

Πτυχιακή εργασία

80

«Ολοκληρωμένη σχεδίαση ασύρματων ευρυζωνικών υποδομών με χρήση εργαλείου G.I.S.»

Μονογιούδης Γεώργιος Α.Μ: 2005127

Πτυχιακή εργασία

<<Ολοκληρωμένη σχεδίαση ασύρματων
ευρυζωνικών υποδομών με χρήση εργαλείου G.I.S.>>

Σπουδαστής

Μονογιούδης Γεώργιος Α.Μ: 2005127

Επιβλέπων καθηγητής

Καθηγητής α

Καθηγητής β

Καθηγητής γ

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή στην ευρυζωνική πρόσβαση	4
1.1	Τι είναι η ευρυζωνική πρόσβαση και γιατί είναι σημαντική.....	4
1.2	Ορισμός Ευρυζωνικής Πρόσβασης και Ευρυζωνικών Υπηρεσιών	5
2	Ενσύρματα μέσα μετάδοσης	7
2.1	Οπτική ίνα	7
2.2	Χαρακτηριστικά και επιδόσεις	7
2.3	Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες	8
2.4	Τεχνολογίες δικτύου πρόσβασης,	10
2.5	Πλεονεκτήματα της χρήσης οπτικών ινών.	11
2.6	Μειονεκτήματα οπτικών ινών.	13
3	Ασύρματες επικοινωνίες	13
3.1	Ιστορική αναδρομή στις ασύρματες επικοινωνίες.....	13
3.2	Ιστορική αναδρομή της κινητής τηλεφωνίας	14
3.3	Πρώτες Απόπειρες – «0G».....	14
3.4	Πρώτη Γενιά «1G»	15
3.5	Δεύτερη Γενιά 2G.....	16
3.6	Τρίτη Γενιά 3G.....	18
3.7	Παρούσες υλοποιήσεις - (3.5G).....	20
3.8	Τέταρτη γενιά - (4G).....	22
4	WiMAX	23
4.1	Τι είναι το WiMAX (IEEE 802.16).....	23
4.2	Υποπρότυπα IEEE 802.16.....	25
4.2.1	IEEE 802.16 a	25
4.2.2	IEEE 802.16 b	25
4.2.3	IEEE 802.11 c	25
4.2.4	IEEE 802.16 d	25
4.2.5	IEEE 802.16 e	26
4.2.6	IEEE 802.16-2004.....	26
4.3	Τα κύρια χαρακτηριστικά του WiMAX.....	26
4.3.1	Πολυπλεξία με Ορθογωνική Διαίρεση Συχνότητας	30
4.3.2	Χρήσεις-τοπολογίες του WiMax.....	31
4.3.3	Ρυθμοί μετάδοσης	33
4.4	Τεχνικές Αμφίδρομης μετάδοσης.....	33

4.4.1	Αμφίδρομη Μετάδοση με Διάρθρωση Συχνοτήτων (Frequency Division Duplexing – FDD)	33
4.4.2	Αμφίδρομη Μετάδοση με χρονική Διάρθρωση (Time Division Duplexing – TDD).....	34
4.5	Διαμόρφωση σήματος	35
4.5.1	Ψηφιακές Μεθόδοι Διαμόρφωσης WiMAX.....	35
4.5.2	Προσαρμοστική διαμόρφωση (Adaptive Modulation) στο WiMAX	38
4.6	Ασφάλεια του WiMAX	39
4.7	Εφαρμογές του WiMAX	39
5	GIS - Εισαγωγή	41
5.1	Ορισμός των GIS.	42
5.2	Ιστορική αναδρομή στα GIS.....	43
5.3	Γενικά για τα GIS.	45
5.4	Ανάγκη χρήσης GIS.	45
5.5	Χαρακτηριστικά και δυνατότητες.....	46
5.6	Οφέλη εφαρμογής των GIS.....	47
5.7	Πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών μεθόδων διαχείρισης των δεδομένων.....	48
5.8	Γεωγραφικές πληροφορίες.....	50
5.9	Αρχιτεκτονική-δομικά στοιχεία των GIS.....	51
5.10	Βασικά στοιχεία των GIS.....	53
5.11	Τι ερωτήματα μπορούν να απαντηθούν με την χρήση των GIS.....	60
5.12	Εφαρμογές των GIS.....	61
6	Case Study.....	63
6.1	Εισαγωγή.....	63
6.2	Ανάλυση ολοκληρωμένου σχεδιασμού σε οικισμούς που καλύπτονται από ΣΑΡ	63
6.2.1	Περιγραφή υφιστάμενων περιοχών ΣΑΡ	63
6.3	Λύσεις	64
6.3.1	Σενάριο 1	66
6.3.2	Σενάριο 2	67

Λίγα λόγια

Technology is neither good, nor bad, nor neutral, έλεγε ο Melvin Kranzberg.

Η τεχνολογία αλλάζει πραγματικά τις ζωές μας με απίστευτη ταχύτητα.

Η βιομηχανική επανάσταση είχε άλλωστε ως βασική της αιτία, τις τότε τεχνολογικές εξελίξεις. Όπως και η ψηφιακή επανάσταση, ο κύριος σύγχρονος μοχλός εξέλιξης της ανθρωπότητας, έχει σήμερα ως εμπροσθοφυλακή της τις τεχνολογίες πληροφορικής & επικοινωνιών.

Είναι σαφές ότι η σύγχρονη επιστήμη και τεχνολογία κατευθύνεται και καθορίζεται από αυτούς που την πληρώνουν, δηλαδή το κεφάλαιο, και δεν είναι σε καμία περίπτωση κοινωνικοποιημένη, ώστε να ανταποκρίνεται στις πραγματικές μας ανάγκες. Είναι ξεκάθαρο ότι οι ανάγκες μας δεν ταυτίζονται με το νόμο της προσφοράς και της ζήτησης εντός μίας καπιταλιστικής αγοράς, γιατί δεν υπακούουν στην απλοϊκότητά του.

Είναι όμως φανερό ότι ο απλοϊκός αυτός νόμος έχει φέρει την ανθρωπότητα κάποια βήματα μπροστά σε επίπεδο υλικής οικονομικής μεγέθυνσης και επιστημονικής εξέλιξης (μολονότι δε θα μπορούσα με λίγες μόνο λέξεις να εκφράσω τις απόψεις μου σε αυτό το εξαιρετικά πολύπλοκο θέμα).

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή έχει στόχο να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός ευρυζωνικής πρόσβασης. Αρχικά γίνεται μια αναλυτική περιγραφή της ευρυζωνικής πρόσβασης και των ευρυζωνικών υπηρεσιών. Στη συνέχεια αναλύονται τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης και γίνεται μια ιστορική αναδρομή για τις ασύρματες επικοινωνίες (αναλύοντας κάποια από τα χαρακτηριστικά τους) από το ξεκίνημά τους μέχρι και τη σημερινή εποχή όπου πλησιάζουμε το 4G. Έπειτα γίνεται μια ανάλυση σε βάθος για τις ασύρματες επικοινωνίες του προτύπου IEEE 802.16 – WiMAX. Στη συνέχεια γίνεται μια περιγραφή των συστημάτων G.I.S και αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους. Τέλος παρουσιάζεται ένα Case Study ολοκληρωμένου σχεδιασμού, όπου φαίνεται και ο τρόπος που χρησιμοποιείται ένα εργαλείο GIS από έναν τηλεπικοινωνιακό οργανισμό, για να καλύψει με ευρυζωνικότητα απομακρυσμένους οικισμούς.

1 Εισαγωγή στην ευρυζωνική πρόσβαση

1.1 Τι είναι η ευρυζωνική πρόσβαση και γιατί είναι σημαντική

Οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών εξελίσσονται με ένα συνεχή και ραγδαίο ρυθμό. Τα τεχνολογικά άλματα που επιτεύχθηκαν τα τελευταία χρόνια, διευκόλυναν νέα επιχειρηματικά μοντέλα και εισήγαγαν σημαντικές αλλαγές σε εθνικό και παγκόσμιο οικονομικό επίπεδο.

Η βάση, πάνω στην οποία θα θεμελιωθεί η ανταγωνιστικότητα ενός κράτους στο σημερινό περιβάλλον υψηλής τεχνολογίας, αποτελείται ουσιαστικά από προηγμένες δικτυακές υποδομές υψηλής ποιότητας, οι οποίες θα προσφέρουν επαρκείς ρυθμούς μετάδοσης και αδιάλειπτη λειτουργία στους χρήστες καθώς και εύκολη δυνατότητα πρόσβασης στην πλειοψηφία του πληθυσμού. Τα δίκτυα «ευρυζωνικής πρόσβασης» εμφανίζονται ως αυτά που μπορούν να καλύψουν από τεχνολογικής σκοπιάς αυτές τις σύγχρονες απαιτήσεις.

Η σημασία τέτοιων υποδομών έχει αναγνωριστεί από όλα τα ανεπτυγμένα και από αρκετά αναπτυσσόμενα κράτη και η ανάπτυξή τους αποτελεί ένα σημαντικό στρατηγικό στόχο. Στις χώρες αυτές έχουν συσταθεί από το ίδιο το κράτος κατάλληλες Ομάδες Εργασίας για να ερευνήσουν τους κατάλληλους τρόπους επίτευξης ενός τέτοιου στόχου. Ένα αρχικό και σημαντικό βήμα για τον καθορισμό ενός ρεαλιστικού και υλοποιήσιμου σχεδίου ανάπτυξης τέτοιων υποδομών είναι ο ορισμός του τι είναι «ευρυζωνική πρόσβαση – (broadband access)» και «ευρυζωνικές υπηρεσίες – (broadband services)» ή για συντομία ευρυζωνικότητα.

Αρχικά, ο όρος «broadband», ήταν ένας τεχνικός όρος που αναφερόταν ουσιαστικά στην ποσότητα πληροφορίας που μπορούσε να μεταφερθεί ανάμεσα σε δύο επικοινωνούσες οντότητες μέσω ενός τηλεοπτικού καναλιού. Όμως, στην προσπάθεια διατύπωσης της «ευρυζωνικής πρόσβασης», οι διάφορες ομάδες εργασίας κατέληξαν σε ένα σύνολο διαφορετικών ορισμών, κυρίως λόγω της δυναμικής φύσης του τηλεπικοινωνιακού περιβάλλοντος, όπου οι εφαρμογές, οι

υπηρεσίες αλλά και η τεχνολογία των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων βρίσκεται σε συνεχή αναδιαμόρφωση.

Για να επισημάνουμε τη διαφορετικότητα αυτών των ορισμών μπορούμε να αναφερθούμε στον ορισμό που δόθηκε στις Η.Π.Α. σύμφωνα με τον οποίο η «ευρυζωνική πρόσβαση» καθορίζεται αποκλειστικά από τους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, στον αντίστοιχο Καναδικό, που βασίζεται στα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας που προσφέρεται στους χρήστες και στον Ιταλικό, που θεωρεί την «ευρυζωνική πρόσβαση» ως ένα τεχνολογικό περιβάλλον.

Εξετάζοντας καλύτερα τους ορισμούς που έχουν ήδη δοθεί, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο ζητούμενος ορισμός είναι άρρηκτα δεμένος και με μη-τεχνολογικά ζητήματα και θέτει σημαντικές νέες απαιτήσεις στην πολιτική ανάπτυξης μιας χώρας.

Αναγνωρίζοντας την πολυπλοκότητα του εν λόγω ζητήματος και θέτοντας στόχο την εισαγωγή ενός ορισμού ευρείας αποδοχής ο οποίος θα διατηρεί τη σημασία του και στο μέλλον και θα λαμβάνει υπόψη του όχι μόνο τα τεχνολογικά αλλά και τα συνυφασμένα με αυτόν οικονομικά, κοινωνικά και ρυθμιστικά ζητήματα, προτείνεται ο ακόλουθος ορισμός της «ευρυζωνικότητας».

1.2 Ορισμός Ευρυζωνικής Πρόσβασης και Ευρυζωνικών Υπηρεσιών

Ευρυζωνικότητα ορίζεται με την ευρεία έννοια, το δυναμικό πλαίσιο που είναι συνυφασμένο με ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών, υπηρεσιών και πολιτικό-οικονομικών θεμάτων. Πρόκειται με άλλα λόγια για ένα προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο περιβάλλον αποτελούμενο από :

- την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο σε όσον το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές (με τη μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων
- την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:
 1. επιτρέπει την κατανομημένη ανάπτυξη υπάρχουσών και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών
 2. δίνει τη δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές

3. ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα
 4. είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον κόστος ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται με ρυθμό και κόστος που επιτάσσονται από την πρόοδο της πληροφορικής και της τεχνολογίας επικοινωνιών
- τη δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει:
 5. ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του
 6. μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών και
 7. μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας και με πιθανή συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών

το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης ικανής να προέλθει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας .

Ευρυζωνικά δίκτυα και υπηρεσίες είναι αυτά που εγγυώνται σε κάθε εποχή την απρόσκοπτη και διαφανή πρόσβαση όλων των πολιτών στην πληροφορία και τα συστήματα επικοινωνίας, για την εκπλήρωση των αναγκών τους. Επειδή το περιβάλλον αυτό χαρακτηρίζεται από μία διαρκή δυναμική και τελεί υπό διαμόρφωση, απουσιάζει από τον παραπάνω ορισμό οποιαδήποτε αναφορά σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά δικτύου, συγκεκριμένη τεχνολογία μετάδοσης και το σημαντικότερο: δεν προσδιορίζει συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης πάνω από τον οποίο ένα δίκτυο χαρακτηρίζεται ευρυζωνικό. Βέβαια, ο ορισμός αυτός επιτρέπει τον αποκλεισμό κάποιων τεχνολογιών, όπως για παράδειγμα το ISDN, οι δυνατότητες των οποίων είναι περιορισμένες και μη επεκτάσιμες.

2 Ενσύρματα μέσα μετάδοσης

2.1 Οπτική ίνα

Η καλύτερη εναλλακτική λύση σήμερα στα μέσα μετάδοσης εμφανίζεται να είναι η οπτική ίνα (*optical fiber*), μια λύση με αρκετά πλεονεκτήματα που κερδίζει έδαφος συνεχώς τα τελευταία χρόνια.

Η βασική ιδέα εδώ είναι η χρήση της οπτικής ίνας ως μέσο και του φωτός ως φορέα της πληροφορίας, αντί για το ρεύμα ή την τάση που χρησιμοποιούμε στα υπόλοιπα ενσύρματα μέσα. Ο τρόπος που αποστέλλεται η ψηφιακή πληροφορία είναι η διαμόρφωση πλάτους του εκπεμπόμενου από την πηγή φωτός σε μορφή on/off.

Το μέσον που χρησιμοποιείται είναι ίνες γυαλιού ή πλαστικού που έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν τις οπτικές ακτίνες και να τις οδηγούν στο τέρμα. Οι ίνες αυτές (*fibers*) αποτελούν συνήθως από τρεις ομόκεντρες κυλινδρικές οντότητες διηλεκτρικού υλικού, που είναι η κεντρική ίνα (*core*), η επίστρωση (*cladding*) και το κάλυμμα (*coating/buffer*).

Η φωτεινή δέσμη που μεταφέρει την πληροφορία, μεταδίδεται μέσω της κεντρικής ίνας που είναι από γυαλί ή πλαστικό. Η φωτεινή δέσμη οδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της ίνας προς το άλλο άκρο. Η επιτυχία της μετάδοσης αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι το σήμα υφίσταται ολικές ανακλάσεις με αποτέλεσμα η ενέργεια της φωτεινής δέσμης να παραμένει εγκλωβισμένη στην οπτική ίνα. Όπως γνωρίζουμε από τη Φυσική, βασική προϋπόθεση για να συμβεί η ολική ανάκλαση είναι αφ' ενός ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού να είναι μικρότερος του εσωτερικού, αφ' ετέρου η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας να είναι μεγαλύτερη από την τιμή που ονομάζεται «*οριακή γωνία*» και ορίζεται από τον τύπο : $\sin\theta_c = 1/n$ (θ_c = οριακή γωνία, n = δείκτης διάθλασης του μέσου.) Γενικά από το Νόμο του Snell: $\sin\theta_1 = n_2/n_1$

2.2 Χαρακτηριστικά και επιδόσεις

Οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταφέρουν σήματα με πολύ μεγάλο εύρος ζώνης σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρή εξασθένιση του σήματος. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποστάσεις, που υπερβαίνουν τα

3Km, ενώ οι μονότροπες οπτικές ίνες μπορούν να υπερβούν τα 40 Km. Υπάρχουν, όμως, και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι περιορίζουν τις παραπάνω αποστάσεις μετάδοσης. Τέτοιοι παράγοντες είναι το εύρος ζώνης της πηγής και του δέκτη των σημάτων σε μια οπτική ίνα, και η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενεί το σήμα. Επίσης, επιβαρυντικός παράγων είναι η χρήση συνδέσμων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών. Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι στις πολύτροπες οπτικές ίνες είναι πιο ανεκτό να χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες και διακλαδωτές απ,ότι στις μονότροπες. Επίσης, στις πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους πηγές LED, ενώ οι μονότροπες οδηγούνται συνήθως από πηγή LASER. Τυπική τιμή εξασθένισης σήματος για μια 62,5/125 πολύτροπη οπτική ίνα είναι 3,5 dB/Km για σήμα με μήκος κύματος 850 nm και 1.0 dB/Km για μήκος κύματος 1300nm. Τυπικό μέγεθος εξασθένισης σήματος για μονότροπη οπτική ίνα είναι 0,5 dB/Km στα 1310 nm και 0,4 dB/Km στα 1550nm.

2.3 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες

Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή LED (light Emitting Diode) ή LASER (Light Amplification by Stimulated Emission off Radiation), και τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1500nm. Οι οπτικές ίνες διαφοροποιούνται, κατ'αρχήν, από τον τρόπο μετάδοσης του σήματος σε αυτές. Η πρώτη βασική διάκριση είναι μεταξύ των πολύτροπων και μονότροπων οπτικών ινών.

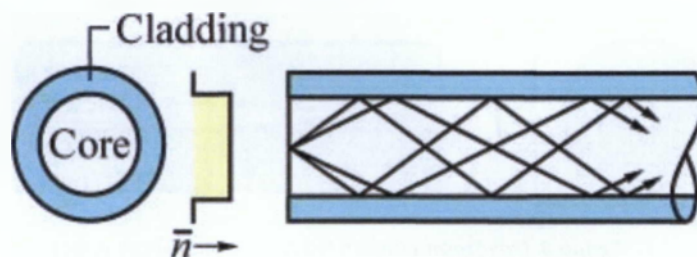
❖ Πολύτροπες οπτικές ίνες (Multimode fiber optics)

Ο τρόπος αναφοράς των μεγεθών για τις οπτικές ίνες είναι να αναφέρουμε πρώτα τη διάμετρο του πυρήνα (γυαλιού) και στη συνέχεια τη διάμετρο της επίστρωσης (cladding). Οι μετρήσεις των παραπάνω μεγεθών γίνονται σε 10^{-6} μέτρα. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν τυπικά μεγέθη 50μm/ 125μm, 62,5/125, 85/125 ή 100/140. Ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος κυκλοφορεί, είναι ο 62,5/125. Η ολική διάμετρος της οπτικής ίνας συμπεριλαμβανομένων των ενισχυτικών συνθετικών ινών και του εξωτερικού περιβλήματος φτάνει τα 900μm. Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού

σήματος ανάλογα με την είσοδο τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται πολύτροπος (multimode), επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις διακριτού βήματος (step index) και τις βαθμιαίου βήματος (graded index).

➤ **Οπτική ίνα διακριτού δείκτη (step index)**

Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης.



Σχήμα 1. Οπτική ίνα διακριτού δείκτη (step index)

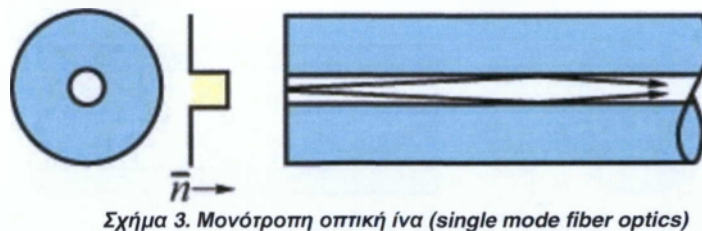
➤ **Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη (graded index)**

Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού.



❖ **Μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber optics).**

Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η πορεία των ακτινών σε μια τέτοια οπτική ίνα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η κεντρική ίνα στις μονότροπες οπτικές ίνες έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3μm



2.4 Τεχνολογίες δικτύου πρόσβασης.

Τα τελευταία δέκα χρόνια η χρήση οπτικών ινών για την κατασκευή Δικτύων Μητροπολιτικών Περιοχών (Metropolitan Area Networks – MANs) γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής για την εξυπηρέτηση των αναγκών πρόσβασης των τελικών χρηστών. Η κύρια αρχιτεκτονική δικτύου που χρησιμοποιεί οπτικές ίνες είναι γνωστές ως FTTx (Fiber to the x – Οπτική ίνα μέχρι το x). Οι τεχνολογίες που ανήκουν στην οικογένεια FTTx είναι οι εξής:

- FTTC (Fiber to the Curb or Cabinet - Ίνα μέχρι μία υπαίθρια καμπίνα)
- FTTB (Fiber to the Building - Ίνα μέχρι το κτίριο)

- FTTH (Fiber to the Home - ίνα μέχρι το σπίτι)

Ενώ άλλες παραλλαγές είναι οι παρακάτω:

- FTTN (Fiber to the Neighborhood - ίνα μέχρι τη γειτονιά)
- FTTO (Fiber to the Office - ίνα μέχρι το γραφείο)
- FTTP (Fiber to the Premises - ίνα μέχρι το χώρο του συνδρομητή)
- FTTU (Fiber to the User - ίνα μέχρι το χρήστη)
- FTTD (Fiber to the Desk - ίνα μέχρι τη θέση εργασίας)

Οι ταχύτητες είναι υψηλότερες όσο η ίνα πλησιάζει τον χρήστη με αποτέλεσμα το FTTH απο τις βασικές να φαίνεται η ιδανική αρχιτεκτονική οπτικών ινών. Όμως είναι πρακτικά δύσκολο λόγω υποδομών και κόστους. Οπότε η πιο συνηθισμένη αρχιτεκτονική είναι η FTTC που αποτελείται απο οπτική ίνα στο δίκτυο πρόσβασης μέχρι τη μονάδα τερματισμού της οπτικής ίνας που τοπολογικά βρίσκεται στο κράσπεδο του πεζοδρομίου όπου υπάρχει ενεργός εξοπλισμός που μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό και απο κει, με ζεύγος χαλκού φτάνει στον κάθε συνδρομητή , με αποτέλεσμα η κάθε καμπίνα να εξυπηρετεί απο μερικές δεκάδες έως και μερικές εκατοντάδες συνδρομητές. Η FTTC λοιπόν τηρεί τις προϋποθέσεις για αναβάθμιση σε FTTH, ενώ έως τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγάλη ευχαίρια οι τεχνολογίες ADSL2, VDSL ή ακόμα και VDSL2 στο τελευταίο κομμάτι του δικτύου.

2.5 Πλεονεκτήματα της χρήσης οπτικών ινών.

Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των οπτικών ινών σε σχέση με τα άλλα μέσα μετάδοσης.

- Ευρος ζώνης. Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Υπάρχουν σήμερα εγκατεστημένες οπτικές ίνες με ρυθμούς μετάδοσης έως και 5 Gbps, ενώ σε εργαστηριακές εφαρμογές φθάνουν ακόμα ψηλότερα. Η τεχνολογία βελτιώνει συνεχώς τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα ενώ παράλληλα με τη χρήση οπτικής πολύπλεξης επιτυγχάνεται ταυτόχρονη μετάδοση καναλιών υψηλής ταχύτητας. Σήμερα η χωρητικότητα της οπτικής ίνας έχει ξεπεράσει τα 50000 ψηφιακά κανάλια φωνής.

- Θορύβος. Είναι ανεπηρέαστες από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και ως εκ τούτου συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικούς χώρους με περιβάλλον υψηλού θορύβου.
- Ο ρυθμός εμφάνισης σφαλμάτων είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Κατα προσέγγιση μπορούμε να πούμε ότι είναι καλύτερος από τα υπόλοιπα ενσύρματα μέσα μετάδοσης κατά 3 τάξεις μεγέθους.
- Υλικό. Το βάρος και ο όγκος των οπτικών ινών είναι σημαντικά μικρότεροι από άλλους αντίστοιχους αγωγούς. Για παράδειγμα χάλκινο καλώδιο των 1000 ζευγών σε μήκος 500 μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ καλώδιο οπτικής ίνας ίδιας απόστασης ζυγίζει περίπου 45 κιλά κι ταυτόχρονα παρέχει τον ίδιο αριθμό καναλιών. Επιπλέον δεν είναι ευαίσθητες σε υγρά περιβάλλοντα, όπου τα χάλκινα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν βραχυκυκλώματα και παραδιαφωνίες. Επειδή δεν μεταφέρει ηλεκτρικό σήμα, προτιμάται σε περιοχές κινδύνου εκρήξεων από σπινθήρες (χώροι καυσίμων, ευφλέκτων αερίων κλπ).
- Ασφάλεια. Είναι αρκετά ασφαλές μέσον μεταφοράς, καθώς είναι πολύ δύσκολο να παρέμβει κάποιος για να υποκλέψει ή να παρεμβάλει data.
- Απόσβεση. Οι οπτικές ίνες προξενούν μικρότερη εξασθένιση στα σήματα από ότι τα χάλκινα καλώδια και τα ομοαξονικά. Επιτυγχάνουμε σήμερα αποστάσεις οπτικών ινών χωρίς αναμεταδότη, που ξεπερνούν τα 300 χιλιόμετρα υπο προϋποθέσεις (χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης και υψηλή ισχύ εκπομπής), νούμερο που συνεχώς αυξάνεται.
- Χαμηλό κόστος. Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των παρόχων, επομένως ωφελεί και τον καταναλωτή, που επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί.
- Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.

2.6 Μειονεκτήματα οπτικών ινών.

Στα μειονεκτήματα των οπτικών ινών καταλογίζονται:

- Είναι δύσκολοι οι τρόποι σύνδεσης και βυσμάτωσης των οπτικών ινών σε εκπομπό και δέκτη. Οι δυσκολίες εμφανίζονται στην σύνδεση με τον connector και στην προσαρμογή και ευθυγραμμισή της ίνας με τη φωτεινή πηγή του πομπού. Μικρές αποκλίσεις των βυσμάτων σύνδεσης προξενούν διασπορά και απώλεια του εκπεμπόμενου σήματος.
- Είναι δύσκολη η σύνδεση πολλών χρηστών πάνω σε ένα καλώδιο, καθώς δεν είναι εύκολος ακόμη ο τρόπος απομάστευσης με οπτικές ίνες. Μέχρι στιγμής οι οπτικές ίνες ικανοποιούν κυρίως point to point συνδέσεις.
- Η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη στα κομβικά δίκτυα και πολύ λίγο στα τοπικά σημεία πρόσβασης (οικίες κλπ).

3 Ασύρματες επικοινωνίες

3.1 Ιστορική αναδρομή στις ασύρματες επικοινωνίες

Τα πρώτα βήματα της ασύρματης επικοινωνίας ξεκινούν από το 1886, όταν ο Heinrich Rudolf Hertz ανακάλυψε τη διπολική κεραία. Στη συνέχεια, όπως καταγράφεται από την ιστορία, το 1893 ο Nikola Tesla κατασκεύασε το πρώτο ασύρματο σύστημα επικοινωνίας, με το οποίο, το 1895, χρησιμοποίησε τα σήματα Morse σε ακτίνα 80 km.

Στη συνέχεια ο Alexander Stepanovich Popov πέτυχε την μετάδοση ραδιοκυμάτων μεταξύ κοντινών κτιρίων το 1896. Μετά, το 1898 πέτυχε την μετάδοση ραδιοκυμάτων στα 6 μίλια και τέλος το 1899 πέτυχε την μετάδοση ραδιοκυμάτων στα 30 μίλια απόσταση. Έπειτα, τα φώτα πέφτουν στον Guglielmo Marconi που ήταν εκείνος που έστειλε το πρώτο υπερατλαντικό σήμα το 1901. Την ίδια χρονιά γίνεται και η πρώτη μετάδοση ήχου από τον Reginald Fessenden. Ο ίδιος έκανε την πρώτη αμφίδρομη υπερατλαντική ασύρματη επικοινωνία το 1906 και την ίδια χρονιά έγινε η πρώτη ραδιοφωνική εκπομπή με μουσικό περιεχόμενο.

Το 1900-1940 γινόταν ευρεία χρήση ασύρματου τηλέγραφου, η οποία εντάθηκε απο τον 1^ο Παγκόσμιο Πόλεμο και πέρα. Στο μεταξύ, την περίοδο 1920-1930 αναπτύχθηκαν και οι ραδιοφωνικές εκπομπές.

3.2 Ιστορική αναδρομή της κινητής τηλεφωνίας

Από το 1940 και μετά παρατηρούμε την ανάπτυξη και την εξέλιξη της κινητής τηλεφωνίας. Οι πρώτες προσπάθειες έγιναν μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο από την Σουηδία, την Φιλανδία και την Αμερική.

Στις 3 Απριλίου 1973, στην Νέα Υόρκη, δημιουργήθηκε το πρώτο σύγχρονο κινητό τηλέφωνο με την κωδική ονομασία «MotorolaDynaTAC». Ο εφευρέτης του κινητού τηλεφώνου είναι ο Dr. Martin Cooper από την Motorola. Η συσκευή έμοιαζε με φορητό ασύρματο ύψους 25 εκατοστών και βάρος περίπου ενός κιλού. Η πρώτη κλήση που έκανε ήταν στον ανταγωνιστή του από την Bell Labs, τον Joel Engel όπου του είπε « Joel, σου τηλεφωνώ από ένα κινητό τηλέφωνο. Από ένα πραγματικό κινητό τηλέφωνο»! Όμως, λίγα χρόνια αργότερα, το 1978, η Bell κατασκεύασε δοκιμαστικά το πρώτο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

Στις αρχές της δεκαετίας 1980 δημιουργήθηκε το πρώτο αυτοματοποιημένο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας στη Σκανδιναυία. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 80 είχαν εγκατασταθεί στις Σκανδιναυικές χώρες ογκώδη κινητά τηλέφωνα σε αυτοκίνητα.

Κοιτάζοντας πίσω στο χρόνο μπορούμε να δούμε την εξέλιξη των κινητών τηλεφώνων και την αντίστοιχη κατηγοριοποίησή τους σε γενιές εξέλιξής τους.

3.3 Πρώτες Απόπειρες – «0G»

Το 1946 έγινε η εγκατάσταση του πρώτου συστήματος τηλεφωνίας σε αυτοκίνητα στο Saint Louis. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε ένα μεγάλο πομπό στην κορυφή ενός ψηλού κτιρίου και διέθετε ένα μόνο κανάλι, το οποίο χρησιμοποιείτο, τόσο για αποστολή, όσο και για λήψη. Για να μιλήσει ο χρήσης, έπρεπε να πατήσει ένα πλήκτρο, το οποίο ενεργοποιούσε τον πομπό και απενεργοποιούσε το δέκτη. Αυτό το σύστημα ονομάζεται «πίεσε για να μιλήσεις» (push to talk system) και εγκαταστάθηκε σε πολλές πόλεις από τα τέλη της δεκαετίας του 1950. Την δεκαετία του 1960 εγκαταστάθηκε το Βελτιωμένο Σύστημα Κινητής Τηλεφωνίας ή IMTS (Improved Mobile Telephone System). Σε αυτό το σύστημα

χρησιμοποιείτο ένας πομπός υψηλής ισχύος (200 watt) στην κορυφή ενός λόφου και χρησιμοποιούσε δύο συχνότητες, μία για αποστολή και μία για λήψη με αποτέλεσμα οι χρήστες να μπορούν να μιλάνε αλλά και να ακουνε ταυτόχρονα <full duplex>. Το IMTS υποστήριζε 23 κανάλια, τα οποία κατανέμονταν στην περιοχή συχνοτήτων, από τα 150 MHz μέχρι τα 450MHz, επίσης προσφέρει αυτόματη δρομολόγηση των κλήσεων, χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνητριών . Το πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν στο περιορισμένο αριθμό καναλιών με αποτέλεσμα τα συστήματα να κορεστούν πολύ γρήγορα.

3.4 Πρώτη Γενιά «1G»

Ουσιαστικά, η πρώτη γενιά συστημάτων κινητής τηλεπικοινωνίας εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980. Τα πρώιμα αυτά δίκτυα είχαν πολύ λιγότερες δυνατότητες από 'τι μεταγενέστερα τα κυψελωτά δίκτυα. Επίσης, υπήρχε πρόβλημα στην υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών.

Στα κυψελωτά κινητά δίκτυα, η περιοχή κάλυψης χωρίζεται σε μικρές κυψέλες (cells). Συνεπώς, οι ίδιες συχνότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετές φορές στο δίκτυο, χωρίς να υπάρχουν φαινόμενα παρεμβολής. Αυτό, κατά συνέπεια, αυξάνει την δυνατότητα του δικτύου, να καλύπτει καλύτερα μεγαλύτερες περιοχές.

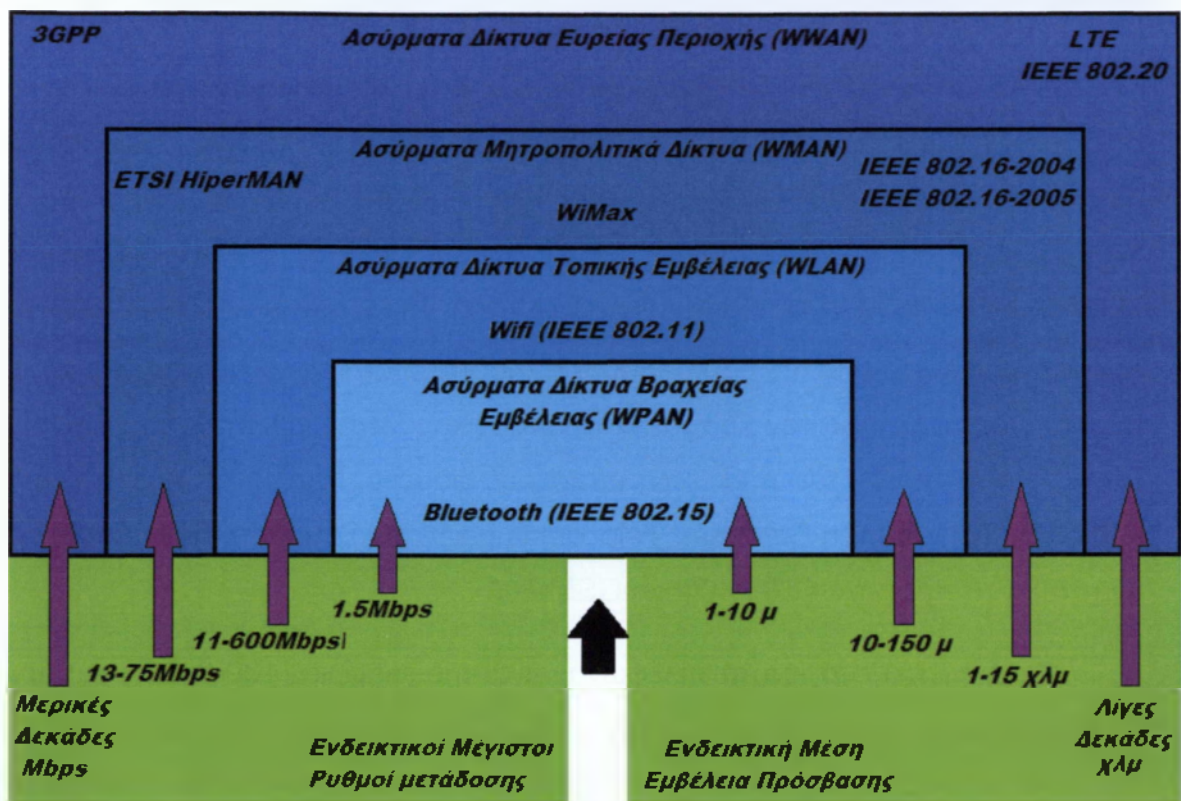
Η πρώτη γενιά χρησιμοποίησε τεχνικές αναλογικής μετάδοσης των δεδομένων, που ήταν τότε σχεδόν αποκλειστικά φωνή. Δεν υπήρχε κάποιο πρότυπο που να επικράτησε, αντιθέτως υπήρχαν αρκετές τεχνολογίες από διάφορους κατασκευαστές. Οι πιά επιτυχημένες προσπάθειες ήταν το Nordic Mobile Telephone (NMT), το οποίο αναπτύχθηκε στην Ευρώπη, το Total Access Communications System (TACS), το οποίο αναπτύχθηκε στην Αγγλία και το Advanced Mobile Phone Service (AMPS), το οποίο αναπτύχθηκε στην Η.Π.Α το 1982 και σχεδιάστηκε από τη Bell Labs. Υπήρξαν και άλλες τεχνολογικές πλατφόρμες που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά σε μια χώρα, όπως το πρότυπο C-Netz στη Δυτική Γερμανία και το πρότυπο Radiocomm 2000 στη Γαλλία.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι παρόλο που στην σημερινή εποχή όλος ο κόσμος δίνει έμφαση στα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G), υπάρχουν συστήματα πρώτης γενιάς που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα. Ωστόσο, σε χώρες με προχωρημένη τηλεπικοινωνιακή υποδομή, τα συστήματα της πρώτης γενιάς σύντομα ή αν δεν έχει ήδη γίνει θα πάψουν τη λειτουργία τους, καθώς σπαταλούν

πολύτιμο φάσμα συχνοτήτων που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά σε καινούργια ψηφιακά δίκτυα.

3.5 Δεύτερη Γενιά 2G

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 όπου άρχισε να υπάρχει μια διαρκώς αυξανόμενη απαίτηση για μεγαλύτερη χωρητικότητα δικτύων και για λειτουργίες ασφάλειας, τα συστήματα πρώτης γενιάς φάνηκαν ανεπαρκή. Έτσι οδηγηθήκαμε στην ανάπτυξη των κυψελωτών συστημάτων δεύτερης γενιάς (2G) που χρησιμοποιούν ψηφιακή ράδιο μετάδοση του σήματος. Για αυτό το λόγο, η διαχωριστική γραμμή μεταξύ πρώτης και δεύτερης γενιάς συστημάτων είναι προφανής : είναι η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή μετάδοση. Τα δίκτυα δεύτερης γενιάς (2G) έχουν περισσότερες δυνατότητες από τα συστήματα της πρώτης γενιάς. Ένα κανάλι συχνοτήτων εκχωρείται ταυτόχρονα σε αρκετούς χρήστες (είτε με διαίρεση κώδικα – CDMA είτε με διαίρεση χρόνου - TDMA). Επίσης, έχουμε ιεραρχικές δομές κελιών, στις οποίες η περιοχή κάλυψης χωρίζεται ταυτόχρονα σε αρκετούς χρήστες (είτε με διαίρεση κώδικα είτε με διαίρεση χρόνου). Επίσης, έχουμε ιεραρχικές δομές κελιών, στις οποίες η περιοχή κάλυψης χωρίζεται σε macrocells, microcells, picocells ή ακόμα και femtocells, επαυξάνοντας ακόμη περισσότερο τις δυνατότητες του δικτύου.



Σχήμα 4. Κατηγοριοποίησης ασύρματων Δικτύων Πρόσβασης.

Υπάρχουν τέσσερα κύρια πρότυπα για τα συστήματα δεύτερης γενιάς, τα:

- Global System for Mobile (GSM) (που επικρατεί παγκοσμίως)
- Digital AMPS (D-AMPS)
- Code-division multiple access (CDMA)
- Personal digital cellular (PDC)

Το GSM είναι κατά πολύ το πιο επιτυχημένο και ευρέως χρησιμοποιημένο σύστημα δεύτερης γενιάς. Αρχικά σχεδιάστηκε ως ένα ευρωπαϊκό πρότυπο, το οποίο γρήγορα υιοθετήθηκε σε ολόκληρο τον κόσμο, πλην της Αμερικής.

Στη Βορειο Αμερική, το Personal Communication System-1900 (PCS-1900 ή αλλιώς GSM-1900) έχει κερδίσει κάποιο έδαφος, ενώ στη Νότια Αμερική και στη Χιλή έχει ευρεία εξάπλωση το πρότυπο GSM. Παρόλο αυτά, το 2001 στη Βόρειο Αμερική η κοινότητα του Time Division multiple Access (TDMA) αποφάσισε να υιοθετήσει το wideband CDMA (WCDMA) σύστημα στο Third Generation Partnership Project

(3GPP). Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποίησαν αρχικά GSM/GPRS (General Packet Radio Service) για μετάδοση δεδομένων.

Το βασικό GSM σύστημα χρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz, αλλά υπάρχουν αρκετές παραλλαγές του από τις οποίες δύο είναι οι πιο σημαντικές. Το πρώτο σύστημα είναι το Digital Cellular System 1800 (γνωστό ως GSM-1800) και το δεύτερο είναι το GSM-1900. Το GSM-1900 χρησιμοποιείται μόνο στη Βόρεια Αμερική και Χιλή, ενώ το GSM-1800 χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και σε άλλες περιοχές σε ολόκληρο τον κόσμο. Ο πρωταρχικός λόγος για τη χρήση καινούργιας ζώνης συχνοτήτων ήταν η έλλειψη επαρκούς φάσματος συχνοτήτων στη ζώνη των 900 MHz. Τελευταία, η European Telecommunications Standards Institute (ETSI) έχει αναπτύξει τα πρότυπα GSM-400 και GSM-800.

Όσο αφορά στα κινητά τηλέφωνα, είναι πιά ελαφριά (100-200 γραμμάρια) με μικρότερες μπαταρίες. Επίσης, έχουν καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας φωνής και μειωμένη ακτινοβολία. Οι υπηρεσίες που προσφέρει αυτή η γενιά είναι η υποστήριξη αποστολής σύντομων μηνυμάτων (SMS), αμφίδρομα δεδομένα μέχρι και 9.6 kbps, αποστολή fax και πληροφορίες εκπομπής κυψέλης (Cell Broadcast).

3.6 Τρίτη Γενιά 3G

Η Γρήγορη ανάπτυξη των κινητών τηλεπικοινωνιών ήταν μια από τις πιο αξιοσημείωτες επιτυχημένες ιστορίες την δεκαετία του '90. Τα δίκτυα 3G άρχισαν να προτυποποιούνται το 1991 από το ίδρυμα ETSI. Το καινούργιο σύστημα ονομάστηκε Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) αποτελούσε εξέλιξη του GSM και παρείχε υπηρεσίες δεδομένων με ρυθμούς μετάδοσης 14.4Mbps κατερχόμενο και ως 5.8Mbps ανερχόμενο. Η ανάπτυξη του 3G δεν έγινε μόνο από το ETSI. Υπήρξαν και πολλοί άλλοι οργανισμοί και ερευνητικά προγράμματα που είχαν τον ίδιο σκοπό.

Ο βασικός στόχος της ανάπτυξης των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς είναι η παροχή των κινητών υπηρεσιών <οπουδήποτε> και <κάθε στιγμή>. Αυτό σημαίνει ότι ένας χρήστης κινητών δικτύων τρίτης γενιάς μπορεί να μετακινείται οπουδήποτε και να εξυπηρετείται ακόμα και σε περιοχές όπου δεν υπάρχει κάλυψη από συστήματα τρίτης γενιάς αλλά υπάρχουν άλλου είδους ασύρματα δίκτυα. Για την ακρίβεια, ο χρήστης θα μπορεί να εξυπηρετείται από οικιακά ασύρματα συστήματα, από άλλα κυψελωτά κινητά δίκτυα καθώς και από δορυφορικά δίκτυα.

Επιπλέον, οι παρεχόμενες υπηρεσίες επεκτείνονται σε υπηρεσίες διαδικτύου και σε υπηρεσίες πολυμέσων με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Με τον όρο υπηρεσίες πολυμέσων αναφερόμαστε σε υπηρεσίες κατά τις οποίες υπάρχει συνδυασμός εικόνας, ήχου και κειμένου σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον.

Ποιο αναλυτικά, η τεχνολογία της τρίτης γενιάς (3G) έχει σαν στόχο να παρέχει ένα μεγάλο εύρος από υπηρεσίες και δυνατότητες, εκτός από την επικοινωνία με φωνή. Επιτρέπει την μεταφορά δεδομένων, πολυμέσων, συνεχές βίντεο, βίντεο-τηλεφωνίας καθώς και πλήρη πρόσβαση στο Internet, χωρίς χρήση γέφυρας, ενώ παράλληλα παρέχουν και την υπηρεσία πλοηγού (GPS). Τα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς έχουν κανονικά έγχρομη οθόνη και παρέχουν μεταφορά δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες μέσω συνεχούς σύνδεσης. Είναι σχεδιασμένα για να υποστηρίζουν μεγάλο αριθμό χρηστών και αποδεικνύονται αποτελεσματικότερα από τα κινητά της δεύτερης γενιάς έτσι ώστε να επιτρέπουν μελλοντική επέκταση στην χωρητικότητα των χρηστών. Συνεπώς η τεχνολογία της γενιάς 3G δίνει έμφαση στις υπηρεσίες που είναι επικεντρωμένες στα δεδομένα (όπως το Κινητό Διαδίκτυο), με βελτιωμένες δυνατότητες φωνής και πολυμέσων. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούν τα επικρατέστερα, προς το παρόν σύστημα τρίτης γενιάς τα οποία είναι: το UMTS (Ευρώπη) το CDMA2000 (Βόρεια Αμερική) και το NTT Docomo (Ιαπωνία).

Οι βελτιώσεις και εξελίξεις αυτής της γενιάς σε σύγκριση με την προηγούμενη περιλαμβάνουν:

- Μεταφορά δεδομένων σε μεγάλο εύρος ζώνης μετάδοσης
- Βελτιωμένη ασφάλεια και λειτουργίες κρυπτογράφησης
- Βελτιώσεις στα ολοκληρωμένα κυκλώματα και στη ζωή της μπαταρίας
- Βελτιώσεις στην οθόνη και στις δυνατότητες χειρισμού των δεδομένων
- Συνεχή σμίκρυνση των κινητών τηλεφώνων
- Βελτιώσεις στην χωρητικότητα
- Βελτιώσεις στον χρόνο αποστολής μηνυμάτων εικόνας (MMS)

Ουσιαστικά τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα αυτής της πολύ σημαντικής γενιάς είναι τα ακόλουθα:

- Οι βίντεο-κλήσεις είναι χωρίς αμφιβολία μια από τις πιο πολυσυζητημένες υπηρεσίες των δικτύων 3G. Πλέον, με αυτή τη τεχνολογία μπορούμε να βλέπουμε τους συνομιλητές μας ζωντανά στην οθόνη του κινητού μας. Φυσικά, θα πρέπει οι χρήστες να έχουν προμηθευτεί κινητά τηλέφωνα συμβατά με αυτή την τεχνολογία.
- Οι υψηλές ταχύτητες ασύρματης μεταφοράς δεδομένων είναι ένα ακόμη από τα πλεονεκτήματα των δικτύων τρίτης γενιάς. Η σύνδεση στο Internet εκτός από άμεση και ασύρματη, θα σας δώσει πλέον και ταχύτητες που φθάνουν τα 384kbps – ανάλογες δηλαδή με αυτές της σταθερής τεχνολογίας xDSL.
- Οι υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων βοηθούν αρκετά στην πιο γρήγορη και άμεση χρήση διαφόρων multimedia εφαρμογών.
- Υψηλής ποιότητας παιχνίδια, τα οποία θα μπορούν να παίζονται online σε πραγματικό χρόνο και ταυτόχρονα με άλλους παίκτες.
- Υπηρεσίες εύρεσης θέσεως σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPS, οι οποίες θα μπορούν να παρέχουν χάρτες της περιοχής που βρισκόμαστε, εύρεση βέλτιστης διαδρομής προς τον προορισμό μας, γειτονικά σημεία ενδιαφέροντος κλπ.

Μετά την ευρεία διείσδυση της τεχνολογίας 3G αναμένεται να διατεθούν ακόμη περισσότερες υπηρεσίες, όπως μετάδοση τηλεοπτικών εκπομπών και υπηρεσίες παγκόσμιας περιαγωγής.

3.7 Παρούσες υλοποιήσεις - (3.5G)

Τα τελευταία χρόνια τα δίκτυα επικοινωνιών τρίτης γενιάς (3G/UMTS) γνωρίζουν μεγάλη άνθηση και η χρήση τους έχει επεκταθεί στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπως και στην Ελλάδα. Η μεγάλη ανάγκη για ευρυζωνικές ταχύτητες πρόσβασης οδηγεί στην περαιτέρω ανάπτυξη των 3G δικτύων. Η τεχνολογία HSPA (High Speed Packet Access) αποτελεί τη φυσιολογική και τεχνολογική εξέλιξη του UMTS όπου στη συνέχεια εξελήχθη σε HSPA+ με σκοπό την αποδοτικότερη χρήση των πόρων του συστήματος HSPA, κυρίως στο δίκτυο κορμού μέσω της πλήρους διανομής υπηρεσιών μέσω του packet-switched (PS) τομέα, βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ποιότητα των υπηρεσιών διαδικτύου και μεταφοράς δεδομένων, την περαιτέρω αύξηση των ρυθμών μετάδοσης δεδομένων στους κινητούς χρήστες, όπως και την αποτελεσματική, μείωση του latency.

Το HSPA λοιπόν προσφέρει υψηλότερο εύρος στους κινητούς χρήστες, αυξημένη χωρητικότητα για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους και παροχή υπηρεσιών και εφαρμογών αυξημένης διαδραστικότητας. Η τεχνολογία αυτή αναβαθμίζει μόνο το δίκτυο πρόσβασης (UTRAN) χωρίς να επεμβαίνει καθόλου το Core Network (CN) της αρχιτεκτονικής UMTS.

Το HSPA επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα με το UMTS και αναφέρεται σε βελτιώσεις στο downlink (HSDPA) αλλά και στο uplink (HSUPA).

Οι βασικές τεχνολογικές προσεγγίσεις του HSPA+ είναι η χρήση της τεχνολογίας MIMO (απαιτεί επιπρόσθετες κεραιές λήψης (συστοιχία κεραιών) καθώς και επιπλέον κεραιές μετάδοσης στους σταθμούς βάσης) και η χρήση 64 QAM κωδικοποίησης (υπό την προϋπόθεση ότι επικρατούν πολύ καλές συνθήκες μετάδοσης). Η τεχνολογία HSPA+ λοιπόν μας προσφέρει μέγιστους ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 28Mbps για την κατερχόμενη ζεύξη και των 11.5Mbps για την ανερχόμενη ζεύξη στα 5MHz εύρους ζώνης (χρησιμοποιώντας 2x2 MIMO σχήμα και διαμόρφωση 16QAM), ενώ ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης για την κάτω ζεύξη μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 42Mbps ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της υλοποίησης (χρήση υψηλότερης τάξης διαμόρφωσης 64QAM).

Στον ορίζοντα των εξελίξεων η τεχνολογία LTE (Long Term Evolution) κάνει την εμφάνισή της με σκοπό την επικράτηση την αμέσως επόμενη δεκαετία στην αγορά των κινητών επικοινωνιών. Το LTE στοχεύει στην επίτευξη ακόμα υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης, στην αξιοποίηση μεγαλύτερου εύρους ζώνης και στη διασφάλιση της ανταγωνιστικότητας του 3GPP. Η φάση του LTE βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη και αποτελεί μέρος της έκδοσης 8 του 3GPP standard ενώ οι βασικές αρχές λειτουργίας του είναι η υιοθέτηση του OFDM ως μοντέλου διαμόρφωσης και η χρήση MIMO τεχνολογίας κεραιοσυστημάτων (αρχικά 2x2 κα μελλοντικά 4x4).

Το αντίστοιχο πρότυπο για δίκτυα μακροκυψελών που ανταγωνίζεται το LTE είναι το mobile WiMAX το οποίο συντάσσεται από την IEEE και φέρουν τον κωδικό 802.16e στο οποίο θα αναφερθούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

3.8 Τέταρτη γενιά - (4G)

Τα κινητά τηλέφωνα 4^{ης} γενιάς είναι το μέλλον της κινητής τηλεφωνίας. Τα χαρακτηριστικά της 4^{ης} γενιάς κινητών τηλεφώνων είναι η IP λύση που δίνεται όπου φωνή, δεδομένα και πολυμέσα θα παρέχονται οποτεδήποτε και οπουδήποτε. Η τέταρτη γενιά έχει αρχίσει ήδη να εμφανίζεται σιγά σιγά (ήδη κάνει τα πρώτα της βήματα στις Η.Π.Α, τις σκανδιναβικές χώρες, την Νοτιοανατολική Ασία και Ιαπωνία). Οι χρήστες κινητών τηλεφώνων θα έχουν πιο γρήγορη πρόσβαση στο Διαδίκτυο, γεγονός που αναμένεται να δώσει μία νέα δυναμική στην αγορά της κινητής τηλεφωνίας τόσο σε υπηρεσίες (μετεωρολογικές προβλέψεις, GPS) όσο και σε περιεχόμενο (ειδήσεις, ραδιόφωνο, παιχνίδια). Τα κινητά τηλέφωνα αυτής της γενιάς μπορούμε να πούμε ότι μοιάζουν περισσότερο με μικρούς υπολογιστές με απεριόριστες δυνατότητες. Οι επεξεργαστές τους φτάνουν σε συχνότητα το 1GHz, οι οθόνες τους είναι 3 και 4 Megapixels, η σύνδεση στο διαδίκτυο γίνεται με κάθε δυνατό τρόπο, υπάρχει σύγκλιση μεταξύ ασύρματης και ενσύρματης τεχνολογίας, η πρόσβαση στις ιστοσελίδες κοινωνικής διαδικτύωσης (Facebook και Twitter) έχει τα χαρακτηριστικά της αμεσότητας και της ταχύτητας. Τέλος, μπορεί να παρέχει ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση, Multimedia Messaging Service, video chat, mobile TV, υψηλής πιστότητας τηλεοπτικό περιεχόμενο (HDTV) και ψηφιακής μετάδοσης video (DVB) και υψηλή ασφάλεια.

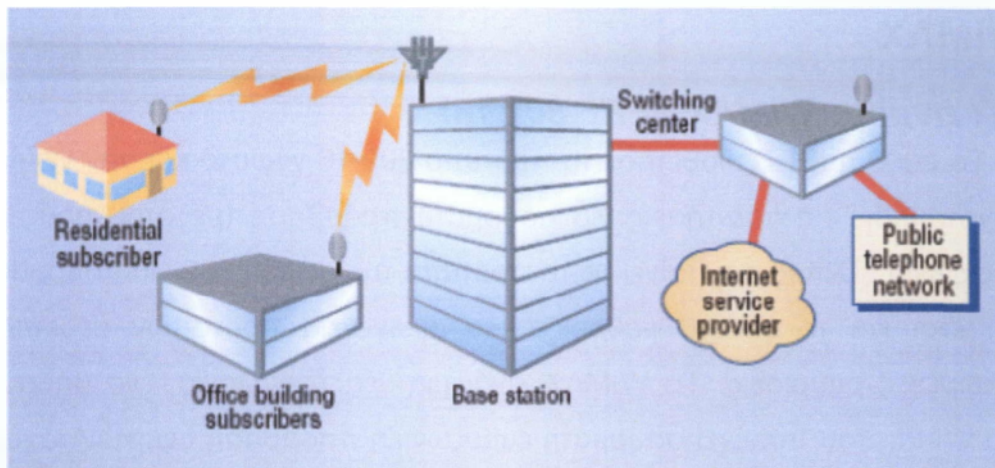
4 WiMAX

4.1 Τι είναι το WiMAX (IEEE 802.16)

Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν WiMAX, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Όπως συμβαίνει με τα πρότυπα της σειράς 802 για ασύρματα τοπικά δίκτυα, έτσι και το 802.16 καθορίζει μια οικογένεια προτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις. Το WiMAX είναι μια νέα τεχνολογία, ένα βήμα μπροστά από το Wi-Fi, που παρέχει ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων σε μεγάλες αποστάσεις. Είναι σαφώς καλύτερο από το Wi-Fi και μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις μετάδοσης. Πλέον ένας φορητός υπολογιστής μπορεί να συνδυάζει τις ιδιότητες κινητού τηλεφώνου και ραδιοφωνικού πομπού: θα πιάνει «παντού» και θα εξασφαλίζει επικοινωνία με και από κάθε γωνιά του πλανήτη. Τα ασύρματα μέσα μετάδοσης χωρίζονται σε δύο είδη, τα point to point και τα point to multipoint. Η κυριότερη point to multipoint τεχνολογία είναι το WiMAX

Τα αρχικά της λέξης WiMAX προκύπτουν από τις λέξεις World Interoperability for Microwave Access και είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός ο οποίος ταυτοποιεί συγκεκριμένο εξοπλισμό υποστηριζόμενος από εταιρίες (Intel...) προσπαθώντας να προωθήσει το πρότυπο 802.16 σε κάθε ευρυζωνικής ασύρματης πρόσβασης σύστημα. Για να γίνουμε λίγο πιο σαφής το WiMAX δεν είναι ένα πρότυπο αλλά ένα εμπορικό όνομα που αναφέρεται σε κάθε σύστημα και εφαρμογή που χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.16. Το να ταυτοποιείται λοιπόν ένα προϊόν με το όνομα WiMAX σημαίνει ότι έχει κατασκευαστεί με βάση το πρότυπο 802.16 και έτσι εξασφαλίζεται η συμβατότητα και η διαλειτουργικότητα (interoperability) στον BWA εξοπλισμό.

Αρχικά, το όραμα των υπερασπιστών του WiMAX, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, ήταν ότι οι μεταφορείς θα εγκαταστήσουν πομποδέκτες στεγών ως σταθμούς βάσεων συνδεδεμένους με το Διαδίκτυο. Κάθε ένας σταθμός βάσεων θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία WiMAX για να στείλει και να λάβει δεδομένα από και προς τις σταθερές κεραιές συνδρομητών, που είναι τοποθετημένες στις στέγες ή στους εξωτερικούς τοίχους.



Σχήμα 5. Όραμα των υπερασπιστών του WiMAX (Κάθε σταθμός βάσης χρησιμοποιεί τεχνολογία WiMAX)

Αντίθετα με άλλα ασύρματα δίκτυα, τα οποία επιτρέπουν μεταδόσεις μόνο σε μία ζώνη συχνοτήτων, το WiMAX επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων σε πολλές ζώνες συχνοτήτων.

Το WiMAX αναμένεται να επιτρέψει αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες πέρα από τα ασύρματα δίκτυα με κόστος που θα καταστήσει ενεργή την υιοθέτηση μαζικής αγοράς. Το WiMax είναι το μόνο ασύρματο πρότυπο που σήμερα έχει τη δυνατότητα να παραδώσει τις αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες και βοηθάει στο να γίνει το όραμα της κυρίαρχης συνδετικότητας μια πραγματικότητα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των συστημάτων που βασίζονται στο πρότυπο 802.16 είναι τα εξής:

- Η ικανότητα γρήγορης παροχής υπηρεσιών ακόμα και σε περιοχές πολύ απομακρυσμένες όπου η εγκατάσταση ενσύρματων δικτύων θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη.
- Αποφυγή μεγάλου κόστους εγκατάστασης.
- Η ικανότητα υπέρβασης των φυσικών περιορισμών που υπάρχουν στην ενσύρματη δικτύωση.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω θα μπορούσαμε να πούμε ότι το 802.16 συνιστά ένα πολύ ευέλικτο και οικονομικό πρότυπο το οποίο μπορεί να καλύψει τις αδυναμίες της ενσύρματης δικτύωσης και επιπλέον να παρέχει νέες υπηρεσίες και προϊόντα.

4.2 Υποπρότυπα IEEE 802.16

4.2.1 IEEE 802.16 a

Η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ σταθμών που δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή ήταν το κίνητρο για τη δημιουργία του υποπρωτύπου IEEE 802.16 a. Τον Ιανουάριο του 2003 το πρότυπο επεκτάθηκε ώστε να λειτουργεί και στις συχνότητες από 2-11 GHz όπου στις συχνότητες αυτές ήταν δυνατή η δημιουργία συνδέσεων χωρίς οπτική επαφή πομπού - δέκτη. Το υποπρότυπο το οποίο περιγράφει τη διαδικασία αυτή ονομάστηκε IEEE 802.16 a. Τα πρώτα προϊόντα WiMAX τα οποία σήμερα είναι διαθέσιμα στην αγορά ακολουθούν στην μεγαλύτερή τους πλειοψηφία το υποπρότυπο αυτό.

4.2.2 IEEE 802.16 b

Το πρότυπο 802.16b ήταν από τα πρώτα που δημιουργήθηκαν. Η δημιουργία του υποπρωτύπου αυτού στόχευε στις εφαρμογές εκτός νόμιμης (licensed) περιοχής στις συχνότητες 5-6GHz. Το 802.16b παρέχει QoS διαβεβαιώνοντας ότι θα υπάρχει προτεραιότητα στη μετάβαση πραγματικού χρόνου εικόνας και ήχου καθώς επίσης παρέχει διαφοροποιημένα επίπεδα υπηρεσίας σε διαφορετικού τύπου μετακίνησης δεδομένων.

4.2.3 IEEE 802.11 c

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην αρχική του έκδοση το πρότυπο IEEE 802.16 λειτουργούσε στην ζώνη συχνοτήτων 10-66 GHz. Στις παραπάνω συχνότητες η επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών επιτυγχάνεται μόνο όταν οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται σε συνθήκες οπτικής επαφής. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται στο υποπρότυπο IEEE 802.11 c.

4.2.4 IEEE 802.16 d.

Καθώς η πολυπλοκότητα των εφαρμογών που διαδίδονται πάνω από ένα ασύρματο δίκτυο ολοένα και αυξάνει, η ποιότητα υπηρεσίας πάνω από τέτοια δίκτυα γίνεται ένας πολύ καθοριστικός παράγοντας για την ποιότητα της επικοινωνίας. Για παράδειγμα, η μετάδοση video σε πραγματικό χρόνο απαιτεί από το δίκτυο συνθήκες πολύ χαμηλής καθυστέρησης μετάδοσης. Για αυτό το λόγο, προκειμένου

να ικανοποιηθεί η ανάγκη για ποιότητα υπηρεσίας ορίστηκε το υποπρότυπο IEEE 802.16 d.

4.2.5 IEEE 802.16 e

Το υποπρότυπο IEEE 802.16 e εισάγει και περιγράφει την έννοια της κινητικότητας των χρηστών από ένα base station σε άλλο. Στο υποπρότυπο αυτό ορίζεται ότι ένας κινητός χρήστης μπορεί να συνεχίσει να εξυπηρετείται από το δίκτυο ακόμα και αν κινείται με ταχύτητες οι οποίες προσεγγίζουν τα 120 Km / h . Ωστόσο η παραπάνω τιμή είναι ενδεικτική - πειραματική, καθώς μέχρι τη στιγμή αυτή δεν υπάρχει κάποιο διαθέσιμο προϊόν στην αγορά συμβατό με το IEEE 802.16 e υποπρότυπο που να πιστοποιεί την προαναφερθείσα τιμή.

4.2.6 IEEE 802.16-2004

Η ένωση των υποπροτύπων IEEE 802.11 a, c, d όρισε το πρότυπο IEEE 802.16-2004 το οποίο περιγράφει τη συνολική λειτουργικότητα των επιμέρους υποπροτύπων που προαναφέρθηκαν για συχνότητες λειτουργίας 2-66 GHz. Το πρότυπο IEEE 802.26-2004 ορίζει την επικοινωνία χρηστών οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε ένα κελί το οποίο καλύπτεται από ένα base station . Όταν κάποιος χρήστης κινηθεί σε περιοχή που βρίσκεται εκτός περιοχής κάλυψης του base station η σύνδεση χάνεται.

4.3 Τα κύρια χαρακτηριστικά του WiMAX

Αρχικά βασικό χαρακτηριστικό του προτύπου είναι η **διεκπαιρευτική ικανότητα, ρυθμοαπόδοση (throughput)**. Το πρότυπο IEEE 802.16 επιτυγχάνει πολύ μεγάλη ρυθμοαπόδοση, ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις αφού έχει ένα πολύ μεγάλο φάσμα εκπομπής που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε αντανakλάσεις του σήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής του.

Επίσης πολύ σημαντικό για τη διάδοση του είναι η **κλιμακωσιμότητα (scalability)** ή καλύτερα επεκτασιμότητα. Για να μπορεί να γίνει εύκολος και επεκτάσιμος σχεδιασμός κυψελών (cells) επικοινωνίας σε επιτρεπόμενες και μη

συχνοτικές μπάντες ,το πρότυπο IEEE 802.16 υποστηρίζει ευέλικτα από την άποψη εύρους ζώνης κανάλια επικοινωνίας. Για παράδειγμα αν σε κάποιο χειριστή ανατεθεί συχνοτικό φάσμα τον 20 MHz, τότε αυτός μπορεί να χωρίσει το φάσμα σε δύο κομμάτια των 10 MHz ή ακόμα σε τέσσερα κομμάτια των 5 MHz. Συγκεντρώνοντας έτσι όλη την ενέργεια σε ένα πολύ μικρό φάσμα συχνοτήτων ο χειριστής μπορεί να αυξήσει τον αριθμό των χρηστών επιτυγχάνοντας παράλληλα μεγάλο βεληνεκές και throughput. Για να κλιμακώσει ακόμα περισσότερο την εμβέλεια του σήματος , ο χειριστής μπορεί να χωρίσει ακόμα περισσότερο το φάσμα συχνοτήτων δημιουργώντας απομόνωση μεταξύ των κεραιών των σταθμών βάσης.

Ένα άλλο εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό του WiMax είναι η **εμβέλεια (coverage)**. Το πρότυπο IEEE 802.16 κατασκευάζεται έτσι ώστε να υποστηρίζει τεχνολογίες που αυξάνουν την εμβέλεια του σήματος όπως *mesh τοπολογίες* και έξυπνες κεραιές. Αξίζει να σημειώσουμε ότι *mesh τοπολογίες* είναι αυτές οι τοπολογίες δικτύου όπου κάθε κόμβος συνδέεται άμεσα με κάθε άλλο κόμβο του δικτύου. Όσο λοιπόν η ράδιο-τεχνολογίες βελτιώνονται και το κόστος μειώνεται, μεγαλώνει και η δυνατότητα αύξησης της εμβέλειας και του throughput με τη χρήση πολλαπλών κεραιών καθώς ενθαρρύνεται και η εξάπλωση της εμβέλειας σε περιοχές που παλαιότερα ήταν αδύνατο να εξαπλωθεί.

Η παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών (QoS ή Quality of service) όπως είναι η μεταφορά φωνής, είναι εξαιρετικά σημαντική για την υιοθέτηση και εξάπλωση του προτύπου. Για αυτό ακριβώς το λόγο το υποπρότυπο 802.16a συμπεριλαμβάνει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που κάνουν δυνατή τη μεταφορά φωνής και βίντεο αφού για να είναι εφικτή αυτή η μεταφορά χρειάζεται ένα χαμηλού φόρτου δίκτυο.

Επίσης κάτι άλλο που χαρακτηρίζει το πρότυπο IEEE 802.16 είναι τα κανάλια ραδιοκυμάτων ασύρματης επικοινωνίας, στα οποία εκπέμπονται οι συχνότητες. Αυτά διαχωρίζονται σε LOS (Line of sight) σε OLOS (Obstructed Line of sight) και σε NLOS (Non line of sight).

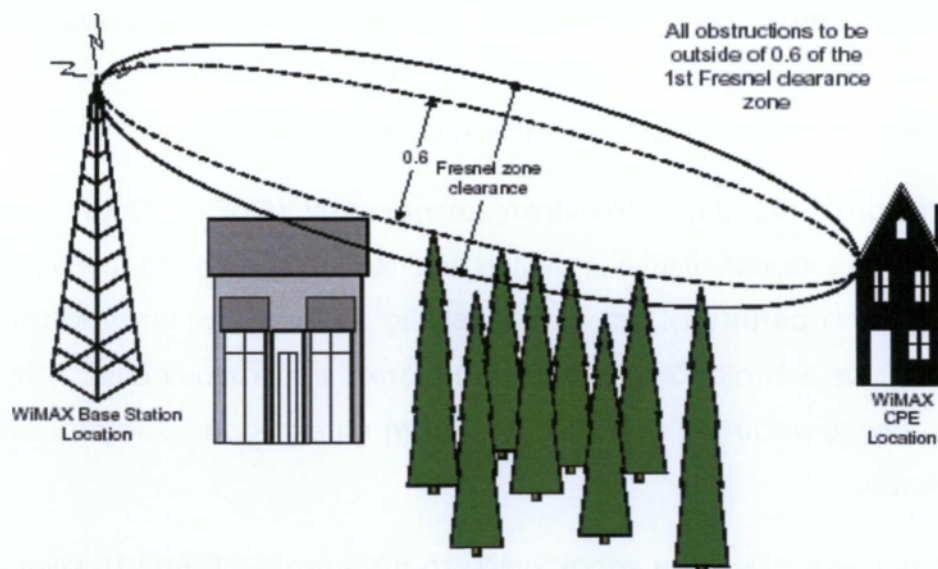
Σε μια σύνδεση LOS ένα σήμα ταξιδεύει σε μία άμεση και χωρίς εμπόδια διαδρομή από το πομπό στο δέκτη. Μια σύνδεση LOS, απαιτεί το 60% της ακτίνας της ζώνης Fresnel να μην παρεμποδίζεται από κάτι.

‘Ζώνη Fresnel ονομάζουμε το ελλειψοειδές με κορυφές τον πομπό και τον δέκτη και ακτίνα η οποία δίνεται απο τον τύπο :

$$R = 21,976 \times \sqrt{\frac{D1 \times D2}{f \times (D1 + D2)}}$$

Αυτό το παρατηρούμε τραβώντας μία κάθετη απο τη νοητή γραμμή που ενώνει τον πομπό και τον δέκτη προς το σημείο που βρίσκεται το εμπόδιο, να συναντά το εμπόδιο αυτό σε απόσταση μεγαλύτερη του 60% της ακτίνας της ζώνης Fresnel και έτσι υπάρχουν μόνο απώλειες ελεύθερου χώρου.

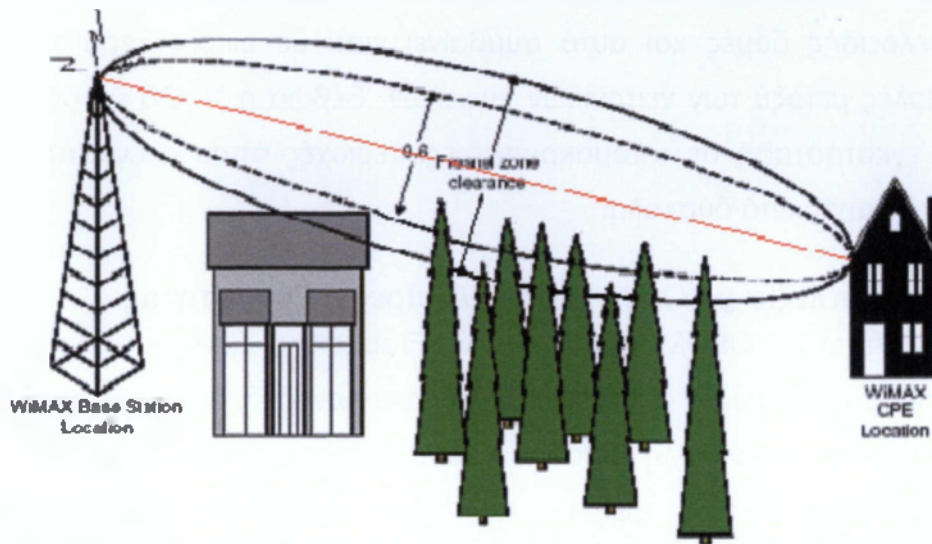
Αν δεν ισχύει αυτό ο παράγοντας τότε η ισχύς του σήματος ελαττώνεται σημαντικά. Γενικά, γνωρίζουμε ότι η ζώνη Fresnel καλύπτει τη ζώνη οπτικής επαφής μεταξύ πομπού και δέκτη. Τα παραπάνω φαίνονται καλύτερα στο παρακάτω σχήμα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η Fresnel zone clearance που αναφέρεται στο σχήμα, εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος και βέβαια από την απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη.



Σχήμα 6. Σύνδεση LOS (το 60% της ζώνης Fresnel δεν παρεμποδίζεται απο κάτι)

Σε μια OLOS σύνδεση ένα σήμα ταξιδεύει σε μία διαδρομή όπου η ευθεία που ενώνει πομπό και δέκτη δεν τέμνεται απο κάποιο εμπόδιο αλλα τα εμπόδια βρίσκονται μέσα στην πρώτη ζώνη του Fresnel και έτσι ξεπερνούν το απαιτούμενο ποσοστό που χρειάζεται η ακτίνα της ζώνης Fresnel για να υπάρχει σύνδεση

LOS(Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα). Το σήμα θα διαδοθεί αλλά θα υπάρχουν μικρές απώλειες διάδοσης που θα υπερβαίνουν τις απώλειες ελεύθερου χώρου.



Σχήμα 7.Σύνδεση OLOS (Τα εμπόδια βρίσκονται μέσα στην πρώτη ζώνη Fresnel)

Σε μια NLOS σύνδεση ένα σήμα φθάνει στο δέκτη μέσω αντανάκλασεων και διασποράς . Το σήμα αυτό που φτάνει στο δέκτη αποτελείται από σήμα που έφτασε άμεσα από το πομπό, σήμα που έφτασε από πολλαπλά μονοπάτια μέσω αντανάκλασης, διασπαρμένη ενέργεια και μονοπάτια όπου συνέβη περίθλαση. Αυτά τα σήματα έχουν διαφορετική καθυστέρηση διάδοσης, πολώσεις, και σταθερότητα σχετικά με το σήμα που φτάνει άμεσα. Το φαινόμενο αυτό του πολλαπλού μονοπατιού που περιγράφουμε μπορεί να ευθύνεται και για την αλλαγή της πολικότητας του σήματος. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα μιας NLOS μετάδοσης:



Σχήμα 8. Σύνδεση NLOS (Το σήμα φτάνει στον δέκτη μέσω αντανάκλασεων και διασποράς)

Γενικά, αν και υπάρχουν προβλήματα, η NLOS μετάδοση έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι της LOS αφού είναι πιο ευέλικτη, απαιτεί πολύ μικρότερες κεραιές. Η ύπαρξη μικρών κεραιών είναι πολύ μεγάλης σημασία σε ασύρματα δίκτυα με κυψελοειδής δομές και αυτό συμβαίνει γιατί με μικρές κεραιές μειώνονται οι παρεμβολές μεταξύ των γειτονικών κυψελών. Βέβαια η NLOS μετάδοση μειώνει το κόστος εγκατάσταση σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η εγκατάσταση πολλών κεραιών είναι αρκετά δύσκολη.

4.3.1 Πολυπλεξία με Ορθογωνική Διαίρεση Συχνότητας

Η τεχνική OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) είναι καταλυτικής σημασίας για την ανάπτυξη δικτύων δεδομένων υψηλών ταχυτήτων. Βασίζεται στην παράλληλη μετάδοση πολλαπλών υποφερόνων, δίνοντας ώθηση στην υλοποίηση δικτύων υψηλών ταχυτήτων. Αποτελεί την εξέλιξη της τεχνικής FDM (Frequency Division Multiplexing) όπου χρησιμοποιείται ένας μικρός αριθμός υποφερόντων όπου στέλνονται το ένα μετά το άλλο, σειριακά, σε συγκεκριμένη φασματική ζώνη φύλαξης (guardband) μεταξύ τους όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα. Για να αυξηθεί η ταχύτητα μετάδοσης, αρκεί να αυξηθεί και η χρονική πυκνότητα αποστολής των πακέτων, δηλαδή να μειωθεί η διάρκεια κάθε πακέτου ώστε σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα να μπορούν να σταλεί ένας μεγαλύτερος αριθμός πακέτων.



Figure. Frequency Division Multiplexing (FDM)
Spacing is put between two adjacent sub-carriers.

Σχήμα 9. Τεχνική FDM (Τα υποφέροντα στέλνονται το ένα μετά το άλλο σε συγκεκριμένη φασματική ζώνη φύλαξης)

Στην OFDM, έχουμε 256 υποφέροντα στο σταθερό WiMax σε δίαυλο 3.5MHz ή 7MHz και 512 ή 1024 και μελλοντικά 2048 υποφέροντα στο κινητό WiMax σε δίαυλο 5MHz ή 10MHz όπου εκπέμπονται Ορθογωνικά χωρίς να υπάρχει φασματική ζώνη φύλαξης. Τα υποφέροντα μεταφέρουν παράλληλα πακέτα δεδομένων ενός ή περισσότερων τερματικών του σταθμού βάσης ενώ για κάθε τερματικό τα

υποφέροντα μπορεί να αφορούν πολλαπλές και διαφορετικές υπηρεσίες . Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε μια OFDM πολυπλεξία.

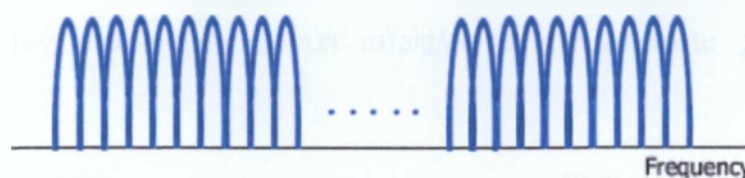


Figure. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)
Sub-carriers are closely spaced until overlap.

Σχήμα 10. Τεχνική OFDM (Τα υποφέροντα μεταφέρουν παράλληλα πακέτα δεδομένων χωρίς φασματική ζώνη φύλαξης)

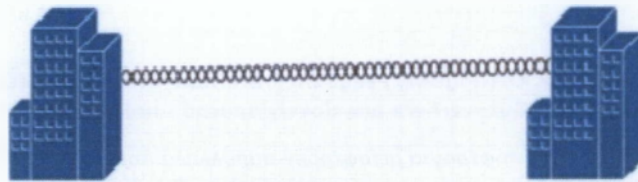
4.3.2 Χρήσεις-τοπολογίες του WiMax

Δίκτυο κορμού στα κυψελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Η εισαγωγή του προτύπου αυτού αναμένεται να μειώσει σημαντικά το κόστος εξάπλωσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας μιας και αποτελεί μια οικονομικότερη πρόταση, αν συγκριθεί με την οπτική ίνα, για τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας. Εξασφαλίζει ταυτόχρονα αξιοπιστία και υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης που απαιτούν τα δίκτυα κορμού των κινητών δικτύων επικοινωνιών.

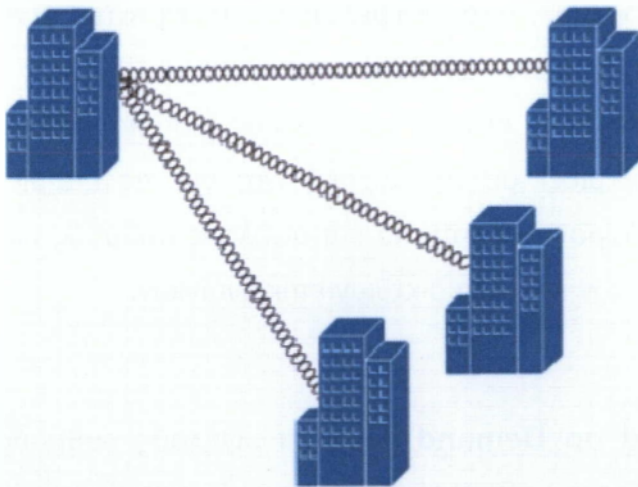
Broadband on Demand. Παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης κάνοντας εφικτή τη χρήση της τεχνολογίας για εφαρμογές πραγματικού χρόνου κάτι που με το πρότυπο IEEE 802.11 (*WiFi*) σε μεγάλες αποστάσεις δεν ήταν εφικτό.

Παρέχει κάλυψη σε περιοχές που είναι αδύνατο να καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπλήρωμα δικτύων οπτικών ινών σε τμήματα του εδάφους στα οποία το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης δικτύων οπτικών ινών είναι απαγορευτικό.

Το WiMAX έχει δύο κύριες εφαρμογές: οι σταθερές εφαρμογές WiMAX είναι **Point-to-Multipoint** επιτρέποντας την ευρυζωνική πρόσβαση στα σπίτια και τις επιχειρήσεις, ενώ κινητό WiMAX προσφέρει την πλήρη κινητικότητα των κυψελοειδών δικτύων με τις αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες. Το WiMAX σχεδιάστηκε κατά βάση ώστε να καλύπτει κυρίως Point-to-Multipoint (PTM) συνδέσεις χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση του για point to point συνδέσεις.



Σχήμα 11. Σύνδεση point to point



Σχήμα 12. Σύνδεση point to multipoint

Η πολυπλεξία η οποία χρησιμοποιείται είναι η OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Η οποία είναι πολύ ανθεκτική τεχνική πολυπλεξίας σε ότι αφορά το φαινόμενο της πολυδιάθρυσης ειδικότερα στις συχνότητες πάνω των 2 GHz όπου το πρότυπο χρησιμοποιεί. Συγκεκριμένα, αυτή η διαμόρφωση έχει πλεονεκτήματα στη ρυθμοαπόδοση, στη λανθάνουσα κατάσταση, τη φασματική αποδοτικότητα και την προηγμένη υποστήριξη κεραιών κάνοντάς το ικανό να

παρέχει την υψηλότερη απόδοση από τις σημερινές ευρείες ασύρματες τεχνολογίες περιοχής.

4.3.3 Ρυθμοί μετάδοσης

Το πρότυπο IEEE 802.16 σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε μια ευρεία μπάντα συχνοτήτων η οποία εκτείνεται από 2 ως 66 GHz. Υποστηρίζει ταχύτητες μετάδοσης ως και 72 Mbps στον αέρα ενώ η πραγματική ταχύτητα στο Ethernet υπολογίζεται στα 50 Mbps. Οι αποστάσεις που μπορεί να καλυφθούν ξεπερνούν τα 50 Km σε συνθήκες οπτικής επαφής. Οι ταχύτητες μετάδοσης του προτύπου εξαρτώνται από την εκάστοτε ψηφιακή διαμόρφωση που χρησιμοποιείται. Συνήθεις διαμορφώσεις είναι η **64 QAM** η οποία μπορεί να εξασφαλίσει και τη μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης, η 16 QAM και η QPSK η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλη κάλυψη του συστήματος.

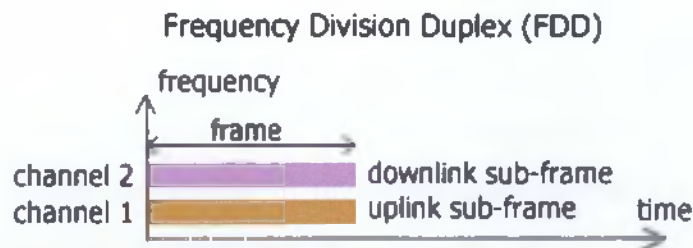
4.4 Τεχνικές Αμφίδρομης μετάδοσης

Για την αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων μεταξύ σταθμού βάσης και τερματικών 2 είναι οι τεχνικές που χρησιμοποιεί το WiMAX, η αμφίδρομη μετάδοση με διαίρεση συχνοτήτων (Frequency Division Duplexing, FDD) η οποία περιορίζεται πλέον σε λίγα συστήματα σταθερού WiMAX και η αμφίδρομη μετάδοση με χρονική διαίρεση (Time Division Duplexing, TDD) η οποία χρησιμοποιείται από κινητά και σταθερά WiMAX.

4.4.1 Αμφίδρομη Μετάδοση με Διαίρεση Συχνοτήτων (Frequency Division Duplexing – FDD)

Με αυτή τη μέθοδο, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε παλαιότερες υλοποιήσεις χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες για την μετάδοση και τη λήψη (συνήθως 3.5MHz ή 7MHz) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει ζώνη φύλαξης αρκετών MHz (συνήθως 100MHz). Η τεχνολογία FDD παρέχει μια πραγματική full duplex λύση αλλά επίσης έχει το πρόβλημα της δέσμησης φάσματος συχνοτήτων και για τη μετάδοση αλλά και για τη λήψη. "Κάθε τερματικό μεταδίδει σε διαφορετικό, προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, καταλαμβάνοντας μία ή περισσότερες

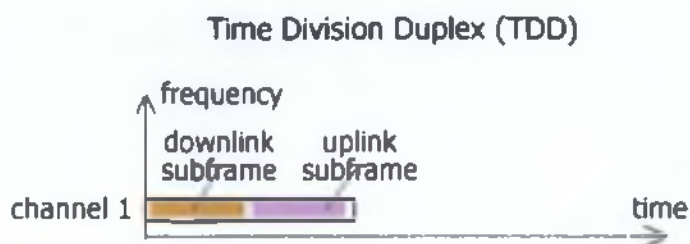
χρονοθυρίδες. Πιο απλά, χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο φάσμα συχνοτήτων η επικοινωνία μπορεί να περιοριστεί σε σχέση με τον όγκο της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρει.



Σχήμα 13. Αμφίδρομη μετάδοση με διαίρεση συχνοτήτων

4.4.2 Αμφίδρομη Μετάδοση με χρονική Διαίρεση (Time Division Duplexing – TDD)

Αντί της δέσμευσης διαφορετικής συχνότητας για την λήψη και την μετάδοση, η μέθοδος TDD η οποία υιοθετείται περισσότερο σε νέες τεχνολογίες ασύρματων δικτύων, πραγματοποιεί και την μετάδοση και την λήψη στην ίδια συχνότητα (3.5MHz ή 7MHz για το σταθερό WiMax και 5MHz ή 10MHz για το κινητό WiMax) με την διαφορά ότι η μετάδοση και η λήψη εναλλάσσονται περιοδικά κατά την διάρκεια της επικοινωνίας, βάση συγκεκριμένου σχεδίου μετάδοσης/λήψης, που καθορίζει ο σταθμός βάσης και στο οποίο υπακούουν υποχρεωτικά όλα τα τερματικά που εξηπηρετούνται απο το συγκεκριμένο σταθμό βάσης. Παρόλο που αυτή η μέθοδος ουσιαστικά λειτουργεί σαν **half-duplex** (μονόδρομη) επικοινωνία στο φυσικό επίπεδο και απαιτεί από τις συσκευές να μπορούν να εναλλάσσονται πολύ γρήγορα μεταξύ της κατάστασης μετάδοσης και της κατάστασης λήψης, πρόκειται για μια λύση η οποία μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε σχέση με την χρήση και αξιοποίηση του φάσματος συχνοτήτων.



Σχήμα 14. Αμφίδρομη μετάδοση με χρονική διαίρεση

4.5 Διαμόρφωση σήματος

Στις τηλεπικοινωνίες **διαμόρφωση** ονομάζεται η διαδικασία μεταβολής ενός περιοδικού σήματος, συνήθως υψίσυχνου, με στόχο την κωδικοποίηση σε αυτό ενός σήματος χαμηλής συχνότητας το οποίο μεταφέρει κωδικοποιημένη πληροφορία. Το υψίσυχνο σήμα τότε καλείται **φέρων** και συνήθως είναι σήμα απλής συχνότητας (π.χ. μία ημιτονοειδής κυματομορφή). Η διαμόρφωση απαιτείται για να μπορέσει να διέλθει ένα σήμα από κάποιο τηλεπικοινωνιακό κανάλι (ένα καλώδιο, στις ενσύρματες επικοινωνίες, ή ο ελεύθερος χώρος, στις ασύρματες επικοινωνίες) το εύρος ζώνης του οποίου δεν επικαλύπτεται με το εύρος ζώνης του σήματος. Στο άλλο άκρο της επικοινωνίας, στον παραλήπτη, λαμβάνει χώρα η ανάστροφη διαδικασία προκειμένου να ανακτηθεί το αρχικό σήμα, η **αποδιαμόρφωση**.

Η διαμόρφωση σήματος λοιπόν μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την αναλογική και την ψηφιακή. Στις αναλογικές διαμορφώσεις το σήμα πληροφορίας που διαμορφώνεται είναι σε αναλογική μορφή και οι κυριότερες μέθοδοι των αναλογικών διαμορφώσεων είναι οι:

- Διαμόρφωση πλάτους (AM)
- Διαμόρφωση απλής ζώνης (SSB)
- Διαμόρφωση διπλής ζώνης (DSB)
- Διαμόρφωση συχνότητας (FM)
- Διαμόρφωση φάσης (PM)

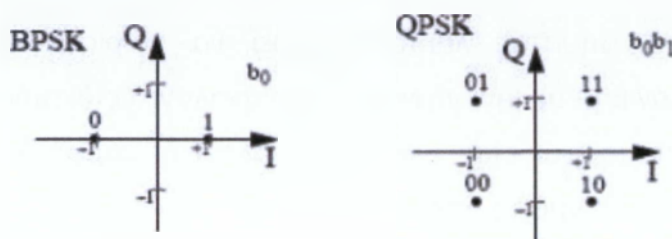
Ενώ στις ψηφιακές διαμορφώσεις το σήμα πληροφορίας που διαμορφώνεται είναι σε ψηφιακή μορφή και οι κυριότερες μέθοδοι των ψηφιακών διαμορφώσεων είναι οι:

- Διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας (FSK)
- Διαμόρφωση μετατόπισης πλάτους (ASK)
- On Off Keying (OOK)
- Διαμόρφωση μετατόπισης φάσης (PSK)
- Διαμόρφωση πλάτους με ορθογωνισμό φάσης (QAM)

4.5.1 Ψηφιακές Μέθοδοι Διαμόρφωσης WiMAX

Το WiMAX χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό από ψηφιακές μεθόδους διαμόρφωσης, κατά πρώτον η PSK (Phase Shift Keying) και συγκεκριμένα η BPSK και η QPSK παραλλαγή της. Κατά την BPSK (Binary PSK) μεταβάλλουμε τη φάση του φέροντος σήματος, είτε σε 0° είτε σε 180° , ανάλογα με το αν το bit που θέλουμε

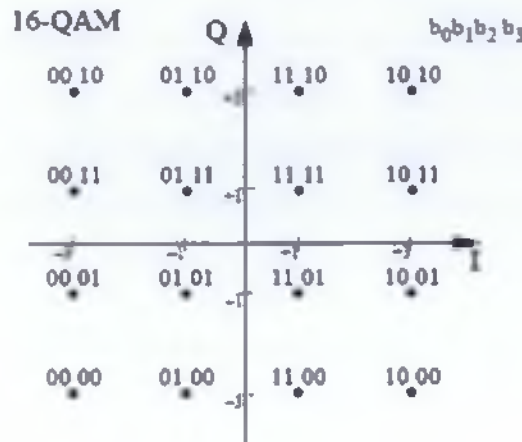
να στείλουμε κάθε φορά είναι 0 ή 1 αντίστοιχα. Κατά την QPSK (Quadrature PSK) προστίθενται δύο επιπλέον φάσεις, οι 90° και 270° . Έτσι, τώρα, έχουμε τέσσερις διαφορετικές «εμφανίσεις» του φέροντος σήματος, πράγμα το οποίο μάς βολεύει στο να κωδικοποιήσουμε 2 bits πληροφορίας σε κάθε «εμφάνιση», δηλαδή σε κάθε διαφορετική φάση ($4=2^2$). Δηλαδή, αν η φάση του φέροντος είναι 0° , σημαίνει ότι έχουν κωδικοποιηθεί τα bits 00. Αν η φάση είναι 90° , έχουν κωδικοποιηθεί τα bits 01. Αν η φάση είναι 180° έχουν κωδικοποιηθεί τα bits 11. Και, τέλος, αν η φάση είναι 270° , έχουν κωδικοποιηθεί τα bits 10. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται γραφικά οι κωδικοποιήσεις BPSK και QPSK:



Σχήμα 15 Αριστερά βλέπουμε την κωδικοποίηση BPSK ενώ δεξιά τη κωδικοποίηση QPSK

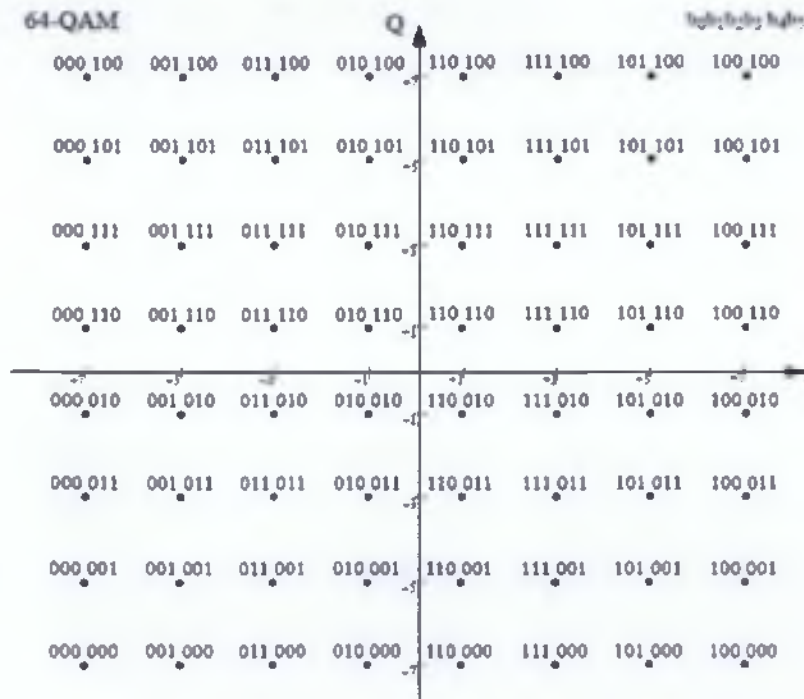
Η επόμενη διαμόρφωση που χρησιμοποιούμε στο WiMAX είναι η QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Αυτή η διαμόρφωση προέρχεται από το συνδυασμό της ASK και της PSK. Σημειώνουμε εδώ ότι η ASK (Amplitude Shift Keying) περιλαμβάνει μεταβολή του πλάτους (ή αλλιώς της ισχύος) του φέροντος σύμφωνα με το σήμα πληροφορίας. Ανάλογα με το πόσες διαφορετικές «εμφανίσεις» του φέροντος έχουμε, χαρακτηρίζεται και η διαμόρφωση (M-QAM). Το M μπορεί να πάρει τιμές 16, 32, 64, κλπ. Στο WiMAX χρησιμοποιούμε την 16-QAM και την 64-QAM. Στην 16-QAM υπάρχουν 16 διαφορετικές «εμφανίσεις» του φέροντος που διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά στη φάση και στο πλάτος (4 διαφορετικές φάσεις \times 4 διαφορετικά πλάτη = 16 «εμφανίσεις»). Επομένως μπορούμε να αναπαραστήσουμε ταυτόχρονα 4 bits πληροφορίας ($16=2^4$) σε κάθε

«εμφάνιση» του φέροντος. Οι «εμφανίσεις» αυτές και οι αντίστοιχες κωδικοποιήσεις των bits φαίνονται και στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 16. Διαμόρφωση 16-QAM

Τα αντίστοιχα ισχύουν και για την 64-QAM. Συγκεκριμένα, κωδικοποιούνται 6 bits ταυτόχρονα σε κάθε σύμβολο (αφού υπάρχουν $64=2^6$ «εμφανίσεις» του φέροντος). Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των bits/symbol, τόσο υψηλότερη είναι προφανώς και η ρυθμοαπόδοση (throughput), αλλά και η απόδοση φάσματος που πετυχαίνεται στο κανάλι(βλέπε παρακάτω σχήμα):



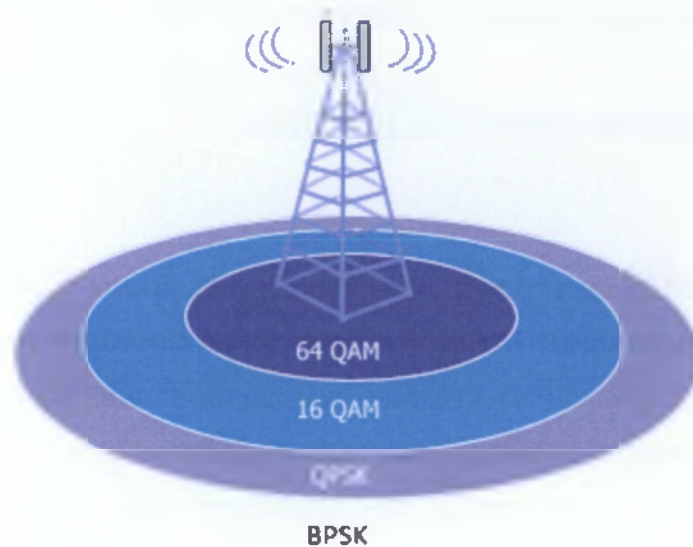
Σχήμα 17. Διαμόρφωση 64-QAM

Όμως, όσο περισσότερες διαφορετικές «εμφανίσεις» του φέροντος έχουμε, τόσο δυσκολότερο είναι ο δέκτης να αποφασίσει για ποια συγκεκριμένη «εμφάνιση» πρόκειται. Αυτό συμβαίνει γιατί η διαφορά μεταξύ των «εμφανίσεων» είναι μικρή και δεδομένων των παρεμβολών και των μη ιδανικών συνθηκών διάδοσης, υπάρχει περίπτωση ο δέκτης να λάβει διαφορετική από την πεμφθείσα «εμφάνιση» του φέροντος. Αυτή η πιθανότητα λάνθασμένης λήψης μπορεί να μειωθεί αν οι συνθήκες διάδοσης στο κανάλι προσεγγίζουν περισσότερο τις ιδανικές, δηλαδή αν αυξηθεί ο σηματοθορυβικός λόγος (SNR) τόσο στη μετάδοση όσο και στη λήψη ανα τερματικό.

4.5.2 Προσαρμοστική διαμόρφωση (Adaptive Modulation) στο WiMAX

Το WiMAX λοιπόν παρόλο που αδυνατεί να υποστηρίξει αποδοτικότερες τεχνικές διαμόρφωσης σε πολυανακλαστικά περιβάλλοντα και περιβάλλοντα με παρεμβολές, δεν κάνει χρήση μόνο μίας τεχνικής από τις οποίες αναφέραμε πριν, αλλά μπορεί και επιλέγει για κάθε περίπτωση ξεχωριστά την πιο κατάλληλη, ανάλογα με την ποιότητα ραδιοζεύξης, προκειμένου να γίνει δυνατή η παροχή υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Συγκεκριμένα ο σταθμός βάσης εξετάζει κάποια κριτήρια τα οποία αφορούν τον ρυθμό άφιξης εσφαλμένων bit (bit error rate), εσφαλμένων πλαισίων Ethernet (frame error rate), εσφαλμένων πακέτων IP (packet error rate) και τον λόγο του οφέλιμου σήματος προς το θόρυβο και τις παρεμβολές (signal to interference and noise ratio) και στη συνέχεια επιλέγει την διαμόρφωση που ταιριάζει σε κάθε περίπτωση, είτε στην κατερχόμενη, είτε στην ανερχόμενη μετάδοση. Όταν ο σταθμός βρεί αστάθεια σε κάποια ζεύξη τότε ο σταθμός θα υποβιβάσει την διαμόρφωση της συγκεκριμένης ζεύξης σταδιακά στην αμέσως προηγούμενη και θα συνεχίζει να υποβιβάζει την διαμόρφωση μέχρι να πετύχει την απαιτούμενη σταθερότητα. Την αντίστροφη ακριβώς διαδικασία ακολουθεί κάποιο τερματικό το οποίο θέλει να επικοινωνήσει με τον σταθμό βάσης, αρχικά σε διαμόρφωση BPSK και αναβαθμίζει την διαμόρφωση της ζεύξης σταδιακά.

Με άλλα λόγια, με αύξοντα σηματοθορυβικό λόγο χρησιμοποιούμε κατά σειρά τις εξής διαμορφώσεις: BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τις ζώνες προσαρμοστικής διαμόρφωσης.



Σχήμα 18. Ζώνες προσαρμοστικής διαμόρφωσης

4.6 Ασφάλεια του WiMAX

Την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων στο WiMAX πλέον αναλαμβάνει ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης AES (Advanced Encryption Standard) των 128 bits ενώ στο mobile WiMAX χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Triple DES. Το DES αναπτύχθηκε το 1970 από το Αμερικανικό Εθνικό Γραφείο Προτύπων. Η βασική ιδέα ήταν η ανάπτυξη ενός αλγόριθμου κρυπτογράφησης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί (και να βελτιωθεί) από διάφορες εταιρείες ή οργανισμούς. Το DES ανήκει στην οικογένεια των συμμετρικών αλγόριθμων και κάνει χρήση κλειδιών με μήκος 56 bit. Ο "κλασικός" αλγόριθμος DES είναι πλέον ξεπερασμένος, αφού με τη χρήση ενός σύγχρονου υπολογιστή μπορεί να παραβιαστεί σχετικά εύκολα. Οι προαναφερόμενοι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης και ιδιαίτερα ο AES θεωρούνται από τους πιο ασφαλείς καθώς έχουν υιοθετηθεί από πολλές υπηρεσίες ασφαλείας.

4.7 Εφαρμογές του WiMAX

Γενικά υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εφαρμογών του WiMAX: οι σταθερές εφαρμογές, οι οποίες επιτρέπουν την ευρυζωνική πρόσβαση στα σπίτια και τις επιχειρήσεις και οι κινητές εφαρμογές WiMAX που προσφέρουν την πλήρη κινητικότητα των κυψελοειδών δικτύων στις αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες.

Πιο συγκεκριμένα, όμως, το πρότυπο 802.16 έχει εξαιρετικές εφαρμογές και θα δώσει πολλές λύσεις σε υπάρχοντα προβλήματα της βιομηχανίας, μερικές από τις οποίες αναφέρονται περιληπτικά παρακάτω:

Κυψελοειδής μετάδοση (backhaul): Οι παροχείς της κύριας αρτηρίας (backbone) του internet στην Αμερική είναι αναγκασμένοι να μισθώσουν σε τρίτους παροχείς υπηρεσιών (ISP's) γραμμές του δικτύου μια συμφωνία που κάνει την ενσύρματη σύνδεση στο internet για τους χρήστες αρκετά προσιτή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το 20% των κυψελών που εξυπηρετούν την ασύρματη επικοινωνία να μένουν αχρησιμοποίητες. Στην Ευρώπη όμως δεν συμβαίνει αυτό, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να βρεθούν εναλλακτικές λύσεις. Το 802.16a αποτελεί μία εξαιρετική λύση σε εταιρίες παροχής τέτοιων υπηρεσιών που τώρα δε θα είναι αναγκασμένες να μισθώνουν ενσύρματες γραμμές αλλά μπορούν με τη χρήση των ασύρματων κυψελών να παρέχουν φτηνό internet στους χρήστες.

Άρση των περιορισμών των καλωδίων: Υπάρχουν κάποιοι φυσικοί περιορισμοί στις καλωδιακές και DSL τεχνολογίες οι οποίοι αποτρέπουν πολλούς πελάτες να συνδεθούν με το δίκτυο. Η γνωστή DSL σύνδεση μπορεί να φτάσει μέχρι περίπου τρία μίλια μακριά από το κεντρικό δρομολογητή πράγμα που σημαίνει ότι πολλές αστικές και προαστιακές περιοχές δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από DSL τεχνολογία. Η χρήση του καλωδίου έχει επίσης και τους περιορισμούς της. Πολλά παλιά ενσύρματα δίκτυα δεν είναι εξοπλισμένα με κανάλι επιστροφής και έτσι ο εκσυγχρονισμός αυτών μπορεί να είναι ιδιαίτερα ακριβός. Επίσης η επέκταση της καλωδιακής εγκατάστασης είναι αρκετά δύσκολη και ακριβή ειδικά σε περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει μεγάλη «πυκνότητα» χρηστών. Η προτυποποίηση της ασύρματης δικτύωσης με τη δημιουργία του 802.16 μπορεί να λύσει όλα τα παραπάνω προβλήματα. Επίσης μπορεί να παρέχει επιπλέον μεγάλο bandwidth, ευελιξία και χαμηλό κόστος.

Επέκταση της ασύρματης ευρυζωνικότητας: Το πρότυπο 802.16 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μεγαλύτερη αξιοποίηση του 802.11 . Τα σπίτια ή τα γραφεία τα οποία έχουν μικρά LAN τα οποία χρησιμοποιούν το 802.11 μπορεί να γίνουν

σταθμοί για ένα 802.16 WAN ειδικότερα σε περιοχές που η χρήση καλωδίων είναι εξαιρετικά δύσκολη. Εδώ μπαίνει ξανά το θέμα σύνδεσης στο internet ειδικότερα για εταιρίες οι οποίες χρειάζεται να μετακινούνται. Επίσης, η χρήση του 802.16 μας απαλλάσσει από το πρόβλημα της εγκατάστασης καλωδιώσεων σε κτίρια τα οποία δεν είχε γίνει καμία προηγούμενη τέτοια εγκατάσταση και με πολύ χαμηλό κόστος. Επιπλέον μας δίνεται το πλεονέκτημα να διαμορφώσουμε τη σύνδεση μας σε πιο αργή ή πιο γρήγορη χωρίς καμία επιπλέον εγκατάσταση.

Απομακρυσμένες περιοχές: Η ασύρματη τεχνολογία internet με τη χρήση του 802.16 είναι μία φυσική επιλογή για απομακρυσμένες περιοχές. Σε αυτή τη κατεύθυνση έχουν αρχίσει να δουλεύουν πολλές κυβερνήσεις σε συνεργασία με WISP. Σύμφωνα με πρόσφατα στατιστικά περισσότεροι από 2.500 WISPs που εκμεταλλεύονται το χωρίς άδεια φάσμα (exempt-licensed spectrum) έχουν ανοιχτεί σε περισσότερες από 6.000 αγορές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Γενικά όμως σε διεθνές επίπεδο οι περισσότερες επεκτάσεις γίνονται στο νόμιμο φάσμα συχνοτήτων σε πελάτες που απαιτούν καλή ποιότητα μεταφοράς φωνής παρά δεδομένων. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε κάποιες περιοχές που δεν υπάρχει ενσύρματο δίκτυο.

5 GIS - Εισαγωγή

Η τεράστια και ραγδαία ανάπτυξη στην επιστήμη και στην τεχνολογία των ΓΣΠ και της δορυφορικής ψηφιακής χαρτογράφησης οφείλεται στην ανάγκη απεικόνισης και διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων τόσο για επιχειρησιακούς όσο και για κυβερνητικούς σκοπούς. Η χρήση της τεχνολογίας των ΓΣΠ είναι ουσιώδης, καθώς εξελίσσεται σε ένα από τα καλύτερα και γρηγορότερα εργαλεία ως προς την αξιοποίηση των παραγωγικών πόρων. Τα ΓΣΠ χρησιμοποιούν την τεχνολογία των ηλεκτρονικών χαρτών δημιουργώντας αλληλεπίδραση με πολύ-επίπεδους χάρτες έτσι ώστε να βρεθούν βέλτιστες λύσεις για τα προβλήματα. Συνδυάζει χωρικά και μη-χωρικά δεδομένα για να κατασκευάσει πληροφορίες που μπορούν εύκολα να αναλυθούν και να οδηγήσουν στην εύκολη λήψη αποφάσεων. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία των ΓΣΠ για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς, έχουμε ένα ισχυρό εργαλείο

για την επίτευξη του σχεδιασμού αφού ο ψηφιακός χάρτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση των βέλτιστων διαδρομών, για την εκατάσταση οπτικών ινών και την εύρεση καλύτερων τοποθεσιών εγκατάστασης τηλεπικοινωνιακών υποδομών ασύρματων επικοινωνιών.

5.1 Ορισμος των GIS.

Η βιομηχανία και η ακαδημαϊκή κοινότητα δεν έχει αναπτύξει έναν μόνο ορισμό που να χαρακτηρίζει τα GIS. Εδώ αναφέρουμε τρεις από τους επικρατέστερους ορισμούς.

- Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) είναι ένα οργανωμένο σύστημα μηχανικών μερών και λογισμικού κατάλληλο για την συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών (Burrough 1986, Maguire 1991).
- Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν δυναμικά συστήματα πληροφοριών, τα οποία με την τεχνολογία της Πληροφορικής και τις ειδικές μαθηματικές μεθόδους διαχειρίζονται και αξιοποιούν δεδομένα από τις επιστήμες για την παραγωγή μεταπληροφορίας δηλαδή πληροφορίας υψηλότερου επιπέδου.
- Ο επικρατέστερος όμως ορισμός στην βιβλιογραφία, τον οποίο υιοθετούμε, είναι του F. Hanigan ο οποίος ορίζει ως GIS οποιοδήποτε πληροφοριακό σύστημα μπορεί να:
 - Συλλέγει, αποθηκεύει, και ανακτά πληροφορίες βασισμένο στην χωρική τους διάσταση.
 - Αναγνωρίζει τοποθεσίες εντός ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος οι οποίες απαντούν σε συγκεκριμένα κριτήρια.
 - Ανακαλύπτει σχέσεις ανάμεσα σε σει δεδομένων του περιβάλλοντος.
 - Αναλύει χωρικά τα δεδομένα βοηθώντας στην λήψη αποφάσεων σχετικά με το υπό εξέταση περιβάλλον.
 - Διευκολύνει την επιλογή και τον διαμοιρασμό δεδομένων σε εφαρμογές ικανές να εκτιμούν με την χρήση αναλυτικών

μοντέλων την επίδραση της μεταβολής των δεδομένων στο περιβάλλον.

- Παρουσιάζει το επιλεγμένο περιβάλλον τόσο γραφικά όσο και αριθμητικά πριν ή μετά από ανάλυση.

Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών δεν είναι απλώς ένας ακόμα εναλλακτικός τρόπος προβολής δεδομένων με γραφικά. Είναι ένα αναλυτικό σετ εργαλείων για την συλλογή , αποθήκευση , ανάκτηση και απεικόνιση χωρικών πληροφοριών.

5.2 Ιστορική αναδρομή στα GIS.

Η ανάπτυξη των ΓΣΠ είναι στενά συνδεδεμένη με την πρόοδο των Η/Υ. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, οι εξελίξεις στις τιμές, την ταχύτητα και στην αποθηκευτική ικανότητα των workstations και personal Η/Υ σε συνδυασμό με την σημαντική πρόοδο στο λογισμικό των ΓΣΠ, κατέστησε τα GIS διαθέσιμα τόσο από τεχνολογική όσο και από οικονομική άποψη σε μια μεγάλη γκάμα χρηστών.

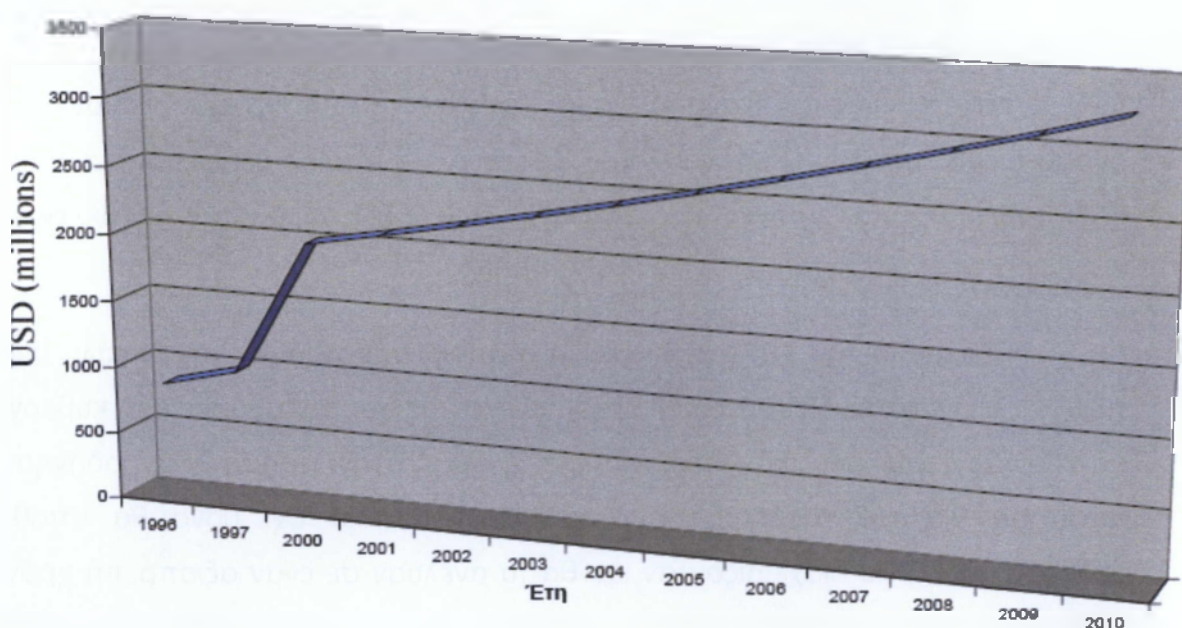
Ωστόσο η ιστορία των ΓΣΠ ξεκινά από το 1960, όταν το πρώτο πραγματικό ΓΣΠ αναπτύχθηκε στον Καναδά για τις ανάγκες του υπουργείου γεωργίας υπό το όνομα CGIS από τον Βρετανό Roger Tomlinson ο οποίος θεωρείται ο πατέρας των ΓΣΠ. Στα πρώτα χρόνια η ανάπτυξη των ΓΣΠ οφειλόταν αποκλειστικά σε κυβερνητικούς και στρατιωτικούς οργανισμούς.

Η δεκαετία του 1970 είναι εκείνη η οποία σηματοδοτεί την μεγάλη ανάπτυξη των ΓΣΠ. Η ανάπτυξη του οικολογικού κινήματος και η επιθυμία των κυβερνητικών οργανισμών για όλο και περισσότερο έλεγχο στην χρήση γης, οδήγησε στην απαίτηση για την ανάπτυξη συστημάτων τα οποία όχι μόνο θα αποθήκευαν δεδομένα αλλά θα διαχειρίζονταν και θα τα ανέλυαν σε έναν αξιοπρεπή χρόνο. Την εποχή αυτή εμφανίζονται και οι πρώτες εμπορικές επιχειρήσεις κατασκευής λογισμικού (esri, Intergraph), εκμεταλλευόμενες την ανάπτυξη των υπολογιστών, οι οποίες προχωρούν στην ανάπτυξη και διάθεση στην αγορά "off-the-self" GIS λογισμικού.

Ταυτόχρονα υπό την αιγίδα της διεθνούς γεωγραφικής ένωσης και της UNESCO λαμβάνουν χώρα, στην Οτάβα του Καναδά, τα πρώτα δύο συνέδρια για τα ΓΣΠ. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο πρώτο συνέδριο έλαβαν μέρος μόλις 40 σύνεδροι, οι οποίοι ήταν και το σύνολο των επιστημόνων από όλο τον κόσμο που εκείνη την

εποχή ασχολούνταν με τα ΓΣΠ. Οι παραπάνω συνέδροι ανέλαβαν την υποχρέωση να συγγράψουν το πρώτο βιβλίο για τα ΓΣΠ το οποίο και παρουσιάστηκε στο συνέδριο του 1972. Αυτό είναι και το κομβικό σημείο της ανάπτυξης των ΓΣΠ. Από το 1972 πανεπιστήμια σε Ευρώπη και Βόρειο Αμερική εισάγουν τα ΓΣΠ στα προγράμματα σπουδών τους, παράγοντας την πρώτη γενιά εξειδικευμένων στα ΓΣΠ στελεχών.

Φτάνοντας στο σήμερα, μελέτη της γνωστής εταιρείας αναλύσεων Frost & Sullivan προσδιορίζει το μέγεθος της βιομηχανίας GIS στα 2 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (USD) και προβλέπει όπως φαίνεται από τον πίνακα 1. αύξηση της αξίας της αγοράς κατά 5% ετησίως, ενώ μελέτες εταιρειών συμβούλων όπως της Andersen Consulting και της IBM περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο τα GIS θα είναι σημαντικός παράγοντας αλλαγών σε πάρα πολλούς τύπους οργανισμών τα επόμενα χρόνια.



Σχήμα 19. Ανάπτυξη βιομηχανίας GIS.

Όλα λοιπόν δείχνουν ότι μια "ήρεμη" επανάσταση, όπως περιγράφεται από το περιοδικό Business Week στο τεύχος του Ιουλίου του 1997, συντελείται. Μια επανάσταση η οποία πρόκειται να επηρεάσει τις ζωές όλων μας.

5.3 Γενικά για τα GIS.

Το κυριότερο κομμάτι ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι η βάση δεδομένων πάνω στην οποία θα στηριχθεί για να κάνει αναλύσεις, να εξάγει συμπεράσματα και να παρουσιάσει τα αποτελέσματα που αφορούν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα σχετικά με μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Μια τέτοια γεωγραφική βάση δεδομένων, εκτός από τις πληροφορίες που περιλαμβάνει μια συνηθισμένη βάση δεδομένων, πρέπει να περιέχει και πληροφορίες που αφορούν τη γεωγραφία μιας περιοχής. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι γεωγραφία μιας περιοχής μπορεί να είναι η μορφολογία του εδάφους, τα βουνά, οι δρόμοι, οι κατοικημένες περιοχές κλπ. Η βασικότερη λειτουργία ενός συστήματος GIS είναι το πώς οργανώνει τις πληροφορίες της βάσης δεδομένων πάνω στην οποία στηρίζεται. Για να κατανοήσει κάποιος τον τρόπο οργάνωσης πρέπει να κατανοήσει την έννοια του επιπέδου (layer) που είναι η στοιχειώδης μονάδα λειτουργίας ενός GIS. Ένα επίπεδο περιλαμβάνει πληροφορίες για μια συγκεκριμένη γεωγραφική οντότητα της περιοχής, πχ. δρόμοι. Στην ουσία το επίπεδο προκύπτει απ' ευθείας από τη βάση δεδομένων (δεν είναι κομμάτι της βάσης δεδομένων) του συστήματος και απεικονίζει στο σύστημα όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες για μία γεωγραφική οντότητα. Η τελική λειτουργία ενός GIS δεν είναι τίποτα άλλο από τον συνδυασμό των καταλλήλων κάθε φορά επιπέδων σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Ένας τέτοιος συνδυασμός μπορεί να είναι απλώς μια γεωγραφική απεικόνιση σε έναν χάρτη, αν πχ θέλουμε να δείξουμε σε έναν χάρτη τα βουνά, τις πόλεις και τα αεροδρόμια μιας περιοχής, ή μπορεί να είναι μια πιο σύνθετη ανάλυση, αν πχ θέλουμε να βρούμε πόσοι δρόμοι περνάνε από μια συγκεκριμένη πόλη. Εδώ θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι ένα GIS δεν είναι απλώς ένα σύνολο από ηλεκτρονικούς ή έντυπους χάρτες, αλλά όλο αυτό το σύνολο των λειτουργιών που ανάμεσα στα άλλα μπορούν να οδηγήσουν και στη δημιουργία τέτοιων χαρτών.

5.4 Ανάγκη χρήσης GIS.

Στο σημείο που βρισκόμαστε δεν είναι προφανής η χρησιμότητα των ΓΣΠ. Από μελέτες προκύπτει ότι το 70% των πληροφοριών που μπορεί κάποιος να συγκεντρώσει, έχουν ή μπορούν να έχουν γεωαναφορά, δηλαδή να μπορούν να συσχετιστούν με ένα συγκεκριμένο σημείο στην επιφάνεια της γης. Τα δεδομένα αυτής της μορφής χαρακτηρίζονται χωρικά δεδομένα (spatial data). Αυτό που

διακρίνει τα ΓΣΠ από ένα κοινό πρόγραμμα κατασκευής χαρτών ή ένα CAD πρόγραμμα είναι η ιδιότητα του να αναλύει χωρικά δεδομένα. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών δεν είναι απλώς ένας ακόμα εναλλακτικός τρόπος προβολής δεδομένων με γραφικά. Είναι ένα αναλυτικό σετ εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση και απεικόνιση χωρικών πληροφοριών, αλλά και ένα εργαλείο αναγνώρισης χωρικών σχέσεων ανάμεσα στα στοιχεία ενός χάρτη.

Χωρίς αμφιβολία με την εμφάνιση της παγκόσμια πληροφοριακής λεωφόρου, δεδομένα που συλλέγονται από δορυφόρους, data loggers, τοπογραφικές έρευνες, δημογραφικές έρευνες αγοράς, καθώς και με κάθε άλλο μέσο και πηγή είναι εύκολα διαθέσιμα τόσο για επιστημονική έρευνα όσο και για εμπορική εκμετάλλευσης.

Όπως προείπαμε το μεγαλύτερο μέρος από αυτά έχουν άμεση ή έμμεση δυνατότητα συσχέτισης με ένα σημείο σε χάρτη. Η γεωαναφορά είναι το κλειδί για την συσχέτιση διαφορετικών δεδομένων και αποτελεί το βασικότερο στοιχείο των ΓΣΠ.

5.5 Χαρακτηριστικά και δυνατότητες.

Τα G.I.S. οφείλουν να είναι ικανά να συσχετίζουν αντικείμενα με ένα πλαίσιο, να ανταπεξέρχονται σε μη γραφικές ιδιότητες (διαχείριση αριθμητικών μοντέλων) και να μπορούν να περιγράφουν τυπολογικές σχέσεις.

Η μετατροπή και η τροποποίηση των δεδομένων είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό του Software που απαιτείται για την άνετη εργασία σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Το G.I.S. θα πρέπει να έχει κάποια βασικά χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να είναι εφικτή η αφαίρεση τυχόν σφαλμάτων, η ενημέρωση του αρχείου για την προσθήκη νέων δεδομένων, ο συσχετισμός δεδομένων με άλλες ομάδες για την εξαγωγή συμπερασμάτων νέας μορφής και η χρησιμοποίηση των υφιστάμενων δεδομένων σε άλλες εργασίες διαφορετικές από την αρχική.

Σημαντικό χαρακτηριστικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η ευρεία χρησιμοποίηση των επιπέδων πληροφορίας (layers). Η εισαγωγή δεδομένων γίνεται με τη χρήση των layers τα οποία μπορεί να παρομοιαστούν με διαφανείς σελίδες, οι οποίες περιέχουν μία καθορισμένη από το χρήστη ομάδα

πληροφοριών. Σε ένα layer είναι δυνατόν να απεικονιστούν όλα τα είδη των στοιχείων, σημεία, γραμμές, επιφάνειες και εικόνες. Για την τοποθέτηση ενός στοιχείου στο layer, δηλώνεται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, το είδος του συμβολισμού που επιθυμεί ο χρήστης και οι πληροφορίες (ονόματα, γράμματα, αριθμοί, κλπ.) που συνοδεύουν την καταχώριση. Με τον τρόπο αυτόν, είναι δυνατή η παρουσίαση όποιων ομάδων πληροφοριών απαιτούνται για τη μελέτη που πραγματοποιείται, χωρίς να γίνεται σύγχυση των πληροφοριών. Κατά κανόνα, τα layers τοποθετούνται με καθορισμένη σειρά, έτσι ώστε τα πιο φορτωμένα με γραφικά δεδομένα να μην τα καλύπτουν. Ως κατώτερο επίπεδο ορίζουμε αυτό που αποτελείται από επιφάνειες (αν υπάρχει και δεύτερο όμοιο, τότε θέτουμε ως κατώτερο αυτό με τις μεγαλύτερες επιφάνειες), ακολουθούν τα επίπεδα με τα γραμμικά δεδομένα (συγκοινωνιακό δίκτυο, ποτάμια, ρήγματα, κλπ) και ως ανώτερο επίπεδο τοποθετείται αυτό με τα σημειακά στοιχεία (πόλεις, επίκεντρα σεισμών, σημεία δειγματοληψιών, κλπ). Πρέπει να σημειωθεί, επίσης, ότι, ακόμα και τα σημειακά δεδομένα, όταν έχουν μεγάλη πυκνότητα, μπορεί να σχηματίσουν ένα επίπεδο (κυρίως, όταν γίνει σμίκρυνση του χάρτη, οπότε πλησιάζει το ένα σημείο στο άλλο) και να καλύψουν τις υποκείμενες πληροφορίες. Για την αποφυγή αυτού, χρησιμοποιείται η λειτουργία zoom range, με την οποία καθορίζονται τα όρια μεγέθυνσης και σμίκρυνσης στα οποία επιθυμεί ο χρήστης να είναι ορατό το κάθε επίπεδο πληροφορίας, έτσι ώστε να βελτιστοποιεί το οπτικό αποτέλεσμα.

5.6 Οφέλη εφαρμογής των GIS.

Η εφαρμογή των GIS δίνει τη δυνατότητα για:

• βελτίωση στην οργανωτική ολοκλήρωση

Ένα GIS μπορεί να βοηθήσει τα διάφορα τμήματα της επιχείρησης (λογιστήριο, marketing, πώλησης, κ.α.) και τις αντιπροσωπείες της να μοιραστούν τα στοιχεία τους. Με τη δημιουργία κοινής βάσης δεδομένων, ένα τμήμα μπορεί να ωφεληθεί από την εργασία ενός άλλου τμήματος, ενώ τα δεδομένα συλλέγονται μια φορά και χρησιμοποιούνται πολλές φορές.

• λήψη καλύτερων αποφάσεων

Το παλιό γνωμικό ότι "καλύτερες πληροφορίες οδηγούν σε καλύτερες αποφάσεις" ισχύει για το GIS. Ένα GIS είναι όχι μόνο ένα αυτοματοποιημένο

σύστημα λήψης απόφασης αλλά ένα εργαλείο για ερωτήσεις και αναλύσεις γεωγραφικών δεδομένων υπέρ της διαδικασίας λήψης απόφασης. Παραδείγματος χάριν, το GIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει, να αποφασίσει μια τηλεπικοινωνιακή επιχείρηση, για τη θέση ενός αναμεταδότη με βάση μια ακτίνα που να μπορεί να εξυπηρετεί όσο το δυνατόν περισσότερους συνδρομητές. Οι πληροφορίες μπορούν να παρουσιαστούν περιληπτικά και σαφώς υπό μορφή χάρτη και συνοδευτικής έκθεσης, που επιτρέπουν στους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων για να εστιάσουν στο πραγματικό ζήτημα από την προσπάθεια να καταλάβουν τα δεδομένα. Επειδή τα προϊόντα GIS μπορούν να παραχθούν γρήγορα, τα εναλλακτικά σενάρια μπορούν να αξιολογηθούν αποδοτικά και αποτελεσματικά.

• δημιουργία χαρτών

Για χάρη της απλότητας τα GIS συχνά καλούνται "λογισμικά χαρτογράφησης". Το GIS είναι αρκετά ευέλικτο να χαρτογραφήσει οποιοδήποτε είδος έκτασης, ακόμη και το ανθρώπινο σώμα. Η παραγωγή των χαρτών με το GIS είναι πιο εύκαμπτη από τις παραδοσιακές χειρωνακτικές ή αυτοματοποιημένες προσεγγίσεις χαρτογραφίας. Ένα GIS δημιουργεί τους χάρτες από στοιχεία που προέρχονται από βάσεις δεδομένων. Οι υπάρχοντες χάρτες εγγράφου μπορούν να τροποποιηθούν και να προβληθούν στο GIS επίσης. Η χαρτογραφική βάση δεδομένων μπορεί να είναι συνεχής και η κλίμακα ελεύθερη. Τα προϊόντα χαρτών μπορούν έπειτα να δημιουργηθούν σε οποιαδήποτε θέση, σε οποιαδήποτε κλίμακα, και να παρουσιάσουν τις επιλεγμένες πληροφορίες που συμβολίζονται αποτελεσματικά για να δώσουν έμφαση στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Ένας χάρτης μπορεί να δημιουργηθεί οποτεδήποτε σε οποιαδήποτε κλίμακα, για όσο υπάρχουν τα στοιχεία. Υπάρχει μια απέραντη διαφορά μεταξύ της προβολής των στοιχείων σε έναν πίνακα και βλέποντας αυτά να παρουσιάζονται υπό μορφή χάρτη. Η διαφορά δεν είναι απλά αισθητική, είναι εννοιολογική.

5.7 Πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών μεθόδων διαχείρισης των δεδομένων.

Σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής, καταχώρισης, οργάνωσης και επεξεργασίας των δεδομένων, τα G.I.S. παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα :

- Είναι ταχύτερη η δημιουργία των χαρτών.
- Είναι φθηνότερη η δημιουργία και αναπαραγωγή των χαρτών, ακόμα και σε περιορισμένο αριθμό αντιγράφων.
- Είναι επιτρεπτός ο πειραματισμός σε γραφικές παρουσιάσεις των ίδιων δεδομένων.
- Είναι δυνατός ο συνδυασμός διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας.
- Περιορίζεται η χρήση του τυπωμένου χάρτη και των αναλογικών δεδομένων ως αρχεία, διατηρώντας μεγάλη ποσότητα δεδομένων σε ψηφιακή μορφή έτοιμα να χρησιμοποιηθούν κάθε στιγμή.
- Διευκολύνονται οι αναλύσεις των δεδομένων που απαιτούν αλληλεπίδραση μεταξύ των στατιστικών αναλύσεων και της χαρτογράφησης.
- Παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας χαρτών που είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να δημιουργηθούν με το χέρι, όπως είναι οι τρισδιάστατοι ή οι στερεοσκοπικοί χάρτες.
- Ανά πάσα στιγμή, είναι δυνατή η επιδιόρθωση ή η προσθήκη δεδομένων.
- Εξυπηρετούν τις ειδικές ανάγκες των διαφόρων χρηστών που έχουν πολλές φορές εντελώς διαφορετικές απαιτήσεις για το είδος και την ακρίβεια των πληροφοριών που χρειάζονται.
- Μειώνουν σημαντικά την ποσότητα των πολλαπλά αποθηκευμένων στοιχείων. Έτσι, οι καταγραφές που περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό όμοιων στοιχείων, μπορούν να ενωθούν και να αποτελέσουν ένα μόνο αρχείο, έτσι ώστε κάθε πληροφορία να αποθηκεύεται μία μόνο φορά.
- Αποκλείουν την ύπαρξη ασυμφωνιών που προκύπτουν όταν η ίδια πληροφορία καταχωρίζεται με διαφορετικές τιμές σε διαφορετικές υπηρεσίες.
- Κατατάσσουν τα δεδομένα με τις ίδιες προδιαγραφές συγκέντρωσης και αποθήκευσης.

- Παρέχουν στοιχεία μεγάλης ακρίβειας, λόγω του ψηφιακού τρόπου αποθήκευσής τους.
- Επιτρέπουν τη συνεχή πληροφόρηση και ερμηνεία των στοιχείων σε συνδυασμό με τη συνεχή ενημέρωση, ανταλλαγή πληροφοριών και ευκολότερη διανομή στους χρήστες.
- Παρέχουν ασφάλεια και προστασία των στοιχείων από διάφορες φυσικές καταστροφές, καθώς και εύκολη αναπαραγωγή τους.
- Παρέχουν ασφάλεια σε ό,τι αφορά στην τροποποίηση δεδομένων από μη εξουσιοδοτημένα άτομα.

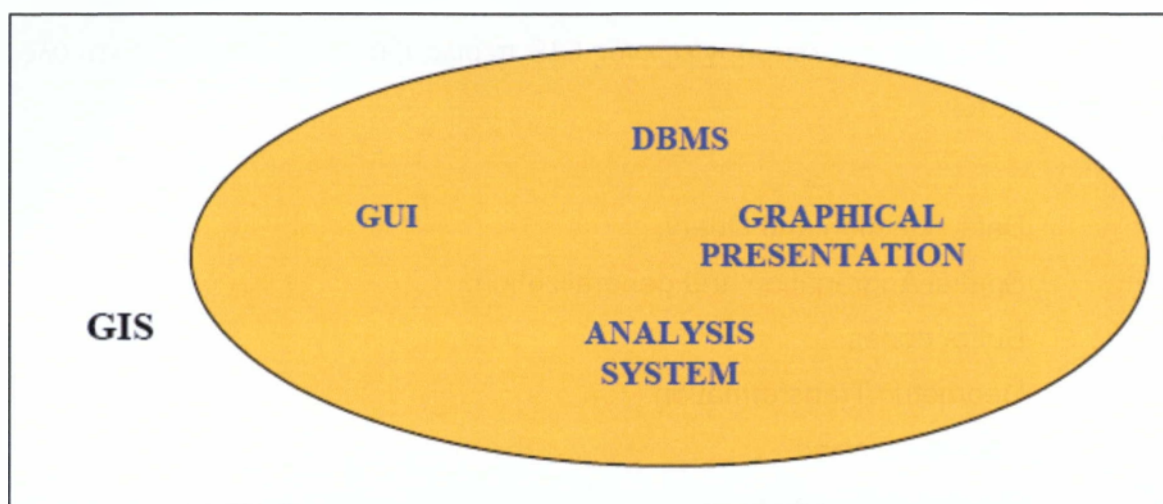
5.8 Γεωγραφικές πληροφορίες

Διακρίνονται σε χαρτογραφικές και σε περιγραφικές.

- Οι χαρτογραφικές πληροφορίες αποθηκεύονται σε γεωγραφική βάση δεδομένων και το κυριότερο χαρακτηριστικό που καταγράφεται είναι οι συντεταγμένες. Επίσης αναφέρονται σε:
 - πληροφορίες που αφορούν τη θέση και το σχήμα ενός φαινομένου στη γη (γεωμετρία του χώρου), κάνοντας δηλαδή δυνατό τον εντοπισμό ενός φαινομένου στο έδαφος, αποδίδοντας ταυτοχρόνως και το σχήμα του ή την έκτασή του πχ. υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής (σχήμα, μήκος), λεκάνη απορροής ενός ποταμού (σχήμα, έκταση)
 - πληροφορίες που περιγράφουν την τοπολογία του χώρου δηλαδή τις σχέσεις (σύνδεση, συνέχεια, γειτνίαση) που αναπτύσσονται μεταξύ των δομικών στοιχείων του χώρου, πχ παραπόταμοι ενός ποταμού.
- Οι περιγραφικές πληροφορίες αφορούν χαρακτηριστικά, ποιοτικά ή ποσοτικά, των φαινομένων που συμβαίνουν στο χώρο. Πχ. ο χαρακτηρισμός ενός ρέματος συνεχούς ή παροδικής ροής είναι μια ποιοτική περιγραφική πληροφορία, ενώ η παροχή ενός ποταμού είναι μια ποσοτική περιγραφική πληροφορία. Οι περιγραφικές πληροφορίες αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων οι οποίες συνδέονται με τις προηγούμενες βάσεις των χαρτογραφικών δεδομένων.

5.9 Αρχιτεκτονική-δομικά στοιχεία των GIS.

Τα βασικά δομικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του λογισμικού ενός GIS είναι το γραφικό περιβάλλον χρήσης (GUI), η βάση δεδομένων , το σύστημα ανάλυσης και απεικόνισης με γραφικά των δεδομένων.



Σχήμα 20. Περιβάλλον λογισμικού GIS.

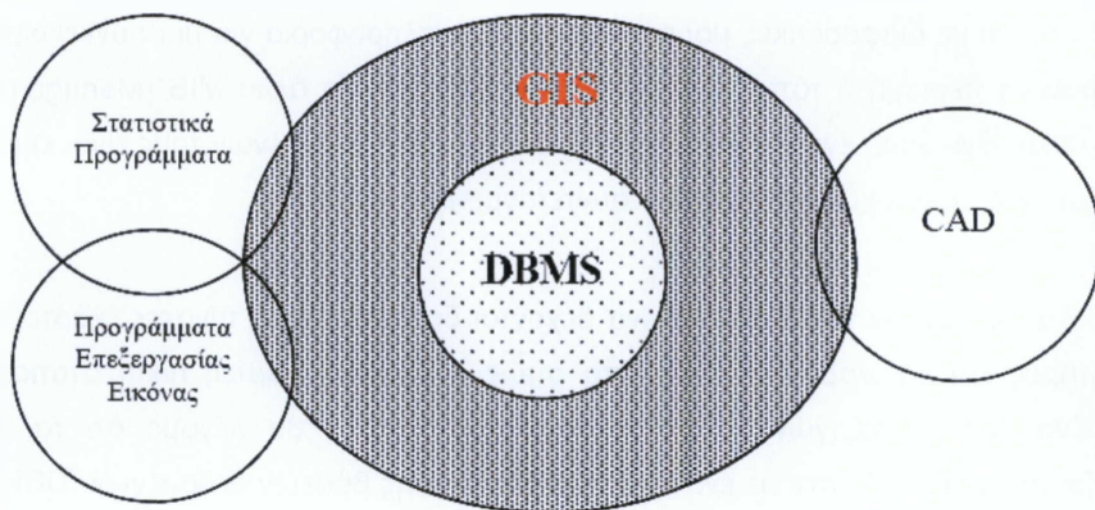
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι κάποιος θα μπορούσε να φανταστεί ότι ένα GIS είναι ένα σύστημα το οποίο ενθυλακώνει δεδομένα από διαφορετικές πηγές συλλογής και με διαφορετικές μορφές και παράγει πληροφορία για μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ή τόπο. Η διαφορά των GIS από τα άλλα MIS (Management Information Systems) έγκειται στο γεγονός ότι οι βάσεις δεδομένων τους είναι κυρίως σχετιζόμενες με ένα χωρικό σύστημα συντεταγμένων.

Τα GIS έχουν την ικανότητα να δέχονται δεδομένα από πίνακες, χάρτες και αισθητήρες και να παράγουν προϊόντα όπως αναφορές, χάρτες ή/και στατιστικά δεδομένα. Έτσι επεξηγώντας την προηγούμενη εικόνα θα λέγαμε ότι τα GIS σχετίζονται και συνδέονται με ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS), με προγράμματα στατιστικής και γενικά προγράμματα ανάλυσης, με προγράμματα CAD και προγράμματα επεξεργασίας εικόνας όπως φαίνεται στο σχήμα 21.

Τα GIS μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο με διανυσματικά (vector) δεδομένα (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) όσο και με ψηφιοποιημένα (raster) δεδομένα., ενώ οι λειτουργίες της βάσης δεδομένων τους μπορούν να εφαρμοστούν σε χωρικά και μη δεδομένα.

Στις βασικές λειτουργίες ενός GIS περιλαμβάνονται κάποιες ή και όλες από τις παρακάτω:

- Data selection and Query.
- Spatial Aggregation and generalization.
- Buffer zones.
- Geometric Transformation.
- Geo-referencing.
- Overlay operations.
- Topographic operations.
- Linear operations.
- Και Spatial interpolation.



Σχήμα 21. Διαλειτουργικότητα των GIS.

Ωστόσο ένας από τους λόγους για τον οποίο τα GIS έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια δημοφιλή είναι η ικανότητα τους να αλληλεπιδρούν με περισσότερο

προηγμένα υπολογιστικά συστήματα, όπως είναι τα συστήματα μοντελοποίησης, προσομοίωσης και λήψης αποφάσεων.

5.10 Βασικά στοιχεία των GIS.

Τα ΓΣΠ αποτελούνται από 5 βασικά στοιχεία

Hardware (εξοπλισμός)

Software (λογισμικό)

Data (δεδομένα)

People (ανθρώπινο δυναμικό)

Method (μεθοδολογία)

Hardware

Περιλαμβάνει το σύστημα του Η/Υ στο οποίο τρέχει το ΓΣΠ software. Η επιλογή του μπορεί να γίνει ανάμεσα σε ένα οικιακό pc έως ένα super computer. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει scanners, digitizer boards, handheld pc's, gps ως data entry devices και οθόνες υψηλής ανάλυσης, δίσκους με μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα καθώς και plotters ως συσκευές εξόδου. Τα GIS μπορούν να λειτουργήσουν σε απλούς Η/Υ παρόλο που απαιτείται εξοπλισμός υψηλών προδιαγραφών, λόγω των μεγάλων και πολύπλοκων εφαρμογών που υλοποιούνται σ' αυτό (επεξεργασία γραφικών , μεγάλες βάσεις δεδομένων). Σ' αυτό βοήθησε η ανάπτυξη της τεχνολογίας του hardware τα τελευταία χρόνια στους Η/Υ. Όμως για την εκμετάλλευση όλων των δυνατοτήτων (δημιουργία χαρτών, κ.α.) ενός GIS απαιτείται ένα σύστημα από Η/Υ , περιφερειακές συσκευές και ένα υπολογιστή υψηλών προδιαγραφών που θα αποτελεί τον πυρήνα του συστήματος. Η δομή του συστήματος στηρίζεται στην αρχιτεκτονική client/server και τα στοιχεία που την αποτελούν είναι:

- **τον κεντρικό server**, που είναι ο πυρήνας του συστήματος και του οποίου η λειτουργία ελέγχεται από τον διαχειριστή του. Τα γεωγραφικά δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε σκληρούς δίσκους του server μεγάλης χωρητικότητας. Το λειτουργικό σύστημα του server είναι unix

σε πλατφόρμες Sun, Silicon graphics, Windows NT ή άλλες. Τα χαρακτηριστικά του hardware των server που απαιτούνται για την σωστή λειτουργία του συστήματος είναι υψηλά, λόγω της επεξεργασίας εικόνων και των μεγάλων βάσεων δεδομένων,

- **από τερματικές μονάδες** οι οποίες βρίσκονται σε άλλους χώρους και χρησιμοποιούν από απομακρυσμένους χρήστες εξειδικευμένους και απλούς οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε PC's με λειτουργικό Windows (κατά προτίμηση) είτε workstations με λειτουργικό Unix,
- **μονάδες αποθήκευσης** των δεδομένων τόσο στον τοπικό server στον οποίο αποθηκεύονται και τα προγράμματα όσο και στις περιοχές των απομακρυσμένων χρηστών. Τέτοιες μονάδες αποθήκευσης είναι το CD-R, DVD-R, κ.λ.π
- **τον ψηφιοποιητή (digitizer)** για την εισαγωγή γεωγραφικών δεδομένων μέσω του οποίου μετατρέπονται από αναλογική μορφή σε διανυσματική ψηφιακή μορφή και εισάγονται στον υπολογιστή, ενώ η ακρίβεια της μετατροπής είναι υψηλού επιπέδου,
- **τον σαρωτή (scanner)** που χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τον ψηφιοποιητή για την εισαγωγή της πληροφορίας. Με τον σαρωτή μειώνεται αισθητά ο χρόνος εισαγωγής των δεδομένων και επιτυγχάνεται υψηλού επιπέδου ακρίβεια. Γενικά προτιμάται περισσότερο το scanner από digitizer. Φυσικά ,η εισαγωγή δεδομένων δεν γίνεται μόνο με τις παραπάνω συσκευές, αλλά και από αναλυτικές συντεταγμένες μέσω αρχείων, από τοπογραφικές μετρήσεις, από δορυφόρους ,κ.α.
- **την οθόνη (monitor)**, όπου προβάλλονται τα γεωγραφικά δεδομένα και μπορεί να γίνει έλεγχος της ορθότητας τους και διορθωθούν σε περιπτώσεις που υπάρχουν ατέλειες ,
- **το σχεδιογράφο (plotter)**, ο οποίος χρησιμοποιείται σαν περιφερειακή μονάδα εξόδου για την σχεδίαση των τελικών αναλογικών χαρτών και
- **τον εκτυπωτή (printer)** για την παραγωγή αναφορών.

Είναι ειδικά στοιχεία λογισμικού τα οποία επιτρέπουν την διαχείριση δεδομένων σε οποιαδήποτε μορφή και από οποιαδήποτε πηγή, την αποθήκευση και ανάκτηση τους καθώς και την επεξεργασία και χωρική τους ανάλυση με σκοπό την παραγωγή προϊόντων έτοιμων για παρουσίαση σε οθόνη, χαρτί ή άλλο αποθηκευτικό μέσο. Περισσότερο γνωστά προϊόντα λογισμικού είναι το MAPINFO, ARC/info, και το AUTOCAD Map, ακόμα υπάρχουν και freeware προγράμματα τα οποία αναπτύσσονται υπό την αιγίδα του OPENGIS Consortium.

Το λογισμικό είναι εξίσου σημαντικό συστατικό μέρος του GIS. Όσο ισχυρός και αν είναι ο εξοπλισμός ,αν το λογισμικό δεν είναι κατάλληλο ,τότε δεν μπορούν να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των χρηστών. Λογισμικά GIS αποτελούν το Mapinfo και το Arcview. Με το λογισμικό ενός GIS μπορεί να επιτευχθούν:

- εισαγωγή της χωρικής πληροφορίας και δημιουργία του ψηφιακού /διανυσματικού χάρτη.
- διόρθωση και ενημέρωση του ψηφιακού/ διανυσματικού χάρτη.
- αποθήκευση του ψηφιακού/ διανυσματικού χάρτη.
- διαχωρισμός του ψηφιακού χάρτη σε επίπεδα ομοιογενούς πληροφορίας και δημιουργία επικαλυπτομένων επιπέδων.
- αναζήτηση χαρακτηριστικών γραφικών και μη γραφικών, δομημένων και μη δομημένων.
- επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων των ψηφιακών χαρτών και δημιουργία τυποποιημένων αναφορών ή και νέων χαρτών.
- επικοινωνία του πακέτου με άλλες βάσεις δεδομένων ή άλλα πακέτα,
- παρουσίαση πρωτογενών ή δευτερογενών χαρτών ή συνδυασμό αυτών στην οθόνη.

Τα γεωγραφικά δεδομένα που συνθέτονται από σχέσεις αντικειμένων , πρέπει να αναλυθούν για να οργανωθούν και να κατοχυρωθούν σε ένα λογισμικό GIS. Ο τρόπος που περιγράφονται οι σχέσεις αυτές ,δηλαδή της σχέσης της χωρικής πληροφορίας με την περιγραφική, αποτελεί το μοντέλο δεδομένων. Δύο είναι οι τύποι μοντέλου που μπορεί να στηρίζεται ένα GIS.

1. **Το σχεσιακό μοντέλο δεδομένων.** όπου χωρικά και περιγραφικά δεδομένα, τα δεύτερα με μορφή πίνακα, συσχετίζονται με βάση μοναδικές τιμές ,κοινές για τα δυο είδη δεδομένων.

Στο σχεσιακό μοντέλο έχουν στηριχθεί τα συμβατικά GIS, που δανείστηκαν την τεχνολογία CAD συστημάτων για την εισαγωγή και αποθήκευση γεωγραφικών δεδομένων. Εδώ τα στοιχεία γραμμή, σημείο και επιφάνεια αποτελούν βασικές δομικές μονάδες. Η κατηγοριοποίηση των στοιχείων του χάρτη σε επίπεδα (layers) επιτρέπει τον διαχωρισμό και την επιλεκτική αναζήτηση αυτών. Ένα σύνολο από χαρακτηριστικά (πχ όλο το οδικό δίκτυο) θεωρούνται ως ένα στρώμα (layer). Στην πραγματικότητα οι ψηφιακοί χάρτες δεν είναι τίποτα άλλο από μια συλλογή από στρώματα. Φανταστείτε αυτά τα στρώματα ως διαφάνειες όπου κάθε στρώμα περιέχει ένα διαφορετικό μέρος του χάρτη. Τα στρώματα τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο και μας επιτρέπουν να δούμε όλες τις όψεις του χάρτη την ίδια χρονική στιγμή. Πχ. ένα στρώμα θα μπορούσε να περιέχει τα σύνορα των χωρών της γης, ένα άλλο στρώμα να περιέχει σύμβολα που να αναπαριστούν τις πρωτεύουσες, ένα τρίτο στρώμα μπορεί να περιέχει τις εθνικές οδούς κλπ. Τοποθετώντας αυτές τις διαφάνειες τη μια πάνω στην άλλη δημιουργούμε έναν πλήρη χάρτη. Το GIS σύστημα συνδυάζει διάφορα στρώματα για να απαντήσει σε συγκεκριμένες χωρικές ερωτήσεις. Κάθε επίπεδο περιλαμβάνει **στοιχεία** με κοινές ιδιότητες δηλαδή χαρακτηριστικά που σχετίζονται μεταξύ τους, όπως πχ ποτάμια και κανάλια, θα μπορούν να εμφανίζονται σε ένα στρώμα, ενώ υποδομή, όπως δρόμοι, να εμφανίζονται σε άλλο στρώμα. Όταν κάποια χαρακτηριστικά δεν ενδιαφέρουν το χρήστη σε κάποια χρονική στιγμή, θα μπορεί να τα αποκρύπτει εμφανίζοντας μόνο την πληροφορία που τον ενδιαφέρει.

Επιπλέον, στηρίζονται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων που περιλαμβάνει τα περιγραφικά δεδομένα των γραφικών δεδομένων. Η σύνδεση τους πραγματοποιείται με την ύπαρξη ενός μοναδικού κωδικού που καταχωρείται αυτόματα από το GIS στο γραφικό στοιχείο και στην αντίστοιχη εγγραφή του στον πίνακα ως προσθετή στήλη. Οποιος έχει δουλέψει με Βάση Δεδομένων θα είναι οικείος με την ιδέα της εγγραφής. Μια εγγραφή είναι ένα σύνολο από στήλες που περιέχουν σχετική πληροφορία. Πχ., μια ΒΔ πελατών θα περιέχει μια εγγραφή για κάθε πελάτη και θα περιέχει στήλες για το όνομα, τη διεύθυνση, κ.λ.π., του πελάτη. Ένα χαρακτηριστικό είναι απλά μια εγγραφή που συνδυάζει δεδομένα σε μορφή πίνακα και γεωγραφική πληροφορία. Κάθε εγγραφή περιλαμβάνει αρκετές στήλες με δεδομένα καθώς και μια αναφορά σε γεωμετρική πληροφορία που περιγράφει το σχήμα και την τοποθεσία κάθε χαρακτηριστικού. Τα δεδομένα σε μορφή πίνακα ονομάζονται ιδιότητες και τα

γεωμετρικά δεδομένα γεωμετρία. Αυτοί οι δυο τύποι δεδομένων αποτελούν το χαρακτηριστικό. Τα συμβατικά GIS προσφέρουν ένα σύνολο εντολών ,με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να κάνει αναζητήσεις των ζητούμενων στοιχείων με βάση το πρόβλημα του.

Τα GIS αυτού του τύπου ,αδυνατούν να μοντελοποιήσουν τα γεωγραφικά δεδομένα ,αφού εισάγονται σε μορφή γραφικών στοιχείων, με αποτέλεσμα η εξεζητημένη επεξεργασία τους να καθίσταται αδύνατη. Ακόμα ο σχεδιασμός των γεωγραφικών δεδομένων ,όπως η ομαδοποίηση σε επίπεδα , μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε μικρό βαθμό. Επιπλέον ,η απουσία πρόσβασης των διάφορων γλωσσών προγραμματισμού στο GIS ,περιορίζει την επεξεργασία των δεδομένων από τους χρήστες. Οι αδυναμίες αυτές οδήγησαν στη δημιουργία του αντικειμενοστρεφούς μοντέλου δεδομένων το οποίο αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90.

2. **Το αντικειμενοστρεφές μοντέλο δεδομένων.** Εδώ δεν υπάρχουν επίπεδα όπως στο σχεσιακό μοντέλο ,αλλά κλάσεις αντικειμένων που μοντελοποιούνται με συμπεριφορές ή μεθόδους αυτών και με ιδιότητες των ίδιων που αποθηκεύονται μόνιμα στο ίδιο το αντικείμενο. Χαρακτηριστική είναι η δημιουργία υποκλάσεων που υιοθετούν τα χαρακτηριστικά των κλάσεων ,λόγω της ύπαρξης ιεραρχίας των κλάσεων. Παράδειγμα τέτοιου είδους συμπεριφορών παρουσιάζονται στα δίκτυα των οργανισμών Κοινής Ωφέλειας στις λεγόμενες εφαρμογές AM/FM (Automated Mapping / Facilities Management).

Τα αντικειμενοστρεφή GIS αποκαλούνται ως η «δεύτερη γενιά» των GIS. Η διαφορά τους με τα προηγούμενα ,είναι ότι το αντικείμενο με την αντίστοιχη εγγραφή του στον πίνακα της βάσης δεδομένων , μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα περιγραφικά και γεωγραφικά πεδία. Δηλαδή περιλαμβάνουν κλάσεις αντικειμένων που μπορούν να έχουν στήλες με περιγραφικά δεδομένα (τηλεπικοινωνιακό κέντρο στο οποίο ανήκει, μοναδικός κωδικός του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, αριθμός συνδρομητών που εξυπηρετεί) όπως στα συμβατικά GIS, αλλά και στήλες με γεωμετρικά πεδία (επιφάνεια, σημείο του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού κ.α.). Για παράδειγμα με το αντικειμενοστρεφές μοντέλο , μπορεί να δημιουργηθεί ένας πίνακας τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού (σταθμός βάσης, τερματικά) με πεδία :

- i. όνομα (περιγραφικό πεδίο αλφαριθμητικού τύπου),
- ii. αριθμός συνδρομητών που εξυπηρετεί (περιγραφικό πεδίο αριθμητικού τύπου),
- iii. θέση του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος σημείου) και
- iv. υψόμετρο (περιγραφικό πεδίο αριθμητικού τύπου).
- v. τύπος εξοπλισμού (περιγραφικό πεδίο αλφαριθμητικού τύπου)
- vi. τύπος ιστού (περιγραφικό πεδίο αλφαριθμητικού τύπου)
- vii. ύψος ιστού (περιγραφικό πεδίο αριθμητικού τύπου)

Τα πλεονεκτήματα των αντικειμενοστρεφών GIS είναι πολλά. Μεταξύ αυτών είναι ότι δεν απαιτείται σύνδεση των γεωγραφικών δεδομένων με τα περιγραφικά, υπάρχει δυνατότητα να καθοριστούν συσχετίσεις μεταξύ δυο πινάκων ως προς τα γεωμετρικά πεδία και ότι ένα αντικείμενο μπορεί να έχει πολλά γεωμετρικά πεδία χωρίς να υπάρχουν προβλήματα.

DATA

Χαρακτηριστική δυνατότητα των GIS είναι η ικανότητα επεξεργασίας πολλών διαφορετικών ειδών δεδομένων όπως γραμμικών (line data), υψομετρικών, αεροφωτογραφίες κτλ. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περισσότεροι χρησιμοποιούμενοι τύποι δεδομένων τύπου GIS.

Βάση Δεδομένων	Κλίμακα	Περιγραφή
	1:24,000	Vector χάρτες που αποτελούνται από διάφορα γεω-αναφερόμενα θεματικά γραμμικά layers όπως

Digital line graph (DLG)	1:100,000 1:2,000,000	δρόμοι κτλ.
Digital elevation model (DEM)	1:24,000 1:250,000	Raster απεικόνιση του υψομέτρου σύμφωνα με τα στάνταρτ της USGS
Digital raster graphics (DRG)	1:24,000	Ψηφιακά επεξεργασμένες αεροφωτογραφίες έτσι ώστε τυχόν ανωμαλίες που προκλήθηκαν από την κάμερα να έχουν απομακρυνθεί.
Digital orthophoto quads (DOQ)	1:24,000	Προέρχονται από αεροφωτογραφίες και χωρίζονται σε 9 κατηγορίες: κατοικημένοι τόποι, αγροκαλλιέργειες, βοσκοτόπια, δασικές εκτάσεις, υδροβιότοποι ,βάλτοι, χέρσες περιοχές, τούνδρα και παγετώνες.

Πίνακας . Περιληπτικός πίνακας ειδών δεδομένων GIS. (O'Rourke: "Advanced GIS Applications for civil infrastructures systems." April 2000, Cornell University.).

People

Υπάρχουν τρεις τουλάχιστον κατηγορίες χρηστών. Οι *administrators* οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη σχεδίαση , τη συντήρηση και την αναβάθμιση των GIS συστημάτων, οι *users* οι οποίοι χρησιμοποιούν το σύστημα στην καθημερινή εργασία τους και μπορούν να εισάγουν δεδομένα και οι *viewers* οι οποίοι μπορούν και βλέπουν το σύστημα χωρίς να έχουν άλλα δικαιώματα.

Method

Πάνω από όλα ένα όμως για να είναι επιτυχημένο ένα ΓΣΠ, στα πλαίσια ενός οργανισμού, πρέπει να λειτουργεί σε συμφωνία με το σχέδιο λειτουργίας και τους *business rules* που διέπουν την λειτουργία του οργανισμού.

5.11 Τι ερωτήματα μπορούν να απαντηθούν με την χρήση των GIS.

Ένας άλλος τρόπος ορισμού των ΓΣΠ είναι με την παράθεση του τύπου των ερωτημάτων στα οποία η τεχνολογία των ΓΣΠ μπορεί να απαντήσει. Οι ερωτήσεις αυτές κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες

Location (Τι υπάρχει στην συγκεκριμένη τοποθεσία, πχ ποιό τερματικό βρίσκεται σε αυτό το γεωγραφικό μήκος – πλάτος; Μια τοποθεσία μπορεί να περιγραφεί με πολλούς τρόπους πχ όνομα, συντεταγμένες, υψόμετρο κλπ)

Condition (Είναι παραλλαγή της πρώτης κατηγορίας. Περιλαμβάνει ερωτήσεις του τύπου εντόπισε τις τοποθεσίες που πληρούν την συνθήκη, πχ εντόπισε όλους τους σταθμούς βάσης που είναι WiMAX και εκπέμπουν στα 3.5 GHz.

Routing (ποια είναι η ταχύτερη/ κοντινότερη διαδρομή για τον τάδε προορισμό)

Trends (τι έχει αλλάξει στην περιοχή του τάδε προαστίου τα τελευταία 10 έτη; δημογραφικά , κτηριακή βάση κτλ)

Patterns (Ποια είναι η διαδρομή επέκτασης του δικτύου δεδομένης της υφιστάμενης υποδομής ενός δικτύου οπτικών ινών)

Modeling (Ποια θα είναι η επίδραση στις υπηρεσίες των συνδρομητών της τάδε περιοχής εάν κατασκευαστεί ένα νέο ΚΟΙ; Τα ερωτήματα αυτού του τύπου για να απαντηθούν απαιτούν τόσο γεωγραφικά όσο και άλλου τύπου δεδομένα όπως και την ύπαρξη κατάλληλων μοντέλων, κοινές εφαρμογές του modeling είναι η υποστήριξη λήψης αποφάσεων, η πρόβλεψη και η δημιουργία σεναρίων).

Aspatial Questions (Ποιος είναι ο αριθμός των σταθμών βάσης της τάδε εταιρίας σε κάθε περιοχή; Η ερώτηση αυτή είναι μια μη χωρική ερώτηση διότι για την

απάντηση της δεν απαιτείται η γνώση του που βρίσκεται η κάθε περιοχή, γενικά τα ΓΣΠ μπορούν να υποστηρίξουν και μη χωρικά ερωτήματα.)

Spatial Questions (Είναι ερωτήματα τα οποία μπορούν να απαντηθούν μόνο με την χρήση δεδομένων τα οποία περιέχουν συντεταγμένες πχ πόσα τετραγωνικά χιλιόμετρα του τάδε τηλεπικοινωνιακού κέντρου υπάρχουν σε ακτίνα 5 κμ από το κέντρο της Σπάρτης; Ή πόσοι άνθρωποι ασχολούνται με ΓΣΠ στη Σπαρτη;..)

και γενικά ερωτήσεις όπως όπως:

- **που ?**
- **πόσο πολύ ?**
- **πόσο κοντά ?**
- **τι βρίσκεται εκεί ?**
- **τι θα συμβεί εάν...?**

5.12 Εφαρμογές των GIS

Η απαίτηση για βελτιστοποίηση των διαδικασιών λήψης απόφασης σε προβλήματα τα οποία σχετίζονται με γεωγραφικά δεδομένα οδήγησε στην ανάπτυξη εφαρμογών ΓΣΠ για ένα ευρύτατο φάσμα παραγωγικών τομέων. Έτσι συστήματα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται σε τομείς όπως η δημόσια διοίκηση, η βιομηχανία, η έρευνα ενώ όπως φαίνεται από τον Πίνακα όπου παρουσιάζονται εφαρμογές ανά τομέα δραστηριότητας είναι δυνατόν να αναγνωρίσουμε την ύπαρξη και αναγκαιότητα τους σχεδόν σε κάθε δραστηριότητα η οποία περιλαμβάνει γεωγραφικό περιεχόμενο.

ΤΟΜΕΑΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Επιχειρήσεις	<p>Τράπεζες και Ασφάλειες</p> <p>MME</p> <p>Real Estate</p> <p>Retail Business</p>
Επικοινωνίες	<p>Υπηρεσίες προσδιορισμού Θέσης</p> <p>Σχεδίαση και ανάλυση δικτύων</p>
Στρατός- Άμυνα	<p>Στρατός- Άμυνα</p> <p>Βελτιστοποίηση Επιχειρήσεων</p> <p>Προγραμματισμός Προμηθειών</p> <p>Συστήματα Διοίκησης & Ελέγχου (C4ISR)</p>
Δημόσια Διοίκηση	<p>Δημόσια Διοίκηση</p> <p>Κυβερνητικές υπηρεσίες(ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπ. Υγείας για να αναφέρουμε δύο υπουργεία που χρησιμοποιούν sdss εφαρμογές στην Ελλάδα)</p> <p>Πολιτική Προστασία (Διαχείριση Πυρκαγιών, σχέδια εκκενώσεως περιοχών, άμεση επέμβαση και βοήθεια κτλ)</p>
Επιχειρήσεις Κοινής Ωφέλειας	<p>Διαχείριση δικτύων νερού, ηλεκτρικού, φυσικού αερίου και τηλεφώνου</p>
Περιβάλλον – Διαχείριση Φυσικών Πόρων	<p>Ανάλυση μολυσμένων χώρων</p> <p>Ανάλυση περιβαλλοντολογικού κινδύνου</p> <p>Διαχείριση δασών, αγροτικών περιοχών, υδροβιότοπων κτλ.</p> <p>Διαχείριση ορυχείων μεταλλείων</p>
Κτηματολόγιο – Χρήση Γης	<p>Εφαρμογές κτηματολογίου (ιδιοκτησία και δικαιώματα γης, φορολογία, εκτίμηση γης (land assessment), μεγιστοποίηση χρήσης γης κτλ.</p>

Μεταφορές	Δρομολόγηση και διαχείριση στόλου οχημάτων Ανάλυση κίνησης, επιλογή δρομολογίων κτλ.
-----------	---

Πίνακας: Τομείς και εφαρμογές ΓΣΠ

6 Case Study

6.1 Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη ευρυζωνικής πρόσβασης οδηγεί στην ανάπτυξη ευρυζωνικών δικτύων. Οι περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η παροχή ευρυζωνικής υπηρεσίας και για τις οποίες πρέπει να βρεθεί λύση είναι οι ακόλουθες :

- 1) Ο οικισμός να βρίσκεται σε απόσταση απο το κέντρο μεγαλύτερη απο 4χλμ. Ο λόγος είναι ότι το καλώδιο χαλκού μπορεί να δώσει ευρυζωνικότητα σε αποστάσεις μικρότερες των τεσσάρων χιλιομέτρων, οπότε στους οικισμούς που βρίσκονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις είναι αδύνατη η παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης.
- 2) Ο οικισμός να βρίσκεται σε απομακρισμένη και δυσπρόσιτη περιοχή και να τροφοδοτείται από τερματικό ΣΑΡ (Συνδρομικά Αγροτικά Ραδιοδίκτυα). Τότε οι υπηρεσίες που παρέχονται είναι όσες επιτρέπει η υποδομή ΣΑΡ, οι οποίες ανα τεχνολογία είναι οι εξης :
 - SAR 500 (παρέχει μόνο υπηρεσίες τηλεφωνίας)
 - IAS-W (παρέχει υπηρεσίες τηλεφωνίας και ISDN)
 - ALCATEL (παρέχει υπηρεσίες τηλεφωνίας και ISDN)

Οπότε είναι αδύνατη η προσφορά ευρυζωνικής πρόσβασης με βάση τους 2 παραπάνω περιορισμούς.

6.2 Ανάλυση ολοκληρωμένου σχεδιασμού σε οικισμούς που καλύπτονται απο ΣΑΡ

6.2.1 Περιγραφή υφιστάμενων περιοχών ΣΑΡ

Υπάρχει ένα τηλεπικοινωνιακό κέντρο Α στο οποίο καταλήγει οπτική ίνα. Το κέντρο αυτό τροφοδοτεί με τεχνολογία ΣΑΡ τον αναμεταδότη Α και αυτός με τη σειρά του

παρέχει τηλεφωνία στους οικισμούς Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ και Η όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :



6.3 Λύσεις

Ο σχεδιασμός που γίνεται για την κάλυψη αυτών των περιοχών έχει ως στόχο να βρεί την πιο τεχνοοικονομικά συμφέρουσα λύση (ένα λογικό κόστος είναι 350€ ανα συνδρομητή). Οι λύσεις που υπάρχουν είναι ασύρματες και ενσύρματες. Γενικά, οι ασύρματες λύσεις είναι πιο οικονομικές αλλά δίνουν μικρότερες ταχύτητες πρόσβασης στους χρήστες, ενώ οι ενσύρματες είναι πιο ακριβές αλλά δίνουν ταχύτητες πολύ μεγαλύτερες.

Έστω λοιπόν ότι η οπτική ίνα δικτύου κορμού που περνάει από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο Α και τον διακλαδωτικό σύνδεσμο Β, επεκτείνεται προς ένα τηλεπικοινωνιακό κέντρο Β μέσω του οδικού δικτύου που περνάει από τον αναμεταδότη Α όπως φαίνεται παρακάτω:

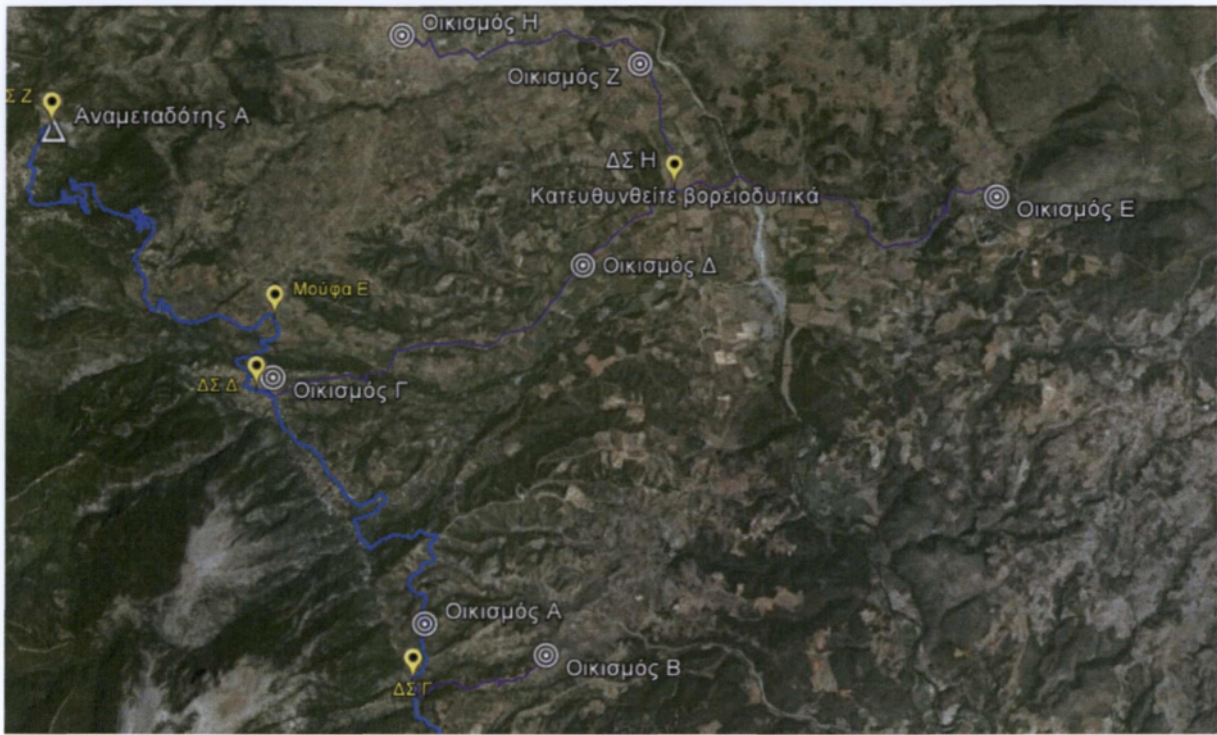


Όπως βλέπουμε στο προηγούμενο σχήμα ο οικισμός Α (40 συνδρομητές) και ο Οικισμός Γ (60 συνδρομητές) βρίσκονται πάνω στο δίκτυο της οπτικής ίνας, άρα οι συνδρομητές θα πάρουν ευρυζωνικότητα με υψηλές ταχύτητες λόγω οπτικής ίνας, χωρίς ιδιαίτερο κόστος ανα συνδρομητή, αφού το κόστος του ΚΟΙ του δικτύου κορμού δεν συνυπολογίζεται στον υπολογισμό (η κατασκευή του γίνεται για λόγους διασύνδεσης κομβικών σημείων ανεξαρτήτως κάλυψης οικισμών), οπότε το μόνο που απαιτείται περιλαμβάνει την εγκατάσταση μιας καμπίνας και ενός MSAN με κόστος περίπου 5.000€ ανα οικισμό. Άρα έχω:

- Για τον οικισμό Α έχω $5000\text{€}/40\text{συνδρομητές} = 125\text{€}$ ανά συνδρομητή.
- Για τον οικισμό Β έχω $5000\text{€}/60\text{συνδρομητές} = 84\text{€}$ ανά συνδρομητή.

6.3.1 Σενάριο 1

Χρησιμοποιώντας την λειτουργία routing του GIS οι οικισμοί Β(90 συνδρομητές), Δ(70 συνδρομητές), Ε(50 συνδρομητές), Ζ(80 συνδρομητές), και Η(30 συνδρομητές) καλύπτονται με οπτική ίνα μέσω του οδικού δικτύου, όπως φαίνεται παρακάτω:



Στην περίπτωση αυτή θα εξετάσουμε τον οικισμό Β ξεχωριστά από τους υπόλοιπους εφόσον έχει αποκλειστικά δικό του ΚΟΙ και για να βρούμε το κόστος ανά συνδρομητή θα πρέπει να υπολογίσουμε αρχικά πόσο θα μας κοστίσει το ΚΟΙ μαζί με την εγκατάσταση μιας καμπίνας και ενός MSAN (5.000€) και στη συνέχεια να το διαιρέσουμε με τους συνδρομητές. Το κόστος του ΚΟΙ είναι 10.000€ ανά χιλιόμετρο οπότε έχουμε :

- Για τον οικισμό Β: Η απόσταση του οικισμού Β από τον διακλαδωτικό σύνδεσμο Γ είναι 2,2 χιλιόμετρα άρα έχω: $(2,2 \cdot 10.000\text{€}) + 5.000\text{€} = 27.000\text{€}$. Άρα το κόστος ανά συνδρομητή είναι $27.000\text{€} / 90 = 340\text{€}$
- Για τους υπόλοιπους οικισμούς: Το συνολικό μήκος του ΚΟΙ για την κάλυψη των οικισμών Δ, Ε, Ζ, και Η είναι 15,8 χιλιόμετρα και συνολικά 230 συνδρομητές, ενώ θα χρειαστούμε να εγκαταστήσουμε 4 καμπίνες και 4 MSAN συνολικού κόστους 20.000€, άρα έχω: $(15,8 \cdot 10.000\text{€}) + 5.000\text{€} = 158.000\text{€}$. Άρα το κόστος ανά συνδρομητή είναι $158.000\text{€} / 230 = 687\text{€}$

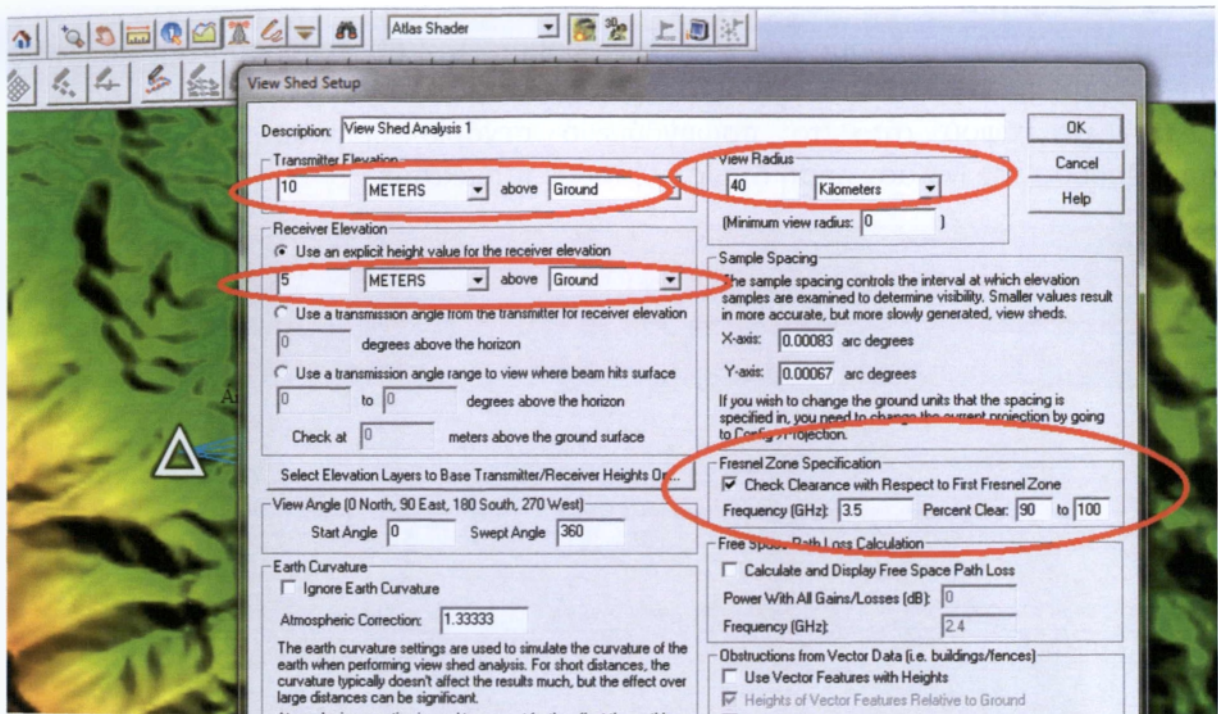
Ο οικισμός Β είναι μέσα στα πλαίσια μιας τεχνοοικονομικά συμφέρουσας λύσης όμως οι υπόλοιποι ξεπερνούν το όριο του κόστους ανά συνδρομητή. Το σενάριο αυτό είναι εφικτό αλλά τεχνολογικά ασύμφορο.

6.3.2 Σενάριο 2

Οι οικισμοί Δ(70 συνδρομητές), Ε(50 συνδρομητές), Ζ(80 συνδρομητές), και Η(30 συνδρομητές) καλύπτονται ασύρματα με τεχνολογία WiMAX ενώ ο Οικισμός Β με οπτική ίνα αφού απο το προηγούμενο σενάριο βρήκαμε τεχνοοικονομικά συμφέρουσα την ίνα σαν λύση όπως βλέπουμε παρακάτω:

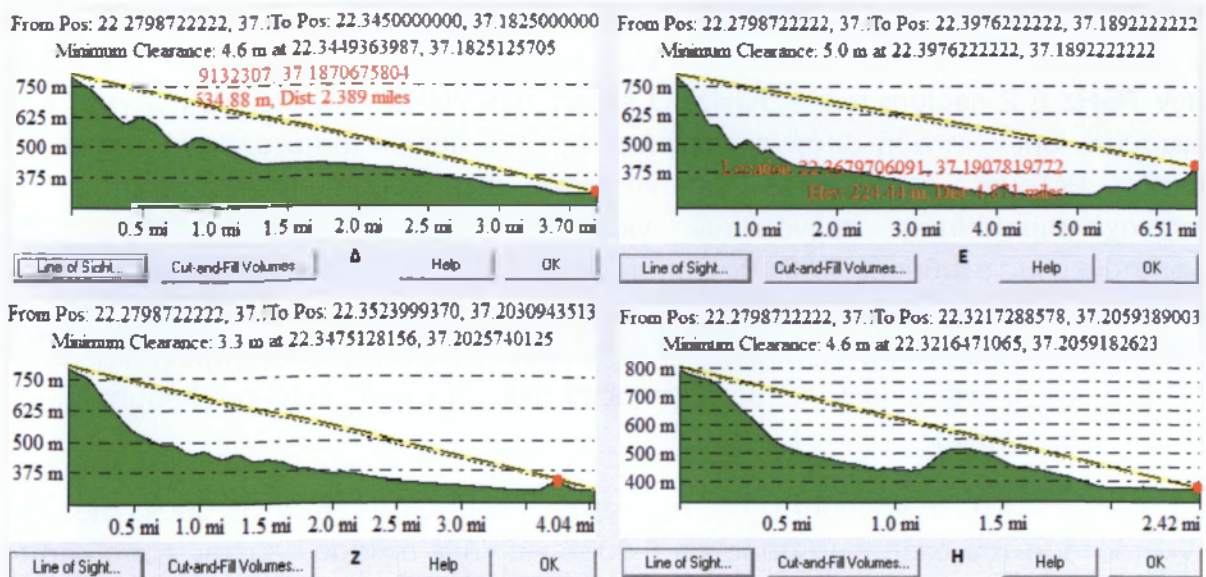


Οι οικισμοί Δ, Ε, Ζ, Η πρέπει να βρίσκονται μέσα στην περιοχή κάλυψης WiMAX. Για να κάνουμε μια κάλυψη χρησιμοποιούμε το Shed tool και θέτουμε το ύψος της κεραίας (10μ), το ύψος απο το έδαφος που θα βρίσκεται ο δέκτης(5μ), την ακτίνα της έκτασης που θέλουμε να καλύψουμε(40χλμ) και το εύρος του διαύλου (3,5GHz) όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



Και έτσι έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.





Οι οικισμοί βρίσκονται όλοι μέσα στην περιοχή κάλυψης και εξετάζοντας τον κάθε έναν ξεχωριστά βλέπουμε ότι όλες οι συνδέσεις είναι LOS

Για να βρούμε όμως το κόστος ανα συνδρομητή σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να βρούμε πόσα WiMAX sectors θα χρειαστούμε για τους 230 συνδρομητές των οικισμών Δ, Ε, Ζ, και Η. Τα χαρακτηριστικά των WiMAX sectors που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

<u>WiMAX sectors</u>	<u>Broadband</u>	<u>Downlink - Uplink</u>
WiMAX sector 3.5GHz	9Mbps	6.5Mps - 2.5Mps
WiMAX sector 7GHz	18Mbps	13Mps - 5Mps

Έστω λοιπόν ότι θέλουμε να δώσουμε ευρυζωνικότητα 2Mbps DATA downlink και 256 kbps uplink. Θα πρέπει να λάβουμε λοιπόν υπόψη μας ότι το contention ratio είναι 1/20, το 40% των συνδρομητών θα πάρει broadband ενώ παράλληλα θα παρέχουμε 40Kbps Φωνή σε όλους τους συνδρομητές βάση τον codec G.729a και ότι το 12.5% των χρηστών μιλάνε ταυτόχρονα(βάση στατιστικής). Άρα έχω:

- Για φωνή: $(40\text{Kbps} \times 230) \times 12.5\% = 9200\text{Kbps} \times 12.5\% = 1150\text{Kbps}$
- Για uplink: $256\text{Kbps} \times (230 \times 40\%) = 23552\text{Kbps}$ όμως με c/r 1/20 έχω $23552/20 = 1178\text{Kbps}$ και εφόσον φωνή έχουμε και στο downlink αλλά και στο uplink γίνετε $1178\text{Kbps} + 1150\text{Kbps} = 2328\text{Kbps}$
- Για uplink: $2048\text{Kbps} \times (230 \times 40\%) = 188416\text{Kbps}$ όμως με contention ratio 1/20 έχω $188416/20 = 9421\text{Kbps} + 1150\text{Kbps} = 10571\text{Kbps}$

Χρησιμοποιώντας όμως ένα sector WiMAX στα 3.5GHz δεν μπορούμε να καλύψουμε τις ανάγκες των οικισμών αυτών, άρα ή θα χρησιμοποιήσουμε ένα sector των 7GHz ή 2 sectors των 3,5GHz. Ο sector των 7GHz καλύπτει τις ανάγκες των οικισμών, όμως επειδή υπάρχει περιορισμός στον αριθμό χρηστών ανά sector και επειδή θέλουμε να είμαστε πιο ευέλικτοι στη χρήση του φάσματος για επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων για γειτονικούς σταθμούς WiMAX και υψηστάμενους σταθμούς SAR, θα χρησιμοποιήσουμε 2 sectors των 3.5GHz. Για να καταμερίσουμε σωστά τους συνδρομητές των τεσσάρων αυτών οικισμών στους 2 sectors, ο sector A θα εξηγηρετεί τους οικισμούς Δ(70 συνδρομητές) και Ε(50 συνδρομητές), ενώ ο sector B θα εξηγηρετεί τους οικισμούς Ζ(80 συνδρομητές) και Η(30 συνδρομητές)

Το κόστος ανά συνδρομητή σε αυτή την περίπτωση είναι 35.000€ για την εγκατάσταση του σταθμού βάσης και 5.000€ για κάθε οικισμό, για την τοποθέτηση της καμπίνας και του MSAN, άρα έχω: $35.000\text{€} + 20.000\text{€} = 55.000\text{€} / 230 = 239\text{€}$ ανά συνδρομητή και φυσικά είναι μέσα στα πλαίσια μιας τεχνοοικονομικά συμφέρουσας λύσης, για πολύ πιο γρήγορη παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης και πολύ πιο οικονομική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΠΗΓΕΣ

Χρήστος Βασιλόπουλος, Δημήτριος Ξενικός, Διαμαντής Κωτούλας, Πέτρος Βούδας, «Δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2010

Ιάκωβος Στ. Βενιέρης, «Δίκτυα Ευρείας Ζώνης», Εκδόσεις Τζιόλα, 2003

Ιάκωβος Στ. Βενιέρης, Ευγενία Νικολούζου, «Τεχνολογίες Διαδικτύου», Εκδόσεις Τζιόλα, 2003

http://broadband.cti.gr/el/evrizonikotita/fiber_optics.php

http://ru6.cti.gr/broadband/el/fiber_optics.php

<http://www.Wikipedia.com>

<http://www.dslforum.org>

<http://www.umts-forum.org>

<http://www.umtsworld.com>

<http://www.3gpp.org>

<http://www.broadband.gov.gr>

<http://www.esri.com>

<http://www.arcgis.com>

<http://www.gis.com>