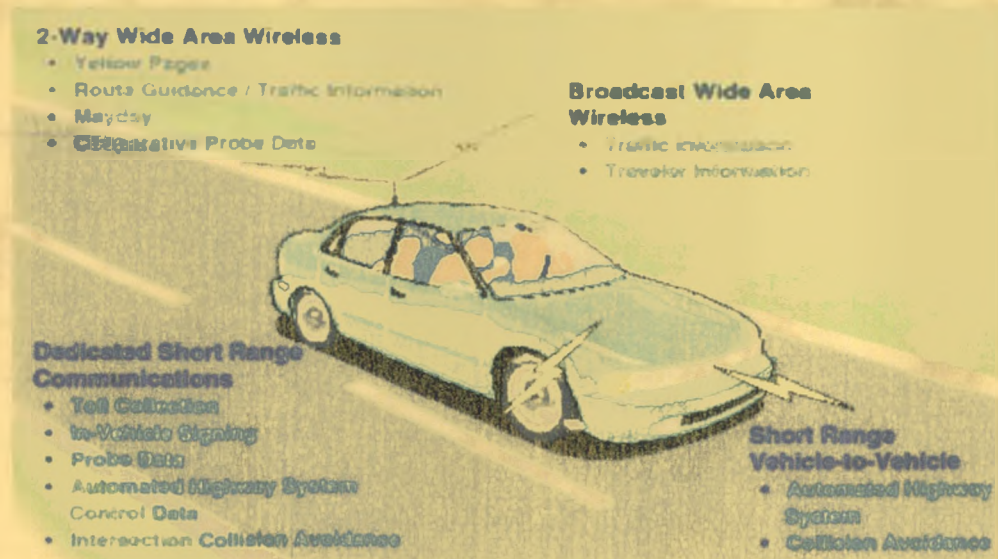


ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
 ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ
 ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

“ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
 ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ”



ΗΓΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΗΤΗΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΠΕΤΡΟ Α. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΒΟΗΘΗΤΗ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΚΩΣΤΗ Α. ΑΝΔΡΕΑΔΗ

ΕΠΙΒΛΗΤΗΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΚΩΣΤΗ Α. ΑΝΔΡΕΑΔΗ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2006

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
 Αριθ. Εισαγωγής 264

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	3
1.1 Οι τεχνικές εξελίξεις και η τηλεματική των μεταφορών	3
1.2 Σχετικό ψήφισμα της ευρωπαϊκής ένωσης σχετικά με την τηλεματική στον τομέα των μεταφορών	5
1.3 Προηγμένα Συστήματα τηλεματικής στις Μεταφορές	7
1.3.1 Εφαρμογές και πλεονεκτήματα	7
1.3.2 Παραδείγματα ευρωπαϊκών προγραμμάτων	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (ITS) INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ)	10
2.1 Εισαγωγή	10
2.2 Υπηρεσίες χρηστών (ITS user-services)	12
2.3 Αρχιτεκτονική των έξυπνων συστημάτων μεταφορών	14
2.3.1 Επίπεδο μεταφοράς	15
2.3.2 Πρότυπο των Λειτουργιών ITS (Λογική αρχιτεκτονική)	15
2.3.3 Εισαγωγή στη Φυσική αρχιτεκτονική ITS	15
2.3.4 Συστήματα και υποσυστήματα έξυπνων συστημάτων μεταφορών	17
2.3.4.1 Κεντρικά υποσυστήματα (Center Subsystems)	17
2.3.4.2 Τα υποσυστήματα οδοστρώματος (Roadside Subsystems)	18
2.3.4.3 Τα υποσυστήματα οχημάτων (Vehicle Subsystems)	19
2.3.4.4 Τα υποσυστήματα ταξιδιωτών (Traveler Subsystems)	20
2.4 Επίπεδο Επικοινωνίας	20
2.4.1 Σκιαγράφηση των τεχνολογικών προκλήσεων	22
2.5 Θεσμικό επίπεδο	25
2.6 Συσκευασίες αγοράς (Market Packages)	27
2.6.1 Συσκευασίες αγοράς και υποσυστήματα	28
2.6.2 Συσκευασίες αγοράς και συσκευασίες εξοπλισμού	28
2.6.3 Συσκευασίες αγοράς και υπηρεσίες χρηστών ITS	31
2.6.4 Οφέλη υπηρεσιών χρηστών από τις συσκευασίες αγοράς	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το ΠΑΝ-ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΖΕΥΚΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΠΡΟΤΥΠΟ TETRA	36
3.1 Εισαγωγή	36
3.2 TETRA – Πρότυπο Ψηφιακού Ζευκτικοποιημένου Ράδιο-δικτύου	36

3.3 TETRA – Μια πολύπλοκη PMR πλατφόρμα	38
3.3.1 Προχωρημένα Τεχνικά Χαρακτηριστικά	38
3.4 Τυπικό δίκτυο TETRA	41
3.5 Τηλεπικοινωνιακές Υπηρεσίες του TETRA	43
3.6 Πλεονεκτήματα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος TETRA	47
3.6.1 Μεγάλη Ομάδα Χρηστών	47
3.6.2 Εναρμονισμένες Συχνότητες TETRA	49
3.6.3 Το TETRA πληρεί τις Απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Αστυνομίας	49
3.6.4 Μεγάλη Ποικιλία Κατασκευαστών και Προϊόντων	50
3.6.5 Λειτουργική Ακεραιότητα Εγγυημένη από επικυρωμένες διαδικασίες	51
3.6.6 Το TETRA συμπληρώνει το GSM	52
3.7 Αναφορές στον ETSI οργανισμό τυποποίησης	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ TETRAPOL	55
4.1 Εισαγωγή	55
4.2 Πρότυπο του τηλεπικοινωνιακού συστήματος TETRAPOL	57
4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά	59
4.3.1 Πρόσβαση στο κανάλι (Channel Access Mode)	59
4.3.2 Μέθοδος διαμόρφωσης	59
4.4 Περιγραφή του συστήματος και σημαντικότερες λειτουργίες	60
4.4.1 Αμεσότροπη Λειτουργία (Direct Mode)	62
4.4.2 Διατερματική (end-to-end) κρυπτογράφηση	63
4.5 Υπηρεσίες που προσφέρει το Tetrapol	63
4.6 Πλεονεκτήματα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος tetrapol	66
4.6.1 Ράδιο-κάλυψη	66
4.6.2 Είναι συμβατό με την μπάντα συχνοτήτων PMR	67
4.6.3 Το TETRAPOL προσφέρει και υπηρεσίες δεδομένων	68
4.6.4 Πλεονεκτήματα έναντι άλλων PMR συστημάτων	68
4.6.4.1 TETRAPOL και APCO Project 25	69
4.6.4.2 TETRA και TETRAPOL	69
4.7 Προϊόντα, συστήματα σε λειτουργία και ζώνες συχνοτήτων	70
4.7.1 Δίκτυα TETRAPOL σε όλο τον κόσμο	70
4.7.2 Εξέλιξη του συστήματος TETRAPOL	72
4.7.3 Ζώνη συχνοτήτων	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ iDEN	74
5.1 Εισαγωγή	74
5.1.1 Ένα νέο πρότυπο το iDEN	75
5.1.2 Συνοπτικός κατάλογος iDEN χαρακτηριστικών	76
5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος iDEN	76
5.2.1 Ράδιο-κανάλι και μπάντα συχνοτήτων	76
5.2.2 Διανυσματικό άθροισμα διεγερμένης γραμμικής πρόβλεψης	77

(Vector Sum Excited Linear Predictor)	
5.2.3 Μέθοδος πρόσβασης στο ράδιο-κανάλι	77
5.2.4 Μια πιο προηγμένη τεχνολογία διαμόρφωσης	78
5.2.5 Τεχνική εμπλούτισης iDEN	79
5.3 Βασικά τμήματα του συστήματος iDEN	80
5.3.1 Περιγραφή του συστήματος	81
5.3.1.1 Ενδυναμωμένα συστήματα πομποδεκτών βάσης (EBTS)	81
5.3.1.2 Βάση ελέγχου –εμπλουτισμένος επεξεργαστής κλήσης (BSC-ECP)	81
5.3.1.3 Βάση ελέγχου –εμπλούτισης κωδικοποίησης ομιλίας (BSC-EXCDR)	81
5.3.1.4 Υπόγειος διακόπτης πακέτου (MPS)	81
5.3.1.5 Επεξεργαστής αίτησης αποστολής (DAP)	82
5.3.1.6 MSC βάση οικείας εγγραφής (HLR)	82
5.3.1.7 MSC βάση εγγραφής επισκέψεως (VHR)	82
5.3.1.8 Διασύνδεση λειτουργίας (Interworking function - IWF)	82
5.3.1.9 Κινητό κέντρο διακόπτη (MSC)	83
5.3.1.10 Ράδιο κέντρο διατήρησης λειτουργιών (OMC-R)	83
5.3.1.11 Υπηρεσία μικρού μηνύματος (SMS-SC)	84
5.3.1.12 Κτίριο συγχρονισμού ενοποιημένων υπηρεσιών	84
5.3.1.13 Κινητοί σταθμοί (MS)	85
5.3.2 Περιγραφή λειτουργιών και προσφερόμενες υπηρεσίες	85
5.3.2.1 Λειτουργίες αποστολής κλήσης (Dispatch Call Operations)	85
5.3.2.2 Λειτουργίες τηλεφωνικής διασύνδεσης	87
5.3.2.2.1 Τηλεφωνική κλήση από MS προς PSTN	87
5.3.2.2.2 Τηλεφωνική κλήση από PSTN προς MS	87
5.3.2.2.3 Από μονάδα MS σε μονάδα MS	88
5.3.2.3 Δεδομένα κυκλώματος και πακέτου (Data-Circuit and Packet)	88
5.3.2.3.1 Εφαρμογή κυκλώματος (Circuit Data Application)	88
5.3.2.3.2 Δεδομένα πακέτου (Packet Data)	89
5.3.2.4 Υπηρεσία μικρού μηνύματος (SMS)	90
5.3.3 Μέτρα προστασίας και έλεγχος ασφάλειας στο iDEN	90
5.4 Δίκτυα iDEN σε λειτουργία σήμερα	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΓΚΡΗΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, με την εξέλιξη της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, αναπτύχθηκαν στο πεδίο των μεταφορών νέες τεχνολογίες, που απαρτίζουν τις ονομαζόμενες "Προηγμένες Υπηρεσίες Τηλεματικής στις Μεταφορές" (Advanced Transport Telematics). Πρόκειται για ένα νέο τεχνολογικό τομέα που κάνει χρήση των πλέον προηγμένων προϊόντων ηλεκτρονικής όπως και νέων μεθόδων παρακολούθησης και ελέγχου. Αυτά τα νέα συστήματα τηλεματικής κάνουν πιο αποτελεσματική τη χρήση του οδικού δικτύου, βελτιώνουν την οδική ασφάλεια, αυξάνουν την απόδοση των μέσων μαζικής μεταφοράς και της βιομηχανίας μεταφορών και μειώνουν την ρύπανση του περιβάλλοντος.

Επομένως τα συστήματα αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότερο στις μεταφορές εφόσον είναι αποδοτικά από οικονομική άποψη, ιδίως στο διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών. Είναι καθήκον της κοινοτικής πολιτικής μεταξύ άλλων, να επιτυγχάνει τη σύγκλιση ή την τυποποίηση, έτσι ώστε να μπορούν κατά το δυνατόν να χρησιμοποιούνται σ' ολόκληρη την Ευρώπη. Ωστόσο καίρια προβλήματα στις μεταφορές του 21^{ου} αιώνα που αφορούν, την αύξηση στον πληθυσμό, την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την ρύπανση του περιβάλλοντος και την μείωση στο διαθέσιμο έδαφος για νέους δρόμους και εγκαταστάσεις, παραμένουν και ζητούν λύση άμεσα.

Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα αναπτύχθηκαν τα Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών ITS (Intelligent Transportation Systems). Τα συστήματα ITS δεν είναι τίποτα άλλο από μια συλλογή τεχνολογιών, συστημάτων, και έννοιες διαχείρισης μεταφορών που στοχεύουν συλλογικά να καταστήσουν τη μεταφορά αποδοτικότερη και ασφαλέστερη.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι τα συστήματα ITS δεν είναι ένα μονολιθικό σύστημα. Είναι το "σύστημα των συστημάτων" που προβλέπεται να εξελιχθεί κατά τη διάρκεια των επόμενων 20 ετών. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα ITS χρησιμοποιούν τις τηλεπικοινωνίες, τις επιστήμες των υπολογιστών και τη ρομποτική αλλά και ηλεκτρονικές τεχνολογίες για να επιτηρούν και να παρέχουν πληροφορίες για την απόδοση των μεταφορών. Οι εφαρμογές ITS συνδυάζουν την δύναμη των πληροφοριών με τις τεχνολογίες ελέγχου για να βελτιώσουν την απόδοση και την ασφάλεια του συστήματος μεταφορών αλλά και για να ενισχύσουν σημαντικά τις επιλογές του επιβατικού κοινού.

Το TETRA, το TETRAPOL και το iDEN είναι τα νέα πρότυπα για τα ψηφιακά ράδιο-συστήματα, τα οποία αλλάζουν τη φύση της αποστολής των Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών (Professional Mobile Radio business). Το TETRAPOL προωθήθηκε για να καλύψει πρωτίστως τον τομέα της δημόσιας ασφάλειας, ενώ το TETRA και το iDEN προορίζονται για τους χειριστές εμπορικών δικτύων (αποκαλούμενων "PAMR" στην Ευρώπη ή "ESMR" στις ΗΠΑ). Από γεωγραφική άποψη, τα συστήματα TETRAPOL και TETRA προέρχονται από την Ευρώπη, ενώ το iDEN έχει προταθεί στην αμερικάνικη αγορά. Η βασική διαφορά μεταξύ των συστημάτων είναι οι τομείς αγοράς που κυρίως απευθύνονται, και στη συνέχεια αυτό μεταφράζεται στις αντίστοιχες τεχνικές λύσεις (FDMA εναντίον TDMA). Όσον αφορά την δομή των κεφαλαίων η παρούσα διπλωματική εργασία χωρίζεται στα εξής κεφάλαια:

Το κεφάλαιο 1 αναφέρεται στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και την εφαρμογή τους στο τομέα των μεταφορών. Σχολιάζονται οι τεχνικές εξελίξεις και η τηλεματική των μεταφορών, η ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία στο τομέα αυτό, καθώς επίσης και οι εφαρμογές και τα πλεονεκτήματα προηγμένων συστημάτων τηλεματικής στις μεταφορές.

Το κεφάλαιο 2 αναφέρεται στη τεχνολογία των έξυπνων συστημάτων μεταφορών ITS (Intelligent Transportation Systems) τα οποία θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στις μεταφορές του 21^{ου} αιώνα. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι 31 υπηρεσίες χρηστών ITS, όπως έχουν προταθεί, στην συνέχεια παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική συστημάτων ITS η οποία διαιρείται σε 3 επίπεδα (μεταφορών – επικοινωνιών - θεσμικό) και τέλος σχολιάζονται οι προτεινόμενες (μέχρι σήμερα) συσκευασίες αγοράς ITS.

Τα κεφάλαια 3 - 4 - 5 αφιερώνονται αντίστοιχα στα νέα πρότυπα για τα ψηφιακά PMR συστήματα TETRA -TETRAPOL- iDEN. Αναφέρεται το πρότυπο, η αρχιτεκτονική τους ενώ γίνεται και μια περιγραφή των λειτουργικών διαδικασιών και των εν λειτουργία συστημάτων.

Τέλος στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται αναλυτικά τεχνικοί συγκριτικοί πίνακες με τα κυριότερα χαρακτηριστικά και τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα προαναφερόμενα συστήματα αλλά και τα αποτελέσματα της ανάλυσής μας. Πιστεύουμε ότι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία θα συμβάλλουν στη διαμόρφωση των αποδοτικότερων λύσεων και επιλογών, πάντα σύμφωνα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις στις εφαρμογές, των μελλοντικών χρηστών PMR.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

1.1 Οι τεχνικές εξελίξεις και η τηλεματική των μεταφορών

Τα τελευταία χρόνια, με την εξέλιξη της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, αναπτύχθηκαν στο πεδίο των μεταφορών νέες τεχνολογίες, που απαρτίζουν τις ονομαζόμενες "Προηγμένες Υπηρεσίες Τηλεματικής στις Μεταφορές" (Advanced Transport Telematics). Πρόκειται για ένα νέο τεχνολογικό τομέα που κάνει χρήση των πλέον προηγμένων προϊόντων ηλεκτρονικής όπως και νέων μεθόδων παρακολούθησης και ελέγχου. Οι δύο αυτές συνιστώσες κάνουν δυνατή την παροχή ειδικευμένων υπηρεσιών προς τους παράγοντες των μεταφορών (κυρίως των υποδομών και των συστημάτων, αρμόδιους για τη λειτουργία και την εκμετάλλευση, μεταφορικούς οργανισμούς και εταιρείες), όπως και προς τους τελικούς χρήστες των μεταφορικών συστημάτων, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της χρήσης των μεταφορικών υποδομών, όσον αφορά την αποδοτικότητα, την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Προηγμένες εφαρμογές Τηλεματικής έχουν αναπτυχθεί για διάφορα είδη μεταφορών, όπως την ιδιωτική αυτοκίνηση στον αστικό και τον υπεραστικό χώρο, τις εμπορευματικές οδικές μεταφορές και τη διαχείριση στόλων, και τις αστικές συγκοινωνίες.

Σ' αυτήν την κατεύθυνση κινούνται μεγάλα ερευνητικά προγράμματα της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η πρώτη και η δεύτερη φάση του προγράμματος DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe), ενώ το έργο PROMETHEUS (Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) στο πλαίσιο του προγράμματος EUREKA, έχει κυρίως αναλάβει την έρευνα πάνω στην τεχνητή νοημοσύνη που θα μπει μέσα στο αυτοκίνητο και θα έχει σαν αποτέλεσμα καλύτερα πληροφορημένους οδηγούς αλλά και συνεργασία μεταξύ κινουμένων αυτοκινήτων. Δεν θα πρέπει βέβαια να ξεχνά κανείς

πως στον ίδιο ακριβώς δρόμο κινούνται και οι Ηνωμένες Πολιτείες με το πρόγραμμα IVHS (Intelligent Vehicle-Highway Systems), αλλά και η Ιαπωνία με τα προγράμματα AMTICS (Advanced Mobile Traffic Information and Communications System) και RACS (Road-Automobile Communication System).

Οι μεγάλες ομάδες εφαρμογών προηγμένης τηλεματικής μεταφορών που έχουν καθοριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Πρόγραμμα DRIVE - ATT) καλύπτουν τη Διαχείριση της Ζήτησης, τα Συστήματα Ταξιδιωτικών και Κυκλοφοριακών Πληροφοριών, τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Αστικής Κυκλοφορίας, τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Υπεραστικής Κυκλοφορίας, την Υποβοήθηση του Οδηγού και Συνεργατική Οδήγηση, τη Διαχείριση Εμπορευμάτων και Στόλων και τη Διαχείριση Αστικών Συγκοινωνιών.

Διαχείριση της Ζήτησης. Καλύπτει τη χρήση τεχνολογίας με σκοπό την υποστήριξη των αρχών των πόλεων και των φορέων των υπεραστικών μεταφορών να επιτύχουν μια αποδοτική εξισορρόπηση μεταξύ της ζήτησης και τις προτιμήσεις που εκφράζονται από τους μετακινούμενους και τη χωρητικότητα του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου, σε συνάρτηση με την πολιτική μεταφορών των διοικούντων.

Συστήματα Ταξιδιωτικών και Κυκλοφοριακών Πληροφοριών. Αντιμετωπίζουν τα ζητήματα που σχετίζονται με τη συλλογή, επεξεργασία και διανομή ταξιδιωτικών και κυκλοφοριακών πληροφοριών. Κατά αυτόν τον τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα από οργανισμούς και φορείς διαχείρισης στόλων, είτε από το κοινό, στο σπίτι, το γραφείο, είτε κατά τη διάρκεια της μετακίνησης των οδηγών είτε από τους επιβάτες αστικών συγκοινωνιών.

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Αστικής Κυκλοφορίας. Προσδοκούν να βελτιώσουν και να ολοκληρώσουν τα συστήματα μεταφορών που λειτουργούν στις πόλεις. Τα συστήματα αυτά αφορούν τον έλεγχο της κυκλοφορίας, την οδική καθοδήγηση, την πληροφόρηση, τη διαχείριση της στάθμευσης, και τη διαχείριση έκτακτων αλλά και περιβαλλοντικών επεισοδίων. Ακόμη, τα συστήματα αυτά στοχεύουν στην προστασία των ευάλωτων χρηστών από κυκλοφοριακούς κινδύνους (π.χ άτομα με ειδικές ανάγκες)

Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Υπεραστικής Κυκλοφορίας. σχετίζονται με τον έλεγχο της κυκλοφορίας και την πληροφόρηση των οδηγών στους αυτοκινητόδρομους. Περιλαμβάνουν την αυτόματη ανίχνευση ατυχημάτων με τεχνικές επεξεργασίας εικόνας και τη συγκριτική αξιολόγηση δεδομένων που συλλέγονται από άλλες πηγές.

Υποβοήθηση Οδηγού και η Συνεργατική Οδήγηση. Βασίζεται σε συστήματα που αναπτύσσονται για τον οδηγό και για την επικοινωνία μεταξύ οχημάτων. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν την ανάπτυξη και δοκιμαστική λειτουργία των πρωτοτύπων.

Διαχείριση Εμπορευμάτων και Στόλων. Αντικειμενικός στόχος είναι η ανάπτυξη συστημάτων τα οποία θα είναι ικανά να βελτιστοποιούν τις διαδικασίες και τη λειτουργία των συστημάτων μεταφορών και ειδικότερα αυτών που χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα μέσα μεταφοράς και σχετίζονται με συνδυαζόμενες μεταφορές. Ειδική μέριμνα λαμβάνεται για τα συστήματα παρακολούθησης επικινδύνων φορτίων.

Διαχείριση των Αστικών Συγκοινωνιών. Είναι κρίσιμη για την ελκυστικότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς και αποτελεί στόχο βελτίωσης. Αυτό πετυχαίνεται μέσα από εφαρμογές που δοκιμάζουν ολοκληρωμένα συστήματα προγραμματισμού δρομολογίων, συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης της κίνησης των οχημάτων και πληροφοριακά συστήματα των οδηγών μέσα στα οχήματα και στις στάσεις. (CEC, 1993: 21-4).

Η έρευνα και ανάπτυξη που γίνεται σήμερα, στο νέο επιστημονικά πεδίο της προηγμένης τηλεματικής στις μεταφορές, στο επίπεδο των ηλεκτρονικών συσκευών, των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, των τηλεπικοινωνιών και του ειδικού λογισμικού, συμπληρώνεται από την έρευνα και ανάπτυξη στο επίπεδο των συστημάτων έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα κοινό ολοκληρωμένο περιβάλλον για τις οδικές μεταφορές. Κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο για να καθορισθούν κοινές λειτουργίες, μέθοδοι και προδιαγραφές για κάθε διαφορετικό είδος συσκευής και εξοπλισμό, όπως επίσης και για κάθε μορφής υπηρεσία που θα προσφέρεται σε οδηγούς και φορείς σε πανεθνικό επίπεδο. [1]

1.2 Σχετικό ψήφισμα της ευρωπαϊκής ένωσης σχετικά με την τηλεματική στον τομέα των μεταφορών.

ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ,

Εκτιμώντας:

- ότι τα συστήματα τηλεματικής θα πρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότερο στις μεταφορές εφόσον είναι αποδοτικά από οικονομική άποψη, ιδίως στο διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών, με την χρήση των αποτελεσμάτων των εργασιών για την κοινωνία των πληροφοριών
- ότι με τον τρόπο αυτόν, οι μεταφορές θα καταστούν ασφαλέστερες, αποτελεσματικότερες και λιγότερο βλαβερές για το περιβάλλον
- ότι ένα καθήκον της κοινοτικής πολιτικής είναι μεταξύ άλλων να επιτυγχάνει τη σύγκλιση ή την τυποποίηση, ανάλογα με την περίπτωση, των τεχνικών συστημάτων για να εξασφαλίζεται η συμβατότητα και η διαλειτουργικότητα μεταξύ κρατών μελών, έτσι ώστε να μπορούν κατά το δυνατόν να χρησιμοποιούνται σ' ολόκληρη την Ευρώπη από όσους συμμετέχουν στην οδική κυκλοφορία ή ασχολούνται με εφαρμογές
- ότι η πολλαπλότητα των τεχνικών συστημάτων που προσφέρονται αυτή τη στιγμή στην αγορά επιτρέπει συμφέρουσες λύσεις
- ότι γι' αυτό το λόγο πρέπει να δοθεί σημαντική ώθηση στις πρωτοβουλίες του ιδιωτικού τομέα για την δημιουργία ευρωπαϊκής υποδομής πληροφοριών,

ΣΗΜΕΙΩΝΕΙ την ανακοίνωση της Επιτροπής με τίτλο "Υπηρεσίες δορυφορικής πλοήγησης: μια ευρωπαϊκή αντίληψη", και τις προτάσεις του ψηφίσματος της Ευρωπαϊκής Διάσκεψης Υπουργών Μεταφορών (ECMT), της 26ης και 27ης Μαΐου 1994, για τη χρήση της νέας τεχνολογίας των πληροφοριών στις μεταφορές (1), ΣΥΜΦΩΝΕΙ ότι πρέπει να αναληφθεί δράση κατά προτεραιότητα στους ακόλουθους τομείς:

I. πρόοδος προς την εισαγωγή στα κράτη μέλη, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, διαλειτουργικών αυτόματων συστημάτων οδικών πληροφοριών και προειδοποιήσεων,

II. τυποποίηση των κριτηρίων δοκιμής και των διαδικασιών αξιολόγησης και έγκρισης για την παροχή πληροφοριών εντός των οχημάτων κατά τις οδικές μεταφορές,

III. εξασφάλιση της συμβατότητας και διαλειτουργικότητας των συστημάτων ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ οχήματος και υποδομής κατά τις οδικές μεταφορές,

IV. ενοποίηση των βάσεων δεδομένων για την πανευρωπαϊκή χρησιμοποίηση ψηφιακών οδικών χαρτών,

V. δεσμευτική υιοθέτηση των προτύπων που εκπονεί ο Euro control υπό τους όρους που προβλέπονται στην οδηγία 93/65/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 19ης Ιουλίου 1993 σχετικά με τον καθορισμό και τη χρησιμοποίηση συμβατών τεχνικών προδιαγραφών για την προμήθεια τεχνικού εξοπλισμού και συστημάτων διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας (2),

VI. εισαγωγή κοινοτικού συστήματος επισήμανσης των μετακινήσεων των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα ή βλαβερά για το περιβάλλον φορτία βάσει ηλεκτρονικού συστήματος ανταλλαγής δεδομένων,

VII. περαιτέρω ανάπτυξη συστημάτων πληροφοριών και επικοινωνιών για την ανταλλαγή στοιχείων μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών μεταξύ των αρχών που είναι αρμόδιες για τον έλεγχο από το κράτος του λιμένα,

VIII. υλοποίηση και βελτίωση του EDIFACT (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport) για τη συμβατότητα των συστημάτων πληροφοριών και επικοινωνιών και για τον αυτόματο έλεγχο των μεταφορών,

ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΝΕΙ ότι η εισαγωγή συμβατών τηλεματικών συστημάτων θα πρέπει να προωθηθεί και στις σιδηροδρομικές μεταφορές, ΚΑΛΕΙ την Επιτροπή και τα κράτη μέλη:

α) Να ασκήσουν την επιρροή τους στους ευρωπαϊκούς σιδηροδρομικούς οργανισμούς για την εισαγωγή ενός Ευρωπαϊκού Συστήματος Εντολών και Ελέγχου.

β) Να επιλέξουν από κοινού διασυνοριακούς διευρωπαϊκούς άξονες στις οδικές και τις σιδηροδρομικές μεταφορές στους οποίους να εφαρμοστούν κατά βέλτιστο τρόπο τα ήδη διαθέσιμα τηλεματικά συστήματα- συγκεκριμένα, στις οδικές μεταφορές, να ορίσουν από κοινού τυποποιημένες μεθόδους αξιολόγησης για τη δοκιμή της διαλειτουργικότητας, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, των-υπηρεσιών οδικών πληροφοριών και συστημάτων ανταλλαγής δεδομένων σύμφωνα με τους προσανατολισμούς του παρόντος ψηφίσματος.

γ) Να συζητήσουν επείγοντως την ανακοίνωση της Επιτροπής για τις υπηρεσίες δορυφορικής πλοήγησης και να υποβάλουν το ταχύτερο δυνατό σχετικές συστάσεις, ΚΑΛΕΙ την Επιτροπή,

α) να εκπονήσει πρόγραμμα δράσης για τα απαιτούμενα σε κοινοτικό επίπεδο μέτρα για την εισαγωγή της τηλεματικής στον τομέα των μεταφορών (πρόγραμμα δράσης),

β) να υποστηρίζει τις εργασίες τυποποίησης του συστήματος διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας με όλα τα κατάλληλα μέσα, περιλαμβανομένης της έρευνας και της ανάπτυξης στον τομέα αυτό,

γ) να προωθήσει τις απαιτούμενες εργασίες και να υποβάλει προτάσεις που συμφωνούν με την αρχή της αναλογικότητας και την αρχή της επικουρικότητας και δεν δημιουργούν μεγαλύτερη γραφειοκρατία.

Λουξεμβούργο, 24 Οκτωβρίου 1994. [3]

1.3 Προηγμένα Συστήματα τηλεματικής στις Μεταφορές

Η Κοινωνία των Πληροφοριών προσφέρει άμεσες λύσεις σε μερικά από τα προβλήματα οδικής κυκλοφορίας, με επίκεντρο την ανάπτυξη ενός συστήματος ενοποιημένων υπερεθνικών δικτύων. Τα διάφορα συστήματα τηλεματικής κάνουν πιο αποτελεσματική τη χρήση του οδικού δικτύου, βελτιώνουν την οδική ασφάλεια, αυξάνουν την αποδοτικότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς και της βιομηχανίας μεταφορών και μειώνουν την ρύπανση και διατάραξη του περιβάλλοντος. Επίσης, τα ενοποιημένα αυτά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (π.χ. παροχή τουριστικών πληροφοριών), οι οποίες συμβάλουν στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

1.3.1 Εφαρμογές και πλεονεκτήματα

Συστήματα αυτόματης πλοήγησης για αυτοκίνητα: Βασίζονται στην αυτόματη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του οχήματος και ενός κέντρου που παρέχει τα δεδομένα, και του οχήματος με τον οδηγό. Οι πληροφορίες που παρέχονται αφορούν στη ροή της κυκλοφορίας, στην κατάσταση των δρόμων, σε ατυχήματα, στις καιρικές συνθήκες, κ.α.. Συλλέγονται μέσω ενός δικτύου αισθητήρων επικοινωνίας μικρό-μεσαίας εμβέλειας, ηλεκτρομαγνητικών αισθητήρων και μηχανών λήψης, και αναμεταδίδονται μέσω καλωδίων βίντεο ή τηλεφώνου στο κέντρο κυκλοφορίας, που

δεδομένα, και του οχήματος με τον οδηγό. Οι πληροφορίες που παρέχονται αφορούν στη ροή της κυκλοφορίας, στην κατάσταση των δρόμων, σε ατυχήματα, στις καιρικές συνθήκες, κ.α.. Συλλέγονται μέσω ενός δικτύου αισθητήρων επικοινωνίας μικρό-μεσαίας εμβέλειας, ηλεκτρομαγνητικών αισθητήρων και μηχανών λήψης, και αναμεταδίδονται μέσω καλωδίων βίντεο ή τηλεφώνου στο κέντρο κυκλοφορίας, που στη συνέχεια τις αναμεταδίδει στους οδηγούς μέσω ραδιοφώνου, ηλεκτρονικής οθόνης στο ραδιόφωνο του αυτοκινήτου ή σε ηλεκτρονικούς πίνακες. Προγράμματα πληροφοριών σε ηλεκτρονικούς πίνακες μπορούν να εφαρμοστούν σε αστική οδική κυκλοφορία, εθνικούς και διασυνοριακούς δρόμους φορτηγών αυτοκινήτων, στην διασύνδεση κέντρων διαχείρισης οδικής κυκλοφορίας και την διαχείριση συστημάτων μαζικής μεταφοράς.

Διαχείρισης φορτίων εμπορευμάτων: Η ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων EDI και οι κινητές επικοινωνίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την διαχείριση κίνησης των οχημάτων, την μεταφόρτωση και τον έλεγχο των προϊόντων, την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων και τον τελωνειακό έλεγχο.

Ηλεκτρομαγνητική πληρωμή: Ηλεκτρονικές κάρτες διοδίων, ηλεκτρονική πληρωμή αστικών τελών στάθμευσης και ηλεκτρονικά συστήματα χορήγησης εισιτηρίων αποτελούν τρόπους μείωσης εξόδων επένδυσης και λειτουργίας των χειριστών, αποφυγής κλοπών και βανδαλισμών, ενώ υπόσχονται μεγαλύτερη ευελιξία και άνεση για τους χρήστες.

Πληροφορίες ταξιδιών: Είναι διαθέσιμες πριν την αναχώρηση, στο σπίτι ή στο γραφείο, σε στάσεις λεωφορείων, σε σταθμούς μετρό και σταθμούς τρένων, η μέσω σταθερών ή κινητών πινακίδων κατά τη διαδρομή. Έχει γίνει παράγοντας που προσελκύει άτομα στην χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς και παρότρυνσης των οδηγών να αφήνουν τα αυτοκίνητα τους σε χώρους στάθμευσης στην άκρη της πόλης.

1.3.2 Παραδείγματα Ευρωπαϊκών προγραμμάτων

Δύο πρωτοβουλίες αξίζουν ιδιαίτερης αναφοράς: το TRANSPORT TELEMATICS (ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ), που περιλαμβάνει 65 προγράμματα με περισσότερους από 600 συμμετέχοντες φορείς και 31 πόλεις και δημιούργησε 11 Ευρωπαϊκές οδικές αρτηρίες, και το PROMETHEUS, μέρος του προγράμματος EUREKA:

- ✓ PLEIADES (TRANSPORT TELEMATICS) μεταξύ Παρισιού, Λονδίνου και Βρυξελλών
- ✓ MELYSSA (TRANSPORT TELEMATICS) μεταξύ Στουτγάρδης και των χωρών της Μεσογείου. Περιλαμβάνει διαχείριση οδικής κυκλοφορίας, αυτόματη

ανίχνευση ατυχημάτων και πληροφορίες σε ηλεκτρονικούς πίνακες (CARMINAT).

- ✓ METAFORA (TRANSPORT TELEMATICS): ένα σύστημα διαχείρισης μεταφοράς φορτίων βασισμένων σε ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων (EDI).
- ✓ PROMETHEUS (EUREKA): στηρίζει την συνεργασία κατασκευαστών αυτοκινήτων για την ανάπτυξη βοηθημάτων οδήγησης σε πίνακα (π.χ. ραντάρ αποφυγής συγκρούσεων). [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (ITS) INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ)

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ευφυή συστήματα μεταφοράς ITS συνδυάζουν τεχνολογίες πληροφοριών, τηλεπικοινωνιών και υπολογιστών με τα υπάρχοντα συστήματα μεταφορών. Έχουν την δυνατότητα να δώσουν σύγχρονες απαντήσεις στα καίρια προβλήματα του 21^{ου} αιώνα που αφορούν την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τη ρύπανση αλλά και την μείωση του απαιτούμενου εδάφους για νέους δρόμους και εγκαταστάσεις. Τα συστήματα ITS μπορούν να βοηθήσουν για ένα πιο άνετο και ακίνδυνο ταξίδι αλλά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των ηλικιωμένων ανθρώπων και των ατόμων με ειδικές ανάγκες.

Μια εύλογη ερώτηση είναι τι ακριβώς κάνουν αυτά τα συστήματα; Σήμερα τα ITS συστήματα ασχολούνται κατά ένα μεγάλο μέρος με τη διαχείριση κυκλοφορίας.

Παρέχουν τις στιγμιαίες πληροφορίες για την κυκλοφοριακή ροή, τον καιρό, και τις συνθήκες ταξιδιού στους διαχειριστές κυκλοφορίας και αλλά στους ταξιδιώτες. Κατά αυτό τον τρόπο οι, ανά λεπτό, πληροφορίες επιτρέπουν στους διαχειριστές κυκλοφορίας να ρυθμίσουν την κυκλοφοριακή ροή και να παρέχουν ταξιδιωτικές πληροφορίες χρησιμοποιώντας σημάδια στα άκρα του δρόμου (Roadside signs), ραδιοφωνικές μεταδόσεις (radio broadcasts) και άλλα μέσα.

Μερικά πρακτικά παραδείγματα είναι χρήσιμα για να καταλάβουμε τι ακριβώς σημαίνει αυτό. Η πόλη του Χιούστον, το Τέξας, και ο περιβάλλων νομός Harris έχουν μειώσει την κυκλοφοριακή συμφόρηση με ένα δίκτυο οπτικών ινών αυτοματοποιημένων σημάτων κυκλοφορίας, αισθητήρων οδοστρωμάτων, τηλεοπτικών

φωτογραφικών μηχανών, και άλλων συναφών συστημάτων ανίχνευσης για τον έλεγχο της κίνησης κυκλοφορίας.

Στη Μινεάπολη, Μινεσότα, τα μεταφορικά μέσα έχουν αυτόματες συσκευές εντοπισμού θέσης οχημάτων ώστε να μπορούν να ελέγχουν που βρίσκονται και να επιτρέπουν στους χειριστές διέλευσης να ρυθμίζουν τα προγράμματά τους, παραδείγματος χάριν εάν τα μεταφορικά μέσα τρέχουν πιο αργά από ότι πρέπει. Στο κοντινό ST Paul, τα οχήματα έκτακτης ανάγκης μπορούν να ανταλλάσσουν σήματα κυκλοφορίας καθώς πλησιάζουν τις διασταυρώσεις για να βοηθήσουν ανθρώπους που έχουν χτυπήσει, είναι άρρωστοι ή γενικότερα βρίσκονται σε κίνδυνο και μάλιστα πολύ γρήγορα. Επίσης συστήματα ITS χρησιμοποιήθηκαν για να ελέγξουν την κυκλοφορία, να κατευθύνουν και να παρέχουν πληροφορίες στους χρήστες μεταφορικών μέσων, στους Ολυμπιακούς Αγώνες της Ατλάντας το 1996. Τέλος ακόμα και εσείς, μπορεί να έχετε ήδη χρησιμοποιήσει κάποιο ηλεκτρονικό πάσο σε ένα δρόμο διοδίων αντί να χρησιμοποιήσετε κέρματα. [4]

Επομένως τα έξυπνα συστήματα μεταφορών δεν είναι άλλο από μια συλλογή τεχνολογιών, συστημάτων, και έννοιες διαχείρισης μεταφορών που στοχεύουν συλλογικά να καταστήσουν τη μεταφορά αποδοτικότερη και ασφαλέστερη. [5]

Η ασφάλεια είναι βασικής σημασίας στα συστήματα ITS, και η αποφυγή του ανθρώπινου σφάλματος είναι το σημείο κλειδί για να γίνει αυτό πραγματικότητα. Τα συστήματα ITS βρίσκονται ήδη στο δρόμο ώστε να παρέχουν στα οχήματα προειδοποιήσεις συντριβής και ικανότητες αποφυγής-σύγκρουσης. Τα "έξυπνα" οχήματα του (όχι και τόσο μακρινού) μέλλοντος θα αισθάνονται τα αντικείμενα, θα αποφύγουν τις συγκρούσεις, θα ελέγχουν την επαγρύπνηση οδηγών, και θα παρέχουν πληροφορίες καθοδήγησης διαδρομών. Μάλλον δεν θα αργήσει για πολύ η εποχή που τα αυτοκίνητα πραγματικά θα κινούνται μόνα τους. [4]

Ωστόσο αξίζει να σημειώσουμε ότι τα ITS δεν είναι ένα ενιαίο μονολιθικό σύστημα. Είναι το "σύστημα των συστημάτων," που προβλέπεται να εξελιχθεί κατά τη διάρκεια των επόμενων 20 ετών. Πιο συγκεκριμένα, το ITS χρησιμοποιεί τις τηλεπικοινωνίες, επιστήμες των υπολογιστών και τη ρομποτική αλλά και ηλεκτρονικές τεχνολογίες για να επιτηρεί και να παρέχει πληροφορίες για την απόδοση των μεταφορών -- εθνικές οδοί, δρόμοι, σιδηρόδρομοι -- να καθορίζει τις απαιτήσεις για ένα ταξίδι, τις επικοινωνίες μεταξύ των οχημάτων και άκρων του δρόμου και σε μερικές περιπτώσεις, τον καιρό και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι εφαρμογές ITS συνδυάζουν την δύναμη των πληροφοριών με τις τεχνολογίες ελέγχου για να βελτιώσουν την απόδοση και την ασφάλεια του συστήματος μεταφορών και να ενισχύσουν σημαντικά τις επιλογές του επιβατικού κοινού. [5]

2.2 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ (ITS USER-SERVICES)

Μέχρι σήμερα, τριάντα μια υπηρεσίες χρηστών ITS έχουν προταθεί από κοινού από το US DOT και τη ITS America. Συγκεκριμένα το σύνολο των απαιτήσεων που καλύπτουν είναι η βάση για τον καθορισμό της εθνικής αρχιτεκτονικής ITS. Ο καθορισμός των υπηρεσιών χρηστών μας οδηγεί στο πλήρες σύνολο απαιτήσεων υπηρεσιών και των συστατικών της αρχιτεκτονικής που ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις.

Οι υπηρεσίες χρηστών περιγράφουν τι θα κάνει το σύστημα από την προοπτική του χρήστη. Εξετάζεται ένα ευρύ φάσμα χρηστών, που περιλαμβάνει τόσο το απλό μεταφορικό κοινό μέχρι και ποικίλους τύπους χειριστών συστημάτων. Η έννοια των υπηρεσιών χρηστών επιτρέπει τον καθορισμό του συστήματος που ξεκινά με την καθιέρωση των υπηρεσιών υψηλού επιπέδου που θα παρέχονται να καλύψουν τα προσδιορισμένα προβλήματα και τις ανάγκες που έχουν δημιουργηθεί.

Μέχρι σήμερα, τριάντα μια υπηρεσίες χρηστών έχουν προσδιοριστεί, η πιο πρόσφατη είναι η αρχειοθετημένη υπηρεσία χρηστών στοιχείων. Νέες (ή νεότερες εκδόσεις) υπηρεσίες χρηστών μπορούν να προστεθούν στην εθνική αρχιτεκτονική ITS στο μέλλον. Οι υπηρεσίες έχουν συσσωρευτεί σε επτά κατηγορίες όπως παρουσιάζονται παρακάτω. [6]

Κατηγορίες	Υπηρεσίες χρηστών
Διαχείριση ταξιδιού και μεταφορών	<ul style="list-style-type: none"> · Καθοδόν πληροφορίες στους οδηγούς · Καθοδήγηση διαδρομής · Ταξιδιωτικές υπηρεσίες πληροφοριών · Έλεγχος κυκλοφορίας · Επικειμενική διαχείριση · Δοκιμής μείωσης εκπομπών · Απαιτητική διαχείριση και λειτουργίες · Προ-ταξιδιού ταξιδιωτικές πληροφορίες · Κράτησης · Εθνικών οδών πληροφορίες
Δημόσιες λειτουργίες μεταφορών	<ul style="list-style-type: none"> · Διαχείρισης δημόσιων μεταφορών · Καθ'οδόν πληροφορίες διέλευσης · Πιστοποίησης δημόσιων μεταφορών · Ταξιδιωτική δημόσια ασφάλεια
Ηλεκτρονική πληρωμή	<ul style="list-style-type: none"> · Ηλεκτρονικές υπηρεσίες πληρωμής
Λειτουργίες εμπορικών οχημάτων	<ul style="list-style-type: none"> · Ηλεκτρονική εκκαθάριση εμπορικών οχημάτων · Αυτοματοποιημένη επιθεώρηση

	ασφάλειας · Επί του σκάφους έλεγχος ασφάλειας · Λειτουργίες διοίκησης εμπορικών οχημάτων · Επικειμενική απόκριση επικίνδυνων υλικών · Κινητικότητα ναυσιπλοικού φορτίου
Διαχείριση έκτακτης ανάγκης.	· Ειδοποίηση έκτακτης ανάγκης και προσωπική ασφάλεια · Διαχείρισης οχήματος έκτακτης ανάγκης
Προηγμένα συστήματα ελέγχου και ασφάλειας οχημάτων	· Διαμήκης αποφυγή σύγκρουσης · Παράλληλη αποφυγή σύγκρουσης · Αποφυγή σύγκρουσης · Διορατική αποφυγή συντριβής · Ετοιμότητα ασφάλειας · Περιορισμός ανάπτυξης προ-συντριβής · Αυτοματοποιημένο σύστημα εθνικών οδών
Διαχείριση πληροφοριών	· Αρχαιοθετημένα στοιχεία

Πίνακας 2.1 Υπηρεσίες χρηστών των έξυπνων συστημάτων μεταφορών ITS

Οι υπηρεσίες ITS παρέχουν στους χρήστες ποικίλες επιλογές. Όμως χωρίς ιδιαίτερη καθοδήγηση ο χρήστης μπορεί εύκολα να αναπτύξει συστήματα που να μην είναι τελικά συμβατά με τους γείτονές του. Για παράδειγμα, εάν η πόλη Α επιλέγει να εφαρμόσει κάποιες υπηρεσίες χρηστών με έναν τρόπο, και μια γειτονική πόλη Β με έναν άλλον είναι πολύ πιθανό ότι ένας ταξιδιώτης που αγόρασε εξοπλισμό ή υπηρεσίες ITS στην πόλη Α, θα διαπιστώσει ότι του είναι άχρηστος στη πόλη Β.

Για να μεγιστοποιηθεί πλήρως η δυνατότητα των τεχνολογιών ITS οι λύσεις κατά το σχεδιασμό των συστημάτων πρέπει να είναι συμβατές στο επίπεδο διεπαφής προκειμένου να μοιράζονται τα δεδομένα, να παρέχουν συντονισμένες, ενοποιημένες διαδικασίες ευρείας ζώνης και να υποστηρίζουν τον λειτουργικό εξοπλισμό και τις υπηρεσίες που απαιτούνται. Η Εθνική αρχιτεκτονική ITS λοιπόν είναι αυτή που παρέχει τις γενικές οδηγίες για να εξασφαλίσει το σύστημα, το προϊόν, αλλά και τη συμβατότητα μεταξύ των υπηρεσιών και των λειτουργιών του συστήματος, χωρίς να περιορίζει τις επιλογές του χρήστη. [6]

2.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Η εθνική αρχιτεκτονική ITS παρέχει το κοινό πλαίσιο για το καθορισμό, τον σχεδιασμό και την ενοποίηση των έξυπνων συστημάτων μεταφορών ITS. Δεν είναι ένα σχέδιο συστημάτων ούτε μια έννοια σχεδίου. Αυτό που κάνει είναι να καθορίζει το πλαίσιο γύρω από το οποίο πολλαπλές προσεγγίσεις στο σχεδιασμό μπορούν να αναπτυχθούν έτσι ώστε κάθε μια να προσαρμόζεται στις συγκεκριμένες ανάγκες του χρήστη, διατηρώντας τα οφέλη μιας κοινής αρχιτεκτονικής.

Είναι ένα ώριμο προϊόν που απεικονίζει τάσεις από όλο το φάσμα της ITS κοινότητας (επαγγελματίες μεταφορών, μηχανικοί συστημάτων, υπεύθυνοι για την ανάπτυξη συστημάτων, ειδικοί τεχνολογίας, σύμβουλοι, κ.λπ...) κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πέντε ετών. Πιο συγκεκριμένα η αρχιτεκτονική καθορίζει:

- τις λειτουργίες (π.χ., συγκέντρωση πληροφορίας κυκλοφορίας ή αίτηση για τη πραγματοποίηση δρομολόγησης) που πρέπει να εκτελεσθούν για να πραγματοποιηθεί μια δεδομένη υπηρεσία χρηστών,
- τις φυσικά οντότητες ή τα υποσυστήματα όπου αυτές οι λειτουργίες ανήκουν (π.χ., Roadside ή Vehicle),
- τις διεπαφές και τις ροές πληροφοριών που συνδέουν μεταξύ τους αυτές τις λειτουργίες με τα φυσικά υποσυστήματα σε ένα ενοποιημένο σύστημα,
- και τις απαιτήσεις επικοινωνίας για τις ροές πληροφοριών (π.χ, ασύρματο ή ενσύρματο μέσο).

Επιπλέον, η αρχιτεκτονική προσδιορίζει και διευκρινίζει τις απαιτήσεις για τα πρότυπα που απαιτούνται για να υποστηρίξει την εθνική και περιφερειακή λειτουργικότητα, καθώς επίσης και τα πρότυπα προϊόντων που απαιτούνται για να υποστηρίξει τις εκτιμήσεις σε οικονομική κλίμακα όσον αφορά την ανάπτυξη και επέκτασή τους.

Η εθνική αρχιτεκτονική ITS αποτελείται από τρία επίπεδα: ένα επίπεδο μεταφοράς που περιλαμβάνει τις λειτουργίες που απαιτούνται για να εφαρμόσει τις υπηρεσίες χρηστών, ένα επίπεδο επικοινωνίας που περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των τεχνολογιών επικοινωνιών και των συστημάτων που θα χρησιμοποιεί για την ανταλλαγή των στοιχείων που απαιτούνται από το επίπεδο μεταφορών, και ένα θεσμικό επίπεδο που παρέχει τη δομή των δυνάμεων που προσδιορίζουν τις απαιτήσεις και που επεκτείνουν την αρχιτεκτονική κατά τη διάρκεια του χρόνου. [6]

2.3.1 Επίπεδο μεταφοράς

Το επίπεδο μεταφορών περιέχει τα υποσυστήματα, τις εξωτερικές οντότητες και τις φυσικές ροές στοιχείων μεταξύ αυτών των οντοτήτων. Υπάρχουν 19 υποσυστήματα που αντιπροσωπεύουν την ομαδοποίηση των λειτουργιών που καθορίζονται στη λογική αρχιτεκτονική και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενιαίες οντότητες.

Οι διεπαφές μεταξύ αυτών των υποσυστημάτων αντιπροσωπεύουν τις φυσικές διεπαφές μεταξύ του εξοπλισμού και των υπολογιστών. Ο προσεκτικός καθορισμός τους συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση και την ανάπτυξη εφαρμογών που θα συνεργάζονται αξιόπιστα με νέες εφαρμογές και επεκτάσεις συστημάτων ITS στο μέλλον. Κατά αυτό τον τρόπο, προσδιορίζοντας τις λειτουργικές ομάδες και τις διεπαφές μεταξύ των οντοτήτων, η ομάδα ανάπτυξης αρχιτεκτονικής έχει καταφέρει να προσδιορίσει ένα "ανοικτό" σύστημα.

2.3.2 Πρότυπο των Λειτουργιών ITS (Λογική αρχιτεκτονική)

Η λογική αρχιτεκτονική παρουσιάζει μια λειτουργική άποψη των ITS υπηρεσιών χρηστών. Αυτή η άποψη είναι πλήρως διαζευγμένη από τις πιθανές εφαρμογές και τις φυσικές απαιτήσεις διεπαφών. Η λογική αρχιτεκτονική καθορίζει τις λειτουργίες ή τις προδιαγραφές διαδικασίας που απαιτούνται για να εκτελεστούν οι υπηρεσίες χρηστών ITS, και τις ροές πληροφοριών ή στοιχείων που πρέπει να ανταλλαχθούν μεταξύ αυτών των λειτουργιών. Η λειτουργική διαδικασία ανάλυσης αρχίζει με τον καθορισμό εκείνων των στοιχείων που είναι μέσα στην αρχιτεκτονική, και εκείνων που δεν είναι. Παραδείγματος χάριν, οι ταξιδιώτες είναι έξω από την αρχιτεκτονική, αλλά ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούν για να λάβουν τις πληροφορίες ή να τις παρέχουν είναι μέσα.

Με άλλα λόγια, η αρχιτεκτονική καθορίζει τις λειτουργίες ITS που πρέπει να αποδώσει για να καλύψει τις απαιτήσεις ενός ταξιδιώτη, όχι τις λειτουργίες του ταξιδιώτη. Ένας χρηματοδοτικός οργανισμός ο οποίος μαζεύει φόρους είναι έξω από την αρχιτεκτονική, ενώ τα συστατικά ITS που ανιχνεύουν τα οχήματα και συλλέγουν τους φόρους είναι μέσα. Τα υπάρχοντα μέσα ραδιοφωνικής μετάδοσης που μεταδίδουν τις ταξιδιωτικές πληροφορίες είναι έξω από την αρχιτεκτονική, αλλά τα στοιχεία που παρέχουν τις ταξιδιωτικές πληροφορίες ITS στα μέσα αυτά, είναι μέσα. Οι επικοινωνίες που χρησιμοποιούνται στο σιδηρόδρομο είναι έξω από την αρχιτεκτονική ενώ τα συστατικά της διεπαφής του είναι μέσα. [6]

2.3.3 Εισαγωγή στη φυσική αρχιτεκτονική ITS

Η φυσική αρχιτεκτονική προσδιορίζει τα φυσικά υποσυστήματα και τις ροές αρχιτεκτονικής μεταξύ των υποσυστημάτων που θα εφαρμόσουν τις διαδικασίες και θα υποστηρίξουν τις ροές στοιχείων της λογικής αρχιτεκτονικής ITS. Η φυσική αρχιτεκτονική προσδιορίζει περαιτέρω τις εισόδους οντοτήτων συστήματος (πηγές) και τις εξόδους οντοτήτων συστημάτων (προορισμοί), που ανήκουν ή δεν ανήκουν στο σύστημα.

τις εξόδους οντοτήτων συστημάτων (προορισμοί), που ανήκουν ή δεν ανήκουν στο σύστημα.

Πρότυπο των φυσικών οντοτήτων ITS (φυσική αρχιτεκτονική)

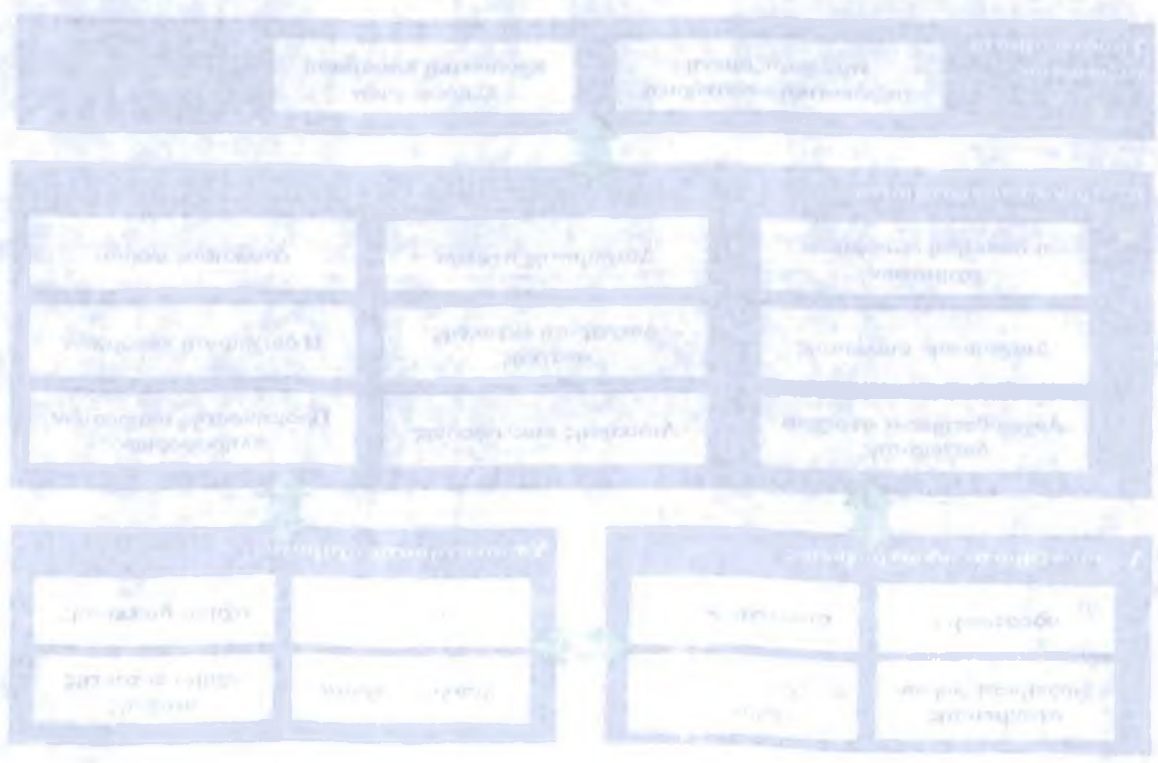
Η φυσική αρχιτεκτονική χωρίζει τις λειτουργίες που καθορίζονται από τη λογική αρχιτεκτονική σε συστήματα, και σε χαμηλότερο επίπεδο, υποσυστήματα, βασισμένα στη λειτουργική ομοιότητα των προδιαγραφών διαδικασίας και της θέσης όπου οι λειτουργίες εκτελούνται. Ένα κορυφαίο διάγραμμα επιπέδων της φυσικής αρχιτεκτονικής παρουσιάζεται παρακάτω, και το οποίο καθορίζει τέσσερα συστήματα Traveler, Center, Roadside, Vehicle και δεκαεννέα υποσυστήματα. Η συγκεκριμένη επιλογή δεκαεννέα υποσυστημάτων αντιπροσωπεύει ένα χαμηλότερο επίπεδο χωρισμού των λειτουργιών που προορίζεται να συλλάβει όλα τα προσδοκώμενα όρια υποσυστημάτων, μέχρι σήμερα αλλά και για τα επόμενα 20 χρόνια. Τα υποσυστήματα αποτελούνται από τις συσκευασίες εξοπλισμού (Equipment Packages) με συγκεκριμένες λειτουργικές ιδιότητες. Οι συσκευασίες εξοπλισμού αντιπροσωπεύουν τις μικρότερες μονάδες μέσα ένα σύστημα που μπορεί να αγοραστεί. [6]



Σχήμα 2.1 Σχεδιάγραμμα συστημάτων και υποσυστημάτων που καθορίζει η φυσική αρχιτεκτονική

Στις εφαρμογές, στη φάση της ανάπτυξης, ο χαρακτήρας ενός υποσυστήματος καθορίζεται από τα συγκεκριμένα πακέτα εξοπλισμού που επιλέγονται. Παραδείγματος χάριν, η ανάπτυξη ενός διοικητικού υποσυστήματος κυκλοφορίας

The diagram illustrates the structure of a company, showing the hierarchy from the top management down to the operational level. It details the various departments and their respective responsibilities within the organization.



This organizational structure is designed to ensure efficient communication and coordination across all levels of the organization. It clearly defines the roles and responsibilities of each department and individual, facilitating a clear line of authority and accountability.

Επιπλέον, τα υποσυστήματα μπορούν να επεκταθούν ξεχωριστά ή σε συναθροίσεις ή ακόμα και σε συνδυασμούς που θα ποικίλουν ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και το χρόνο στις τοπικές εφαρμογές. Ένα διαχειριστικό κέντρο κυκλοφορίας μπορεί να περιλάβει ένα διοικητικό υποσύστημα κυκλοφορίας, το υποσύστημα προμηθευτών πληροφοριών, και το διοικητικό υποσύστημα έκτακτης ανάγκης, όλα μέσα σε ένα κτήριο, ενώ ένα άλλο διαχειριστικό κέντρο κυκλοφορίας μπορεί να επικεντρωθεί μόνο στη διαχείριση της κυκλοφορίας με το διοικητικό υποσύστημα κυκλοφορίας. [6]

2.3.4 Συστήματα και υποσυστήματα έξυπνων συστημάτων μεταφορών

Τα υποσυστήματα αρχιτεκτονικής ITS μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις ευδιάκριτες κλάσεις υποσυστημάτων που έχουν βασικά λειτουργικά και θεσμικά χαρακτηριστικά.

2.3.4.1 Κεντρικά υποσυστήματα (Center Subsystems)

Παρέχουν τη διαχείριση, τη διοίκηση, και τις λειτουργίες υποστήριξης για το σύστημα μεταφορών. Το κάθε κεντρικό υποσύστημα επικοινωνεί με τα άλλα κέντρα και επιτρέπει το συντονισμό των αρμοδιοτήτων μέσα σε μια περιοχή. Τα κεντρικά υποσυστήματα επικοινωνούν επίσης με τα υποσυστήματα οδοστρώματος και οχημάτων για να συγκεντρώσουν τις πληροφορίες και να παρέχουν τις πληροφορίες και τον έλεγχο που συντονίζεται από τα κεντρικά υποσυστήματα. Τα εννέα κεντρικά υποσυστήματα περιγράφονται παρακάτω: [7]

· *Διοίκησης εμπορικών οχημάτων - Commercial Vehicle Administration* - πωλεί τα πιστοποιητικά και διαχειρίζεται τους φόρους, διατηρεί τα αρχεία ασφάλειας και τα πιστοποιητικά στοιχείων ελέγχου, και συμμετέχει στην ανταλλαγή πληροφοριών με άλλα υποσυστήματα διοίκησης εμπορικών οχημάτων και αίτησης πληροφοριών CVO

· *Διαχείρισης στόλου- Fleet and Freight Management* - παρακολουθεί και συντονίζει τα κυκλοφορούντα οχήματα συμπεριλαμβανομένου του συντονισμού με τις αποθήκες φορτίου ή τους ναυλωτές.

· *Διοίκησης φόρου - Toll Administration* - παρέχει γενικές ικανότητες διοίκησης και υποστηρίζει την ηλεκτρονική αξιολόγηση και πληρωμή των φόρων και τη διαχείριση των αμοιβών διέλευσης.

· *Διαχείρισης διέλευσης - Transit Management* - συλλέγει λειτουργικά στοιχεία από τα οχήματα διέλευσης και εκτελεί τον στρατηγικό και τακτικό προγραμματισμό για τους οδηγούς και τα οχήματα.

· *Διαχείριση έκτακτης ανάγκης - Emergency Management* - συντονίζει γεγονότα συμπεριλαμβανομένων εκείνων που περιλαμβάνουν τα επικίνδυνα υλικά (HAZMAT).

· *Διαχείρισης εκπομπών - Emissions Management* - συλλέγει και επεξεργάζεται τα στοιχεία ρύπανσης και παρέχει την εισαγωγή τους στο διοικητικό υποσύστημα κυκλοφορίας

· *Αρχειοθετημένα στοιχεία διαχείρισης - Archived Data Management* - συλλέγει, αρχειοθετεί, διαχειρίζεται, και διανέμει τα στοιχεία που παράγονται από πηγές ITS για χρήση στη διοίκηση μεταφορών, την πολιτική αξιολόγηση, την ασφάλεια, τον προγραμματισμό, τον έλεγχο απόδοσης, την αξιολόγηση του προγράμματος, τις διαδικασίες, και τη διαχείριση της κυκλοφορίας ερευνητικών εφαρμογών.

· *Διοίκησης κυκλοφορίας - Traffic Management* - επεξεργάζεται τα στοιχεία που αφορούν την κυκλοφορία και παρέχει βασικές υπηρεσίες διαχείρισης μέσω του οδοστρώματος και άλλων υποσυστημάτων. Το διοικητικό υποσύστημα κυκλοφορίας μπορεί να μοιραστεί τα στοιχεία κυκλοφορίας με τους προμηθευτές υπηρεσιών πληροφοριών. Συντονίζει επίσης την προτεραιότητα σημάτων διέλευσης και το δικαίωμα προτίμησης των σημάτων οχημάτων έκτακτης ανάγκης.

· *Προμηθευτής υπηρεσιών πληροφοριών - Information Service Provider* - αυτό το υποσύστημα μπορεί να επεκταθεί μόνο του (να εξυπηρετήσει γενικά τους οδηγούς και τους ταξιδιώτες) ή να συνδυαστεί με τη διαχείριση διέλευσης (να ωφελήσει συγκεκριμένα τους ταξιδιώτες διέλευσης, ή τη διαχείριση κυκλοφορίας (να ωφελήσει συγκεκριμένα τους οδηγούς και τους επιβάτες τους), ή τη διαχείριση έκτακτης ανάγκης (για τη δρομολόγηση του οχήματος έκτακτης ανάγκης), ή τη διαχείριση χώρων στάθμευσης (για τις κρατήσεις), ή και εφαρμογές διοίκησης εμπορικών οχημάτων (για τη δρομολόγηση εμπορικών οχημάτων). Τα ISPs μπορούν να συλλέξουν και να επεξεργαστούν τα στοιχεία μεταφορών από τα προαναφερθέντα κέντρα, και να μεταδίδουν ραδιοφωνικά γενικές πληροφορίες (π.χ. χρόνοι συνδέσεων), ή εξατομικευμένες πληροφορίες (π.χ. εξατομικευμένη ή βελτιστοποιημένη δρομολόγηση) σε απάντηση προς τα μεμονωμένα αιτήματα πληροφοριών. Επειδή το ISP μπορεί να ξέρει που είναι ορισμένα οχήματα, μπορεί να τα χρησιμοποιήσει ως "πομπούς" για να καθορίσει τη κατάσταση στις εθνικές οδούς, τα επίπεδα συμφόρησης, και να συμβάλλει στον προσδιορισμό των χρόνων ταξιδιού ή και των συνδέσεων. Επιπλέον τα στοιχεία αυτά μπορούν να μοιραστούν με το διοικητικό υποσύστημα κυκλοφορίας. Το υποσύστημα ISP είναι ένα βασικό στοιχείο των προ-ταξιδιού πληροφοριών, μιας υποδομής που βασίζεται στη καθοδήγηση διαδρομών και άλλες υπηρεσίες ταξιδιωτικών πληροφοριών. [6]

2.3.4.2 Τα υποσυστήματα οδοστρώματος (Roadside Subsystems)

Αυτά τα υποσυστήματα υποδομής παρέχουν την απ' ευθείας επικοινωνία στο δίκτυο, τα οχήματα που ταξιδεύουν στο δίκτυο οδοστρωμάτων, και τους ταξιδιώτες οδοστρωμάτων κατά τη μεταφορά. Κάθε ένα από τα υποσυστήματα οδοστρώματος περιλαμβάνει λειτουργίες για να υποστηρίξει την άμεση επιτήρηση, την παροχή πληροφοριών, και την εκτέλεση σχεδίων ελέγχου. Όλα τα υποσυστήματα οδοστρώματος διασυνδέονται με ένα ή περισσότερα κεντρικά υποσυστήματα τα οποία ελέγχουν τη γενική λειτουργία των υποσυστημάτων οδοστρώματος. Επίσης τα υποσυστήματα οδοστρώματος γενικά περιλαμβάνουν την απευθείας διεπαφή του χρήστη με τους οδηγούς και τους χρήστες διέλευσης και τις Short-range διεπαφές στα

υποσυστήματα οχημάτων. Τα τέσσερα υποσυστήματα οδοστρώματος περιγράφονται παρακάτω: [7]

- **οδόστρωμα – Roadway** - παρέχει την επιτήρηση διαχείρισης κυκλοφορίας, τα σήματα, και το signage κυκλοφορίας για τις ταξιδιωτικές πληροφορίες. Αυτό το υποσύστημα περιλαμβάνει επίσης τις συσκευές στις διατομές οδοστρωμάτων και τις διασταυρώσεις για τον έλεγχο της κυκλοφορίας.

- **συλλογή φόρου -Toll Collection** - αλληλεπιδρά με τις ετικέτες φόρου οχημάτων για να συλλέξει τους φόρους και να προσδιορίσει τους παραβάτες.

- **διαχείριση χώρων στάθμευσης - Parking Management** - συλλέγουν τις αμοιβές από τους χώρους στάθμευσης και διαχειρίζεται την κατοχή ή τη διαθεσιμότητα των θέσεων.

- **έλεγχος εμπορικών οχημάτων - Commercial Vehicle Check** - συλλέγει τα στοιχεία πιστοποιητικού και ασφάλειας από τις ετικέτες οχημάτων, καθορίζει την προσαρμογή στις απαιτήσεις, ταχυδρομεί τα αποτελέσματα στον οδηγό (και σε μερικές περιπτώσεις εξαιρετικής ασφάλειας, το μεταφορέα) και καταγράφει τα αποτελέσματα για το υποσύστημα διοίκησης εμπορικών οχημάτων. [6]

2.3.4.3 Τα υποσυστήματα οχημάτων (Vehicle Subsystems)

Αυτά τα υποσυστήματα εγκαθίστανται στο όχημα. Μοιράζονται γενικές πληροφορίες οδηγών, ναυσιπλοία οχημάτων, και προηγμένες λειτουργίες συστημάτων ασφάλειας. Τα υποσυστήματα οχημάτων επικοινωνούν με τα υποσυστήματα οδοστρώματος και τα κεντρικά υποσυστήματα για την παροχή πληροφοριών στον οδηγό. Στις ακόλουθες εν συντομία περιγραφές, η περιγραφή του υποσυστήματος οχήματος περιλαμβάνει τις γενικές ταξιδιωτικές πληροφορίες και λειτουργίες ασφάλειας οχημάτων που βρίσκουν εφαρμογή επίσης στα άλλα τρία υποσυστήματα οχημάτων (υποσύστημα εμπορικών οχημάτων, υποσύστημα οχημάτων έκτακτης ανάγκης, και υποσύστημα οχημάτων διέλευσης). Όλα τα υποσυστήματα οχημάτων περιλαμβάνουν εντοπισμό θέσης οχήματος και διπλής κατεύθυνσης επικοινωνίες έτσι ώστε να υποστηρίζουν αποτελεσματικές διαδικασίες. Κάθε υποσύστημα οχημάτων περιλαμβάνει επίσης λειτουργίες για να υποστηρίζει συγκεκριμένη περιοχή υπηρεσιών. Τα τέσσερα υποσυστήματα οχημάτων περιγράφονται παρακάτω: [7]

- **όχημα - Vehicle** - οι λειτουργίες που μπορούν να είναι κοινές πέρα από όλους τους τύπους οχημάτων βρίσκονται εδώ (π.χ. ναυσιπλοία, φόροι, κ.λπ...) έτσι ώστε συγκεκριμένες επεκτάσεις οχημάτων να μπορούν να περιλάβουν συναθροίσεις αυτού του υποσυστήματος με έναν από τους άλλους τρεις ειδικευμένους τύπους υποσυστημάτων οχημάτων. Το υποσύστημα οχημάτων περιλαμβάνει τις υπηρεσίες χρηστών της κατηγορίας προηγμένων συστημάτων ελέγχου και ασφάλειας (Advanced Vehicle Control and Safety Systems).

- **όχημα διέλευσης - Transit Vehicle** - παρέχει τα λειτουργικά στοιχεία στο διαχειριστικό κέντρο διέλευσης, λαμβάνει τη θέση δικτύων διέλευσης, παρέχει ταξιδιωτικές πληροφορίες στους ταξιδιώτες, και παρέχει λειτουργίες ασφάλειας, τόσο στους επιβάτες όσο και στους οδηγούς.

- *εμπορικό όχημα* - **Commercial Vehicle** - αποθηκεύει στοιχεία ασφάλειας, αριθμούς αναγνώρισης (οδηγός, όχημα, μεταφορέας), τα τελευταία στοιχεία ελέγχου και υποστηρίζει μέσα στο όχημα τη σηματοδότηση και το πέρασμα μηνυμάτων.
- *όχημα έκτακτης ανάγκης* - **Emergency Vehicle** - παρέχει το όχημα και τη συναφή θέση στο διοικητικό υποσύστημα έκτακτης ανάγκης. [6]

2.3.4.4 Τα υποσυστήματα ταξιδιωτών (Traveler Subsystems)

Τα υποσυστήματα ταξιδιωτών περιλαμβάνουν τον εξοπλισμό που αγοράζει και χρησιμοποιεί ο ταξιδιώτης. Αν και αυτός ο εξοπλισμός συχνά χρησιμοποιείται για ποικίλες στοιχειώδεις εργασίες, βασικός σκοπός είναι η πρόσβαση στις ταξιδιωτικές πληροφορίες στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής ITS. Αυτά τα υποσυστήματα συνδέονται στον προμηθευτή πληροφοριών (ένα από τα κεντρικά υποσυστήματα, συνήθως το υποσύστημα προμηθευτών υπηρεσιών πληροφοριών (ISP) για να παρέχουν πρόσβαση στις ταξιδιωτικές πληροφορίες. Μια σειρά προαιρετικών δυνατοτήτων υπηρεσιών και επιπέδων εκτέλεσης εξοπλισμού εξετάζονται και υποστηρίζονται. Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός που περιλαμβάνεται σε αυτήν την κλάση υποσυστημάτων περιλαμβάνει προσωπικούς υπολογιστές, τηλέφωνα, PDAs, τηλεοράσεις και οποιαδήποτε άλλο διαθέσιμο εμπορικό προϊόν επικοινωνιών που μπορούν να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ταξιδιωτικές πληροφορίες. Τα δύο υποσυστήματα ταξιδιωτών περιγράφονται παρακάτω: [7]

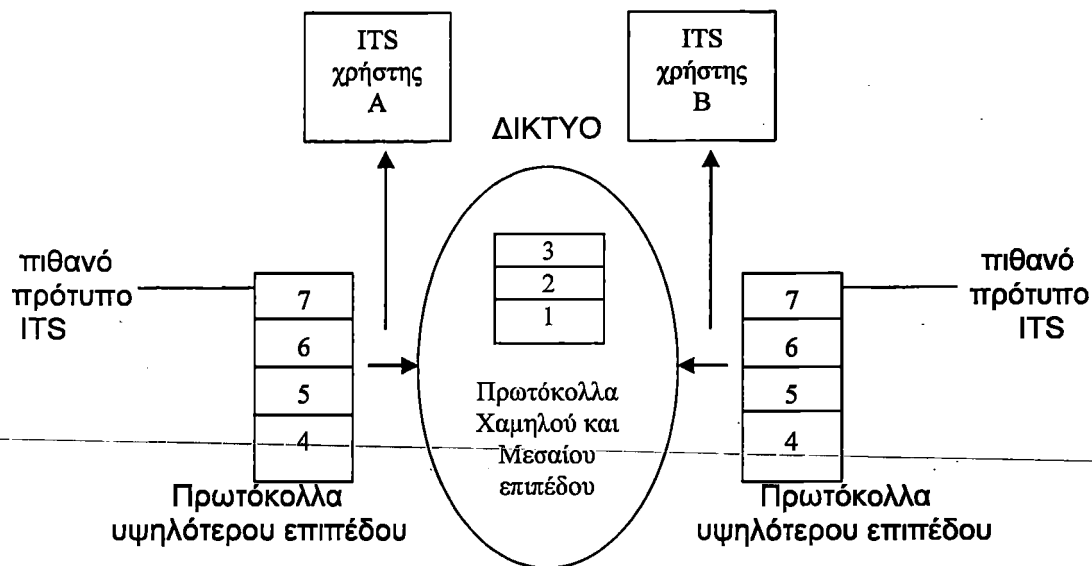
- *τηλεχειριζόμενη ταξιδιωτική υποστήριξη* - **Remote Traveler Support** - παρέχει τις ταξιδιωτικές πληροφορίες στα δημόσια περίπτερα. Αυτό το υποσύστημα περιλαμβάνει και λειτουργίες ασφάλειας.

- *προσωπική πρόσβαση πληροφοριών* - **Personal Information Access** - παρέχει ταξιδιωτικές πληροφορίες και υποστηρίζει αιτήματα έκτακτης ανάγκης για τους ταξιδιώτες χρησιμοποιώντας προσωπικούς υπολογιστές και τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό στο σπίτι, γραφείο, ή κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. [6]

2.4 ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Όπως προαναφέραμε η αρχιτεκτονική ITS αποτελείται από τρία επίπεδα: το επίπεδο μεταφορών, το επίπεδο επικοινωνίας, και το θεσμικό επίπεδο. Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζουμε μια επισκόπηση του επιπέδου επικοινωνίας. Το επόμενο σχήμα είναι ένα κορυφαίο γενικό μοντέλο επικοινωνίας που επεξηγεί την βασική σχέση μεταξύ των δυο επιπέδων μεταφορών και επικοινωνίας. Αυτό το γενικό μοντέλο επικοινωνίας είναι βασισμένο στο μοντέλο διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων του διεθνούς οργανισμού προτύπων (ISO) (OSI). Το μοντέλο του ISO OSI αποτελείται από επτά στρώματα: εφαρμογή, παρουσίαση, περίοδος επικοινωνίας, μεταφορά, δίκτυο, σύνδεση στοιχείων, και φυσικό στρώμα. Γενικά, η εφαρμογή, η παρουσίαση, και τα

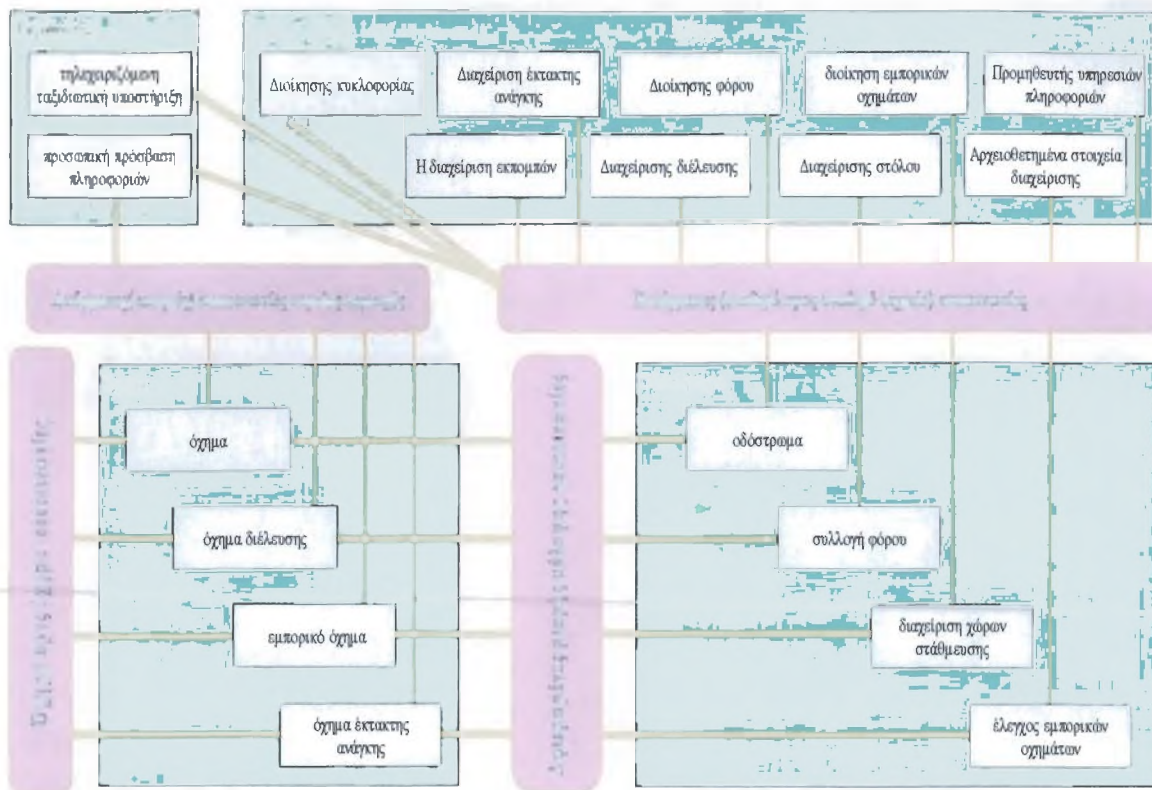
στρώματα περιόδου επικοινωνίας υποστηρίζονται από το στρώμα μεταφορών ενώ η μεταφορά, το δίκτυο, η σύνδεση στοιχείων και τα φυσικά στρώματα υποστηρίζονται από το στρώμα επικοινωνιών. [8]



Σχήμα 2.2 Γενικό ιεραρχικό μοντέλο επικοινωνίας

Το επίπεδο επικοινωνίας παρέχει το πλαίσιο που συνδέει τον κόσμο των μεταφορών με τον κόσμο των τηλεπικοινωνιών και επιτρέπει την ανάπτυξη και την αποτελεσματική εφαρμογή υπηρεσιών χρηστών. Ωστόσο υπάρχουν πολλές επιλογές επικοινωνιών διαθέσιμες στο σχεδιαστή συστημάτων και η ευελιξία μεταξύ των διάφορων επιλογών επιτρέπει σε κάθε σχεδιαστή να επιλέξει τη συγκεκριμένη τεχνολογία που ικανοποιεί τις τοπικές, περιφερειακές, ή εθνικές ανάγκες. Η αρχιτεκτονική προσδιορίζει και αξιολογεί τις δυνατότητες των υποψήφιων τεχνολογιών επικοινωνιών, αλλά δεν επιλέγει ή δεν προτείνει συστήματα και τεχνολογίες. Μια από τις θεμελιώδεις φιλοσοφίες στην ανάπτυξη της εθνικής αρχιτεκτονικής ITS είναι η χρησιμοποίηση των ήδη υπάρχουσων υποδομών μεταφοράς και τηλεπικοινωνιών στο σχέδιό της. Αυτό ελαχιστοποιεί το κόστος επέκτασης και μεγιστοποιεί την αποδοχή του αγοραστικού κοινού.

Η αρχιτεκτονική έχει προσδιορίσει τέσσερις τύπους επικοινωνίας για να υποστηρίξει τις απαιτήσεις μεταξύ των δεκαεννέα υποσυστημάτων. Ενσύρματες (σταθερό προς σταθερό σημείο) επικοινωνίες, ασύρματες επικοινωνίες ευρείας περιοχής (σταθερό προς κινητό σημείο), αφιερωμένες μικρής κάλυψης επικοινωνίες (σταθερό προς κινητό σημείο) και όχημα προς όχημα (σταθερό προς κινητό σημείο) επικοινωνίες. Το κορυφαίο διάγραμμα διασυνδέσεων που προσδιορίζει τις διεπαφές των μέσων επικοινωνιών μεταξύ των δεκαεννέα υποσυστημάτων της αρχιτεκτονικής παρέχεται στην συνέχεια. [6]



Σχήμα 2.3 Διεπαφές μέσω επικοινωνίας μεταξύ των 19 υποσυστημάτων ITS

2.4.1 Σκιαγράφηση των τεχνολογικών προκλήσεων

Υπάρχουν πολυάριθμες τεχνολογίες ενσύρματων μέσων να επιλέξουμε για τις Fixed-to-fixed απαιτήσεις επικοινωνίας. Για παράδειγμα, το υποσύστημα διοίκησης κυκλοφορίας μπορεί να χρησιμοποιήσει μισθωμένα ή συνεστραμμένα ζευγάρια καλωδίων, το ομοαξονικό καλώδιο, ή οπτικές ίνες για να συγκεντρώσει τις πληροφορίες και να ελέγξει τις συσκευασίες εξοπλισμού υποσυστημάτων οδοστρωμάτων (π.χ. αισθητήρες επιτήρησης κυκλοφορίας, σήματα κυκλοφορίας, μεταβλητά σημάδια μηνυμάτων, κ.λπ.). Σε άλλες εφαρμογές, μπορεί να είναι πιο συμφέρον να χρησιμοποιηθούν οι επίγειες συνδέσεις μικροκυμάτων, Spread spectrum radio ή ένα ράδιο δίκτυο για να παρέχει τις επικοινωνίες μεταξύ ενός διαχειριστικού κέντρου κυκλοφορίας και των μακρινών ελεγκτών.

Τα κεντρικά υποσυστήματα μέσα από ένα ενσύρματο δίκτυο. Αυτό επιτρέπει σε κάθε κεντρικό υποσύστημα να συλλέξει να ενσωματώσει, και να διαδώσει τις πληροφορίες σε όλα τα άλλα κεντρικά υποσυστήματα, με συνέπεια βελτιωμένες επικοινωνίες και το συντονισμό τους, γεγονός που έχει άμεση επίπτωση στην απόδοση και την αποτελεσματικότητα όλων των διαδικασιών των κεντρικών υποσυστημάτων. Οι επιλογές των ενσύρματων δικτύων περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση ιδιωτικών και δημόσιων δικτύων, ή ενός μίγματος των δύο. Οι ιδιωτικές τεχνολογίες δικτύων που αξιολογούνται από την ομάδα αρχιτεκτονικής περιλαμβάνουν το Ethernet, FDDI,

SONET και ATM. Οι δημόσιες τεχνολογίες δικτύων που αξιολογούνται περιλαμβάνουν μισθωμένες αναλογικές και ψηφιακές γραμμές, frame relay, ψηφιακά δίκτυα ενδοποιημένων υπηρεσιών (ISDN), μητροπολιτικό Ethernet, Internet και SMDS.

Η αρχιτεκτονική προσδιορίζει δύο ευδιάκριτες κατηγορίες ασύρματων επικοινωνιών βασισμένων στην έκταση και την περιοχή κάλυψης. Οι ασύρματες ευρείας κάλυψης (σταθερό προς κινητό σημείο) επικοινωνίες είναι κατάλληλες για τις υπηρεσίες και τις εφαρμογές όπου οι πληροφορίες μεταδίδονται στους χρήστες που δεν βρίσκονται κοντά την πηγή μετάδοσης και που απαιτούν κάλυψη χωρίς εγγραφή. Οι ασύρματες ευρείας κάλυψης (σταθερό προς κινητό σημείο) επικοινωνίες διαφοροποιούνται περαιτέρω εάν είναι μιας ή διπλής κατεύθυνσης (one-way or two-way). Ένα παράδειγμα μιας one-way ραδιοφωνικής μετάδοσης είναι το γνωστό σε όλους μας ραδιόφωνο AM ή FM. Αντίθετα ένας κινητός ταξιδιώτης που ζητά και λαμβάνει την τρέχουσα πληροφορία κυκλοφορίας από έναν προμηθευτή υπηρεσιών πληροφοριών, είναι ένα παράδειγμα διπλής κατεύθυνσης επικοινωνίας.

Διάφορες διπλής κατεύθυνσης ευρείας περιοχής ασύρματες Two-way wide area wireless τεχνολογίες αξιολογήθηκαν από την ομάδα αρχιτεκτονικής. Αυτές περιλαμβάνουν το σύστημα GSM για την κινητή επικοινωνία, το ειδικό κινητό ραδιόφωνο SMR, το ενισχυμένο ειδικό κινητό ράδιο (ESMR), το προσωπικό σύστημα επικοινωνιών (PCS), ARDIS, το RAM, Geotek, 220 MHZ, Metricom, Tetherless Access Ltd. (TAL), την διπλής κατεύθυνσης σελιδοποίηση και τα κυτταρικά ψηφιακά στοιχεία πακέτων (CDPD). Αν και κάθε τεχνολογία έχει τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες της σχετικά με τις απαιτήσεις επικοινωνίας, όλα τα σε αυτήν την περίοδο προς επέκταση συστήματα απέτυχαν να παρέχουν την πανταχού παρούσα κάλυψη που απαιτείται για την σε εθνικό επίπεδο λειτουργικότητα.

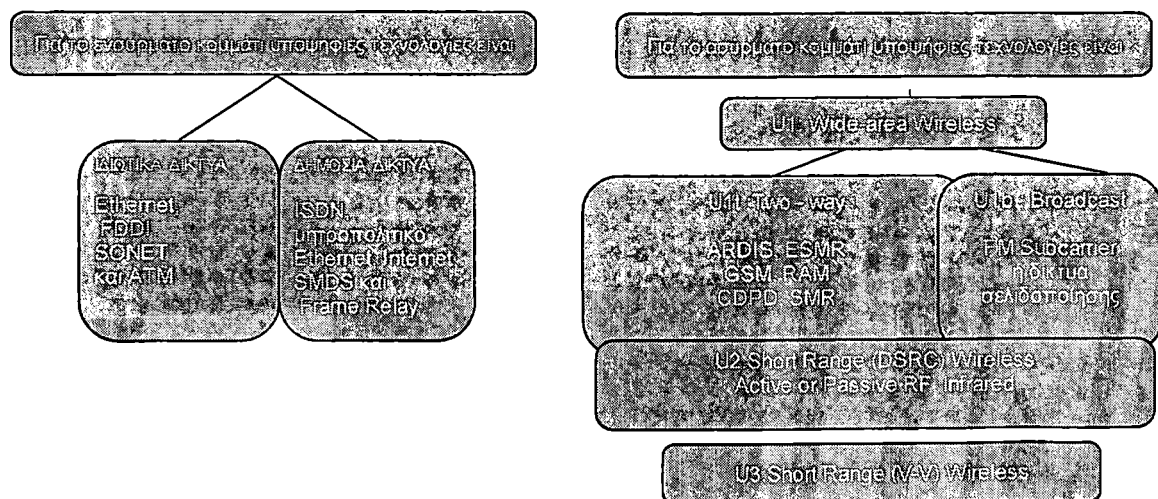
Σε μία προσπάθεια για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της πανταχού κάλυψης, η ομάδα αρχιτεκτονικής αξιολόγησε τις τρέχουσες και νέες τεχνολογίες δορυφορικών επικοινωνιών. Τα συστήματα που αξιολογούνται περιλαμβάνουν το ORBCOMM, STARSYS, VITASAT, MSAT, Constellation, GLOBALSTAR, IRIDIUM, TELEDESIC, Ellipso, Odyssey, kycell, VSAT, και OmniTRACS. Ωστόσο, η διαθεσιμότητα και το κόστος της υπηρεσίας, που συνδέεται με το κόστος των τερματικών, είναι κάποια κοινά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν εάν οι τεχνολογίες δορυφορικών επικοινωνιών πρόκειται να είναι βιώσιμες υποψήφιες για τις υπηρεσίες χρηστών ITS.

Η ομάδα αρχιτεκτονικής εξέτασε επίσης τεχνολογίες one-way επικοινωνιών ραδιοφωνικής μετάδοσης. Οι εξεταζόμενες τεχνολογίες περιλαμβάνουν τον υπομεταφορέα AM Subcarrier, FM Subcarrier, Highway Advisory Radio (HAR). Τα FM Subcarrier συστήματα περιλαμβάνουν τα Mitre's Subcarrier Traffic Information Channel (STIC), NHK's Data Radio Channel (DARC), SEIKO's High Speed FM Subcarrier Data System (HSDS), RBDS, ALERT, και επιστήμες διαμόρφωσης Inc.'s, SCA. Τα ζητήματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση των συστημάτων αφορούν στην περιορισμένη κάλυψη, το ιδιόκτητο Hardware και τις διεπαφές των συστημάτων υψηλών ταχυτήτων δεδομένων (HSDS, STIC, και DARC). Η αξιολόγηση έδειξε ότι όλα τα συστήματα υψηλών ταχυτήτων δεδομένων θα κάλυπταν τις απαιτήσεις των ροών

στοιχείων ITS που έχουν προταθεί για τις υπηρεσίες επικοινωνίας ραδιοφωνικής μετάδοσης.

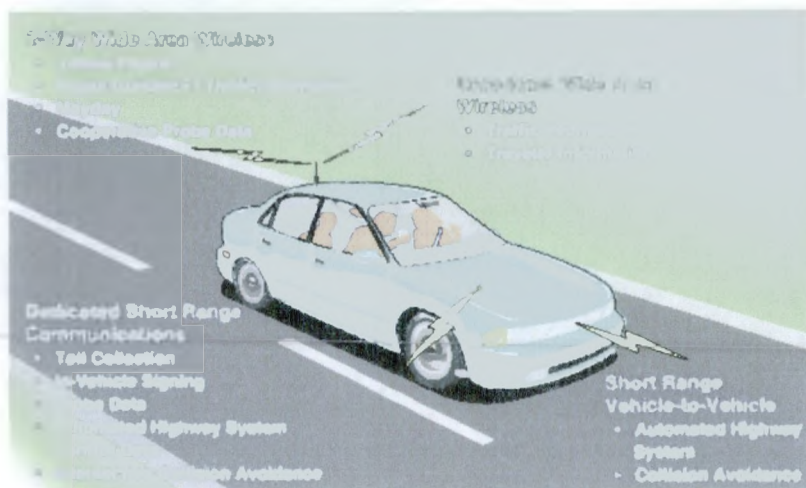
Η δεύτερη κατηγορία, ασύρματες μικρής κάλυψης επικοινωνίες, ενδιαφέρεται για τη μεταφορά πληροφοριών που είναι "εντοπισμένου ενδιαφέροντος". Υπάρχουν δύο τύποι ασύρματων επικοινωνιών μικρής κάλυψης που προσδιορίζονται από την αρχιτεκτονική. Όχημα προς όχημα και αφιερωμένες μικρής κάλυψης επικοινωνίες (DSRC). Οι όχημα προς όχημα (κινητό προς κινητό σημείο) μικρής κάλυψης επικοινωνίες απαιτούνται για να υποστηρίξουν το αυτοματοποιημένο σύστημα εθνικών οδών (AHS) και πιθανότατα, εφαρμογές αποφυγής σύγκρουσης διασταύρωσης. Η ομάδα αρχιτεκτονικής έχει προσδιορίσει τις απαραίτητες διεπαφές και τις ροές στοιχείων, αλλά δεν έχει αξιολογήσει τις διαθέσιμες ή και νέες τεχνολογίες επικοινωνιών, δεδομένου ότι η κοινοπραξία AHS έχει διάφορες τρέχουσες μελέτες σε αυτήν την περιοχή.

Οι κατάλληλες εφαρμογές για αφιερωμένες μικρής κάλυψης επικοινωνίες (σταθερό προς κινητό σημείο) περιλαμβάνουν τη συλλογή φόρου, τη συλλογή αμοιβών στάθμευσης, τις επιθεωρήσεις ασφάλειας οδοστρώματος, τους ελέγχους πιστοποίησης, την αποφυγή σύγκρουσης στις διασταυρώσεις και τις επιλεγμένες αυτοματοποιημένες επικοινωνίες συστημάτων εθνικών οδών (AHS) (π.χ., έλεγχοι ασφάλειας, έγκριση πρόσβασης και αναπροσαρμογές θέσης συστημάτων). Η ομάδα αρχιτεκτονικής αξιολόγησε τη ραδιοσυχνότητα (RF) και τις υπέρυθρες (IR) short range wireless beacon/tag επικοινωνίες για την απαίτηση DSRC. Τα βασικά σημεία κλειδιά σχετικά με τους ραδιοφάρους (Beacon) που απαιτούν περαιτέρω ανάλυση και μελέτη είναι η απαραίτητη κάλυψη και απαιτείται για την εγκατάσταση, τη λειτουργία, και τη συντήρησή τους. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι 4 διεπαφές επικοινωνίας καθώς και οι προτεινόμενες μέχρι σήμερα τεχνολογίες δικτύων. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα μέσα επικοινωνίας που απαιτούνται από ένα πλήρως σύστημα υπηρεσιών ITS σε ένα μελλοντικό επιβατικό όχημα. [6]



Σχήμα 2.4 Μέσα επικοινωνίας και προτεινόμενες τεχνολογίες δικτύων

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα μέσα επικοινωνίας που απαιτούνται από ένα πλήρως σύστημα υπηρεσιών ITS για ένα μελλοντικό επιβατικό όχημα.



Σχήμα 2.5 Μελλοντικό επιβατικό όχημα

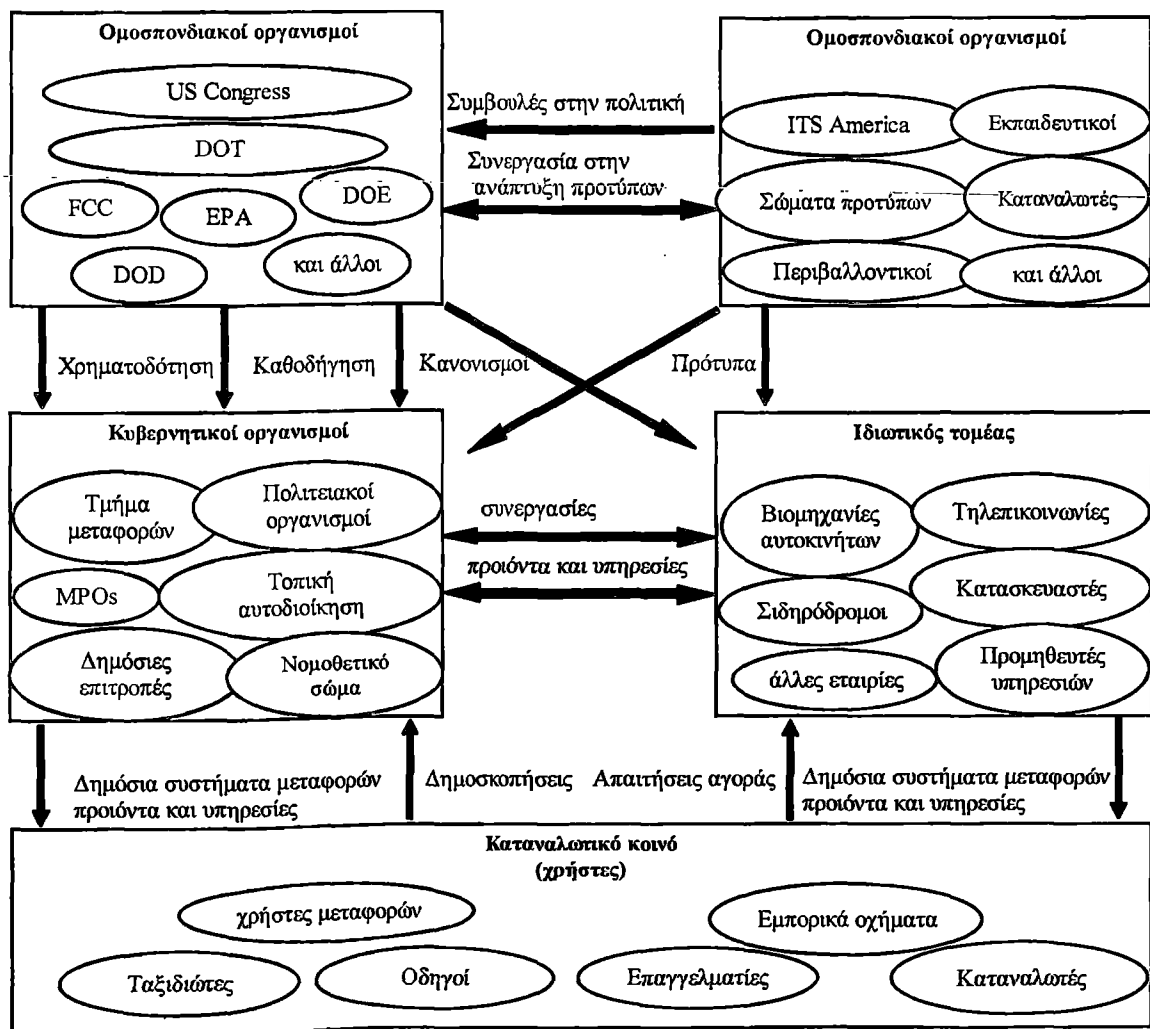
2.5 ΘΕΣΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Ένα ακέραιο τμήμα της εθνικής αρχιτεκτονικής καλείται να εξετάσει την επέκταση των συστημάτων ITS μέσα στο πλαίσιο των υπάρχουσων και αναδυόμενων θεσμικών περιορισμών και ρυθμίσεων. Για αυτόν τον λόγο, η εθνική αρχιτεκτονική αποτελείται από δύο σημαντικά τεχνικά στρώματα, ένα στρώμα μεταφορών και ένα στρώμα επικοινωνίας, τα οποία περιορίζονται και συντηρούν ένα θεσμικό στρώμα. Το στρώμα μεταφορών και το στρώμα επικοινωνίας, παρέχουν μαζί το τεχνικό πλαίσιο μέσα το οποίο τα λειτουργικά συστήματα μπορούν να εφαρμοστούν. Το θεσμικό στρώμα εισάγει τις πολιτικές, τα κίνητρα χρηματοδότησης, τις ρυθμίσεις εργασίας, και τη δίκαιο-πολιτική δομή που υποστηρίζουν τα τεχνικά στρώματα της αρχιτεκτονικής.

Το θεσμικό στρώμα παρέχει την βάση για την κατανόηση ποιοι θα είναι οι εφαρμοστές και τους ρόλους που αυτοί θα διαδραματίσουν στην εφαρμογή της αρχιτεκτονική και κατά συνέπεια στα έξυπνα συστήματα μεταφοράς ITS. Με μια γρήγορη ματιά στο θεσμικό στρώμα όπως απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα υπάρχει ένα πλήθος παραγόντων που το αποτελούν. Εντούτοις, στο ευρύτερο δημόσιο τομέα, οι σχέσεις είναι πλέον καθιερωμένες και αυτό επειδή στο μεγαλύτερο μέρος οι αποφάσεις επέκτασης των συστημάτων ITS μπορούν να θεωρηθούν ως τμήμα της μεγαλύτερης διαδικασίας λήψης αποφάσεων που αφορούν το τομέα επενδύσεων στις μεταφορές. Αυτή η διαδικασία έχει ωριμάσει κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών όπου παρατηρείται σημαντική ανάπτυξη σε όλους τους τομείς (π.χ, το διακρατικό σύστημα εθνικών οδών). Ακρογωνιαίος λίθος αυτής της διαδικασίας είναι η ισχυρή

νομοθετική υποστήριξη προερχόμενη υπό τον τίτλο 23 του κώδικα των Ηνωμένων Πολιτειών (USC). Η πιο πρόσφατη αναθεώρηση του οποίου είναι ο συνδυασμένος νόμος αποδοτικότητας μεταφορών επιφάνειας του 1991 (ISTEA).

Από την πλευρά του ιδιωτικού τομέα, οι βιομηχανίες αυτοκινήτων και επικοινωνιών είναι σημαντικοί συμμετέχοντες στην ανάπτυξη των διάφορων καταναλωτικών προϊόντων και των υπηρεσιών σχετικών με τα έξυπνα συστήματα μεταφοράς ITS. Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα παρουσιάζεται το σύνολο των παραγόντων που αποτελούν το θεσμικό επίπεδο και οι μεταξύ τους σχέσεις. [9]



Σχήμα 2.6 Το θεσμικό επίπεδο

2.6 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΑΓΟΡΑΣ (MARKET PACKAGES)

Όπως προαναφέραμε η εθνική αρχιτεκτονική παρέχει το πλαίσιο για το σχεδιασμό και την υλοποίηση των υπηρεσιών χρηστών των έξυπνων συστημάτων

μεταφορών ITS, παρέχει τις λειτουργίες που πρέπει να εκτελεστούν, τα υποσυστήματα τα οποία παρέχουν αυτές τις λειτουργίες και τις πληροφορίες που πρέπει να ανταλλαχθούν για να υποστηρίξει τις υπηρεσίες χρηστών. Όμως στην υλοποίηση του συστήματος, οι συσκευασίες αγοράς είναι αυτές που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο, καθώς συνδέουν το πλαίσιο της αρχιτεκτονικής με τις υπηρεσίες χρηστών. Το πέρασμα από τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής στην υλοποίηση γίνεται μέσω μιας ομάδας, πλήρως καθορισμένων, συσκευασιών αγοράς Market Packages.

Ειδικότερα οι συσκευασίες αγοράς- Market Packages-αντιπροσωπεύουν τους ιδιαίτερους σχηματισμούς ομάδας των οντοτήτων που καθορίζονται στη φυσική αρχιτεκτονική και αντιστοιχούν στις συγκεκριμένες υπηρεσίες μεταφορών.

2.6.1 Συσκευασίες αγοράς και υποσυστήματα

Μια συσκευασία αγοράς υλοποιείται με έναν συνδυασμό αλληλένδετου εξοπλισμού ο οποίος ανήκει συνήθως σε διαφορετικά υποσυστήματα μέσα στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς φορείς. Παραδείγματος χάριν, η συσκευασία αγοράς ανίχνευσης διέλευσης οχημάτων περιλαμβάνει τον εξοπλισμό θέσης οχημάτων στο υποσύστημα οχημάτων διέλευσης και ένα σταθμό βάσης στοιχείων στο διοικητικό υποσύστημα διέλευσης. Σε αυτό το παράδειγμα, όλα τα στοιχεία συσκευασίας αγοράς ανήκουν και χρησιμοποιούνται από τον ίδιο φορέα διέλευσης. Σε άλλες περιπτώσεις, τα στοιχεία συσκευασίας αγοράς ανήκουν και χρησιμοποιούνται από διαφορετικούς φορείς. Πολλές από τις συσκευασίες αγοράς ATIS απαιτούν εξοπλισμό στο υποσύστημα προμηθευτών υπηρεσιών πληροφοριών που ανήκει και τίθεται σε λειτουργία από έναν δημόσιο ή ιδιωτικό προμηθευτή πληροφοριών και έναν εξοπλισμό που ανήκει και χρησιμοποιείται από τον καταναλωτή ως τμήμα του υποσυστήματος οχημάτων ή του προσωπικού υποσυστήματος πρόσβασης πληροφοριών. Δεδομένου ότι ο εξοπλισμός στα διάφορα υποσυστήματα μπορεί να αγοραστεί και να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς τελικούς χρήστες, είναι προφανές ότι συγκεκριμένα συστατικά των υποσυστημάτων μπορούν να επεκταθούν με ποικίλους τρόπους. [10]

2.6.2 Συσκευασίες αγοράς και συσκευασίες εξοπλισμού

Για να καταλάβουμε τη βασική διαφορά μεταξύ των συσκευασιών αγοράς και εξοπλισμού πρέπει οι συσκευασίες αγοράς να αποσυντεθούν στα ιδρυτικά στοιχεία τους. Στην ουσία το σύνολο των ικανοτήτων των συσκευασιών αγοράς που δεσμεύονται σε κάθε υποσύστημα οριοθετεί τις συσκευασίες εξοπλισμού. Μια συσκευασία εξοπλισμού αντιπροσωπεύει ένα σύνολο εξοπλισμού/ικανοτήτων που είναι πιθανό να αγοραστεί από έναν τελικό χρήστη. Δεδομένου ότι οι συσκευασίες εξοπλισμού είναι τα πιο λεπτομερή στοιχεία της φυσικής αρχιτεκτονικής και συνδέονται με συγκεκριμένες συσκευασίες αγοράς, υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής και την επέκταση-προσανατολισμό των συσκευασιών αγοράς.

Οστόσο η αρχιτεκτονική πρέπει να υποστηρίξει μια πλήρη σειρά υπηρεσιών και συσκευασιών αγοράς και μάλιστα με τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοεί την ανάπτυξη:

- υπηρεσιών ITS από βασικές βελτιώσεις στα συστήματα ελέγχου σημάτων μέχρι τα αυτοματοποιημένα συστήματα εθνικών οδών.
- ευέλικτες εφαρμογές κατάλληλες για κύριες μητροπολιτικές περιοχές καθώς επίσης και για απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές.
- την τεχνολογική του ουδετερότητα έτσι ώστε να εξασφαλίζει ότι θα παραμείνει βιώσιμο στο μέλλον και αποδεκτό ανεξάρτητα από τις αλλαγές στην τεχνολογία.

Αυτός ο υψηλός βαθμός ευελιξίας είναι απαραίτητος δεδομένου ότι η αρχιτεκτονική πρέπει να αφομοιώσει οποιαδήποτε νέα πιθανή εφαρμογή ITS στο άμεσο μέλλον (κατά τη διάρκεια ενός χρονικού σχεδίου είκοσι ετών). Δυστυχώς, αυτή η ευελιξία περιπλέκει πολύ τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής και ειδικότερα το σχεδιασμό των επιμέρους κομματιών της για να είναι σε θέση να καλύψουν τις παρούσες και μελλοντικές ανάγκες των μεταφορών.

Οι συσκευασίες αγοράς, χωριστά ή σε συνδυασμό, αντικαθρεπτίζουν τις πραγματικές ανάγκες και δίνουν λύσεις στα προβλήματα των παγκόσμιων μεταφορών. Απευθύνονται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις υπηρεσιών των διευθυντών κυκλοφορίας, των χειριστών διέλευσης, των ταξιδιωτών, και γενικότερα κάθε άλλων συμμετόχων ITS.

Συγκεκριμένα διαφορετικές συσκευασίες αγοράς καθορίζονται σε κάθε σημαντικό τομέα εφαρμογής και μάλιστα με προαιρετικές δυνατότητες υπηρεσιών και ανάλογο κόστος. Οι συσκευασίες αγοράς είναι επίσης δομημένες ώστε να διαχωρίσουν τις υπηρεσίες που είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν τεχνικές ή μη τεχνικές προκλήσεις από άλλες υπηρεσίες. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει τον προσδιορισμό ενός υποσυνόλου των συσκευασιών αγοράς ώστε να είναι διαθέσιμες από νωρίς στην αγορά. Από την άλλη πλευρά, αρκετές από τις συσκευασίες αγοράς αντιπροσωπεύουν προηγμένα προϊόντα ή τις υπηρεσίες που δεν θα είναι διαθέσιμες για κάποιο χρονικό διάστημα. Τέλος, πολλές από τις συσκευασίες αγοράς είναι στοιχειώδης έτσι ώστε στο μέλλον πιο προηγμένες συσκευασίες να μπορούν να αναπτυχθούν πάνω σε αυτές.

Μόλις επιλεχτεί μια συγκεκριμένη συσκευασία αγοράς για την επιθυμητή εφαρμογή, τα απαραίτητα υποσυστήματα, οι συσκευασίες εξοπλισμού, και οι απαραίτητες διεπαφές προσδιορίζονται εύκολα μέσω της αρχιτεκτονικής. Αυτή η προσέγγιση βοηθά σημαντικά τον σχεδιασμό του συστήματος ο οποίος ξεκινά με την εξέταση των αναγκών υπηρεσιών και στην συνέχεια επικεντρώνεται σε εκείνα τα κομμάτια της αρχιτεκτονικής που είναι απαραίτητα ώστε να υλοποιηθεί η επιλεγμένη υπηρεσία.

Ωστόσο είναι σημαντικό και πρέπει να σημειωθεί ότι οι συσκευασίες αγοράς λειτουργούν με τρόπο επεξηγηματικό παρά καθοδηγητικό. Οι πραγματικές παραλλαγές στις δυνατές εφαρμογές είναι πάρα πολλές και δεν μπορούν να απαριθμηθούν μέσω ενός πεπερασμένου συνόλου συσκευασιών. Οι συσκευασίες αγοράς είναι εργαλεία που επιτρέπουν την στρατηγική εφαρμογή και την επέκταση των υπηρεσιών των έξυπνων συστημάτων μεταφορών με τον τρόπο που καθορίζει η αρχιτεκτονική. Στη συνέχεια αναφέρουμε το πλήρες σετ των διαθέσιμων μέχρι σήμερα 63 συσκευασιών αγοράς όπως προσδιορίζεται στον επόμενο πίνακα. [10]

Συσκευασία αγοράς	Όνομα
ATMS01	Εποπτεία δικτύου
ATMS02	Εποπτεία συσκευής εκπομπής δεδομένων
ATMS03	Επιφανειακός οδικός έλεγχος
ATMS04	Εθελοντικός έλεγχος
ATMS05	HOV διοίκησης
ATMS06	Διασπορά πληροφοριών κυκλοφοριακής κίνησης
ATMS07	Τοπικός έλεγχος κυκλοφοριακής κίνησης
ATMS08	Περιστασιακό σύστημα διαχείρισης
ATMS09	Απαιτητική διαχείριση και πρόβλεψη κυκλοφοριακής κίνησης
ATMS10	Ηλεκτρονική συλλογή φόρου
ATMS11	Παρακολούθηση εκπομπών και διαχείρισης
ATMS12	Εικονική TMC και έξυπνη συσκευή αποστολής δεδομένων
ATMS13	Πρότυπο σιδηροδρομικής διασταύρωσης
ATMS14	Προηγμένη σιδηροδρομική διασταύρωση
ATMS15	Συντονισμός λειτουργιών σιδηροδρόμου
ATMS16	Κτίριο υπηρεσιών διαχείρισης χώρων στάθμευσης
ATMS17	Αναστρέψιμη γραμμή διαχείρισης
ATMS18	Οδικό σύστημα πληροφοριών καιρού
ATMS19	Τοπικό κέντρο διαχείρισης χώρων στάθμευσης
APTS1	Ανίχνευσης οχήματος διέλευσης
APTS2	Λειτουργίες καθοδήγησης διέλευσης
APTS3	Απαιτητικές λειτουργίες διέλευσης
APTS4	Διέλευσης επιβατών και διαχείρισης
APTS5	Ασφάλεια διέλευσης
APTS6	Διατήρησης διέλευσης
APTS7	Συντονισμός πολλών τρόπων
APTS8	Ταξιδιωτικές πληροφορίες διέλευσης
ATIS1	Ταξιδιωτικές πληροφορίες ευρείας εκπομπής
ATIS2	Ταξιδιωτικές πληροφορίες αλληλεπίδρασης
ATIS3	Αυτόνομη καθοδήγηση διαδρομών
ATIS4	Δυναμική καθοδήγηση διαδρομών
ATIS5	Καθοδήγηση διαδρομών βάση ISP
ATIS6	Καθοδήγηση διαδρομών και διοίκησης μεταφορών
ATIS7	Κράτησης
ATIS8	Δυναμική μεταφορά
ATIS9	Σηματοδοσία οχήματος

μηχανισμούς και τα επίπεδα υποστήριξης για την ικανοποίηση των απαιτήσεων της υπηρεσίας αυτής.

- Το HOV και η αντιστρέψιμη συσκευασία διοικητικής αγοράς παρόδων υποστηρίζει και τον έλεγχο της κυκλοφορίας και τις υπηρεσίες διοικητικών χρηστών απαίτησης ταξιδιού δεδομένου ότι και οι δύο υπηρεσίες μπόρεσαν να περιλάβουν τις διοικητικές ικανότητες παρόδων HOV. Αυτή η ενιαία αναπτυσσόμενη συσκευασία ικανοποιεί τις απαιτήσεις που συνδέονται και με τις δύο αυτές υπηρεσίες χρηστών.

Η σχέση μεταξύ των υπηρεσιών χρηστών και των συσκευασιών αγοράς είναι βασικότερη αφού όπως φαίνεται καθαρά οι προσδιορισμένες συσκευασίες αγοράς υποστηρίζουν όλες τις απαραίτητες υπηρεσίες χρηστών. [10]

2.6.4 Οφέλη υπηρεσιών χρηστών από τις συσκευασίες αγοράς

Σύμφωνα με την US DOT και το εθνικό πρόγραμμα ITS τα έξυπνα συστήματα μεταφορών θέτουν τους παρακάτω 6 στόχους.

Αύξηση της απόδοσης των συστημάτων μεταφορών: Αύξηση της κυκλοφορίας με μεγαλύτερο αριθμό επιβατών σε ολόκληρο το δίκτυο μεταφορών χωρίς την επέκταση της φυσικής υποδομής. Οι ενδεικνυόμενες συσκευασίες αγοράς, εκμεταλλεύονται στο μεγαλύτερο βαθμό τις υπάρχουσες οδικές αρτηρίες, παρέχοντας μια ελκυστική εναλλακτική λύση απέναντι στις νέες υποδομές. Πολλές από τις συσκευασίες αγοράς που έχουν σχέση με αυτό τον στόχο επεκτείνονται σήμερα ενεργά και παρέχουν πρόωρα οφέλη.

Βελτίωση της κινητικότητας: Η βελτίωση στην ταξιδιωτική κίνηση ορίζεται ως μεγαλύτερη αξιοπιστία στους χρόνους ταξιδιού ή και μείωση της καθυστέρησης. Οι αξιόπιστοι χρόνοι ταξιδιού οδηγούν σε ένα πιο άνετο και ποιοτικό ταξίδι. Κατά αυτόν τον τρόπο αντιμετωπίζονται συχνά προβλήματα που αφορούν κορεσμένες περιοχές μέσω της αποδοτικότερης χρήσης του γενικού συστήματος μεταφορών. Όλες οι συσκευασίες αγοράς που συσχετίζονται με αυτόν τον στόχο παρέχουν καλύτερες πληροφορίες βελτιώνοντας τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Μείωση στην κατανάλωση καυσίμων και το περιβαλλοντικό κόστος: Πιθανή μείωση των βλαβερών εκπομπών που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση των οχημάτων. Οι συσκευασίες αγοράς συντελούν σε μια πιο ομαλή κυκλοφοριακή ροή αφού παρέχουν υψηλότερες μέσες ταχύτητες δικτύων και λιγότερες στάσεις δρομολογίων. Αποτέλεσμα είναι να παρατηρείται σαφώς μείωση στη χρησιμοποίηση των καυσίμων και τις βλαβερές εκπομπές.

Βελτίωση της ασφάλειας: Ο χρήστης-ταξιδιώτης κινείται σε όλο το δίκτυο μεταφορών με μεγάλη ασφάλεια λόγω των βελτιώσεων στον εξοπλισμό ασφάλειας, και τους γρηγορότερους χρόνους ανίχνευσης και απόκρισης έκτακτης ανάγκης. Εντούτοις, μόνο ένα υποσύνολο αυτών των υψηλής ασφάλειας υπηρεσιών θα είναι διαθέσιμο ή μερικώς διαθέσιμο βραχυπρόθεσμα.

Αύξηση στην οικονομική παραγωγικότητα: Καθολικός στόχος ιδιαίτερα ελκυστικός για κάθε δημόσιο ή και ιδιωτικό οργανισμό που επιθυμεί να εξισώσει την αύξηση της απόδοσης του συστήματος μεταφοράς με την αύξηση της επιχειρησιακής του απόδοσης. Οι επιλεγμένες συσκευασίες αγοράς αυτοματοποιούν τις οικονομικές συναλλαγές, ενισχύουν τη διαχείριση και τη συντήρηση του δικτύου και διευκολύνουν τη μετακίνηση των εμπορευμάτων. Με άλλα λόγια, οι προτεινόμενες συσκευασίες αγοράς, δίνουν την δυνατότητα στις ιδιωτικές και δημόσιες επιχειρήσεις να κάνουν ευκολότερα και γρηγορότερα, άρα καλύτερα την δουλειά τους.

Δημιουργία αγοράς για τα έξυπνα συστήματα μεταφορών: Αν και ο στόχος αυτός έχει άμεσα επίπτωση στα χαρακτηριστικά της φυσικής αρχιτεκτονικής και την επέκτασή τη, εντούτοις, δεν συσχετίζεται πολύ με τις μεμονωμένες συσκευασίες αγοράς, μέχρι βέβαια το σημείο, που οι συσκευασίες αγοράς ενσωματώνουν τα νέα αγαθά και τις υπηρεσίες, ώστε να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη και αύξηση της ITS βιομηχανίας.

Στη συνέχεια παραθέτουμε τον συγκριτικό πίνακα με τα σημαντικά οφέλη των συσκευασιών αγοράς και με το αστεράκι σημειώνεται κατά πόσο το καθένα πετυχαίνει τους υψηλούς στόχους που θέτουν τα έξυπνα συστήματα μεταφορών ITS. [10],[11]

Συσκευασίες αγοράς	Στόχοι των έξυπνων συστημάτων μεταφορών ITS					
	Αύξηση της απόδοσης των συστημάτων μεταφορών	Βελτίωση της κινητικότητας	Μείωση στην κατανάλωση καυσίμων και το περιβαλλοντικό κόστος	Βελτίωση της ασφάλειας	Αύξηση στην οικονομική παραγωγικότητα	Δημιουργία αγοράς για τα έξυπνα συστήματα μεταφορών
APTS1	*	**	*		*	*
APTS2	*	**	*		*	*
APTS3	*	**	*		*	*
APTS4					**	*
APTS5				**		*
APTS6	*	**		*	*	*

APTS7					*	*
APTS8	*	*			*	
ATIS1	*	**	*			***
ATIS2	**	***	*			***
ATIS3	**	***				***
ATIS4	**	***	*	*		***
ATIS5	**	***	*	*		***
ATIS6	***	***	**	*		**
ATIS7	*					**
ATIS8	**	*	*			*
ATIS9		*		*		***
ATMS01	*	*	*			*
ATMS02	*	*	*			**
ATMS03	**	***	**	**		*
ATMS04	**	***	**	*		*
ATMS05	***	***	***	**		*
ATMS06	*	**	*			*
ATMS07	**	*	*			
ATMS08	**	**	***	**		*
ATMS09	**	*	*			*
ATMS10	**	**				*
ATMS11					**	*
ATMS12	**		*		*	
ATMS13			***			**
ATMS14	*	*	*		*	*
ATMS15	**	*		***	**	*
ATMS16				***		*
ATMS17				***		*
ATMS18	*	*	*			*
ATMS19	**	*	*			
CVO01		***			***	**
CVO02		***			***	**
CVO03	**	***			***	**
CVO04					**	*
CVO05	**	***			***	**
CVO06	**	***			***	**
CVO07	*			**	**	*
CVO08	*			**	**	*
CVO09	*	**		**	**	**

CVO10				***	**	**
AVSS01				***		***
AVSS02				***		***
AVSS03				***		***
AVSS04				***		***
AVSS05				***		***
AVSS06				***		***
AVSS07				***		***
AVSS08	**	*		***		***
AVSS09	**	*		***		***
AVSS10				***		***
AVSS11	***	***		***		***
EM1	*		*	***	**	*
EM2	*		*	***	**	*
EM3				***	*	**
AD1	**	**	**	**	**	***
AD2	**	**	**	**	**	***
AD3	**	**	**	**	**	***

Πίνακας 2.3 Οφέλη από τις συσκευασίες αγοράς ITS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΠΑΝ-ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΖΕΥΚΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΠΡΟΤΥΠΟ TETRA



3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το TETRA είναι το νέο πρότυπο για τα ψηφιακά ζευκτικοποιημένα ραδιοσυστήματα, το οποίο αλλάζει τη φύση της αποστολής των Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών (Professional Mobile Radio business). Το πρότυπο αυτό ορίζεται από τον ETSI ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πιο απαιτητικών Χρηστών Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών, στο πιο δυναμικά αναπτυσσόμενο περιβάλλον. Το TETRA έχει ήδη κερδίσει την παγκόσμια προσοχή, ακολουθώντας τα βήματα του GSM προτύπου. [12]

3.2 TETRA – Πρότυπο Ψηφιακού Ζευκτικοποιημένου Ραδιο-δικτύου

Η αγορά των Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών, η οποία περιλαμβάνει Ιδιωτικά και Δημόσια Ραδιο-δίκτυα πρόσβασης (PMR and PAMR), έχει επεκταθεί προς πολλές κατευθύνσεις, σε σχέση με τις τεχνολογίες, την καταχώρηση συχνοτήτων κ.λ.π. Η πρώτη ολοφάνερη αλλαγή σε σχέση με τα διεθνή πρότυπα, ήταν η εισαγωγή του αναλογικού MPT 1327 ζευκτικοποιημένου προτύπου ραδιοσυστήματος, το οποίο παρουσιάζει επιτυχία στην αγορά, στα περισσότερα μέρη του κόσμου.

Το TETRA είναι το πρώτο πραγματικά ανοιχτό ψηφιακό ιδιωτικό κινητό πρότυπο ραδιο-δικτύου, το οποίο ανοίγει περισσότερο την εθνική αγορά των Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών.



Το πρότυπο TETRA καθορίστηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακής Τυποποίησης (European Telecommunications Standards Institute - ETSI), ο οποίος συνενώνει τις ανάγκες των χειριστών δικτύων, των εθνικών διαχειριστών, των κατασκευαστών εξοπλισμού και των χρηστών. Ο ETSI δημοσιοποιεί τα τηλεπικοινωνιακά πρότυπα, τα οποία είναι υποχρεωτικά για χρήση στην Ευρώπη, και επιπλέον ευρέως κατάλληλα εκτός Ευρώπης. Το GSM είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα του.

Το βασικό μέρος του TETRA έχει εγκριθεί με διεθνές ψήφισμα στο τέλος του 1995 (22 χώρες αναγνώρισαν την έγκρισή του). Νέα χαρακτηριστικά και υπηρεσίες θα συνεχίσουν να γίνονται πρότυπα στο TETRA τα επόμενα χρόνια, όπως έγινε στο παρελθόν με το GSM. Το πρότυπο έγινε αποδεκτό δια μέσου μιας διαδικασίας με μεγάλο αριθμό κριτικών -σολίων, το οποίο εγγυάται υψηλή ποιότητα, συγκρινόμενο με την ανάπτυξη ιδιοκτησιακών λύσεων.

Η επίδραση των χρηστών στην ανάπτυξη του TETRA μπορεί να φανεί ολοκάθαρα. Ειδικά οι χρήστες υπηρεσιών άμεσης ανάγκης (emergency service users) έχουν συμβάλει δραστικά στην δημιουργία του προτύπου. Έτσι, το TETRA διασφαλίζει υψηλή λειτουργικότητα για υπηρεσίες άμεσης ανάγκης και επιπλέον είναι πολύ καλά προσαρμοσμένο για εμπορικούς χρήστες ζευκτικοποιημένου ραδιο-δικτύου. Ο υψηλός βαθμός εμπλοκής του χρήστη στη δημιουργία του προτύπου, εγγυάται ότι θα καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών.

Σημαντικοί οργανισμοί χρηστών, χειριστές δικτύων, κατασκευαστές συστημάτων, ρυθμιστές και υπεύθυνοι για την ανάπτυξη των προγραμμάτων εφαρμογών έχουν υπογράψει το Υπόμνημα Συμφωνίας TETRA (Memorandum of Understanding - MoU). Είναι μια κοινή προσπάθεια να υποστηρίξουν και να προωθήσουν τη γρήγορη και συνεπή εφαρμογή των συστημάτων TETRA στις χώρες μέλη. Για να εξασφαλίσει μια ευρεία και ελεύθερη αγορά, το TETRA MoU προσπαθεί για την μέγιστη διαλειτουργικότητα του εξοπλισμού από τους διαφορετικούς κατασκευαστές. Το TETRA MoU δημοσιεύει μια τριμηνιαία έκδοση αποκαλούμενη «TETRA News» το οποίο είναι διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση www.tetramou.com.



Επομένως, μπορούμε να αναφέρουμε ότι το TETRA, είναι το πρώτο και πλήρως εγκεκριμένο ψηφιακό ζευτικοποιημένο πρότυπο στην Ευρώπη ή σε άλλο μέρος του κόσμου. [12]

3.3 TETRA – Μια πολύπλοκη PMR πλατφόρμα

Το TETRA είναι μια υψηλού επιπέδου τεχνολογική πλατφόρμα που εξασφαλίζει ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής και δεδομένων. Σε συνδυασμό με τις πραγματικά αξιοθαύμαστες ικανότητες διασυνδέσεων θέτει ένα νέο επίπεδο στις Επαγγελματικές Κινητές Επικοινωνίες.

3.3.1 Προχωρημένα Τεχνικά Χαρακτηριστικά TETRA

Το TETRA είναι ένα πλήρως ψηφιακό σύστημα, το οποίο εξασφαλίζει υψηλή ποιότητα φωνής και πολύ χαμηλό ρυθμό μετάδοσης σφαλμάτων στα δεδομένα.

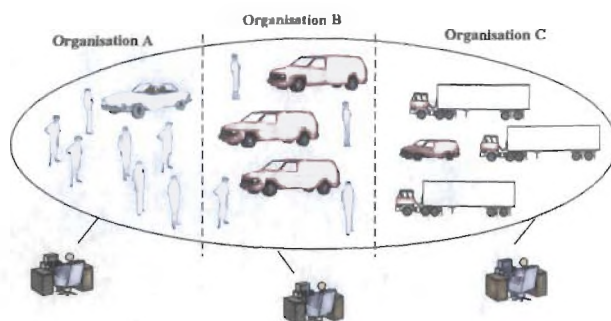
Το TETRA υποστηρίζει φωνή, υπηρεσίες δεδομένων μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος, με δυνατότητα επιλογής στο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων και στο επίπεδο της προστασίας λαθών. Το TETRA χρησιμοποιεί την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου (Time Division Multiple Access – TDMA) με 4 χρονοθυρίδες στην κάθε φέρουσα και 25 kHz απόσταση των διαδοχικών φερουσών. Κατά αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζει άριστη ικανότητα διαχείρισης του φάσματος συχνοτήτων, αλλά επιπλέον και μικρότερο αριθμό σταθμών βάσεων, αφού για κάθε 4 χρήστες χρειάζεται μια μονάδα ραδιοδικτύου. Τέλος, με τη χρησιμοποίηση 4 καναλιών για την σύνδεση ενός χρήστη επιτυγχάνουμε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 28.8 kbps, ενώ το εύρος ζώνης απελευθερώνεται δυναμικά



Σχήμα 3.1 Τα 4 κανάλια πάνω στον φορέα 25kHz

Το TETRA έχει σχεδιαστεί από την αρχή σαν ζευτικοποιημένο σύστημα το οποίο υποστηρίζει οικονομικά και αποτελεσματικά την καταμερισμένη χρήση του δικτύου από διάφορους οργανισμούς, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει μυστικότητα και αμοιβαία ασφάλεια. Η εικονική δικτύωση μέσα στο TETRA δίκτυο επιτρέπει σε κάθε οργανισμό να λειτουργήσει ανεξάρτητα, αλλά και να απολαμβάνει τα οφέλη ενός

μεγάλου συστήματος υψηλής λειτουργικότητας με την αποδοτική απασχόληση των επιμέρους μονάδων.



Σχήμα 3.2 Ζευτικοποιημένο σύστημα TETRA

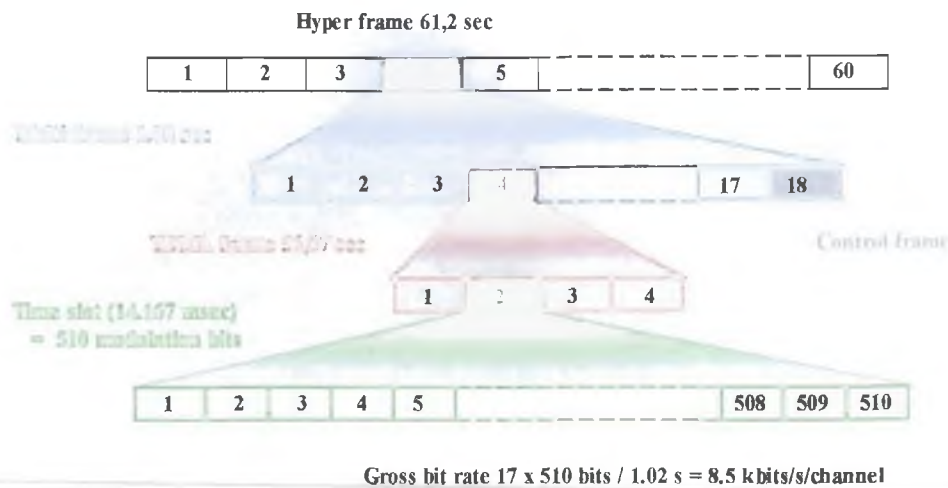
Το TETRA παρέχει ασφάλεια υψηλής τεχνολογίας η οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνει αποκρυπτογράφηση φωνής, δεδομένων σηματοδοσίας και ταυτότητας των χρηστών. Έχουμε δύο μηχανισμούς αποκρυπτογράφησης:

- Αποκρυπτογράφηση Διεπαφής Αέρος (air interface encryption), που αποκρυπτογραφεί το ράδιο κανάλι μεταξύ του τερματικού και του σταθμού βάσης.
- Διατερματική Αποκρυπτογράφηση (end-to-end encryption) για τις πιο κρίσιμες εφαρμογές, όπου η αποκρυπτογράφηση είναι απαραίτητη για την μετάδοση στο άλλο τερματικό, διαμέσου του συστήματος.

Το TETRA εξασφαλίζει πολύ μικρό χρόνο αποκατάστασης κλήσης (300 ms), το οποίο είναι σημαντικό για υπηρεσίες άμεσης ανάγκης και υπηρεσίες ασφάλειας των πολιτών. Φυσικά, το TETRA υποστηρίζει ημι-αμφίδρομες υπηρεσίες για ομαδικές επικοινωνίες και πλήρεις αμφίδρομες υπηρεσίες για ατομικές τηλεφωνικές κλήσεις. Με αυτό τον τρόπο το TETRA ικανοποιεί και τις πιο απαιτητικές εφαρμογές χρηστών σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, τα πολλαπλά σχήματα προτεραιότητας κλήσεων, εξασφαλίζουν αποδοτικότερη κατανομή των πόρων για την πιο άμεση επικοινωνία στο δίκτυο.

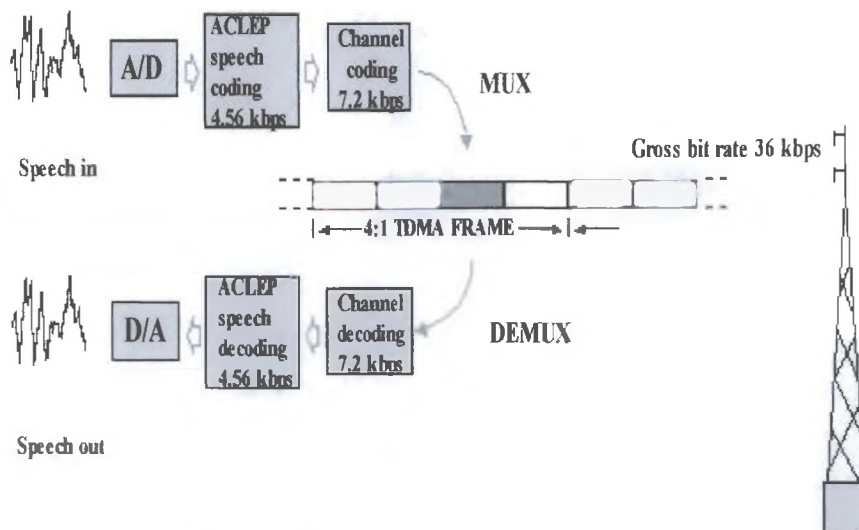
Το TETRA χρησιμοποιεί την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου (Time Division Multiple Access – TDMA). Στην περίπτωση αυτή στην κάθε φέρουσα υπάρχουν 4 χρονοθυρίδες (timeslots). Επομένως, το κάθε TDMA πλαίσιο έχει 4 χρονοθυρίδες, το οποίο σημαίνει ότι στο κάθε πλαίσιο μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα 4 συνδρομητές. Το πολλαπλό πλαίσιο (multiframe) αποτελείται από 18 TDMA πλαίσια συνολικής χρονικής διάρκειας 1.02 sec. Τέλος, το 18^ο TDMA πλαίσιο χρησιμοποιείται για την αναγκαία σηματοδοσία του συστήματος, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διακοπή της ροής των δεδομένων. Είναι πλαίσιο ελέγχου και αποτελεί τη βάση για τους αργούς συσχετισμένους ράδιο-διαύλους ελέγχου (Slow Associated

Control Channel -SACCH). Αυτό είναι ένα από τα πιο δυνατά σημεία του πρωτοκόλλου TETRA.



Σχήμα 3.3 Πλαίσιο TDMA του συστήματος TETRA

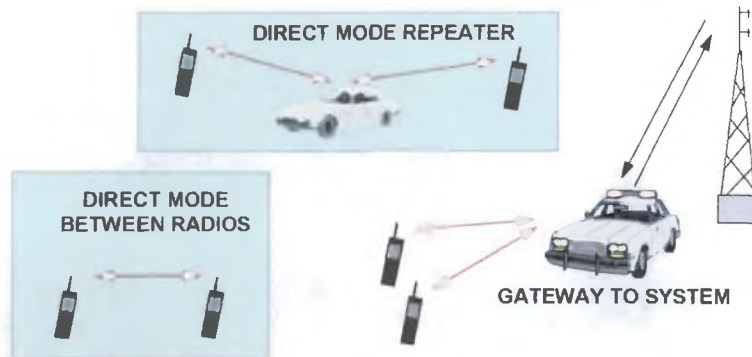
Το μεγαλύτερο bit rate ενός καναλιού είναι 9 kbit/s, στο οποίο η φωνή κωδικοποιείται με 4.8 kbit/s χρησιμοποιώντας ACELP κωδικοποίηση, μια από τις καλύτερες μεθόδους κωδικοποίησης μέχρι σήμερα.



Σχήμα 3.4 Το TETRA χρησιμοποιεί κωδικοποίηση ACELP

Επίσης η μέθοδος διαμόρφωσης που εφαρμόζεται στο TETRA είναι $\pi/4$ -DQPSK – γραμμική διαμόρφωση.

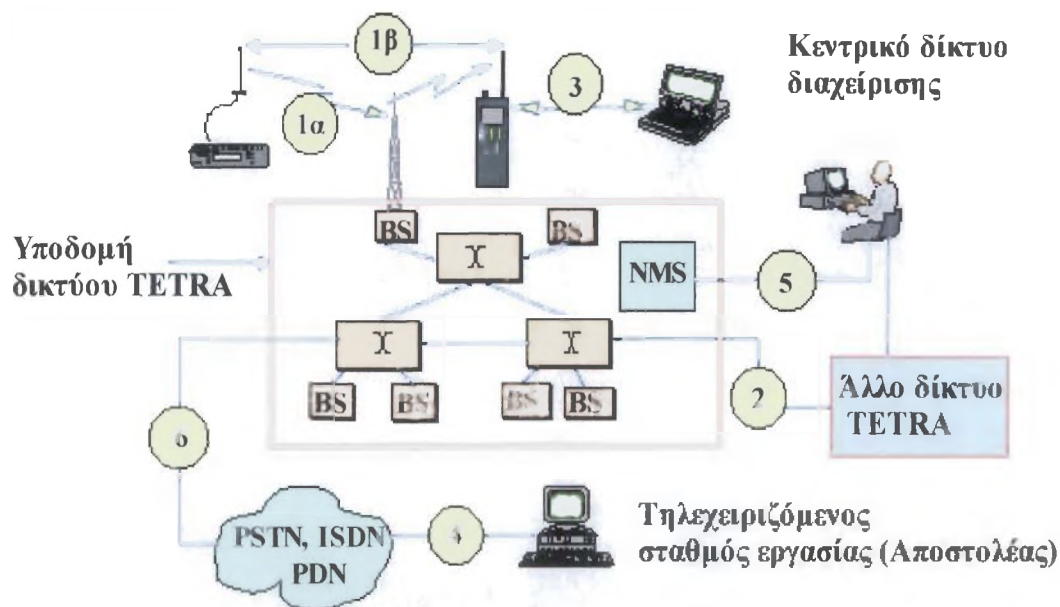
Το TETRA περιλαμβάνει διεπαφή αμεσότροπης λειτουργίας μεταξύ των κινητών τερματικών, χωρίς τη χρήση της υποδομής του δικτύου. Επίσης χρησιμοποιούνται επαναλήπτες και πύλες για να επεκταθεί η κάλυψη των κινητών τερματικών μονάδων χειρός στην αμεσότροπη λειτουργία και στη λειτουργία του δικτύου.



Σχήμα 3.5 Λειτουργία άμεσου τρόπου στο σύστημα TETRA

Οι τάξεις ισχύος του ράδιο εξοπλισμού είναι 25 W, 10 W, 3W and 1 W. Ο εξοπλισμός του TETRA radios μπορεί αυτόματα να ρυθμίζει την ισχύ εξόδου ανάλογα με το απαιτούμενο πεδίο ισχύος. [14], [12]

3.4 Τυπικό δίκτυο TETRA

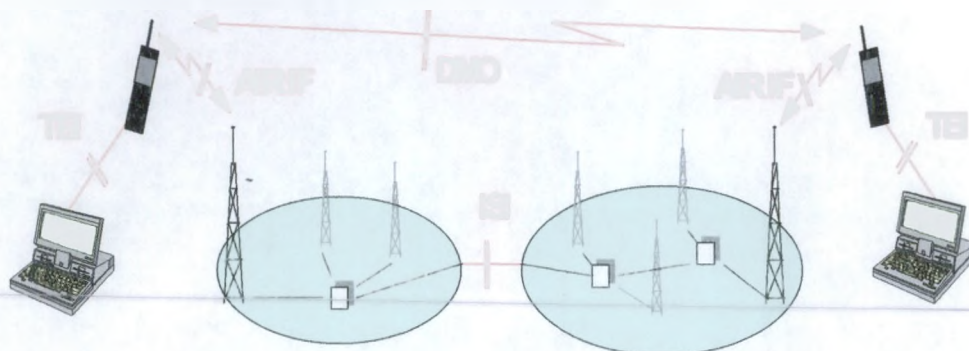


Σχήμα 3.6 Τυπικό δίκτυο TETRA

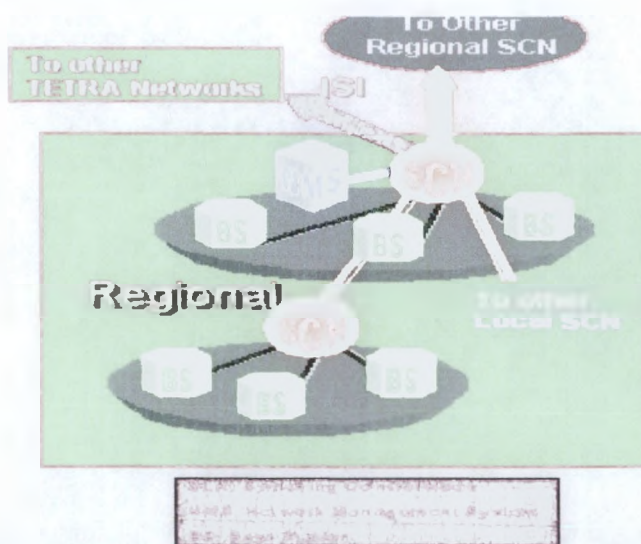
Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα το TETRA καθορίζει τις παρακάτω βασικές διεπαφές (interfaces):

1. Διεπαφή Αέρος (Air Interface – AIR IF) η οποία διασφαλίζει την ενδο-λειτουργικότητα (interoperability) του τερματικού εξοπλισμού από διαφορετικούς κατασκευαστές και διακρίνεται σε α) Trunked Mode (TDO) και β) σε Direct Mode (DMO)
2. Διεπαφή Ενδο-Συστήματος (Inter-System Interface - ISI) η οποία επιτρέπει τη διασύνδεση δικτύων TETRA διαφόρων κατασκευαστών.

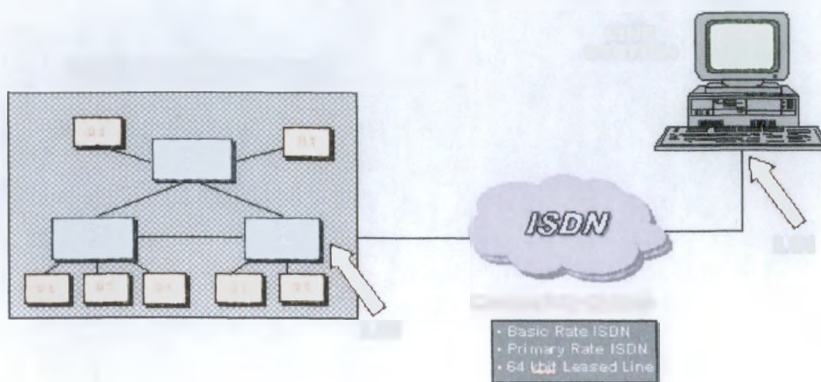
3. Διεπαφή Τερματικού Εξοπλισμού (Terminal Equipment Interface - TEI) η οποία υποστηρίζει την ανεξάρτητη ανάπτυξη των κινητών εφαρμογών.
4. Διεπαφή σταθμού γραμμής - Line station interface (LSI)
5. Διεπαφή δικτύου διαχείρισης - Network management interface (CNMI)
6. Πύλες για τα δίκτυα PSTN, ISDN and PDN



Σχήμα 3.7 Πρότυπες διεπαφές του συστήματος TETRA



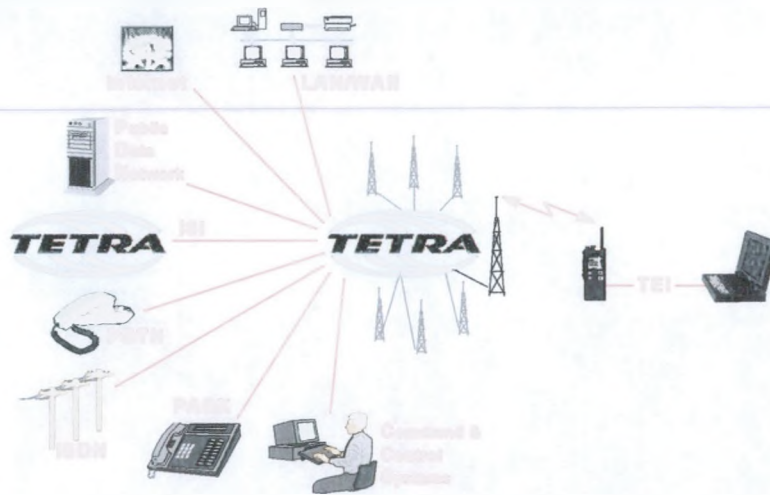
Σχήμα 3.8 Διεπαφή Ενδο-Συστήματος (Inter-System Interface - ISI)



Σχήμα 3.9 Διεπαφή σταθμού γραμμής - Line station interface (LSI) και πύλη με το ISDN δίκτυο

Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι διεπαφές μέσα στην Υποδομή Μεταγωγής και Διαχείρισης δεν είναι τυποποιημένες. Αυτό παρέχει τα ουσιαστικά οφέλη μιας ελεύθερης αγοράς, αλλά αφήνει στους κατασκευαστές την ελευθερία να εφαρμόσουν τις οικονομικά αποδοτικότερες λύσεις δικτύων. [15], [12]

Επιπροσθέτως τα δίκτυα TETRA μπορούν εύκολα να συνδεθούν με εξωτερικά δίκτυα. Ένα δίκτυο TETRA μπορεί να συνδεθεί, για παράδειγμα, με δημόσια ή ιδιωτικά τηλεφωνικά δίκτυα, με διαφόρων τύπων δίκτυα δεδομένων, τόσο καλά, όσο και με μεγάλα συστήματα ελέγχου. Όλα αυτά τα δίκτυα μπορούν να προσπελαστούν από το κινητό τερματικό.

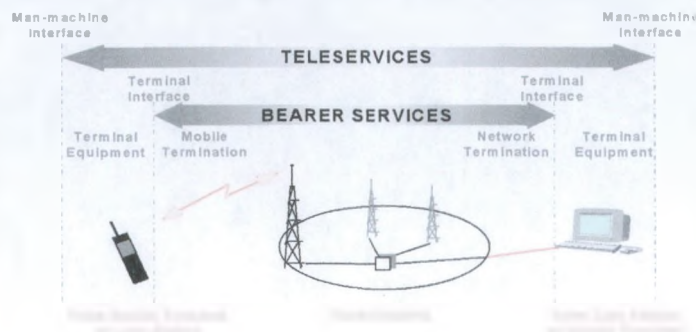


Σχήμα 3.10 Το TETRA σαν IP δίκτυο

Η ευελιξία διασύνδεσης σε συνδυασμό με την δυναμική απελευθέρωση του εύρους ζώνης κάνει το TETRA μια πολύ καλή πλατφόρμα για την αξιοποίηση εφαρμογών δεδομένων. [12]

3.5 Τηλεπικοινωνιακές Υπηρεσίες του TETRA

Το πρότυπο καθορίζει τις ακόλουθες βασικές υπηρεσίες για φωνή και δεδομένα:



Σχήμα 3.11 Βασικές υπηρεσίες TETRA

Οι Τηλεϋπηρεσίες (Teleservices) παρέχουν ικανότητα πλήρους επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών, περιλαμβάνοντας όλες τις λειτουργίες των τερματικών. Οι τηλεϋπηρεσίες του προτύπου TETRA καλύπτουν υπηρεσίες επικοινωνίας φωνής. Η κομιστική υπηρεσία (bearer service) παρέχει ικανότητα επικοινωνίας μεταξύ τερματικών διεπαφών δικτύου, αποκλείοντας τις λειτουργίες του τερματικού. Οι TETRA κομιστικές υπηρεσίες καθορίζονται για τη μεταφορά δεδομένων.

TETRA Τηλεϋπηρεσίες (Teleservices)
Ατομική Κλήση
Ομαδική κλήση
Αναγνωρισμένες Ομαδικές Κλήσεις
Κλήσεις Ευρεεκπομπής

Πίνακας 3.1 Τηλεϋπηρεσίες (Teleservices) υπηρεσίες TETRA

TETRA Κομιστικές Υπηρεσίες (Bearer Services)
Στοιχεία τρόπου κυκλώματος 7.2/ 14.4 /21.6 / 28.8 kbps
Προστατευόμενα στοιχεία τρόπου κυκλώματος 4.8 / 9.6 / 14.4 / 19.2 kbps
Πολύ προστατευόμενα στοιχεία Τρόπου κυκλώματος 2.4 / 4.8 / 7.2 / 9.6 kbps
Προσανατολισμένα προς τη σύνδεση στοιχεία πακέτων.
Χωρίς σύνδεση στοιχεία πακέτων.

Πίνακας 3.2 Κομιστικές Υπηρεσίες(Bearer Services)TETRA

Επιπροσθέτως, το πρότυπο καθορίζει συμπληρωματικές υπηρεσίες για πολύ εύκαμπτες εφαρμογές. Οι συμπληρωματικές υπηρεσίες τροποποιούν ή συμπληρώνουν τις προαναφερθείσες υπηρεσίες.

Βασικές Συμπληρωματικές Υπηρεσίες	TETRA
Κλήση εξουσιοδοτημένη	Ο αποστολέας ελέγχει το αίτημα κλήσης πριν επιτρέψει

από τον αποστολέα	στην κλήση να προχωρήσει.
Επιλογή περιοχής	Καθορισμένοι τομείς λειτουργίας για τους χρήστες. Μπορούν να επαναπροσδιοριστούν σε μια βάση κλήσης προς κλήση.
Προτεραιότητα πρόσβασης	Καθορισμός των μονάδων προτεραιοτήτων πρόσβασης κατά τη διάρκεια των κορεσμένων περιόδων.
Κλήση προτεραιότητας	Η πρόσβαση στα στοιχεία του δικτύου μπορεί να ακολουθήσει πλέον προτεραιότητες.
Αργοπορημένη κλήση	Μια αργοπορημένη κλήση μπορεί να ακολουθήσει μια κλήση σε εξέλιξη.
Προνομιούχα κλήση προτεραιότητας	Αυτή η κλήση έχει την υψηλότερη uplink πρόσβαση προτεραιότητας στα στοιχεία συμπεριφοράς δικτύων. Εάν το σύστημα είναι απασχολημένο τότε η χαμηλότερης προτεραιότητας επικοινωνία θα πεταχτεί για να επιτρέψει σε αυτήν την κλήση υψηλότερης προτεραιότητας να συνεχίσει. Κάτι παρόμοιο με την "κλήση έκτακτης ανάγκης" στο PMR
Ιδιαίτερο άκουσμα	Το εξουσιοδοτημένο RU μπορεί να ελέγξει μια επικοινωνία χωρίς προσδιορισμό.
Παρακολούθηση κλήσης	Ο αποστολέας μπορεί να ανοίξει την συσκευή αποστολής σημάτων ενός RU χωρίς την αναγνώριση που παρέχεται από το RU. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις καταστάσεις αεροπειρατείας με στόχο την παρακολούθηση.
Δυναμική ανάθεση αριθμού ομάδας	Επιτρέπει στον αποστολέα να προγραμματίσει νέους αριθμούς ομάδας στο RUs. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη συμμετοχή ομάδας σε μια τρέχουσα κλήση
Προαιρετικές Συμπληρωματικές Υπηρεσίες	TETRA
Προσδιορισμός της ταυτότητας της γραμμής	Παρουσιάζει την μονάδα ταυτότητα της κλήσης του συμβαλλόμενου μέρους.
Προσδιορισμός της ταυτότητας της συνδεόμενης γραμμής	Παρουσιάζει την μονάδα ταυτότητα της κλήσης του αποκαλούμενου ως συμβαλλόμενου μέρους.
Απαγόρευση του προσδιορισμού της καλούμενης είτε της συνδεόμενης γραμμής	Κάθε ένα συμβαλλόμενο μέρος μπορεί να αποτρέψει την παρουσίαση της μονάδας ταυτότητας.

Αναφορά κλήσης	Παρουσιάζει την ταυτότητα συμβαλλόμενων μερών σε ένα απασχολημένο RU.
Προσδιορισμός συμβαλλόμενου μέρους ομιλίας	Το RU προσδιορίζεται αυτόματα σε μια κλήση ομάδας.
Η κλήση διαβιβάζεται απεριόριστα	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει όλες τις κλήσεις σε ένα άλλο RU.
Διαβίβαση κλήσης προς απασχολημένο συνδρομητή	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει τις κλήσεις εάν το RU είναι απασχολημένο.
Προώθηση μη εφικτής κλήσης προς συνδρομητή	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει τις κλήσεις όταν δεν είναι σε υπηρεσία ή είναι κλειστό.
Προώθηση των αναπάντητων κλήσεων	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει όλες τις αναπάντητες κλήσεις.
Κλήση αναζήτησης καταλόγων.	Η εισερχόμενη κλήση θα περάσει διαδοχικά από μια καθορισμένη λίστα χρηστών έως ότου απαντηθεί.
Short Number Addressing	Σύντομος σχηματισμός αριθμού
Call Waiting	Ανακοίνωση μιας εισερχόμενης κλήσης σε ένα απασχολημένο RU.
Call Hold	Επιτρέπει στον χρήστη για διακόψει την υπάρχουσα κλήση και να την αποκαταστήσει σε περίπτωση ανάγκης.
Ολοκλήρωση κλήσης προς απασχολημένο συνδρομητή	Η εισερχόμενη κλήση θα περιμένει έως ότου ο συνδρομητής είναι ελεύθερος πριν τον καλέσει ξανά.
Ολοκλήρωση αναπάντητης κλήσης.	Η εισερχόμενη κλήση θα περιμένει έως ότου ο συνδρομητής έχει κάνει μια κλήση πριν τον καλέσει ξανά.
Μεταφορά του ελέγχου.	Ο ιδρυτής μιας κλήσης ομάδας μπορεί να μεταφέρει την ιδιοκτησία σε ένα άλλο συμβαλλόμενο μέρος
Παραλαβή κλήσης	Δυνατότητα να περιληφθεί ένα RU σε μια υπάρχουσα κλήση.
Πληροφορίες χρέωσης	Πληροφορίες δαπανών κλήσης στην έναρξη, κατά τη διάρκεια ή το τέλος της κλήσης.
Φραγμός κλήσης	Δυνατότητα να φραχτεί μια κλήση από και προς έναν καθορισμένο χρήστη που βρίσκεται στη λίστα.
Διατήρηση κλήσης	Δυνατότητα να αποτραπεί η κλήση να χαθεί.

Πίνακας 3.3 Βασικές και Προαιρετικές Συμπληρωματικές Υπηρεσίες TETRA

(RU = Radio Unit)

[12], [13], [14]

3.6 Πλεονεκτήματα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος TETRA

Καταρχάς το TETRA θα ανοίξει μια νέα παγκόσμια αγορά. Η τεχνολογία του TETRA εκπληρώνει τις απαιτήσεις μιας ευρείας ομάδας χρηστών Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών. Η εξαιρετική διαχείριση συχνοτήτων που παρουσιάζει το TETRA στην Ευρώπη, θα οδηγήσει στη δημιουργία μιας σαφώς μεγαλύτερης αγοράς.

3.6.1 Μεγάλη Ομάδα Χρηστών TETRA

Οι πρώτοι χρήστες που υλοποίησαν το TETRA είναι οι ευρωπαϊκές υπηρεσίες άμεσης ανάγκης, π.χ αστυνομία, πυροσβεστική, υπηρεσίες ελέγχου συνόρων κ.τ.λ. Ωστόσο υπάρχουν τεχνικά και πολιτικά επιχειρήματα για να ενθαρρυνθεί η χρήση του TETRA. Τα υπάρχοντα δημόσια δίκτυα ασφάλειας έχουν φτάσει πλέον στο τέλος της οικονομικής διάρκειας ζωής τους, ενώ το TETRA παρέχει τα κύρια χαρακτηριστικά όπως την κρυπτογράφηση, τον άμεσο τρόπο και το γρήγορο χρόνο αποκατάστασης κλήσης, για αυτές τις υπηρεσίες.

Το TETRA είναι επίσης η ιδανική επιλογή για τα εμπορικά δίκτυα PAMR λόγω του ότι παρουσιάζει καλύτερη απόδοση συχνοτήτων, υψηλές ταχύτητες κατά τη μεταφορά των δεδομένων και δίνει τη δυνατότητα άριστων συνδέσεων με άλλα δίκτυα, μεταξύ των άλλων προηγμένων τεχνικών χαρακτηριστικών του.

Οι χρήστες υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης είναι περισσότεροι του ενός εκατομμυρίου, μόνο στην Ευρώπη. Οι περισσότερες δυτικοευρωπαϊκές χώρες ήδη έχουν λάβει μια πολιτική απόφαση να εφαρμόσουν ένα κοινό TETRA δίκτυο για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης τους. Τα προγράμματα για την εφαρμογή κοινών δικτύων δημόσιας ασφάλειας περιλαμβάνουν:

- Υπουργείο Εσωτερικών UK: 100.000 χρήστες από την αστυνομία και τη πυροσβεστική
- Γερμανία: 400.000 χρήστες από αστυνομία και ομάδες διάσωσης
- Υπουργείο Εσωτερικών Ολλανδίας: 50.000 χρήστες από την αστυνομία, πυροσβεστική και τα νοσοκομεία αυτοκίνητα
- Υπουργείο Εσωτερικών Βελγίου: 40.000 χρήστες από την αστυνομία, πυροσβεστική και τα νοσοκομεία αυτοκίνητα
- Φιλανδία : 50.000 χρήστες από την αστυνομία, πυροσβεστική, από ομάδες διάσωσης, φύλαξης συνόρων και από άλλες υπηρεσίες.
- Αυστρία , Ελβετία, Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία, Ελλάδα, Σουηδία, Νορβηγία, Ουγγαρία, Ρουμανία , Εσθονία ...



Σχήμα 3.12 TETRA δίκτυα στην Ευρώπη

(Οι υποδειγμένες ποσότητες χρηστών που δίνονται παραπάνω έχουν γίνει εν μέρει από τους διάφορους οργανισμούς χρηστών και εν μέρει από τους κατασκευαστές.)

Οι πρώτες εφαρμογές TETRA επομένως είναι δίκτυα ευρείας περιοχής, τυπικά πανεθνικά.

Κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών, η TETRA αγορά προβλέπεται να επεκταθεί σε δύο διαστάσεις:

- επέκταση τμήματος χρηστών
- γεωγραφική επέκταση

Από την πλευρά των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και τα εμπορικά δίκτυα, το TETRA φαίνεται ότι θα προχωρήσει και σε άλλες αγορές Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών επικοινωνιών, όπως οι σιδηρόδρομοι, η βιομηχανία. Επιπλέον πολλοί παραδοσιακοί χρήστες δικτύων PMR που έχουν στηριχθεί προηγουμένως μόνο στο δίκτυό τους μπορούν επιτέλους να αποφασίσουν να το ενοποιήσουν με ένα εμπορικό TETRA δίκτυο. Οι εικονικές δυνατότητες δικτύωσης μέσα στα TETRA δίκτυα, δίνουν αυτή την προαιρετική δυνατότητα.

Μια παρόμοια γενική τάση προβλέπεται για το TETRA, όπως ακριβώς έγινε για το ζευτικό MPT και το GSM. Οι ταχέως αναπτυσσόμενες ασιατικές αγορές υιοθέτησαν σύντομα αυτά τα αναδυόμενα ανοικτά πρότυπα και συνέβαλαν για να τα κάνουν γενικά *de facto* πρότυπα σε όλα τα μέρη του κόσμου (αποκλείοντας τη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία). Το μεγάλο ενδιαφέρον για την ανοικτή πρότυπη ψηφιακή ζεύξη έχει εκφραστεί επίσης και στη Νότια Αμερική. [12]

3.6.2 Εναρμονισμένες Συχνότητες TETRA

Η τεχνολογία TETRA είναι ανεξάρτητη από τη συχνότητα, αλλά η εναρμονισμένη χρήση των συχνοτήτων δίνει σημαντικές αλλαγές σε οικονομική κλίμακα.

Η Βορειοατλαντική συμμαχία (NATO) έχει παραχωρήσει 20 MHz των ραδιοσυχνοτήτων στην Ευρώπη για τις έκτακτες ανάγκες και τις δημόσιες υπηρεσίες ασφάλειας. Αυτή η ζώνη συχνοτήτων βρίσκεται μεταξύ 380 - 400 MHz. Οι εθνικές αρχές έχουν δεσμεύσει δύο σετ των 5 MHz σε αυτήν την ζώνη των 20 MHz για τα δημόσια δίκτυα ασφάλειας TETRA. Λόγω της κοινής συχνότητας, μια μεγάλη αγορά για τα TETRA προϊόντα θα δημιουργηθεί εξασφαλίζοντας τον ανεφοδιασμό προϊόντων και ανταγωνιστικές τιμές.



Σχήμα 3.13 TETRA δίκτυα στη ζώνη συχνοτήτων 380-400MHz

Οι ευρωπαϊκές εθνικές αρχές έχουν αρχίσει να καταχωρούν συχνότητες για το εμπορικό TETRA. Διάφορα σχέδια υπάρχουν για την εφαρμογή εμπορικών δικτύων TETRA, στη ζώνη συχνοτήτων 410-430 MHz. Το Ηνωμένο Βασίλειο της Αγγλίας έχει δώσει ήδη δύο άδειες για να ενεργοποιήσει εμπορικά δίκτυα TETRA σε αυτήν την ζώνη.

Άλλες συχνότητες για τις εμπορικές εφαρμογές TETRA στην Ευρώπη, βρίσκονται στις ακόλουθες ζώνες:

450-460 / 460-470 MHz

870-876 / 915-921 MHz.

[12]

3.6.3 Το TETRA ικανοποιεί τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Αστυνομίας

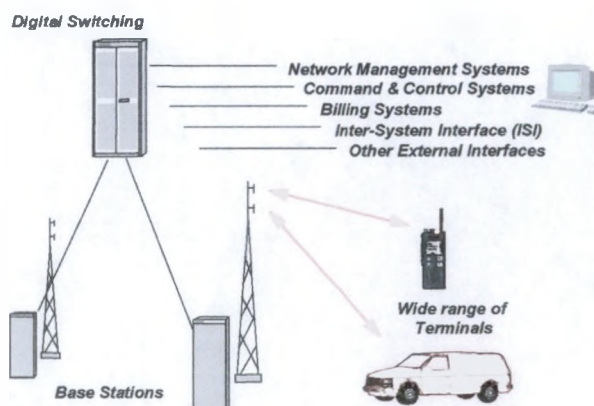
Η επιτροπή ETSI έχει διεξαγάγει εκτενή έρευνα και σύγκριση μεταξύ του TETRA πρότυπου και των απαιτήσεων που καθορίζονται στο Schengen Telecom Group έγγραφο "Draft-Digital Radio Communications Network for Security Organizations (Tactical and Operational Requirements)". Το συμπέρασμα αυτής της έρευνας ήταν ότι τα TETRA πρότυπα ικανοποιούν αυτές τις ιδιαίτερες απαιτήσεις, με μικρή εξαίρεση την διατεμαστική καθυστέρηση η οποία είναι κατά 15 msec μεγαλύτερη από την επιθυμητή (ασήμαντα μικρό ποσοστό).

Αλλά και διάφορες ευρωπαϊκές αρχές έχουν μελετήσει και συγκρίνει τις δυνατότητες των διαθέσιμων τεχνολογιών. Το συμπέρασμα είναι ότι η TETRA τεχνολογία υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής αστυνομίας. Επιπλέον, το TETRA είναι το μόνο εγκεκριμένο ψηφιακό πρότυπο ζεύξεων που συστήνεται από τον ETSI. Η εμφάνιση άλλων ανταγωνιστικών προτύπων είναι ιδιαίτερα απίθανη, από την στιγμή που ο ETSI δεν δέχεται την ύπαρξη διαφορετικών προτύπων. [12]

3.6.4 Μεγάλη Ποικιλία Κατασκευαστών και Προϊόντων

Όλοι οι σημαντικοί κατασκευαστές συνεισφέρουν στην ανάπτυξη των προϊόντων του συστήματος TETRA. Οι περισσότεροι έχουν ήδη παρουσιάσει το λειτουργικό εξοπλισμό στις διεθνείς εκθέσεις τηλεπικοινωνιών.

Τα τυπικά προϊόντα υποδομής του δικτύου θα αποτελούνται από τις ψηφιακά κινητά κέντρα και τους σταθμούς βάσης. Μερικοί κατασκευαστές επίσης, ίσως χρησιμοποιήσουν ξεχωριστούς ελεγκτές σταθμών βάσης. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, τα πρότυπα δεν καθοδηγούν την κατασκευή και την αρχιτεκτονική της υποδομής δικτύων.



Οι κονσόλες αποστολών θα είναι μια σημαντική ομάδα των προϊόντων του εξοπλισμού υποδομής. Ειδικά οι χρήστες υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης θα απαιτήσουν πιο περίπλοκες λύσεις αποστολής, που ενσωματώνονται επίσης με τα διοικητικά συστήματα εντολής και ελέγχου. Οι διοικητικοί τερματικοί σταθμοί δικτύων θα διευκολύνουν τη διαχείριση των μεγάλων δικτύων, ενώ και συστήματα τιμολόγησης θα αναπτυχθούν για τα εμπορικά δίκτυα TETRA.

Θα υπάρξουν διάφοροι κατασκευαστές, οι οποίοι μπορούν να προσφέρουν ολοκληρωμένες λύσεις, συμπεριλαμβανομένης της υποδομής και των τερματικών. Μερικοί κατασκευαστές θα επικεντρωθούν στις εφαρμογές τερματικού εξοπλισμού ή στις εφαρμογές δεδομένων.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν ήδη ξεκινήσει με τα πρώτα προϊόντα τους να είναι διαθέσιμα στην αγορά κατά τη διάρκεια του 1997. Είναι γενικά προϊόντα, αλλά ιδιαίτερα κατάλληλα για τα δημόσια δίκτυα ασφάλειας και λειτουργούν στη ζώνη συχνότητας 380 - 400 MHz. Τα προϊόντα για την ζώνη συχνότητας 410 - 430 MHz βγήκαν στην παραγωγή με την έναρξη του 1998.

Λόγω του ανταγωνισμού, η τιμή αγοράς της υποδομής και των τερματικών από την αρχή θα είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των ιδιόκτητων ψηφιακών συστημάτων ζεύξεων.

Κατασκευαστές :	TETRA προϊόντα			
Cleartone	Τερματικά			
ICOM	Τερματικά			
Kenwood	Τερματικά			
Marconi Instruments				Δοκιμή Εξοπλισμού
Maxon	Τερματικά			
Motorola	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
Nokia	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
OTE	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
Rhode & Schwarz		Υποδομή	Κονσόλες	Δοκιμή Εξοπλισμού
Simoco / Frequentis	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
Tait	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	

Πίνακας 3.4 Κατασκευαστές και TETRA προϊόντα

3.6.5 Λειτουργική Ακεραιότητα Εγγυημένη από επικυρωμένες διαδικασίες

Η δοκιμή προσαρμογής εξασφαλίζει την συμβατότητα στα πρότυπα, ήδη κατά τη φάση ανάπτυξης των προϊόντων. Ένα ουσιαστικό τμήμα ανάπτυξης των TETRA προτύπων, είναι ο καθορισμός των προδιαγραφών δοκιμής προσαρμογής. Δημοσιεύονται ως τμήμα των προτύπων σε μια επίσημη γλώσσα, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα για να ελέγξει τα αυτοματοποιημένα συστήματα δοκιμής. Η δημοσίευση των προδιαγραφών δοκιμής προσαρμογής σε μια επίσημη γλώσσα και ως υποχρεωτικό μέρος των προτύπων εξασφαλίζει, ότι τα αποτελέσματα της δοκιμής επί των διαφορετικών τύπων δοκιμής είναι συνεπή.

Η λειτουργική συνοχή των TETRA προτύπων ελέγχεται μέσα από ένα σύνολο δοκιμών στον εξοπλισμό από διαφορετικούς κατασκευαστές. Αυτό είναι ένα από τα

σημαντικότερα βήματα στη επικύρωση των TETRA προτύπων και διεξάγεται στη Δανία από τον δανέζικο TETRA συνεταιρισμό.

Για να εξασφαλιστεί η συμβατότητα του TETRA εξοπλισμού από τις διαφορετικές πηγές πρέπει να υπάρξουν καλά καθορισμένες διαδικασίες και κανόνες. Η MoU αναπτύσσει αυτές τις διαδικασίες και τον εξοπλισμό. Θα υπάρξουν ένα ή περισσότερα κέντρα δοκιμής, τα οποία εξουσιοδοτούνται για να κάνουν τις δοκιμές έγκρισης τύπων για τον TETRA εξοπλισμό και ένα από αυτά τα κέντρα δοκιμής είναι το TeleDanmark, το οποίο κάνει επίσης τις δοκιμές έγκρισης τύπων για το GSM.

Αυτά τα μέτρα που λαμβάνονται εξασφαλίζουν, ότι όταν έρχονται τα TETRA προϊόντα στη αγορά, η διαλειτουργικότητά τους έχει ήδη κατάλληλα εξεταστεί και πιστοποιείται, ότι οι πελάτες δεν θα διατρέξουν οποιοδήποτε κίνδυνο. Οι ακριβείς διαδικασίες έγκρισης τύπων είναι ένα πλεονέκτημα των ανοικτών συστημάτων έναντι των ιδιόκτητων λύσεων, οι οποίες εξετάζονται τυπικά στα συστήματα πελατών.

Ένα πρακτικό παράδειγμα σπουδαιότητας των διαδικασιών έγκρισης τύπων είναι οι δοκιμές έγκρισης τύπων που γίνονται στα συστήματα ζεύξεων MPT, τα οποία ανίχνευσαν πράγματι πολλά σφάλματα σε όλο τον δοκιμαζόμενο εξοπλισμό. [12]

3.6.6 Το TETRA συμπληρώνει το GSM

Το TETRA δεν προορίζεται να ανταγωνιστεί το GSM ή οποιοσδήποτε άλλες κυτταρικές τεχνολογίες -αφού εξυπηρετούν σαφώς διαφορετικούς σκοπούς. Το TETRA σχεδιάζεται για τις επαγγελματικές κινητές ράδιο εφαρμογές ενώ το GSM σχεδιάζεται για τη δημόσια κυτταρική τηλεφωνία. Αν και αυτές οι εφαρμογές μπορούν περιστασιακά να επικαλυπτούν, σίγουρα υπάρχει μια θεμελιώδης διαφορά στις απαιτήσεις.



Κατά καιρούς έχουν υπάρξει κάποιες προτάσεις να προστεθεί η λειτουργία PRM-τύπων στα πρότυπα GSM για να επεκταθεί η αγορά GSM προς τους επαγγελματικούς ράδιο χρήστες - ειδικά για τις εφαρμογές σιδηροδρόμων. Είναι πιθανό, ότι κάποια μέρα το GSM θα περιέχει κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα, αλλά αυτά θα είναι μακριά από τις επαγγελματικές κινητές ράδιο-απαιτήσεις. Δεν θα είναι δυνατό να εφαρμοστεί η άμεση λειτουργία τρόπου, η γρήγορη αποκατάσταση κλήσης ή τα κατάλληλα ημι-αμφίδρομα (semi-duplex) χαρακτηριστικά γνωρίσματα επικοινωνιών ομάδας στα σημερινά δίκτυα GSM.

Η τροποποίηση των προτύπων και των συστημάτων GSM σε ένα PRM προϊόν έχει μελετηθεί από πολλούς κατασκευαστές. Το αποτέλεσμα ήταν σαφώς ότι αυτό το είδος των τροποποιήσεων, βαθιά μέσα στον πυρήνα της παρούσας αρχιτεκτονικής GSM, θα ήταν πάρα πολύ ακριβό, χρονοβόρο και επικίνδυνο να εφαρμοστεί. Μπορούμε σχετικά εύκολα να προβλέψουμε ότι το ενδιαφέρον των παρόντων χειριστών GSM για την εφαρμογή αυτών των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων θα μειωθεί σημαντικά, όσο θα αποκαλύπτονται οι κίνδυνοι και οι δαπάνες που περιλαμβάνονται στην εφαρμογή αυτών των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στα υπάρχοντα δίκτυα.

Η αναμενόμενη δυναμική της αγοράς για τα Professional Mobile Radio (επαγγελματικά κινητά ράδιο) χαρακτηριστικά γνωρίσματα στο GSM είναι πάρα πολύ μικρή για τους μεγάλους κατασκευαστές κυτταρικής τηλεφωνίας, οι οποίοι διαθέτουν ικανότητα παραγωγής που θα μπορούσε να καλύψει το σύνολο των απαιτήσεων της ευρωπαϊκή αγοράς, για τα επόμενα 5 έτη, μέσα σε λίγες μόνο ημέρες.

Η αναμενόμενη αγορά παραδείγματος χάριν στον τομέα των σιδηροδρόμων είναι πάρα πολύ μικρή συγκρινόμενη με τη τεράστια αγορά του GSM. Οι σοβαροί προμηθευτές υποδομής GSM δεν έχουν λόγο να ενδιαφέρονται για την ανάπτυξη Professional Mobile Radio εφαρμογών.

Το TETRA είναι σαφώς μια ανώτερη πλατφόρμα για τις ψηφιακές επαγγελματικές κινητές ράδιο-εφαρμογές. [12]

3.7 Αναφορές στον ETSI οργανισμό τυποποίησης

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα TETRA πρότυπα μπορούν να βρεθούν από τα ακόλουθα ευρωπαϊκά πρότυπα τηλεπικοινωνιών:

TETRA Voice Plus Data	ETS 300 392
Part 1:	Γενικό σχέδιο δικτύων.
Part 2:	Διεπαφή αέρα
Part 3:	Αλληλεπίδραση
Part 4:	Πύλες
Part 5:	Διεπαφή τερματικού εξοπλισμού
Part 6:	Συνδεδεμένες γραμμές σταθμών
Part 7:	Ασφάλεια
Part 8:	Διοικητικές υπηρεσίες δικτύων.
Part 9:	Στόχοι απόδοσης.
Part 10:	Συμπληρωματικό στάδιο υπηρεσιών 1
Part 11:	Συμπληρωματικό στάδιο υπηρεσιών 2

<p>Part 12: Συμπληρωματικό στάδιο υπηρεσιών 3</p> <p>Part 13: SDL μοντέλο διεπαφής αέρος</p> <p>Part 14: PICS αίτηση</p> <p>Part 15: Αλληλεπίδραση - εκτεταμένες διαδικασίες</p> <p>Part 16: Πύλες για τις συμπληρωματικές υπηρεσίες</p> <p>TETRA Packet Data Optimised ETS 300 393</p>
<p>Part 1: Γενικό σχέδιο δικτύων.</p> <p>Part 2: Διεπαφή αέρα</p> <p>Part 3: Αλληλεπίδραση</p> <p>Part 4: Πύλες</p> <p>Part 5: Διεπαφή τερματικού εξοπλισμού</p> <p>Part 6: Συνδεδεμένες γραμμές σταθμών</p> <p>Part 7: Ασφάλεια</p>
<p>Part 8: Διοικητικές υπηρεσίες δικτύων.</p> <p>Part 9: Στόχοι απόδοσης</p> <p>Part 10: SDL μοντέλο διεπαφής αέρος</p> <p>Part 11: PICS αίτηση</p> <p>TETRA Conformance Testing ETS 300 394</p>
<p>Part 1: Ράδιο δοκιμή προσαρμογής</p> <p>Part 2: Δοκιμή προσαρμογής πρωτοκόλλου φωνής και στοιχείων</p> <p>TETRA Codec ETS 300 395</p>
<p>Part 1: Γενική περιγραφή των λεκτικών λειτουργιών</p> <p>Part 2: Κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής</p> <p>Part 3: Συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα</p> <p>Part 4: Δοκιμή προσαρμογής κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή</p> <p>TETRA Direct Mode ETS 300 396</p>
<p>Part 1: Γενικό σχέδιο δικτύων</p> <p>Part 2: Απευθείας διεπαφή αέρα MS - MS</p> <p>Part 3: Επαναλήπτης</p> <p>Part 4: Πύλες</p> <p>Part 5: Ασφάλεια</p>

Πίνακας 3.5 Αναφορές στον ETSI οργανισμό τυποποίησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4



Στις 27 Μαΐου 1998, η κεντρική ομάδα του Schengen αποδέχθηκε ομόφωνα την συνύπαρξη TETPA και TETRAPOL για τον εξοπλισμό των ραδιοεπικοινωνιακών δικτύων των δυνάμεων ασφάλειας της. Η Γαλλία έχει επιλέξει το TETRAPOL, το οποίο έχει εξεταστεί με επιτυχία στην Ισπανία αλλά και διάφορες χώρες που έχουν συμφωνήσει να γίνουν μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το έχουν υιοθετήσει επίσης.

Με βάση αυτήν την δήλωση, η κεντρική ομάδα, στο ίδιο έγγραφο, έχει εξουσιοδοτήσει την ομάδα I "αστυνομία και ασφάλεια" και την υποομάδα "τηλεπικοινωνίες" για να μελετήσει τους όρους και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ του TETPA και των δικτύων TETRAPOL. Για να εκπληρώσει αυτήν την εξουσιοδότηση, η υποομάδα "τηλεπικοινωνιών" έχει δημιουργήσει μέσα τις τάξεις της μια ομάδα εμπειρογνομώνων που αφιερώνεται σε αυτό το θέμα. [16]

4.1 Εισαγωγή

Το TETRAPOL είναι μια τεχνολογία που καθορίζεται από τους ίδιους τους χρήστες (λέσχη των χρηστών TETRAPOL) όπου η μεγαλύτερη πλειοψηφία είναι οι δημόσιες δυνάμεις ασφάλειας. Το TETRAPOL, είναι ουσιαστικά, μια τεχνική και λειτουργική λύση που βελτιστοποιείται για αυτές.

Αρχικά το TETRAPOL προωθείται από τις γαλλικές δυνάμεις ασφάλειας (1987). Οι θεμελιώδεις τεχνικές επιλογές έγιναν σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις τους για :

- λειτουργία άμεσου τρόπου

- ευρεία κάλυψη περιοχής
- διατεματική end-to-end κρυπτογράφηση

Όλες οι τεχνικές που εφαρμόζονται στο TETRAPOL έχουν βελτιστοποιηθεί από την αρχή για να ικανοποιήσουν τις αυστηρές ανάγκες τους.

Ενώ όμως η δημόσια ασφάλεια ήταν και είναι η αρχική αγορά του Tetrapol αυτό δεν σημαίνει ότι αυτό δεν είναι καλά σχεδιασμένο για να ικανοποιήσει και τις ανάγκες άλλων χρηστών. Παραδείγματος χάριν στον δημόσιο τομέα των αστικών μεταφορών, οι χρήστες επιθυμούν χαρακτηριστικά γνωρίσματα παρόμοια με εκείνων των δημόσιων χρηστών ασφάλειας: κλήσεις ομάδας, κλήσεις έκτακτης ανάγκης και μεταδόσεις δεδομένων. Δεν είναι επομένως καμία έκπληξη το γεγονός ότι η τεχνολογία Tetrapol έχει επιλεχθεί επίσης και για τα μεγάλα δημόσια δίκτυα αστικών μεταφορών. Αλλά και στον τομέα της βιομηχανίας πολλοί έχουν επιλέξει το σύστημα Tetrapol. Βέβαια είναι σημαντικό και πρέπει να αναφέρουμε ότι ο χρήστης είναι αυτός που αποφασίζει τελικά ποιο σύστημα ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες του, σε οποιαδήποτε αγορά και αν αυτό απευθύνεται.

Επιπροσθέτως, το Tetrapol (αν και προέρχεται από την Ευρώπη, από γεωγραφική άποψη) σαφώς απευθύνεται στην παγκόσμια αγορά. Ήδη χρήστες στην Κεντρική Αμερική, Ειρηνικό, Ασία και την Μέση Ανατολή δοκιμάζουν τη τεχνολογία Tetrapol στα δίκτυά τους. Στην εξάπλωση του Tetrapol και εκτός Ευρώπης συμβάλλει βέβαια το γεγονός ότι νέα προϊόντα και μικρότερες διαμορφώσεις συστημάτων προωθούνται από τους ίδιους τους κατασκευαστές με στόχο να ανοίξουν και νέες αγορές σε αυτό.

Όπως προαναφέραμε το Tetrapol έχει ως στόχο και βελτιστοποιείται για να ικανοποιήσει τις ιδιαίτερες λειτουργικές ανάγκες της κοινότητας της δημόσιας ασφάλειας παρέχοντας κρυπτογραφημένες επικοινωνίες με το πιο υψηλό επίπεδο ασφάλειας, έτσι ώστε να εγγυάται στιγμιαίες επικοινωνίες με ή χωρίς την κάλυψη δικτύων, επικοινωνίες που περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό χρηστών ("κλήσεις ομάδας" στη επαγγελματική γλώσσα), και ραδιο-χρήστες με διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας. Στην ουσία διάφορες προαιρετικές τεχνολογικές δυνατότητες εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια του αρχικού σχεδιασμού. Εκείνες που ταιριάζουν καλύτερα με τις δημόσιες απαιτήσεις ασφάλειας επιλέχθηκαν και ενσωματώθηκαν στο πρότυπο Tetrapol. Αντίθετα από άλλα πρότυπα, οι τεχνικοί συμβιβασμοί που θα ήταν απαραίτητοι να εξετάσουν διαφορετικές - αλλά συχνά ασυμβίβαστες - απαιτήσεις (δημόσια δίκτυα ασφάλειας εναντίον των εμπορικών δικτύων παραδείγματος χάριν) αποκλείστηκαν. Αυτό συνεχίζει να είναι η κατευθυντήρια αρχή Tetrapol: να προσφέρει την καλύτερη λύση σε συγκεκριμένους τομείς αγοράς παρά να προσφέρει μια μέση λύση σε όλη την αγορά.

Τέλος αξίζει να αναφέρουμε ότι το Tetrapol αντιπροσωπεύει την μόνη μεγάλης κλίμακας πρακτικά αποδεδειγμένη ψηφιακή λύση σε λειτουργία σήμερα. Για αρκετά χρόνια τώρα, χιλιάδες χρήστες που ανήκουν στο δημόσιο τομέα ασφάλειας σε όλο τον κόσμο ήταν σε θέση να δοκιμάσουν και να επιβεβαιώσουν την σημαντική απόδοση του ψηφιακού ράδιο-συστήματος Tetrapol στην καθημερινή εργασία τους. Προφανώς αυτή η καταδεδειγμένη αξιοπιστία είναι μια προϋπόθεση των αρχών ασφαλείας που δεν μπορούν να ξετάσουν νέες τεχνολογίες κατά τη διάρκεια επικίνδυνων και κρίσιμων αποστολών. [16]

4.2 Πρότυπο του τηλεπικοινωνιακού συστήματος TETRAPOL

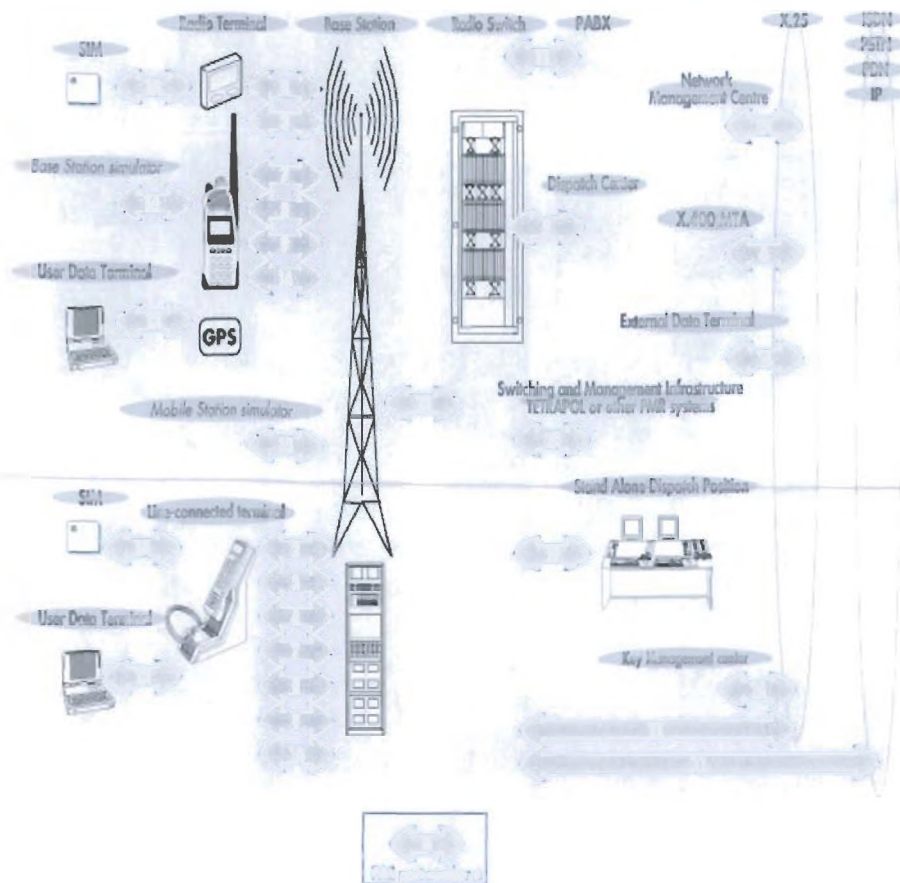
Το Tetrapol είναι πρότυπο του ITU και του Schengen. Είναι μακρά η πιο ευρύτατα επεκταμένη ψηφιακή τεχνολογία αποζευγμένης κινητής επικοινωνίας μετά το GSM. Το Tetrapol είναι αποδείξει την αξία του και σε αυτήν την περίοδο βρίσκεται στη φάση μετάβασης από την δεύτερη στην τρίτη γενεά εξοπλισμού και υπηρεσιών που βασίζεται στο IP και έτσι θα μπορεί να προσφέρει και να ενσωματώσει IP εφαρμογές πολυμέσων.

Το σώμα εργασίας το οποίο είναι υπεύθυνο για τις τεχνικές προδιαγραφές του τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι η τεχνική ομάδα εργασίας του φόρουμ Tetrapol (TWG). Χάρης στην εύκαμπτη δομή της είναι δυνατό να ανταποκρίνεται πολύ γρήγορα στα αιτήματα των χρηστών και κατά συνέπεια οι τεχνικές προδιαγραφές ήταν διαθέσιμες άμεσα με αποτέλεσμα τα προϊόντα Tetrapol να διοχετευτούν γρήγορα στην αγορά.

Ωστόσο αν και η τεχνική ομάδα εργασίας του φόρουμ Tetrapol είναι υπεύθυνη για τις προδιαγραφές, συχνά διάφοροι κατασκευαστές Tetrapol συναντιούνται για να εργαστούν στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες εξελίξεις των προτύπων, με την ειδική συμβολή ξωτερικών τεχνικών εμπειρογνομόνων (όποτε είναι απαραίτητο). Μετά από μια επίσημη έγκριση, οι νέες προδιαγραφές καταχωρούνται στην ιστίο-σελίδα του Tetrapol, και μπορούν να είναι διαθέσιμες σε οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο συμβαλλόμενο μέρος. Δεδομένου ότι οι τεχνικές προδιαγραφές πρέπει προφανώς να απεικονίσουν τις παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις της αγοράς, η τεχνική ομάδα εργασίας συντονίζει τις προσπάθειές της με την εμπορική ομάδα εργασίας, ένα άλλο σώμα στα πλαίσια του φόρουμ Tetrapol, υπεύθυνο για την ανάλυση της PMR αγοράς.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι προδιαγραφές Tetrapol είναι σήμερα οι μόνες πλήρεις όσον αφορά τους κανόνες ασφαλείας). Το Tetrapol έχει καταστήσει δημόσια διαθέσιμη την προδιαγραφή του μέσω του Ιστού Tetrapol (www.tetrapol.com).

Tetrapol Publicly Available Specifications (PAS) parts description



Συγκεκριμένα στις τεχνικές προδιαγραφές καθορίζονται αναλυτικά όλα τα πρότυπα διεπαφών, ωστόσο δύο διεπαφές μεταξύ των ανοικτών διεπαφών TETRAPOL είναι υψηλής προτεραιότητας σχετικά με τη διαλειτουργικότητα: η διεπαφή αέρα και η διεπαφή διασύνδεσης συστήματος (ISI).

Οι προμηθευτές TETRAPOL πρέπει να συμμορφωθούν με τα πρότυπα διεπαφών αέρα:

- Το TETRAPOL PAS παρέχει τις ράδιο-δοκιμές προσαρμογής (PAS μέρος 8) για να ελέγξουν τη συμμόρφωση ειδικότερα στο ETS 300 113. Ένα εργαλείο δοκιμής είναι επίσης διαθέσιμο από τη WAVETEK.
- Το TETRAPOL PAS παρέχει το σύνολο δηλώσεων προσαρμογής εφαρμογής πρωτοκόλλου (PICS) που ο προμηθευτής θα συμπληρώσει για το προϊόν του (PAS μέρος 9.2) και τις σχετικές δοκιμές (PAS μέρος 9.1) που θα εκτελεστούν στο εργαστήριο δοκιμής. Οι προδιαγραφές προσομοίωσης των συστημάτων παρέχονται από PAS στο μέρος 14.

Επίσης το TETRAPOL PAS παρέχει επίσης τις δοκιμές για την διεπαφή διασύνδεσης συστήματος (PAS μέρος 10.4) παράλληλα με το TETRA, δεδομένου ότι το ISI είναι κοινό, στη ίδια βάση QSIG.

Τέλος το TETRAPOL συμφωνεί με το ISO 9646 αφού χρησιμοποιεί την μεθοδολογία του, συνδυάζοντας την γλώσσα δοκιμής SDL και TTCN (εργαλεία TELELOGIC τα οποία τίθενται σε εφαρμογή σταδιακά). [16]

4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά

4.3.1 Πρόσβαση στο κανάλι (Channel Access Mode)

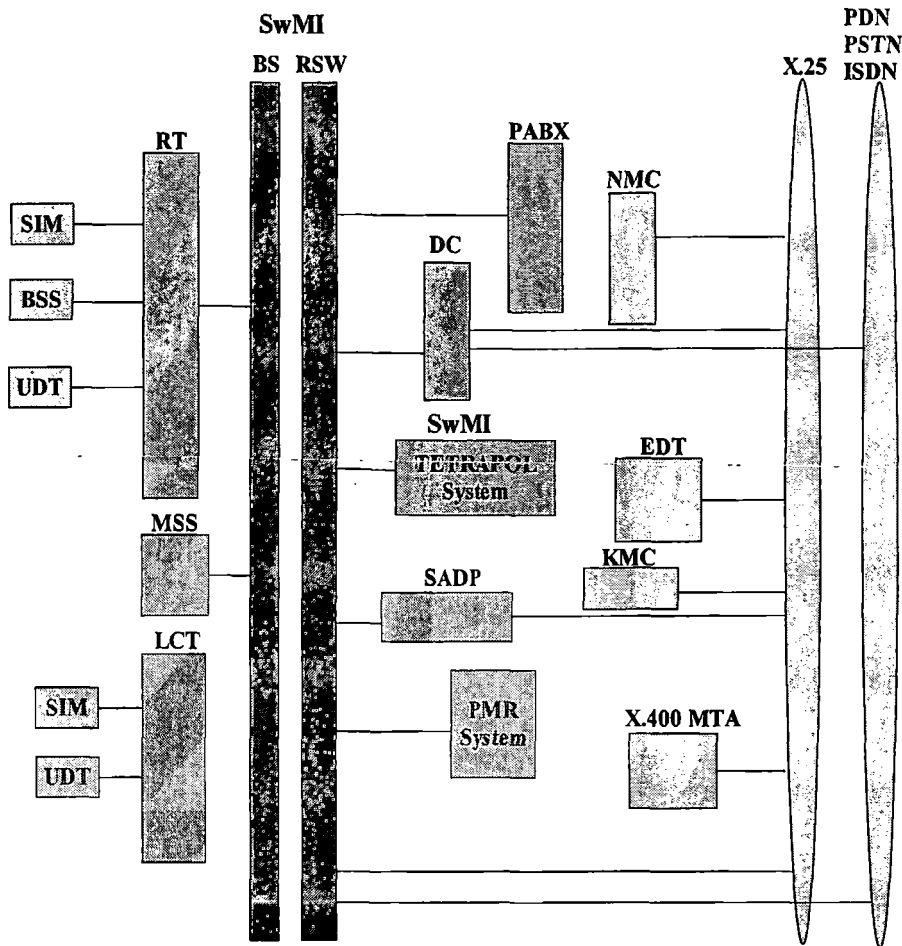
Το TETRAPOL χρησιμοποιεί την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο της συχνότητας FDMA. Είναι πιο δυνατό σε σχέση με κάθε άλλο ψηφιακό σύστημα όσον αφορά τους όρους πολλαπλών διαδρομών. Πιο συγκεκριμένα αυτό σημαίνει ότι οι ίδιοι δέκτες Tetrapol μπορούν να λειτουργήσουν σε οποιοδήποτε είδος έκτασης (οι εξισωτές δεν είναι απαραίτητοι), κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με τα συστήματα TDMA τα οποία απαιτούν εξισωτές ειδικά η απόδοση του συστήματος είναι πολύ φτωχή υπό ορισμένες συνθήκες (λοφώδης έκταση, βουνά...). Επίσης χρειάζεται επιπλέον πολυπλοκότητα στους δέκτες συστημάτων TDMA.

Χάρη στην τεχνική FDMA, simulcast δίκτυα Tetrapol είναι δυνατά. Η δυνατότητα πολυεκπομπής (simulcast) δεν προσφέρεται στο σύστημα TDMA λόγω της πολυπλοκότητας μιας τέτοιας εφαρμογής. Η τεχνική Simulcast περιλαμβάνει την ταυτόχρονη μετάδοση πληροφοριών από περισσότερες από μια συσκευές αποστολής σημάτων πάνω στην ίδια συχνότητα με μια επικάλυψη μεταξύ των συσκευών αποστολής σημάτων. Αυτή η ώριμη τεχνολογία επιτρέπει αποτελεσματικά συστήματα εκτενών ζωνών FDMA να χτίζονται σήμερα σε όλες τις ζώνες της δημόσιας ασφαλείας.

4.3.2 Μέθοδος διαμόρφωσης TETRAPOL

Το TETRAPOL χρησιμοποιεί την μέθοδο διαμόρφωσης GMSK, BT=0,25. Αυτή η μέθοδος διαμόρφωσης χρησιμοποιείται επίσης και στο GSM και έχει τα εξής πλεονεκτήματα : είναι απλή και χρησιμοποιεί σχετικά φτηνούς πομπούς. Επίσης τα φασματικά χαρακτηριστικά των συσκευών αποστολής σημάτων Tetrapol εγγυώνται ότι δεν παράγουν παρεμβολές σε άλλο γειτονικό ράδιο-εξοπλισμό χρησιμοποιώντας το παραδοσιακό κανάλι 12,5 ή 25 kHz: Το Tetrapol συμμορφώνεται με την ευρωπαϊκό πρότυπο ETS 300-113. Επιπλέον τα ήδη υπάρχοντα αναλογικά κανάλια μπορούν επομένως να επαναχρησιμοποιηθούν εύκολα ως κανάλια Tetrapol. [16]

4.4 Περιγραφή του συστήματος και σημαντικότερες λειτουργίες



Σχήμα 4.1 Τηλεπικοινωνιακό σύστημα Tetrapol

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα το σύστημα αποτελείται από τη μεγάλη σταθερή υποδομή **SwMI** και τα διάφορα τερματικά του συστήματος (**STs**) που παρέχουν στους χρήστες πρόσβαση στις υπηρεσίες του δικτύου. Τα τερματικά του συστήματος αποτελούνται από τα ράδιο-τερματικά (**RTs**) και τα σταθερά τερματικά (**LCTs**).

Η σταθερή υποδομή διαχείρισης (**Switching and Management Infrastructure (SwMI)**) είναι το κύριο μέρος του δικτύου TETRAPOL και για το λόγο αυτό αναφέρεται συχνά και ως δίκτυο. Περιλαμβάνει δύο υποσυστήματα, το σταθμό βάσης (**BS**) και το ράδιο-διακόπτη (**RSW**). Η σταθερή υποδομή SwMI περιλαμβάνει επίσης και το κέντρο διατήρησης των λειτουργιών (**OMC**).

Ο σταθμός βάσης **BS** αποτελεί το ράδιο κομμάτι του SwMI και συνδέεται με το ράδιο-διακόπτη **RSW**. Αυτός με τη σειρά του μπορεί να αποτελείται από ένα ή

περισσότερα RSW σε ένα κοινό δίκτυο (RSW Network), οι διεπαφές (IRI) του οποίου δεν έχουν τυποποιηθεί.

Τα ράδιο-τερματικά **RTs** συνδέονται με τη σταθερή υποδομή μέσω της ράδιο-ζεύξης και είναι γνωστά και ως κινητές τερματικές μονάδες MTU. Σε αντίθεση με τα RTs τα-σταθερά τερματικά **LCTs** συνδέονται τοπικά με το δίκτυο μέσω μιας φυσικής ζεύξης. Η πρότυπη διεπαφή του συστήματος για τα σταθερά τερματικά LCTs είναι ο Σταθμός Βάσης Γραμμής Πρόσβασης (Line Access Base Station).

Ωστόσο αξίζει να αναφέρουμε ότι οι κινητοί σταθμοί MS είναι συνδυασμός τερματικού RT και τερματικού χρήστη δεδομένων (UDT). Κατά συνέπεια ο εξομοιωτής κινητός σταθμός (**MSS**) θα είναι ο βασικός τύπος έγκρισης εξομοιωτή για το σταθμό βάσης (BS).

Με τη σειρά του ο εξομοιωτής σταθμού βάσης **BSS** περιλαμβάνει τους εξομοιωτές για τα τερματικά χρήστη δεδομένων UDT, τα ράδιο-τερματικά RT και τη μονάδα ταυτότητας συνδρομητή SIM. Το τερματικό χρήστη δεδομένων **UDT** είναι εξοπλισμός ST που χρησιμοποιείται για τις υπηρεσίες δεδομένων, ενώ η μονάδα ταυτότητας συνδρομητή **SIM** είναι η κινητή μονάδα που κρατά τις πληροφορίες και τους αλγόριθμους ασφάλειας για τον κάθε συνδρομητή.

Στη συνέχεια το κέντρο αποστολής **DC** συνδέει έναν αριθμό θέσεων αποστολής (DPs) στο δίκτυο και παρέχοντας κατά αυτόν τον τρόπο πρόσβαση στις υπηρεσίες TETRAPOL. Οι θέσεις αποστολής DPs είναι μεμονωμένα σημεία του συστήματος που συνδέονται με το δίκτυο ή με το κέντρο αποστολής DC. Τέλος οι Μεμονωμένες θέσεις αποστολής **SADP** είναι ένας απομονωμένος χειριστής θέσης ο οποίος παρέχει γενικές λειτουργίες διαχείρισης και αποστολής.

Το εξωτερικό τερματικό δεδομένων **EDT** συνδέεται με ένα δημόσιο ή ιδιωτικό δίκτυο X.25. Λειτουργεί σαν ένας server επικοινωνίας δεδομένων, μια πύλη βάσης δεδομένων για την αποθήκευση προσωπικών μηνυμάτων των συνδρομητών.

Το κέντρο διαχείρισης κλειδιών **KMC** είναι ένα υποσύστημα το οποίο χειρίζεται κατάλληλα τα κλειδιά ασφαλείας του συστήματος, ενώ το κέντρο διαχείρισης δικτύου **NMC** συγκεντρώνει όλες τις λειτουργίες συντήρησης μεταξύ των διαφόρων σταθμών SwMI (OMC).

Και τέλος ο παράγοντας μεταφοράς μηνυμάτων **X.400 MTA** είναι ο διακόπτης που μεταχειρίζεται μηνύματα X.400 και συνδέεται με ένα δημόσιο ή ιδιωτικό δίκτυο μεταγωγής πακέτων X.25.

4.4.1 Αμεσότροπη Λειτουργία (Direct Mode)

Για ένα σύστημα TETRAPOL, η αμεσότροπη λειτουργία απαιτεί μόνο ένα κανάλι 12,5 KHz. Στο σύστημα TETRAPOL η αμεσότροπη λειτουργία είναι διαθέσιμη οποιαδήποτε στιγμή, οπουδήποτε, οποιοσδήποτε και αν είναι ο τύπος έκτασης, ειδικότερα: σαν πίσω τρόπος πτώσης στη κάλυψη δικτύων και κάτω από την κάλυψη δικτύων (υπόγεια, σε έναν χώρο στάθμευσης).

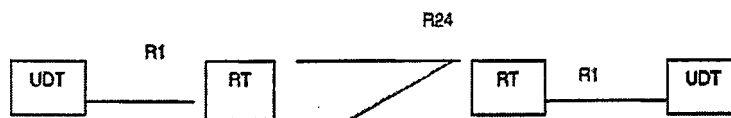
Στο TETRAPOL η αμεσότροπη λειτουργία:

- δεν στηρίζεται στο έγκαιρο συγχρονισμό όπως στα συστήματα TDMA και έτσι λειτουργεί οπουδήποτε
- επιτρέπει την πολύ στενή λειτουργία μεταξύ των κινητών ακόμα και όταν αυτά πλησιάζουν σε έναν σταθμό βάσης
- είναι πολύ αξιόπιστη και έχει υψηλή απόδοση όσον αφορά τον άμεσο τρόπο κάλυψης

Η αμεσότροπη λειτουργία ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις των χρηστών σε όλες τις εκδόσεις της: με ή χωρίς διπλό ρολόι, με διαφανή ή κρυπτογραφημένο τρόπο, με ή χωρίς άμεσο επαναλήπτη τρόπου. Είναι μια αξιόπιστη και σίγουρα αποδοτική λύση, η οποία βρίσκει εφαρμογή σε ζητήματα ασφαλείας όταν κινδυνεύει άμεσα η ζωή ανώτερων δημόσιων υπαλλήλων.

Ο άμεσος τρόπος (επίσης αποκαλούμενος "talkaround" στις ΗΠΑ) είναι ένα βασικό λειτουργικό χαρακτηριστικό γνώρισμα για το δημόσιο προσωπικό ασφαλείας. Πράγματι, είναι ο μόνος τρόπος επικοινωνίας όταν η κάλυψη δικτύων δεν είναι πλέον διαθέσιμη. Η απώλεια κάλυψης δικτύων μπορεί να εμφανιστεί στις σήραγγες ή τα υπόγεια, ή μπορεί να προκύψει από φυσικές καταστροφές ή τρομοκρατικές επιθέσεις.

Για αυτές τις κρίσιμες καταστάσεις το Tetrapol, με τη χρησιμοποίηση FDMA, προσφέρει την πιο αξιόπιστη τεχνική λύση, κάτι που αναγνωρίζεται ευρέως μεταξύ των διαφόρων χρηστών ασφαλείας. Επίσης το Tetrapol αξιοποιεί με το καλύτερο τρόπο τα ράδιο-κανάλια που δεσμεύονται στις διαδικασίες "άμεσου τρόπου" (ένα εύρος ζώνης καναλιών 12,5 kHz είναι το μέγιστο που απαιτείται). Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν μεταξύ των διαφόρων προαιρετικών δυνατοτήτων: άμεσος τρόπος με ή χωρίς διπλό ρολόι, με διαφανή ή κρυπτογραφημένο άμεσο τρόπο, με ή χωρίς άμεσο επαναλήπτη τρόπο, με αμεσότροπη λειτουργία πυλών. Ο άμεσος τρόπος Tetrapol έχει δοκιμαστεί λεπτομερώς υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και μάλιστα με μεγάλη επιτυχία. [16],[17]



Σχήμα 4.2 Λειτουργία άμεσου τρόπου R1 σημείο αναφοράς μεταξύ UDT και RT, και R24 σημείο αναφοράς μεταξύ RT και RT

4.4.2 Διατερματική (end-to-end) κρυπτογράφηση

Η διατερματική end-to-end κρυπτογράφηση είναι μέρος των προτύπων Tetrapol και ήδη χρησιμοποιείται ευρέως στα υπάρχον δίκτυα. Αυτή η λύση εγγυάται στους χρήστες ότι κανένα μυστικό στοιχείο δεν εγκαθίσταται - και άρα δεν είναι διαθέσιμο - στους σταθμούς βάσεων. Το Tetrapol είναι η μόνη λύση που καλύπτει τις ιδιαίτερα απαιτητικές ανάγκες των δημόσιων δυνάμεων ασφαλείας και προστασίας όσον αφορά τις σύγχρονες επιθέσεις ενάντια στα δίκτυα ραδιοεπικοινωνίας.

Η end-to-end κρυπτογράφηση είναι μέρος των προδιαγραφών από την αρχή και χρησιμοποιείται ευρέως μέσα στα δίκτυα Tetrapol. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα προσφέρει το πιο υψηλό επίπεδο ασφάλειας καθώς η επικοινωνία παραμένει κρυπτογραφημένη σε όλο το δίκτυο. Αυτό είναι πάρα πολύ διαφορετικό από άλλα συστήματα όπου η κρυπτογράφηση ισχύει μόνο για την διεπαφή αέρα δηλ. μεταξύ ενός ράδιο-τερματικού και του σταθμού βάσης όπου το μήνυμα μετατρέπεται πίσω με έναν σαφή τρόπο. Η σταθερή υποδομή είναι επομένως ευαίσθητη και κάποιος μπορεί να υποκλέψει την συνδιάλεξη. Η κρυπτογράφηση του άμεσου τρόπου επικοινωνιών υποστηρίζεται επίσης από το Tetrapol. [16]

4.5 Υπηρεσίες που προσφέρει το TETRAPOL

Το Tetrapol προσφέρει μια σειρά από υπηρεσίες, μερικές από τις οποίες δεν είναι (ακόμα) διαθέσιμες στα σημερινά δημόσια κινητά ράδιο-συστήματα.

Τηλευπηρεσίες (Teleservices) :

- **Ατομική κλήση :** Αυτή η υπηρεσία αντιστοιχεί σε μια κλήση σε ένα δημόσιο κινητό ράδιο-σύστημα (GSM, UMTS). Ένας χρήστης καλεί έναν άλλο μεμονωμένο χρήστη.
- **Κλήση ομάδας :** Ένας χρήστης καλεί μια προκαθορισμένη ομάδα. Κάθε μέλος της ομάδας μπορεί να συμμετέχει στην κλήση. Η κλήση ομάδας μπορεί να λειτουργήσει έτσι ώστε τα μεμονωμένα μέλη να μπορούν να αναγνωριστούν ή όχι. Μια ομάδα επίσης μπορεί να λειτουργεί δυναμικά, δηλ κάποια μέλη μπορούν να προστεθούν ή να απομακρυνθούν από αυτήν.

- Λειτουργία άμεσου τρόπου: Στον άμεσο τρόπο, δύο ή περισσότεροι κινητοί σταθμοί επικοινωνούν ο ένας με τον άλλον, χωρίς την ανάμειξη ενός σταθμού βάσεων (walkie-talkie).
- Ραδιοφωνική μετάδοση κλήσης: Είναι μια point-to-multipoint κλήση μέσα σε μια προσδιορισμένη περιοχή. Τόσο η περιοχή όσο και οι χρήστες καθορίζονται εκ των προτέρων. Οι μεμονωμένοι χρήστες δεν αναγνωρίζουν την κλήση και επομένως ο χειριστής είναι ικανός να ελέγξει ποιος έχει και ποιος δεν έχει λάβει την κλήση.
- Κλήση έκτακτης ανάγκης : Κλήση προτεραιότητας διαθέσιμη σε έναν αποστολέα ή μια προκαθορισμένη ομάδα χρηστών
- Συμπερίληψη κλήσης : Κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, αυτός ο τύπος κλήσης το καθιστά πιθανό να χτυπήσει έναν ή περισσότερους πρόσθετους χρήστες και να τους περιλάβει στην κλήση.
- Ανοικτό κανάλι συνομιλίας : Μια ομάδα χρηστών μπορεί να συζητήσει η μια με την άλλη σε ένα συγκεκριμένο κανάλι για μια συγκεκριμένη περίοδο. Μέσα στην ομάδα, όλοι οι συμμετέχοντες μπορούν να ακούσουν ο ένας τον άλλον και μπορούν να μιλήσουν οποιαδήποτε στιγμή. Για να συμμετέχει στη συνομιλία, ο χρήστης πρέπει μόνο να εισαγάγει τον αριθμό της "ομάδας συζήτησης". Οι αριθμοί των "ομάδων συζήτησης" ενεργούν σε έναν συγκεκριμένο χρόνο διαβιβάζονται στο κανάλι ελέγχου και είναι γνωστοί σε όλους τους χρήστες στο δίκτυο.

Υπηρεσίες δεδομένων (Data Services):

- Σελιδοποίηση : Μικρά και σύντομα μηνύματα μπορούν να σταλούν από έναν αποστολέα στον κινητό σταθμό.
- Μετάδοση θέσης: Πολύ μικρά και προκαθορισμένα μηνύματα μπορούν να μεταφερθούν από τον αποστολέα στους κινητούς σταθμούς και αντίστροφα, ή και μεταξύ των κινητών σταθμών.
- Σύντομα μηνύματα : Αυτή η υπηρεσία δεδομένων επιτρέπει στους χρήστες για ανταλλάσσουν πολύ μικρά μηνύματα.
- Υπηρεσία πακέτων δεδομένων X.25 : Με το X.25 είναι δυνατή η σύνδεση, από έναν κινητό σταθμό σε ένα PDN δίκτυο, ή μεταξύ δυο τερματικών.
- TCP/IP: Ο κινητός σταθμός αποκτά πρόσβαση στο Internet ή σε servers που υποστηρίζουν το TCP/IP πρωτόκολλο.

Συμπληρωματικές υπηρεσίες :

- CAD - Έλεγχος κλήσης από τον αποστολέα - Ο αποστολέας ελέγχει την αίτηση κλήσης πριν επιτρέψει στην κλήση να προχωρήσει.
- AS - Επιλογή περιοχής- Υπάρχουν καθορισμένοι τομείς λειτουργίας για τους χρήστες. Μπορούν να επαναπροσδιοριστούν σε μια βάση κλήσης προς κλήση.

- PC - Κλήση προτεραιότητας- Η πρόσβαση στα στοιχεία του δικτύου μπορεί να ακολουθήσει πλέον προτεραιότητες.
- PPC - Κλήση έκτακτης ανάγκης - Αυτή η κλήση έχει την υψηλότερη πρόσβαση προτεραιότητας. Εάν το σύστημα είναι απασχολημένο τότε η χαμηλότερης προτεραιότητας επικοινωνία θα "πεταχτεί" για να επιτρέψει στην κλήση υψηλότερης προτεραιότητας να συνεχίσει. Κάτι παρόμοιο με την "κλήση έκτακτης ανάγκης" στα PMRσυστήματα.
- DGNA - Συμμετοχή ομάδας σε τρέχουσα κλήση - Επιτρέπει στον αποστολέα να προγραμματίσει νέους αριθμούς ομάδας στην ράδιο μονάδα του. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη συμμετοχή ομάδας σε μια τρέχουσα κλήση.
- AL - Παρακολούθηση κλήσης - Ο αποστολέας μπορεί να ανοίξει την συσκευή αποστολής σημάτων ενός RU χωρίς την αναγνώριση που παρέχεται από το RU. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις καταστάσεις αεροπειρατείας με στόχο την παρακολούθηση.

- Call forwarding - Δρομολόγηση κλήσης - Οι κλήσεις αυτόματα μπορούν να δρομολογηθούν. Για παράδειγμα ένας αξιωματικός ασφαλείας της αστυνομίας αφήνοντας το αυτοκίνητό του μπορεί να προωθήσει όλες τις κλήσεις από το κινητό στο φορητό ραδιό του.
- Call transfer - Μεταφορά κλήσης – Χαρακτηριστικό γνώρισμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της εγκαθίδρυσης συγκεκριμένων τύπων επικοινωνιών για παράδειγμα τηλεφωνικές κλήσεις από εξουσιοδοτημένα άτομα τα οποία λειτουργούν ως χειριστές και συνδέουν τα δύο μέρη μετά από αίτηση για σύνδεση.
- Talk group merging -Συνομιλία ομάδας έκτακτης ανάγκης – Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από αίτηση για απευθείας επικοινωνία μεταξύ ομάδων που δεν μπορούν να επικοινωνήσουν υπό κανονικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η απευθείας επικοινωνία μεταξύ αστυνομίας και πυροσβεστικής στον τόπο του δυστυχήματος όπου χρειάζεται συντονισμός των κινήσεων.
- Scanning - Επίβλεψη επικοινωνίας ομάδας – Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν την επικοινωνία διάφορων ομάδων για παράδειγμα ο αρχηγός ενός αστυνομικού τμήματος είναι σε θέση να παρακολουθεί την επικοινωνία διάφορων μονάδων.
- LE - Αργοπορημένη κλήση - Μια αργοπορημένη κλήση μπορεί να ακολουθήσει μια κλήση σε εξέλιξη. [18],[19]

4.6 Πλεονεκτήματα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος Tetrapol

4.6.1 Ράδιο-κάλυψη

Το Tetrapol εμφανίζει μια ανωτερότητα 6 dB εάν το συγκρίνουμε με κάθε άλλο ψηφιακό ράδιο-σύστημα (με τις υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές, συμπεριλαμβανομένης της ποικιλομορφίας των κεραιών). Αυτό σημαίνει ότι μπορεί μέχρι και να διπλασιάσει την περιοχή που καλύπτει από έναν σταθμό βάσεως. Με άλλα λόγια σημαίνει ότι είναι δυνατό να διχοτομηθεί ο αριθμός των σταθμών βάσεων που απαιτείται για να καλυφθεί μια ευρεία περιοχή, επομένως κατά αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε σημαντική αποταμίευση στην κύρια επένδυση και τις λειτουργικές δαπάνες (μισθωμένες γραμμές, ενοίκια περιοχών, συντήρηση περιοχών κ.λπ.).

Ευαισθησία	TETRAPOL
Κινητά τερματικά	-119dBm / -111dBm
Σταθμοί βάσεως	-121dBm / -113 dBm

Η τεχνική FDMA είναι μια από παλιά καθιερωμένη λύση για τις μεγάλες καλύψεις.

<< Εντούτοις λόγω των συγκεκριμένων διαμορφώσεων /../και τις συγκεκριμένες υπηρεσίες /../PMR όσον αφορά τα δημόσια δίκτυα ραδιοτηλεφώνων, η δυνατότητα για την επίτευξη της μεγαλύτερης πιθανής μεμονωμένης κάλυψης κυττάρων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της αποδοτικότητας των ράδιο-συστημάτων και τη μείωση του κόστους των δικτύων. Με τις υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές, και ειδικότερα με την ίδια μέγιστη ισχύ συσκευών αποστολής σημάτων και την ίδια μέθοδο διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, ένα σύστημα FDMA (ένα κανάλι ανά μεταφορέα) θα παρέχει μεγαλύτερη κάλυψη από ένα σύστημα TDMA (διάφορα κανάλια ανά μεταφορέα). /..όταν η πυκνότητα της κυκλοφορίας είναι χαμηλή ή ανώμαλη και το σύστημα είναι περιορισμένης κάλυψης. Η τεχνική FDMA είναι πιο εύκαμπτη και αποδοτική από την τεχνική TDMA για τις εφαρμογές PMR.>> **"Methodology for the assessment of PMR systems in terms of spectrum efficiency, operation and implementation", Chapter 5.6, CEPT-ERC Report 52..**

<<Για PMR συστήματα με μικρή κίνηση και όπου η φτηνή υποδομή είναι πρωτίστης σημασίας η FDMA τεχνική είναι πιο αποδοτική λόγω της καλύτερης απόδοσης (μεγαλύτερα κύτταρα) και μικρότερου RF φορέα. >>**"Methodology for the assessment of PMR systems in terms of spectrum efficiency, operation and implementation", Chapter 7.4, CEPT-ERC Report 52**

Τα "τεχνικά συστατικά" Tetrapol (διαμόρφωση, μέθοδος πρόσβασης κ.λπ....) έχουν επιλεγεί προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ράδιο- κάλυψη. Κατά συνέπεια, ένα σύστημα Tetrapol απαιτεί γενικά το μισό αριθμό σταθμών βάσεων από ένα σύστημα

TDMA όπως το TETRA για ισοδύναμη κάλυψη. Ο μικρότερος αριθμός σταθμών βάσεων δρα σημαντικά όχι μόνο στην ουσιαστική αποταμίευση κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των εγκαταστάσεων, αλλά και κατά τη διάρκεια της ζωής του συστήματος καθώς οι λειτουργικές δαπάνες μειώνεται σημαντικά (μισθωμένες γραμμές, ενοίκια περιοχών, συντήρηση, κ.λπ...). Με μια ευαισθησία δεκτών -121 dBm, το Tetrapol επιτυγχάνει πολύ καλύτερη απόδοση από ότι ένα αναλογικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι ένας χρήστης που αντικαθιστά ένα αναλογικό δίκτυο με ένα δίκτυο Tetrapol δεν θα χρειαστεί νέες περιοχές για την ισοδύναμη κάλυψη. Επιπλέον, το Tetrapol παραδίδει σταθερή ηχητική ποιότητα στο εξωτερικό όριο του ράδιο-κυττάρου. Τα μηνύματα παραμένουν σαφή και κατανοητά. Αυτό είναι μια σημαντικότερη βελτίωση όσον αφορά τα αναλογικά δίκτυα όπου η ποιότητα υποβιβάζεται σημαντικά καθώς ο χρήστης φεύγει μακριά από την περιοχή των επαναληπτών. Αυτό μπορεί έντονα να αυξήσει την πίεση των ράδιο-χρηστών όταν τα μηνύματα γίνονται μετά βίας κατανοητά και πρέπει να επαναληφθούν ενώ η αποστολή μπορεί να είναι άκρως επικίνδυνη. Πλέον το Tetrapol μπορεί να αντιμετωπίσει τέτοια προβλήματα.

4.6.2 Είναι συμβατό με την μπάντα συχνοτήτων PMR

Το να πάρεις νέα κανάλια PMR είναι πάντα ένα σύνθετο, και συχνά δύσκολο, θέμα. Η επαναχρησιμοποίηση των ήδη δεσμευμένων καναλιών είναι συχνά ο ευκολότερος και γρηγορότερος τρόπος για τους πελάτες που θέλουν να αντικαταστήσουν το ράδιο-σύστημά τους με ένα νέο.

Προκειμένου να γίνει η ζωή και των χρηστών PMR και των ρυθμιστών ευκολότερων, το Tetrapol έχει υιοθετήσει το πιο συχνά χρησιμοποιημένο εύρος ζώνης καναλιών PMR παγκοσμίως, δηλ. 12.5 KHz (μια προαιρετική δυνατότητα 10 kHz είναι επίσης διαθέσιμη). Η κράτηση των αναλογικών συστημάτων σε λειτουργία για κάποιο χρόνο ενώ εισάγονται τα ψηφιακά συστήματα είναι μια βασική απαίτηση (η βάση για μια "ομαλή μετανάστευση").

Είναι εξαιρετικά σημαντικό επομένως ότι τα παρακείμενα κανάλια μπορούν να υποστηρίξουν τις ψηφιακές και αναλογικές τεχνολογίες ταυτόχρονα χωρίς την δημιουργία παρεμβολών. Τα φασματικά χαρακτηριστικά Tetrapol καθιστούν αυτήν την συνύπαρξη πιθανή, ένα χαρακτηριστικό που δεν μπορεί να επιτευχθεί με το σύστημα Tetra ή άλλα συστήματα που βασίζονται στην TDMA τεχνική.

4.6.3 Το TETRAPOL προσφέρει και υπηρεσίες δεδομένων.

Το Tetrapol επιτρέπει την χρησιμοποίηση του ράδιο φάσματος για την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων. Η αξιοπιστία είναι βασική προϋπόθεση δεδομένου ότι η ράδιο μετάδοση δεδομένων δεν μπορεί να συγκριθεί με τη μετάδοση δεδομένων στις σταθερές ενσύρματες γραμμές. Το ασύρματο περιβάλλον από την φύση του

δημιουργεί μερικές σημαντικές προκλήσεις που αποτρέπουν τις διαφανείς μεταδόσεις στοιχείων. Ευτυχώς το Tetrapol έχει υπερνικήσει επιτυχώς αυτές τις προκλήσεις.

Οι χρήστες πρέπει να δώσουν μεγάλη προσοχή στο θέμα δεδομένου ότι οι απλοϊκές προσεγγίσεις εστιάζουν συνήθως στα διαφανή ποσοστά στοιχείων, τα οποία δεν ισχύουν σίγουρα στο είδος των καταστάσεων που συζητάμε εδώ. Εννοείται ότι μια ερώτηση προς μια βάση δεδομένων πρέπει να είναι δυνατή ενώ ένα αυτοκίνητο αστυνομίας ακολουθεί έναν ύποπτο!

Υπάρχουν πάρα πολλές πιθανές εφαρμογές δεδομένων Tetrapol. Για παράδειγμα θα μπορούσαμε να εξετάσουμε την διαβίβαση γραπτών οδηγιών, εκθέσεων, βιοϊατρικών στοιχείων ή εικόνων του τόπου ενός ατυχήματος. Ακόμα ομάδες χρηστών μπορούν επίσης να συμβουλευθούν απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων, καταγράφοντας, παραδείγματος χάριν, πληροφορίες για τα χημικά προϊόντα και άλλα επικίνδυνα υλικά που καταχωρούνται στις βιομηχανικές περιοχές, ή ακόμα και πληροφορίες που αφορούν καταζητούμενα ή αγνοούμενα άτομα κ.λπ. Το Tetrapol μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τις εφαρμογές αυτόματου εντοπισμού θέσης οχημάτων από κοινού με τα μηνύματα "θέσης" ("καθ'οδόν", "μη διαθέσιμο", "στη σκηνή", κ.λπ.), επιτρέποντας την αποδοτικότερη διαχείριση των δεδομένων. Τέλος χιλιάδες ανώτεροι δημόσιοι υπάλληλοι ασφαλείας ωφελούνται από το "κινητό γραφείο" Tetrapol το οποίο τους βοηθά να λειτουργούν γρηγορότερα και πιο αποτελεσματικά.

4.6.4 Πλεονεκτήματα έναντι άλλων PMR συστημάτων

Από ιστορικής απόψεως τα επαγγελματικά (επίσης αποκαλούμενος "ιδιωτικά") κινητά ράδιο-συστήματα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την μετάδοση φωνής. Για τις μεταδόσεις δεδομένων, πολύ συχνά ένα ξεχωριστό αφιερωμένο σύστημα έπρεπε να χτιστεί. Κατά αυτόν τον τρόπο οι χρήστες PMR περιορίστηκαν στο ράδιο-σύστημά τους - παραδείγματος χάριν έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τα κινητά τηλέφωνα τους ή τηλεφωνικούς θαλάμους για να επικοινωνήσουν με ανθρώπους έξω από το σύστημα PMR.

Με το Tetrapol, οι χρήστες μεταδίδουν φωνή, δεδομένα και εικόνα όλα σε ένα σύστημα: μια αληθινή πλατφόρμα πολυμέσων σε ασύρματο περιβάλλον. Μια πρόσθετη αύξηση στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των PMR συστημάτων είναι ότι το Tetrapol προσφέρει πλέον χαρακτηριστικά σελιδοποίησης και κυτταρικά χαρακτηριστικά.

Επιπλέον ένα σύστημα Tetrapol δεν είναι απομονωμένο από τον υπόλοιπο κόσμο: μπορεί να ενσωματωθεί στο υπάρχον περιβάλλον τηλεπικοινωνιών και πληροφοριών. Ο χρήστης μπορεί τώρα και έχει πρόσβαση σε οργανωμένα συστήματα πληροφοριών σαν να βρίσκεται στο γραφείο του. Μπορεί επίσης να συνδεθεί στα

ιδιωτικά ή δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να φθάσει στους σωστούς ανθρώπους αμέσως - ένας ειδικός σε ένα νοσοκομείο, προσωπικό άλλων δημόσιων φορέων ασφάλειας ή ακόμα και το γραφείο του.

Η σταθερή ποιότητα του ήχου, η μέγιστη ασφάλεια των επικοινωνιών, η βελτίωση της ράδιο-κάλυψης, και μια πολύ καλύτερη χρήση, ενός όλο και πιο κορεσμένου, ράδιο-φάσματος είναι κάποιες σημαντικές βελτιώσεις που προσφέρει το Tetrapol έναντι των προηγούμενων συστημάτων PMR. Όπως μπορεί να φανεί και παραπάνω, το Tetrapol είναι κάτι πολύ περισσότερο από ένα μεταλλαγμένο ράδιο-σύστημα. Το Tetrapol όχι μόνο λύνει τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται με τα αναλογικά δίκτυα PMR αλλά ανοίγει νέους ορίζοντες.

4.6.4.1 TETRAPOL και APCO Project 25

Το Tetrapol και το APCO Project 25 είναι και τα δύο λύσεις FDMA για εφαρμογές που αφορούν τον δημόσιο τομέα ασφάλειας. Εντούτοις η τυποποίηση του APCO Project 25 - φάση 1, καλύπτοντας το Trunked εξοπλισμό, μόλις έχει τελειώσει. Οπότε κατά συνέπεια δεν υπήρξε κανένα APCO 25 ζευκτικοποιημένο σύστημα σε χρήση μέχρι τώρα και μια λεπτομερής επικύρωση τέτοιων συστημάτων θα γίνει στα επόμενα έτη. Αυτό ήδη είναι μια μεγάλη διαφορά με το ζευκτικοποιημένο σύστημα Tetrapol όπου ήδη μεγάλα συστήματα Tetrapol (σε εθνικό επίπεδο) είναι σε υπηρεσία για αρκετά έτη σε όλο τον κόσμο, με ενσωματωμένες εφαρμογές φωνής και δεδομένων, διατερματική end-to-end κρυπτογράφηση, λειτουργία άμεσου τρόπου, και ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων διαθέσιμων στους χρήστες.

4.6.4.2 TETRA και TETRAPOL

Η βασική διαφορά μεταξύ των συστημάτων Tetra και Tetrapol είναι οι τομείς αγοράς που απευθύνονται και στη συνέχεια, οι διαφορετικές τεχνικές λύσεις που χρησιμοποιούν (TDMA και FDMA αντίστοιχα). Το Tetrapol προωθήθηκε για να καλύψει πρωτίστως τον τομέα της δημόσιας ασφάλειας. Αντίθετα το Tetra προορίζεται για τους χειριστές εμπορικών δικτύων (αποκαλούμενων "PAMR" στην Ευρώπη ή "ESMR" στις ΗΠΑ).

Η ανάπτυξη του Tetra συνεχίζει να επηρεάζεται από τις ανταγωνιστικές πιέσεις του GSM σε PAMR. Η Dolphin Telecom, ένας ευρωπαϊκός χειριστής PAMR, αναγνωρίζεται σήμερα ως ο βασικός φορέας στις δραστηριότητες τυποποίησης του Tetra. Το Tetrapol, σε αντίθεση, συνεχίζει να είναι η τεχνολογία της επιλογής για πολλά δημόσια προγράμματα ασφάλειας παγκοσμίως χωρίς την επιρροή των χειριστών εμπορικών δικτύων.

Οι διαφορετικές κατευθύνσεις του Tetrapol στον χώρο της δημόσιας ασφάλειας και του Tetra στον χώρο των εμπορικών δικτύων αποδεικνύουν ότι το Tetra και το Tetrapol είναι μάλλον δυο συμπληρωματικές παρά δυο ανταγωνιστικές λύσεις. Μια

παρόμοια κατάσταση υπάρχει στη Αμερικάνικη αγορά όπου το Arco Project 25 (FDMA) και iDEN (TDMA) είναι οι αντίστοιχες ψηφιακές λύσεις για τη δημόσια ασφάλεια και τα εμπορικά δίκτυα (Nextel). [16]

4.7 Προϊόντα , συστήματα σε λειτουργία και ζώνες συχνοτήτων

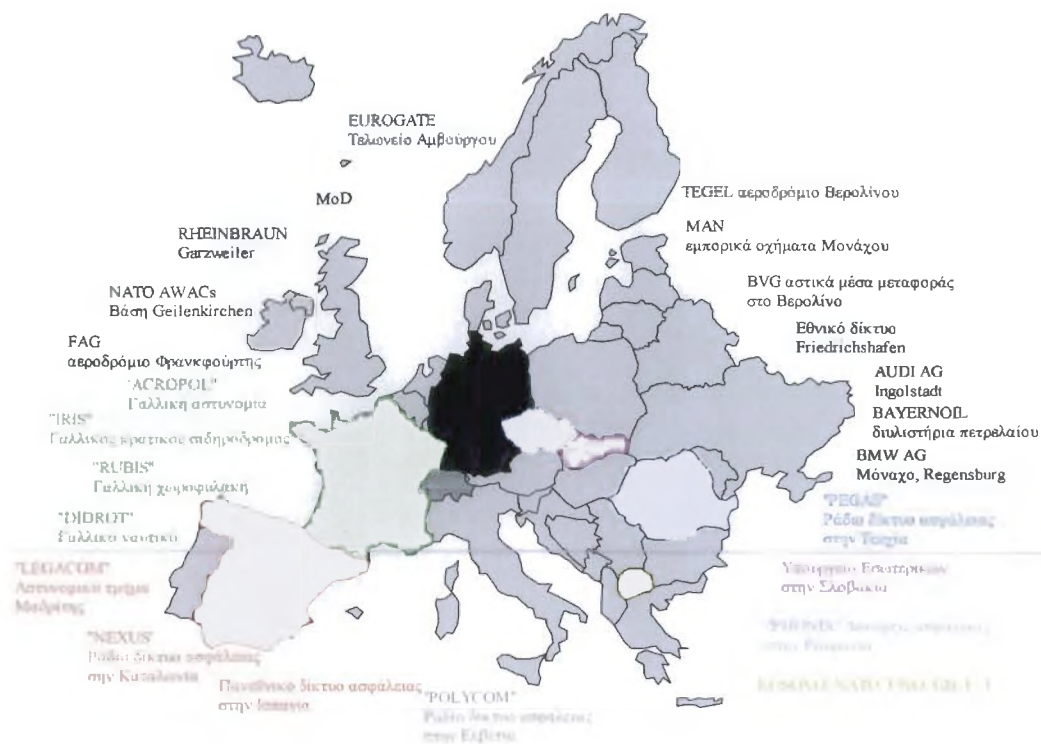
4.7.1 Δίκτυα TETRAPOL σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο

Πειραματικά δίκτυα Tetrapol ξεκινούν από το 1992, ενώ σε εθνικό επίπεδο τα δίκτυα Tetrapol ξεκινούν από το 1994. Επίσης δίκτυα Tetrapol ευρείας ζώνης είναι ήδη σε εφαρμογή: για παράδειγμα, το 1999, ένα δίκτυο Tetrapol για τις γαλλικές δυνάμεις ασφάλειας καλύπτει ήδη το 70% της Γαλλίας.

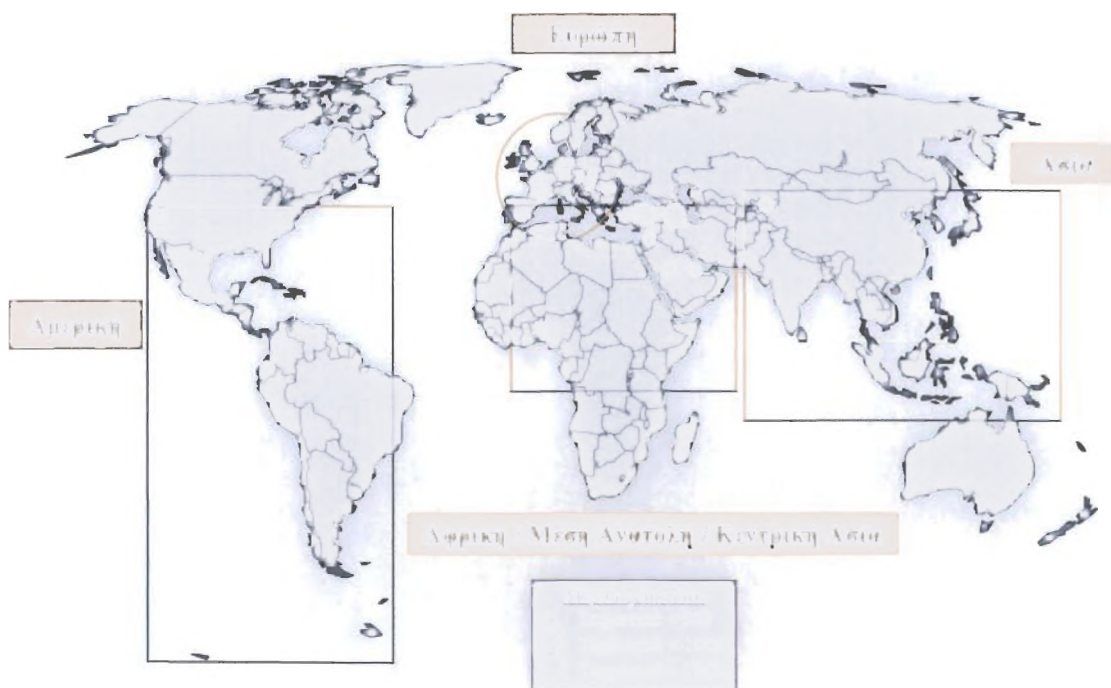
Η τεχνολογία Tetrapol απέδειξε επιτυχώς τις αποδόσεις της κατά τη διάρκεια μεγάλων γεγονότων (επίσκεψη του Πάπα το 1999, Μουντιάλ Γαλλίας το 1998, σύνοδος κορυφής G8 στη Λυών) όπου η ράδιο-κυκλοφορία έφθασε σε ασυνήθιστες αιχμές. Επίσης η τεχνολογία Tetrapol εξετάστηκε επιτυχώς - και χρησιμοποιείται - σε περιβάλλον που θεωρείται ως δύσκολο για τη ράδιο-διάδοση (αστικό περιβάλλον, λοφώδης έκταση, βουνά, σήραγγες...).

Το Tetrapol είναι η μόνη τεχνολογία που έχει επικυρωθεί λεπτομερώς και μάλιστα προστατεύει τους χρήστες από πολλά προβλήματα, έμπειρα πάντα και με νέα προϊόντα και τεχνολογίες. Μια πλήρης σειρά προϊόντων Tetrapol είναι διαθέσιμη και ευρέως αποδεδειγμένη (κινητά, φορητά, επαναλήπτες, διακόπτες, επαναλήπτες αμεσότροπης λειτουργίας, βασικά διαχειριστικά κέντρα, δωμάτια ελέγχου, κ.λπ....). Όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που είναι ουσιαστικά στις δημόσιες δυνάμεις ασφάλειας είναι διαθέσιμα (παραδείγματος χάριν η κρυπτογράφηση διεπαφών αέρα, η διατερματική end-to-end κρυπτογράφηση, η αμεσότροπη λειτουργία, αμεσότροπη λειτουργία επαναλύπτη τρόπου, αμεσότροπης λειτουργία με διπλό ρολόι, κρυπτογραφημένη αμεσότροπη λειτουργία, ασφαλής μετάδοση δεδομένων, πολυεκπομπή (simulcast), ανοικτό κανάλι πολλών θέσεων, κλήση έκτακτης ανάγκης, κ.λπ....). Μια νέα γενιά προϊόντων Tetrapol σήμερα προσφέρεται, και βασίζεται στην εμπειρία από τα αρκετά αν όχι πολλά έτη λειτουργίας. Μόνο το Tetrapol είναι σε θέση να προσφέρει τώρα μια πλήρη και αποδεδειγμένη σειρά προϊόντων.

Περισσότερα από 70.000 τερματικά έχουν σταλεί για να χρησιμοποιηθούν από περισσότερους από 150.000 χρήστες. Τα σε εθνικό επίπεδο δίκτυα Tetrapol είναι σε υπηρεσία και όλα μαζί παρέχουν κάλυψη που προσεγγίζει την τάξη των 500.000 km². Η μεγάλη εγκατεστημένη βάση Tetrapol και η καθημερινή λειτουργία της, σε μεγάλη κλίμακα, είναι πλέον μια πραγματικότητα.



Σχήμα 4.3 TETRAPOL δίκτυα στην Ευρώπη



Σχήμα 4.4 TETRAPOL δίκτυα σε όλο τον κόσμο

4.7.2 Εξέλιξη του συστήματος TETRAPOL

Όπως με κάθε πρότυπο των τηλεπικοινωνιών ή της βιομηχανίας των υπολογιστών, έτσι και για το Tetrapol νέες εκδόσεις θα κυκλοφορήσουν στα επόμενα

έτη. Οι σταθερές εξελίξεις είναι απαραίτητες για να σιγουρευτούμε ότι οι πελάτες Tetrapol παίρνουν πάντα το καλύτερο από τις πιο πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις. Οι IP υποδομές είναι ένα καλό παράδειγμα της σύγχρονης τάσης για όλα τα ασύρματα συστήματα, μια τάση που έχει επιπτώσεις και στο σύστημα Tetrapol, προς όφελος βέβαια των πελατών του. Οι εξελίξεις μπορούν επίσης και είναι απαραίτητες, για να απεικονίσουν τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς ή την τροποποίηση των ρυθμιστικών πλαισίων, παραδείγματος χάριν. Φυσικά η προστασία των προηγούμενων επενδύσεων είναι και θα είναι μια βασική προϋπόθεση που λαμβάνεται υπόψη από το φόρουμ Tetrapol. Η "ομαλή μετανάστευση" είναι προϋπόθεση. Χάρης σε αυτές τις εξελίξεις το Tetrapol θα διατηρήσει την κυρίαρχη θέση του ανάμεσα στα ψηφιακά επαγγελματικά ράδιο-συστήματα και θα συνεχίσει να αποδίδει τα καλύτερα. [16],[20]

4.7.3 Ζώνη συχνότητων

Το Tetrapol είναι σε θέση να λειτουργεί από τη χαμηλή ζώνη VHF μέχρι τα 510MHz, και μπορεί σχετικά εύκολα να χρησιμοποιηθεί από όλο τον κόσμο για διάφορες εφαρμογές και από διαφορετικούς οργανισμούς. Συστήματα Tetrapol για το NATO και τα Ηνωμένα Έθνη λειτουργούν στη ζώνη 380-400 MHz, ενώ το γαλλικό εθνικό δίκτυο χωροφυλακής Tetrapol λειτουργεί περίπου στα 70 MHz.

Η Αγγλία ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για την ανάπτυξη συστημάτων Tetrapol στα 380-512 MHz δεδομένου ότι η Tetrapol τεχνολογία είναι η πιο κατάλληλη μέσα σε αυτό το φάσμα συχνότητας, μειώνοντας σημαντικά το κόστος της υποδομής που απαιτείται. Μεσοπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα, συστήματα Tetrapol θα είναι διαθέσιμα και σε χαμηλότερες συχνότητες παραδείγματος χάριν την υψηλή ζώνη VHF. [20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

iDEN

5.1 Εισαγωγή

Το τηλεπικοινωνιακό σύστημα iDEN συνδυάζει ικανότητες ψηφιακής κυτταρικής διασύνδεσης και αποστολής μέσα από ένα κοινό σύστημα. Το iDEN χρησιμοποιεί μια προηγμένη τεχνολογία διαμόρφωσης η οποία αποτελείται από ένα σενάριο συμπίεσης λόγου το οποίο κωδικοποιεί 3 ή 6 μονοπάτια επικοινωνίας σε ένα 25 KHz RF κανάλι.

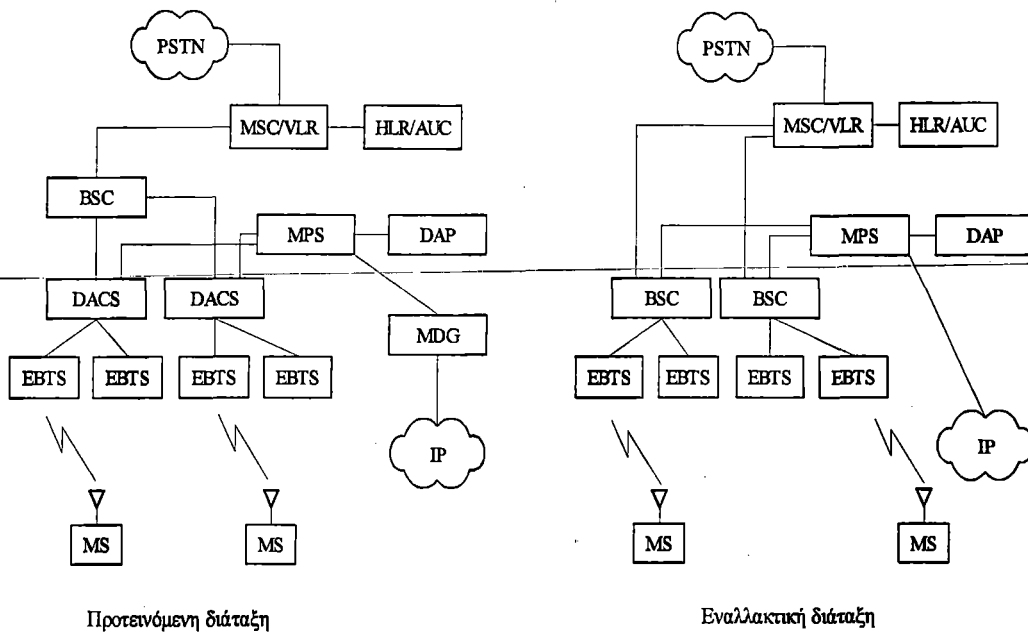
Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στους χρήστες 4 τύπους επικοινωνίας από έναν κινητό σταθμό (MS)

- ✓ Η ψηφιακή αποστολή δίνει την δυνατότητα σε ομάδες χρηστών, οι οποίες καλούνται "fleets ή workgroups" να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσα στη μεγάλη γεωγραφική περιοχή του συστήματος.
- ✓ Διασύνδεση με το δημόσιο δίκτυο τηλεφωνίας (PSTN).
- ✓ Υπηρεσία μικρών μηνυμάτων.
- ✓ Δυνατότητα μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου.

Το RF σύστημα αποτελείται από τα ενδυναμωμένα συστήματα πομποδεκτών βάσης (EBTS) τα οποία παρέχουν την επιθυμητή RF κάλυψη. Ένας σταθμός ελέγχου (BSC) χρησιμοποιείται για την απαραίτητη διεπαφή μεταξύ του EBTS και του MSC κινητού κέντρου διακόπτη αλλά και για την διεπαφή μεταξύ του EBTS και της κονσόλας υποστήριξης των λειτουργιών OMC (Operations & Maintenance Console)

Βάση του τύπου της κλήσης (αποστολής ή διασύνδεσης) το EBTS κατευθύνει τις κλήσεις αποστολής στο DAP (Dispatch Applications Processor), είτε στο MSC για τις κλήσεις διασύνδεσης. Το DAP διαχειρίζεται την αποστολή κλήσεων κινητών, τη δυναμική καταχώρηση των κινητών σταθμών MS και τη διανομή των κλήσεων (μέσω του MPS-Metro Packet Switch. Το MSC, στην ουσία ένας κατά βάση GSM

τηλεφωνικός διακόπτης, παρέχει δυνατότητες διαχείρισης μέσω των βάσεων δεδομένων της οικίας βάσης εγγραφής HLR και της βάσης εγγραφής επισκέψεως VLR. Το MSC παρέχει τον έλεγχο πρόσβασης του χρήστη στο δίκτυο, παρέχει την πιστοποίηση των κινητών σταθμών MS, συμβάλλει στην αναγνώριση των προνομίων διάφορων τύπων υπηρεσιών για το κάθε MS και που καθένα από αυτά, εντοπίζεται στο σύστημα. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται τα κύρια συστατικά του τηλεπικοινωνιακού συστήματος iDEN.



Σχήμα 5.1 Διάταξη τμημάτων του συστήματος iDEN

5.1.1 Ένα νέο πρότυπο το iDEN

Η ανάπτυξη στα προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας έχει επιταχυνθεί τα τελευταία χρόνια καθώς όλο και περισσότεροι είναι οι κινητοί χρήστες. Επίσης οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό έχουν αυξηθεί πέρα από τα παραδοσιακά συστήματα του παρελθόντος. Με σκοπό να αυξηθούν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό οι χρήστες ενδιαφέρονται για υπηρεσίες που προσφέρονται από τον ίδιο παροχέα υπηρεσιών. Για τον παροχέα iDEN τέτοιες υπηρεσίες μπορούν πολύ εύκολα και γρήγορα να αναπτυχθούν και είναι διαθέσιμες στον τελικό χρήστη.

Η Motorola έχει αναγνωρίσει την διαθεσιμότητα του ράδιο φάσματος RF και την ανάγκη για την χρησιμοποίησή του. Κατά αυτό τον τρόπο, η Motorola δημιούργησε την iDEN τεχνολογία η οποία αυξάνει την απόδοση καναλιού 25 KHz RF 6 φορές από ότι σε ένα AMPS κυτταρικό κανάλι RF. Το τηλεπικοινωνιακό σύστημα iDEN εκτός από τη βελτίωση της απόδοσης του καναλιού, όποτε υποστηρίζει roaming, επιτρέπει στους προς σύνδεση χρήστες να εγκαθιστούν και να λαμβάνουν κλήσεις εύκολα σαν ο

κινητός σταθμός MS να ήταν στο δικό του σύστημα. Για τον παροχέα υπηρεσιών, η ανάπτυξη ενός εθνικού iDEN δικτύου είναι σε θέση να προσφέρει περισσότερους τύπους υπηρεσιών, όπως διανομή SMS μηνυμάτων με roaming, που δεν μπορούν να προσφέρουν τα υπάρχοντα αναλογικά κυτταρικά συστήματα. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι, πέρα από τα πρόσθετα ενοποιημένα τεχνικά χαρακτηριστικά, το iDEN προσφέρει στο τελικό χρήστη, χρησιμοποιώντας ψηφιακή τεχνολογία, άριστη ποιότητα φωνής.

Το iDEN παρέχει ενοποιημένες υπηρεσίες οι οποίες περιλαμβάνουν σύντομη υπηρεσία μηνύματος, ιδιωτική, τοπική και ευρεία υπηρεσία αποστολής κλήσεων (Private Two-way & Group Call), υπηρεσία κυτταρικής τηλεφωνίας, υπηρεσία φωνητικού μηνύματος, δεδομένα μεταγωγής κυκλώματος και πακέτα δεδομένων.

5.1.2 Συνοπτικός κατάλογος iDEN χαρακτηριστικών

- ❖ Πλήρως χαρακτηρισμένα συμπαγή φορητά portables ή τροχαίοι κινητοί σταθμοί (MS).
- ❖ Πλήρως αμφίδρομη κυτταρική υπηρεσία.
- ❖ Σύντομη υπηρεσία μηνύματος παρόμοια με το ψηφιακό κύκλωμα σελιδοποίησης.
- ❖ Διακόπτες κυκλώματος και πακέτα δεδομένων για τις ψηφιακές συνδέσεις με υπολογιστικά συστήματα βάσεων.
- ❖ Ικανότητα αποστολής κλήσης για την ιδιωτική, τοπική και ευρεία ομάδα χρηστών .
- ❖ Ψηφιακή τεχνολογία για ένα αξιόπιστο και ασφαλές δίκτυο επικοινωνίας.
- ❖ Εύκαμπτο δίκτυο.
- ❖ Αποδοτική χρήση καναλιών RF.

5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος iDEN

5.2.1 Ράδιοκαναλι και μπάντα συχνοτήτων

Η ταχύτητα του καναλιού που χρησιμοποιεί το σύστημα iDEN φτάνει σχεδόν τα 64kbps. Η τεχνική διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται είναι M16-QAM . Αυτή η τεχνική, η οποία ως γνωστό είναι γραμμική, παρέχει την επιθυμητή διαμόρφωση συνδυάζοντας ταυτόχρονα καλή απόδοση, ευαισθησία καναλιού, ανεκτή παρενόχληση φορέα και χαμηλή παρεμβολή γειτονικού καναλιού.

Οι συχνότητες λειτουργίας του iDEN είναι τα 806-821 / 851-866 MHz με το φορέα να μεταφέρεται κάθε 25 KHz. Η απόσταση αποστολής και λήψης όπως βλέπουμε είναι στα 45 MHz ενώ υπάρχει η δυνατότητα ο φορέας να μεταδίδεται και στα 12.5 KHz. Άλλες συχνότητες λειτουργίας του iDEN εξοπλισμού είναι τα 896-901 / 935-940 MHz με την απόσταση αποστολής και λήψης όπως βλέπουμε να είναι στα 45 MHz και τα 1453-

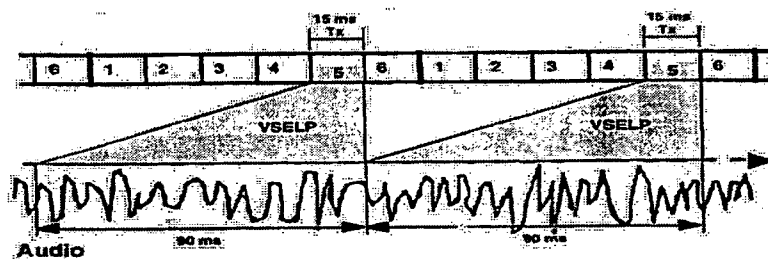
1465 / 1501-1513 MHz με την απόσταση αποστολής και λήψης όπως βλέπουμε να είναι στα 48 MHz.

5.2.2 Διανυσματικό άθροισμα διεγερμένης γραμμικής πρόβλεψης (Vector Sum Excited Linear Predictor)

Το VSELP είναι ο αλγόριθμος συμπίεσης που χρησιμοποιείται για την ψηφιακή κωδικοποίηση / αποκωδικοποίηση ομιλίας στο σύστημα iDEN και ο οποίος ανήκει στην τάξη των γραμμικών, στοχαστικών ή στους διανυσματικούς κώδικες ομιλίας.

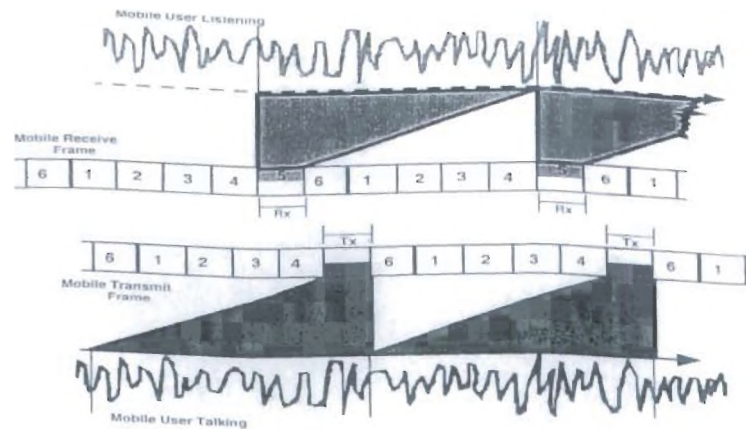
5.2.3 Μέθοδος πρόσβασης στο ράδιο-κανάλι

Στο σύστημα iDEN ο φορέας RF χωρίζεται σε χρονοθυρίδες των 15 ms. Αυτά περιλαμβάνουν λειτουργίες συγχρονισμού και καθυστέρηση μετάδοσης όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα. Βοηθητικά δεδομένα εμπεριέχονται μέσα στη κάθε χρονοθυρίδα για να συμβάλλουν στην ψηφιακή κωδικοποίηση, ενώ ένα μέρος των χρονοθυρίδων σε κάθε σύνολο φορέων RF αφιερώνεται για τον έλεγχο των καναλιών. Τέλος ένα πρωτόκολλο κράτησης επιτηρεί τον έλεγχο πρόσβασης στο κανάλι.



Σχήμα 5.2 Συμπίεση ομιλίας

- Το σύστημα iDEN χρησιμοποιεί την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου (Time Division Multiple Access – TDMA) η οποία προσφέρει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:
 - ✓ Μείωση του κόστους των σταθμών βάσεως (ανά κανάλι φωνής) σε σχέση με τα αναλογικά συστήματα.
 - ✓ Πλήρης αμφίδρομη λειτουργία την οποία υποστηρίζει το Time Division Duplex χωρίς την ανάγκη χρησιμοποίησης RF Duplexers στο κινητό σταθμό. Οι γρήγορες εναλλαγές εκπομπής και λήψης του κινητού δίνουν την εντύπωση πλήρης αμφίδρομης λειτουργίας.
 - ✓ Δεν χρειάζονται επιπλέον απαιτήσεις σε RF hardware υλικό για να υποστηρίξει πολλαπλές υπηρεσίες.

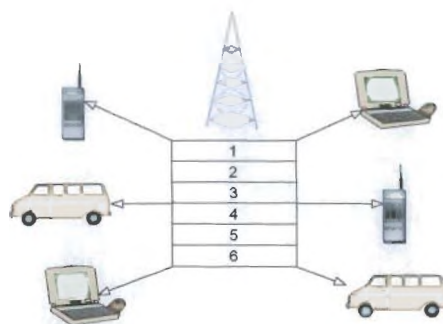


Σχήμα 5.3 Αμφίδρομη λειτουργία υποδιαίρεσης στο πεδίο το πεδίο του χρόνου

5.2.4 Μια πιο προηγμένη τεχνολογία διαμόρφωσης

Η έρευνα στον τομέα των τεχνολογιών διαμόρφωσης στα επίγεια κινητά ραδιο-συστήματα είχε ως αποτέλεσμα μια συγκεκριμένη ψηφιακή τεχνολογία διαμόρφωσης η οποία συνδυάζει TDMA και VSELP κωδικοποίηση ομιλίας και μπορεί να μεταφέρει 6 κανάλια φωνής μέσα από μία συχνότητα 25 KHz RF. Αυτή η τεχνική διαμόρφωσης συμφωνεί πλήρως με τις απαιτήσεις που έχουν καθοριστεί για την μπάντα συχνοτήτων 806-821 / 851-866 MHz και χρησιμοποιείται ευρέως στο σύστημα iDEN.

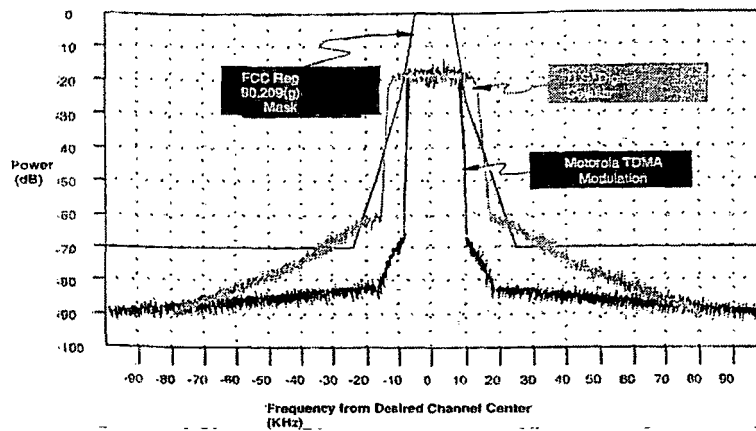
Το iDEN RF σήμα αποτελείται από 4 ανεξάρτητα σήματα και το κάθε ένα από αυτά είναι σήμα 16-QAM. Οι κεντρικές συχνότητες αυτών των σημάτων απέχουν 4.5 MHz μεταξύ τους και τοποθετούνται συμμετρικά γύρω από τη συχνότητα του φορέα RF. Όταν κάθε ένας από αυτούς τους υπομεταφορείς αποδιαμορφωθεί (σύγχρονα) τότε παράγεται ένα σύμβολο των 4 bit.



Σχήμα 5.4 Τα 6 κανάλια επικοινωνίας πάνω σε ένα 25 KHz RF κανάλι

Τεστ λειτουργίας έχουν γίνει στις συχνότητες των 800, 900, 1500 MHz για το ψηφιακό TDMA και σε πραγματικό χρόνο. Η επόμενη εικόνα δείχνει το μετρημένο φάσμα συχνοτήτων διαμόρφωσης το οποίο συμφωνεί με τις προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί από την FCC καθώς η κύρια ισχύς σε κάθε γειτονικό κανάλι είναι

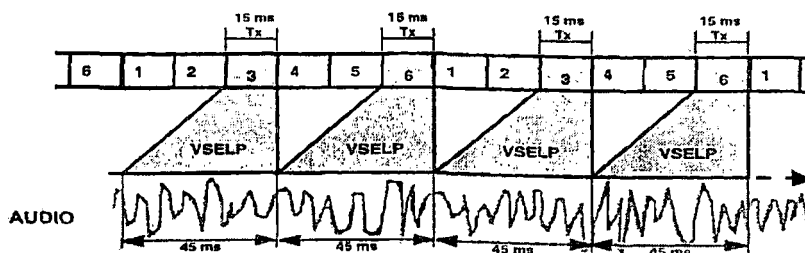
μεγαλύτερη κατά 60 dB κάτω από την κύρια ισχύ στο επιθυμητό κανάλι. Για να αποφύγουμε φαινόμενα κυτταρικής παρεμβολής έχει γίνει και φιλτράρισμα.



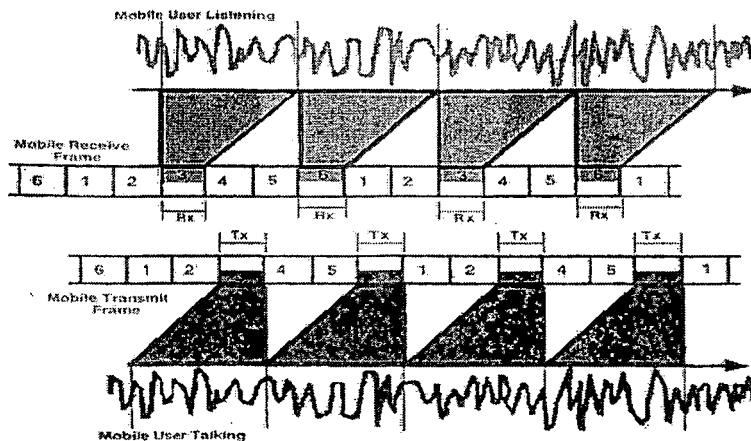
Σχήμα 5.5 Διαμόρφωση iDEN

5.2.5 Τεχνική εμπλοτύσισης iDEN

Το σύστημα iDEN είναι σε θέση να εμπλουτίσει αισθητά την ποιότητα του ήχου μέσω της παρακάτω τεχνικής. Σύμφωνα με αυτήν την τεχνική τα bits που αποστέλλονται χρησιμοποιούν 2 time slots από τις 6 στο 25 KHz RF κανάλι όπως φαίνεται καθαρά στο παρακάτω σχήμα. Αυτή η απελευθέρωση των time slots επιτρέπει την χρήση ενός νέου μετατροπέα φωνής σε σήμα VSELP 8.0 kbps, ο οποίος στην ουσία διπλασιάζει την δειγματοληψία φωνής σε σχέση με τον ήδη υπάρχον 4.2 kbps μετατροπέα VSELP και βελτιώνει σημαντικά τις τηλεφωνικές συνδέσεις. Επιπροσθέτως αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο προστασίας λαθών το οποίο διορθώνει τα λανθασμένα bits κατά την ψηφιακή μετάδοση φωνής βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα του ήχου ακόμα και σε περιοχές με χαμηλό σήμα και παρεμβολές.



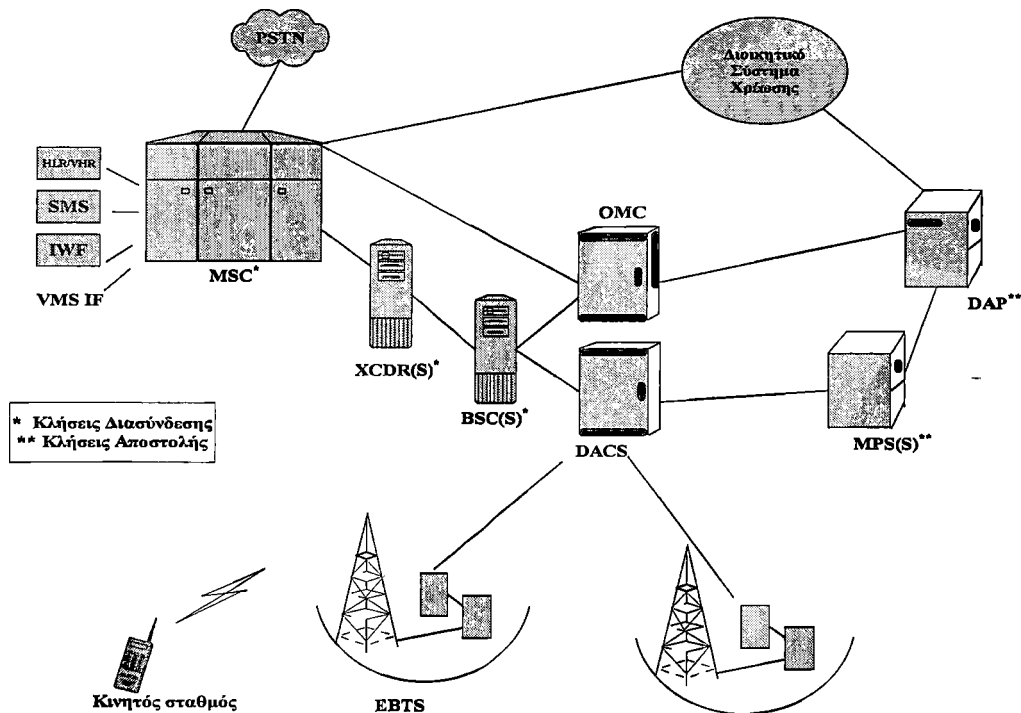
Σχήμα 5.6 Συμπύεση ομιλίας 3:1



Σχήμα 5.7 Αμφίδρομη λειτουργία υποδιαίρεσης στο πεδίο του χρόνου 3:1

5.3 Βασικά τμήματα του συστήματος iDEN

Σε αυτό το σημείο της ανάλυσης μας θα αναφέρουμε τα βασικά τμήματα που απαρτίζουν το σύστημα iDEN και θα περιγράψουμε συνοπτικά τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και το πώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.



* Κλήσεις Διεύθυνσης
 ** Κλήσεις Αποστολής

Σχήμα 5.8 Συστατικά στοιχεία του τηλεπικοινωνιακού συστήματος iDEN

5.3.1 Περιγραφή του συστήματος

5.3.1.1 Ενδυναμωμένα συστήματα πομποδοκτών βάσης (EBTS)

Το iDEN RF και ο σε συνεργασία εξοπλισμός ελέγχου συγκεντρώνονται στις αντίστοιχες τοποθεσίες. Το EBTS αποτελείται από μια πύλη πρόσβασης ελέγχου (ACG), η οποία είναι μια ενοποιημένη βάση ελέγχου (iSC) ή μια παλαιότερη έκδοση VME πλατφόρμας, μια ή περισσότερες ραδιοβάσεις (BR), ένα διανεμημένο RF σύστημα (RFDS), μια BR συχνότητα αναφοράς, μια βάση συγχρονισμού δέκτη και κεραίας GPS, μια LAN διεπαφή, μια Base Monitor Radio (BMR) παρακολούθησης και κεραίες BR.

Το EBTS παρέχει το ράδιο-κανάλι επικοινωνίας μεταξύ του επίγειου συστήματος και των MS κινητών σταθμών. Οι ραδιοβάσεις BR εκτελούν τις επικοινωνίες με τις κινητές μονάδες, στέλνοντας πληροφορίες ελέγχου μαζί με το συμπιεσμένο σήμα ομιλίας, μέσα από ένα πεπλεγμένο ράδιο-κανάλι.

5.3.1.2 Βάση ελέγχου –εμπλουτισμένος επεξεργαστής κλήσης (BSC-ECP)

Το BSC παρέχει λειτουργίες ελέγχου και συλλογής για ένα ή περισσότερα EBTS και τα συνεργαζόμενα με αυτά MS. Οι κυριότερες λειτουργίες του BSC-ECP περιλαμβάνουν:

- ✓ Συλλογή των συνδέσεων από πολλά EBTS
- ✓ Παράδοση δεδομένων, προετοιμασία και εκτέλεση κάτω από έλεγχο
- ✓ Λειτουργία, διατήρηση και διαχείριση για το OMC X.25 δίκτυο
- ✓ Διαδικασία ελέγχου κλήσης για την διασύνδεση ήχου από το EBTS στο εμπλουτισμένο XCDRs και το MSC

5.3.1.3 Βάση ελέγχου –εμπλούτισης κωδικοποίησης ομιλίας (BSC-EXCDR)

Ο κωδικοποιητής E-XCDR παρέχει λειτουργίες κωδικοποίησης μεταξύ του MS VSELP και του 64 kbps PCM στο MSC στο PSTN. Ο κωδικοποιητής μετατρέπει το 64 kbps PCM που χρησιμοποιεί το επίγειο σύστημα στην επιθυμητή συμπιεσμένη μορφή που χρησιμοποιείται στη διεπαφή αέρα.

5.3.1.4 Υπόγειος διακόπτης πακέτου (MPS)

Ο υπόγειος διακόπτης πακέτου MPS αποτελείται από ένα διακόπτη και αναπαραγωγείς πακέτου. Το MPS μεταφέρει τα πακέτα φωνής μεταξύ των διαφόρων EBTS κατά την διάρκεια αποστολής κλήσης και μεταξύ του EBTS και του MDG κατά

την διάρκεια κλήσης δεδομένων πακέτου. Το MPS επίσης δρομολογεί τις πληροφορίες ελέγχου μεταξύ του DAP, του MDG και του EBTS.

5.3.1.5 Επεξεργαστής αίτησης αποστολής (DAP)

Ο DAP είναι η μονάδα επεξεργασίας που είναι υπεύθυνη για το συντονισμό και τον έλεγχο των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών αποστολής. Ο επεξεργαστής αίτησης αποστολής έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει την απόκριση σε πραγματικό χρόνο που απαιτούν υπηρεσίες, όπως οι ατομικές και ομαδικές κλήσεις, οι κλήσεις συναγερμού και έκτακτης ανάγκης. Επίσης Ο DAP ανιχνεύει και διατηρεί πληροφορίες του συνδρομητή που αφορούν τις υπηρεσίες αποστολής. Τέλος, με κύριο στόχο την αύξηση της χωρητικότητας των συνδρομητών, το DAP μπορεί να επεκταθεί σε ένα σύνολο των 6-DAP (N-DAP Cluster).

5.3.1.6 MSC βάση οικείας εγγραφής (HLR)

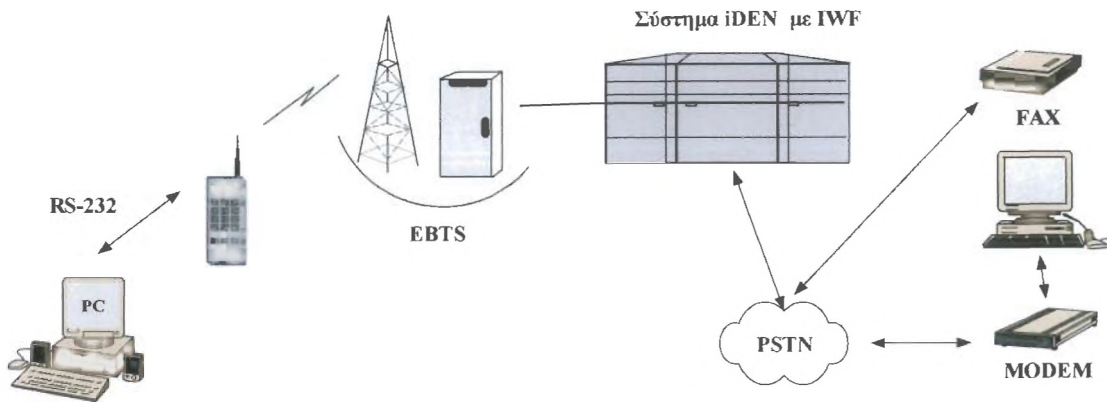
Για την ανάγκη των τηλεφωνικών συνδέσεων οι κινητοί σταθμοί ανιχνεύονται και πιστοποιούνται από την οικεία βάση εγγραφής HLR και την οικεία βάση επισκέψεως VLR. Οι "αριθμοί ταυτότητας" του συνδρομητή και οι διάφορες συμπληρωματικές υπηρεσίες που ενεργοποιούνται σε κάθε κινητό σταθμό αποθηκεύονται στην οικεία βάση εγγραφής HLR. Η οικεία βάση εγγραφής HLR συμβουλευεται συνεχώς την οικεία βάση επισκέψεως VLR και καθ' όλη την διάρκεια της σύνδεσης στο δίκτυο για να μπορεί να παρέχει στον συνδρομητή τις συμπληρωματικές υπηρεσίες όπου και αν βρίσκεται στο δίκτυο.

5.3.1.7 MSC βάση εγγραφής επισκέψεως (VLR)

Οι κινητές μονάδες ανιχνεύονται μέσω των γεωγραφικών περιοχών LAs. Αυτές οι περιοχές έχουν καθοριστεί από το σύστημα να συμπίπτουν με την κάλυψη των EBTS ενώ τα δεδομένα θέσης αποθηκεύονται στην οικεία βάση επισκέψεως VLR. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες για την τρέχουσα θέση του συνδρομητή. Η οικεία βάση επισκέψεως VLR συνεργάζεται με το MSC ενώ κατεβάζει από την οικεία βάση εγγραφής HLR πληροφορίες που αφορούν του συνδρομητή όταν αυτός εισέρχεται στην οικεία βάση επισκέψεως VLR.

5.3.1.8 Λειτουργία διασύνδεσης (Interworking function - IWF)

Η IWF εκτελεί την προσαρμογή των δεδομένων μεταξύ του συστήματος iDEN και του PSTN. Η IWF παρέχει πρόσβαση στους κινητούς σταθμούς έτσι ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία με τον εξοπλισμό τερματικών PSTN. Επιπλέον η IWF τερματίζει την PCM ψηφιακή μορφή δεδομένων του PSTN δικτύου και την μετατρέπει στην αντίστοιχη ψηφιακή μορφή που υποστηρίζει το iDEN σύστημα.



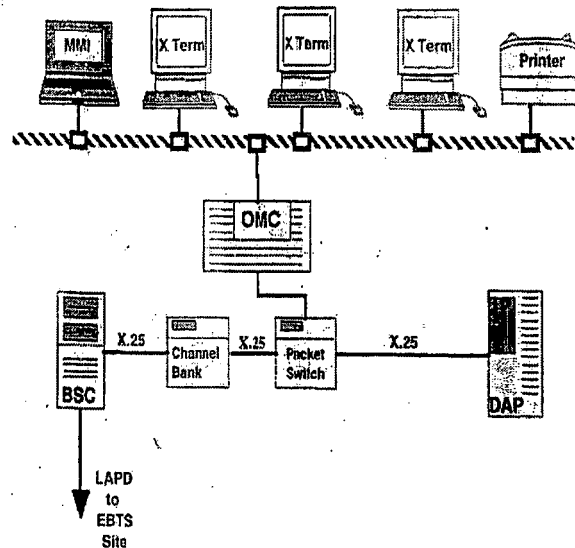
Σχήμα 5.9 Λειτουργία διασύνδεσης χωρίς διαφανείς υπηρεσίες διαμόρφωσης

5.3.1.9 Κινητό κέντρο διακόπτη (MSC)

Το κινητό κέντρο διακόπτη MSC της Motorola, είναι ένας GSM στην ουσία κινητός τηλεφωνικός διακόπτης, ο οποίος παρέχει την απαραίτητη διεπαφή μεταξύ του PSTN και του κινητού δικτύου. Κάθε MSC παρέχει τις υπηρεσίες του σε κινητά που βρίσκονται εντός συγκεκριμένης γεωγραφικής κάλυψης, ενώ πολλά MSC μπορεί να εμπεριέχονται στο σύστημα iDEN. Το MSC ελέγχει την εγκατάσταση της κλήσης και δρομολογεί τις διαδικασίες παρόμοια με τις λειτουργίες που εκτελεί ένα τελικό κινητό γραφείο σε ένα επίγειο δίκτυο. Επίσης κρατά δεδομένα για την χρέωση και τις κλήσεις που έγιναν, ενώ μαζεύει και στατιστικά στοιχεία για την κίνηση φορτίου.

5.3.1.10 Ράδιο κέντρο διατήρησης λειτουργιών (OMC-R)

Το OMC-R υποσύστημα διαχείρισης είναι υπεύθυνο για την συλλογή, διατήρηση και παρουσίαση όλων των πληροφοριών που αφορούν το δίκτυο. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται καθημερινά από το δίκτυο των στοιχείων του ράδιο-συστήματος και από τους χειριστές δικτύων αφού παρέχουν πληροφορίες χρήσιμες για μελλοντικές αποφάσεις. Το OMC ελέγχει και επιτηρεί τις διάφορες οντότητες του δικτύου DAP, BSC, EBTS, MDG, APDs αλλά και νέες συσκευές που προστίθενται στο σύστημα. Επιπλέον το OMC υποστηρίζει και τηλεχειρισμό για τις οντότητες αυτές. Το OMC συνδέεται με άλλες οντότητες δικτύου μέσω μιας σύνδεσης X.25, frame relay ή δικτύου IP.



Σχήμα 5.10 Συστατικά στοιχεία του κέντρου διατήρησης των λειτουργιών OMC

5.3.1.11 Υπηρεσία μικρού μηνύματος (SMS-SC)

Η υπηρεσία μικρού μηνύματος παρέχει την διανομή μηνυμάτων ως 140 χαρακτήρων σε ένα κινητό σταθμό από διάφορες πηγές. Αυτές οι πηγές περιλαμβάνουν αλφαριθμητικά μηνυμάτων, μηνύματα από το World Wide Web, αριθμητικά μηνύματα χρησιμοποιώντας DTMF με το τηλέφωνο καθώς και φωνητικά μηνύματα. Το κέντρο υπηρεσίας SMS-SC είναι υπεύθυνο για την πετυχημένη μετάδοση των μικρών μηνυμάτων στο κινητό σταθμό. Εάν ο κινητός σταθμός δεν είναι σε θέση να λάβει το μήνυμα, τότε το SMS-SC το αποθηκεύει και το αποστέλλει στο μέλλον όταν αυτός είναι διαθέσιμος. Το SMS-SC, όμως χρειάζεται το MSC για να αποκτήσει την απαραίτητη διεπαφή με το δίκτυο iDEN.

5.3.1.12 Κτίριο συγχρονισμού ενοποιημένων υπηρεσιών

Οι απαιτήσεις στις μέρες μας για συγχρονισμό των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων οδήγησαν στην ανάπτυξη ψηφιακών συστημάτων PCM. Στην Βόρειο Αμερική το σύστημα αυτό, αναφέρεται ως T1, λειτουργεί στα 1.544 Mbps ενώ στον υπόλοιπο κόσμο, αναφέρεται ως E1 και λειτουργεί στα 2.048 Mbps. Με στόχο να κρατήσουμε από νωρίς τα συστήματά μας συγχρονισμένα χρησιμοποιούμε την τεχνική της ισόχρονης ιεραρχικά διανεμημένης πηγής. Ωστόσο η αποτυχία αυτής της μεθόδου είναι ότι κάθε στοιχείο του συστήματος που προσπαθεί να επαναμεταδώσει προκαλεί τον αποσυγχρονισμό μεταξύ των στοιχείων. Η προτεινόμενη λύση είναι ο πλαισιόχρονος συγχρονισμός όπου τα συστήματα αποκτούν το συγχρονισμό τους μέσω του GPS που συντηρεί η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών.

5.3.1.13 Κινητοί σταθμοί (MS)

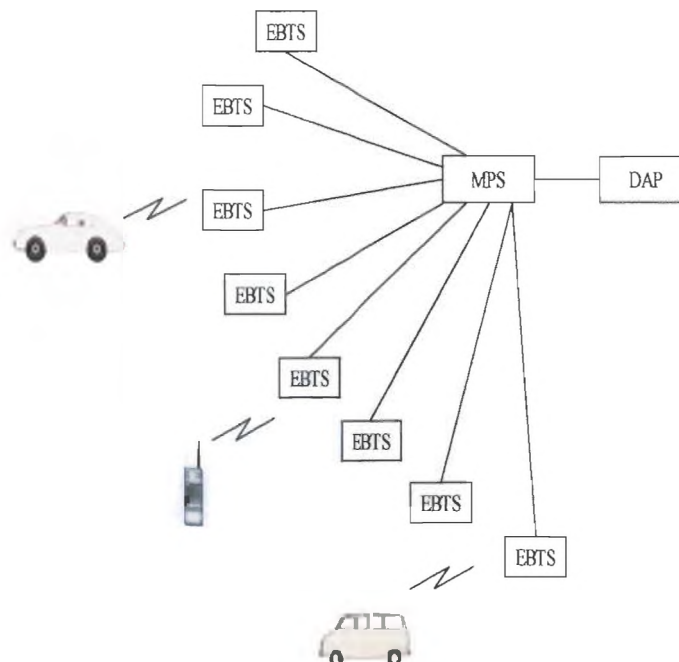
Ο κινητός σταθμός iDEN υποστηρίζει πολλές υπηρεσίες όπως ενοποιημένη αποστολή, περιαγωγή, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο μηνυμάτων και επικοινωνίες δεδομένων. Οι κινητοί σταθμοί iDEN αναφέρονται και ως μονάδες συνδρομητών και είναι διαθέσιμες σε ποικίλους συνδιασμούς:

- I. Συσκευή οχήματος: 3 watt πομποδέκτης με εξωτερική κεραία και ξεχωριστή τηλεφωνική συσκευή.
- II. Συσκευή γραφείου: 3 watt πομποδέκτης με εξωτερική κεραία, desktop λαβή, τηλεφωνική συσκευή και 110 volt AC πηγή, γνωστή και ως σταθμός ελέγχου.
- III. Φορητή συσκευή: Πάρα πολλά μοντέλα 0.6 watt είναι διαθέσιμα στο εμπόριο ανάλογα με τις απαιτήσεις του καταναλωτή.

5.3.2 Περιγραφή λειτουργιών και προσφερόμενες υπηρεσίες

5.3.2.1 Λειτουργίες αποστολής κλήσης (Dispatch Call Operations)

Η παρακάτω εικόνα αντιπροσωπεύει σε απλουστευμένο επίπεδο τα στοιχεία του συστήματος iDEN τα οποία απαρτίζουν την υπηρεσία αποστολής κλήσεων. Για παράδειγμα ο συνδρομητής στο αυτοκίνητο Α συνομιλεί με τον συνδρομητή στο αυτοκίνητο Β με ραδιο σήματα τα οποία αποστέλλονται στο κατάλληλο EBTS και τα οποία δρομολογούνται στο επόμενο EBTS μέσω της MPS/DAP σύνδεσης.

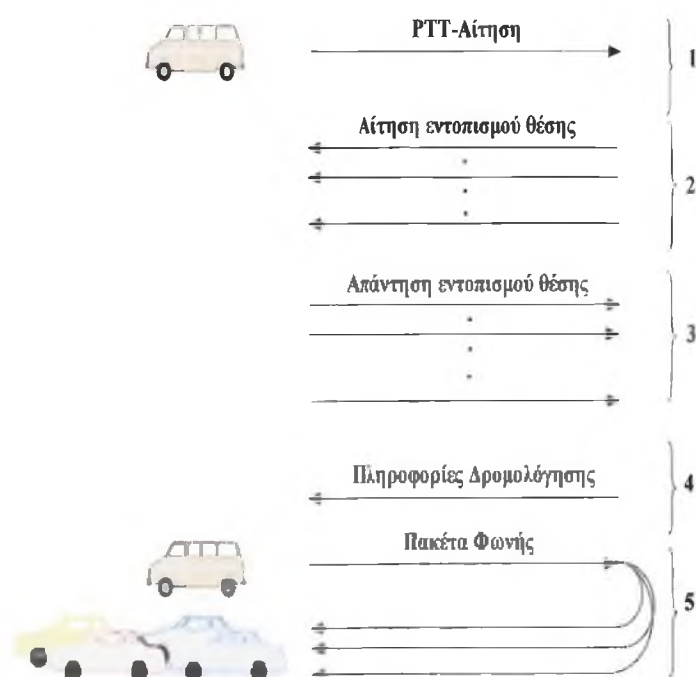


Σχήμα 5.11 Απλοποιημένο διάγραμμα αποστολής κλήσεως

Στη συνέχεια περιγράψουμε συνοπτικά τα βήματα που ακολουθεί μια τυπική αποστολή κλήσης :

- I. Μια αίτηση αποστολής κλήσης πραγματοποιείται με ενεργοποίηση του PTT. Το πακέτο αίτησης κλήσης δρομολογείται προς το DAP, το οποίο αναγνωρίζει την μονάδα των κινητών σταθμών και ανιχνεύει την τρέχουσα θέση των μελών της ομάδας.
- II. Το DAP στέλνει αιτήσεις θέσης σε κάθε μέλος της ομάδας και επιτηρεί την τρέχουσα τομέα / κανάλι θέση.
- III. Οι μονάδες των κινητών σταθμών που ανήκουν στην ομάδα απαντούν με την τρέχουσα τομέα / κανάλι θέση.
- IV. Το DAP δίνει τις απαραίτητες εντολές στο EBTS και τον Packet Duplicator δρομολογώντας πακέτα πληροφοριών για όλα τα μέλη της ομάδας.
- V. Τα πακέτα φωνής λαμβάνονται από τον Packet Duplicator ανατυπώνονται και διανέμονται στους κινητούς σταθμούς βάσης.

Το παρακάτω διάγραμμα αναφέρεται σε αυτά τα 5 βήματα



Σχήμα 5.12 Τα 5 βήματα που ακολουθεί μια τυπική αποστολή κλήσης

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρουμε συνοπτικά τις υπηρεσίες αποστολής κλήσεων που υποστηρίζει το σύστημα iDEN.

Ιδιωτική κλήση	Ανεξάρτητη αποστολή κλήσης μεταξύ 2 χρηστών
Κλήση ομάδας ✓ Τοπική	Αποστολή κλήσης μεταξύ ενός ή περισσότερων θέσεων.

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ευρείας περιοχής ✓ Περιοχής επιλογής 	
Κλήση συναγερμού	Μήνυμα συναγερμού μεταφέρεται από τον ένα χρήστη στον άλλο.
Κλήση έκτακτης ανάγκης	Υψηλής προτεραιότητας κλήση μεταξύ ενός ή πολλών θέσεων
MS status	Μήνυμα συναγερμού με πρόσθετο πεδίο μεταφέρεται από τον ένα χρήστη στον άλλο.

Πίνακας 5.1 Υπηρεσίες αποστολής κλήσης που υποστηρίζει το σύστημα iDEN.

5.3.2.2 Λειτουργίες τηλεφωνικής διασύνδεσης

Το iDEN σύστημα παρέχει την δυνατότητα διασύνδεσης κλήσεων με το PSTN σύστημα. Ο κινητός σταθμός MS μπορεί να ταξιδεύει ελεύθερα μέσα στην περιοχή του δικτύου να ξεκινά και να δέχεται κλήσεις. Το σύστημα ανιχνεύει την θέση του κινητού σταθμού MS και δρομολογεί τις κλήσεις σε αυτό.

5.3.2.2.1 Τηλεφωνική κλήση απ' MS προς PSTN

Το κινητό κέντρο διακόπτη MSC πιστοποιεί την αίτηση κλήσης από τον κινητό σταθμό MS και στην συνέχεια, όταν η πιστοποίηση έχει ολοκληρωθεί, το BSC συνδέει αμέσως το RF κανάλι με το επίγειο κύκλωμα. Το MSC τότε συνδέει το επίγειο κύκλωμα BSC με το κανάλι PSTN το οποίο "προκαλεί το MSC να μεταδώσει τα ψηφία". Όταν καταφτάνει η πιστοποίηση από το PSTN CO, όπως η απάντηση μέλους κλήσης ή ένας τόνος επίβλεψης (κατελλημένο), ένα μήνυμα ότι η σύνδεση πραγματοποιήθηκε στέλνεται από το MSC στο κινητό σταθμό MS που τον καθιστά ικανό να μεταδίδει και να λαμβάνει τα πλαίσια φωνής.

5.3.2.2.2 Τηλεφωνική κλήση απ' PSTN προς MS

Όταν μια κλήση από το PSTN δίκτυο λαμβάνεται από τον MSC τότε αυτός αποκαθιστά την ταυτότητα του κινητού σταθμού από την οικεία βάση εγγραφής HLR και την πιο πρόσφατη θέση του από την οικεία βάση επισκέψεως VLR. Η πιο πρόσφατη θέση του MS χρησιμοποιείται από το MSC για να δρομολογήσει την "σελίδα" στην πιο πιθανή περιοχή διασύνδεσης (Interconnect Location Area). Όταν ο κινητός σταθμός MS απαντά στη σελίδα, το MSC δεσμεύει ένα κανάλι BSC-MSC και ζητά ένα κανάλι RF. Η διαδικασία της κλήσης συνεχίζεται όπως και πριν αλλά αντίστροφα, ενώ η μόνη διαφορά είναι ότι το MS ενεργοποιεί νοητά και ηχητικά κουδούνια συναγερμού για να δείξει στον χρήστη την ύπαρξη της εισερχόμενης κλήσης. Ένα μήνυμα ότι πραγματοποιήθηκε η σύνδεση στέλνεται στο MSC και μια σύνδεση φωνής εγκαθίσταται μεταξύ του καλούντα και των καλούμενων μερών. Εάν το καλούμενο MS είναι απασχολημένο ένας τόνος επιστρέφεται από το MSC στο MS που

το καλεί. Εξαιρέση είναι η περίπτωση κατά την οποία η εισερχόμενη κλήση δέχεται εναλλακτικούς χειρισμούς όπως το voice mail.

5.3.2.2.3 Από μονάδα MS σε μονάδα MS

Η κλήση από κινητό σε κινητό εγκαθίστανται παρόμοια με τις κλήσεις κινητών προς σταθερό. Οι μονάδες δρομολόγησης της κλήσης και οι πίνακες μετάφρασης του MSC αναγνωρίζουν ότι η κλήση μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα στο σύστημα iDEN και μια σύνδεση BSC και BSC μέσω του MSC εγκαθίσταται. Κατά αυτόν τον τρόπο μειώνεται η καθυστέρηση ήχου μεταξύ των κινητών σταθμών MS, ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε απευθείας συνδεδεμένα συστήματα iDEN.

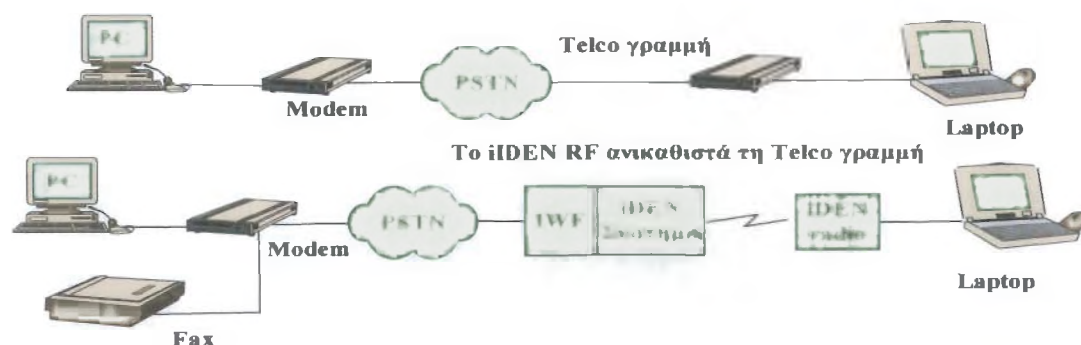
5.3.2.3 Δεδομένα κυκλώματος και πακέτου (Data-Circuit and Packet)

Το σύστημα iDEN προσφέρει την προαιρετική υπηρεσία κυκλώματος και πακέτου.

5.3.2.3.1 Εφαρμογή κυκλώματος (Circuit Data Application)

Εκτός της λειτουργίας σαν ψηφιακό κυτταρικό τηλέφωνο, ράδιο διπλής κατεύθυνσης και σελίδες αλφαριθμητικών, η τηλεφωνική συσκευή iDEN παρέχει υπηρεσίες Fax και Modem. Ο χρήστης iDEN είναι σε θέση να αποστέλνει και να λαμβάνει Fax, να επικοινωνεί με άλλους χρήστες μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, να ανακτά πληροφορίες από βάσεις δεδομένων και να συνδέεται με on-line υπηρεσίες.

Το παρακάτω σχήμα αναφέρεται στην παρακάτω εφαρμογή κατά την οποία το κύκλωμα iDEN έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με Macintosh και Windows υπολογιστές laptop.



Σχήμα 5.13 Εφαρμογή κυκλώματος iDEN

Όσον αφορά τις απαιτήσεις σε εξοπλισμό για αυτήν την διαδικασία, η μονάδα του χρήστη MS πρέπει να είναι εφοδιασμένη κατάλληλα με την απαραίτητη διάταξη προσαρμογής και έναν προσωπικό υπολογιστή. Η λειτουργία κυκλώματος υποστηρίζει την αποστολή ασύγχρονων δεδομένων και υπηρεσίες επικοινωνιών, με ταχύτητα 4.8 Kbps και 6 χρήστες ανά RF φορέα και με ταχύτητα 9.6 Kbps με 3 χρήστες ανά RF φορέα, ενώ όπως βλέπουμε και στο σχήμα η Λειτουργία Διασύνδεσης IWF παρέχει την

απαραίτητη σύνδεση, και προσαρμογή ταχύτητας, την διεπαφή γενικά μεταξύ του ψηφιακού iDEN MS και της τελικής συσκευής, στην ουσία το modem.

5.3.2.3.2 Δεδομένα πακέτου (Packet Data)

Το σύστημα iDEN υποστηρίζει πακέτα δεδομένων χρησιμοποιώντας το IP πρωτόκολλο το οποίο παρέχει την πρότυπη διεπαφή σε μια ευρεία κλίμακα εφαρμογών τελικών χρηστών.

Η διεπαφή αέρος iDEN Air Interface σχεδιάζεται έτσι ώστε να ανταγωνίζεται τον ήδη υπάρχον EBTS εξοπλισμό επιτρέποντας την υλοποίηση ενός πιο οικονομικού φορέα και ταυτόχρονα βελτιώνοντας την απόδοση του τελικού χρήστη. Το σύστημα iDEN πακέτων δεδομένων μέσω των παρακάτω 4 τεχνικών, προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων ασύρματων τεχνολογιών. Και αυτό γιατί αυξάνει την απόδοση του καναλιού, η οποία σχετίζεται άμεσα με την απόδοση του συστήματος, άρα περισσότερες εφαρμογές ασύρματα εμπλέκονται χωρίς τροποποίηση και ικανοποιούνται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις των χρηστών.

- ✓ Δυναμική απελευθέρωση καναλιού
- ✓ Διαμόρφωση 64QAM
- ✓ Δυνατότητα επιλογής διαμόρφωσης QSPK, 16QAM, 64QAM
- ✓ Πρόσβαση στο κανάλι με πρωτόκολλο ουράς αναμονής συνεχόμενης κράτησης ALOHA

Το σύστημα iDEN πακέτων δεδομένων υπερέρχει από τα υπάρχοντα ασύρματα συστήματα, άλλωστε για αυτό το λόγο σχεδιάστηκε. Όχι μόνο υποστηρίζει τις συνήθεις εφαρμογές packet data αλλά το σπουδαιότερο, εισάγει νέες.

Το σύστημα iDEN πακέτων δεδομένων παρέχει την αξιόπιστη διανομή πληροφοριών μεταξύ κινητών ομάδων εργασίας και συνεργαζόμενων δικτύων καθώς και μεταξύ μελών ομάδων. Οι ομάδες εργασίας μπορούν να διατηρήσουν την πρόσβαση σε όλες τις πηγές πληροφορίας όπου υπάρχει κάλυψη του συστήματος iDEN. Ο χρήστης μέσα από το σύστημα iDEN πακέτων δεδομένων είναι σε θέση να:

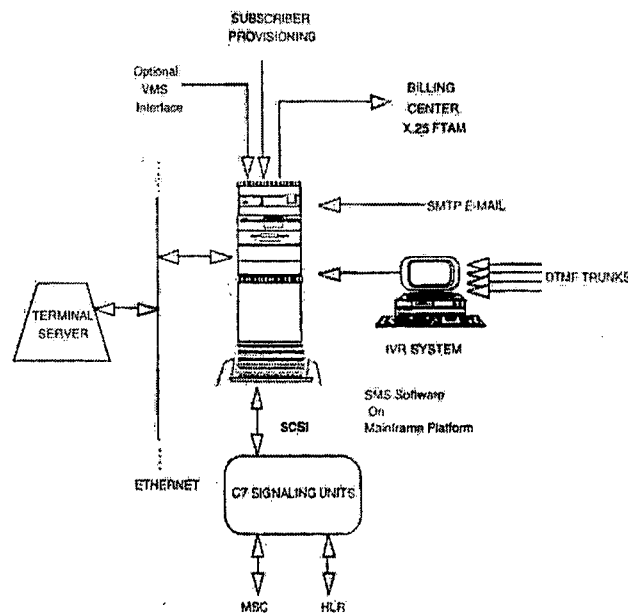
- Μεταφέρει μικρά ενσωματωμένα διαγράμματα για συνήθεις εφαρμογές.
- Αποστέλνει διάφορα δεδομένα κατά την διάρκεια μεγάλων περιόδων συνομιλίας.
- Μεταφέρει αρχεία.

Αλλά και να διακόψει την packet data λειτουργία για να χρησιμοποιήσει μια άλλη υπηρεσία iDEN. Αυτό βέβαια θα προκαλέσει το τερματισμό της packet data αλλά όταν θα έχει ολοκληρωθεί η προηγούμενη υπηρεσία το ράδιο αυτόματα είναι έτοιμο να συνεχίσει ξανά. Ειδικότερα στους χρήστες με μεγάλα δεδομένα που δεν επιθυμούν να

διακοπούν από άλλη υπηρεσία iDEN υπάρχει δυνατότητα εγκατάστασης μόνο αυτής της υπηρεσίας στο κινητό τους σταθμό MS.

5.3.2.4 Υπηρεσία μικρού μηνύματος (SMS)

Η υπηρεσία μικρού μηνύματος SMS είναι μιας κατεύθυνσης υπηρεσία μηνύματος για το κινητό σταθμό MS ο οποίος εφοδιάζεται με πλήρη οθόνη αλφαριθμητικών. Το μήκος των μηνυμάτων φτάνει τους 140 χαρακτήρες. Ο κινητός σταθμός MS μπορεί να αποθηκεύσει μέχρι και 16 μηνύματα ενώ αντίστοιχη δυνατότητα παρέχεται και από το κέντρο υπηρεσίας SMS. Κατά αυτόν τον τρόπο τα μηνύματα είναι στην διάθεση του κινητού σταθμού MS στην περίπτωση που διαγραφούν (π.χ κατά λάθος) από αυτό. Η λήψη των μηνυμάτων είναι δυνατή όταν ο κινητός σταθμός είναι αδρανής ή κατά την διάρκεια μιας κλήσης διασύνδεσης αλλά ποτέ κατά την διάρκεια κλήσης αποστολής. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το block διάγραμμα των στοιχείων που αποτελούν το κέντρο υπηρεσίας SMS.



Σχήμα 5.14 Block διάγραμμα στοιχείων που αποτελούν το κέντρο υπηρεσίας SMS.

5.3.3 Μέτρα προστασίας και έλεγχος ασφάλειας στο iDEN

Το τηλεπικοινωνιακό σύστημα iDEN παρέχει έναν έλεγχο ασφάλειας μέσω ενός μηχανισμού πιστοποίησης ο οποίος αμέσως μπαίνει σε λειτουργία με το που ξεκινά κάθε υπηρεσία χρέωσης. Ο παρακάτω ενδεικτικός πίνακας από τη μία παρουσιάζει τις πιθανές εισβολές στο σύστημά μας και από την άλλη τα μέτρα προστασίας που παρέχει το σύστημα iDEN.

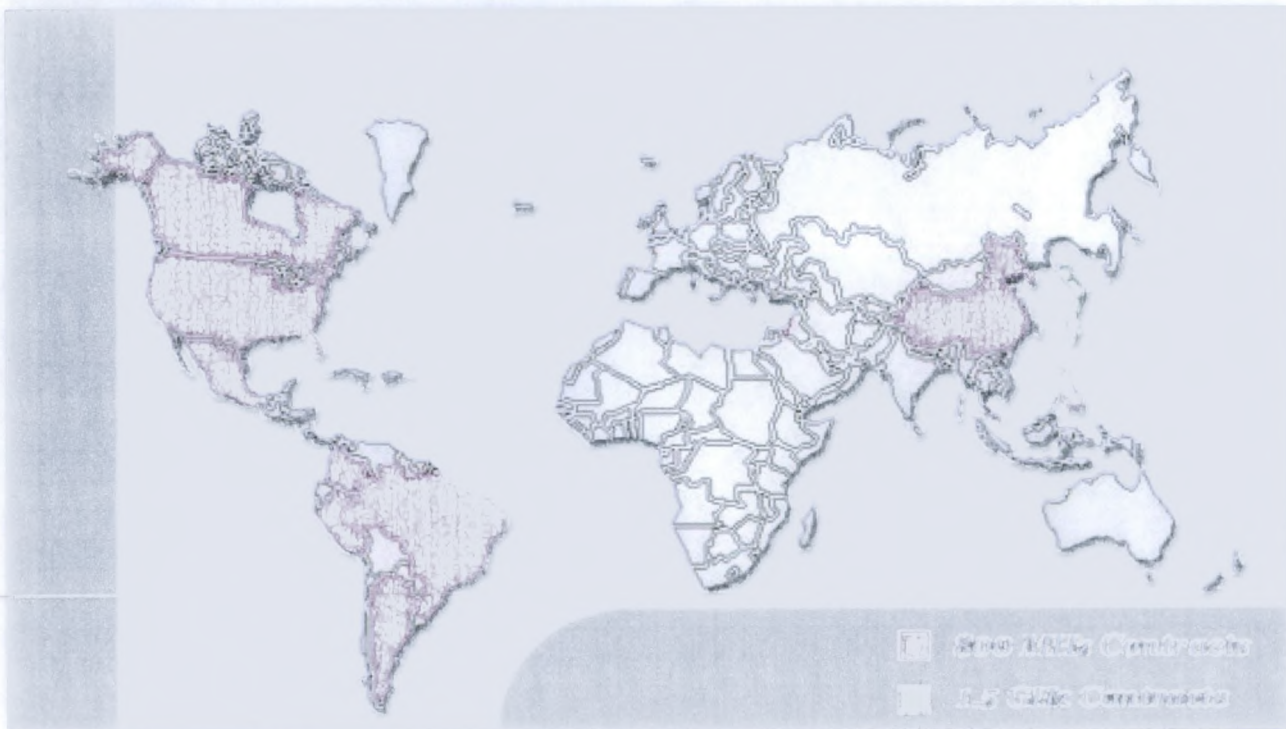
Απειλή	Μέτρα προστασίας
1. Πελάτες που προσπαθούν να	• Μηχανισμός πιστοποίησης ταυτότητας

διδεισδύσουν στο σύστημα χωρίς να πληρώσουν με τη χρησιμοποίηση ψεύτικων ταυτοτήτων ή με το να υποκλέψουν ταυτότητες από τον αέρα ή άλλες πηγές όπως τα κέντρα διανομής και εγκατάστασης.	χρηστών
2. Δημιουργία ενός πιστού αντίγραφου (κλώνου) ενός εξουσιοδοτημένου χρήστη	<ul style="list-style-type: none"> • Αρίθμηση κλήσης (δεν εφαρμόζεται στο iDEN) • Παράμετροι που ασφαρίζονται μέσα στην κινητή μονάδα MS.
3. Υποκλοπή μυστικών στοιχείων όπως η ταυτότητα συνδρομητών ή κλειδιά πιστοποίησης / κρυπτογράφησης.	<ul style="list-style-type: none"> • Οι παράμετροι "κατεβαίνουν" μέσω του αέρα • Κανένας προγραμματιστής Πεδίων Ικανός να διαβάσει ή να αλλάξει τις παραμέτρους ασφάλειας. • Παράμετροι που ασφαρίζονται μέσα στην μονάδα του συνδρομητή.
4. Υποκλοπή συνδιάλεξης συγκεκριμένου συνδρομητή	<ul style="list-style-type: none"> • Προσωρινή ταυτότητα ID
5. Υποκλοπή μηνυμάτων ελέγχου.	<ul style="list-style-type: none"> • Κρυπτογράφηση μηνυμάτων (που δεν απαιτείται στο iDEN).
6. Υποκλοπή της κυκλοφορίας καναλιών (φωνή και δεδομένων).	<ul style="list-style-type: none"> • Κρυπτογράφηση κυκλοφορίας (ψηφιακή μέσα από τον αέρα).

Πίνακας 5.2 Μέτρα προστασίας και έλεγχος ασφάλειας στο σύστημα iDEN

5.4 Δίκτυα iDEN σε λειτουργία σήμερα

Σήμερα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα iDEN μπορεί κανείς να συναντήσει σε αρκετές χώρες του κόσμου (κυρίως στην βόρειο και λατινική Αμερική και την ανατολική Ασία) Στον παρακάτω παγκόσμιο χάρτη σημειώνονται δίκτυα iDEN που λειτουργούν στις Ηνωμένες Πολιτείες, στον Καναδά, το Μεξικό, την Κολομβία, τη Βραζιλία, την Αργεντινή, το Περού, το Ισραήλ, τη Σιγκαπούρη, την Ιαπωνία, τις Φιλιππίνες, την Κορέα και την Ιαπωνία. Εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι τα περισσότερα συστήματα λειτουργούν στα 800 MHz παρά στα 1500 MHz.



Σχήμα 5.15 Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα iDEN σε λειτουργία σήμερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη συνέχεια δίνονται οι παρακάτω συγκριτικοί πίνακες με τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά των προαναφερόμενων ψηφιακών ΡΜR συστημάτων TETRA - TETRAPOL- iDEN καθώς και οι πίνακες τηλευπηρεσιών, κομιστικών υπηρεσιών και συμπληρωματικών υπηρεσιών που προσφέρουν.

	TETRA	TETRAPOL	iDEN
Τεχνική μετάδοσης	TDMA	FDMA	TDMA
Απόσταση μεταξύ φορέων	25KHz	10KHz ή 12.5KHz	25KHz ή 12.5KHz
Κανάλια ανά μετάδοση φορέα	4	1	3 ή 6
Gross bit rate φορέα	36kbps	8kbps	64kbps
Μέθοδος διαμόρφωσης	$\pi/4$ QDPSK	GMSK	M16-QAM
Κωδικοποίηση ομιλίας	ACELP	RP-CELP	VSELP
Ζώνη συχνοτήτων	380-400MHz	380-400MHz	800MHz,900MHz,1500MHz
Αμεσότροπη λειτουργία	ναι	ναι	ναι
Κρυπτογράφηση	στο κανάλι επικοινωνίας	διατερματική	Κυκλοφορίας (ψηφιακή μέσα από τον αέρα).

Πίνακας 6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων TETRA - TETRAPOL - iDEN

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα τα συστήματα TETRA και iDEN χρησιμοποιούν την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου TDMA ενώ το

TETRAPOL χρησιμοποιεί την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο της συχνότητας FDMA. Το TETRAPOL χρησιμοποιεί κανάλια RF των 12.5KHz με δυνατότητα επίσης και στα 10KHz ενώ το TETRA με την TDMA τεχνική χρησιμοποιεί 4 κανάλια ανά φορέα που μεταδίδεται κάθε 25KHz. Το iDEN χρησιμοποιεί 3 ή 6 κανάλια ανά φορέα που μεταδίδεται στα 25KHz ενώ υπάρχει και δυνατότητα στα 12.5KHz. Η ταχύτητα του φορέα είναι 8kpbs στο TETRAPOL, 36kpbs στο TETRA και 64 kpbs στο iDEN. Η μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται είναι, GMSK στο TETRAPOL, π/4QDPSK στο TETRA και M16-QAM στο iDEN, ενώ η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται είναι, RP-CELP στο TETRAPOL, ACELP στο TETRA και VSELP στο iDEN.

Όσον αφορά την ζώνη συχνοτήτων η περιοχή λειτουργίας του TETRA είναι 380-400MHz χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν είναι διαθέσιμο και σε άλλες συχνότητες (410-430 MHz, 450-460 / 460-470 MHz, 870-876 / 915-921 MHz). Για το TETRAPOL η περιοχή λειτουργίας είναι επίσης η ζώνη 380-400MHz ενώ για το iDEN οι συχνότητες λειτουργίας είναι τα 806-821 / 851-866 MHz, τα 896-901 / 935-940 MHz και τα 1453-1465 / 1501-1513 MHz (800,900,1500 MHz). Και τα τρία συστήματα υποστηρίζουν αμεσότροπη λειτουργία (απευθείας σύνδεση μεταξύ κινητών σταθμών χωρίς την διαμεσολάβηση του σταθμού βάσης). Τέλος οι μηχανισμοί κρυπτογράφησης που παρέχουν, είναι κρυπτογράφηση στο κανάλι επικοινωνίας για το TETRA, διατεματική κρυπτογράφηση για το TETRAPOL και κρυπτογράφηση κυκλοφορίας για το iDEN.

	TETRA	TETRAPOL	iDEN
Ατομική κλήση	✓	✓	✓
Ομαδική κλήση	✓	✓	✓
Αναγνωρισμένες ομαδικές κλήσεις φωνής	✓		
Κλήσεις ευρυεκπομπής Broadcast	✓		
Κλήσεις πολυεκπομπής Simulcast		✓	

Πίνακας 6.2 Τηλευπηρεσίες (Teleservices) TETRA - TETRAPOL - iDEN

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα Τηλευπηρεσιών (Teleservices) το TETRA προσφέρει τη δυνατότητα ατομικών, ομαδικών και αναγνωρισμένων ομαδικών κλήσεων φωνής καθώς και κλήσεις ευρυεκπομπής. Το TETRAPOL προσφέρει την δυνατότητα κλήσεων πολυεκπομπής Simulcast σε αντίθεση με τα TDMA συστήματα iDEN και TETRAPOL αλλά και ατομικές και ομαδικές κλήσεις όπως άλλωστε και το iDEN.

	TETRA	TETRAPOL	iDEN
Στοιχεία τρόπου κυκλώματος	7.2 / 14.4 / 21.6 / 28.8 kbps	7.2 kbps	9.6 / 4.8 kbps
Προστατευόμενα στοιχεία τρόπου κυκλώματος	4.8 / 9.6 / 14.4 / 19.2 kbps	4.8 kbps	
Πολύ προστατευόμενα στοιχεία τρόπου κυκλώματος	2.4 / 4.8 / 7.2 / 9.6 kbps	2.4 kbps	
IP	✓	✓	19.2 kbps

Πίνακας 6.3 Κομιστικές υπηρεσίες (Bearer services) TETRA - TETRAPOL - iDEN

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται οι κομιστικές υπηρεσίες (Bearer services) των συστημάτων TETRA TETRAPOL και iDEN. Στο σύστημα TETRA με τη χρησιμοποίηση 4 καναλιών επιτυγχάνουμε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 28.8 kbps (19.2 kbps για προστατευόμενα και 9.6 kbps για πολύ προστατευόμενα δεδομένα). Αντίθετα στο TETRAPOL πετυχαίνουμε μέγιστο ρυθμό 7.2 kbps και 4.8 kbps για προστατευόμενα και 2.4 kbps για πολύ προστατευόμενα στοιχεία δεδομένων κυκλώματος. Στο iDEN ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι 4.8 kbps με 6 χρήστες ανά φορέα RF και 9.6 kbps με 3 χρήστες ανά φορέα RF. Τέλος προσανατολισμένα προς τη σύνδεση ή και χωρίς σύνδεση στοιχεία πακέτων υποστηρίζονται τόσο από το TETRA όσο και από το TETRAPOL, αλλά και από το iDEN, και μάλιστα με max ρυθμό 19.2 kbps.

	TETRA	TETRAPOL	IDEN
CAD	✓	✓	✓
Έλεγχος κλήσης από τον αποστολέα			
AS	✓	✓	✓
Επιλογή περιοχής			
AP	✓		
Μονάδα προτεραιότητας πρόσβασης			
PC	✓	✓	
Κλήση προτεραιότητας			
North American Dial-Plan			✓
PPC	✓	✓	✓
Κλήση έκτακτης ανάγκης			
DL	✓		
Discrete Listening			
DGNA	✓	✓	
Συμμετοχή ομάδας σε τρέχουσα κλήση			
AL	✓	✓	✓
Παρακολούθηση κλήσης			
Information services			✓
Υπηρεσίες πληροφοριών			
Call forwarding		✓	✓
Δρομολόγηση κλήσης			
Call transfer		✓	
Μεταφορά κλήσης			
Talk group Merging		✓	
Συνομιλία ομάδας			
έκτακτης ανάγκης			
Incoming Calls Only			✓
Μόνο εισερχόμενες κλήσεις			
Voice mail			✓
Φωνητικό μήνυμα			
Scanning		✓	
Επίβλεψη επικοινωνίας ομάδας			
LE	✓	✓	
Αργοπορημένη κλήση			

Πίνακας 6.4 Βασικές συμπληρωματικές υπηρεσίες TETRA - TETRAPOL - iDEN

Στον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα αναφέρονται οι κυριότερες βασικές συμπληρωματικές υπηρεσίες των συστημάτων TETRA TETRAPOL και iDEN (αλλά το σημαντικότερο ποιες από αυτές υποστηρίζουν). Ας αναφέρουμε δυο λόγια για την καθεμία ξεχωριστά :

CAD - Έλεγχος κλήσης από τον αποστολέα - Ο αποστολέας ελέγχει την αίτηση κλήσης πριν επιτρέψει στην κλήση να προχωρήσει.

AS - Επιλογή περιοχής- Υπάρχουν καθορισμένοι τομείς λειτουργίας για τους χρήστες. Μπορούν να επαναπροσδιοριστούν σε μια βάση κλήσης προς κλήση.

AP - Μονάδα προτεραιότητας πρόσβασης- Καθορισμός των μονάδων προτεραιοτήτων πρόσβασης κατά τη διάρκεια κορεσμένων περιόδων.

PC - Κλήση προτεραιότητας- Η πρόσβαση στα στοιχεία του δικτύου μπορεί να ακολουθήσει πλέον προτεραιότητες.

North American Dial Plan – Επιλογή 10ψήφιου αριθμού κλήσης στη μορφή NPA-NXX - XXX όπου NPA είναι ο κωδικός περιοχής της υπηρεσίας, NXX ο κωδικός γραφείου και XXX ο αριθμός του συνδρομητή.

PPC - Κλήση έκτακτης ανάγκης - Αυτή η κλήση έχει την υψηλότερη πρόσβαση προτεραιότητας. Εάν το σύστημα είναι απασχολημένο τότε η χαμηλότερης προτεραιότητας επικοινωνία θα "πεταχτεί" για να επιτρέψει στην κλήση υψηλότερης προτεραιότητας να συνεχίσει. Κάτι παρόμοιο με την "κλήση έκτακτης ανάγκης" στα PMR συστήματα.

DL - Discrete Listening - Ιδιαίτερο άκουσμα, η εξουσιοδοτημένη ράδιο-μονάδα RU μπορεί να ελέγξει μια επικοινωνία χωρίς προσδιορισμό.

DGNA - Συμμετοχή ομάδας σε τρέχουσα κλήση - Επιτρέπει στον αποστολέα να προγραμματίσει νέους αριθμούς ομάδας στην ράδιο μονάδα του. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη συμμετοχή ομάδας σε μια τρέχουσα κλήση.

AL - Παρακολούθηση κλήσης - Ο αποστολέας μπορεί να ανοίξει την συσκευή αποστολής σημάτων ενός RU χωρίς την αναγνώριση που παρέχεται από το RU. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις καταστάσεις αεροπειρατείας με στόχο την παρακολούθηση.

Information services - Υπηρεσίες πληροφοριών – Κλήσεις της μορφής 900- NXX -XXX όπου συμπεριφέρονται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως κάθε άλλες κλήσεις (χρέωση κ.τ.λ)

Call forwarding - Δρομολόγηση κλήσης - Οι κλήσεις αυτόματα μπορούν να δρομολογηθούν. Για παράδειγμα ένας αξιωματικός ασφαλείας της αστυνομίας αφήνοντας το αυτοκίνητό του μπορεί να προωθήσει όλες τις κλήσεις από το κινητό στο φορητό ραδιό του.

Call transfer - Μεταφορά κλήσης – Χαρακτηριστικό γνώρισμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της εγκαθίδρυσης συγκεκριμένων τύπων επικοινωνιών για παράδειγμα τηλεφωνικές κλήσεις από εξουσιοδοτημένα άτομα τα οποία λειτουργούν ως χειριστές και συνδέουν τα δύο μέρη μετά από αίτηση για σύνδεση.

Talk group merging -Συνομιλία ομάδας έκτακτης ανάγκης – Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από αίτηση για απευθείας επικοινωνία μεταξύ ομάδων που δεν μπορούν να επικοινωνήσουν υπό κανονικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η απευθείας επικοινωνία μεταξύ αστυνομίας και πυροσβεστικής στον τόπο του δυστυχήματος όπου χρειάζεται συντονισμός των κινήσεων.

Incoming Calls Only - Μόνο εισερχόμενες κλήσεις – Ο προμηθευτής υπηρεσιών είναι σε θέση να αρνηθεί την αποστολή μεμονωμένων κλήσεων από τους συνδρομητές. Εξαιρούνται βέβαια οι κλήσεις 911 έκτακτης ανάγκης.

Voice mail - Φωνητικό μήνυμα - Η διεπαφή φωνητικού μηνύματος SS7 συμμορφώνεται με το πρότυπο ANSI SS7 ISUP και είναι σε συμφωνία με τις συστάσεις Bellcore. Τα φωνητικά μηνύματα είναι διαθέσιμα στους κινητούς σταθμούς και στις επίγειες ασύρματες τηλεφωνικές συσκευές.

Scanning - Επίβλεψη επικοινωνίας ομάδας – Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν την επικοινωνία διαφόρων ομάδων για παράδειγμα ο αρχηγός ενός αστυνομικού τμήματος είναι σε θέση να παρακολουθεί την επικοινωνία διάφορων μονάδων.

LE - Αργοπορημένη κλήση - Μια αργοπορημένη κλήση μπορεί να ακολουθήσει μια κλήση σε εξέλιξη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τηλεπικοινωνιακής Τυποποίησης , η ομάδα Schengen αλλά και όλοι οι επαγγελματίες των κινητών συστημάτων ράδιο-επικοινωνιών (Professional Mobile Radio) έχουν αναγνωρίσει την ύπαρξη δυο τύπων ψηφιακών συστημάτων PMR – ενός που βασίζεται στην τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου TDMA και ενός που βασίζεται στην τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο της συχνότητας FDMA.

Τα δυο αυτά συστήματα κυριαρχούν όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και σε ολόκληρη την παγκόσμια αγορά και οι κυριότεροι εκφραστές τους είναι το:

- ✓ **TETRAPOL**, ένα ευρωπαϊκό πρότυπο, για τις PMR εφαρμογές στον τομέα της δημόσιας ασφάλειας, FDMA σύστημα με 10 ή 12.5 KHz απόσταση καναλιού φορέα
- ✓ **TETRA**, ένα ευρωπαϊκό πρότυπο, για τις PMR εφαρμογές χειριστών εμπορικών δικτύων, τέταρτης τάξης TDMA σύστημα με 25 KHz απόσταση καναλιού φορέα και το
- ✓ **IDEN** το αμερικάνικο πρότυπο (ανταγωνιστής του TETRA) έκτης τάξης TDMA με 25 KHz RF κανάλι.

Τα PMR συστήματα έχουν ως αντικειμενικό σκοπό να καλύψουν τις ιδιαίτερες ανάγκες των ενόπλων δυνάμεων, των δυνάμεων ασφαλείας, των εταιριών μεταφορών και ειδικότερα κάθε Professional Mobile Radio business με συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από :

- ✓ Δυνατότητα ομαδικών κλήσεων, όπου 100 τερματικά λόγου χάριν ταυτόχρονα λαμβάνουν τις οδηγίες του χειριστή.

- ✓ Δυνατότητα απευθείας κλήσης από κινητό σε κινητό χωρίς τη διαμεσολάβηση της υποδομής, και
- ✓ Ειδικούς μηχανισμούς ασφαλείας, προτεραιότητας κλήσεων και διατεματικής (end-to-end) κρυπτογράφησης.

Το TETRAPOL το TETRA και το iDEN σχεδιάστηκαν ειδικά για αυτές τις απαιτήσεις.

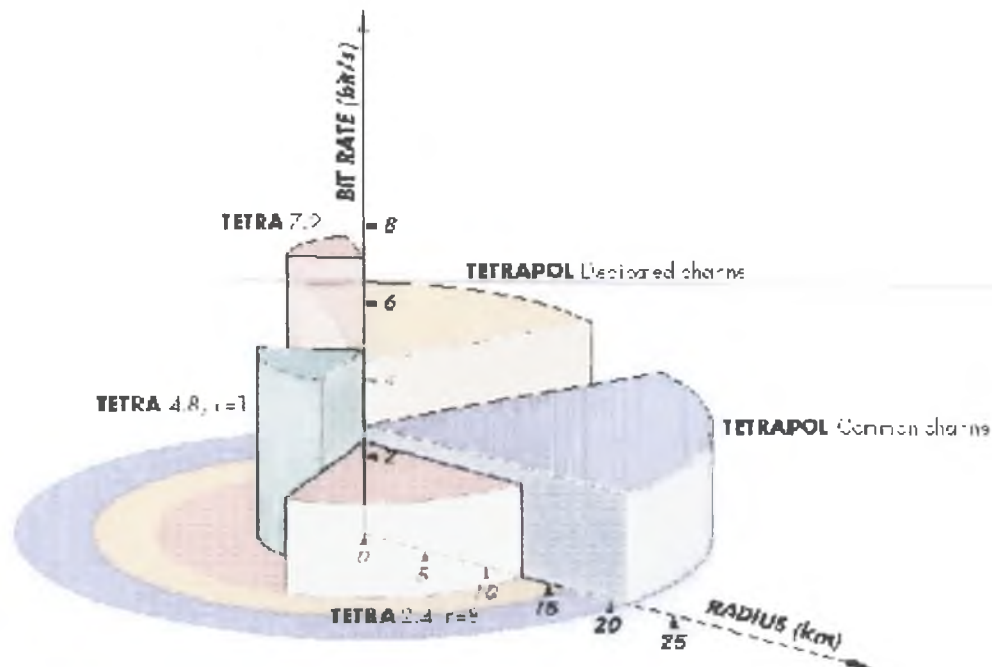
Ωστόσο αυτοί οι δυο τύποι συστημάτων – που βασίζονται στην τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου TDMA και της τεχνικής της πολύπλεξης στο πεδίο της συχνότητας FDMA – έχουν πολύ διαφορετικά φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά. Εξαρτώμενα από το λειτουργικό εξοπλισμό, οδηγούν σε βασικές διαφορές στην υλοποίηση: για παράδειγμα το διπλασιασμό του κόστους υποδομής ή την αδυναμία να υποστηρίξουν συγκεκριμένες λειτουργίες.

Αρα οι μελλοντικοί χρήστες PMR πρέπει να επιλέξουν ανάμεσα στα συστήματα αυτά ανάλογα με τις ανάγκες τους και τις απαιτήσεις στις εφαρμογές που θέλουν να αναπτύξουν. Όμως στην προσπάθειά τους αυτή, υπάρχουν πολλά σκοτεινά σημεία τα οποία εύκολα μπορούν να οδηγήσουν σε λάθος επιλογές και λύσεις τις οποίες θα απορρίψει ο ίδιος ο τελικός χρήστης. Τα παρακάτω χρήσιμα συμπεράσματα θα συμβάλλουν σημαντικά και θα οδηγήσουν στη διαμόρφωση των αποδοτικότερων λύσεων.

Ο χρήστης απαιτεί την ικανότητα να στέλνει δεδομένα προς και από κάθε κατεύθυνση μέσα στο δίκτυο με ασφάλεια χωρίς λάθη. Ωστόσο το gross bit rate του RF καναλιού δεν είναι η μοναδική παράμετρος που καθορίζει τη μετάδοση. Μάλιστα είναι άκαρπη η προσπάθεια να επιτευχθούν υψηλά bit rate καθώς, τις περισσότερες φορές, αρκούν μόλις 5kbrps για την μεταφορά εικόνας. Έχει αποδειχθεί ότι οι υψηλές ταχύτητες διαμόρφωσης παρουσιάζουν αδυναμία και έντονα προβλήματα σε περιβάλλον πολλαπλών διαδρομών. Το TETRAPOL παρουσιάζει εξαιρετική συμπεριφορά καθώς χρησιμοποιεί αποτελεσματική κωδικοποίηση δεδομένων και τεχνικές ανάλυσης σημάτων που μεγιστοποιούν πλήρως την απόδοσή του. Απεναντίας, τα TDMA συστήματα έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμα μόνο στις χαμηλές ταχύτητες και μάλιστα όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα, όπου έχουμε αποτελέσματα για την ράδιο κάλυψη και το μέγιστο bit rate καναλιού, όσο το bit rate του καναλιού στα TDMA συστήματα μεγαλώνει τόσο η ράδιο κάλυψη μειώνεται.

Συγκεκριμένα 3 κανάλια TDMA δεδομένων συγκρίνονται με 2 κανάλια FDMA με βάση δυο κριτήρια: τη παρεχόμενη ράδιο κάλυψη και το μέγιστο ρυθμό δεδομένων. Το

ύψος κάθε τομέα στον κατακόρυφο άξονα αντιστοιχεί στο μέγιστο ρυθμό δεδομένων ενώ το πλάτος κάθε τομέα στον οριζόντιο άξονα αντιστοιχεί στην ράδιο κάλυψη.



Σχήμα 6.1 Σύγκριση της Ράδιο κάλυψης συναρτήσει του μέγιστου ρυθμού δεδομένων μεταξύ συστημάτων TDMA (3 κανάλια) και FDMA (2 κανάλια)

Ειδικότερα στο παραπάνω σχήμα παρατηρούμε μια αύξηση της ακτίνας του κυττάρου από 10Km σε 20Km. Ο διπλασιασμός αυτός οδηγεί σε τετραπλασιασμό της περιοχής κάλυψης και όπως καταλαβαίνουμε τα έξοδα υποδομής αυξάνουν δραματικά. Επιπλέον ο σταθμός βάσης TETRAPOL με μια ευαισθησία της τάξης των -113dBm υπερτερεί έναντι του σταθμού βάσης TETRA με -106dBm και παρέχει σαφώς μεγαλύτερη κάλυψη.

Το TETRAPOL είναι πιο δυνατό σε σχέση με κάθε άλλο ψηφιακό σύστημα όσον αφορά τους όρους πολλαπλών διαδρομών. Πιο συγκεκριμένα αυτό σημαίνει ότι οι ίδιοι δέκτες Tetrapol μπορούν να λειτουργήσουν σε οποιοδήποτε είδος έκτασης (οι εξισωτές δεν είναι απαραίτητοι). Σε αντίθεση, στα συστήματα TDMA απαιτούνται εξισωτές ειδάλλως η απόδοσή τους είναι πολύ φτωχή υπό ορισμένες συνθήκες (λοφώδης έκταση, βουνά...). Όμως η χρησιμοποίηση εξισωτών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πολυπλοκότητας στους TDMA δέκτες.

Ωστόσο η μεγιστοποίηση της περιοχής κάλυψης δεν είναι το ζητούμενο για τα εμπορικά δίκτυα τα οποία χρησιμοποιώντας περισσότερους σταθμούς βάσεων και μεγαλύτερη ταχύτητα διαμόρφωσης εξυπηρετούν ένα σαφώς μεγαλύτερο αριθμό χρηστών.

Στα εμπορικά δίκτυα χρησιμοποιούμε περισσότερο την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου TDMA αφού χρειαζόμαστε μια πιο αποδοτική και πυκνότερη κάλυψη μειώνοντας το μέγεθος των κυττάρων (κάτι το οποίο δικαιολογείται στα TDMA συστήματα). Αντίθετα στα δημόσια δίκτυα ασφάλειας η βασική αρχή είναι διαφορετική. Θέλουμε κύτταρα με όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέγεθος. Κατά αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε μεγαλύτερη κάλυψη και μειώνουμε το κόστος υποδομής του δικτύου. Ειδικότερα μεταξύ των δικτύων TETRA και TETRAPOL η διαφορά των 6dB στην ευαισθησία του δέκτη (-121dBm στο TETRAPOL και -115dBm στο TETRA) μεταφράζεται σε διπλασιασμό των εξόδων υποδομής (100% αύξηση στον αριθμό των βάσεων). Αν αφαιρέσουμε όμως τα έξοδα εγκατάστασης και συντήρησης των βάσεων τα οποία κοστίζουν περισσότερο από τα ηλεκτρονικά στοιχεία θα διαπιστώσουμε μια τελική αύξηση της τάξεως του 30% με 50%.

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, το TETRAPOL με την δυνατότητα πολυεκπομπής, η οποία δεν προσφέρεται στα TDMA συστήματα, λόγω της πολυπλοκότητας μιας τέτοιας εφαρμογής, σαφώς παρουσιάζει καλύτερη διαχείριση φάσματος από όλα τα TDMA συστήματα που υπάρχουν στην PMR αγορά.

Αλλά και καλύτερη αμεσότροπη λειτουργία. Η τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο της συχνότητας FDMA αντιμετωπίζει δυναμικά το πρόβλημα του συγχρονισμού και της καταχώρηση των καναλιών που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί πλήρως με τη μέθοδο της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου.

Τέλος τα δίκτυα TETRA, TETRAPOL, αλλά και το iDEN παρέχουν όλες τις απαραίτητες διεπαφές για να συνδέονται με τον ευρύτερο κόσμο των τηλεπικοινωνιών PABX/PSTN και δίκτυα μεταγωγής πακέτων, μέσω των πρωτοκόλλων X.25 και X.400. Επιπλέον μπορούν να υποστηρίξουν (TETRA – TETRAPOL) και άλλα πρότυπα όπως το ISDN γεγονός που αποδεικνύει τη μέγιστη λειτουργικότητα των συστημάτων αυτών.

Τα συστήματα TETRA και TETRAPOL είναι δυο συμπληρωματικές παρά δυο ανταγωνιστικές λύσεις που επιτρέπουν εύκολη διασύνδεση ακόμα και μεταξύ τους λόγω της ανοικτής διεπαφής (ISI). [22], [23]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. CERTAIN KEY ISSUES OF ROAD TRANSPORTS IN GREECE. By Dr Pant. Skagiannis, Ass. Prof. University of Thessaly.
2. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης: Παραδείγματα εφαρμογών της Κοινωνίας των Πληροφοριών στις Μεταφορές.
3. Ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία. Ψήφισμα του Συμβουλίου της 24ης Οκτωβρίου 1994 σχετικά με την τηλεματική στον τομέα των μεταφορών *ΕΠΙΣΗΜΗ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΑΡΙΘ. C 309 της 05/11/1994 σ. 0001 – 0002.*
4. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS.htm
5. PSRC ITS - About Intelligent Transportation Systems.htm
6. Federal Highway Administration US Department of Transportation Washington, D. C. 20590. December 1999. Executive Summaries.
7. Federal Highway Administration US Department of Transportation Washington, D. C. 20590. December 1999. ITS Physical Architecture.
8. Federal Highway Administration US Department of Transportation Washington, D. C. 20590. January 1997. ITS Communications Document.
9. Federal Highway Administration US Department of Transportation Washington, D. C. 20590. September 1998. ITS Implementation Strategy.
10. National ITS Architecture Development. Market Packages. A Tool For Viewing, Accessing, And Utilizing The National ITS Architecture. December 1999.
11. U.S Department of Transportation Federal Highway Administration. Intelligent Transportation Systems (ITS). October 1997 Washington, DC. ITS Benefits: Continuing Successes and Operational Test Results.
12. [www.tetrapol.com](#) presentations: The pan-European trunking standard TETRA - current status, perspectives and technology.
13. Wireless Communications for Professional Users: Terrestrial Trunked Radio TETRA. MoU Association. ETSI.
14. European ITS Framework Architecture-Communication Architecture Annex 2 – Details of ITS related Communications Technologies. Annex 2 of D3.3 - Issue 1 *August 2000.*
15. [www.tetrapol.com](#) presentations: TETRA STANDARD INTERFACES.
16. www.tetrapol.com /Frequently Asked Questions.

17. Publicly PAS 0001-1-1 Available Version: 3.0.4 Specification Date: 10 November 1999 TETRAPOL Specifications; Part 1: General Network Design; Part 1: Reference Model
18. www.tetrapol.com/TETRAPOL, DIGITAL TECHNOLOGY IN ACTION.
19. Tetrapol Factsheet Version 1.3: 26 March 2001
20. COGENT. A Nortel Networks Professional Services Business: Cogent Defence System's Response to The Radio Spectrum Review Consultation Paper. 14 August 2001.
21. Ενημερωτικό φυλλάδιο iDEN Motorola.
22. SIEMENS: White Paper Mobility for Security Agencies.
23. TETRAPOL NEWS. RMR: Digital Radio Standardization Update. October 1996.