



OCENA WPLYWU ZAKŁÓCEŃ SYSTEMU CDMA W PAŚMIE 450 MHz NA ODBIÓR TELEWIZYJNY

Streszczenie: W związku z uruchomieniem w Polsce systemu CDMA2000 w paśmie 450 MHz mogą w niektórych przypadkach powstawać zakłócenia w odbiorze programów TV. W referacie przedstawiono wybrane wyniki analiz takich zakłóceń, określono warunki kompatybilnej pracy oraz wskazano praktyczne zalecenia umożliwiające minimalizację lub eliminację powstających zakłóceń.

1. WSTĘP

Jednym z głównych problemów słabego rozpowszechnienia Internetu szerokopasmowego w Polsce, zwłaszcza na wsi, jest brak kablowej infrastruktury telekomunikacyjnej. Pomocą w przezwyciężeniu tego problemu jest budowa radiowych sieci dostępu szerokopasmowego. W wielu miejscach w Polsce istniejący dostęp radiowy do sieci szerokopasmowych jest mocno ograniczony, zdarza się, że nie jest możliwe nawet korzystanie z dostępu za pomocą systemu GSM/GPRS ze względu niewystarczające zasięgi w pasmach 900/1800 MHz. Zatem niezwykle korzystne jest rozwijanie różnorodnych systemów radiowych, odznaczających się zwłaszcza lepszym zasięgiem (co przekłada się na koszt sieci i opłacalność jej uruchamiania na terenach słabiej zaludnionych np. wsiach, małych miejscowościach) i z wysokimi prędkościami transmisji danych. Do takich systemów należy niewątpliwie system CDMA2000 uruchamiany w Polsce paśmie 450 MHz.

W pasmach sąsiednich do CDMA 450 tj. w Paśmie III (174 – 230 MHz) oraz Paśmie IV (470 - 862 MHz) pracuje system rozsiewczy analogowej telewizji. Dlatego bardzo ważne jest przeprowadzenie analiz wzajemnej kompatybilności obu systemów, tym bardziej, że odbiorcy stosują wzmacniacze antenowe, które wzmacniają sygnały zarówno telewizji analogowej jak i CDMA 450.

W celu oceny wpływu systemu CDMA 450 na odbiór telewizyjny dokonano analiz w warunkach standardowego i niestandardowego odbioru. Warunki standardowe wynikają z norm i zaleceń międzynarodowych, w których wykorzystywane są standardowe systemy odbioru TV z antenami kierunkowymi bez dodatkowych urządzeń wzmacniających. Warunki niestandardowe oznaczają odbiór (z reguły poza standardowym obszarem zasięgu) w warunkach odmiennych niż standardowe: za pomocą systemów antenowych wyposażonych w urządzenia wzmacniające, co jest często praktykowane przez odbiorców, szczególnie w takich miejscach kraju gdzie zasięg stacji telewizji analogowej jest słaby.

Część wyników prac o tej tematyce przeprowadzonych w Instytucie Łączności znalazła swój wyraz w publikacji [6]. W niniejszym referacie dokonano całościowej oceny zjawiska i sformułowano praktyczne zalecenia umożliwiające minimalizację zakłóceń.

2. ANALIZA KOMPATYBILNOŚCI W WARUNKACH STANDARDOWEGO ODBIORU

Warunki standardowe odbioru sygnałów telewizyjnych opisane są w Zaleceniach i Porozumieniach Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego ITU. Podczas planowania sieci telewizji analogowej zakłada się, że odbiorca korzystał będzie z anteny odbiorczej zgodnej z Zaleceniem [1] umieszczonej na wysokości 10 m n.p.t. oraz skierowanej w stronę nadawczej stacji telewizyjnej. Zakłada się, że odbiorca nie korzysta z dodatkowych urządzeń wzmacniających, jeżeli leży poza zasięgiem standardowego odbioru sygnału analogowego, ze względu na fakt, że w obszarze chronionego odbioru nie istnieje taka konieczność. Jednak w praktyce często odbiorcy leżący poza zasięgiem danej stacji telewizyjnej pragną ją oglądać i instalują dodatkowe układy wzmacniające. Takie przypadki jako niestandardowe i niezależne omówiono w dalszej części referatu.

W warunkach standardowych wystąpią dwa rodzaje zakłóceń w odbiorze telewizji ze strony CDMA 450: zakłócenia sąsiedniokanałowe dotyczące zasadniczo kanału 21 telewizji oraz zakłócenia blokowania odbiornika TV wysokim poziomem natężenia sygnału CDMA 450 dotyczące wszystkich kanałów telewizyjnych.

Praca różnych systemów radiowych w sąsiadujących pasmach częstotliwości zawsze odznacza się ryzykiem zakłóceń i w zależności od rodzajów systemów, ich parametrów, układu kanałów otrzymywane będą różne poziomy zakłóceń i różne ich prawdopodobieństwa. Zakłócenia wynikają przede wszystkim z faktu, iż wszystkie urządzenia radiowe spełniające wymagania danego systemu, zawsze odznaczają się emisjami pozapasmowymi (w pasmach sąsiednich) oraz z niedoskonałości układów odbiorczych, które odbierając sygnały pozapasmowe, wzmacniają je i przekazują do dalszej obróbki. Tego typu problemy zakłóceń będą największe w sytuacji niedużych poziomów natężenia pola sygnałów użytkowych oraz wysokich poziomów natężenia pola sygnałów zakłócających. Problem zakłóceń sąsiedniokanałowych dotyczyć będzie zasadniczo kanału 21 telewizji, a w pozostałych kanałach występować będzie problem blokowania odbiornika TV sygnałem o wysokim

poziomie natężenia pola opisanym dalej. Kanał 21 może być odbierany przez ok. 23,6% ludności kraju a więc nie dotyczy to odbiorców w całej Polsce, a jedynie miejsc, gdzie dany kanał jest wykorzystywany do emisji telewizji analogowej. Na obszarach leżących poza zasięgiem stacji kanału 21, kompatybilność sąsiedniokanałowa w warunkach standardowych powinna być zachowana i wystąpić może jedynie blokowanie odbiornika w bezpośrednim pobliżu stacji CDMA 450.

2.1. Warunki kompatybilności telewizji analogowej i CDMA 450

Podobnie jak dla innych systemów, w przypadku systemów telewizyjnych określa się wymagania kompatybilności dla systemu telewizyjnego zakłócanego innymi sygnałami (nie-telewizyjnymi). Podczas pomiaru analizuje się pogorszenie jakości obrazu telewizyjnego i wyznacza się współczynnik ochronny jako wymagany stosunek poziomu natężenia pola sygnału użytecznego do poziomu natężenia pola sygnału zakłócającego, który nie powoduje degradacji odbioru telewizyjnego. Zakres analiz nie przewidywał szczegółowych pomiarów współczynników ochronnych sygnału telewizyjnego od CDMA 450 stąd bazowano na wcześniejszych pracach Instytutu Łączności oraz publikacjach [2, 3, 4].

W ramach pracy [2] wykonano pomiary wspólnokanałowych współczynników ochronnych odbiorników telewizyjnych zakłócanych sygnałem CDMA 450 i stwierdzono, że w krytycznym przypadku (sygnał telewizyjny bliski poziomowi czułości odbiornika) wymagana wartość współczynnika ochronnego wspólnokanałowego wynosi 29 dB. Oznacza to, że wymagany odstęp sygnału użytecznego telewizyjnego od sygnału CDMA 450 mierzonego w tym samym kanale powinien wynieść, co najmniej 29 dB. Wartość tę przyjęto dla przypadku, gdy częstotliwość środkowa CDMA pokrywa się z obszarem wokół nośnej wizji telewizji analogowej. Ponieważ nie prowadzono prac pomiarowych w odniesieniu do współczynników sąsiedniokanałowych przyjęto wartości wynikające z następujących dostępnych danych:

- dane o współczynniku ochronnym dla zakłóceń TV analogowej przez sygnał ciągły CW,
- dane o współczynniku ochronnym dla systemu cyfrowego o zbliżonej szerokości pasma (1,5 MHz, T-DAB) zakłócającym telewizję analogową [3],
- materiały publikowane na ten temat na świecie [4].

Stwierdzono, że wpływ zakłóceń od systemu CDMA 450 na telewizję analogową jest mniejszy niż systemu T-DAB ponieważ wspólnokanałowy współczynnik ochronny dla T-DAB jest większy. Stwierdzono również, że przy różnicy częstotliwości ponad 4 MHz, zakłócenia od systemu CDMA (teoretycznego, uzyskanego w wyniku symulacji) spadają, o co najmniej 12 dB [4]. Uwzględniając te czynniki, ze względu na brak danych pomiarowych, przyjęto krzywą współczynnika ochronnego sąsiedniokanałowego na poziomie nie wyższym od współczynnika zakłóceń dla systemu T-DAB [3]. Założenie to pozwala na zachowanie marginesu bezpieczeństwa i nie obarczy wyników błędem i ryzykiem zbyt niskich warto-

ści współczynników ochronnych. W przypadku wykonania pomiarów współczynnika sąsiedniokanałowego jego wartość powinna być niższa od przyjętych w niniejszej pracy i problem zakłóceń może zmaleć, jednak ze względu na brak takich danych bazowano na bezpiecznych założeniach i przyjęto współczynnik ochronny na poziomie -8dB. Taką wartość współczynnika z pewnością, mogą zapewniać parametry typowych odbiorników telewizyjnych w przypadku ich zakłócania sygnałem CDMA. W przypadku zakłóceń od systemów telewizyjnych zachowany musi być współczynnik -9dB, a fala ciągła CW przy odstrojeniu 6 MHz od nośnej wizji wymaga zachowania współczynnika ochronnego -10dB. Przyjęta, więc wartość -8dB odznacza się wystarczającym zapasem i gwarantuje, że otrzymane rezultaty w rzeczywistości nie będą gorsze od symulowanych na drodze teoretycznej.

2.2. Wyniki analiz zakłóceń sąsiedniokanałowych w kanale 21 telewizji

W ramach tej analizy oceniono prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń interferencyjnych w kanale sąsiednim, w dowolnych (losowo wybranych) warunkach rzeczywistych. Wykonano analizę dla stacji telewizyjnej z losowo wybranymi lokalizacjami odbiorców oraz losowy rozkład stacji bazowych CDMA. Analizę wykonano dla 300tys. próbek losowych przy wykorzystaniu oprogramowania SEAMCAT. W jej wyniku oceniono w skali kraju ogólny problem zakłócania tego typu.

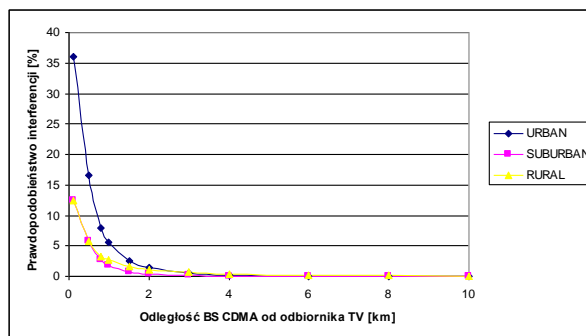
Przyjęto dla nadajnika TV - hłok=150m, 200kW.

Otrzymano prawdopodobieństwo interferencji w skali kraju:

- Obszar zabudowy typu URBAN – 0,01 %,
- Obszar zabudowy typu SUBURBAN – 0,004%,
- Obszar zabudowy typu RURAL – 0,2%.

Jak widać krajowa skala prawdopodobieństwa zakłóceń w warunkach standardowych jest stosunkowo mała. Dodatkowo ograniczona jest ona do obszarów pracy stacji TV w kanale 21 a więc dotyczy ok. ¼ populacji.

Rysunek 1 przedstawia przykładowe wyniki analizy w sytuacji, gdy nadajnik telewizyjny (hłok = 150 m, ERP 200kW) jest w stałej odległości od odbiornika telewizyjnego odbierającego program w kanale 21.



Rys. 1. Prawdopodobieństwo interferencji w funkcji odległości stacji bazowej CDMA od odbiornika TV, dla odległości odbiornika TV od nadajnika TV 10 km

2.3. Ocena zakłóceń blokowania wysokim sygnałem CDMA

Odbiornik TV zgodnie z [5] powinien być odporny na pola elektromagnetyczne o wartości nieprzekraczającej 125 dB μ V/m. Wystąpienie wyższych pól może spowodować jego niepoprawne działanie niezależnie od kanału telewizyjnego, w którym on pracuje. Tak wysokie natężenie pola może wystąpić tylko w najbliższym otoczeniu stacji bazowej CDMA. Wykonano analizę rozkładu natężenia pola wokół typowej stacji dla przyjętych parametrów stacji i terminala. Można stwierdzić, że terminal CDMA praktycznie może wytworzyć pole przekraczające 125 dB μ V/m tylko w bardzo bliskiej odległości od anten odbiorczych TV (ok. 3 m). Tak, więc ten przypadek zakłóceń jest możliwy do prostej eliminacji przez użytkowników tych terminali, którzy nie powinni ich stosować w bezpośredniej bliskości telewizyjnych anten odbiorczych, zwłaszcza, gdy korzystają z tzw. anten wewnętrznych. Należy zwrócić uwagę, że wykorzystanie układów wzmacniających po stronie anten telewizyjnych spowoduje zwiększenie tego problemu – jednak tak jak wspomniano na wstępie warunki standardowe nie przewidują stosowania układów wzmacniających.

W przypadku stacji bazowej problem sygnału o poziomie 125 dB μ V/m dotyczy najbardziej terenów wiejskich gdzie nie ma przeszkód w postaci budynków i wartość ta osiągnięta może być w odległości max. ok. 500m od stacji bazowej – a więc w jej bezpośredniej bliskości, w której z reguły nie ma domów i mieszkań odbierających sygnały telewizyjne. W przypadku terenów miejskich i podmiejskich gdzie występuje zabudowa poziom taki może wystąpić w odległości kilkukiludziesięciu metrów od stacji bazowej nie powinien więc stanowić większego problemu dla telewizyjnych anten odbiorczych.

Możliwe jest także analizowanie wzajemnego położenia stacji bazowej w stosunku do kierunku odbioru sygnału telewizyjnego przez pobliskich mieszkańców. Operator może tak dobierać lokalizacje stacji bazowych by nie promieniowały w kierunku wiązek głównych odbiorczych anten telewizyjnych w celu wyeliminowania powstającego problemu zakłóceń.

3. ANALIZA KOMPATYBILNOŚCI W WARUNKACH NIESTANDARDOWEGO ODBIORU

W Polsce tylko 2 programy telewizyjne (TVP1 i TVP2) osiągają pokrycie naziemne w warunkach standardowych na poziomie 99% ludności a pozostałe programy analogowe naziemne (Polsat, TVP Info, TVN, TV Puls) mają zasięgi znacznie mniejsze.

Z tego powodu wiele osób znajduje się poza standardowym zasięgiem odbioru pozostałych 4 programów naziemnych i próbuje odebrać sygnał telewizyjny będąc de facto poza zasięgiem standardowym danej stacji telewizyjnej, za pomocą dodatkowych układów wzmacniających sygnał telewizyjny. Układy wzmacniaczy powodują wtedy duży problem, ponieważ wzmacniają w takich warunkach sygnał użytkowy, ale jednocześnie wzmacniają

ją także sygnały zakłócające i dodatkowo, ze względu na swą nieliniowość, stają się źródłem produktów intermodulacji sygnałów wejściowych (generują zakłócenia w innych kanałach na skutek wzajemnego nakładania się sygnałów o dwóch różnych częstotliwościach). W przypadku, gdy poziom sygnałów zakłócających od innych stacji telewizyjnych w danym kanale jest niewielki i nie występują w tym kanale żadne (albo są małe) produkty intermodulacji, możliwy jest w wielu przypadkach odbiór stacji telewizyjnych, będąc faktycznie poza ich standardowym zasięgiem. Stąd wiele osób wyposaża swoje układy antenowe w silne wzmacniacze, przedwzmacniacze antenowe czy anteny aktywne wyposażone we wbudowany wzmacniacz i korzysta z odbioru w miejscach, w których zasięgu z formalnego punktu widzenia nie ma. W takiej sytuacji postawienie dodatkowego źródła sygnału o zbliżonej częstotliwości, np. CDMA 2000 w paśmie 450 MHz, które wytwarza wokół siebie znaczne pole elektromagnetyczne może spowodować powstanie dodatkowych intermodulacji w układach wzmacniaczy i przedwzmacniaczy antenowych. Analizy mają za cel dokonanie oceny skali problemu wynikającego z niewłaściwych działań podjętych przez odbiorców sygnału telewizyjnego i w żadnym wypadku nie sugerują, że stosowanie układów wzmacniających w telewizyjnych torach odbiorczych jest dopuszczalne. W opinii autorów ewentualne roszczenia obywateli dotyczące zakłóceń w odbiorze programów telewizyjnych powstałe w niestandardowych warunkach odbioru tj. przy użyciu dodatkowych wzmacniaczy i przedwzmacniaczy nie mogą być skierowane do urzędów czy operatorów legalnych emisji radiowych, a wszelkie konsekwencje tego (w tym w szczególności powstawanie dodatkowych zakłóceń intermodulacyjnych we własnych odbiornikach) są ponoszone na własną odpowiedzialność.

3.1. Analiza przykładowych przypadków zakłóceń

Szczegółową analizę problemu intermodulacji w systemach odbiorczych telewizji analogowej wskutek zakłócania sygnałami z pasma 450-470 MHz przedstawiono w [6]. W niniejszym referacie zwrócono uwagę tylko na najważniejsze aspekty tego problemu. W tabeli 1 podano wyniki przykładowej analizy zakłóceń produktów intermodulacyjnych.

Tab.1. Wyniki pomiarów poziomu intermodulacji na wyjściu wzmacniacza

L p.	Częstotliwość sygnału TVA [MHz]	Poziom sygnału TVA na wyjściu wzmacniacza [dB(μ V)]	Dopuszczalny poziom intermodulacji na wyjściu wzm. Dla WO= 29 dB	Poziom intermodulacji na wyjściu wzm. dla sygnału CDMA na wejściu o poziomie [dB μ V]		
				100	80	60
1	503,25	102,1	73	77	57	37
2	527,25	73	44	98	78	58
3	751,25	87	58	103	83	63
4	775,25	80,7	51	75	55	35
5	551,25	73	44	69	49	29

Wartości pogrubione oznaczają przekroczenie wartości współczynnika ochronnego WO = 29 dB.

Ponieważ wykonana analiza wyników zakłóceń intermodulacji dotyczy pojedynczych przypadków wskazuje ona na potencjalną skalę zjawiska, które może wystąpić także w dowolnej części kraju w zależności od lokalnych warunków zajętości widma i poziomów natężenia sygnałów zakłócających oraz wzajemnego rozmieszczenia stacji. Poszczególne przypadki intermodulacji mogłyby być analizowane indywidualnie w każdym konkretnym przypadku. Np. dla obszaru Warszawy można stwierdzić potencjalnie stosunkowo dużo możliwych przypadków intermodulacji – jednak szczegółowa analiza skali tego zjawiska zależeć będzie od konkretnych lokalizacji punktu odbiorczego TV i stacji CDMA.

Wskutek przeprowadzonych prac potwierdzono możliwość pojawienia się zakłóceń intermodulacyjnych w wyniku odebrania przez antenę TV ze wzmacniaczem szerokopasmowym sygnałów telewizyjnych i sygnału CDMA 450 na przykładzie konkretnych lokalizacji. Skala problemu będzie inna w każdym innym punkcie odbioru TV i każdy z takich punktów w Polsce może podlegać szczegółowej analizie. Należy podkreślić, że stosowanie przez odbiorców układów odbiorczych ze wzmacniaczami szerokopasmowymi nie jest metodą standardowego odbioru programów TV i jako takie nie powinno podlegać ochronie. Jednak skala zjawiska polegającego na wykorzystywaniu układów wzmacniających jest na tyle duża (ze względu na występujące trudności z odbiorem analogowych programów TV), że konieczne jest szczegółowe analizowanie niniejszego problemu. Powinno się jednak dążyć do zapewnienia dobrego zasięgu naziemnego wszystkim programom, co stanie się w wyniku cyfryzacji i doprowadzi do eliminacji niepotrzebnych wówczas układów wzmacniających.

4. WNIOSKI

Jak wynika z przeprowadzonych analiz, możliwości powstania zakłóceń interferencyjnych w kanale sąsiednim telewizji (k. 21) w warunkach standardowych są zjawiskiem naturalnym i wynikają ze standardowych cech systemów CDMA i telewizji analogowej. Ze względu na ograniczony terytorialnie zasięg kanału 21 i stosunkowo nieduże prawdopodobieństwa zakłóceń wykazane w niniejszej pracy oznaczające potencjalnie małą skalę tego problemu w kraju, możliwe jest jego zaakceptowanie i nie podejmowanie szczególnych działań. W warunkach standardowych może wystąpić również problem zakłóceń dużym sygnałem CDMA 450 w dowolnym kanale TV, jest on jednak ograniczony do max. ok. 500m od stacji bazowej. Możliwe byłoby więc również unikanie przez Operatora takich lokalizacji stacji bazowych, które mogą „wejść” w wiązkę główną anten odbiorczych telewizyjnych – a więc unikania lokalizacji w bliskiej odległości od gospodarstw domowych na przykładzie: stacja telewizyjna – stacja bazowa CDMA tuż za stacją bazową.

Osobnym problemem jest powstawanie zakłóceń intermodulacyjnych w obwodach telewizyjnych aktywnych wzmacniaczy czy przedwzmacniaczy antenowych. Jest to odbiór w warunkach niestandardowych i jako taki nie powinien podlegać ochronie a wykorzystujący takie

układy nie powinien mieć pretensji o powstawanie dodatkowych zakłóceń. Jednak w praktyce takie przypadki zakłócania mogą wystąpić i to na większą skalę niż w przypadku standardowych zakłóceń sąsiednikanałowych. W celu minimalizacji ewentualnego problemu zakłóceń w domowych instalacjach odbiorczych telewizji analogowej zaleca się więc w praktyce podjęcie następujących kroków:

- a. Redukcję wzmocnienia telewizyjnych wzmacniaczy i przedwzmacniaczy antenowych lub całkowitą ich eliminację.
- b. Zastosowanie kierunkowych anten, lepiej dopasowanych do odbieranego kanału (np. anteny Uda-Yagi) zamiast anten szerokopasmowych.
- c. Zastosowanie, zamiast podatnych na intermodulację w szerokim paśmie wzmacniaczy szerokopasmowych, wzmacniaczy i anten kanałowych wąskopasmowych – na konkretne, pożądane kanały telewizyjne.
- d. Podniesienie (o ile to możliwe) wysokości telewizyjnej anteny odbiorczej (np. z jednoczesną redukcją wzmocnienia wzmacniaczy).
- e. Zmianę/regulację kąta azymutu odbioru kierunkowej anteny TV.
- f. Zastosowanie dodatkowych układów filtrujących emisję pasma 450 MHz.
- g. Zastosowanie filtrów eliminujących niepożądane zakłócające produkty intermodulacji.
- h. Wymianę antenowego kabla koncentrycznego na lepszy - o mniejszym tłumieniu (i ewentualnie dodatkowo jednoczesna redukcja wzmocnienia układów wzmacniaczy).
- i. Unikanie stosowania anten telewizyjnych (zwłaszcza wewnętrznych) w bliskiej odległości od terminala.

SPIS LITERATURY

- [1] ITU-R, Recommendation BT.419-3, Directivity and polarization discrimination of antennas in the reception of television broadcasting, ITU, Geneva, June 1990;
- [2] Praca zbiorowa pod kier. D. Więcka, Sprawozdanie Z01 40 013 7/Z21 40 062 7/1102/2007, Badania kompatybilności systemów Quick Track, CDMA 450, T-DMB, przewidzianych do pracy w zakresie częstotliwości 822-824 MHz z systemami pracującymi w sąsiednich zakresach częstotliwości 814-822 MHz i 824-830 MHz, Wrocław 2007
- [3] Technical Basis for the CEPT T-DAB Planning meeting, EBU
- [4] Dres D. Analog PAL-G Signal Degradation Due to Spread Spectrum Overlay, IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING, 2002
- [5] PN-EN 55020:2007, Odbiorniki radiofoniczne i telewizyjne i ich urządzenia dodatkowe – Charakterystyki odporności – Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru (oryg.).
- [6] Kałuski M, Pietranik M, Skrzypek K, Żarko R. „Prognoza zakłóceń w odbiorze TV powodowanych sygnałami z pasma 450 ÷ 470 MHz w wyniku intermodulacji we wzmacniaczach antenowych, KKRRiT2009, Warszawa 2009.