

Concept of alternative methods of communication with unmanned aircraft for the control flight permitted outside eye contact (Bulos)

Eugeniusz PIECHOCZEK*

Bartosz STOLTNY**

STRESZCZENIE: Artykuł przedstawia możliwości wykorzystania szerokiego zakresu środków łączności, oraz osprzętu wspomagającego dla celów wykonywania misji z wykorzystaniem Bezzałogowych Statków Powietrznych, bez względu na rodzaj. Wytypowanym do analizy obszarem jest ogólnodostępna sieć GSM oraz alternatywne częstotliwości radiowe w systemach typu Long Range System. W dalszej części artykułu, analizie poddano pokrycie zasięgiem GSM terenu RP, możliwość wykorzystania innych częstotliwości radiowych w świetle przepisów i nadzoru przez Urzędu Komunikacji Elektronicznej.

Słowa Kluczowe: UAV, RPAS, BVLOS, LRS, Poza zasięgiem wzroku, Alternatywna komunikacja, System dalekiego zasięgu, Bezzałogowe statki powietrzne.

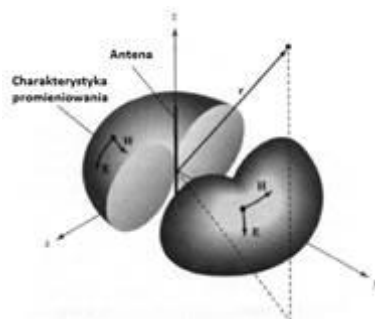
1.Wstęp

Aktualnie wielu producentów bezpilotowych statków powietrznych (BSP) opiera komunikację pomiędzy BSP a naziemną stacją kontroli (GCS – Ground Control System), na falach radiowych o częstotliwości 2,4GHz i 5,8GHz nadawanych przy użyciu anteny typu „bacik”. Takie systemy komunikacji są często spotykane w zestawieniu z innymi rozwiązaniami, zarówno w zakresie częstotliwości fal, mocy nadawczej i narzędzia wysyłania komunikatu. Warto rozważyć możliwe czynniki modyfikacji istniejących systemów dla poprawy niezawodności jak i również zasięgu umożliwiającego wykonywanie misji BSP na dalekich dystansach.

Przesyłanie i odbieranie sygnałów radiowych umożliwiają anteny, najczęściej posiadające tę samą konfigurację. Wykorzystywanie anten o wąskim widmie - anten kierunkowych, może wiązać się z koniecznością umieszczania ich na obrotowej wieżyczce / głowicy – tzw. „trackerze”. Niektóre przypadki wymagają umieszczenia więcej niż jednej anteny. Zapewnienie warunków odbioru wiąże się z zachowaniem kontaktu pomiędzy stacją nadawczą a odbiornikiem, to znaczy sytuacją, w której BSP może odbierać sygnał z stacji nadawczej.

Do najczęściej stosowanych anten na potrzeby kontrolowania misji BSP zalicza się: ćwierć – falowe pionowe anteny (pot. typu „bacik”); anteny typu Yagi (Yagi – Uda); paraboliczne (talerz); anteny dookólne (typu „koniczynka”); helikalne (śrubowe); Anteny powinny stanowić zoptymalizowany element systemu a ich dobór powinien zostać podyktowany zamierzonym przeznaczeniem. Nowoczesne anteny są wyspecjalizowanymi, skomplikowanymi technologicznie urządzeniami. Omówienie ich w niniejszym tekście

stanowi jedynie elementarne wprowadzenie dla dalszych studiów nad ich budową, właściwościami, technologią. Ponad miarę, autorzy tekstu pragną zwrócić uwagę czytelnika na potencjalne korzyści, jakie może wygenerować odpowiednio zoptymalizowany system.



Antena ćwierć – falowa ustawiona np. w pozycji pionowej posiada wówczas polaryzację pionową. Takie ustawienie wymaga od systemu podobnej polaryzacji dla anteny odbierającej sygnał. Zmiana w polaryzacji anten nadawczej lub odbiorczej względem siebie, skutkować może utratą siły sygnału. Tego typu anteny są wielokierunkowe – promieniują z jednakową siłą we wszystkich kierunkach wokół swojej osi, początek oraz koniec anteny stanowią punkty o najniższym promieniowaniu, charakterystykę rozchodzenia promieniowania zobrazowano na rysunku 1. Z tego powodu siła sygnału gwałtownie zmniejsza się wraz z odległością odbiornika od nadajnika. Takie rozwiązanie znajduje najszersze zastosowanie w lotach wykonywanych lokalnie, w zasięgu wzroku operatora BSP.

Fig. 1. Charakterystyka rozchodzenia promieniowania pochodzącego z anteny ćwierć – falowej. R – promień, E – płaszczyzna zawierająca wektor pola elektrycznego, wskazująca kierunek maksymalnego promieniowania, H – płaszczyzna zawierająca wektor pola magnetycznego, wskazująca kierunek maksymalnego promieniowania

Yagi – Uda – antena o charakterystycznej budowie szkieletu (rysunek 2). Zawiera tylko jeden element aktywny, poparty kilkoma elementami pasywnymi, w celu modyfikacji podstawowej charakterystyki promieniowania w wiązkę kierunkową, z niewielkim promieniowaniem bocznym. Projektując system oparty o rozwiązanie typu Yagi – Uda, twórca powinien tak dobrać elementy urządzenia, aby promieniowanie boczne było jak najmniejsze (rysunek 3).

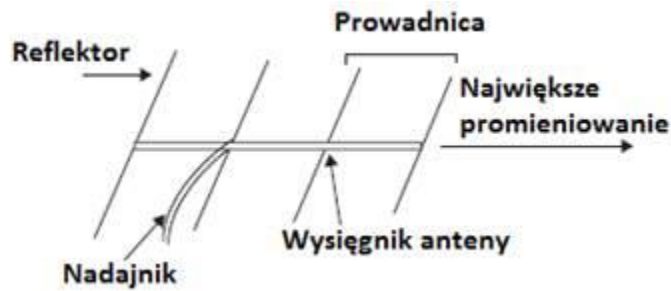


Fig. 2. Schemat budowy anteny typu Yagi – Uda

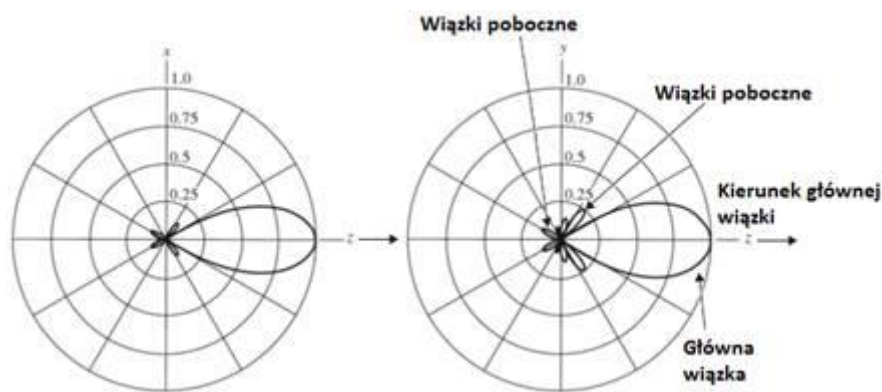


Fig. 3. Symulacja wzoru rozchodzenia się fal. Z lewej w płaszczyźnie pionowej (E), z prawej w płaszczyźnie poziomej (H)

Ukształtowanie anten parabolicznych pozwala na skupienie mocy z źródła punktowego w strumień kierunkowy. Modyfikując średnicę talerza dla zadanej częstotliwości sygnału radiowego, można wygenerować strumień o różnej szerokości (Tabela 1). Anteny paraboliczne posiadają praktyczne zastosowanie w budowie systemów UAV jedynie w częstotliwościach mikrofalowych, natomiast dla wyższych częstotliwości następuje wzrost średnicy talerza, co w efekcie zmniejsza usankcjonowanie takie rozwiązania w systemach bezzałogowych statków powietrznych.

Antena heliakalna. Rozwiązanie tego typu są zasadniczo trójwymiarową konfiguracją anteny liniowej i pętlowej. W swej najprostszej postaci, jej budowa sprowadza się do przewodu skręconego wzdłuż osi podłużnej (jak np. na wzór gwintu), jak pokazano na rysunku 4. W większości przypadków, podstawową formę spirali łączy się z płytką w konfiguracji prostopadłej do osi podłużnej anteny.

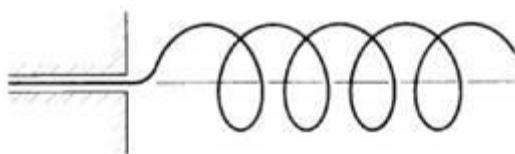


Fig. 4. Schematyczne przedstawienie kształtu anteny heliakalnej

Helisy mogą promieniować w różnych trybach. Na potrzeby zastosowań w systemach BSP, tryb promieniowania osiowego (rysunek 5) leży w obszarze najbardziej pożądanych. Sytuacja ta wynika z maksimum promieniowania odbywającego się wzdłuż osi podłużnej.



Fig. 5. Osiowy tryb promieniowania anteny helikalnej

Dobra kierunkowość jak i przepustowość anten tego typu są powodem ich zastosowania w aplikacjach naziemnych oraz kosmicznych. Takie rozwiązania stosuje się na przykład w satelitach GPS czy radioteleskopach.

2. Ogólnie dostępne systemy typu Long Range System (LRS)

Gdy pojawiła się potrzeba wykonywania lotów BSP na dalsze dystanse, zarówno w amatorskiej i zawodowej grupie zainteresowanych, producenci sprzętu podjęli próby znalezienia rozwiązania. Efektem tych działań było stworzenie tak zwanego "LRS" (ang.: „Long Range System”), czyli systemu składającego się z odpowiedniego nadajnika i odbiornika.

LRS cechuje się znacznym zwiększeniem zasięgu nadawania fal radiowych, w stosunku do tradycyjnych rozwiązań, pracujących na częstotliwościach 35MHz, 2.4GHz czy 5.8GHz. Według ogólnodostępnych informacji podawanych przez producentów, uzyskana łączność między BSP a operatorem sięga do 60km – 70km. Grono wytwórców uzyskało zamierzony efekt poprzez wprowadzenie częstotliwości nadawczej w zakresie 430MHz – 460MHz czy zwiększenie mocy nadawczej (np. Immersion RC, OpenLRS, Dragon Link).^{5,6,7} Częstotliwość nadawania można traktować jako rzecz ogólnodostępną. Jest tak, ponieważ niemalże każda osoba zainteresowana tą tematyką może wyposażyć się w odpowiednie urządzenie emitujące fale radiowe o wybranym przez siebie zakresie. Natomiast istotną kwestią jest zgodność użycia nadajnika radiowego z prawem.

Na terenie Polski pieczę nad komunikacją elektroniczną sprawuje Urząd Komunikacji Elektronicznej. Wykorzystywane w BSP systemy LRS należy zwrócić uwagę, czy jest to prawnie usankcjonowane. Może się to wiązać z uzyskaniem pozwolenia radiowego lub być niezgodne z Krajową Tablicą Przeznaczeń Częstotliwości.

3. Sieć GSM

GSM czyli Global System for Mobile Communications stanowi ogólnie europejski standard cyfrowej sieci telefonii mobilnej. Charakteryzuje się sposobem wykorzystania zajmowanej częstotliwości fal radiowych. Pasma częstotliwości jest podzielone na tzw. częstotliwości nośne. Rejon działania natomiast został podzielony na fragmenty, nazywane komórkami. Każda z takich komórek posiada stację bazową (BTS – Base Transceiver Station), pełniącą funkcję nadajnika i odbiornika częstotliwości fal radiowych, które mają za zadanie zapewnienie łączności z stacjami ruchomymi. Biorąc całościowo pod uwagę sieć telefonii mobilnej pracującą na terenie RP oraz jej podział na komórki, wnioskuje się, że potencjalny zasięg RPAS wyposażonego w moduł GSM nie jest ograniczony mocą nadajnika i rodzajem stosowanej w nim anteny.

Obecnie obserwuje się występowanie kilku wiodących operatorów na terenie Polski. Liczba BTS sprawia, że pokrycie zasięgiem sieci GSM obejmuje niemalże cały kraj – rysunek 6. Ilość stacji pracujących tylko w systemach GSM 900 i 1800 (różnica wynika z zakresów częstotliwości, na których komunikują się z sobą stacje bazowe i ruchome) na dzień 25.04.2016 wynosi 58 004 dla operatorów: AERO 2 Sp. Z o.o. , Orange Polska S.A. (całkowity zasięg sieci obejmował 99,4% populacji kraju na okres: Marzec 2015), P4 Sp. Z o.o. (dla mobilnego internetu LTE zasięg obejmuje ponad 81% populacji kraju) , POLKOMTEL Sp. Z o.o. (dla mobilnego internetu zasięg obejmuje ponad 99% populacji kraju), T-Mobile Polska S.A. (dla mobilnego internetu zasięg obejmuje ponad 100% populacji kraju).



Fig. 6. Pokrycie Polski zasięgiem sieci GSM jednego z operatorów

4. Podsumowanie

Spośród istniejących technik komunikacji bezprzewodowej, wykorzystanie sieci telefonii komórkowej GSM czy anten kierunkowych przez bezzatogowe statki powietrzne jest niktę. Takie metody przesyłu informacji na potrzeby kontroli lotu RPAS niewątpliwie stanowią korzystną alternatywę wobec najbardziej spopularyzowanych metod.

Takie rozwiązanie problemu łączności nie tylko znacznie zwiększa zasięg wykonywania operacji, ale również poprawia bezpieczeństwo związane z ryzykiem utraty sygnału. Postuluje się zarazem, aby wprowadzanie systemów łączności na dalekich obszarach było ukierunkowane w szczególności dla grup użytkowników: badawczej i profesjonalnej wykonującej operacje lotnicze. Wynika to z obostrzeniami dotyczącymi przestrzeni powietrznej, przepisami ruchu lotniczego, topografią terenu czy chociażby bardziej prozaicznymi czynnikami jak ubezpieczenie operatora, które to czynniki niekoniecznie mogą być znane przez hobbystów – amatorów, a gdzie rzecz musi się mieć inaczej w przypadku działalności zawodowej.

Wybór systemów i środków łączności jest spory. Specjaliści, zajmujący się projektowaniem i produkowaniem, a także użytkownicy takich rozwiązań w stosunku do RPAS, powinni podejmować decyzję o wyborze wykorzystanych komponentów i użytym systemie już na wczesnym etapie projektowania.

References

R. Austin, Unmanned Aircraft Systems. BSPS Design, Development and Deployment, WILEY, 2010.

C. A. Balanis, Antenna Theory. Analysis and Design. 3rd edition, WILEY, 2005.

C.P. Narayan, Antennas and Propagation, Technical Publications Pune, 2007.

Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, dnia 3 lutego 2014 r., Poz. 161, Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 2013 r. w sprawie Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości.

W. L. Stutzman, G. A. Thiele, Antenna Theory and Design 3rd edition, WILEY, 2013.

B. Zieliński, Bezprzewodowe sieci komputerowe, Helion, 2000.

Recibido el 30 de septiembre de 2016. Aceptado el 25 de noviembre de 2016

* Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Krasinskiego 8 Street, 40-019 Katowice (Poland), E-mail: Eugenius@it.pl ** Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Krasinskiego 8 Street, 40-019 Katowice (Poland), E-mail: aircom.ops@aircom.pl