

Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ

T.E.I. OF EPIRUS



ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ (Σ.Δ.Ο)  
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

SCHOOL OF MANAGEMENT AND ECONOMICS  
DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS,  
INFORMATICS AND MANAGEMENT

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΠΛΟΙΑ (ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΩΣΤΟΥΛΑ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΔΡΟΥΓΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

17/05/2006

## **ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ**

Όλες οι προτάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σε αυτό το κείμενο και οι οποίες ανήκουν σε άλλους αναγνωρίζονται από τα εισαγωγικά και υπάρχει η σαφής δήλωση του συγγραφέα.

Τα υπόλοιπα γραφόμενα είναι επινόηση του γραφόντος ο οποίος φέρει και τη καθολική ευθύνη για αυτό το κείμενο και δηλώνω υπεύθυνα ότι δεν υπάρχει λογοκλοπή για αυτό το κείμενο.

Κωστούλα Δήμητρα

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> ..... | σελ. 6 |
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> ..... | σελ. 7 |

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

#### **ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ**

- ΓΕΝΙΚΑ ΙΣΤΟΡΙΚΑ .....σελ. 12
- Εν αρχή ην.....ο Δίας .....σελ. 13

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

#### **ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**

- Επικοινωνίες ACC(Area Control Center) .....σελ. 17
- Επικοινωνίες VHF-UHF Αερολιμένων .....σελ. 18
- Επικοινωνίες HF .....σελ. 18
- Επικοινωνίες VOLMET .....σελ. 19
- Επικοινωνίες ATIS (Automatic Terminal Information Service) .....σελ. 19
- Σταθμοί Ασυρμάτων τηλεφωνικών Επικοινωνιών .....σελ. 19

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **ΡΑΔΙΟΒΟΗΘΗΜΑΤΑ**

- Σύστημα Ενόργανης Προσγείωσης (I.L.S) .....σελ.21
- Σταθμοί V.O.R (VHF Omnidirectional Radio Range) .....σελ.23
- Σταθμοί D.M.E (Distance Measuring Equipment) .....σελ. 24
- Σταθμοί N.D.B (Non Directional Beam finger) .....σελ. 24

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

#### **ΔΙΚΤΥΟ RADAR**

- HE.RA.S (Hellenic Radar System)

|  |         |
|--|---------|
| Δίκτυο Ραντάρ FIR Αθηνών .....   | σελ. 25 |
| • P.A.T.R.O.C.L.O.S. (Pheripheral Airports Terminal Radar Ods and Centrally Linked Operation System) ..... | σελ.32  |
| • P.A.L.L.A.S. (Phased Automation of the Hellenic Atc Radar System) .....                                  | σελ. 34 |
| • A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance & Control System) .....                                      | σελ. 37 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΡΑΝΤΑΡ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ**

|   |         |
|---|---------|
| • Βασικές αρχές .....   | σελ. 43 |
| • Αξιολόγηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών .....                         | σελ. 46 |
| • Κεραίες – Η επόμενη γενιά – Ραντάρ ηλεκτρονικής σάρωσης.....              | σελ. 55 |
| • Ενεργός διάταξη – οι Αμερικάνοι και πάλι στη κορυφή της τεχνολογίας ..... | σελ. 56 |
| • Παθητική διάταξη – Οι Γάλλοι πάλι πρωτοπορούν στην Ευρώπη .....           | σελ. 60 |
| • Σύγχρονη σκηνή .....  | σελ. 63 |
| • Τα κυριότερα ραντάρ σε υπηρεσία .....                                     | σελ.65  |
| • Η εξέλιξη της τεχνολογίας ραντάρ .....                                    | σελ.74  |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕΓΑΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΩ ΣΤΡΑΤΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΗΑΛΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ**

|                                       |         |
|---------------------------------------|---------|
| • Υπόβαθρο .....                      | σελ.79  |
| • Η έννοια δικτύων ΗΑΛΟ .....         | σελ. 83 |
| • Επισκόπηση .....                    | σελ. 83 |
| • Πρόσβαση στο δίκτυο .....           | σελ. 84 |
| • Υπηρεσίες δικτύων .....             | σελ. 85 |
| • Δικτυακή αρχιτεκτονική ΗΑΛΟ .....   | σελ.85  |
| • Αποτελέσματα επίδειξης πτήσης ..... | σελ. 86 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΜΥΝΑΣ**

#### **ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ**

- Εναλλακτικές λύσεις .....σελ. 89
- Λύση ανάγκης η ολοκληρωμένη λύση τηλεπισκόπησης .....σελ.90
- Κινητός και σταθερός σταθμός βάσης συλλογής δορυφορικών δεδομένων .....σελ. 91
- Συλλογή και επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων τηλεπισκόπησης ...σελ. 92
- Αξιοποίηση της βάσης δεδομένων .....σελ. 93
- HELIOS IA/B .....σελ. 95
- HELIOS II η επόμενη γενιά .....σελ. 95

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΖΕΥΞΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ**

- Ιστορική εξέλιξη .....σελ. 97
- Εναέριος Έλεγχος .....σελ. 99
- Link 4<sup>A</sup> .....σελ. 100

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**

### **ΓΝΩΜΟΔΟΤΗΣΗ .....σελ. 103**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

### **ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗΣ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε .....σελ. 111**

### **ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....σελ. 121**

### **ΠΗΓΕΣ .....σελ. 122**

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....σελ. 122**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στην εργασία αυτή θα αναφερθούμε στην περιγραφή της επικοινωνίας των αεροπλάνων με τον πύργο ελέγχου καθώς και με διάφορα άλλα τερματικά που βοηθούν το αεροπλάνο σε διάφορες λειτουργίες του όπως να προσγειωθεί με ασφάλεια στο αεροδρόμιο. Ακόμη θα κάνουμε αναφορά σε διάφορα ραντάρ αεροπλάνων αλλά και σε κάποια συστήματα ραντάρ που βοηθούν στον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας. Θα δούμε την εξέλιξή τους και διάφορα ραντάρ άλλων χωρών καθώς επίσης και ότι πιο σύγχρονο υπάρχει αυτή τη στιγμή.

Θα κάνουμε αναφορά στις επικοινωνίες ACC, VHF-UHF οι οποίες δίνονται για χρήση στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας για να εξασφαλισθεί η επικοινωνία μεταξύ των πολιτικών και στρατιωτικών αεροσκαφών. Τις επικοινωνίες HF με τις οποίες επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών εδάφους.

Επίσης θα περιγράψουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των αεροσκαφών HALO, του εξοπλισμού δικτύων εν πλω και των τερματικών χρηστών.

Περιγράφουμε τις ζεύξεις δεδομένων που γίνονται για τον έλεγχο μαχητικών αεροσκαφών.

Τέλος στην εργασία παρουσιάζονται κάποια θέματα αρκετά ενδιαφέροντα που ερευνώνται τα τελευταία 5 χρόνια.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο όρος I.L.S προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Instrument Landing System που σημαίνουν 'Σύστημα ενόργανης Προσγείωσης'. Είναι ένα τερματικό Ραδιοβοήθημα που παρέχει σε συνεργασία με τις αντίστοιχες συσκευές του αεροσκάφους πληροφορίες στο χειριστή για τη σωστή προσέγγιση και προσγείωση στο αεροδρόμιο. Εγκαθίσταται συνήθως σε αεροδρόμια με αυξημένη κίνηση και αντίξοες καιρικές συνθήκες. Περιλαμβάνει τις παρακάτω μονάδες :

Τον εντοπιστή διαδρόμου προσγείωσης που είναι ένας πομπός που δίνει πληροφορίες αζιμουθίου ως προς τον άξονα του διαδρόμου προσγείωσης του αεροδρομίου.

Τον καθοδηγητή τροχιάς κατολίσθησης που είναι ένας πομπός που δίνει πληροφορίες της ορθής κλίσης της γωνίας ως προς το οριζόντιο επίπεδο της ευθείας κατολίσθησης του αεροσκάφους κατά την προσγείωση του.

Τους ραδιοσημαντήρες που είναι δύο ή τρεις πομποί που δίνουν πληροφορίες ορθής προσέγγισης ως σημεία ελέγχου αν το αεροσκάφος βρίσκεται στην σωστή διεύθυνση προέκτασης του διαδρόμου προσγείωσης.

Ο σταθμός V.O.R είναι ένα ραδιοναυτιλιακό βοήθημα εδάφους που δίνει την δυνατότητα στον πιλότο ενός αεροσκάφους ανεξάρτητα με την πορεία του να γνωρίζει με το όργανο του δέκτη του την αζιμουθιακή του θέση θ από τον μαγνητικό Βορρά N με κορυφή το V.O.R.

Οι σταθμοί D.M.E εκπέμπουν σαν απάντηση στις αιτήσεις από τους πομποδέκτες του αεροσκάφους. Οι σταθμοί NDB χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς. Στην αεροναυτιλία χρησιμοποιούνται για μια μη ακριβή προσέγγιση σε μερικά αεροδρόμια ή μπορεί επίσης να χρησιμοποιούνται και κατά την διέλευση του αεροσκάφους από κάποια περιοχή για τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό της θέσης του αεροσκάφους.

Το σύστημα HERAS αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος εκσυγχρονισμού της ΥΠΑ και σκοπό έχει την ανακάλυψη με δεδομένα RADAR από κάθε γωνία του Ελληνικού Εθνικού χώρου ώστε να αναβαθμιστούν οι παρεχόμενες Υπηρεσίες Ελέγχου Εναέριας Κυκλοφορίας. Το σύστημα HERAS αποτελείται από :

Πρωτεύον-δευτερεύον RADAR σε συνεργασία, Ανεξάρτητα δευτερεύοντα RADAR, Σύστημα δευτερεύοντος RADAR αναφοράς για επιβεβαίωση καλής

λειτουργίας και υποστήριξης του όλου συστήματος HERAS, Συσκευές μεταφοράς δεδομένων RADAR και ελέγχου αυτών.

Το πρωτεύων RADAR μακράς εμβέλειας του ΥΜΗΤΤΟΥ χρησιμοποιεί εξελιγμένες τεχνικές επεξεργασίας για την καλύτερη ανίχνευση των στόχων. Το ανεξάρτητο κανάλι καιρού του σταθμού ΥΜΗΤΤΟΥ θα παρέχει μετεωρολογικές πληροφορίες μέσα στην υπό κάλυψη περιοχή. Οι παραπάνω σταθμοί RADAR που αποτελούνται από πληθώρα συσκευών υψηλής και εξειδικευμένης τεχνολογίας. Σε περίπτωση αδυναμίας επέμβασης οι χαλασμένες μονάδες αποστέλλονται στην Αθήνα για επισκευή από το κεντρικό εργαστήριο και εν συνεχεία επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας στο RADAR Reference Chain.

Το σύστημα PATROCLOS αποτελείται από τέσσερα τερματικά RADAR (πρωτεύον – δευτερεύον) που εγκαθίστανται σε τέσσερα μεγάλα περιφερειακά Αεροδρόμια της χώρας. Αυτά τα τερματικά RADAR εκτός από τις υπηρεσίες που θα προσφέρουν στα τοπικά αεροδρόμια, συνεισφέρουν στο σύστημα PALLAS, ώστε να συντίθεται καλύτερη κάλυψη του εθνικού εναέριου χώρου (FIR). Το σύστημα PATROCLOS περιλαμβάνει ακόμα την εγκατάσταση ψηφιακού συστήματος διαχείρισης επικοινωνιών. Από τα πιο σημαντικά στοιχεία του συστήματος είναι το computer MARA που επεξεργάζεται τις πληροφορίες που δίνουν οι δέκτες του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, φιλτράροντας και κάνοντας συνδυασμό των στόχων ώστε να προωθηθούν στις οθόνες. Η μεταφορά δεδομένων από και προς το Radar Head, δηλαδή τη θέση όπου βρίσκεται η κεραία, γίνεται με τη βοήθεια ραδιοζεύξης. Η λειτουργία του συστήματος υποστηρίζεται από τη χρήση UPS. Η χρήση του εγγυάται την σταθερή λειτουργία των συσκευών, αλλά και την ομαλή λειτουργία σε περίπτωση απώλειας ρεύματος ΔΕΗ.

Το Pallas είναι ένα EUROCAT 2.000 ATC κέντρο της εταιρείας THALES.

Σκοπός του συστήματος συνίσταται στην επεξεργασία των δεδομένων των Radar, των δεδομένων σχεδίων πτήσεως προς όφελος του ΚΕΠΑΘ, του πύργου και τεσσάρων άλλων προσεγγίσεων.

Το A-SMGCS είναι ένα σύστημα που επεξεργάζεται τα δεδομένα του ραντάρ επιφανείας ώστε να μπορεί να ελέγχει κάθε κίνηση στο έδαφος και να την αποδίδει με μια ευκρινή και ακριβή εικόνα της κατάστασης της κυκλοφορίας καλύπτοντας όλες τις περιοχές του αεροδρομίου όπου υπάρχει κίνηση αεροσκαφών ή οχημάτων. Επίσης



προβλέπει αυτόματα alarms αν ένα αεροσκάφος ή όχημα παραβιάζει ένα ενεργό διάδρομο προσγείωσης ή ένα διάδρομο τροχοδρόμησης α/φ.

Οι επικοινωνίες ACC δίνονται για χρήση στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας του ΚΕΠΑΘ προκειμένου να εξασφαλιστεί η επικοινωνία μεταξύ των πολιτικών και στρατιωτικών ιπτάμενων Αεροσκαφών και του προσωπικού εδάφους.

Η επίτευξη των επικοινωνιών αυτών γίνεται με την βοήθεια ηλεκτρονικών συσκευών που βρίσκονται στις επανδρωμένες θέσεις των τηλεπικοινωνιακών σταθμών που τηλεχειρίζονται μέσω τηλεφωνικών γραμμών από το ΚΕΠΑΘ.

Οι επικοινωνίες VHF δίνονται για χρήση στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας του Πύργου ελέγχου και της προσέγγισης προκειμένου να εξασφαλιστεί η επικοινωνία κατά τις διαδικασίες προσέγγισης, απογείωσης και προσγείωσης των αεροσκαφών.

Η επίτευξη των επικοινωνιών αυτών γίνεται από πομποδέκτες που είναι εγκατεστημένοι σε ιδιαίτερους χώρους του αεροδρομίου ή σε κοντινούς σε αυτά χώρους και τηλεχειρίζονται είτε με κοινές τηλεφωνικές γραμμές

Με τις επικοινωνίες HF επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών εδάφους των διαφόρων αερολιμένων ή σε περιπτώσεις προβληματικών επικοινωνιών VHF μεταξύ αεροσκαφών και υπηρεσιών εδάφους των αερολιμένων.

Στις επικοινωνίες VOLMET γίνεται συνεχής εκπομπή μετεωρολογικού δελτίου.

Οι επικοινωνίες ATIS(Automatic Terminal Information Service) είναι επικοινωνίες εδάφους-αέρος και έχουν σκοπό την πληροφόρηση των πιλότων των αεροσκαφών που πλησιάζουν ή αναχωρούν από το αεροδρόμιο για ότι αφορά τις επικρατούσες

καιρικές συνθήκες, όπως ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, ορατότητα, νέφωση, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση κλπ.

Η βασική αρχή λειτουργίας κάθε ραντάρ είναι η εξής: «Ενέργεια μεταφερόμενη από ραδιοκύμα εκπέμπεται από μία κεραία, προσπίπτει σε άλλο αντικείμενο, ανακλάται και ένα μικρό ποσοστό της επιστρέφει πίσω στην ίδια ή σε άλλη κεραία». Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι ραντάρ: τα ραντάρ Συνεχούς Κύματος (CW) και τα παλμικά ραντάρ που εκπέμπουν την ενέργεια κατά παλμούς. Η βασική αξιολόγηση ενός σύγχρονου ραντάρ γίνεται από τη μελέτη ακριβώς αυτών των χαρακτηριστικών των παλμών που εκπέμπει, που είναι το πλάτος, συχνότητα, η διάρκεια και η συχνότητα επανάληψης. Μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 1960

πολλά ραντάρ χρησιμοποιούσαν λυχνίες Μάγκνετρον για την παραγωγή παλμών υψηλής ενέργειας σε αποκλειστικά χαμηλή συχνότητα επανάληψης παλμών. Επιπρόσθετα, υπάρχουν Παλμικά Ντόπλερ Ραντάρ που δημιουργήθηκαν από την TWT στην οποία είχε δώσει τη θέση της η λυχνία Μάγκνετρον. Η εμφάνιση ραντάρ με χρήση της TWT στα τέλη της δεκαετίας του 1950 - εξαιτίας της αναμονής ισχυρότερων υπολογισμών που απαιτούνται για την επεξεργασία - μάλλον είναι ο σημαντικότερος σταθμός στην ιστορία του ραντάρ μέχρι την εμφάνιση των κεραιών ηλεκτρονικής σάρωσης όπως θα δούμε. Ακόμα, Ο εντοπισμός εναέριων στόχων που κινούνται κοντά στο έδαφος άρχισε να γίνεται πραγματικότητα με την εφαρμογή των βασικών κανόνων της μεταβολής της συχνότητας κατά το φαινόμενο Ντόπλερ στη λειτουργία των ραντάρ.

Στην αξιολόγηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών βασικός παράγοντας είναι η Συχνότητα Επανάληψης των Παλμών. Ο χρόνος που εμφανίζεται κάθε παλμός ονομάζεται χρονικό εύρος παλμού και συμβολίζεται με «τ». Η μέση ισχύς Ραν (average: μέση) είναι η εκπεμπόμενη ισχύς κατά το διάστημα επανάληψης των παλμών και δίνεται:  $P_{av} = R_T / T$  (Watt). Ο λόγος  $\tau/T$  ονομάζεται «παράγοντας εργασίας» και εκφράζει το χρόνο κατά τον οποίο ένα ραντάρ είναι ενεργό. Παρόλα αυτά, η ισχύ ενός ραντάρ δεν πρέπει να είναι ιδιαίτερα μεγάλη, έτσι τα σύγχρονα ραντάρ δεν έχουν πολύ υψηλή μέση ισχύ. Ακόμα η απόσταση R ενός στόχου από το ραντάρ υπολογίζεται από τον τύπο:  $R=c.t/2$  όπου c είναι η ταχύτητα του φωτός και t είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ίδιου παλμού. Μερικά ραντάρ χρησιμοποιούν χαμηλές PRF για έρευνα μεγάλης ακτίνας, ενώ τα ραντάρ πολλαπλών ρόλων χρησιμοποιούν μεσαίες και υψηλές για εναέρια έρευνα. Η χρήση υψηλής PRF δίνει και καλή μέση ισχύ, επομένως και μεγάλη εμβέλεια, και μπορεί να μετρηθεί αξιόπιστα η ταχύτητα ενός ταχέως κινούμενου στόχου. Για τη βελτίωση της ανίχνευσης σε κατόπτρευση, μέσες PRF μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μεταξύ 6-16 KHz όμως δε δίνουν ακριβή στοιχεία ακτίνας και ταχύτητας. Η χρήση μεσαίων PRF παρέχουν αξιόλογες LD/SD ικανότητες. Εκτός από τη λειτουργία με τις αρχές του φαινομένου Ντόπλερ, πολύ σημαντικό στοιχείο είναι και η συμπίεση παλμών. Επίσης, σημαντικό χαρακτηριστικό των ραντάρ, ιδιαίτερα αυτών που αναλαμβάνουν αποστολές κρούσης, είναι το MTI όπου επιτρέπει την απόρριψη των σημάτων που βρίσκονται εκτός ορισμένων ορίων ταχύτητας και αυτό επιτυγχάνεται με τη σύγκριση διαδοχικών ανακλάσεων από τον ίδιο στόχο. Ακόμα υπάρχει η τεχνική όξυνσης Ντόπλερ και χρησιμοποιείται για την παροχή πολύ λεπτομερών

στοιχείων στο αζιμούθιο. Ένα από τα σημαντικά θέματα που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά τη σχεδίαση της κεραίας είναι η συγκέντρωση της ισχύος του ραντάρ στην κεντρική ακτίνα σάρωσης και οι λιγότερες δυνατές απώλειες κατά την εκπομπή. Επιπλέον, η φυσική υπόσταση των σχισμών αποτρέπει την εισαγωγή παλμών άσχετων προς αυτούς του ραντάρ, αφού αυτές καθορίζουν αυστηρά το πλάτος και την πόλωση. Με βάση τα παραπάνω βασικοί παράγοντες καθορισμού της απόδοσης του ραντάρ είναι: η μεγάλη ακτίνα δράσης, η υψηλή ανάλυση χαρτογράφησης, αποστασιομέτρησης στόχου εύρεση ταχύτητας, η υψηλή απόρριψη επιστροφών εδάφους και ο υψηλός βαθμός ECCM. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί πως σημαντικός επιχειρησιακός παράγοντας λειτουργίας των ραντάρ είναι και ο MTBF.

Γενικά, οι κεραίες που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα ραντάρ είναι επίπεδες με σχισμές, όπου το κύμα της ακτινοβολίας εκπέμπεται μέσα από τις σχισμές της επίπεδης κεραίας. Οι κεραίες ενεργών ηλεκτρονικών στοιχείων αποτελούνται από εκατοντάδες μικρά στοιχεία εκπομπής/λήψης. Οι ενεργές κεραίες διάταξης φάσης βασίζονται σε συστήματα που αναπτύχθηκαν για ραντάρ εδάφους-αέρος. Στις σύγχρονες κεραίες τρισδιάστατης έρευνας, οι φάσεις του εκπεμπόμενου κύματος των ανεξάρτητων στοιχείων της κεραίας ελέγχονται ηλεκτρονικά. Το Rockwell B-1B Lancer ήταν το πρώτο αεροσκάφος με κεραία ραντάρ παθητικής λειτουργίας, και είναι γνωστό και ως «hangar queens». Ένα πρόβλημα των κεραίων ενεργών στοιχείων είναι η μεγάλη έκλυση θερμότητας, που δύσκολα αποβάλλεται. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των κεραίων παθητικών στοιχείων είναι η αργή ταχύτητα μεταγωγής των σιδερένιων πυρήνων του ραντάρ που κατευθύνουν την ακτίνα. Κύρια εξέλιξη στα ραντάρ αποτελεί η εγκατάσταση ηλεκτρονικής σάρωσης προς αντικατάσταση των παλαιών επίπεδων, μηχανικά κινούμενων κεραίων. Πάντως, ας μην ξεχνάμε πως το Rockwell B-1Blancer έχει κεραία παθητικών στοιχείων. Το ιαπωνικό FS-X επίσης θα έχει κεραία ενεργών στοιχείων διαμέτρου 66 εκατοστών, ενώ το πολυπαθές EFA, θα έχει συμβατική κεραία.

Τα κυριότερα ραντάρ σε υπηρεσία είναι: στις Ηνωμένες Πολιτείες το APG-70, το APG-71, το APG-65 και το APG-68. Στη Μεγάλη Βρετανία είναι το Foxhunter και το Blue Vixen. Στη Σουηδία είναι το UAP 1023 (PS-46/A) και το PS-05/A. Στη Γαλλία είναι το RDI, το RDY και το Antilope 5. Ακόμα υπάρχουν σημαντικά ραντάρ που είναι σε υπηρεσία στην Ιταλία στο Ισραήλ και στην Πρώην Σοβιετική Ένωση.

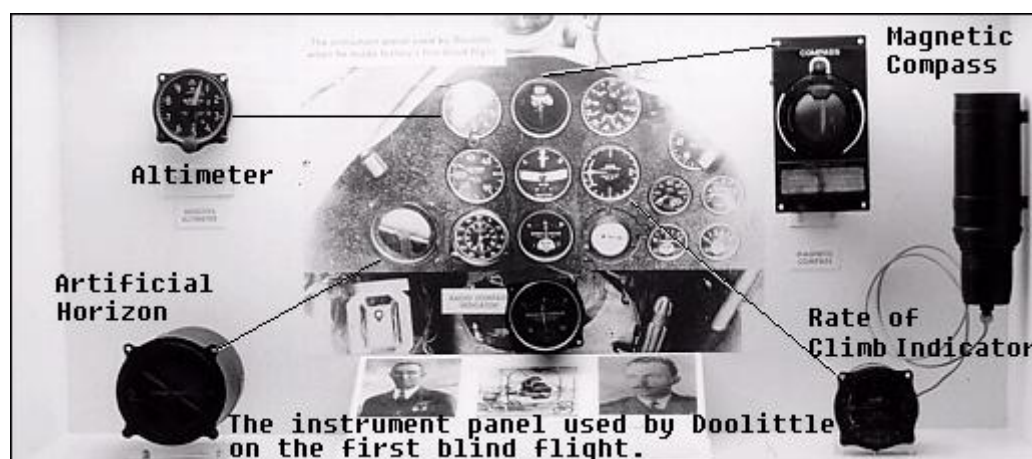
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Επικοινωνίες αεροσκαφών

- **Γενικά ιστορικά**

Στη δεκαετία του '20 υπήρξε αργή αλλά σταθερή πρόοδος στην ανάπτυξη των οργάνων πιλοτηρίων για το πέταγμα κατά τη διάρκεια του σκληρού καιρού. Με την κατάλληλη κατάρτιση, ένας πιλότος θα μπορούσε να πετάξει μια ευθεία και σειρά μαθημάτων επιπέδων ή θα μπορούσε να εκτελέσει τις προκαθορισμένες στροφές, αναρριχείται, και βουτά, απλά με την προσοχή των οργάνων πτήσης πετώντας στη βροχή ή την ομίχλη που έκρυψαν το έδαφος από την άποψή του. Εντούτοις, έπρεπε να έχει τις ενισχύσεις ραδιοπλοήγησης για να τον βοηθήσει στον καθορισμό της ακριβούς θέσης του επάνω από το έδαφος ήταν κατά γενική ομολογία είναι ανόητο και επικίνδυνο για να αρχίσει μια κάθοδο χωρίς γνώση, παραδείγματος χάριν, της θέσης του όσον αφορά τις σειρές βουνών. Ευτυχώς, τα αεροσκάφη και τα αλεσμένα ραδιόφωνα επίσης σταθερά βελτιώνονταν και μέχρι την πρόσφατη δεκαετία του '20, άρχισαν να αποδεικνύουν το βαθμό σειράς και αξιοπιστίας που απαιτήθηκε. Ο κόσμος ήταν τώρα έτοιμος για την πρώτη τυφλή πτήση της ιστορίας.

Αυτό το κύριο σημείο επιτεύχθηκε στις 24 Σεπτεμβρίου ..1929 όταν απογειώθηκε ο υπολογαγός Jimmy Doolittle, που εργάζεται με το ίδρυμα Guggenheim, από Mitchel προς ΝΕΑ ΥΟΡΚΗ, πέταξε μια σειρά μαθημάτων 15-μιλίου, και προσγειώθηκε ακίνδυνα χωρίς πάντα να δει το έδαφος.



Ένα από τα πρώτα πιλοτήρια. ([www.wpafb.af.mil/museum/history](http://www.wpafb.af.mil/museum/history))

Στο μέτωπο το πιλοτήριο ήταν ο υπολογαγός Benjamin Kelsey, που εξυπηρετεί δεδομένου ότι ασφάλεια πειραματική εάν αναπτυχθεί η κάποια έκτακτη

ανάγκη, αλλά κατά τη διάρκεια της πλήρους πτήσης αυτός κράτησε τα χέρια του έξω από το πιλοτήριο όπου μπόρεσαν να φανούν.

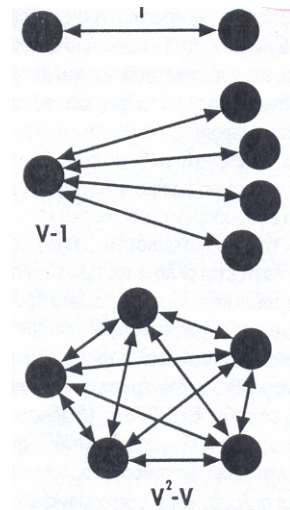
Το επόμενο κύριο σημείο ήταν η πρώτη **σόλο** τυφλή πτήση. Επιτεύχθηκε στον τομέα Patterson από Major A. Φ. Hegenberger στις 9 Μαΐου, το 1932. Σε ένα Ντάγκλας BT-2 αεροπλάνο που εξοπλίστηκε με τα τυποποιημένα όργανα σωμάτων αέρα, απογειώθηκε, έκανε μια μικρή πτήση, και προσγειώθηκε ακίνδυνα χωρίς μια φορά να δει έξω από το πιλοτήριό του. Έκανε την τελική προσέγγιση προσγειώσής του με την παράταξη σε δύο ραδιοσυσκευές αποστολής σημάτων μέσω της χρήσης μιας ραδιοπυξίδας στο αεροπλάνο του.

Αν και η πρακτικότητα του τυφλού πετάγματος ήταν καταδειγμένη, θα ήταν έτη προτού τα ικανοποιητικά κονδύλια να διατεθούν για να καθιερώσουν ένα ραδιοπλοήγησης δίκτυο στις ΗΠΑ, εξοπλίζουν όλα τα αεροπλάνα με τα απαραίτητα ραδιόφωνα και τα όργανα, παρέχουν στα αεροδρόμια τις κατάλληλους επίγειους συσκευές αποστολής σημάτων και τους δέκτες, και για να εκπαιδεύσουν όλους τους πιλότους σωμάτων αέρα στις κατάλληλες διαδικασίες με σκοπό να σώσουν τις ζωές τους.

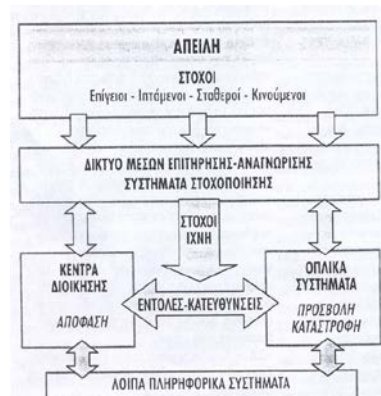
- **Εν αρχή ην.....ο Δίας**

Αν κάνουμε μια αναδρομή στον τομέα της τεχνολογίας των πληροφοριών, θα δούμε ότι η ικανότητα και η δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών έχουν εκθετικά πολλαπλασιασθεί. Πριν από την κατακλυσμική επέκταση των ηλεκτρονικών υπολογιστών η ανταλλαγή πληροφοριών ήταν χρονοβόρα (αγγελιοφόρος, οπτική μετάδοση σημάτων, τηλεγραφία, τηλεφωνία, τηλεδιάσκεψη), όπως και η δημιουργία Βάσεων πληροφοριών (αρχεία, βιβλιοθήκες, ταινιοθήκες, καρτελοθήκες λογιστηρίων) με ιδιαίτερα αργούς ρυθμούς ενημέρωσης. Οι μεγάλοι οργανισμοί σταδιακά αναπτύσσουν εξαιρετικά δραστήριες εκδοτικές υπηρεσίες. Η εμφάνιση των κεντρικών συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών (main frames) άρχισε να αντιμετωπίζει τα παραπάνω προβλήματα σε ιδιαίτερα κρίσιμες περιοχές, που απαιτούσαν τη διαχείριση και αποθήκευση μεγάλου όγκου στοιχείων. Η παρουσία των μικρών επιτραπέζιων και φορητών ηλεκτρονικών υπολογιστών (PCs) και στη συνέχεια των τοπικών δικτύων (LANs) και των αρχιτεκτονικών Πελάτη-Εξυπηρετητή (Client-Server) σηματοδοτεί την εμφάνιση καταγισμού λύσεων για τη

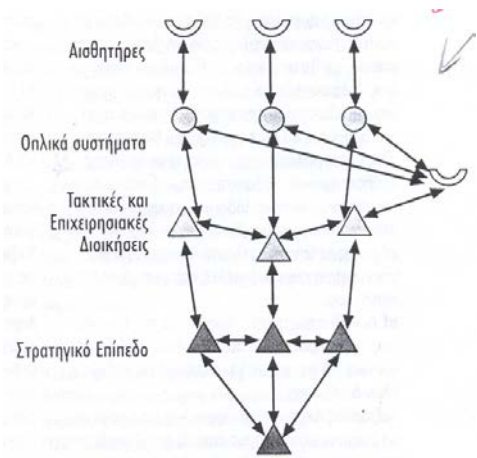
συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και διανομή των πληροφοριών. Η επέκταση των δικτύων σε ευρύτερες περιοχές (WANs) και, τελικά, η ελεύθερη και οικονομικότερη χρησιμοποίηση του διαδικτύου INTERNET έδωσαν τη δυνατότητα ανεμπόδιστης διακίνησης πληροφοριών και διάχυσης της γνώσης. Παράλληλα, η τεχνολογική εξέλιξη των πηγών συλλογής πληροφοριών και των μέσων επικοινωνιών με δυνατότητα μεταφοράς μεγάλου όγκου ψηφιακών δεδομένων (ραντάρ, ψηφιακές κάμερες, αισθητήρες, όργανα και συσκευές παντός τύπου, οπτικές ίνες, δορυφόροι, επίγειες και δορυφορικές επικοινωνίες κτλ.) καθιστούν δυνατή την αντίληψη της κατάστασης στις ενδιαφέρουσες περιοχές σε πραγματικούς ή 'σχεδόν πραγματικούς χρόνους και επιτρέπουν την αύξηση των ρυθμών των επιχειρήσεων. Οι οργανισμοί οργανώνονται πλέον με βάση τις τεχνολογικές λύσεις επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών που υιοθετούν. Η παλαιότερη βραχυχρόνια δυνατότητα επικοινωνίας, ένας με έναν (1) ή ένας με πολλούς (v-1), εξελίσσεται σε διαρκή όλων με όλους [ $v(v-1)$  ή  $(v^2-v)$ ]. Επιπρόσθετα, οι ανταλλασσόμενες σήμερα πληροφορίες (δεδομένα, κείμενα, ήχος, εικόνα, video) είναι πλήρως επεξεργάσιμες, αντίθετα με το παρελθόν, που και η υποτυπώδης αναπαραγωγή τους ήταν δυσχερής έως αδύνατη. Οι δομές, οι διαδικασίες και η δράση των σύγχρονων οργανισμών στηρίζονται στα δίκτυα αισθητήρων, επικοινωνιών και πληροφορικής, που για συντομία θα τα λέμε **δίκτυα πληροφοριών**.



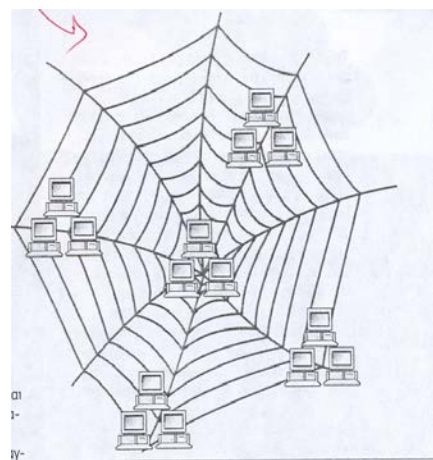
Στο Σχήμα της σελίδας δεξιά φαίνεται απλά ότι το ζητούμενο σύστημα C4ISR είναι ο εντοπισμός των στόχων των αντιπάλων και η εξασφάλιση της δυνατότητας έγκαιρης και αποτελεσματικής προσβολής και εξουδετέρωσης τούς. Οι διοικήσεις και τα οπικά συστήματα που διαθέτουν υποστηρίζονται από πολλαπλά δίκτυα αισθητήρων, επικοινωνιών και πληροφορικής που υποστηρίζουν τις διαδικασίες πληροφοριών (εντοπισμός και αναγνώριση στόχων, διάταξη, δυνατότητες) και λήψης αποφάσεων (εντολή εξουδετέρωσης-καταστροφής στόχων) και δημιουργούνται



«πλέγμα πληροφοριών» που φαίνεται στο Σχήμα της σελίδας δεξιά. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι ραντάρ και άλλα οπτικά ή ηλεκτρονικά επιτήρησης και συλλογής πληροφοριών, παρατηρητές, «ανοικτές» (MME, κτλ.) και «κλειστές» πηγές πληροφοριών. Αυτό που εύκολα παρατηρεί κανείς είναι ότι το σύνολο σχεδόν των πληροφοριών που διακινείται και χρησιμοποιείται από το πλέγμα πληροφοριών μιας ένοπλης δύναμης είναι χωρική πληροφορία. Δηλαδή, όλες σχεδόν οι διαθέσιμες πληροφορίες μπορούν να συσχετισθούν άμεσα ή έμμεσα με γεωγραφικές συντεταγμένες. Έτσι, με την καθιέρωση συνθηματικών παραστάσεων και συμβόλων κάθε οντότητας (γεωγραφικά δεδομένα, καιρός, φιλίες και εχθρικές δυνάμεις κτλ.) ο διοικητής μπορεί να έχει μια συνοπτική εικόνα του θεάτρου επιχειρήσεων πάνω σε ένα χάρτη. Στα αυτοματοποιημένα συστήματα (4ISR, όπου είναι δυνατόν να γίνεται συλλογή, επεξεργασία και διανομή των πληροφοριών σε πολύ μικρό χρόνο, μπορούμε να έχουμε εικόνα του πεδίου της μάχης και κατ' επέκταση του θεάτρου επιχειρήσεων σε πραγματικούς ή σχεδόν πραγματικούς χρόνους. Στις οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών των οπλικών συστημάτων, των διοικητών και των κέντρων επιχειρήσεων τους μπορούν να φαίνονται τα φίλια και εχθρικά αεροσκάφη, πλοία, μονάδες στις θέσεις που πραγματικά βρίσκονται κάθε στιγμή.



Η διαλειτουργικότητα των συστημάτων διοίκησης, ελέγχου και πληροφοριών των κλάδων των ενόπλων δυνάμεων επιχειρείται με το πρόγραμμα ανάπτυξης του Διακλαδικού Ιστού Αυτοματοποιημένων Συστημάτων (ΔΙΑΣ). Ο προσδιορισμός «ιστός» δίνει τη βασική ιδέα αρχιτεκτονικής του ΔΙΑΣ καθώς και τις σκοπούμενες δυνατότητές του που φαίνονται στο διπλανό σχήμα. Τα επιμέρους χαρακτηριστικά προσιδιάζουν αυτά των συστημάτων portal και, επειδή το πρόγραμμα υλοποιείται σύμφωνα με τις αρχές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ας μου επιτραπεί, να μην προχωρήσω σε περισσότερα τεχνικές αναλύσεις που εμπίπτουν στο χώρο της εμπιστευτικότητας. θα έλεγα μόνο ότι η σχε-



δίαση του ΔΙΑΣ καλύπτει όλες τις απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν, ώστε να επιτύχει την υπεροχή των Ελληνικών Ενόπλων Δυνάμεων στον τομέα των πληροφοριών. Το πρόγραμμα έχει λιγότερο του έτους ζωή και πρακτικά βρίσκεται στην τρίτη φάση του. Έχει ολοκληρωθεί ο βασικός σχεδιασμός, έχουν προσδιορισθεί τα βασικά τεχνολογικά πρότυπα (Φάση1), έχει αναπτυχθεί η τράπεζα πληροφοριών και η πλατφόρμα για την παρουσίαση τους (Φάση 2) και συνεχίζεται ο εμπλουτισμός του με διαδικασίες, δυνατότητες και «εργαλεία» υποστήριξης των κύκλων πληροφοριών και αποφάσεων (Φάση 3). Οι επόμενες φάσεις θα επεκτείνουν και θα πυκνώσουν τον επιδιωκόμενο «ιστό». Εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς ότι ο ΔΙΑΣ είναι ένα πρόγραμμα χωρίς τέλος.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**

- **Επικοινωνίες ACC**

Οι επικοινωνίες ACC(Area Control Center) δίνονται για χρήση στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας του ΚΕΠΑΘ (Κέντρο Ελέγχου Περιοχής Αθηνών), προκειμένου να εξασφαλιστεί η επικοινωνία μεταξύ των πολιτικών και στρατιωτικών ιπτάμενων Αεροσκαφών και του προσωπικού εδάφους.

Οι επικοινωνίες αυτές γίνονται στην περιοχή VHF(118-136 MHz) για τα πολιτικά αεροσκάφη και στην UHF (225-400 MHz) για τα στρατιωτικά.

Κάθε τομέας (βόρειος, νότιος, ανατολικός, δυτικός) εξυπηρετείται με δύο συχνότητες (VHF) [Από μία για τον χαμηλό(Lower) και τον υψηλό(Higher) κατά ύψος διαχωρισμό τους και από συχνότητα UHF]. Η επίτευξη των επικοινωνιών αυτών γίνεται με την βοήθεια ηλεκτρονικών συσκευών(πομποδεκτών) που βρίσκονται στις επανδρωμένες (από τους ηλεκτρονικούς ασφαλείας πτήσεων της ΥΠΑ) θέσεις των τηλεπικοινωνιακών σταθμών Υμηττού, Θάσου, Ακαρνικών, Σητείας, Σπεργιολίου και Πεταλιδίου και που τηλεχειρίζονται μέσω τηλεφωνικών γραμμών από το ΚΕΠΑΘ. Για κάθε συχνότητα VHF που εκπέμπεται και λαμβάνεται, υπάρχουν δύο πομποδέκτες (Main, Stand by) σε κανονική συνεχή λειτουργία για λόγους εφεδρείας. Επίσης υπάρχει και ένας επιπλέον πομποδέκτης ανά συχνότητα (Extra Stand by), προορίζεται για την αντικατάσταση σε περίπτωση βλάβης κάποιου από αυτούς που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα. Το ίδιο ισχύει και για κάθε συχνότητα UHF.

Στις οροφές των κτιρίων ή σε ειδικούς πυλώνες είναι εγκατεστημένες κεραιές τύπου μαστιγίου που χρησιμοποιούνται από τους παραπάνω πομποδέκτες. Η χρήση των κεραιών από τους πομπούς και τους δέκτες γίνεται με την χρήση κυκλωμάτων Change Over και Multicouplers.

Οι ηλεκτρονικοί ασφαλείας πτήσεων της ΥΠΑ που επανδρώνουν τους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς εγγυώνται την καλή λειτουργία των πομποδεκτών και των κεραιών τους επεμβαίνοντας όταν χρειαστεί σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου, με την επισκευή, την αντικατάσταση και την συντήρησή τους.

- **Επικοινωνίες VHF-UHF Αερολιμένων**

Οι επικοινωνίες VHF δίνονται για χρήση στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας του Πύργου ελέγχου (Tower) και της προσέγγισης (Approach), προκειμένου να εξασφαλιστεί η επικοινωνία μεταξύ των πολιτικών και στρατιωτικών ιπταμένων Αεροσκαφών και του προσωπικού εδάφους, κατά τις διαδικασίες προσέγγισης, απογείωσης και προσγείωσης των αεροσκαφών.

Στους μεγάλους Αερολιμένες οι συχνότητες πύργου και προσέγγισης είναι διαφορετικές ενώ στους μικρότερους περιφερειακούς γίνονται στην ίδια συχνότητα.

Οι επικοινωνίες αυτές διακρίνονται στις τρεις παρακάτω κατηγορίες :

- Επικοινωνίες Πύργου(TWR)
- Επικοινωνίες Προσέγγισης – Αναχώρησης (APP)
- Επικοινωνίες AFIS

Η επίτευξη των επικοινωνιών αυτών γίνεται από πομποδέκτες που είναι εγκατεστημένοι σε ιδιαίτερους χώρους του αεροδρομίου ή σε κοντινούς σε αυτά χώρους και τηλεχειρίζονται είτε με κοινές τηλεφωνικές γραμμές ή με ειδικές συσκευές τηλεχειρισμού. Η θέση που εγκαθίστανται επιλέγεται ανάλογα με την κάλυψη του αεροδρομίου.

Λόγω της σπουδαιότητας των συχνοτήτων αυτών, υπάρχουν για κάθε συχνότητα δύο πομποδέκτες main, standby τοποθετημένοι αν υπάρχει δυνατότητα σε διαφορετικές θέσεις που τροφοδοτούνται από τη τάση δικτύου και σε περίπτωση διακοπής από ειδικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη. Σε κάθε συχνότητα υπάρχει και τρίτος πομποδέκτης με ανεξάρτητη λειτουργία που τροφοδοτείται με μπαταρία 12V.

Άλλοι δύο πομποδέκτες είναι εγκατεστημένοι σε κάθε αερολιμένα και εξυπηρετούν έκτακτες ανάγκες κινδύνου. Η συχνότητα που εκπεμπουν αυτοί έχει καθιερωθεί από τον IACO να είναι 121,5 MHz και είναι κοινή για όλους τους αερολιμένες του κόσμου.

- **Επικοινωνίες HF**

Με τις επικοινωνίες HF επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών εδάφους των διαφόρων αερολιμένων (επικοινωνίες εδάφους – εδάφους ή ground – ground communications) ή σε περιπτώσεις προβληματικών επικοινωνιών VHF μεταξύ αεροσκαφών και υπηρεσιών εδάφους των αερολιμένων.

Οι επικοινωνίες HF υλοποιούνται με πομπούς και δέκτες HF-AM, SSB που εγκαθίστανται επικοινωνίες στα κέντρα εκπομπής – λήψης των αερολιμένων ενώ υποστηρίζονται από τους ηλεκτρονικούς ασφαλείας πτησεων της ΥΠΑ που εκτελούν χρέη 24ωρης φυλακής στους αερολιμένες. Οι συχνότητες στους πομπούς και τους δέκτες αυτούς είναι κοινές για όλα τα αεροδρόμια και είναι οι 3015KHz και 5638KHz.

- **Επικοινωνίες VOLMET**

Στις επικοινωνίες VOLMET γίνεται συνεχής εκπομπή μετεωρολογικού δελτίου στη συχνότητα VHF 127,8MHz. Οι πομποί αυτοί τηλεχειρίζονται μέσω μισθωμένων γραμμών του ΟΤΕ. Για τις συχνότητες VOLMET διατίθενται δύο πομποί με ξεχωριστές κεραίες από τους οποίους είναι μόνιμα σε εκπομπή ο main.

- **Επικοινωνίες ATIS (Automatic Terminal Information Service)**

Οι επικοινωνίες ATIS(Automatic Terminal Information Service) είναι επικοινωνίες εδάφους-αέρος και έχουν σκοπό την πληροφόρηση των πιλότων των αεροσκαφών που πλησιάζουν ή αναχωρούν από το αεροδρόμιο για ότι αφορά τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, όπως ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, ορατότητα, νέφωση, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση κλπ.

Οι πληροφορίες που εκπέμπει ο πομπός ATIS είναι συνεχείς και ανανεώνονται κάθε μισή ώρα. Η συχνότητα των επικοινωνιών ATIS είναι η 123,4 MHz.

- **Σταθμοί ασυρμάτων τηλεφωνικών επικοινωνιών**

#### **KENS (Κέντρο Εκπομπής Νέας Σμύρνης)**

Το κέντρο εκπομπής Νέας Σμύρνης βρίσκεται σε ευθεία απόσταση 5Km από τον Κρατικό Αερολιμένα Αθηνών και χρησιμοποιείται σαν :

1. Κέντρο εκπομπής για τις επικοινωνίες HF ΚΑΑ.
2. Ενδιάμεσος σταθμός της ζεύξης μεταξύ του ΚΑΑ και του τηλεπικοινωνιακού σταθμού του Υμηττού(ΚΕΛΥ)

Ο τηλεχειρισμός των πομποδεκτών HF γίνεται από τον ΚΑΑ μέσω μισθωμένων γραμμών του ΟΤΕ. Για τη ζεύξη μεταξύ του ΚENS και του ΚΕΛΥ έχει

εγκατασταθεί στο ΚΕΝΣ σύστημα ασύρματης φερεσυχνικής ζεύξης 86 τηλεφωνικών διαύλων τύπου FARINON. Η ζεύξη αυτή γίνεται μεταξύ ΚΕΝΣ-ΚΕΛΥ και όχι μεταξύ ΚΑΑ-ΚΕΛΥ γιατί ο ΚΑΑ δεν έχει οπτική επαφή με το ΚΕΛΥ σε αντίθεση με το ΚΕΝΣ.

Επίσης έχει εγκατασταθεί και τηλεχειρίζεται από τον ΚΑΑ και πομπός VHF που εξυπηρετεί επικοινωνίες ΑΤΙΣ. Το ΚΕΝΣ έχει πλήρη εργαστηριακό εξοπλισμό και είναι επανδρωμένος σε 24ωρη βάση από ηλεκτρονικούς ασφαλείας πτήσεων της ΥΠΑ.

### **ΚΛΚΒ(Κέντρο Λήψης Καββουριού)**

Ο σταθμός Καββουριού βρίσκεται κοντά στον Κρατικό Αερολιμένα Αθηνών. Εκτός από τις εγκαταστάσεις ραδιοβοηθημάτων, έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν οι κύριες συσκευές πομποδεκτών επικοινωνιών VHF προσεγγίσης του Αεροδρομίου Αθηνών(ΑΡΡ)

Οι πομποδέκτες αυτοί τηλεχειρίζονται από τον ΚΑΑ με την βοήθεια μμισθωμένων γραμμών του ΟΤΕ.

Ο σταθμός Καββουριού υπηρετείται σε 24ωρη βάση από τους ηλεκτρονικούς ασφαλείας πτήσεων του ΚΑΑ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΡΑΔΙΟΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

- **I.L.S**

#### Γενικά

Ο όρος I.L.S προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Instrument Landing System που σημαίνουν κατά λέξη ‘Σύστημα ενόργανης Προσγείωσης’. Το I.L.S είναι ένα τερματικό Ραδιοβοήθημα που παρέχει σε συνεργασία με τις αντίστοιχες συσκευές του αεροσκάφους πληροφορίες στο χειριστή ενός αεροσκάφους για τη σωστή προσέγγιση και προσγείωση στο αεροδρόμιο.

Το I.L.S εγκαθίσταται συνήθως σε αεροδρόμια με αυξημένη κίνηση και αντίξοες καιρικές συνθήκες. Στην Ελλάδα βρίσκονται σήμερα εγκατεστημένα I.L.S στους κρατικούς Αερολιμένες Αθηνών, Θεσσαλονίκης και Ρόδου. Σκοπός του συστήματος I.L.S είναι να δώσει στο πιλότο ακριβείς πληροφορίες της διεύθυνσης του αεροσκάφους του ώστε να οδηγήσει το αεροσκάφος αν είμαι δυνατό και μέχρι του ακριβούς σημείου που αγγίζει το έδαφος.

Η αξιοπιστία του συστήματος εξαρτάται από την αξιοπιστία των συσκευών, της ποιότητας της εγκατάστασης και των περιβαντολογικών συνθηκών (βουνά, κτίρια, κλιματολογικές συνθήκες). Για το λόγο αυτό πριν την εγκατάσταση του γίνεται θεωρητική μελέτη, υπολογιζόμενων όλων των παραγόντων οι οποίοι μετά την εγκατάσταση δεν πρέπει να μεταβάλλονται .

Ανάλογα με την αξιοπιστία του συστήματος το I.L.S κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες

**Κατηγορία 1** Επιτρέπει την ακριβή οδήγηση του αεροσκάφους μέχρι ύψους 200 ποδιών πάνω από το σημείο αναφοράς του I.L.S (Reference point). Το σημείο αναφοράς βρίσκεται περίπου 150 μέτρα περίπου από το σημείο επαφής του αεροσκάφους με το έδαφος (touch down point).

**Κατηγορία 2** Επιτρέπει την ακριβή οδήγηση του αεροσκάφους μέχρι ύψους 50 πόδων πάνω από το σημείο αναφοράς του I.L.S (Reference point).

**Κατηγορία 3** Επιτρέπει την ακριβή οδήγηση του αεροσκάφους μέχρι την επιφάνεια του διαδρόμου προσγείωσης.

Το σύστημα του I.L.S περιλαμβάνει τις παρακάτω μονάδες :

### **1. Εντοπιστής διαδρόμου προσγείωσης (Localizer)**

Ο εντοπιστής διαδρόμου προσγείωσης είναι ένας πομπός που δίνει πληροφορίες αζιμουθίου ως προς τον άξονα (Center Line) του διαδρόμου προσγείωσης του αεροδρομίου. Μαζί με τον πομπο του καθοδηγητή τροχιάς κατολίσθησης (Glide path) μπορεί να επιτευχθεί ακριβής προσέγγιση.

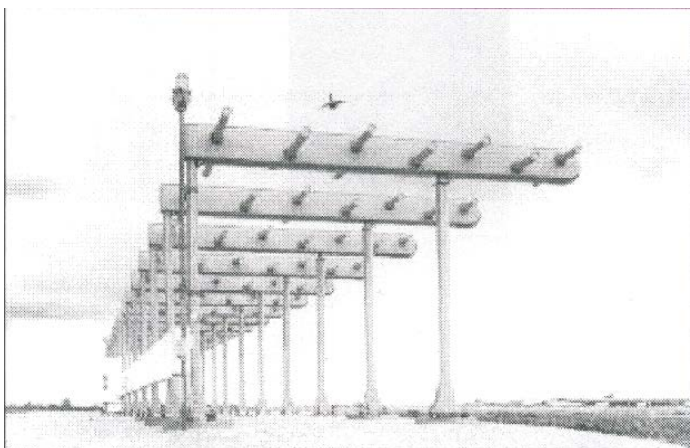
Οι κεραιές του localizer τοποθετούνται στο τέρμα του διαδρόμου (far end) στο σημείο που φαίνεται από το αεροπλάνο όταν αρχίζει να προσγειώνεται. Η εγκατάσταση της κεραιάς είναι μια γραμμική σειρά κεραιών πολλών στοιχείων με χοντρά περιπλεγμένα στοιχεία. Το localizer εκπέμπει σε συχνότητες μεταξύ 108 και 118MHz.

### **2. Καθοδηγητής τροχιάς κατολίσθησης (Glide path)**

Ο Καθοδηγητής τροχιάς κατολίσθησης είναι ένας πομπός που δίνει πληροφορίες της ορθής κλίσης της γωνίας ως προς το οριζόντιο επίπεδο της ευθείας κατολίσθησης του αεροσκάφους κατά την προσγείωση του.

### **3. Ραδιοσημαντήρες (Marker Beacons)**

Είναι δύο η τρεις πομποί που δίνουν πληροφορίες ορθής προσέγγισης ως σημεία ελέγχου αν το αεροσκάφος βρίσκεται στην σωστή διεύθυνση προέκτασης του διαδρόμου προσγείωσης. Στους παραπάνω σταθμούς μπορεί να συνυπάρχουν ταυτόχρονα εγκατεστημένοι ειδικοί εντοπιστές (Compass Locators).



## • Σταθμοί V.O.R

Το V.O.R (VHF Omni Directional Range) είναι ένα ραδιοναυτιλιακό βοήθημα εδάφους που δίνει την δυνατότητα στον πιλότο ενός αεροσκάφους ανεξάρτητα με την πορεία του να γνωρίζει με το όργανο του δέκτη του την αζιμουθιακή του θέση θ από τον μαγνητικό Βορρά N με κορυφή το V.O.R.

Τα ραδιοβοηθήματα VOR είναι ένας πομπός περιοχής λειτουργίας 108-118MHz.

Ανάλογα με την θέση εγκατάστασης του διακρίνεται σε :

**1.Τερματικό** εγκατεστημένο μέσα στο αεροδρόμιο με ισχύ 50W. Το Terminal VOR

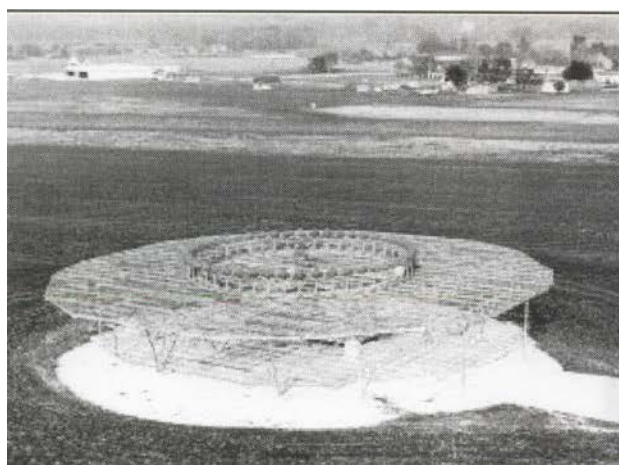
**(Terminal)** εκπέμπει στην περιοχή των συχνοτήτων 102-112MHz

**2.Διέλευσης** εγκατεστημένο συνήθως σε βουνοκορφές με ισχύ 200W. Το En Route

**(En Route)** VOR εκπέμπει στην περιοχή συχνοτήτων 112-118MHz πάνω από το

Σημείο αναφοράς του I.L.S (Reference point)

Τα VOR συνεργάζονται συνήθως με σταθμούς DME(Distance Measuring Equipment) ή TACAN(military).



- **Σταθμοί D.M.E**

Οι σταθμοί D.M.E (Distance Measuring Equipment) εκπέμπουν σαν απάντηση στις αιτήσεις από τους πομποδέκτες του αεροσκάφους. Η διαφορά χρόνου μεταξύ αίτησης και απάντησης επιτρέπει στη συσκευή του αεροσκάφους να υπολογίσει την απόσταση από τον σταθμό D.M.E. Τα D.M.E συνεργάζονται συνήθως με σταθμούς V.O.R (VHF Omni Directional Range).

- **Σταθμοί NDB**

Οι πομποί NDB χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς. Στην αεροναυτιλία χρησιμοποιούνται για μια μη ακριβή προσέγγιση σε μερικά αεροδρόμια ή μπορεί επίσης να χρησιμοποιούνται και κατά την διελευση του αεροσκάφους από κάποια περιοχή (En Route) για τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό της θέσης του αεροσκάφους. Επίσης εκδοσεις των ίδιων συσκευών με χαμηλότερη ισχύ μπορεί να είναι εγκατεστημένα σε σταθμούς I.L.S σαν outer marker ή σαν ειδικοί εντοπιστές (Compass Locators)



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΔΙΚΤΥΟ RADAR**

- **HElIenicRAdarSystem ΣΥΣΤΗΜΑ HE.RA.S**

#### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ RADAR (HERAS) ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

Το νέο σύστημα RADAR της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας για την υποστήριξη του Ελέγχου Κυκλοφορίας στον εναέριο χώρο ονομάζεται HERAS ακρόνυμο των λέξεων HElIenicRAdarSystem.

Το σύστημα HERAS αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος εκσυγχρονισμού της ΥΠΑ και σκοπό έχει την ανακάλυψη με δεδομένα RADAR από κάθε γωνία του Ελληνικού Εθνικού χώρου ώστε να αναβαθμιστούν οι παρεχόμενες Υπηρεσίες Ελέγχου Εναέριας Κυκλοφορίας σύμφωνα με τις απαιτήσεις των διεθνών οργανισμών (ICAO, IATA, ECAC, EYROCONTROL κλπ) για αξιοπιστία και ασφάλεια στις Αερομεταφορές.

Το σύστημα HERAS αποτελείται από

- Πρωτεύον-δευτερεύον RADAR σε συνεργασία
- Ανεξάρτητα δευτερεύοντα RADAR
- Σύστημα δευτερεύοντος RADAR αναφοράς για επιβεβαίωση καλής λειτουργίας και υποστήριξης του όλου συστήματος HERAS
- Συσκευές μεταφοράς δεδομένων RADAR και έλεγχου αυτών.

Συγκεκριμένα το σύστημα HERAS αποτελείται από

- Σύστημα πρωτεύοντος – δευτερεύοντος RADAR κάλυψης 200 NM το οποίο έχει εγκατασταθεί στο βουνό Υμηττο.
- Σύστημα δευτερεύοντος RADAR κάλυψης 200 NM το οποίο έχει εγκατασταθεί στο βουνό Πήλιο.
- Σύστημα δευτερεύοντος RADAR κάλυψης 200 NM το οποίο έχει εγκατασταθεί σε βουνό της Λευκάδας.
- Σύστημα δευτερεύοντος RADAR κάλυψης 200 NM το οποίο έχει εγκατασταθεί σε βουνό των Κυθήρων.

- Ένα εγκατεστημένο σύστημα(ReferenceChain) μονοπαλμικού δευτερεύοντος RADAR στην Αθήνα λειτουργίας φορτίου και όχι κεραίας που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας των επισκευασμένων μονάδων από τους σταθμούς RADAR που αποτελούν το HERAS όπως και για την υποστήριξη αυτών σε διάφορα τεχνικά θέματα.

## Σημείωση

Για την κάλυψη των απαιτήσεων της ΥΠΑ στην τερματική περιοχή Αθηνών έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί από το 1995 σύστημα Radar με την ονομασία ATARS στον χώρο του Αεροδρομίου Αθηνών που αποτελείται από ένα πρωτεύον Radar συνεργαζόμενο με ένα μονοπαλμικό δευτερεύον Radar (MSSR) κάλυψης 60 NM.

## Τεχνικά χαρακτηριστικά

Το πρωτεύον RADAR μακράς εμβέλειας του ΥΜΗΤΤΟΥ χρησιμοποιεί εξελιγμένες τεχνικές επεξεργασίας για την καλύτερη ανίχνευση των στόχων.

Η σχεδίαση παρέχει πολύ καλούς δείκτες σταθεροποίησης φάσης ώστε να μην επηρεάζεται από εμπόδια και ανακλάσεις (clutter)

Το ανεξάρτητο κανάλι καιρού του σταθμού ΥΜΗΤΤΟΥ θα παρέχει μετεωρολογικές πληροφορίες μέσα στην υπο κάλυψη περιοχή.

Όλα τα μονοπαλμικά δευτερεύοντα Radar (MSSR) ανήκουν στην δεύτερη γενιά σχεδίασης της εταιρείας THOMSON-AIRSYS και έχουν συχνότητα λήψης 1090 MHz και συχνότητα εκπομπής 1030 MHz, η δε ισχύς εκπομπής είναι περίπου 1500 Watt. Σκοπός τους είναι να παρέχουν συμπληρωματικές πληροφορίες ως προς τις πληροφορίες που παρέχουν τα πρωτεύοντα RADAR (απόσταση και γωνιακή θέση ως προς τον Βορρά), οι οποίες δεν είναι ικανές να προσδιορίσουν ένα στόχο στον χώρο λόγω ελλείψεως της πληροφορίας ύψους. Αυτή η επιπλέον πληροφορία παρέχεται από το MSSR όπως επίσης και η πληροφορία ταυτότητας του στόχου.

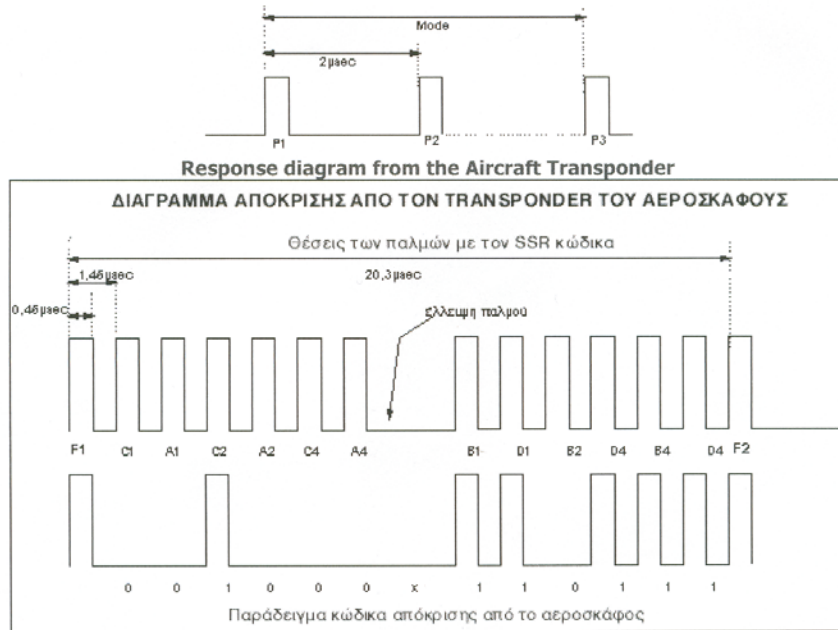
Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων τα MSSR Radar δεν χρησιμοποιούν τις κλασικές διαφορετικές κατευθυνόμενες κεραίες αλλά ειδικές κεραίες και την τεχνική – λειτουργία ‘monopulse’ σύμφωνα με την οποία η κεραία χρησιμοποιεί τρία διαφορετικά διαγράμματα

- Ένα διάγραμμα αθροίσματος για εκπομπή και λήψη( $\Sigma$ )
- Ένα διάγραμμα διαφοράς για λήψη( $\Delta$ )
- Ένα διάγραμμα ελέγχου για εκπομπή και λήψη( $\Omega$ )

Η μονοπαλμική τεχνική λοιπόν βασίζει την λειτουργία της στην αποστολή από το Radar τριών παλμών P1, P2 και P3(η απόσταση των παλμών P1 και P2 είναι σταθερή ενώ η απόσταση παλμών P1 και P3 προσδιορίζει τον τρόπο λειτουργίας του) και ανάλογα με την ακολουθία των παλμών που αποκρίνεται ο transponder του αεροσκάφους προκύπτουν οι επιπλέον πληροφορίες (όπως ύψος, κώδικας ), επιπλέον με την σύγκριση των σημάτων που λαμβάνονται από τα κανάλια  $\Delta$  και  $\Sigma$  της κεραίας και επιτυγχάνεται ακριβής προσδιορισμός του στόχου ως προς τον άξονα της κεραίας.

#### **Τρόποι Λειτουργίας των M.S.S.R Ραντάρ της Υ.Π.Α**

| <b>Mode</b> | <b>Distance between R1 and R2 pulses</b> |              |                    |
|-------------|--|--------------|--------------------|
| 1           |  | 3 $\mu$ sec  | 0,1 $\mu$ sec/-0,5 |
| 2           | 5 $\mu$ sec                              |              | +0,1 $\mu$ sec     |
| 3/A         | 8 $\mu$ sec                              |              | +0,1 $\mu$ sec     |
| B           |  | 17 $\mu$ sec | +0,1 $\mu$ sec     |
| C           |  | 21 $\mu$ sec | +0,1 $\mu$ sec     |
| D           |  | 25 $\mu$ sec | +0,1 $\mu$ sec     |



| Binary            | Decimal |
|-------------------|---------|
| A1=0 A2=1 A4=0 == | 010 2   |
| B1=1 B2=0 B4=1 == | 101 6   |
| C1=0 C2=1 C4=0 == | 010 2   |
| D1=1 D2=1 D4=1 == | 111 7   |

Τα προβλήματα τα οποία επιλύει αυτή η τεχνική αυτή ως προς τα κλασικά δευτερεύοντα Radar είναι

- Προβλήματα από ψευδείς στόχους
- Προβλήματα από πλέξιμο των στόχων
- Προβλήματα από ανακλάσεις
- Πολλαπλές και άσκοπες επερωτήσεις των στόχων

Η επεξεργασία στα δευτερεύοντα μονοπαλμικά Radar όπως και στα πρωτεύοντα βασίζεται σε μοντέρνες τεχνικές και αλγόριθμους ανάλυσης και φιλτραρίσματος για την παρακολούθηση των στόχων – αεροπλάνων.

Κάθε δευτερεύον Radar αποτελείται γενικά από

- Μια νέου τύπου κεραία AS 909 τοποθετημένη σε μεταλλικό ιστό η οποία προστατεύεται από ειδικό κάλυμμα(Radom).

- Ικριώματα με τα ηλεκτρονικά συστήματα που αποτελούν το κυρίως σύστημα
- Μία μονάδα μεταφοράς του video
  - Δύο ανεξάρτητους πομπούς – δέκτες με διπλές τροφοδοτικές διατάξεις
  - Δύο ικριώματα που το καθένα περιέχει ένα μονοπαλμικό επεξεργαστή RSM 870
  - ένα επεξεργαστή ανάλυσης των στόχων TPR1000
  - Μία μονάδα ελέγχου της κεραίας CHA 800
  - Μία μονάδα ηλεκτρικής παροχής και υδραυλικής κίνησης της κεραίας
  - Μία μονάδα ελέγχου και επιτήρησης όλου του σταθμού DRU2000
  - Ένα πλήρη H/Y για τον τοπικό έλεγχο του RADAR
  - Μία μονάδα ηλεκτρικής παροχής καθώς και μια μονάδα αδιάλειπτου ηλεκτρικής παροχής
  - Μία μονάδα γραφικής απεικόνισης των δεδομένων του RADARING 1010(πληκτρολόγιο, υψηλής ανάλυσης οθόνη, γεννήτρια γραφικών, επιλογή video κλπ)
  - Modems για την μεταφορά δεδομένων στην Αθήνα αλλά και για τον έλεγχο και την επιτήρηση κάθε σταθμού RADAR

Για την εκμετάλλευση των δεδομένων (που παρέχονται στο πρωτόκολλο AIRCAT500) όλων αυτών των RADAR χρησιμοποιούνται διπλές γραμμές μεταφοράς των δεδομένων τους στην Αθήνα μέσω modems(BISYNC πρωτόκολλο επικοινωνίας).

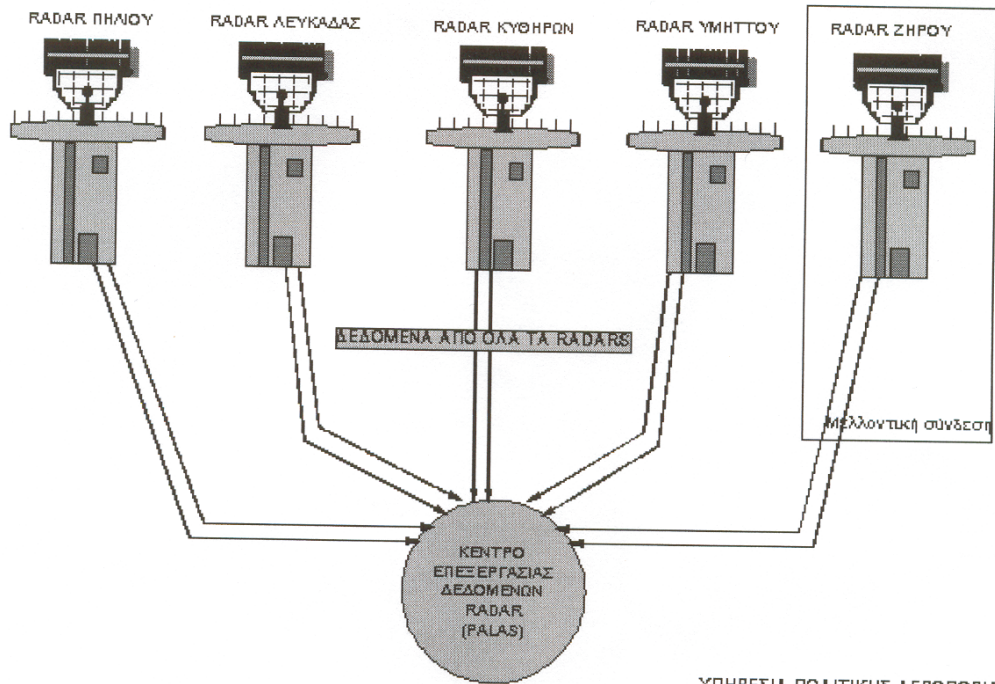
### **Λειτουργία – Υποστήριξη**

Όλα τα παραπάνω συστήματα συμβάλουν στην πληρέστερη κάλυψη του Ελληνικού FIR με πληροφορίες RADAR για τις ανάγκες της εναέριας κυκλοφορίας, ώστε να επιτυγχάνονται υψηλοί δείκτες ασφαλείας.

Οι παραπάνω σταθμοί RADAR που αποτελούνται από πληθώρα συσκευών υψηλής και εξειδικευμένης τεχνολογίας καθώς και τα υποκοριστικά συστήματα αυτών λειτουργούν – υποστηρίζονται και συντηρούνται τεχνικά από εξειδικευμένους και εκπαιδευμένους Ηλεκτρονικούς της ΥΠΑ. Οι απομακρυσμένοι σταθμοί RADAR (Πηλίου, Λευκάδας και Κυθήρων) είναι στελεχωμένοι με έναν (προς το παρόν)

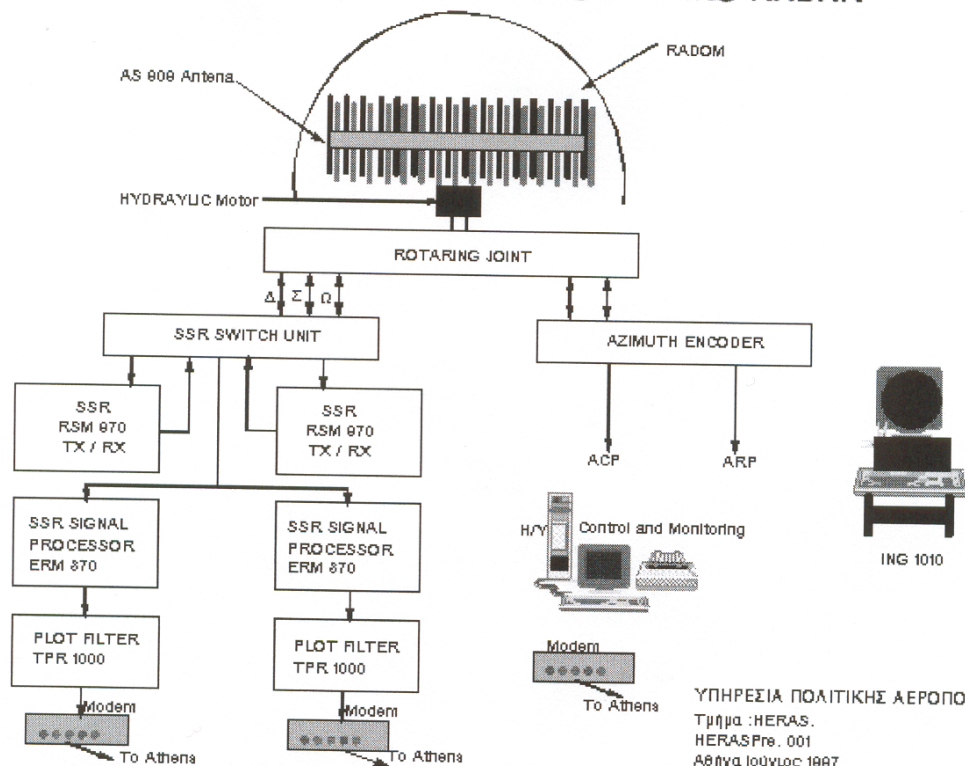
ηλεκτρονικό για την πρώτη βαθμού συντήρηση και επισκευή. Σε περίπτωση αδυναμίας επέμβασης οι χαλασμένες μονάδες αποστέλλονται στην Αθήνα για επισκευή από το κεντρικό εργαστήριο και εν συνεχεία επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας στο RADAR Reference Chain. Ο σταθμός RADAR του ΥΜΗΤΤΟΥ υποστηρίζεται τεχνικά από ηλεκτρονικούς σε πλήρη 24ωρη βάση

## HERAS



ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ  
 Τμήμα : HERAS  
 HERASPrs. 001  
 Αθήνα Ιούλιος 1997

## ΤΥΠΙΚΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΜΟΝΟΠΑΛΜΙΚΟ RADAR



ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ  
 Τμήμα : HERAS.  
 HERASPrs. 001  
 Αθήνα Ιούλιος 1997

- **PERIPHERAL AIRPORTS TERMINAL RADARS ODS AND CENTRALLY LINKED OPERATION SYSTEM**

## **P.A.T.R.O.C.L.O.S**

Το σύστημα PATROCLOS αποτελείται από τέσσερα τερματικά RADAR (πρωτεύον – δευτερεύον) που εγκαθίστανται στα τέσσερα μεγάλα περιφερειακά Αεροδρόμια της χώρας

1. Κρατικός Αερολιμένας Θεσσαλονίκης – Μακεδονία
2. Κρατικός Αερολιμένας Κέρκυρας – Ι. Καποδίστριας
3. Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου – Ν. Καζαντζάκης
4. Κρατικός Αερολιμένας Ρόδου – Διαγόρας

Αυτά τα τερματικά RADAR εκτός από τις υπηρεσίες που θα προσφέρουν στα τοπικά αεροδρόμια, συνεισφέρουν στο σύστημα PALLAS, ώστε να συντίθεται καλύτερη κάλυψη του εθνικού εναέριου χώρου (FIR).

Τα συστήματα είναι της Ιταλικής εταιρείας Alenia, και άρχισαν να εγκαθίστανται από το 1997 με πρώτο αυτό της Ρόδου. Το σύστημα PATROCLOS περιλαμβάνει ακόμα την εγκατάσταση ψηφιακού συστήματος διαχείρισης επικοινωνιών (VCS – Voice Control System), το οποίο έχει ήδη τοποθετηθεί στα αεροδρόμια.

## **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

### **Radar Site**

Το πρωτεύον (Primary Surveillance Radar – PSR) είναι το μοντέλο ATCR-33K, εκπέμπει στην ζώνη S-Band και περιλαμβάνει

- Αντένα G33 με δύο μοτέρ, δύο encoders και rotary joint 7 καναλιών .
- Διπλό πομπό με Klystron 1,4MW και σύστημα pressurization στους κυματοδηγούς.
- Διπλό δέκτη με επεξεργαστή AMTD και extractor VERA – Alenia.



Στη χρήση του ως τερματικό το πρωτεύον έχει επιχειρησιακή ακτίνα κάλυψης 60NM. Το δευτερεύον μονοπαλμικό (Monopulse Secondary Surveillance Radar – MSSR) είναι το μοντέλο SIR-M και περιλαμβάνει

- Αντένα ALE-9 LVA που τοποθετείται πάνω από την G33
- Διπλός πομπός solid state (Main – Stby) 250 Kw.
- Διπλός δέκτης με extractor VERA – Alenia.
- Αυτόματη μεταγωγή.

Στη χρήση του ως τερματικό, το δευτερεύον έχει επιχειρησιακή ακτίνα κάλυψης 200NM.

Το κανάλι καιρού (Weather data receiver and processor) αποτελείται από έναν ξεχωριστό δέκτη S-Band που επεξεργάζεται πληροφορίες καιρού με δυνατότητα διαχωρισμού 6 επιπέδων. Το κανάλι περιλαμβάνει έναν μονο δέκτη με επεξεργαστή ATMD και extractor VERA – Alenia.

### **Radar Head Processor (RHP)**

Από τα πιο σημαντικά στοιχεία του συστήματος είναι το computer MARA που επεξεργάζεται τις πληροφορίες που δίνουν οι δέκτες του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, φιλτράροντας και κάνοντας συνδυασμό (combining) των στόχων ώστε να προωθηθούν στις οθόνες. Ακόμα, επεξεργάζεται και τις πληροφορίες από το κανάλι καιρού. Ο RHP αποτελείται από δύο MARA σε διάταξη Hot/Stand-by.

### **Radio link**

Η μεταφορά δεδομένων από και προς το Radar Head, δηλαδή τη θέση όπου βρίσκεται η κεραία, γίνεται με τη βοήθεια ραδιοζεύξης. Το σύστημα αυτό αποτελείται από διπλό υποσύστημα μονόδρομης μεταφοράς video σήματος από το Radar Site στο APP, καθώς και αμφίδρομης μεταφοράς δεδομένων χωρητικότητας 2Mbps, με τη χρήση δύο multiplexers της εταιρείας Marconi.

Η μεταφορά του video με παράλληλη εκπομπή- λήψη δύο καναλιών με χρήση μίας κεραίας κατόπτρου, ενώ η εκπομπή – λήψη data γίνεται με διπλό σύστημα που λειτουργεί σε σχέση master – slave και χρησιμοποιεί ένα δεύτερο κάτοπτρο.

## **UPS**

Η λειτουργία του συστήματος υποστηρίζεται από τη χρήση UPS τύπου Online, ισχύος 60 KVA, της εταιρείας SILECTRON. Η χρήση του εγγυάται την σταθερή των συσκευών, αλλά και την ομαλή λειτουργία σε περίπτωση απώλειας ρεύματος ΔΕΗ, για όσο χρόνο χρειαστεί να τεθούν σε λειτουργία τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη. Σημειωτέον ότι σε κάθε Radar Head Site, έχουν εγκατασταθεί δύο ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, ικανά να τροφοδοτήσουν το σύστημα σε περίπτωση πτώσης ή απώλειας ρεύματος ΔΕΗ.

- **P.A.L.L.A.S.**

### **Λειτουργία του συστήματος P.A.L.L.A.S.**

Το Pallas είναι ένα EUROCAT 2.000 ATC κέντρο της εταιρείας THALES.

Σκοπός του συστήματος συνίσταται στην επεξεργασία των δεδομένων των Radar, των δεδομένων σχεδίων πτήσεως προς όφελος του ΚΕΠΑΘ, του πύργου και τεσσάρων άλλων προσεγγίσεων.

Για να επιτύχει αυτό το σκοπό το Pallas συνεργάζεται με άλλα Air traffic control συστήματα όπως :

- Long range radar τα οποία βρίσκονται σπαρμένα μέσα στον ελληνικό εναέριο χώρο για να μας δώσουν ένα συνεχές ίχνος όλων των στόχων μέσα στον ελεγχόμενο χώρο.
- Γειτονικά ATC κέντρα για την μεταβίβαση των πτήσεων στα γειτονικά Fir's
- Μετεωρολογικό κέντρο Αθηνών για να υπολογίζει τις μετεωρολογικές συνθήκες στον Ελληνικό εναέριο χώρο.
- Στρατιωτικό κέντρο για τον εύκολο διαχωρισμό των πολιτικών / στρατιωτικών α/φ βασισμένη σε δεδομένα ρανταρ και σχεδίων πτήσεως.
- AFTN message switching system για να στέλνει και λαμβάνει μηνύματα σχετικά με σχέδια πτήσεων και άλλα ICAO μηνύματα προς και από τον έξω κόσμο μέσω του AFTN.
- Master clock για τον συγχρονισμό της ώρας.

### **Οι κύριες λειτουργίες του συστήματος είναι:**

**Radar front processor :** Το σύστημα λαμβάνει εισόδους από 14 Radar. Η επεξεργασία των δεδομένων των Radar γίνεται στον Radar front processor

**Radar data function:** Για multi radar επεξεργασία προς όφελος του ελέγχου για να υπάρχει συνεχής κάλυψη του α/φ από μια περιοχή κάλυψης ενός ραντάρ και πιθανώς αυτόματο έλεγχο της πτήσης με βάση το σχέδιο πτήσης και τα δεδομένα του ραντάρ.

**Flight plan function :** Επεξεργάζεται τα σχέδια πτήσεως κατά τη διάρκεια της πτήσης στον εναέριο χώρο. Αυτή η λειτουργία επιλέγει από τα σχέδια πτήσης όλα τα απαραίτητα στοιχεία για να συμμορφώνεται σύμφωνα με τις επιχειρησιακές απαιτήσεις.

**External front processor :** Ο External front processor επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνονται από τις εξωτερικές γραμμές .

**Recording :** Εγγραφή των απαραίτητων δεδομένων για να επιτρέπει εκ των υστέρων τον έλεγχο σε περίπτωση κάποιου συμβάντος κάνοντας χρήση της.

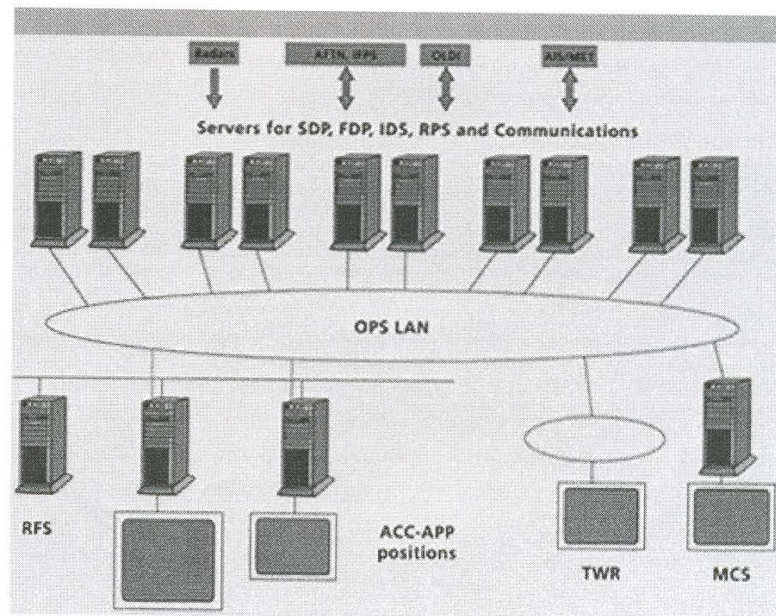
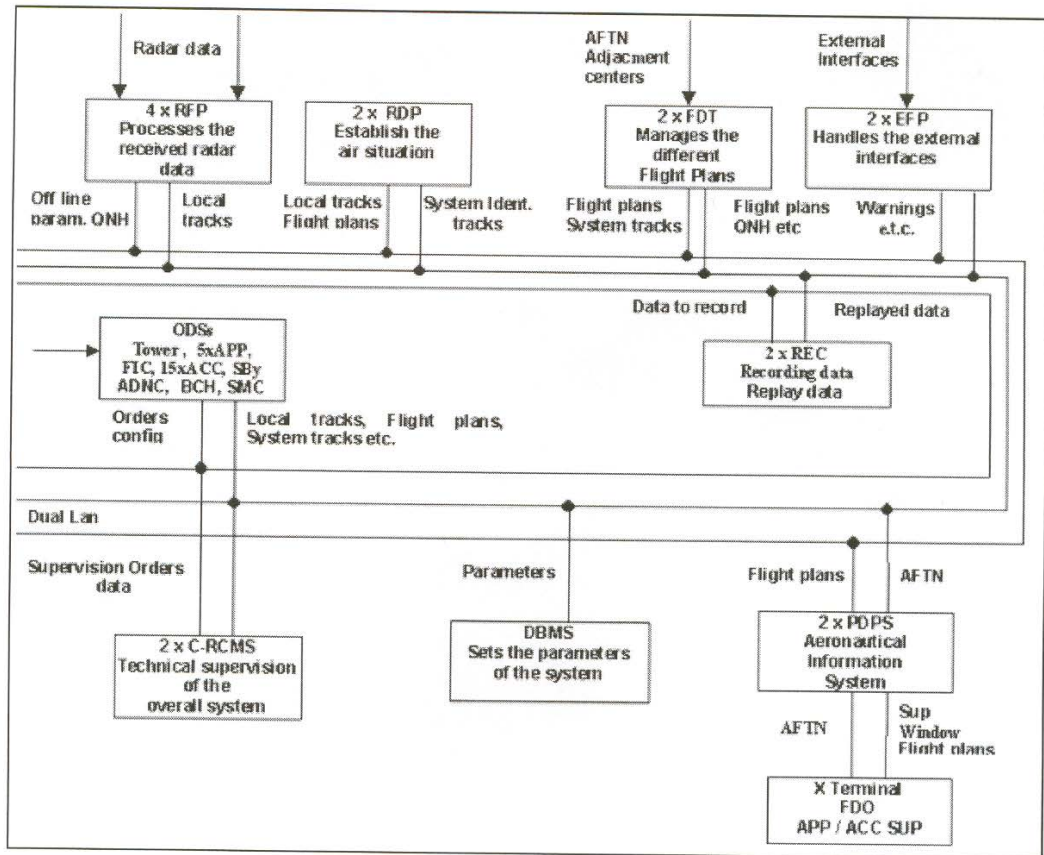
**Man machine interface :** λειτουργία η οποία επιτρέπει την απεικόνιση των δεδομένων ραντάρ και σχεδίων πτήσης στις διάφορες επιχειρησιακές θέσεις και επιτρέπει την είσοδο και ανταλλαγή πληροφοριών με το σύστημα κατά την διάρκεια της πτήσης μέσα στο FIR.

**System control & monitoring :** επιτρέπει την παρακολούθηση και τον έλεγχο διαθεσιμότητας του συστήματος.

**The center remote control and monitoring system :** Για τον έλεγχο ολοκλήρου του EUROCAT 2.000 συστήματος.

### **HARDWARE STRUCTURE**

Η Αρχιτεκτονική του EUROCAT 2000 συστήματος είναι κτισμένη γύρω από ένα διπλό (Dual lan) Ethernet και ένα Service Lan, χρησιμοποιώντας DEC 5000 computers όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



- **A-SMGCS**

Γενική περιγραφή του A-SMGCS

Στο Διεθνές Αεροδρόμιο της Αθήνας έχει εγκατασταθεί το ραντάρ επιφανείας της γαλλικής εταιρείας THOMSON/AIR-SYS(THALES) που είναι το ASDE(Airfield surface detection equipment)ASTRE 2000. Τα δεδομένα που δίνει το ραντάρ αυτό τα επεξεργάζεται και τα απεικονίζει σε οθόνες .

Το A-SMGCS είναι ένα σύστημα που επεξεργάζεται τα δεδομένα του ραντάρ επιφανείας ώστε να μπορεί να ελέγχει κάθε κίνηση στο έδαφος και να την αποδίδει με μια ευκρινή και ακριβή εικόνα της κατάστασης της κυκλοφορίας καλύπτοντας όλες τις περιοχές του αεροδρομίου όπου υπάρχει κίνηση αεροσκαφών ή οχημάτων. Όλα τα αεροσκάφη που βρίσκονται στις περιοχές αυτές

Μπορούν να απεικονίζονται στην οθόνη του ραντάρ με σαφή τρόπο τόσο την ημέρα όσο και την νύχτα και κάτω από διάφορες καιρικές συνθήκες. Υπάρχει επίσης περίπτωση δυνατότητα διαχωρισμού μεταξύ αεροσκαφών και οχημάτων όπως επίσης μεγάλων και πολύ μεγάλων αεροσκαφών.

Το A-SMGCS επεξεργάζεται και απεικονίζει σήματα ραντάρ που λαμβάνει από το τοπικό ραντάρ εδάφους μαζί με δεδομένα που λαμβάνει από άλλα συστήματα και βάσεις δεδομένων. Οι οθόνες του παρουσιάζουν εικόνες της κίνησης των αεροσκαφών και μενού πάνω στις οθόνες απεικονίζονται πληροφορίες σε μορφή πινάκων.

Τα stopbars απεικονίζονται σαν ένα μέρος του χάρτη. Σε σχέση με όλα τα άλλα επίπεδα του (όπως διαδρόμων προσγείωσης κλπ) τα stopbars απεικονίζονται σαν στατική μόνο πληροφορία.

Το runway incursion monitoring and conflict alert system (RIMCAS), που αποτελεί ένα τμήμα του λογισμικού του συστήματος προβλέπει αυτόματα alarms αν ένα αεροσκάφος ή όχημα παραβιάζει ένα ενεργό διάδρομο προσγείωσης ή ένα διάδρομο τροχοδρόμησης α/φ.

Τα υποσύστημα που περιλαμβάνονται στο σύστημα δίνουν την δυνατότητα στον ελεγκτή εναέριας κυκλοφορίας να παρακολουθεί όλες τις κινήσεις στο έδαφος που ανιχνεύονται από το ραντάρ κίνησης επιφανείας στις καθορισμένες περιοχές ελιγμών και στην περιοχή κάλυψης του ραντάρ.

Τα σχεδιασμένα επίπεδα που παράγονται από το σύστημα απεικονίζουν διάδρομους προσγείωσης , διάδρομους τροχοδρόμησης α/φ κλπ. Δεδομένα που

λαμβάνονται από τα ραντάρ προσέγγισης και από τα συστήματα επεξεργασίας δεδομένων πτήσεων προβλέπουν αυτόματη τοποθέτηση επιγραφής του αριθμού πτήσεως των αφικνούμενων αεροσκαφών.

Οι μόνιμοι χάρτες του συστήματος και οι παράμετροι του λογισμικού του συστήματος μπορούν να διορθωθούν ή να αλλάξουν. Αυτό γίνεται από το Technical control and monitoring system(TECAMS)

### **Τεχνική Περιγραφή του A-SMGCS**

Το ήδη εγκατεστημένο στο Διεθνές Αεροδρόμιο της Αθήνας A-SMGCS προβλέπει απεικόνιση και επεξεργασία πληροφοριών στις παρακάτω θέσεις εργασίας (C.W.Ps-Control Working Positions):

1. 11 θέσεις εργασίας στον πύργο ελέγχου του αεροδρομίου
2. 6 θέσεις εργασίας στο ground control του αεροδρομίου
3. 6 θέσεις εργασίας στο χώρο της προσέγγισης του αεροδρομίου που εδρεύει στο ελληνικό .

Κάθε θέση εργασίας από τις παραπάνω αποτελείται από :

1. 1 μονάδα επεξεργασίας της Silicon Graphics με λειτουργικό IRIX
2. 1 οθόνη 20” TCD251 BARGO για την απεικόνιση των πληροφοριών
3. Πληκτρολόγιο και ποντίκι ή ειδικό σύστημα πλήκτρων με Rolloball (ορισμένες θέσεις εργασίας) για τον χειρισμό από τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας των απεικονιζόμενων πληροφοριών.

Το A-SMGCS δέχεται δεδομένα ραντάρ μέσω δικτύου από το RDPS(Radar Data Processing System) του συστήματος Pallas (της προσέγγισης στο Ελληνικό), από το ραντάρ στον λόφο Κάμαρα και από το ραντάρ στο λόφο Μερέντα. Τα δεδομένα αυτά χρησιμεύουν για την δημιουργία ενός παραθύρου στις οθόνες απεικόνισης (T.A.I.D-Terminal Area Insert Display) όπου έχουμε πραγματική εικόνα στόχων των αεροσκαφών που βρίσκονται στην περιοχή προσέγγισης του αεροδρομίου με όλα τα χαρακτηριστικά τους, εικόνα παρόμοια με αυτή που απεικονίζονται στις οθόνες του Pallas.

Οι στόχοι των αεροσκαφών που εμφανίζονται στο TAID Window όταν φθάσουν στην περιοχή κάλυψης του ραντάρ Επιφανείας (6 Km από τον πύργο ελέγχου) εμφανίζονται στην εικόνα του χάρτη του αεροδρομίου (μαζί με το χαρακτηριστικό πτήσης του αεροσκάφους) που παρέχει το A-SMGCS σε συνεργασία με το ραντάρ επιφανείας . Το χαρακτηριστικό του αεροσκάφους που είναι επικολημένο στον αντίστοιχο στόχο του αεροσκάφους δίνεται από το A-SMGCS μετά από επεξεργασία των των Flight Plans που εισάγονται στο σύστημα μέσω του δικτύου από το FDPS(Flight Data Processing System) του συστήματος Pallas, ή εναλλακτικά του AFTN (Aeronautic Fixed Telecommunication Network) του Διεθνές Αεροδρομίου της Αθήνας. Το A-SMGCS υπολογίζει επίσης και εμφανίζει σε πίνακα στην οθόνη τον χρόνο που απομένει στο αεροσκάφος μέχρι την τελική προσέγγιση στο κατώφλι του διδρόμου προσγείωσης του αεροδρομίου.

Με το λογισμικό RIMCAS (Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert System) το A-SMGCS επεξεργάζεται παραμέτρους ώστε να μπορεί με ασφάλεια να προβλέπει τις επικίνδυνες συνθήκες για πιθανά ατυχήματα μέσα στο χώρο του αεροδρομίου μεταξύ αεροσκαφών και να εμφανίζει Alarms ώστε να ειδοποιεί έγκαιρα τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας. Στο configuration του συστήματος περιέχονται επίσης alarm που προέρχονται από μη τήρηση των κανόνων ασφαλείας από την κίνηση οποιουδήποτε στόχου στον χώρο του αεροδρομίου.

Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης :

1. 2 servers της Silicon Graphics SDS με λειτουργικό σύστημα IRIX, περιέχουν

τμήματα λογισμικού όπως :

- a. Λογισμικό για την υποστήριξη των Interfaces του συστήματος. Το λογισμικό αυτό περιλαμβάνει την αποδοχή και επεξεργασία των δεδομένων Flight Plans από το FDPS(Flight Display Plans System) του συστήματος Pallas και του συστήματος AFTN, των δεδομένων ραντάρ από τον λόφο Κάμαρα και Μερέντα.
- b. Λογισμικό για την παραγωγή των Callsign σε συσχέτισμό με τους κινούμενους στόχους

c. Λογισμικό για τον διαχωρισμό των αεροσκαφών ανάλογα με το μέγεθός τους αλλά και τον διαχωρισμό των στόχων για την αναγνώριση των αεροσκαφών.

d. Λογισμικό για την υποστήριξη του δικτύου Ethernet και την μεταφορά των πληροφοριών μέσω αυτού στις διάφορες συσκευές.

e. Λογισμικό (SAS Monitor-Status Administration System) για την δυνατότητα παρακολούθησης, ελέγχου, ρύθμιση του configuration του συστήματος μέσω της τεχνικής BITE. Το λογισμικό αυτό αποτελεί ένα σύστημα διαχείρισης του δικτύου του συστήματος.

2.

a. 1 θέση Administration του συστήματος (Master TECAMS) μέσω του οποίου δίνεται η δυνατότητα στον Administrator του συστήματος να ελέγχει την καλή λειτουργία του συστήματος μέσω του SAS Monitor (Status Administration System). Δίνει επίσης την δυνατότητα να επεμβαίνει στις περιοχές του χάρτη του αεροδρομίου και να καθορίζει τις παραμέτρους για συγκεκριμένες ορισμένες περιοχές ή να αλλάζει τον χάρτη του αεροδρομίου. Η δυνατότητα επέμβασης και αλλαγής των παραμέτρων του configuration του συστήματος είναι επίσης στις δυνατότητες του TECAMS όπως επίσης και η αλλαγή στοιχείων στην εμφάνιση των μενού, χρωμάτων και άλλων χαρακτηριστικών στις οθόνες των CWP's.

b. 3 θέσεις supervisor (slave – tecams) μια στον πύργο ελέγχου, μια στο Ground Control και μια στο χώρο συστημάτων αεροναυτιλίας.

3. Ένα σύστημα εγγραφής-αναπαραγωγής RPS (Recording Playback System), που αποτελείται από δύο processing units για το playback. Το A-SMGCS έχει δυνατότητα εγγραφής της εικόνας κάθε θέσης εργασίας ανεξάρτητα, για κάθε χρονική στιγμή και την αναπαραγωγή της σε συγχρονισμό με την εγγραφή της συνομιλίας εναέριας κυκλοφορίας με το αεροσκάφος η οποία γίνεται μέσω ενός Voice Recording System της εταιρείας NICE. Η επικοινωνία των συσκευών του δικτύου του A-SMGCS και η



μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω του PREMNET και των δακτυλίων των οπτικών ινών. Επίσης για την μεταφορά των πληροφοριών του συστήματος στο αντίστοιχο σύστημα A-SMGCS που έχει εγκατασταθεί στο Ελληνικό χρησιμοποιείται Radio Link(DRML) με εναλλακτική λύση τηλεφωνικών γραμμών ΟΤΕ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### • ΠΑΝΤΑΡ ΜΑΧΗΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

Η λέξη RADAR αντιστοιχεί στο RadioDetection And Ranging (ή Radio-location) που σημαίνει Ραδιοανίχνευση και Αποστασιομέτρηση (ή Ραδιοθέση), και φυσικά είναι αγγλικής προελεύσεως. Η ιστορία αρχίζει ήδη από το 1922, όταν ένας φυσικός, ο Αλβ Τέιλορ, παρατήρησε πως ηλεκτρομαγνητικά κύματα<sup>1</sup> μερικών συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ανακλώνται από ορισμένα υλικά και επιστρέφουν στον πομπό τους<sup>2</sup>. Το 1928 ο Μπράιτ ανακάλυψε την αυτή ιδιότητα στα μικρού μήκους κύματα και σύντομα άρχισε προσπάθεια κατασκευής συστημάτων εντοπισμού αντικειμένων όπως πλοία και αεροσκάφη, αν και η πρώτη επιχειρησιακή χρήση συσκευής ραντάρ έγινε από τους Βρετανούς στη μάχη της Αγγλίας.

Βασικό στοιχείο της επιχειρησιακής απόδοσης ενός μαχητικού είναι το σύστημα ραντάρ. Εξαιρέσεις υπάρχουν, αλλά αυτές μάλλον επιβεβαιώνουν τον κανόνα. Τα παραπάνω ενισχύονται από το γεγονός ότι όλες οι προτάσεις εκσυγχρονισμού παλαιών αεροσκαφών συγκεντρώνονται γύρω από το ραντάρ και τα ηλεκτρονικά και πολύ σπανιότερα στην προσπάθεια αλλαγής κινητήρων ή γενικότερα βελτίωσης των πτητικών επιδόσεων.

---

<sup>1</sup> Οι εξισώσεις του Maxwell υποδεικνύουν πως ένα εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο θα δημιουργήσει ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο και αντιστρόφως. Έτσι, ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο, που με τη σειρά του δημιουργεί ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο, κ.ο.κ. Αυτό σημαίνει πως γίνεται ένα είδος μεταφοράς ενέργειας επ' άπειρο. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι πως η διάδοση γίνεται επειδή το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται σε διαφορετικό χώρο από το ηλεκτρικό, το επαγόμενο ηλεκτρικό σε άλλο και συνεχώς έχουμε επέκταση στο χώρο. Το αποτέλεσμα είναι ένα οδεύον κύμα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

<sup>2</sup> Η ανίχνευση ενός αντικειμένου μπορεί να γίνει μόνο με την εκμετάλλευση της ενέργειας που είτε εκπέμπεται είτε ανακλάται από ένα αντικείμενο. Ο πιο κατάλληλος τύπος ενέργειας είναι τα κύματα ενέργειας. Αυτός ο τύπος ενέργειας διαδίδεται από μια πηγή σε κύματα, περίπου όπως συμβαίνει με την ομοκεντρική διάδοση κυμάτων όταν πέφτει μια πέτρα στο νερό. Η επιφάνεια σχηματίζεται από ανυψώσεις και βυθίσεις, έναν κυματισμό που ορίζεται ως ημιτονοειδής, όπου το μέσον της προβολής της κάθετης κίνησης (ορίζεται ευθεία έτσι) ορίζει την προηγουμένως ήρεμη επιφάνεια. Στην περίπτωση διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας έχουμε κίνηση στις τρεις διαστάσεις π.χ ομόκεντρες σφαίρες. Μάλιστα, αντίθετα από τον ήχο, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα «ταξιδεύουν» στο κενό και η διάδοσή τους δε στηρίζεται σε κάποιο μέσον, αλλά σε πεδία δυναμικού που δημιουργούνται από τα συνιστάμενα ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το F-4 Phantom, το οποίο αποκτώντας νέο ραντάρ και ηλεκτρονικά, γίνεται ανταγωνιστικό των μαχητικών τρίτης γενιάς, τουλάχιστον σε ρόλους προσβολής στόχων επιφανείας και αεροπορικής υπεροχής, οπλισμένο με πυραύλους BVR.

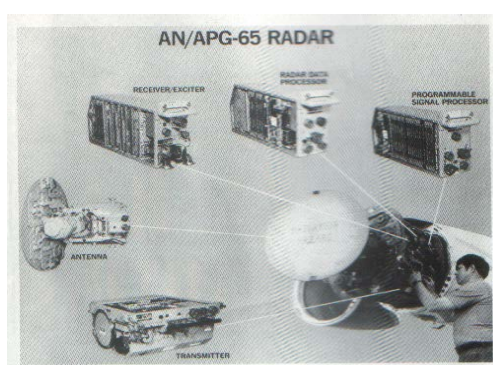
Οι εξελίξεις στη σχετική τεχνολογία υπήρξε ραγδαία κυρίως χάρη στην αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και αξιοπιστίας των ενσωματωμένων επεξεργαστών, σε συνδυασμό με τη συνεχή σμίκρυνση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Ειδικά η αύξηση στην ταχύτητα επεξεργασίας και η ανάλογη αύξηση της πρόσκαιρης μνήμης (RAM) αλλά και των βιβλιοθηκών (ROM) επιτρέπει την καλύτερη επεξεργασία του σήματος, άρα την εξαγωγή περισσότερων και ακριβέστερων πληροφοριών από το ίδιο σήμα. Βεβαίως υπάρχουν περιορισμοί που καθορίζονται από απλούς νόμους της φυσικής, και που έχουν ορίσει πλέον τα μέγιστα επίπεδα απόδοσης των υπαρχουσών τεχνολογιών. Επίσης, επειδή (θεωρητικά) η **εμβέλεια είναι ανάλογη με την εκπεμπόμενη ισχύ του ραντάρ** (για διπλασιασμό της εμβέλειας απαιτείται τετραπλασιασμός της ισχύος), τα τελευταία χρόνια αυτή έχει βελτιωθεί σημαντικά, αφού τα ηλεκτρονικά ισχύος έχουν εξελιχτεί αλματωδώς. Φυσικά, το γενικότερο πλαίσιο βελτίωσης αφορά τη δυνατότητα επαναπρογραμματισμού του ραντάρ (στην ουσία φορτώνεται διαφορετικό πρόγραμμα στη μνήμη), ακόμη και εν πτήση, για την προσαρμογή ανάλογα με τις συνθήκες και τις απειλές. Επιπρόσθετα ο όγκος, το βάρος και τα διακριτά μέρη του συστήματος έχουν μειωθεί, και η δυνατότητα εντοπισμού και επισκευής των σπανιότερων πλέον βλαβών έχει εκτιναχτεί σε άλλα επίπεδα ευκολίας.

### **Βασικές αρχές**

Η πρώτη αποτελεσματική χρήση ραντάρ σε αεροσκάφη έγινε από τους Γερμανούς στο Β΄ ΠΠ με σκοπό τον εντοπισμό των νυκτερινών σχηματισμών από βομβαρδιστικά των Συμμάχων. Στα 50 επόμενα χρόνια το ραντάρ έγινε το υποσύστημα με την πιο εντυπωσιακή εξέλιξη της απόδοσής του, και σήμερα αποτελεί το βασικό παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας ενός αεροσκάφους.

Η βασική αρχή λειτουργίας κάθε ραντάρ είναι η εξής: «Ενέργεια μεταφερόμενη από ραδιοκύμα εκπέμπεται από μία κεραία προσπίπτει σε άλλο αντικείμενο, ανακλάται και ένα μικρό ποσοστό της επιστρέφει πίσω στην ίδια ή σε άλλη κεραία».

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι ραντάρ: τα ραντάρ Συνεχούς Κύματος (CW) και τα παλμικά ραντάρ που εκπέμπουν την ενέργεια κατά παλμούς. Ένα παλμικό ραντάρ εκπέμπει παλμούς ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, μικρής χρονικής διάρκειας, που λόγω της ταχύτητάς τους (περίπου ίση με την ταχύτητα του φωτός) επιστρέφουν σχεδόν στιγμιαία. Ανάλογα με τη θέση της κεραίας κατά την επιστροφή και το χρόνο μεταξύ εκπομπής και λήψης, υπολογίζεται η απόσταση και η κατεύθυνση κίνησης του στόχου. Η ταχύτητα υπολογίζεται από το ρυθμό μεταβολής της απόστασης, ρυθμός που προσκτάται με διαδοχικές σαρώσεις του στόχου.



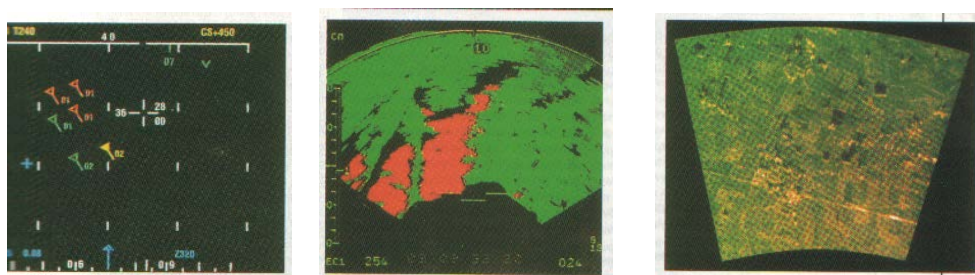
Τα βασικά συστήματα ενός σύγχρονου ραντάρ.

Εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπως πλοήγηση, υψομέτρηση και κατάδειξη στόχου, τα περισσότερα εναέρια ραντάρ είναι παλμικά. Αυτό συμβαίνει γιατί, αν το ραδιοκύμα που εκπέμπεται από την κεραία είναι συνεχές (CW), δεν υπάρχει χρόνος για τη λήψη του σήματος που θα επέστρεφε από το στόχο, εκτός και αν διακόπτεται περιοδικά η λήψη του ραντάρ. Κάτι τέτοιο όμως θα καθιστούσε απαραίτητη την ύπαρξη μιας δεύτερης κεραίας. Έτσι το ραδιοκύμα τεμαχίζεται, και το ραντάρ μπορεί να αποφασίσει για το συσχετισμό των παλμών που λαμβάνονται αναφορικά με αυτούς που εκπέμπονται. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται συνεχής λειτουργία και ενημέρωση, που φυσικά είναι ζωτικής σημασίας.

Η βασική αξιολόγηση ενός σύγχρονου ραντάρ γίνεται από τη μελέτη ακριβώς αυτών **χαρακτηριστικών των παλμών** που εκπέμπει, που είναι το **πλάτος**, η **συχνότητα**, η **διάρκεια** και η **συχνότητα επανάληψης**. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να μεταβληθούν, ανάλογα με τη λειτουργία. Ειδικά η συχνότητα μπορεί να μεταβάλλεται μεταξύ των διαδοχικών παλμών ή και μέσα στον ίδιο τον παλμό. (Δεν

θα πρέπει να γίνεται σύγκριση με τη συχνότητα λειτουργίας του ραντάρ και που αναφέρεται στη συχνότητα του ταλαντωτή του εκπομπού και καθορίζει και το μέγεθος της κεραίας). Στα σύγχρονα ραντάρ η επιλογή γίνεται αυτόματα, ελαττώνοντας έτσι το φόρτο του πιλότου, που παλαιότερα επέλεγε τους παλμούς έπειτα από δική του αξιολόγηση.

Μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 1960 πολλά ραντάρ χρησιμοποιούσαν λυχνίες Μάγκνετρον για την παραγωγή παλμών υψηλής ενέργειας σε αποκλειστικά χαμηλή συχνότητα επανάληψης παλμών. Αποτέλεσμα ήταν η μέση ισχύς που εκπέμπει το ραντάρ, και κατά συνέπεια η εμβέλεια να είναι περιορισμένη, αν και τα στοιχεία αποστασιομέτρησης ήταν ικανοποιητικά, επειδή η αντανάκλαση κάθε παλμού είχε επιστρέψει πριν εκπεμφθεί ο επόμενος.



Απεικονίσεις διαφόρων ειδών χαρτογράφησης από το RDY.

Επιπρόσθετα η φάση του κάθε παλμού ήταν σχετικά ακαθόριστη και τυχαία με βασικό μειονέκτημα την αδυναμία εξαγωγής στοιχείων ταχύτητας. Αυτό το ελάττωμα έγινε ιδιαίτερα αισθητό όταν στα μέσα του 1960 άλλαξε το προφίλ δράσης των αεροσκαφών βομβαρδισμού που, για να επιβιώσουν άρχισαν να πετούν πολύ κοντά στο έδαφος. Εκεί η ακριβής αξιολόγηση της κατάστασης επέβαλλε τον ακριβή των εκπεμπόμενων αλλά και των λαμβανόμενων παλμών. Η λυχνία Μάγκνετρον έδωσε τη θέση της στην TWT (Traveling Wave Tube) χάρη στην οποία δημιουργήθηκαν και τα λεγόμενα Παλμικά Ντόπλερ Ραντάρ. Βασικές αρχές της λειτουργίας τους είναι η ενίσχυση ενός σύματος που παράγεται από έναν εξαιρετικά σταθερό ταλαντωτή, ο ακριβής τεμαχισμός του σε παλμούς συνοχής φάσης (δηλαδή ακριβώς ίδιας μεταξύ τους φάσης) με πολύ μεγάλες δυνατότητες μεταβολής της συχνότητας επανάληψης τους. **Η εμφάνιση ραντάρ με χρήση της TWT στα τέλη της δεκαετίας του 1950 - εξαιτίας της αναμονής ισχυρότερων υπολογισμών που απαιτούνται για την επεξεργασία – μάλλον είναι ο σημαντικότερος σταθμός στην**

**ιστορία του ραντάρ μέχρι την εμφάνιση των κεραιών ηλεκτρονικής σάρωσης όπως θα δούμε.**

Ο εντοπισμός εναέριων στόχων που κινούνται κοντά στο έδαφος άρχισε να γίνεται πραγματικότητα με την εφαρμογή των βασικών κανόνων της μεταβολής της συχνότητας κατά το φαινόμενο Ντόπλερ στη λειτουργία των ραντάρ. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μέτρηση της μεταβολής της συχνότητας ενός παλμού που επιστρέφει από έναν κινούμενο στόχο. Η φάση του επιστρεφόμενου σήματος μπορεί να συγκριθεί απευθείας με το εκπεμπόμενο και η συχνότητα Ντόπλερ από τη μετατόπιση φάσης ενός αριθμού διαδοχικών επιστροφών από τον ίδιο στόχο. Η συχνότητα του επιστρεφόμενου παλμού μεταβάλλεται με τη σχετική ταχύτητα του στόχου ως προς την κεραία. Η συχνότητα μεγαλώνει, όταν ο στόχος πλησιάζει, και μικραίνει όταν απομακρύνεται.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της εκμετάλλευσης του φαινομένου Ντόπλερ το ότι ο στόχος μπορεί να ανιχνευτεί ακόμη και όταν πετά κοντά στο έδαφος, η στην επιφάνεια της θάλασσας, αφού οι επιστροφές (clutter) μπορούν να απορριφτούν. Η μέτρηση της μικρής μεταβολής της συχνότητας που προκάλει ο κινούμενος στόχος απαιτεί έναν σταθερό, συνεχή παλμό με βάση τον οποίο μετράται η «ηχώ», και που μόνο η TWT μπορεί να δημιουργεί. Παρόλο που η ισχύς κορυφής είναι χαμηλότερη από αυτήν που παράγει μία λυχνία Μάγκνετρον, η μέση ισχύς είναι μεγαλύτερη και η επιτυγχανόμενη εμβέλεια επίσης χάρη στην εκπομπή περισσότερων παλμών στην μονάδα του χρόνου (όπως θα δούμε στον τύπο της μέσης ισχύος  $P_{av}$ ).

- **Αξιολόγηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών**

Βασικός παράγοντας είναι η **Συχνότητα Επανάληψης των Παλμών (PRF)** και εκφράζει τον αριθμό των εκπεμπόμενων παλμών ανά δευτερόλεπτο και αλλιώς συμβολίζεται fr και δίνεται σε Hz. Ο χρόνος μεταξύ της αρχής (ή του τέλους) δύο ίδιων παλμών είναι η περίοδος του σήματος T και ονομάζεται Χρόνος Μεταξύ Επανάληψης Παλμών (PRI: Pulse Repetition Interval), ενώ ισχύει:

$$T=1/fr \text{ (sec)}$$

Η δυνατότητα μεταβολής του PRI (δηλαδή και του PRF) είναι πολύ ισχυρό «εργαλείο» ανίχνευσης κάθε στοχου όπως θα δούμε.

Ο χρόνος που εμφανίζεται κάθε παλμός ονομάζεται χρονικό εύρος παλμού και συμβολίζεται με «τ». Μείωση του εύρους του παλμού σημαίνει και βελτίωση της ανάλυσης σε μεγάλη εμβέλεια, και αύξηση της ελάχιστης ακτίνας λειτουργίας του ραντάρ. Ακόμη και ταξιδεύοντας με την ταχύτητα του φωτός, ένας παλμός 1 μικροδευτερολέπτου έχει μήκος περίπου 300 μέτρα, ορίζοντας έτσι την ελάχιστη διακριτότητα σε αυτό το μέγεθος. Σημαντικό στοιχείο είναι και ο λεγόμενος Συντελεστής Εργασίας (Duty Factor) που εκφράζει το λόγο του εύρους του παλμού προς το χρόνο μεταξύ των παλμών. Το συντριπτικό χρόνο (99,5%) τα ραντάρ ενός μαχητικού λαμβάνει, έτσι ο Συντελεστής Εργασίας γίνεται μόλις 0,5%. Η ισχύς κορυφής και το εύρος του παλμού μπορούν να μας δώσουν την ενέργεια που εμπεριέχει ο κάθε παλμός, και αν υποθέσουμε ότι αυτός είναι τετράγωνος, ισχύει:

$$\text{Ενέργεια ανά παλμό} = P_t$$

Η μέση ισχύς  $P_{av}$  (average: μέση) είναι η εκπεμπόμενη ισχύς κατά το διάστημα επανάληψης των παλμών και δίνεται

$$P_{av} = P_t / T (\text{Watt})$$

Ο λόγος  $t/T$  ονομάζεται «παράγοντας εργασίας» και εκφράζει το χρόνο κατά τον οποίο ένα ραντάρ είναι ενεργό. Τελικά η μέση ισχύς δίνει και τη βασική ένδειξη της εμβέλειας του ραντάρ, αφού τα δύο μεγέθη είναι ανάλογα μεταξύ τους. Παρόλα αυτά, η ισχύς ενός ραντάρ δεν πρέπει να είναι ιδιαίτερα μεγάλη, αφού τότε η λειτουργία του ραντάρ γίνεται αντιληπτή. Τα σύγχρονα ραντάρ εκτός από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους, δεν έχουν πολύ υψηλή μέση ισχύ, παρόλο που θα μπορούσαν από τεχνολογικής απόψεως, αφού η λειτουργία τους ακολουθεί και τα πλαίσια του δόγματος πλέον LPI. Χαρακτηριστικό είναι πως σε ασκήσεις αποδείχτηκε ότι οι πιλότοι απλών και φτηνών αεροσκαφών εξοπλισμένα με RWR όπως τα F-5E ή F-16A μπορούν να αντιληφθούν το διώκτη τους, όπως ένα F-15, παθητικά πριν από τα ίδια τα ραντάρ και να ενεργήσουν ανάλογα για την άμυνά τους (και μόνο αυτή).

Η απόσταση  $R$  ενός στόχου από το ραντάρ υπολογίζεται από τον τύπο:

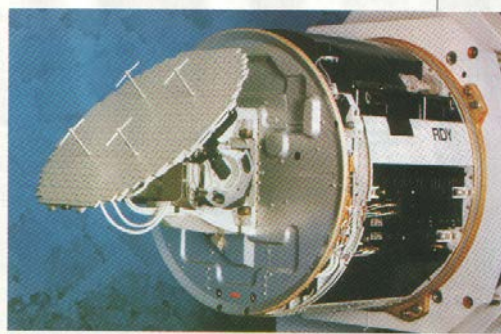
$$R = c \cdot t / 2$$

Όπου  $c$  είναι η ταχύτητα του φωτός (η ταχύτητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος) και  $t$  είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ίδιου παλμού (να πάει και να έρθει, εξ ου και  $t/2$ ). Με διαδοχικές μετρήσεις είναι δυνατή η εξαγωγή του ρυθμού μεταβολής της ακτίνας και να υπολογιστεί η ταχύτητα του στόχου. Αν  $L$  είναι η απόσταση μεταξύ δύο κοντινών στόχων και ισχύει:

## $L > ct/2$

Τότε μπορούν να ανιχνευτούν (εφόσον δεν υπάρχουν ισχυρές επιστροφές από το έδαφος).

Στην περίπτωση βέβαια που ο χρόνος μεταξύ των παλμών  $T$  είναι μεγαλύτερος από το χρόνο που κάνει «να πάει ο παλμός και να έρθει η ηχώ του», τότε δεν υπάρχει πρόβλημα στην αποστασιομέτρηση, γιατί πρέπει να υπάρξει αλλαγή PRF σε μικρότερη. Είναι προφανές πως, αν η σχετική ταχύτητα στόχου-φορέα ραντάρ είναι πολύ υψηλή και επιπρόσθετα σε κοντινή απόσταση (συνήθως πτήση κατά μέτωπο), τότε ο χρόνος  $t$  είναι μικρός και πρέπει απλά να χρησιμοποιηθεί υψηλή ή μέση PRF και όσο το δυνατό κοντά στα παραπάνω όρια.



RDY από την Thomson-CSF

Χαμηλές PRF μέχρι 1KHz αφήνουν αρκετό χώρο μεταξύ κάθε παλμού για να μετρηθεί με ακρίβεια ο χρόνος που περνά μέχρι να επιστρέψει η ηχώ (ανάκλαση). Η διάρκεια των παλμών είναι συνήθως μεγάλη, και για να βελτιωθεί ο λόγος σήματος/ θόρυβο και η ακτίνα εντοπισμού, η ηχώ συμπιέζεται αμέσως μετά τη λήψη της. Μερικά ραντάρ χρησιμοποιούν χαμηλές PRF για έρευνα μεγάλης ακτίνας, ενώ τα ραντάρ πολλαπλών ρόλων χρησιμοποιούν μεσαίες και υψηλές για εναέρια έρευνα και διατηρούν τις χαμηλές για τη χρήση σε εδαφική παρακολούθηση και έρευνα, όπου η καλή ακρίβεια είναι απαραίτητη. LPRF πλέον εφαρμόζονται κυρίως σε εφαρμογές SLAR όπου οι ανακλάσεις από το έδαφος είναι αυτές που ενδιαφέρουν. Είναι χαρακτηριστικό πως, αν επιχειρηθεί κατόπτευση ενός αεροσκάφους που κινείται γρήγορα και κοντά στο έδαφος, τότε ο χρήστης του ραντάρ μάλλον θα δει το ανάγλυφο του εδάφους παρά το στόχο του.

Σε υψηλές PRF (μέχρι 300KHz) πολλοί παλμοί έχουν εκπεμφθεί πριν ακόμη επιστρέψει η ηχώ του πρώτου. Δημιουργείται έτσι το πρόβλημα διαχωρισμού των



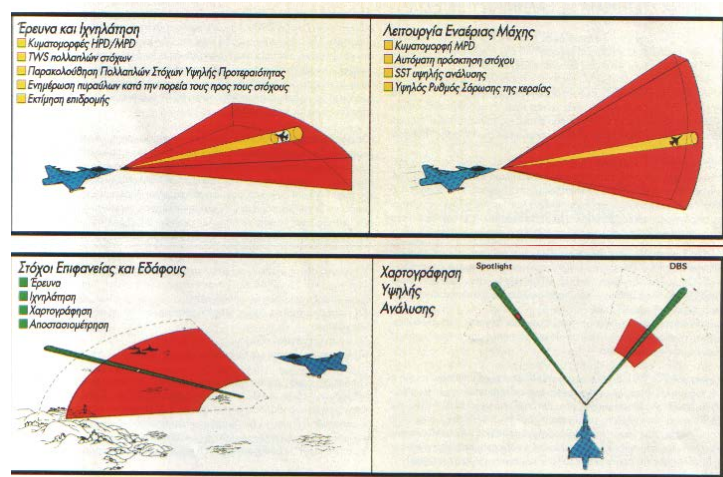
παλμών, αφού δεν μπορεί να γίνει σύγκριση του πρώτου εκπεμπόμενου παλμού με την ηχώ του κ.ο.κ. Έτσι δεν μπορεί να υπολογιστεί η ακτίνα του στόχου, ενώ επιπλέον υπάρχει πρόβλημα με τις επιστροφές από το έδαφος, εκτός αν η μεταβολή συχνότητας κατά το φαινόμενο Ντόπλερ είναι μεγάλη, κάτι που συμβαίνει με τη μεγάλη σχετική ταχύτητα στόχου, και ραντάρ. Έτσι η χρήση υψηλής PRF έγκειται στον εντοπισμό ταχέως κινούμενων στόχων που έρχονται κατά μέτωπο (head on). **Η χρήση υψηλής PRF δίνει και καλή μέση ισχύ, επομένως και μεγάλη εμβέλεια, και μπορεί να μετρηθεί αξιόπιστα η ταχύτητα ενός ταχέως κινούμενου στόχου.**

Παρόλο που υψηλή PRF μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε LD, είδαμε ότι δεν μπορεί να δώσει στοιχεία απόστασης. Για την αποστασιομέτρηση χρησιμοποιώντας υψηλές PRF, ένα σήμα χαμηλής συχνότητας είναι απαραίτητο να ενσωματωθεί στους παλμούς υψηλών PRF το οποίο διαχωρίζει καθαρά τον κάθε ανακλώμενο παλμό. Αλλιώς το ραντάρ δεν θα προλάβαινε να ξεχωρίσει ποιος παλμός θα ήταν υπεύθυνος για την αντίστοιχη ανάκλαση. Όσο πιο πολύς χρόνος περάσει μέχρι τη λήψη των επιστροφών, τόσο μεγαλύτερη η μεταβολή της συχνότητας μεταξύ του εκπεμπόμενου και του λαμβανόμενου σήματος και τόσο μακρύτερα βρίσκεται ο στόχος. Η ακρίβεια μέτρησης της ακτίνας εξαρτάται από το σήμα χαμηλής συχνότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τεχνική Ντόπλερ του Foxhunter του Tornado ADV, η επονομαζόμενη FMICW (Frequency Modulated Interrupted Continuous Wave: Κύμα Διαμόρφωσης Συχνότητας Διακοπτόμενου συνεχούς κύματος).

Για τη βελτίωση της ανίχνευσης σε κατόπτρευση, μέσες PRF μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μεταξύ 6-16 KHz. Δυστυχώς, δε δίνουν ακριβή στοιχεία ακτίνας και ταχύτητας γιατί πρώτον το κενό μεταξύ των παλμών μπορεί να είναι μικρότερο από αυτό που απαιτείται για την αξιόπιστη αναγνώριση των επιστροφών, και δεύτερον γιατί οι επιστροφές από το έδαφος μπορεί να αλλοιώσουν τη μετατόπιση φάσης κατά το φαινόμενο Ντόπλερ. Για τη λύση αυτών των προβλημάτων εκπέμπεται μια σειρά παλμών χαμηλής PRF, συνήθως οκτώ, ώστε να δοθούν στοιχεία ταχύτητας και απόστασης. Για ακόμη καλύτερη απόδοση και πλήρη εκμετάλλευση του εύρους σάρωσης της ακτίνας, ορισμένα ραντάρ, με πρώτα τα ραντάρ των F/A-18 και F-15 της Hughes, μπορούν να λειτουργήσουν με επικαλυπτόμενες μεσαίες και χαμηλές PRF. Πιο συγκεκριμένα, από αριστερά προς τα δεξιά σαρώνουν με υψηλές PRF και αντίστροφα με μεσαίες.

Η χρήση μεσαίων PRF που παρέχουν αξιόλογες LD/SD ικανότητες σηματοδότησε την αρχή μιας νέας εποχής, με το πρώτο ραντάρ – εκτός Η.Π.Α. – που

να έχει αυτή τη δυνατότητα το ραντάρ αυτό του σουηδικού Viggen της Saab. Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως το ραντάρ του F-16A, το APG-66 εκτός των άλλων, στη μεταμόρφωση του στο APG-68 υιοθέτησε και τη χρήση μεσαίων και υψηλών PRF, αυτόματα επιλεγόμενων. Η μεγάλη πρόκληση της χρήσης μεσαίας PRF εντοπιζόταν στο ότι έπρεπε να χρησιμοποιηθεί αναγκαστικά ψηφιακός υπολογιστής και φίλτρα για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση των αυξημένων σημάτων επιστροφής. Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης μεσαίας PRF είναι και το ότι υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής της έτσι ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν και στις μεταβολές ταχύτητας ή και έντασης του clutter. Βεβαίως, εξαιτίας της πολύπλοκης επεξεργασίας του σήματος, υπάρχει απώλεια ισχύος των σημάτων, μειώνοντας έτσι την εμβέλεια για τη δεδομένη ισχύ.



Εκτός από τη λειτουργία με τις αρχές του φαινομένου Ντόπλερ, πολύ σημαντικό στοιχείο είναι η συμπίεση παλμών. Για να γίνει κατανοητή η σπουδαιότητα της συμπίεσης των παλμών, θα δώσουμε το εξής ενδεικτικό παράδειγμα: ας υποθέσουμε πως απαιτείται από ένα ραντάρ ακρίβεια διαχωρισμού μεταξύ των στόχων ίση με 3 μέτρα. Σύμφωνα με τον τύπο  $L > ct/2$ , έχουμε  $t < 2.L/c$ , και αντικαθιστώντας έχουμε:

$$t < 2 \times 3\text{m} / 300.000.000\text{m/sec} \text{ ή}$$

$$t < 20\text{nm}$$

Αυτό σημαίνει πως ο παλμός θα πρέπει να έχει εύρος 20 νανόμετρα, αλλά τότε η εμβέλεια του ραντάρ θα ήταν υπερβολικά μικρή (σύμφωνα με τον τύπο  $P_{av}$ ).

Οι φυσικές ιδιότητες της ακτίνας του ραντάρ φαίνεται πως αποκλείουν τέτοια απόδοση, αλλά η τεχνική της συμπίεσης παλμού έδωσε τη λύση.

Ένας σύντομος παλμός δημιουργείται και τροφοδοτείται σε ένα φίλτρο διασποράς πριν εκπεμφθεί, διαδικασία που αντιστρέφεται μετά τη λήψη. Εναλλακτικά, ο παλμός μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη (ή περισσότερα) με διαφορετική συχνότητα το κάθε ένα. Κατά τη λήψη ο πρώτος κρατείται σε μία πύλη καθυστέρησης (μνήμη) μέχρι να έρθει ο επόμενος παλμός και τελικά να δώσουν ένα σήμα δύο φορές ισχυρότερο και με διπλάσιο εύρος συχνότητας. Αν, για παράδειγμα, ο παράγοντας συμπίεσης είναι 10, τότε ένας παλμός διάρκειας ενός μικροδευτερολέπτου συμπιέζεται στα 10 νανοδευτερόλεπτα ικανοποιώντας έτσι τις αρχικές προδιαγραφές για μεγάλη διακριτική ικανότητα.

Βεβαίως απαιτούνται πολύπλοκα και πολλά ηλεκτρονικά, και βασικό στοιχείο αυτής της τεχνολογίας είναι οι συσκευές SAW (επιγραμμικά, αυτές είναι συσκευές πυριτίου που μετατρέπουν ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικούς παλμούς και αντίστροφα), που επιτρέπουν τη συμπίεση του σήματος μέχρι και 500, βελτιώνοντας τη διακριτικότητα στον ίδιο σχεδόν βαθμό. Εδώ ακριβώς κρύβεται το εν γένει και βασικό πρόβλημα του ραντάρ Mirage 2000E, Thomson RDM, το οποίο μην έχοντας αξιόλογες δυνατότητες συμπίεσης παλμών, παρουσιάζει διακριτική ικανότητα σε μικρή εμβέλεια που επιχειρησιακά είναι περιορισμένη.

Επίσης, σημαντικό χαρακτηριστικό των ραντάρ, ιδιαίτερα αυτών που αναλαμβάνουν αποστολές κρούσης, είναι το MTI. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την απόρριψη των σημάτων που βρίσκονται εκτός ορισμένων ορίων ταχύτητας (που φυσικά είναι χαμηλά, αφού μιλάμε για οχήματα εδάφους). Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με τη σύγκριση διαδοχικών ανακλάσεων από τον ίδιο στόχο, πάντα ακολουθώντας τις αρχές του φαινομένου Ντόπλερ.

Η μετατόπιση της συχνότητας του κύματος ενός ραντάρ που κοιτά προς το έδαφος θα μεταβάλλεται κατά μήκος της κυματομορφής. Η τεχνική με την οποία επεξεργάζεται αυτό το φαινόμενο ονομάζεται όξυνση δέσμης Ντόπλερ και χρησιμοποιείται για την παροχή πολύ λεπτομερών στοιχείων στο αζιμούθιο. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία DBS είναι μια μορφή SAR όπου χρησιμοποιείται η τεχνική ανάλυσης φαινομένου Ντόπλερ για χαρτογράφησης υψηλής ανάλυσης, με μεγάλη γωνιακή κάλυψη που παρέχεται από συνεχή σάρωση του ραντάρ στην περιοχή ενδιαφέροντος (DBS). Αξίζει να σημειωθεί πως το APG-68 έχει την

ικανότητα όξυνσης 64 φορές και το APG-65 72, δίνοντας διακριτότητα σχεδόν φωτογραφική.

Το ρύγχος των αεροσκαφών είναι αυτό που περιορίζει το μέγεθος της κεραίας και επομένως το εύρος της ακτίνας σάρωση (beam width). Τα γνωστά ραντάρ Συνθετικής Απεικόνισης (SAR) χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση των επιστροφών από ένα σημείο του εδάφους που έρχονται από πολλούς διαδοχικούς παλμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κεραία να λειτουργεί σαν φαινομενικά μεγαλύτερη, βοηθώντας έτσι τη διακριτότητα, φτάνοντάς την σε κλάσμα του μέτρου. Μία ειδική λειτουργία SAR είναι η SLM όπου η ανάλυση γίνεται ακόμα πιο υψηλή με τον περιορισμό της υπό σάρωσης περιοχής.



Η λειτουργία των ραντάρ με SA επιτρέπει ακριβέστατη απεικόνιση του εδάφους, αλλά έχει ένα μειονέκτημα. Η μέγιστη ανάλυση επιτυγχάνεται με δέσμη ανοίγματος περίπου 30 μοιρών, κάτι που σημαίνει πως, αν το ραντάρ είναι στο ρύγχος του αεροσκάφους, τότε η λειτουργία περιορίζεται κατά τη διαδρομή που ακολουθεί αυτό.

Το αντάλλαγμα μεταξύ διακριτότητας και ισχύος του κύματος που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη διάρκεια του παλμού είναι στην ανίχνευση στόχων εδάφους. Με διάρκεια παλμού ενός μικροδευτερολέπτου, το μέτωπο του παλμού έχει διανύσει 310 μέτρα πριν το τέλος του αφήσει την κεραία. Αυτό δίνει μια διακριτική ικανότητα 155 μέτρων (στόχοι κοντώτεροι από 155 μέτρα είναι «αόρατοι») κάτι που φυσικά σημαίνει πως μικρά κτίρια, οχήματα και κάθε είδους αεροσκάφη είναι μη ανιχνεύσιμα. Αν ο παλμός μικρύνει στα 10 νανοδευτερόλεπτα, τότε η διακριτικότητα φτάνει τα 1,55 μέτρα, νούμερο εξαιρετικά ικανοποιητικό. Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι φυσικά το ότι η εκπεμπόμενη ισχύς θα ήταν πλέον πολύ μικρή, οπότε η εμβέλεια του ραντάρ ανάλογα μικρή. Άρα απαιτείται σημαντικά υψηλότερη ισχύς λειτουργίας του ραντάρ.

Ένα από τα σημαντικά θέματα που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά τη σχεδίαση της κεραίας είναι η συγκέντρωση της ισχύος του ραντάρ στην κεντρική ακτίνα σάρωσης και οι λιγότερες δυνατές απώλειες κατά την εκπομπή. Αυτό γιατί υπάρχει κάποια διάχυση εξαιτίας της ύπαρξης των λεγόμενων πλευρικών λοβών ακτινοβολίας (sidelobes), οι οποίοι μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την προσεκτική κατασκευή της κεραίας. Επιπλέον, παρόλο που η εμβέλειά τους είναι μικρή, μπορούν

να δώσουν ψευδή στοιχεία στο ραντάρ εισάγοντας σφάλμα ή και γενικότερα θόρυβο, ειδικότερα σε λειτουργία κατόπτευσης .

Η ανάπτυξη των επιπέδων κεραίων έχει ως κύριο στόχο την καταστολή αυτών των λοβών. Πρέπει να σημειωθεί πως επειδή η ύπαρξή τους είναι αναπόφευκτη, τα στοιχεία που αυτοί δίνουν λαμβάνονται υπόψη και αυξάνει έτσι η πολυπλοκότητα της σχεδίασης. Οι επίπεδες κεραίες ξεχωρίζουν από τη φυσική τους μορφή. Είναι εντελώς επίπεδες, και το κύμα περνά από κυματοδηγούς προς την κεραία. Αυτό μετά εκπέμπεται διαμέσου ορθογώνιων οπών, των οποίων η προσεκτική χωρική τοποθέτηση βοηθά στη συγκέντρωση όλης σχεδόν της ενέργειας στην κεντρικά εκπεμπόμενη ακτίνα ραντάρ. Αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο των σύγχρονων ραντάρ, έχοντας πλήρως εκτοπίσει τις εξελιγμένες κεραίες τύπου Κάσαγκρεν, με μοναδικό μειονέκτημα τη μείωση του εύρους ζώνης περίπου 5%. Επιπλέον, επάνω στην κεραία με σχισμές είναι δυνατή η τοποθέτηση διπολικών κεραίων IFF.

Ο έλεγχος των σχισμών (που συνήθως είναι μερικές δεκάδες) γίνεται μέσα σε μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου. Επιπλέον, η φυσική υπόσταση των σχισμών αποτρέπει την εισαγωγή παλμών άσχετων προς αυτούς του ραντάρ, αφού αυτές καθορίζουν αυστηρά το πλάτος και την πόλωση. Έτσι, εκτός από τη μειωμένη πιθανότητα εισαγωγής θορύβου ή άσχετων παρεμβολών, δίνεται η δυνατότητα λεπτομερούς ανάλυση των διευθύνσεων από όπου επιστρέφουν οι ανακλάσεις, επιτρέποντας έτσι την ακριβή χωρική απεικόνιση. Αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό επιτρέπει και τη λεγόμενη όξυνση δέσμης Ντόπλερ σε επίπεδα απλησίαστα για τις παραβολικού τύπου κεραίες.

Με βάση λοιπόν τα όσα αναφέρθηκαν, οι βασικοί παράγοντες καθορισμού της απόδοσης του ραντάρ συνοψίζοντας παρακάτω, με επεξήγηση των βασικών παραμέτρων τους.

#### **Μεγάλη ακτίνα δράσης:**

- Μεγάλη ισχύς εξόδου
- Προενισχυτές παλμών χαμηλού θορύβου
- Μικρές απώλειες κατά τη λήψη και επεξεργασία των επιστροφών

**Υψηλή ανάλυση χαρτογράφησης, αποστασιομέτρησης στόχου εύρεση ταχύτητας:**

- SAR & DBS
- Συμπύεση παλμών
- Φίλτρα Ντόπλερ περιορισμένου εύρους
- Μεταγωγή PRF

#### **Υψηλή απόρριψη επιστροφών εδάφους:**

- Πλήρης καθορισμός των παλμών σε κάθε περίπτωση
- Μικρά επίπεδα πλευρικών λοβών
- Μεγάλο λειτουργικό εύρος συχνοτήτων

#### **Υψηλός βαθμός ECCM:**

- Μονοπαλμική ανίχνευση (10)
- Υψηλή μέση ισχύς
- Μικρά επίπεδα πλευρικών λοβών
- Μεγάλο λειτουργικό εύρος συχνοτήτων
- Ευελιξία συχνοτήτων
- Μεγάλη κεντρική μνήμη

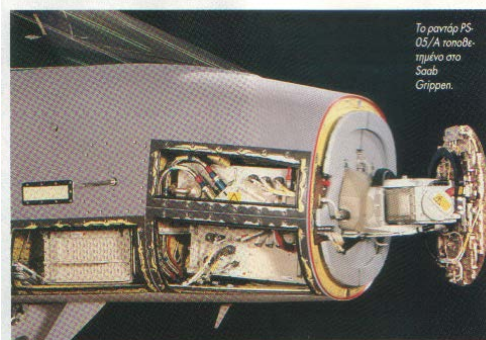
Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί πως σημαντικός επιχειρησιακός παράγοντας λειτουργίας των ραντάρ είναι και ο MTBF, Μέσος Χρόνος ανάμεσα σε διαδοχικές Βλάβες. Ενδεικτικά, το ραντάρ του βρετανικού BAC Lightning της δεκαετίας του 1960 είχε κοντά στις 10 ώρες, το AWG-9 30, το APG-60 του 1972 60, το APG-66 και το APG-65 του 1978 σχεδόν 120, και το σημερινό APG-68V(5) κοντά στις 300. Είναι προφανές το τεράστιο άλμα μεταξύ του '50 και του '70, η μικρότερη εξέλιξη την επόμενη εικοσαετία, για να φτάσουμε στις ημέρες μας όπου η εξέλιξη φαίνεται και πάλι να επιταχύνεται ραγδαία. Ένας από τους κυριότερους παράγοντες βλαβών μέχρι και πρόσφατα είναι οι σερβομηχανισμοί κίνησης των συμβατικών κεραιών (που μπορεί να είναι υδραυλικοί ή ηλεκτρικοί).

Τέλος, και ο παράγοντας MTTR ο οποίος από 2 ώρες που ήταν σε ραντάρ όπως το APQ-114, έχει φτάσει σήμερα στο σύγχρονο και ασύγκριτα ανώτερο ραντάρ APG-70 τα 25 λεπτά. Αξίζει να σημειωθεί πως σε μερικά αεροσκάφη όλο το συγκρότημα του ραντάρ σύρεται προς τα εμπρός και έξω από το ρύγχος, ενώ σε άλλα απλά ανοίγουν οι σχετικές θυρίδες της ατράκτου.

- **Κεραίες – Η επόμενη γενιά – Ραντάρ ηλεκτρονικής σάρωσης**

Όπως είδαμε, οι κεραίες που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα ραντάρ είναι επίπεδες με σχισμές, όπου το κύμα της ακτινοβολίας εκπέμπεται μέσα από τις σχισμές της επίπεδης κεραίας. Σε παλαιότερα συστήματα χρησιμοποιείται είτε παραβολική κεραία είτε κεραία τύπου Κάσεγκρεν.

Αυτό που θα κάνει τα ραντάρ της επόμενης γενεάς να ξεχωρίζουν είναι η χρησιμοποίηση κεραιών ηλεκτρικής σάρωσης, είτε ενεργών είτε παθητικών στοιχείων. Οι πρώτες τέτοιες κεραίες χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή σταθμών ραντάρ στις Η.Π.Α. των οποίων ο σκοπός ήταν η έγκαιρη προειδοποίηση από βαλλιστικούς πυραύλους. Αυτές οι κεραίες θα αντικαταστήσουν τις γνωστές μας στα ραντάρ αεροσκαφών, των οποίων η διεύθυνση της ακτινοβολίας ορίζεται από τη θέση της μηχανικά κινούμενης κεραίας. Οι κεραίες ενεργών ηλεκτρονικών στοιχείων αποτελούνται από εκατοντάδες μικρά στοιχεία εκπομπής/λήψης (T/R: Transmit/Receive), κάθε ένα από τα οποία λειτουργεί ουσιαστικά σαν μια κεραία ραντάρ. Δηλαδή έχει αντικατασταθεί ο ένας ισχυρός εκπομπός από πάρα πολλούς μικρότερους αυτοί στην περίπτωση των κεραιών για ραντάρ αεροσκαφών θα είναι κατασκευασμένοι από GaAs, υλικό που υπερέχει σημαντικά του πυριτίου. Στοιχεία κατασκευασμένα από GaAs πλεονεκτούν ως προς την ταχύτητα λειτουργίας, το εύρος συχνοτήτων, το χαμηλότερο θόρυβο και τη μεγάλη αντοχή υλικού. Τα παθητικά συστήματα ραντάρ έχουν ένα εκπομπό-λήπτη, αλλά το κύμα κατακερματίζεται και κατευθύνεται από διατάξεις που θα περιγραφούν παρακάτω.



Το προφανέστερο και αρχικό πλεονέκτημα της ηλεκτρονικά κατευθυνόμενης ακτινοβολίας είναι η ευελιξία της σάρωσης, αφού δεν υπάρχει εξάρτηση από τα αργά σε αντίδραση μηχανικά μέσα (σερβομηχανισμοί κίνησης

κεραίας). Η λειτουργία TWS γίνεται γρηγορότερα, ειδικά για πολλαπλούς στόχους, το εύρος συχνότητας λειτουργίας είναι μεγαλύτερο, και υπάρχει ομαλότερη απορρόφηση χάρη στα ξεχωριστά T/R στοιχεία. Τα κύρια μειονεκτήματα ήταν η μικρότερη από την αναμενόμενη αξιοπιστία του όλου συστήματος ραντάρ, ειδικά για τις παθητικές κεραίες διάταξης φάσης (11) ηλεκτρονικής σάρωσης, αφού υπάρχει ένας εκπομπός-λήπτης, και η περιοχή σάρωσης του ραντάρ είναι μικρότερη (αν και σαρούμενη ταχύτερα). Αντίθετα, οι ενεργές κεραίες διάταξης φάσης ηλεκτρονικής σάρωσης, χάρη στα 1000 και πλέον στοιχεία T/R έχουν τεράστιο χρόνο MTBF, που φτάνει και τις 2000 ώρες. Βεβαίως θα πρέπει να σημειωθεί πως δεν εννοείται βλάβη μέχρι πτώση της απόδοσης μέχρι 10%, που σημαίνει πως σε μια ενεργή κεραία 2000 στοιχείων έχουν χαλάσει τα 200.

- **Ενεργός διάταξη – οι Αμερικανοί και πάλι στην κορυφή της τεχνολογίας**

Οι ενεργές κεραίες διάταξης φάσης βασίζονται σε συστήματα που αναπτύχθηκαν για ραντάρ εδάφους – αέρος εδώ και περίπου 15 χρόνια. Στα παλαιότερα συστήματα χρειαζόταν μια επιπλέον (συμβατική συνήθως) κεραία για την παροχή στοιχείων ύψους, αφού η ενεργός κεραία έδινε στοιχεία απόστασης και ταχύτητας μόνο. Στις σύγχρονες κεραίες τρισδιάστατης έρευνας, οι φάσεις του εκπεμπόμενου κύματος των ανεξάρτητων στοιχείων της κεραίας ελέγχονται ηλεκτρονικά, επιτρέποντας τις ακτίνες να οδηγούνται είτε σε ανύψωση είτε στο αζιμούθιο είτε ταυτόχρονα. Σε μερικά συστήματα οι ακτίνες κινούνται και στο χώρο με τη χρησιμοποίηση διοδικών μετατροπών φάσης, ενώ σε άλλα συστήματα η κίνηση στη μία διάσταση γίνεται μηχανικά (όπως στο ραντάρ του J-STARS).

Το πλεονέκτημα της τοποθέτησης των στοιχείων T/R πίσω από το μέτωπο της κεραίας είναι η ελαχιστοποίηση των απωλειών και των αλλοιώσεων στη συχνότητα του εκπομπού-κεραίας και κεραίας-λήπτη.

Το πρώτο αεροσκάφος που θα φέρει διάταξη ενεργών στοιχείων στην κεραία του ραντάρ του είναι το F-22. Το ραντάρ είναι το APG-77 και για την κατασκευή του συνεργάζονται η Westinghouse με την Texas Instruments, με τη δεύτερη να έχει αναλάβει την κατασκευή της κεραίας. Η AESA έχει πείσει για την αξία της, παρά το κόστος και τις τεχνικές δυσκολίες.



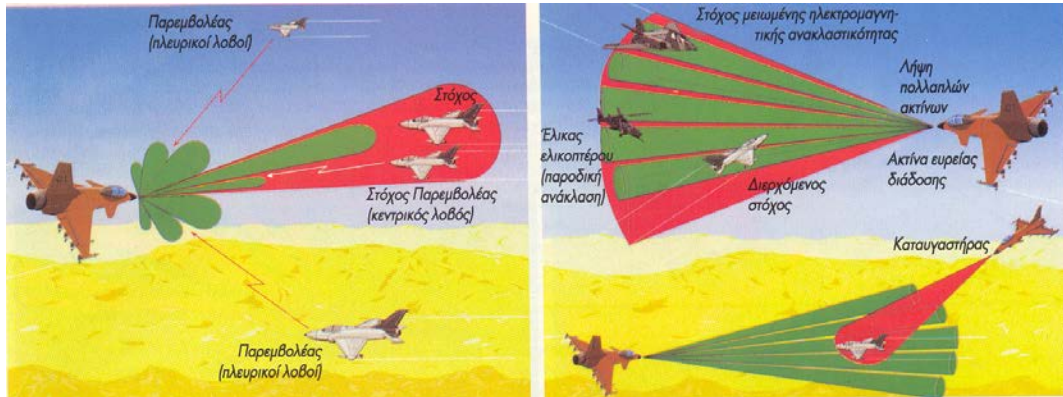
Οι βασικοί λόγοι που η USAF πίεσε από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 για την ανάπτυξη της τεχνολογίας, είναι:

- Ευελιξία
- Αξιοπιστία
- Πολύ υψηλή αντοχή στα ECM
- Ταυτόχρονες ανεξάρτητες λειτουργίες

Με περισσότερα από 1000στοιχεία T/R, με το καθένα να είναι ικανό να εκπέμπει 10W ισχύος κορυφής του ραντάρ του F-22 μπορεί να φτάσει το 1 MW. Αξίζει να σημειωθεί εδώ πως οι κεραιές παθητικό διάταξης δεν έχουν την ίδια ισχύ για το ίδιο βάρος, και παρόλο που μπορούν να εκτελούνται ταυτόχρονα λειτουργίες όπως TF και TWS, η εμβέλεια είναι μικρότερη. Επίσης, ας μην ξεγελαστεί κανείς και πιστέψει πως η μεγάλη ισχύς δε συμβαδίζει με χαρακτηριστικά LPI, γιατί, απλούστατα, εκτός του ότι είναι ρυθμιζόμενη, σπανίως θα χρησιμοποιηθεί όλη για ένα ρόλο, παρά μόνο σε έρευνα πολύ μεγάλης ακτίνας. σχεδόν πάντα θα υπάρχει κατακερματισμός της ισχύος στις διαφορετικής λειτουργίας ή και κατεύθυνσης ακτινοβολίες. Ιδιαίτερα στις λειτουργίες αέρος μπορούν να παρακολουθούνται άνετα στόχοι εντελώς διαφορετικών χαρακτηριστικών πτήσης, όπως αιωρούμενα ελικόπτερα, αργοκίνητα μεταγωγικά ή μαχητικά που κινούνται γρήγορα.

Η ευελιξία της ακτίνας – η ικανότητα δηλαδή να αλλάζει διεύθυνση ή κυματομορφή – είναι ανώτερη από κάθε άλλο τύπο ραντάρ. Το εντυπωσιακότερο ίσως στοιχείο του ραντάρ είναι η ικανότητά του να αλλάζει τρόπο λειτουργίας τόσο γρήγορα, ώστε ο πιλότος να μην αντιλαμβάνεται απολύτως τίποτα. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να εκτελεί πτήση αποφυγής αναγλύφου με το ραντάρ, ενώ ταυτόχρονα να εκτελεί λειτουργία TWS. Οι μονάδες επεξεργασίας του σήματος είναι εξαιρετικά ισχυρές, και φυσικά ο μοναδικός τρόπος για την ανάλυση των δεδομένων είναι παράλληλη επεξεργασία. Εξίσου εντυπωσιακό είναι το ότι το ραντάρ μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα με οποιαδήποτε λειτουργία και ως SAR, αφού το μοναδικό που απαιτείται είναι το φόρτωμα του κατάλληλου λογισμικού. Αξιοπρόσεκτο είναι το ότι επειδή – ιδιαίτερα – η λειτουργία SAR απαιτεί εξαιρετικά ακριβή δεδομένα θέσης του αεροσκάφους, το κύριο αδρανικό σύστημα θέσης του F-22 βρίσκεται πολύ κοντά στο ραντάρ του, για όσο το

δυνατόν μικρότερη αλλοίωση των δεδομένων λόγω θορύβου των ηλεκτρικών γραμμών μεταφοράς δεδομένων του αεροσκάφους.



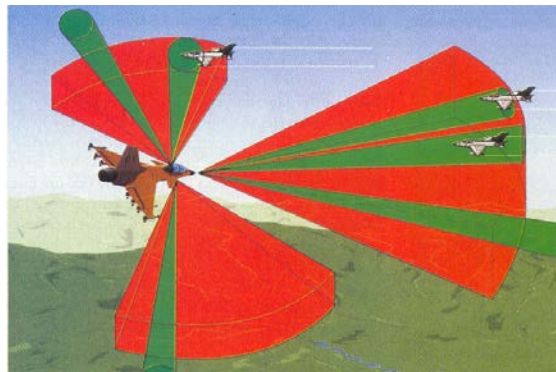
Ευελιξία ακτίνας

Επίσης, εξαιρετικά εντυπωσιακή είναι η δυνατότητα ECCM, γιατί, απλούστατα, μια κεραία ενεργούς σάρωσης μπορεί να απασχολεί μέρος των στοιχείων T/R για την αντιμετώπιση ενεργών ECM από διαφορετικές πηγές, χωρίς να παύει τη βασική λειτουργία του, και που είναι αδύνατο για τα συμβατικά ραντάρ. Αυτό επιτυγχάνεται και με την πλήρη αντίληψη της ύπαρξης των πλευρικών λοβών, οι οποίοι μπορούν να εκτελέσουν καθορισμένες λειτουργίες ECCM.

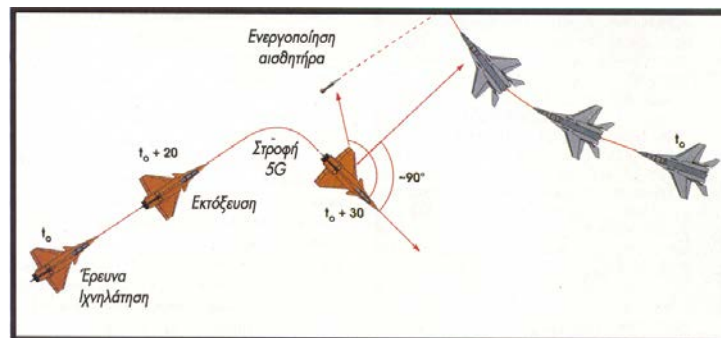
Για την αξιοπιστία, αλλά και την επίσπευση των δοκιμών του κάθε υποσυστήματος του ραντάρ ξεχωριστά, τα στοιχεία T/R πλέον δεν είναι κατασκευασμένα μαζί, αλλά είναι πλήρως διακριτά στην κατασκευή και λειτουργία τους. Έτσι και σε περίπτωση βλάβης το κόστος αντικατάστασης μειώνεται σχεδόν στο μισό. Εδώ θα πρέπει να θυμηθούμε πως, ακόμη και αν κάποια στοιχεία αχρηστευτούν, η απώλεια λειτουργίας είναι εντελώς σταδιακή και δεν παύει η λειτουργία του ραντάρ, όπως συμβαίνει αν πάθει κάτι τέτοιο ο μοναδικός εκπομπός-λήπτης μιας παθητικής κεραίας.

Το Rockwell B-1B Lancer ήταν το πρώτο αεροσκάφος με κεραία ραντάρ παθητικής λειτουργίας (APQ-164), αν και ποτέ δεν είχε αξιοπρεπή αξιοπιστία, όπως βεβαίως και τα πιο πολλά από τα προηγούμενα συστήματα του αεροσκάφους. Είναι γνωστό πως τα B-1B έχουν αποκτήσει το παρατσούκλι

«hangar queens», δηλαδή «βασιλίσσες των υπόστεγων» ακριβώς λόγω της γενικότερης αναξιοπιστία τους.



Έρευνα και ιχνηλάτιση ευρέως πεδίου.



Το όλο πρόγραμμα έρευνας για AESA είχε ξεκινήσει από τη δεκαετία του 1980, στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων, όπως το URR, όπου η TI και η Westinghouse κατασκεύασαν πρωτότυπα. Όπως είναι γνωστό, ένας από τους τομείς έρευνας ήταν η υιοθέτηση και πλευρικών κεραιών ραντάρ, με αποτέλεσμα η περιοχή σάρωσης να γίνεται εξαιρετικά μεγάλη. Το ζήτημα που προέκυψε είναι αυτό της υπολογιστικής ισχύος. Χωρίς να είναι αδύνατη, υπήρχε σκεπτικισμός ως προς την τελική υλοποίηση, αφού η τακτική παρουσίαση της κατάστασης σαφώς και θα επιβάρυνε υπερβολικά τις μονάδες επεξεργασίας, η πιθανότητα βλαβών θα αύξανε σημαντικά, η εκλυόμενη θερμότητα θα ήταν πρόβλημα και ο φόρτος του πιλότου ίσως να ήταν αβάσταχτος. Η μοναδική λύση για την δεκαετία που διανύουμε θα ήταν η ύπαρξη διμελούς πληρώματος στο ATF, αφού η δυνατότητα αξιολόγησης της κατάστασης από τους υπολογιστές θέλει ιδιαίτερη μελέτη. Από την άλλη πλευρά, δεν πρέπει να σκέφτεται κανείς πως το κόστος ήταν ο βασικός παράγοντας. Φυσικά το κόστος της κάθε μονάδας T/R θα ελαττωνόταν με την

κατασκευή σχεδόν δύομιση φορές περισσότερων στοιχείων, παρότι το τελικό κόστος του συστήματος θα ήταν αυξημένο. Επίσης, ιδιαίτερα στην εναέρια μάχη BVR, είναι δυνατή η αναχαίτιση έπειτα από ελιγμό που απομακρύνει το ρύγχος του αεροσκάφους άρα το πεδίο έρευνας της κεντρικής κεραίας του ραντάρ) εκτός του εχθρικού μαχητικού, εφόσον υπάρχουν πλευρικές ενεργές κεραίες. Ένα ενδιαφέρον ζήτημα είναι το αν αυτές θα βρίσκονται πίσω από διηλεκτρικές επιφάνειες ή θα αποτελούν μέρος της εξωτερικής επικάλυψης του αεροσκάφους.

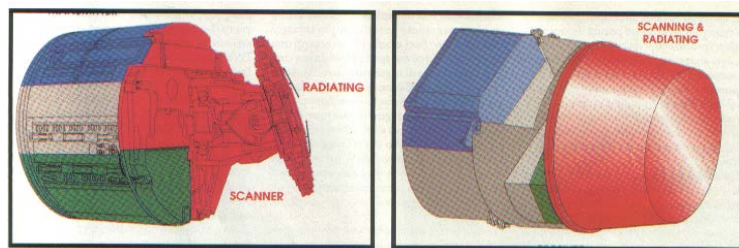
Η εμβέλεια του APG-77 υπολογίζεται περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτά του ραντάρ των F-15, δηλαδή περίπου 190 χιλιόμετρα, αφού ούτε όπλα μακρύτερου πλήγματος υπάρχουν ούτε υπάρχει λόγος να αναπτυχθούν. Επιπλέον, η τακτική της USAF δεν απαιτεί ραντάρ με μεγαλύτερη εμβέλεια, και λόγω φόρτου εργασίας του πιλότου.

Το ραντάρ του F-22 πρωτοδοκιμάστηκε σε ένα Boeing 757, και η ανάπτυξή του συνεχίζεται με αυτό το αεροσκάφος. Υπολογίζεται πως το πρώτο επιχειρησιακό ραντάρ εγκατεστημένο σε F-22 θα υφίσταται κοντά στο 2000, αφού προς το παρόν από τα πρωτότυπα μόνο το ένα έχει την κατάλληλη υποδομή, με τα περισσότερα από τα υποσυστήματα του ραντάρ στη θέση τους.

- **Παθητική διάταξη – οι Γάλλοι πάλι πρωτοπορούν στην Ευρώπη**

Πάντως, αν και η τεχνολογία ενεργών στοιχείων θεωρείται η κορυφαία, οι λόγοι που έχουν οδηγήσει την Thomson-CSF στην υιοθέτηση της παθητικής κεραίας – ιδέα που εφαρμόστηκε από την Electronique Serge Dassault (ESD) στο ραντάρ Antilope 60, εταιρεία που αργότερα ενσωματώθηκε στην Thomson CSF – είναι αρκετοί. Ο αρχικός λόγος, αν και όχι ο βασικός, ήταν η συμπίεση του κόστους. Τα ολοκληρωμένα GaAs που απαιτούνται για την κατασκευή της ενεργούς κεραίας, κοστίζουν περίπου 1.800\$ το ένα, που πολλαπλασιάζονται με το συνολικό αριθμό των περίπου 1.000 ολοκληρωμένων που απαιτούνται, μας προσδίδουν κόστος κεραίας που φτάνει το απίθανο ποσό του 1,8 εκατομμυρίων δολαρίων. Αυτό το ποσό συγκρίνεται με το κόστος απόκτησης ενός συμβατικού ραντάρ, όπως του APG-68, το οποίο είναι ιδιαίτερα γνωστό για τις ικανότητες του και πλήρως δοκιμασμένο.

Ένα επιπλέον πρόβλημα των κεραιών ενεργών στοιχείων είναι η μεγάλη έκλυση θερμότητας, που δύσκολα αποβάλλεται. Η θερμική πυκνότητα είναι 1-1,5 Watt/τετραγωνικό εκατοστό, πράγμα που σημαίνει πως σε μία τυπική κεραία επιφάνειας θα αναπτυχθούν σχεδόν 6,4 KW θερμικής ισχύος που πρέπει να απορροφηθεί. Ενδεικτικά 3,5 KW αναπτύσσονται σε όλο το σύστημα ραντάρ PS-05/A με τη συμβαρική κεραία. Στις παθητικές κεραίες αυτή είναι μικρότερη, και εύκολα αποβαλλόμενη με ένα ψυκτικό υγρό στη χειρότερη περίπτωση. Επίσης, η ίδια παθητική κεραία είναι σημαντικά ελαφρότερη, αν και τελικά το όλο σύστημα μπορεί να είναι βαρύτερο. Από την άλλη, και το χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης του Rafale δεν επέτρεπε πειραματισμούς με κεραία ενεργούς σάρωσης, ενώ και το κόστος θα ξέφευγε από τα όρια του προγράμματος αν επιταχυνόταν στον απαιτούμενο βαθμό η έρευνα.



Φυσικά, οι κεραίες παθητικών στοιχείων έχουν τα δικά τους μειονεκτήματα, με το σημαντικότερο (στα αρχικά βήματά τους) είναι η αργή ταχύτητα μεταγωγής των σιδερένιων πυρήνων του ραντάρ που κατευθύνουν την ακτίνα, τουλάχιστον στη μορφή που είχε προτείνει αρχικά η ESD για το Antilope 60. αυτό δεν είναι πρόβλημα για τα ραντάρ σε σταθμούς εδάφους, και όχι δύο ή περισσότερες ταυτόχρονα, με διαφορετικές εντελώς απαιτήσεις. Η λύση που κατέληξαν οι μηχανικοί της τότε ESD ήταν η αλλαγή του τρόπου μεταγωγής της φάσης που συμβαίνει όταν το σήμα περνά μέσα κάθε σιδερένιο πυρήνα.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε σιδερένια ράβδος σχετίζεται με μια δεύτερη, η οποία λειτουργεί σαν αντίστροφη (σε φάση) της πρώτης, εξασφαλίζοντας έτσι το ότι η μετατόπιση φάσης του εκπεμπόμενου και του λαμβανόμενου σήματος είναι πανομοιότυπες.

Κάθε ζευγάρι ράβδων έχει το δικό της κύκλωμα ελέγχου, που είναι συνδεδεμένο με τον υπολογιστή που ελέγχει τη διεύθυνση της ακτίνας. Μια κεραία μπορεί να περιέχει 1000-1200 ζευγάρια κατευθυντών της βασικής ακτίνας.

Η ακτίνα που δημιουργείται μπορεί να σαρώσει σε ένα κώνο 60 μοιρών σε κάθε διεύθυνση, σε χρόνους λίγων μικροδευτερολέπτων. Το πρόβλημα είναι πως αυτός ο τύπος λειτουργίας, παρόμοιος με αυτόν του Rockwell B-1B Lancer και του Mi-31 Foxhound δεν ενδείκνυται για εφαρμογή σε ραντάρ ενός μικρού αεροσκάφους, όπως το Rafale, λόγω όγκου και απαιτήσεων ισχύος, και γι' αυτό το λόγο και η Thomson-CSF δεν ακολούθησε τον δρόμο που αρχικά υπέδειξε η ESD, αλλά ακολούθησε το δρόμο της ευρεσιτεχνίας της, RADANT (12).

Άλλες βελτιώσεις είναι:

- Μεγαλύτερη ακρίβεια της παραγόμενης συχνότητας
- Η υπολογιστική ισχύς έχει αυξηθεί σε αρκετές εκατοντάδες εκατομμύρια εντολών το δευτερόλεπτο (mips)
- Η κεραία χρησιμοποιεί TWT που ψύχεται ξηρά, είναι εύκολα συντηρήσιμη και έχει το ένα τρίτο του βάρους σε σχέση με τα προηγούμενα συστήματα.
- Πολύ μικρή απώλεια σε πλευρικούς λοβούς.

Η πρώτη «πτήση» του πρωτοτύπου του ραντάρ του Rafale, RBE2 (Radar a Balayage Electronique 2 plans: Ραντάρ Ηλεκτρονικής Σάρωσης Δύο Διαστάσεων), έγινε στις 10 Ιουλίου του 1992 στο κέντρο δοκιμών Breteigny στη Γαλλία, και μόλις τρία χρόνια μετά την απονομή του συμβολαίου από το γαλλικό υπουργείο Άμυνας. Φυσικά δεν έγινε σε αεροσκάφος Rafale, αλλά στο ειδικά διαμορφωμένο Mystere 20, ενώ, όταν το σύστημα απέκτησε μια πιο «σταθερή» μορφή, τοποθετήθηκε στο Rafale μέσα στο 1993.

Ένα από τα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά ραντάρ είναι η δυνατότητα πολλών λειτουργιών ταυτόχρονα, όπως για παράδειγμα TF και TWS. Ο ολικός κώνος σάρωσης είναι περίπου 120 μοιρών (60 μοιρών) όπως και στα συμβατικά αεροσκάφη – αν και τα πιο εξελιγμένα φτάνουν σχεδόν τις 170 μοίρες, αλλά οι ταχύτητες σάρωσης είναι 50 με 100 φορές μεγαλύτερες ακόμη και αυτές των καλύτερων μηχανικά κινούμενων κεραιών, των οποίων η ταχύτητα είναι 100+ μοίρες/ δευτερόλεπτο. Βέβαια η άμεση σύγκριση δεν είναι ακριβής, αφού η ηλεκτρονική σάρωση γίνεται με «πηδηματάκια» από σημείο σε σημείο, αν και αυτό τελικά δεν έχει σημασία. Αυτό επίσης ευνοεί την απόκρυψη από τους RWR, αφού το σήμα είναι αρκετά πιο περίεργη σε σχέση με τα συμβατικά. Η εμβέλεια του RBE2 είναι 90 χιλιόμετρα έναντι συμβατικών αεροσκαφών (φυσικά για την

παροχή πλήρων στοιχείων διανύσματος ταχύτητας, ύψους αλλά πιθανότητα και τύπου αεροσκάφους), και 29 χιλιόμετρα έναντι στόχων με έντονα στοιχεία stealth. Η μέση εκπομπή ισχύος είναι κοντά στο 1KW, όπως και του σουηδικού PS-05/A (για σύγκριση το AWG-9 του F-14A έχει πάνω από 2,5KW).

Το γεγονός πάντως ότι η κεραία ενεργών στοιχείων έχει μεγαλύτερο δυναμικό ανάπτυξης, είναι αναγνωρίσιμο. Έτσι η Thomson-CSF και η GEC Marconi σύναψαν συμφωνία συνεργασίας το Μάιο του 1991, με τη γερμανική Daimler Benz να ακολουθεί λίγο αργότερα, για την ανάπτυξη του ραντάρ που θα εξοπλίσει το διάδοχο των Rafale και EFA. Η κοινοπραξία ονομάζεται AMSAR [Airborne Multi-role Solid state Active array Radar: Εναέριο Ραντάρ Πολλαπλών Ρόλων Ενεργού διάταξης (στοιχείων) Στερεάς κατάστασης] και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις πλευρικές κεραίες. Το πρωτότυπο αναμένεται να κάνει την εμφάνισή του στα μέσα της πρώτης δεκαετίας του δύο 2000. Με λίγα λόγια, ισοπαλούνται ή και ξεπερνώνται οι Ρώσοι, αν και το κενό μεταξύ Ευρώπης και Η.Π.Α. παραμένει στην πενταετία τουλάχιστον σε αυτόν τον τομέα.

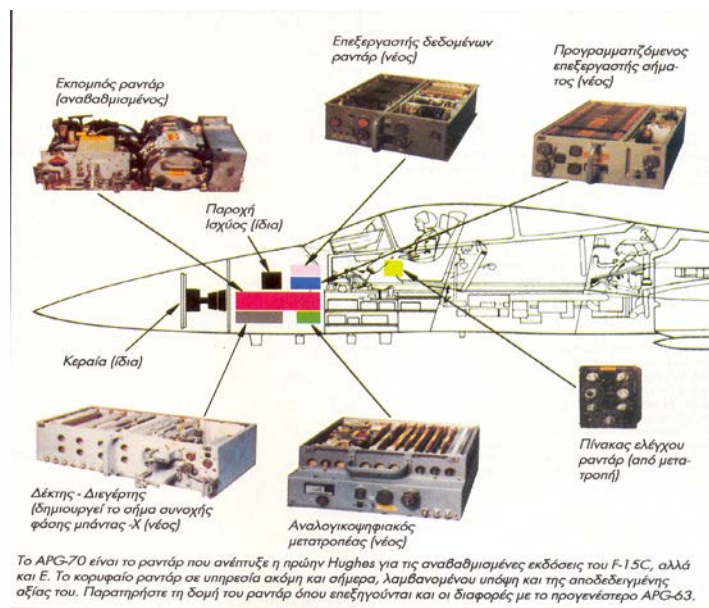
- **Σύγχρονη Σκηνή**

Όπως είναι φανερό, κύρια εξέλιξη στα ραντάρ αποτελεί η εγκατάσταση ηλεκτρονικής σάρωσης προς αντικατάσταση των παλαιών επίπεδων, μηχανικά κινούμενων κεραιών. Το πρώτο ραντάρ που εισήχθη κανονικά σε υπηρεσία ήταν το Zaslon (Flash Dance) του Σοβιετικού MiG-31, με κεραία παθητικών στοιχείων, αν και Δυτικοί παρατηρητές έσπευσαν να κρίνουν την υλοποίηση ως αδέξια, αν και λειτουργική. Στη Δύση η νέα τεχνολογία αναμένεται να εφαρμοστεί πρώτα στο Dassault Rafale, με το ATF να ακολουθεί, αν και με ενεργό λειτουργία των στοιχείων της κεραίας αντί για παθητική του γαλλικού ραντάρ όπως προαναφέρθηκε. Πάντως, ας μην ξεχνάμε πως το Rockwell B-1Blancer έχει κεραία παθητικών στοιχείων. Το ιαπωνικό FS-X επίσης θα έχει κεραία ενεργών στοιχείων διαμέτρου 66 εκατοστών, ενώ το πολυπαθές EFA, θα έχει συμβατική κεραία. Χωρίς κανείς να θέλει να φανεί κακοπροαίρετος, δεν μπορεί παρά να παρατηρήσει μία ακόμη φορά πως το πώς το EFA που, σύμφωνα (μόνο) με τους κατασκευαστές του, έχει επιδόσεις αναχαιτίσης συγκρίσιμες μόνο με του F-22, ανώτερες του Rafale, δεν ακολουθεί την κορυφή της τεχνολογίας. Επομένως, αν σκεφτεί κανείς πως το ραντάρ είναι ευρωπαϊκό, όπως και το υπόλοιπο



αεροσκάφος, οι πύραυλοι αμερικάνικοι (AIM-120, AIM-9M) και το αεροσκάφος μόλις πρόσφατα άρχισε να πετά στα θεωρητικά όρια του φακέλου πτήσης, τότε νομίζει πως το αεροπλάνο θα συμπεριλαμβάνει και στοιχεία μαγείας, ώστε να τα καταφέρει όλα αυτά. Χωρίς να μακρηγορούμε, γνώμη μας είναι πως το Rafale από την αρχή ως το τέλος, είτε σχεδιαστικά είτε πτητικά είτε ως εξέλιξη της αρχικής ιδέας, είναι σαφώς πιο επιτυχημένο από το EFA, που συν τοις άλλοις έχει και τα στοιχεία stealth. Το πώς το καταφέρνει αυτό με τόσες ορθές γωνίες, δεν το ξέρει κανείς.

Πάντως η Thomson-CSF στις αρχές του 1988 είχε συνάψει συμφωνία συνεργασίας με την αμερικάνικη Texas Instruments, για την πρόσβαση στην τεχνολογία ολοκληρωμένων Ga-As, και η Electronique Serge Dassault με την Westinghouse για την τυποποίηση των μονάδων τελικής διαμόρφωσης του σήματος, προκειμένου να υπάρχει πλήρης συμβατότητα με τα MIL. Τελικά οι δύο γαλλικές εταιρίες συγχωνεύτηκαν (υπό τον οργανισμό GIE) και εκτός των άλλων δημιούργησαν το RBE2, αν και όπως αρκετοί θυμούνται είχαν κατηγορηθεί από αμερικάνικες εταιρίες για βιομηχανική κατασκοπεία, όπως και άλλωστε και η Snecma, κατασκευάστρια των κινητήρων M88 του Rafale. Σημασία πάντως έχει πως το Rafale, από τη στιγμή που μπει σε παραγωγή δε θα έχει ουσιαστικό αντίπαλο, τουλάχιστον στην κατηγορία του. Θεωρητικά μόνο κάποια ρώσικά αεροσκάφη, εξελίξεις των υπάρχοντων μοντέλων, μπορούν να το συναγωνιστούν.





- **Τα κυριότερα ραντάρ σε υπηρεσία**

#### **Ηνωμένες Πολιτείες**

**APG-70:** Το ραντάρ αυτό της Hughes δικαίως θεωρείται σήμερα το κορυφαίο σύστημα ελέγχου πυρός σε αεροσκάφος. Τοποθετήθηκε στα τελευταία F-15C, σε όλα τα F-15E (η πλέον εξελιγμένη έκδοση), ενώ τα F-15S και I έχουν ένα ελαφρό υποβαθμισμένο μοντέλο. Βασίζεται στο APG-63 και οι βασικές του βελτιώσεις είναι η νέα TWT και η ακριβέστερη διαμόρφωση των παλμών που εκπέμπονται σε όλες τις PRF. Το εύρος συχνοτήτων λειτουργίας είναι μεγαλύτερο, έχει βελτιωμένη αντοχή στα ECM, μεγαλύτερη ευαισθησία και μεγαλύτερη εμβέλεια υπό κάθε συνθήκη. Ο επεξεργαστής του σήματος είναι εντελώς νέος και μπορεί να εκτελέσει τουλάχιστον 30 εκατομμύρια εντολές/δευτερόλεπτο, δηλαδή 5 φορές περισσότερο από το προκάτοχο του, ενώ και η μνήμη είναι δέκα φορές περισσότερη και ο χρόνος προσπέλασής της είναι σχεδόν 4 φορές μικρότερος. Επίσης, ο ρυθμός κίνηση της κεραίας από τις 70 μοίρες/δευτερόλεπτα έφτασε τον κορυφαίο ρυθμό των 140 μοιρών/δευτερόλεπτο. Η διαφορά του μοντέλου που τοποθετείται στα F-15E είναι η δυνατότητα χαρτογράφησης κάτω από όλες τις συνθήκες και σε πραγματικό χρόνο. Μια τροποποιημένη έκδοση πιστεύεται ότι τοποθετείται και στα AC-130U Spectre.

**APG-71:** Η Hughes λογικά ανέλαβε και την αναβάθμιση του ραντάρ του Grumman F-14 Tomcat, του επιβλητικού AWG-9. Βασικές αλλαγές είναι η νέα κεντρική μονάδα, ο νέος ψηφιακός επεξεργαστής (που αντικαθιστά τους 4 αναλογικούς), όλα βασισμένα στα συστήματα του APG-70. Όλα τα μοντέλα «-D» του Tomcat έχουν αυτό το ραντάρ, το οποίο συνοδεύεται από εντελώς νέες οθόνες παρουσίασης στοιχείων για τον RIO αλλά και για τον πιλότο. Όλες οι δυνατότητες έχουν αναβαθμιστεί, η αντοχή στα ECM έχει βελτιωθεί, ενώ ο MTBF είναι πλέον κοντά στις 150 ώρες. Όπως είναι γνωστό, το ραντάρ έχει αποκτήσει πολλαπλές δυνατότητες στα πλαίσια της προσπάθειας για ανάληψη αποστολών εναντίον στόχων επιφανείας από το Super Tomcat, αν και τελικά οι δοκιμές δεν ήταν αρκετά επιτυχείς.

**APG-65:** Το καλύτερο ραντάρ σε υπηρεσία μέχρι την εμφάνιση του κατά πολύ ακριβότερου APG-70. Η Hughes κατασκεύασε ένα εκπληκτικό ραντάρ, πλήρως ψηφιακό με μεγάλη αντοχή στα αντίμετρα και κορυφαία απόδοση είτε σε αέρος είτε σε επιφανείας διαμορφώσεις. Ήταν το πρώτο ραντάρ με τόσες λειτουργίες και με τόσο μεγάλο βαθμό αυτοματισμού. Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως το ραντάρ του F/A-18 είχε κεντρικό επαναπρογραμματιζόμενο επεξεργαστή ικανό για 7,2 εκατομμύρια πράξεις το δευτερόλεπτο. Πρακτικά ήταν αδύνατο να σκεφτεί κανείς κάποια λειτουργία που να μην υπάρχει σε αυτό το ραντάρ. Φυσικά, ο καιρός περνά και το ραντάρ αναβαθμίστηκε για το F/A-18C με επεξεργαστή του σήματος και αύξηση του εύρους συχνοτήτων λειτουργίας. Το αναβαθμισμένο ραντάρ ονομάζεται APG-73 και μάλλον και τα παλαιότερα -65 θα αναβαθμιστούν. Την εποχή που γινόταν η αξιολόγηση των αεροσκαφών για την Αγορά του Αιώνα, οι αξιωματικοί που αξιολόγησαν τα αεροσκάφη διαπίστωσαν από πρώτο χέρι τις δυνατότητες αυτού του ραντάρ, ειδικά συγκρίνοντάς το με αυτό του Tornado ή, ακόμη χειρότερα, με του Mirage 2000, ένας σοβαρός λόγος που είχε δώσει το προβάδισμα (για λίγο) στο F/A-18 στην προ δεκαετίας Αγορά του Αιώνα.

**APG-68 Ραντάρ του Tornado IDS:** Η TI σχεδίασε και κατασκεύασε το ραντάρ του (ευρωπαϊκού) Tornad IDS, βασιζόμενο στην τεχνογνωσία από τα διάφορα ραντάρ που είχαν αναπτυχθεί κατά καιρούς για το Grumman F-111 Aardvark. Το ραντάρ στην ουσία είναι διπλό, αφού έχει δύο κεραίες, μία για την TFR και μία για GMR, που μοιράζουν τα ίδια ηλεκτρονικά χωρίς αμφιβολία έχει κορυφαίες δυνατότητες αποφυγής αναγλύφου και πλοήγησης, αν και σε σχέση με τα σύγχρονα υπολείπεται σε ακρίβεια και MTBF. Η αντοχή στα ECM είναι αξιοπρόσεκτη και χάρη στις δυνατότητες αυτού του ραντάρ και στα πτητικά χαρακτηριστικά του ίδιου του αεροσκάφους το Tornado συνδυάζει τις δυνατότητες στρατηγικού και τακτικού βομβαρδισμού με απόλυτη επιτυχία. Όταν εμφανίστηκε, έδινε στο Tornado τις κορυφαίες δυνατότητες χαμηλής πτήσης (NoE), χαρτογράφησης και αυτοματισμού πρόσκτησης στόχου. Πρόσφατα ολοκληρώθηκε πρόγραμμα εκσυγχρονισμού με αύξηση της αντοχής σε ECM του ραντάρ TFR, βελτίωση των δυνατοτήτων αέρος και εναντίον στόχων επιφάνειας. Το τελευταίο ραντάρ με τόσο βαθμό εξειδίκευσης, ίσως μεζί με το RDI.

## • **Μεγάλη Βρετανία**

**Foxhunter:** Αναγνωρίζοντας τις αδυναμίες του ραντάρ του Tornado IDS στο ρόλο της αναχαίτισης, στις αρχές του 1976 πρωτοπαρουσιάστηκε το Foxhunter της Ferranti και της GEC Avionics για το Tornado ADV. Η Ferranti κατασκευάζει τον εκπομπό, τον καταδείκτη και την κεραία. Αργότερα η Marconi πήρε τη θέση της GEC. Το ραντάρ στο μεγαλύτερο μέρος του είναι ψηφιακό και πρωτοτοποθετήθηκε σε ADV τον Ιούνιο του 1981. Είναι πλήρως συμβατό με το σύστημα μεταφοράς δεδομένων JTIDS του NATO και αναπτύχθηκε με γνώμονα την αναχαίτιση χαμηλά ιπτάμενων στόχων και βομβαρδιστικών, με ιδιαίτερη αντοχή σε περιβάλλον ECM. Η αλήθεια είναι πως σχεδιάστηκε ως αναπόσπαστο μέρος ενός πλήρους συστήματος με σταθμούς και AWACS, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα μια μικρή υποβάθμιση των αυτόνομων δυνατοτήτων του ραντάρ. Επιπρόσθετα, προβλήματα στην κατόπτευση σε συνδυασμό με την ακαταλληλότητα του Tornado ως αεροσκάφους γενικής αεροπορικής υπεροχής μάλλον καταπόντισαν τη φήμη του.

Πάντως, το ραντάρ ήταν ιδιαίτερα προχωρημένης σχεδίασης και οι βελτιώσεις που δέχτηκε έλυσε αρκετά από τα προβλήματα του.

Το Foxhunter λειτουργεί στην μπάντα I (3cm) και χρησιμοποιεί εξελιγμένες τεχνικές εκπομπής και λήψης. Η κεραία είναι ό,τι πιο εξελιγμένο στην κατηγορία των κεραιών «Κάσεγκρεν» με πολύ χαμηλούς πλευρικούς λοβούς και μεγάλη ακρίβεια. Η ίδια η κεραία οδηγείται από γρήγορους σερβομηχανισμούς (πάνω από 100 μοίρες/δευτ.), ενώ το κύμα εκπομπής και λήψης βασίζεται στις πρωτοεμφανιζόμενες για την εποχή τους συσκευές SAW.

Το ραντάρ εποχής έχει καταδείκτη CW για την οδήγηση των ημιενεργού καθοδήγησης πυραύλων Skyflash.

Πρόσφατα ολοκληρώνεται και το πρόγραμμα αναβάθμισης με την νέου κεντρικού επεξεργαστή, τρεις φορές ισχυρότερου και ταχύτερου από τον προηγούμενο με σκοπό την ανίχνευση πολλαπλών στόχων σε μεγάλη ακτίνα και το διαχωρισμό μεταξύ τους καθώς και τη δυνατότητα χειρισμού του από τα χειριστήρια (HOTAS).

**Blue Vixen:** Το ραντάρ αυτό τοποθετείται στο Harrier FRS 2. σχεδιασμένο από τη Ferranti, το ραντάρ αυτό αποτελεί σημαντική βελτίωση σε

σχέση με τον προκάτοχό του, το Blue Fox. Το ραντάρ αρχικά ονομαζόταν Blue Falcon και σχεδιάστηκε για τη χρήση των AIM-120, παρέχοντας δυνατότητες LD/SD. Εμπεριέχει όλα τα στοιχεία ενός σύγχρονου συστήματος (πολλαπλές PRF, συμπίεση παλμών, υψηλό βαθμό αυτοματισμού, HOTAS). Γενικά χαρακτηρίζεται ως πολλαπλών ρόλων και έχει λειτουργίες RWS, TWS και ιδιαίτερη μέριμνα έχει δοθεί για την παρακολούθηση και πλήξη στόχων επιφάνειας. Παρόλο που προσφέρθηκε για τοποθέτηση στο AV-8B, όσοι παρήγγειλαν το νέο Harrier με ραντάρ προτίμησαν το ήδη δοκιμασμένο και πιθανότατα καλύτερο APG-65.

## **Σουηδία**

**UAP 1023 (PS-46/A):** Το ραντάρ αυτό της Ericsson, αν και είναι πολλαπλών ρόλων, χρησιμοποιείται κυρίως για εναέρια αναχαίτιση από το JA 37 Viggen, την τελευταία έκδοση του αξιοθαύμαστου σουηδικού μαχητικού. Όταν πρωτοεμφανίστηκε, στα τέλη της δεκαετίας του 1970, διαφημιζόταν έντονα για τις ικανότητες του σε κατόπτευση και απόρριψη των επιστροφών εδάφους, ενώ είχε δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ανοχή έναντι ECM. Χρησιμοποιεί υψηλές, μεσαίες και χαμηλές PRF, έχει ενσωματωμένα κυκλώματα BITE και καταδείκτη CW. Ίσως το κορυφαίο σύστημα όταν εμφανίστηκε.

**PS-05/A:** Το ραντάρ αυτό αναπτύσσεται από τη σουηδική Έρικσον σε συνεργασία με τη βρετανική Ferranti, η οποία είναι υπεύθυνη κυρίως για ένα μέρος της μονάδας επεξεργασίας. Λειτουργεί στις μάντες I/J, εκπέμπει παλμούς με μεσαίες, χαμηλές και υψηλές PRF και συμπίεση παλμών και είναι πολλαπλών ρόλων. Κεντρικός υπολογιστής είναι ο D80 της Ericsson και βασική γλώσσα προγραμματισμού είναι ένα είδος Pascal, γλώσσα στην οποία βασίστηκε η γνωστή ADA. Ο D80 χρησιμοποιείται και από το ραντάρ του Sea Harrier FRS.2, το Blue Vixen, και σε αναβαθμισμένη μορφή ήταν ανεπιτυχώς υποψήφιος και για το ECR 90 του EFA. Ενδεικτικό της σύγχρονης τεχνολογίας είναι πως ενώ το ραντάρ ζυγίζει μόνο 160 κιλά, έχει το 60% του όγκου του ραντάρ του Viggen, έχει μεγαλύτερη ακτίνα δράσης, καλύτερη ανοχή στα ECM και μέση ισχύ εξόδου 1KW.

## **ΓΑΛΛΙΑ**

**RDI:** Ένα ραντάρ σχεδιασμένο για αναχαίτιση, με αξιόλογες δυνατότητες. Έχει επίπεδη κεραία με σχισμές και αρκετά πολύπλοκα συστήματα επεξεργασίας, εξελιγμένα φίλτρα και υψηλή αντοχή σε ECM και χρησιμοποιεί υψηλές PRF. Εξοπλίζει όλα τα Mirage 2000 της Γαλλικής Αεροπορίας με ρόλο αναχαίτισης (αν και τα πρώτα 37 διαθέτουν το RDM, που θα αντικατασταθεί σύντομα από τα RDI των 37 Mirage 2000C, που πρόκειται να εκσυγχρονιστούν σε -5). Είναι ξεπερασμένο με τα σημερινά δεδομένα, αφού ας μην ξεχνάμε πως η φιλοσοφία σχεδίασής του ήταν η καθοδήγηση των πυραύλων ημιενεργού καθοδήγησης Super 530D. Τα στοιχεία του ραντάρ παρουσιάζονται στο HUD και σε τριχρωματική HDD, όπως και στο RDM.

**RDY:** Το πρώτο γαλλικό ραντάρ πολλαπλών ρόλων με πραγματικές δυνατότητες TWS και λειτουργία κάτω από όλες τις συνθήκες. Χρησιμοποιούνται χαμηλές, μεσαίες και υψηλές PRF, ελέγχεται με HOTAS, απορρίπτει τις ανακλάσεις εδάφους και θαλάσσης (όχι όπως το RDM που απορρίπτει μαζί και στόχους), έχει αυτοματοποιημένη λειτουργία, υψηλότερη διακριτική ικανότητα και πολύ χαμηλά επίπεδα πλευρικών λοβών. Ειδική μέριμνα έχει προβλεφθεί για IFF, ενώ η υπολογιστική ισχύς του επεξεργαστή σήματος είναι ιδιαίτερα υψηλή (1 Gflops). Αποτελείται από 6 Αντικαταστάσιμες Μονάδες Γραμμής (LRU: Line Replaceable Units): δέκτη μονάδα επεξεργασίας σήματος, μονάδα ενίσχυσης, πομπό, παροχή ισχύος, μονάδα επεξεργασίας δεδομένων και κεραία. Ο πομπός φυσικά είναι TWT και λειτουργεί σε δύο τιμές ισχύος και είναι υγρόψυκτος. Κρίμα για εμάς (και για τους Γάλλους βεβαίως) που είναι πίσω από τους Αμερικανούς σχεδόν μια γενιά.

**Antilope 5:** Το αντίστοιχο του RDI, αλλά για αποστολές εναντίον στόχων εδάφους. Εξοπλίζει το Mirage 2000N και έχει καλές δυνατότητες χαρτογράφησης, αποφυγής αναγλύφου, LPI επεξεργασία στοιχείων σε πραγματικό χρόνο, αν και δεν είναι του επιπέδου του ραντάρ του Tornado IDS. Στο τακτικό βομβαρδιστικό Mirage 2000D εγκαταστάθηκε η αναβαθμισμένη έκδοση 50. Μάλλον ένα σύστημα πολύ εξειδικευμένο και προσαρμοσμένο στο ρόλο του ώστε μέλλον.

**ΙΤΑΛΙΑ:** Οι δύο βασικές κατασκευάστριες εταιρίες στην Ιταλία είναι η FIAR και η SMA. Τα ραντάρ που έχουν παρουσιάσει είναι αξιόλογα, τουλάχιστον

από τις τεχνικές τους προδιαγραφές, και έχουν χαμηλό κόστος. Η SMA έχει αναπτύξει το **SCP-01 «Scioipio»** σε συνεργασία με τη βραζιλιάνικη Tencasa και τη Βραζιλιάνικη Πολεμική Αεροπορία για τον εξοπλισμό των AMX της τελευταίας. Έχει δυνατότητες αέρος, θαλάσσης και εδάφους, ζυγίζει μόλις 73 κιλά, ελέγχεται με HOTAS και έχει MTBF 230 ώρες.

**ΙΣΡΑΗΛ:** Η ELTA είναι η κύρια εταιρεία κατασκευής των ραντάρ και έχει αρκετή προϊστορία. Το **EL/M-2001B** εξοπλίζει τα Kfir αλλά και τα χιλιανά **Mirage 50** και τα ιταλικά AMX (κατασκευάζεται από τη FIAR με την ονομασία Pointer) και είναι παλμικό Ντόπλερ ραντάρ αποστασιομέτρησης. Έχοντας δώσει ιδιαίτερη σημασία στην απόρριψη των επιστροφών από το έδαφος και στον αυτοματισμό (για την εποχή του), χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία και ακρίβεια. Ήταν το πρώτο ραντάρ LD/SD και από τα πρώτα με TWT τη δεκαετία του 1970. Το **EL/M2032** σχεδιάστηκε για αεροσκάφη δίωξης/κρούσης και ταιριάζει σε αεροσκάφη όπως το F-5, F-4 και Mirage. Έχει πλήρεις δυνατότητες TWS, STT, RWS, MTI, DBS επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο και έχει εμβέλεια σε 54 χιλιόμετρα για στόχο μεγέθους μαχητικού, που γίνονται 45 για κατόπτρευση. Η κεραία μπορεί να έχει μέγεθος από 30 έως 75εκατοστά ανάλογα με το αεροσκάφος και είναι επίπεδη. Το βάρος είναι 94-110 κιλά. Παραλλαγές του είναι το -2035 πολλαπλών ρόλων και το -2011 κυρίως για κρούση. Ειδικά το **-2011** είναι προσαρμοσμένο για αποστολές επιφάνειας και εδάφους. Με την κεραία των 33 εκατοστών έχει εμβέλεια εναέριας ανίχνευσης 150-14.500 μέτρα έναντι στόχου ανακλαστικής επιφάνειας 5m<sup>2</sup> με πιθανότητα ανίχνευσης 90%).

**ΠΡΩΗΝ ΣΟΒΙΕΤΙΚΗ ΈΝΩΣΗ:** Γενικά παραδεκτό είναι πως η τεχνολογία των Σοβιετικών στα ηλεκτρονικά ήταν πάντα μερικά βήματα, ειδικά όσον αφορά τα μικροηλεκτρονικά. Τα ραντάρ που μετέφεραν τα σοβιετικά αεροσκάφη πάντα ήταν υποδεέστερα των αντίστοιχων αμερικανικών και περίπου ισάξια των γαλλικών, κάτι που οφειλόταν και στη διαφορετική σχεδίαση της αεράμυνας τους, που βασιζόταν κυρίως σε σταθμούς εδάφους. Αυτή η νοοτροπία άλλαξε, αφού εκτός του ότι οι επίγειοι σταθμοί ραντάρ είναι ευάλωτοι σε ARM, έχουν πολλά κενά σημεία κάλυψης των φυσικών εμποδίων. Πάντως, δε θα πρέπει να ξεχνάμε πως στη δεκαετία του 1970 το ικανότερο ραντάρ αναχαίτισης της Δύσης, το AWG-9, βρισκόταν στα χέρια των Σοβιετικών μέσω των Περσικών F-

14. Φυσικά θα επρόκειτο για υποβαθμισμένο μοντέλο σε σχέση με αυτό των αμερικανικών Tomcat. Επιπλέον, η αντιγραφή των ηλεκτρονικών δεν είναι εύκολη υπόθεση, αλλά σίγουρα η άμεση επαφή με τις δυνατότητες ενός τόσο προηγμένου αεροσκάφους έδωσε αρκετά μαθήματα στους Σοβιετικούς, οπωσδήποτε πολύ σημαντικότερα από εκείνα που πήραν οι Αμερικανοί από το MiG-25A Foxbat που κάποτε έπεσε στα χέρια τους.

Το πρώτο σοβιετικό αεροσκάφος με δυνατότητες LD/SD ήταν το MiG-29. Το **NO-93 (Slot Back)** είναι πολλαπλών ρόλων Ντόπλερ ραντάρ με μέγιστη εμβέλεια έρευνας περίπου 100 χιλιομέτρων και ιχνηλάτησης 69 χιλιόμετρα. Σε επίπεδη πτήση μπορεί να ανιχνεύσει LD στόχους 10.000 μέτρα ψηλότερα και LD 6.000 μέτρα. Είναι αμφίβολο κατά πόσον μπορεί να ανιχνεύσει LD στόχους 10.000 μέτρα ψηλότερα και LD 6.000 μέτρα. Είναι αμφίβολο κατά πόσον μπορεί να ανιχνεύσει 10 στόχους ταυτόχρονα και να τους κατατάσσει κατά προτεραιότητα (χωρίς να είναι επιβεβαιωμένο, το πρώτο MiG-29 είχαν το **Sapfir-29**, ραντάρ που προσφερόταν και στα μοντέλα εξαγωγής με τη δυνατότητα παρακολούθησης μόνο δύο στόχων, πέντε βασικές λειτουργίες και μέγιστη εμβέλεια έρευνας 70 χιλιόμετρα). Πάντως, τόσο αυτό όσο και το ραντάρ του Su-27, το **RLPK-27 (Zhuk-27)**, έχουν κενή σχεδίαση βάση και κύριο γνώρισμα και των δύο είναι η απαρχαιωμένη μορφή απεικόνισης των στοιχείων στο πιλοτήριο, θυμίζοντας αρκετά τα πρώτα F-15A.

Η μέγιστη εμβέλεια ανίχνευσης είναι 230 χιλιόμετρα και ιχνηλάτησης 180 χιλιόμετρα, ενώ για στόχο μεγέθους F-16 αυτή περιορίζεται στα 140 χιλιόμετρα (είναι φανερό το τακτικό πλεονέκτημα). Έχει δυνατότητα παρακολούθησης πολλαπλών στόχων, αλλά πρέπει να σημειωθεί πως την εποχή που μπήκε σε υπηρεσία τόσο το Flanker όσο και το Fulcrum, οι διαθέσιμοι πύραυλοι AA υστερούσαν και δε γινόταν εκμετάλλευση όλων των δυνατοτήτων των ραντάρ. Πάντως, και τα δύο ραντάρ δεν έχουν αξιόλογες δυνατότητες TWS, παρόλο που υποτίθεται πως η σχεδίασή τους προέρχεται από τα APG-63 και -65. Πάντως, εκείνη η περιβόητη ιστορία στα μέσα της δεκαετίας του 1980 περί κλοπής των σχεδίων του APG-65 σίγουρα παρουσιάζει ως κλεπταποδόχους Σοβιετικούς αλλά και Γάλλους. Περίπου ένα χρόνο η κατασκευάστρια εταιρεία των ραντάρ, η **Phazotron**, παρουσίασε δύο νέες εκδόσεις του Zhuk-27, η μία με επίπεδη κεραία με σχισμές και η άλλη με παθητική κεραία διάταξης φάσης ηλεκτρονικής σάρωσης (**Zhuk-27PH ή Zhuk-ph**). Το Zhuk-27PH θα διαθέτει μηχανική

υποβοήθηση για τη σάρωση, έχει εμβέλεια ιχνηλάτησης/έρευνας 165/245 χιλιόμετρα και δυνατότητες TWS8 από τους 24 εντοπισμένους στόχους. Το εξελιγμένο MiG-29M μάλλον έχει μια εξέλιξη του πλήρους ψηφιακού **Zhuk** που βασίζεται στα νέα αυτά μοντέλα.

Πάντως, στη Ρωσία υπάρχει μια γενική σύγχυση αυτή τη στιγμή, αφού οι δύο κατασκευάστριες εταιρίες, η Phazotron και η NIP, παρουσιάζουν νέα ραντάρ, με τη δεύτερη να ισχυρίζεται πως έχει την τεχνογνωσία των στοιχειοκεραιών αποκλειστικά, παρόλο που η πρώτη ενσωματώνει τη σχετική τεχνολογία.

Το ραντάρ του Su-35, το **N0-010** της NIP, είναι πολλαπλών διαμορφώσεων παλμών, έχει επίπεδη κεραία με σχισμές (αντί για Κάσεγκρεν του RPLK-27) και είναι πλήρως ψηφιακό. Άγνωστη πάντως η αξία του, αλλά οι Ρώσοι ισχυρίζονται μεγαλύτερη εμβέλεια (350+ χλμ.), δυνατότητες TWS 6 στόχων από 15 συνολικά εντοπισμένους, αποστολών εδάφους, χαρτογράφησης και MTI. Ιδιαίτερα εντυπωσιακό είναι πάντως το ότι στην απόληξη του αεροσκάφους, ανάμεσα από τους κινητήρες, υπάρχει ένα επιπλέον ραντάρ, το N-012, το οποίο εκτός από την ανίχνευση μάλλον υιοθετήθηκε κυρίως για την οδήγηση πυραύλων που θα εκτοξεύονται προς τα πίσω. Η έκδοση με κεραία παθητικής σάρωσης κατά πάσα πιθανότητα ονομάζεται **NO-011M**. Επίσης σχετικά άγνωστες είναι οι δυνατότητες του ραντάρ του Su-34 της έκδοσης κρούσης του Flanker, που φυσικά είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένο για αποστολές εναντίον στόχων εδάφους και επιφανείας με πλήρες δυνατότητες MTI, παρακολούθησης αναγλύφου, χαρτογράφησης κ.ά.

Βεβαίως, άκρως εντυπωσιακό ήταν το ραντάρ αναχαίτισης του MiG-31 Foxhound. Το **SBI-16** της **NIP** ήταν το πρώτο ραντάρ με κεραία ηλεκτρονικής σάρωσης σε μαχητικό αεροσκάφος. Η κεραία έχει διάμετρο 1,12 μέτρα, πιο μεγάλη και από το AWG-9 του F-014. η μέγιστη εμβέλεια ανίχνευσης είναι περίπου 300 χιλιόμετρα και ιχνηλάτησης 225 χιλιόμετρα. Το επονομαζόμενο Zalson μπορεί να παρακολουθεί 10 στόχους ταυτόχρονα και να κατευθύνει ταυτόχρονα 4 πυραύλους. Η μέση ισχύς αλλά και η ισχύς του ραντάρ θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα μεγάλες, δίνοντας έτσι κορυφαίες δυνατότητες ECCM στο ραντάρ αλλά και μεγάλη πιθανότητα εντοπισμού του ίδιου του αεροσκάφους. Πάντως, τα ραντάρ των εξελιγμένων εκδόσεων των πρώην σοβιετικών μαχητικών δεν είναι ακόμη σε υπηρεσία και είναι αμφίβολο το κατά πόσο τα διαθέσιμα στοιχεία είναι αξιόπιστα.



Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως και η ιαπωνική **Mitsubishi** αναπτύσσει ραντάρ με ενεργό κεραία για το FS-X, στα πλαίσια των αρχικών προδιαγραφών που ήθελαν το FS-X μια υπερ-έκδοση του F-16. Η κεραία του ραντάρ έχει 750 στοιχεία T/R και σύμφωνα με αμερικανικές πηγές δε βρίσκεται στο επίπεδο της αμερικανική σχεδίασης του APG-77. Η αλήθεια μάλλον βρίσκεται στο ότι η Westinghouse από καιρό έχει δηλώσει πως θα αναπτύξει τέτοια κεραία για το APG-68 και μάλλον οι Ιάπωνες εκτελούν τη σχεδίαση και τις δοκιμές για λογαριασμό της αμερικανικής εταιρείας.

| Ζώνη συχνοτήτων | Συχνότητα   | Μήκος κύματος |
|-----------------|-------------|---------------|
| A-VHF           | 100-300 MHz | 300-100 cm    |
| B-UHF           | 300-500 MHz | 100-60 cm     |
| C-UHF           | 0.5-1.0 GHz | 60-30 cm      |
| D-L             | 1-2 GHz     | 15-30 cm      |
| E-S             | 2-3 GHz     | 10-15 cm      |
| F-S             | 3-4 GHz     | 7.5-10cm      |
| G-C             | 4-6 GHz     | 5-7.5 cm      |
| H-C             | 6-8 GHz     | 3.75-5 cm     |
| I-X             | 8-10 GHz    | 3-3.75 cm     |
| J-X-Ku          | 10-20 GHz   | 1.5-3 cm      |
| K-K-Ka          | 20-40 GHz   | 7.5 mm-1.5 cm |
| L-V             | 40-60 GHz   | 5-7.5 mm      |
| M-W             | 60-100 GHz  | 3-5 mm        |

**ELECTRONIC DESIGNATIONS** - προσδιορισμοί ηλεκτρονικών  
AN Joint Army-Navy: Κοινό για Ναυτικό και Αεροπορία (Η.Π.Α.)

### Πρώτο γράμμα (τόπος εγκατάστασης)

A - Piloted Aircraft: επανδρωμένο α/φος  
U - Utility: γενικών καθηκόντων

### Δεύτερο γράμμα (τύπος)

A - Infra red: υπέρυθρο  
L - countermeasures: αντίμετρα  
P - Radar: ραντάρ  
R - Radio: ράδιο  
S - Special or diverse: ειδικά  
W - Armament: οπλισμός

### Τρίτο γράμμα (σκοπός)

E - Ejector: εκτοξευτήρας  
G - Fire control: έλεγχος πυρός  
N - Navigation aid: βοήθημα πλοήγησης  
Q - Multi-purpose: πολλαπλών ρόλων  
R - Passive detection: παθητική ανίχνευση  
S - Detection and/or range and bearing measurement: μέτρηση ακτίνας, ανίχνευση και αποστάσιομέτρηση  
Y - Surveillance and control: επιτήρηση και έλεγχος  
MAWS - Missile Warning Approach System: Σύστημα Προειδοποίησης επερχόμενου πυραύλου

|           |                  |           |                   |
|-----------|------------------|-----------|-------------------|
| K (Kilo)  | 10 <sup>3</sup>  | m (milli) | 10 <sup>-3</sup>  |
| M (Mega)  | 10 <sup>6</sup>  | μ (micro) | 10 <sup>-6</sup>  |
| G (Giga)  | 10 <sup>9</sup>  | n (nano)  | 10 <sup>-9</sup>  |
| T (Terra) | 10 <sup>12</sup> | p (pico)  | 10 <sup>-12</sup> |

### ΓΛΩΣΣΑΡΙ

**AESA** Active Electronically Scanned Array: Διάταξη Ενεργούς Ηλεκτρονικής Σάρωσης **AI** Air Interception: Αναχαίτηση Αέρος **AIM** Air Intercept Missile: Πύραυλος εναέριος αναχαίτησης **AMRAAM** Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile **ASRAAM** Advanced Short Range Air-Air Missile **AEW** Airborne Early Warning: Εναέρια Έγκαιρη Προειδοποίηση **AGL** Above Ground Level: Επάνω από το επίπεδο του εδάφους **AGR** Air to Ground Ranging: Αποστάσιομέτρηση Αέρος-Εδάφους **AIM** Air Intercept Missile: Πύραυλος Εναέριος Αναχαίτησης **ARM** Anti-radiation missile: Πύραυλος Αντιραντάρ **ASL** Above Sea Level: Επάνω από το Επίπεδο της Θάλασσας **ASV** Anti Ship Variation: Παραθλαγή Εναντίον πλοίων **AWACS** Airborne Warning and Control System **BIT(E)** Built In Test (Equipment): Ενοσωματωμένος (Εξοπλισμός) Δοκιμών **BVR** Beyond Visual Range: Εκτός Οπτικής Ευρέλειας **CRT** Cathode-Ray Tube: Καθοδικός Σωλήνας **DBS** Doppler Beam Sharpening: Ύψωση Δέσμης Νότιοπλευ **DDD** Detailed Data Display: Απεικόνιση λεπτομερών στοιχείων **ECM** Electronic Counter Measures: Ηλεκτρονικά αντίμετρα **ECCM** Electronic Counter-Counter Measures: Ηλεκτρονικά Αντι-Αντίμετρα **GMR** Ground Map Radar: Ραντάρ Χαρτογράφησης Εδάφους **HPD** High pri Pulse Doppler **HUD** Head Up Display **IFF** Identification Friend or Foe: Αναγνώριση Φίλου ή Εχθρού **IRST** Infra Red Search and Track: Υπέυθυρη Ανίχνευση και Ιχνηλάτηση **ISTARS** Joint Surveillance and Target Radar System **ITIDS** Joint Information Distribution System **LD** Look Down: Κατόπτευση **LPD** Low pri Pulse Doppler **LPI** Low Probability of Intercept: Υψηλή Πιθανότητα Αναχαίτησης **LRU** Line Replaceable Unit: Μονάδα Γραμμής Αντικαθιστώμενη **LU** Look Up: Ανάπτευση **MFD** Multi-Function Display **MFR** Multi-Function Radar: Ραντάρ Πολλαπλών Λειτουργιών **MMR** Multi Mode Radar: Ραντάρ Πολλαπλών Λειτουργιών **MTBF** Mean Time Between Failures: Μέσος Χρόνος μεταξύ βλαβών **MTI** Moving Target Indicator: Ενδειξής Κινούμενου Στόχου **MTR** Mean Time To Repair: Μέσος Χρόνος Επιδιόρθωσης **PAR** Precision Approach Radar: Ραντάρ Ακριβούς Προσέγγισης **PDSRCH** Pulse Doppler Search **PDSST** Pulse Doppler Single-Target-Track **PFD** Primary Function Display **PRF** Pulse Repetition Frequency (pulses/sec) **RF** Radio Frequency **RWR** Radar Warning Receiver: Λήτης Προειδοποίησης Ραντάρ **RWS** Range While Scan (Search): Αποστάσιομέτρηση Κατά την Έρευνα **SAR** Search And Rescue or Synthetic Aperture Radar **SARH** Semi Active Radar-Homming **SAW** Surface Acoustic Wave: Επιφανειακές Συσκευές Κύματος **SLAR** Side Looking Airborne Radar: Εναέριο Ραντάρ Πλευρικής Παρατήρησης **SLM** Spotlight Mode: Λειτουργία Κύριου Σημείου **STT** Single Target Track : Ιχνηλάτηση Ενός Στόχου **TFR** Terrain Following Radar: Ραντάρ Παρακολούθησης Αναγνώρισης **TWS-A/M**- Track-While-Scan Automatic/Manual **URR** Ultra Reliable Radar **VID** Visual Identification **VTAS** Visual Target Acquisition System: Σύστημα Οπτικής Πρόσκτησης **WOW switch** Weight On Wheels διακόπτης που κλείνει όλα τα συστήματα όταν το αεροσκάφος είναι σταθμευμένο

## Η εξέλιξη της τεχνολογίας ραντάρ

Η εξέλιξη των ραντάρ ενεργού ηλεκτρονικής σάρωσης ξεκίνησε ουσιαστικά για την αντιμετώπιση των περιορισμών των συστημάτων με κεραία μηχανικής σάρωσης. Οι τελευταίες προσέφεραν αρχικά έναν απλό και σίγουρο τρόπο τόσο για τη διαμόρφωση και κατεύθυνση της δέσμης όσο και για τη συγκέντρωση των επιστροφών από το στόχο. Σαν μηχανικά όμως συστήματα με κινούμενα μέρη είχαν σχετική αξιοπιστία, ενώ οι διατάξεις γινόντουσαν όλο και πιο πολύπλοκες, ώστε να παρακολουθούν τις απαιτήσεις ελιγμών αλλά και απολαβής στοιχείων στις αερομαχίες. Επιπλέον, οι κλασικές μηχανικές κεραίες δημιουργούν πλευρικούς λοβούς εκπομπής, που όσο κι αν περιοριστούν είναι υπεύθυνοι για απώλεια σήματος και μειωμένη ευαισθησία. Τέλος, είναι ασύμβατες με τη νοοτροπία μείωσης του ίχνους που παρουσιάζει το αεροπλάνο στο ραντάρ, καθώς αποτελούν οι ίδιες μεγάλες ανακλαστικές επιφάνειες. Εξελίξεις στην τεχνολογία και τα υλικά κατασκευής τους μείωσαν με την πάροδο του χρόνου τα μειονεκτήματα αυτά, χωρίς όμως να τα εξαφανίσουν εντελώς.

Πιο συγκεκριμένα, ενώ τα αρχικά αεροπορικά ραντάρ χρησιμοποιούνταν κυρίως για την αναχαιτίση άλλων αεροσκαφών, οι ανάγκες άλλαξαν δραματικά όταν εμφανίστηκαν στο προσκήνιο τα πρώτα εξελιγμένα σοβιετικά βλήματα κρουζ, τη δεκαετία του 70. Μικροί σαν στόχοι και υλοποιώντας κάποιες πρώιμες τεχνολογίες στελθ, απαιτούσαν από τα ραντάρ των αεροσκαφών που προσπαθούσαν να τα



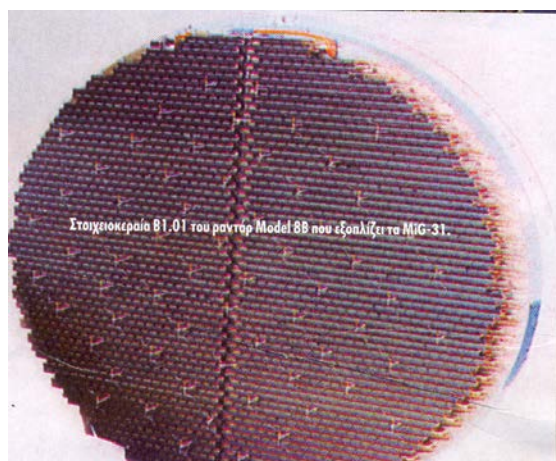
αναχαιτίσουν μεγάλη διακριτική ικανότητα. Παράλληλα, εμφανίστηκαν στον ορίζοντα και οι πρώτες δοκιμές τεχνολογιών στελθ που είχαν το ίδιο αποτέλεσμα: τη μείωση του ίχνους που παρουσίαζαν οι στόχοι στα ραντάρ. Με την εξέλιξη της απειλής, εξελίχθηκαν και τα τελευταία, οπότε έχουμε την

εμφάνιση των πρώτων «επίπεδων» στο στοιχειοκεραιών (planar / slotted array). Οι κεραίες αυτές δεν είχαν πλέον κοίλη ανακλαστική επιφάνεια, αλλά βασιζόντουσαν σε μια «πλακέ» διάταξη μικρότερων κεραιών (που εμφανίζονται σαν εντομές πάνω στην επίπεδη επιφάνεια). Χρησιμοποιούν χρονοδιαφορα (διαφορά φάσης που παράγεται



από ένα πολύπλοκο δίκτυοκυματοδηγών) ανάμεσα στις εκπομπές των επιμέρους κεραιών και με κατάλληλη διαχείρισή της μπορούν να πετύχουν σύγκλιση και διαμόρφωση της συνολικής δέσμης, που επιπλέον έχει και πολύ μικρότερους πλευρικούς λοβούς. Οι επιστροφές εξακολουθούν να συλλέγονται από την επιφάνεια, που όμως σαν επίπεδη που είναι δεν προκαλεί συγκεντρωτικές δέσμες από προσπίπτουσα εχθρική ακτινοβολία. Η σάρωση όμως εξακολουθεί να γίνεται με μηχανική κίνηση της στοιχειοκεραίας. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων ραντάρ είναι τα ANI APG65/73 που εξοπλίζουν αντίστοιχα τις διάφορες εκδόσεις του F I A-18, το APG-63 του F-15, το APG-66/68 των F-16, κάποια ραντάρ των ευρωπαϊκών μαχητικών τρίτης γενιάς και το Zhuk-ME της Phazotron-NIIR του MiG 29. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ενώ οι Αμερικανοί στράφηκαν προς τις «επίπεδες» στοιχειοκεραίες, οι Ευρωπαίοι δοκίμασαν τη λύση των κεραιών τύπου <<Cassegrain>> που χρησιμοποιούσαν δύο αντίθετα τοποθετημένες ανακλαστικές επιφάνειες. Ήταν ευκολότερες στην κατασκευή προσφέροντας καλύτερα εστιασμένες δέσμες και αντιμετώπιζαν με επιτυχία το πρόβλημα των πλευρικών λοβών αν και δεν το έλυναν τόσο καλά όσο οι <<επίπεδες >>στοιχειοκεραίες.

Η επόμενη εξέλιξη στα ραντάρ αεροσκαφών θα προερχόταν από αντίστοιχες προόδους που είχαν γίνει ήδη σε επίγεια και ναυτικά ραντάρ. Ήδη από τη δεκαετία

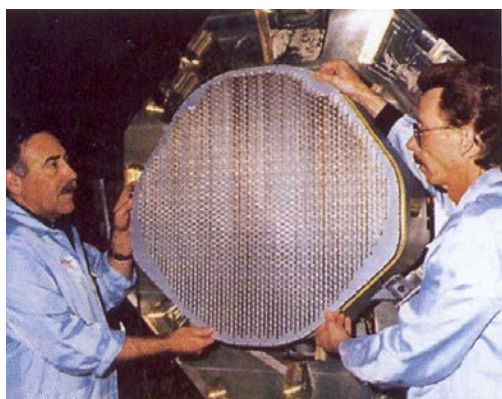


του 70, η USAF χρησιμοποιούσε γιγάντια ραντάρ με «επίπεδες» στοιχειοκεραίες, όπου όμως η διαχείριση των διαφορών φάσης δε χρησιμοποιούνταν απλώς για την εστίαση της δέσμης στο εύρος της κεραίας, αλλά μπορούσε επίσης να ενισχύει την εκπομπή προς συγκεκριμένη κατεύθυνση και να την καταπνίγει σε

άλλες. Ουσιαστικά δηλαδή μπορούσαν να στρέφουν την κατεύθυνση της δέσμης χωρίς στροφή της κεραίας και τα συστήματα έγιναν γνωστά σαν ραντάρ με «στοιχειοκεραία διάταξης φάσης» (phased array). Το ραντάρ SPV-1 AEGIS του αμερικανικού ναυτικού, που εξελίχθηκε στη δεκαετία του 70 για να αντιμετωπίσει την αυξανόμενη απειλή των σοβιετικών ναυτικών πυραύλων κρουζ με πυρηνική κεφαλή, είναι ίσως το γνωστότερο τέτοιο σύστημα.

Η πρώτη γενιά ραντάρ με κεραίες σάρωσης φάσης χρησιμοποιούσε σαν ελεγκτικό μηχανισμό πηνία με πυρήνα φερρίτη, που έμοιαζαν σαν προεξοχές ανάμεσα στα στοιχεία της κεραίας. Δεδομένου μάλιστα ότι τα στοιχεία αυτά στην κεραία χαρακτηρίζονται σαν παθητικά, τα αντίστοιχα ραντάρ έγιναν γνωστά σαν ραντάρ στοιχειοκεραίων «παθητικής διάταξης φάσης» (passive phased array). Τα ραντάρ NIIP N-011M Bars του SU-30MKI και το (παράγωγό του) NIIP BarS-29 του προτεινόμενου MiG-29M2 είναι χαρακτηριστικά δείγματα αυτής της τεχνολογίας. Επίσης το ραντάρ RBE2 της Thales για το Dassault Rafale βρίσκεται σε αυτή την κατηγορία ( «Π&Δ» Νο 245, Φεβρουάριος 2005).

Η γενιά αυτών των ραντάρ με στοιχειοκεραίες ηλεκτρονικής κατεύθυνσης δέσμης (Electronically Steered Arrays, ESA) προσέφερε πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα συστήματα όπου η σάρωση γινόταν με μηχανική μετακίνηση της κεραίας. Πέρα από την αύξηση της αξιοπιστίας, λόγω της εξάλειψης των μηχανικών μερών, με ταυτόχρονη μείωση του βάρους, προσέφεραν κυρίως πρωτόγνωρη λειτουργική ευελιξία. Η δυνατότητα τοποθέτησης της δέσμης σχεδόν ακαριαία στο επιθυμητό σημείο έκανε για πρώτη φορά δυνατή τη δημιουργία ραντάρ όπου διαφορετικές διαμορφώσεις (αέρος-αέρος ή αέρος-εδάφους) μπορούσαν να εκτελούνται σχεδόν ταυτόχρονα μέσα από χρονοκαταμερισμό των πόρων του συστήματος.



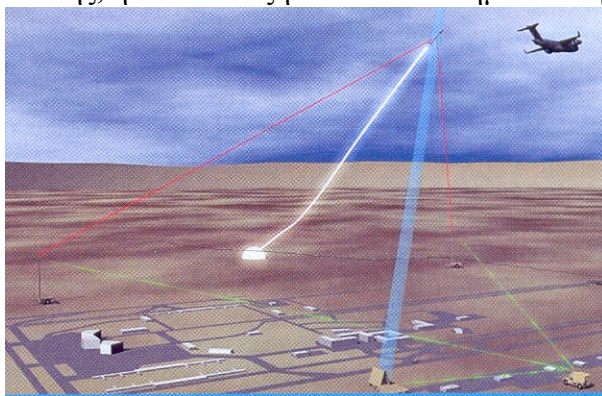
Έτσι, ένα σύστημα μπορούσε να εκτελεί έρευνα και προσβολή στόχων ταυτόχρονα ή, αντίστοιχα, παρακολούθηση εδαφικού ανάγλυφου και χαρτογράφηση, αν και θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι προς το παρόν τουλάχιστον δεν είναι γνωστό εάν μπορούν να εκτελέσουν ταυτόχρονα λειτουργίες αέρος-αέρος και αέρος εδάφους. Η εναλλαγή όμως ανάμεσα στις δύο μπορεί να γίνει πολύ ταχύτερα απ' ό τι στα ραντάρ των F / A-18 και F-15 E.

Η σχετική τεχνολογία όμως είχε και κάποια μειονεκτήματα. Οι στοιχειοκεραίες είχαν γίνει ακόμη πιο περίπλοκες, με προβλήματα αξιοπιστίας ειδικά στο τμήμα αγωγού οδεύοντος κύματος (TWT, Traveling Wave Tube) και στις διασυνδέσεις των αγωγών ψηφιακών σημάτων με το σύστημα ελέγχου των πηνίων φερρίτου. Επιπλέον, τα τελευταία προκαλούσαν και απώλεια σήματος.

Έτσι, οι πρώτες υλοποιήσεις της τεχνολογίας απέδωσαν ραντάρ με μικρότερη ευαισθησία και διακριτική ικανότητα απ' ότι οι μηχανικές κεραίες, κάτι που απαίτησε την αύξηση της ισχύος, άρα και μεγαλύτερες ανάγκες σε ενέργεια. Η λύση στα προβλήματα αυτά ήταν η χρήση της τεχνολογίας αλλαγής φάσης για την κατεύθυνση της δέσμης, αλλά με ολοκληρωτικά νέα τεχνολογία στη παραγωγή της δέσμης εκπομπής και τη διαδικασία λήψης.

Οι σχετικές έρευνες συνέκλιναν σχετικά νωρίς στην κατεύθυνση της εξάλειψης του παλαιότερου κεντρικού συστήματος εκπομπής και λήψης και την αντικατάσταση του με μικροσκοπικούς πομπούς και δέκτες σε κάθε στοιχείο της διάταξης της κεραίας. Τα ραντάρ αυτά, σε αντιδιαστολή με τα αμέσως προηγούμενα, ονομάστηκαν συστήματα με «ενεργό στοιχειοκεραία διάταξης φάσης» (Active Electronically Scanned/Steered Array, AESA). Ενώ όμως η λύση ήταν προφανής, η υλοποίησή της σκόνταφτε στην έλλειψη τεχνολογίας. Σημείο καμπής στην υλοποίηση της AESA, αν και χρειάστηκε σχεδόν 20 χρόνια, ήταν η ανάπτυξη των κυκλωμάτων GaAs MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit) Γαλίου-Αρσενίτη (Gallium Arsenide), μικροκυματικών δηλαδή διατάξεων ολοκληρωμένων σε ένα τσιπ, που μπορούσαν να παραχθούν μαζικά με υψηλή αξιοπιστία και μικρό κόστος. Τα MMIC επέτρεψαν την κατασκευή των TR (Transmit Receive) Module (στοιχείων εκπομπής-λήψης), που αποτελούν και τη βάση των συστημάτων AESA. Κάθε ένα από αυτά είναι μια αυτόνομη μονάδα με υποσύστημα, ενίσχυσης, ελέγχου αλλαγής φάσης, εκπομπής και λήψης σε ένα «πακέτο». Επιπλέον, Ψηφιακός έλεγχος σε όλα τα στάδια έχει σαν αποτέλεσμα η κεραία να διαθέτει εξαιρετικά μικρούς πλευρικούς/δευτερεύοντες λοβούς, ειδικά εάν συγκριθούν με συστήματα ESA και μηχανικής κεραίας.

Επίσης, η νέα διάταξη των υποσυστημάτων λήψης αυξάνει την ευαισθησία άρα και



την εμβέλεια αποκάλυψης στόχων. Ένα δεύτερο όμως και κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης πολλαπλών TR Module έρχεται στη μορφή της «διαφοροποίησης» της αξιοπιστίας του συστήματος. Έτσι, η

αστοχία κάποιων στοιχείων της κεραίας απλώς μειώνει την απόδοσή της ενώ σε όλα τα προηγούμενα συστήματα ραντάρ, η αστοχία κάποιου κρίσιμου

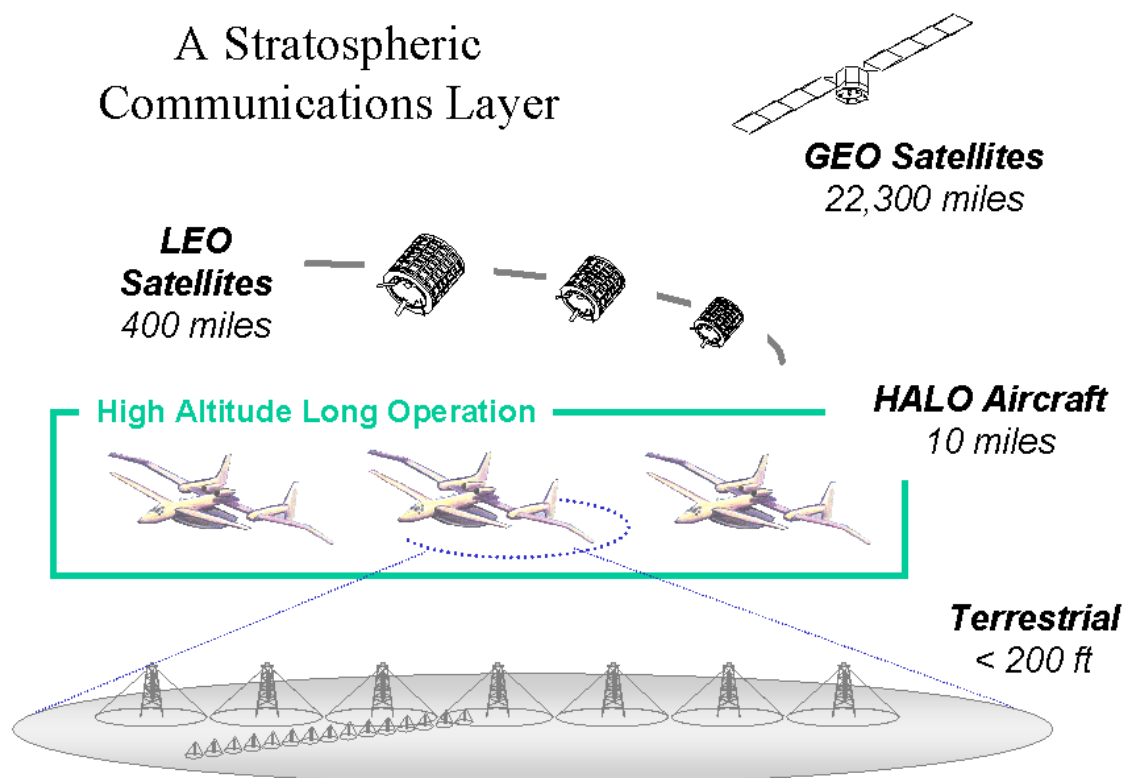
υποσυστήματος όπως του κεντρικού πομπού σημάτων τα έβγαζε εκτός λειτουργίας. Μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων των AESA έχει αναφερθεί σε παλαιότερα άρθρα μας (F-16 Block 60, T α ελληνικά Erieye). Υπάρχουν όμως και δύο βασικά μειονεκτήματα της τεχνολογίας AESA, που προς το παρόν παραμένουν σοβαρά εμπόδια στην εξάπλωση της. Το πρώτο αφορά τη θερμότητα που εκλύεται από τη λειτουργία των στοιχείων TR. Με ελάχιστες εξαιρέσεις, τα συστήματα ραντάρ αεροσκαφών είναι αερόψυκτα, κάτι που δεν είναι αρκετό για συστοιχίες AESA, όπου χρησιμοποιούνται υγρόψυκτες διατάξεις. Οι ανάγκες ψύξης μάλιστα είναι, συγκριτικά με ένα συμβατικό ραντάρ, κλιμακούμενες, καθώς αποκάλυψη στόχων σε μεγαλύτερες αποστάσεις απαιτεί περισσότερη ενέργεια, που σημαίνει περισσότερη θερμότητα για απαγωγή. Η δυνατότητα αύξησης της ισχύος βέβαια κατά βούληση κλιμακώνει και την πιθανότητα αναχαίτισης του ραντάρ από εχθρικό σύστημα RWR/ESM. Από την άλλη πλευρά, εδώ θα βασιστεί και οποιαδήποτε πιθανή χρήση των ραντάρ AESA ως όπλων! Ένα δεύτερο μειονέκτημα των ραντάρ AESA είναι το κόστος. Με χιλιάδες (1.000-2.500) στοιχεία TR το καθένα, όπου το κάθε στοιχείο κοστίζει μερικές χιλιάδες δολάρια (2.000-4.000), ο τελικός λογαριασμός φτάνει στα ύψη. Η ελπίδα να μειωθεί εναπόκειται τόσο στη μαζική παραγωγή όσο και στην εμπορική αγορά (κινητή τηλεφωνία, επικοινωνίες κτλ.), που απορροφά αυτή τη στιγμή το 98% της παραγωγής και συμπιέζει το κόστος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Πρόσβαση μεγάλης ταχύτητας Διαδικτύου μέσω στρατοσφαιρικού HALO αεροσκάφους

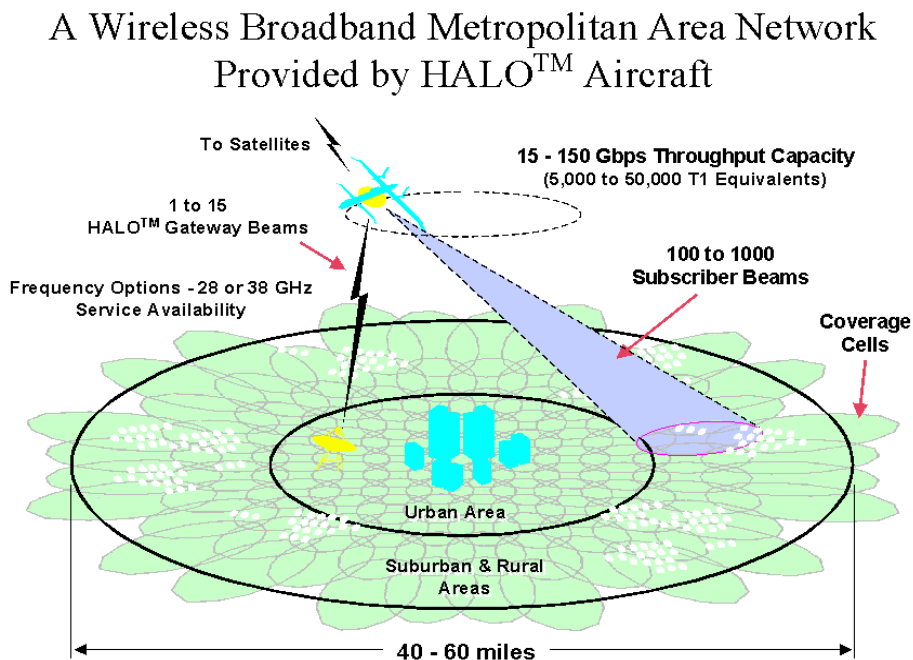
#### Υπόβαθρο

Τα μακριά αεροσκάφη λειτουργίας υψηλού ύψους (HALO) παρουσιάζουν ένα νέο στρώμα στην ιεραρχία των ασύρματων επικοινωνιών -- ένας ψηλός πύργος 10-μιλίου στη στρατόσφαιρα (δηλ., υψηλά επάνω από τους επίγειους πύργους και αρκετά κάτω από τους δορυφορικούς αστερισμούς). Η συζήτησή μας θα παρουσιάσει την αρχιτεκτονική και θα εξηγήσει την έννοια των διαδικασιών του δικτύου HALO. Θα περιγράψει τα βασικά χαρακτηριστικά των αεροσκαφών HALO, του εξοπλισμού δικτύων εν πλω, και των τερματικών χρηστών. Τα προηγούμενα έγγραφα εισήγαγαν το δίκτυο HALO. Το έγγραφο από Djuknic έδωσε έμφαση στα μοναδικά πλεονεκτήματα των στρατοσφαιρικών πλατφορμών για την παροχή των ασύρματων υπηρεσιών επικοινωνιών και είναι μια καλή αναφορά για την κοινότητα εφαρμοσμένης μηχανικής.





Η εταιρία τεχνολογιών HALO και οι συνεργάτες της ενθαρρύνονται ιδιαίτερα από τις τεχνολογικές και προόδους κατασκευής στην αεροπορία, το ραδιόφωνο κυμάτων χιλιοστούμετρου, τις μεταδόσεις στοιχείων, τη δικτύωση υπολογιστών, και τους τομείς επικοινωνιών πολυμέσων. Πιστεύουμε ότι έχουμε μια ευκαιρία να επεκτείνουμε μια νέα ευρυζωνική υποδομή επικοινωνιών. Η εργασία μας προτείνει ότι το δίκτυο HALO θα είναι σε θέση να προσφέρει τις ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες επικοινωνιών σε μια "έξοχη μητροπολιτική περιοχή," μια περιοχή που καλύπτει μια χαρακτηριστική μεγάλη πόλη και να περιβάλλει του τις κοινότητες. Τα αεροσκάφη θα φέρουν τη "πλήμνη" του δικτύου από το οποίο θα εξυπηρετήσουμε τις δεκάδες στις εκατοντάδες χιλιάδες των συνδρομητών στο έδαφος. Κάθε συνδρομητής θα είναι σε θέση να επικοινωνήσει σε μεγαμπίτ ανά δεύτερα ποσοστά δυαδικών ψηφίων μέσω ενός απλού στην εγκατάσταση τερματικό χρηστών. Το δίκτυο HALO θα εξελιχθεί σε έναν ρυθμό με την εμφάνιση συνολικά των βασικών τεχνολογιών από τις μεταδόσεις στοιχείων, το κύμα RF χιλιοστούμετρου, και τους τομείς εξοπλισμού δικτύων.



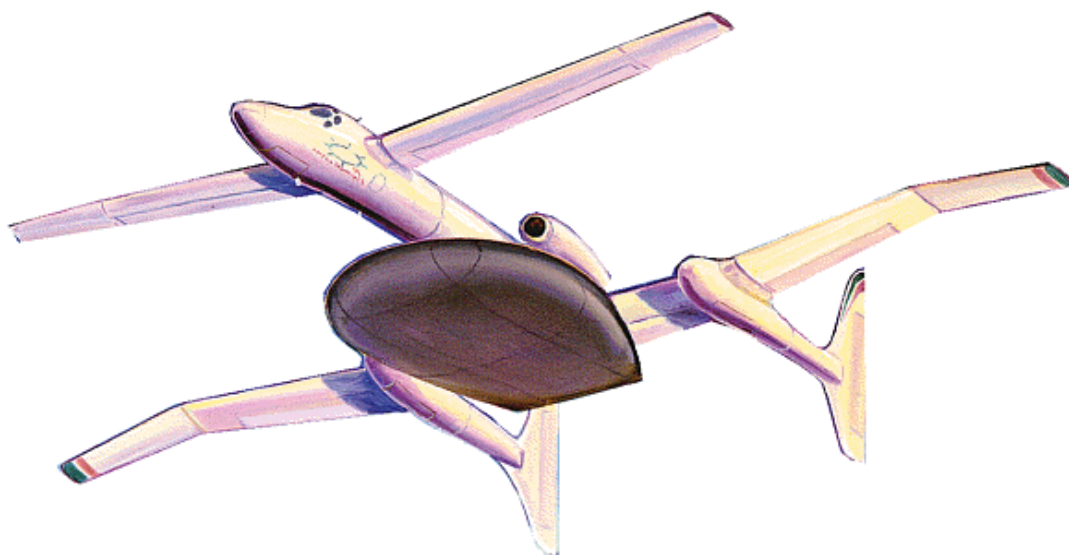
Ένα μεγάλο μέρος της τεχνολογίας που απαιτήθηκε υπάρχει ήδη. Η προσπάθεια ανάπτυξης εφαρμοσμένης μηχανικής εστιάζει έτσι να προσαρμοστεί και



τα τμήματα και τα υποσυστήματα ενσωμάτωσης από τις ανταγωνιστικές αγορές. Η αποδεδειγμένη τεχνολογία, τα συστατικά, και τα υποσυστήματα θα χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο. Στην προσαρμογή έχει δοθεί προτεραιότητα πέρα από την καινοτομία και τη βασική ανάπτυξη

Τα αεροσκάφη HALO θα χρησιμοποιηθούν στις μετατοπίσεις από τους περιφερειακούς αερολιμένες. Ενώ στο έδαφος, ο εξοπλισμός δικτύων στα αεροσκάφη θα αξιολογηθεί, θα διατηρηθεί και θα αναβαθμιστεί σε στερεότυπη βάση για να εξασφαλίσει βέλτιστη απόδοση. Το λειτουργούν σχέδιό μας διευκρινίζει τις κανονικές προόδους τεχνολογίας δύναμης βελτιώσεων εξοπλισμού προκειμένου για να παραγάγει το χαμηλότερο κόστος και το βάρος και για την παροχή της αυξανόμενης απόδοσης.

Το αεροπλάνο HALO/proteus έχει σχεδιαστεί ειδικά για να φέρει την πλήμνη του δικτύου HALO. Στη στρατόσφαιρα, το αεροπλάνο μπορεί να φέρει ένα βάρος περίπου ενός τόνου. Το αεροπλάνο είναι ουσιαστικά ένα λεωφορείο εξοπλισμού από το οποίο οι εμπορικές ασύρματες υπηρεσίες θα προσφερθούν. Ένας στόλος τριών αεροσκαφών θα ανακυκλωθεί στις μετατοπίσεις για να επιτύχει τη συνεχή υπηρεσία. Κάθε μετατόπιση στο σταθμό θα έχει μια μέση διάρκεια περίπου οκτώ ωρών.



Το αεροπλάνο HALO/proteus θα διατηρήσει το σταθμό σε ένα ύψος επάνω από 51 Kft σε έναν όγκο του εναέριου χώρου που μοιάζει με ένα διαστρεβλωμένο δακτύλιο με μια χαρακτηριστική διάμετρο οκτώ ναυτικών μιλίων. Η γωνία βλέμματος, που καθορίζεται για να είναι η γωνία που υποτείνεται μεταξύ του τοπικού ορίζοντα και του αεροπλάνου με το τερματικό χρηστών vertex, θα είναι μεγαλύτερη από μια ελάχιστη αξία 20 βαθμών. (Το ελάχιστο φαίνεται γωνία (MLA) γιατί ένα δεδομένο τερματικό χρηστών κατά μήκος της περιμέτρου του ίχνους υπηρεσιών καθορίζεται για να εμφανιστεί όποτε το αεροπλάνο επιτυγχάνει την πιο μακροχρόνια σειρά ραπίσματος από εκείνο το τερματικό πετώντας μέσα στον οριζόμενο εναέριο χώρο.) Σε αυτές τις περιπτώσεις, το ίχνος σημάτων θα καλύψει μια περιοχή περίπου 2.000 έως 3.000 τετραγωνικά μίλια, αρκετά μεγάλη να καλύψει μια χαρακτηριστική πόλη και τις γειτονικές κοινότητες του. Μια τέτοια υψηλή αξία για το MLA επιλέχτηκε για να εξασφαλίσει μια σύνδεση οπτικής επαφής σχεδόν σε κάθε στέγη στο ίχνος σημάτων και για να εξασφαλίσει υψηλή διαθεσιμότητα κατά τη διάρκεια των βαριών βροχοπτώσεων για τις περισσότερες από τις μεγάλες πόλεις στη Βόρεια Αμερική, ειδικά για τα ευρυζωνικά ποσοστά στοιχείων που διαδόθηκαν στις ζώνες K/Ka (επάνω από 20 GHz).

Με την επιλογή MMW συχνοτήτων, ένα ευρυζωνικό δίκτυο της υψηλής ικανότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί, δεδομένου ότι τα εύρη ζώνης συχνότητας μεταφορέων στην κλίμακα από 100 MHz σε 1.000 MHz έχουν χορηγήσει άδεια και μπορούν να παρασχεθούν μέσω των συνεργασιών. Τα μικρά ανοίγματα κεραιών στην κλίμακα ενός ποδιού θα παράσχουν τα στενά πλάτη ακτινών, και έτσι τα τερματικά χρηστών μπορούν να είναι συμπαγή ακόμα προσφέρουν το υψηλό κέρδος. Επίσης, μια σειρά κεραιών πολλών ανοιγμάτων μπορεί να ταιριάζει σε έναν αερομεταφερόμενο λοβό με τις διαστάσεις πρακτικές σε ένα aerodynamicist.

Η αερομεταφερόμενη σειρά κεραιών μπορεί να διαμορφωθεί για να προβάλλει ένα σχέδιο πολλών κυττάρων που αριθμούν από 100 περισσότερο από 1,000. Κάθε κύτταρο στο έδαφος θα καλύψει έναν τομέα μερικών τετραγωνικών μιλίων σε διάφορες δεκάδες των τετραγωνικών μιλίων. Ποικίλα σχέδια επαναχρησιμοποίησης φάσματος μπορούν να επιλεγούν για να καλύψουν το ίχνος σημάτων με τα σχέδια των κυττάρων. Παραδείγματος χάριν, κάθε κύτταρο μπορεί να χρησιμοποιήσει τη μια από τις υποζώνες τεσσάρων συχνοτήτων, και μια πέμπτη υποζώνη μπορεί να

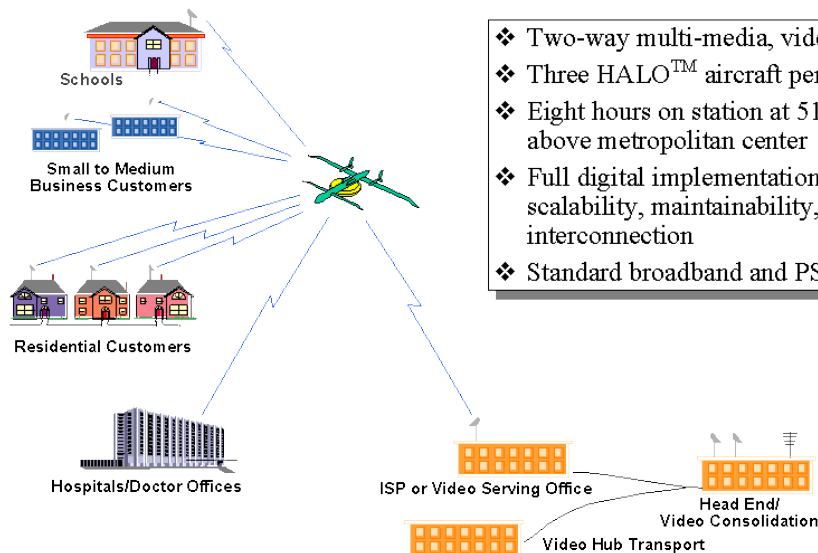
χρησιμοποιηθεί για τις πύλες (συνδέσεις στο δημόσιο δίκτυο ή για να παρέχει τις ευρείας ζώνης συνδέσεις με τους αφιερωμένους χρήστες). Με την επαναχρησιμοποίηση του φασματικού εύρους ζώνης, μια συνολική ικανότητα δικτύων στη σειρά 10 GBP σε 100 GBP εμφανίζεται εφικτή. Σε αυτήν την συζήτηση, θα εξηγήσουμε πώς αυτή η κλίμακα της ικανότητας είναι πρακτική.

Το δίκτυο HALO παρέχει μια εναλλακτική λύση στα δορυφορικά και επίγεια ευρυζωνικά δίκτυα επικοινωνιών. Αντίθετα από έναν δορυφορικό κόμβο, ο αερομεταφερόμενος κόμβος μπορεί να περιορίσει την όλη χρήση φάσματός του σε έναν γεωγραφικό τομέα της κλίμακας ενός χαρακτηριστικού πυκνού κέντρου πληθυσμών, το οποίο περιορίζει στη συνέχεια τα προβλήματα συντονισμού συχνότητας και επιτρέπει τη διανομή του φάσματος με τα επίγεια δίκτυα. Αρκετή δύναμη είναι διαθέσιμη από το λεωφορείο δύναμης αεροσκαφών στον εξοπλισμό δικτύων επικοινωνιών για να επιτρέψει εν πλω στις ευρυζωνικές υπηρεσίες στοιχείων με τα μικρά τερματικά χρηστών, ακόμη και κατά τη διάρκεια των θυελλών με τα υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων.

- **Η έννοια δικτύων HALO**

### **Επισκόπηση**

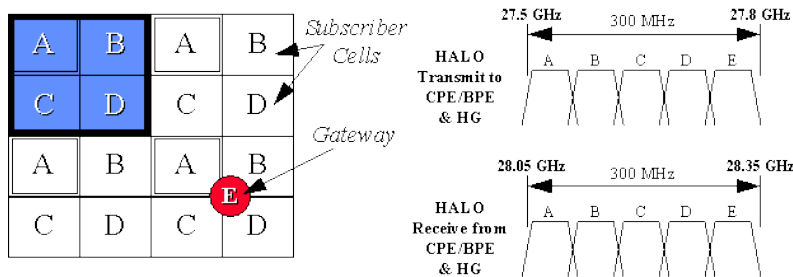
Πολλοί τύποι οργανώσεων -- σχολεία, νοσοκομεία, γραφεία των γιατρών, και μικρός στις μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις -- σε όλο τον κόσμο θα ωφεληθούν από τη χαμηλή τιμολόγηση των ευρυζωνικών υπηρεσιών που παρέχονται από το δίκτυο HALO. Τα τυποποιημένα ευρυζωνικά πρωτόκολλα όπως το ATM και SONET θα υιοθετηθούν για να διασυνδέσουν το δίκτυο HALO όσο το δυνατόν πιο καλά χωρίς ραφή. Η πύλη στο δίκτυο HALO θα παράσχει την πρόσβαση στο δημόσιο μεταστρεφόμενο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN) και στη σπονδυλική στήλη Διαδικτύου για τέτοιες υπηρεσίες όπως το World Wide Web και το ηλεκτρονικό εμπόριο. Η πύλη θα παράσχει στους ικανοποιημένους προμηθευτές πληροφοριών μια network-wide πρόσβαση σε έναν μεγάλο πληθυσμό των συνδρομητών.



- ❖ Two-way multi-media, video, data and sound
- ❖ Three HALO™ aircraft per service area
- ❖ Eight hours on station at 51-60,000 feet circling above metropolitan center
- ❖ Full digital implementation for high reliability, scalability, maintainability, and ease of interconnection
- ❖ Standard broadband and PSTN interfaces

### • Πρόσβαση στο δίκτυο

Οι διάφορες μέθοδοι για την πρόσβαση στους χρήστες στο έδαφος είναι εφικτές. Σε μια προσέγγιση, κάθε ακτίνα σημείων από την κεραία ωφέλιμων φορτίων εξυπηρετεί ένα ενιαίο "κύτταρο" στο έδαφος σε μια πολλαπλή συχνότητα-τμήματος με την επαναχρησιμοποίηση 5- σε -1 συχνότητα, τέσσερις για τις μονάδες συνδρομητών και το πέμπτο για τις πύλες στο δημόσιο δίκτυο και στους συνδρομητές υψηλού ποσοστού. Πολλοί παράγοντες όπως οι 7:1 και 9:1 είναι δυνατοί. Οι διάφορες προσεγγίσεις πρόσβασης στο δίκτυο εξερεύνονται. Η συζήτηση θα συνοψίσει μερικά αντιπροσωπευτικά παραδείγματα.



- **Assumed Scenario:**
  - Tx 27.5 - 27.8 GHz 300 MHz
  - guard 27.8 - 28.05 250
  - Rx 28.05 - 28.35 300
- **60 MHz per Sub-Band**
- **Sub-Band "E" for Gateway Links and for Dedicated Users**
- **Guard Band can be used for**
  - Control channels
  - Telemetry for aircraft
  - Pilot tone for tracking

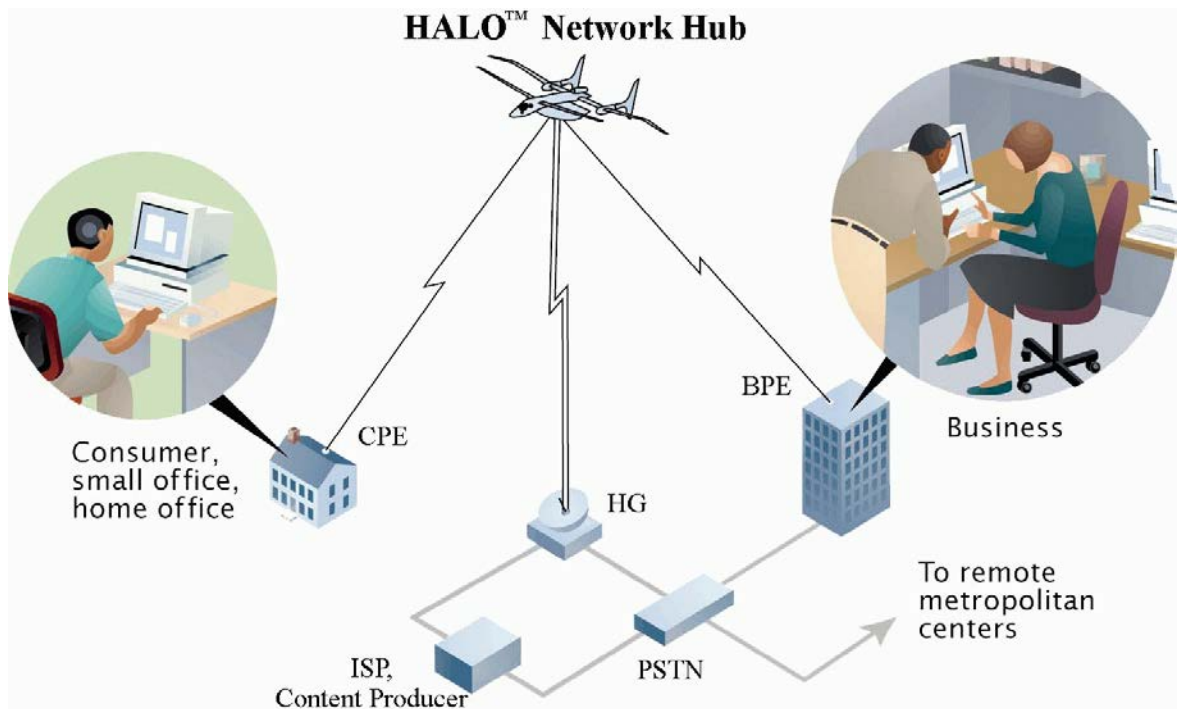
Κάλυψη κυττάρων από το τμήμα συχνότητας που πολλαπλασιάζει χρησιμοποιώντας τις ακτίνες σημείων

- **Υπηρεσίες δικτύων**

Ο κόμβος HALO μπορεί να παρέχει ένα πλήθος επιλογών συνδετικότητας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει τα φυσικά χωρισμένα δίκτυα τοπικής περιοχής (LANs) μέσα σε ένα εταιρικό ενδοδίκτυο μέσω της προσαρμογής ηλεκτρονόμων πλαισίων ή άμεσα μέσω των γεφυρών και των δρομολογητών του τοπικού LAN ή μπορεί να παρέχει τις συνδέσεις τηλεδιάσκεψης μέσω του τυποποιημένου υλικού διεπαφών T1. Το δίκτυο HALO μπορεί να χρησιμοποιήσει τυποποιημένο SONET και τα πρωτόκολλα και τον εξοπλισμό του ATM για να ελαχιστοποιήσει το κόστος του εξοπλισμού και για να εκμεταλλευθεί την ευρεία διαθεσιμότητα τέτοιων συστατικών.

- **Δικτυακή αρχιτεκτονική HALO**

Στην κορυφή ενός ασύρματου κώνου του εμπορίου, το ωφέλιμο φορτίο των αεροσκαφών HALO χρησιμεύει ως η πλήμνη ενός δικτύου τοπολογίας αστεριών για τα πακέτα στοιχείων μετατροπής μεταξύ οποιωνδήποτε δύο τερματικών χρηστών μέσα στο ίχνος υπηρεσιών. Ένας ενιαίος λυκίσκος με μόνο δύο συνδέσεις απαιτείται, κάθε σύνδεση που συνδέει το ωφέλιμο φορτίο με έναν συνδρομητή. Οι συνδέσεις είναι ασύρματες και ευρυζωνικές. Οι ενιαίες καθυστερήσεις συνδέσεων κυμαίνονται από ~60 msec κάτω από το αεροπλάνο ως ~200 msec στην άκρη του ίχνους σημάτων. Οι πληροφορίες που δημιουργήσαν έξω από το ίχνος υπηρεσιών παραδίδονται στο τερματικό ενός συνδρομητή μέσω των τερματικών που χρησιμοποιήθηκαν από τις επιχειρήσεις, τους φορείς παροχής υπηρεσιών Διαδικτύου (ISPs), ή τους ικανοποιημένους προμηθευτές μέσα σε εκείνη την περιοχή, και μέσω της πύλης (HG) HALO που συνδέθηκε άμεσα με τις απόμακρες μητροπολιτικές περιοχές μέσω των μισθωμένων κορμών. Πάλι, μόνο δύο συνδέσεις αέρα απαιτούνται για τις τελικές επικοινωνίες μέσω του κόμβου στη στρατόσφαιρα. Το Hg είναι μια πύλη που εξυπηρετεί ολόκληρο το δίκτυο. Επιτρέπει τη διέλευση σε όλο το σύστημα, πρόσβαση στους ικανοποιημένους προμηθευτές ή τους διαφημιστές, και επιτρέπει σε οποιοδήποτε συνδρομητή για να επεκτείνει τις επικοινωνίες τους πέρα από την περιοχή υπηρεσιών δικτύων HALO με τη σύνδεση τους με τις αφιερωμένες μεγάλης απόστασης γραμμές όπως η οπτική ίνα διά-μετρό.

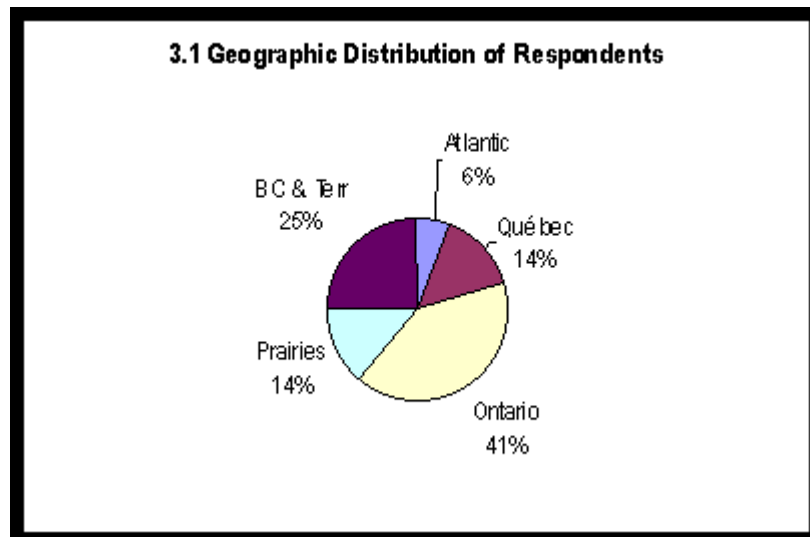


Τα υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων μπορούν να μειώσουν την αποτελεσματική ρυθμοαπόδοση στοιχείων της σύνδεσης που εξυπηρετεί έναν δεδομένο συνδρομητή. Ο ‘άγγελος’ προγραμματίζει να εξασφαλίσει το μέγιστο ποσοστό περισσότερο από 99,7% στοιχείων του χρόνου και να παρέχει ένα αποδεκτό ελάχιστο ποσοστό περισσότερο από 99,9% στοιχείων του χρόνου. Ο ‘άγγελος’ προγραμματίζει επίσης να περιορίσει τις διακοπές λειτουργίας στις μικρές περιοχές (λόγω της παρεμπόδισης της πορείας σημάτων από τις πολύ πυκνές στήλες βροχής) σε λιγότερο από 0,1% του χρόνου. Τα σχέδια είναι να βρεθεί το Hg κοντά στο κέντρο τροχιάς HALO για να μειώσουν τη σειρά ραπίσματος από την κεραία υψηλός-κέρδους του στα αεροσκάφη και αντίστοιχα το μήκος πορειών σημάτων του μέσω των βαριών βροχοπτώσεων. Οι απαιτήσεις περιθωρίου συνδέσεων έχουν αξιολογηθεί και οφείλονται πιθανά στην κατοχή της υψηλής διαθέσιμης δύναμης για τον αερομεταφερόμενο εξοπλισμό.

- **Αποτελέσματα επίδειξης πτήσης**

Το Raytheon και ο Angel διεύθυναν πρόσφατα μια επίδειξη της πρώτης εμπορικής ασύρματης ευρυζωνικής σύνδεσης από το έδαφος σε ένα κινούμενο αεροσκάφος, μια σύνδεση στρογγυλού ταξιδιού 50-μιλίου 52 Mbps (Oe-1 ποσοστό).

Οι ακόλουθες υπηρεσίες καταδείχθηκαν πέρα από αυτήν την ασύρματη σύνδεση: Πρόσβαση T1, πρόσβαση ISDN, ξεφύλλισμα Ιστού, υψηλής ευκρίνειας συνεδρίαση μέσω video, μεγάλες μεταφορές αρχείων, και γεφύρωμα του τοπικού LAN Ethernet.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΑΜΥΝΑΣ

#### • ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ

Οι δορυφορικές εικόνες παρέχουν τη μοναδική δυνατότητα επιτήρησης εντοπισμού και εξαγωγής δεδομένων στόχου (στοχοποίησης) τόσο των εχθρικών εγκαταστάσεων όσο και των εχθρικών δυνάμεων και των πιθανών μετακινήσεών τους. Έτσι, στην ειρήνη και στον πόλεμο, παρέχεται στις φίλιες δυνάμεις υψηλού επιπέδου ακρίβειας και πληρότητας διαρκής ενημέρωση. Μάλιστα στην περίπτωση ανάπτυξης βαλλιστικών βλημάτων από μια χώρα η δορυφορική επισκόπηση σε μεγάλο βάθος αποτελεί ίσως τη μοναδική λύση για έγκαιρο εντοπισμό και στοχοποίηση της θέσης των βλημάτων αυτών. Οι σύγχρονοι βαλλιστικοί πύραυλοι είναι συνήθως κινούμενοι ή διαθέτουν πολλαπλές και καλά επιλεγμένες σταθερές βάσεις εκτόξευσης. Για ευνόητους λόγους, ειδικά τον καιρό της ειρήνης ή/και της κρίσης, η ανίχνευση και στοχοποίηση των βάσεων αυτών που βρίσκονται πολλά χιλιόμετρα μακριά από τα σύνορα, στο εσωτερικό της χώρας, δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν από τα «κλασικά» αεροσκάφη φωτοαναγνώρισης ή άλλες εναλλακτικές πλατφόρμες συλλογής πληροφοριών (π.χ. αερομεταφερόμενων συστημάτων Synthetic Aperture Radar -SAR ή ηλεκτροοπτικών συσκευών), παρά μόνο από δορυφορικά συστήματα τηλεπισκόπησης υψηλής διακριτικής ικανότητας. Η απώλεια του δορυφορικού σταθμού Ikonos είναι πράγματι πολύ σημαντική. Η Ελλάδα δε χάνει μόνο τη δυνατότητα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων ανάλυσης Ι μ. (και από το επόμενο έτος 0,5 μ.) σε χρόνο μικρότερο των δύο ωρών από τη στιγμή αποστολής του αιτήματος προς το δορυφόρο, αλλά μετά την ενεργοποίηση του αντίστοιχου σταθμού στο Colbasi είναι προφανές ότι η Τουρκία αποκτά οριστικά τη μοναδική δυνατότητα έγκαιρης συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων από το δορυφόρο αυτό.

Σύμφωνα με την κατάσταση που έχει διαμορφωθεί έπειτα από τις τελευταίες εξελίξεις σε περίπτωση που το υπουργείο Εθνικής Άμυνας(ΥΠΕΘΑ) επιθυμεί να παίρνει εικόνες από το δορυφόρο Ikonos ή θα πρέπει να υποβάλει αίτημα προς το σταθμό της Άγκυρας (51 A5IA) ή θα πρέπει να απευθυνθεί στα κεντρικά της εταιρείας στις ΗΠΑ. Στην περίπτωση αυτή, ο χρόνος παράδοσης των δεδομένων θα



ξεπερνά τις τέσσερις εβδομάδες! Ακόμα και αν η ελληνική κυβέρνηση, διά πολιτικών διαδικασιών και ελιγμών, καταφέρει να εξασφαλίσει γρηγορότερους χρόνους παράδοσης δεδομένων, ο σταθμός της Άγκυρας θα διαθέτει και πάλι υψηλότερη προτεραιότητα πρόσβασης (access priority) ως προς το δορυφόρο. Πρακτικά, το γεγονός αυτό σημαίνει ότι, σε περίπτωση κρίσης, ο δορυφόρος θα εκτελέσει πρώτα τις εντολές παρατήρησης του σταθμού της Άγκυρας και επομένως θα καλύπτει το πλείστο του χρόνου την Ελλάδα και τον ελάχιστο δυνατό χρόνο την Τουρκία. Επιπλέον κατά τη διάρκεια του ελάχιστου αυτού χρόνου σάρωσης, οι συντεταγμένες των περιοχών που θα καλύπτονται θα είναι γνωστές στο σταθμό της Άγκυρας.

- **Εναλλακτικές λύσεις**

Σύμφωνα με πληροφορίες που έχουν γίνει γνωστές, το ΥΠΕΘΑ έχει προσδιορίσει τις επιχειρησιακές ανάγκες του σε εικόνες διακριτικής ικανότητας Ι μ. Εκτός από το σύστημα Ikonos, ελάχιστα είναι τα διαθέσιμα εμπορικά συστήματα που βρίσκονται σήμερα σε τροχιά και μπορούν να παρέχουν εικόνες τέτοιας διακριτικής ικανότητας. Στο συνημμένο Πίνακα Ι παρατίθενται τα εμπορικά οπτικά δορυφορικά συστήματα που βρίσκονται σήμερα σε τροχιά, η διακριτική ικανότητα που προσφέρουν και η χώρα εμπορικής εκμετάλλευσης. Εκτός από τα συστήματα του Πίνακα Ι, υπάρχει και ένας σημαντικός αριθμός καθαρά αμυντικών δορυφορικών συστημάτων επισκόπησης τόσο ηλεκτροοπτικών όσο και συστημάτων SAR, τα οποία παρέχουν εικόνες πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας. Η διακριτική ικανότητα είναι της τάξης των Ι Ο εκ. για τα οπτικά και του Ι μ. για τα συστήματα SAR. Τα δεδομένα των συστημάτων αυτών δε διατίθενται στο εμπόριο και θα παρέχονται έπειτα από τη σύναψη ιδιαίτερα πολύπλοκων διακρατικών συμφωνιών.

Το ΥΠΕΘΑ είναι σε θέση να προμηθευτεί σήμερα εικόνες, εκτός από το Ikonos, και από το σύστημα EROS (Ισραήλ, διακριτικής ικανότητας Ι μ.), από το Quickbird (ΗΠΑ διακριτικής ικανότητας 2 μ.) και το SPOT (ευρωπαϊκής προέλευσης και διαχείρισης). Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων SAR χαμηλής διακριτικής ικανότητας από τα συστήματα ERS-2 (διακριτική ικανότητα 25 μ.), ENVISA T (διακριτική ικανότητα 25 μ.) και RADARSAT (διακριτική

ικανότητα 12 μ.) με πολύ χαμηλό ρυθμό ανανέωσης δεδομένων απεικόνισης, καθώς ο χρόνος επανεπίσκεψης (revisit time) είναι μία ή δύο φορές μηνιαίως.

- **Λύση ανάγκης η ολοκληρωμένη λύση τηλεπισκόπησης**

Τα επόμενα χρόνια αναμένεται να συντελεστεί μια πραγματική επανάσταση στο χώρο της εμπορικής διάθεσης δεδομένων τηλεπισκόπησης τόσο από νέους ηλεκτροοπτικούς αισθητήρες όσο κυρίως από συστήματα SAR, πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας. Στους επόμενους μήνες (Αύγουστος 2002) αναμένεται η εκτόξευση του ευρωπαϊκού συστήματος SPOT-5, το οποίο θα παρέχει εικόνες διακριτικής ικανότητας 2,5 μ. Ιδιαίτερο, όμως, ενδιαφέρον παρουσιάζει η προγραμματισμένη εκτόξευση εμπορικών συστημάτων SAR, τα οποία θα παρέχουν εικόνες διακριτικής ικανότητας ανάλογης των οπτικών. Η αρχή θα γίνει με την εκτόξευση του RADARSAT-2 (εκτόξευση το 2003), διακριτικής ικανότητας (fine mode) 3 μ., και θα ολοκληρωθεί με τα συστήματα TERASAR (περιοχής συχνοτήτων X-band, πολλαπλών πολώσεων) και AIOS (περιοχής συχνοτήτων L-band, πολλαπλών πολώσεων), αμφότερα διακριτικής ικανότητας 2 μ. Το σύστημα TERASAR προβλέπεται να τοποθετηθεί σε τροχιά το 2004 και το AIOS το 2005. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Ελλάδα παρουσιάζει το σύστημα TERASAR. Πρόκειται στην ουσία για τον επόμενο γερμανικό δορυφόρο τηλεπισκόπησης SAR. Το σύστημα θα λειτουργεί αρχικά στην περιοχή συχνοτήτων X (8-10 GHz) και μελλοντικά στην περιοχή συχνοτήτων I (1-2 GHz), ανάλογα με τα διαθέσιμα κονδύλια.

Το σύστημα θα παρέχει εικόνες διακριτικής ικανότητας 2 μ., σύμφωνα με τις επιχειρησιακές απαιτήσεις του γερμανικού υπουργείου Άμυνας. Ιδιαίτερη μέριμνα έχει δοθεί στη σχεδίαση της τροχιάς του δορυφόρου έτσι ώστε να είναι δυνατή η παροχή δεδομένων υψηλής ανάλυσης τουλάχιστον μια φορά την ημέρα κάτω από οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες, ημέρα και νύχτα. Οι άριστες σχέσεις που έχουν αναπτύξει οι δύο χώρες στον αμυντικό τομέα, και ιδίως μετά την πρόσφατη απόφαση του ΚΥΣΕΑ για την αγορά 170 αρμάτων Leopard 2HEI θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ευκολότερη πρόσβαση της Ελλάδας στα δεδομένα του συγκεκριμένου συστήματος. Η πιθανή συμμετοχή του ΥΠΕΘΑ στο εν λόγω πρόγραμμα θα επιτρέψει για πρώτη φορά τη συλλογή δεδομένων τηλεπισκόπησης SAR πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας ημέρα και νύχτα και κάτω από οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες παρέχοντας στις Ελληνικές Ένοπλες Δυνάμεις ασύγκριτα πλεονεκτήματα σε

σχέση με τα αντίστοιχα ηλεκτροοπτικά συστήματα(βλέπε κρίση Ιμίων, όπου επιβάλλονταν η παροχή εικόνας της τρέχουσας κατάστασης υπό άσχημες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της νύχτας).

- **Κινητός και σταθερός σταθμός βάσης συλλογής δορυφορικών δεδομένων**

Παρά τη μεγάλη καθυστέρηση του προγράμματος του σταθμού βάσης συλλογής δορυφορικών δεδομένων, η κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί αναστρέψιμη υπό την προϋπόθεση ότι συγκεκριμένες ενέργειες θα λάβουν χώρα μέσα σε συγκεκριμένο (σύντομο) χρονικό διάστημα. Θα πρέπει ο δορυφορικός σταθμός που βρίσκεται σήμερα εγκατεστημένος στη Θήβα, αφού πρώτα εκσυγχρονιστεί (καθώς παραμένει ανενεργός για πάνω από δύο χρόνια) και στελεχωθεί κατάλληλα από έμπειρο επιστημονικό προσωπικό (ίσως και με μόνιμο στρατιωτικό προσωπικό), να λειτουργήσει εκ νέου παρέχοντας δορυφορικά δεδομένα πολύ υψηλής ποιότητας. Απαραίτητη προϋπόθεση λειτουργίας του σταθμού είναι η επιλογή των κατάλληλων συστημάτων παροχής δεδομένων καθώς και η υπογραφή των αντίστοιχων συμβολαίων με τις εταιρείες που διαχειρίζονται τα συστήματα αυτά. Υπενθυμίζεται ότι, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν δε θα πρέπει ο σταθμός να περιοριστεί στη συλλογή αποκλειστικά δεδομένων του συστήματος Ikonos, αλλά αντίθετα θα πρέπει να βασιστεί και σε εναλλακτικά συστήματα τηλεπισκόπησης (EROS; SPOT-S, Quickbird, ALt-1AZ, ENVISAT, RADARSAT-2),

Το ΓΕΕΘΑ έχοντας αναγνωρίσει την τεράστια σημασία της συλλογής δορυφορικών δεδομένων τηλεπισκόπησης κοντά στο πεδίο ενδιαφέροντος, προκήρυξε διεθνή διαγωνισμό, με σκοπό την προμήθεια κινητού σταθμού συλλογής δορυφορικών δεδομένων. Αρχικά, λόγω έλλειψης κονδυλίων έγινε προσπάθεια ο σταθμός αυτός να συμπεριληφθεί στα αντισταθμιστικά οφέλη των υπό παραγγελία μαχητικών αεροσκαφών MIRAGE 2000-5, χωρίς όμως επιτυχία.. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η συγκεκριμένη αγορά να προχωρήσει και να ολοκληρωθεί το συντομότερο δυνατό. Ο σταθμός αυτός θα πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγει δεδομένα αρχικά από τα ίδια δορυφορικά συστήματα με το σταθερό σταθμό βάσης και επιπρόσθετα να ενσωματώνει τη δυνατότητα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων από τις αεροπορικές πλατφόρμες επιτήρησης πεδίου μάχης (όπως είναι τα υπό προμήθεια μη επανδρωμένα αεροχήματα τα φωτοαναγνωριστικά RF-4E Phantom 11 και τα μελλοντικά ειδικευμένα αεροσκάφη επιτήρησης).

- **Συλλογή και επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων τηλεπισκόπησης**

Το ΥΠΕΘΑ θα πρέπει να καλύψει τις άμεσες ανάγκες τηλεπισκόπησης με τη χρήση κάποιων από τα υπάρχοντα ευρωπαϊκά ή αμερικανικά εμπορικά συστήματα. Όπως τα SPOT-5 και Quickbird αντίστοιχα. τα οποία παρέχουν εικόνες ικανοποιητικής διακριτικής ικανότητας και γρήγορους χρόνους συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (διάρκεια σε κάθε περίπτωση μικρότερη των δύο ωρών). Προφανώς. Θα πρέπει να γίνει επιπρόσθετα προσπάθεια εξασφάλισης της πρόσβασης στο σύστημα Ikonos με όσο το δυνατό μικρότερους χρόνους παράδοσης δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση. όμως. δε θα πρέπει να βασιστεί αποκλειστικά στο συγκεκριμένο σύστημα. καθώς είναι σχεδόν απίθανο έπειτα από τις γνωστές εξελίξεις, να αποκτήσουμε προτεραιότητα μεγαλύτερη από εκείνη του σταθμού της Τουρκίας. Ιδιαίτερη προσπάθεια θα πρέπει να γίνει. προκειμένου να εξασφαλιστεί πρόσβαση σε αμυντικά συστήματα τηλεπισκόπησης ευρωπαϊκών κρατών (ίσως και μέσα στο πλαίσιο των δομών που συγκροτούνται ως υλοποιήσεις της κοινής ευρωπαϊκής πολιτικής άμυνας και ασφάλειας).

Συμφωνίες αυτής της μορφής πραγματοποιούνται σε πολύ υψηλό διπλωματικό επίπεδο και σπάνια βλέπουν το φως της δημοσιότητας. Πρόσφατα έγινε γνωστό ότι. στο πλαίσιο της αμυντικής συνεργασίας Τουρκίας-Ισραήλ, η πρώτη αποκτά πρόσβαση στα αμυντικά δορυφορικά συστήματα τηλεπισκόπησης που έχει θέσει σε τροχιά το Ισραήλ. Η άκρως ανησυχητική αυτή πληροφορία δεν έχει επίσημα επιβεβαιωθεί. αλλά θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη. Θα αποτελέσει επίσης μεγάλη παράληψη η μη εξασφάλιση πρόσβασης σε δεδομένα επισκόπησης ραντάρ SAR. Υπενθυμίζεται ότι τα συστήματα αυτά είναι τα μοναδικά που μπορούν να παρέχουν εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας ημέρα και νύχτα και κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. ενώ παράλληλα το μειονέκτημα της χαμηλής ανανέωσης δεδομένων πρόκειται σύντομα να αντιμετωπιστεί με τη λειτουργία του συστήματος TERASAR. το οποίο θα παρέχει εικόνες σε καθημερινή βάση.

- **Αξιοποίηση της βάσης δεδομένων**

Η υλοποίηση έστω και μέρους των παραπάνω προτάσεων θα σημάνει τη δημιουργία μιας ολοένα αυξανόμενης βάσης δορυφορικών δεδομένων επισκόπησης τα οποία σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν «άχρηστες» ή «περιττές» πληροφορίες. Αντίθετα, μπορούν (και πρέπει) να χρησιμοποιηθούν σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται:

- Η δημιουργία και συνεχής ενημέρωση του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους (Digital Elevation Model- OEM) των περιοχών ενδιαφέροντος χρησιμοποιώντας τεχνικές συμβολομετρίας (Interferometric techniques).
- Η ανίχνευση πιθανών θέσεων εκτόξευσης βαλλιστικών πυραύλων, καθώς και δημιουργίας ξεχωριστής βάσης δεδομένων, με το σύνολο των εντοπισμένων πιθανών θέσεων εκτόξευσης πυραύλων.
- Η αναγνώριση, προσδιορισμός και ανανέωση στόχων.
- Ο έλεγχος κίνησης εχθρικών βαρέων (μηχανοκίνητων) ή μη σχηματισμών τόσο κατά τη διάρκεια ασκήσεων του εχθρού όσο κυρίως κατά τη διάρκεια κρίσεων.
- Η σύνθεση τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους των διαδρόμων που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν τα βομβαρδιστικά αεροσκάφη, προκειμένου να πλήξουν τους στόχους τους σε περίοδο πολεμικής σύγκρουσης. Με τη μέθοδο αυτή τα αεροσκάφη θα πετούν σε πολύ χαμηλό ύψος με μεγάλη ασφάλεια (ακόμα και τα μαχητικά παλαιότερης γενιάς, όπως τα Α-Π Corsair 11) και με το ραντάρ εκτός λειτουργίας, ώστε η εκπομπή του να μην εντοπίζεται από τα εχθρικά συστήματα εντοπισμού ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών.
- Η σύνθεση μοντέλων του εχθρικού εδάφους για χρήση στους υπό παραλαβή εξομοιωτές πτήσης των μαχητικών F-16 O Block 50 +, καθώς και των νέων αρμάτων μάχης. Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι παρά το αυξημένο κόστος της συνεχούς λήψης και επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων επισκόπησης, το σύνολο και η ποικιλία των εφαρμογών στο χώρο της άμυνας υπερκαλύπτουν το κόστος συλλογής.

**ΗΛΕΚΤΡΟΠΤΙΚΑ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΣΗΣ  
ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ**

| ΣΥΣΤΗΜΑ      | ΧΩΡΑ<br>ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ | ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ |                   | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ<br>ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ |
|--------------|--------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|
|              |                    | ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΗ         | ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΗ     |                          |
| SPOT 2/3/4/5 | FRANCE             | 10m /2.5m(SPOT5)     | 20m /10m (SPOT 5) | 1988/1993/1998/2002      |
| ASTER        | JAPAN/USA          | 15m ???              | ???               | 1999                     |
| EROS 1A      | ISRAEL             | 1.5 m                |                   |                          |
| QUICKBIRD    | USA                | 1m                   | 3m                | 2001                     |
| IKONOS       | USA                | 1m                   | 4m                | 1999                     |
| ALMAZ        | RUSSIA             |                      |                   |                          |
| IRS 1C/1D    | INDIA              | 5.8m                 |                   | 1995                     |

**ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΝΤΑΡ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (SYNTHETIC  
APERTURE RADAR – SAR) ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ**

| ΣΥΣ<br>ΤΗΜΑ        | ΧΩΡΑ<br>ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ | ΔΙΑΚ<br>ΡΙΤΙΚΗ<br>ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ | ΣΥΧΝΟ<br>ΤΗΤΑ | ΠΟΛ<br>ΩΣΗ        | ΗΜΕΡΟΜΗ<br>ΝΙΑ<br>ΕΚΤΟΞΕΥΣ<br>ΗΣ |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|----------------------------------|
| ERS<br>1 / 2       | ESA                | 12.5/1<br>2.5               | C band        | VV                | 1991/1995                        |
| RAD<br>ARSAT 1 / 2 | CANAD<br>A         | 10m/3<br>m                  | C band        | HH/F<br>ULL- POLL | 1995/2002                        |
| ENV<br>ISAT        | ESA                | 10m(1<br>2.5m)              | C band        | HH<br>AND VV      | 2002                             |
| TER<br>RASAR       | GERMA<br>NY        | 2m                          | X band        | FULL<br>POLL      | 2004                             |
| ALO<br>S           | JAPAN              | 2m                          | L band        | FULL<br>POLL      | 2005                             |

- **HELIOS IA/B**

Αποτελεί το πρώτο στρατιωτικό σύστημα τηλεπισκόπησης που αναπτύχθηκε στην Ευρώπη χρηματοδοτούμενο από κοινού από τις Γαλλία, Ιταλία και Ισπανία. Κύριος ανάδοχος για το σύστημα αλλά και τον εξοπλισμό εδάφους και στις τρεις χώρες είναι η Astrium. Το Helios IA εκτοξεύτηκε στις 7 Ιουλίου 1995. ενώ ο διάδοχός του, Helios IB, ακολούθησε στις 3 Δεκεμβρίου 1999 . Το σύστημα Helios I περιλαμβάνει: το διαστημικό τμήμα με τους δύο δορυφόρους, το επίγειο τμήμα με το κύριο κέντρο ελέγχου του συστήματος, και σε καθεμία από τις τρεις συμμετέχουσες χώρες, ένα κέντρο ελέγχου συστήματος και ένα κέντρο συλλογής δορυφορικών δεδομένων. Οι δορυφόροι Helios I αποτελούν σχεδίαση με ικανότητα πολλαπλών αποστολών που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της στρατηγικής αυξημένης ομοιοτυπίας των συστημάτων Spot 4/Helios, με δυνατότητα μεταφοράς αποκλειστικά στρατιωτικού φορτίου. Έχουν βάρος 2.5 τόνων και επιχειρούν σε μια χαμηλή τροχιά - **quasi-polar sun-synchronous orbit**.

Με το Helios η Astrium πέτυχε τη λειτουργία του μόνου, εκτός ΗΠΑ και Ρωσίας, υψηλής διακριτικής ικανότητας δορυφορικού συστήματος. Ιδιαίτερα οι πολύ υψηλές απαιτήσεις, όσον αφορά την ακρίβεια της περιστροφής και της θέσης, επέβαλαν την ανάπτυξη ενός εξαιρετικά πολύπλοκου συστήματος ελέγχου ύψους πτήσης και του αντίστοιχου λογισμικού. Από κοινού με τη Matra Systemes et Information, η Astrium ανέπτυξε έναν κινητό σταθμό συλλογής δορυφορικών δεδομένων, αποτελούμενο από ένα συγκρότημα κεραίας και έναν κλωβό. Ο σταθμός αυτός διαθέτει πλήρεις λειτουργικές δυνατότητες που κυμαίνονται από την αίτηση εικόνας μέχρι την επεξεργασία της. Επιπρόσθετα, η Astrium σχεδίασε και ανέπτυξε ένα υπολογιστικό κέντρο υποβοήθησης λήψης απόφασης. Το κέντρο αυτό προσφέρει εξαιρετικά υψηλού επιπέδου ικανότητες συντονισμού πολλαπλών λειτουργιών σε αληθή χρόνο, επεξεργασίας και αποθήκευσης μεγάλου όγκου δεδομένων και ταχείας πρόσβασης στο τελικό προϊόν.

- **HELIOS II η επόμενη γενιά**

Τη διετία 2003-2004, το πρόγραμμα Helios θα συνεχιστεί με την εκτόξευση και είσοδο σε τροχιά δύο δορυφόρων Helios II (Helios IIA το 2003, Helios IIB το 2004), που θα έχουν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από τους

προγόνους τους. Έχοντας την ίδια πλατφόρμα με τον πολιτικό δορυφόρο τηλεπισκόπησης Spot 5, η δεύτερη γενιά δορυφόρων του συστήματος αντανακλά τη στρατηγική της Astrium για την επίτευξη όσο το δυνατό μεγαλύτερης ομοιοτυπίας μεταξύ της πλατφόρμας στρατιωτικών και πολιτικών εφαρμογών. Ο εξοπλισμός των Helios 11 θα περιλαμβάνει δύο συστήματα ένα μεσαίας διακριτικής ικανότητας και ευρέος οπτικού πεδίου (παρόμοιο με αυτού του Spot 5) και ένα πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας με δυνατότητα υπέρυθρης λειτουργίας. Τέλος, και ο επίγειος εξοπλισμός χρήσης του Helios 11, που πρόκειται να εισέλθει σε Υπηρεσία το 2003, θα έχει πολύ αυξημένες επιδόσεις. Θα είναι απόλυτα συμβατός με τους δορυφόρους Helios I, ενώ η ανοικτή αρχιτεκτονική του θα επιτρέπει την απρόσκοπτη συνεργασία και με οποιοδήποτε άλλο μελλοντικό δορυφορικό σύστημα.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **Ζεύξεις δεδομένων για τον έλεγχο μαχητικών αεροσκαφών**

Η επιχειρησιακή αυτή απαίτηση προκύπτει κυρίως από τη μορφή της σημερινής απειλής, η οποία μπορεί να είναι εναέρια, θαλάσσια ή προερχόμενη από όπλα εδάφους. Όπως μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό, η εναέρια απειλή είναι αυτή που θεωρείται περισσότερο επικίνδυνη, διότι μεταφέρεται εύκολα, γρήγορα και σε μεγάλες αποστάσεις. Μπορεί να είναι επανδρωμένης μορφής - μαχητικά αεροσκάφη - ή μη επανδρωμένης, όπως για παράδειγμα Πύραυλοι Πλεύσης (Cruise Missiles: CM), Μη επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα Μάχης (Unmanned Combat Aerial Vehicles: UCAVs) ή ακόμη και Πύραυλοι Εδάφους-Αέρος (Surface-to-Air Missiles: SAMs).

Η έγκαιρη αντιμετώπιση της απειλής αυτής με Εναέρια Εμπλοκή (Air-to-Air Engagement) μπορεί να γίνει με χρήση μαχητικών αεροσκαφών, τα οποία ως σκοπό έχουν να την εμπλέξουν όσο το δυνατόν νωρίτερα, πριν αυτή φθάσει να απειλεί φίλιες δυνάμεις. Οι στόχοι αυτοί και όχι μόνον - θεωρούνται Χρονικά Σημαντικοί Στόχοι (Time Critical Targets: TCTs) ή Χρονικά Ευαίσθητοι Στόχοι (Time Sensitive Targets: TSTs).

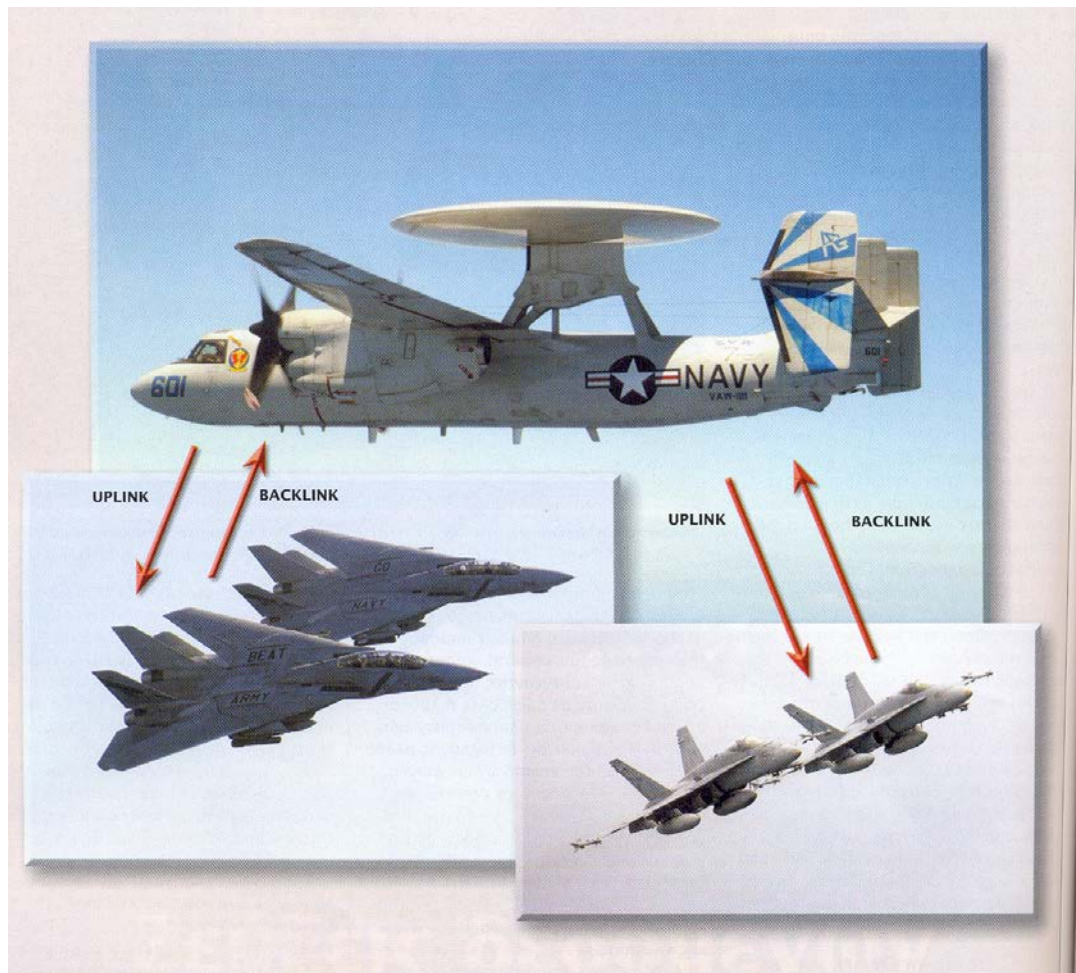
Σκοπός είναι η περιγραφή του ελέγχου μαχητικών αεροσκαφών διαμέσου ψηφιακών ζεύξεων δεδομένων από ιπτάμενα ραντάρ, ή συστήματα Εναέριας Έγκαιρης Προειδοποίησης και Ελέγχου (Airborne Early Warning and

Control: AEW&C). Θα αναλυθεί επίσης το αντικείμενο ενός ολοκληρωμένου συστήματος Δυναμικής Διοίκησης, Ελέγχου και Διαχείρισης Μάχης (Dynamic Command, Control and Battle Management : DC2BM) και πώς αυτό επηρεάζει σημαντικά την αποτελεσματική αντιμετώπιση των στόχων TCT και TST.

- **Ιστορική εξέλιξη**

Έως την τεχνολογική ανάπτυξη και υλοποίηση των Τακτικών Ζεύξεων Δεδομένων (Tactical Data Links: TDLs) ο έλεγχος μαχητικών αεροσκαφών από οποιασδήποτε μορφής Μονάδα Ελέγχου (Controlling Unit: (U) - επίγειο σταθμό ραντάρ, Σύστημα Κατεύθυνσης Μάχης (Combat Direction System: CDS) πολεμικού πλοίου, ή ιπτάμενο ραντάρ - στηριζόταν στη χρήση Επικοινωνιών Φωνής (Voice Communications). Ο χειριστής του μαχητικού αεροσκάφους, επιπλέον της ασφαλούς

πλοήγησης και των ελιγμών μάχης, επωμιζόταν και το βάρος της ανταλλαγής των πληροφοριών. Η ποιότητα των επικοινωνιών, είτε λόγω του συστήματος αυτού κάθε αυτού (ασυρμάτου) η από την επίδραση εχθρικών παρεμβολών, πολλές φορές ήταν προβληματική με αποτέλεσμα να ζητείται η επανάληψη της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Αυτό σήμαινε απόσπαση της προσοχής του χειριστή, χάσιμο πολύτιμου χρόνου και ενέργειες που ενδεχομένως βασιζόνταν σε αμφίβολες ή λανθασμένα λαμβανόμενες πληροφορίες/ οδηγίες. Το πρόβλημα της ανταλλαγής πληροφοριών με χρήση επικοινωνιών φωνής είναι ακόμη πιο έντονο σε περιπτώσεις δια κλαδικών πολυεθνικών επιχειρήσεων, όπου στην κατανόηση των οδηγιών του Ελεγκτή Αναχαιτίσεως (Intercept Controller: IC) προς τον χειριστή του μαχητικού αεροσκάφους επιδρά σε μεγάλο ποσοστό ο βαθμός γνώσης της Αγγλικής γλώσσας.



Αναζητήθηκε λοιπόν ένας άλλος τρόπος/ μέσο που θα υλοποιούσε την τόσο σημαντική επιχειρησιακά επικοινωνία, παρέχοντας ταυτόχρονα τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Ταχύτητα και ασφάλεια ανταλλασσόμενων πληροφοριών,
- Αντοχή σε παρεμβολές (Jam Resistant),

- Ελαχιστοποίηση παρέμβασης του χρήστη, ελεγκτή ή χειριστή (Minimizing User Intervention),
- Ενσωμάτωση εσωτερικά αποκαλυπτόμενων στόχων με λαμβανόμενους μέσω Τακτικής Ζεύξης Δεδομένων (Integration of Onboard and Offboard Sensor Data),
- Ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των μελών ενός σχηματισμού μαχητικών αεροσκαφών (Fighter-to-Fighter) ταυτόχρονα με την ανταλλαγή με την CU.

Αυτές είναι μερικές από τις τεχνολογικές καινοτομίες που παρέχει ο έλεγχος μαχητικών αεροσκαφών διαμέσου ζεύξεων δεδομένων. Όπως η επιτυχής εφαρμογή όλων των Τεχνολογικών καινοτομιών, έτσι και αυτή εξαρτάται από μια σειρά προϋποθέσεων, με σημαντικότερη αυτή της Διαλειτουργικότητας (Interoperability). Αυτό σημαίνει ότι η ανταλλαγή των πληροφοριών μεταξύ CU και μαχητικών αεροσκαφών εξαρτάται απόλυτα από την ύπαρξη Διαλειτουργικότητας, καθώς και από την συνδυασμένη υλοποίηση από όλες τις μονάδες των Τυποποιημένων Ισχυόντων Μηνυμάτων (Applicable Message Standards). Ακολούθως θα αναλύσουμε τις δύο βασικές και πλέον διαδεδομένες ζεύξεις δεδομένων ελέγχου μαχητικών, Link 4A. Θα δούμε τις διαφορές τους και ποια είναι τα επιχειρησιακά οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν από την χρησιμοποίηση καθενός.

### • **Εναέριος Έλεγχος**

Πριν όμως αναλύσουμε διεξοδικά καθένα από τα δύο προαναφερόμενα TDLs, ας διευκρινίσουμε μερικούς όρους που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην ορολογία της Αναχαιτίσης, ή του Ελέγχου Αεροσκαφών. Εναέριο Έλεγχος (A/C Control) θεωρούμε τη διαδικασία παροχής Κατεύθυνσης (Direction) και Επίγνωσης Κατάστασης (Situational Awareness: SA) σε επανδρωμένα μαχητικά αεροσκάφη. Ο Έλεγχος αυτός μπορεί να ασκείται με χρήση TDLs, φωνής ή συνδυασμού των δύο.

Ο τακτικός έλεγχος αεροσκαφών περιλαμβάνει έλεγχο ενός μόνον αεροσκάφους (Single Aircraft), ενός σμήνους αεροσκαφών (Flight of Aircraft) συνήθως αποτελούμενου από δύο αεροσκάφη (Flight Leader και Wingman), ή ενός Πακέτου Κρούσης (Strike Package) το οποίο αποτελείται από συνδυασμό διαφορετικού ρόλου αεροσκαφών όπως Αναχαιτίσεως, Βομβαρδιστικά, Αναγνώρισης και Ηλεκτρονικού Πολέμου.

Στην συνέχεια θα επικεντρωθούμε στον Ψηφιακό Έλεγχο, ο οποίος παρέχεται από ιπτάμενο ραντάρ προς μαχητικά αεροσκάφη. Η διαδικασία αποκαλείται και Εναέριος Έλεγχος Αναχαίτισης (ΑίΓ Intercept Control: AIC). Ο όρος «Ψηφιακός» χρησιμοποιείται για να υποδείξει τον έλεγχο διαμέσου ΤΟ 1, σε αντιδιαστολή με την παραδοσιακή χρήση επικοινωνιών φωνής.

- **Link 4A**

Το Link 4A παρέχει Ψηφιακές Επικοινωνίες Ζεύξης Δεδομένων μεταξύ Ελεγχόμενων Αεροσκαφών (Controlled Aircraft) και Μονάδων Ελέγχου (CUs). Οι τύποι ελέγχου είναι Έλεγχος Εναέριας Αναχαίτισης (AIC), Έλεγχος Βομβαρδισμού (Strike Control), Αυτόματες Προσγειώσεις σε Αεροπλανοφόρο (Automatic Carrier Landings) και Έλεγχος Εναερίου Κυκλοφορίας (ΑίΓ Traffic Control: ATC).

Από άποψη αρχιτεκτονικής, το Link 4A χρησιμοποιεί πρωτόκολλο Διαταγής και Απόκρισης (Command and Response) σύμφωνα με τον αρχή της Πολυπλεξίας Διαίρεσης Χρόνου (Time Division Multiplexing: TOM). Σκοπός της τελευταίας είναι η δημιουργία Ταυτόχρονων Καναλιών (Simultaneous Channels) από μία συγκεκριμένη ομάδα συχνοτήτων. Διασυνδέει δύο σημεία με την ανάθεση μιας σειράς ξεχωριστών Διαλειμμάτων Χρόνου (Time Intervals) σε κάθε ένα από τα ατομικά κανάλια. Έτσι ένας Ελεγκτής Αναχαίτισης δύναται να ελέγξει περισσότερα του ενός αεροσκάφη ανεξάρτητα, χρησιμοποιώντας την ίδια συχνότητα. Το Link 4A δεν χρησιμοποιεί τερματικό σταθμό όπως το Link 16, αλλά υλοποιεί τις λειτουργίες του με χρήση ενός ασυρμάτου ειδικά σχεδιασμένου για την αποστολή πληροφοριών σε συχνότητες UHF. Δεν έχει δυνατότητες κρυπτογράφησης, με αποτέλεσμα να θεωρείται τρωτό σε περιβάλλον ηλεκτρονικών παρεμβολών.

Στο Link 4A ο έλεγχος μπορεί να είναι μονόδρομος (one-way) ή αμφίδρομος (two-ways). Στην πρώτη περίπτωση το ελεγχόμενο αεροσκάφος μπορεί να επεξεργασθεί όλο το φάσμα μηνυμάτων που στέλνονται από τη Μονάδα Ελέγχου. Τα μηνύματα αυτά εμπεριέχουν Ίχνη (Tracks) απόκαλυπτόμενα από το Ραντάρ της CU, Επαυξημένα Δεδομένα Ίχνων (Amplifying Track Data), Πορείες (Vectors) και Διαταγές Αποστολής (Mission Commands). Τα Ελεγχόμενα Αεροσκάφη όμως δεν μπορούν να στείλουν πληροφορίες στην CU.

Στον αμφίδρομο έλεγχο, υπάρχει πλήρης δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ CU και Ελεγχόμενων Αεροσκαφών. Οι πληροφορίες που αποστέλλει η

CU είναι πανομοιότυπες του προηγούμενου είδους ελέγχου, ενώ τα Ελεγχόμενα Αεροσκάφη μπορούν να αποστείλουν Καταστάσεις Εμπλοκής Όπλων (Weapons Engagement Status), Δεδομένα Θέσης (POsitional Data), Ίχνη και Επαυξημένα Δεδομένα Ίχνων. Σημειώνεται ότι η Ατραπός Επικοινωνίας (Communications Path) μέσω του οποίου αποστέλλονται οι πληροφορίες από την CU προς τα Ελεγχόμενα Αεροσκάφη ονομάζεται Uplink, ενώ στην αντίθετη κατεύθυνση από τα τελευταία προς την CU ονομάζεται Backlink.

Πέραν των Ίχνων, ποιες είναι οι άλλες πληροφορίες που αποστέλλονται προς τα αεροσκάφη και σε τι βοηθούν την πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση ενός στόχου με την εμπλοκή του; Ένα άλλο ερώτημα που μπορεί πολύ εύλογα να θέσει ο αναγνώστης είναι, μόνο τα Αεροσκάφη ωφελούνται από τον Ψηφιακό Έλεγχο; Οι απαντήσεις θα δοθούν με την αναλυτικότερη εξέταση των πληροφοριών που ανταλλάσσονται.

- **ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ:** Αεροσκάφη υπό αμφίδρομο έλεγχο, δύνανται να στείλουν προς την CU πληροφορίες όπως Θέση, Πορεία, Ταχύτητα, Ύψος, Κατάσταση καυσίμου, Φέροντα όπλα και Κατάσταση Εμπλοκών (POsitional Data, Heading, AίΓ Speed, Altitude, Fuel State, Missile Inventory and Engagement Status).

- **ΕΜΠΛΟΚΕΣ:** Η CU μπορεί να στείλει Διαταγές Εμπλοκών (Engagements Orders) σχηματίζοντας ζεύγη (Pairing) μεταξύ των ελεγχόμενων αεροσκαφών και στόχων Δύνανται επίσης να στείλει μια Διαταγή Πορείας (Vector Command) σε συνδυασμό με τη Διαταγή Εμπλοκής, με σκοπό να καθορίσει στο ελεγχόμενο αεροσκάφος τη Μέθοδο Επίθεσης για την εμπλοκή. Παράδειγμα μιας Διαταγής Εμπλοκής είναι το «Destroy», το οποίο σημαίνει «Αναχαίτισε και κατάστρεψε το στόχο που έχει υποδειχθεί». Με τη λήψη της συγκεκριμένης Διαταγής Εμπλοκής από το αεροσκάφος, το σύστημα της Τακτικής Ζεύξης Δεδομένων - Link 4A στην προκειμένη περίπτωση - θα απαντήσει αυτόματα WILCO (Will Comply) αν ο χειριστής δύναται να συμμορφωθεί με την εντολή, ή CANTCO (Cannot Comply) αν δεν μπορεί.

- **ΠΟΡΕΙΕΣ:** Ονομάζονται και Vector Discretes, στέλνονται από την CU προς τα Ελεγχόμενα Αεροσκάφη με σκοπό την παροχή κατεύθυνσης προς ένα συγκεκριμένο στόχο ή ένα σημείο. Μαζί με την

συγκεκριμένη Vector Discrete αποστέλλονται και συγκεκριμένη πορεία, ταχύτητα και ύψος. Παράδειγμα μιας Vector Discrete είναι το «Επέστρεψε στη Βάση (Return to Base: RTB)». Είδαμε πιο πάνω ότι στον αμφίδρομο έλεγχο, τα ελεγχόμενα αεροσκάφη μπορούν να αποστέλλουν στην CU ίχνη αποκαλυπτόμενα με το δικό τους ραντάρ. Τα ίχνη αυτά μπορεί να μην έχουν αποκαλυφθεί από το ραντάρ της CU, της οποίας επαυξάνεται έτσι η Επίγνωση Κατάστασης. Δίδεται έτσι μια αλληλοκάλυψη νεκρών περιοχών αλλά και συμπληρώνεται η Αναγνωρισμένη Αεροπορική Εικόνα(Recognized AίΓ Picture: MP) την οποία αναμένει ο Διοικητής Αεροπορικών Επιχειρήσεων, προκειμένου να λάβει αποφάσεις σχετικά με το ποιοι στόχοι έχουν προτεραιότητα εμπλοκής. .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

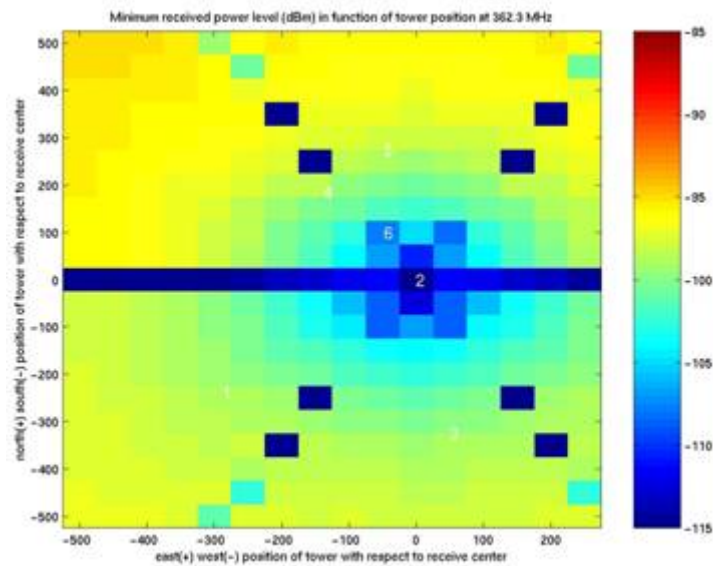
### Γνωμοδότηση

Μερικά θέματα που ερευνώνται τα τελευταία 5 χρόνια

#### **Υπολογισμός της επίδρασης ενός νέου πύργου ελέγχου στις επικοινωνίες αεροπλάνων**

Ο πύργος ελέγχου του αερολιμένα Zaventem είναι εξαιρετικά παλιός (χρονολογώντας από τη δεκαετία του '50). Λόγω της κατασκευής του νέου τερματικού Α η άποψη στον κύριο διάδρομο θα εμποδιστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε μια νέα θέση του πύργου θα απαιτηθεί. Οι βέλτιστες περιοχές θέσης έχουν υπολογιστεί για να ελαχιστοποιήσουν τη μείωση των σημάτων για τις επικοινωνίες μεταξύ των αεροπλάνων και των επίγειων κεραιών, τα οποία βρίσκονται πολύ στη θέση του νέου πύργου, καθώς επίσης και για να ελαχιστοποιήσουν την παρέμβαση από την ισχυρή συσκευή αποστολής σημάτων για τις ground-to-air επικοινωνίες. Αυτή η μελέτη έχει διεξαχθεί χρησιμοποιώντας UTD και λαμβάνοντας υπόψη τη σωστή polygonal μορφή (που συστήνεται σε Belgocontrol) του τελικού πύργου.



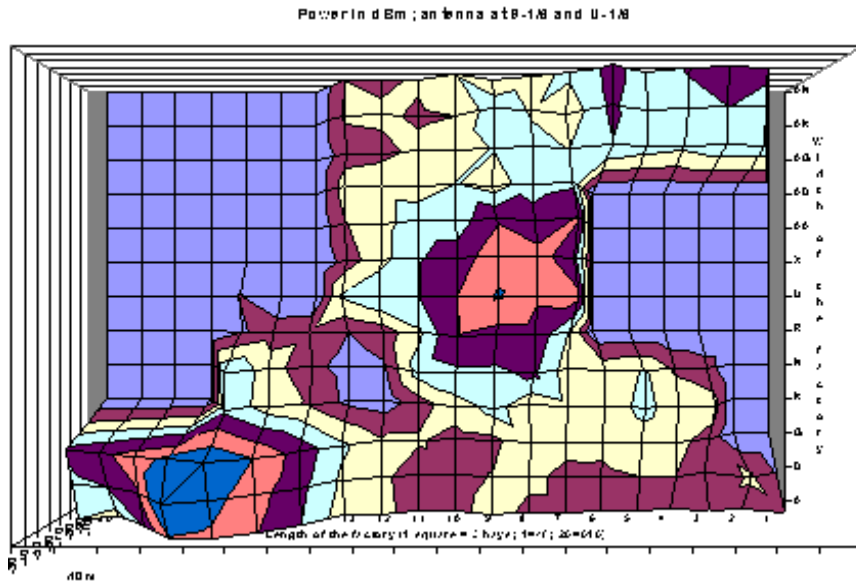


Ελάχιστα λαμβανόμενα επίπεδα δύναμης σύμφωνα με τη θέση του νέου πύργου ATC

### **Βελτίωση των επικοινωνιών σε ένα περιβάλλον εργοστασίου**

Αρχική το 1998, η κάλυψη του συστήματος επικοινωνιών μέσα στο εργοστάσιο OPEL της Αμβέρσας ήταν κάτω του μετρίου. Το μέρος του εργοστασίου όπου οι κόσμιες επικοινωνίες ήταν δυνατές επεκτεινόταν μόνο σε περίπου 57% του εργοστασίου. Γι αυτό, σε συμφωνία με το BIPT, ένας νέος τύπος κεραίας σειράς 4-στοιχείων αναπτύχθηκε και η εγκατάσταση εποπτευόμενος από το τμήμα TELEMIC των K.U.Leuven. Μετά από την εγκατάσταση της κεραίας η κάλυψη αυξήθηκε σε 81%. Επειδή αυτό κρίθηκε ακόμα ανεπαρκές για αυτήν την εφαρμογή, ένας συζευκτήρας σχεδιάστηκε για να ταΐσει μια βοηθητική κεραία, που τοποθετήθηκε στη μόνη προβληματική ζώνη του εργοστασίου. Οι μετρήσεις των λαμβανόμενων δυνάμεων δείχνουν ότι σε αυτό το εξαιρετικά εχθρικό περιβάλλον, πλήρες της απεικόνισης των επιφανειών όπως μεγαλύτερα μέρη αυτοκινήτων, παρουσιάζει κάλυψη 96% ολόκληρου του εργοστασίου.





Μετρημένη κάλυψη (96%) μετά από την εγκατάσταση της βοηθητικής κεραίας.

### **Μέτρηση των ιδιοτήτων αντανάκλασης και μετάδοσης της τυχαίας επιφάνειας στις εσωτερικές συχνότητες επικοινωνίας**

Προκειμένου να είναι σε θέση να επικυρώσει τις υπάρχουσες θεωρίες επίπεδων κυμάτων (Beckmann) καθώς επίσης και τις αρχικές θεωρίες Fresnel που αναπτύχθηκαν για τον αποδοτικό υπολογισμό της μετάδοσης και της αντανάκλασης από τις μεγάλες τυχαίες επιφάνειες, μια εκτενής σειρά εκστρατειών μέτρησης εκτελέστηκε στο τέλος του 1999. Αυτό περιέλαβε τις μετρήσεις τομέων στο επίπεδο που διαμορφώθηκαν, τριγωνικός, ημιτονοειδής και το διαφορετικό είδος 2 τυχαίων πιάτων, για τρία διαφορετικά είδη υλικών (PVC, PE και PMMA). Εκείνες οι μετρήσεις εκτελέστηκαν σε 2,4, 5,2 και 17,2 GHz και έχουν το προβάδισμα σε μια στενή συνεργασία με ένα διαφορετικό τμήμα του πανεπιστημίου του Vigo. Οι συμφωνίες των νέων θεωριών Fresnel με τις μετρήσεις είναι αξιοπρόσεκτες.

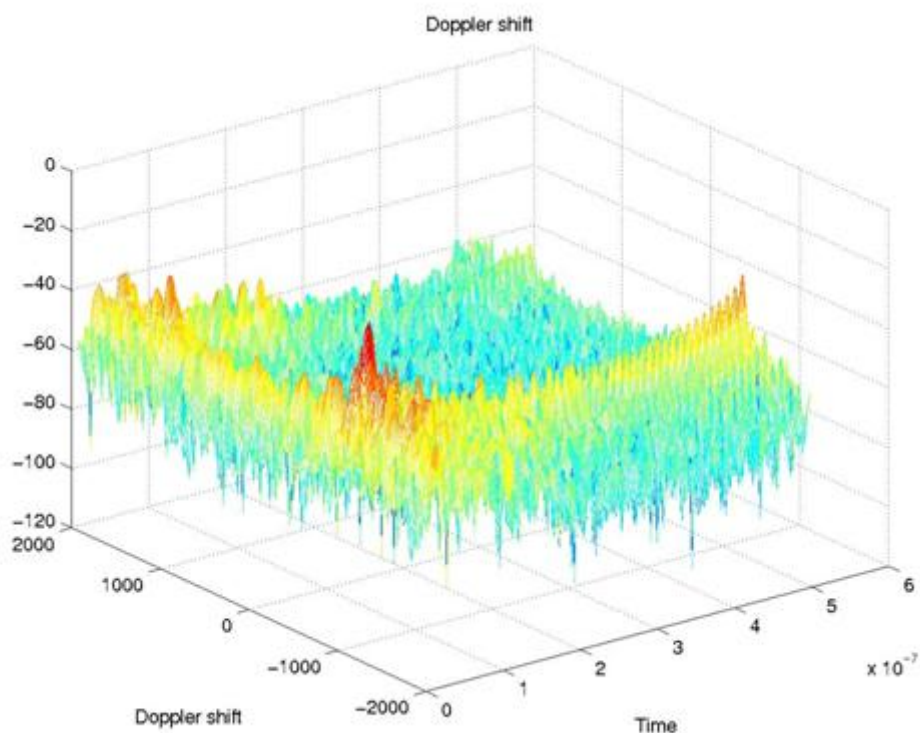
### **Για πολλές χρήσεις ευρυζωνικές δορυφορικές κεραίες**

Για να ελέγξει τα επίπεδα παρέμβασης μέσα στις ζώνες επικοινωνίας από 235-800 και 1190-2690 MHz, η SAIT-Radio της Ολλανδίας προγραμματίζει να προωθήσει έναν δορυφόρο σε συνεργασία με Verhaert, το οποίο ελέγχει όλες τις συχνότητες μεταξύ 235 και 2690 MHz. Ένας συνδυασμός μιας σπειροειδούς κεραίας

και μιας περιοδικής κεραίας έχει υπολογιστεί με τις μεθόδους στιγμής, για να αξιολογήσει τα αποτελέσματα του δορυφόρου στα σχέδια ακτινοβολίας κεραιών και τη σύνθετη αντίσταση. Ένα προκαταρκτικό σχέδιο έχει παρουσιάσει τη δυνατότητα πραγματοποίησης της έννοιας.

### **Παρέμβαση από την ακτινοβολία κυκλοφορίας στους δέκτες ATC**

Σε συνεργασία με το Nayer Instituut, οι μετρήσεις στα αυτοκίνητα έχουν εκτελεστεί για να ελέγξουν τη χρησιμότητα των επιπέδων ακτινοβολίας των οδηγίων EMC. Πιο συγκεκριμένα, η ακτινοβολία των κακών εξοπλισμών χρηστών όπως τα unscreened βουλώματα σπινθήρων των μοτοσικλετών και των αυτοκινήτων στις αέρος-εδάφους συχνότητες επικοινωνίας έχει ελεγχθεί πειραματικά. Εκείνες οι τιμές έχουν χρησιμοποιηθεί για να μιμηθούν την επιρροή ενός νέου δρόμου που κατασκευάζεται κοντά στις λαμβάνουσες κεραιές στην ποιότητα των αέρος-εδάφους επικοινωνιών. Στο μεταξύ, οι μετρήσεις έχουν καθορίσει την πραγματική επίδραση των διαταραχών στους δέκτες εναέριων συγκοινωνιών. Αυτή η εργασία θα συνεχιστεί από τη σύγκριση και το σχέδιο του διαφορετικού είδους μεθόδων διαλογής για να προστατεύει τις κεραιές χωρίς μείωση των σημάτων από τα αεροπλάνα.



Θ\*Doppler-καθυστέρηση σχεδιάγραμμα σε ένα γκαράζ υπόγειου στάθμευσης

## **Ανάπτυξη ενός παθητικού εσωτερικού συστήματος βελτίωσης επικοινωνίας για τις ζώνες ζεύξεων και GSM**

Για να βελτιώσει ουσιαστικά τις επικοινωνίες ζεύξεων (της έκτακτης ανάγκης, της ασφάλειας και του τεχνικού προσωπικού του K.U.Leuven) εσωτερικού μερικά κτίρια στο κέντρο της πόλης Λουβαίν που βρέθηκε μακριά από το σταθμό συσκευών αποστολής σημάτων και που προστατεύθηκε από την έκταση, ένα απολύτως παθητικό σύστημα σχεδιάστηκαν. Αποτελούνταν από μια ευρυζωνική κατευθυντική κεραία στεγών και μια ευρυζωνική πανκατευθυντική εσωτερική κεραία, που συνδέθηκε μαζί με ένα χαμηλό καλώδιο απώλειας. Η κεραία στεγών ήταν ένα 380 μΧζ-2000 MHz 10 περιοδική κεραία κέρδους dbi, και η εσωτερική κεραία ήταν μια fractal κεραία, που αντιστοιχίστηκε ένα φίλτρο 3 πόλων.

Οι προσομοιώσεις έγιναν με το πρόγραμμα διάδοσης PO καθώς επίσης και με EZNEC για τις κεραίες. Το σύστημα εξετάστηκε και με έναν αναλυτή φάσματος και με τις πραγματικές επικοινωνίες GSM (σε 900 MHz) μεταξύ του πύργου κουδουνιών και του υπογείου της ιστορικής βιβλιοθήκης του K.U.Leuven.

### **Ερωτήσεις**

#### **1. Υπάρχει πρόβλημα με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις κεραίες των ραντάρ;**

Μια κεραία ραντάρ σίγουρα εκπέμπει σημαντικές ποσότητες ακτινοβολίας.

Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί κανόνες και νόρμες, που εφαρμόζονται παγκοσμίως. Με ειδικούς τύπους που λαμβάνουν υπόψη όλες τις παραμέτρους υπολογίζονται η ελάχιστη απόσταση της κεραίας από μόνιμες κατοικίες, το ελάχιστο ύψος του βάρους πάνω στο οποίο τοποθετείται η κεραία, κ.ά. Αυτό είναι και το αντικείμενο συγκεκριμένης μελέτης που εκπονείται σε κάθε περίπτωση. Πέρα από αυτό, οι κάτοικοι των περιοχών που είχαν αντιρρήσεις δεν είναι δυστυχώς οι μοναδικοί στο κόσμο που κατοικούν κοντά στο αεροδρόμιο. Το πιο βασικό όμως είναι άλλο: το θέμα που δημιουργήθηκε με την καθυστέρηση στην τοποθέτηση των ραντάρ προσέγγισης στη Μίκρα

**2. Αν χαθούν τα ίχνη ενός αεροσκάφους, μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια των ραντάρ το σημείο όπου έχει συντριβεί;**

Τα στοιχεία ή, όπως λέγεται, η εικόνα που στέλνουν τα ραντάρ καταγράφεται σε ειδικές ταινίες και για ένα μήνα για νομικούς λόγους. Από αυτές τις ταινίες μπορούν οι ειδικοί να σημειώσουν την τελευταία γνωστή θέση του μπλιπ (δηλαδή του ίχνους του αεροσκάφους) και εικάζουν ότι το εξαφανισθέν αεροσκάφος έχει καταπέσει κάπου εκεί κοντά. Το πόσο κοντά όμως εξαρτάται από το ύψος του αεροσκάφους την τελευταία χρονική στιγμή, από τη θέση του και από το ανάγλυφο της περιοχής. Αν η θέση του είναι δίπλα σε μια τυφλή περιοχή του ραντάρ, μπορεί η στιγμή κατά την οποία χάνεται από την εικόνα να μην είναι και η στιγμή της πτώσης.

**3. Υπάρχουν συσκευές που διευκολύνουν τον εντοπισμό ενός αεροσκάφους που έχει προσκρούσει στο έδαφος;**

Όλα τα αεροσκάφη γενικής και πολιτικής αεροπορίας των περισσότερων κρατών οφείλουν να είναι εξοπλισμένα με τον (άθραυστο) πομπό εντοπισμού έκτακτης ανάγκης (ELT: Emergency Locator Transmitter). Ο πομπός αυτός, όταν η επιβράδυνση που δεχτεί υπερβεί ένα συγκεκριμένο όριο – ικανό να διαχωρίσει μια πρόσκρουση από μια, έστω και «άτσαλη», προσγείωση -, εκπέμπει για κάποιες ώρες ένα σήμα στην παγκόσμια συχνότητα κινδύνου (121,5 MHz). Η συχνότητα αυτή παρακολουθείται από τα περισσότερα αεροσκάφη, από όλες τις μονάδες ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, ακόμη και από δορυφόρους και βοηθά τα σωστικά συνεργεία να εντοπίσουν σε μικρό χρονικό διάστημα το σημείο πρόσκρουσης.

### **Συμπεράσματα**

Από την παραπάνω περιγραφή με την οποία ασχοληθήκαμε στην εργασία μας συμπεραίνουμε ότι οι ασύρματες επικοινωνίες είναι πολύ σημαντικές για την επικοινωνία των αεροπλάνων αλλά και γενικά με τα ραντάρ για τη προστασία του κράτους από εχθρικές εισβολές ξένων κρατών.

## Εφαρμογές

Μερικές σπουδαίες εφαρμογές του ραντάρ όπως είναι τα μεγάλης ακτίνας δράσεως προειδοποιητικά ραντάρ για αμυντική υπεράσπιση και τα μεγαλύτερης ακτίνας δράσεως ραντάρ ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, κάνουν χρήση της μεσαίας ακτίνας δράσεως ραντάρ έρευνας (εμβέλεια 150-250 χιλιόμετρα), τα πρώτα για τον έλεγχο των αμυντικών όπλων, όπως είναι τα πολεμικά αεροσκάφη και τα αντιαεροπορικά κατευθυνόμενα βλήματα και τα δεύτερα για την προσέγγιση στο αεροδρόμιο και τις φάσεις τελικού ελέγχου.

Ακόμη μικρότερα ραντάρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τοπικό εναέριο έλεγχο δηλαδή για τον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας μέσα σε λίγα χιλιόμετρα γύρω από το αεροδρόμιο. Το ραντάρ έρευνας χρησιμοποιείται ραντάρ πάνω στα πλοία για αεράμυνα και για ναυσιπλοΐα σε περίπτωση μικρής ορατότητας. Η χρήση του από εμπορικά πλοία για τον τελευταίο σκοπό δεν είναι πολύ εφικτή γιατί είναι πολύ δαπανηρό.

Τα ραντάρ ανιχνεύσεως είναι καταπληκτικά για τέτοιες λειτουργίες όπως ο έλεγχος και η καθοδήγηση των αντιαεροπορικών όπλων και για εξερεύνηση του διαστήματος.

Το ραντάρ που φέρεται μέσα σε αεροπλάνο έχει πολλές χρήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολεμικά αεροσκάφη για να προσδιορίζουν και παρεμποδίζουν τα εχθρικά αεροσκάφη.

Ένας τύπος ραντάρ επιβλέψεως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σχεδιάσουμε ένα χάρτη του εδάφους επάνω από το οποίο πετά το αεροσκάφος έτσι ώστε να μπορεί να προσδιορίσει στόχους επάνω στο έδαφος.

Ένας άλλος παρόμοιος τύπος ραντάρ που είναι γνωστός σαν ραντάρ προειδοποιήσεως «σύννεφων και συγκρούσεων» μπορεί να ανιχνεύσει την παρουσία υψηλού εδάφους ή σφοδρών καταιγίδων μπροστά από το αεροσκάφος με αποτέλεσμα με τον τρόπο αυτό να γίνεται πτήση περισσότερο ασφαλή.

Τα φορητά ραντάρ χρησιμοποιούνται από στρατεύματα εδάφους για να προσδιορίζουν κινούμενα οχήματα ακόμη και ανθρώπους σε ακτίνα δράσεως δύο ή τριών χιλιομέτρων. Για να ξεχωρίζουν τα κινούμενα αντικείμενα από το μεγάλο αριθμό των ακίνητων αντικειμένων που τείνουν να περιπλέξουν την εικόνα του ραντάρ μεταχειριζόμαστε την αρχή του φαινομένου Doppler. Ένας παρόμοιος τύπος

ραντάρ χρησιμοποιείται επίσης από την για να επισημάνει αυτοκινητιστές που τρέχουν γρήγορα. Αυτό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν περιμετρική «υπεράσπιση» θα μπορούσαμε να πούμε για να ανιχνεύει τις παράνομες εισόδους ή εξόδους από μια ελεγχόμενη περιοχή όπως είναι μια φυλακή.

Το ραντάρ έχει εφαρμογές στην τοπογραφική αποτύπωση ειδικά σε σχηματισμούς εδάφους όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη. Μια συσκευή γνωστή σαν «ραντάρ τελλουρόμετρο» είναι στην πραγματικότητα ένας τύπος οργάνου που μετρά την απόσταση. Μια χρήση του ραντάρ στη μετεωρολογία είναι για τον προσδιορισμό των καταιγίδων. Αυτό είναι σπουδαίο κυρίως γιατί ανιχνεύει και προειδοποιεί για την ύπαρξη και κίνηση των τροπικών καταιγίδων.

Η χρήση του ραντάρ ανιχνεύσεως που παρακολουθεί μετεωρολογικά ατμοσφαιρικά ηχοβαλιστικά αερόστατα, επιτρέπει να μετρήσουμε την ταχύτητα του ανέμου στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα.

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



## ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ

Γενική Διεύθυνση Έρευνας-Διεύθυνση Α

**STOA** – Αξιολόγηση επιστημονικών και τεχνικών επιλογών

**Συνοπτική παρουσίαση επιλογών και Διοικητική σύνοψη**

PE αριθ. 297.568

Δεκέμβριος 2001

### **ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗΣ** **ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΕ**

#### **ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΠΙΛΟΓΩΝ**

Η πολιτική αεροπορία συνίσταται σε ένα περίπλοκο σύστημα: μεταφορείς, φορείς ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, διαχείριση ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, βιομηχανία κατασκευής αεροσκαφών, συνεργεία συντήρησης, εθνικές αρχές αεροπορίας, διεθνείς οργανισμοί και αεροδρόμια πρέπει να εργάζονται άκρως συντονισμένα για να διασφαλιστεί ένα ασφαλές, ταχύ και αποδοτικό ως προς το κόστος αεροπορικό σύστημα.

Αλλά και στη στρατιωτική αεροπορία αντιμετωπίζονται διάφορες δυσκολίες, καθώς χρησιμοποιείται ευρύ φάσμα διαφορετικών αεροσκαφών, από τα μεγάλα μεταγωγικά αεροσκάφη, τα αεροσκάφη επίθεσης εδάφους μεγάλου και μικρού ύψους, τα μαχητικά και τα εκπαιδευτικά αεροσκάφη, ως τα ελικόπτερα και τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη. Τα αεροσκάφη αυτά πρέπει να λειτουργούν σε κάθε είδους εναέριο χώρο και χαρακτηρίζονται από ειδικές απαιτήσεις ως προς τον εναέριο χώρο, πέρα από τη γενική χρήση του τελευταίου (όπως πτήση σε μικρό ύψος, ανεφοδιασμός με καύσιμα εν πτήση και εκπαίδευση στις αερομαχίες).

Ο χαρακτήρας του σχεδιασμού του ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ΕΕΚ) στον ευρωπαϊκό χώρο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τρεις σημαντικούς παράγοντες: το μεγάλο γεωγραφικό εύρος της περιοχής, τη διαφοροποίησή της και το πλήθος των διακυβερνητικών οργανισμών που εμπλέκονται σε διάφορες πτυχές του σχεδιασμού σε μία κάθε άλλο παρά πλήρη περιφερειακή βάση.

Η συλλογή στοιχείων και απόψεων από διάφορες πηγές έχει ως στόχο να διαμορφώσει μια σαφή εικόνα της κατάστασης για τους οργανισμούς που συμμετέχουν σήμερα στον ΕΕΚ πάνω από την Ευρώπη. Οι πληροφορίες που συλλέγονται θα δείξουν επίσης, ευελπιστούμε, τις δυσκολίες που υπάρχουν όσον αφορά τις αλλαγές που

απαιτούνται για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της απόδοσης στον τομέα της διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας (ΔΕΚ), συμπεριλαμβανομένης και της μεταβατικής περιόδου. Ο ρόλος της διαχείρισης του εναέριου χώρου είναι η κατανομή αυτού του πόρου στους χρήστες κατά τρόπον ώστε ο καθένας να λάβει ένα αρκετά μεγάλο μερίδιο για να μπορέσει να εκπληρώσει τα καθήκοντά του και να επιτύχει οικονομική άνθηση.

Η απρόβλεπτη αύξηση των αεροπορικών μεταφορών έχει ήδη προκαλέσει σοβαρά προβλήματα: συνωστισμό στα αεροδρόμια, υπερφορτωμένα συστήματα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ΣΕΕΚ), καθυστερήσεις και, τέλος, υποβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται στους επιβάτες των αεροπορικών εταιρειών.

Οι όροι «επικοινωνία, αεροπλοΐα και επιτήρηση / διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας» (ΕΑΕ/ΔΕΚ) περιγράφουν τις τεχνικές έννοιες, καθώς και την υλοποίηση της υποδομής που απαιτείται για την παροχή υπηρεσιών αεροναυτιλίας. Οι όροι αυτοί καλύπτουν και μελλοντικές έννοιες, όπως τις ψηφιακές ζεύξεις δεδομένων για τη μετάδοση επιχειρησιακών στοιχείων, την έννοια της αυτόματης εξαρτημένης επιτήρησης (ADS) και την πλοήγηση με τη βοήθεια δορυφόρου, καθώς και το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GNSS). Ο νέος εξοπλισμός ΕΑΕ που χρησιμοποιεί διαστημική πλοήγηση (GNSS) και διαστημικές επικοινωνίες (SATCOM) επιτρέπει τη διαρκή και δυναμικά απρόσκοπτη πτήση αεροσκαφών σε ολόκληρο τον κόσμο. Το σύστημα αυτό, σε συνδυασμό με ένα παγκόσμιο δίκτυο επικοινωνιών, μπορεί να προσφέρει νέες δυνατότητες στον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας, τη λειτουργία των αερογραμμών και τις υπηρεσίες επιβατών, ούτως ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της ΔΕΚ.

*Έλεγχος της πολιτικής και στρατιωτικής εναέριας κυκλοφορίας στην ΕΕ*



Το μελλοντικό σύστημα εναέριας κυκλοφορίας (FANS) είναι η μοναδική τόσο σύνθετη και μεγάλης εμβέλειας πρωτοβουλία που έχει αναληφθεί ποτέ στην ιστορία της πολιτικής αεροπορίας. Η παγκόσμια αεροπορική κοινότητα έχει ηθική υποχρέωση να κάνει ό,τι είναι ανθρωπίνως δυνατόν για να διασφαλίσει την ασφάλεια και την αποδοτική ανάπτυξη της διεθνούς πολιτικής αεροπορίας.

Η αξιοπιστία της αναδιοργάνωσης της ΔΕΚ στην Ευρώπη εξαρτάται από τη συμμετοχή των στρατιωτικών αρχών στον καθορισμό και την υλοποίηση του ρυθμιστικού πλαισίου, το οποίο, προς όφελος όλων των χρηστών, πρέπει να χαρακτηρίζεται από προβλεψιμότητα, σαφήνεια και διαφάνεια. Η προσπάθεια αυτή θα καταστήσει δυνατή την υλοποίηση μιας περισσότερο ολοκληρωμένης διαχείρισης του εναέριου χώρου, χωρίς τους περιορισμούς που θέτουν τα εθνικά σύνορα, με στόχο τη μεγιστοποίηση της χωρητικότητας μέσα από πρωτοβουλίες όπως η «ευέλικτη χρήση του εναέριου χώρου», μια εναρμόνιση των κατηγοριών του εναέριου χώρου και η ελεύθερη δρομολόγηση, που θα ξεκινά από τον ανώτερο εναέριο χώρο, πάνω από ένα ορισμένο ύψος, και στη συνέχεια θα επεκτείνεται κατά στάδια με στόχο τη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας. Ο όρος «ευέλικτη» συνεπάγεται τον διαχωρισμό των πολιτικών και των στρατιωτικών συστημάτων ΔΕΚ και των διαδικασιών ελέγχου, με βάση ειδικές περιστάσεις ή κανονικές συνθήκες.

### Επιλογές

α.) Πρέπει να ιδρυθεί ένας νέος οργανισμός στο πλαίσιο του κοινοτικού συστήματος. Ο οργανισμός αυτός πρέπει να έχει το δικαίωμα να βασίζεται στην εμπειρογνωμοσύνη του και να πραγματοποιεί προπαρασκευαστικές εργασίες σε όλους τους τομείς που καλύπτονται από τον ιδρυτικό κανονισμό του. Συνεπώς, θα μπορεί να αναπτύσσει διεθνή συνεργασία και ερευνητικές δραστηριότητες όπου απαιτείται. Σε όλα αυτά τα πεδία ο οργανισμός θα πρέπει να έχει το δικαίωμα να διατυπώνει συστάσεις ή γνωμοδοτήσεις.

β.) Η εισαγωγή ενός συστήματος τιμολόγησης το οποίο θα παρέχει κίνητρα για υψηλή απόδοση συνεπάγεται βεβαίως οικονομικές νομοθετικές ρυθμίσεις· παράλληλα απαιτούνται νομοθετικές ρυθμίσεις σχετικά με τον εναέριο χώρο και τα πρότυπα προκειμένου να διασφαλιστεί η ανάπτυξη ενός ενιαίου συστήματος για την Ευρώπη. Αυτό οδηγεί σε μια περαιτέρω εξέλιξη, τη θέσπιση δηλ. ενός ενιαίου κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου.

γ.) Η Ευρώπη χρειάζεται εναρμονισμένες υπηρεσίες εναέριας κυκλοφορίας με καλή διαχείριση, οι οποίες να λειτουργούν ως ενιαία οντότητα. Εδώ χρειάζεται μια ολοκληρωμένη στρατηγική ΔΕΚ «από έξοδο σε έξοδο», η οποία θα διαμορφώσει το πλαίσιο για τη μελλοντική ανάπτυξη. Η στρατηγική αυτή πρέπει να αποτελεί συνέχεια της στρατηγικής πορείας της Ευρωπαϊκής Συνδιάσκεψης Πολιτικής Αεροπορίας (ΕΣΠΑ) (καρπός της οποίας ήταν η δημιουργία του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Εναρμόνισης και Ολοκλήρωσης του Ελέγχου της Εναέριας Κυκλοφορίας (EATCHIP)) καθώς και της στρατηγικής αεροδρομίων. Κάτι τέτοιο προβλέπεται στα πλαίσια της στρατηγικής ΔΕΚ για το 2000+.

Η σημαντική εξοικονόμηση από τις αεροπορικές εταιρείες καυσίμων και χρόνου θα έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας, χωρητικότητας και απόδοσης, τα οποία θα στηρίξουν για πολλά χρόνια την προβλεπόμενη ανάπτυξη του συστήματος εναέριων μεταφορών. Αυτή η συνολική προσπάθεια αναμένεται να αποδώσει σημαντικά οφέλη σε όλους τους ενδιαφερομένους – αεροπορικές εταιρείες, κέντρα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ΚΕΕΚ) και επιβατικό κοινό.

δ.) Η έννοια του διαχωρισμού της παροχής υπηρεσιών και του ρυθμιστικού έργου στον τομέα ΔΕΚ πρέπει να εξεταστεί από κάθε κράτος χωριστά. Ωστόσο, η δυνατότητα εφαρμογής αυτής της αρχής δεν μπορεί να περιοριστεί μόνο σε εθνικό επίπεδο. Επομένως, εδώ υπάρχει ένα ευρύτατο πεδίο ανάπτυξης με τη συμβολή διεθνών οργανισμών όπως ο Ευρωπαϊκός οργανισμός για τον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας (Eurocontrol), ο Σύνδεσμος Αρχών Πολιτικής Αεροπορίας (JAA), η προτεινόμενη Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Ασφαλείας της Αεροπορίας (EASA), καθώς και τυχόν νέοι οργανισμοί που θα ιδρυθούν.

Είναι απαραίτητο να παραδεχτούμε ότι τα ευρωπαϊκά κράτη παρουσιάζουν διαφορετικούς ρυθμούς προόδου στην πορεία προς ένα σύστημα ΔΕΚ περισσότερο προσανατολισμένο στην αγορά. Σημαντικές αλλαγές στον Eurocontrol μπορούν να επιτευχθούν μόνο με τη χρήση μιας σταδιακής, εξελικτικής προσέγγισης. Είναι ζωτικής σημασίας για τους πολίτες της ΕΚ και για την αξιοπιστία των ευρωπαϊκών αρχών να ξεκινήσει τώρα αυτή η αλλαγή και να μη χαθεί άλλος χρόνος.

ε.) Ο JAA θα συνεχίσει το έργο του με στόχο να καταστεί ο πυρήνας μιας νέας Ευρωπαϊκής Αρχής Ασφαλείας της Αεροπορίας, ένας ισχυρός οργανισμός ο οποίος θα δρομολογήσει μια επιτυχή πορεία για την αεροπορική κοινότητα σε όλους

τους τομείς στους οποίους επίκεινται σημαντικές μεταβολές.

#### Συμπεράσματα

Μπορεί κανείς να διακρίνει πολλά οφέλη τα οποία μπορεί να αποφέρει η υλοποίηση των προαναφερομένων αλλαγών στα στοιχεία ΕΑΕ / ΔΕΚ. Οι λειτουργίες και τα συστήματα που απαιτούνται για να επιτύχουμε αυτά τα οφέλη είναι διαθέσιμα ή χρησιμοποιούνται ήδη σε διάφορα μέρη του κόσμου. Τα οφέλη είναι κυρίως οικονομικά, αλλά οι λειτουργίες και τα στοιχεία εκείνα που προσφέρουν αυτά τα οφέλη συχνά συμβάλλουν και στην αύξηση της ασφάλειας της αεροπορίας. Αυτό πρέπει να θεωρηθεί επιπλέον όφελος, έστω κι αν δεν μπορεί να κοστολογηθεί, δεν υπάρχουν δηλ. σχετικά δημοσιονομικά αριθμητικά στοιχεία. Τα οφέλη κατανομούνται σε πέντε κατηγορίες:

- 1) υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας,
- 2) μεγαλύτερη οικονομία στις πτήσεις,
- 3) μικρότερες καθυστερήσεις,
- 4) μεγαλύτερη χωρητικότητα του εναέριου χώρου, και
- 5) μεγαλύτερη παραγωγικότητα των ελεγκτών.

#### **ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΣΥΝΟΨΗ**

##### **Εισαγωγή**

Η πολιτική αεροπορία συνίσταται σε ένα περίπλοκο σύστημα: μεταφορές, φορείς ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, διαχείριση ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, βιομηχανία κατασκευής αεροσκαφών, συνεργεία συντήρησης, εθνικές αρχές αεροπορίας, διεθνείς οργανισμοί και αεροδρόμια πρέπει να εργάζονται άκρως συντονισμένα για να διασφαλίζεται ένα ασφαλές, ταχύ και αποδοτικό ως προς το κόστος αεροπορικό σύστημα.

Ο χαρακτήρας του σχεδιασμού του ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ΕΕΚ) στον ευρωπαϊκό χώρο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τρεις σημαντικούς παράγοντες: το μεγάλο γεωγραφικό εύρος της περιοχής, τη διαφοροποίησή της και το πλήθος των διακυβερνητικών οργανισμών που εμπλέκονται σε διάφορες πτυχές του σχεδιασμού σε μία κάθε άλλο παρά πλήρη περιφερειακή βάση.

Η ιστορία της ανάπτυξης της αεροναυτικής δείχνει ότι υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της

πολιτικής και της στρατιωτικής αεροναυτικής. Ένας από τους τομείς που διαθέτουν τεράστιες δυνατότητες βελτίωσης είναι ο ΕΕΚ και μία από τις γεωγραφικές περιοχές με εξαιρετικά μεγάλες δυνατότητες είναι η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

Η αεροπορία έχει σημειώσει μακράν την πιο ταχεία ανάπτυξη απ' όλα τα μέσα μεταφοράς τα τελευταία είκοσι χρόνια στην ΕΕ. Η κυκλοφορία αυξάνεται κατά 7,4% - κατά μέσον όρο - ετησίως, σε επιβάτες ανά χιλιόμετρο. Η εναέρια κυκλοφορία στα αεροδρόμια των Δεκαπέντε πενταπλασιάστηκε από το 1970 μέχρι σήμερα.

#### Ο έλεγχος της εναέριας κυκλοφορίας και οι δυσκολίες που παρουσιάζει

Ο ρόλος της διαχείρισης του εναέριου χώρου είναι η κατανομή αυτού του πόρου στους χρήστες κατά τρόπον ώστε ο καθένας να λάβει ένα αρκετά μεγάλο μερίδιο για να μπορέσει να εκπληρώσει τα καθήκοντά του και να επιτύχει οικονομική άνθηση. Η κρίση στο Κοσσυφοπέδιο έδειξε για μια ακόμα φορά ότι με τις τρέχουσες ρυθμίσεις δεν μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τις κρίσεις, αλλά και γενικότερα οποιεσδήποτε άλλες δύσκολες καταστάσεις. Η απρόβλεπτη αύξηση των αεροπορικών μεταφορών έχει ήδη προκαλέσει σοβαρά προβλήματα: συνωστισμό στα αεροδρόμια, υπερφορτωμένα συστήματα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ΣΕΕΚ), καθυστερήσεις και, τέλος, υποβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται στους επιβάτες των αεροπορικών εταιρειών.

Σύμφωνα με το ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 19<sup>ης</sup> Ιουλίου 1999 σχετικά με την κατάσταση όσον αφορά τις καθυστερήσεις στην εναέρια κυκλοφορία στην Ευρώπη, η ενιαία ευρωπαϊκή αγορά χρειάζεται ένα σύστημα εναέριων μεταφορών το οποίο να λειτουργεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο, διασφαλίζοντας την κινητικότητα των πολιτών. Η εν λόγω κινητικότητα είναι απαραίτητη για την οικονομική ανταγωνιστικότητα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Ένα αξιόπιστο και αποδοτικό σύστημα εναέριων μεταφορών συμβάλλει στην ευημερία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και των πολιτών της.

#### Μελλοντικές πτυχές των εναέριων μεταφορών μέσω διαφόρων διεθνών προγραμμάτων ΕΕΚ

Ορισμένες πτυχές του σχεδιασμού της εφαρμογής του ΕΕΚ επιτυγχάνονται σήμερα σε μεγάλο βαθμό μέσω περιφερειακών οργανισμών όπως η Ευρωπαϊκή Συνδιάσκεψη Πολιτικής Αεροπορίας (ΕΣΠΑ) και ο Eurocontrol, μέσω π.χ. του προγράμματος εναρμόνισης και



ολοκλήρωσης EATCHIP, στο οποίο συμμετέχουν τα περισσότερα από τα συμβαλλόμενα κράτη της Διεθνούς Οργάνωσης Πολιτικής Αεροπορίας (ΔΟΠΑ) που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της Ευρώπης. Στο ανατολικό τμήμα της Ευρώπης, και κυρίως στα νέα συμβαλλόμενα κράτη, η ΔΟΠΑ, μέσω του προγράμματος διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας του Eurocontrol (EANPG), θα εξακολουθήσει να συμμετέχει σε πλήρη περιφερειακή βάση συνδράμοντας τα κράτη στην εκπλήρωση των σχετικών αρμοδιοτήτων τους. Η ΔΟΠΑ και το EANPG εξακολουθούν να έχουν την ευθύνη για την εξασφάλιση της συμμόρφωσης αυτών των πρωτοβουλιών προς το περιφερειακό πρόγραμμα αεροναυτιλίας (ΠΠΑ) ολόκληρης της περιοχής.

#### Ασφάλεια της αεροπορίας

Η ασφάλεια της αεροπορίας αποτελεί τη θεμελιώδη κατευθυντήρια γραμμή για όλες τις αεροπορικές αρχές, καθώς και για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη του κλάδου της αεροπορίας. Οι εναέριας μεταφορές θα παραμείνουν στο προσεχές μέλλον το πιο ασφαλές μεταφορικό μέσο. Για να εξασφαλιστεί αυτό πρέπει να πληρούνται δύο βασικές προϋποθέσεις:

- Η πρώτη είναι η συνεπής εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο των προτύπων και συνιστώμενων πρακτικών της ΔΟΠΑ, καθώς το επίπεδο ασφαλείας της αεροπορίας συνδέεται, και θα συνδέεται πάντα, άμεσα με τον βαθμό εφαρμογής αυτών των προτύπων.
- Η εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο συστημάτων ΕΑΕ/ΔΕΚ, η οποία προϋποθέτει την ενσωμάτωση τεχνολογιών δορυφόρων και πληροφορικής στα συστήματα επικοινωνίας, αεροπλοΐας και επιτήρησης, καθώς και διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας, είναι η δεύτερη ουσιαστική προϋπόθεση για την ασφαλή και μεθοδική ανάπτυξη της πολιτικής αεροπορίας τον 21<sup>ο</sup> αιώνα.

#### Ασφάλεια της αεροπορίας και νέες τεχνολογίες

Η υλοποίηση των συστημάτων ΕΑΕ/ΔΕΚ που βασίζονται κυρίως σε δορυφόρους θα επιτρέψει σε περισσότερα αεροσκάφη να πετούν με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα σε δεδομένο εναέριο χώρο. Ο στόχος της παγκόσμιας αεροπορικής κοινότητας δεν είναι παρά ένα σύστημα το οποίο θα δίνει στους χειριστές των

αεροσκαφών την ελευθερία να επιλέγουν το σχέδιο πτήσης της προτίμησής τους με ελάχιστους περιορισμούς, με παράλληλη διατήρηση, ή και αύξηση, των σημερινών επιπέδων ασφαλείας.

Το «μελλοντικό σύστημα εναέριας κυκλοφορίας» (FANS) είναι η μοναδική τόσο σύνθετη και μεγάλης εμβέλειας πρωτοβουλία που έχει αναληφθεί ποτέ στην ιστορία της πολιτικής αεροπορίας. Η παγκόσμια αεροπορική κοινότητα έχει ηθική υποχρέωση να κάνει ό,τι είναι ανθρωπίνως δυνατόν για να διασφαλίσει την ασφάλεια και την αποδοτική ανάπτυξη της διεθνούς πολιτικής αεροπορίας. Όλοι πρέπει να πιστεύουν πραγματικά ότι όλα τα ενεχόμενα μέρη είναι απολύτως αφοσιωμένα στην ασφάλεια της αεροπορίας και σε ένα εναρμονισμένο παγκόσμιο σύστημα εναέριας μεταφορών.

#### Καθυστερήσεις στην εναέρια κυκλοφορία

Οι καθυστερήσεις έχουν δημοσιονομικές και οικονομικές επιπτώσεις για τις αεροπορικές εταιρείες, τους πελάτες τους, καθώς και την κοινότητα. Οι αεροπορικές εταιρείες επωμίζονται επιπλέον δαπάνες για τον στόλο, καθώς και για το ιπτάμενο προσωπικό και το προσωπικό εδάφους, καθώς λόγω των καθυστερήσεων οι αεροπορικές εταιρείες δεν λειτουργούν υπό βέλτιστες συνθήκες. Επίσης, υποχρεούνται να αποζημιώνουν τους επιβάτες για την ταλαιπωρία που υφίστανται και να αποφεύγουν τις ζημιές. Επιπλέον, ανάλογα με τις παρεχόμενες υπηρεσίες, οι αεροπορικές εταιρείες επιβαρύνονται ενδεχομένως με ειδικές δαπάνες (σχετικές π.χ. με κεντρικές δραστηριότητες).

#### Αποφάσεις και κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τον κλάδο της αεροπορίας

Από το 1989 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και οι Υπουργοί Μεταφορών των ευρωπαϊκών κρατών έχουν αποφασίσει να εισηγηθούν την ενεργό συμμετοχή όλων των κρατών μελών στον Eurocontrol, ως ένδειξη της βούλησής τους να επιλύσουν τα προβλήματα ΔΕΚ (Ψήφισμα 89/C 189/02 του Συμβουλίου της 18<sup>ης</sup> Ιουλίου 1989).

Στις 16 Ιουλίου 1998 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο εξέδωσε απόφαση με την οποία εξουσιοδοτούσε την Επιτροπή να ξεκινήσει διαπραγματεύσεις με τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Κοινότητας με στόχο τη σύναψη συμφωνίας για την ίδρυση μιας Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Ασφαλείας της Αεροπορίας (EASA), η οποία θα έχει τη νομική μορφή διεθνούς οργανισμού.

Πολιτική / στρατιωτική συνεργασία

Η αποδοτική διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας δεν νοείται χωρίς τη στενή συνεργασία των πολιτικών και των στρατιωτικών συνιστωσών. Είναι καιρός να συνενώσουμε την πολιτική και τη στρατιωτική εμπειρογνωμοσύνη και τις απαιτήσεις αυτών των δύο τομέων σε ευρωπαϊκό επίπεδο σε συνεργασία με το ΝΑΤΟ. Οι απαιτήσεις της πολιτικής και της στρατιωτικής αεροπορίας όσον αφορά τον εναέριο χώρο πάνω από την επικράτεια των 16 κρατών του ΝΑΤΟ πρέπει να είναι πλήρως συντονισμένες. Αυτό περιλαμβάνει την πραγματοποίηση σημαντικών αεροπορικών ασκήσεων, την εναρμόνιση των αεροσχημάτων και διαδικασιών ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, καθώς και κοινές τηλεπικοινωνιακές συχνότητες.

Η προσπάθεια αυτή θα καταστήσει δυνατή μια περισσότερο ολοκληρωμένη διαχείριση του εναέριου χώρου, χωρίς τους περιορισμούς που θέτουν τα εθνικά σύνορα, με στόχο τη μεγιστοποίηση της χωρητικότητας μέσα από πρωτοβουλίες όπως η ευέλικτη χρήση του εναέριου χώρου, η εναρμόνιση των κατηγοριών του εναέριου χώρου και η ελεύθερη δρομολόγηση, που θα ξεκινά από τον ανώτερο εναέριο χώρο, πάνω από ένα ορισμένο ύψος, και στη συνέχεια θα επεκτείνεται κατά στάδια με στόχο τη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας.

Ευέλικτη χρήση του εναέριου χώρου

Η έννοια «ευέλικτη χρήση του εναέριου χώρου» χρησιμοποιείται συχνά από όλες τις ενεχόμενες πλευρές, καθώς και από πολύ διαφορετικούς εμπειρογνώμονες στο ζήτημα της ΔΕΚ. Ο όρος «ευέλικτη» σημαίνει τον διαχωρισμό των πολιτικών και των στρατιωτικών συστημάτων διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας και των διαδικασιών ελέγχου, με βάση ειδικές περιστάσεις ή κανονικές συνθήκες.

Οι πολιτικές και οι στρατιωτικές αρχές οφείλουν να έχουν μια πολύ στενή, ανοικτή και ειλικρινή συνεργασία, και αυτό ακριβώς θα πράξουν. Η καχυποψία, αν και δεν αποτελεί τον κανόνα στην προκειμένη περίπτωση, συνιστά εντούτοις φραγμό ο οποίος εξακολουθεί να υπάρχει σε κάποιο βαθμό και θα πρέπει να εξαλειφθεί εντελώς - ή στην πράξη θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με τον πολιτικώς ορθό τρόπο της αμοιβαίας κατανόησης.

Ο Eurocontrol και ο ρόλος του

Σύμφωνα με όσα υποστήριξε η αεροπορική κοινότητα και η οργάνωση εργαζομένων του Eurocontrol στο Μάαστριχτ, απαιτείται:

- η κατάργηση των συνόρων στον πανευρωπαϊκό εναέριο χώρο, χωρίς όμως να πάψουν να λαμβάνονται υπόψη οι εθνικές ανάγκες
- μια σημαντική μείωση του αριθμού των πολιτικών και στρατιωτικών κέντρων ΕΕΚ
- πιο ευέλικτη χρήση του εναέριου χώρου, με προτεραιότητα κατά κανόνα στις πολιτικές υπηρεσίες σε καιρό ειρήνης
- μια ταχεία και ολοκληρωμένη προσέγγιση στα θέματα της τεχνικής καινοτομίας, της βελτιστοποίησης, των προσλήψεων, της εκπαίδευσης και της χορήγησης αδειών σε ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας
- συμβατά συστήματα, γλώσσες και τεχνικές εγκαταστάσεις ΕΕΚ
- μειωμένο ελάχιστο όριο κάθετου διαχωρισμού, χωρίς καμία παρέκκλιση
- πρόσβαση όλων στην αεροναυτιλία διά ραδιοβοηθημάτων περιοχής (RNAV)
- ένα υποχρεωτικό δορυφορικό σύστημα
- ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα βελτίωσης στο οποίο θα συμμετέχουν όλοι οι ενδιαφερόμενοι και το οποίο θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών
- μια νοοτροπία που δεν θα επιτρέπει την ανοχή της παραμικρής αδυναμίας σε θέματα ασφαλείας.

Προβλέπονται αλλαγές στο ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο, βάσει των οποίων ο Eurocontrol θα κληθεί να αναλάβει σταδιακά τον πολιτικό ρόλο που μέχρι τώρα επιτελούσε η ΕΣΠΑ. Προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των Ευρωπαίων πολιτών, η Κοινότητα πρέπει να περιορίσει τη συμφόρηση του εναέριου χώρου και τις καθυστερήσεις στην εναέρια κυκλοφορία, οι οποίες γίνονται όλο και πιο σοβαρές.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει συγκροτήσει μια ομάδα υψηλού επιπέδου για να την επικουρεί στην κατάρτιση σχεδίου δράσης για τη δημιουργία ενός «κοινού ευρωπαϊκού ουρανού». Η Επιτροπή κάλεσε επιπλέον τα μέλη του κλάδου να εκπροσωπήσουν τα συμφέροντα του κλάδου στα πλαίσια μιας «σκιώδους» ομάδας και να προωθήσουν τη συζήτηση παράλληλα με τις δραστηριότητες της ομάδας υψηλού επιπέδου. Η Επιτροπή ελπίζει να δημιουργηθούν συνεργίες μεταξύ των διαφόρων ομάδων, ούτως ώστε να διασφαλιστεί μια κοινή προσέγγιση.



### Ο Σύνδεσμος Αρχών Πολιτικής Αεροπορίας (JAA) και η ανάγκη μεταρρύθμισης

Ο JAA, στα πλαίσια της προετοιμασίας του για τη μετεξέλιξη του στο μέλλον σε ευρωπαϊκό οργανισμό, κατήρτισε το πρόγραμμα των αλλαγών που υλοποιείται τώρα βήμα-βήμα στο σύστημα του JAA. Παράλληλα με το εν λόγω πρόγραμμα εκδόθηκε επίσης η προσέγγιση της νέας εταιρικής σχέσης για τις κοινές αεροπορικές απαιτήσεις αριθ. 11, και η περίοδος υποβολής παρατηρήσεων έληξε στις 31 Μαΐου 2000.

Ο JAA θα συνεχίσει το έργο του με στόχο να καταστεί ο πυρήνας μιας νέας Ευρωπαϊκής Αρχής Ασφαλείας της Αεροπορίας, ένας ισχυρός οργανισμός ο οποίος θα οδηγήσει την αεροπορική κοινότητα σε μια επιτυχημένη πορεία σε όλους τους τομείς στους οποίους επίκεινται σημαντικές μεταβολές.

### Η εξέλιξη της EASA

Η πρόταση COM(2000)144 της Επιτροπής (Βρυξέλλες, 21/3/2000) για τη δημιουργία μιας Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Ασφαλείας της Αεροπορίας (EASA) είναι πολύ σημαντική για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των εναέριων μεταφορών. Οι ειδικοί οι οποίοι ερωτήθηκαν κατά την εκπόνηση αυτού του έργου αναγνωρίζουν ομόφωνα την ανάγκη ύπαρξης ενός ισχυρού οργανισμού για τη ρύθμιση της εναέριας κυκλοφορίας στην ΕΕ με τα σημερινά αλλά και με τα μελλοντικά της σύνορα.

### Ρυθμίσεις σχετικές με την αεροπορία

Ο οργανισμός αυτός πρέπει να ιδρυθεί στο πλαίσιο του κοινοτικού συστήματος. Πρέπει να έχει το δικαίωμα να βασίζεται στην εμπειρογνωμοσύνη του και να πραγματοποιεί προπαρασκευαστικές εργασίες σε όλους τους τομείς που καλύπτονται από τον ιδρυτικό κανονισμό του. Συνεπώς, θα μπορεί να αναπτύσσει διεθνή συνεργασία και ερευνητικές δραστηριότητες όπου απαιτείται. Σε όλα αυτά τα πεδία ο οργανισμός θα πρέπει να έχει το δικαίωμα να διατυπώνει συστάσεις ή γνωμοδοτήσεις. Πιο συγκεκριμένα:

- θα καταρτίζει τις βασικές απαιτήσεις και κανόνες εφαρμογής που θα ισχύουν για τα προϊόντα, το προσωπικό και τους οργανισμούς αεροπλοΐας και θα τους διαβιβάζει στην Επιτροπή.
- θα καταρτίζει και θα εγκρίνει αποδεκτά μέσα συμμόρφωσης και υλικό καθοδήγησης, μεταξύ άλλων κανονισμούς πτητικής

ικανότητας, για την εφαρμογή των ανωτέρω κανόνων.

### Ρύθμιση της εναέριας κυκλοφορίας

Οι τρέχουσες θεσμικές ρυθμίσεις στα πλαίσια του Eurocontrol έχουν ως άξονα τον διακυβερνητικό του ρόλο και βασίζονται όλο και περισσότερο στην παραδοχή ότι η ΔΕΚ είναι μια πολιτικώς ελεγχόμενη λειτουργία. Είναι καιρός να αρχίσει η επέκταση του Eurocontrol, ούτως ώστε από διακυβερνητικός οργανισμός αρμόδιος για την κεντρική υπηρεσία διαχείρισης εναέριας ροής να μετατραπεί σε κέντρο εκπαίδευσης ΔΕΚ και έρευνας στον τομέα του ΕΕΚ, με απώτερο στόχο τη δημιουργία άλλων τεσσάρων ή πέντε κέντρων για τη διαχείριση της εναέριας ροής στην Ευρώπη. Οι υφιστάμενοι ρυθμιστικοί φορείς, η Επιτροπή Επιθεώρησης Απόδοσης και η Επιτροπή Κανονισμών Ασφαλείας, μπορούν, μαζί με τον Σύνδεσμο Αρχών Πολιτικής Αεροπορίας, να ενώσουν τις δυνάμεις τους και να εργαστούν υπό την αιγίδα ενός νέου ευρωπαϊκού οργανισμού αεροπορίας με ρυθμιστικά καθήκοντα, αλλά που παράλληλα θα πραγματοποιεί και ερευνητικές δραστηριότητες.

Είναι απαραίτητο να παραδεχτούμε ότι τα ευρωπαϊκά κράτη παρουσιάζουν διαφορετικούς ρυθμούς προόδου στην πορεία προς ένα σύστημα ΔΕΚ περισσότερο προσανατολισμένο στην αγορά. Σημαντικές αλλαγές στον Eurocontrol μπορούν να επιτευχθούν μόνο με τη χρήση μιας σταδιακής, εξελικτικής προσέγγισης. Είναι ζωτικής σημασίας για τους πολίτες της ΕΚ και για την εμπιστοσύνη τους στις ευρωπαϊκές αρχές να ξεκινήσει τώρα αυτή η αλλαγή και να μη χαθεί άλλος χρόνος.

### Οι προτάσεις των ΥΠΠ για τους νέους κανονισμούς

Οι Υπηρεσίες Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΠ) είναι εκείνες που παρέχουν τις υπηρεσίες αεροναυτιλίας σε όλα τα κράτη της ΕΕ. Οι ΥΠΠ παρέχουν τις επιχειρησιακές τους υπηρεσίες απευθείας ή μέσω της ελεγχόμενης και απόλυτα εξαρτώμενης εταιρείας τους ATMP. Η παροχή υπηρεσιών αεροναυτιλίας μέσω της ATMP θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο συμφωνίας ανάμεσα στην ATMP και τις εκάστοτε αρμόδιες για αμυντικά θέματα κυβερνήσεις· έτσι θα καταστεί δυνατή η από κοινού και ολοκληρωμένη παροχή πολιτικών και στρατιωτικών υπηρεσιών αεροναυτιλίας. Η πρόσβαση στον εναέριο χώρο θα παρέχεται σε δίκαιη βάση, χωρίς διακρίσεις σε βάρος καμίας ομάδας χρηστών. Οι χρήστες του εναέριου χώρου, ανεξάρτητα εάν

πραγματοποιούν στρατιωτικές, εμπορικές ή ιδιωτικές πτήσεις για λόγους αναφυχής, σίγουρα θα θέλουν να εξακολουθήσει να ισχύει αυτό.

Υπάρχει μια Ομάδα Κανονισμών Ασφαλείας αρμόδια να διασφαλίζει την υποχρεωτική θέσπιση υψηλών προτύπων ασφαλείας για την ευρωπαϊκή πολιτική αεροπορία. Η εν λόγω ομάδα πρέπει να είναι πεπεισμένη ότι τα αεροσκάφη έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί κατά τον ενδεδειγμένο τρόπο, ότι η λειτουργία και η συντήρησή τους είναι η δέουσα, ότι οι αεροπορικές εταιρείες είναι ικανές να παρέχουν τις προβλεπόμενες υπηρεσίες, ότι το ιπτάμενο προσωπικό, οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας και οι μηχανικοί συντήρησης των αεροσκαφών πληρούν τα απαραίτητα προσόντα και ικανότητες, ότι η χρήση των εγκεκριμένων αεροδρομίων είναι ασφαλής και ότι οι υπηρεσίες εναέριας κυκλοφορίας και οι εν γένει αεροπορικές δραστηριότητες ανταποκρίνονται στα απαιτούμενα πρότυπα ασφαλείας.

#### Διαδικασίες πιστοποίησης

Το νέο αυτό κοινοτικό σύστημα θα λειτουργεί σε σύνδεση με άλλους πανευρωπαϊκούς οργανισμούς, όπως η ΕΣΠΑ και ο Eurocontrol, καθώς και με τους υπόλοιπους διεθνείς οργανισμούς οι δραστηριότητες των οποίων εμπίπτουν στο πεδίο που καλύπτει ο εν λόγω κανονισμός, όπως η ΔΟΠΑ. Το έργο και οι δραστηριότητες του εν λόγω συστήματος θα αλληλεξαρτώνται από τα αντίστοιχα αυτών των οργανισμών, και μάλιστα θα πρέπει να τα συνδυάζουν όλα. Πρέπει να δοθεί στον Οργανισμό το δικαίωμα να προβαίνει στις απαραίτητες ενέργειες για την έγκαιρη και ενεργό συμμετοχή των οργανισμών αυτών και για τη στενή συνεργασία μεταξύ τους.

#### Μελλοντικές πτυχές της ΔΕΚ

Χρειάζεται ένα σύστημα το οποίο θα μεταφέρει τους κινδύνους, το κόστος και τα οφέλη στον φορέα παροχής των υπηρεσιών, έτσι ώστε να του δίνει κίνητρο για τη βελτίωση της απόδοσής του στον τομέα της ποιότητας των υπηρεσιών και της ασφάλειας. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα του διαχωρισμού της αρμοδιότητας για την παροχή υπηρεσιών ΔΕΚ από τις υπηρεσίες πολιτικής αεροπορίας των κρατών είναι ότι κάτι τέτοιο επιτρέπει τον διαχωρισμό της παροχής υπηρεσιών από τη ρυθμιστική λειτουργία, η οποία μπορεί, τυπικά, να παραμείνει κρατική αρμοδιότητα.

Η εισαγωγή ενός συστήματος τιμολόγησης το οποίο θα παρέχει κίνητρα για υψηλή απόδοση συνεπάγεται βεβαίως οικονομικές νομοθετικές ρυθμίσεις· παράλληλα απαιτούνται νομοθετικές ρυθμίσεις σχετικά με τον εναέριο χώρο και τα πρότυπα προκειμένου να διασφαλιστεί η ανάπτυξη ενός ενιαίου συστήματος για την Ευρώπη. Αυτό οδηγεί σε μια περαιτέρω εξέλιξη, τη θέσπιση δηλ. ενός ενιαίου κοινοτικού ρυθμιστικού πλαισίου.

#### Η νέα έννοια της ΕΑΕ/ΔΕΚ

Οι όροι «επικοινωνία, αεροπλοΐα και επιτήρηση / διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας» (ΕΑΕ/ΔΕΚ) περιγράφουν τις τεχνικές έννοιες, καθώς και την υλοποίηση της υποδομής που απαιτείται για την παροχή υπηρεσιών αεροναυτιλίας. Οι όροι αυτοί καλύπτουν και μελλοντικές έννοιες, όπως τις ψηφιακές ζεύξεις δεδομένων για τη μετάδοση επιχειρησιακών στοιχείων, την έννοια της αυτόματης εξαρτημένης επιτήρησης (ADS) και την πλοήγηση με τη βοήθεια δορυφόρου, καθώς και το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GNSS).

Όταν η επιτροπή FANS της ΔΟΠΑ εξέτασε τις τεχνικές αδυναμίες των εργαλείων τα οποία χρησιμοποιούντο τότε για την παροχή υπηρεσιών εναέριας κυκλοφορίας προτάθηκαν αρχικά πιθανές τεχνικές λύσεις για τα στοιχεία ΕΑΕ. Ωστόσο, ήταν προφανής η ανάγκη να τοποθετηθούν αυτά τα εργαλεία σε ένα επιχειρησιακό πλαίσιο, καθώς και να αναπτυχθούν επιχειρησιακές έννοιες για τη χρήση τους στη διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας. Στη συνέχεια προστέθηκε το στοιχείο της ΔΕΚ στη συνολική έννοια ΕΑΕ/ΔΕΚ. Η δημιουργία νέων δυνατοτήτων ΕΑΕ και η εφαρμογή συστημάτων εδάφους και αέρος με διαρκώς μεγαλύτερες δυνατότητες θα καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη πιο προηγμένων συστημάτων ΔΕΚ. Ο εξοπλισμός ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας που επιτρέπει τη ΔΕΚ με βάση τις ζεύξεις δεδομένων πρέπει να έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει, να αποθηκεύει, να επεξεργάζεται, να απεικονίζει και να διανέμει ειδικές πληροφορίες πτήσεως σχετικά με πτήσεις οι οποίες είναι εξοπλισμένες με τα ανάλογα συστήματα και λειτουργούν σε περιβάλλοντα όπου παρέχεται υπηρεσία ζεύξης δεδομένων.

Ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα ΔΕΚ θα χρησιμοποιεί όλο και περισσότερους αυτοματισμούς, με αποτέλεσμα τη μείωση ή την εξάλειψη διαφόρων περιορισμών που επιβάλλουν στις δραστηριότητες ΔΕΚ τα υφιστάμενα συστήματα. Η ΔΕΚ περιλαμβάνει όλα



τα στοιχεία που συνδέονταν ανέκαθεν με τις υπηρεσίες εναέριας κυκλοφορίας, αλλά και αρκετά επιπλέον στοιχεία της συνολικής υποδομής αεροναυτιλίας. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα σχεδόν τα στάδια, είτε στο αεροδρόμιο είτε «καθ' οδόν», και θα παράσχει σημαντικά οφέλη «από έξοδο σε έξοδο».

#### FANS (μελλοντικά συστήματα εναέριας κυκλοφορίας)

Με το σχέδιο της επιτροπής μελλοντικών συστημάτων εναέριας κυκλοφορίας (FANS) για την επικοινωνία, αεροπλοΐα και επιτήρηση (EAE) και τη διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας (ΔΕΚ) εγκαινιάστηκε η επόμενη γενιά διαχείρισης του εναέριου χώρου. Με τη χρήση υπολογιστών υψηλών δυνατοτήτων εν πτήση αλλά και στο έδαφος μπορούμε να επιτύχουμε νέα επίπεδα απόδοσης, χωρητικότητας και ασφαλείας. Αν και οι αλλαγές είναι επαναστατικές, η πορεία των αλλαγών είναι εξελικτική.

#### Συστήματα ελέγχου της εναέριας κυκλοφορίας στα αεροδρόμια

Οι ελεγκτές, οι πιλότοι και οι οδηγοί οχημάτων θα υποβοηθούνται από διάφορα εργαλεία υποστήριξης για τη λήψη αποφάσεων, τα οποία θα προσφέρουν:

- μεγαλύτερη επίγνωση της κατάστασης όσον αφορά την κυκλοφορία·
- αυτόματη ανίχνευση εισβολών στους τροχοδρόμους και πιθανών συγκρούσεων μεταξύ αεροσκαφών που τροχοδρομούν·
- καλύτερη καθοδήγηση των αεροσκαφών στην περιοχή κίνησης·
- καλύτερο σχεδιασμό των κινήσεων των αεροσκαφών στο έδαφος, έτσι ώστε να είναι δυνατή η πιο αποδοτική χρήση της χωρητικότητας του/των τροχοδρόμου/ων.

#### Βελτιώσεις στην πλοήγηση

Για να αξιοποιηθεί πλήρως το FANS θα πρέπει να τροποποιηθούν οι διαδικασίες ελέγχου της εναέριας κυκλοφορίας και να μειωθούν οι αποστάσεις διαχωρισμού ανάμεσα στα αεροσκάφη. Οι αεροπορικές εταιρείες ελπίζουν ότι τελικά οι πιλότοι θα αποκτήσουν απόλυτη ελευθερία να επλέγουν την πορεία τους και να τη μεταβάλλουν εν πτήση με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Ο εν λόγω στόχος, γνωστός και ως «ελεύθερη πτήση», θα διασφαλίζει ότι ακολουθείται η πιο οικονομική, ταχύτερη ή ευθεία πορεία, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε πτήσης.

Χάρη στη σημαντική εξοικονόμηση από τις αεροπορικές εταιρείες καυσίμων και χρόνου θα διαδοθεί πολύ γρήγορα το όραμα της επιτροπής FANS. Αποτέλεσμα: υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας, χωρητικότητας και απόδοσης, τα οποία θα στηρίξουν για πολλά χρόνια την προβλεπόμενη ανάπτυξη του συστήματος εναέριων μεταφορών. Αυτή η συνολική προσπάθεια αναμένεται να αποδώσει σημαντικά οφέλη σε όλους τους ενδιαφερομένους – αεροπορικές εταιρείες, κέντρα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ΚΕΕΚ) και επιβατικό κοινό.

#### Τεχνικές λύσεις και οφέλη

Για να επιτευχθούν τα οικονομικά οφέλη από ένα σύγχρονο σύστημα εναέριων μεταφορών, στο σύστημα ΕΑΕ/ΔΕΚ πρέπει να ενσωματώνονται αφενός οι προηγμένες λειτουργίες επικοινωνίας, αεροπλοΐας και επιτήρησης σε παγκόσμιο επίπεδο και αφετέρου ένα σύγχρονο και αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας. Κάτι τέτοιο απαιτεί αεροσκάφη με προηγμένο εξοπλισμό, που να μπορεί να λειτουργεί σε αρμονία με τα αναβαθμισμένα ΚΕΕΚ. Πότε θα γίνουν πραγματικότητα αυτά τα οφέλη; Η χρονική στιγμή εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα ηλεκτρονικών συστημάτων αεροπλοΐας, τηλεπικοινωνιακής υποδομής και αναβαθμισμένων ΚΕΕΚ. Ο Eurocontrol, η ΕΣΠΑ και ο JAA πρέπει να συνεχίσουν τις επαφές τους με τα κράτη μέλη, επεξηγώντας και αναλύοντας την έννοια της ΕΑΕ/ΔΕΚ, τα οφέλη από την εισαγωγή νέας τεχνολογίας και την οικονομική αναγκαιότητα της ύπαρξης ενός σύγχρονου συστήματος εναέριων μεταφορών.

#### Θέματα προς εξέταση

Μεταξύ άλλων, είναι απαραίτητο να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον εξοπλισμό του αεροσκάφους, ο οποίος πρέπει να ετοιμαστεί. Η «καρδιά» του συστήματος ΕΑΕ/ΔΕΚ, το σύστημα διαχείρισης της πτήσης, παρέχει τη βασική συνένωση των λειτουργιών αεροπλοΐας, επικοινωνίας και επιτήρησης, καθώς και την αρχική επαφή με τους πιλότους. Υπάρχουν και άλλα στοιχεία πρωτεύουσας σημασίας, μεταξύ των οποίων η επικοινωνία μέσω δορυφόρου (SATCOM), το GNSS, τα συστήματα απεικόνισης και οι μονάδες διαχείρισης των τηλεπικοινωνιών. Στον συνολικό σχεδιασμό του συστήματος ο ρόλος του ανθρώπινου παράγοντα είναι βασικός στην πιστοποίηση και τις δυνατότητες ανάπτυξης, καθώς η επικοινωνία ανάμεσα στα ΚΕΕΚ του εδάφους και στα αεροσκάφη γίνεται ολοένα και πιο σύνθετη.

Συντάκτης:

κ. Στέφανος ΘΩΜΑΣ, Αθήνα, Ελλάδα

Οι απόψεις αυτού του εγγράφου δεν εκφράζουν απαραίτητα τις απόψεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

Για περαιτέρω πληροφορίες παρακαλούμε επικοινωνήστε με τον Υπεύθυνο του Προγράμματος κ. Θ. ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗ ή κ. Anthony COMFORT, Μονάδα ΣΤΟΑ

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Διεύθυνση Α            | ή:            |
| Τμήμα Βιομηχανίας,     | Rue Wiertz 60 |
| Έρευνας, Ενέργειας,    | B-1047        |
| Περιβάλλοντος και ΣΤΟΑ | BRUSSELS      |
| European Parliament    | Φαξ: (32) 2   |
| L-2929 LUXEMBOURG      | 2844980       |
| Φαξ: (352) 4300 27718  |               |



## Επίλογος

Μήπως η κατάλληλη λέξη για τον επίλογο θα ήταν η λέξη ΣΤΕΛΘ;

Μήπως όλη η θαυμαστή πορεία των σημάτων ραντάρ φτάνει στα όρια της;

Μάλλον όχι. Το γεγονός βέβαια είναι ότι οι ελάχιστες επιστροφές του σήματος, από τις οποίες αποστραγγίζονται οι πληροφορίες, προέρχονται κυρίως από τους συμπιεστές των κινητήρων, τα κάθετα σταθερά και πιλοτήριο. Τα στελθ αεροσκάφη έχουν υλικά απόσβεσης του κύματος, πιθανός να χάσουν τα κάθετα σταθερά (ίσως όχι πλήρως), κρύβουν τους συμπιεστές κινητήρων και «εξαφανίζουν» το πιλοτήριο, με αποτέλεσμα που φαίνονται και είναι γνωστά. Τα σύγχρονα ραντάρ θα δώσουν ελλιπή στοιχεία, και όταν γίνει η ανίχνευση μάλλον θα είναι πολύ αργά. Τα ραντάρ των υπαρχόντων αεροσκαφών θα περάσουν ιδιαίτερα δύσκολες στιγμές, αυτό είναι αναπόφευκτο γεγονός.

Από την άλλη πλευρά, το άλλο πρόβλημα, ο εντοπισμός του φορέα του ραντάρ, όταν αυτό βρίσκεται σε λειτουργία, υφίσταται και είναι έντονο ιδιαίτερα σε ανίχνευση μακράς ακτίνας δράσης. Τα σύγχρονα ραντάρ χρησιμοποιούν τη μεταπήδηση συχνοτήτων στη λειτουργία τους, αφού αλλιώς γίνονται αντιληπτά είτε από άλλα αεροσκάφη (RWR), είτε από ραντάρ επιφανείας, είτε από σταθμούς εδάφους (με σκοπό τη «σύλληψη» των σημάτων αεροσκαφών κρούσης), ενώ και το βασικό εκπεμπόμενο σήμα δεν παραμένει σταθερό σε «όψη». Ένας σύγχρονος RWR δύσκολα θα δώσει αξιόπιστα στοιχεία έναντι ενός ραντάρ όπως του F-22 ή του Rafale, και είναι σίγουρο πως παράλληλα γίνεται και η ανάπτυξη νέων RWR, από τους ίδιους κατασκευαστές των ραντάρ, φυσικά με καθυστέρηση, όχι μόνο λόγω των τεχνικών δυσκολιών.

Πάντως αναπόφευκτη είναι και η υιοθέτηση συστημάτων παθητικής ανίχνευσης IR ή TV (όπως στο F-14), αφού μπορεί να γίνει η πρώτη ανίχνευση με ασφάλεια, αν και τελικά πρέπει να γίνει χρησιμοποίηση του ραντάρ. Ίσως προκαλεί έκπληξη το ότι τα νέα αεροσκάφη αεροπορικής υπεροχής δε φαίνεται έχουν τέτοια συστήματα στη βασική τους σχεδίαση και βασίζονται αποκλειστικά στο ραντάρ τους. Το μέλλον αναμένεται να έχει απρόβλεπτα μεγάλες απαιτήσεις σε κονδύλια.

## ΠΗΓΕΣ

1. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/navaids\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/navaids_gr.html)
2. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/radar\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/radar_gr.html)
3. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/heras\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/heras_gr.html)
4. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/tps\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/tps_gr.html)
5. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/pallas\\_aia\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/pallas_aia_gr.html)
6. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/smgcs\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/smgcs_gr.html)
7. [http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/comun\\_gr.html](http://hcaa-eleng.gr/gr/systems/comun_gr.html)
8. [www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/summaries/00-01-02sum\\_el.pdf](http://www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/summaries/00-01-02sum_el.pdf)
9. [www.wpafb.af.mil/museum/history/postwwi/ac.htm](http://www.wpafb.af.mil/museum/history/postwwi/ac.htm) - 6k -
10. [www.esat.kuleuven.be/telemic/propagation/consultancy.php](http://www.esat.kuleuven.be/telemic/propagation/consultancy.php) - 20k - 24 Νοε 2005 –
11. [www.technewsworld.com/story/39038.html](http://www.technewsworld.com/story/39038.html)
12. [www.xo.com/news/11.html](http://www.xo.com/news/11.html) - 16k
13. [www.isoc.org/inet99/proceedings/4d/4d\\_3.htm](http://www.isoc.org/inet99/proceedings/4d/4d_3.htm) - 25k -

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Εγκυκλοπαίδεια “Τεχνολογία και επιστήμη” : “Ασύρματες επικοινωνίες – Ραντάρ”
2. Περιοδικό “Πτήση” : “Ραντάρ Μαχητικών Αεροσκαφών”
3. Περιοδικό “Στρατηγική”: Τεύχος 119, Αύγουστος 2004 «Ζεύξεις δεδομένων για τον έλεγχο μαχητικών αεροσκαφών»
4. Περιοδικό “Πτήση”: Τεύχος 202, Ιούλιος 2002 «Η τηλεσκόπηση στην υπηρεσία της εθνικής άμυνας» «Εν αρχη ην.. ο Δίας»