

ARTUR SIERSZEŃ, ŁUKASZ STURGULEWSKI

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
Politechnika Łódzka

SYMULACJA KOMUNIKACJI W SIECIACH BEZPRZEWODOWYCH TYPU AD-HOC W ŚRODOWISKU OMNeT++

Recenzent: **prof. Dominik Sankowski**

Maszynopis dostarczono 1. 10. 2010

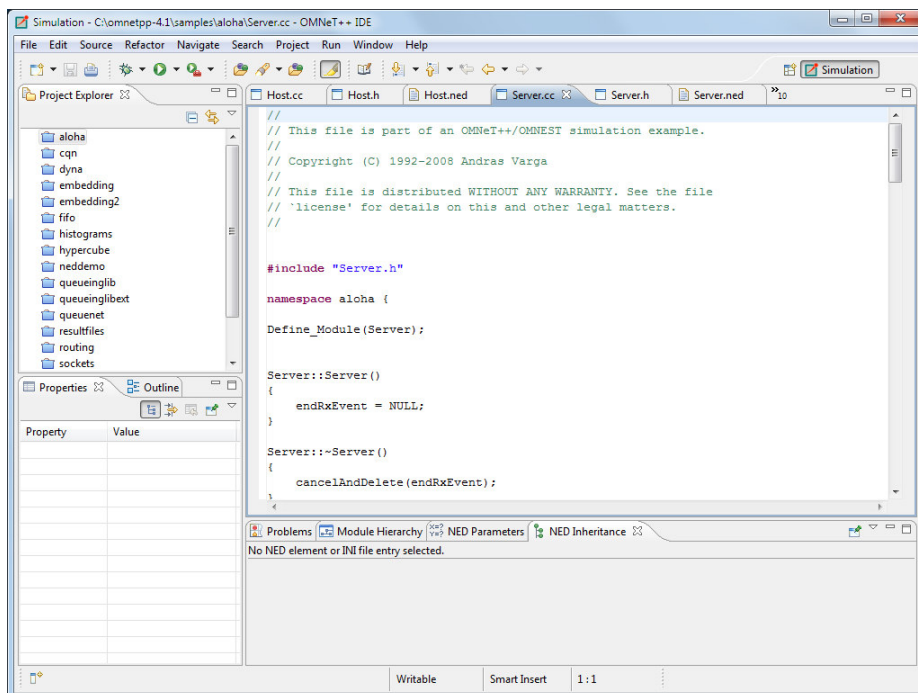
Artykuł przedstawia zastosowanie środowiska OMNeT++ w symulacyjnym badaniu komunikacji w sieciach bezprzewodowych typu ad-hoc. Testy nowo opracowywanych rozwiązań w zakresie trasowania ad-hoc są w realnym środowisku trudne do przeprowadzenia i bardzo kosztowne. Wspomniane środowisko umożliwia przeprowadzanie doświadczeń z szerokiego zakres sieci bezprzewodowych: od osobistych (ang. Personal Area Network), przez metropolitarne (Wi-Fi/WaMAX), aż po globalne (GSM, czy łączność satelitarna).

1. WPROWADZENIE

Pomysłodawcą, architektem i główny autorem środowiska jest Węgier Andras Varga [1]. Pracę rozpoczął on jeszcze podczas studiów magisterskich na Politechnice Budapeszteńskiej, które kontynuował podczas studiów doktoranckich. Od samego początku projekt w zastosowaniach niekomercyjnych oraz edukacyjnych był bezpłatny. Skomercjalizowane środowisko rozwijane przez firmę Simulcraft Inc., założoną przez pomysłodawcę projektu, otrzymało nazwę Omnest [2].

OMNeT++ to modułowe i rozszerzalne, oparte na składni języka C++ i bibliotekach struktur symulacji, środowisko do budowy symulatorów sieci. Jego głównym obszarem zastosowania jest symulacja sieci komunikacyjnych,

lecz ze względu na jego elastyczną architekturę jest z powodzeniem wykorzystywany również w innych dziedzinach, takich jak symulacja złożonych systemów informatycznych (np. sieci kolejkowe czy architektur sprzętowych). OMNeT++ oferuje oparte na Eclipse IDE (rys. 1) graficzne środowisko uruchomieniowe oraz wiele innych narzędzi (m.in. symulacja w czasie rzeczywistym, emulacja sieci alternatywnych języków programowania, np. Java czy C#, integracja baz danych).



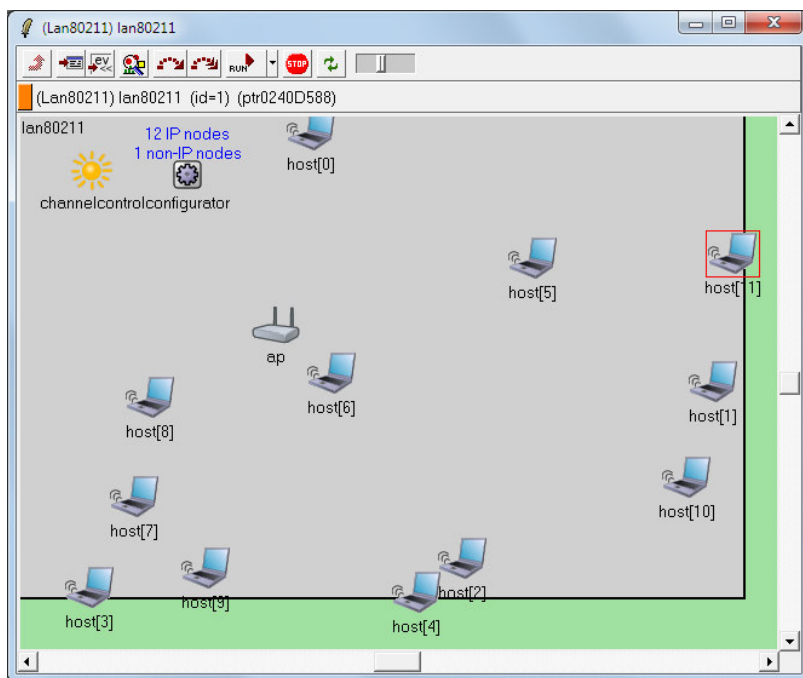
Rys. 1. Graficzne środowisko programistyczne symulatora OMNeT++

2. BEZPRZEWODOWE SIECI W ARCHITEKTURZE AD-HOC

Bezprzewodowa sieć w topologii ad-hoc jest zdecentralizowaną siecią bezprzewodową [4], ponieważ nie opiera się na wcześniej istniejącej infrastrukturze, takiej jak routery czy punkty dostępowe. Każdy węzeł bierze udział w procesie routingu przez przekazywanie danych do innych węzłów, a zatem określenie, które węzły przekazują dane, jest dokonywane dynamicznie w oparciu o połączenia z siecią. Pierwszą bezprzewodową siecią ad-hoc była sieć PRNET (akronim z ang. *Packet Radio NETwork*) z lat 1970-tych, sponsorowana przez DARPA.

Zdecentralizowany charakter bezprzewodowej sieci ad-hoc sprawia, że nadaje się ona do różnych zastosowań, w których centralne węzły nie mogą być użyte z przyczyn ekonomicznych lub technicznych np. odległość od infrastruktury lub zmienny charakter badanych obiektów.

Bezprzewodowe sieci ad-hoc można podzielić na: mobilne sieci ad-hoc (ang. *mobile ad-hoc networks*) (rys. 2), kratowe sieci bezprzewodowe (ang. *wireless mesh networks*) oraz sieci bezprzewodowych czujników (ang. *wireless sensor networks*) [4].



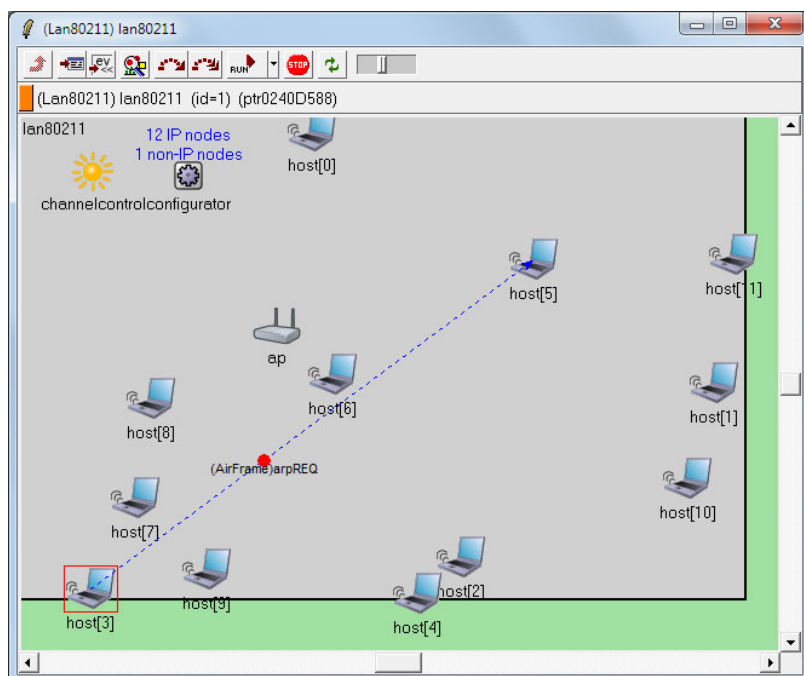
Rys. 2. Przykład sieci ad-hoc zasymulowanej w środowisku OMNeT++

3. BEZPRZEWODOWE SIECI W ARCHITEKTURZE AD-HOC W ŚRODOWISKU OMNeT++

Badanie wymiany danych w sieciach ad-hoc jest zagadnieniem trudnym z powodu zmienności topologii sieci w czasie i przestrzeni. Środowiska symulacyjne, takie jak OMNeT++, dysponują możliwością przeprowadzenia takich badań.

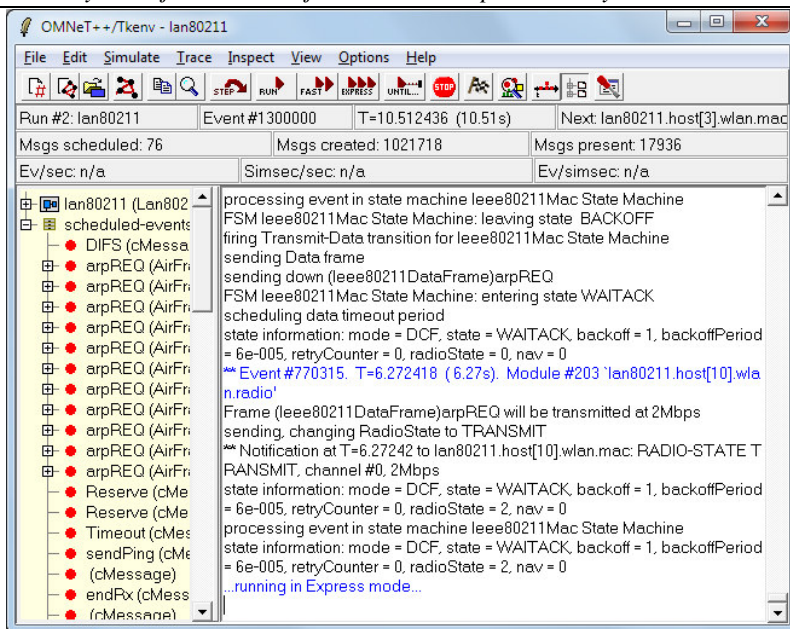
W każdym momencie funkcjonowania sieci możliwe jest dokładne prześledzenie całości wymiany danych pomiędzy węzłami w zakresie kolejności

pakietów (rys. 3) oraz dokładnych wartości poszczególnych pól w pakiecie bądź ramce (rys. 4). Czynność analizy można zautomatyzować, definiując dokładnie, jakie zdarzenia mają mieć miejsce podczas przeprowadzania symulacji.

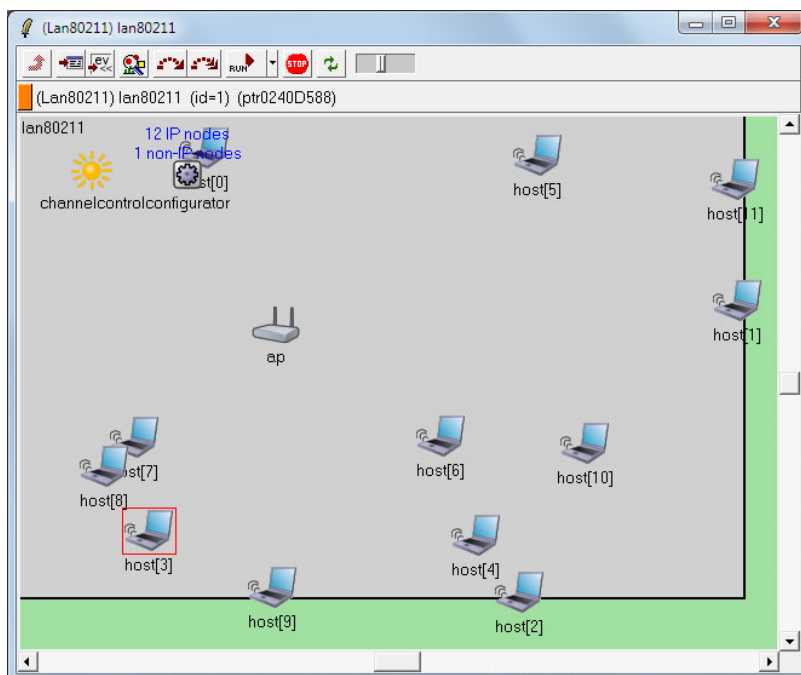


Rys. 3. Symulacja wymiany pakietów pomiędzy dwoma węzłami sieci ad-hoc

Środowisko OMNeT++ daje wiele możliwości, od zmiany położenia badanych węzłów sieci (losowe przemieszczanie się węzłów lub definiowanie sposobu przemieszczania zgodnie z daną topologią, np. ulice miasta), poprzez ich wyłączenie lub ponowne włączenie, aż do dodawania nowych węzłów (rys. 5).



Rys. 4. Dokładne dane przesyłanego pakietu



Rys. 5. Zmiana topologii sieci bezprzewodowej

Ten szeroki zakres zmian umożliwia rzetelne przetestowanie konkretnego rozwiązania, jednak powoduje wygenerowanie dużej liczby informacji dotyczących zmiany stanu poszczególnych węzłów, ruchu pakietów i zmian funkcjonalności sieci. Dużym ułatwieniem jest generowany podczas procesu symulacji dziennik zdarzeń (rys. 6), który systematyzuje je i ułatwia ich śledzenie.

Class	Name	Info	Pointer
cMessage	move	T=10.56s, in dt=47.239ms; selfmsg for lan80211.host[5].mobility (id=110)	ptr03313E48
cMessage	move	T=10.57s, in dt=57.64ms; selfmsg for lan80211.host[9].mobility (id=178)	ptr0331EC58
cMessage	turn	T=10.73s, in dt=217.66ms; selfmsg for lan80211.host[6].mobility (id=127)	ptr03316FF0
cMessage	turn	T=10.77s, in dt=257.63ms; selfmsg for lan80211.host[4].mobility (id=93)	ptr03312508
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=1.0789us; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[2].wlan.radio (id=67)	ptr046214B8
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=1.2088us; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[10].wlan.radio (id=203)	ptr04621A38
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=1.3531us; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[5].wlan.radio (id=118)	ptr046216C8
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=1.6852us; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[1].wlan.radio (id=50)	ptr04621408
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=1.7906us; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[11].wlan.radio (id=220)	ptr04621AE8
cMessage	DIFS	T=10.512s, in dt=29.097ns; selfmsg for lan80211.host[3].wlan.mac (id=83)	ptr03310268
cMessage	Reserve	T=10.512s, in dt=52.801us; selfmsg for lan80211.host[11].wlan.mac (id=219)	ptr03365660
cMessage	Reserve	T=10.512s, in dt=53.148us; selfmsg for lan80211.host[5].wlan.mac (id=117)	ptr033137B0
cMessage	Timeout	T=10.512s, in dt=56.469us; selfmsg for lan80211.host[1].wlan.mac (id=49)	ptr0247C7F0
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=98.536ns; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[3].wlan.radio (id=84)	ptr04621568
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=453.57ns; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[9].wlan.radio (id=186)	ptr046218D8
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=497.39ns; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.ap.wlan.radio (id=226)	ptr0485B378
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=802.23ns; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[0].wlan.radio (id=33)	ptr04621988
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=813.83ns; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[6].wlan.radio (id=135)	ptr04621778
AirFrame	arpREQ	T=10.512s, in dt=924.99ns; src=lan80211.host[8].wlan.radio (id=169) dest=lan80211.host[4].wlan.radio (id=101)	ptr04621618

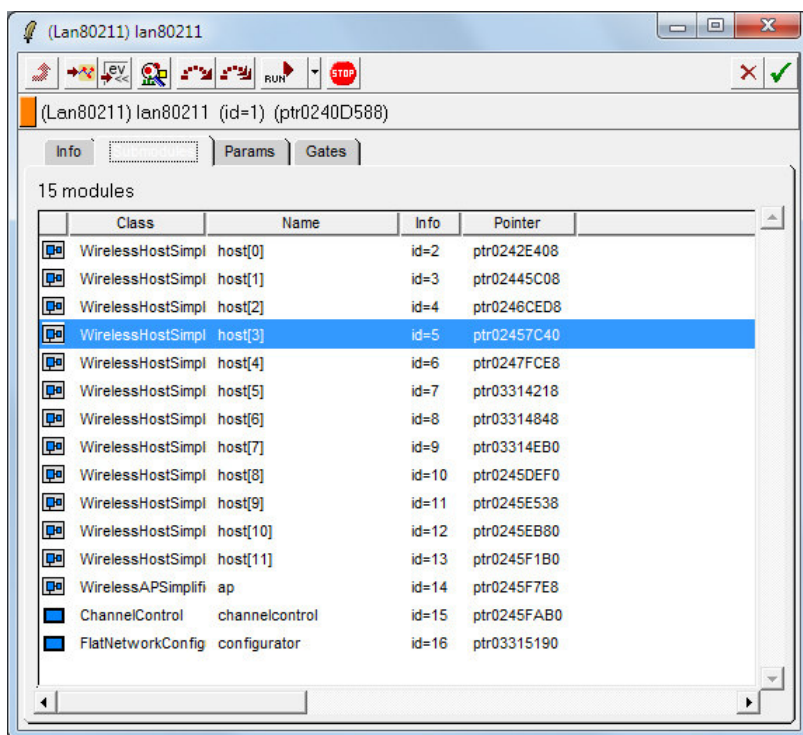
Rys. 6. Informacja o zdarzeniach zachodzących podczas symulacji

```

class std::vector<InterfaceEntry*> {
    InterfaceEntry* interfaces[0] = {0} on:- MTU:3924 LOOPBACK macAddr:n/a
    IP:{inet_addr:127.0.0.1/8}
    InterfaceEntry* interfaces[1] = wlan on:nwLayer.ifOut[0] MTU:1500
    BROADCAST MULTICAST macAddr:0A-AA-00-00-00-04
    IP:{inet_addr:145.236.0.4/32}
}
  
```

Rys. 7. Przykładowe parametry węzła zdefiniowane za pomocą języka C++

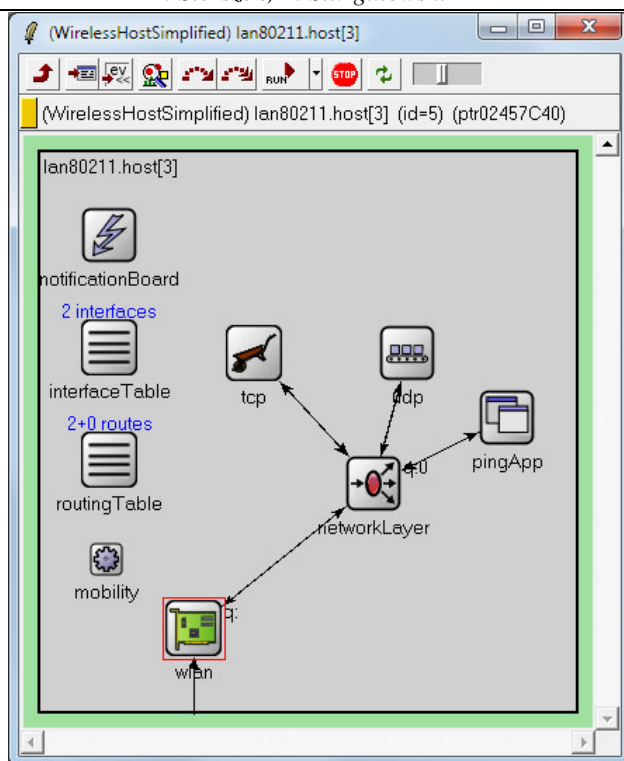
Przebieg przeprowadzanej symulacji możemy zmieniać także poprzez zmianę modułów w języku C++ dotyczących wybranego węzła sieci (rys. 8) w trakcie wykonywanej symulacji (rys. 7).



Rys. 8. Informacje o urządzeniach składowych badanej topologii

Podstawą każdej symulacji jest analiza procesu przepływu danych składających się na badany proces. W środowisku OMNeT++ funkcję tę można podzielić na dwie związane ze sobą czynności: zdefiniowanie procesu oraz określenie danych biorących w nim udział.

Zdefiniowanie procesu odbywa się za pomocą graficznego interfejsu, w którym można określić, jakie moduły mogą brać udział w symulowanym procesie, a także wyznaczyć kierunek, zwrot i modyfikacje przemieszczenia przetwarzanych danych. Na rysunku (rys. 9) procesem tym jest aplikacja (*pingApp*), a dane, które wchodzi w skład badanego procesu funkcjonowania warstwy sieciowej (*networkLayer*), to segmenty Transmission Control Protocol (udp) i User Datagram Protocol (udp).



Rys. 9. Diagram przepływu

4. PODSUMOWANIE

Packet Tracer jest znakomitym ułatwieniem w procesie nauczania o sieciach komputerowych. Duża liczba symulowanych urządzeń i protokołów stwarza olbrzymie możliwości w prezentowaniu technologii sieciowych różnego typu.

W opisanym przypadku przedstawiono, jak łatwo i szybko skonfigurować najprostszą topologię z użyciem technologii VoIP. Jest to jedynie początek, gdyż omawiane zagadnienie można rozszerzyć o inne urządzenia (tablet PC, urządzenie PDA, bramka głosowa), sposoby komunikacji (sieci beprzewodowe, ADSL, sieci WAN), czy rozwiązania obsługi połączeń VoIP (CISCO IP Communicator).

LITERATURA

- [1] Credits, acknowledgements, www.omnetpp.org, 2010
- [2] OMNESTTM – The R&D Simulator OMNeT++ Enterprise Edition, www.omnest.com, 2010.
- [3] **Wehrle K, Günes M, Gross J.**: Modeling and Tools for Network Simulation, Springer, 2010).
- [4] **Toh Chai K.**: Ad Hoc Mobile Wireless Networks, Prentice Hall Publishers, 2002.

Stypendyści projektu „Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń – zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej – zarządzanie uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacnianie zdolności do zatrudniania, także osób niepełnosprawnych” współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

WIRELESS AD-HOC COMPUTER NETWORK COMMUNICATION SIMULATION USING OMNeT++

Summary

The article presents the use of OMNeT++ environment in the simulation tests of communication in ad-hoc wireless computer networks. The tests of new routing solutions in ad-hoc networks are very expensive and difficult in the real environment. The mentioned makes it possible to conduct tests on a wide scope of wireless computer networks: from personal (Personal Area Network) and metropolitan (Wi-Fi/WaMAX) to global networks (GSM and satellite communication).

Politechnika Łódzka
Katedra Informatyki Stosowanej