



Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Beaty KRUPANEK
pt. *„Modelowanie opóźnień transmisji spowodowanych zaburzeniami w sieciach
bezprzewodowych w standardzie IEEE 802.15.4”*

wykonanej na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach
pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Jerzego Jakubca.

1. Obszar problemowy rozprawy i istotność podjętych zadań

W ostatnich latach obserwuje się coraz większe zapotrzebowanie na przesyłanie danych z zastosowaniem bezprzewodowych sieci komputerowych. Ten sposób przekazywania danych jest również stosowany w systemach pomiarowo-sterujących (SPS). Taki stan wynika również z szeregu nowych opracowanych standardów transmisji bezprzewodowych. Jednym z nich jest standard IEEE 802.15.4, który wraz z uzupełnioną specyfikacją ZigBee znajduje coraz szersze zastosowanie w transmisjach danych na niewielkie odległości.

Jednym z istotnych zagadnień w bezprzewodowych SPS są opóźnienia w przesyłaniu danych pomiędzy poszczególnymi węzłami takich systemów. Opóźnienia te mogą spowodować zbyt duże błędy w działaniu SPS, co może mieć istotne znaczenie na przebieg procesu technologicznego czy pracę obiektu obserwowanego przez ten system. Jedną z istotnych przyczyn powstawania opóźnień w bezprzewodowej transmisji danych są zaburzenia typu pasywnego (np. przeszkody architektoniczne) i aktywnego (np. mające charakter fal elektromagnetycznych lub wyładowań elektrostatycznych). Zaburzenia te mogą powodować brak odbioru przesyłanych danych przez węzeł SPS, do którego dane te były wysyłane. Dlatego też bardzo ważnym staje się już na etapie projektowania bezprzewodowego SPS oszacowanie wartości tych opóźnień i ocena konsekwencji ich występowania. Działania te mogą być między innymi prowadzone na podstawie badań symulacyjnych, w których stosowane są określone modele opóźnień.

W literaturze opisywanych jest wiele sposobów rozwiązywania problemu modelowania opóźnień występujących przy bezprzewodowej transmisji danych. Żywa dyskusja na ten temat spowodowana jest, z jednej strony, istotnością tego zagadnienia w wielu praktycznych obszarach, a z drugiej strony wyborem metod modelowania. Drugi fakt implikuje poszukiwanie przez badaczy takich metod modelowania, które pozwolą jak najlepiej i możliwie w jak najprostszy sposób przybliżyć opracowanym

modelem charakter oraz wartości występujących opóźnień w bezprzewodowej transmisji danych.

Wobec powyższych faktów problem opisu opóźnień transmisji danych w sieciach bezprzewodowych, podjęty w opiniowanej pracy, uważam za bardzo ważny, zarówno z poznawczego jak i technicznego punktu widzenia, a zdefiniowane cel pracy i teza są aktualne i zasadne.

2. Koncepcja oraz realizacja rozprawy

Formalnie opiniowana rozprawa doktorska, licząca 160 stron, składa się z siedmiu rozdziałów, w tym wstępu, pięciu rozdziałów zasadniczych i podsumowania. Pracę uzupełnia wykaz 116 pozycji cytowanej literatury. Do pracy dołączony jest wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń.

Wstęp pracy zawiera ogólne wprowadzenie do tematu, w którym główną uwagę zwrócono na rodzaje zaburzeń wpływających na opóźnienia w bezprzewodowej transmisji danych oraz na potrzebę modelowania tych opóźnień. Na tej podstawie zdefiniowano cel i tezę pracy oraz jej zakres. Teza pracy jest jasno sformułowana, a przedstawiony zakres rozprawy określa jej koncepcję, która na tym etapie jest poprawna. Rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny.

W rozdziale drugim przedstawiono podstawowe informacje o wybranych standardach bezprzewodowej transmisji danych. Praca dotyczy standardu IEEE 802.15.4. Skrótowy opis standardów IEEE 802.11 (WiFi) i 802.15.1 (Bluetooth) niczego nie wnosi do pracy i mógłby być pominięty w pracy. Natomiast dla standardu IEEE 802.15.4 zabrakło bardziej szczegółowego wyjaśnienia działania mechanizmu CSMA/CA oraz czasu wstrzymania (ang. back off period), który w sposób losowy wpływ na opóźnienia transmisji.

W rozdziale trzecim scharakteryzowano środowisko propagacji sygnałów radiowych, skupiając się jedynie na przestrzeni wewnątrz budynku. Wyjaśniono pojęcia wielodrogowości, tłumienia i absorpcji, odbicia, rozpraszania i dyfrakcji sygnału radiowego. Zwrócono również uwagę na wpływ zakłóceń elektromagnetycznych i elektrostatycznych na jakość bezprzewodowej transmisji danych. Zawarte w tym rozdziale informacje są zbyt lakoniczne. Z racji celu i tezy pracy rozdział ten powinien być potraktowany znacznie szerzej. Tym bardziej, że w zakresie pracy jest zapowiedź analizy czynników zaburzających bezprzewodową transmisję danych.

Rozdział czwarty zawiera charakterystykę opóźnień transmisji danych występujących w bezprzewodowych SPS, najczęstsze przyczyny ich powstawania oraz błędy powodowane przez te opóźnienia. W tej części pracy (od str.45 do str. 49) nie jest jasno zdefiniowany przez Doktorantkę cel wprowadzenia teorii szeregowania zadań do opisu opóźnień, jak i mało staranne, głównie ze względów redakcyjnych, wyjaśnienie tego problemu. W rozdziale tym również scharakteryzowano bardzo ogólnie modele matematyczne stosowane do opisu opóźnień, a w szczególności zwrócono uwagę na modele probabilistyczne oparte na teorii kolejek i łańcuchach Markowa. Opisano również narzędzia informatyczne umożliwiające prowadzenie badań symulacyjnych wpływu opóźnień transmisji danych na jakość tej transmisji w bezprzewodowych sieciach komputerowych. Końcowa część rozdziału zawiera wyniki badań sieci bezprzewodowych oraz pomiarów opóźnień, które przedstawiono na podstawie przeglądu literatury. Nie do końca został przedstawiony w tym rozdziale cel prezentacji

narzędzi informatycznych umożliwiających prowadzenie badań symulacyjnych bezprzewodowych SPS, jak i wyniki badań oraz pomiary opóźnień dla sieci ZigBee. Ten fragment pracy stanowi przegląd literatury i w takim ujęciu mógłby być pominięty w pracy.

Od rozdziału piątego rozpoczyna się zasadnicza część pracy doktorskiej. W pierwszej części tego rozdziału Doktorantka przedstawiła opracowany nowy probabilistyczny model opóźnień komunikacyjnych, bazujący na czasowych ciągach funkcji delta. Opracowany model dotyczy sytuacji transmisji danych pomiędzy dwoma węzłami sieci bezprzewodowej. Końcowym efektem działań związanych z modelem kanału komunikacyjnego jest losowy szereg funkcyjny. W pracy zaproponowano dwa zbiory parametrów umożliwiające określenie właściwości konkretnego kanału. W dalszej części pracy Doktorantka korzystała tylko ze zbioru drugiego, który zawiera opis rozkładu czasu dostępu oraz szereg składający się z par liczb: czasu wystąpienia kopii szablonu i współczynnika wagowego. Tak zdefiniowany model uwzględnia możliwość opisu retransmisji danych w sieci bezprzewodowej w przypadku nie dostarczenia danych z jednego węzła do drugiego w czasie pierwszej transmisji. Ta część rozdziału zawiera szereg błędów edytorskich, głównie we wzorach, które utrudniają analizę przytoczonych wywodów matematycznych. Druga część rozdziału piątego zawiera trzy przykłady zastosowania opracowanego modelu, które zrealizowano w oparciu o symulację bazującą na metodzie Monte Carlo.

Celem szóstego rozdziału była weryfikacja doświadczalna opracowanego modelu opóźnień, którą przeprowadzono na bazie bezprzewodowego SPS składającego się z dwóch węzłów zbudowanych na bazie modułów ZigBee (XBee i ATZB-A24-UFL) przesyłających między sobą dane. Weryfikację przeprowadzono dla zaburzeń pasywnych wywołanych przez przeszkody architektoniczne oraz dla zaburzeń aktywnych wywołanych przez wyładowania elektrostatyczne i pola magnetyczne. Weryfikację przeprowadzono również dla przypadku wpływu dodatkowego modułu ZigBee pracującego na tym samym, jak i na innym kanale transmisyjnym, wpływu odległości pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem oraz pracy dwóch węzłów w konfiguracji gwiazdy. Dla każdego badanego przypadku wyniki badań były prezentowane w postaci histogramów wyników pomiaru opóźnień transmisji danych. Na ich podstawie wyznaczano wartości poszczególnych parametrów losowego szeregu funkcyjnego, a w dalszej kolejności na ich podstawie histogram czasu opóźnienia uzyskany w sposób symulacyjny. Nie podano metody umożliwiającej ocenę zgodność otrzymanych histogramów na podstawie modeli z odpowiadającymi im histogramami wyznaczonymi doświadczalnie. Brak metody oceny zgodności histogramów i wartości tych ocen nie pozwala określić czy opracowany model opóźnień komunikacyjnych jest prawidłowy.

Ostatni, ósmy rozdział pracy stanowi podsumowanie uzyskanych wyników i zawiera wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

3. Ocena formalnej strony rozprawy

Układ redakcyjny pracy nie budzi zastrzeżeń, chociaż w niektórych miejscach pojawiają się błędy edytorskie i nieścisłości w formułowaniu myśli.

Doktorantka wykazała się dobrą znajomością literatury w dziedzinie będącej tematem rozprawy. Spis literatury obejmuje 116 pozycji, w tym Doktorantka jest autorem i współautorem łącznie 13 pozycji. Zamieszczona w spisie literatura jest reprezentatywna dla przedmiotu badań. Poszczególne pozycje z tego spisu są

umiejętnie cytowane w pracy. Recenzowana rozprawa jest oryginalną pracą naukową. Zamieszczone w niej wyniki były publikowane w krajowych recenzowanych publikacjach i materiałach konferencyjnych.

4. Oryginalne osiągnięcia

Do oryginalnych osiągnięć Autora recenzowanej pracy zaliczam:

- opracowanie nowego probabilistycznego modelu opóźnień komunikacyjnych, bazującego na czasowych ciągach funkcji delta, którego parametry są wyznaczone na drodze doświadczalnej,
- przeprowadzenie weryfikacji doświadczalnej opracowanego modelu dla przykładowych zaburzeń pasywnych i aktywnych występujących pomiędzy dwoma węzłami bezprzewodowego SPS.

Otrzymane wyniki rozprawy mogą być przydatne dla nauk technicznych dzięki prostej postaci modelu opóźnień komunikacyjnych, umożliwiając na etapie projektowania szybkie przeprowadzenie wstępnej oceny pracy bezprzewodowego SPS w obecności zaburzeń pasywnych i aktywnych.

5. Uwagi do dyskusji i komentarze

Z merytorycznego punktu widzenia opiniowana praca stanowi dobry raport badawczy, jakkolwiek Doktorantka nie uniknęła pewnych niedociągnięć, spośród których do najistotniejszych zaliczyłbym poniżej opisane.

1. Parametry opracowanego modelu opóźnień komunikacyjnych pomiędzy dwoma węzłami były wyznaczone doświadczalnie dla różnych zaburzeń. W pracy brakuje wyraźnego sformułowania jak ustalano poszczególne parametry losowego szeregu funkcyjnego, szczególnie w bardziej złożonych histogramach, np. w przedstawionym na rys. 6.20.
2. W sieci bezprzewodowej ZigBee transmisja danych może odbywać się na dwa sposoby, korzystając z mechanizmu CSMA/CA lub ramki synchronizującej (ang. beacon). W pracy nie określono, czy opracowany model będzie poprawnie działał przy obu sposobach transmisji.
3. W rozdziale 6.6 dla sieci bezprzewodowej składającej się z dwóch węzłów i koordynatora, pracującej w konfiguracji gwiazdy, przedstawiono w identyczny sposób weryfikację doświadczalną opracowanego modelu, jak dla wcześniej opisanych w pracy przykładów. Natomiast w pracy brakuje chociaż jednego przykładu potwierdzającego poprawność działania opracowanego modelu dla bardziej złożonego przykładu, ale z uwzględnieniem modeli już wcześniej otrzymanych. Na przykład, dla sieci bezprzewodowej pracującej w konfiguracji gwiazdy z transmisją danych od węzła 1 do węzła 2 poprzez koordynator oraz wybranym dowolnym zaburzeniem występującym pomiędzy jednym z węzłów a koordynatorem należałoby wyznaczyć łączny model opóźnienia komunikacyjnego na podstawie wcześniej wyznaczonych modeli z dwoma węzłami. Następnie w sposób symulacyjny wyznaczyć histogram opóźnień i porównać go z histogramem otrzymanym doświadczalnie dla takiej samej sieci bezprzewodowej.

4. Jaka metodę przyjęto do oceny podobieństwa histogramów opóźnień komunikacyjnych wyznaczonych doświadczalnie i w sposób symulacyjny?
5. Czy opracowane modele dla konkretnych modułów ZigBee i wybranych zaburzeń mogą być zastosowane dla dowolnej konfiguracji sieci bezprzewodowej?
6. Jaka jest plan dalszych prac nad praktycznym zastosowaniem opracowanych modeli do wyznaczania opóźnień komunikacyjnych na etapie projektowania bezprzewodowego SPS?

6. Wniosek końcowy

Po uwzględnieniu całej rozprawy doktorskiej, dorobku publikacyjnego z oryginalnymi osiągnięciami naukowo-badawczymi, a także mając na uwadze odnotowane pewne niedostatki i mankamenty, które może po części mają charakter dyskusyjny, stwierdzam że opiniowana rozprawa doktorska autorstwa Pani mgr inż. Beaty Krupanek spełnia wszystkie wymagania stosownej ustawy o tytule i stopniach naukowych.

W związku z tym przedkładam Radzie Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach wniosek o przyjęcie opiniowanej pracy jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

