δεν έχουν ακόμα οριοθετηθεί, παραδοσιακές τηλεπικοινωνιακές εταιρείες όπως η BT, η DT και η NTT έχουν παρουσιάσει σχέδια για τη μετάβαση στα NGN, τα οποία ήδη και εφαρμόζουν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πρόγραμμα «Δίκτυο του 21ου Αιώνα» (21st Century Network- 21CN) πρωτοβουλίας της BT, που οραματίζεται τη μετάβαση από το σύγχρονο πολύπλοκο και ακριβό δίκτυο, σε ένα μελλοντικό δίκτυο πακέτων πληροφορίας με μειωμένους κόμβους μεταγωγής, καθώς και σε ένα απλουστευμένο και εύκολα αναβαθμισιμο επίπεδο ελέγχου και διαχείρισης. Το **σχήμα 4** απεικονίζει την παρούσα και μελλοντική μορφή του δικτύου της BT (21CN). Ένα σημείο πολλαπλών υπηρεσιών στο δίκτυο πρόσβασης (multi-service access aggregator) θα συγκεντρώνει DSL, ασύρματες, οπτικές και καλωδιακές τεχνολογίες, πάνω από ένα απλό δίκτυο διασύνδεσης δεδομένων πακέτων, παρέχοντας μεταγωγή IP δεδομένων στο δίκτυο κορμού, το οποίο θα βασίζεται σε MPLS τεχνολογία για τον έλεγχο δικτύου και WDM δυνατότη-



Το 21CN πρόγραμμα της BT. Σημερινή και μελλοντική μορφή του δικτύου (πηγή: BT).

τες για το υψηλής χωρητικότητας φυσικό επίπεδο.

Τέλος, η μετάβαση στα NGN συνοδεύεται από σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στις τεχνικές οπτικής μετάδοσης, μεταγωγής και κομβικών υποσυστημάτων και αρχιτεκτονικών δικτύου και πρωτοκόλλων. Ο κύριος στόχος αυτών των νέων τεχνολογιών είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των σύγχρονων και

μελλοντικών δικτύων, η απλοποίηση των λειτουργιών διαχείρισης και ελέγχου και η μείωση τόσο των λειτουργικών δαπανών όσο και των δαπανών εγκατάστασης. Η έρευνα σε αυτούς τους τομείς παρέχει προσιτές λύσεις προς τους τελικούς χρήστες και προηγμένες δυνατότητες δικτύωσης στους παρόχους, παράγοντες που συντελούν σημαντικά στην εφαρμογή των μελλοντικών NGN.



Ο Δρ. Δημήτριος Κλωνίδης απέκτησε τον τίτλο του Διδακτορικού (PhD) στον τομέα των «οπτικών τηλεπικοινωνιών και δικτύων» από το πανεπιστήμιο του Essex, Βρετανία, το 2006. Εργάστηκε ως ο κύριος ερευνητής στο πρόγραμμα OPSnet του Βρετανικού Συμβουλίου Ερευνών (EPSRC) για τη μελέτη, ανάπτυξη και υλοποίηση ενός πλήρους ελεγχόμενου κόμβου μεταγωγής ασύγχρονων οπτικών πακέτων επικοινωνίας, μεταδιδόμενων σε ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες, πέραν των 40Gb/s. Παράλληλα, συμμετείχε ως ερευνητικός σύμβουλος σε διάφορα ερευνητικά προγράμματα της Βρετανίας (OPORON, Prince) και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (MUFINS, ePhoton). Το Σεπτέμβριο του 2005 ξεκίνησε τη συνεργασία του με το ΑΙΤ, εργαζόμενος ως ερευνητής στην ομάδα «υψίρρυθμων δικτύων και οπτικών τηλεπικοινωνιών (NOC), συμμετέχοντας σε διάφορα ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ είναι ο υπεύθυνος λειτουργίας του εργαστηρίου οπτικών τηλεπικοινωνιών στο ΑΙΤ. www.ait.gr/faculty/_D_Klonidis.asp