

mgr inż. Jan Schmidt

Politechnika Gdańska

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

Katedra Systemów Elektroniki Morskiej

Temat rozprawy doktorskiej: Zastosowanie techniki szybkich przeskoków częstotliwości nośnej w hydroakustycznym systemie do transmisji danych w wodach płytkich.

(Streszczenie)

Celem rozprawy doktorskiej było zbadanie wpływu warunków propagacji fal akustycznych w przybrzeżnych wodach płytkich, na jakość transmisji danych w hydroakustycznym systemie komunikacyjnym wykorzystującym technikę szybkich przeskoków częstotliwości nośnej (ang. *fast frequency hopping*, FFH).

Specyfika środowiska pracy systemu komunikacji podwodnej powoduje liczne ograniczenia cyfrowej transmisji danych. Przesyłany sygnał ulega silnej propagacji wielodrogowej oraz wpływowi efektu Dopplera. Zjawiska te oraz wąskie pasmo częstotliwości systemu, wynikające z niskiej częstotliwości pracy (od kilku do kilkudziesięciu kHz) oraz ograniczeń konstrukcyjnych przetworników ultradźwiękowych, powodują uzyskiwanie relatywnie niskich szybkości transmisji danych. Z kolei straty transmisyjne i szумы to główne czynniki, które ograniczają zasięg systemu oraz determinują wybór częstotliwości pracy. Dodatkowym istotnym ograniczeniem jest niska prędkość propagacji fali akustycznej, która powoduje silne opóźnienie w odbiorze transmitowanych sygnałów, co przy łączności dwukierunkowej, ogranicza efektywną szybkość transmisji.

W rozprawie, na podstawie przeglądu literaturowego, przedstawione zostały zarówno komercyjne systemy komunikacji podwodnej dostępne na rynku, jak i systemy będące platformami do ich rozwoju. Omówiony został hydrotelefon HTL-10, którego moduły przetwarzania sygnałów zostały zaprojektowane i oprogramowane przez Autora rozprawy. Urządzenie to stanowiło platformę sprzętową analizowanego i badanego modelu hydroakustycznego systemu cyfrowej transmisji danych. W dalszej części rozprawy przedstawiono charakterystykę kanału hydroakustycznego wraz z opisem parametrów mających szczególnie istotny wpływ na transmisję danych w systemach akustycznej komunikacji podwodnej. Przeprowadzona została analiza wpływu interferencji na sygnał sinusoidalny oraz szerokopasmowy sygnał z modulacją częstotliwości. Sygnały te zostały wykorzystane w symulacji modelu systemu transmisji danych, pracującym w akwenie o płaskim dnie. Ponadto, dla sygnału sinusoidalnego przeanalizowano możliwości jego detekcji w oparciu o analizę dyskretnego widma gęstości mocy odebranego sygnału.

W wyniku przeprowadzonej analizy teoretycznej opracowana została koncepcja systemu transmisji danych, w szczególności jego warstwy fizycznej, struktura ramki danych oraz metody modulacji i kodowania kanałowego. Koncepcja została uzupełniona o obliczenia projektowe, które posłużyły weryfikacji struktury systemu i określeniu jego podstawowych parametrów technicznych. Przeprowadzono badania symulacyjne z wykorzystaniem zaprojektowanego systemu oraz modeli kanałów komunikacyjnych, odzwierciedlających warunki środowiska podwodnego. Opisany został model doświadczalnego systemu transmisji danych oraz metodyka badań eksperymentalnych. Wyniki badań eksperymentalnych, przeprowadzonych w akwenie śródlądowym, posłużyły do weryfikacji tezy postawionej w rozprawie.

W oparciu o wyniki analizy teoretycznej oraz przeprowadzonych badań symulacyjnych i eksperymentalnych udowodniono postawioną tezę. Wykazano, że w specyficznych dla płytkich akwenów przybrzeżnych warunkach propagacji, zastosowanie techniki szybkich przeskoków częstotliwości nośnej FFH zapewnia istotną poprawę jakości transmisji danych, w stosunku do systemów wykorzystujących inne techniki modulacji.

Jan Schmidt, MSc

Gdańsk University of Technology
Faculty of Electronics, Telecommunications and Informatics
Department of Marine Electronic Systems

Title of PhD dissertation: Application of fast frequency hopping technique in hydroacoustic system for data transmission in shallow water.

(Abstract)

The goal of the doctoral thesis was to investigate the influence of the propagation conditions of acoustic waves in coastal shallow waters on the quality of data transmission in a hydroacoustic communication system using the fast frequency hopping technique (FFH).

The specificity of the operating environment of the underwater communication system causes numerous limitations of digital data transmission. The transmitted signal suffers from strong multipath propagation and the Doppler effect. These phenomena and the narrow frequency band of the system, due to the low operating frequency (from several to several dozen kHz) and the design limitations of ultrasonic transducers, result in obtaining relatively low data transmission rates. Transmission losses and noise are the main factors that limit the range of the system and determine the choice of operating frequency. An additional significant limitation is the low speed of acoustic wave propagation, which causes a strong delay in the reception of transmitted signals and limits the effective transmission rate in two-way communication.

Commercial underwater communication systems available on the market as well as systems that are platforms for their development were presented based on literature review. The underwater telephone HTL-10, with signal processing modules designed and programmed by the author of the dissertation, was also described. This device was a hardware platform for the analyzed and tested model of hydroacoustic digital data transmission system. Next, characteristics of the hydroacoustic channel as well as a description of the parameters that have a particularly significant impact on data transmission in acoustic underwater communication systems were presented. The interference of the sinusoidal signal and the broadband frequency modulated signal due to the multipath propagation were analyzed. These signals were used in the simulation of the data transmission system model, operating in a flat-bottomed water tank. Moreover, the detection capabilities of the sinusoidal signal based on its the discrete power density spectrum of the received signal, were described.

As a result of the theoretical analysis, the concept of a data transmission system was developed, in particular its physical layer, data frame structure, and channel modulation and coding methods. The concept was supplemented with design calculations that verify the structure of the system and define its basic technical parameters. Simulation tests were carried out with the use of the designed system and communication channel models reflecting the conditions of the underwater environment. Next, the experimental data transmission system and experimental research methodology were described.

The results of experimental tests, which were carried out in the inland water, were used to verify the thesis set in the dissertation.

The thesis has been proved based on the results of theoretical analysis and the simulation as well as experimental tests. It has been shown that in specific conditions for shallow waters, the application of the fast frequency hopping technique FFH provides a significant improvement in the quality of data transmission in comparison to systems using other modulation techniques.