

Daniel Niewiadomski
Rafał Michniewicz
Janusz Sobolewski
Dariusz Więcek
Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy
Swojczycka 38, 51-501 Wrocław
d.niewiadomski@itl.waw.pl r.michniewicz@itl.waw.pl
j.sobolewski@itl.waw.pl d.wiecek@itl.waw.pl



Poznań, 21-23 czerwca 2017

PLANOWANIE LOKALNEJ SIECI JEDNOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ RADIOFONII CYFROWEJ DAB+ DIGITAL AUDIO BROADCASTING DAB+ LOCAL AREA SINGLE FREQUENCY NETWORK PLANNING

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyniki prac związanych z planowaniem sieci cyfrowej radiofonii DAB+ we Wrocławiu na potrzeby projektu lokalnej sieci jednoczęstotliwościowej SFN LokalDAB. Referat zawiera praktyczne aspekty związane z przygotowaniem do uruchomienia emisji od strony planistycznej, począwszy od procesu doboru częstotliwości radiowej spoza planu GE06 jak i optymalizacji parametrów sieci. W związku z planowanym sposobem synchronizacji nadajników sieci przeanalizowano również wpływ potencjalnych problemów synchronizacji na zasięgi uzyskiwane w ramach SFN. Dodatkowo przeprowadzono analizę wpływu opóźnień w sieci na uzyskiwane zasięgi powierzchniowe w zależności od metody synchronizacji odbiornika.

Abstract: Results of the works dealing with the DAB+ system network planning for the purpose of local single frequency network SFN in Wrocław were presented. Practical aspects connected with preparation of the network from the planning area, as finding available frequency block outside of the GE06 Plan and network parameters optimization were shown. Due to potential network de-synchronization aspects of the network coverage with delaying transmission were also presented. Additionally analysis of influence of different receiver strategy synchronization on delaying was performed.

Słowa kluczowe: DAB+, SFN, Planowanie sieci, Optymalizacja zasięgu, synchronizacja sieci

Keywords: DAB+, SFN, Network planning, Coverage Optimization, network synchronization

1. WSTĘP

W ramach niniejszego referatu przedstawiono wyniki prac związanych z planowaniem sieci radiofonii cyfrowej w systemie DAB+ (Digital Audio Broadcasting+) we Wrocławiu na potrzeby projektu lokalnej sieci jednoczęstotliwościowej (Single Frequency Network – SFN) o nazwie LokalDAB. Zaprezentowane zostały wyniki uzyskane podczas prac przeprowadzonych w Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma Instytutu Łączności PIB w ramach wspólnego projektu realizowanego z pozostałymi partnerami konsorcjum projektu: Politechniką Wrocławską i Radiem Wrocław SA.

Referat zawiera praktyczne aspekty związane z uruchomieniem emisji zarówno od strony planistycznej, samego procesu doboru kanału, jak i optymalizacji parametrów sieci a także analizę i ocenę wpływu zjawiska utraty synchronizacji planowanej sieci.

2. LOKALNA SIEĆ DAB+ LOKALDAB

Celem projektu LokalDAB jest opracowanie demonstratora sieci jednoczęstotliwościowej SFN pracującej w standardzie DAB+, z wykorzystaniem uniwersalnych układów programowalnych (USRP SDR) oraz bazującej na oprogramowaniu open source. Zaproponowane rozwiązanie jest kierowane do lokalnych nadawców, których możliwości finansowe nie pozwalają na rozpoczęcie emisji w sposób tradycyjny w multipleksie ogólnopolskim. Dzięki relatywnie niedrogiej platformie nadawczej, realizowanej w projekcie, będą oni mieli możliwość uruchomienia lokalnej emisji cyfrowego radia w systemie DAB+, co przyczyni się do wzrostu popularności nowego standardu transmisji, umożliwi odbiór znacznie lepszego dźwięku i nowych programów radiofonicznych, co wpłynie na zwiększenie pluralizmu medialnego i ciekawej oferty programowej w lokalnych społecznościach.

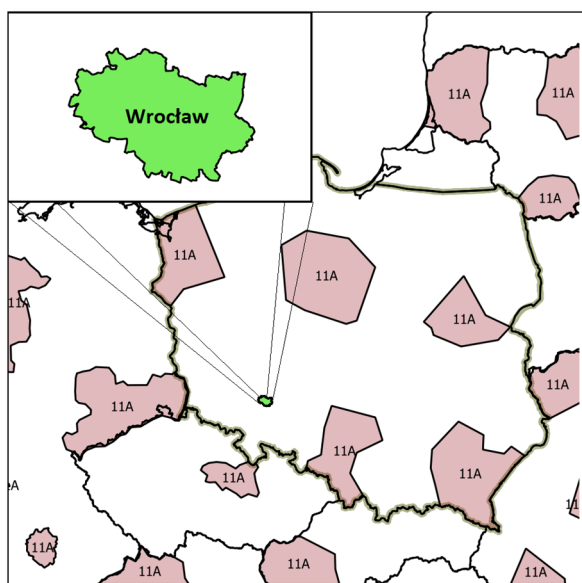
3. PROJEKTOWANIE SIECI

Dobór częstotliwości radiowych został wykonany zgodnie z uwarunkowaniami krajowymi i międzynarodowymi. W celu wskazania odpowiedniego bloku częstotliwości, w którym pracująca sieć radiofonii cyfrowej zapewni wymagany zasięg użyteczny i jednocześnie nie spowoduje zakłóceń w sąsiednich obszarach rezerwacji wykonano analizy kompatybilności elektromagnetycznej dla następujących przyjętych bazowych parametrów sieciowych:

- blok częstotliwości T-DAB: wg GE06 [2] z zakresu od 5B do 12D,
- wysokość zawieszenia anteny nadawczej: zgodna z rzeczywistymi parametrami obiektów nadawczych,
- maksymalna moc promieniowana: równa 1 kW ERP,
- rzeczywiste charakterystyki anten nadawczych,
- metoda propagacyjna zgodna z zaleceniem ITU-R.P. 1546-5 [1],

- zakłócenia wyznaczone dla krzywych propagacyjnych dla prawdopodobieństwa lokalizacji 50% oraz prawdopodobieństwa czasu na poziomie 1% (przy uwzględnieniu dopuszczalnych poziomów zakłóceń do obszarów rezerwacji cyfrowej telewizji DVB-T oraz obszarów rezerwacji cyfrowego radia DAB+).

Przeprowadzone analizy wykazały, iż blok częstotliwości T-DAB 11A jest najbardziej optymalnym wyborem dla planowanej sieci na terenie gminy Wrocław. Wskazany blok, przydzielony dla częstotliwości w zakresie 216,160 – 217,696 MHz (zgodnie z planem GE06 [2]), nie został do tej pory przydzielony do obszaru rezerwacji częstotliwości we Wrocławiu, ani w najbliższej okolicy. Ponadto analizowany wpływ zakłóceń od planowanej sieci na obszary wspólnokanałowe w otoczeniu Polski wykazały brak przekroczenia dopuszczalnego poziomu zakłóceń interferencyjnych.



Rys. 1. Wykorzystanie bloku 11A T-DAB wg GE06 na tle mapy Polski i sąsiadujących krajów

Na podstawie wstępnych ustaleń wskazano 3 obiekty nadawcze, które wejdą w skład sieci SFN. Poniżej przedstawiono listę wybranych obiektów wraz z ich parametrami lokalizacyjnymi:

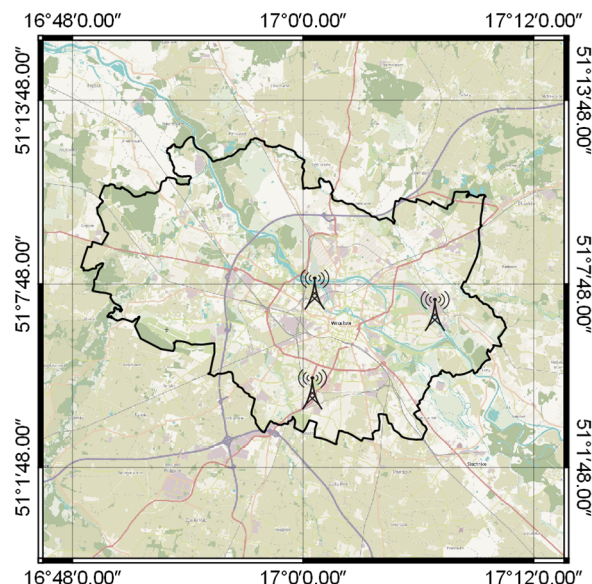
- Instytut Łączności – ul. Swojczycka 38, współrzędne: 51°06'55,19"N 17°06'48,68"E, wysokość terenu w punkcie: 116 m.n.p.m, wysokość zawieszenia anteny 20 m.n.p.t,
- Politechnika Wrocławska – ul. Długa 67, współrzędne: 51°07'37,10"N 17°00'32,97"E, wysokość terenu w punkcie: 111 m.n.p.m, wysokość zawieszenia anteny 16,5 m.n.p.t,
- Radio Wrocław SA – al. Karkonoska 8, współrzędne: 51°04'21,36"N 17°00'25,89"E, wysokość terenu w punkcie: 123 m.n.p.m., wysokość zawieszenia anteny 13,5 m.n.p.t,

Ze względu na ograniczenia techniczne obiektu nadawczego „Politechnika Wrocławska” konieczne było zaprojektowanie dedykowanego systemu antenowego,

w związku z czym azymut maksymalnego promieniowania i charakterystyka anteny nadawczej dla tej lokalizacji była ustalona i nie może ulegać modyfikacji.

W przypadku lokalizacji Instytutu Łączności oraz Radia Wrocław zastosowano systemy antenowe o charakterystyce kierunkowej, których azymut promieniowania może być modyfikowany pod kątem optymalizacji i maksymalizacji zasięgu użytecznego.

Na rysunku nr 2 przedstawiono lokalizację obiektów nadawczych na terenie Wrocławia.



Rys. 2. Lokalizacja obiektów nadawczych wchodzących w skład sieci SFN.

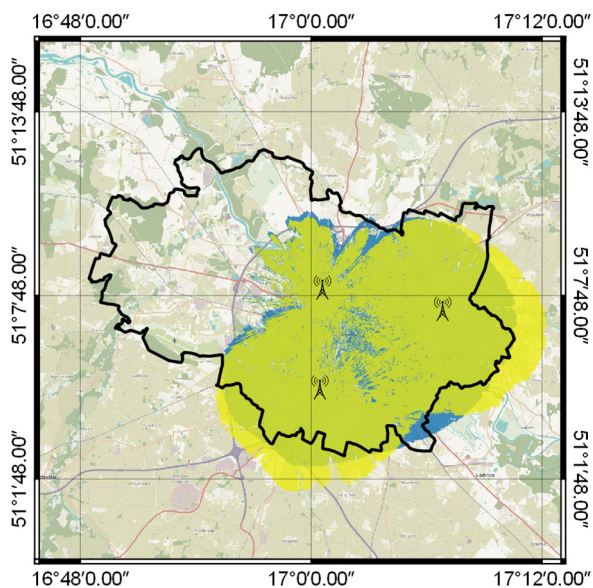
4. ANALIZA I OPTYMALIZACJA SIECI

Dla przyjętych obiektów nadawczych oraz ich systemów antenowych wykonano wstępne analizy zasięgowe w warunkach odbioru mobilnego/przenośnego zewnętrznego oraz przenośnego wewnętrznego.

Przeprowadzone analizy wykazały niewystarczające natężenie pola elektrycznego i niedostateczny wypadkowy zasięg sieci jednoczęstotliwościowej w centralnej części sieci SFN (centrum miasta).

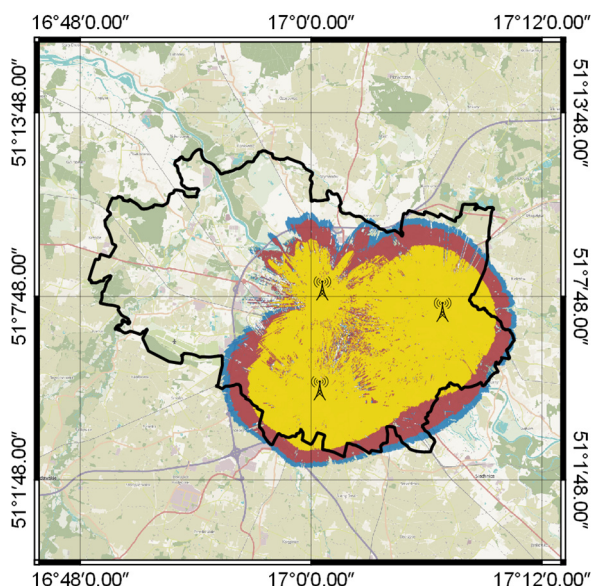
Ze względu na ograniczenia techniczne wynikające z zastosowanego filtra na wyjściu wzmacniacza mocy nie było możliwe zwiększenie mocy promieniowanej żadnej ze stacji celem podniesienia wypadkowego zasięgu sieci. W związku z tym przeanalizowano możliwości zmiany orientacji położenia anten nadawczych na obiektach Instytutu Łączności oraz Radia Wrocław w celu optymalizacji wypadkowego zasięgu zwłaszcza w centralnej jego części, ostatecznie uzyskując odpowiedni zoptymalizowany zasięg w pożądanym obszarze.

Analizy wykonano w standardowych warunkach planowania sieci radiodifuzji cyfrowej: analizy wypadkowego zasięgu sieci uwzględniające powstanie efektu zysku sieciowego i zakłóceń własnych SFN, stosowanie metody składania sygnałów sieci k-LNM, zdefiniowanych wartości minimalnych natężenia pola i współczynników ochronnych wg GE06.



Rys. 3. Zasięg sieci SFN LokalDAB Wrocław 11A (kolor żółty przed optymalizacją, kolor niebieski po optymalizacji systemów antenowych) tryb odbioru – mobilny/przenośny zewnętrzny 99%.

Przy założonych parametrach sieci tylko w przypadku trybu odbioru przenośnego wewnętrznego dla 95% miejsc w centralnej części zasięgu (centrum miasta) występują fragmenty obszarów nieobjęte gwarantowanym zasięgiem, wynika to z dużego tłumienia sygnału związanego z występującą zabudową miejską widoczną przy zastosowaniu map o wysokiej rozdzielności CODGIK NMPT odzwierciedlających szczegółową zabudowę miejską. Zasięgi dla różnych trybów odbioru przedstawiono na rysunku nr 4.



Rys. 4. Zasięgi sieci SFN LokalDAB Wrocław 11A dla różnych trybów odbioru (kolor niebieski – mobilny/przenośny zewnętrzny 99%, kolor brązowy przenośny wewnętrzny 70%, kolor żółty - przenośny wewnętrzny 95% miejsc

5. WPLYW UTRATY SYNCHRONIZACJI NA WYPADKOWE ZASIĘGI

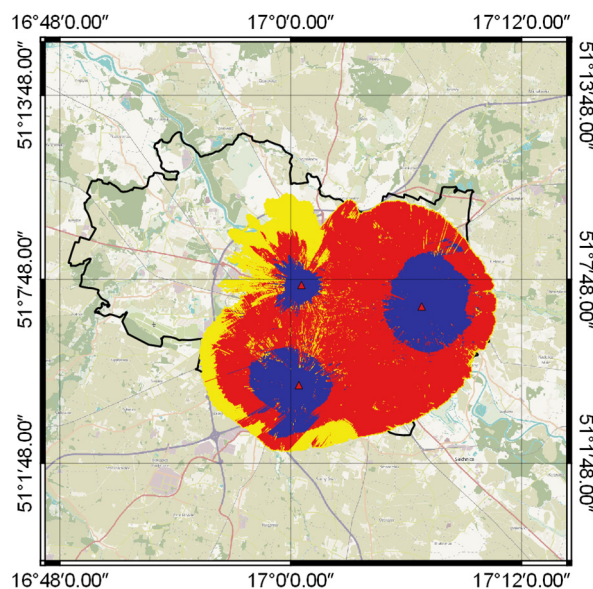
W ramach prowadzonych prac przeanalizowano również odporność odbiorników radiowych na mogące pojawić się w sieci rozstrojenia synchronizacji nadajników. W analizach uwzględniono dwa typy standardowych metod stosowanych do synchronizacji odbiorników:

- odbiornik z mechanizmem synchronizacji wg kryterium maksymalnego sygnału (najprostszy odbiornik, stosowany powszechnie w niedrogich urządzeniach),
- odbiornik z mechanizmem synchronizacji na pierwszy odebrany sygnał powyżej progu odbioru (bardziej zaawansowane odbiorniki).

Poniżej zamieszczono tabele obrazujące zmiany zasięgu powierzchniowego w zależności od typu odbiornika oraz wprowadzanych opóźnień rozstrojonych nadajników (Tab. 1 i Tab. 2) oraz ilustracje uzyskiwanych zasięgów sieci (Rys. 5 i Rys. 6).

Tab. 1. Zasięg powierzchniowy uzyskiwany dla odbiorników wykorzystujących mechanizmem synchronizacji - maksymalny sygnał/najbliższy nadajnik

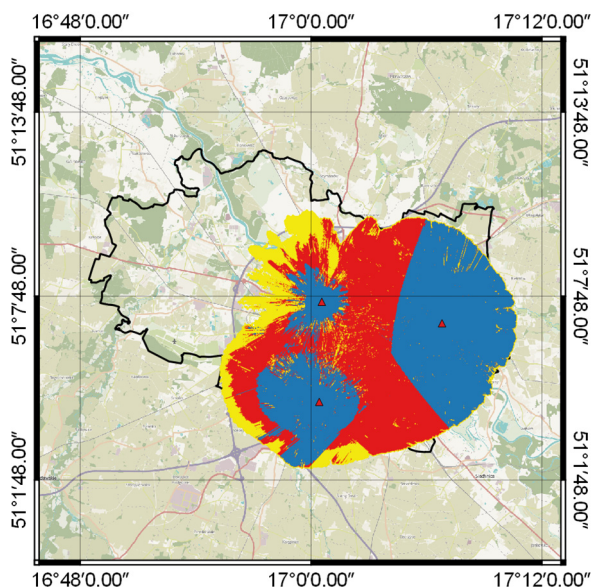
$L.p$	Opóźnienie na stacji IŁ [μs]	Opóźnienie na stacji PWr [μs]	Opóźnienie na stacji PR [μs]	Zasięg powierzchniowy [km^2]
1	0	0	0	195,63
2	100	0	0	171,13
3	150	0	0	47,63



Rys. 5. Zasięgi sieci SFN odbiornika z zaimplementowanym mechanizmem synchronizacji - maksymalny sygnał najbliższy nadajnik - kolor żółty brak opóźnień między nadajnikami, kolor czerwony brak synchronizacji nadajnika IŁ 100μs, kolor niebieski brak synchronizacji nadajnika IŁ 150μs.

Tab. 2. Zasięg powierzchniowy uzyskiwany dla odbiorników wykorzystujących mechanizmem synchronizacji na pierwszy odebrany sygnał

L.p.	Opóźnienie na stacji IŁ [μ s]	Opóźnienie na stacji PWR [μ s]	Opóźnienie na stacji PR [μ s]	Zasięg powierzchniowy [km^2]
1	0	0	0	195,63
2	210	0	0	176,27
3	230	0	0	97,43



Rys. 6. Zasięgi sieci SFN odbiornika z zaimplementowanym mechanizmem synchronizacji na pierwszy sygnał (kolor żółty brak opóźnień między nadajnikami, kolor czerwony brak synchronizacji nadajnika IŁ 210 μ s, kolor niebieski brak synchronizacji nadajnika IŁ nadajnika IŁ 230 μ s)

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, iż na uzyskiwane zasięgi sieci SFN znaczący wpływ może mieć wartość odstroięcia rozsynchronizowanych nadajników oraz zaimplementowany w odbiorniku mechanizm synchronizacji. Proste odbiorniki (stosujące mechanizm wyboru na najsilniejszy sygnał) w analizowanej sieci mogą tolerować rozstrojenie synchronizacji do ok. 100 μ s (gdzie występuje utrata ok. 10% zasięgu) podczas gdy odbiorniki bardziej zaawansowane mogą w podobnych warunkach tolerować rozsynchronizowanie jednego nadajnika nawet do ok. 200 μ s. W przypadku bardziej rozległych sieci wartości tych tolerancji uległyby jednak zmniejszeniu w związku ze zwiększaniem się obszaru, na którym nie powinny pojawiać się zakłócenia własne sieci SFN. W przypadku poprawnego zastosowania metody synchronizacji np. z wykorzystaniem sygnału GPS w praktyce nie powinno pojawić się opóźnienie transmisji nadajnika skutkujące degradacją wypadkowego zasięgu.

6. PODSUMOWANIE

Wykonane prace analityczne i planistyczne doprowadziły do wyboru częstotliwości (bloku T-DAB) systemu radiofonii cyfrowej DAB+ spoza Planu GE06, możliwego do wykorzystania we Wrocławiu i kompatybilnego z planem GE06, optymalizacji charakterystyk obiektów nadawczych pod kątem uzyskania jak najlepszego zasięgu sieci w różnych trybach odbioru w centrum miasta oraz oceny tolerancji pracy nadajników na mogące pojawić się rozstrojenia czasowe nadajników. Stwierdzono, że pojawiające się opóźnienia o wartościach nieprzekraczających 100 μ s są tolerowane nawet w przypadku słabych odbiorników i będą skutkować co najwyżej ok. 10% utratą wypadkowego zasięgu. Zaprojektowana sieć zostanie w kolejnym etapie uruchomiona celem praktycznej weryfikacji uzyskanych wyników.

PODZIĘKOWANIE

Niniejszy artykuł powstał w wyniku realizacji projektu pt.: „Sieć jednoczęstotliwościowa stosująca platformę nadawczą DAB+ na potrzeby lokalnych nadawców w Polsce”. Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, umowa o dofinansowanie nr PBS3/A3/19/2015

LITERATURA

- [1] ITU-R P.1546-5: *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz*, 09/2013, Geneva
- [2] Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial, 2006. Geneva
- [3] Gołębiowski B., Niewiadomski D., Więcek D. Planowanie, optymalizacja i kompatybilność elektromagnetyczna sieci radiofonii cyfrowej DAB+, (Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne), 2013, nr 6, 482-485 s.