

Κεφάλαιο 3

Πολυπλεξία

- Μάθημα 3.1:** Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας - χρόνου
- Μάθημα 3.2:** Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών πολυπλεξίας
- Μάθημα 3.3:** Στατιστική πολυπλεξία



Κεφάλαιο 3: Πολυπλεξία

Σκοπός

Το Κεφάλαιο 3 στοχεύει να εξοικειώσει το μαθητή με τις τεχνικές της πολυπλεξίας και να συμβάλει στην κατανόηση της χρησιμότητάς της στην πράξη, πώς δηλαδή μπορεί να επιτευχθεί η καλύτερη εκμετάλλευση της χωρητικότητας ενός φυσικού καναλιού.

Εξετάζονται έτσι οι τεχνικές της πολυπλεξίας με επιμερισμό συχνότητας και της πολυπλεξίας με επιμερισμό χρόνου και μέσα από πρακτικά παραδείγματα επιχειρείται να αναδειχθούν οι συγκριτικές διαφορές τους.

Τέλος, παρέχονται πρόσθετες γνώσεις που αφορούν τη μέθοδο της στατιστικής πολυπλεξίας, η οποία αποτελεί βελτίωση της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου, ολοκληρώνοντας κατ' αυτό τον τρόπο τη μελέτη των τεχνικών εξοικονόμησης χωρητικότητας και διαμοιρασμού ενός φυσικού καναλιού σε πολλούς χρήστες.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να γνωρίζει τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση της χωρητικότητας ενός φυσικού καναλιού.
- ✓ Να διακρίνει τις βασικές αρχές των τεχνικών της πολυπλεξίας που εφαρμόζονται στα συστήματα μετάδοσης δεδομένων.
- ✓ Να αναγνωρίζει τα είδη της πολυπλεξίας και τον τρόπο που επηρεάζουν τη μετάδοση.
- ✓ Να διακρίνει τις τεχνικές με τις οποίες διαμοιράζεται ένα φυσικό κανάλι σε πολλούς χρήστες.

Προερωτήσεις

1. Μπορούν να εξευρεθούν οικονομικότεροι τρόποι επικοινωνίας πολλών χρηστών από το ίδιο μέσο μετάδοσης;
2. Γνωρίζεις γιατί η πολυπλεξία βοηθά στη μετάδοση δεδομένων;
3. Ποιες τεχνικές πολυπλεξίας γνωρίζεις;
4. Γνωρίζεις πώς μπορεί να διαμοιραστεί το εύρος ενός καναλιού;
5. Είναι δυνατόν να μεταδώσουν ταυτόχρονα από το ίδιο κανάλι δύο ή περισσότεροι χρήστες χωρίς να επικαλύπτονται ή να παρενοχλούνται οι μεταδόσεις τους;
6. Αφού οι χρήστες δε χρησιμοποιούν συνεχώς όλο το εύρος της γραμμής που τους διατίθεται, γνωρίζεις αν υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι μετάδοσης, ώστε αυτό να χρησιμοποιείται και από άλλους;
7. Γνωρίζεις σε τι βοηθά η στατιστική πολυπλεξία;



Μάθημα 3.1: Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας – χρόνου

3.1.1 Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, σε πολλά συστήματα επικοινωνίας το κόστος των γραμμών μεταφοράς αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους για τον εξοπλισμό και τη συντήρηση του όλου συστήματος. Επομένως είναι λογικό να επιδιώκεται η από κοινού χρήση των ήδη εγκατεστημένων γραμμών μεταφοράς, ώστε να είναι εφικτή η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση και χρησιμοποίηση της χωρητικότητάς τους. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν με οικονομία οι γραμμές μεταφοράς. Ο ένας έχει σχέση με τη σχεδίαση των επιμέρους τερματικών συνδέσεων, ενώ ο άλλος έχει σχέση με τον τρόπο αποστολής των σημάτων από το μέσο μετάδοσης. Η σχεδίαση των επιμέρους τερματικών συνδέσεων αφορά τους διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης των τερματικών διατάξεων που επικοινωνούν μεταξύ τους και θα μας απασχολήσει λεπτομερέστερα στα επόμενα κεφάλαια, ειδικότερα στα μαθήματα της αρχιτεκτονικής των δικτύων. Εδώ, προκειμένου να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο είναι εφικτή η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των γραμμών επικοινωνίας δεδομένων, θα αναφερθούμε μόνο σε ειδικές μορφές αυτών των γραμμών, όπως είναι:

- ✓ η γραμμή σημείου προς σημείο (*point-to-point line*),
- ✓ η γραμμή πολλαπλών σημείων (*multipoint* ή *multidrop line*),
- ✓ η επικοινωνία ευρείας εκπομπής (*broadcast*).

Ο δεύτερος τρόπος εξοικονόμησης χωρητικότητας και καλύτερης εκμετάλλευσης των γραμμών μεταφοράς αφορά την **πολυπλεξία**, δηλαδή τη διαδικασία αποστολής διακριτών σημάτων από την ίδια γραμμή επικοινωνίας και την ταυτόχρονη και χωρίς αλληλεπιδράσεις μετάδοσή τους.

Η τεχνική της πολυπλεξίας που θα εφαρμοστεί στις γραμμές μεταφοράς αποτελεί βασικό παράγοντα προκειμένου να επιτευχθεί μείωση του κόστους επικοινωνίας, ιδιαίτερα για υπολογιστές που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε μακρινές αποστάσεις. Επίσης η τεχνική αυτή διευκολύνει την καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων τηλεπικοινωνιακών αγαθών. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι πολυπλεξίας, τις οποίες θα αναπτύξουμε αναλυτικότερα στη συνέχεια:

- ✓ η πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας (*FDM: Frequency Division Multiplexing*),
- ✓ η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (*TDM: Time Division Multiplexing*) και
- ✓ η στατιστική πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (*STDM: Statistical Time Division Multiplexing*).



Όλα τα διαθέσιμα τηλεπικοινωνιακά αγαθά ονομάζονται και **πόροι** του συστήματος.

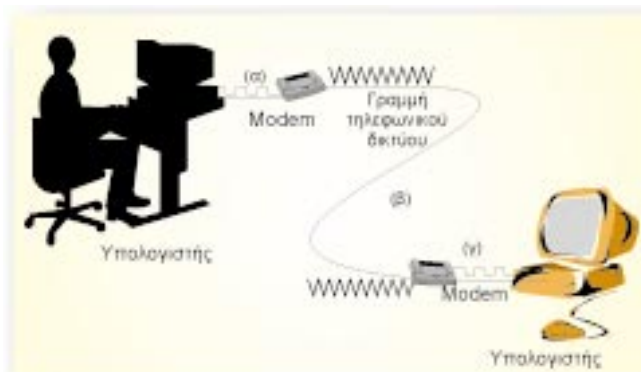
3.1.2 Τύποι γραμμών επικοινωνίας δεδομένων

Οι γραμμές επικοινωνίας δεδομένων διακρίνονται, ανάλογα με το πλήθος των σταθμών που επικοινωνούν, ως ακολούθως:

- ✓ **Γραμμή σημείου προς σημείο** (*point-to-point line*). Η γραμμή σημείου προς σημείο αποτελεί τον πιο απλό τρόπο σύνδεσης ενός δικτύου επικοινωνίας. Γενικά, η πληροφορία που μεταδίδεται μέσω της σημείου προς σημείο γραμμής επικοινωνίας συνδέει δύο τερματικές διατάξεις (σχήμα 3.1). Το μήκος της γραμμής μπορεί να ποικίλλει, ενώ το είδος της μετάδοσης μπορεί να είναι μονόπλευρης, ημίπλευρης ή αμφίπλευρης κατεύθυνσης.

Η περίπτωση του σχήματος 3.1 είναι η πιο γνωστή και απλή σύνδεση. Μία περισσότερο σύνθετη περίπτωση είναι αυτή του σχήματος 3.2, σύμφωνα με την οποία πολλά τερματικά συνδέονται με έναν κεντρικό υπολογιστή. Η διάταξη αυτή, λόγω του σχήματός της, είναι γνωστή ως διάταξη άστρου.

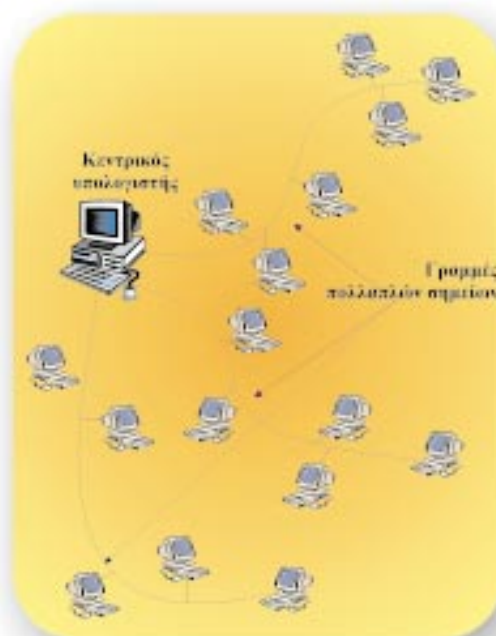
- ✓ **Γραμμή πολλαπλών σημείων** (*multiport ή multidrop line*). Η γραμμή πολλαπλών σημείων συνδέει δύο ή περισσότερες τερματικές διατάξεις με



Σχήμα 3.1: Βασικές γραμμές επικοινωνίας σημείου προς σημείο: τερματικού προς διαποδιαμορφωτή (α), διαποδιαμορφωτή προς διαποδιαμορφωτή (β) και διαποδιαμορφωτή προς Η/Υ (γ)



Σχήμα 3.2: Διάταξη άστρου. Κάθε σύνδεση τερματικού προς τον κεντρικό υπολογιστή αποτελεί γραμμή επικοινωνίας σημείου προς σημείο.



Σχήμα 3.3: Γραμμές πολλαπλών σημείων



μία γραμμή επικοινωνίας. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.3, στη γραμμή αυτή η πληροφορία είναι δυνατόν να ξεκινά από ένα σημείο και να καταλήγει σε άλλα γνωστά σημεία. Ένα παράδειγμα τέτοιας σύνδεσης αποτελεί και η συνδρομητική τηλεόραση, όπου ο πομπός γνωρίζει από πριν τους δέκτες. Το σχήμα αυτό επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ απλών τερματικών διατάξεων με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης, που δε διαθέτουν αποθηκευτικές δυνατότητες. Συνηθέστερη όμως είναι η χρησιμοποίηση του σχήματος αυτού στην περίπτωση σύνθετων τερματικών διατάξεων, που διαθέτουν αποθηκευτικά μέσα και μεταδίδουν σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

- ✓ **Επικοινωνία ευρείας εκπομπής (broadcast).** Πρόκειται για μια απλή γραμμή επικοινωνίας η οποία επιμερίζεται μεταξύ όλων των τερματικών διατάξεων που επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Ένα κλασικό παράδειγμα αυτού του είδους επικοινωνίας είναι οι ραδιοφωνικές και οι τηλεοπτικές (μη συνδρομητικές) εκπομπές, όπου καθένας που διαθέτει ένα δέκτη (ραδιόφωνο/τηλεόραση) μπορεί να λαμβάνει το πρόγραμμα που μεταδίδεται. Στο σχήμα αυτό ο πομπός δε γνωρίζει τον αριθμό των δεκτών μιας περιοχής, ο οποίος θεωρητικά μπορεί να είναι άπειρος. Αντίθετα, στη συνδρομητική ή καλωδιακή τηλεόραση όσοι λαμβάνουν το πρόγραμμα είναι νόμιμα εγγεγραμμένοι συνδρομητές στην εταιρεία παροχής της αντίστοιχης υπηρεσίας.

3.1.3 Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας

Η **πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας (FDM: Frequency Division Multiplexing)** χρησιμοποιείται και στην αναλογική μετάδοση. Το αρχικό εύρος ζώνης του μέσου (φυσικό κανάλι) επιμερίζεται σε πολλές μικρότερες ζώνες συχνότητας, τα λεγόμενα λογικά κανάλια, ώστε κάθε χρήστης να κατέχει αποκλειστικά τη δική του ζώνη συχνότητας. **Λογικό κανάλι** είναι κάθε ξεχωριστή γραμμή μεταφοράς που συνδέεται με την κύρια γραμμή επικοινωνίας (φυσικό κανάλι) και έχει πάντοτε μικρότερο ή ίσο εύρος ζώνης μ' αυτήν.

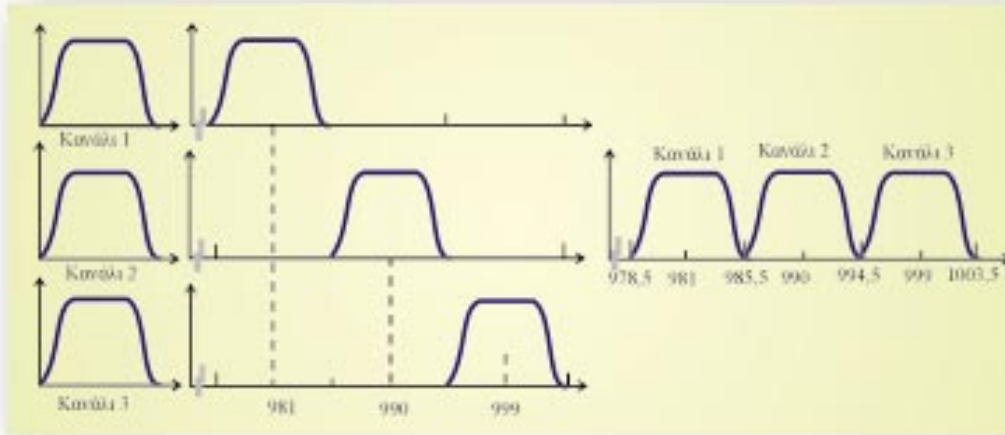
Παράδειγμα Ι

Οι εκπομπές του ραδιοφώνου στα μεσαία κύματα αποτελούν ένα καλό παράδειγμα πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας. Το φυσικό κανάλι είναι η ραδιοφωνική ζώνη που λειτουργεί από 500 έως 1.500 KHz περίπου, δηλαδή έχει εύρος ζώνης 1 MHz περίπου. Συνήθως, κάθε φέρον σήμα διαμορφώνεται από την αρχική ζώνη συχνότητας (χαμηλή) σε μια υψηλότερη ζώνη, για να μπορέσει να μεταδοθεί, ενώ χρησιμοποιούνται διάφορα φίλτρα, ώστε το εύρος ζώνης να περιοριστεί για κάθε κανάλι, π.χ., στα 9 KHz. Το σχήμα 3.4 δείχνει τις ζώνες συχνότητας τριών καναλιών που χρησιμοποιούν τεχνική *FDM* με συχνότητες 981, 990 και 999 KHz αντίστοιχα.

Όμως, στην πραγματικότητα, μέσω ενός καναλιού μπορούν να μεταφερθούν ταυτόχρονα πολύ περισσότερα από τρία διαφορετικά σήματα, ιδιαίτερα όταν το διαθέσιμο εύρος ζώνης είναι πολύ μεγαλύτερο από 1 MHz. Αυτό συμβαίνει, για



Το **φίλτρο** είναι ένα σύστημα επεξεργασίας σημάτων που έχει ως σκοπό την ανίχνευση και κατόπιν το διαχωρισμό του επιθυμητού σήματος από το ανεπιθύμητο σύνολο θορύβων ή άλλων σημάτων που συνθέτουν το αρχικό σήμα.



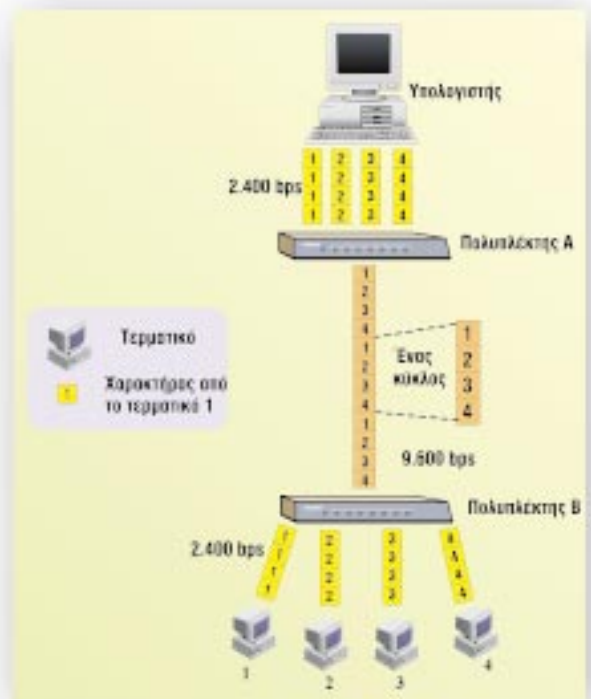
Σχήμα 3.4: Πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας

παράδειγμα, στην περίπτωση που η πολυπλεξία αφορά πολλά κανάλια, οπότε διατίθενται 9 KHz για κάθε κανάλι, προκειμένου αυτά να παραμείνουν χωρισμένα. Άρα η αρχική κατανομή του διατιθέμενου εύρους ζώνης συχνοτήτων είναι τέτοια, ώστε η ζώνη συχνότητας κάθε καναλιού να διαφέρει από την επόμενη της κατά 9 KHz. Με τον τρόπο αυτό τα κανάλια μπορούν να λειτουργήσουν από κοινού χωρίς επικαλύψεις (παράσιτα), αφού ανά δύο δεν κατέχουν τις ίδιες ζώνες συχνότητας. Όμως, παρ' όλο που υπάρχουν ζώνες προστασίας ανάμεσα στα κανάλια, εξακολουθεί να υπάρχει κάποια επικάλυψη μεταξύ των γειτονικών καναλιών, αφού τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται δε διακόπτον απότομα τις άκρες των συχνοτήτων, με αποτέλεσμα η επικάλυψη αυτή να γίνεται αισθητή στο γειτονικό κανάλι σαν θόρυβος (παράσιτα).

3.1.4 Πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου

Στην **πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου** (TDM: Time Division Multiplexing) οι χρήστες εναλλάσσονται κυκλικά, σαν να βρίσκονται γύρω από στρογγυλό τραπέζι, και καθένας από αυτούς παίρνει όλο το εύρος ζώνης του φυσικού καναλιού για σύντομο συνήθως αλλά πλήρως καθορισμένο χρονικό διάστημα (σχήμα 3.5).

Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην ψηφιακή μετάδοση. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, όταν έχουμε πολλές εισόδους που μοιράζονται το ίδιο ψηφιακό κανάλι, δημιουργείται μια νέα ροή δυαδικών ψηφίων, που προκύπτει από το συνδιασμό των δυαδικών ψηφίων όλων των επιμέρους ροών κυκλοφορίας.



Σχήμα 3.5: Πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου

Στη ραδιοφωνική ζώνη των FM, όπου το εύρος ζώνης είναι 20 MHz, δηλαδή από 88 έως 108 MHz, εκπέμπουν πολλοί κρατικοί και ιδιωτικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί.



Παράδειγμα II

Ομάδα (*block*) ονομάζεται ένα σύνολο χαρακτήρων που είναι έτοιμοι προς μετάδοση. Στην περίπτωση μηνυμάτων με πολλούς χαρακτήρες, πολλές ομάδες συνιστούν ένα **πλαίσιο**.

Αν το φυσικό κανάλι περιλαμβάνει τέσσερα διαφορετικά λογικά κανάλια, τότε η μέθοδος της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου καθορίζει ότι το πρώτο δυαδικό ψηφίο θα προέρχεται από το πρώτο λογικό κανάλι, το δεύτερο από το δεύτερο λογικό κανάλι κ.ο.κ. Μ' αυτή τη λογική το ένατο, για παράδειγμα, δυαδικό ψηφίο θα προέρχεται και πάλι από το πρώτο λογικό κανάλι, το δέκατο από το δεύτερο κ.ο.κ., ώστε να συνεχίζεται ο κύκλος.

Παράδειγμα III

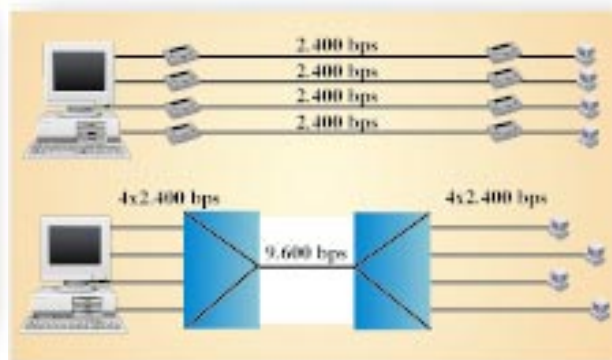


Στη συγχρονισμένη επικοινωνία οι χαρακτήρες αποστέλλονται κατά ομάδες, ενώ οι ειδικοί χαρακτήρες *SYN* και *EOF* σηματοδοτούν την αρχή και το τέλος της μετάδοσης.

Ένα πρακτικό παράδειγμα πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου είναι αυτό που γίνεται σε ορισμένες χώρες όπου οι ιδιωτικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί, εκτός από το φυσικό κανάλι, διαθέτουν και δύο άλλα λογικά κανάλια, της μουσικής και της διαφήμισης, τα οποία εναλλάσσονται κατά διαστήματα, στην ίδια συχνότητα, εκπέμποντας για κάποιο περιορισμένο χρονικό διάστημα πότε μουσική και πότε διαφήμιση, αργότερα περισσότερη μουσική κ.ο.κ.

Συνήθως η τεχνική *TDM* εφαρμόζεται στις περιπτώσεις συγχρονισμένης επικοινωνίας. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται κατά ομάδες ή πλαίσια. Ο ρυθμός μετάδοσης των πλαισίων και το μήκος τους είναι σταθεροί παράμετροι και προσδιορίζουν τη χωρητικότητα του φυσικού καναλιού. Σε κάθε πλαίσιο κάθε διαδοχική θέση δίνεται

μόνιμα για χρήση από ένα συγκεκριμένο τερματικό. Σημειώνουμε ότι ο ρυθμός μετάδοσης του πλαισίου συμπίπτει με το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων κάθε τερματικού και ότι η ύπαρξη συγχρονισμού κάθε τερματικού με το ρυθμό μετάδοσης του πλαισίου αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο της τεχνικής.



Σχήμα 3.6: Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου (γ) αποτελεί συμφερότερη λύση από το σχηματισμό σημείου προς σημείο (α), καθώς και από το σχηματισμό γραμμής πολλαπλών σημείων (β).



(β)

(α)

Παράδειγμα IV

Το σχήμα 3.6 παριστάνει το διάγραμμα μιας εφαρμογής αυτής της τεχνικής, δηλαδή τους διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης τεσσάρων τερματικών

μιας επιχείρησης, εγκατεστημένων στις ίδιες θέσεις, και τη σύνδεσή τους με το κεντρικό σύστημα της επιχείρησης. Ασφαλώς ο σχεδιασμός 3.6α είναι ασύμφορος λόγω του κόστους διατήρησης τεσσάρων γραμμών επικοινωνίας. Ο



σχεδιασμός 3.6β είναι κατάλληλος μόνο σε περιπτώσεις χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου, ώστε η λειτουργία του ενός τερματικού να μην επηρεάζει τη λειτουργία του άλλου. Για παράδειγμα, η χρήση του 60% του χρόνου λειτουργίας κάθε τερματικού προκαλεί συμφόρηση στη γραμμή πολλαπλών σημείων επικοινωνίας. Τέλος, ο σχεδιασμός 3.6γ με χρήση δύο συσκευών πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου και μιας κοινής γραμμής μετάδοσης αντί τεσσάρων δείχνει ως η πλέον συμφέρουσα λύση.

Στην τεχνική *TDM* υπάρχουν δύο στάθμες συγχρονισμού, ο **συγχρονισμός πλαισίου** και ο **συγχρονισμός λέξης**. Ο συγχρονισμός πλαισίου είναι αναγκαίος για να αναγνωρίζεται η έναρξη της μετάδοσης κάθε πλαισίου, ενώ ο συγχρονισμός λέξης είναι αναγκαίος για να διαχωρίζονται τα δεδομένα μέσα σε κάθε πλαίσιο.

Παράδειγμα V

Η τεχνική *TDM* εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία στα δίκτυα τηλεφωνίας που αναπτύσσονται τελευταία με βάση την τεχνική της παλμοκωδικής διαμόρφωσης (*PCM*). Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα της *CCITT*, η ψηφιοποίηση του αναλογικού σήματος γίνεται σε τρία στάδια ως εξής:

✓ Στάδιο δειγματοληψίας

Από 30 τηλεφωνικά κανάλια, περιορισμένα σε μία ζώνη των 4 KHz περίπου το καθένα, λαμβάνονται δείγματα αναλογικής φωνής με ρυθμό 8.000 φορές το δευτερόλεπτο.

✓ Στάδιο κβαντοποίησης

Κάθε δείγμα διαχωρίζεται σε 256 διακριτά (ξεχωριστά) επίπεδα τάσης, δηλαδή 8 δυαδικά ψηφία για κάθε δείγμα.

✓ Στάδιο κωδικοποίησης

Τα 30 τηλεφωνικά κανάλια αντιστοιχούν σε 30 θέσεις πλαισίων των 32 θέσεων, που μεταφέρονται με κανάλι χωρητικότητας 2.048 Mbps. Οι υπόλοιπες δύο θέσεις διατίθενται για τη σηματοδότηση και τον αυτοέλεγχο του δικτύου. Έτσι από τη συνολική χωρητικότητα σε κάθε κανάλι φωνής διατίθενται 64 Kbps (2.084 Kbps / 32).

Η τεχνική της *TDM* δεν εφαρμόζεται σε συστήματα που έχουν διαφορετικό εύρος ζώνης και κατά συνέπεια διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων τους, ενώ αντίθετα εφαρμόζεται σε συστήματα που έχουν παραπλήσιο εύρος ζώνης και κατά συνέπεια ίδιο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων τους. Με την τεχνική της **ελαστικής αποθήκευσης και συμπλήρωσης παλμών** τα ασυγχρόνιστα σήματα είναι δυνατόν να αποθηκευτούν από μια διάταξη (μικρο-υπολογιστή επικοινωνιών), που λέγεται **συλλέκτης (concentrator)**, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να ξαναδιαβαστούν με ρυθμό διαφορετικό από το ρυθμό με τον οποίο αποθηκεύτηκαν (σχήμα 3.7). Πρακτικά, ο συλλέκτης προσφέρει μνήμη, προκειμένου να αποθηκευτούν προσωρινά τα

Η **συμφόρηση** στη γραμμή επικοινωνίας προκαλείται, όταν υπάρχουν πάρα πολλά μηνύματα που μεταδίδονται ή πρόκειται να μεταδοθούν μέσω της γραμμής αυτής.

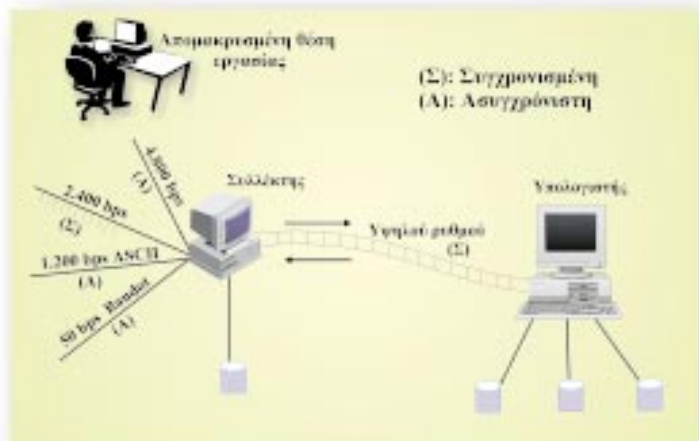
Ο **συγχρονισμός** συμβαίνει, όταν ο ρυθμός μετάδοσης του πομπού συμπίπτει με το ρυθμό λήψης του δέκτη.



Η **παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM)** είναι μέθοδος μετατροπής αναλογικών σημάτων ομιλίας σε ψηφιακά σήματα. Στη μέθοδο αυτή η διαμόρφωση του ψηφιακού φέροντος επιτυγχάνεται μέσω ενός αναλογικού σήματος.

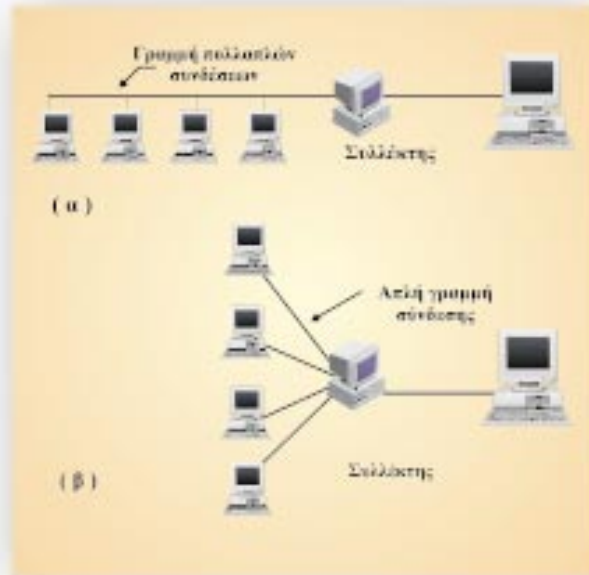


Ως **ελαστική αποθήκευση** εννοούμε τη μη υποχρεωτική αποθήκευση, η οποία εξαρτάται από τον όγκο των πληροφοριών που πρόκειται να διαχειριστεί ο συλλέκτης.



Σχήμα 3.7: Συλλέκτης

Ένα παράδειγμα ανάλογης διάταξης με το συλλέκτη είναι το μαγνητόφωνο. Τα δεδομένα μπορούν να εγγραφούν σε ένα μαγνητόφωνο και να διαβαστούν από αυτό με διαφορετική ταχύτητα.



Σχήμα 3.8: Σύνδεση τερματικών με συλλέκτη:
(α) σε γραμμή πολλαπλών συνδέσεων και (β) σε απλή γραμμή σύνδεσης

μηνύματα των τερματικών διατάξεων, ώστε με τη βοήθεια του κατάλληλου **λογισμικού επικοινωνίας** (*communication software*) να ελέγξει την κατανομή της διαθέσιμης χωρητικότητας της γραμμής επικοινωνίας.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.7, ο συλλέκτης δέχεται δεδομένα εισόδου από μια ομάδα τερματικών και συγκεντρώνει τα δεδομένα εξόδου σε μια γραμμή, κάνοντας επίσης και την αντίστροφη λειτουργία. Στο σχήμα 3.8 βλέπουμε δύο μοντέλα: στο πρώτο (α) τα τερματικά είναι συνδεδεμένα σε γραμμή πολλαπλών συνδέσεων, ενώ στο δεύτερο (β) κάθε τερματικό έχει τη δική του γραμμή απλής σύνδεσης σημείου προς σημείο, που το συνδέει με το συλλέκτη.

Παράδειγμα VI

Έστω ότι ένας δορυφόρος καταγράφει τα αποτελέσματα τριών πειραμάτων και τα εκπέμπει στη Γη. Τα πειράματα διαρκούν ένα δευτερόλεπτο, εκτελούνται συγχρόνως και τα σήματά τους συλλέγονται και αποθηκεύονται σε τρεις διαφορετικές διατάξεις ψηφιακής αποθήκευσης. Τα τρία σήματα που συλλέγονται έχουν ρυθμούς 2.000, 4.000 και 5.000 μηνυμάτων το δευτερόλεπτο και κωδικοποιούνται σε χαρακτήρες των 8 δυαδικών ψηφίων. Στο τέλος κάθε δευτερολέπτου τα δεδομένα που συλλέγονται μεταδίδονται στη Γη. Κατά τη μετάδοση κάθε αποθηκευτική διάταξη αποστέλλει τα δεδομένα με τον ίδιο ρυθμό (για παράδειγμα 5.000 μηνύματα το δευτερόλεπτο).



Τα μηνύματα και των τριών αποθηκευτικών διατάξεων υφίστανται πολυπλεξία, ώστε τελικώς να μεταδίδεται στη Γη ένα σύγχρονο σήμα *TDM*. Ωστόσο η διαδικασία αυτή εμφανίζει ένα σημαντικό πρόβλημα. Οι πρώτες 2.000 λέξεις από κάθε σήμα μπορούν να προωθηθούν για πολυπλεξία χωρίς καμιά δυσκολία. Κατά τη διάρκεια της πολυπλεξίας των επόμενων 2.000 χαρακτήρων δεν υπάρχει συμμετοχή από το πρώτο σήμα, ενώ κατά τους 1.000 τελευταίους χαρακτήρες δεν υπάρχει συμμετοχή από το πρώτο και το δεύτερο σήμα. Όμως εξαιτίας του θορύβου ο δέκτης θα εξακολουθεί να διαβάζει χαρακτήρες, ακόμα και όταν αυτοί δε μεταδίδονται από τα κανάλια, με αποτέλεσμα να έχουμε λάθη στη μετάδοση. Για να αποφευχθούν λανθασμένες ερμηνείες του θορύβου σαν σήμα, οι χρονικές περίοδοι που αντιστοιχούν στα σήματα τα οποία έχουν τερματίσει τη μετάδοσή τους γεμίζονται με **βουβές σειρές** από δυαδικούς χαρακτήρες. Οι σειρές αυτές έχουν επιλεγεί και κωδικοποιηθεί προσεκτικά με τέτοιο τρόπο, ώστε ο δέκτης να τις αναγνωρίζει με ευκολία.

Το χαρακτηριστικό των συλλεκτών και των διατάξεων πολυπλεξίας είναι ότι διαθέτουν μόνο μία γραμμή εξόδου. Σαφώς απαιτείται κάποιο **σχήμα προτεραιότητας** (*priority scheme*) ή **επιβολή πειθαρχίας**. Η παραδοσιακή μέθοδος υπαγορεύει ότι κάθε τερματικό πρέπει να μένει σιωπηρό, μέχρι που ο **ελεγκτής κυκλοφορίας** της διάταξης να του δώσει την άδεια. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως **διαλογή** (*polling*). Οι λεπτομέρειες της μεθόδου της διαλογής που εφαρμόζουν οι συλλέκτες και οι διατάξεις πολυπλεξίας διαφοροποιούνται ανάλογα με το αν πρόκειται για απλές ή πολλαπλές συνδέσεις.

Στην περίπτωση πολλαπλών συνδέσεων διακρίνουμε δύο είδη διαλογής. Το πρώτο είδος ονομάζεται **διαλογή κυλιόμενων κλήσεων** (*roll-call polling*) και λειτουργεί ως εξής: ο συλλέκτης στέλνει ένα μήνυμα σε κάθε τερματικό διαδοχικά, προκειμένου να διαπιστώσει αν το τερματικό έχει να μεταδώσει κάτι ή όχι. Αυτά τα μηνύματα περιέχουν μια διεύθυνση θέσης ή διεύθυνση σταθμού, έτσι ώστε να αναγνωρίζεται το τερματικό στο οποίο απευθύνεται ο συλλέκτης. Κάθε τερματικό ξέρει τη δική του διεύθυνση και ανταποκρίνεται στη δική του κλήση, παρ' όλο που παίρνει όλες τις κλήσεις. Εάν το τερματικό που πήρε την κλήση έχει να στείλει δεδομένα, τα στέλνει. Αν όχι, τότε στέλνει πίσω ένα ειδικό μήνυμα απόρριψης κλήσης.

Συνήθως ο συλλέκτης καλεί από μία φορά, διαδοχικά, όλα τα τερματικά. Ασφαλώς τα τερματικά υψηλής προτεραιότητας παίρνουν περισσότερες από μία κλήσεις σε κάθε γύρο. Στις ημίπλευρες γραμμές επικοινωνίας κάθε κλήση απαιτεί δύο γύρους. Ο ένας γύρος απαιτείται για να μπορέσει ο συλλέκτης να αποστείλει την κλήση και ο άλλος για να επιτρέψει στο τερματικό να μεταδώσει. Το αποτέλεσμα αυτής της τακτικής είναι να έχουμε μεγάλη καθυστέρηση στη συμπλήρωση του κύκλου, ακόμα και όταν τα περισσότερα τερματικά παραμένουν αδρανή τον περισσότερο χρόνο. Στη μετάδοση αυτή χρησιμοποιείται τόσο η συγχρονισμένη όσο και η ασυγχρόνιστη επικοινωνία.

Το δεύτερο είδος διαλογής πολλαπλών συνδέσεων ονομάζεται **διαλογή κόμβου** (*hub-polling*) και σχεδιάστηκε προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα που αναφέρθηκε



Βουβά ονομάζονται τα δεδομένα εκείνα που δεν αποδίδουν κανένα νόημα, αλλά βοηθούν στην εξάλειψη (επικάλυψη) του θορύβου.



Διεύθυνση θέσης ονομάζουμε έναν αριθμό που δηλώνει σε ποια θέση ή σειρά βρίσκεται η τερματική μονάδα, π.χ. (1), αν είναι πρώτη, (2), αν είναι δεύτερη κ.ο.κ.



Τηλεπικοινωνιακά αδρανές είναι ένα τερματικό που, ενώ είναι σε λειτουργία, δεν παίρνει ούτε στέλνει μηνύματα για μεγάλο χρονικό διάστημα.



παραπάνω. Στο είδος αυτό ο συλλέκτης καλεί το πιο απομακρυσμένο τερματικό. Αν αυτό το τερματικό έχει δεδομένα, τα στέλνει, διαφορετικά εκπέμπει ένα μήνυμα κλήσης στο γειτονικό του τερματικό. Αν και αυτό είναι αδρανές, στέλνει το μήνυμα κλήσης στο γειτονικό τερματικό κ.ο.κ., μέχρι το μήνυμα κλήσης να βρει ένα τερματικό που έχει να μεταδώσει κάτι ή μέχρι να γυρίσει πίσω στο συλλέκτη. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι το μήνυμα κλήσης δε χρειάζεται να διατρέξει διαδοχικά όλες τις τερματικές διατάξεις που είναι συνδεδεμένες στη γραμμή επικοινωνίας, μέχρι να βρεθεί κάποιο τερματικό που έχει κάτι να μεταδώσει.

Τέλος, στην περίπτωση των **απλών συνδέσεων** δε χρειάζεται να εφαρμοστεί η μέθοδος της διαλογής προκειμένου να αποφευχθεί το χάος στις γραμμές. Παρ' όλα αυτά η διαλογή κυλιόμενων κλήσεων χρησιμοποιείται συχνά προκειμένου να επιτραπεί στο συλλέκτη να αποκτήσει τα δεδομένα εισόδου με μεθοδικό τρόπο και με σειρά. Τα μηνύματα διαλογής διαφέρουν από εκείνα των πολλαπλών συνδέσεων, γιατί δε χρειάζονται οι διευθύνσεις θέσης. Στην περίπτωση των απλών συνδέσεων στην οποία εφαρμόζεται η μέθοδος της διαλογής κάθε τερματικό παίρνει αποκλειστικά τα σήματα διαλογής (*rolls*) που του απευθύνονται.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Πολυπλεξία, γραμμή σημείου προς σημείο, γραμμή πολλαπλών σημείων, μετάδοση ευρείας εκπομπής, πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας, πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου, ομάδα (*block*), συγχρονισμός πλαισίου, συγχρονισμός λέξης, διαλογή, διαλογή κυλιόμενων κλήσεων, διαλογή κόμβου, βουβά δεδομένα.

Μάθημα 3.2: Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών πολυπλεξίας

Οι τεχνικές πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας (*FDM*) και χρόνου (*TDM*) εκπληρώνουν τον ίδιο σκοπό. Στην πρώτη τα σήματα διαχωρίζονται στην περιοχή συχνοτήτων και εκπέμπουν ταυτόχρονα. Στη δεύτερη τα αναλογικά σήματα διαχωρίζονται χρονικά, αλλά εκπέμπονται στην ίδια περιοχή συχνοτήτων.

Από πρακτική άποψη η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου φαίνεται να υπερέχει σε δύο τουλάχιστον σημεία σε σχέση με αυτήν της συχνότητας. Τα σημεία αυτά είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Το πρώτο σημείο υπεροχής αφορά το υλικό. Οι συσκευές πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας αποτελούνται από αναλογικά κυκλώματα διαμορφωτών - αποδιαμορφωτών, γεννήτριες φέρουσας και φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων για κάθε κανάλι. Αντίθετα, οι συσκευές πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου χρησιμοποιούν ψηφιακό υλικό και αποτελούνται από έναν πολυπλέκτη και ένα συλλέκτη. Το ψηφιακό υλικό είναι από τη φύση του τμηματικό και αυτοτελές, προσφέροντας αξιόπιστη κατασκευαστική απλότητα και πιο αποδοτική λειτουργία.
- ✓ Ένα δεύτερο πλεονέκτημα των συστημάτων πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου είναι η σχετικά χαμηλή διασταύρωση μεταξύ των καναλιών, αφού δεν εμφανίζονται μη γραμμικά φαινόμενα στα κυκλώματα χειρισμού των σημάτων στον πομπό και στο δέκτη. Με τον όρο **διασταύρωση** (*cross talk*) εννοείται η ενδεχόμενη επικάλυψη γειτονικών καναλιών, ενώ ως **μη γραμμικά φαινόμενα** εννοούνται εκείνα τα οποία σε ένα συγκεκριμένο, μικρό, χρονικό διάστημα παρουσιάζουν απότομες μεταβολές ή διακυμάνσεις. Τα μη γραμμικά φαινόμενα προκαλούν ενδοδιαμόρφωση και παραμόρφωση, που στα συστήματα πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας επηρεάζουν όλα τα κανάλια τόσο της χαμηλής όσο και της υψηλής συχνότητας. Σημειώνεται ότι στα κυκλώματα των συστημάτων αυτών δεν επιτυγχάνεται εύκολα γραμμικότητα φάσης και πλάτους, ειδικότερα όταν ο αριθμός των καναλιών που υφίστανται πολυπλεξία είναι μεγάλος.

Αντίθετα, στην πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου δεν υπάρχει ουσιαστικά διασταύρωση λόγω μη γραμμικών φαινομένων, αφού τα σήματα αυτά είναι απολύτως διαχωρισμένα και δεν επικαλύπτονται. Αυτό συμβαίνει, επειδή ο χειρισμός των σημάτων από τα διάφορα κανάλια δε γίνεται ταυτόχρονα, αλλά κατανέμεται σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Επιπλέον είναι δυνατόν να επιτευχθεί ευκολότερα η γραμμικότητα των κυκλωμάτων στα συστήματα πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου από ό,τι στα αντίστοιχα συστήματα συχνότητας. Όμως η προστασία που προσφέρει η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου όσον αφορά τη διασταύρωση προϋποθέτει ένα υψηλού εύρους ζώνης φυσικό κανάλι, όπως επίσης και απουσία παραμόρφωσης που οφείλεται στην καθυστέρηση.



Οι γεννήτριες φέρουσας δημιουργούν ένα οποιοδήποτε φέρον σήμα. Το φίλτρο διέλευσης ζώνης δέχεται το τυχαίο φέρον σήμα δίνοντάς του μια συγκεκριμένη συχνότητα για μετάδοση.



Ως γραμμικότητα φάσης νοείται η μη απότομη μεταβολή της φάσης μέσα στο χρόνο.



Το κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα και των δύο τεχνικών πολυπλεξίας είναι το γεγονός ότι, αν ένα τερματικό είναι τηλεπικοινωνιακά αδρανές, τότε η αντίστοιχη χωρητικότητα του καναλιού παραμένει αναξιοποίητη σε βάρος της οικονομίας του δικτύου. Σημειώνεται ότι προκειμένου να μειωθεί το κόστος επικοινωνίας –και ειδικότερα στις περιπτώσεις συνδέσεων τερματικών διατάξεων επικοινωνίας που εφαρμόζεται η τεχνική της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου– οι διαδοχικές θέσεις πλαισίων ή και όλες οι θέσεις των πλαισίων που παραμένουν αδρανείς διατίθενται εξ ολοκλήρου σε τερματικές μονάδες που έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε χωρητικότητα. Συνήθως η τεχνική αυτή αναπτύσσεται σε συνδυασμό με τη χρήση συλλεκτών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η σύγκριση μεταξύ των δύο αυτών τεχνικών, όσον αφορά το παρεχόμενο εύρος ζώνης, δίνει το ίδιο αποτέλεσμα. Αυτό φαίνεται και στο παράδειγμα που ακολουθεί.



Σε πολλά τηλεπικοινωνιακά συστήματα το κόστος των γραμμών επικοινωνίας υπερβαίνει το κόστος του εξοπλισμού που συνδέεται σ' αυτές τις γραμμές.

Παράδειγμα VII

Θεωρούμε ότι διατίθενται 10 σήματα εισόδου με περιορισμένο εύρος ζώνης 3.000 Hz. Στα σήματα αυτά έχει εφαρμοστεί μια ειδικού τύπου διαμόρφωση πλάτους αναλογικού σήματος σε ένα σύστημα πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας, σύμφωνα με την οποία αποκόπτεται η μία πλευρική μπάντα, εφόσον μεταφέρει την ίδια ακριβώς πληροφορία, προκειμένου να εξοικονομηθεί χωρητικότητα στο κανάλι επικοινωνίας. Επομένως το εύρος ζώνης του σήματος που θα προκύψει θα είναι 30.000 Hz ($= 10 \cdot 3.000$).

Εφαρμόζοντας πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου και με ρυθμό δειγματοληψίας 3.000 Hz σε κάθε κανάλι, το σήμα *TDM* θα αποστέλλεται με σειρά δειγμάτων που θα απέχουν χρονικά κατά $1 / (10 \cdot 3.000)$ δευτερόλεπτα, οπότε το εύρος ζώνης του σήματος εξόδου *TDM* θα είναι 30.000 Hz, δηλαδή ίσο με το εύρος ζώνης του σήματος εξόδου *FDM*.

Τέλος, το κυριότερο μειονέκτημα της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου είναι ότι η ακρίβεια της μορφής του σήματος, η χρονική αστάθειά του και ο συγχρονισμός του καταλήγουν να γίνονται μεγάλα προβλήματα, όταν έχουμε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης σημάτων.



Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Γεννήτριες φέρουσας, φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων, πολυπλέκτης, συλλέκτης, διασταύρωση, γραμμικότητα φάσης, μη γραμμικά φαινόμενα.

Μάθημα 3.3: Στατιστική πολυπλεξία

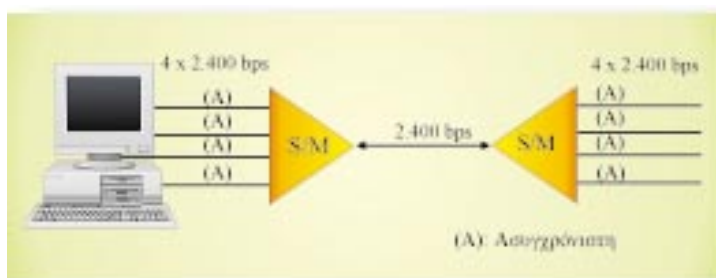
Η **στατιστική πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου** (*STDM: Statistical TDM*), ή απλώς στατιστική πολυπλεξία, αποτελεί επέκταση της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου και έχει ως στόχο να μειώσει τα προβλήματα που αυτή η τελευταία παρουσιάζει.

Το πρώτο σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι η διαφορετική «μεταχείριση» της ασυγχρόνιστης και της συγχρονισμένης μετάδοσης από την στατιστική πολυπλεξία. Μια τυπική μορφή στατιστικής πολυπλεξίας αποτελεί το σχήμα 3.9, στο οποίο ο στατιστικός πολυπλέκτης λειτουργεί με το μέσο όρο των ροών κυκλοφορίας των δεδομένων που έρχονται από τέσσερις, ασυγχρόνιστες, χαμηλού ρυθμού ροές κυκλοφορίας δεδομένων (π.χ. 2.400 bps). Αυτές οι ροές δεδομένων ενοποιούνται σε μία γραμμή επικοινωνίας που κατευθύνεται στον πολυπλέκτη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στην τεχνική πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου η ενοποιημένη γραμμή επικοινωνίας θα απαιτούσε ρυθμό μετάδοσης τουλάχιστον ίσο με το άθροισμα των ρυθμών μετάδοσης των τεσσάρων γραμμών που καταφθάνουν στον πολυπλέκτη, δηλαδή 9.600 bps ($=4 \cdot 2.400$), όπως άλλωστε φαίνεται και στο σχήμα 3.9. Μια τέτοια τακτική δεν είναι συμφέρουσα, ιδιαίτερα όταν οι τερματικές διατάξεις παραμένουν αδρανείς για κάποια χρονικά διαστήματα ή μεταδίδουν σποραδικά καταγισμούς δεδομένων.

Στο σχήμα 3.9 η ενοποιημένη γραμμή μεταφέρει δεδομένα με τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης που μεταφέρουν οι τέσσερις γραμμές των τερματικών διατάξεων. Αυτό σημαίνει ότι, για να λειτουργεί σωστά το σύστημα, ο μέσος φόρτος της γραμμής κάθε τερματικής διάταξης, για μεγάλη χρονική περίοδο, δε θα πρέπει να ξεπερνά το 25% της συνολικής ικανότητας μεταφοράς της γραμμής.

Το δεύτερο σημείο που αξίζει να τονιστεί είναι το γεγονός ότι στις συγχρονισμένες γραμμές επικοινωνίας, λόγω της φύσης της μετάδοσης, η στατιστική πολυπλεξία εφαρμόζεται δυσκολότερα από ό,τι στην περίπτωση των ασυγχρόνιστων γραμμών επικοινωνίας. Ο λόγος είναι ότι στη συγχρονισμένη μετάδοση οι τερματικές διατάξεις παραμένουν αδρανείς (χρόνος αργίας) για ελάχιστο χρονικό διάστημα, ενώ οι ομάδες δεδομένων είναι απαραίτητο να διατηρούν την ολοκληρωμένη μορφή τους για όσο χρόνο διαπερνούν τους πολυπλέκτες.

Αντίθετα, στην περίπτωση της ασυγχρόνιστης επικοινωνίας τα μηνύματα καταφθάνουν από τα τερματικά με τυχαίο ρυθμό και παραμένουν προσωρινά αποθηκευμένα, μέχρι να μεταδοθούν από την ενοποιημένη γραμμή, με νέο ρυθμό μετάδοσης. Επειδή το μήκος των μηνυμάτων είναι τυχαίο, σε κάθε μήνυμα προστίθεται ένα **πρόθεμα**,



Σχήμα 3.9: Ασυγχρόνιστη στατιστική πολυπλεξία



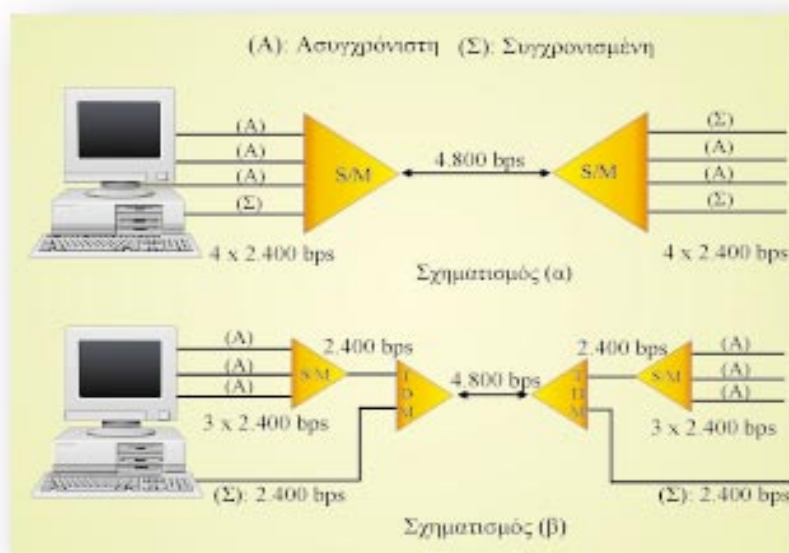
Το **πρόθεμα** είναι ένας κωδικοποιημένος χαρακτήρας που μπαίνει μπροστά στο μήνυμα.



Ο σκοπός του υπολογιστή επικοινωνιών είναι να απαλλάξει τον κεντρικό υπολογιστή από το φόρτο της επικοινωνίας με τα περιφερειακά. Ένα μεγάλο μέρος των πρωτοκόλλων επικοινωνίας υφίστανται επεξεργασία σ' αυτόν. Ο υπολογιστής επικοινωνιών εκτελεί συνήθως περιορισμένο αριθμό εντολών. Για το λόγο αυτό κατασκευάζεται με τέτοια αρχιτεκτονική, που δίνει βαρύτητα σ' αυτή τη λειτουργία και επομένως αυξάνει την απόδοσή του. Για παράδειγμα, πολλοί αλγόριθμοι ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων εκπομπής πραγματοποιούνται απευθείας στο υλικό (*hardware*) των υπολογιστών επικοινωνιών, απαλλάσσοντας έτσι τον κεντρικό υπολογιστή από το φόρτο της αντίστοιχης υπολογιστικής διαδικασίας.

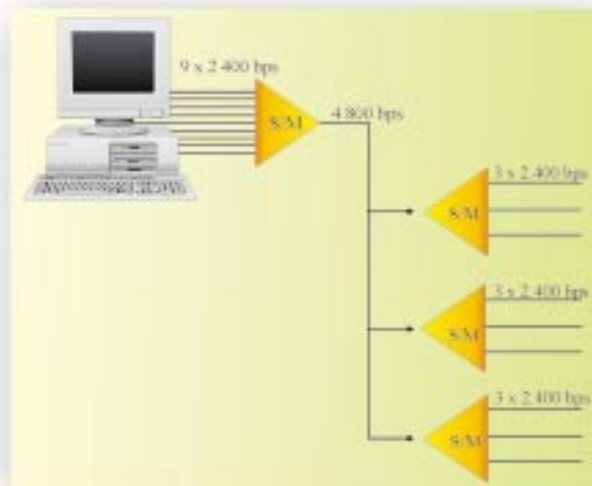
που δηλώνει το μήκος του. Με βάση την πληροφορία αυτή ο δέκτης διακρίνει τα διαδοχικά μηνύματα. Το πρόθεμα περιλαμβάνει πολλές φορές και πληροφορία σχετική με τη διεύθυνση προορισμού του μηνύματος στο δίκτυο, τη διεύθυνση του αποστολέα, καθώς επίσης και οτιδήποτε σχετικό με την προτεραιότητα διακίνησης του μηνύματος από σημείο σε σημείο. Η πρόσθεση του προθέματος στο μήνυμα αποτελεί συνήθως μέρος της λειτουργίας του **υπολογιστή επικοινωνιών**. Στην τεχνική της στατιστικής πολυπλεξίας τα μηνύματα, ανεξάρτητα από το μήκος τους, μεταδίδονται με τη μορφή μικρότερων τμημάτων σταθερού μήκους, τα οποία είναι ίσα είτε με ένα πλαίσιο είτε με μία θέση πλαισίου είτε με ένα ακέραιο πολλαπλάσιο των πλαισίων ή των θέσεων του πλαισίου.

Στην πράξη εφαρμόζονται αρκετά σχήματα στατιστικής πολυπλεξίας. Μερικές ενδιαφέρουσες περιπτώσεις παρουσιάζονται στα σχήματα 3.10, 3.11 και 3.12.

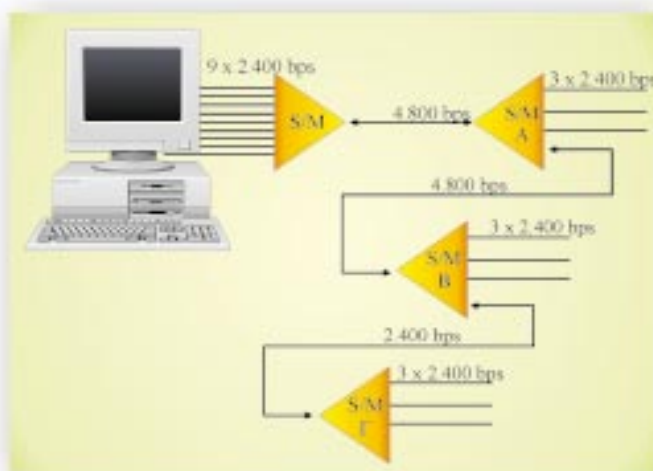


Σχήμα 3.10: Ισοδύναμοι σχηματισμοί στατιστικής πολυπλεξίας ασυγχρόνιστων και συγχρονισμένων γραμμών επικοινωνίας:

- (α) στατιστική πολυπλεξία τριών ασυγχρόνιστων γραμμών και μιας συγχρονισμένης,
 (β) συγχρονισμένη κυκλοφορία μέσω ενός TDM καναλιού σε συνδυασμό με στατιστική πολυπλεξία τριών ασυγχρόνιστων καναλιών που χρησιμοποιούν το υπόλοιπο TDM κανάλι.



Σχήμα 3.11: Στατιστικοί πολυπλέκτες πολλαπλών σημείων



Σχήμα 3.12: Διαδοχικοί στατιστικοί πολυπλέκτες

Λέξεις που πρέπει να θυμάμαι

Στατιστική πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου, χρόνος αργίας, τυχαίος ρυθμός μετάδοσης, πρόθεμα.





Ανακεφαλαίωση

Στο Κεφάλαιο 3 αναζητήθηκαν οικονομικότερες μορφές επικοινωνίας. Η λύση του προβλήματος η οποία προτάθηκε έχει ως στόχο την πολλαπλή και ταυτόχρονη χρήση του διαθέσιμου μέσου μετάδοσης. Σε συνάρτηση με τους τύπους των γραμμών επικοινωνίας, έγινε αναλυτική αναφορά στην τεχνική της πολυπλεξίας και ειδικότερα στις τρεις μεθόδους πολλαπλής χρήσης καναλιού που χρησιμοποιεί και είναι:

- ✓ Η πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας, που αφορά την αναλογική μεταφορά δεδομένων, κατά την οποία το φυσικό κανάλι επιμερίζεται σε πολλές ζώνες με μικρότερο εύρος ζώνης η καθεμιά (λογικά κανάλια). Κάθε χρήστης κατέχει αποκλειστικά τη δική του ζώνη συχνότητας. Βάσει αυτής της μεθόδου όλες οι τερματικές μονάδες είναι συνεχώς συνδεδεμένες με το δίκτυο. Ο χρήστης μιας τέτοιας τερματικής μονάδας δεν αντιλαμβάνεται το φόρτο εργασίας του δικτύου, επειδή το λογικό κανάλι σύνδεσης του τερματικού του είναι πάντα στη διάθεσή του.
- ✓ Η πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου, που αφορά τη συγχρονισμένη και την ασυγχρόνιστη ψηφιακή μετάδοση δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή κάθε τερματική μονάδα συνδέεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με το δίκτυο για ένα προκαθορισμένο και περιορισμένο χρονικό διάστημα, εκμεταλλευόμενη όλες τις δυνατότητες του φυσικού καναλιού. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει μετάδοση με το μέγιστο δυνατό ρυθμό μετάδοσης του καναλιού, αλλά για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα. Η σύνδεση με το φυσικό κανάλι γίνεται κυκλικά, ανεξάρτητα από το αν υπάρχουν ή όχι δεδομένα για να μεταδοθούν, με αποτέλεσμα το κανάλι να υποαπασχολείται. Αυτό είναι δυνατόν να αποφευχθεί με την τρίτη μέθοδο.
- ✓ Η στατιστική πολυπλεξία, που αποτελεί βελτίωση της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου και έχει ως στόχο τη μείωση των προβλημάτων που αυτή παρουσιάζει. Στην περίπτωση της πολυπλεξίας ασυγχρόνιστων γραμμών επικοινωνίας, ο στατιστικός πολυπλέκτης λειτουργεί με το μέσο όρο των ροών κυκλοφορίας δεδομένων που έρχονται από τις ασυγχρόνιστες ροές κυκλοφορίας των τερματικών διατάξεων προς τον πολυπλέκτη. Πολύ πιο σύνθετη είναι η περίπτωση της πολυπλεξίας συγχρονισμένων γραμμών επικοινωνίας, κατά την οποία οι τερματικές διατάξεις, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στην ασυγχρόνιστη μετάδοση, παραμένουν απασχολημένες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε κάθε περίπτωση είναι δυνατή η βοήθεια συλλεκτών προκειμένου να αποθηκευθούν τα ασυγχρόνιστα σήματα που καταφθάνουν τυχαία από τις επικοινωνιακά ενεργές τερματικές μονάδες, μέχρι να περάσουν από τον πολυπλέκτη και να μεταδοθούν από το φυσικό κανάλι επικοινωνίας. Τέλος, παρουσιάστηκαν πρακτικά παραδείγματα εφαρμογής στατιστικών πολυπλεκτών, ώστε να φανεύει η χρησιμότητά τους.

Το κεφάλαιο ολοκληρώθηκε με παράθεση των μειονεκτημάτων και των πλεονεκτημάτων των τεχνικών πολλαπλής χρήσης καναλιού, συγκρίνοντας τα φαινόμενα που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια του χειρισμού των σημάτων μετάδοσης, καθώς και το παρεχόμενο εύρος ζώνης των δύο τεχνικών.



Ερωτήσεις

1. Ποιοι είναι οι βασικοί τύποι γραμμών επικοινωνίας και σε τι διαφέρουν;
2. Τι σημαίνει πολυπλεξία στη μετάδοση δεδομένων;
3. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας;
4. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της πολυπλεξίας επιμερισμού χρόνου;
5. Σε τι διαφέρουν και σε τι μοιάζουν οι τεχνικές πολυπλεξίας επιμερισμού συχνότητας και χρόνου;
6. Τι είναι η στατιστική πολυπλεξία;
7. Σε τι διαφοροποιείται η στατιστική πολυπλεξία από την πολυπλεξία επιμερισμού χρόνου;
8. Τι είναι ο συλλέκτης και πού χρησιμοποιείται;
9. Ανάλυσε και εξήγησε τα σχήματα 3.10, 3.11 και 3.12.



Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάνης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Drefler F., *Using Networks*, QUE, 1998.
3. Drefler F., Freed L., *How Networks Works*, QUE, 1998.
4. Kalvin P. P., Silberschatz A., *Operating Systems Concepts*, Publishing Co 1994.
5. Μαυροματάκου Α. Κ., *Φυσική*, έκδοση Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών, τόμος 1ος, Αθήνα 1998.
6. Πομπόρτσος Α. Σ., *Τοπικά Δίκτυα Υπολογιστών*, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1990.
7. Σχολικό βιβλίο Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου ΟΕΔΒ, *Εφαρμογές Πληροφορικής - Υπολογιστών*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1998.
8. Stallings W., *Data and Computer Communications*, Macmillan Publishing Company, 2nd edition, 1990.
9. Tanenbaum S. A., *Computer Networks*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1996.



Διευθύνσεις Διαδικτύου (URLs)

- ✓ <http://www.ieee.org>
- ✓ <http://www.iso.ch/>
- ✓ <http://www.elot.gr>
- ✓ <http://www.itu.int/>
- ✓ http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/osi_prot.htm
- ✓ <http://www.cisco.com/warp/public/535/4.html>
- ✓ http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ibmsna.htm
- ✓ http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/xns.htm
- ✓ http://aol.pcwebopedia.com/TERM/c/circuit_switching.html
- ✓ <http://www.vislab.usyd.edu.au/photonics/networks/networks/network5.html>