

Κεφάλαιο 1

Τηλεπικοινωνιακά συστήματα

- Μάθημα 1.1: Στοιχεία θεωρίας σημάτων
 - Μάθημα 1.2: Χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης
 - Μάθημα 1.3: Σύγκριση των μέσων μετάδοσης
 - Μάθημα 1.4: Εξασθένηση, παραμόρφωση, θόρυβος
 - Μάθημα 1.5: Διαμόρφωση σήματος
 - Μάθημα 1.6: Είδη διαμόρφωσης σήματος
 - Μάθημα 1.7: Μοντέλο επικοινωνίας
- Ανακεφαλαίωση
- Ερωτήσεις

Ερώτηση 1^η : Τι είναι σήμα και ποια τα χαρακτηριστικά του

Απάντηση : Ένα **σήμα** μπορεί να οριστεί ως μια **χρονικά μεταβαλλόμενη ηλεκτρική κυματομορφή** η οποία διαδίδεται από σημείο σε σημείο, χρησιμοποιώντας κάποιο μέσο μετάδοσης. Ο όρος «**χρονικά μεταβαλλόμενη**» σημαίνει πως τα χαρακτηριστικά της κυματομορφής μεταβάλλονται σε συνάρτηση με το χρόνο, και εάν αυτή η μεταβολή επαναλαμβάνεται συνεχώς και με τον ίδιο τρόπο, τότε το σήμα ονομάζεται **περιοδικό (periodic)**. Στην περίπτωση αυτή το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δυο διαδοχικές επαναλήψεις αυτής της μεταβολής ονομάζεται **περίοδος (period)** του σήματος και συμβολίζεται με **T**, ενώ ο αριθμός αυτών των επαναλήψεων στη μονάδα του χρόνου (δηλαδή σε ένα δευτερόλεπτο) ονομάζεται **συχνότητα (frequency)** του σήματος και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα **v**.

Η διάδοση του σήματος από σημείο σε σημείο, θα γίνει προφανώς μέσα από κάποιο **φορέα ή μέσο μετάδοσης (transmission medium)**. Για παράδειγμα ο φορέας μετάδοσης των κυμάτων της θάλασσας – που είναι χρονικά μεταβαλλόμενες κυματομορφές αλλά όχι ηλεκτρικές – είναι το νερό, ενώ ο φορέας μετάδοσης των ηχητικών κυμάτων, είναι ο αέρας. Εάν δεν υπάρχει μέσο μετάδοσης, προφανώς το σήμα δεν μπορεί να διαδοθεί από ένα σημείο του χώρου σε κάποιο άλλο. Έτσι τα **ηχητικά κύματα (sound waves)**, δεν μπορούν να διαδοθούν στο κενό, αφού εκεί δεν υπάρχει αέρας. Τα μοναδικά κύματα τα οποία μπορούν να διαδοθούν στο κενό, είναι τα **ηλεκτρομαγνητικά κύματα (electromagnetic waves)**, τα οποία δημιουργούνται από πάρα πολλές πηγές όπως είναι για παράδειγμα ο ήλιος. Η ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σήμα μέσα στο φορέα μετάδοσής του, ονομάζεται **ταχύτητα μετάδοσης σήματος (propagation speed)**, ενώ η απόσταση που διανύει το σήμα σε χρόνο μιας περιόδου, κινούμενο μέσα στο μέσο μετάδοσής του, ονομάζεται **μήκος σήματος (wavelength)**. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά μεγέθη του σήματος (δηλαδή η ταχύτητα και το μήκος σήματος), σχετίζονται μεταξύ τους, και η μαθηματική εξίσωση που τα συνδέει έχει τη μορφή $u = \lambda \cdot v$ όπου **u** είναι η **ταχύτητα του σήματος**, **λ** το **μήκος σήματος**, και **v** η **συχνότητά** του.

Δεδομένου πως το σήμα είναι μια **χρονικά μεταβαλλόμενη ποσότητα**, είναι προφανές πως η τιμή του σήματος σε κάθε χρονική στιγμή θα είναι συνήθως διαφορετική. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, αυτή η ποσότητα είναι η **τιμή της έντασης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου** που δημιουργείται κατά τη μετάδοση του σήματος. Η μέγιστη τιμή της έντασης του πεδίου ονομάζεται **πλάτος (amplitude)** του σήματος.

Ερώτηση 2^η : Ποιες είναι οι μορφές του σήματος? Μπορείτε να δώσετε από ένα παράδειγμα?

Απάντηση : Από τη βασική θεωρία είναι γνωστό πως ένα σήμα μπορεί να είναι είτε **αναλογικό (analog)** είτε **ψηφιακό (digital)**. Ένα σήμα λέγεται αναλογικό όταν η ποσότητα που περιγράφει μπορεί να πάρει μια οποιαδήποτε τιμή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός αναλογικού σήματος είναι μια ημιτονοειδής κυματομορφή, η στιγμιαία τιμή της οποίας σε κάθε χρονική στιγμή μπορεί να είναι οποιαδήποτε.

Από την άλλη πλευρά, ένα **ψηφιακό** σήμα, μπορεί να πάρει μόνο διακριτές τιμές στο χρόνο. Αυτό σημαίνει πως η ποσότητα που περιγράφει παίρνει τιμές όχι από ένα άπειρο, αλλά από ένα πεπερασμένο σύνολο τιμών. Στις πιο πολλές περιπτώσεις

χρησιμοποιούμε **δυναδικά ψηφιακά σήματα**, τα οποία μπορούν να πάρουν μόνο δύο τιμές, για παράδειγμα **+5 Volts** και **-5 Volts**.

Ερώτηση 3^η : Τι ονομάζουμε μέσο μετάδοσης? Μπορείτε να αναφέρετε μερικά διαφορετικά μέσα μετάδοσης, καθώς και τους τομείς στους οποίους αυτά βρίσκουν εφαρμογή?

Απάντηση : Όπως έχει ήδη αναφερθεί στις προηγούμενες σελίδες, το **μέσο μετάδοσης (transmission medium)** είναι ο **φορέας** μέσα από τον οποίο λαμβάνει χώρα η μετάδοση των σημάτων. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την έννοια του μέσου μετάδοσης, ας πάρουμε ξανά ως παράδειγμα την περίπτωση των κυμάτων στη θάλασσα. Όταν κάποιος πετάξει μια πέτρα μέσα στη θάλασσα, στο σημείο της πρόσκρουσης της πέτρας στην επιφάνεια της θάλασσας, δημιουργείται μια **διαταραχή** που αναγκάζει τα μόρια του νερού σε εκείνο το σημείο να εκτελέσουν κάποια κίνηση. Επειδή τα μόρια του νερού είναι ενωμένα το ένα με το άλλο, είναι προφανές πως κάθε ένα από τα μόρια που κινούνται θα μεταδώσει την κίνησή του στο άλλο μόριο, αυτό στο επόμενο, κ.ο.κ. με τον ίδιο τρόπο που ένα κομμάτι που πέφτει στο ντόμινο, αναγκάζει σε πτώση και το επόμενο, έως ότου τελικά να πέσουν όλα τα κομμάτια. Με τον τρόπο αυτό η διαταραχή μεταδίδεται σε μεγάλη απόσταση. Ανάλογη περίπτωση παρατηρείται και στην περίπτωση των **ηχητικών κυμάτων**, για τα οποία το μέσο μετάδοσης είναι ο **αέρας**. Όταν δημιουργείται κάποιος ήχος από κάποια πηγή, τότε τα μόρια του αέρα που βρίσκονται δίπλα στην πηγή, ταλαντεύονται και η ταλάντωση αυτή μεταφέρεται και στα επόμενα μόρια με αποτέλεσμα τελικά τη μετάδοση του σήματος. Δεν είναι λοιπόν δύσκολο να γίνει αντιληπτό πως αναγκαία προϋπόθεση για τη μετάδοση ενός σήματος είναι η ύπαρξη του κατάλληλου μέσου μετάδοσης. Αντίστροφα, εάν δεν έχουμε κάποιο μέσο μετάδοσης, δεν είναι δυνατή η μετάδοση του σήματος. Για το λόγο αυτό άλλωστε δεν είναι δυνατή και η μετάδοση του ήχου στο κενό, διότι εκεί δεν υπάρχει αέρας.

Παραδείγματα μέσων μετάδοσης είναι τα **τηλεφωνικά καλώδια (telephone cables)**, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της φωνής και οι **οπτικές ίνες (fiber optics)** οι οποίες χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων κάθε μορφής. Ας σημειωθεί επιπλέον πως τα μέσα μετάδοσης δεν είναι μόνο **ενσύρματα** αλλά και **ασύρματα (wireless)**. Παράδειγμα ασύρματου μέσου μετάδοσης είναι η **ατμόσφαιρα της γης** και το **διάστημα**, τα οποία επιτρέπουν τη μετάδοση **ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων**.

Ερώτηση 4^η : Πόσα είδη ενσύρματων μέσων γνωρίζετε και ποιες οι διαφορές τους ?

Απάντηση : Τα **ενσύρματα μέσα μετάδοσης** που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα επικοινωνιών είναι τα **συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων (twisted pairs)**, τα **ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables)** και οι **οπτικές ίνες (fiber optics)**.

Η βασική διαφορά που χαρακτηρίζει τον τρόπο λειτουργίας για αυτά τα μέσα μετάδοσης, είναι το είδος του σήματος που χρησιμοποιείται στη διαδικασία της επικοινωνίας. Πιο συγκεκριμένα, στα **ομοαξονικά** και στα **συνεστραμμένα καλώδια** το σήμα που αποστέλλεται είναι **ηλεκτρικής φύσεως**, ενώ στην περίπτωση των **οπτικών ινών**, χρησιμοποιούνται **παλμοί φωτός (light pulses)** η απουσία των οποίων υποδηλώνει το

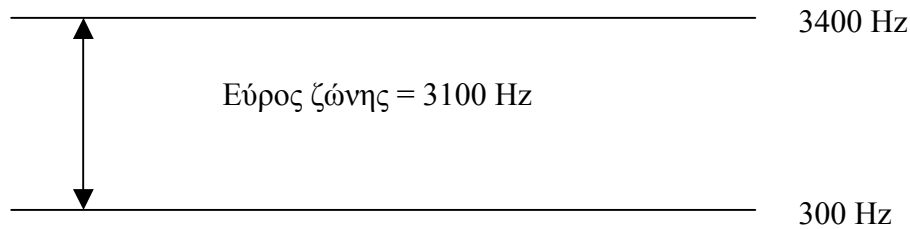
δυναδικό 0, ενώ η παρουσία τους, το **δυναδικό 1**. Η χρήση παλμών φωτός αντί για ηλεκτρικό σήμα, απαιτεί την χρήση ειδικών διατάξεων, οι οποίες στο ένα άκρο της γραμμής μετατρέπουν το ρεύμα σε φως, ενώ στο άλλο άκρο μετατρέπουν το φως σε ρεύμα, έτσι ώστε τελικά να είναι δυνατή η επικοινωνία ανάμεσα στα δύο άκρα.

Οι οπτικές ίνες χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλο **εύρος ζώνης (bandwidth)** σε σχέση με τα άλλα δύο μέσα μετάδοσης γεγονός που οδηγεί σε ταχύτητες μετάδοσης της τάξεως του **1 Gbps**, ενώ αρκετά υψηλή είναι και η ταχύτητα μετάδοσης του συνεστραμμένου ζεύγους, που είναι **10** έως **100** φορές υψηλότερη σε σχέση με την ταχύτητα των ομοαξονικών καλωδίων. Λόγω της μετάδοσης παλμών φωτός και όχι ηλεκτρικού σήματος – το οποίο ως γνωστόν χαρακτηρίζεται από **εξασθένηση πλάτους (amplitude attenuation)** – οι οπτικές ίνες χαρακτηρίζονται από πολύ μικρή απώλεια ισχύος. Αυτό σημαίνει πως ακόμη και εάν η χρήση των **επαναληπτών (repeaters)** κρίνεται επιβεβλημένη, αυτοί, εν τούτοις, θα βρίσκονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Για το λόγο αυτό οι οπτικές ίνες θεωρούνται ως το ιδανικό μέσο μετάδοσης σε περιπτώσεις δικτύων των οποίων τα καλώδια έχουν συνολικό μήκος αρκετά χιλιόμετρα. Αντίθετα, το ομοαξονικό καλώδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αποστάσεις της τάξεως των εκατοντάδων μέτρων, ενώ το συνεστραμμένο καλώδιο, χρησιμοποιείται σε αποστάσεις της τάξεως των δεκάδων μέτρων. Μια σημαντική διαφορά τέλος, αφορά τη διαδικασία εγκατάστασης των οπτικών ινών, που είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτητική σε σχέση με τη διαδικασία εγκατάστασης των ομοαξονικών και των συνεστραμμένων καλωδίων.

Ερώτηση 5^η : Να αναφέρετε τα χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης.

Απάντηση : Όπως είναι γνωστό από τη βασική θεωρία, τα διάφορα σήματα που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα επικοινωνιών, εκπέμπονται από κατάλληλες **πηγές (sources)**, και χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες τιμές συχνοτήτων. Για το λόγο αυτό τα μέσα μετάδοσης είναι και αυτά σχεδιασμένα έτσι ώστε να επιτρέπουν τη μετάδοση μόνο εκείνων των σημάτων των οποίων οι συχνότητες ανήκουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ζώνη συχνοτήτων. Αυτή η ζώνη συχνοτήτων χαρακτηρίζεται προφανώς από μια μέγιστη και μια ελάχιστη συχνότητα, η διαφορά των οποίων ονομάζεται **εύρος ζώνης (bandwidth)** του μέσου μετάδοσης.

Παράδειγμα : Ας θεωρήσουμε την περίπτωση του τηλεφωνικού δικτύου το οποίο ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιεί **συνεστραμμένα καλώδια**. Τα καλώδια αυτού του τύπου, επιτρέπουν τη μετάδοση μόνο εκείνων των σημάτων των οποίων η συχνότητα βρίσκεται στο διάστημα **300 Hz** έως **3400 Hz**. Επομένως το **εύρος ζώνης** αυτού του μέσου μετάδοσης είναι **3400 Hz – 300 Hz = 3100 Hz = 3.1 KHz**.



Σχήμα 1 : Παράδειγμα εύρους ζώνης μέσου μετάδοσης

Το γεγονός πως τα **300 Hz** είναι η **ελάχιστη επιτρεπτή συχνότητα** που μπορεί να περάσει από το μέσο μετάδοσης, σημαίνει πως ένα σήμα μικρότερης συχνότητας (π.χ. **200 Hz**) δεν μπορεί να διέλθει από το μέσο μετάδοσης. Με τον ίδιο τρόπο η **μέγιστη συχνότητα** των **3400 Hz**, υποδηλώνει πως ένα σήμα μεγαλύτερης συχνότητας, π.χ. **4500 Hz** δεν έχει τη δυνατότητα διέλευσης από το κανάλι.

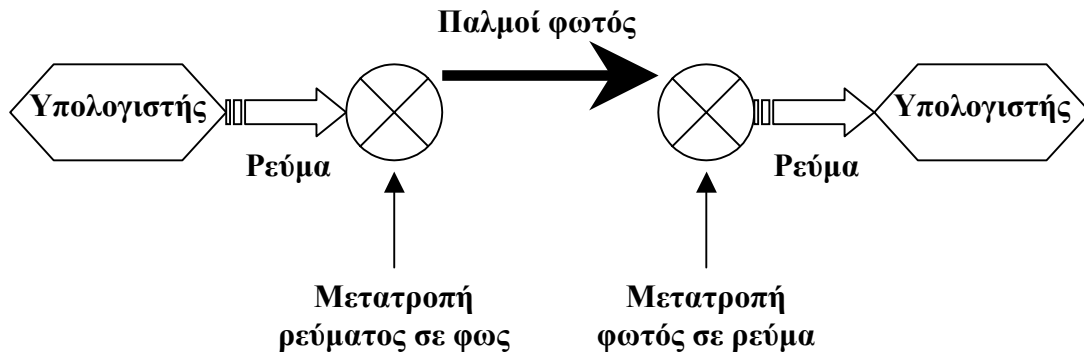
Το δεύτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα των μέσων μετάδοσης, είναι η **χωρητικότητα (capacity)** τους. Αυτή ορίζεται ως **ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο μπορούμε να στείλουμε ή να πάρουμε δεδομένα, χωρίς να προκύψουν σφάλματα κατά τη διάρκεια της μετάδοσης**. Η **χωρητικότητα** ενός μέσου μετάδοσης είναι ανάλογη του **εύρους ζώνης** του, που σημαίνει πως ένα μέσο μετάδοσης με μεγάλο εύρος ζώνης, θα έχει αντίστοιχα και μεγάλη χωρητικότητα. Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως τα μέσα μετάδοσης με κριτήριο την τιμή της χωρητικότητάς τους, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες :

- **Μέσα μετάδοσης στενής ζώνης (narrowband):** Χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από **45** έως **600 bps**. Τα μέσα αυτά δεν έχουν επαρκή χωρητικότητα για να μεταδώσουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, και χρησιμοποιούνται κυρίως σε τηλεγραφικά κυκλώματα.
- **Μέσα μετάδοσης βασικής ζώνης (baseband):** Χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από **1200** έως **33600 bps**. Η βασική τους εφαρμογή είναι στην τηλεφωνία για τη μετάδοση σημάτων φωνής.
- **Μέσα μετάδοσης ευρείας ζώνης (broadband):** Χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από **48000 bps** έως **1.5 Mbps**. Η χωρητικότητά τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί όλο το εύρος τους, μπορεί όμως και να υποδιαιρεθούν σε λογικά κανάλια μικρότερης χωρητικότητας, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, ή στη μετάδοση σημάτων με χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης.

Ερώτηση 6^η : Να περιγράψετε την οπτική ίνα και να τη συγκρίνετε με τα άλλα ενσύρματα μέσα μετάδοσης.

Απάντηση : Το κύριο χαρακτηριστικό της **οπτικής ίνας (fiber optics)** είναι πως η μετάδοση της πληροφορίας, δεν γίνεται με τη μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων, αλλά με την εκπομπή **παλμών φωτός**, οι οποίοι εκπέμπονται από την κατάλληλη φωτεινή πηγή. Η πηγή αυτή στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις, είναι μια **δίοδος φωτοεκπομπής (Light Emitting Diode, LED)** ή μια **δίοδος laser**. Επειδή οι υπολογιστές που βρίσκονται στα δύο άκρα χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ η οπτική ίνα επιτρέπει τη μετάδοση φωτεινής δέσμης, είναι προφανές πως στο ένα άκρο της γραμμής θα πρέπει να τοποθετήσουμε μια

διάταξη μετατροπής του ρεύματος σε φως, ενώ στο άλλο άκρο, μια διάταξη η οποία θα πραγματοποιεί την αντίστροφη μετατροπή, δηλαδή θα μετατρέπει το φως σε ρεύμα. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η επικοινωνία ανάμεσα στους δύο υπολογιστές.



Σχήμα 2 : Αρχή λειτουργίας οπτικής ίνας

Η οπτική ίνα αποτελείται από ένα **γυάλινο ή πλαστικό πυρήνα** σε μορφή νήματος, ο οποίος περιβάλλεται από μια **μονωτική επικάλυψη**, και αυτή με τη σειρά της από ένα **ειδικό προστατευτικό περίβλημα**. Το φως μέσα στην οπτική ίνα κινείται μόνο προς τη μία κατεύθυνση και διαδίδεται στο άλλο άκρο, πραγματοποιώντας διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα του πυρήνα. Εάν η οπτική ίνα επιτρέπει τη μετάδοση φωτός μιας συγκεκριμένης συχνότητας, ονομάζεται **μονότροπη**, αλλά εάν το φως μπορεί να έχει περισσότερες από μια συχνότητες, τότε η ίνα ονομάζεται **πολύτροπη**. Σε γενικές γραμμές η μονότροπη οπτική ίνα επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, ενώ η πολύτροπη οπτική ίνα είναι φθηνότερη και πιο ευέλικτη.

Εάν συγκρίνουμε την οπτική ίνα με τα άλλα μέσα μετάδοσης, δεν είναι δύσκολο να διαπιστώσουμε τη σαφή υπεροχή της κυρίως όσον αφορά το ρυθμό μετάδοσης, η τιμή του οποίου μπορεί να φτάσει ακόμη και τα **2 Gbps**. Αυτή η υψηλή ταχύτητα οφείλεται στο γεγονός πως το σύστημα της οπτικής μετάδοσης, δεν παρουσιάζει παρεμβολές από ηλεκτρικά ρεύματα. Επιπλέον οι οπτικές ίνες δεν επηρεάζονται από απότομες μεταβολές στην τάση του δικτύου, από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, από οξειδωτικές χημικές ουσίες, καθώς και από άλλα ατμοσφαιρικά ή βιομηχανικά παράσιτα. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι η **πολύπλοκη τεχνολογία εγκατάστασής τους**, και η **υψηλή τιμή και ευαισθησία του εξοπλισμού διασύνδεσης** που τη συνοδεύει.

Ερώτηση 7^η : Τι γνωρίζετε για τα ραδιοκύματα?

Απάντηση : Τα **ραδιοκύματα (radio waves)** αποτελούν μια ειδική κατηγορία ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που καλύπτουν μια πολύ μεγάλη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η συχνότητά τους κυμαίνεται από **3 KHz** έως **300 MHz**, και το μήκος κύματός τους από **1 m** έως **100 Km**. Για τη μετάδοση αυτών των σημάτων χρησιμοποιείται μια κεραία, το κύκλωμα της οποίας διαρρέει εναλλασσόμενο ρεύμα, απελευθερώνοντας με τον τρόπο αυτό ηλεκτρομαγνητικά. Τα ηλεκτρομαγνητικά αυτά κύματα συλλέγονται από την κεραία λήψης, η οποία ως σημειωθεί, δεν είναι ανάγκη να βρίσκεται σε οπτική επαφή με την κεραία εκπομπής της ακτινοβολίας. Τα ραδιοκύματα έχουν χαμηλότερες συχνότητες από τα μικροκύματα, διανύουν εκατοντάδες χιλιόμετρα, αλλά είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις παρεμβολές. Ανάλογα με την τιμή της συχνότητάς

τους, υποδιαιρούνται σε πέντε κατηγορίες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών, όπως για παράδειγμα για τη μετάδοση τηλεοπτικών σημάτων (η κατηγορία VHF, (Very High Frequency)).

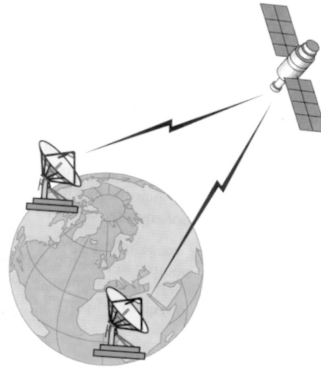
Ερώτηση 8^η : Τι γνωρίζετε για τα μικροκύματα?

Απάντηση : Τα **μικροκύματα (micro waves)** είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος που κυμαίνεται από **1** έως **30 cm**, δηλαδή είναι μεγαλύτερο του ορατού φωτός και μικρότερο των ραδιοκυμάτων. Πιο συγκεκριμένα αυτού του είδους η ακτινοβολία, καλύπτει την περιοχή φάσματος από **300 MHz** έως **30 GHz**, αν και στην πραγματικότητα οι εφαρμογές που χαρακτηρίζονται από τη χρήση μικροκυμάτων, τα χρησιμοποιούν στην περιοχή τιμών συχνότητας μεταξύ **2** και **8 GHz**. Τα μικροκύματα, ανάλογα με το μήκος κύματος που τα χαρακτηρίζει, κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : τα **δεκατομετρικά**, (με μήκος κύματος από **10 cm** έως **1 m** και συχνότητα από **300 MHz** έως **3 GHz**), τα **εκατοστομετρικά** (με μήκος κύματος από **1 cm** έως **10 cm** και συχνότητα από **3** έως **30 GHz**), και τα **χιλιοστομετρικά** (με μήκος κύματος από **1 mm** έως **1 cm** και συχνότητα από **30** έως **300 GHz**).

Το κύριο χαρακτηριστικό της μετάδοσης των μικροκυμάτων, είναι πως αυτά **δεν ανακλώνται στην ιονόσφαιρα**, και επομένως μεταδίδονται σαν **επιφανειακά κύματα**, δηλαδή ακολουθούν την καμπυλότητα της γης, και κινούνται κατά μήκος της επιφάνειάς της. Επιπλέον μεταδίδονται ευθύγραμμα, και στις πιο πολλές περιπτώσεις απαιτείται η χρήση **αναμεταδοτών** οι οποίοι ενισχύουν το σήμα και το προωθούν προς τον τελικό του προορισμό. Προκειμένου η μετάδοση των ραδιοκυμάτων να μη διακόπτεται από φυσικά και τεχνητά εμπόδια, όπως είναι για παράδειγμα τα βουνά και τα υψηλά κτίρια, ο **πομπός** και ο **δέκτης** βρίσκονται τοποθετημένοι σε **υψηλούς πύργους** οι οποίοι έχουν **οπτική επαφή** και βρίσκονται σε απόσταση της τάξεως των **δεκάδων χιλιομέτρων**.

Ερώτηση 9^η : Τι γνωρίζετε για τη δορυφορική επικοινωνία?

Απάντηση : Η **δορυφορική επικοινωνία (satellite communication)** πραγματοποιείται δια της χρήσης ειδικών **δορυφόρων (satellites)** που βρίσκονται στο διάστημα και εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από τη γη, και επίγειων σταθμών, με τους οποίους οι δορυφόροι διατηρούν συνεχώς **οπτική επαφή**. Η επίτευξη συνεχούς οπτικής επαφής πραγματοποιείται πολύ εύκολα τοποθετώντας το δορυφόρο σε τροχιά ύψους **36.000 Km**. Στο ύψος αυτό η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δορυφόρου αποδεικνύεται ότι είναι ίση με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της γης, γεγονός που συνεπάγεται πως ο δορυφόρος βρίσκεται συνεχώς στην ίδια θέση του ουρανού σε σχέση με τον επίγειο σταθμό. Για το λόγο αυτό, η συγκεκριμένη τροχιά που αντιστοιχεί στο ύψος των **36.000 Km**, ονομάζεται **γεωστατική τροχιά**.



Σχήμα 3 : Δορυφορική επικοινωνία επίγειων σταθμών

Η βασική λειτουργία του δορυφόρου, είναι **να συλλαμβάνει με τις κεραίες του σήματα μικροκυμάτων σε συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων, τα οποία εκπέμπονται από τους επίγειους σταθμούς εκπομπής**. Τα σήματα αυτά ενισχύονται και αναμεταδίδονται σε διαφορετική συχνότητα, προς τους επίγειους σταθμούς λήψης. Η διάταξη που πραγματοποιεί όλη αυτή τη διαδικασία ονομάζεται **δορυφορικός αναμεταδότης (transponder)**, και κάθε δορυφόρος περιλαμβάνει περίπου **20** τέτοιες διατάξεις, οι οποίοι γενικά έχουν διαφορετικό εύρος ζώνης, και λειτουργούν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων. Λόγω της μεγάλης απόστασης που διανύουν τα σήματα προς μετάδοση, παρατηρείται σημαντική καθυστέρηση (της τάξης των **500 msec**) στη μετάδοση του σήματος και προς τις δυο κατευθύνσεις.

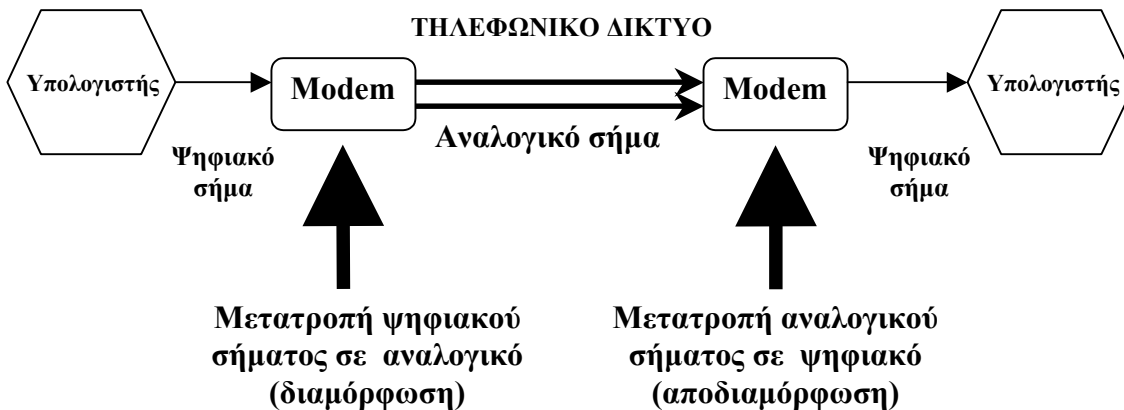
Ερώτηση 10^η : Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ ενός αναλογικού και ενός ψηφιακού σήματος ?

Απάντηση : Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η βασική διαφορά που υφίσταται ανάμεσα στα αναλογικά και στα ψηφιακά σήματα, είναι το είδος των τιμών που μπορεί να λάβει το πλάτος του σήματος. Στην περίπτωση των αναλογικών σημάτων, τα οποία αναπαρίστανται ως χρονικά μεταβαλλόμενες κυματομορφές, **το πλάτος του σήματος σε κάθε χρονική στιγμή, μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή**, ανάμεσα σε δύο ακραίες τιμές οι οποίες υπαγορεύουν και το μέγιστο πλάτος του σήματος (για παράδειγμα τα +5 Volts και τα -5 Volts). Αντίθετα στην περίπτωση των ψηφιακών σημάτων, **το πλάτος του σήματος μπορεί να πάρει μόνο μερικές διακριτές τιμές**. Στις πιο πολλές περιπτώσεις το ψηφιακό σήμα μπορεί να έχει μόνο δύο τιμές τάσης, εκ των οποίων η μία τιμή αναπαριστά το δυαδικό 0, ενώ η άλλη, το δυαδικό 1.

Χαρακτηριστικό των ψηφιακών σημάτων είναι **το μεγάλο φασματικό τους εύρος**, με αποτέλεσμα να μεταδίδονται δύσκολα μέσα από το **τηλεφωνικό δίκτυο**. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα των ορατών συχνοτήτων, που διακινούνται με οπτικές ίνες.

Ερώτηση 11^η : Τι είναι τα modems, ποια τα κύρια χαρακτηριστικά τους, και που χρησιμοποιούνται ?

Απάντηση : Τα **modems (modulators – demodulators)** είναι ειδικές διατάξεις οι οποίες πραγματοποιούν τη διαδικασία εκείνη που είναι γνωστή ως **διαμόρφωση σήματος (modulation)**. Η διαμόρφωση του σήματος επιτρέπει τη μεταφορά των χαμηλών συχνοτήτων από σήματα υψηλών συχνοτήτων, τα οποία δια της χρήσης των κατάλληλων μέσων μετάδοσης, μπορούν να μεταφερθούν χωρίς την παρουσία θορύβου. Η διαδικασία της διαμόρφωσης επιτρέπει τη μεταφορά της πληροφορίας που περιλαμβάνεται σε ένα ψηφιακό δυαδικό σήμα, από μια αναλογική κυματομορφή, και για το λόγο αυτό, η βασική λειτουργία ενός modem είναι **η μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό και αντίστροφα**. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις, με κλασικό παράδειγμα τη σύνδεση του υπολογιστή μας στο παγκόσμιο διαδίκτυο, δια μέσου κάποιου **Internet provider**. Η διασύνδεση αυτή πραγματοποιείται μέσω των τηλεφωνικών γραμμών οι οποίες ως γνωστόν επιτρέπουν τη μετάδοση αναλογικού σήματος. Επειδή όμως το σήμα που αποστέλλεται από τον υπολογιστή είναι ψηφιακό, απαιτείται μετατροπή του σε αναλογικό (διαμόρφωση), έτσι ώστε να μπορέσει να διαδοθεί μέσα από το τηλεφωνικό δίκτυο, ενώ μόλις φτάσει στον άλλο υπολογιστή θα πρέπει να μετατραπεί και πάλι σε ψηφιακό (αποδιαμόρφωση). Αυτές οι δύο διαδικασίες πραγματοποιούνται από τα δυο modems που βρίσκονται στα δυο άκρα της γραμμής, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα :



Σχήμα 4 : Αρχή λειτουργίας συσκευής modem

Το βασικό χαρακτηριστικό του modem είναι **το είδος της διαμόρφωσης του φέροντος σήματος**, η οποία μπορεί να είναι **κατά πλάτος (amplitude modulation)**, **κατά συχνότητα (frequency modulation)** και **κατά φάση (phase modulation)**.

Τέλος, όσον αφορά το πεδίο εφαρμογών των **modems**, αυτά δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τη μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό και αντίστροφα, αλλά έχουν και πολλές άλλες χρήσεις, όπως είναι για παράδειγμα **ο διαχωρισμός συχνοτήτων, ο έλεγχος της μορφής και της ισχύος του σήματος, και ο συγχρονισμός του πομπού και του δέκτη**.

Ερώτηση 12^η : Σε τι μετρείται η χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης?

Απάντηση : Η χωρητικότητα ενός μέσου μετάδοσης εκφράζει κατά τα γνωστά το **μέγιστο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων για τον οποίο έχουμε μετάδοση χωρίς σφάλματα**. Επειδή ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων ορίζεται ως το πλήθος των bits που μεταφέρονται στη μονάδα του χρόνου, είναι προφανές πως η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας, είναι το **bit ανά δευτερόλεπτο**, που για λόγους συντομίας το γράφουμε και **bps**. Έτσι μια χωρητικότητα με τιμή ίση με **33600 bps** σημαίνει πως το μέσο μετάδοσης μπορεί να μεταφέρει 33600 bits δεδομένων ανά δευτερόλεπτο. Πολλαπλάσια αυτής της μονάδας μέτρησης που χρησιμοποιούνται επίσης στην πράξη, είναι το **Kbps = 1000 bps**, το **Mbps = 1000 Kbps = 10⁶ bps**, και το **Gbps = 1000 Mbps = 10⁹ bps**.

Ερώτηση 13^η : Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται τα μέσα μετάδοσης και ποιες οι βασικές διαφορές τους?

Απάντηση : Οι δυο βασικές κατηγορίες στις οποίες μπορούμε να χωρίσουμε τα **μέσα μετάδοσης δεδομένων (data transmission media)** στα δίκτυα επικοινωνιών, είναι τα **ενσύρματα μέσα μετάδοσης** και τα **ασύρματα μέσα μετάδοσης**. Οι βασικές διαφορές ανάμεσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες μέσων μετάδοσης είναι οι ακόλουθες :

Οι ενσύρματες συνδέσεις έχουν **υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης** το οποίο αυξάνει ανάλογα με την απόσταση. Επιπλέον είναι αναγκαία η χρήση **ανα-μεταδοτών (repeaters)**, οι οποίοι θα πρέπει να συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα μαζί με όλα τα καλώδια, διότι με την πάροδο του χρόνου λαμβάνει χώρα φθορά του εξοπλισμού, η οποία οδηγεί σε ανεπιτυχείς μεταδόσεις δεδομένων.

Από την άλλη πλευρά, τα **ασύρματα (wireless) μέσα μετάδοσης**, μειονεκτούν στον τρόπο μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων στην ατμόσφαιρα, τα οποία γενικά, είναι δυνατόν να διαχωριστούν καθώς εκπέμπονται από τον πομπό, να ακολουθήσουν διαφορετική πορεία στην ατμόσφαιρα, και τελικά να επανασυνδεθούν στην κεραία λήψης, Εάν κατά τη φάση της επανασύνδεσης τα δύο σήματα παρεμβληθούν το ένα στο άλλο, λαμβάνει χώρα μείωση της ισχύος του σήματος, κάτι που φυσικά είναι ανεπιθύμητο. Επιπλέον ανάλογα με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται, είναι πιθανόν η μετάδοση της πληροφορίας, να επηρεαστεί από έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως είναι για παράδειγμα οι καταιγίδες, με τελικό αποτέλεσμα, την εμφάνιση σφαλμάτων.

Τέλος τα ασύρματα μέσα μετάδοσης, επηρεάζονται από βιομηχανικούς θορύβους πολύ περισσότερο από τα ενσύρματα μέσα, ειδικότερα εάν τα δεύτερα είναι οπτικές ίνες ή θωρακισμένα χάλκινα καλώδια.

Ερώτηση 14^η : Τι είναι ο θόρυβος και πόσα είδη θορύβου υπάρχουν?

Απάντηση : Ο θόρυβος (noise) γενικά ορίζεται ως **κάθε ανεπιθύμητη και συχνά απρόβλεπτη ηλεκτρική ή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια τεχνητής ή φυσικής προέλευσης, η οποία παρεμβάλλεται στο σήμα που μεταδίδεται, με αποτέλεσμα να αλλοιώνει την ποιότητά του και να προκαλεί την παραμόρφωσή του.** Παρουσιάζεται σε όλα τα συστήματα επικοινωνιών, **ενσύρματα και ασύρματα**, και γενικά διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, στον **εξωτερικό θόρυβο**, και στον **εσωτερικό θόρυβο**.

Ο **εξωτερικός θόρυβος (external noise)**, δημιουργείται από αιτίες που βρίσκονται έξω από το σύστημα επικοινωνίας, και ως εκ τούτου, προκαλούνται από τον ανθρώπινο ή άλλο εξωγενή παράγοντα. Οι πηγές αυτού του θορύβου μπορεί να είναι **ηλεκτρομαγνητικές συσκευές που βρίσκονται κοντά στο σύστημα επικοινωνίας**, όπως είναι για παράδειγμα **κεραίες, radar**, κλπ, αλλά μπορεί να είναι και **ατμοσφαιρικά φαινόμενα**, όπως είναι για παράδειγμα οι **κεραυνοί**, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από τη δημιουργία έντονου ηλεκτρικού ή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, που επηρεάζει τη μετάδοση των δεδομένων. Ο θόρυβος αυτός είναι **αντιστρόφως ανάλογος προς τη συχνότητα, και ανάλογος του μήκους κύματος**. Για παράδειγμα στις χαμηλές συχνότητες της τάξεως των **500 KHz**, ο εξωτερικός θόρυβος που προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά και τα βιομηχανικά παράσιτα, είναι πολύ πιο έντονος, από ότι σε υψηλές συχνότητες της τάξεως των **300 MHz**.

Από την άλλη πλευρά, ο **εσωτερικός θόρυβος (internal noise)**, έχει ως αίτιο δημιουργίας του, το ίδιο το μέσο μετάδοσης. Θόρυβος αυτής της μορφής, είναι ο **θερμικός θόρυβος (thermal noise)** που προκαλείται από τις συγκρούσεις των ηλεκτρονίων του μέσου μετάδοσης, ο **θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης (inter-modulation noise)** που οφείλεται στη συνύπαρξη σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων όταν αυτά μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, καθώς και η **συνακρόαση (cross-talk)**, που προκαλείται όταν δύο ξένα μεταξύ τους σήματα, συζευχθούν για κάποιο ανεξάρτητο λόγο. Σε αντίθεση με τον εξωτερικό θόρυβο, ο εσωτερικός θόρυβος δεν εξαρτάται άμεσα από τη συχνότητα του μεταδιδόμενου σήματος.

Ερώτηση 15^η : Τι είναι η εξασθένηση σήματος και πως αντιμετωπίζεται?

Απάντηση : Η **εξασθένηση (attenuation)** του σήματος ορίζεται ως **η μείωση του πλάτους (ή ισοδύναμα της ισχύος) του σήματος καθώς αυτό μεταδίδεται μέσα από κάποιο μέσο μετάδοσης**, και είναι ανάλογη της απόστασης. Αυτό σημαίνει πως όσο πιο μακριά ταξιδεύει ένα σήμα μέσα από κάποιο καλώδιο, τόσο πιο μεγάλη είναι και η μείωση του πλάτους του σήματος, δηλαδή τόσο περισσότερο εξασθενεί το σήμα. Το φαινόμενο της εξασθένησης οφείλεται στην ηλεκτρική αντίσταση του καλωδίου πάνω στην οποία ένα μέρος της ενέργειας του σήματος μετατρέπεται σε θερμότητα και χάνεται, και εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος. Πιο συγκεκριμένα, **όσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα του μεταδιδόμενου σήματος, τόσο πιο μεγάλη είναι και η εξασθένηση που θα επέλθει.** Προκειμένου να αντιμετωπίσουμε αυτό το πρόβλημα στα δίκτυα επικοινωνιών, χρησιμοποιούμε ειδικές διατάξεις που λέγονται **ενισχυτές ή επαναλήπτες (repeaters)**. Οι **ενισχυτές** διαβάζουν το σήμα που κινείται στο δίκτυο, ενισχύουν το πλάτος του επαναφέροντάς το στην αρχική του τιμή, και το αναμεταδίδουν προς τον τελικό προορισμό του. Με τον τρόπο αυτό το σήμα μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις, στις οποίες,

χωρίς τη χρήση των ενισχυτών, δεν θα ήταν δυνατό να μεταδοθεί. Ας σημειωθεί τέλος πως οι ενισχυτές θα πρέπει να προλάβουν να διαβάσουν και να ενισχύσουν το σήμα, πριν αυτό εξασθενήσει περισσότερο από μια συγκεκριμένη τιμή, πέραν της οποίας, το περιεχόμενο του σήματος είναι αδύνατο να ανακτηθεί.

Ερώτηση 16^η : Τι προκαλεί ο θόρυβος στη μετάδοση ενός σήματος, και με ποιο τρόπο περιορίζεται?

Απάντηση : Όπως έχει αναφερθεί στις προηγούμενες σελίδες, ο **θόρυβος** ορίζεται ως **μια ανεπιθύμητη και απρόβλεπτη ηλεκτρική ή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια**, η οποία παρεμβάλλεται στο σήμα, και προκαλεί την αλλοίωση του περιεχομένου του και την παραμόρφωσή του. Ο θόρυβος αυτός μπορεί να είναι τόσο **εσωτερικός** όσο και **εξωτερικός**, και ανάλογα με τις περιστάσεις μπορεί να είναι αμελητέος ως και εξαιρετικά έντονος. Όσον αφορά την αντιμετώπιση του θορύβου, μια παραδοσιακή τεχνική η οποία εφαρμόζεται συχνά, είναι η **μείωση του εύρους ζώνης του σήματος**, μέχρι κάποιο όριο ανοχής, πέρα από το οποίο η μείωση αυτή περιορίζει το ρυθμό μετάδοσης.

Μια άλλη πιο σύγχρονη μέθοδος που ελαχιστοποιεί τις επιδράσεις του θορύβου, είναι η **ψηφιακή επεξεργασία σήματος (digital signal processing, DSP)**. Αυτή η μέθοδος, χρησιμοποιεί τεχνικές οι οποίες βελτιώνουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των ψηφιακών σημάτων. Μια από τις βασικές λειτουργίες αυτών των τεχνικών είναι ο εντοπισμός του θορύβου μέσα στο σήμα, και η απομάκρυνσή του. Στην περίπτωση κατά την οποία το σήμα δεν είναι ψηφιακό αλλά αναλογικό, λαμβάνει χώρα μετατροπή του σε ψηφιακό, και αφού απομακρυνθεί ο θόρυβος, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τεχνικές, μετατρέπεται ξανά σε αναλογικό. Ένας τελευταίος τρόπος για να αντιμετωπίσουμε το θόρυβο, είναι να χρησιμοποιήσουμε τεχνολογία λιγότερο ευαίσθητη στο θόρυβο, όπως είναι για παράδειγμα οι οπτικές ίνες.

Ερώτηση 17^η : Τι είναι η διαμόρφωση σήματος και πως πραγματοποιείται?

Απάντηση : **Διαμόρφωση σήματος (modulation)** ονομάζεται η διαδικασία εκείνη κατά την οποία, **σήματα χαμηλών συχνοτήτων, μεταφέρονται από υψηλότερες συχνότητες**, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο θόρυβο. Η **διαμόρφωση** πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός σήματος υψηλής συχνότητας που λέγεται **φέρον σήμα (carrier signal)**, και το οποίο διαμορφώνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του σήματος χαμηλής συχνότητας που πρόκειται να μεταφέρει. Οι υψηλές συχνότητες του φορέα ονομάζονται **φέρουσες συχνότητες (carrier frequencies)** ή **συχνότητες φέροντος**. Όσον αφορά το φορέα, αυτός μπορεί να είναι είτε αναλογικό σήμα, είτε μια σειρά παλμών.

Η διαμόρφωση του φέροντος σήματος, χαρακτηρίζεται από τη μεταβολή κάποιου χαρακτηριστικού της φέρουσας κυματομορφής, όπως είναι για παράδειγμα **το πλάτος της, η συχνότητά της, ή η φάση της**, έτσι ώστε το σήμα να περάσει μέσα από το μέσο μετάδοσης. Μετά από τη διαδικασία αυτή, ο **αποστολέας** στέλνει το **διαμορφωμένο σήμα** στον **αποδέκτη**, ο οποίος με τη σειρά του **αποδιαμορφώνει** το σήμα που λαμβάνει, και εξάγει το σήμα χαμηλών συχνοτήτων, που τον ενδιαφέρει. Επομένως η **αποδιαμόρφωση**, είναι ο **μηχανισμός εκείνος ο οποίος επαναφέρει το διαμορφωμένο σήμα στην**

κανονική του μορφή, και επιτυγχάνεται από ειδική συσκευή που λέγεται **αποδιαμορφωτής**. Στις πιο πολλές περιπτώσεις, η διαδικασία τόσο της διαμόρφωσης όσο και της αποδιαμόρφωσης, επιτυγχάνονται με τη βοήθεια μιας και μοναδικής συσκευής, που λέγεται **modem**.

Ερώτηση 18^η : Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της διαμόρφωσης ενός σήματος?

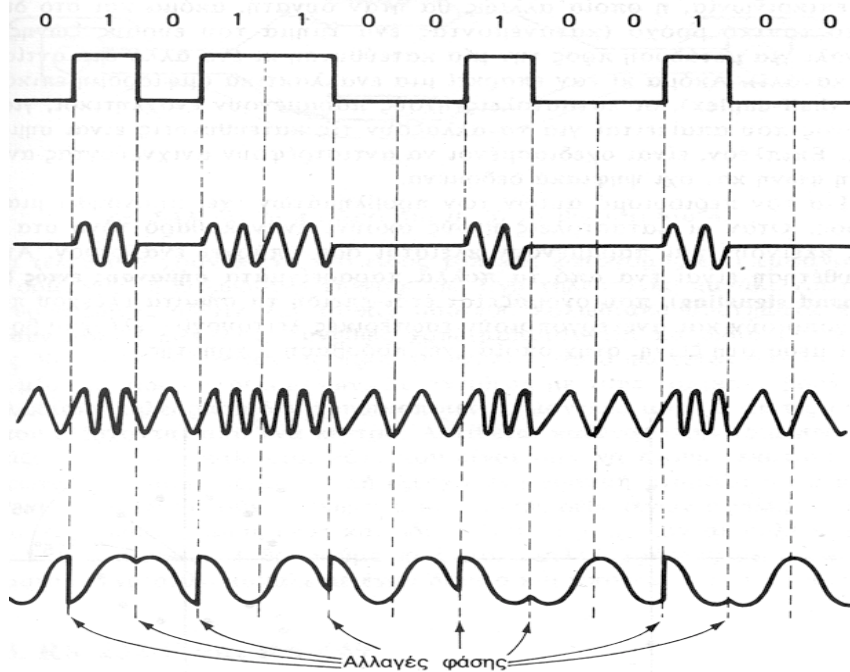
Απάντηση : Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της διαμόρφωσης σήματος, είναι τα ακόλουθα :

- **Δυνατότητα εύκολης μετάδοσης του σήματος** : αυτό το πλεονέκτημα υφίσταται όταν λαμβάνει χώρα **ασύρματη μετάδοση** με μέσο μετάδοσης τον αέρα. Στην περίπτωση αυτή χρειαζόμαστε **κεραίες** τόσο για την αποστολή όσο και για τη λήψη του σήματος. Επειδή όμως αυτές οι κεραίες πρέπει να έχουν τις ίδιες διαστάσεις με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται, έπεται ότι για κύματα μικρών συχνοτήτων – δηλαδή μεγάλων μηκών κύματος – οι διαστάσεις αυτών των κεραιών θα πρέπει να είναι τεράστιες. Εάν όμως χρησιμοποιώντας τεχνικές διαμόρφωσης, αποστείλουμε το σήμα σε μεγαλύτερες συχνότητες – δηλαδή σε μικρότερα μήκη κύματος – τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μικρές κεραίες, με διαστάσεις που δεν ξεπερνούν το ένα μέτρο.
- **Δυνατότητα χρήσης πολυπλεξίας** : η διαδικασία της διαμόρφωσης επιτρέπει τη μεταφορά του σήματος **σε συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων**, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό, τη χρήση **πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας (frequency division multiplexing, FDM)**. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να αποστείλουμε ταυτόχρονα πολλά σήματα μέσα από το ίδιο μέσο μετάδοσης, χωρίζοντας το εύρος ζώνης του σε πολλά λογικά κανάλια, και στέλνοντας το κάθε σήμα, μέσα από το δικό του κανάλι.
- **Δυνατότητα υπέρβασης των περιορισμών των μέσων μετάδοσης** : σε αρκετές περιπτώσεις οι διάφορες συσκευές επεξεργασίας σημάτων – όπως είναι για παράδειγμα τα **φίλτρα** και οι **ενισχυτές** – κατασκευάζονται με μικρό εύρος ζώνης, για οικονομικούς καθαρά λόγους. Χρησιμοποιώντας τη διαμόρφωση συχνότητας μπορούμε να ελαττώσουμε το εύρος ζώνης κάποιου σήματος, έτσι ώστε να μπορέσει να περάσει μέσα από μια συσκευή που χαρακτηρίζεται από μικρό εύρος ζώνης.
- **Δυνατότητα εκπομπής σε πολλές συχνότητες ταυτόχρονα** : η διαμόρφωση σήματος δίνει τη δυνατότητα στους ραδιοφωνικούς σταθμούς να εκπέμπουν ταυτόχρονα σε διαφορετικές φέρουσες συχνότητες. Επίσης επιτρέπει στους δέκτες να συντονίζονται προκειμένου να επιλέξουν διαφορετικούς σταθμούς.
- **Δυνατότητα περιορισμού θορύβου και παρεμβολών** : Χρησιμοποιώντας κατάλληλα επιλεγμένους τύπους διαμόρφωσης σήματος, μπορούμε να περιορίσουμε το θόρυβο και τις παρεμβολές, επιτυγχάνοντας έτσι περισσότερο αξιόπιστη μετάδοση.

Ερώτηση 19^η : Πόσα είδη διαμόρφωσης αναλογικής μετάδοσης σήματος γνωρίζετε?

Απάντηση : Υπάρχουν τρία είδη διαμόρφωσης αναλογικής μετάδοσης σήματος, στα οποία κάποιο από τα χαρακτηριστικά του αναλογικού φέροντος σήματος – και πιο συγκεκριμένα το **πλάτος**, η **συχνότητα** και η **φάση** – διαμορφώνεται με βάση τα χαρακτηριστικά κάποιου ψηφιακού σήματος.

Στις τρεις παραπάνω μορφές διαμόρφωσης, χρησιμοποιείται ένα αναλογικό σήμα, του οποίου τα χαρακτηριστικά (**πλάτος**, **συχνότητα** και **φάση** αντίστοιχα), διαμορφώνονται, με βάση το περιεχόμενο του ψηφιακού σήματος που πρόκειται να μεταδώσουμε. Πιο συγκεκριμένα, στη **διαμόρφωση κατά πλάτος (amplitude modulation)** λαμβάνει χώρα μεταβολή του πλάτους του σήματος ανάλογα με την τιμή του δυαδικού σήματος, στη **διαμόρφωση κατά συχνότητα (frequency modulation)** χρησιμοποιούνται δύο συχνότητες, **μια χαμηλή και μια υψηλή**, εκ των οποίων η μια αναπαριστά το **δυαδικό 0** και η άλλο το **δυαδικό 1**, ενώ στη **διαμόρφωση κατά φάση (phase modulation)**, λαμβάνει χώρα **μετατόπιση της φάσης του σήματος**, ανάλογα με την τιμή του ψηφιακού σήματος που μεταδίδεται από το **modem** που χρησιμοποιούμε.



Σχήμα 5 : Διαμόρφωση κατά πλάτος, κατά συχνότητα και κατά φάση

Ερώτηση 20^η : Τι γνωρίζετε για τη διαμόρφωση ψηφιακού σήματος?

Απάντηση : Η διαμόρφωση στην ψηφιακή μετάδοση, επιτυγχάνεται ως εξής : **ένα αναλογικό σήμα, διαμορφώνει ένα ψηφιακό φέρον**, δηλαδή μια σειρά παλμών των οποίων μεταβάλλει το πλάτος, και κατόπιν το σήμα που προκύπτει, αποστέλλεται για μετάδοση. Σε τακτά χρονικά διαστήματα παίρνονται δείγματα από το πλάτος του αναλογικού σήματος, και με βάση αυτά, καθορίζεται το πλάτος των αντίστοιχων παλμών του φέροντος.

Η διαμόρφωση του ψηφιακού σήματος, επιτυγχάνεται μέσω ενός αναλογικού σήματος, το οποίο μπορεί επίσης να μεταβάλλει είτε **τη διάρκεια των παλμών (PDM : Pulse Duration Modulation)**, είτε **τη θέση των παλμών (PPM : Pulse Position Modulation)**. Στις πιο πολλές όμως περιπτώσεις χρησιμοποιείται η **παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM: Pulse Code Modulation)** σύμφωνα με την οποία τα αναλογικά σήματα μετατρέπονται σε σειρές ψηφίων κατά παρόμοιο τρόπο με τα δεδομένα των υπολογιστών.

Ερώτηση 21^η : Ποια είναι τα οφέλη της ψηφιοποίησης?

Απάντηση : Τα οφέλη της ψηφιοποίησης του αναλογικού σήματος, είναι σε γενικές γραμμές τα ακόλουθα :

- Υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων
- Μικρότερες παραμορφώσεις που υφίστανται τα ψηφιακά σήματα σε σχέση με τα αναλογικά.
- Δυνατότητα ελέγχου και διόρθωσης των ψηφιακών σημάτων στους αναμεταδότες και στους αποδέκτες, πράγμα, που δεν είναι δυνατό να γίνει στα αναλογικά σήματα.

Ερώτηση 22^η : Ποια είναι τα στάδια της ψηφιοποίησης ενός αναλογικού σήματος?

Απάντηση : Η διαδικασία της ψηφιοποίησης ενός αναλογικού σήματος, περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια :

- Λαμβάνονται δείγματα του σήματος, με συχνότητα που πρέπει να είναι τουλάχιστον **διπλάσια** από το εύρος ζώνης που καλύπτει το σήμα.
- Κωδικοποιούνται τα δείγματα έτσι ώστε να αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα.
- Τοποθετούνται στο μέσο μετάδοσης ένα - ένα όλα τα ψηφία που αποτελούν τους χαρακτήρες του δείγματος, προκειμένου να σταλούν προς τον αποδέκτη.

Ερώτηση 23^η : Ποια στάδια ακολουθούνται για την αναγνώριση του ψηφιακού σήματος από την πλευρά του αποδέκτη?

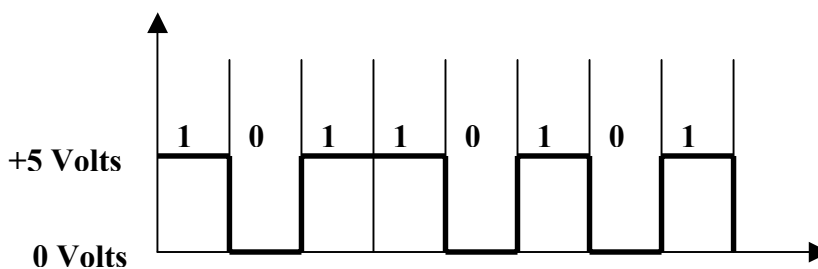
Απάντηση : Από την πλευρά του αποδέκτη, η αναγνώριση του ψηφιοποιημένου σήματος, γίνεται ως εξής :

- Συλλέγονται τα ψηφία που αποστέλλονται σύμφωνα με τη σειριακή μετάδοση, και ομαδοποιούνται σε χαρακτηριστικές δειγμάτων.
- Αποκωδικοποιούνται τα δείγματα, δηλαδή αναγνωρίζονται από τους συγκεκριμένους χαρακτήρες.
- Μετατρέπονται τα δείγματα του ψηφιακού σήματος σε σήμα αναλογικής μορφής.

Ερώτηση 24^η : Να αναφέρετε τις βασικές κατηγορίες κωδικοποίησης.

Απάντηση : Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες κωδικοποίησης σημάτων. Η πρώτη είναι η **μονοπολική**, στην οποία εκτός από τη **μηδενική στάθμη (δηλαδή τα 0 Volts)**, χρησιμοποιείται και μια άλλη, όπως στο απλό ψηφιακό σήμα. Η δεύτερη κατηγορία είναι η **διπολική**, στην οποία υπάρχουν άλλες δύο στάθμες εκτός από τη μηδενική, συνήθως η μια **μικρότερη** και η άλλη **μεγαλύτερη** από τη μηδενική (δηλαδή μια **θετική** και μια **αρνητική**). Όσον αφορά τις μεθόδους κωδικοποίησης που χρησιμοποιούνται, οι τρεις πιο σημαντικές από αυτές, είναι οι ακόλουθες :

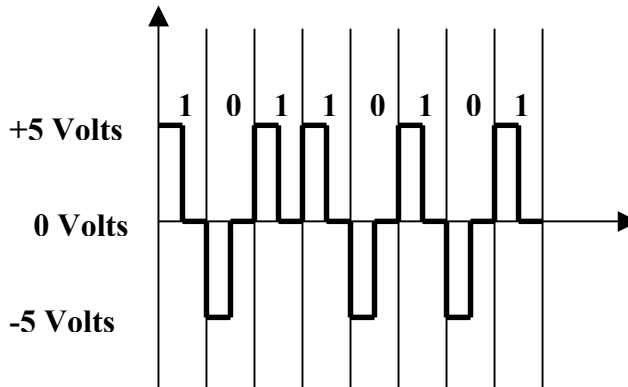
- Η μέθοδος **μη επαναφοράς στο μηδέν (NRZ : Non Return to Zero)**: αποτελεί την κλασική μέθοδο **μονοπολικής κωδικοποίησης**, στην οποία **το λογικό μηδέν αναπαρίσταται από τη μηδενική στάθμη, και το λογικό ένα από την υψηλότερη στάθμη**. Παράδειγμα αυτής της μεθόδου φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα (το οποίο αφορά την κωδικοποίηση του byte με τιμή **10110101**, χρησιμοποιώντας τα **0 Volts** για το **0**, και τα **+5 Volts** για το **1**) :



Σχήμα 6 : Κωδικοποίηση NRZ

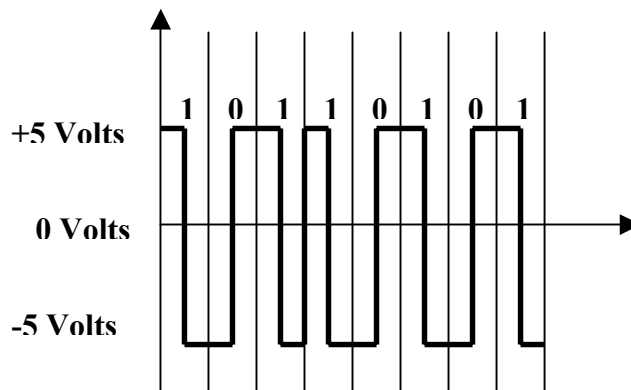
- Η μέθοδος της **διπολικής επαναφοράς στο μηδέν (BRZ : Bipolar Return to Zero)** : είναι μια από τις **διπολικές μεθόδους κωδικοποίησης** σύμφωνα με την οποία το **λογικό μηδέν** παριστάνεται από τη στάθμη που είναι **χαμηλότερη** της μηδενικής (δηλαδή την **αρνητική**), ενώ το **λογικό ένα** παριστάνεται από τη στάθμη που είναι **υψηλότερη** της μηδενικής (δηλαδή της **θετικής**). Οι στάθμες αυτές διαρκούν μόνο για χρονικό διάστημα **ίσο με το μισό του χρόνου μετάδοσης του δυαδικού ψηφίου**, ενώ στη συνέχεια το κανάλι επιστρέφει στη μηδενική στάθμη. Παράδειγμα αυτής της

μεθόδου φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα (το οποίο αφορά την κωδικοποίηση του byte **10110101**, χρησιμοποιώντας τα **-5 Volts** για το **0**, και τα **+5 Volts** για το **1**) :



Σχήμα 7 : Κωδικοποίηση BRZ

- Κωδικοποίηση Manchester** : σε αυτή τη μορφή κωδικοποίησης, **ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου, διαιρείται σε δύο ίσα διαστήματα**. Ένα δυαδικό ψηφίο με τιμή **1**, αποστέλλεται έχοντας την **υψηλή στάθμη κατά τη διάρκεια του πρώτου διαστήματος, και τη χαμηλή στάθμη κατά τη διάρκεια του δεύτερου διαστήματος**. Ένα δυαδικό ψηφίο με τιμή **0**, αποστέλλεται ανάποδα, δηλαδή, **χρησιμοποιείται πρώτα η χαμηλή στάθμη, και μετά η υψηλή**. Αυτό το σχήμα εξασφαλίζει ότι **ο χρόνος μετάδοσης κάθε δυαδικού ψηφίου, έχει μια μεταβολή κατάστασης στο μέσο** (δηλαδή εναλλαγή της τάσης), διευκολύνοντας τον αποδέκτη να συγχρονιστεί με τον αποστολέα. Ένα μειονέκτημα αυτής της κωδικοποίησης, είναι ότι **απαιτεί διπλάσιο εύρος ζώνης σε σχέση με τη συνήθη δυαδική κωδικοποίηση**, διότι οι παλμοί έχουν το **μισό πλάτος**. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η **κωδικοποίηση κατά Manchester** του byte με τιμή **10110101** χρησιμοποιώντας τα **-5 Volts** για το **0**, και τα **+5 Volts** για το **1**.



Σχήμα 8 : Κωδικοποίηση Manchester

Ερώτηση 25^η : Να κάνετε μια σύντομη περιγραφή ενός μοντέλου επικοινωνίας

Απάντηση : Ένα μοντέλο επικοινωνίας, στη γενική περίπτωση, αποτελείται από **ένα πομπό, ένα δέκτη, και ένα μέσο μεταφοράς δεδομένων**, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη μεταβίβαση της πληροφορίας από τον πομπό στο δέκτη. Ο πομπός και ο δέκτης γενικά μπορεί να είναι οτιδήποτε και όχι υποχρεωτικά υπολογιστές. Έτσι για παράδειγμα η συνομιλία μεταξύ δύο ατόμων συνιστά ένα μοντέλο επικοινωνίας, στο οποίο ο πομπός και ο δέκτης (οι δύο συνομιλητές) ανταλλάσσουν δεδομένα (το περιεχόμενο της ομιλίας, που μπορεί να είναι ιδέες, συναισθήματα και σκέψεις), με μέσο μετάδοσης τον αέρα. Στην περίπτωση βεβαίως των δικτύων υπολογιστών, ο πομπός και ο δέκτης είναι υπολογιστικές διατάξεις, με μέσο μετάδοσης τον αέρα (ασύρματες επικοινωνίες), ή κάποιο καλώδιο (ενσύρματες επικοινωνίες).

Ερώτηση 26^η : Από ποια λειτουργικά τμήματα, αποτελείται ένα απλό μοντέλο επικοινωνίας?

Απάντηση : Τα λειτουργικά τμήματα που συνιστούν ένα απλό μοντέλο επικοινωνίας, είναι όπως αναφέραμε και προηγουμένως, **οι πηγές της πληροφορίας, το μέσο μετάδοσης, και ο δέκτης της πληροφορίας**.

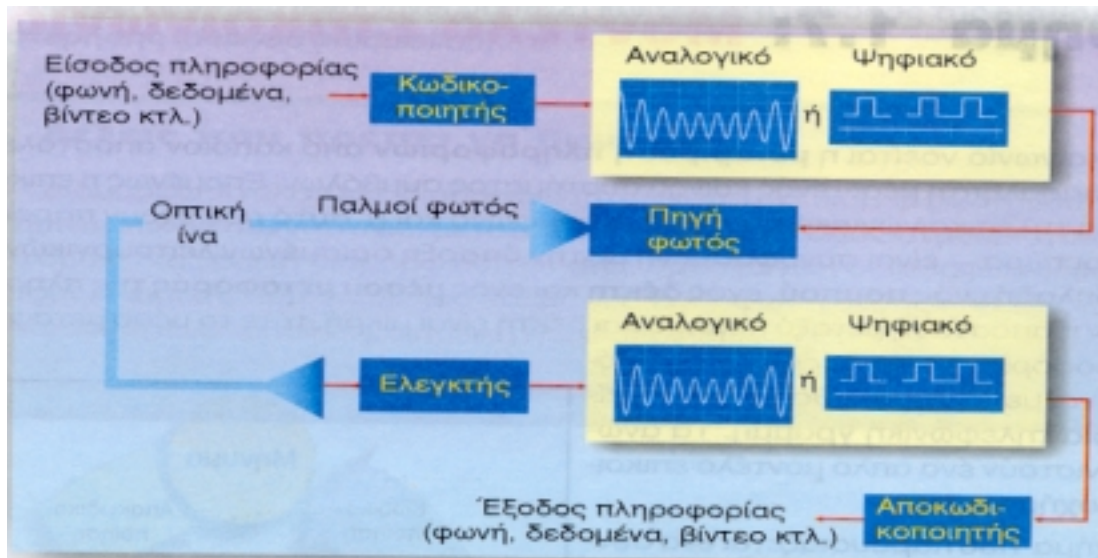
Οι πηγές της πληροφορίας μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, με κριτήριο τη φύση της πληροφορίας που εκπέμπουν, και η οποία μπορεί να είναι **αναλογική ή ψηφιακή**. Οι **πηγές αναλογικής πληροφορίας** (όπως είναι για παράδειγμα το μικρόφωνο ή η video κάμερα), δίνουν ένα ή περισσότερα σήματα, που μεταβάλλονται συνεχώς σε συνάρτηση με το χρόνο. Αντίθετα η πληροφορία που εκπέμπεται από **ψηφιακές πηγές** (όπως είναι για παράδειγμα το τηλέτυπο) αποτελείται από μια σειρά διακριτών συμβόλων ή γραμμάτων.

Το **μέσο μετάδοσης**, πραγματοποιεί τη **φυσική (ηλεκτρική) σύνδεση** ανάμεσα στην πηγή και στον προορισμό της πληροφορίας. Η γραμμή επικοινωνίας μπορεί να είναι ένα ζεύγος συρμάτων ή ένα τηλεφωνικό καλώδιο, ή μια οπτική ίνα ή ακόμα ο ελεύθερος χώρος μέσα στον οποίο μεταδίδεται το σήμα που μεταφέρει την πληροφορία.

Τέλος, ο **δέκτης**, αφού πάρει το εξασθενημένο σήμα από το μέσο μετάδοσης, το επαναφέρει στην πραγματική του κατάσταση. Επιτελεί τη λειτουργία αυτή με τη διαδικασία της **αποδιαμόρφωσης**, η οποία είναι η αντίστροφη της διαδικασίας διαμόρφωσης, που πραγματοποιείται στον πομπό. Λόγω της παρουσίας **θορύβου** και άλλων παραμορφωτικών σημάτων, ο δέκτης δεν μπορεί να επαναφέρει τέλεια το σήμα του μηνύματος. Εκτός από την αποδιαμόρφωση, ο δέκτης κάνει συνήθως **ενίσχυση** και **φιλτράρισμα** του σήματος.

Ερώτηση 27^η : Να περιγράψετε τα λειτουργικά τμήματα ενός σύνθετου μοντέλου επικοινωνίας.

Απάντηση : Τα λειτουργικά τμήματα ενός σύνθετου μοντέλου επικοινωνίας, παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα :



Σχήμα 9 : Λειτουργικά τμήματα μοντέλου επικοινωνίας

Στο παραπάνω μοντέλο, η πληροφορία που **παράγεται** και **εκπέμπεται** από κάποια πηγή, εισάγεται στον πομπό μέσω κάποιας **ηλεκτρικής κυματομορφής**. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα **κωδικοποίηση** αυτής της πληροφορίας, στο δυαδικό σύστημα, και το ψηφιακό σήμα που προκύπτει, χρησιμοποιείται για τη **διαμόρφωση** ενός αναλογικού σήματος – χρησιμοποιώντας μια από τις τεχνικές διαμόρφωσης που έχουν μελετηθεί (κατά πλάτος, κατά συχνότητα και κατά φάση) – το οποίο είναι και εκείνο που θα μεταβιβαστεί στον παραλήπτη χρησιμοποιώντας το κατάλληλο μέσο μετάδοσης. Όταν ο δέκτης παραλάβει το διαμορφωμένο σήμα, πραγματοποιεί την αντίστροφη διαδικασία που είναι γνωστή ως **αποδιαμόρφωση**, και στη συνέχεια εφαρμόζει πάνω στην **αποδιαμορφωμένη πληροφορία**, επιπρόσθετη επεξεργασία, εάν κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο – όπως για παράδειγμα η **αποκωδικοποίηση**. Ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης της μεταφερόμενης πληροφορίας, το είδος του μέσου μεταφοράς, και τον τρόπο συντονισμού του δέκτη με τον πομπό, προκύπτουν οι διάφορες τεχνικές μετάδοσης.

Η γραμμή επικοινωνίας δέχεται **ηλεκτρικά** και **ηλεκτρομαγνητικά** σήματα. Η έξοδος του σήματος είναι συνήθως μια παραλλαγή της εισόδου του, λόγω μη ιδανικής συμπεριφοράς του καναλιού. Επιπλέον η πληροφορία έχει υποστεί φθορά από **απρόβλεπτα ηλεκτρικά σήματα (θόρυβο)**, που οφείλονται τόσο σε ανθρώπινες, όσο και σε φυσικές αιτίες. Η παραμόρφωση και ο θόρυβος δημιουργούν σφάλματα στην πληροφορία που μεταβιβάζεται, με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας από τον πομπό στο δέκτη. Η κύρια λειτουργία του **κωδικοποιητή, του διαμορφωτή, του αποδιαμορφωτή, και τέλος, του αποκωδικοποιητή**, είναι να **αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις της υποβάθμισης του σήματος από το κανάλι, και να μεγιστοποιήσουν το ρυθμό και την ακρίβεια της πληροφορίας που μεταδίδεται**.