Biuletyn WAT
Vol. LXII, Nr 1, 2013

Demonstrator technologii C-IED

SŁAWOMIR J. AMBROZIAK, RYSZARD J. KATULSKI,
JAROSŁAW SADOWSKI, JACEK STEFAŃSKI

Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Katedra Systemów i Sieci Radiokomunikacyjnych, 80-233 Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12
sj_ambroziak@eti.pg.gda.pl, rjkat@eti.pg.gda.pl, jarsad@eti.pg.gda.pl, jstef@eti.pg.gda.pl

Streszczenie. Artykuł przedstawia budowę i działanie opracowanego na Politechnice Gdańskiej demonstratora technologicznego systemu AEGIS, przeznaczonego do przeciwdziałania atakom z wykorzystaniem prowizorycznych urządzeń wybuchowych detonowanych drogą radiową (RCIED — *Radio Controlled Improvised Explosive Devices*). Przedstawiono zaimplementowaną oryginalną metodę generowania sygnału zagłuszającego o dowolnie ukształtowanym widmie częstotliwościowym, będącą przedmiotem zgłoszenia patentowego o numerze P.398050.
Słowa kluczowe: telekomunikacja, kurtyna elektromagnetyczna, bezpieczeństwo państwa, IED, RCIED, demonstrator technologiczny

1. Wstęp

W XXI wieku konflikty asymetryczne zyskały znaczącą przewagę nad ich klasycznymi odpowiednikami, a siły zbrojne wielu państw konfrontowane są z przeciwnikiem, którego cele, organizacja i środki nie mieszczą się w konwencjonalnym pojęciu wojny. Kluczowymi elementami takiego konfliktu są działania skryte, zmienne i nastawione na zaskoczenie, których celem jest maksymalizacja efektów przy minimalizacji kosztów [1]. W takim stanie rzeczy szczególnego znaczenia nabiera konieczność metodycznego podejścia do kwestii przeciwdziałania prowizorycznym urządzeniom wybuchowym — IED (*Improvised Explosive Device*), stanowiącym najczęstsze i najgroźniejsze narzędzie walki słabszej strony konfliktu asymetrycznego.

Na wstępie niniejszego artykułu przedstawiono charakterystykę prowizorycznych urządzeń wybuchowych, zawierającą definicję tego rodzaju broni oraz jej klasyfikację.

Następnie przedstawiono budowę demonstratora technologii wytwarzania kurtyny elektromagnetycznej do ochrony przed urządzeniami IED oraz opisano metodę generowania sygnału zagłuszającego pracę systemów, które mogą być wykorzystywane przez stronę konfliktu stosującą urządzenia RCIED (*Radio Controlled IED*) detonowane drogą radiową.

1. Charakterystyka IED

W związku z rozbieżnością polskojęzycznej terminologii używanej do zdefiniowania IED w normie obronnej NO-02-A043 i słownikach NATO (AAP-6 i AAP-19), posłużymy się propozycją uniwersalnej definicji tego rodzaju broni, sformułowanej w [2], a brzmiącej w następujący sposób: *Prowizoryczne urządzenie wybuchowe (IED) — jest to urządzenie wybuchowe sporządzone w sposób prowizoryczny, przeznaczone do rażenia ludzi i (lub) środków (przedmiotów) materialnych. Zawiera przedmiot wybuchowy i inne elementy (przedmioty) pochodzenia wojskowego i (lub) niewojskowego.*

Jest to zatem urządzenie stosunkowo tanie i proste w produkcji, pozwalające jego operatorom na uniknięcie kontaktu zbrojnego z silniejszym przeciwnikiem. Ponadto IED jest bronią efektywną, zbudowaną ze składników zarówno pochodzenia wojskowego (rys. 1), jak również cywilnego (rys. 2), ograniczającą możliwości manewrowe wojsk na poziomie taktycznym.

Rys. 1. Urządzenia IED wykonane na bazie uzbrojenia wojskowego (pociski moździerzowe, pociski artyleryjskie, miny)

Zwykle spektakularny charakter ataku i związane z nim straty przeciwnika umożliwiają stosującej je stronie konfliktu wpływanie na globalną opinię publiczną i pośrednio na decyzje rządów krajów zaangażowanych w konflikt. W tym stanie rzeczy IED w połączeniu z kampanią informacyjną może mieć nieproporcjonalne oddziaływanie na prowadzone operacje na poziomie operacyjnym, a nawet strategicznym.

Rys. 2. Urządzenia IED wykonane z materiałów ogólnodostępnych

Ze względu na sposób detonacji wyróżnia się następujące rodzaje prowizorycznych urządzeń wybuchowych: naciskowego działania, inicjowane przez podniesienie, kierowane drogą radową, kierowane przewodowo, umieszczone na samobójcy, umieszczane w pojeździe z kierowcą samobójcą [3]. Urządzenia te mogą różnić się między sobą, jednakże we wszystkich można wyróżnić charakterystyczne elementy, tj.: przełącznik powodujący inicjację działania zapalnika, zapalnik, główny ładunek wybuchowy, źródło zasilania i pojemnik.

Urządzenia IED zazwyczaj są maskowane w celu utrudnienia ich identyfikacji. Przykładowe sposoby ukrywania pułapek wykorzystujących ten rodzaj broni przedstawiono na rysunku 3. Do tego celu mogą być wykorzystywane kamienie, płaszcze, folia, butelki, opony, a nawet można spotkać IED zalane betonem.

Rys. 3. Przykłady maskowania urządzeń IED

Z uwagi na zwiększenie możliwości osiągnięcia celów operacyjnych i strategicznych, stosująca IED strona konfliktu stara się rozmieszczać je w dużych skupiskach ludzkich, tj.: na targach, często uczęszczanych trasach, w punktach powodujących skanalizowanie ruchu (mosty, przepusty, wiadukty), punktach powodujących

spowolnienie ruchu (wąskie ulice, spowalniacze ruchu) oraz w punktach charakterystycznych, jak skrzyżowania ulic, zjazdy z tras głównych i tym podobne.

Zagrożenia związane z prowizorycznymi ładunkami wybuchowymi i konsekwencje ataków przeprowadzanych przy ich zastosowaniu określone zostały w doktrynie AJP-3.15. W celu minimalizacji ryzyka skutecznego ataku oraz ograniczenia jego skutków w razie powodzenia, w dokumencie zawarte zostały priorytety i procedury zwalczania systemu IED zarówno jako całości, jak i poszczególnych jego części [4].

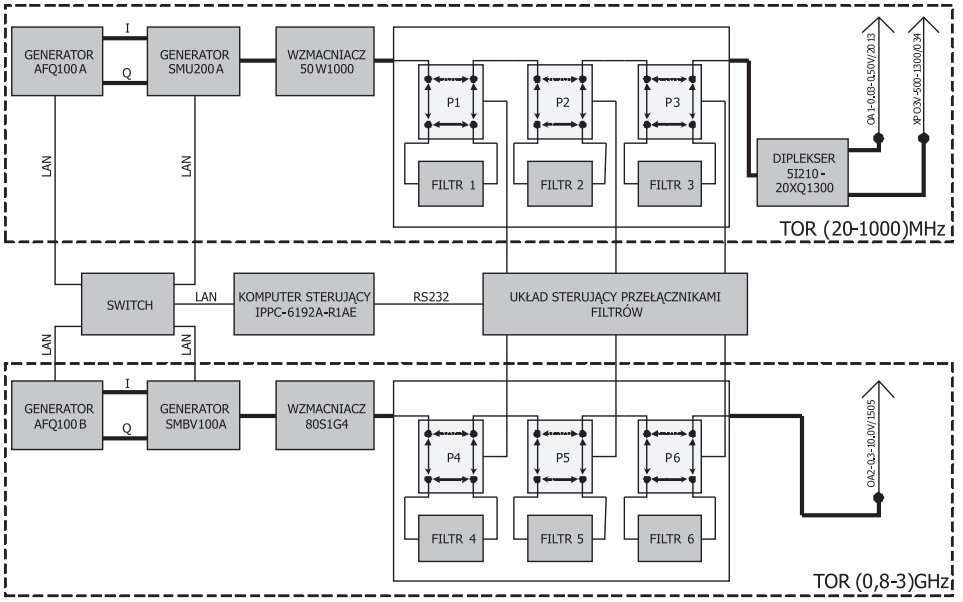
Podczas ataków na siły sojusznicze najczęściej stosowane są urządzenia IED detonowane drogą radiową — RCIED. Dowodem na to jest fakt, iż w Iraku tego typu ataki stanowiły od 50 do 60% wszystkich ataków na siły sojusznicze przeprowadzonych z zastosowaniem IED [3]. W związku z powyższym niezwykle aktualna jest potrzeba neutralizacji urządzeń RCIED poprzez oddziaływanie elektromagnetyczne.

Taki stan rzeczy był powodem podjęcia na Politechnice Gdańskiej, w Katedrze Systemów i Sieci Radiokomunikacyjnych, prac nad systemem AEGIS, którego zadaniem jest ochrona obiektów mobilnych przed zagrożeniami związanymi z prowizorycznymi urządzeniami wybuchowymi detonowanymi drogą radiową.

2. Demonstrator technologiczny systemu AEGIS

Demonstrator technologiczny urządzenia zagłuszającego systemu AEGIS podzielony jest na dwa niezależne tory zagłuszające (rys. 4) sterowane przy pomocy komputera z panelem dotykowym. Pierwszy tor, obejmujący częstotliwości z zakresu od 20 MHz do 1 GHz, zbudowany jest z generatora AFQ100A sygnałów w paśmie podstawowym oraz z generatora SMU200A, przenoszącego widmo sygnału w pasmo wysokich częstotliwości. Tak przygotowany sygnał jest wzmacniany we wzmacniaczu 50W1000, a następnie podawany na zespół przełączanych filtrów pasmowo-zaporowych. W zależności od częstotliwości, które powinny być chronione (tzw. pasma chronione, które nie powinny być zagłuszane), np. częstotliwości działania wojskowych urządzeń radiokomunikacyjnych, można podłączać dowolne filtry, których przełączanie jest realizowane przy pomocy przekaźników transferowych (P1, P2, P3) wysokiej mocy. Następnie sygnał jest rozdzielany w diplekserze 5I210-20XQ1300 na dwa podpasma: od 20 MHz do 500 MHz oraz od 500 MHz do 1 GHz, które podawane są na dwie niezależne anteny nadawcze, odpowiednio AO1-0.03-0.50V/2013 oraz XPO3V-500-1300/034.

Z kolei drugi tor zagłuszający, obejmujący częstotliwości z zakresu od 0,8 GHz do 3 GHz, zbudowany jest z generatora AFQ100B sygnałów w paśmie podstawowym. Funkcje generatora nośnej i modulatora realizowane są przez generator SMBV100A. Zagłuszający sygnał w.cz. po wzmocnieniu we wzmacniaczu 80S1G4 podawany jest na zespół filtrów pasmowo-zaporowych, przełączanych w identyczny sposób, jak ma



Rys. 4. Schemat blokowy urządzenia zagłuszającego systemu AEGIS

to miejsce w pierwszym torze zagłuszającym. Po procesie filtracji sygnał podawany jest na antenę nadawczą OA2-0.3-10.0V/1505.

Należy podkreślić, że wykorzystywane generatory AFQ100A oraz AFQ100B pozwalają na generowanie w danej chwili zagłuszających sygnałów w.cz. w pasmach o szerokościach odpowiednio 240 MHz i 528 MHz. W zależności od potrzeb zastosowanie tych generatorów w poszczególnych torach zagłuszających może być dowolne.

Komputer sterujący IPPC-6192A-R1AE ma za zadanie realizację algorytmu generowania cyfrowej postaci sygnału zagłuszającego na podstawie wprowadzonych przez użytkownika parametrów. Na podstawie powyższego generowany jest sygnał zagłuszający w paśmie podstawowym i dalej w paśmie wysokich częstotliwości. Ponadto komputer sterujący odpowiedzialny jest za sterowanie pracą generatorów AFQ100A, AFQ100B, SMBV100A i SMU200A (za pośrednictwem interfejsów Ethernet) oraz pracą przełączników filtrów (za pośrednictwem interfejsów RS232). Wytypowany komputer ma dotykowy wyświetlacz, co znacząco upraszcza obsługę urządzenia. Dodatkowo całość urządzenia zamontowana jest w dwóch szafach 19", umieszczonych na specjalnym wózku, co ułatwia przemieszczanie urządzenia podczas testów. Wygląd demonstratora technologicznego urządzenia AEGIS w trakcie badań terenowych przedstawiony został na rysunku 5.

Parametry techniczne i eksploatacyjne zrealizowanego w powyższy sposób demonstratora zestawione zostały w tabeli 1.

Rys. 5. Wygląd demonstratora technologicznego urządzenia AEGIS w trakcie badań terenowych

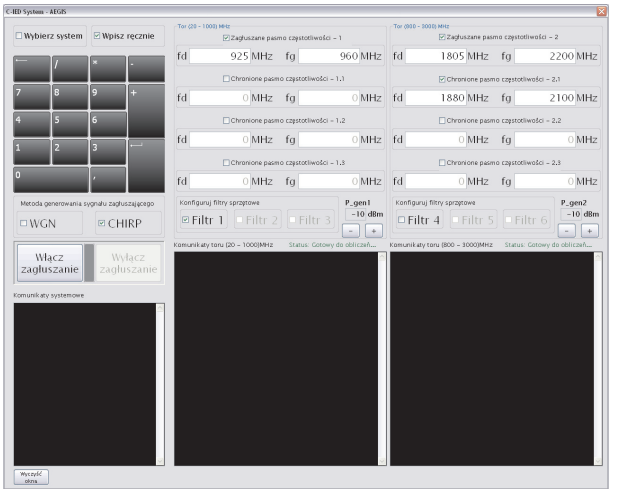
Tabela 1

Parametry demonstratora technologicznego urządzenia zagłuszającego AEGIS

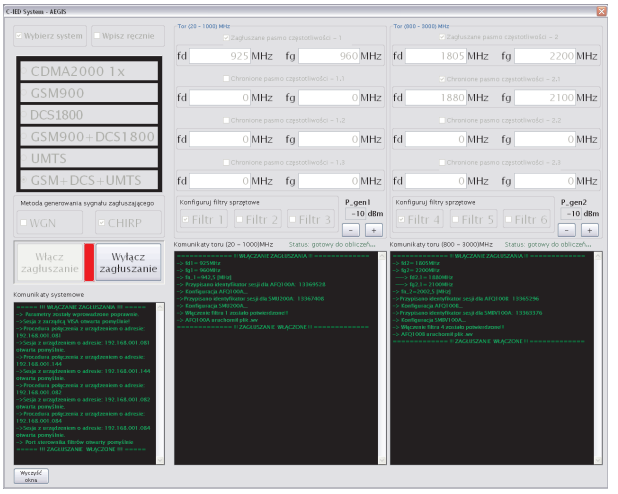
Zagłuszane pasmo częstotliwości		(20-3000) MHz
EIRP	dla (20-1000) MHz	≤ 80 W
	dla (0,8-3) GHz	≤ 128 W
Szerokość pasma zagłuszanego jednocześnie	dla (20-1000) MHz	≤ 240 MHz
	dla (0,8-3) GHz	≤ 528 MHz
Metoda zagłuszania		Bariera szerokopasmowa
Pobór mocy z sieci elektroenergetycznej		< 1,6 kW
Sterowanie		— przewodowe — LAN — panel dotykowy
Rodzaj elementów promieniujących		— 3 anteny dookólne — kable promieniujące
Zastosowanie		— ochrona obiektów mobilnych przed RCIED na terenie otwartym — zagłuszanie sieci komórkowych w pomieszczeniach — zagłuszanie dowolnych sieci radiokomunikacyjnych — możliwość dostosowania parametrów do wymagań odbiorcy

3. Interfejs użytkownika

Na rysunkach 6 i 7 przedstawiony został interfejs użytkownika, który widoczny jest na panelu dotykowym urządzenia AEGIS. Poprzez interfejs użytkownik może wybierać standardowy system do zagłuszania lub wprowadzać parametry sygnału zagłuszającego, wraz z chronionymi pasmami częstotliwości, za pośrednictwem klawiatury numerycznej.



Rys. 6. Interfejs użytkownika — ręczna konfiguracja, zagłuszanie wyłączone



Rys. 7. Interfejs użytkownika — wybór systemu, zagłuszanie włączone

Ponadto możliwy jest wybór metody generowania sygnału zagłuszającego: WGN — na bazie białego szumu gaussowskiego, lub CHIRP — na bazie sygnałów z przemiataniem częstotliwości. Użytkownik może także włączać poszczególne filtry sprzętowe w tor sygnału zagłuszającego oraz sterować mocą poszczególnych generatorów. Pozostałe operacje wykonywane są przez komputer sterujący automatycznie, na podstawie wprowadzonych parametrów oraz zapisanego w pamięci algorytmu.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono demonstrator technologiczny systemu AEGIS emitujący barierę elektromagnetyczną w paśmie od 20 MHz do 3 GHz. Pasmo to obejmuje główny zakres środków, jakie można wykorzystać do bezprzewodowej detonacji IED [5]. Dodatkowo przewidziano możliwość określania przez operatora tzw. pasm chronionych, dzięki czemu możliwe jest przeciwdziałanie detonacji urządzeń RCIED przy jednoczesnym zapewnieniu ciągłości własnej komunikacji. Urządzenie zagłuszające systemu AEGIS jest łatwe w obsłudze, dzięki intuicyjnemu interfejsowi użytkownika, natomiast wybór zakłócanych pasm jest ułatwiony dzięki zastosowaniu ekranu dotykowego. Takie rozwiązania pozwalają na dopuszczenie do obsługi urządzenia osoby po krótkim przeszkoleniu.

Zaangażowanie polskiego wojska w ramach międzynarodowych sił wsparcia bezpieczeństwa w Afganistanie ISAF (*International Security Assistance Force*) wymagało i nadal wymaga zapewnienia polskim żołnierzom maksimum bezpieczeństwa. W tym celu wyposażono ich m.in. w systemy obezwładniania elektromagnetycznego. Obecnie przez Siły Zbrojne RP stosowane są m.in. system EJAB-MB izraelskiej firmy Elisra czy też wypożyczone od Amerykanów urządzenia zagłuszające DUKE — AN/VLQ-12(V)2 [6].

Należy zwrócić uwagę na fakt, że żaden z oferowanych na rynku systemów nie jest w pełni polskim produktem. Co najwyżej może być dystrybuowany przez polskich pośredników. Taki stan rzeczy był głównym powodem rozpoczęcia prac nad systemem AEGIS, do którego głównych zalet należy zaliczyć szerokie pasmo generowanych sygnałów zagłuszających, możliwość wyboru wąskich pasm chronionych, a także nieskomplikowaną obsługę. Warto także podkreślić, że rozwiązania zastosowane w nadajniku zagłuszającym AEGIS stanowią przedmiot zgłoszenia patentowego P.398050 [7].

Niniejsza praca naukowa jest finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2012 w postaci projektu rozwojowego nr O R00 0007 12. Autorzy pracy pragną podziękować za przydzielone na ten cel środki finansowe.

LITERATURA

[1] T. Ciszewski, *Zarządzanie sytuacją kryzysową w środowisku zagrożonym IED*, Zeszyty Naukowe WSOWL, 3 (157), 2010, 205-224.

[2] S. Kowalkowski, *Improwizowane urządzenia wybuchowe — definicje*, Przegląd Wojsk Lądowych, 06, 2010, 22-27.

[3] S. Kowalkowski, *Zagrożenia i przeciwdziałanie IED*, Przegląd Wojsk Lądowych, 05, 2009, 26-37.

[4] R. Ambroziak, S.J. Ambroziak, R.J. Katulski, *Metody walki z prowizorycznymi urządzeniami wybuchowymi w świetle doktryny AJP-3.15*, Zeszyty Naukowe WSOWL, 4 (162), 2011, 28-37.

[5] A. Witczak, R. Fiszer, E. Saslekov, *Mobilne systemy obezwładniania elektronicznego — możliwości realizacji*, Systemy Rozpoznania i Walki Elektronicznej, KNTWE'10, Pisz, 23-25 listopada 2010.

[6] G. Hołdanowicz, *Czeskie narzędzie przeciw R2CID*, RAPORT — Wojsko, Technika, Obronność, 04, 2010, 26-29.

[7] S.J. Ambroziak, R.J. Katulski, J. Sadowski, J. Stefański, *Układ do kształtowania widma sygnału radiowego*, zgłoszenie patentowe P.398050, 2012.

S.J. AMBROZIAK, R.J. KATULSKI, J. SADOWSKI, J. STEFAŃSKI

The C-IED technology demonstrator

Abstract. The article presents a device to emitting an electromagnetic curtain to protect against IED. A technology demonstrator of AEGIS system, destined for Countering Improvised Explosives Devices has been described. The demonstrator was developed at Gdansk University of Technology. An implemented original method of generation of the jamming signal with freely shaped frequency spectrum is also presented. This method is a subject of patent application No. P.398050.

Keywords: telecommunications, electromagnetic curtain, homeland security, IED, RCIED, technology demonstrator