

Marcin WOŹNIAK
URZĄD KOMUNIKACJI ELEKTRONICZNEJ

Wykorzystanie Ruchomych Stacji Pomiarowych w procesie monitorowania i lokalizacji sygnałów radiowych

mgr inż. Marcin WOŹNIAK

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, kierunku telekomunikacja rozsiewacza. Od początku kariery zawodowej związany z Urzędem Komunikacji Elektronicznej i jego ustawowymi poprzednikami, zajmujący się monitoringiem i gospodarką widma częstotliwości oraz zagadnieniami kompatybilności elektromagnetycznej. Obecnie jest dyrektorem Delegatury Urzędu Komunikacji Elektronicznej we Wrocławiu.

e-mail: m.wozniak@uke.gov.pl.



Streszczenie

W referacie przedstawiono zakres wykorzystania ruchomych stacji pomiarowych, w jednym z ustawowych zadań Urzędu Komunikacji Elektronicznej jakim jest gospodarka zasobami częstotliwości [1]. Omówione zostały w nim zarówno zagadnienia pomiarów sygnałów radiowych zgodnych z odpowiednimi zaleceniami Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej (zwanej dalej ITU) [2] jak i procesy monitorowania i lokalizowania źródeł sygnałów radiowych ze szczególnym uwzględnieniem nowatorskiej metody radionamierzenia w ruchu.

Słowa kluczowe: monitoring częstotliwości, pomiary widma częstotliwości, radionamierzenie

Using the mobile measurement stations in the monitoring and localization radio signals process

Abstract

The article presents the scope of usage of mobile monitoring stations, in one of the statutory duties of the Office of Electronic Communications (UKE) in the field of the frequency resources management. An overview of the basic parameters and control functions of a monitoring station has been presented [Chapter 2]. The available types of measurements with appropriate ITU recommendations have been described. An example of a correct and incorrect result of a radio signal measurement have been presented [Chapter 3] based on the difference of the percentage distribution frequency deviation (Fig. 1, 2). The use of an adaptation mask in the process of spectrum monitoring has been described [Chapter 4]. Its effectivity is based on comparing the actual frequency spectrum with the earlier generated and saved envelope of this frequency spectrum. Three modes of direction finding have been reviewed: the stationary direction finding, synchronized direction finding and the especially innovative method of mobile direction finding. The mobile direction finding method is based on an advanced mathematical analysis of all potential bearings, (Fig 5) it enables direction finding of many radio sources which signals are present in the same radio channels simultaneously, it gives the capability of limiting the searching area to one or several zones and makes accuracy of the direction finding least dependable on the precision of the direction finding equipment and on the shape of the monitoring vehicle.

Keywords: spectrum monitoring, spectrum measurements, direction finding

1. Wstęp

Widmo częstotliwości radiowych, jest obecnie jednym z kluczowych zasobów, które wykorzystywane są w praktycznie wszystkich dziedzinach współczesnego życia. Z powodu gwałtownego rozwoju nowoczesnych systemów komunikacji społecznej oraz wszelkich innych dziedzin wykorzystujących w swoich systemach technologie bezprzewodowe, zapotrzebowanie na widmo częstotliwości będzie stale rosło. Z drugiej strony należy podkreślić, że widmo częstotliwości radiowych jest zasobem ograniczonym i wyczerpywanym, a przy

gwałtownym rozwoju technologii bezprzewodowych, coraz częściej jest zasobem deficytowym.

Z przytoczonych wyżej powodów, wykorzystywanie częstotliwości radiowych, nawet wobec coraz szerszego znaczenia czynników rynkowych, bezsprzecznie wymaga regulacji i kontroli krajowych organów, które zapewnią nie tylko kompatybilne wykorzystywanie widma częstotliwości przez wielu użytkowników częstotliwości, ale także kontrolowanie warunków ich wykorzystania.

W Polsce organem odpowiedzialnym za gospodarkę częstotliwościami oraz kontrolę spełniania wymagań dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej jest Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej, którego zakres zadań w tej dziedzinie został szczegółowo określony w ustawie z dnia 29 grudnia 2005 r. o przekształceniach i zmianach w podziale zadań i kompetencji organów państwowych właściwych w sprawach łączności, radiofonii i telewizji (Dz. U. Nr 267, poz. 2258), oraz w ustawie z dnia 16 lipca 2004 r. Prawo telekomunikacyjne (Dz. U. Nr 171, poz. 1800 z późn. zm.) zwanej dalej ustawą PT.

Obowiązki organu regulacyjnego w zakresie gospodarowania widmem częstotliwości, polegają na planowaniu i koordynacji przydziałów częstotliwości poprzez wydawanie w trybie administracyjnym pozwoleń radiowych oraz decyzji o rezerwacji częstotliwości. Natomiast weryfikacja warunków wykorzystania przydzielonych zasobów częstotliwości jest dokonywana na podstawie prowadzonych postępowań kontrolnych, które wymagają technicznego wsparcia systemów monitoringu i kontroli widma częstotliwości [2]. Systemy te, wyposażone w anteny pomiarowe, tory sygnałowe i urządzenia komutujące oraz urządzenia pomiarowe (odbiorniki pomiarowe RF, analizatory widma), zgodnie z zaleceniami ITU powinny występować w wersjach zarówno stacjonarnych jak i mobilnych [2]. Niniejsze opracowanie poświęcone jest wykorzystaniu ruchomych stacji pomiarowych, będących mobilnymi wersjami systemów monitoringu widma użytkowanymi w Urzędzie Komunikacji Elektronicznej (zwanym dalej UKE).

2. Parametry i funkcje ruchomej stacji pomiarowej

Użytkowane w Urzędzie Komunikacji Elektronicznej ruchome stacje pomiarowe zostały zrealizowane na bazie samochodu dostawczego Mercedes Sprinter i z punktu widzenia prowadzonych działań kontrolnych, charakteryzują się następującymi parametrami:

- Pasmo pracy w zakresie pomiarowym: 20 MHz–3 GHz
- Pasmo pracy w zakresie namierzania stacjonarnego: 20 MHz – 3 GHz
- Pasmo pracy w zakresie namierzania w ruchu: 20 MHz – 1350 MHz
- Wysokość zawieszenia anteny pomiarowej do 10m n.p.t.
- Czas pracy przy wyłączonym silniku i bez dołączonych zewnętrznych źródeł zasilania do 5 h

System pomiarowy natomiast składa się w szczególności z odbiornika pomiarowego ESMB firmy Rohde & Schwarz, procesora namierzania EBD195 firmy Rohde & Schwarz, zespołu rotatorów i komutatorów, zestawu anten pomiarowych oraz namiernikowych, a zintegrowany jest z odbiornikiem GPS i busolą elektroniczną za pomocą specjalistycznego oprogramowania KenBIT RSP zainstalowanego na komputerze sterującym.

Funkcjonalność tego systemu można podzielić na zadania główne, określające funkcje pomiarowo-kontrolne stacji, oraz zadania wspomagające służące efektywnemu wykonaniu zadań głównych.

Do zadań głównych należy zaliczyć:

- Kontrolę parametrów emisji radiowych dokonywaną poprzez pomiary częstotliwości, poziomu natężenia pola, szerokości pasma, pomiary dewiacji częstotliwości sygnałów FM oraz głębokości modulacji sygnałów AM;
- Kontrolę zajętości widma częstotliwości dokonywaną poprzez monitoring częstotliwości;
- Radionamierzanie źródeł emisji radiowych z obliczaniem ich lokalizacji.

Natomiast zadaniami wspomagającymi są w szczególności:

- lokalizowanie stacji za pomocą odbiornika GPS;
- orientowanie stacji za pomocą busoli elektronicznej;
- orientowanie anteny pomiarowej na zadaną lokalizację;
- automatyzacja procesów pomiarowych;
- generowanie raportów pomiarowych oraz gotowych protokołów kontroli;
- rejestracja demodulowanych sygnałów w plikach audio.

3. Kontrola parametrów emisji radiowych

Pozwolenia na używanie urządzeń radiowych nadawczych i nadawczo-odbiorczych, wydawane przez Prezesa UKE, zawierają ściśle określone tzw. warunki wykorzystania częstotliwości. Warunki te określone są na podstawie specyfikacji używanych standardów systemów radiowych, oraz wyników planowania radiowego, przy czym w obu przypadkach mają one zapewnić kompatybilność systemów i efektywne wykorzystanie skończonego przeciwieństwa widma częstotliwości.

Kontrola prowadzona w sposób zdalny, jaką dopuszcza Art. 200 ustawy Prawo Telekomunikacyjne [1] jest najefektywniejszym narzędziem kontrolnym, z uwagi na prowadzenie jej bez udziału i wiedzy strony kontrolowanej. Ponadto w przypadku odpowiedniego doboru punktu pomiarowego możliwe jest przeprowadzanie kontroli większej ilości urządzeń radiowych bez konieczności przemieszczania ruchomej stacji pomiarowej. Jedynym warunkiem koniecznym jest w tym przypadku zapewnienie wymaganej dla celów pomiarowych jakości każdego z kontrolowanych sygnałów (np. minimalny akceptowalny poziom natężenia pola).

Poprzez pomiary parametrów poszczególnych sygnałów radiowych dokonywana jest ich weryfikacja z zapisami zawartymi w warunkach określonych w odpowiednim dla kontrolowanego urządzenia pozwoleniu radiowym.

Aplikacja pomiarowa KenBIT RSP pozwala na wykonywanie zautomatyzowanych pomiarów parametrów emisji, które spełniają warunki określone w odpowiednich zaleceniach ITU, a są to w szczególności:

- Pomiar natężenia pola – Zalecenie ITU-R SM 378
- Pomiar częstotliwości – Zalecenie ITU-R SM 377
- Pomiar szerokości pasma – Zalecenie ITU-R SM 328
- Pomiar dewiacji częstotliwości – Zalecenie ITU-R SM 328
- Pomiar głębokości modulacji – Zalecenie ITU-R SM 328

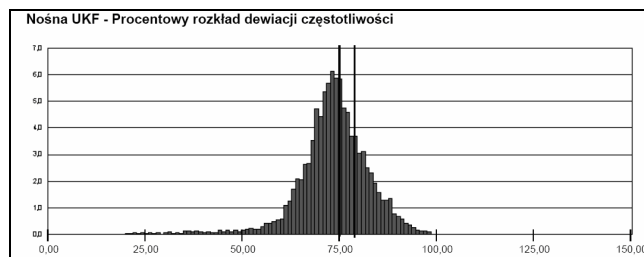
Każdy z pomiarów jest w dowolny sposób deklarowany za pomocą parametrów *stricte* technicznych (szerokość pasma BW, rodzaj detektora, tolerancja, etc.) tworzących schematy parametrów odbiornika oraz parametrów statystycznych (czas pojedynczego pomiaru, liczba pomiarów w serii, całkowity czas pomiaru parametru), tworzących schematy pomiarowe. Oba rodzaje schematów wchodzi w skład definicji pomiarowych, tworzących grupy pomiarowe, a te z kolei wchodzi w skład harmonogramów. Harmonogramy są to najbardziej rozbudowane struktury pomiarowe, które mogą być wykonywane natychmiast lub o określonym czasie.

Na rys. 1 i 2 przedstawiono w formie rozkładu procentowego, wyniki pomiaru dewiacji radiofonicznego sygnału zmodulowanego częstotliwościowo. Powyższa forma prezentacji wynika z zalecenia ITU-R SM 328 dotyczącego wytycznych do pomiaru dewiacji częstotliwości, na podstawie którego pomiar dewiacji nie jest pomiarem jednokrotnym, tylko serią pomiarów chwilowych dewiacji przeprowadzonych w określonym czasie. Wynik natomiast jest określany jako odsetek wszystkich pomiarów w serii przekraczających wartość maksymalnej dopuszczalnej dewiacji, tj 75 kHz.



Rys. 1 Prezentacja graficzna wyniku pomiaru dewiacji częstotliwości (wynik pozytywny)

Fig. 1 Graphic presentation of frequency deviation measurement (correct result)



Rys. 2 Prezentacja graficzna wyniku pomiaru dewiacji częstotliwości (wynik negatywny)

Fig. 2 Graphic presentation of frequency deviation measurement (incorrect result)

Na rysunkach tych widać wyraźnie, że warunek maksymalnej dewiacji częstotliwości określony w pozwoleniach radiowych dla nadajników UKF FM do wartości 75 kHz jest spełniony w przypadku z rys. 1. Drugi przypadek obrazuje znaczne przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej dewiacji częstotliwości, co z jednej strony narusza wynikający z pozwolenia radiowego przydział częstotliwości, z drugiej natomiast jest potencjalnym źródłem zakłóceń sąsiednio-kanalowych dla innych użytkowników widma. Taki stan wymusza na regulatorze podjęcie wobec użytkownika kontrolowanego urządzenia działań dyscyplinujących, w postaci wydania zaleceń pokontrolnych, a przypadku braku reakcji decyzji administracyjnej nakazującej usunięcie naruszeń.

Powyższy przykład pokazuje, że kontrola parametrów emisji radiowych służy głównie zapewnieniu zgodnego i niezakłóconego współużytkowania widma częstotliwości, a skuteczne prowadzenie postępowań regulatora wymaga posiadania technicznych instrumentów umożliwiających weryfikację stanu użytkowanego przydziału częstotliwości.

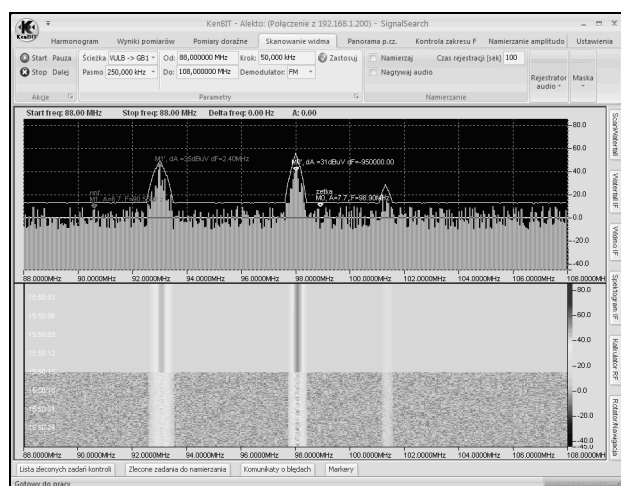
4. Monitoring i kontrola zajętości widma

Ruchoma stacja pomiarowa umożliwia prowadzenie nasłuchów i monitoringu pasm częstotliwości, a w zakresie dostępnych w odbiorniku pomiarowym demodulatorów ich demodulowanie i rejestrowanie.

Dzięki kontroli zajętości widma częstotliwości jaką może wykonywać ruchoma stacja pomiarowa możliwy jest czynny udział regulatora w procesach planistycznych i bardziej efektywne wykorzystanie widma częstotliwości. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że używanie urządzeń radiowych bez wymaganego prawem pozwolenia jest przestępstwem (art. 208 ustawy PT), natomiast prowadzenie monitoringu widma częstotliwości, jest

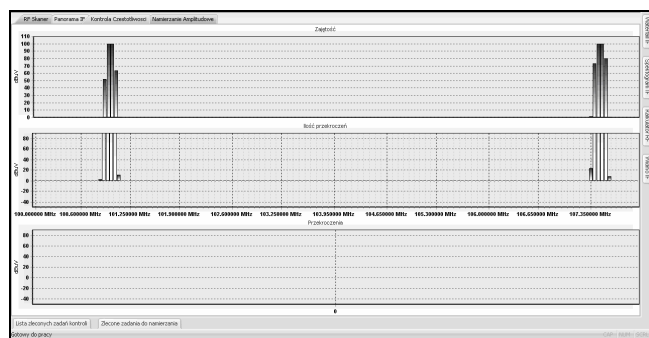
często jedynym narzędziem do identyfikowania takich nielegalnych emisji.

Ruchoma stacja pomiarowa umożliwia prowadzenie kontroli zajętości zarówno w zadeklarowanych dyskretnych kanałach częstotliwości jak i w określonych pasmach z zadaniem krokiem częstotliwości. Aplikacja pomiarowa w bardzo urozmaicony sposób przedstawia zobrazowanie graficzne monitorowanego widma (Rys. 3). Umożliwia ona obserwację i dokumentowanie monitoringu widma w postaci spektrogramu, histogramu i tzw. waterfall-u.



Rys 3. Zobrazowanie monitorowanego widma z pokazaną maską adaptacyjną
Fig. 3 Graph of a monitored spectrum with adaptation mask imposed

Konfiguracja pomiarowa toru pomiarowego jest dowolna i dowolny może być też tzw. próg zaliczenia. Należy podkreślić, że próg zaliczenia można zmieniać w trakcie, a nawet po zakończonej kontroli zajętości, co spowoduje przeliczenie odpowiednich wartości procentowych i zamieszczenie w raporcie wartości zaktualizowanych (Rys. 4).



Rys. 4 Zobrazowanie pomiarów zajętości widma
Fig. 4 Presentation of spectrum occupancy measurements

Nowatorską, ale zarazem bardzo użyteczną w procesie monitoringu funkcją dostępną w aplikacji ruchomej stacji pomiarowej jest możliwość tworzenia tzw. maski adaptacyjnej (Rys 3). Maskę taką można w każdym miejscu i czasie wygenerować na dowolnej części widma, poprzez zapamiętanie najwyższych wartości poziomów dla każdej z dyskretnych częstotliwości monitorowanego pasma. Taka „obwiednia” widma może być zapamiętana i przyszłości wykorzystania poprzez nałożenie na aktualny przebieg, co pozwala na błyskawiczną weryfikację ewentualnych zmian widma od ostatniego pomiaru.

5. Namierzanie i lokalizowanie źródeł emisji

UKE jako regulator widma częstotliwości z jednej strony kontroluje i monitoruje widmo częstotliwości, ale z drugiej strony prowadzi działania mające na celu ochronę tego widma lokalizując i eliminując wszelkiego rodzaju zakłócenia. Źróżłami tych zakłóceń mogą być wszelkie urządzenia powodujące

promieniowanie elektromagnetyczne, tj. nielegalne nadajniki, sieci i systemy, oraz legalne urządzenia radiowe, ale powodujące zakłócenia w pasmach innych niż używane (promieniowanie harmonicznych lub innych produktów intermodulacji). Specjalistyczne oprogramowanie KenBIT RSP sterujące radionamiernikami zainstalowanymi na ruchomych stacjach pomiarowych oferuje trzy tryby namierzania sygnałów radiowych, aby na ich podstawie za pomocą zaawansowanych technik obliczeniowych dokonać szacowania potencjalnej lokalizacji namierzanego źródła emisji.

5.1. Namierzanie stacjonarne

Najbardziej powszechnym sposobem namierzania źródeł emisji radiowych za pomocą ruchomej stacji pomiarowej jest namierzanie stacjonarne (*point by point*). Tryb ten polega na wykonaniu namiarów w kilku punktach pomiarowych, przemieszczając się ruchomą stacją pomiarową po wykonaniu serii namiarów z jednego punktu pomiarowego do następnego. Określenia liczby punktów pomiarowych oraz ich lokalizacji dokonuje na bieżąco operator systemu. Podobnie kwalifikowanie poszczególnych namiarów do wyliczenia potencjalnej lokalizacji źródła emisji pozostaje w gestii operatora.

Zasadniczą wadą tego trybu namierzania jest czas potrzebny do przemieszczenia ruchomej stacji pomiarowej pomiędzy punktami. Podczas takiego przemieszczenia może dojść do zaniku sygnału, lub przestrojenia uniemożliwiającego jego identyfikację na kolejnym punkcie pomiarowym. Istotnym aspektem jest tutaj także poziom doświadczenia i umiejętności operatora, od którego decyzji zależy czasochłonność procesu i jego końcowy efekt.

5.2. Namierzanie synchroniczne

Namierzanie synchroniczne opiera się na zasadach trybu stacjonarnego omówionego w pkt. 5.1. Jednak zdecydowanie większa efektywność została osiągnięta poprzez zaangażowanie do procesu namierzania większej ilości (wg uznania i możliwości) ruchomych stacji pomiarowych. Dzięki temu, zsynchronizowane za pomocą radiowego interfejsu ruchome stacje pomiarowe stojąc w odpowiednich punktach jednocześnie dokonują namierzania tego samego sygnału, a aplikacja pomiarowa w czasie rzeczywistym prezentuje na mapie wyliczoną lokalizację źródła sygnału z bieżących namiarów wszystkich stacji uczestniczących w procesie.

Pierwsze próby namierzania synchronicznego zostały przeprowadzone za pomocą trzech stacji pomiarowych podczas szkolenia ekip pomiarowych UKE, które odbyło się w październiku 2008r. Na ich podstawie okazało się, że interfejs radiowy w postaci bezprzewodowego dostępu do Internetu za pomocą sieci GSM przy braku pokrycia sygnałem standardu UMTS znacząco ogranicza prowadzenie synchronicznych działań.

Niezależnie od wymienionych wyżej utrudnień, należy stanowczo przyznać, że metoda namierzania synchronicznego jest jedyną metodą umożliwiającą skuteczne namierzanie źródeł sygnału będących w ruchu, chociaż konieczność zaangażowania przynajmniej trzech ruchomych stacji pomiarowych eksploatowanych w odrębnych delegaturach UKE bardzo ogranicza stosowanie tej metody w praktyce.

5.3. Namierzanie w ruchu

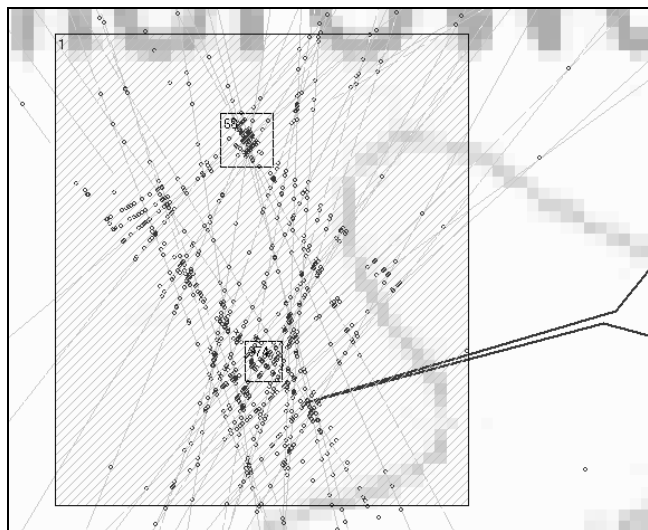
Analiza dotychczasowego sposobu użytkowania ruchomych stacji pomiarowych w zakresie namierzania źródeł emisji radiowych oraz zaangażowanie autorów aplikacji stanowiły podstawę do opracowania i wdrożenia przez autorów oprogramowania nowatorskiej metody namierzania w ruchu.

Podstawowym jej założeniem jest fakt, iż każdy namiar, zarówno bezpośredni jak i odbity jest w pewien sposób „uwikłany” z wzajemną lokalizacją źródła tego sygnału

i chwilowego położenia RSP [3]. Zaawansowana analiza matematyczna sprowadziła proces namierzania w ruchu do uzyskania maksymalnej ilości namiarów ograniczanych przez operatora tylko pożądaną jakością namiarów oraz blokadą szumów (rys. 5). Oprogramowanie, na podstawie zadanych parametrów, wyznacza potencjalne obszary lokalizacji źródła emisji. Obszary w postaci kwadratów zostały pokazane na rys. 5. Operator dokonuje wyboru właściwego obszaru, w którym dokonywana jest lokalizacja dokładna, przy czym możliwy jest także wybór większej ilości obszarów (w przypadku próby lokalizacji kilku korespondentów używających do łączności tej samej częstotliwości – klasyczna łączność simpleksowa)

Operacje matematyczne dokonywane na tak uzyskanym zbiorze namiarów umożliwiły:

- 1) namierzanie wielu źródeł emisji jednocześnie (np. lokalizację korespondentów używających jednocześnie częstotliwościowej łączności simpleksowej)
- 2) uniezależnienie dokładności namierzania od dokładności namiarnika
- 3) możliwość ograniczenia przez operatora rejonu poszukiwań do jednego lub kilku obszarów
- 4) uniezależnienie dokładności namierzania od wpływu bryły nadwozia ruchomej stacji pomiarowej



Rys. 5 Wszystkie punkty przecięć z zaznaczonymi obszarami lokalizacji
Fig. 5 All intersection points with marked localization areas

Radionamierzanie źródeł sygnałów za pomocą ruchomej stacji pomiarowej pracującej w ruchu polega na uzyskiwaniu wyników z radionamiarnika, odbiornika GPS oraz busoli elektronicznej. Ich skończone dokładności indywidualnych wskazań mają bezpośredni wpływ na cząstkowe składowe w postaci namiarów będących danymi wejściowymi do obliczeń. Do wpływów pośrednich zaliczyć natomiast należy:

- niestabilność wskazań busoli elektronicznej wynikająca z ruchu RSP,
- dyskretny charakter pobierania danych lokalizacyjnych z odbiornika GPS, co w korelacji z prędkością ruchu pojazdu

ma wpływ na dokładność określenia lokalizacji w momencie namiaru,

- bryła pojazdu RSP, która w funkcji azymutu namiaru wnosi odchyłki będące błędem systematycznym.

W celu jak najlepszego uodpornienia opisywanej metody lokalizacji na wymienione wyżej czynniki opracowano algorytm mający na celu minimalizację ich wpływu. Algorytm ten nazwany przez autorów oprogramowania programowym modułem geolokacyjnym [3], miał za zadanie zapewnienie dodatkowego źródła danych o azymucie ruchu pojazdu z odbiornika GPS i skorelowanie wyników jego działania ze wskazaniami busoli. Algorytm ten oparto na zasadzie wyznaczania krótkoterminowej średniej wartości azymutu i porównywaniu wskazań z GPS i busoli oraz dodatkowym porównywaniu wartości chwilowych wskazań tych przyrządów z uśrednionymi. Dzięki tej metodzie potencjalnie lepsze wyniki namierzania uzyskuje się w trakcie przemieszczania się po drogach osiedlowych lub w architekturze staromiejskiej, niż w czasie przemieszczania się po głównych arteriach komunikacyjnych, gdyż zachodzi wówczas lepsza kompensacja błędów pomiarów.

6. Wnioski

Ruchoma Stacja Pomiarowa jaką opisano w niniejszym referacie stanowi nieocenione i niezbędne narzędzie pomiarowe dla Urzędu Komunikacji Elektronicznej do wykonywania swoich statutowych obowiązków w zakresie kontroli widma częstotliwości. Za sprawą zintegrowanego nowoczesnego oprzyrządowania i specjalistycznego oprogramowania wykonywane pomiary są realizowane w sposób zautomatyzowany zwiększając przy tym ich ergonomię, szybkość i efektywność. Generowane protokoły stanowią bezpośrednią dokumentację kontroli włączaną do akt toczących się, w przypadku stwierdzonych nieprawidłowości, postępowań, a zaimplementowane przez autorów oprogramowania nowatorskie procedury radionamierzania są w zastosowaniach cywilnych unikalne.

Należy domniemywać, że wszystkie zalety ruchomych stacji pomiarowych zostaną zapewne jeszcze efektywniej wykorzystane po zakończeniu przez Urząd Komunikacji Elektronicznej, budowy automatycznego krajowego systemu monitoringu widma, w którego skład wejdą oprócz stałych stacji kontroli emisji, również omówione w niniejszym referacie ruchome stacje pomiarowe.

7. Literatura

- [1] Ustawa z dnia 16 lipca 2004 r. Prawo Telekomunikacyjne (Dz. U. Nr 171 poz. 1800 z późn. zm.)
- [2] Spectrum Monitoring Handbook Edition 2002 – ITU Radiocommunication Bureau
- [3] Dariusz Koenig, Jacek Udrycki - Techniki namierzania sygnałów za pomocą stacji pomiarowej pracującej w ruchu – Referat na VII KN-T WE grudzień 2008

Artykuł recenzowany