

TRANSMISJA DANYCH W KANALE RADIOWYM - WYBRANE ZAGADNIENIA W ŚRODOWISKU Vissim

Krystyna Maria NOGA

Akademia Morska w Gdyni, Wydział Elektryczny, 81-225 Gdynia, ul. Morska 81-87

Katedra Automatyki Okrętowej, tel: (58) 69 01 471, fax: (58) 69 01 445, e-mail: jagat@am.gdynia.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono pakiet dydaktyczny prezentujący wybrane zagadnienia z zakresu transmisji danych w kanale radiowym. Zostaną zaprezentowane modele kanałów, symulacje procesów fizycznych zachodzących podczas transmisji, tj. losowych fluktuacji sygnału, wielodrogowości, kodowania zabezpieczającego przed błędami, dekodowania.

Słowa kluczowe: propagacja sygnału radiowego, modele kanału transmisyjnego, zaniki sygnału.

1. WSTĘP

Ważnym elementem systemu telekomunikacyjnego są między innymi kanał transmisyjny, układy formowania sygnałów, modulatory, demodulatory, filtry, kodery, dekodery. Do rozwiązywania wielu problemów inżynierskich służą badania symulacyjne. Programy symulacyjne są stosowane we wszystkich fazach prac badawczych, konstrukcyjnych i serwisowych. Są szczególnie przydatne do poznania właściwości systemu telekomunikacyjnego, analizy układu sterowania i poszukiwania optymalnych parametrów pracy. Dzięki temu można znacznie zmniejszyć koszty i skrócić czas badania i diagnostyki urządzenia. Programy symulacyjne odgrywają również ogromną rolę w poszukiwaniu nowych rozwiązań w wielu dziedzinach techniki, w tym telekomunikacji. Jest to szczególnie istotne ze względu na wzrastającą liczbę użytkowników systemów telekomunikacyjnych, ich rosnące wymagania, co powoduje, że muszą powstawać nowe systemy zapewniające coraz wyższą jakość transmisji. Jednym z ważniejszych elementów systemu telekomunikacyjnego jest kanał transmisyjny. Służy on do przesyłania danych i może być realizowany w postaci torów przewodowych, radiowych, satelitarnych, falowodowych, światłowodowych. Od właściwości kanału zależy struktura pozostałych bloków systemu. W artykule zostaną przedstawione zagadnienia dotyczące transmisji sygnałów w kanałach radiowych. Propagacja fal radiowych jest złożonym zjawiskiem. Podczas transmisji radiowej większość sygnałów odbieranych podlega losowemu uziemiennieniu, co spowodowane jest występowaniem w kanale transmisyjnym zakłóceń multiplikatywnych (zaników), zakłóceń addytywnych oraz opóźnień [1 - 6]. Czynniki te powodują niestacjonarność charakterystyk kanału i pogorszenie jakości transmisji. Szczególnie negatywny wpływ na jakość transmisji mają fale odbite, które powodują wielodrogową propagację. W artykule zostaną zaprezentowane modele kanałów, symulacje procesów fizycznych zachodzących

podczas transmisji, np. losowych fluktuacji sygnału, wielodrogowości, kodowania zabezpieczającego przed błędami, dekodowania. Zostanie omówiony między innymi kanał wielodrogowy, Rummlera, Jakes'a. Badania symulacyjne zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem środowiska Vissim. Omówione wirtualne modele są elementami pakietu dydaktycznego opracowanego na potrzeby dydaktyki Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów i Techniki Cyfrowej.

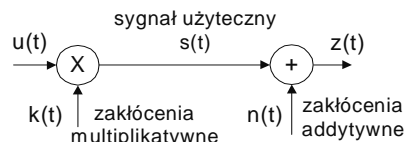
2. MODELE KANAŁÓW TRANSMISYJNYCH

Kanały transmisyjne służą do wymiany danych między elementami systemu łączności. W praktyce jako kanały transmisyjne wykorzystujemy między innymi przewody, światłowody, fale radiowe. Podczas transmisji radiowej większość sygnałów odbieranych podlega losowemu uziemiennieniu. Sygnał nadany $u(t)$ podczas przesyłania przez kanał radiokomunikacyjny podlega losowym zakłóceniom multiplikatywnym $k(t)$ oraz addytywnym $n(t)$. Zakłócenia multiplikatywne traktujemy jako przypadkowe tłumienie sygnału, są to tzw. zaniki. Są one cechą charakterystyczną przede wszystkim radiokomunikacji wykorzystującej propagację jonosferyczną i troposferyczną. Sygnał $z(t)$ odbierany przez odbiornik jest sumą sygnału użytecznego $s(t)$ oraz zakłócenia addytywnego $n(t)$, czyli

$$z(t) = s(t) + n(t) = k(t)u(t) + n(t) = r(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)] + n(t) \quad (1)$$

gdzie $r(t) \geq 0$ jest obwiednią sygnału użytecznego, $\varphi(t)$ jest fazą chwilową sygnału użytecznego.

Struktura kanału transmisyjnego została przedstawiona na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura kanału transmisyjnego

Do najczęściej stosowanych modeli zaników należą układy Rice'a, Rayleigha i Nakagamię [2, 3]. Często stosowane są również rozkłady: jednostronny normalny, Hoyta, trójparametrowy i czteroparametrowy [1, 5, 6]. Natomiast do modelowania zakłóceń addytywnych najczęściej stosujemy kanał AWGN (ang. Additive White Gaussian Noise) czyli z gaussowskim zakłóceniem addytywnym. Przykładowo rozkład Nakagamię służy do modelowania sygnałów radiowych

rozproszonych. Opisuje on wypadkową ob-wiednię sygnalu, gdy jego składowe o rozkładzie Rayleigha mają jednakowe moce średnie.

2.1. Probabilistyczne modele kanałów transmisyjnych

W opracowanym pakiecie zostały przedstawione symulacje kanałów z zanikami opisanymi rozkładem jednostronnym normalnym, trójparametrowym, Rayleigha, Hoyta, Nakagamięgo. Modele te dobrze odwzorowują rzeczywiste kanały transmisyjne. Ogólny wzór określający ob-wiednię sygnału użytecznego w kanale z zanikami ma postać

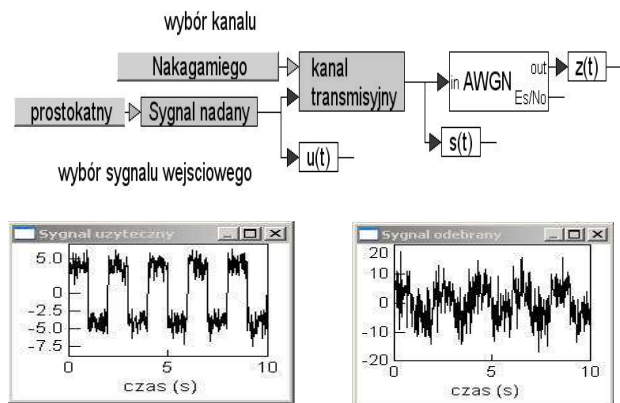
$$r(t) = \alpha \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2} \quad (2)$$

gdzie x_i to składowe sygnału, przy czym ich ilość zależy od modelu.

W zamodelowanym kanale można uzyskać symulację zaników o następujących rozkładach :

- Rayleigha – występuje tylko jedna składowa kwadraturowa i synfazowa, które posiadają równe wariancje, zerowe wartości średnie oraz $\alpha = 2$,
- Hoyta - występuje tylko jedna składowa kwadraturowa i synfazowa, posiadają one różne wariancje, zerowe wartości średnie i $\alpha = 2$,
- Nakagamięgo - występuje wiele składowych kwadraturowych i synfazowych, posiadają one różne wariancje oraz $\alpha = 2$,
- jednostronny Gaussa – składowe ortogonalne mają rozkład normalny o wariancji $\sigma_1^2 = 0, \sigma_2^2 > 0$, zerowej wartości średniej oraz $\alpha = 2$,
- trójparametrowy - składowe ortogonalne mają rozkład normalny o różnej wariancji, o wartości średniej $m_1 \neq 0, m_2 = 0$ oraz $\alpha = 2$.

Na rysunku 2 przedstawiono wirtualny model kanału oraz uzyskane przykładowe przebiegi sygnałów użytecznego i odebranego w kanale Nakagamięgo. Rozkład ten służy do modelowania sygnałów radiowych rozproszonych. W szczególnym przypadku staje się on rozkładem Rayleigha. Kanały z zanikami Rayleigha są stosowane przede wszystkim w komunikacji bezprzewodowej, gdy brak jest sygnałów dominujących. Dobrze opisują fale troposferyczne i jonosferyczne oraz propagację przez obszary zurbanizowane.



Rys. 2. Model kanału transmisyjnego oraz uzyskany sygnał użyteczny i odebrany dla zaników Nakagamięgo

2.2. Wielodrogowy model kanału

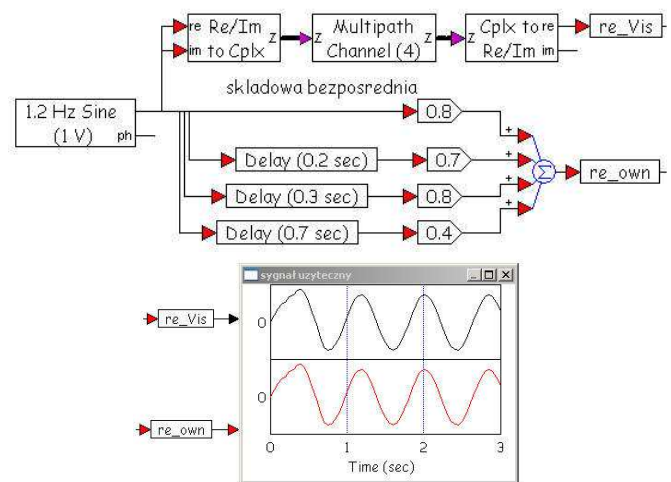
Sygnał nadawany na skutek dyfrakcji i odbić dociera do odbiornika jako suma M sygnałów składowych o różnych opóźnieniach, fazach i amplitudach. Dodatkowo w pobliżu odbiornika każda ze składowych ulega rozproszeniu na N składowych. Jeżeli odbiornik znajduje się w ruchu, częstotliwość nośna każdej ze składowych rozproszenia jest przesunięta o pulsację Dopplera [7]. Wówczas sygnał odebrany można zapisać jako

$$z(t) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{i,j} w(t - \tau_{i,j}) \exp[j(\omega_o t - \omega_o \tau_{i,j} + \omega_{i,j} t)]$$

$$w(t) = \sqrt{2E_0} u(t) \exp[j(\Phi(t))] \quad (3)$$

gdzie: E_0 jest mocą promieniowaną, $\Phi(t)$ odpowiada modulacji fazy, ω_o jest pulsacją nośnej, $\alpha_{i,j}, \tau_{i,j}, \omega_{i,j}$ są odpowiednio: tłumieniem, opóźnieniem i pulsacją dopplerowską i -tej i j -tej fali, $w(t)$ jest sygnałem modulującym.

Wielodrogowy model kanału przedstawiono na rysunku 3. Sygnał re_own na wyjściu kanału jest zgodny z sygnałem re_Vis z bloku „Multipath channel”, który jest modułem pakietu Vissim.



Rys. 3. Kanał wielodrogowy

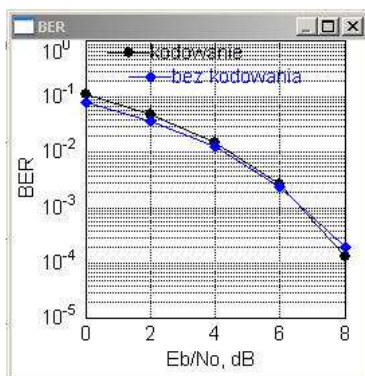
2.3. Kanał Rummlera

Do modelowania transmisji w paśmie częstotliwości mikrofalowych wykorzystuje się wielodrogowy kanał Rummlera. Model ten uwzględnia bezpośredni sygnał nadany oraz sygnał odbity, który ma wpływ zarówno na amplitudę i fazę sygnału odebranego. Sygnał użyteczny w kanale Rummlera można przedstawić przy pomocy zależności

$$s(t) = \alpha u(t) - \alpha \beta \exp(j2\pi f_o \tau) u(t - \tau) \quad (4)$$

gdzie: τ jest opóźnieniem sygnału odbitego, α tłumieniem sygnału bezpośredniego (tłumieniem toru transmisyjnego), β tłumieniem fali odbitej.

Na rysunku 4 przedstawiono model symulacyjny kanału Rummlera zbudowany na podstawie zależności 4, który porównano z modelem dostępnym w bibliotece pakietu Vissim. W celu uproszczenia analizy przyjęto, że część urojona sygnału nadanego wynosi zero.



Rys. 9. BER dla kodu Hamminga (7,4)

Opracowany pakiet dydaktyczny zawiera również symulacje dla kodowania z kontrolą parzystości. Kodowania to polega na dodaniu do wysyłanej wiadomości bitu kontrolnego, tzw. bitu parzystości.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawiony pakiet dydaktyczny omawia szeroki zakres zagadnień związanych z transmisją danych w kanale radiowym. Każdy użytkownik pakietu ma możliwość poznania modelu kanału transmisyjnego zbudowanego w oparciu o jego opis matematyczny, zasad kodowania korekcyjnego, oceny jakości transmisji. W artykule nie przedstawiono wszystkich istotnych zagadnień, np. modulacji, demodulacji, zostały one omówione w [10]. Pominęto także opis innych modeli kanałów, np. kanału Saleh-Valenzuela, który jest stosowany do symulacji transmisji wewnątrz budynków [11]. Omawiane zagadnienia są niezbędne do projektowania nowoczesnych, o wysokiej jakości systemów radiokomunikacyjnych. Znajomość charakterystyk obwodni sygnału odebranego pozwala na dobór technik przetwarzania sygnałów, np. kodowania i modulacji w celu uzyskania jak najlepszej jakości transmisji. W związku ze wzrostem wykorzystywanych częstotliwości, własności propagacyjne środowiska pomiędzy stacją nadawczą i odbiornikiem posiadają coraz większe znaczenie. Przykładowo dla technologii WiMAX, która została zaprojektowana do pracy w paśmie częstotliwości

mikrofalowych (2,5GHz – 11GHz oraz 10-66GHz) propagacja odgrywa rolę podstawową.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Patzold M.: Mobile radio channels, John Wiley & Sons Ltd., 2012, ISBN: 978-0-470-51747-5.
2. Simon M. K., Alouini . M. S.: Digital communication over fading channels, John Wiley & Sons Ltd., 2005, ISBN 0-471-64953-8.
3. Jeruchim M. C., Balaban P., Shanmugan k. S.: Simulation of communication systems. Modeling, methodology and techniques, Kluwer Academic Publishers, 2002, ISBN 0-306-46267-2.
4. Guimaraes D.A.: Digital Transmission. A Simultion-Aided Introduction with VisSim/Comm, Springer 2009, ISBN 978-3-642-01358-4.
5. Noga K. M. , Pałczyńska B.: Overview of fading channel modeling, International Journal of Electronics and Telecommunications, 4/2010, str. 339-344, ISSN 0867 6747.
6. Noga K.: Zaawansowane modele probabilistyczne sygnałów w kanałach z zanikami. Kwartalnik Elektroniki i Telekomunikacji, 2000, Z. 1, str. 47 – 62.
7. Langowski A.: Modelowanie kanałów radiowych ze zjawiskiem Dopplera, Poznańskie Warsztaty Telekomunikacyjne, Poznań 2003.
8. Gębala M.: Detekcja i korekcja błędów. Kody liniowe. Kody Hamminga. Kodowanie i kompresja danych, 2010, zagorski.im.pwr.wroc.pl/courses/kiki_2010/wyklad11.pdf.
9. Noga K. M.: Pakiet Multisim - zaawansowane przykłady zastosowań w dydaktyce, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 28, 2010, str. 113-118, ISSN 1425 - 5766.
10. Noga K. M. – Modulacje analogowe i cyfrowe w środowisku Mathcad i Vissim, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, Nr 36, 2013, str. 137– 140, ISSN 2353– 1290.
11. Noga K.: Model kanału Saleh-Valenzuela, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, 2012, str. 173-176, ISSN 1230-3496.

THE TRANSMISSION OF THE DATA IN THE RADIO CHANNEL- CHOSEN PROBLEMS IN VISSIM ENVIRONMENT

Key-words: radio wave propagation, channel modelling, fading signals

This paper presents the didactic packet which makes possible presenting chosen problems in digital transmission. The packet presents models of radio communication channels, the simulations of physical processes setting during the transmission, among others the random fluctuations of the signal, multipath, protection coding, decoding.