



Pomiary sieci WLAN analizatorami Rohde&Schwarz

Bezprzewodowe sieci lokalne WLAN stały się obowiązującym standardem nie tylko w biurach, ale i w naszych domach. Być może z tego względu przeciętny użytkownik, zupełnie „zielony” w zakresie zakładania sieci, całkowicie nie dostrzega problemów technicznych z tym związanych. Tymczasem oferta na sprzęt pomiarowy służący do badania sieci WLAN jest tak obszerna, że tematyce tej można by poświęcić cały numer miesięcznika. Wśród producentów aparatury pomiarowej jest na pewno bardzo dobrze znany Rohde&Schwarz

Pod pojęciem sieci bezprzewodowych rozumiemy kilka rodzajów/standardów sieci opartych na tym samym założeniu: braku połączeń kablowych służących do bezpośredniej realizacji połączeń pomiędzy terminalami. Różnica między nimi polega na sposobie implementacji, stosowanymi protokołami, charakterystycznym dla nich zasięgiem, zastosowaniami itp. Spośród istniejących rozwiązań można wymienić:

- WLAN/WiFi,
- MIMO,
- Bluetooth,
- pasmo 60 GHz,
- RFID/NFC,
- Ultra-Wideband (UWB)
- ZigBee,

- DECT,

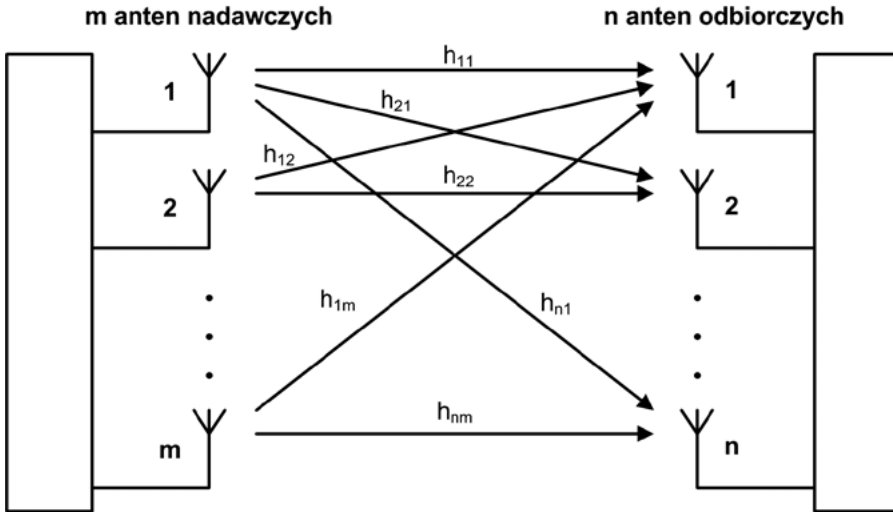
a także w pewnym sensie telefonię komórkową, nawigację satelitarną oraz radio i TV. Nie sposób omówić nawet skrótowo każdej z tych sieci, dlatego w artykule główny nacisk położono na aparaturę pomiarową przeznaczoną do sieci WLAN/WiFi. Należy zauważyć, że metody pomiarowe, jak również same przyrządy, często są takie same dla różnych rodzajów sieci.

Krótko o standardach

Sieci WLAN wykorzystują ogólnodostępne na całym świecie pasma ISM (Industrial, Scientific, Medical). Są one zoptymalizowane do pracy z protokołem IP i technologią Ethernet. Pracują zgodnie ze standardem

IEEE 802.11, który jednak na przestrzeni lat był wielokrotnie modyfikowany i aktualnie istnieje kilka jego odmian. Zestawienie najważniejszych parametrów standardu IEEE 802.11 przedstawiono w **tabeli 1**. Dla porównania uwzględniono w niej również drugi, bardzo popularny standard, jakim jest Bluetooth. W ostatnich latach duży nacisk kładzie się na mobilność środków komunikacji, w tym również sieci cyfrowych. Nie można więc nie wspomnieć o WiMAX-e, mimo że przyszłość tej technologii nie jest do końca pewna.

Jednym z większych wyzwań dla konstruktorów jest zwiększanie niezawodności i przepustowości sieci bezprzewodowych. W wyniku dążenia do poprawy tego parametru modyfikacjom poddawane są istniejące standardy, opracowywane są również zupełnie nowe techniki. Współczesne sieci WLAN wykorzystują na przykład technikę MIMO (Multiple Input Multiple Output), która w dużym stopniu poprawia przepustowość sieci, ale stanowi jednocześnie spory problem dla inżynierów-pomiarowców. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że w technice MIMO wykorzystuje się transmisję z wykorzystaniem wielu anten odbiorczych i nadawczych. Konieczne jest zatem



Rysunek 1. Realizacja sieci wykorzystującej technikę MIMO

stosowanie odpowiednich metod pomiarowych. Przykładową realizację sieci wykorzystującej technikę MIMO przedstawiono na rysunku 1.

Pomiary w sieciach WLAN

Jak można przypuszczać, w sieci bezprzewodowej, mimo jej nazwy, nie da się uniknąć połączeń przewodowych. Chociażby samo doprowadzenie sygnału do anteny nadawczej i odprowadzenie sygnału z anteny odbiorczej musi być wykonane odpowiednim torem kablowym. Jednym z podstawowych pomiarów sieci WLAN jest zatem...

Pomiar tłumienności kabla. Pomiar taki można wykonywać przyrządami stacjonarnymi lub przenośnymi. O wygodzie stosowania dużo mniejszych i lżejszych mierników przenośnych nie trzeba nikogo przekonywać. Tym bardziej, że najnowsze ich typy odznaczają się bardzo atrakcyjnymi parametrami technicznymi i cechami funkcjonalnymi. Ze względu na duże podobieństwo pomiarów sieci WLAN z pomiarami stacji bazowych telefonii komórkowej w obu przypadkach można wykorzystywać te same przyrządy

pomiarowe. Jednym z czołowych producentów takiej aparatury jest Rohde&Schwarz. Analizatory tej marki doskonale nadają się m.in. do pomiarów sieci WLAN. Do pomiarów tłumienności kabli potrzebny jest dowolny analizator z generatorem śledzącym, najlepiej wbudowanym. Przyrządami godnymi polecenia są FSH4/8 lub ich starsze wersje FSH3/6/18, które jednak nie posiadają wewnętrznego mostka reflektometrycznego. Urządzenia te są oferowane w kilku wersjach. Od zaimplementowanych rozszerzeń zależą oczywiście możliwości pomiarowe. Do podstawowej konfiguracji - analizatora widmowego mogą być dodawane opcje: miernika mocy, testera anten i kabli oraz dwuportowego wektorowego analizatora sieci. Analizatorami FSH4/8 można mierzyć częstotliwości z zakresu od 9 kHz do 3,6 GHz lub 8 GHz. Przydatność tych mierników nie kończy się oczywiście tylko na pomiarach tłumienności kabli. Można z nich również korzystać podczas dokonywania pomiarów innych parametrów sieci WLAN.

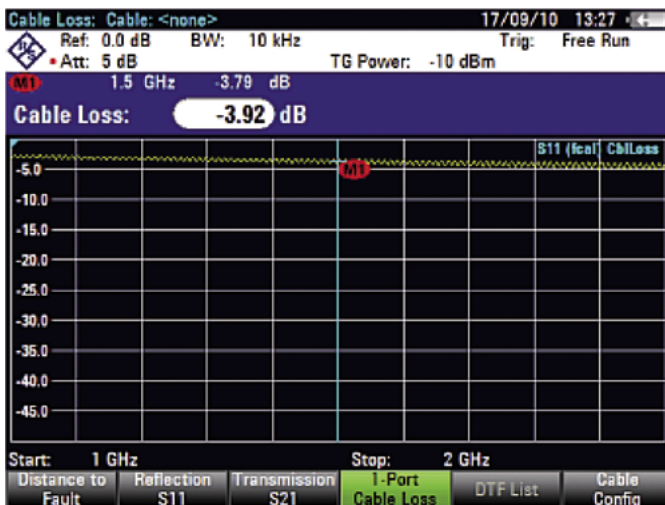
Do pomiaru tłumienia kabli można stosować również prostsze przyrządy, np. dedykowa-



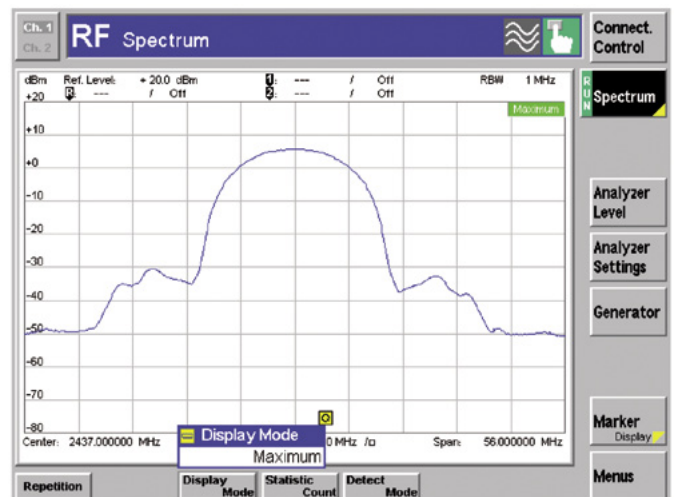
ny do takich zastosowań analizator kabli i anten typu ZVH. Przykładowy zrzut ekranu wykonany podczas badania tłumienia kabla w funkcji częstotliwości przedstawiono na rysunku 2.

Pomiar charakterystyki wzmocnienia wzmacniacza, tłumienia filtra lub dzielnika mocy. Te rodzaje pomiarów należą również do podstawowych. Są wykonywane w celu sprawdzenia czy elementy tworzące sieć spełniają określone normy. Do zdjęcia charakterystyk konieczne jest użycie analizatora widma i generatora śledzącego. Przyrządy FSH4/8 spełniają więc tu swoje zadanie.

Pomiar SWR/VSWR. Kolejnym, bardzo istotnym zagadnieniem w systemach transmisyjnych, w tym w nadajnikach i odbiornikach sieci WLAN, jest dopasowanie. Jak wiemy, przy braku dopasowania w kablowych torach transmisyjnych należy liczyć się z powstawaniem szkodliwych interferencji uniemożliwiających nawet poprawną pracę systemu, a w najlepszym przypadku powodujących istotne straty mocy. Parametrem określającym dopasowanie elementów toru transmisyjnego jest współczynnik fali stojącej SWR/VSWR (Standing Wave Ratio/Voltage Standing Wave Ratio). Używany do takiego pomiaru analizator musi być wyposażony w mostek reflektometryczny. Do starszych przyrządów rodziny FSH (3/6) konieczne jest dołączanie mostka zewnętrznego, ale Rohde&Schwarz oferuje odpowiednie przyrządowanie.



Rysunek 2. Przykładowy wynik pomiaru tłumienia kabla



Rysunek 3. Wynik pomiaru mocy sieci WLAN wykonanego uniwersalnym testerem stacjonarnym R&S CMU 200

Tabela 1. Zestawienie najważniejszych parametrów sieci WLAN WiFi 802.11 i Bluetooth

	WiFi		Bluetooth	
	IEEE 802.11 a/b/g/j/p	IEEE 802.11 n	Basic Rate	EDR
Zakres częstotliwości	2,4...2,497 GHz (b,g) 5,15...5,35 GHz (a) 4,9...5 GHz (j, Japonia) 5,725...5,825 GHz (a) 5,85...5,925 GHz (p)	2,4...2,497 GHz 5,15...5,35 GHz 5,725...5,825 GHz	2400...2483,5 MHz	2400...2483,5 MHz
Modulacja	BPSK, DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, CCK, PBCC	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	GFSK	Header: GFSK Data: $\pi/4$ DQPSK, 8DPSK
Wielodostęp	QFDM, CSMA/CA	QFDM, CSMA/CA	FHSS	FHSS
Duplex (Uplink/Downlink)	TDD	TDD	TDD	TDD
Pasma kanału	20 MHz (a, b, g) 10 MHz (j, p)	20 MHz lub 40 MHz	1 MHz	1 MHz
Liczba kanałów	2,4 GHz: 14 (overlapping), 3 (non-overlapping) 5 GHz: 12 (non-overlapping)	2,4 GHz: 14 (overlapping), 3 (non-overlapping) 5 GHz: 12 (non-overlapping)	79	79
Peak Data Rate	54 Mb/s (a, b, g) 27 Mb/s (j, p)	<600 Mb/s	1 Mb/s	3 Mb/s
Max. dystans	100 m	100 m	10 m	10 m

Pomiar mocy wyjściowej nadajnika. Odpowiednio skonfigurowane stanowisko pomiarowe powinno składać się z analizatora wyposażonego w tłumik i głowicę absorpcyjną lub analizator z głowicą przelotową. Pomiar ten jest o tyle istotny, że moc nadajników sieci WLAN nie może być dowolna. Dokładnie mówiąc, w Europie nie może ona przekraczać 100 mW (20 dBm EIRP – efektywna izotropowa moc wypromieniowana) dla standardów IEEE 802.11b/g, a dla standardu IEEE 802.11a jest dodatkowo zależna od pasma częstotliwości. Przykładowy wynik pomiaru mocy sieci WLAN wykonanego uniwersalnym testerem stacjonarnym R&S CMU 200 przedstawiono na rysunku 3.

Pomiar zakłóceń pochodzących od innych systemów. Prawdopodobnie w każdym przypadku, gdy człowiek wymyśla jakąś ideę przeznaczoną do masowego użytku nie wyobrażał sobie granic możliwości jej stosowania. W większości przypadków okazywało się, że docieranie do tych granic następowało wcześniej niż przypuszczano, jeśli w ogóle brano to pod uwagę. Przekonujemy się o tym codziennie, gdy próbujemy zaparkować samochód w centrum miasta, przekonywaliśmy się wielokrotnie, gdy wydłużały się numery naszych telefonów. Za kilka dni staniemy w obliczu „końca” Internetu (okazuje się, że Internet ma jednak „koniec”), kiedy to wyczerpią się zasoby wolnych numerów IPv4. Gdy nasza domowa lub biurowa sieć WiFi dławi się i co chwilę „rwie” połączenia, często wystarczy zmienić kanał w routerze i problem staje się rozwiązany. Ale przyczyną zakłóceń sieci nie koniecznie musi być inna sieć działająca na tym samym obszarze. Niekiedy groźne interferencje mogą być powodowane

również pracą nadajników zupełnie innych systemów. Wykrywanie takich przypadków nie jest proste, szczególnie wtedy, gdy nie ma podejrzeń co do „winowajcy”. Do odpowiednich pomiarów wykorzystuje się najczęściej analizator z anteną kierunkową.

Pomiary poziomu sygnału WLAN w różnych pomieszczeniach budynku. Taki pomiar jest najczęściej wykonywany w celu sprawdzenia czy pomieszczenia odległe od nadajnika sieci WLAN znajdują się jeszcze w jego zasięgu. Uzyskane wyniki pozwalają podjąć ewentualne środki zaradcze, np. zastosować nadajnik o większej mocy (oczywiście dbając o to, by nie przekroczyć mocy dopuszczalnej) lub ustawić repeatery w odpowiednich punktach sieci. Optymalne rozmieszczenie repeaterów może być również ustalone na podstawie pomiarów poziomu sygnału. Niezbędne przyrządy to analizator widma z anteną kierunkową.

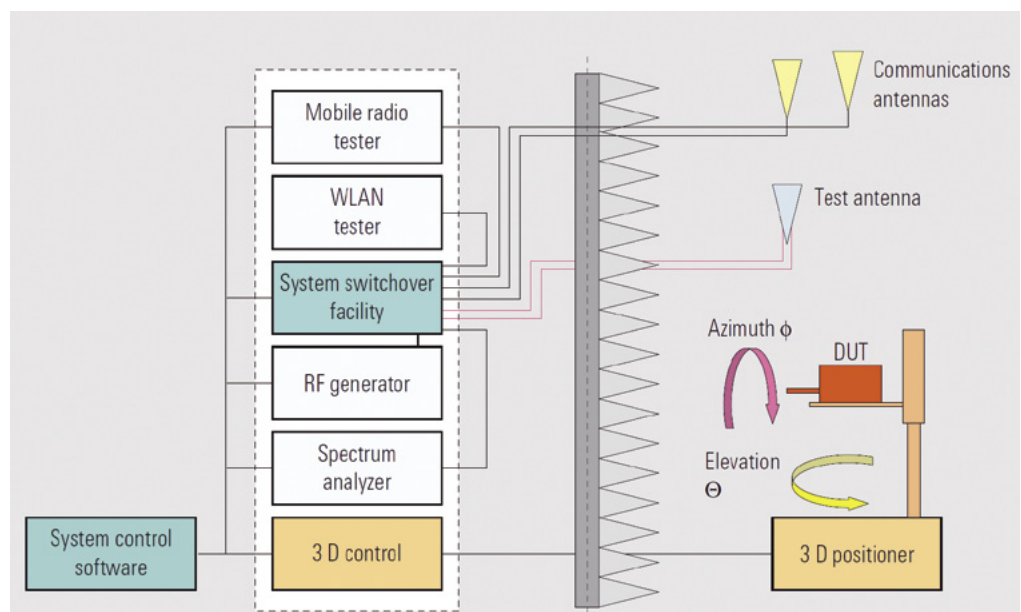
Powyższą grupę pomiarów można zaliczyć do rutynowych. Oprócz nich są również

wykonywane badania urządzeń tworzących sieci WLAN prowadzone na stanowiskach konstruktorów i na stanowiskach produkcyjnych.

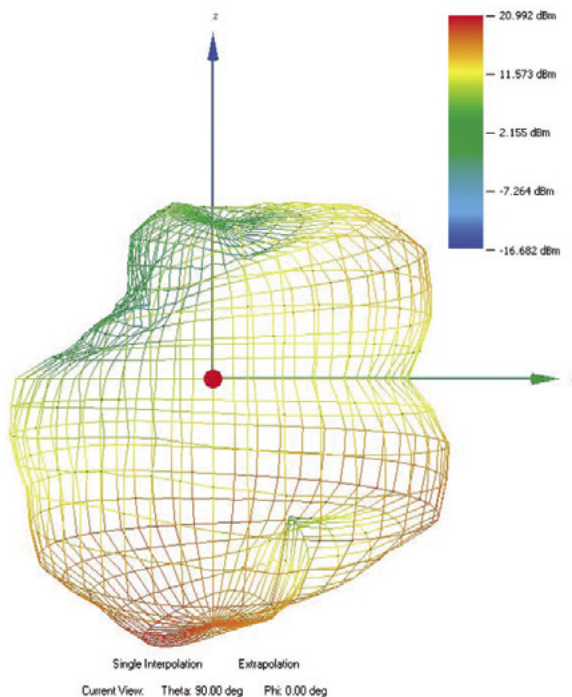
Pomiary sygnału zdemodulowanego wymagają użycia generatora wektorowego i analizatora wektorowego. Na ich podstawie określa się przede wszystkim zniekształcenia i poziom modulacji. Pomiary te pozwalają również określać dryft częstotliwości nośnej nadajnika. Ten rodzaj pomiarów jest wykonywany głównie na etapie konstruowania urządzeń wykorzystywanych w sieciach WLAN.

Pomiary produkcyjne to pomiary weryfikujące jakość urządzeń opuszczających linię produkcyjną. Są wykonywane przy pomocy specjalnych, na ogół bardzo drogich testerów produkcyjnych

Pomiary OTA (Over the Air) są wykonywane w laboratoriach certyfikacyjnych w celu określenia charakterystyk przestrzennych promieniowania. Wymagana jest do



Rysunek 4. Schemat blokowy stanowiska OTA



Rysunek 5. Przykładowy wynik pomiaru całkowitej mocy promieniowanej zdjętej w przestrzeni 3D.

tego specjalna komora z pozycjonerem 3D. Koszt samego laboratorium oraz jego wyposażenia w aparaturę pomiarową jest bardzo wysoki.

Sprzęt pomiarowy firmy Rohde&Schwarz do pomiarów sieci WLAN

Teraz, gdy wiemy już, przynajmniej z grubsza, jakie parametry mierzy się w sieciach WLAN, zapoznamy się, niestety również dość powierzchownie, z ofertą na przyrządy pomiarowe firmy Rohde&Schwarz. Ogólnie urządzenia te można podzielić na stacjonarne (laboratoryjne) i przenośne. W większości są to urządzenia skonfigurowane przez użytkownika, i dlatego ich parametry techniczne zależą na ogół od zakupionych opcji.

Jednym z podstawowych przyrządów pomiarowych jest częściowo już znany, przenośny analizator widma **R&S FSH 4 (FSH 8)**. Mierzy on w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 3,6 GHz lub 8 GHz. Charakteryzuje się czułością -141 dBm (1 Hz), która może być powiększona do -161 dB po zastosowaniu przedwzmacniacza. Funkcjonalność analizatora w znacznym stopniu zwiększa wbudowany generator śledzący i mostek reflektometryczny z zasilaniem DC. Przyrząd może pracować również jako 2-portowy analizator sieci. Wewnętrzny akumulator Li-ion zapewnia pracę przez 4,5 godziny, co sprawia, że przyrząd może być stosowany w warunkach terenowych. Sprzyja temu również mała waga 3 kg. Wyniki pomiarów mogą być zapisywane na karcie SD lub przesyłane portem USB lub siecią LAN do komputera. Interfejsy te umożliwiają również zdalne sterowanie analizato-

rem. R&S FSH 4/8 jest rozwinięciem starszych modeli FSH 3/6/18, które nie miały mostka reflektometrycznego.

Analizator anten i kabli R&S ZVH pracuje w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 3,6 GHz lub 8 GHz. Przyrząd ten zapewnia 100 dB zakres dynamiki dla pomiarów filtrów i anten. Jedną z funkcji pomiarowych jest pomiar mocy. Wbudowany zasilacz DC może być wykorzystywany przez aktywne urządzenia pomiarowe, np. wzmacniacze. ZVH jest również przystosowany do pracy w terenie, waży 3 kg i może pracować 4,5 godziny na zasilaniu z wbudowanych akumulatorów. Dane pomiarowe mogą być zapisywane na karcie SD lub pendrive. ZVH jest tańszą, nieco zubożoną wersją analizatora FSH.

Analizator widma R&S FSL. Kolejny typ analizatora pracującego w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 3,6 lub 18 GHz. Jest to najtańszy analizator w ofercie Rohde&Schwarz z demodulatorem 20 MHz. Do pomiarów sieci WLAN powinien być zakupiony z opcją K91/n WLAN Application Firmware. Analizator jest oferowany w wersji z generatorem śledzącym lub bez niego. Zapewnia dużą wiarygodność pomiarów nawet w zakresie mikrofalowym. Zastosowane w FSL filtry, dzięki ich cyfrowej implementacji, charakteryzują się dużą rozdzielczością. Przyrząd waży ok. 8 kg i opcjonalnie może być zasilany z akumulatora.

Wektorowy analizator sieci R&S ZVL z opcjonalnym analizatorem widma. Przyrząd ten jest sprzętowym odpowiednikiem analizatora FSL z wbudowanym mostkiem reflektometrycznym i przełącznikiem kierunku transmisji sygnału z generatora śledzącego. Pracuje w zakresie częstotliwości od 9 kHz do 3,6 lub 13,6 GHz.

Generator wektorowy R&S SMBV100A jest przeznaczony do badania urządzeń radiowych różnych standardów, ale może też być stosowany do pomiarów sieci WLAN. Charakteryzuje się na tyle wysoką mocą wyjściową, że nie wymaga stanowisk pomiarowych z zewnętrznymi wzmacniaczami.

Tester protokołów WLAN - R&S PTW70. Względnie tani przyrząd do zastosowań produkcyjnych, jeden z kilku w ofercie Rohde&Schwarz. Umożliwia testowanie warstwy fizycznej i MAC protokołów pracujących w standardzie IEEE 802.11a i 802.11g.

Tester produkcyjny R&S CMW500. Przyrząd pomiarowy z gatunku „do wszystkiego”. Jest to urządzenie z najwyższej półki,

o czym przekonujemy się na podstawie parametrów technicznych, ale również i ceny. Tester może być wykorzystywany na każdym etapie produkcji: od badań, przez kontrolę, do produkcji. Można nim sprawdzać wszystkie warstwy protokołu włącznie z aplikacjami end-to-end. Nie wymaga stosowania zewnętrznych przełączników RF, nadaje się do testowania sieci MIMO. Do produkcyjnego testowania urządzeń pracujących m.in. w sieci WLAN można również zaliczyć tańszy tester produkcyjny **R&S CMW270**.

System OTA - R&S TS8991. Jest to oprzyrządowanie do stanowiska OTA. Na **rysunku 4** przedstawiono jego schemat blokowy, a na **rysunku 5** przykładowy wynik pomiaru całkowitej mocy promieniowanej zdjętej w przestrzeni 3D. System ten może być wykorzystywany również do pomiarów EMC.

Jest co mierzyć i jest czym mierzyć

W artykule przedstawiono rodzaje pomiarów sieci WLAN i przyrządów pomiarowych przeznaczonych do tego celu. Jak widać niemalą trudność może sprawić podjęcie decyzji o wyborze pomiędzy stosunkowo tanim przyrządem charakteryzującym się jednak ograniczonymi funkcjami pomiarowymi, czy przyrządem droższym, którym można za to mierzyć więcej parametrów. Sprawę wyboru producenta delikatnie w tym artykule przemilczamy, bo ograniczono się w nim do prezentacji tylko jednej firmy. Zadanie jest o tyle trudne, że ceny analizatorów i testerów nie są w znaczeniu bezwzględnie niskie. Niewłaściwie dokonany zakup może więc utrudnić kolejne zakupy z powodu wyczerpania funduszy.

Artykuł opracowano na podstawie materiałów Rohde&Schwarz

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

