

Streszczenie

Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej jest projekt, implementacja oraz analiza różnych algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów na potrzeby wielopasmowego systemu radiolokacji pasywnej (PCL – Passive Coherent Location), umożliwiającego wykrywanie, klasyfikację oraz śledzenie obiektów niekooperujących, ze szczególnym uwzględnieniem helikopterów. W pracy zaproponowano autorskie rozwiązania algorytmiczne oraz przeprowadzono szereg badań symulacyjnych i eksperymentalnych, opartych na rzeczywistych danych pomiarowych. Dokonano analizy charakterystyk sygnałów użytecznych dla radarów pasywnych – sygnałów DVB-T/T2 oraz FM – w kontekście ich przydatności do detekcji celów powietrznych. Wykazano znaczące różnice pomiędzy tymi sygnałami oraz potrzebę indywidualnego podejścia do ich przetwarzania w ramach jednego, wielopasmowego systemu pasywnego. Pomimo różnic w szerokości pasma, częstotliwości nośnej i rodzaju modulacji, każdy z analizowanych sygnałów może być z powodzeniem wykorzystany w praktyce. Zaproponowano również dedykowane algorytmy, poprawiające efektywność ich przetwarzania w systemie PCL.

Istotnym zagadnieniem poruszonym w pracy była detekcja i klasyfikacja helikopterów. Zaproponowano nową metodę identyfikacji helikopterów na podstawie analizy przekroju Dopplerowskiego echa. Dzięki zastosowaniu transformaty Fouriera oraz autokorelacji profilu prędkościowego, możliwe było wykrycie łopat wirnika i estymacja ich charakterystycznych parametrów, takich jak częstotliwość obrotów. Metoda ta wykazała się dużą uniwersalnością – skutecznie działała nie tylko w paśmie DVB-T, ale również w trudniejszych warunkach propagacyjnych związanych z sygnałami FM i GSM.

W kolejnej części rozprawy przedstawiono system śledzący oparty na Rozszerzonym Filtrze Kalmana (EKF). Dokładność systemu oceniono na podstawie badań symulacyjnych oraz analiz z wykorzystaniem danych pomiarowych, również w obecności fałszywych detekcji oraz przy założeniu niedoskonałych modeli ruchu. Wykazano, że efektywność śledzenia zależy nie tylko od liczby i rozmieszczenia par bistatycznych, ale także od właściwości zastosowanego sygnału.

Rozprawę kończy podsumowanie uzyskanych wyników oraz wskazanie możliwych kierunków dalszych prac badawczych. Otrzymane rezultaty potwierdzają duży potencjał radarów pasywnych w zastosowaniach cywilnych i militarnych.

Słowa kluczowe: radiolokacja pasywna, radar bistatyczny, system wielopasmowy, śledzenie obiektów, Interacting Multiple Model (IMM), Multiple Hypothesis Tracking (MHT), Rozszerzony Filtr Kalmana (EKF), Digital Video Broadcasting – Terrestrial (DVB-T)