



**Koło Naukowe
Radiolokacji i Cyfrowego
Przetwarzania Sygnałów**

Rozwój aktywno-pasywnego systemu detekcji i lokalizacji bezzałogowych aparatów latających „Dronolokator”

Opis projektu

Cele i założenia projektu

Projekt aktywno-pasywnego systemu detekcji i lokalizacji bezzałogowych aparatów latających „Dronolokator” ma na celu stworzenie kompleksowego systemu wykorzystującego wiele różnorodnych technik z zakresu radiolokacji i lokalizacji radiowej do wykrycia i ustalenia położenia bezzałogowych aparatów latających, w szczególności wielowirnikowych (popularnie zwanych „Dronami”).

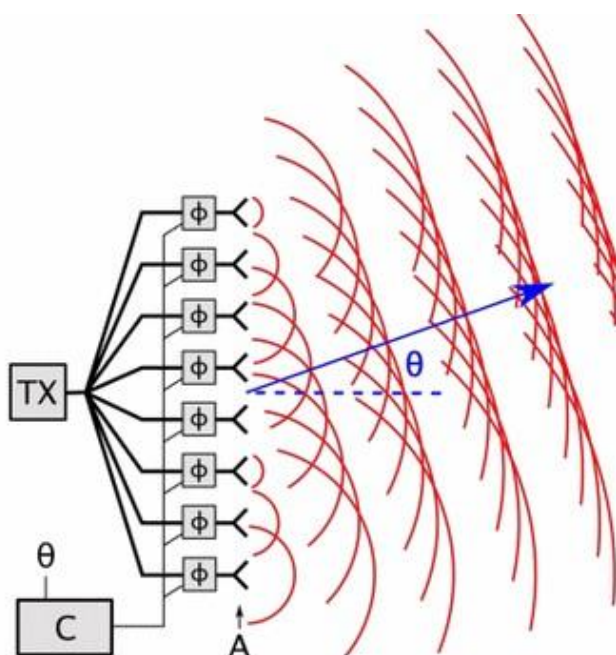
Jak wspomniano docelowo system będzie wykorzystywał różne techniki radiolokacyjne. Będą to następujące możliwe tryby pracy:

- ❖ Aktywny – czyli tryb, w którym emitowana jest fala oświetlająca cel, która jest przez niego rozpraszana i jej echo dociera z powrotem do odbiornika. W tym projekcie zastosowanie będą miały tryby pracy z falą ciągłą.
 - FMCW (Frequency-modulated continuous-wave) – tryb, w którym emitowana w sposób ciągły fala jest zmodulowana częstotliwościowo (jej częstotliwość zmienia się w czasie)
 - Szumowy – tryb, w którym emitowany jest pseudolosowy sygnał małej mocy, który trudno odróżnić od szumu, co czyni go bardzo trudnym do wykrycia.
- ❖ Pasywny – czyli tryb, w którym nie jest emitowana żadna fala i lokalizacja celu następuje jedynie poprzez analizę sygnałów docierających do odbiornika
 - PCL (Passive coherent location) – tryb, w którym jako oświetlenie celu wykorzystywane są pracujące niezależnie od systemu nadajniki radiowe (np. nadajniki radiofonii FM, telewizji DVB-T itp.). Sygnał odbierany bezpośrednio z nadajnika porównywany jest z echem pochodzącym od obserwowanego obiektu.
 - PET (Passive emitter tracker) – tryb, w którym nie wykorzystuje się żadnego oświetlenia celu, korzysta się jedynie z sygnału, który sam cel emituje. W przypadku dronów jest to np. sygnał wideo z kamery. W tym trybie pracy położenie celu określa się za pomocą estymacji AoA (Angle of arrival), czyli współrzędnych kątowych celu względem odbiornika, co w przypadku więcej niż jednego odbiornika daje jednoznaczny pomiar położenia albo TDoA (Time difference of arrival), czyli różnicy w czasie przybycia sygnału do różnych odbiorników.

Prędkość celu można określić za pomocą pomiaru prędkości względem poszczególnych odbiorników korzystając z efektu Dopplera.

Z wszechstronności systemu wynika zaleta możliwości dostosowania trybu działania do warunków. Np. w przypadku drona emitującego sygnał wideo możliwa jest jego obserwacja za pomocą techniki PET, jednak w przypadku braku sygnału emitowanego przez drona możliwe jest przełączenie w tryb PCL. Z kolei w przypadku braku oświetlenia potrzebnego do pracy w tym trybie system przełączyłby się w tryb aktywny.

Ważnym elementem potrzebnym do poprawnej pracy systemu w każdym z powyższych trybów jest możliwość sterowania charakterystyką kierunkową anteny. Innymi słowy potrzebna jest możliwość określenia kierunku, w którym promieniowana jest fala elektromagnetyczna oraz kierunku, z którego jest ona odbierana. Realizuje się to poprzez podzielenie anteny na wiele elementów, z których do każdego z nich doprowadzony jest sygnał z odpowiednim opóźnieniem. Zilustrowano to na rysunku poniżej:



Jednym z ważnych elementów projektu było wykonanie takiej anteny nadawczej poprzez zaprojektowanie i wykonanie obwodów drukowanych z odpowiednimi układami mikrofalowymi i segmentami anteny.

W ubiegłym roku zaimplementowane zostały tryby FMCW oraz szumowy. Na końcowym etapie znajduje się również montaż anteny ze sterowaną wiązką.

W tym roku planowane jest zaimplementowanie trybu PCL oraz zbudowanie analogowego front-endu zoptymalizowanego pod kątem pracy z radarem FMCW oraz szumowym. Analogowym front-endem nazywamy tutaj układy radioelektroniczne konieczne do pracy radaru, od których parametrów zależy większość parametrów radaru. Dotychczasowe testy z radarem FMCW oraz szumowym dostarczyły obiecujących wyników, jednak wykazały konieczność budowy takich układów. Część odbiorcza front-endu docelowo zostanie wykonana w kilku sztukach, co pozwoli na cyfrową implementację techniki kształtowania wiązki anteny (opisaną powyżej), tym razem w kierunku odbiorczym. Każda z wykorzystanych technik radiolokacyjnych była już implementowana w ramach projektów Koła, jednak

Dronolokator będzie pierwszym projektem, który wykorzystuje ich kilka jednocześnie i jest ukierunkowany na konkretne zastosowanie, do pracy z konkretnym rodzajem celu.

System będzie rozwijany za pomocą urządzeń klasy USRP (Universal Software Radio Peripheral), czyli konfigurowalnych urządzeń radiowych pozwalających na realizację wielu funkcjonalności poprzez realizację ich w strukturach logiki programowalnej (układ FPGA) lub w sposób programowy (jako program uruchamiany na komputerze, do którego podłączone jest urządzenie). Wspomniany układ FPGA jest to układ cyfrowy, którego funkcjonalność można wielokrotnie konfigurować za pomocą odpowiedniego oprogramowania. Pozwala on na dużo wydajniejsze przetwarzanie sygnałów niż komputer. Koło posiada takie urządzenia, jak również ma możliwość wypożyczania ich dzięki uprzejmości Zespołu Technik Radiolokacyjnych. Zdjęcia niektórych urządzeń tego typu przedstawiono poniżej:



Wartość naukowo-dydaktyczna projektu

Wartość projektu w kontekście dydaktycznym wynika z możliwości praktycznego zapoznania się jego uczestników z wieloma technikami radiolokacyjnymi, zgłębienia problematyki algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów jak i ich implementacji w strukturach układów FPGA. Ponadto ważnym w tym kontekście elementem projektu jest antena ze sterowaną wiązką. Tego typu anteny są coraz szerzej stosowane w różnego rodzaju systemach radiowych.

Z punktu widzenia naukowego projekt ten pozwoli na stworzenie publikacji ze względu na połączenie wielu technik radiolokacyjnych w jednym systemie przeznaczonym do detekcji i lokalizacji dronów, co jest zastosowaniem stosunkowo nowym. Dotychczasowe publikacje naukowe rzadko skupiają się na detekcji celów o charakterystyce porównywalnej z dronem. Kolejnym efektem prac nad projektem będzie stworzenie pewnego studium przydatności konkretnych technik do detekcji i lokalizacji drona w określonych warunkach. Ponadto tworzony system mieściłby się w definicji kognitywnego systemu radiolokacyjnego, tzn. systemu, który swój tryb i parametry pracy dostosowuje do aktualnej sytuacji bazując na aktualnych danych, oraz wcześniejszej wiedzy.

Innowacyjność i zastosowanie projektu

Obecnie nie są jeszcze używane tak kompleksowe systemy wykrywania i lokalizacji dronów. Stworzone w ramach projektu rozwiązanie byłoby z tego powodu bardzo innowacyjne. Stworzony system znalazłby zastosowanie w wielu miejscach. Przede wszystkim w przypadku lotnisk, w okolicach których obecność dronów stwarza realne ryzyko kolizji ze statkami powietrznymi. Ponadto w przypadku budynków i terenów kluczowych z punktu widzenia bezpieczeństwa państwa możliwość szybkiego wykrycia i zlokalizowania drona jest bardzo ważna. Obecnie notuje się coraz więcej przypadków pojawiania się dronów w miejscach, w których loty tego typu aparatów latających są zabronione, co dodatkowo świadczy o potencjalnym zastosowaniu stworzonego systemu.

Potencjał rozwoju

Pierwszym kierunkiem rozwoju będzie implementacja trybu PCL. Następnie system można rozwijać poprzez implementację radaru multistatycznego, tzn. korzystającego z wielu anten znacząco oddalonych od siebie. Pozwoliłoby to na użycie systemu np. na dużym obszarze, w którym znajduje się wiele budynków. Połączenie danych zbieranych z wielu miejsc umożliwiłoby ciągłe śledzenie wykrytego drona nawet w przypadku, w którym latałby on np. między budynkami.

Innym kierunkiem rozwoju mogłoby być udoskonalenie anten (zarówno nadawczej jak i odbiorczej) poprzez dodawanie kolejnych jej segmentów, co pozwoliłoby na coraz bardziej precyzyjne sterowanie nią. Ponadto rozwój projektu możliwy byłby poprzez udoskonalanie algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów w celu coraz doskonalszego określania lokalizacji drona.