



## SENNHEISER WMAS – OPIS TECHNOLOGII

**Warszawa, 14 czerwca 2023** — Firma Sennheiser opublikowała dokument, który ma na celu przybliżyć założenia nowej technologii szerokopasmowych wielokanałowych bezprzewodowych systemów audio (WMAS). Opracowanie zostało przygotowane przez Dra Andreasa Wilzecka.



*Dr Andreas Wilzeck jest kierownikiem działu polityki i standardów widma w firmie Sennheiser electronic GmbH & Co. KG. Posiada doktorat z technologii komunikacji bezprzewodowej na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu im. Gottfrieda Wilhelma Leibniza w Hanowerze w Niemczech. Dr Wilzeck od ponad 10 lat zajmuje się standaryzacją oraz wprowadzaniem norm w zakresie rozwiązań bezprzewodowych – zasiadając między innymi w komitetach ETSI, 3GPP, CEPT oraz ITU-R.*

### Wprowadzenie

Widmo radiowe wykorzystywane w mikrofonach bezprzewodowych i bezprzewodowych dousznych systemach monitorowania jest ogólnie zasobem współdzielonym. Te profesjonalne aplikacje dźwiękowe współdzielą ten sam zakres widma z różnymi innymi usługami radiowymi oraz użytkownikami, takimi jak broadcasting, radioastronomia czy wojsko. Widmo TV-UHF dostępne dla profesjonalnych mikrofonów bezprzewodowych oraz celów monitoringu różni się znacznie w zależności od lokalizacji oraz dostępnych lokalnych usług nadawczych oraz innych zastosowań. Podczas gdy współdzielenie widma częstotliwości radiowych jest określane i kontrolowane przez krajowe organy regulacyjne, to koordynacja częstotliwości radiowych, które mają być wykorzystywane podczas wydarzenia lub w danym obiekcie, odbywa się we wspólnym interesie wszystkich użytkowników urządzeń bezprzewodowych w danym miejscu. Muszą oni uwzględniać istniejące okoliczności i równocześnie polegać na działaniu bez zakłóceń swoich urządzeń i narzędzi.

Zazwyczaj ekspert, czasem przy wsparciu całego zespołu, przejmuje zadania związane z koordynacją częstotliwości od organizatora imprezy lub obsługi technicznej np. teatru. Ten ekspert, zwykle nazywany „koordynatorem częstotliwości” lub menedżerem RF, jest główną osobą, która zajmuje się wszystkimi kwestiami związanymi z częstotliwościami radiowymi podczas wydarzenia lub w danym miejscu. Jego rolą jest komunikowanie się, nadzorowanie i zarządzanie wszystkimi sprawami związanymi z częstotliwościami transmisji radiowej. Stworzony zespół zbiera zapotrzebowania od wszystkich użytkowników, planuje i oblicza częstotliwości do wykorzystania, przydziela zasoby częstotliwości poszczególnym użytkownikom, monitoruje poziomy zakłóceń, zarządza wszystkimi przypadkami zakłóceń

oraz rozwiązuje problemy, a także nadzoruje wszystkie wykorzystane częstotliwości przed wydarzeniem oraz w jego trakcie.

Koordynator częstotliwości współpracuje z inżynierami dźwięku, którzy zajmują się wszystkimi kwestiami związanymi z dźwiękiem. Realizatorzy dźwięku zajmują się konfiguracją, próbą dźwięku oraz miksowaniem dźwięku na żywo, który jest przekazywany do głównego systemu nagłośnieniowego oraz systemów monitoringu. Ich zadaniem jest też stosowanie różnych efektów właściwych dla koncertów, imprez firmowych, teatrów czy wydarzeń sportowych.

Należy tutaj zauważyć, że wydarzenia stają się coraz większe i zdecydowanie bardziej skomplikowane, a dostępne widmo radiowe dla mikrofonów bezprzewodowych i monitorów dousznych kurczy się z powodu nowych przepisów prawnych. Obecnie koordynator częstotliwości musi radzić sobie ze znacznie większym zapotrzebowaniem na widmo radiowe, podczas gdy do dyspozycji są mniejsze jego zasoby i mogą też występować liczniejsze zakłócenia z sąsiednich pasm. Na przykład używanie przenośnych systemów łączności radiowej działających w sąsiednich zakresach częstotliwości może być relatywnie bliskie względem skoordynowanych częstotliwości przydzielonych dla mikrofonów bezprzewodowych oraz systemów monitoringu osobistego IEM, jeśli chodzi o odległość przestrzenną i separację częstotliwości.

W porównaniu do pracy podczas festiwalu na otwartej przestrzeni, planowanie częstotliwości w pomieszczeniach – na przykład w teatrach, obiektach nadawczych lub klubach muzycznych – jest znacznie łatwiejsze do przeprowadzenia, ponieważ sam budynek zapewnia pewną ochronę i tłumienie częstotliwości transmisji, a środowisko radiowe jest bardziej kontrolowane niż na zewnątrz. Podczas koordynowania częstotliwości na przykład dla stacjonarnego studia nadawczego bardziej chodzi o planowanie stabilnych częstotliwości dla różnych studiów i aplikacji bezprzewodowych, które będą wykorzystywane na miejscu. Inne wyzwania są podczas okazjonalnego festiwalu lub wydarzenia, gdzie trzeba radzić sobie często z dynamicznym przydziałem częstotliwości dla wielu różnych użytkowników, którzy spotykają się na to jedno wydarzenie i mogą mieć rozbieżne interesy.

W obu sytuacjach koordynator częstotliwości ma do czynienia z zakłóceniami powodowanymi przez inny sprzęt, który jest ważny dla całej produkcji wydarzenia, np. konwertery sygnału wideo lub urządzenia dystrybucji sygnału wideo czy światła (splittery i sumatory) itp.

## **Tam, gdzie działamy, kurczące się zasoby widma radiowego utrudniają organizację dużych imprez i instalacji**

W Unii Europejskiej potencjalne dostępne zasoby w paśmie TV-UHF poniżej 1 GHz zostały ograniczone z 392 MHz do 233 MHz (włączając w to przerwę duplex 800 MHz) w wyniku pierwszej oraz drugiej dywidendy cyfrowej. Dla profesjonalnych bezprzewodowych urządzeń audio pozostawiono jedynie 59,4% zasobów. Obecnie ta procentowa wartość jest jeszcze mniejsza, ponieważ wszystkie stacje nadawcze, które działały w zakresie 700 oraz 800 MHz zostały również przeniesione do pasma 470-694 MHz i w rezultacie są tam rozmieszczone znacznie ciasniej. Dostępne widmo TV-UHF różni się znacznie w zależności od danego miejsca. Jest to szczególnie zauważalne w obszarze przygranicznym, gdzie dostępnych jest tylko kilka kanałów TV. Istnieje ryzyko, że ograniczone zasoby w kanałach TV-UHF mogą być dalej zmniejszone z powodu krajowych decyzji wykonawczych po Światowej Konferencji Radiowej 2023 (WRC-23).

W Stanach Zjednoczonych pozostał tylko zakres częstotliwości między 470 a 608 MHz, a więc tylko 138 MHz. W rezultacie niektóre duże miasta nie mają wolnego kanału TV przeznaczonego dla profesjonalnego bezprzewodowego sprzętu dźwiękowego. FCC przyznaje organizatorom dużych i megawydarzeń specjalne tymczasowe uprawnienia do obsługi ich sprzętu w „pasmach częstotliwości z przeszłości”, które nie są jeszcze używane przez telefonię komórkową.

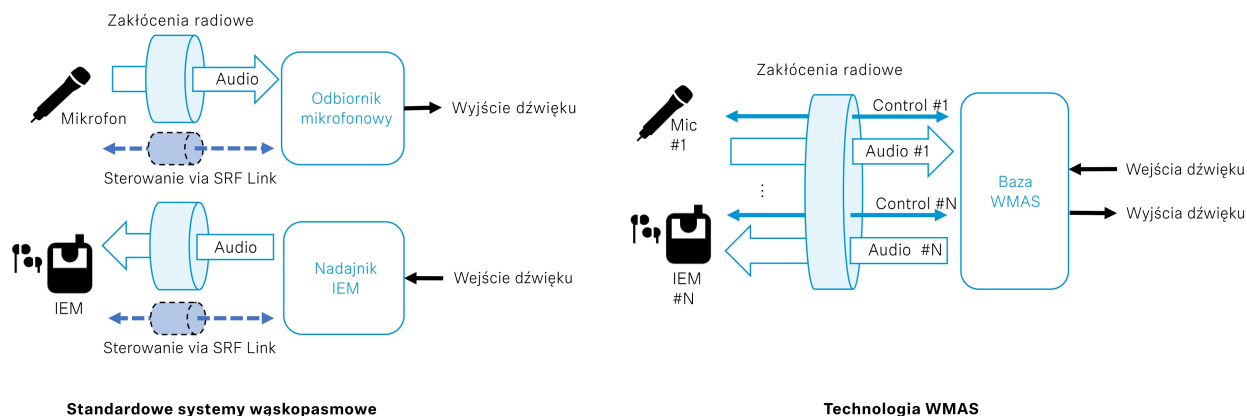
Wprowadzenie cyfrowych mikrofonów bezprzewodowych zapewniło pewną ulgę, ponieważ umożliwiają one uproszczenie planowania częstotliwości i bardziej gęste ulokowanie częstotliwości poprzez równoodległe rozmieszczenie połączeń bezprzewodowych. Cały czas brakuje prawdziwego rozwiązania, które poradziłoby sobie ze wzrostem popytu na częstotliwości radiowe i coraz większą złożonością wydarzeń i produkcji.

Ogólnie rzecz biorąc, rosnące zapotrzebowanie na widmo radiowe wymaga dalszego podnoszenia wydajności, przydzielenia dodatkowych odpowiednich zakresów częstotliwości i większych wysiłków koordynacyjnych, zwłaszcza w przypadku dużych wydarzeń i megawidowisk.

## **WMAS – rewolucyjne rozwiązanie RF dla profesjonalnych bezprzewodowych aplikacji audio dla dużych wydarzeń, megawidowisk i instalacji**

Dzięki implementacji bezprzewodowego wielokanałowego systemu audio (Wireless Multi-channel Audio System - WMAS) firma Sennheiser na nowo definiuje bezprzewodową transmisję dźwięku podczas imprez na żywo, w teatrach i studiach nadawczych – praktycznie wszędzie tam, gdzie równocześnie wykorzystywanych jest wiele kanałów audio. WMAS to zasadniczo dwukierunkowa szerokopasmowa technologia

bezprzewodowa, która łączy mikrofony, systemy monitorowania dousznego oraz zdalne sterowanie w jednym szerokopasmowym kanale RF. Jej cechą jest znaczna poprawa wydajności wykorzystania widma – nie tylko dzięki technologii, ale również dzięki usprawnieniu przepływu pracy.



Rys. 1 Przepływ sygnału i sterowania w systemach wąskopasmowych (z lewej) oraz z użyciem technologii WMAS (z prawej)

Implementacja transmisji radiowej WMAS firmy Sennheiser oparta jest na modulacji z ortogonalnym podziałem częstotliwości (Orthogonal Frequency Division Modulation - OFDM), transmisji z dwukierunkowym podziałem czasowym (Time Division Duplex - TDD) i wielodostępem z podziałem czasowym (Time Division Multiple Access – TDMA).

Zastosowana cyfrowa technika transmisji to OFDM w połączeniu z kodowaniem kanałów, co pozwala na wykorzystanie zróżnicowania częstotliwości bezprzewodowego kanału RF. Wykorzystanie większego zróżnicowania częstotliwości sprawia, że transmisja jest bardziej niezawodna, bez względu na to, czy odbywa się to w pomieszczeniach, czy na otwartej przestrzeni.

TDD pozwala na transmisję dwukierunkową, mając określony slot czasowy na odbiór oraz inny slot na nadawanie. Czas trwania obu slotów można regulować, co oznacza, że można w nich mieć wszystkie mikrofony, wszystkie systemy IEM lub dowolną ich kombinację.

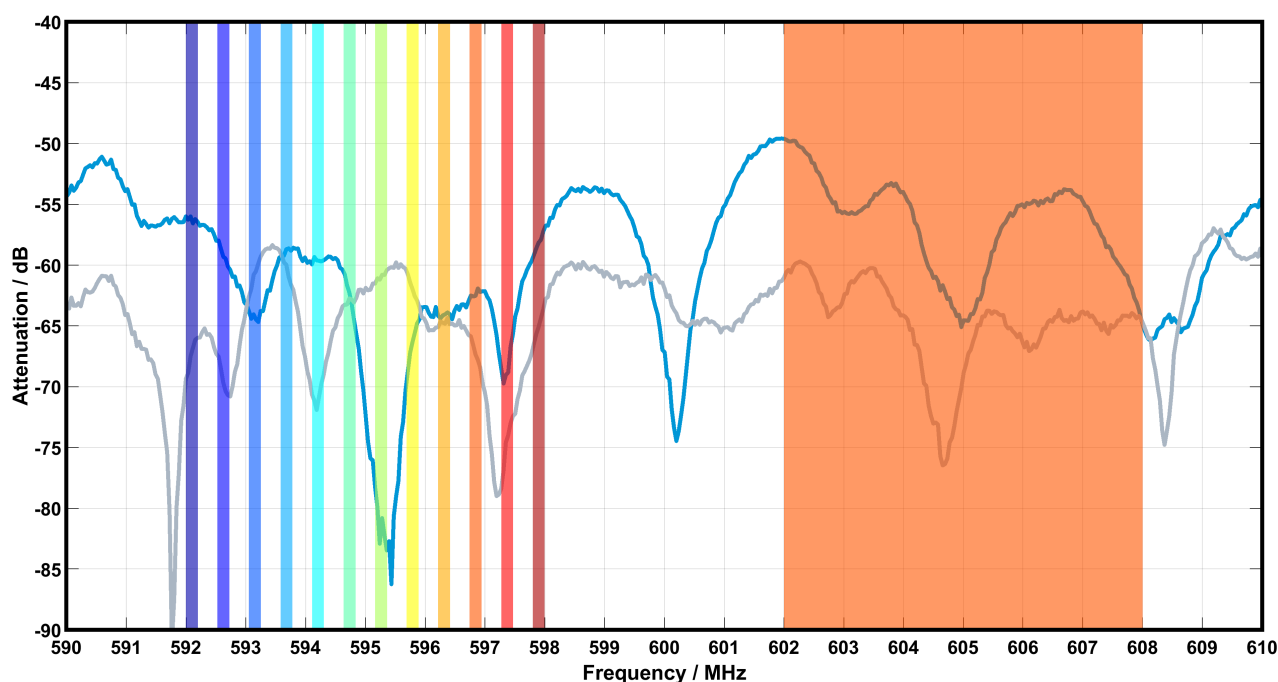
TDMA dzieli te okresy nadawania i odbioru na dedykowane sloty czasowe. Urządzenie WMAS może mieć przydzielony jeden lub wiele slotów czasowych. Można powiedzieć, że dedykowane sloty czasowe są podstawowym zasobem WMAS w porównaniu z dedykowanymi częstotliwościami wąskopasmowych połączeń transmisyjnych. Każde urządzenie WMAS „mówi” (transmituje) w swoich dedykowanych przedziałach czasowych i „milczy” w pozostałych. Każde urządzenie też wie, kiedy ma „słuchać” (odbierać). Żadne z urządzeń nie mówi w tym samym czasie, tak więc wszystkie one indywidualnie korzystają z pełnej przepustowości kanału RF, choć przez bardzo krótki czas.

Z punktu widzenia koordynacji częstotliwości, system WMAS będzie wykorzystywał te same częstotliwości, co dzisiejsze systemy wąskopasmowe. Jednak systemy IEM i mikrofony, które są obecnie podzielone na dwa zakresy RF oddalone od siebie o kilka MHz, mogą być teraz obsługiwane razem w jednym kanale TV i mogą być zintegrowane do obsługi przez jeden bodypack. Przy rozwiązaniu WMAS wymagana jest tylko jedna antena.

Zamiast dzisiejszego typowego różnicowania przestrzennego z dwiema antenami, WMAS oferuje 30-krotne różnicowanie w kanale telewizyjnym 6 MHz lub 40-krotne różnicowanie w kanale telewizyjnym 8 MHz z użyciem tylko jednej anteny. Zysk transmisji różnicowej jest dostępny dla wszystkich urządzeń odbiorczych. Tak więc jest to rozwiązanie zapewniające korzyści dla połączonych, dwukierunkowych bodypacków, włączając w to całkowicie cyfrowe systemy monitoringu dousznego o niskiej latencji.

Możliwe jest też użycie wielu anten, ale z innym celowym ich zastosowaniem, a mianowicie dla zapewnienia redundancji, rozszerzenia zasięgu i obsługi dodatkowych pasm częstotliwości – WMAS ma różne wersje do pracy w zakresie TV-UHF oraz w zakresie od 1350 MHz do 1525 MHz.

System działa z całkowitą mocą transmisji do 50 mW – w praktyce z mocą obecnego pojedynczego mikrofonu wąskopasmowego – która jest rozłożona na kanał RF o szerokości 6 MHz lub 8 MHz. W ramach limitu pojemności systemu nie będzie już żadnego skalowania całkowitej mocy nadawania przez liczbę używanych urządzeń.



*Rys. 2 Podczas gdy pojedyncze połączenia transmisyjne są podstawowym zasobem w transmisji wąskopasmowej (po lewej), WMAS wykorzystuje dedykowane szczeliny czasowe dla każdego urządzenia WMAS (po prawej stronie: jedno urządzenie samodzielnie wykorzystujące pełną szerokość pasma RF).*

Nie będzie już potrzebne zaawansowane planowanie częstotliwości, z wyjątkiem wyboru pojedynczego kanału RF w ramach kanału TV-UHF. W paśmie o szerokości 6 lub 8 MHz użytkownicy mogą wdrożyć 16, 32 lub nawet więcej kanałów audio w dowolnym kierunku. Koordynator częstotliwości może więc przydzielić inżynierowi dźwięku blok 6 MHz lub 8 MHz z częstotliwością środkową w celu wdrożenia WMAS. Koordynator ustala też najlepsze miejsca do umieszczenia anteny systemu (lub anten zwiększających zasięg).

W ramach WMAS inżynier dźwięku może elastycznie określać jakość dźwięku, latencję, zasięg i wykorzystanie zasobów dla każdej pojedynczej transmisji audio z i do pracujących urządzeń. W razie potrzeby inżynier dźwięku ma możliwość aranżowania i zmiany zasobów audio przypisanych do tych urządzeń. Pojedyncza stacja bazowa jest w stanie obsłużyć 64 kanały audio (32 wejścia i 32 wyjścia) w jednym urządzeniu w formacie rack 19" o wysokości 1U.

WMAS zapewnia dźwięk o cyfrowej jakości i ułatwia koordynację częstotliwości.

### **Współistnienie technologii wąskopasmowej i WMAS – więcej szczegółów o technologii WMAS**

Systemy wąskopasmowe oraz szerokopasmowe systemy WMAS będą współistnieć w miejscu ich pracy, a WMAS będzie wykorzystywać te same częstotliwości, na których działają dzisiejsze systemy wąskopasmowe. W technologii bezprzewodowej współistnienie opisuje działanie różnych urządzeń, technologii i zastosowań w jednym zakresie częstotliwości bez uszczerbku dla wzajemnego działania. Koordynacja częstotliwości zasadniczo organizuje to współistnienie w danym obiekcie lub tymczasowej lokalizacji. W koordynowaniu rozwiązań wąskopasmowych i WMAS wszystkie dobrze zastosowane metody koordynacji częstotliwości pozostaną na swoim miejscu, ale WMAS ułatwi i przyspieszy proces koordynacji.

Technologia WMAS posiada pewne właściwości ułatwiające współistnienie, a najważniejszą z nich jest jej dwukierunkowość. Przyjrzyjmy się temu bliżej.

Zgodnie z ETSI TR 103 450, WMAS składa się ze stacji bazowej WMAS oraz mobilnych urządzeń WMAS, na przykład nadajnika ręcznego, urządzenia typu bodypack lub innych o dowolnej postaci.

Dzięki technologii WMAS wszystkie urządzenia muszą być równocześnie nadajnikami i odbiornikami, ponieważ muszą być w stanie przysyłać i odbierać informacje sterujące w celu organizowania i synchronizowania działania całego systemu. Urządzenie WMAS może być nadajnikiem audio, odbiornikiem audio lub jednym i drugim. Nadawanie i odbiór dźwięku może dotyczyć jednego lub większej liczby kanałów audio. Urządzenie WMAS,



które może być nadajnikiem oraz dwukanałowym odbiornikiem dźwięku, nie musi pełnić obu tych funkcji - zależy to od tego, jak inżynier dźwięku skonfiguruje to urządzenie.

Stacja bazowa WMAS ma możliwość skanowania widma RF, dzięki czemu operator może zobaczyć jego wykorzystanie bez potrzeby stosowania dodatkowego sprzętu. Operator wybiera pojedynczą częstotliwość nośną WMAS, która została mu przydzielona od koordynatora częstotliwości i włącza transmisję radiową.

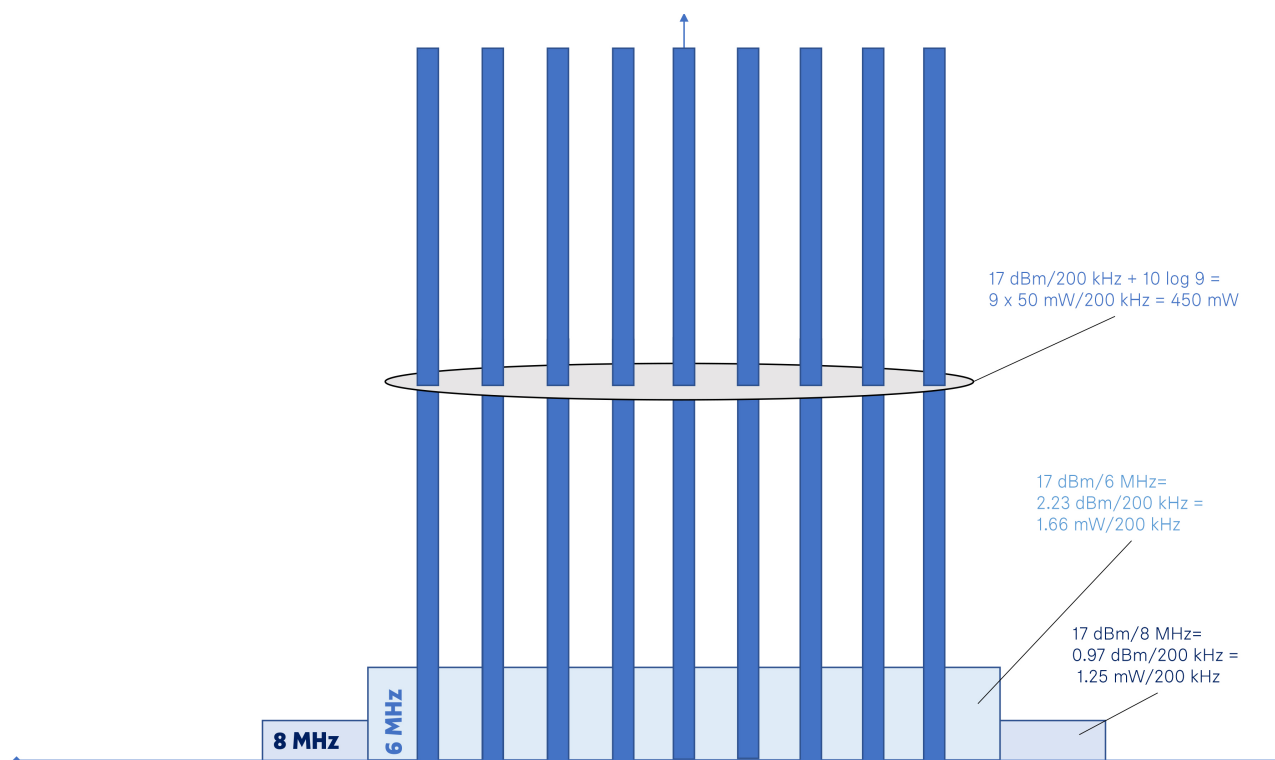
Przed rozpoczęciem transmisji urządzenia WMAS muszą zostać sparowane, podłączone i skonfigurowane przy użyciu stacji bazowej WMAS. Nie ma już ryzyka pojawienia się niezamierzonej transmisji wykorzystującej stare lub wstępnie ustawione konfiguracje RF.

Urządzenie WMAS, które utraci połączenie ze stacją bazową WMAS, po określonym czasie zaprzestanie transmisji i spróbuje ponownie nawiązać połączenie. To rozwiązanie eliminuje ryzyko obecności zakłóceń powodowanych przez nadajniki, które niepotrzebnie działają na żywo, na przykład gdy wykonawcy poruszają się po obiekcie lub miejscu wydarzenia, aby rozmawiać z uczestnikami lub w innym celu.

Fakt, że WMAS działa z niską gęstością widmową i niską mocą nadawania, jest kluczem do dobrego współistnienia i bycia „dobrym sąsiadem” w zatłoczonym widmie radiowym. Zmniejsza to wymagane odległości separacji i pozwala na znacznie gęstsze wykorzystanie widma, na przykład na festiwalach z wieloma scenami i w przypadku instalacji dźwiękowych w obiektach i studiach. Ponowne wykorzystanie częstotliwości nadal wymaga pewnego wysiłku w zakresie planowania, ale regulowana moc transmisji ułatwia zaawansowane planowanie częstotliwości oraz pracy systemu w danym obiekcie.

Jeśli użytkownicy sprawią, że skoordynowane częstotliwości będą ignorowane lub naruszone, może dojść do działania systemów wąskopasmowych i WMAS na tych samych kanałach. Przyjrzyjmy się bliżej takiemu scenariuszowi. Odbiornik wąskopasmowy 200 kHz odbierze tylko niewielką część (1/30 lub 1/40, w zależności od tego, czy kanał telewizyjny ma szerokość 6 czy 8 MHz) emisji z WMAS. Równocześnie pełna transmisja z nadajnika wąskopasmowego 200 kHz trafia na całą szerokość pasma odbiornika urządzenia WMAS.

Założmy, że wąskopasmowa transmisja mikrofonowa 200 kHz o mocy 50 mW / 200 kHz przypadkowo pojawia się w kanale WMAS 8 MHz. Odbiornik wąskopasmowy będzie wystawiony na działanie zakłóceń o mocy mniejszej niż 1,25 mW w paśmie 200 kHz odbiornika, pomijając straty związane z propagacją. Dla porównania, odbiornik WMAS 8 MHz doświadczy zakłóceń o poziomie 50 mW, ponownie pomijając straty propagacyjne. Należy wyraźnie tutaj podkreślić: rozważamy użycie jednego kanału z mikrofonem wąskopasmowym w wielokanałowym systemie dźwiękowym, który może mieć 16, 32 lub nawet więcej kanałów.



**Rys. 3. Emisje nadajników wąskopasmowych (kolor granatowy) w porównaniu do WMAS (jasnoniebieski)**

Jak zawsze w przypadku transmisji cyfrowej, w obu przypadkach stosunek odbieranego sygnału do szumu zadecyduje o tym, czy zakłócenia są szkodliwe, czy nie. Przemysłany projekt systemu, wykorzystanie zróżnicowania częstotliwości oraz zaawansowane przetwarzanie sygnału zapewniają rozwiązaniu WMAS niezawodność działania, która pozwala na kontynuację pracy nawet w przypadku pojawienia się w pobliżu takich wąskopasmowych zakłóceń.

Chociaż zaleca się zachowanie takiej samej minimalnej odległości bezpieczeństwa, jak w przypadku systemów wąskopasmowych, system WMAS okazał się wyjątkowo odporny podczas praktycznego testu w siedzibie firmy Sennheiser, gdzie jego działanie zostało ulokowane między kanałem TV z analogowymi połączeniami IEM a kanałem TV z kilkoma mikrofonami cyfrowymi.

Implementacja WMAS firmy Sennheiser polega na tym, że każde urządzenie WMAS (przenośne, bodypack lub antena) uczestniczy w rozproszonym wykrywaniu zakłóceń podczas pracy, dzięki czemu operatorowi jest zawsze znany poziom zakłóceń każdego urządzenia. Dzięki temu operator widzi, co się dzieje w widmie radiowym i podejmuje właściwe decyzje dotyczące działania systemu. Podobnie jak dzisiaj, nacisk powinien być kładziony na znalezienie i wyeliminowanie źródła (źródeł) zakłóceń. Jeśli nie jest to możliwe, operator WMAS może zdecydować się na przejście na inny kanał szerokopasmowy.



Spowoduje to tylko krótką przerwę, ponieważ wszystkie urządzenia są w pełni kontrolowane przez stację bazową.

#### **O firmie Sennheiser**

Żyjemy i oddychamy dźwiękiem. Napędza nas pasja tworzenia rozwiązań audio, które robią różnicę. Budowanie przyszłości audio i dostarczanie niezwykłych doświadczeń dźwiękowych naszym klientom - to właśnie reprezentuje marka Sennheiser od ponad 75 lat. Podczas gdy profesjonalne rozwiązania audio, takie jak mikrofony, rozwiązania konferencyjne, technologie streamingowe i systemy monitoringu scenicznego są częścią działalności Sennheiser electronic GmbH & Co. KG, urządzenia konsumenckie, takie jak słuchawki, soundbary i urządzenia wspomagające słyszenie są produkowane przez Sonova Holding AG na licencji Sennheiser. Więcej informacji o firmie na stronie [www.sennheiser.pl](http://www.sennheiser.pl)

#### **Kontakt dla prasy**

**Aplauz Sp. z o.o.**

[Edward Popławski](#)

Manager ds. komunikacji

T: +48 606 408 162

[edek.poplawski@aplauzaudio.pl](mailto:edek.poplawski@aplauzaudio.pl)

**Agencja Hit The Spot**

[Małgorzata Skwira](#)

PR Manager

T: +48 790 028 144

[m.skwira@hts.agency](mailto:m.skwira@hts.agency)