



Rodzaj pracy: magisterska

Dplomant: ppor. mgr inż. Jan Dułowicz

Promotor: dr inż. Paweł Skokowski

Opracowanie efektywnej metody zakłócania łącza telekomunikacyjnego standardu LTE z wykorzystaniem UAV

Wprowadzenie

Celem pracy dyplomowej było opracowanie autonomicznego bezzałogowego systemu powietrznego, którego zadaniem jest wykrywanie transmisji sieci komórkowej oraz zakłócanie jej. W proponowanym systemie wykrywanie transmisji jest realizowane dla łącza w dół DL (ang. Downlink) (tj. ze stacji bazowej do stacji mobilnej) oraz w łączu w górę UL (ang. Uplink) (tj. ze stacji mobilnej do stacji bazowej). Proponowane rozwiązanie jest systemem z kategorii operacyjno-rozpoznawczej. Jako zasadnicze warunki pracy systemu należy rozumieć misje, gdzie zakłócenie kluczowej stacji bazowej może ułatwić realizację zadań przydzielonych wojskom specjalnym. Dodatkowo system zamontowany na statku powietrznym jest łatwy w transporcie, a jego operatorzy mogą pracować z dala od strefy potencjalnego zagrożenia ze strony wroga. Głównym elementem systemu jest programowalne radio SDR, które w sposób autonomiczny i inteligentny wygrywa emisje radiowe na wybranych częstotliwościach na pierwszym torze radiowym oraz w oparciu o wyniki analizy częstotliwościowej – wysyła w rejonie funkcjonowania stacji bazowej sygnał zakłócający na drugim torze radiowym. Radio programowalne jest zamontowane na komercyjnym bezzałogowym statku powietrznym, który również został wyposażony w komputer pokładowy oraz układ zasilający. Przewagą tego rozwiązania nad konwencjonalnym systemem zakłócającym jest możliwość zakłócania pracy stacji bazowej bez emisji sygnału interferującego dużej mocy. Wykonany system służy do zakłócania łączności 2G,3G, LTE oraz 5G. Przedstawione w pracy rozwiązanie otrzymało również wyróżnienie w konkursie MON na Bezzałogowy Statek Powietrzny, jako projekt pt. „ANDRZEJ”.

Badania

Do wykonania projektu wykorzystano radio programowalne USRP B200mini, mikrokomputer Raspberry Pi 4B, moduł zasilający PIJuice oraz dron DJI Mavic 3.

Łączność z mikrokomputerem zrealizowana została w oparciu o standard WiFi lub Ethernet z wykorzystaniem oprogramowania VNC. Program do sterowania torami radiowymi wykonany został w środowisku GNU Radio. Jako sygnał zakłócający wykorzystano szum biały o płaskiej charakterystyce gęstości prawdopodobieństwa typu uniform, generowany przy użyciu pliku z próbkami I/Q. Na potrzeby testów skuteczności wykonano zakłócanie szerokopasmowe, zakłócanie pilot carrierów oraz szybko-przestrjalny szum wąskopasmowy. Wykonane testy zostały zrealizowane w Instytucie Systemów Łączności Wojskowej Akademii Technicznej z wykorzystaniem zespołu stacji bazowych LTE oraz stacji bazowej 5G. Najskuteczniejszą metodą okazała się metoda zakłócania z wykorzystaniem szybko-przestrjalnego szumu wąskopasmowego.



Rys. 1. Bezzałogowy Statek Powietrzny z układem zakłócającym zasilanym z drona (po lewej) oraz wykorzystaniem PiJuice (po prawej)



Rys. 2. Zakłócanie stacji bazowej 5G sygnałem OFDM wykonanym metodą przestrojenia częstotliwości środkowej o 0,1 sekundy



Rys. 3. Porównanie parametrów jakościowych łącza downlink i uplink sieci 5G bez zakłócania z aktywnym sygnałem zakłócającym



Rys. 4. Graficzny interfejs użytkownika do sterowania radiem programowalnym

Wnioski

Wykonany system został zrealizowany na etapie demonstratora technologii.

Jako zalety opracowanego rozwiązania można przedstawić następujące elementy:

- Niski poziom emisji sygnału zakłócającego, co zmniejsza ryzyko wykrycia;
- Modułowość systemu zakłócającego;
- Zwiększenie poziomu bezpieczeństwa operatorów systemu zakłóceń poprzez zastosowanie autonomicznych trybów lotu BSP;
- Możliwość rozbudowy modułu zakłócającego o inne pasma telefonii komórkowej;
- Potencjał zastosowania do zakłócania nowopowstających sieci 6G.