

Skuteczna analiza wydajności anten i propagacji fal radiowych

System WSPR

Sprawny system antenowy zawsze był podstawą pewnej i dalekiej łączności radiowej. Pomijając osobne zagadnienia związane z samymi nadajnikami czy odbiornikami, rodzaj zastosowanej anteny oraz sposobu jej zawieszenia ma szczególny wpływ na osiągnięte wyniki. Do tego dochodzą zagadnienia związane z właściwościami poszczególnych pasm oraz kwestia zmiennej propagacji fal radiowych. Na przestrzeni lat zebraliśmy pokaźną dawkę wiedzy na te tematy, a dzięki komputerowym modelom możemy symulować działanie konkretnych rozwiązań w połączeniu z panującą sytuacją propagacyjną.

Nie zawsze efekty symulacji odpowiadają efektom końcowym, choćby z powodu błędnych założeń lub nawet z powodu niecelowego pominięcia niektórych elementów antenowej układanki. Dopiero praktyczne testy i pomiary

w pełni ukazują, w jaki sposób dana antena i umiejscowiona w danym miejscu działa oraz z jaką skutecznością.

Między innymi do tego celu powstał system WSPR, który w dosyć prosty, ale skuteczny sposób pozwala na sprawdzenie działania anteny w praktyce, przeanalizować jej charakterystykę promieniowania, a także przeprowadzić analizę wpływu warunków na propagację sygnału w zależności od wybranego pasma czy pory dnia. To także bardzo dobry sposób na przeprowadzenie skutecznej analizy porównawczej dwóch (lub więcej) anten w celu ich optymalnego doboru.

WSPR

Skrót WSPR pochodzi od pełnej angielskiej nazwy Weak Signal Propagation Reporter, co dosłownie można przetłumaczyć jako Obserwator Propagacji Słabych Sygnałów. Jest to rodzaj emisji cyfrowej wraz z odpowiednim systemem do analizy wyników, opracowanym przez Josepha Taylora K1JT, amerykańskiego astrofizyka, laureata nagrody Nobla w dziedzinie fizyki, specjalistę w dziedzinie słabych sygnałów radiowych oraz autora protokołów komunikacyjnych WSTJ czy FT8. W założeniu WSPR ma służyć do badania skuteczności systemów antenowych i określania potencjalnych tras propagacji przy użyciu radiolaterni małej i bardzo małej mocy.

Protokół WSPR dzięki wykorzystaniu bardzo wąskiego pasma (około 6 Hz) zapewnia łączność przy bardzo niskim stosunku sygnału użytecznego do szumu, nawet o 28 dB mniejszym w odniesieniu do pasma przenoszenia 2500 Hz (SSB). Pozwala to na

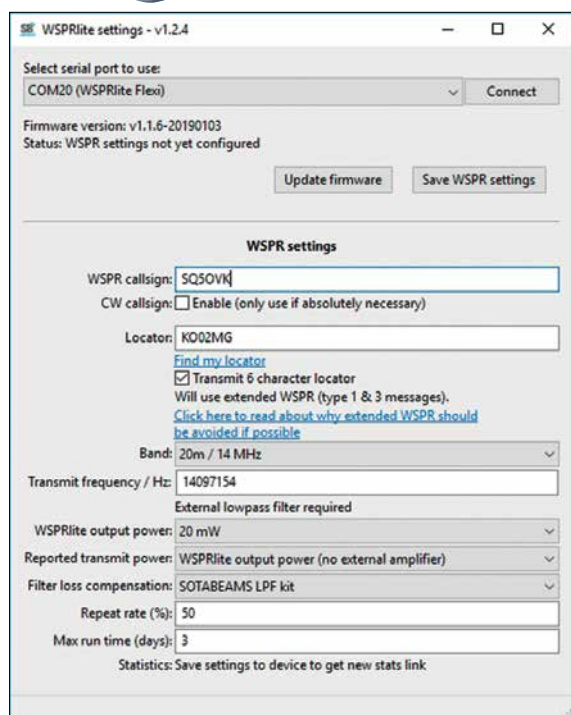
analizę bardzo słabych sygnałów, znajdujących się poniżej szumów tła, a emitowanych z mocami pojedynczych mW. Przyjmuje się, że moc radiolaterni WSPR rzędu 20 mW odpowiada standardowej mocy 100 W nadajnika emisji SSB, a 200 mW odpowiada mocy 1 kW SSB. Dzięki znacznej redukcji mocy nadajnika potrzebnej do przeprowadzenia testów, można uniknąć niepotrzebnych zakłóceń na pasmach radiowych oraz umożliwia zastosowanie jako radiolaterni prostych i tanich urządzeń pracujących długo i efektywnie na zasilaniu bateryjnym.

Transmisja WSPR opiera się na czterostanowym kluczkowaniu częstotliwości 4FSK z prędkością około 1,465 boda. Czas trwania transmisji wynosi około 110 s, a każda transmisja zaczyna się po upływie pierwszej sekundy każdej parzystej minuty. W trakcie transmisji WSPR przekazywane są informacje dotyczące znaku stacji, jej lokalizacji w postaci 4 lub 6 znakowego lokatora oraz mocy z jaką dana stacja nadaje. Częstotliwości pracy WSPR ustalone są oddzielnie dla każdego z pasm amatorskich tak, aby nie kolidowały z innymi systemami.

Z systemu WSPR można korzystać w dwojaki sposób: jako stacja nadawcza lub jako stacja raportująca. W pierwszym przypadku do naszej anteny podpinamy nadajnik WSPR w postaci wyspecjalizowanego urządzenia lub transceiver sterowany odpowiednim programem. W drugim przypadku do anteny podłączamy odbiornik lub transceiver z dedykowanym oprogramowaniem do dekodowania transmisji, a odebrane komunikaty automatycznie są raportowane do centralnej bazy danych wspnet, w celu dalszej ich analizy. Szacuje się, że w ciągu doby do bazy projektu przesyłanych jest około pół miliona raportów z pasm amatorskich w zakresie od 136 kHz do 1296 MHz.

Stacje nadawcze

Najprostszym i na pewno najwygodniejszym sposobem skorzystania z systemu WSPR do sprawdzenia możliwości własnej anteny



jest podłączenie jej do dedykowanego nadajnika WSPRLite firmy SotaBeams. Jest to urządzenie pracujące całkowicie automatycznie, wymagające jedynie wstępnej konfiguracji przez użytkownika. Posiada ono dwa gniazda: SMA-M 50Ω do podłączenia anteny oraz micro-USB do zasilania i programowania. Całość uzupełnia dioda sygnalizacyjna oraz przycisk startu. Obudowa urządzenia jest niewiele większa od pudełka zapalek.

Konfiguracja nadajnika jest bardzo prosta dzięki dedykowanej aplikacji WSPRLite Settings. Przy jej pomocy ustawiamy znak stacji, jej położenie, moc nadawania oraz wybieramy pasmo, w jakim będziemy przeprowadzać testy. Po zapisaniu konfiguracji do WSPRLite, można go odłączyć już od komputera i podpiąć do anteny oraz źródła zasilania USB 5 V. Niski pobór prądu umożliwia zasilanie nawet z powerbanku. Zalecane jest również podłączenie urządzenia poprzez odpowiedni dla wybranego pasma filtr dolno przepustowy LPF w celu eliminacji harmonicznych z nadajnika.

Ważną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę, to moment uruchomienia WSPRLite. Specyfika systemu WSPR wymaga dokładnej synchronizacji nadajników i rozpoczęcia transmisji sygnału w ściśle określonej chwili, a mianowicie w drugiej sekundzie parzystej minuty. Najprostszym sposobem będzie skorzystanie ze wzorca czasu np. z telefonu odbierającego sygnał GPS. Po podłączeniu skonfigurowanego WSPRLite do zasilania, dioda sygnalizacyjna miga na czerwono. Krótkie naciśnięcie przycisku uruchamia nadawanie, sygnalizowane ciągłym świeceniem się diody na czerwono.

Nadajniki WSPRLite dostępne są w dwóch wersjach:

- Classic – pokrywająca pasma od 630 m do 20 m, posiadająca wbudowane filtry LPF dla pasma 20 m i 30 m i mogąca pracować do 30 dni.
- Flexi – pozbawiona filtrów LPF, pokrywająca szerszy zakres pasm od 630 m do 6 m, umożliwiająca modyfikację w pewnym zakresie modyfikację częstotliwości pracy oraz mogąca pracować do 45 dni bez obawy utraty synchronizacji, dzięki zastosowaniu dokładniejszego generatora TXCO.

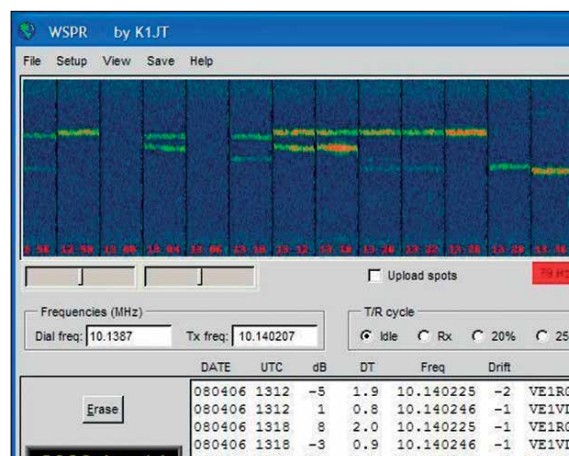
Użytkownik WSPRLite otrzymuje dodatkowo dostęp do funkcji premium systemu DXplorer,

który posiada dodatkowe narzędzia do analizy otrzymanych wyników. Dostępne są tam informacje o rozkładzie czasowym raportów z naszego systemu, odległości, mapy itd., ułatwiające sprawdzenie anteny również pod kątem np. dobowych zmian w propagacji fal radiowych na danym paśmie. Możliwe jest również porównywanie własnych wyników z innymi stacjami w danym okresie czasu.

Innym sposobem na nadawanie sygnału WSPR jest użycie transceivera podłączonego do komputera i jego karty dźwiękowej, sterowanego aplikacją WSTJ. Umożliwia ona generowanie potrzebnego sygnału audio do wejścia mikrofonowego transceivera. Takie rozwiązanie niesie jednak szereg niedogodności, takich jak konieczność ustawienia odpowiednich poziomów audio, stabilności częstotliwości nadajnika czy zapewnienia właściwej synchronizacji czasu. Problemem jest również minimalna moc wyjściowa transceiverów (zazwyczaj 1 W), która na potrzeby systemu WSPR jest aż za duża i powoduje, że wyniki pomiarów nie mają do końca odzwierciedlenia w rzeczywistości i w odniesieniu np. do emisji SSB. W urządzeniach typu WSPRLite poziom mocy wyjściowej jest dokładnie skalibrowany, a w przypadku transceiverów poziom mocy często jest tylko umowną sprawą i dodatkowo prowadzi do zafalszowania wyników.

Stacje raportujące

Podobnie jak w przypadku stacji nadawczych, do odbioru transmisji WSPR można wybrać różne rozwiązania sprzętowe. Najpopularniejszym sposobem jest wykorzystanie transceivera lub odbiornika w połączeniu ze wspomnianym wcześniej programem



WSTJ. Odebrane i zdekodowane poprawnie transmisje są automatycznie wysyłane na serwer wspnet. Wyniki są również wyświetlane na liście w oknie programu z informacją o częstotliwości i dokładnie zmierzonej mocy odebranego sygnału. Dzięki temu, że odbierane pakiety zawierają również informację o położeniu źródła sygnału, możliwe jest określenie azymutu odległości do stacji nadającej sygnał WSPR.

Innym, aktualnie chyba najlepszym sposobem na odbiór WSPR jest sieciowy odbiornik KiwiSDR. Jest to odbiornik SDR przeznaczony do pracy sieciowej, udostępniający 4 niezależne kanały odbioru



i wizualizacji całego pasma KF, a przy ograniczonej wizualizacji pasma (co nie jest nam potrzebna dla WSPR) nawet do 8 niezależnych kanałów. Wyposażony jest w szereg dekoderów, w tym również WSPR. Dzięki predefiniowanym ustawieniom, użytkownik wybiera jedynie pasmo, a którym chce sprawdzać antenę czy warunki propagacyjne. Znak i lokalizacja pobierane są automatycznie

z konfiguracji odbiornika i nie trzeba już ich ustawiać. Wyniki prezentowane są w postaci listy z informacją o stacji, jej znaku, mocy nadawania oraz odległości od lokalizacji odbiornika. Oczywiście odebrane i zdekodowane transmisje można automatycznie przesyłać do bazy danych systemu WSPR. Mając do dyspozycji wspomniane 8 kanałów odbiorczych, nic nie stoi na przeszkodzie żeby

przy pomocy KiwiSDR sprawdzać antenę i warunki na wszystkich pasmach KF jednocześnie. Ogromną zaletą tego odbiornika jest całkowicie autonomiczna praca, bez konieczności wykorzystywania komputera. Do KiwiSDR podłączamy zasilanie, antenę oraz kabel sieciowy do routera z dostępem do sieci Internet (wykorzystując niedrogi router z funkcją client można nawet takie połączenie wykonać bezprzewodowo eliminując kabel sieciowy do domowego routera).

Narzędzia do analizy

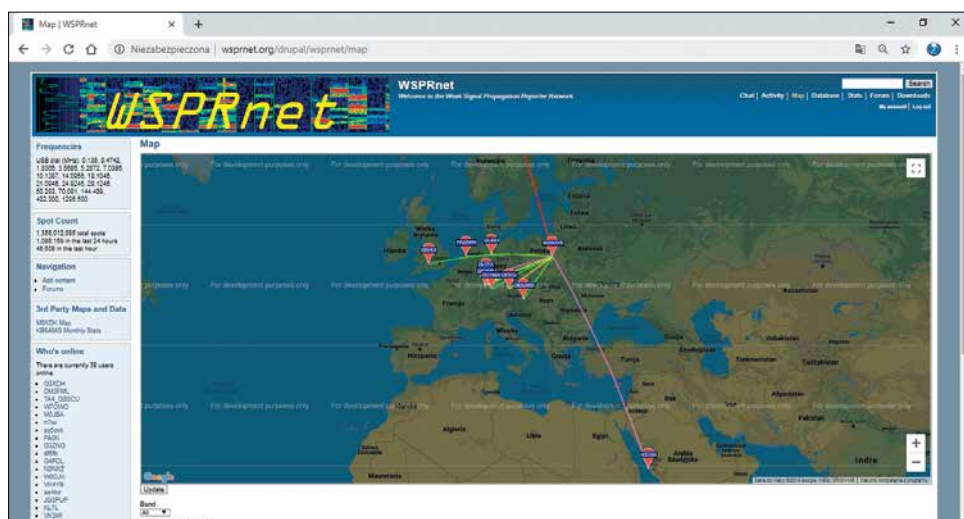
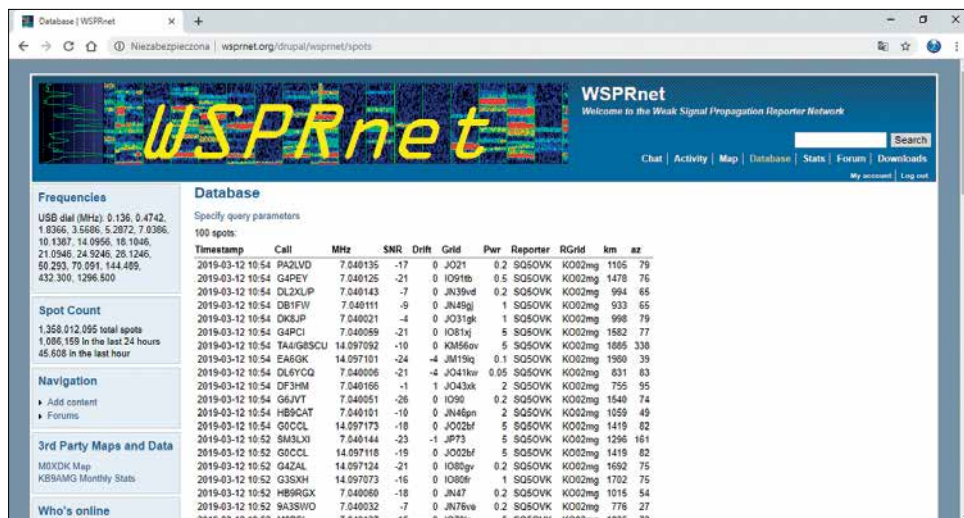
Do odczytu i analizy danych zebranych przez system WSPR można się posłużyć narzędziami oferowanymi na stronach systemu. Natomiast tak jak wspomniani wcześniej, użytkownicy nadajnika WSPRlite mają jeszcze dostęp do dodatkowych form prezentacji wyników na stronie DXplorer.

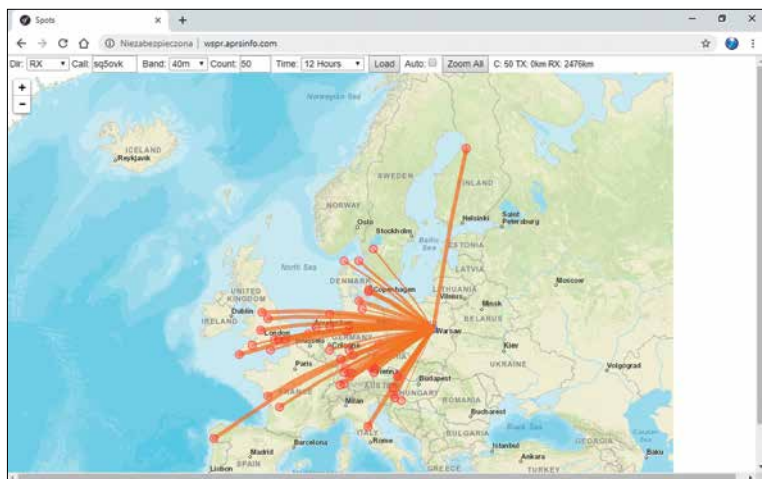
Główną stroną systemu WSPR jest witryna znajdująca się pod adresem <http://wspnnet.org>, gdzie gromadzone są wszystkie dane spływające ze stacji raportujących.

Strona oferuje między innymi:

- w zakładce Activity znajdują się informacje o aktywnych stacjach
- w zakładce Database można przejrzeć zbierane przez system dane oraz je filtrować w celu uzyskania potrzebnych w danym momencie informacji
- w zakładce Stats dostępne są ogólne wykresy i statystyki, przydatne do np. analizy działania systemu WSPR
- w zakładce Map dostępne jest graficzne zobrazowanie uzyskanych połączeń z możliwością filtrowania danych
- w zakładce Downloads można pobrać archiwa z raportami z każdego miesiąca do przeprowadzenia własnych analiz
- dostępne jest również forum użytkowników oraz chat do bieżącej wymiany informacji

Alternatywną i trochę bardziej przejrzystą metodą zobrazowania raportów na mapie jest strona <http://wspn.aprsinfo.com/>, która korzysta z tej samej bazy WSPR. Również na stronie KB9AMG dostępne są różne zestawienia statystyczne oparte na podstawie odebranych transmisji, pozwalające między innymi określić, które stacje raportujące pracują stale, które okresowo i z których wyniki będą najbardziej miarodajne.





Użytkownicy nadajników WSPRlite mają dodatkowo na stronie <http://dxplorer.net/> dostęp do dodatkowych narzędzi ułatwiających analizę wyników. Dostępne są tam między innymi:

- tabela z największymi dystansami zaraportowanych transmisji w danym okresie czasu
- zobrazowanie graficzne rozkładu dystansu połączeń w funkcji czasu, które pozwala np. na ocenę aktywności danego pasma w zależności od pory dnia czy nocy
- zestawienie wszystkich raportów dla wybranego pasma z danego okresu czasu wraz z możliwością wyeksportowania ich do pliku csv lub json
- zobrazowania na mapie położenia stacji raportujących transmisje
- możliwość porównania wykresów i map dla raportów transmisji pochodzących z dwóch różnych stacji nadawczych

Ocena WPSR

Analizując wyniki otrzymane przy pomocy WSPR oczywiście trzeba wziąć poprawkę na fakt, że funkcjonowanie tego systemu oparte jest na dobrowolnym uczestnictwie stacji. Dlatego rezultaty, zwłaszcza te uzyskane w niedużym przedziale czasowym mogą być obciążone pewnym błędem związanym z tym, że stacje w systemie pojawiają się i znikają. Według statystyk, średnia liczba raportujących stacji z całego świata wynosi około 1100, ale trzeba pamiętać, że również o tym, że nie są one rozsięte równomiernie po całym świecie. Nie mniej główny cel, czyli gdzie nas będzie słyszał i gdzie w danym momencie mamy szansę na udaną łączność, został niewątpliwie osiągnięty. Przeglądając raporty np. z ostatniej godziny, możemy na bieżąco reagować

na sytuację propagacyjną i wywoływać stacje bądź skierować swoje anteny w kierunku o największej aktywności radiowej.

Stosując takie zautomatyzowane rozwiązania jak WSPRlite czy KiwiSDR, możemy w czasie gdy nie pracujemy aktywnie na pasmach, wykorzystywać nasze systemy antenowe do innych celów i wspomagać w pewien sposób innych radioamatorów. Nadajnik WSPRlite Flexi jest w stanie działać 45 dni, tak więc wyjeżdżając nawet na długi urlop wakacyjny nasze anteny będą aktywnie wykorzystywane przez cały czas z pożytkiem dla nas i dla innych.

Szymon Piątkowski SQ5OVK

Wyłącznym dystrybutorem produktów SOTABEAMS w Polsce jest firma ERcomER (www.ercomer.pl)

