



Weryfikacja zasięgów eksperymentalnej emisji DAB+

Streszczenie: W 2009 roku rozpoczęto w Polsce testy radiofonii cyfrowej w systemie DAB+. Emisję uruchomiono przy współpracy Instytutu Łączności oddział we Wrocławiu, Polskiego Radia Wrocław i TP Emitel. W referacie przedstawiono podstawowe informacje o emisji testowej, podano parametry stacji uruchomionej sieci jednoczęstotliwościowej SFN, podano przykładowe wyniki analiz zasięgu. Zamieszczono wstępne wyniki weryfikacji zasięgów w praktyce. Sformułowano podstawowe wnioski wynikające z testów.

1. WSTĘP

W niektórych krajach Europy trwa wdrażanie radiofonii cyfrowej, prowadzone są szerokie emisje w systemach DAB, DMB. Prowadzone są pierwsze próby w nowym standardzie: DAB+ (np. w Szwajcarii, Niemczech, Chinach, Holandii) i uruchamiane są pierwsze komercyjne emisje, który już rozpoczęto szeroko wdrażać np. w Australii czy na Malcie. W Polsce do tej pory nie analizowano szczegółowo możliwości cyfryzacji radiofonii mimo tego, że oczekiwanie nadawców radiowych na możliwość uzyskania zasięgu jest bardzo duże a zasoby widma UKF FM są bliskie wyczerpania, zwłaszcza w zurbanizowanych częściach kraju. Jedyną możliwością na uruchomienie emisji nowych programów radiofonicznych czy usług cyfrowych lub też uzyskania większego zasięgu odbioru emisji radiowej staje się więc realizacja transmisji w sposób cyfrowy. Oczekiwania nadawców radiowych odnośnie nowych możliwości technicznych i możliwości uzyskania dużych zasięgów sieci za pomocą techniki cyfrowej jest bardzo duże. Niezbędną kwestią staje się przygotowanie cyfryzacji radia od strony podstaw planowania, możliwości widmowych i analiz technicznych standardów oraz przygotowanie podstaw formalno-prawnych i strategicznych.

2. EMISJA EKSPERYMENTALNA DAB+ WE WROCŁAWIU

W dniu 2 czerwca 2009r. we Wrocławiu rozpoczęły się pierwsze w Polsce testy cyfrowego radia w systemie DAB+ uruchomione dzięki wspólnemu wysiłkowi Instytutu Łączności, Polskiego Radia Wrocław i TP Emitel. Emisję uruchomiono w bloku częstotliwości 5B T-DAB zgodnym z Planem GE06 dla Wrocławia (częstotliwość środkowa bloku to 176,640 MHz). Sieć testowa SFN składała się z 2 stacji: nadajnika głównego Wrocław/Żórawina (TP Emitel) oraz stacji zlokalizowanego na terenie Instytutu Łączności przy ul. Swojczyckiej we

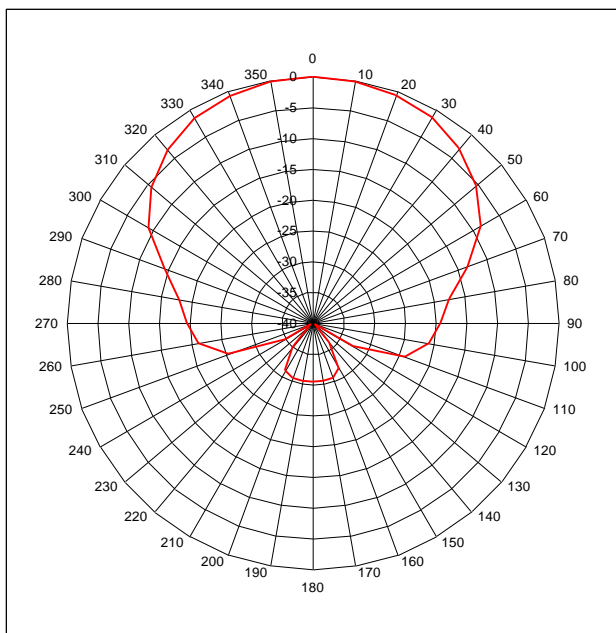
Wrocławiu jako stacja uzupełniająca (gap-filler). Moc ERP z pierwszej lokalizacji to ok. 5 kW, z drugiej – ok. 50 W. Emisja z obiektu w Żórawinie cechuje się z wykorzystaniem kierunkowej charakterystyki promieniowania skierowanej na centrum miasta a emisja z obiektu IŁ charakterystyką dookólną. Początkowo w multipleksie nadawano cztery programy radiofoniczne tj. Radio Wrocław, Radio RAM i testowe programy dodatkowe a następnie rozszerzono liczbę programów uzupełniając ją o programy innych nadawców: ESKA, PR Euro, Radio Luz, Radiozet, RMF Maxxx, TOK FM oraz testowe kanały audio i video.

2.1. Parametry techniczne emisji testowej DAB+ we Wrocławiu

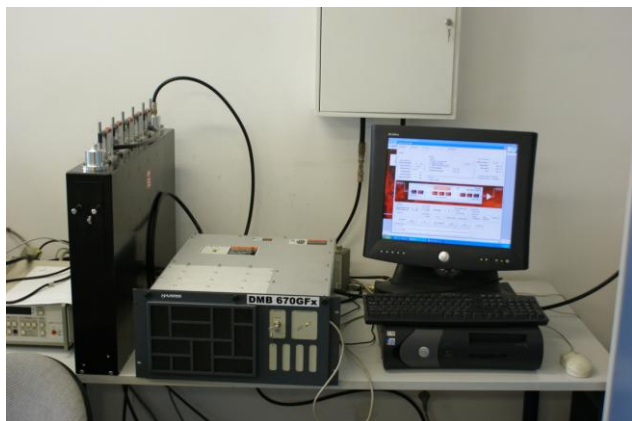
Szczegółowe parametry stacji nadawczych wykorzystanych do emisji testowej przedstawiono w tabeli poniżej a na Rysunku 1 pokazano charakterystykę kierunkową promieniowania anteny z obiektu Żórawina.

Tab.2. Parametry stacji nadawczych emisji eksperymentalnej DAB+

Lokalizacja	Współrzędne obiektu	Wysokość terenu [m n.p.m.]	Wysokość zawieszenia anteny [m n.p.t]	Moc ERP [kW]	Charakterystyka promieniowania
ul.Swojczycka Wrocław	17E06'55" 51N06'55" [wg. WGS84]	116	20	0,05	ND
RTON Żórawina	17E01'51" 50N59'10" [wg. P '42]	135	200	5	D



Rys. 1. Charakterystyka promieniowania stacji RTON Żórawina, DAB+, blok 5B



Rys. 2. Zestaw nadajnika DAB+ testowej emisji we Wrocławiu, Instytut Łączności



Rys. 3. Maszt i antena nadawcza Instytutu Łączności

3. ANALIZY PROPAGACYJNE EMISJI TESTOWEJ DAB+ WE WROCŁAWIU

Dla prowadzonej emisji wykonano różnorodne analizy propagacyjne, z wykorzystaniem własnego oprogramowania, map cyfrowych DEM a także map zabudowy. Analizy zasięgów sieci SFN wykonano dla różnych trybów odbioru oraz trybów samej emisji DAB+. Tryby odbioru, dla których wykonano analizy propagacyjne, oraz ich krótki opis przedstawiono w tabeli poniżej.

Tab 3. Rodzaje trybów odbioru DAB+ dla których przeprowadzono analizy zasięgów

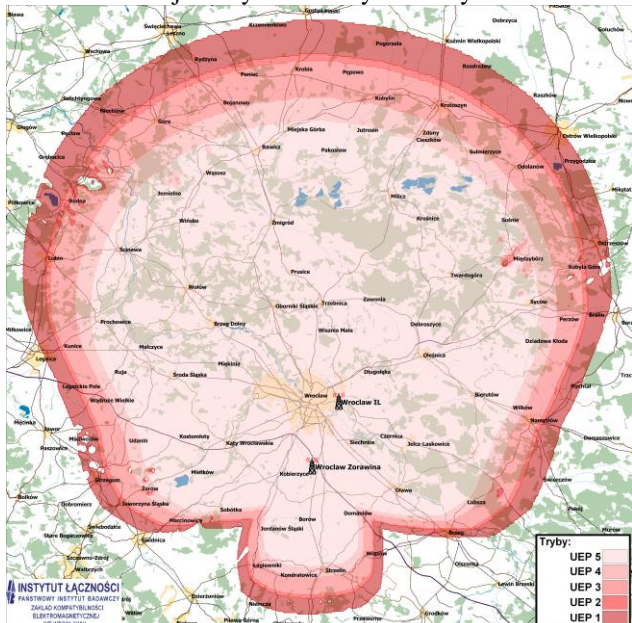
Rodzaj odbioru DAB+	Charakterystyka
Stacjonarny	Odbiór stacjonarny z wykorzystaniem wysoko zawieszanej, kierunkowej anteny odbiorczej, prawdopodobieństwo lokalizacji 95%
Przenośny zewnętrzny	Odbiór przez odbiorniki przenośne na zewnątrz budynków, prawdopodobieństwo lokalizacji 95%
Przenośny wewnętrzny	Odbiór przez odbiorniki przenośne wewnątrz budynków, prawdopodobieństwo lokalizacji 95%
Mobilny	Odbiór w pojeździe z wykorzystaniem zewnętrznej anteny samochodowej, prawdopodobieństwo lokalizacji 99%
Mobilny, odbiór w pojeździe	Odbiór w pojeździe z wykorzystaniem odbiornika przenośnego bez dodatkowej anteny zewnętrznej, prawdopodobieństwo lokalizacji 99%

W DAB stosuje się nierównomierne zabezpieczenie ochronne (Unequal Error Protection) lub zabezpieczenia równomierne EEP (Equal Error Protection). W trybie UEP niektóre ważniejsze elementy strumienia audio (np. nagłówki (Headers), współczynniki skalowania (Scale Factors)) są zabezpieczane z większą redundancją (o niższym współczynniku CR (Code Rate) a inne (próbki dźwięku) słabszymi. Występuje kilka grup kodowanych z różną protekcją (różny CR) a dla systemu określany jest poziom redundancji od 1 do 5. W przypadku trybu EEP wszystkie próbki są jednakowo zabezpieczane. Tryby oznaczane są od 1 (największa redundancja) do 5 (najmniejsza). W emisji DAB+ wykorzystywano standardowe, średnie poziomy ochronne emisji testowej: UEP3 i EEP-3A, jednak chwilowo włączano również pozostałe tryby.

3.1. Analiza zasięgu odbioru stacjonarnego

Gwarantowany zasięg dobrego odbioru wyznaczono dla w warunkach zastosowania anteny stacjonarnej wyniesionej na 10 m n.p.t., typowa antena 3-elementowa Yagi na pasmo III, typ odbiornik stacjonarny z anteną zewnętrzną, np. Tangent NET-200. Zastosowano składowanie sygnałów w sieci SFN za pomocą metody k-LNM [3] ze współczynnikiem 0,6 dla wypadkowego prawdopodobieństwa lokalizacji 95% zgodnie z zasadami stosowanymi w planowaniu radiodyfuzyjnych sieci cyfrowych.

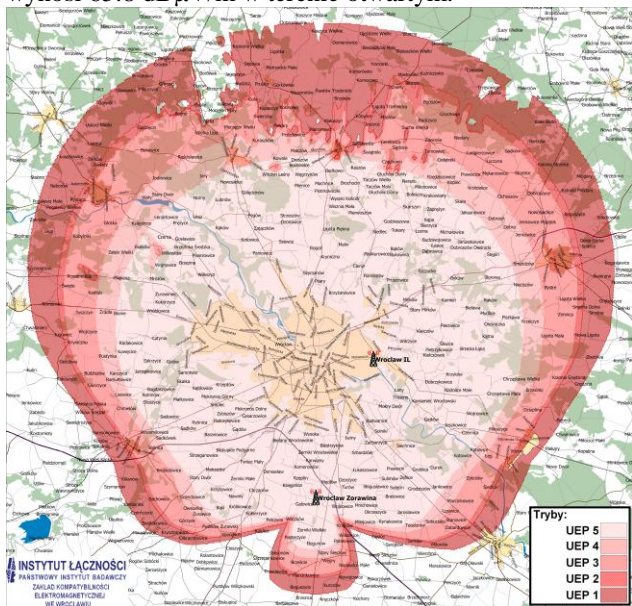
Wymagana wartość progowa wypadkowego pola sieci SFN dla odbioru stacjonarnego w warunkach bezinterferencyjnych wynosi wówczas w bloku 5B $34.3 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ dla terenu otwartego (tryby UEP3 i EEP-3A). Na Rys. 4. pokazano prognozowane wypadkowe zasięgi sieci SFN w odbiorze stacjonarnym dla wszystkich trybów UEP.



Rys. 4. Zasięg emisji testowej sieci SFN DAB+ dla odbioru stacjonarnego w trybach pracy od UEP1 do UEP5

3.2. Analiza zasięgu w warunkach odbioru mobilnego

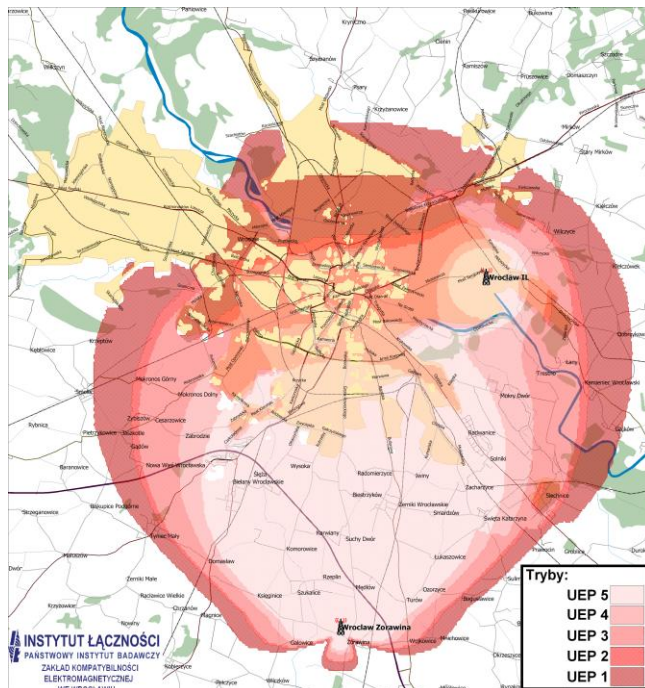
Gwarantowany zasięg odbioru mobilnego wyznaczono w warunkach stosowania anteny samochodowej na wysokości 1,5 m n.p.t. (typ odbiornik samochodowy, np. Pure Highway z anteną zewnętrzną) (Rys.5). Analizę wykonywano przy użyciu metody k-LNM ze współczynnik $k=0,6$ dla wypadkowego prawdopodobieństwa odbioru 99%. Wymagana wartość E_{min} dla tego typu odbioru w warunkach bezinterferencyjnych w bloku 5B wynosi $65.8 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ w terenie otwartym.



Rys. 5. Zasięg emisji testowej sieci SFN DAB+ dla odbioru mobilnego w trybach pracy od UEP1 do UEP5

3.3. Analiza zasięgu w warunkach odbioru mobilnego w pojeździe

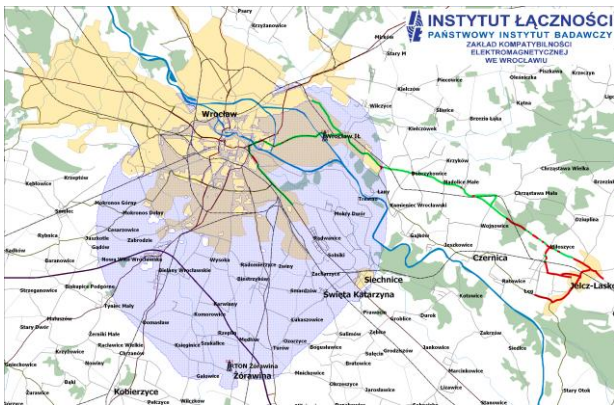
Gwarantowany odbiór mobilny w pojeździe wyznaczono dla odbiornika przenośnego ze zintegrowaną anteną (typ iRiver B20) (Rys. 6). Analizy wykonano za pomocą metody k-LNM, $k=0,6$ dla prawdopodobieństwa odbioru 99%. Wymagana wartość E_{min} dla tego typu odbioru w warunkach bezinterferencyjnych w bloku 5B wynosi $73.6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ w terenie otwartym.



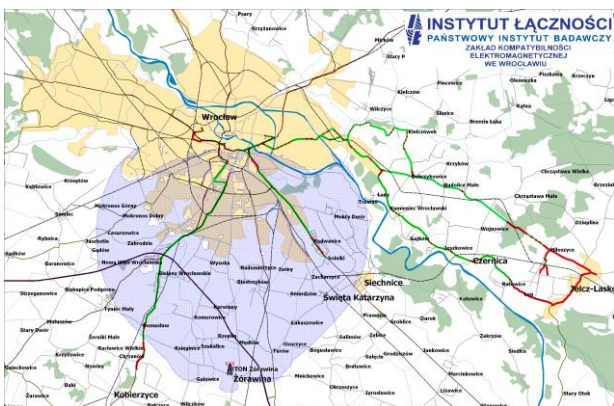
Rys.6. Zasięg emisji testowej sieci SFN DAB+ dla odbioru mobilnego wewnątrz pojazdu w trybach pracy od UEP1 do UEP5

4. WERYFIKACJA ZASIĘGU SIECI

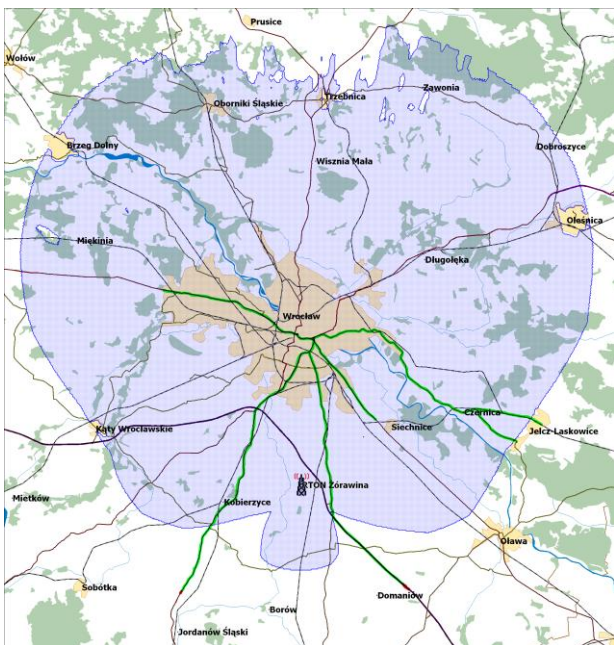
Wstępną weryfikację zasięgów przeprowadzono dla dwóch klas odbioru: odbioru mobilnego i mobilnego wewnątrz pojazdu. Wykorzystano standardowe odbiorniki DAB+. Pomiary i odsłuchy prowadzono w różnych porach dnia i w różnych warunkach atmosferycznych w okresie lato 2009 – zima 2009/2010. Każdorazowy spadek wypadkowego sygnału poniżej poziomu minimalnego pozwalającego na prawidłowy odbiór objawiający się w trakcie odsłuchu krótkotrwałą przerwą w odbiorze (w dowolnym czasie) identyfikowany był jako „dziura” w zasięgu. Miejsca, w których w dowolnych warunkach propagacyjnych i w dowolnej porze zapewniały poprawny odbiór oceniane były jako gwarantujące zasięg. Na rysunkach 7-8 przedstawiono zasięgi sieci SFN i samej stacji Żórawina odpowiadający trybom UEP3 i EEP-3A. Kolorem zielonym zaznaczono dodatkowo miejsca podczas jazdy samochodem, w których odbiór był poprawny, natomiast kolorem czerwonym miejsca, w którym odbiór był niemożliwy bądź utrudniony.



Rys.7. Weryfikacja zasięgu sieci SFN, odbiór mobilny w samochodzie (mobile in car)



Rys.8. Weryfikacja zasięgu stacji Żórawina, odbiór mobilny w samochodzie (mobile in car)



Rys.9. Weryfikacja zasięgu sieci SFN, odbiór mobilny w samochodzie ze standardową anteną zewnętrzną

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone testy odbioru w różnych warunkach propagacyjnych potwierdziły poprawność analiz teoretycznych prognozujących zasięg. W żadnym wypadku w prognozowanym obszarze poprawnego zasięgu w danej klasie odbioru nie było problemu z odbiorem. Należy

podkreślić, że analizy teoretyczne wskazują zasięg gwarantowany, który osiągany jest w dowolnych warunkach propagacyjnych (które podlegają zmienności czasowej), przy uwzględnieniu danej kategorii odbioru i obecnych zakłóceń interferencyjnych. Taki zasięg teoretyczny jako gwarantowany stanowi swego rodzaju minimum w stosunku do rzeczywistego zasięgu praktycznego zmieniającego się w rytm zmian warunków propagacyjnych. Zatem w praktyce możliwe jest chwilowe uzyskiwanie zasięgu na większym obszarze, jednak taki odbiór jako chwilowy i niegwarantowany podlegać będzie zmianom i możliwością zaników w niekorzystnych warunkach propagacyjnych i stąd nie jest uznawany jako *zasięg*.

Stwierdzono, iż w stosunku do prognozowanego teoretycznego zasięgu gwarantowanego, w korzystnych warunkach propagacyjnych, możliwy jest praktyczny odbiór w odległości większej (kilka km) od granic prognozowanego zasięgu. W sytuacji trudnych warunków propagacyjnych (np. mgła, śnieg) zasięg rzeczywisty w odbiorze mobilnym pokrywa się niemal dokładnie z prognozowanym gwarantowanym zasięgiem teoretycznym. W obszarze wiązki wstecznej anteny stacji Żórawina zasięg poprawnego odbioru nawet znacznie przekraczał wyznaczony zasięg - co może być spowodowane nieco inną rzeczywistą charakterystyką promieniowania anteny stacji Żórawina w stosunku do charakterystyki teoretycznej bazującej na danych katalogowych.

Analizując wpływ efektów sieciowych w sieci SFN zwrócono uwagę na poprawność modelowania zysku sieci przy użyciu metody k-LNM. Wpływ stacji uzupełniającej (gap-filler) najwyraźniej odczuwalny jest w „słabych” klasach odbioru (odbior przenośny wewnętrzny, odbiór mobilny w samochodzie) wymagających wysokiego natężenia pola i widoczny jest w niedużej odległości od stacji uzupełniającej (w praktyce kilka km). W odbiorze mobilnym przy sporym zasięgu stacji głównej (znacznie wykraczającym poza zasięg oddziaływania gap-fillera), ze względu na małe oddziaływanie stacji uzupełniającej jej wpływ na ten typ odbioru na skraju zasięgu jest praktycznie niezauważalny.

W przypadku klas odbiorów „wewnętrznych” (w budynku, w samochodzie) w mieście konieczne jest uwzględnienie szczegółów zabudowy. Warstwa zabudowy o niezbyt dużej dokładności (np. granic miast) może być natomiast z powodzeniem wykorzystywana w analizach zasięgu mobilnego, w których wpływ szczegółów zabudowy w tym paśmie częstotliwości na poprawny odbiór jest w praktyce stosunkowo nieduży.

SPIS LITERATURY

- [1] *Cyfryzacja radiofonii wysokiej jakości*, Raport Z21/21300089/1315/09, Praca pod kier. D. Więcka, Instytut Łączności, Wrocław 2009
- [2] Więcek D.: *Metody wyznaczania zasięgów w warunkach zakłóceń interferencyjnych* (Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne) SIGMA-NOT, 2008, nr 1, s. 11-21
- [3] Więcek D., Wroński J., *Metody sumowania mocy sygnałów o rozkładach logarytmiczno-normalnych*, KKRRiT2008, Wrocław, 2008