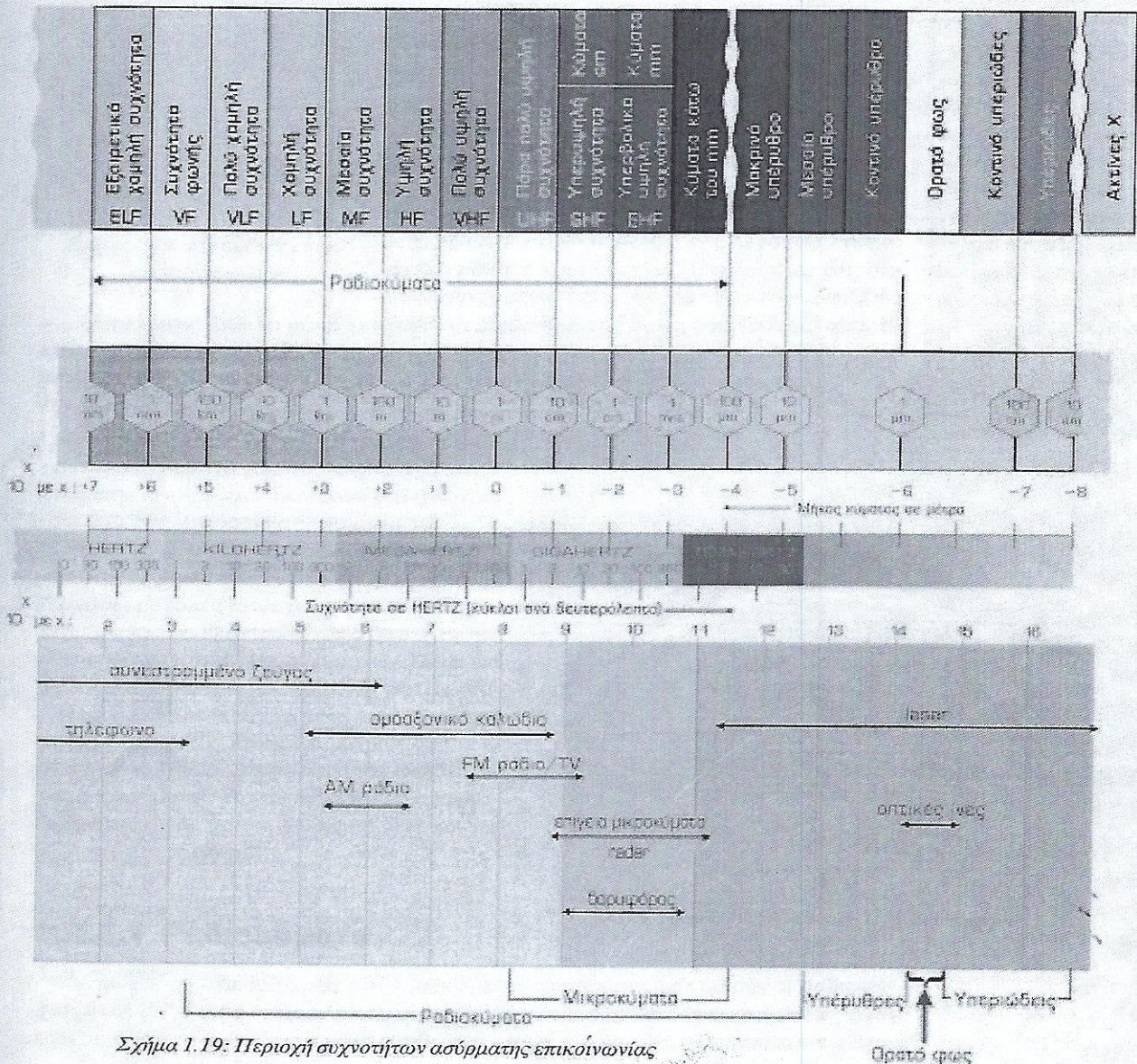


1.2.3 Ασύρματα μέσα μετάδοσης

Οι ασύρματες μεταδόσεις δεν απαιτούν καλωδιακό μέσο για την επικοινωνία. Το μέσο μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι η γήινη ατμόσφαιρα ή το διάστημα. Η περιοχή των συχνοτήτων που χρησιμοποιείται στα ασύρματα συστήματα κυμαίνεται

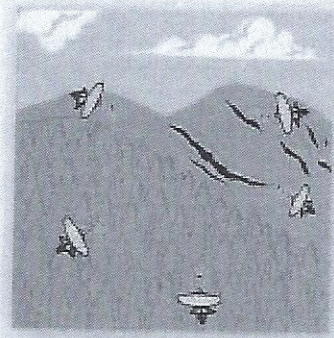
από 10 KHz έως 40 GHz περίπου και με την εισαγωγή των λέιζερ φθάνει ως την περιοχή των οπτικών κυμάτων. Οι συχνότητες αυτές κατανέμονται όπως δείχνει το σχήμα 1.19.

Η ασύρματη επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων είτε μεταξύ δύο σημείων από τα οποία το ένα ή και τα δύο βρίσκονται σε κίνηση. Οι ασύρ-



Σχήμα 1.19: Περιοχή συχνοτήτων ασύρματης επικοινωνίας

ματες μεταδόσεις με οπτική επαφή στηρίζονται στις υπέρυθρες ακτίνες, στην τεχνολογία των λέιζερ, στα μικροκύματα, καθώς και σε ορισμένες περιοχές του ραδιοφωνικού φάσματος. Σημειώνεται ότι η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ σταθερών σημείων, σε συνδυασμό με την ενσύρματη, καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της τηλεφωνικής κίνησης των υπεραστικών δικτύων. Ειδικότερα, η επικοινωνία αυτή πραγματοποιείται με τις μικροκυματικές ζεύξεις οπτικής επαφής, με τροποσφαιρικές ζεύξεις πέρα από τον ορίζοντα, καθώς και με ραδιοφωνικές ή δορυφορικές ζεύξεις.



Σχήμα 1.20: Μετάδοση επιφανειακών κυμάτων

Όπως είναι γνωστό, η μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπονται από κάποιον πομπό δεν είναι πάντα ευθύγραμμη. Τα κύματα που ακολουθούν την καμπυλότητα της Γης και επομένως μεταδίδονται στην επιφάνειά της λέγονται **επιφανειακά κύματα** και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στη ραδιοφωνία (σχήμα 1.20). Παράδειγμα επιφανειακών κυμάτων αποτελούν τα μακρά και μεσαία ραδιοκύματα. Όμως όσο το κύμα απομακρύνεται από τον πομπό, τόσο ελαττώνεται η έντασή του, με αποτέλεσμα σε μεγάλες αποστάσεις να έχει εξασθενήσει, να έχει χάσει δηλαδή ένα μεγάλο μέρος της έντασής του.

Εκτός από τα επιφανειακά κύματα υπάρχουν και τα **κύματα χώρου**, τα οποία ανακλώνται στην ιονόσφαιρα, που είναι ένα αγωγίμο στρώμα της ατμόσφαιρας (σχήμα 1.21). Τα κύματα χώρου, αφού ανακλαστούν στην ιονόσφαιρα, επιστρέφουν στο έδαφος έχοντας διανύσει μεγάλες αποστάσεις χωρίς η έντασή τους να έχει ελαττωθεί τόσο όσο στην περίπτωση των επιφανειακών κυμάτων. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, στην κατηγορία των κυμάτων χώρου ανήκουν τα βραχέα κύματα της ραδιοφωνίας. Τα επιφανειακά κύματα των βραχέων κυμάτων απορροφώνται, ενώ τα κύματα χώρου υφίστανται διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα, χωρίς να εξέρχονται από την ατμόσφαιρα.

1.2.3.1 Ραδιοκύματα

Τις πιο γνωστές περιπτώσεις ασύρματων μέσων μετάδοσης αποτελούν οι **ραδιοσυχνότητες (RF: Radio-Frequencies)**, οι οποίες έχουν ευρύτατη εφαρμογή, όπως είναι για παράδειγμα είναι η ασύρματη σταθερή ή κινητή τηλεφωνία, η παράκτια επικοινωνία

Ραδιοκύματα
Μικροκύματα
Δορυφορική επικοινωνία
Λέιζερ

Η Γη περιβάλλεται από τρία στρώματα, την τροπόσφαιρα, με ύψος περίπου 15 km από την επιφάνεια της Γης, τη στρατόσφαιρα, με εύρος που κυμαίνεται από 15 έως 70 km περίπου, καθώς και την ιονόσφαιρα, με εύρος από 70 έως 700 km περίπου. Από τα τρία στρώματα η ιονόσφαιρα έχει τη μεγαλύτερη σημασία για την ηλεκτρομαγνητική μετάδοση, αφού στην περιοχή των 80 έως 300 km αυτού του στρώματος ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται ο κύριος όγκος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.



Σχήμα 1.21: Μετάδοση κυμάτων χώρου



Όταν σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα τα ηλεκτρόνια ρέουν και προς τις δύο κατευθύνσεις, το παραγόμενο ρεύμα λέγεται **εναλλασσόμενο**.



Η κίνηση ενός σύρματος στο πεδίο ενός μαγνήτη προκαλεί τη δημιουργία εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διαρρέει το σύρμα και λέγεται ρεύμα εξ επαγωγής.



Τα μακρά ραδιοφωνικά κύματα μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ τα μεσαία μεταδίδονται σε μικρότερες. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη μετάδοση μικρής έως μεσαίας εμβέλειας ραδιοφωνικών προγραμμάτων.

Στα βραχεία κύματα η απορρόφηση των κυμάτων επιφάνειας είναι πολύ μεγάλη, με αποτέλεσμα αυτό να μεταδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη μετάδοση διηπειρωτικών ραδιοφωνικών προγραμμάτων.

νία, η ραδιοεπικοινωνία, η ραδιοφωνία, η ασύρματη τηλεοπτική μετάδοση κτλ. Για τη μετάδοση των σημάτων αυτών χρησιμοποιείται μια κεραία της οποίας το κύκλωμα διαρρέει εναλλασσόμενο ρεύμα, απελευθερώνοντας με αυτό τον τρόπο ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην ατμόσφαιρα. Στο άλλο άκρο ένα ασθενέστερο ηλεκτρικό ρεύμα, όπως αυτό που δημιουργήσε τα κύματα στον πομπό, παράγεται εξ επαγωγής στην κεραία λήψης, η οποία συλλέγει τα εκπεμπόμενα σήματα. Παρά το γεγονός ότι τα παραγόμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χρησιμοποιούνται σε πολλά είδη εκπομπών, συνηθίζεται να ονομάζονται **ραδιοκύματα** (*radio waves*). Τα ραδιοκύματα έχουν χαμηλότερες συχνότητες από τα μικροκύματα, διανύουν εκατοντάδες χιλιόμετρα, αλλά είναι αρκετά ευαίσθητα στις παρεμβολές. Προσφέρουν υψηλό βαθμό ευελιξίας³, μέτριες ταχύτητες και συνδέσεις κυμαινόμενης ποιότητας.

Ειδικότερα, τα ραδιοκύματα που χρησιμοποιούνται στην τηλεπικοινωνία εκπέμπονται από τις κεραίες (ηλεκτρικά δίπολα), όταν αυτές διεγείρονται κατάλληλα από τους πομπούς. Ανάλογα με το μήκος κύματός τους τα ραδιοκύματα υποδιαιρούνται στις παρακάτω κατηγορίες (ζώνες):

- ✓ **Υπερ-μακρά ή ζώνη πολύ χαμηλής συχνότητας (VLF: Very Low Frequency):**
λ από 10 έως 100 km, συχνότητα από 3 έως 30 KHz.
- ✓ **Μακρά ή ζώνη χαμηλής συχνότητας (LF: Low Frequency):**
λ από 1 έως 10 km, συχνότητα από 30 έως 300 KHz.
- ✓ **Μεσαία ή ζώνη μεσαίας συχνότητας (MF: Medium Frequency):**
λ από 100 m έως 1 km, συχνότητα από 300 KHz έως 3 MHz.
- ✓ **Βραχεία ή ζώνη υψηλής συχνότητας (HF: High Frequency):**
λ από 10 έως 100 m, συχνότητα από 3 έως 30 MHz.
- ✓ **Υπερ-βραχεία ή ζώνη πολύ υψηλής συχνότητας (VHF: Very High Frequency):**
λ από 1 έως 10 m, συχνότητα από 30 έως 300 MHz.

Ο κύριος όγκος των ραδιοσυχνοτήτων κυμαίνεται από 30 KHz έως 300 MHz. Όλες αυτές οι συχνότητες μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες, ενώ, για να διευκολυνθεί η κατανομή της χρήσης και ο έλεγχός τους, υποδιαιρούνται σε δέκα ζώνες (λογικά κανάλια), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.22. Από τις συχνότητες αυτές η ζώνη των πολύ υψηλών συχνοτήτων (VHF) χρησιμοποιείται στην τηλεόραση.

Ορισμένες συχνότητες έχουν δεσμευτεί με κυβερνητικές αποφάσεις για συγκεκριμένες χρήσεις επικοινωνίας (ήχου, εικόνας κτλ.). Αυτό οφείλεται τόσο στο γεγονός ότι κάποιες επηρεάζονται περισσότερο από παράγοντες όπως ο καιρός και οι αλλαγές στην ιονόσφαιρα όσο και στον απαιτούμενο έλεγχο των ραδιοηλεκτρονικών εκπομπών.

³ Η επικοινωνία δεν απαιτεί ο πομπός και ο δέκτης να έχουν μεταξύ τους οπτική επαφή.

Μικροκυματική Ζεύξη (1/2)

- Αποτελείται από δύο κεραίες μικροκυμάτων σχήματος παραβολικού «πιάτου», οι οποίες βρίσκονται σε ευθεία θέασης (line of sight)
- Οι κεραίες τοποθετούνται αρκετά ψηλότερα από το έδαφος
- Για μεγάλου μήκους μετάδοση γίνεται χρήση σειρών πολλαπλών πύργων αναμετάδοσης σχηματίζοντας μικροκυματικές συνδέσεις σημείου-προς-σημείο

Μικροκυματική Ζεύξη (2/2)

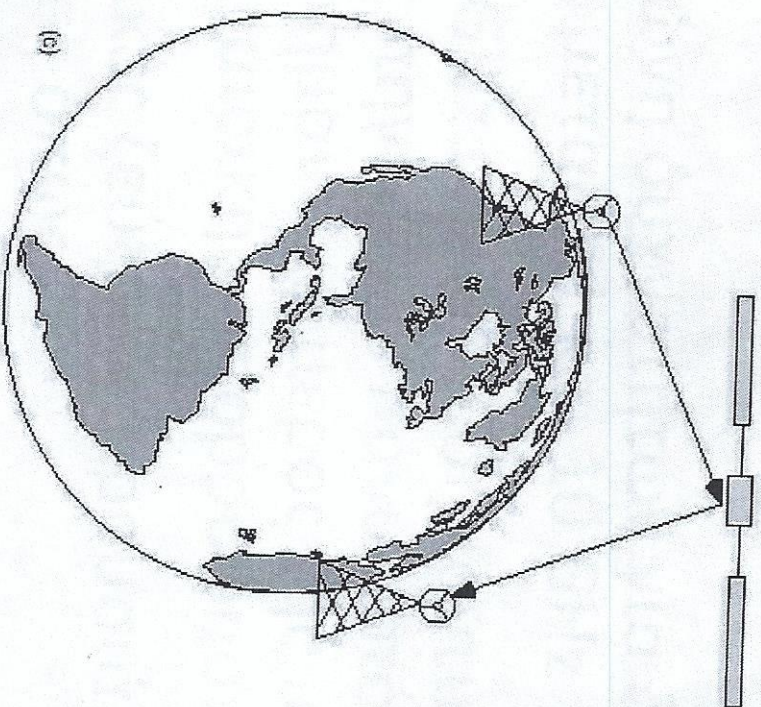
- Χρησιμοποιούνται για μεγάλου μήκους τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις
- Οι πιο κοινές συχνότητες που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση είναι μεταξύ 2 και 40 GHz, που δίνουν ρυθμούς μετάδοσης από 2 έως και πάνω από 274 Mbps
- Η ισχύς του σήματος μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης
- Σε μικροκυματικά συστήματα χρησιμοποιούνται επαναλήπτες κάθε 10 με 100 χλμ.



Δορυφορική Ζεύξη (1/3)

- Ένας δορυφόρος τηλεπικοινωνιών είναι στην πραγματικότητα ένας σταθμός αναμετάδοσης μικροκυμάτων
- Χρησιμοποιείται για την σύνδεση δύο ή περισσότερων επίγειων μικροκυματικών πομπών/δεκτών
- Ο δορυφόρος δέχεται μεταδόσεις σε μία ζώνη συχνότητων (uplink) και αναμεταδίδει το σήμα σε μία άλλη συχνότητα (downlink)

Δορυφορική Ζεύξη (2/3)



Επικοινωνία μέσω δορυφόρου

Δορυφορική Ζεύξη (3/3)

- Η βέλτιστη ζώνη συχνοτήτων για δορυφορικές ζεύξεις είναι μεταξύ 1 και 10 GHz
- Κάτω από 1 GHz υπάρχει σημαντικό θόρυβος από φυσικές πηγές ενώ πάνω από 10 GHz το σήμα χάνει σημαντικό μέρος της ισχύος του λόγω ατμοσφαιρικής απορρόφησης
- Οι δορυφορικές ζεύξεις παρουσιάζουν αρκετές ιδιαιτερότητες όπως:
 - καθυστέρηση διάδοσης → αναστάθμιση ή ηχοκάλυψη σε όλη της διαδρομή των αλυσίδων στο υαδίο
 - broadcast φύση του μέσου