

ANALIZA WPŁYWU ZAKŁÓCEŃ STACJI DVB-T NA SYSTEM CDMA2000

Streszczenie: W referacie przedstawiono analizę oddziaływania zakłóceń stacji naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T w 64 i 65 kanale telewizyjnym na łącza uplink (emisja od terminali CDMA2000 do stacji bazowej BS) systemu CDMA2000 pracującego w Polsce w kanale 65 telewizji. Przedstawiono uzyskane wartości degradacji zasięgu oraz spadek pojemności systemu CDMA2000.

1. WSTĘP

System CDMA2000 pracujący w Polsce wykorzystuje w łączu uplink, czyli od terminali CDMA2000 do stacji bazowej BS, kanał 65 telewizji (822 – 830 MHz). Zgodnie z uzgodnieniami Konferencji ITU-R RRC'06 [1] w Genewie i powstałym Planem GE06, po 17.06.2015 czyli po zakończeniu tzw. okresu przejściowego, stacje wpisane do Planu GE06 będą mogły być uruchamiane bez żadnych przeszkód, a więc także bez konieczności ich koordynacji z innymi krajami. W krajach sąsiadujących z Polską występują zapisane w Planie GE06 stacje DVB-T w kanale 65 telewizji. Ponieważ stacje DVB-T posiadają znaczne moce promieniowane oraz korzystają często z wysoko wyniesionych anten nadawczych ich obszar oddziaływania jest znaczny. Może on osiągać odległości nawet rzędu kilkuset kilometrów od nadajnika, co zostało poddane szczegółowej analizie w niniejszym referacie.

2. PARAMETRY ANALIZOWANYCH SYSTEMÓW

2.1. Parametry systemu DVB-T

Parametry systemu naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T przyjęto zgodnie z normą ETSI [2] oraz z wymaganiami Porozumienia GE06 [1].

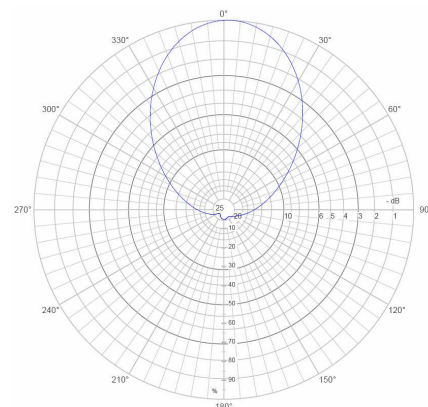
2.2. Parametry systemu CDMA2000

W analizie przyjęto parametry systemu CDMA2000 przedstawione w tabeli 1 [6,7]. W analizie założono dopuszczalne z formalnego punktu widzenia uruchomienie wszystkich emisji w kanale 65 wokół Polski, które mogą potencjalnie zakłócać pracę systemu CDMA2000, zatem przyjęto najgorszy przypadek. Dodatkowo, ponieważ istnieją blisko Polski obszary rezerwacji DVB-T (np. Bornholm), które nie posiadają zdefiniowanych parametrów stacji, ale mogą być implementowane zgodnie z procedurami porozumienia GE06, założono dla takich obszarów potencjalne parametry stacji DVB-T, która mogłaby być implementowana dla danych obszarów rezerwacji. Ponieważ w krajach na wschodzie

(Ukraina, Białoruś, Rosja) pracują w analizowanym paśmie częstotliwości inne służby (na Ukrainie także CDMA2000, w pozostałych krajach systemy wojskowe) założono, że nie będą tam uruchamiane tam stacje DVB-T w kanale 65, stacje takie nie są też wpisane w Plan GE06.

Tab. 1. Przyjęte parametry systemu CDMA2000

| Parametr | Wartość |
|-------------------------------|-----------------|
| Wys. zawieszenia anten BS | 25 m n.p.t. |
| Azymuty | 0, 120, 240 ° |
| Szerokość pasma | 1,23 MHz |
| Maks. promień obsługi komórki | 10 km |
| Czułość BS | -120 dBm |
| Współczynnik szumów F BS | 4 dB |
| Starty doprowadzeń BS | 3 dB |
| Eb/No [dB] (voice) | 4 dB (9,6 kb/s) |
| Maks. moc stacji abonenckiej | 0 dBW |



Rys. 1. Charakterystyka promieniowania anteny stacji bazowej przyjętej do analiz



Rys. 2. Rozmieszczenie analizowanych stacji DVB-T w kanale 65

3. ANALIZA ZAKŁÓCEŃ WNOSZONYCH DO SYSTEMU CDMA2000

System CDMA2000 w trybie transmisji głosowej (9,6kb/s) odznacza się wymaganą wartością Eb/No na poziomie 4dB. Na podstawie parametrów systemu można wyznaczyć wartość wymaganego marginesu dopuszczalnych zakłóceń (jamming margin) [3, 4]:

$$J = G_p - I_m - E_b/N_0$$

$$J = 10\log(B/R) - I_m - E_b/N_0$$

Gdzie:

Eb/No – wymagana wartość stosunku Eb/No dla danego typu kanału transmisji

Gp – zysk przetwarzania systemu CDMA

B – szerokość pasma systemu po rozproszeniu w technice CDMA

R – bitowa przepływność sygnału w analizowanym kanale

Im – margines implementacyjny wynikający z konstrukcji i parametrów sieci oraz strat przetwarzania

Ze względu na stosunkowo niewielką liczbę użytkowników rozmieszczonych potencjalnie w całym analizowanym sektorze przy podanych parametrach systemu założono $I_m=2\text{dB}$.

Margines zakłóceń wynosi:

$$J = 10\log(1,23 \cdot 10^6 / 9600) - 2\text{dB} - 4\text{dB}$$

$$J = 21 - 2 - 4 = 15 \text{ dB}$$

Wartość marginesu ochronnego na zakłócenia w przypadku transmisji głosowej (voice 9600kb/s) wynosi 15 dB.

Ponieważ system CDMA2000 charakteryzuje się znacznie mniejszym pasmem niż system DVB-T, należy uwzględnić dla danego kanału odbieranego CDMA2000 tylko część zakłóceń pochodzących od DVB-T, które pokrywają się z kanałem CDMA2000. Wartość wynikającej stąd korekty pasm wynosi:

$$\text{Corr} = 10\log(B_{\text{DVB-T}}/B_{\text{CDMA2000}}) = 10\log(7,81 \cdot 10^6 / 1,23 \cdot 10^6) = 8 \text{ dB}$$

Wartość Corr koryguje wymagany margines dopuszczalnych zakłóceń, w efekcie czego można wyznaczyć następujący wypadkowy współczynnik ochronny PR (protection ratio) dla transmisji CDMA2000 zakłócaną przez DVB-T:

$$\text{PR} = -(J + \text{Corr}) = -23 \text{ dB}$$

Należy pamiętać, że przy wyznaczaniu PR założono margines implementacyjny związany z konkretnym sprzętem na poziomie 2 dB. W przypadku instalacji niespełniających wymaganego stosunku minimalnego Eb/No lub w przypadku nieco słabszej niż założono implementacji systemu skutkującej większym marginesem implementacyjnym wymagana rzeczywista wartość współczynnika ochronnego może być wyższa o kilka dB. Obliczony minimalny sygnał użytkowy odebrany przez stację bazową od najbardziej odległych terminali (zasięg max. 10 km) wyniósł 14,5 dBμV/m. Uwzględniając PR dopuszczalny poziom sygnału zakłócającego od stacji DVB-T w k.65, który nie wprowadza zakłóceń do pracy systemu CDMA2000 wynosi 37,5 dBμV/m w lokalizacji stacji bazowej. Wartość ta pozwala na wyznaczenie

miejsc, w których uzyskiwany zasięg stacji BS CDMA2000 jest niezakłócony i wynosi 100%.

W celu oceny poziomu sygnału użytkowego na wejściu odbiornika stacji bazowej (BTS) dokonano analizy propagacyjnej w typowych warunkach propagacyjnych. Analiza bazowała na krzywych propagacyjnych Zalecenia ITU-T 1546-2 [5] i uwzględniała korekcie związane z wysokościami anten nadawczych (1,5 m n.p.t.) i odbiorczych (25 m n.p.t.). Wykorzystano program komputerowy dokonujący korekt związanych z częstotliwościami i mocami emitowanych sygnałów korzystający z oprogramowanych krzywych propagacyjnych. Obliczenia dla sygnału użytkowego wykonano dla 50% czasu i 50% miejsc. W analizie wykorzystano parametry CDMA2000 przedstawione w rozdziale 2 w warunkach maksymalnej mocy promieniowanej terminala. Uzyskano wyniki poziomów sygnałów odbieranych na poszczególnych odległościach od stacji bazowej, które przedstawiono w tabeli 2.

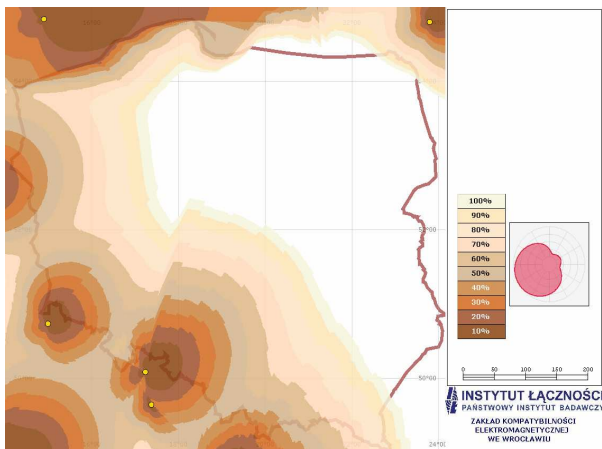
Tab. 2. Wyznaczone poziomy sygnałów użytecznych

| Odległość terminala od stacji bazowej BTS [km] | Poziom natężenia pola od terminala w miejscu BTS [dBμV/m] | Procent zasięgu maksymalnego [%] |
|--|---|----------------------------------|
| 1 | 62,0 | 10 |
| 2 | 52,2 | 20 |
| 3 | 44,8 | 30 |
| 4 | 38,3 | 40 |
| 5 | 32,9 | 50 |
| 6 | 27,5 | 60 |
| 7 | 22,6 | 70 |
| 8 | 18,6 | 80 |
| 9 | 16,2 | 90 |
| 10 | 14,5 | 100 |

Na podstawie wyznaczonych maksymalnych poziomów sygnałów użytecznych i wyznaczonej wartości współczynnika ochronnego można wyznaczyć wartości maksymalnych sygnałów zakłócających pochodzących od DVB-T, które skutkują odpowiednią procentową redukcją zasięgu stacji bazowej. Wyniki poziomów zakłóceń podano w tabeli 3. Na rysunku 3 przedstawiono na mapach obszary potencjalnych stacji bazowych z odpowiednimi wartościami uzyskiwanego zasięgu w sytuacji zakłóceń od wszystkich przyjętych do analizy stacji DVB-T w przypadku anteny sektorowej zorientowanej na azymut 240 stopni.

Tab. 3. Wyznaczone poziomy sygnałów zakłócających w zależności od stopnia redukcji zasięgu

| Procent zasięgu maksymalnego [%] | Redukcja zasięgu [%] | Poziom natężenia pola sygnału zakłócającego DVB-T w miejscu BTS [dB μ V/m] |
|----------------------------------|----------------------|--|
| 10 | 90 | 85,0 |
| 20 | 80 | 75,2 |
| 30 | 70 | 67,8 |
| 40 | 60 | 61,3 |
| 50 | 50 | 55,9 |
| 60 | 40 | 50,5 |
| 70 | 30 | 45,6 |
| 80 | 20 | 41,6 |
| 90 | 10 | 39,2 |
| 100 | 0 | 37,5 |



Rys. 3. Mapa wskazująca obszary potencjalnych lokalizacji stacji bazowych z odpowiednimi wartościami uzyskiwanego zasięgu w sytuacji zakłóceń od wszystkich zaznaczonych stacji DVB-T, sektor 240°

Wykorzystując wymagane wartości C/I i PR wykonano również analizy potencjalnych zakłóceń wnoszonych do systemu CDMA2000 przy wykorzystaniu oprogramowania SEAMCAT (www.seamcat.org). Założono kilka różnych wariantów parametrów systemowych w odniesieniu do mocy stacji, wysokości zawieszenia anten i rodzaju terenu. Ponieważ analizy SEAMCAT odnoszą się do sytuacji teoretycznych, nie uwzględniano na tym etapie wpływu ukształtowania terenu pomiędzy stacjami (map cyfrowych DEM). Wykorzystano krzywe propagacyjne zalecenia ITU-R 1546 oprogramowane w systemie SEAMCAT. Do analiz zakłóceń zastosowano krzywe 1% (w 1% czasu w 50% miejsc). W tabeli 4 przedstawiono wyniki analiz zakłóceń wnoszonych do proponowanego systemu CDMA przez stacje DVB-T pracujące w kanale 65. Parametrem jest odległość między stacją nadawczą DVB-T a stacją bazową BS (d) oraz rodzaj terenu. Wynikiem jest prawdopodobieństwo interferencji. Na tym etapie analiz nie uwzględniano konkretnej orientacji i charakterystyki stacji bazowej CDMA2000, zakładając przypadek dowolny – a więc zakłócenia w dowolnej, losowej części charakterystyki promieniowania anteny stacji bazowej i uśredniając wyniki. Jako dopuszczalne kryterium zakłóceń, przyjęto zgodnie z praktyką stosowaną

wana w Zespołach Projektowych CEPT wartość 1% dopuszczalnych zakłóceń, które nie mają negatywnego wpływu na pracę systemu. Analizę przeprowadzono zarówno dla zakłóceń pochodzących od emisji DVB-T w k.65 jak i od emisji w k.64.

Tab. 4. Prawdopodobieństwa interferencji w sytuacji oddziaływania DVB-T (kanał 65) na CDMA 2000 1x

| 65 kanał DVB-T | d [km] | Teren Miejski [%] | Teren Podmiejski [%] | Teren wiejski [%] |
|-----------------|--------|-------------------|----------------------|-------------------|
| 100 kW, h=300 m | 40 | 95,3 | 95,8 | 95,8 |
| | 60 | 85 | 87,4 | 87 |
| | 80 | 68,9 | 72,8 | 72,8 |
| | 100 | 54,6 | 57,1 | 58,1 |
| | 120 | 42,6 | 45,6 | 45,7 |
| | 140 | 32,6 | 36,4 | 37,3 |
| | 160 | 25,9 | 29 | 28,8 |
| | 180 | 19,7 | 22,4 | 21,9 |
| | 200 | 14 | 16,8 | 17,8 |
| | 220 | 9,7 | 12,3 | 12,5 |
| | 240 | 6,8 | 8,8 | 8,7 |
| | 260 | 4,1 | 6,2 | 6 |
| | 280 | 2,4 | 4,3 | 3,9 |
| | 300 | 1,4 | 2,7 | 2,5 |
| 320 | 0,6 | 1,7 | 1,5 | |
| 340 | 0 | 0,8 | 0,9 | |
| 25 kW, h=100 m | 40 | 68,2 | 71 | 71,5 |
| | 60 | 47,1 | 50,5 | 50,6 |
| | 80 | 33 | 36,2 | 36,1 |
| | 100 | 22,1 | 25,6 | 25,5 |
| | 120 | 15,1 | 17,8 | 17,8 |
| | 140 | 10 | 12,3 | 12,4 |
| | 160 | 5,8 | 8,1 | 8 |
| 180 | 3,4 | 5,2 | 5,1 | |
| 200 | 1,8 | 3,1 | 3,3 | |
| 220 | 1 | 1,9 | 2 | |
| 240 | 0,5 | 1,2 | 1,1 | |
| 260 | 0 | 0,5 | 0,6 | |
| 1 kW, h=60 m | 40 | 24,8 | 27,4 | 28,2 |
| | 60 | 9,7 | 12,5 | 12,6 |
| | 80 | 3,5 | 5,1 | 5,1 |
| | 100 | 1 | 2,1 | 2,2 |
| 120 | 0 | 0,9 | 0,9 | |

Tab. 5. Prawdopodobieństwa interferencji w sytuacji oddziaływania DVB-T (kanał 64) na CDMA 2000 1x

| 64 kanał DVB-T | d [km] | Teren Miejski [%] | Teren Podmiejski [%] | Teren wiejski [%] |
|----------------|--------|-------------------|----------------------|-------------------|
| 100kW, h=300m | 5 | 73,2 | 66 | 66 |
| | 10 | 50,1 | 50,7 | 50,6 |
| | 15 | 36,3 | 39,4 | 39,3 |
| | 20 | 25,4 | 28,8 | 28,9 |
| | 25 | 17,2 | 20,2 | 20,2 |
| | 30 | 11,1 | 13,4 | 13,7 |
| | 35 | 6,8 | 9,2 | 9 |
| | 40 | 3,6 | 5,5 | 5,9 |

| | | | | |
|------------------|----|------|------|------|
| | 45 | 2 | 3,5 | 3,5 |
| | 50 | 1 | 2,2 | 2 |
| | 55 | | 1,1 | 1,2 |
| | 60 | | | 0,6 |
| 25kW , h=100m | 5 | 37,8 | 41,8 | 42,9 |
| | 10 | 17,1 | 20,2 | 20 |
| | 15 | 1,8 | 8,6 | 8,5 |
| | 20 | 0,4 | 2,9 | 3,2 |
| | 25 | | 1,2 | 1 |
| 1kW , h=60m | 5 | 4,8 | 7,2 | 8,3 |
| | 7 | 1,5 | 2,8 | 3,3 |
| | 9 | 0,3 | 1,1 | 1,2 |
| | 11 | | 0,4 | 0,4 |

4. OCENA WPŁYWU ZAKŁÓCEŃ STACJI DVB-T NA UTRATĘ POJEMNOŚCI SYSTEMU CDMA2000

W celu precyzyjnej analizy zachowania systemu CDMA2000 w warunkach zakłóceń dokonano także oceny utraty pojemności komórki CDMA2000 z wykorzystaniem zaimplementowanej metodyki symulacji rzeczywistych zakłóceń systemów CDMA w technice Monte Carlo w oprogramowaniu SEAMCAT. Wyniki przedstawiono w poniższych tabelach.

Tab. 6. Średnie straty pojemności komórki CDMA dla odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T i różnych parametrów DVB-T w kanale 65

| DVB-T EIRP=1kW , h _{ant} = 60m | |
|---|---------------------------------------|
| Odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T [km] | Średnia strata pojemności komórki [%] |
| 250 | 15,27 |
| 280 | 1,67 |
| DVB-T EIRP=25kW , h _{ant} = 100m | |
| Odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T [km] | Średnia strata pojemności komórki [%] |
| 350 | 22,94 |
| 370 | 13,07 |
| 400 | 2,65 |
| DVB-T EIRP=100kW , h _{ant} = 300m | |
| Odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T [km] | Średnia strata pojemności komórki [%] |
| 330 | 27,51 |
| 340 | 19,91 |
| 350 | 0,56 |

Tab. 6. Średnie straty pojemności komórki CDMA dla odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T i różnych parametrów DVB-T w kanale 64

| DVB-T EIRP=1kW , h _{ant} = 60m | |
|---|---------------------------------------|
| Odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T [km] | Średnia strata pojemności komórki [%] |
| 30 | 45,83 |
| 50 | 19,31 |
| 60 | 10,12 |
| DVB-T EIRP=25kW , h _{ant} = 100m | |
| Odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T [km] | Średnia strata pojemności komórki [%] |
| 100 | 41,61 |
| 120 | 9,58 |

| DVB-T EIRP=100kW , h _{ant} = 300m | |
|---|---------------------------------------|
| Odległości stacji bazowej od nadajnika DVB-T [km] | Średnia strata pojemności komórki [%] |
| 120 | 46,11 |
| 140 | 37,03 |
| 160 | 6,02 |

5. PODSUMOWANIE

Współużytkowanie widma przez DVB-T i CDMA2000 w tym samym kanale (65) wymaga wprowadzenia znacznych odległości separacyjnych między stacją DVB-T a stacją bazową (BS) CDMA2000. Osiągnięcie odpowiedniego, niskiego prawdopodobieństwa interferencji w pełni satysfakcjonującego dla systemu CDMA 2000 (1%) wymaga np. w przypadku stacji DVB-T 100 kW h = 300 m n.p.t. separacji stacji ok. 340 km w terenie otwartym, a w przypadku stacji małej mocy (1 kW h = 60 m n.p.t.) separacji ok. 120 km. W terenie miejskim odległości te są nieznacznie mniejsze. Są to odległości separacyjne na tyle duże, że wykluczają jednoczesne wykorzystywanie w kraju systemu CDMA2000 i DVB-T w tym samym kanale częstotliwości, wystąpią także problemy zakłóceń od stacji umieszczonych za granicą do sieci CDMA2000 zlokalizowanych w terenach przygranicznych.

W przypadku emisji DVB-T w kanale 64 wymagana odległość separacyjna wynosi ok. 60 km dla stacji dużej mocy DVB-T (100 kW) i ok. 10 km dla stacji małej mocy (1 kW). W tym przypadku praca na tym samym obszarze stacji DVB-T i CDMA2000 także nie powinna być dopuszczona, możliwe wydaje się jednak odseparowanie obu systemów i prowadzenie obu emisji w kraju jednocześnie, pod warunkiem odpowiedniego rozdzielenia geograficznego obu pracujących systemów.

SPIS LITERATURY

- [1] ITU-R, Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), Genewa, June, 2006
- [2] ETSI EN 300 744 v1.5.1 (2004-11), Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television
- [3] Dixon R.C Spread Spectrum Systems with commercial applications, Willey&Sons, 1994
- [4] Lee W.C.Y *Wireless&Cellular Telecommunications*, Third Edition, McGraw-Hill, 2006;
- [5] ITU-R, Recommendation P,1546-2, *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz*, 2005
- [6] 3GPP2 C.S0011-B, 2002. Recommended Minimum Performance Standards for CDMA2000 Spread Spectrum Mobile Stations Release B, Version 1. (TIA-98-E).
- [7] 3GPP2 C.S0010-B, 2002. Recommended Minimum Performance Standards for CDMA2000 Spread Spectrum Base Stations Release B, Version 1. (TIA-97-E).