



## Μάθημα 14.2: Αρχιτεκτονική

### 14.2.1 Φυσικά μέσα

Ένα βασικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη σχεδίαση ενός ΔΕΠ είναι το είδος των γραμμών επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθούν. Για να επιλεγεί το καταλληλότερο φυσικό μέσο, θα πρέπει να έχει καθοριστεί ο σκοπός για τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το ΔΕΠ. Τα φυσικά μέσα που συνδέουν τα ΔΕΠ είναι τα ακόλουθα:

- ✓ **Κανάλια επικοινωνίας Ε/Τ.** Η σειρά των καναλιών επικοινωνίας  $T$  αποτελεί το πρότυπο της βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών των Η.Π.Α. και αφορά την ψηφιακή διασύνδεση των συστημάτων επικοινωνίας. Το αντίστοιχο πρότυπο για τη βιομηχανία τηλεπικοινωνιών της Ευρώπης είναι η σειρά των καναλιών επικοινωνίας  $E$ . Αυτές οι σειρές καναλιών επικοινωνίας έχουν ιεραρχική δομή, η οποία καθορίζεται από τις συστάσεις της ψηφιακής μετάδοσης και της πολυπλεξίας δεδομένων. Για παράδειγμα, η σειρά  $T$  προσφέρει ταχύτητες από 1.544 Mbps (κύκλωμα  $T1$ ) έως 274.176 Mbps (κύκλωμα  $T4$ ). Η σειρά  $E$  προσφέρει ταχύτητες από 2.048 Mbps (κύκλωμα  $E1$ ) έως 565.148 Mbps (κύκλωμα  $E5$ ).
- ✓ **Συγχρονισμένο οπτικό δίκτυο (SONET: Synchronous Optical NETwork).** Το SONET έχει γίνει αποδεκτό ως πρότυπο από τον οργανισμό ANSI για την οπτική μετάδοση δεδομένων με ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των Gbps (1 Gbps =  $10^9$  bps). Αν και η τεχνολογία που καθορίζει το πρότυπο SONET δεν έχει πλήρως αναπτυχθεί, ωστόσο είναι διαθέσιμη στο εμπόριο και έχει υλοποιηθεί στις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου. Πολλές τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, για να μεταδώσουν δεδομένα με ρυθμούς μετάδοσης έως και 622 Mbps, χρησιμοποιούν κυκλώματα τεχνολογίας SONET. Μ' αυτούς τους ρυθμούς μετάδοσης είναι φανερό γιατί πλέον οι τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, στις περισσότερες περιοχές, χρησιμοποιούν οπτικές ίνες για την υλοποίηση των ΔΕΠ.
- ✓ **Δορυφορικές συνδέσεις.** Ο συνδυασμός των επιτευγμάτων της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικρότερων, ισχυρότερων και οικονομικότερων συστημάτων — εξοπλισμένων με δορυφορικές κεραίες (VSAT: Very Small Aperture Terminals) — τα οποία, σε πολλές περιπτώσεις, προσφέρουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ευελιξία από τις επίγειες μισθωμένες γραμμές, συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων μετάδοσης μέσω οπτικής ίνας. Σήμερα έχουν υλοποιηθεί αρκετές δορυφορικές εγκαταστάσεις, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις διασύνδεσης απομακρυσμένων περιοχών. Το κόστος του απαιτούμενου ειδικού εξοπλισμού (σταθμοί VSAT) και των δορυφορικών συνδέσεων έχει αποδειχθεί συγκρίσιμο με άλλες εναλλακτικές λύσεις (επίγειες καλωδιώσεις), ιδιαίτερα όταν πρέπει να καλυφθούν πολύ μεγάλες αποστάσεις. Σημειώνεται ότι οι δορυφορικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά, όταν οι επίγειες φυσικές συνδέσεις δεν είναι εφικτές ή όταν τα παραδοσιακά μέσα μετάδοσης παρέχουν υπηρεσίες χαμηλής ποιότητας. Οι τυπικοί ρυθμοί μετάδοσης στα δορυφο-



ρικά κανάλια κυμαίνονται από 9.600 bps έως 1.544 Mbps και πάνω.

- ✓ **Συνδέσεις ISDN.** Ο ψηφιακός σύνδεσμος επικοινωνίας *ISDN* υποστηρίζει πολλά κανάλια μέσω της τεχνικής *TDM* (Μάθημα 3.1). Αρκετοί τύποι καναλιών αυτής της μορφής έχουν τυποποιηθεί ως εξής:

A: 4 KHz αναλογικό τηλεφωνικό κανάλι.

B: 64 Kbps ψηφιακό *PCM* κανάλι για φωνή και δεδομένα.

C: 8 ή 16 Kbps ψηφιακό κανάλι.

D: 16 Kbps ψηφιακό κανάλι για σηματοδότηση εκτός δικτύου *ISDN*.

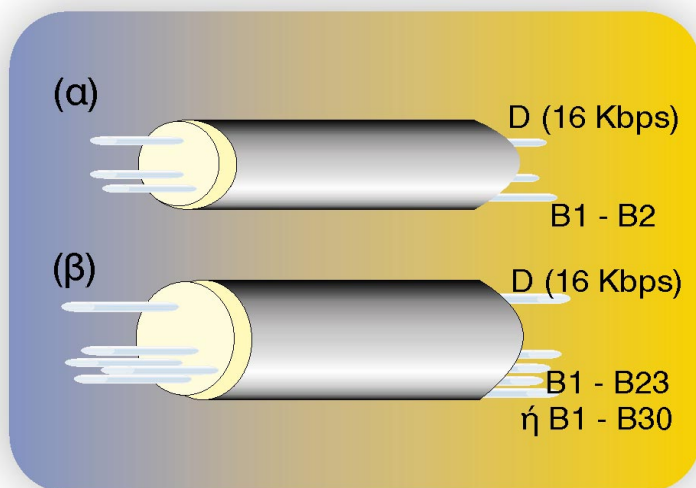
E: 64 Kbps ψηφιακό κανάλι για σηματοδότηση εκτός δικτύου *ISDN*.

H: 384, 1.536 ή 1.920 Kbps ψηφιακό κανάλι.

Παρά το γεγονός ότι είναι δυνατόν να προκύψουν πολλοί συνδυασμοί, η *CCITT* έχει τυποποιήσει μόνο τις ακόλουθες τρεις περιπτώσεις:

- κανάλια **βασικού ρυθμού** (*basic rate*):  $2B + D$ ,
- κανάλια **πρωτεύοντος ρυθμού** (*primary rate*):  $23B + D$  (Η.Π.Α. και Ιαπωνία),  $30B + D$  (Ευρώπη),
- **υβριδικά κανάλια**:  $1A + 1C$ .

Η διεπαφή βασικού ρυθμού πρόσβασης αφορά οικιακή χρήση ή μικρές επιχειρήσεις (σχήμα 14.2α). Καθένα από τα 64 Kbps B κανάλια μπορεί να χειριστεί ένα *PCM* κανάλι φωνής (δειγματοληψία 8 δυαδικών ψηφίων, 8.000 φορές ανά δευτερόλεπτο). Η σηματοδότηση γίνεται από το ξεχωριστό 16 Kbps D κανάλι, έτσι ώστε όλη η χωρητικότητα των 64 Kbps να είναι διαθέσιμη στο χρήστη. Αυτή η περίπτωση σύνδεσης αναφέρεται ως *N-ISDN* (*Narrowband*



Σχήμα 14.2: Κανάλια βασικού (α) και πρωτεύοντος (β) ρυθμού



Με τη χρήση του *ISDN* μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα φωνή και δεδομένα μέσω της ίδιας φυσικής σύνδεσης. Το *ISDN* είναι διαθέσιμο στην αγορά σε δύο είδη: **βασικού ρυθμού** (*basic rate*) και **πρωτεύοντος ρυθμού** (*primary rate*).

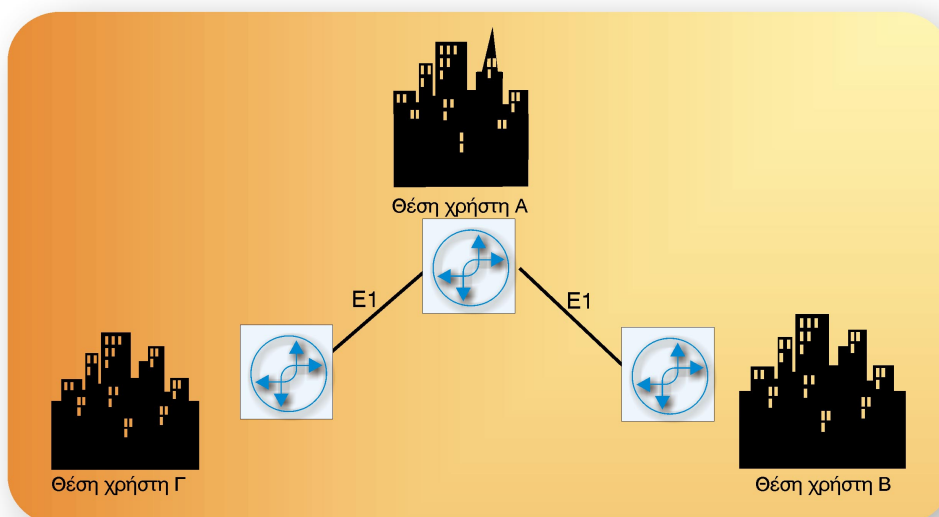


*ISDN*) και αποτελεί επέκταση του κλασικού τηλεφωνικού δικτύου. Η διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού πρόσβασης (σχήμα 14.2β) αφορά συνδέσεις για χρήση μεγαλύτερης χωρητικότητας, όπως είναι για παράδειγμα οι περιπτώσεις εταιρειών με μεγάλα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα (*PBX: Private Branch Exchange*). Διαθέτει 30B κανάλια και 1D κανάλι στην Ευρώπη και 23B κανάλια και 1D κανάλι στις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία. Η επιλογή 30B + D έγινε για να επιτραπεί στο *ISDN* να ενσωματωθεί στο ευρωπαϊκό σύστημα της *CCITT* των 2.048 Mbps, ενώ η επιλογή 23B + D έγινε προκειμένου το *ISDN* να ενσωματωθεί στο σύστημα *T1* της *AT&T*. Τα δύο επιπλέον κανάλια του 32B + D συστήματος χρησιμοποιούνται για συντήρηση.

### 14.2.2 Τοπολογίες

Η τοπολογία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο είναι τοποθετημένα στο χώρο τα στοιχεία ενός δικτύου. Υπάρχει μεγάλος αριθμός διαθεσίμων τοπολογιών, με διαφορετική **δυνατότητα επέκτασης** (*scalability*) της καθεμιάς και διαφορετική σχέση κόστους - απόδοσης. Οι περισσότερες μορφές τοπολογιών εξετάστηκαν με λεπτομέρεια στα Μαθήματα 4.2 και 7.3. Εδώ θα παρουσιαστούν οι σημαντικότερες από αυτές που χρησιμοποιούνται στα ΔΕΠ και θα σχολιαστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους:

- ✓ **Τοπολογία ομότιμου δικτύου** (*peer-to-peer network topology*). Η τοπολογία αυτής της μορφής αποτελεί τον απλούστερο τρόπο διασύνδεσης ενός μικρού αριθμού κόμβων και συχνά είναι η μόνη εφικτή λύση για τα ΔΕΠ. Πρόκειται για δίκτυο συνδέσεων σημείου προς σημείο (σχήμα 14.3), στο οποίο όλοι οι κόμβοι έχουν τις ίδιες δυνατότητες, και μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώ-



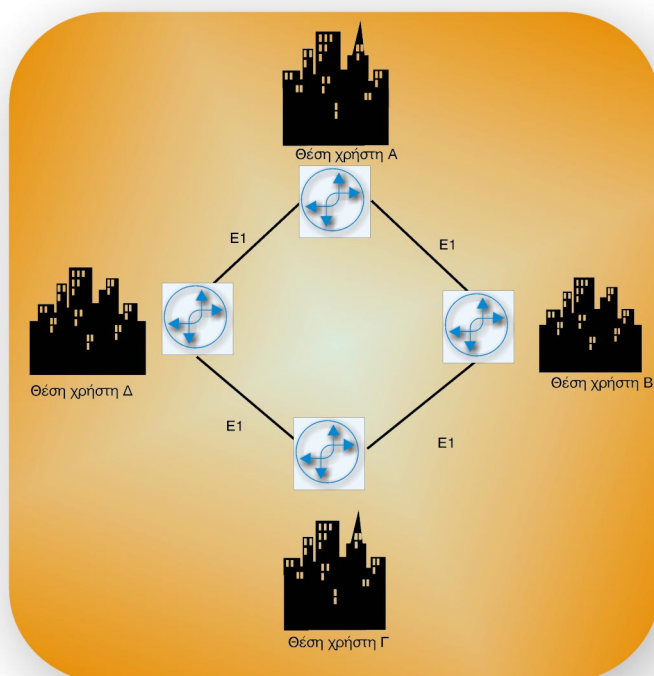
Σχήμα 14.3: Τοπολογία ομότιμου δικτύου



ντας μισθωμένες ιδιωτικές γραμμές.

Όμως τα ομότιμα ΔΕΠ έχουν δύο βασικούς περιορισμούς. Ο πρώτος είναι ότι δεν έχουν μεγάλη δυνατότητα επέκτασης. Για παράδειγμα, όταν προστίθενται επιπλέον κόμβοι σε ένα ομότιμο ΔΕΠ, ο αριθμός των **βημάτων** (*hops*) μεταξύ οποιουδήποτε ζεύγους κόμβων είναι πιθανόν να αυξηθεί. Ο δεύτερος περιορισμός αφορά τη δυνατότητα επανακαθορισμού της διαδρομής των πακέτων μέσα στο δίκτυο σε περίπτωση που ένας κόμβος του δικτύου υποστεί βλάβη και δεν μπορεί να διαχειριστεί την κυκλοφορία. Μια τέτοια βλάβη είναι βέβαιο ότι θα αλλάξει τη ροή της κυκλοφορίας σε ένα ομότιμο ΔΕΠ. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον όγκο της κυκλοφορίας στο δίκτυο και τη μέθοδο δρομολόγησης που εφαρμόζεται, μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση ολόκληρου του ΔΕΠ.

- ✓ **Τοπολογία δακτυλίου.** Μια τοπολογία δακτυλίου, όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα 14.4, μπορεί να κατασκευαστεί αρκετά εύκολα προσθέτοντας στο ομότιμο δίκτυο του σχήματος 14.3 το δρομολογητή Δ και μία επιπλέον θύρα στους δρομολογητές Β και Γ. Η αύξηση του κόστους λόγω αυτής της προσθήκης είναι ασήμαντη, όμως το νέο σχήμα παρέχει πρόσθετες γραμμές μετάδοσης, γεγονός που δίνει στα μικρά δίκτυα τη δυνατότητα να υλοποιήσουν πρωτόκολλα **δυναμικής δρομολόγησης** (*dynamic routing*). Η δυναμική δρομολόγηση μπορεί να εντοπίζει και να αντεπεξέρχεται σε προβλήματα που αλλάζουν την κατάσταση λειτουργίας ενός ΔΕΠ.



Συνήθως η τοπολογία δακτυλίου χρησιμοποιείται στη διασύνδεση πολύ μικρού αριθμού κόμβων.

Σχήμα 14.4: Τοπολογία δακτυλίου

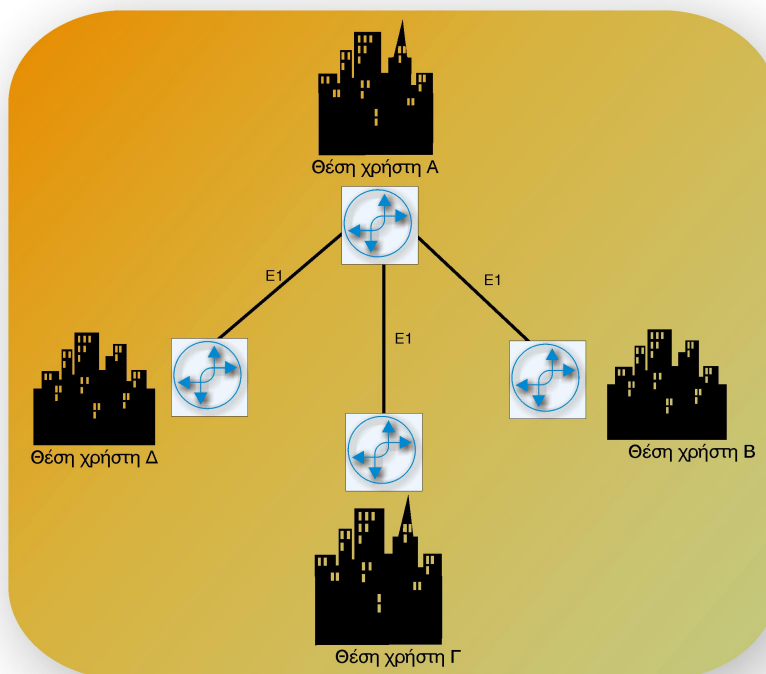


Οι δακτύλιοι των ΔΕΠ υπόκεινται σε ορισμένους βασικούς περιορισμούς. Ο πρώτος είναι ότι το κόστος εγκατάστασης εξαρτάται από τη γεωγραφική διασπορά των κόμβων του δικτύου. Για παράδειγμα, προσθέτοντας έναν επιπλέον κόμβο το κόστος του εξοπλισμού που απαιτείται για τη δημιουργία του δακτυλίου μπορεί να είναι απαγορευτικό. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατόν να εφαρμοστούν εναλλακτικές τεχνικές που μειώνουν το κόστος μετάδοσης. Ένας δεύτερος περιορισμός είναι ότι οι δακτύλιοι δεν μπορούν εύκολα να επεκταθούν. Η προσθήκη νέων κόμβων σε ένα ΔΕΠ προκαλεί αύξηση του αριθμού των βημάτων που απαιτούνται για την πρόσβαση των κόμβων στο δακτύλιο, με αποτέλεσμα την ανάγκη εγκατάστασης νέων συνδέσεων.

### Παράδειγμα I

Αν στην τοπολογία του σχήματος 14.4 προστεθεί ένας νέος κόμβος, έστω X, κοντά στις θέσεις Γ και Δ, τότε είναι φανερό ότι απαιτείται τερματισμός της σύνδεσης από το Γ στο Δ. Επομένως, προκειμένου να διατηρηθεί η ακεραιότητα του δακτυλίου, θα πρέπει να δημιουργηθούν δύο νέες συνδέσεις, από τις οποίες η μία να συνδέει το Γ στο X και η άλλη το Δ στο X.

- ✓ **Τοπολογία άστρου.** Μία παραλλαγή της ομότιμης τοπολογίας είναι η τοπολογία άστρου (σχήμα 14.5). Η τοπολογία αυτή (όπως και άλλες) μπορεί να κατα-



Σχήμα 14.5: Τοπολογία άστρου



σχευαστεί χρησιμοποιώντας συνδέσεις πολλών τύπων, συμπεριλαμβανομένων των συνδέσεων μεταγωγής πλαισίου και σημείου προς σημείο με μισθωμένες ιδιωτικές γραμμές.

Ένα ΔΕΠ τοπολογίας άστρου με συνδέσεις σημείου προς σημείο έχει μεγαλύτερη δυνατότητα επέκτασης από ένα ομότιμο δίκτυο ή από ένα δίκτυο δακτυλίου. Οι συσκευές που συνδέονται μεταξύ τους απέχουν, το πολύ, απόσταση δύο βημάτων.

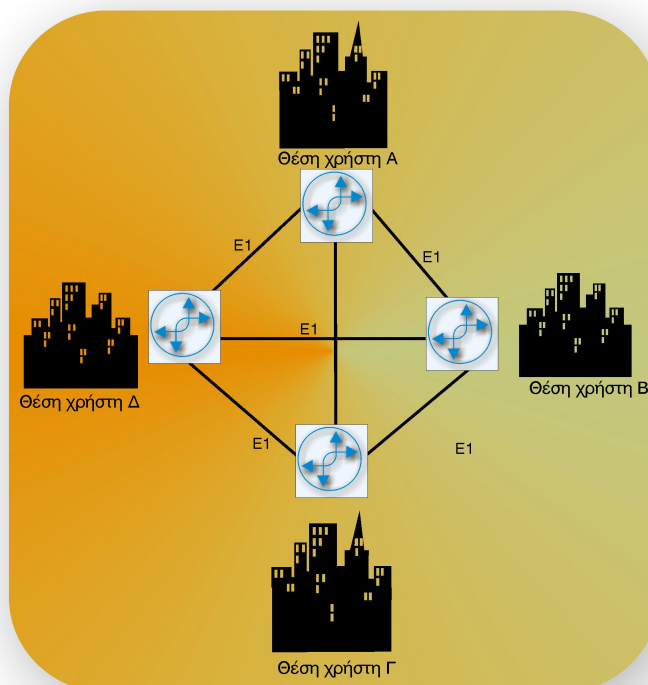
Η τοπολογία άστρου διορθώνει τα προβλήματα που έχουν σχέση με τη δυνατότητα επέκτασης των ομότιμων δικτύων, αφού χρησιμοποιεί μια δικτυακή συσκευή, που ονομάζεται **συλλέκτης - δρομολογητής** (*concentrator - router*), προκειμένου να συνδέσει όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές. Έτσι η επέκταση ενός δικτύου τοπολογίας άστρου μπορεί να υλοποιηθεί με μια μικρή μόνο αύξηση του αριθμού των δρομολογητών, των θυρών τους και του εξοπλισμού μετάδοσης, σε αντίθεση με τον αριθμό των συσκευών που απαιτούνται για ένα ομότιμο δίκτυο ανάλογου μεγέθους.

Το μοναδικό μειονέκτημα της τοπολογίας άστρου είναι η παρουσία ενός μόνο κρίσιμου κόμβου, ο οποίος, αν πάθει βλάβη, μπορεί να διακόψει ολόκληρη την επικοινωνία στο ΔΕΠ. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 14.5, ο κεντρικός κόμβος διανομής όλων των γραμμών μετάδοσης αποτελεί και τον κρίσιμο κόμβο.

- ✓ **Πλήρως συνεκτική τοπολογία** (*full mesh topology*). Σε αντίθεση με τις τοπολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, η πλήρως συνεκτική τοπολογία, γνωστή και ως **δικτυωτό** (σχήμα 14.6), προσφέρει απόλυτη αξιοπιστία και αντοχή στα λεγόμενα **καταστροφικά σφάλματα** (*fault tolerance*). Στην τοπολογία αυτή κάθε κόμβος του δικτύου διασυνδέεται με όλους τους άλλους κόμβους με απευθείας συνδέσεις. Η απευθείας σύνδεση δύο κόμβων σημαίνει ότι δε μεσολαβούν άλλοι κόμβοι του δικτύου σ' αυτήν. Τα πλήρως συνεκτικά δίκτυα μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας μόνιμες συνδέσεις.

Μία πλήρως συνεκτική τοπολογία ΔΕΠ αναγνωρίζεται εύκολα από την απευθείας σύνδεση κάθε κόμβου με οποιονδήποτε άλλο κόμβο του δικτύου. Όμως η διασύνδεση ενός συγκεκριμένου αριθμού κόμβων απαιτεί υποστήριξη από περισσότερα μέσα μετάδοσης και περισσότερες θύρες δρομολογητών από οποιαδήποτε άλλη τοπολογία. Επομένως, αν και αυτή η προσέγγιση ελαχιστοποιεί τον αριθμό των βημάτων διασύνδεσης δύο κόμβων, απαιτεί ωστόσο υψηλό κόστος εγκατάστασης και είναι οριακή όσον αφορά τη δυνατότητα επέκτασής της. Ως εκ τούτου η τοπολογία αυτή αποτελεί ιδανική περίπτωση, με πολύ μικρή όμως πρακτική εφαρμογή. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή της πλήρως συνεκτικής τοπολογίας θα μπορούσε να είναι η διασύνδεση ενός περιορισμένου αριθμού δρομολογητών που απαιτούν από το δίκτυο παροχή υψηλής χωρητικότητας.



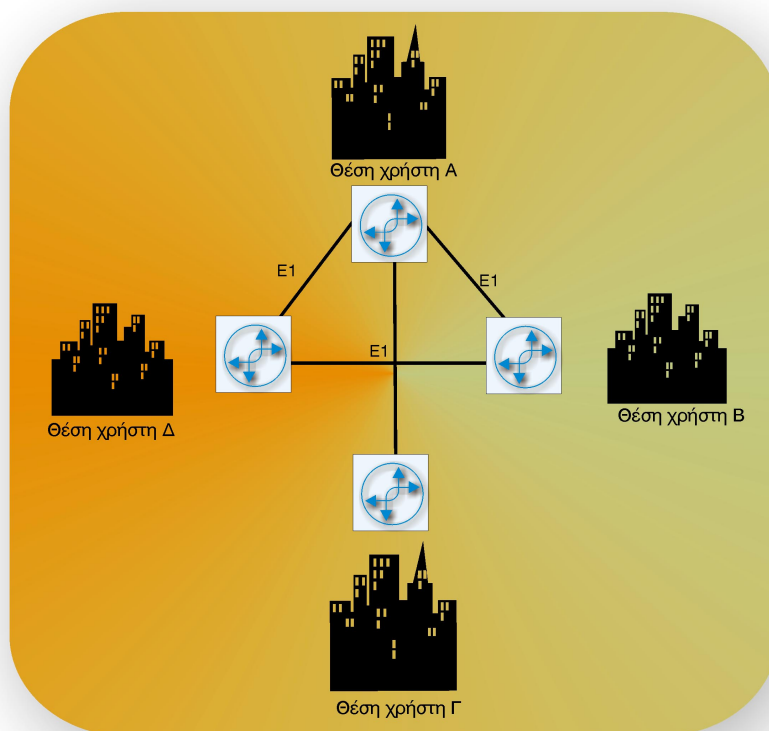


Σχήμα 14.6: Πλήρως συνεκτική τοπολογία (δικτυωτό)

- ✓ **Μερικώς συνεκτική τοπολογία.** Η μερικώς συνεκτική τοπολογία των ΔΕΠ (σχήμα 14.7) είναι πολύ ευέλικτη και μπορεί να ρυθμιστεί με διάφορους τρόπους. Στην τοπολογία αυτή κάθε κόμβος δε διασυνδέεται απαραίτητα με όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου μέσω απευθείας συνδέσεων. Επομένως είναι δυνατόν ανάμεσα στη σύνδεση δύο κόμβων να μεσολαβούν και άλλοι κόμβοι του δικτύου.

Οι μερικώς συνεκτικές τοπολογίες έχουν τη δυνατότητα να ελαχιστοποιούν τα βήματα για όλους τους χρήστες των ΔΕΠ. Αντίθετα από τα πλήρως συνεκτικά δίκτυα, ένα μερικώς συνεκτικό δίκτυο μπορεί να μειώσει το λειτουργικό κόστος μη διασυνδέοντας τα τμήματα των ΔΕΠ με χαμηλή κυκλοφορία. Αυτό επιτρέπει σε ένα μερικώς συνεκτικό δίκτυο να έχει μεγαλύτερη δυνατότητα επέκτασης και να είναι οικονομικότερο από ένα πλήρως συνεκτικό δίκτυο.

Οι μερικώς συνεκτικές τοπολογίες οι οποίες προκύπτουν από το συνδυασμό ενός δακτυλίου και πολλών δέντρων είναι οι δημοφιλέστερες τοπολογίες για την υλοποίηση των ΔΕΠ, επειδή είναι ευέλικτες και έχουν τη δυνατότητα επέκτασης.



Μία μερικώς συνεκτική τοπολογία μπορεί να προκύψει από μία πλήρως συνεκτική τοπολογία, αν δε διασυνδεθούν εκείνα τα τμήματα του ΔΕΠ που διαθέτουν χαμηλή κυκλοφορία.

Σχήμα 14.7: Μερικώς συνεκτική τοπολογία

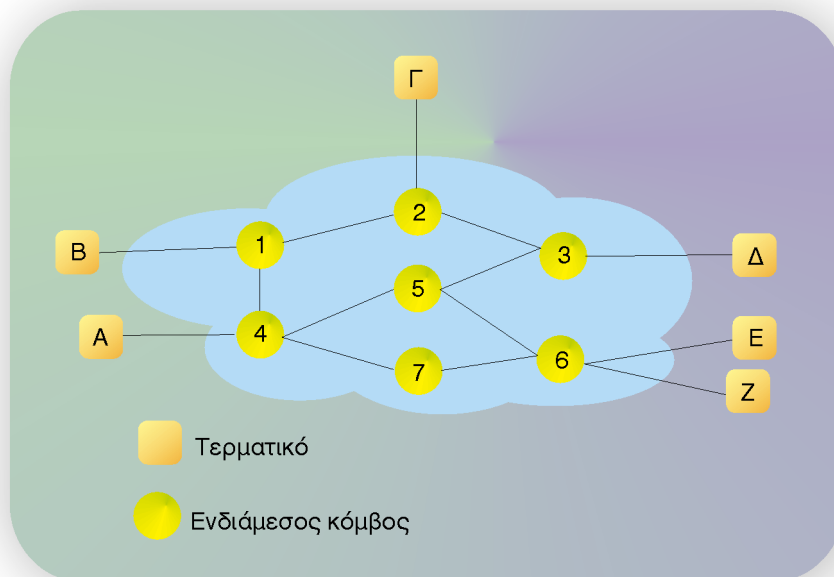
## 14.2.3 Τεχνικές μεταγωγής

Για τη μετάδοση των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό τους χρησιμοποιούνται κατά κανόνα πολλοί ενδιάμεσοι κόμβοι. Η τεχνική αυτή της μετάδοσης της πληροφορίας από κόμβο σε κόμβο μελετήθηκε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6 και





ονομάστηκε μεταγωγή (*switching*), ενώ το δίκτυο που τη χρησιμοποιεί ονομάστηκε δίκτυο μεταγωγής (*switching network*). Ένα δίκτυο μεταγωγής φαίνεται στο σχήμα 14.8.



Σχήμα 14.8: Δίκτυο μεταγωγής

Οι δύο τεχνικές μεταγωγής που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η επικοινωνία ανάμεσα σε δύο κόμβους ενός ΔΕΠ είναι η μεταγωγή κυκλώματος και η μεταγωγή πακέτου. Η μεταγωγή πακέτου περιλαμβάνει δύο υποπεριπτώσεις, τη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου (*datagram*) και τη μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος. Η χρήση της μεταγωγής πακέτου προτιμάται στις περισσότερες περιπτώσεις των ΔΕΠ.

Ο πίνακας 14.1 παρουσιάζει συνοπτικά την αντιστοιχία όλων των χαρακτηριστικών των τεχνικών μεταγωγής. Από τον πίνακα αυτό μπορεί κανείς να διαπιστώσει ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα όσον αφορά τη χρήση της μεταγωγής πακέτου σε σχέση με τη χρήση της μεταγωγής κυκλώματος για ΔΕΠ που μεταδίδουν κυρίως δεδομένα. Τα πλεονεκτήματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- ✓ Οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων μπορούν να μοιραστούν δυναμικά. Επομένως η αποδοτικότητα της γραμμής είναι πολύ καλύτερη.
- ✓ Η διασύνδεση κόμβων με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης είναι εφικτή, αφού κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο με το ρυθμό μετάδοσης που αυτός επιλέγει και μπορεί να επιτύχει.
- ✓ Ο μεγάλος φόρτος στο δίκτυο δε συνεπάγεται απαραίτητα και απόρριψη



Αν τα πακέτα καταφθάνουν σε έναν κόμβο με ρυθμό μεγαλύτερο από αυτόν που μπορούν να μεταδοθούν, τότε κάποια θα απορριφθούν. Όμως αυτό μπορεί να αποτραπεί, αν η χρησιμοποίηση της γραμμής μετάδοσης δε φτάσει το 100%.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



πακέτων αλλά μείωση της απόδοσης του δικτύου.

- ✓ Μπορεί να δοθεί προτεραιότητα μετάδοσης σε κάποια πακέτα. Αυτό σημαίνει πως, αν σε κάποιον κόμβο υπάρχουν αποθηκευμένα πακέτα τα οποία περιμένουν να μεταδοθούν, ο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πρώτα εκείνα τα πακέτα που έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα.

Μεταγωγή κυκλώματος	Μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου	Μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος
Αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.	Δεν υπάρχει αποκλειστικό μονοπάτι μετάδοσης.
Η μετάδοση δεδομένων είναι συνεχής.	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα.	Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πακέτα.
Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.	Είναι ικανοποιητική για αλληλεπίδραση.
Τα μηνύματα που μεταδίδονται δεν αποθηκεύονται σε ενδιάμεσους κόμβους.	Τα πακέτα μπορεί να αποθηκευτούν προσωρινά σε κάποιον κόμβο.	Τα πακέτα αποθηκεύονται, μέχρι να μεταδοθούν.
Καθορισμός του μονοπατιού για ολόκληρη τη σύνδεση.	Καθορισμός μονοπατιού για κάθε πακέτο.	Καθορισμός μονοπατιού για όλα τα πακέτα.
Πιθανή καθυστέρηση στην εγκατάσταση της σύνδεσης.	Πιθανή καθυστέρηση στη μετάδοση των πακέτων.	Καθυστέρηση στην εγκατάσταση της σύνδεσης και στη μετάδοση των πακέτων.
Αν κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης ο παραλήπτης είναι απασχολημένος, δίνεται σήμα κατειλημμένου στον αποστολέα.	Ο αποστολέας είναι πιθανό να ενημερωθεί, αν κάποιο πακέτο δε φτάσει στον προορισμό του.	Ο αποστολέας ενημερώνεται για πιθανή αποτυχία στην εγκατάσταση της σύνδεσης.

Πίνακας 14.1: Σύγκριση των τεχνικών μεταγωγής στα ΔΕΠ



Μεταγωγή κυκλώματος	Μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου	Μεταγωγή πακέτου με χρήση νοητού κυκλώματος
Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου είναι πιθανό να αποτρέψει την εγκατάσταση νέων συνδέσεων, χωρίς όμως να επιβαρύνει τις υπάρχουσες συνδέσεις.	Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου αυξάνει την καθυστέρηση όλων των πακέτων που μεταδίδονται.	Ο μεγάλος φόρτος του δικτύου είναι πιθανό να αποτρέψει την εγκατάσταση νέων συνδέσεων, ενώ αυξάνει παράλληλα την καθυστέρηση όλων των πακέτων που μεταδίδονται.
Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για την αποτροπή της απώλειας μηνυμάτων.	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για την απώλεια ανεξάρτητων πακέτων.	Το δίκτυο μπορεί να είναι υπεύθυνο για την απώλεια ακολουθιών πακέτων.
Συνήθως δεν προκύπτει μεταβολή στο ρυθμό μετάδοσης ή στον κώδικα που χρησιμοποιείται.	Ο ρυθμός μετάδοσης, καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μπορούν να αλλάξουν.	Ο ρυθμός μετάδοσης, καθώς και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας μπορούν να αλλάξουν.
Το εύρος ζώνης μετάδοσης είναι σταθερό.	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά.	Το εύρος ζώνης μετάδοσης καθορίζεται δυναμικά.
Μετά την εγκατάσταση της επικοινωνίας δεν απαιτούνται επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου μέσα στην πληροφορία.	Σε κάθε πακέτο υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.	Σε κάθε πακέτο υπάρχουν επιπλέον δυαδικά ψηφία ελέγχου.



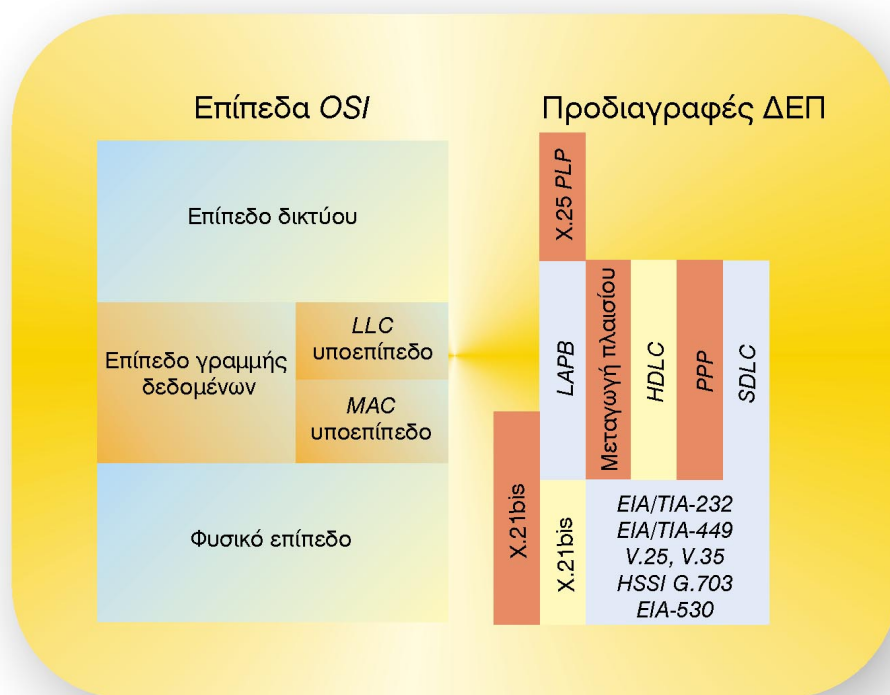
### Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Κανάλια επικοινωνίας *E/T*, *SONET*, δορυφορικές συνδέσεις, συνδέσεις *ISDN*, κανάλια βασικού ρυθμού, κανάλια πρωτεύοντος ρυθμού, υβριδικά κανάλια, τοπολογία ομότιμου δικτύου, δυναμική δρομολόγηση, συλλέκτης - δρομολογητής, πλήρως συνεκτική τοπολογία (δικτυωτό), καταστροφικά σφάλματα, μερικώς συνεκτική τοπολογία.

## Μάθημα 14.3: Τυποποιήσεις διεθνών οργανισμών

### 14.3.1 Εισαγωγή

Ένα ΔΕΠ είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας δεδομένων το οποίο καλύπτει γεωγραφικά σχετικά μεγάλες αποστάσεις, χρησιμοποιώντας τεχνικές και πρωτόκολλα μετάδοσης που παρέχονται από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς. Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται αντιστοιχούν στα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*. Στο σχήμα 14.9 φαίνεται η αντιστοιχία ανάμεσα στα πρότυπα των ΔΕΠ και το μοντέλο αναφοράς *OSI*.



Σχήμα 14.9: Αντιστοιχία ανάμεσα στις τεχνικές των ΔΕΠ και το μοντέλο αναφοράς *OSI*

Στη συνέχεια καταγράφονται ορισμένα από τα πλέον δημοφιλή πρότυπα υλοποίησης των ΔΕΠ, τα οποία προδιαγράφουν και τις αντίστοιχες τεχνικές που χρησιμοποιούνται.



### 14.3.2 Πρότυπο X.25

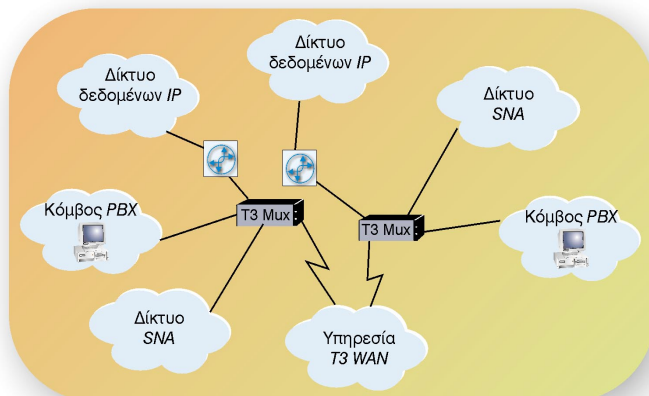
Το πρότυπο **X.25** της *ITU-T* καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να εγκατασταθούν και να συντηρηθούν συνδέσεις ανάμεσα στον εξοπλισμό ενός χρήστη και στις συσκευές ενός ΔΕΠ. Το X.25 έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να λειτουργεί αποτελεσματικά ανεξάρτητα από το είδος των συστημάτων που συνδέονται στο δίκτυο. Χρησιμοποιείται σε δίκτυα τηλεπικοινωνιακών οργανισμών τα οποία στηρίζονται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου και οι συνδρομητές χρεώνονται ανάλογα με τη χρήση που κάνουν στο δίκτυο.

### 14.3.3 Πρότυπο μεταγωγής πλαισίου

Το πρότυπο **μεταγωγής πλαισίου** (*FR: Frame Relay*) είναι ένα υψηλής απόδοσης πρωτόκολλο ΔΕΠ το οποίο στηρίζεται στην τεχνική μεταγωγής πακέτου. Το πρότυπο αυτό λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*. Αρχικά σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στο *ISDN*, στις μέρες μας όμως χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία δικτύων. Παρέχει μια διεπαφή ανάμεσα στον εξοπλισμό του χρήστη και στον εξοπλισμό του ΔΕΠ, η οποία αποτελεί και τη βάση για τη μεταξύ τους επικοινωνία. Συνήθως οι ρυθμοί μετάδοσης που παρέχει το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου κυμαίνονται από 56 Kbps έως 2 Mbps. Το πρότυπο αυτό θεωρείται αποτελεσματικότερο από το X.25 και πολλοί το θεωρούν ως τον αντικαταστάτη του. Μπορεί να υποστηρίξει νέες τεχνολογίες όσον αφορά τα μέσα μετάδοσης, όπως είναι για παράδειγμα οι οπτικές ίνες, και να αποτρέψει χρονοβόρες διαδικασίες, όπως είναι ο έλεγχος λαθών, που ήταν αναπόφευκτες παλαιότερα, όταν γινόταν χρήση λιγότερο αξιόπιστων μέσων μετάδοσης και πρωτοκόλλων. Η μεταγωγή πλαισίου προτυποποιήθηκε από την *ITU-T*, ενώ στις Η.Π.Α. αποτελεί πρότυπο του *ANSI*.

### 14.3.4 Πρότυπο HSSI

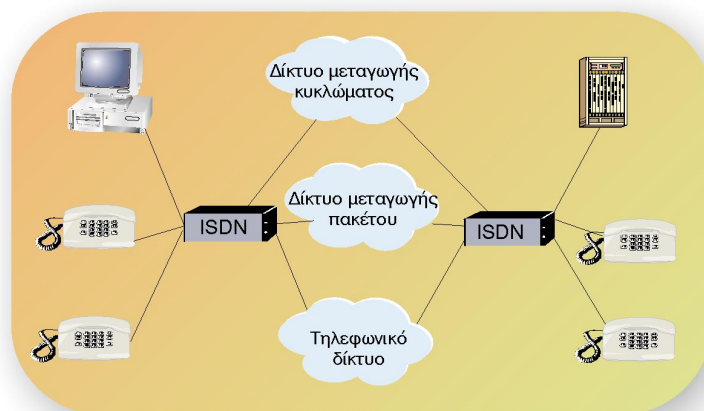
Το πρότυπο **σειραϊκής διεπαφής υψηλού ρυθμού μετάδοσης** (*HSSI: High Speed Serial Interface*) προσεγγίζει ρυθμούς των 52 Mbps στις συνδέσεις των ΔΕΠ. Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιεί μια διεπαφή ανάμεσα στον εξοπλισμό του χρήστη και στον εξοπλισμό του δικτύου, η οποία αναπτύχθηκε από την εταιρεία Cisco Systems και την T3plus Networking. Αρχικά το πρότυπο *HSSI* (σχήμα 14.10) προτάθηκε στην επιτροπή *ANSI EIA/TIA TR30.2* για θεώρηση, ενώ στη συνέχεια μεταφέρθηκε στον τομέα προτυποποίησης της *ITU-T*.



Σχήμα 14.10: Τοπικό πρωτόκολλο HSSI

### 14.3.5 Πρότυπο ISDN

Το πρότυπο **ψηφιακών δικτύων ολοκληρωμένων υπηρεσιών** (*ISDN: Integrated Services Data Network*) (Μάθημα 8.7) αναφέρεται σε ένα σύνολο από πρωτόκολλα επικοινωνιών, τα οποία προτάθηκαν από τις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες με σκοπό να μπορέσουν τα τηλεφωνικά δίκτυα να μεταφέρουν στους τελικούς χρήστες όλων των ειδών τις πληροφορίες, όπως είναι τα δεδομένα, η φωνή, το βίντεο, τα γραφικά, η μουσική κτλ. Το *ISDN* δημιουργήθηκε για να προσφέρει τις ιδιαίτερες αυτές υπηρεσίες μέσω του υπάρχοντος τηλεφωνικού δικτύου, ενώ γενικά μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μια εναλλακτική λύση έναντι των δικτύων μεταγωγής πλαισίου και των **τηλεφωνικών δικτύων ευρείας περιοχής** (*WATSs: Wide-Area Telephone Services*), τα οποία στηρίζονται σε γραμμές *T1* ή *E1*. Από πρακτική άποψη και στο πλαίσιο των επιχειρήσεων, το *ISDN* αποτελεί μία από τις σύγχρονες μεθόδους δικτύωσης μικρών και απομακρυσμένων γραφείων. Το *ISDN* (σχήμα 14.11) έχει προτυποποιηθεί από την *ITU-T* και αντιστοιχεί στα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς *OSI*.

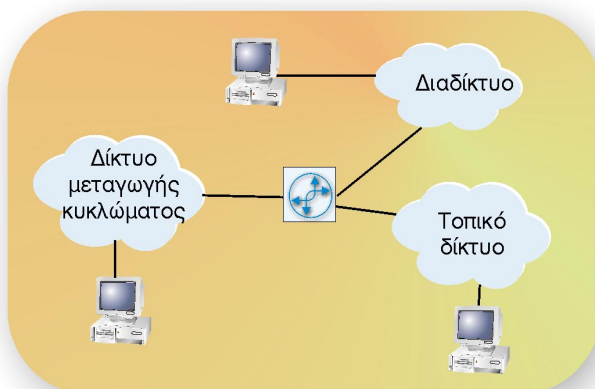


Σχήμα 14.11: Το περιβάλλον του προτύπου ISDN



### 14.3.6 Πρότυπο PPP

Το πρότυπο **σημείου προς σημείο** (*PPP: Point-to-Point Protocol*) παρέχει συνδέσεις ανάμεσα σε δρομολογητές, σε εξοπλισμό χρηστών και σε δικτυακό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί συγχρονισμένα και ασυγχρόνιστα κυκλώματα. Το *PPP* δημιουργήθηκε στα τέλη του 1980 για να καλύψει την έλλειψη πρωτοκόλλων ενθυλάκωσης στο Διαδίκτυο και για να περιορίσει την ανάπτυξη των σειραϊκών γραμμών πρόσβασης. Δημιουργήθηκε επίσης για να λύσει τα προβλήματα που ανέκυπταν στο Διαδίκτυο με τις απομακρυσμένες συνδέσεις. Το *PPP* ορίζεται μέσω μια σειράς συστάσεων του *ISO*. Στο σχήμα 14.12 παρουσιάζεται ένα περιβάλλον *PPP*.



Σχήμα 14.12: Το περιβάλλον του προτύπου PPP

### 14.3.7 Πρότυπο SMDS

Το πρότυπο **μεταγωγής για υπηρεσίες δεδομένων εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων** (*SMDS: Switched Multimegabit Data Services*) παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και βασίζεται στη μεταγωγή πακέτου με χρήση αυτοδύναμου πακέτου (*datagram*), η οποία χρησιμοποιείται στην επικοινωνία των δημόσιων δικτύων δεδομένων. Το πρότυπο *SMDS* μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα ΔΕΠ για την υποστήριξη πολλών εφαρμογών των δικτύων υψηλών επιδόσεων, όπως είναι για παράδειγμα η κατανεμημένη επεξεργασία δεδομένων. Προτιμάται εξάλλου και για λόγους οικονομίας, αφού υποστηρίζει υψηλών ρυθμών μέσα μετάδοσης, όπως είναι οι οπτικές ίνες. Το πρότυπο *SMDS* μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υποδομή οπτικών ινών ή χάλκινων καλωδίων, υποστηρίζοντας ρυθμούς μετάδοσης έως και 44.736 Mbps.



#### Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Πρότυπο X.25, πρότυπο μεταγωγής πλαισίου, πρότυπο σειραϊκής διεπαφής υψηλού ρυθμού μετάδοσης, πρότυπο *ISDN*, πρότυπο *PPP*, πρότυπο *SMDS*.





## Ανακεφαλαίωση

Σ' αυτό το κεφάλαιο έγινε μια παρουσίαση των βασικών εννοιών των ΔΕΠ, της αρχιτεκτονικής τους, καθώς και των βασικών συστάσεων που ορίζουν τη λειτουργία τους. Ειδικότερα, στο πρώτο μάθημα παρουσιάστηκαν τα βασικά στοιχεία των ΔΕΠ, η ταξινόμησή τους σε σχέση με τον τρόπο μεταγωγής και η χρήση τους. Στα δύο επόμενα μαθήματα παρουσιάστηκε αναλυτικά η αρχιτεκτονική των ΔΕΠ. Πιο συγκεκριμένα, στο δεύτερο μάθημα αναλύθηκαν τα φυσικά μέσα που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεσή τους, οι πιο βασικές τοπολογίες με τα πλεονεκτήματα, τους περιορισμούς και τις πιθανές εφαρμογές τους, καθώς και οι τεχνικές μεταγωγής. Τέλος, στο τρίτο μάθημα αναφέρθηκαν οι τυποποιήσεις που είναι σχετικές με τα ΔΕΠ.

## Ερωτήσεις

1. Πώς ορίζονται τα ΔΕΠ και ποιες οι διαφορές τους με τα τοπικά δίκτυα;
2. Πώς ταξινομούνται τα ΔΕΠ με κριτήριο τη μέθοδο μεταγωγής;
3. Ποιες βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων γνωρίζεις, ποια τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί τους και πού βρίσκει εφαρμογή η καθεμιά από αυτές;
4. Ποιες τεχνικές ελέγχου πρόσβασης γνωρίζεις;
5. Ποιες τυποποιήσεις σχετικές με τα ΔΕΠ γνωρίζεις;

