

Pomiar tłumienia ścian i innych elementów charakterystycznych dla środowiska wewnątrzbudynkowego w paśmie 2,4 GHz

Łukasz Jasiński

Wrocław, Polska, 2011

alvarus@alvarus.org, www.alvarus.org

Abstract—This paper deals with walls attenuation and other elements typical to indoor environment. This element is very important to increase efficiency Wireless Local Area Networks. This paper describes how to measurement attenuation and presents the results.

Keywords: radio propagation; indoor; path loss; attenuation; wall; 2,4 GHz

I. WPROWADZENIE

Lokalne sieci bezprzewodowe (WLAN) znajdziemy obecnie praktycznie wszędzie – na kameralnych osiedlach domków jednorodzinnych, wśród blokowisk, w centrach miast, biurach i na terenie zakładów przemysłowych. Największą popularnością cieszą się lokalne sieci bezprzewodowe opracowane przez organizację IEEE, których dokumentację znajdziemy w szeregu standardów oznaczonych jako IEEE 802.11. Zdecydowana większość istniejących sieci bezprzewodowych działa w oparciu o standard 802.11g, który wykorzystuje pasmo częstotliwości 2400 MHz. W niedalekiej przyszłości należy spodziewać się wzrostu udziału w rynku standardu 802.11n, który oprócz częstotliwości 2,4 GHz może również działać w paśmie 5 GHz.

Częstotliwość 2400 MHz należy do nielicencjonowanego pasma częstotliwości ISM (industrial, scientific, medical), które mieści się dokładnie w przedziale 2400 – 2500 MHz. Pasma to jest bardzo popularne i oprócz lokalnych sieci bezprzewodowych możemy spotkać tam całą gamę innych systemów np. działających w ramach personalnych sieci bezprzewodowych (WPAN) – Bluetooth, ZigBee. Tej częstotliwości używają również telefony bezprzewodowe i kuchenki mikrofalowe. Jak widać pasmo to w niektórych rejonach może być bardzo zatłoczone i inne systemy mogą stać się źródłem zakłóceń.

Pasma częstotliwości ISM 2,4 GHz podzielone jest na 14 kanałów (jednak w większości krajów można korzystać tylko z 13 z nich) każdy o szerokości 5 MHz. Szerokość widma sygnału standardu 802.11g wynosi 22 MHz, wynika stąd, że istnieją jedynie 3 kanały niezależne w tym paśmie.

Projektanci bezprzewodowych sieci lokalnych, aby optymalnie zaplanować sieć muszą uwzględnić wiele czynników. Jednym z nich jest właśnie wpływ innych systemów na działanie projektowanej sieci – wybór niezależnego kanału pracy, bądź możliwie najbardziej oddalonego. Drugim aspektem jest tłumienie powodowane

przez odległość pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem, a także przez ściany i inne elementy znajdujące się na drodze propagacji.

W przypadku projektowania sieci w środowisku otwartym projektanci mają do dyspozycji wiele modeli propagacyjnych przeznaczonych dla różnych terenów (np. miejskich, wiejskich) i częstotliwości. Dla środowiska wewnątrzbudynkowego również istnieje kilka modeli propagacyjnych, jednak to środowisko jest bardzo specyficzne jeżeli chodzi o propagację fal radiowych.

W środowisku wewnątrzbudynkowym bardzo często nie da się zapewnić warunków bezpośredniej widoczności (LOS), a spowodowane jest to licznymi ścianami, którymi podzielona jest przestrzeń. Tłumienie wprowadzane przez te elementy należy uwzględnić przy projektowaniu sieci bezprzewodowej. Jak znaczące jest to tłumienie zależy od materiału z jakiego zostały zbudowane ściany i inne elementy, a także ich grubości. Z tego względu środowiska wewnątrzbudynkowe różnią się wzajemnie między sobą, a wyniki uzyskiwane przez różne modele propagacyjne odbiegają od siebie.

II. TŁUMIENIE SWOBODNEJ PRZESTRZENI [1]

Swobodna przestrzeń to fikcyjny ośrodek nieprzewodzący żadnego tłumienia, natomiast tłumienie swobodnej przestrzeni to tłumienność mocy przy propagacji fali w swobodnej przestrzeni pomiędzy antenami izotropowymi. Tłumienie wolnej przestrzeni jest funkcją jedynie dwóch zmiennych – odległości i częstotliwości. Najczęściej jest spotykany zapis w mierze decybelowej.

$$L = 32,44 + 20 \cdot \log_{10}(f) + 20 \cdot \log_{10}(d) \quad (1)$$

gdzie:

L – tłumienie swobodnej przestrzeni (dB)

f – częstotliwość pracy systemu (MHz)

d – odległość pomiędzy antenami (km)

Tłumienie swobodnej przestrzeni zostało użyte jako model odniesienia do uzyskanych wyników pomiaru.

III. POMIARY TŁUMIENIA ŚCIAN I INNYCH ELEMENTÓW

A. Narzędzia pomiarowe

W celu wykonania pomiarów skorzystano z punktu dostępowego firmy Linksys i laptopa firmy ASUS,

wyposażonego w bezprzewodową kartę sieciową, z zainstalowanym systemem Linux oraz programem airodump-ng zawartym w pakiecie aircrack-ng.

B. Środowisko pomiarowe

Pomiarów dokonano w budynku mieszkalnym, czteropiętrowym znajdującym się w Jaworzynie Śląskiej przy ulicy Ceglanej 9. Budynek ma około 20 lat. Ściany zewnętrzne o grubości 30 cm i ściany wewnętrzne o grubości 10 cm wykonano z cegły, natomiast strop o grubości 30 cm z betonu. W pomieszczeniach znajdowało się typowe wyposażenie dla lokali mieszkalnych, a podłogi wyłożone zostały panelami.



Rys. 1 Miejsce dokonania pomiarów [2]

C. W jaki sposób dokonano pomiarów

Pierwsze pomiary dotyczyły tłumienia propagacji fali radiowej o częstotliwości 2,437 GHz (na 6 kanałach w paśmie ISM) na trasie bez żadnych przeszkód. Wybrano tę częstotliwość z powodu obecności w pobliżu innych sieci bezprzewodowych, kanał ten był względem nich niezależny. Wyniki tych pomiarów są głównymi wynikami odniesienia, oprócz tego rezultaty pomiarów porównano z tłumieniem związanym z propagacją w swobodnej przestrzeni.

Układ pomiarowy zestawiono w ten sposób, że antenę nadawczą i odbiorczą umiejscowiono na tej samej wysokości (około 1 m nad powierzchnią). Anteny umieszczono w taki sposób, by znajdowały się jak najdalej od ścian i innych elementów znajdujących się w pomieszczeniu.



Rys. 2 Schemat układu pomiarowego

Pomiary tłumienia poszczególnych przeszkód również odbywały się na częstotliwości 2,437 GHz. Antenę nadawczą umieszczono w odległości 1 m od badanej przeszkody (w tej odległości uwzględniono również jej grubość), natomiast antenę odbiorczą kilka centymetrów za nią, a następnie odsuwano na kolejne odległości. Zmierzono tłumienie najbardziej charakterystycznych elementów takich jak ściany zewnętrzne, wewnętrzne, strop, drzwi i okno.

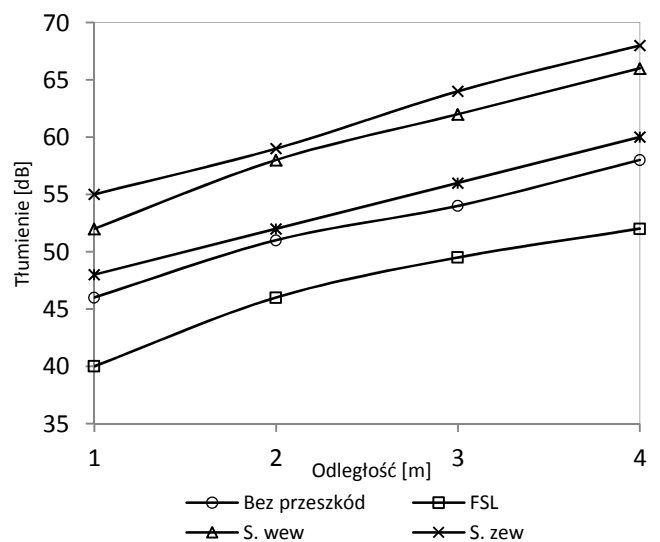
D. Wyniki pomiarów wnioski

Po wykonaniu serii pomiarów można wyznaczyć tłumienie poszczególnych elementów na trasie propagacji w środowisku wewnątrzbudynkowym. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli nr 1 i na wykresach (Rys. 3 i 4).

TABELA 1 WYNIKI POMIARÓW TŁUMIENIA

Nazwa elementu	Materiał	Grubość [cm]	Tłumienie
Ściana wewnętrzna	Cegła	10	7 dB
Ściana zewnętrzna	Cegła	30	9 dB
Ściana działowa	Rigips i wełna szklana	7	2 dB
Strop	Beton	30	11 dB
Okno	Szkoło	2 x szyba + 1 cm przerwy	4,5 dB
Drzwi	Drewno	4	2,5 dB

Niekiedy projektując sieć bezprzewodową w hali, bądź innym bardzo rozległym pomieszczeniu, oszacowując tłumienie korzysta się z modelu swobodnej przestrzeni. Jednak, jak widać na podstawie wyników pomiaru różnica pomiędzy tłumieniem wg swobodnej przestrzeni, a rzeczywistym, dla danego układu pomiarowego, wynosi około 5 dB.

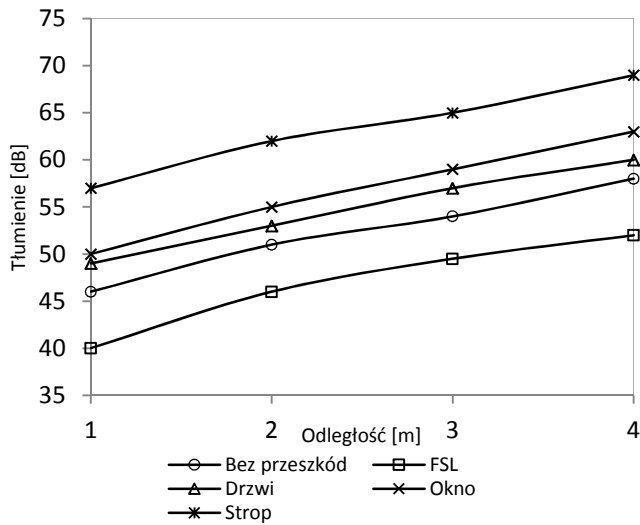


Rys. 3 Wyniki pomiarów

Tłumienie przeszkód zależy przede wszystkim od ich grubości, widać to porównując wyniki pomiarów dla tłumienia ściany zewnętrznej i wewnętrznej. Na tłumienie wpływa również rodzaj materiału, z którego zrobiony jest element znajdujący się na drodze propagacji, co obrazują wyniki tłumienia dla ściany zewnętrznej i stropu, a także ściany działowej i ściany wewnętrznej.

Oprócz ścian znaczne tłumienie wprowadzają inne elementy wyposażenia pomieszczeń. Pomiarom poddano standardowej grubości drzwi drewniane i okno PCV z podwójną szklaną szybą. Biorąc pod uwagę tych wyniki

pomiarów przy projektowaniu sieci bezprzewodowej należy uwzględnić tłumienie mebli wykonanych z drewna, bądź sklejki, a także szklanych drzwi, nie wspominając już o elementach metalowych.



Rys. 4 Wyniki pomiarów

IV. PODSUMOWANIE

Propagacja fal w środowisku wewnątrzbudynkowym jest dosyć specyficzna i trudną ją przewidzieć ze względu na liczne ściany i inne elementy znajdujące się w obrębie tej przestrzeni. Oprócz tego pasmo ISM 2,4 GHz, w którym to działają najpopularniejsze standardy sieci bezprzewodowych, jest bardzo zatłoczone.

Projektując sieć bezprzewodową należy dokonać analizy widma pasma częstotliwości, która to nie zależy od środowiska w jakim będzie działać sieć, jednak oszacowanie tłumienia na trasie propagacji jest już ściśle z nim związane. Dlatego projektanci powinni podchodzić indywidualnie do każdego środowiska wewnątrzbudynkowego, brać pod uwagę grubość ścian i innych przeszkód, a także materiał z jakich zostały one zrobione. Takie działania zapewnią, że projektowana sieć będzie zgodna z założeniami, co do jej zasięgu i przepustowości łącza.

REFERENCES

- [1] J.D. Parsons, "The mobile radio propagation channel", 2nd ed., John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2000.
- [2] Google Maps