

Janusz ĆWIKŁAK¹
Marek GRZEGORZEWSKI²
Henryk JAFERNIK³

WYKORZYSTANIE TECHNIKI DRM DO TRANSMISJI DANYCH W SYSTEMIE MONITOROWANIA OBIEKTÓW

Nawiązując do ogólnie znanej idei śledzenia obiektów przy pomocy systemu GNSS opracowano koncepcję systemu śledzenia ruchu statków powietrznych oraz pojazdów, a następnie wytworzono poszczególne komponenty systemu. Proponowany system składa się z trzech podstawowych komponentów: podsystemu pozycjonowania – pokładowych odbiorników GNSS, podsystemu transmisji danych, podsystemu zobrazowania danych. Artykuł zawiera charakterystykę poszczególnych elementów systemu ze szczególnym zwróceniem uwagi na moduł transmisji danych z użyciem radiofonii cyfrowej (DRM) oraz wstępne wyniki badań.

THE USE OF DRM TECHNIQUE FOR DATA TRANSMISSION IN OBJECT MONITORING SYSTEM

The idea of monitoring system for aircraft using satellite navigation systems is in line with the concept of the use of GNSS in aviation, both in Europe and worldwide. The proposed system consists of three basic components: the positioning, airborne GNSS receivers, the data transmission and the ground station. DRM (Digital Radio Mondiale) standard called digital radio is foreseen to be used for data transmission. This technique has got more benefits than FM or AM one. DRM has been successfully operated at power levels ranging from a few watts on 26 MHz through to several hundred kilowatts on long-wave. The using DRM it can obtain a long range of data transmission at low power level. The paper presents the system architecture and preliminary results of studies on DRM technique.

¹ Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303/12, tel: +48 81 551-74-23, fax: +48 81 551-74-17, e-mail: jcwiklak@wp.pl

² Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303/12, tel: +48 81 551-74-23, fax: +48 81 551-74-17, e-mail: marekgrzegorzewski@wp.pl

³ Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303/12, tel: +48 81 551-74-23, fax: +48 81 551-74-17, e-mail: henrykj21@interia.pl

1. WSTĘP

Jak wynika z wywiadów przeprowadzonych wśród personelu służb porządku publicznego istnieje zapotrzebowanie na kompleksowy system nie tylko śledzenia, ale i koordynacji działań [3, 5]. Zarówno przedstawiciele policji, straży granicznej, jak i straży pożarnej sądzą, że w prowadzonych przez nich akcjach brakuje dokładnej i wiarygodnej informacji o działaniach stron współpracujących. Przepływ informacji następuje jedynie na podstawie komunikacji głosowej za pośrednictwem urządzeń telekomunikacyjnych. Stan taki utrudnia koordynację działań tych służb w czasie prowadzenia jakichkolwiek akcji. Na uwagę zasługują ostatnio pozyskiwane do tych służb radiomodemy z funkcją GPS przeznaczone do montażu na pojazdach. Po wstępnych testach okazuje się jednak, że urządzenia te nie posiadają aplikacji umożliwiającej wizualizację pozycji obiektu na tle mapy. Tym samym należy podkreślić, że obecnie służby koordynujące akcją ratowniczą są pozbawione zobrazowania sytuacji w czasie rzeczywistym, co ma istotny wpływ na powodzenie prowadzonej akcji.

Dlatego podjęto prace rozwojowe, których celem jest opracowanie prototypowego systemu śledzenia ruchu statków powietrznych w locie i na ziemi oraz pojazdów służb porządku publicznego. Idea systemu monitoringu statków powietrznych z wykorzystaniem systemów nawigacji satelitarnej wpisuje się w koncepcję wykorzystania GNSS w lotnictwie zarówno w Europie, jak i na świecie [2]. Ponadto jednym z głównych zadań budowanego przez Unię Europejską satelitarnego systemu nawigacyjnego GALILEO jest wspieranie akcji związanych z bezpieczeństwem poszczególnych państw Unii i ich obywateli [1].

2. PRZEZNACZENIE I ARCHITEKTURA SYSTEMU

System przeznaczony jest do wykorzystania w policji, straży pożarnej, straży granicznej, pogotowiu ratunkowym. System może wspierać i optymalizować prowadzenie takich akcji, jak:

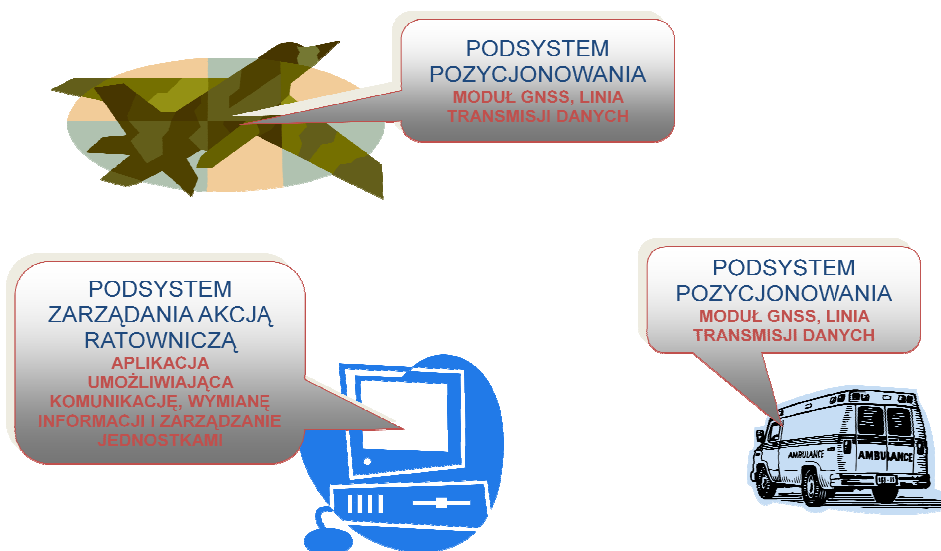
- patrolowanie dróg przez śmigłowce policyjne (szybka lokalizacja wypadków drogowych);
- wspieranie działań operacyjnych policji;
- kierowanie dojazdem pojazdów do miejsc akcji ratowniczych;
- monitorowanie klęsk żywiołowych;
- optymalizacja działań pomocy humanitarnej w czasie zwalczania klęsk żywiołowych;
- monitorowanie zdarzeń o charakterze terrorystycznym;
- kierowanie akcją poszukiwawczo-ratowniczą;
- patrolowanie granic państwowych (szybka lokalizacja osób nielegalnie przekraczających granice, itp).

System składa się z dwóch podstawowych elementów (rys. 1):

- systemu mobilnego montowanego w pojazdach i statkach powietrznych,
- systemu dyspozytorskiego (stacjonarnego lub mobilnego) znajdującego się w siedzibach służb porządku publicznego.

Podsystem pokładowy jest oparty na zaawansowanym komputerze z wyświetlaczem dotykowym. System automatycznie wysyła informacje o swoim położeniu i parametrach

pracy pojazdu, samolotu. W skład systemu wchodzi również aplikacja umożliwiająca komunikację (komunikaty tekstowe) pomiędzy poszczególnymi użytkownikami systemu oraz wizualizację sąsiednich pojazdów i samolotów ich przyporządkowanie do określonej grupy, jak również punkty charakterystyczne zdefiniowane przez dyspozytorów naziemnych, na podkładzie mapy cyfrowej.



Rys. 1. Architektura systemu monitoringu pojazdów i statków powietrznych

System dyspozytorski jest instalowany na stanowiskach kierowania poszczególnych służb porządku publicznego i w centrum dowodzenia akcją ratowniczą (centrum kryzysowe gminy, powiatu, itp.). W zależności od sytuacji może być również instalowany na pokładzie pojazdu (samolotu). System dyspozytorski umożliwia wizualizację pojazdów i statków powietrznych na mapie oraz dodawanie i edytowanie na mapie punktów charakterystycznych (pożar, wypadek itp.), które będą przekazywane automatycznie do systemów mobilnych. Ponadto aplikacja umożliwia zarządzanie akcją ratowniczą między innymi poprzez komunikację pomiędzy centrum dowodzenia, dyspozytorami innych służb i pojazdami oraz statkami powietrznymi, grupowanie jednostek w danej służbie, przydzielenie przez dyspozytora danej służby swoich jednostek do organizowanej akcji ratowniczej.

3. WSTĘPNA ANALIZA ZASIĘGU SYSTEMU MONITORINGU STATKÓW POWIETRZNYCH I POJAZDÓW

Jednym z istotnych elementów badanego systemu jest linia transmisji danych pomiędzy użytkownikami systemu. Jej niezawodność, odpowiedni zasięg gwarantuje użyteczność, przydatność badanego systemu. Zgodnie z przyjętymi założeniami, w ramach projektu, postanowiono wykonać badania zasięgu systemu przy pomocy różnych mediów transmisji.

W związku z przeznaczeniem systemu i potrzeb jego suwerenności, jako podstawowe medium transmisji przyjęto zakres fal VHF i UHF, telefoniq GSM potraktowano jako zapasową (awaryjną). We wstępnych badaniach do testów uzyto standardowych modemów UHF Satelline na częstotliwości transmisji 460 MHz i mocy regulowanej od 1 do 10 W. Modemy te zamontowano zarówno na samolotach, jak i na samochodach. Następnie zaplanowano i wykonano szereg jazd i lotów testowych w celu określenia zasięgu poprawnej transmisji danych. W testach regulowano moc nadajników. Loty testowe wykonano na wysokościach od 100 do 1000 m, ponieważ ten przedział wysokości jest najczciej wykonywany przez lotnictwo slzb porządku publicznego.

Zasięg transmisji danych wynosi odpowiednio dla samolotu przy mocy równej 1W – około 20-25 km, dla mocy równej 5 W – około 50-60 km, natomiast dla samochodu przy mocy równej 1W – około 10-12 km, dla mocy równej 5 W – około 17-20 km [4]. Reasumując, otrzymane zasięgi mog być satysfakcjonujące dla samolotu. Natomiast w przypadku samochodu należy zwikszy moc nadajnika do 10 W lub poszukiwa innego medium transmisji. Z założeń wynika, że system powinien mieć zasięg około 100 -150 km.

4. CHARAKTERYSTYKA TECHNIKI DRM

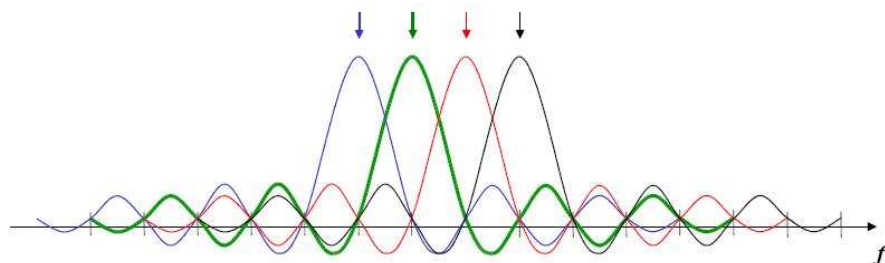
Docelowo do transmisji danych przewiduje się wykorzystanie dedykowanych zestawów nadawczo-odbiorczych z wykorzystaniem pasma fal krótkich i techniki DRM (ang. Digital Radio Mondiale), zwanej popularnie radiofonia cyfrową [6]. Technika ta ma wiele zalet w stosunku do powszechnie wykorzystywanej techniki FM, do najważniejszych należy zaliczy duży zasięg przy stosunkowo małej mocy, poprawny odbiór sbrych sygnałów z ma stop bdu, wysoką jko i prędkość transmisji w bardzo wąskim paśmie przenoszenia 10 kHz oraz odporno na zaniki selektywne i efekt Dopplera.

Przy wyborze pasma radiowego szukano rozwiązania umoliwiajqcego uzyskanie odpowiednich wartości, na ogół trudnych do osiągnięcia, nastpujqcych parametrów pracy:

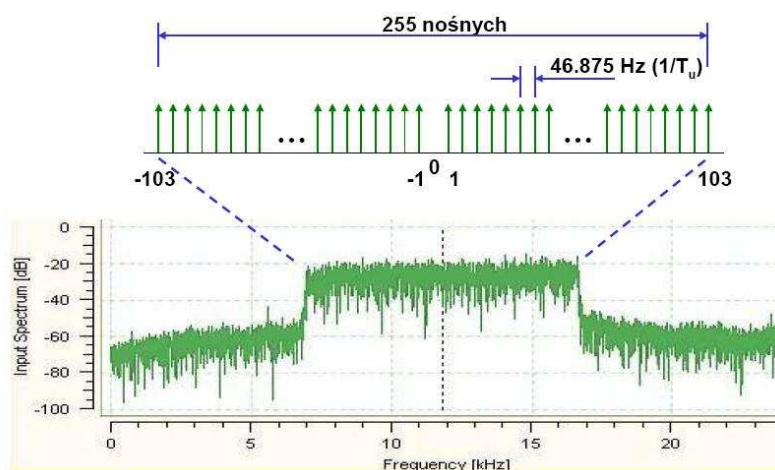
- zasięg transmisji;
- prędkość transmisji;
- moc nadajnika.

Wraz ze zwiększeniem częstotliwości pracy nadajnika maleje zasięg odbioru ale rośnie prędkość transmisji. Dla fal krótkich KF możemy uzyska duży zasięg, ale tylko z ma prędkość transmisji rzdu 1200/2400 kb/s. Przechodząc na zakresy fal VHF możemy osiągnąc prędkość transmisji 9600/19200 kb/s. Wyższe prędkości transmisji osiągamy dla fal UHF i wyższych. Niestety zwiększając częstotliwość nadajnika pogarszają się parametry propagacji fal radiowych. Specyfika propagacji fal KF znaczco wpływa na jko transmisji cyfrowych i dostępną prędkość transmisji.

Klasyczne modulacje cyfrowe, nie gwarantuj dużej prędkości transmisji. Wielodrogowo fal odbitych powoduje, że poszczególne bity informacji nachodzą na siebie, powodując bdy w odbiorze. Aby wyeliminowa ten problem należy zastosowa modulacjq, która dla małej prędkości transmisji nadaje na wielu „kanałach”. Po zsumowaniu równoległych informacji uzyskujemy dużą prędkość transmisji przy dużym zasięgu. Zdecydowano się na zastosowanie modulacji CODFM (rys. 2), która z powodzeniem stosowana jest w cyfrowej technice radiowej DRM [7].



Rys. 2. Modulacja COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)



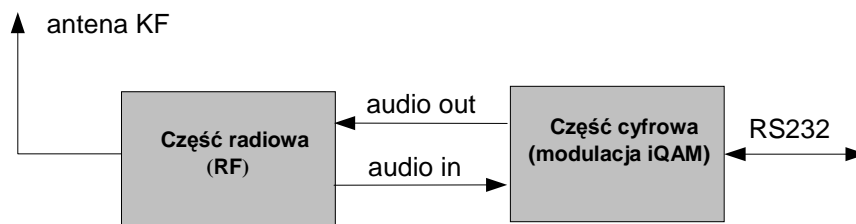
Rys. 3. Spektrum sygnału DRM

Transmisja odbywa się równocześnie na kilku nośnych, ich aktualna ilość zależy od dostępnego pasma oraz sposobu transmisji na poszczególnych nośnych, które rozmieszczone są w sposób zapewniający ortogonalność w zadanym okresie czasu [7]. Ponadto na wszystkich nośnych stosowany jest kod korekcji błędów (FEC). Na poszczególnych nośnych wykorzystywane są modulacje cyfrowe 4-QAM, 16-QAM lub 64-QAM oraz kluczowanie fazy.

5. PROTOTYPOWY RADIOMODEM DRM

Jak wykazano w poprzednim rozdziale radio DRM dzięki zastosowaniu zaawansowanych technik modulacji i kodowania, uzyskuje doskonałe właściwości przenoszenia sygnałów w paśmie KF. Zastosowane algorytmy QAM pozwalają na przesyłanie sygnału cyfrowego w paśmie do 30MHz i w szerokości pasma 12kHz. Radio DRM może przesyłać strumień danych audio, oraz dodatkowo dane tekstowe i obrazy. Dlatego postanowiono wykorzystać te cechy do transmisji danych w systemie monitorowania obiektów. W tym

celu zaprojektowano i wykonano urządzenie, w ktorym zaimplementowano algorytm DRM w celu przesyłania danych o pozycji, danych telemetrycznych i wiadomości tekstowych. Radiomodem DRM zbudowany jest z dwoch zasadniczych czeci (rys. 4).

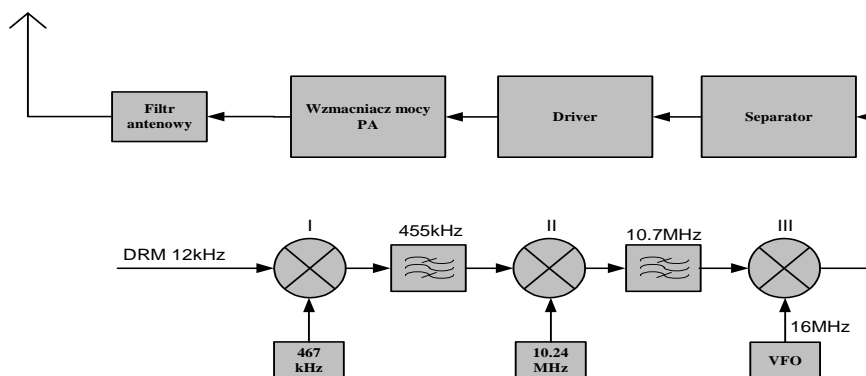


Rys. 4. Idea radiomodemu DRM

Czec cyfrowa została oparta na bazie komputera PC. Podczas nadawania jej głównym zadaniem jest przetworzenie cyfrowego sygnału RS232 w sygnał audio zmodulowany odpowiednim algorytmem QAM. Natomiast podczas odbioru (odwrotnie) czec cyfrowa przetwarza zmodulowany sygnał audio w sygnał cyfrowy podany na port RS232. Czec radiowa przetwarza sygnał 12kHz z karty dwiekowej na sygnał 27MHz i kieruje do wzmocnienia (tzw. kocowka mocy).

5.1. Tor nadawczy

Sygnał audio 12kHz podawany jest na pierwszy stopien mieszacza 456kHz. Po przejciu przez filtr pasmowy 455kHz podawany jest na drugi stopien mieszacza. Drugi stopien miesza sygnał 455kHz z sygnałem z generatora 10.24Mhz. Sygnał z mieszacza o czestotliwości 10.695 poprzez filtr pasmowy 10.7MHz podawany jest na trzeci stopien mieszacza. W trzecim stopniu sygnał z generatora VFO mieszany jest z sygnałem użytkowym 10.7Mhz i podawany jest na separator (rys. 5).

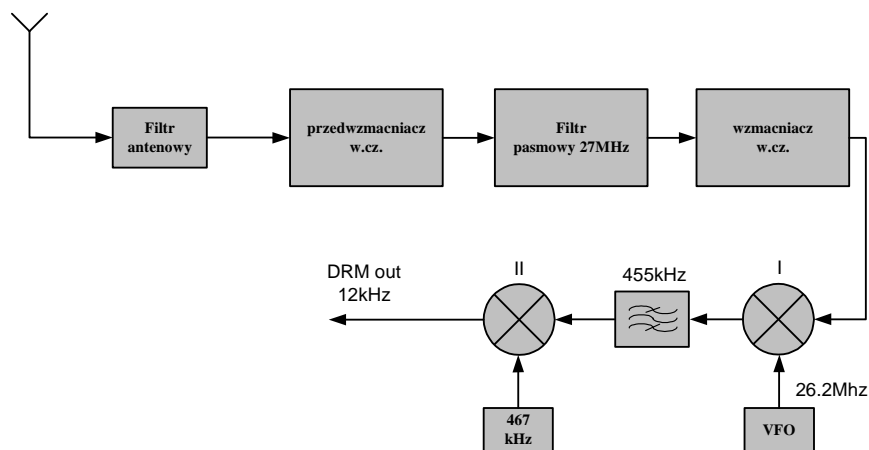


Rys. 5. Schemat blokowy czeci radiowej(nadawczej)

Separator ma za zadanie dopasować impedancję wyjściową mieszacza do impedancji wejściowej drivera. Jednocześnie odseparowuje wpływ pracy drivera mocy na ostatni stopień mieszacza. Pierwszym stopniem wzmacniacza jest driver, z którego sygnał podawany jest na właściwy wzmacniacz mocy (PA) i dalej poprzez filtr antenowy dolno przepustowy na antenę. Ze względu na zastosowaną modulację QAM w radiu DRM, parametry tego wzmacniacza powinny być liniowe i o małych zniekształceniach.

5.2. Tor odbiorczy

Sygnał z anteny poprzez filtr dolnoprzepustowy ulega wzmocnieniu w przedwzmacniaczu. Po przejściu przez filtr pasmowy i końcowym wzmocnieniu podawany jest na pierwszy stopień mieszacza gdzie po przemianie uzyskujemy nośną 455kHz. Ostateczny sygnał DRM uzyskujemy na końcu drugiego mieszacza, skąd sygnał trafia na wejście audio w komputerze (rys. 6).



Rys. 6. Schemat blokowy części radiowej(odbiorczej)

W pierwszej fazie uruchamiania modemu DRM postanowiono zbudować i uruchomić pojedynczy tor nadawczo-odbiorczy. Część cyfrowa dla przyspieszenia prac została uruchomiona na komputerze PC z oprogramowaniem Dream, który przeznaczony jest do analizy sygnału DRM.

5.3. Testy prototypowego radiomodemu DRM

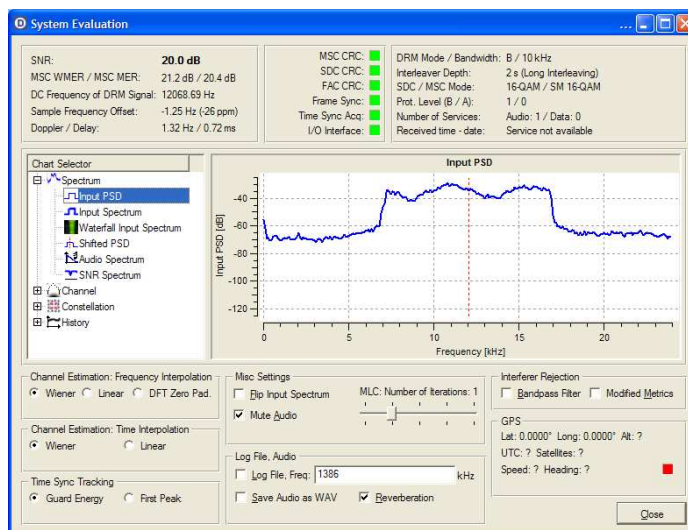
W celu sprawdzenia możliwości wykorzystania technologii DRM do transmisji danych zbudowano jednokierunkowy tor nadawczo-odbiorczy. Układ składa się z dwóch komputerów PC z zainstalowanym oprogramowaniem Dream oraz części nadawczej i części odbiorczej. W komputerze nadajnika uruchomiono program Dream Tx, który moduluje wyjście karty dźwiękowej sygnałem DRM. Sygnał z karty audio podawany jest na nadajnik

KF. W programie Drem istnieje moŹliwość wyboru parametrów modulacji DRM takich jak:

- tryb transmisji: A,B,C lub D;
- szerokość pasma w zakresie: od 4.5kHz do 20kHz;
- rodzaj modulacji iQAM: 4-QAM i 16-QAM.

Podczas prób badano tryby B i C, które charakteryzują się najlepszymi parametrami odbioru dla obiektów ruchomych (wpływ efektu Dopplera). Szerokość pasma ustawiono na 10kHz i rodzaj modulacji 16-QAM. Dla potrzeb badań wykonano modyfikacje programu mające na celu wysyłanie wiadomości tekstowych w odstępach 1 sekundowych.

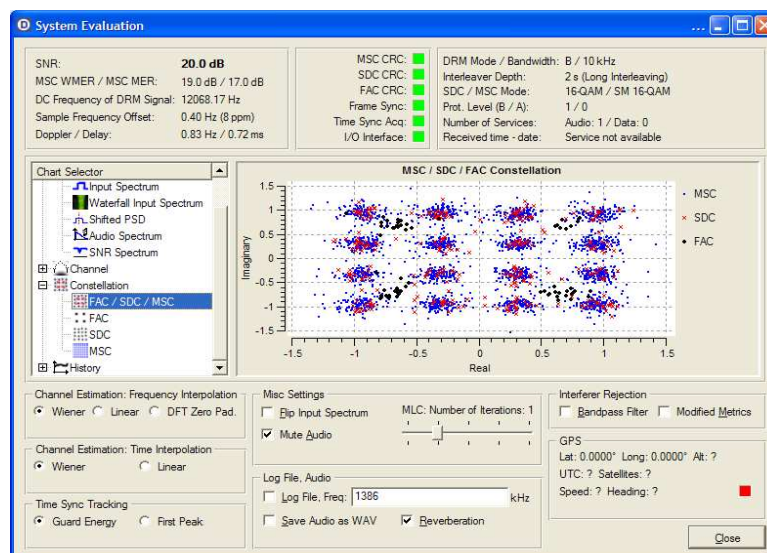
Po stronie odbiorczej zainstalowano program Dream Rx do odbioru sygnału z odbiornika KF. Program umożliwia zobrazowanie i analizę szeregu parametrów odbieranego sygnału DRM. Obserwując wykresy spektrum odbieranego sygnału moŹna dobrać parametry nadajnika i odbiornika KF, celem uzyskania sygnału jak najlepszej jakości.



Rys. 7. Widmo sygnału DRM

Rysunek 7 przedstawia podstawowe okno programu, które umożliwia analizę odebranego sygnału DRM. Na wykresie obserwujemy szerokość zajmowanego pasma przez sygnał DRM, która wynosi 10kHz. OpóŹnienie Dopplera wynosi 0,72 ms, a opóŹnienie w przetwarzaniu sygnału 2s. Uzyskane wyniki moŹna uznać za satysfakcjonujące, na tym etapie badań.

Ponadto w programie Dream analizowano inne parametry transmisji sygnału. Wykres typu „wodospad” umożliwia obserwację przerw w transmisji sygnału. W przypadku gdy pojawiają się przerwy moŹna ustalić czy są to przerwy losowe, i jaki mają charakter np. częstość ich występowania. Natomiast wykres rozkładu mocy pozwala na analizę wszystkich nośnych w paśmie. Dla idealnego nadajnika i idealnych warunków propagacji wykres byłby liniowy.



Rys. 8. Zobrazowanie konstelacji QAM

Okno rozmieszczenia konstelacji pozwala stwierdzić jak rozmieszczone są poszczególne konstelacje modulacji QAM-16. Jeżeli chmury konstelacji są rozmyte i często nachodzą na siebie, występuje dużo przekłamań podczas demodulacji sygnału. Jak widać na rysunku 8 poszczególne konstelacje są zbyt rozmyte. W dalszym etapie badań dąży się do uzyskania bardziej skupionych konstelacji co powinno wpłynąć na lepszą jakość odbieranego sygnału.



Rys. 9. Prototypowy radiomodem DRM

Największą trudność stanowi budowa toru nadawczego, który pracowałby stabilnie i liniowo w przewidzianym zakresie pracy. Wszelkie zniekształcenia liniowe i wzbudzenia

powodują zrywanie sygnału po stronie odbiorczej. Przyjęto dla nadajnika następujące parametry pracy:

- czstotliwo fali nosnej: 27MHz;
- napięcie pracy: 12-24V;
- sygnał wejściowy audio: 100mV;
- moc sygnału: 2W.

Zasieg odbioru uzyskany na urządzeniu prototypowym wynosił około 5 km. Nadajnik był zbudowany na płytce prototypowej nie ekranowanej, co wpłynęło ujemnie na jakością transmisji. Dużą trudnością stanowiło uzyskanie mocy wyjściowej 2W bez zniekształceń i wzbudzeń. Ukłd pracował stabilnie z mocą 0.5W. Aby uzyska większą moc, zaprojektowano nowy ukłd odbiorczy.

6. WNIOSKI

Ze wstępnych badań wynika, że zastosowane urządzenia i oprogramowanie w poszczególnych komponentach systemu monitoringu ruchu statków powietrznych i pojazdów, w znacznej czci, spełniają określone załżenia. Odnosi się to zarówno do uzyskanej dokładnoci systemu pozycjonowania, jak i zasiegu linii transmisji danych [4]. Jednak funkcjonowanie pewnych elementów należy poprawi. Zasieg transmisji danych dla samochodów jest niewystarczający. Jak wykazały wstępne testy zaprojektowanego i wykonanego prototypowego radiomodemu DRM istnieje możliwością zastosowania tego urządzenia do transmisji danych w systemach monitoringu obiektów. Dlatego w kolejnych testach uwaga zostanie zogniskowana na wyeliminowanie zauważonych błędów oraz testowanie transmisji z wykorzystaniem techniki DRM.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2011 jako projekt rozwojowy.

7. BIBLIGRAFIA

- [1] Akademie de Marine, Akademie Nationale de I Air et de I Espace; *System nawigacyjny Galileo*, WKŁ, Warszawa 2006.
- [2] wiklak J.: *Wykorzystanie techniki satelitarnej w kontroli ruchu lotniczego w przestrzeni powietrznej Rzeczypospolitej Polskiej, rozprawa doktorska*, Olsztyn 2002, UWM.
- [3] wiklak J., Grzegorzewski M., Jafernisk H. *Predykcja pozycji w odbiorniku GPS, III Konferencja GIS i GPS w praktyce*, PWSZ Chełm, 06.11.08.
- [4] wiklak J., *Monitorowanie ruchu statków powietrznych i pojazdów służyb porządku publicznego z wykorzystaniem GNSS – cz. I, XIV Konferencja Międzynarodowa TRANSCOMP 2010*, PR Zakopane 6-9.12.2010
- [5] Oszczak S. *Badania nad utworzeniem Satelitarnego Systemu pozycjonowania Nawigacji i Monitorowania Pojazdów – 8 T12E 004 20*, Konferencja DESIW Mrągowo - Szczyt-no 24-26 październik 2005.
- [6] www.drm.org
- [7] www.wikipedia.pl