

Πολυ-λειτουργικό Σύστημα Ραντάρ Λογισμικά Ελεγχόμενου Ράδιο για Αμυντικές και Πολιτικές Εφαρμογές Ασφαλείας

Φ.Ε. Φακουκάκης¹, Τζ. Εμπλιούκ¹, Β. Κασούρας², Ευ. Καραγιάννη³, Ν. Μητιανούδης¹, Γ. Δημητρακόπουλος¹ και Γ.Α. Κυριακού¹

¹Εργαστήριο Μικροκυμάτων, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχ. & Μηχ. Υπολογιστών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη, Ελλάδα.

²Κέντρο Μελετών Ασφαλείας, Αθήνα

³Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Τμήμα Ναυτικών Επιστημών, Τομέας Συστημάτων Μάχης, Ναυτικών Επιχειρήσεων, Θαλασσιών Επιστημών, Ναυτιλίας, Ηλεκτρονικών και Τηλεπικοινωνιών, Εργαστήριο Ηλεκτρονικής, Πειραιάς, Ελλάδα

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός ενός συστήματος ραντάρ πολλαπλών λειτουργιών και χρήσεων, το οποίο βασίζεται σε μία πλατφόρμα λογισμικά ελεγχόμενου ράδιο. Το σύστημα προορίζεται τόσο για αμυντικές όσο και για πολιτικές εφαρμογές ασφαλείας. Η λειτουργία του στηρίζεται στη χρήση κοινών μονάδων υλικού, ελεγχόμενων από μία χαμηλού κόστους εμπορικά διαθέσιμη μονάδα λογισμικά ελεγχόμενου ράδιο.

Οι πιθανές αμυντικές εφαρμογές του συστήματος αφορούν στη φύλαξη συνόρων και στρατιωτικών εγκαταστάσεων, ραδιοεντοπισμό θέσης (π.χ. εχθρικών ραντάρ), συστήματα ηλεκτρονικής υποστήριξης, καθώς και σε μια σειρά από λειτουργίες ραντάρ, όπως η έρευνα και παρακολούθηση. Οι πολιτικές εφαρμογές αφορούν σε ραδιοεντοπισμό θέσης σημάτων κινητής τηλεφωνίας (π.χ. παράνομα εισερχόμενων μεταναστών), φύλαξη εγκαταστάσεων, καθώς και σε φύλαξη επίγειου και θαλάσσιου χώρου (π.χ. λιμάνια).

Το σύστημα βασίζεται σε λειτουργίες ραντάρ συνεχούς κύματος και διαμόρφωσης συχνότητας (FMCW) με συμπίεση παλμών. Ο ραδιοεντοπισμός και η παρακολούθηση θέσεων και σημάτων επιτυγχάνεται μέσω της εκτίμησης της γωνίας άφιξης του σήματος (DOA), η οποία πραγματοποιείται σε επίπεδο υλικού, καθώς και στην εκτίμηση του χρόνου άφιξης (TOA), η οποία πραγματοποιείται σε επίπεδο επεξεργασίας σήματος. Έτσι, παρέχεται συνολική εκτίμηση της σχετικής θέσης και απόστασης της πηγής του εχθρικού σήματος.

Η ανάπτυξη του συστήματος βασίζεται στο σχεδιασμό του ραδιοσυχνοτικού (RF) υποσυστήματος, το οποίο αποτελείται από μία υπερ-ευρείας ζώνης συστοιχία κεραιών και το σύστημα τροφοδοσίας της. Η συστοιχία βασίζεται σε κεραιές τύπου Vivaldi, ενώ το σύστημα τροφοδοσίας στο δικτύωμα του πίνακα Butler. Το τελευταίο βασίζεται σε ένα πρόσφατα προταθέντα πολυστρωματικό συζεύκτη και τον αντίστοιχο φασηθέτη. Η λειτουργία υπερευρείας ζώνης επιτυγχάνεται με την χρήση δύο ελλειπτικών ταινιών συζευγμένων μέσω ελλειπτικής σχισμής. Οι κύριες λειτουργίες του συστήματος περιλαμβάνουν τη μορφοποίηση και τη σάρωση της κατευθυντικής ακτινοβολούμενης δέσμης, καθώς και την επεξεργασία των σημάτων για την εκτίμηση της γωνίας άφιξης σήματος.

Θα παρουσιαστεί ο σχεδιασμός και η προσομοίωση του συστήματος, καθώς και ο σχεδιασμός βασικών υπο-μονάδων του ραδιοσυχνοτικού υποσυστήματος. Επιπλέον, θα επιδειχθεί η ικανότητα λειτουργίας ευρείας ζώνης και οι δυνατότητες σάρωσης της ακτινοβολούμενης δέσμης.

Εν κατακλείδι, θα παρατεθούν συμπερασματικά σχόλια, καθώς και τα μελλοντικά βήματα για την ολοκλήρωση του συστήματος.

A Multi-Purpose Software-Defined-Radio Radar System for Defence and Civilian Security Applications.

F.E. Fakoukakis¹, Tz. Empliouk¹, V. Kasouras², Ev. Karagianni³, N. Mitianoudis¹, G. Dimitrakopoulos¹ and G.A. Kyriacou¹

¹Microwaves Lab, Department of Electrical and Computer Engineering, Democritus University of Thrace, Xanthi, Greece.

²Center for Security Studies, Athens, Greece

³Hellenic Naval Academy, Department of Naval Sciences, Section of Battle Systems, Naval Operations, Sea Studies, Navigation, Electronics and Telecommunications, Electronics Laboratory, Piraeus, Greece

Abstract

This work presents the design of a multi-purpose and multi-function software defined radio based radar system addressing both military/defence and civilian security applications. The system uses common hardware modules, all controlled by an appropriate software platform, which is based on low cost commercially available SDR products.

Possible military/defence applications include border and military camps guarding, radio frequency source localizations (e.g. hostile radars), electronic support measures (ESM) as well as a number of radar functions (searching and tracking). Civilian applications exploit the same functionalities to offer radio frequency source localizations (e.g. border intruders' mobile devices) and personnel intrusion through radar functions, addressing land and sea space guarding as well as critical facilities security.

Radar functions will be primarily focused on frequency modulated continuous wave (FMCW) and pulse compression radar functions. RF source tracking for mono-static configurations will be mainly addressed through direction-of-arrival (DOA) implemented at a hardware level and time-of-arrival (TOA) offered at a signal processing level. These provide angular and range information respectively.

The emphasis is given on the design of the RF front-end of the system, which is based on an ultra-wideband antenna array sub-unit. It is comprised of a planar Vivaldi slot antenna array and a Butler matrix based feeding network. The latter is build based on a recently introduced multilayer quadrature coupler and the related phase shifter. The ultra wideband operation is achieved by dual elliptical patches coupled through an also elliptical slot. The system main functions include shaping and scanning of the directive radiated beam, along with the basic processing operations for the direction-of-arrival estimations.

The system design and simulation will be presented, as well as the design of the main sub-units of the RF front-end. Ultra-wideband operation and scanning capabilities of the system will be also demonstrated.

Finally, conclusions and future steps for the completion of the project will be discussed.