

Aldona KUŚMIŃSKA-FIJAŁKOWSKA¹
Zbigniew ŁUKASIK²

PROPAGACJA FEM WEWNĄTRZ POMIESZCZEŃ W PRZEŁADUNKOWYM TERMINALU LĄDOWYM

W pracy przedstawiono wpływ propagacji FEM wewnątrz pomieszczeń w przeładunkowym terminalu lądowym. Zaprezentowano konkretny projekt rozmieszczenia stacji bazowych i zaproponowano architekturę systemu DECT.

PROPAGATION FEM INSIDE ROOMS IN THE TRANS-SHIPPIING TERMINAL LAND

The influence of propagation FEM was introduced in the work inside rooms in the trans-shipping land terminal. Introduce the concrete project of the distribution of base stations and propose the architecture of the system of DECT.

1. WSTĘP

Dotychczas rozważono warunki propagacyjne i związane z nimi tłumienie mocy FEM dla kanałów na zewnątrz budynków (wolna przestrzeń terminala lądowego w artykule pt. „Propagacja FEM na obszarach o złożonej strukturze architektonicznej – przeładunkowy terminal lądowy)[5]. Oszacowanie charakterystyk propagacyjnych wewnątrz budynków jest również bardzo ważne, szczególnie w przypadku projektowania systemów bezprzewodowych ze stacjami bazowymi umieszczonymi wewnątrz pomieszczeń. [1] W przypadku kanału wewnątrz pomieszczeń, odległość pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem jest znacznie mniejsza niż dla kanału na zewnątrz budynków. Jest to wynikiem nie tylko geometrycznych parametrów budynku, lecz jest wymuszone także niską mocą nadajnika i silnym tłumieniem powodowanym przez ściany wewnętrzne i meble. Czynniki te mają duży wpływ na długość odpowiedzi impulsowej kanału. Kanały takie są scharakteryzowane przez, znacznie krótsze rozproszenie czasowe (*delay spread*) niż w przypadku kanałów na zewnątrz budynków.

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29,
Tel: + 48 48 361-77-52, E-mail: a.kusminska@pr.radom.pl

² Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29,
Tel: + 48 48 361-70-30, Fax: + 48 48 361-70-47, E-mail: z.lukasik@pr.radom.pl

2. TŁUMIENIE PROPAGACYJNE FEM WEWNĄTRZ POMIESZCZEŃ

Propagacja wewnątrz budynków, w których jest w ścianach niewiele metalowych elementów konstrukcyjnych i które nie posiadają zbyt wielu grubych ścian (np. nośnych), charakteryzuje się zwykle małymi wartościami skutecznymi rozproszenia czasowego (zwykle rzędu 30 do 60 ns). [1] Większe budynki z wieloma elementami metalowymi wewnątrz i dużą przestrzenią wewnętrzną mogą się charakteryzować skuteczną wartością rozproszenia rzędu 300 ns. Tak długa odpowiedź impulsowa kanału determinuje górną granicę szybkości transmisji danych lub wskazuje na konieczność zastosowania struktur odbiorników, które pozwalają uporać się ze specyficznymi własnościami kanałów. Jak wiadomo, gęstość mocy w funkcji opóźnienia jest ściśle związana z własnościami odpowiedzi impulsowej. Intensywne pomiary prowadzone w paśmie 1800 MHz na uniwersytecie w Lund (Szwecja) wykazały, że pomimo, iż konkretny kształt wykresu gęstości mocy w funkcji opóźnienia zależy od aktualnego rozkładu obiektów w środowisku propagacyjnym, to jednak średnia gęstość mocy w funkcji opóźnienia dla środowiska z przypadkowo rozmieszczonymi obiektami wykazuje silne regularności. Jest ona dobrze aproksymowana przez funkcję potęgową, co oznacza, że spadek gęstości jest logarytmiczny w skali decybelowej, lub też jest funkcją eksponentialną, co oznacza, że jest liniowy w skali decybelowej. W obszarze otwartym gęstość mocy w funkcji opóźnienia jest dobrze aproksymowana przez funkcję potęgową, co jest spowodowane przez silny wpływ ścieżki bezpośredniej. [6] Kanał charakterystyczny dla wnętrza pomieszczeń jest często zmienny w czasie. Przyczyną zmian charakterystyk są zmiany w lokalizacji terminali (urządzeń przenośnych), zmiana orientacji przestrzennej anteny, jeśli ta ostatnia ma charakterystykę kierunkową, lub też zmiana położenia odbijających fale obiektów takich jak osoby, meble czy wyposażenie znajdujące się w pomieszczeniu. [6]

Analiza dużej liczby danych pomiarowych wskazuje, że tłumienie ścieżki może być oszacowane za pomocą następującego wzoru: [6]

$$L(d) = L(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X\sigma \quad (2.1)$$

przy czym X_σ jest gaussowską zmienną losową o wariancji σ^2 . Parametry n i σ dla konkretnej wartości częstotliwości nośnej charakterystycznej dla telefonii bezprzewodowej są przedstawione w Tabeli 2. 1. Zostały one zmierzone dla różnych typów ścian i środowiska w różnych budynkach. Model tłumienia propagacyjnego opisanego wcześniejszym wzorem jest nazywany modelem z pojedynczym nachyleniem (*one - slope model*), ponieważ zakłada on liniową zależność pomiędzy tłumieniem propagacyjnym wyrażonym w decybelach i odległością w skali logarytmicznej. [6]

W modelu dla pomieszczeń z wieloma ścianami (*multi-wall model*) bierze się pod uwagę nie tylko tłumienie wolnej przestrzeni, ale także tłumienie spowodowane przez penetrację sygnału przez ściany i podłogi na bezpośredniej drodze pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem. Zauważono, że całkowite tłumienie przez podłogi jest nieliniową funkcją liczby penetrowanych stropów. Wprowadzono, więc empiryczny czynnik b , natomiast tłumienie jest opisane przez wyrażenie: [6]

$$L = L_s + L_c + \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i} + (k_f)^{(k_f+2/k_f+1)-b} L_f \quad (2.2)$$

gdzie L_s jest tłumieniem wolnej przestrzeni, L_c jest tłumieniem stałym, $k_{w,i}$ oznacza liczbę penetrowanych ścian typu i , k_f – liczbę penetrowanych podłóg, $L_{w,i}$ – tłumienie w ścianie typu i , L_f – tłumienie pomiędzy sąsiadującymi podłogami, I – liczba typów ścian (zwykle $I = 2$, co oznacza ściany cienkie i grube).

Trzeci, bardzo prosty model propagacyjny dla kanałów wewnątrz budynków jest nazywany modelem o liniowym tłumieniu (*linear attenuation model*). Jest on oparty na założeniu, że tłumienie ścieżki (w dB) pomniejszone o tłumienie wolnej przestrzeni jest liniowo zależne od odległości (wyrażonej w metrach), tzn.

$$L(d) = L_{FS}(d) + \alpha d \quad (2.3)$$

gdzie stała α we wzorze jest współczynnikiem tłumienia, natomiast $L_{FS}(d)$ oznacza tłumienie wolnej przestrzeni. [6]

Tab.2.1. Wartości potęgi, z jaką rośnie tłumienie i odchylenie standardowe dla różnych typów budynków

Rodzaj budynku	Częstotliwość [MHz]	n	σ [dB]
Biuro ze stałymi ściankami działowymi	1500	3	7
Biuro z miękkimi ściankami działowymi	1900	2,6	14,1
<i>Terminal lądowy (LOS)</i>			
Elementy metalowe	1300	1,6	5,8
<i>Terminal lądowy (OBS)</i>			
Elementy metalowe	1300	3,3	6,8
<i>LOS - (Line of Sight) kanał z bezpośrednią widzialnością anten (z drogą bezpośrednią)</i>			
<i>OBS - (Obstructed Sight) kanał z zakłóconą widzialnością anten</i>			

3. KANAŁ TRANSMISYJNY W SYSTEMACH RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ

Obszar pokrywany działaniem systemu komórkowego jest podzielony na mniejsze fragmenty oznaczane symbolicznie często sześciokątami foremnymi w centrach, których znajdują się stacje bazowe. Przebiega przez nie łączność z poruszającymi się w komórkach stacjami ruchomymi. W typowej sytuacji stacje bazowe mają anteny wszechkierunkowe lub też emitują sygnał w trzech sektorach o szerokości kątowej 120° . Stacje ruchome zaś, ze względu na ich ruch i możliwą ciągłą zmianę położenia względem stacji bazowej mają również anteny wszechkierunkowe. Fakty te mają określone konsekwencje dla własności kanału transmisyjnego. Ponieważ moc jest wysyłana we wszystkich kierunkach (albo w bardzo szerokim kącie) sygnał, zanim dotrze do odbiornika

podlega wielu odbiciom, dyfrakcji i rozproszeniu. Na przebieg tych zjawisk zasadniczy wpływ ma charakter środowiska, w którym odbywa się transmisja. [6]

Sygnał dociera do odbiornika po kilku rozróżnialnych ścieżkach. W bezpośrednim sąsiedztwie stacji bazowej każda składowa dodatkowo rozprasza się z powodu przeszkód terenowych różnicujących nieco opóźnienia i przesunięcia fazowe każdej z powstałych składowych sygnału. Bardzo często, szczególnie w terenie górzystym i miejskim nie ma bezpośredniej (z fizyczną widocznością) drogi pomiędzy stacją bazową i ruchomą i sygnał dociera do odbiornika wyłącznie w formie składowych odbitych i rozproszonych. [6]

Oznaczając sygnał emitowany przez stację bazową jako $s(t)$. Jego postać analityczną, można opisać wyrażeniem: [6]

$$\underline{s}(t) = u(t)e^{j2\pi f_c t} \quad (3.1)$$

gdzie $u(t)$ jest zespolonym sygnałem równoważnym w paśmie podstawowym. Typowo, np. w systemie DECT, częstotliwość znajduje się w zakresie 1880 ÷ 1900 MHz. Zakładając, że pojazd, w którym zainstalowana jest stacja ruchoma porusza się z prędkością 20 km/h. Z powodu ruchu stacji ruchomej znaczące staje się zjawisko Dopplera. Składowe sygnału odbieranego dochodzące do odbiornika po różnych ścieżkach podlegają różnym przesunięciom częstotliwości, które zależą od konkretnej wartości częstotliwości nośnej f_c , szybkości pojazdu V oraz kąta φ pomiędzy kierunkiem, z którego odbierana jest dana składowa sygnału i kierunkiem poruszania się pojazdu. W ogólności częstotliwość Dopplera f_D zależy od podanych czynników w sposób opisywany przez następującą zależność: [6]

$$f_D = f_c \frac{V}{c} \cos \varphi \quad (3.2)$$

przy czym c jest szybkością światła. Dla przedstawionego modelu kanału można napisać następujący wzór określający sygnał odebrany w postaci analitycznej: [6]

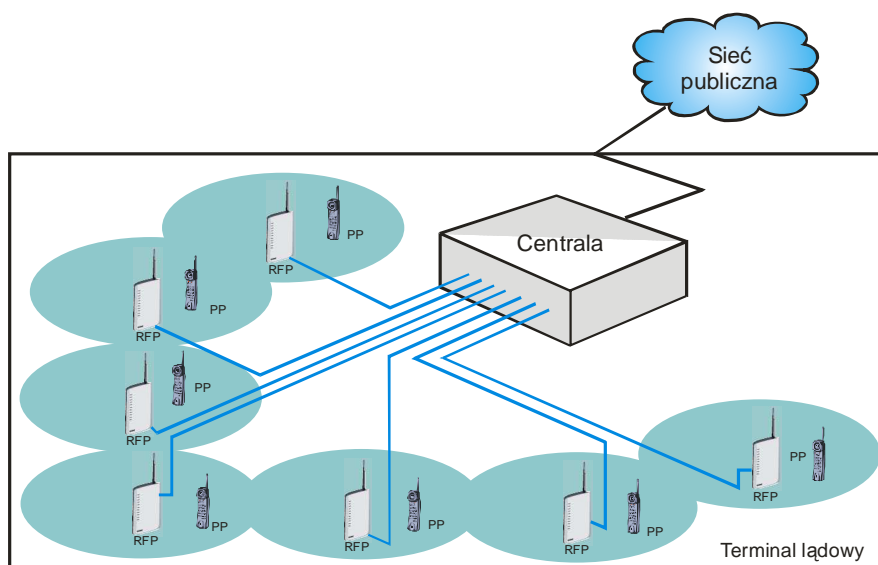
$$\underline{r}(t) = \sum_{k=1}^M \underline{r}_k(t) = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \underline{r}_{ki}(t) \quad (3.3)$$

$\underline{r}_k(t)$ oznaczają główne składowe sygnału scharakteryzowane przez rozróżnialne opóźnienia i tłumienie. W pomiarach odpowiedzi impulsowej rzeczywistych sygnałów odpowiadają one maksimum odpowiedzi impulsowej. W typowej sytuacji ich liczba wynosi od 1 do 6, zależnie od aktualnego terenu. Każda ze składowych $\underline{r}_k(t)$ jest poddana rozproszeniu w bezpośrednim sąsiedztwie stacji ruchomej, co uwidacznia się pewną liczbą składowych $\underline{r}_{ki}(t)$. Parametr N wynosi, co najmniej 10. Jeśli kąt pomiędzy kierunkiem, z którego nadchodzi składnik $\underline{r}_{ki}(t)$, a wektorem szybkości pojazdu v wynosi φ_{ki} wtedy częstotliwość Dopplera f_{Dki} , sygnału $\underline{r}_{ki}(t)$ wynosi: [6]

$$f_{Dki} = f_c \frac{v}{c} \cos \varphi_{ki} \quad (3.4)$$

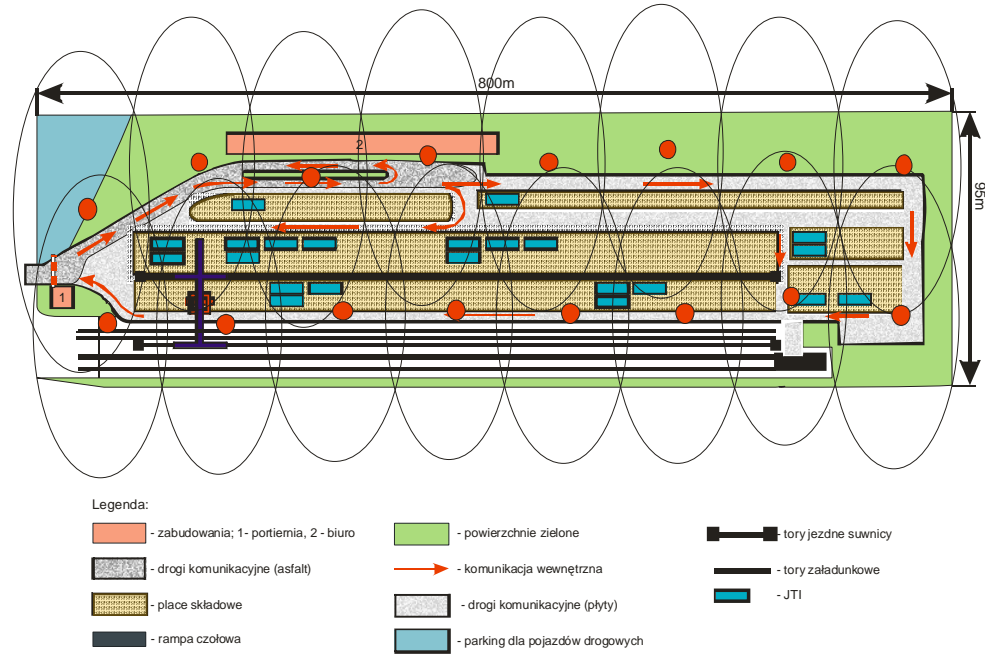
4. SYSTEM DECT DLA ZADANYCH PARAMETRÓW

W celu zaprojektowania systemu DECT dla terminala lądowego, należy dokonać na nim odpowiednich pomiarów pola i warunków propagacji fal oraz opracować na ich podstawie projekt rozmieszczenia stacji bazowych RFP tak, aby zasięgi tych stacji pokrywały cały teren gdzie ma funkcjonować system DECT [2]. Rezultat tego działania przedstawiono na Rys. 4.2. Czerwonymi kropkami zaznaczono punkty, gdzie należy umieścić stacje bazowe, aby swym zasięgiem pokryły cały teren. Dla wcześniej rozpatrywanych parametrów i dla danej konfiguracji obiektów stwierdzono, że należy użyć 16 stacji bazowych. Prawdopodobnie po dokonaniu specjalistycznych pomiarów liczba stacji by uległa zmianie. Na Rys. 4.1. przedstawiono ideowy schemat zaproponowanego systemu.



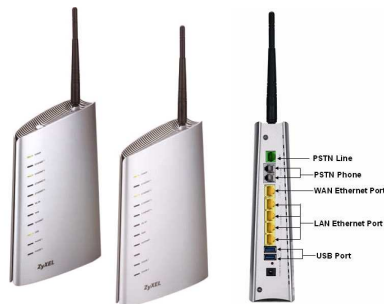
Rys.4.1. Schemat systemu DECT oraz RFID dla założonych wcześniej parametrów (opracowanie własne)

Najodpowiedniejszym systemem do wcześniej założonych parametrów jest wielokomórkowy system łączności radiowej Hicom cordless E. Jest on zintegrowanym systemem łączności bezprzewodowej współpracującej z centralami ISDN Hicom 300 E i Hicom 300. Konfigurowalna architektura systemu i transmisja cyfrowa oparta na standardzie DECT gwarantują swobodną łączność w budynkach oraz ich otoczeniu. [4]



Rys.4.2. Plan rozmieszczenia stacji bazowych oraz ich zasięgi radiowe w terminalu lądowym A (opracowanie własne)[3]

System ma budowę modułową. Stacje bazowe RFP dołączone są za pomocą cyfrowych interfejsów do zintegrowanych z centralą modułów. Dzięki temu możliwe jest projektowanie i przeprowadzanie instalacji systemu łączności radiowej, optymalnej pod względem kosztów, obszaru zasięgu i liczby użytkowników (PP) (Rys.4.4). Aparat Gigaset 3000 (PP) zapewnia roaming między różnymi systemami i pozwala korzystać z funkcji centrali Hicom 300 / 300 E. System umożliwi budowanie połączeń i odbieranie wywołań na całym terenie pokrytym zasięgiem radiowym.



Rys.4.3. Stacje bazowe P-2302HWUDL-P1[3]



Rys.4.4. Słuchawka bezprzewodowa Gigaset 3000 (PP) [3]

Stacje bazowe tworzą komórki radiowe dla potrzeb łączności bezprzewodowej na obszarze terminala lądowego. Konwertują one sygnał radiowy na sygnały interfejsów DECT i WLAN zintegrowanych z centralą ISDN 300/300E. Stacje bazowe mogą być z niej zasilane lub z zewnętrznego źródła napięcia. Lokalizacja stacji bazowych jest określana po dokonaniu pomiarów pola i warunków radiowych oraz opracowanego na ich podstawie projektu (Rys.4.2). [4]

Zaproponowane urządzenie (stacja bazowa) to P-2302HWUDL-P1 (Rys.4.3), które wyposażone jest w interfejs WLAN Ethernet 10/100 Mbps, cztery punktowy przełącznik, punkt dostępowy sieci bezprzewodowej pracujący w standardzie 802.11b/g i dwa porty USB umożliwiające udostępnienie w sieci drukarki lub pamięci masowej. Posiada zintegrowaną bramkę VIP ze stacją bazową dla słuchawek DECT (PP).

5. WNIOSKI

Aby można było zaprojektować system łączności bezprzewodowej oparty na tym standardzie, stworzono hipotetyczny plan rozmieszczenia obiektów na terenie przeładunkowego terminala lądowego. W strukturze terminala uwzględniono, że system wymiany informacji (DECT) powinien funkcjonować wewnątrz obiektów, w wolnej przestrzeni (artykuł pt. „Propagacja FEM na obszarach o złożonej strukturze architektonicznej- przeładunkowy terminal lądowy [5],,) oraz podczas ruchu abonentów pojazdami mechanicznymi (Suwnica bramowa, Sisu, Kalmar). Chcąc przystąpić do rozmieszczenia stacji bazowych na przedstawionym planie terminala lądowego A przeanalizowano propagację FEM oraz określono zasięgi stacji bazowych wewnątrz obiektów jak i na wolnej przestrzeni [4]. Po określeniu maksymalnych zasięgów przedstawiono konkretny projekt rozmieszczenia stacji bazowych i zaproponowano architekturę systemu DECT w przeładunkowym terminalu lądowym. Celem weryfikacji poprawności funkcjonowania zaproponowanego systemu DECT, przedstawiono zrealizowaną symulację w programie Matlab Symulink w artykule pt. „The Transmission of the Information of the System of Telecommunicational DECT in the Trans-Shipping Terminal” [3].

6. BIBLIOGRAFIA

- [1]. Jackowski S.: *Telekomunikacja*, cz.1,2, Wyd. P.Rad., Radom 2005.
- [2]. Łukasik Z., Kuśmińska A.: *Transport intermodalny w procesach przepływu ładunków*, etap III, Politechnia Radomska, Radom 2007.
- [3]. Kuśmińska-Fijałkowska A., Łukasik Z.: *The Transmission of the Information of the System of Telecommunicational DECT in the Trans- Shipping Terminal*, Trans-Nav, Gdynia 2009.
- [4]. Kuśmińska- Fijałkowska A., Łukasik Z.: *System transmisji informacji w przeładunkowym terminalu lądowym*, LogiTrans, Szczyrk.
- [5]. Kuśmińska-Fijałkowska A., Łukasik Z.: *Propagacja FEM na obszarach o złożonej strukturze architektonicznej- Przeładunkowy terminal lądowy*, TransComp, Zakopane 2009.
- [6]. Wesołowski K.: *Systemy radiokomunikacji ruchomej*, Warszawa, WKŁ 2003.