

JAKOŚĆ USŁUG W ARCHITEKTURZE SIECI ASON/GMPLS A MECHANIZMY REZERWACJI ZASOBÓW

QUALITY OF SERVICES IN ASON/GMPLS NETWORK ARCHITECTURE AND RESOURCES RESERVATION MECHANISMS

Streszczenie: W artykule przedstawiono mechanizmy rezerwacji zasobów w architekturze sieci ASON/GMPLS, która spełnia wymagania nowoczesnych sieci optycznych, a jednocześnie umożliwia sterowanie siecią z gwarancją jakości usług. W artykule porównano dwa mechanizmy rezerwacji zasobów z gwarancją jakości i podejściem typu POOL. Efektywność prezentowanych mechanizmów zweryfikowano metodą symulacji komputerowej w środowisku OMNeT++.

Abstract: The authors present resource reservation mechanisms in ASON/GMPLS network architecture, which fulfills the requirements of modern optical networks and allows to control the network with required quality of service. In the paper two resource reservation mechanisms with a quality guarantee and POOL approach are compared. The effectiveness of which has been verified by computer simulation in the OMNeT++ environment.

Słowa kluczowe: ASON, GMPLS, mechanizmy rezerwacji zasobów, jakość usług.

Keywords: ASON, GMPLS, resource reservation mechanisms, quality of service.

1. WSTĘP

Rozwój technologii i usług na rynku telekomunikacyjnym i konieczność zapewnienia świadczenia tych usług ze ściśle określoną jakością wymusza propozycje dedykowanych architektur sieci mających potencjalne możliwości te wymagania spełnić.

Organizacja standaryzacyjna ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) zaproponowała koncepcję sieci ASON (Automatically Switched Optical Network), czyli koncepcję automatycznie komutowanej sieci optycznej. Natomiast propozycja IETF (Internet Engineering Task Force) to koncepcja sieci GMPLS (Generalized Multi-protocol Label Switching), czyli uogólniona wieloprotokołowa komutacja etykietowa.

Podstawowe założenia koncepcji ASON określone w zaleceniu G.8080/Y.1304 [1] to: logiczny podział na trzy płaszczyzny funkcjonalne; komunikacja autonomicznych obszarów poprzez zestandaryzowane interfejsy; abstrakcyjne sterowniki, inicjujące, zwalniające oraz nadzorujące połączenia w warstwie optycznej poprzez

zestandaryzowane interfejsy; automatyczne tworzenie połączeń komutowanych, półstałych; niezależna od sieci transportowej sieć sygnalizacyjna; rozdzielenie obsługi żądań (call) od realizacji połączeń (connection).

Standaryzacja ASON, zainicjowana przez ITU-T przede wszystkim definiuje składniki (elementy) płaszczyzny sterowania i współdziałanie pomiędzy tymi składnikami. Ta koncepcja jest rozwijana „od góry do dołu”, rozpoczynając od pełnej listy wymagań poprzez architekturę automatycznie komutowanej sieci optycznej, aż do architektury pojedynczych elementów tej sieci (sterowników). Zaawansowanie prac nad realizacją koncepcji sieci GMPLS spowodowały, że protokoły sieci GMPLS są proponowane jako protokoły płaszczyzny sterowania automatycznie komutowanej sieci optycznej ASON. Architektura sieci ASON wykorzystująca protokoły sieci GMPLS nazywa się siecią ASON/GMPLS. Problem sterowania siecią z gwarancją jakości usług jest wciąż aktualny, o czym świadczą badania przedstawione w [7].

W artykule zaprezentowano dwa mechanizmy rezerwacji dla sieci ASON/GMPLS zaimplementowane w modelu symulacyjnym tej sieci w środowisku OMNeT++ [8]. Opis modelu przedstawiono w rozdziale 2. Wyniki symulacji przedstawiono w rozdziale 3. Podsumowanie i kierunek dalszych prac zaprezentowano w rozdziale 4.

2. MODEL SYMULACYJNY SIECI ASON/GMPLS

2.1. Koncepcja modelu

Model symulacyjny zrealizowano bazując na zaleceniu ITU-T [1,2,3]. Ogólna koncepcja modelu została zaprezentowana na rys. 1. Model symulacyjny można podzielić na bloki funkcjonalne takie jak: płaszczyzna sterowania, płaszczyzna transportowa, generacja żądań, pomiar, informacje o topologii i zasobach, konfiguracja początkowa.

Blok płaszczyzny sterowania zawiera implementację elementów funkcjonalnych wchodzących w skład płaszczyzny sterowania sieci ASON.

Blok płaszczyzny transportowej zawiera elementy odzwierciedlające funkcjonalność urządzeń w warstwie transportowej. W tym przypadku jest to sieć optyczna z

przełącznikami optycznymi. W przełącznicach zostało uwzględnione prawdopodobieństwo blokady w polach komutacyjnych. W sieci transportowej został uwzględniony warunek ciągłości falowej, który wpływa na funkcjonowanie elementów w płaszczyźnie sterowania połączeniem. Sygnalizacja realizowana jest na wydzielonej pojedynczej długości fali. Łącza sygnalizacyjne oraz ich właściwości transmisyjne zostały zaimplementowane w płaszczyźnie sterowania połączeniem.

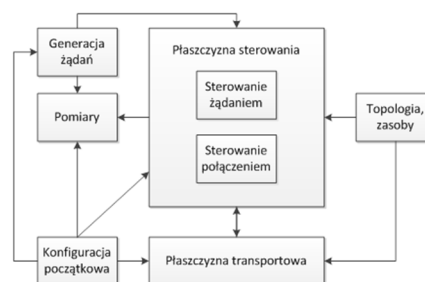
W bloku topologii i zasobów przechowywana jest informacja o topologii warstwy sterowania, topologii warstwy transportowej, podziale na domeny oraz łączach (długość, zasoby). Topologia warstwy transportowej wynika ponadto z topologii sterowników połączeń w warstwie sterowania połączeniem. Zostało założone, że jednemu sterownikowi połączeń odpowiada jeden element z warstwy transportowej. Oprócz topologii przechowywane są tu informacje o zasobach. Są to informacje o: długości łączy, liczbie długości fal w łączach, przepływności dostępnej na jednej długości fali, ziarnistości pasma jednej długości fali.

Blok żądań odpowiada za generację strumieni żądań do warstwy sterowania z określonym rozkładem czasów między kolejnymi żądaniami oraz priorytetem. Priorytet żądań dotyczy priorytetu obsługi ruchu w warstwie transportowej. Stosunek ilości ruchu z wysokim priorytetem do ilości ruchu z niskim priorytetem jest określany w bloku konfiguracji początkowej.

Blok pomiaru jest odpowiedzialny za pomiar parametrów strumieni wejściowych do płaszczyzny sterowania oraz strumieni wiadomości sygnalizacyjnych w płaszczyźnie sterowania. Pomiar parametrów wejściowych obejmuje pomiar strumieni wejściowych pod względem ich zgodności z parametrami zadanymi: intensywność żądań, średni czas obsługi, rozptył ruchu w sieci. Mierzonymi parametrami wyjściowymi (parametry strumieni wiadomości sygnalizacyjnych) są m.in.: całkowity czas obsługi żądania usługi dla zestawienia połączenia, całkowity czas obsługi żądania usługi dla rozłączenia połączenia, czas zestawienia połączenia, czas rozłączenia połączenia, prawdopodobieństwo straty połączenia w wyniku braku wolnych zasobów na łączu i blokady przełącznicy optycznej. Definicje i zasadę pomiaru poszczególnych czasów w modelu symulacyjnym sieci ASON/GMPLS przedstawiono szczegółowo w [4,5].

Za sterowanie połączeniami komutowanymi w ramach płaszczyzny transportowej w modelu symulacyjnym zgodnie z wytycznymi [1,2,3] odpowiada blok płaszczyzny sterowania, który jest wyposażony w elementy abstrakcyjne (sterowniki), inicjujące, zwalnające oraz nadzorujące połączenia w warstwie optycznej poprzez zestandaryzowane interfejsy. Sterowniki płaszczyzny sterowania to: sterownik zgłoszenia strony wywołującej/wywoływanej (CCC), sterownik zgłoszenia sieci (NCC), sterownik połączeń (CC), sterownik routingu (RC), zarządca zasobów (LRM), sterownik protokołów (PC), agent odkrywania (DA), wykonawca adaptacji i odwzorowania (TAP). Strona wywołująca jak i wywoływana posiada własny element CCC. Element ten współpracuje z sieciowym sterownikiem zgłoszeń NCC. Zarówno sterowniki CCC oraz NCC tworzą elementy płaszczyzny sterowania żądaniem. Element CC przy

współpracy z pozostałymi sterownikami tworzy element CE płaszczyzny sterowania połączeniem.



Rys. 1. Ogólna koncepcja modelu

Rezerwacja zasobów optycznych w modelu symulacyjnym realizowana jest przy współpracy sterowników połączeń CC z wykorzystaniem protokołu RSVP-TE [2]. W celu wyznaczenia ścieżki połączenia sterownik CC komunikuje się z LRM oraz RC. Przydzielanie zasobów w płaszczyźnie transportowej realizowane jest przez LRM poprzez odpowiednie mechanizmy rezerwacji.

2.2. Mechanizmy rezerwacji zasobów zaimplementowane w modelu symulacyjnym

W modelu symulacyjnym zaimplementowano mechanizmy rezerwacji zasobów z podejściem typu POOL (Wavelengths Pools) z podziałem zasobów na zbiory [9]. W modelu zaimplementowano dwa algorytmy

- **algorytm 1** – zmodyfikowane podejście typu POOL, w którym wprowadzono podział na dwa zbiory: chroniony oraz dla żądań o niskim priorytecie. Zasoby w zbiorze chronionym mogą być rezerwowane tylko dla żądań o wysokim priorytecie (zbiór chroniony), natomiast zasoby w zbiorze dla żądań o niskim priorytecie mogą być rezerwowane tylko dla żądań o niskim priorytecie;
- **algorytm 2** – klasyczne podejście typu POOL, w którym wprowadzono podział zasobów na dwa zbiory: chroniony oraz wspólny. Zasoby w zbiorze chronionym mogą być rezerwowane jedynie dla żądań o wysokim priorytecie, natomiast zasoby w zbiorze wspólnym mogą być rezerwowane zarówno dla żądań o wysokim oraz niskim priorytecie, przy czym pula zasobów w zbiorze chronionym jest wykorzystywana w przypadku, kiedy nie jest możliwe zestawienie połączenia w oparciu o zasoby wspólne.

Wyniki symulacji dla obu algorytmów zaprezentowano w rozdziale 3.

3. WYNIKI SYMULACJI

Badania symulacyjne przeprowadzono dla polskiej struktury sieci dostępnej w bibliotece SNDlib [6]. Jako wielkości porównywalne dla obu mechniazmów rezerwacji (**algorytm1** oraz **algorytm2**) przyjęto wydajność rozumianą, jako czas odpowiedzi płaszczyzny sterowania na żądania realizacji usług oraz prawdopodobieństwo straty żądania połączenia (rys. 2-5).

Założenia do scenariuszy badań obu algorytmów:

- dwie klasy żądań (priorytet wysoki, priorytet niski),
- strumień żądań o charakterze wykładniczym,
- intensywność żądań zmienia się w zakresie od 65[żądań/s] do 408 [żądań/s],
- strumień obsługi o charakterze wykładniczym,

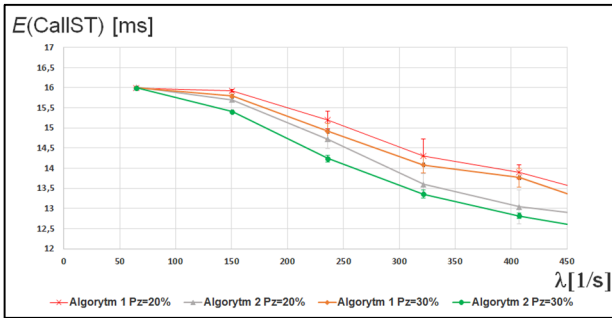


- średni czas trwania połączenia dla ruchu z niskim priorytetem oraz dla ruchu z wysokim priorytetem wynosi 2 min ($E(T_{pol}) = 2min$),
- żądania o wysokim priorytecie stanowią 20% generowanych żądań,
- łącza sygnalizacyjne posiadają przepływność 1Gb/s,
- prawdopodobieństwo wystąpienia blokady w przełącznicy optycznej wynosi 0.001,
- pojedyncze łącze zawiera 40 długości fal,
- przepływność długości fali wynosi 1Gb/s,
- przepływności dostępne połączeniom: 5Mb/s,

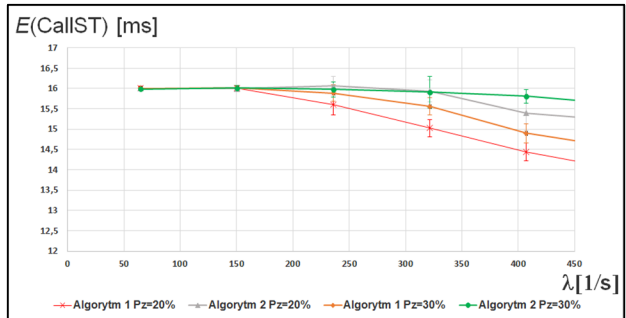
10Mb/s, 15Mb/s,

- podział zasobów P_z dla priorytetu wysokiego i niskiego to odpowiednio 20% i 80% oraz 30% i 70%.

Na rysunkach 2-5 zaprezentowano wyniki pomiaru średniego czasu obsługi żądania usługi dla zestawienia połączenia $E(CallST)$, pomiaru średniego czasu zestawienia połączenia $E(CST)$, prawdopodobieństwa strat żądań połączenia B_c oraz średniego czasu rozłączenia połączenia $E(CRT)$ dla polskiej struktury sieci. Średni czas obsługi żądania usługi zestawienia połączenia określano w CCC na podstawie czasu wygenerowania wia-

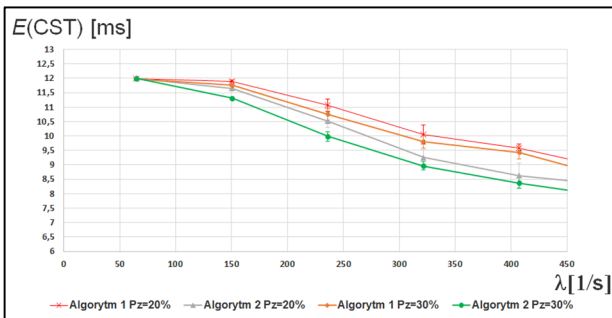


a)

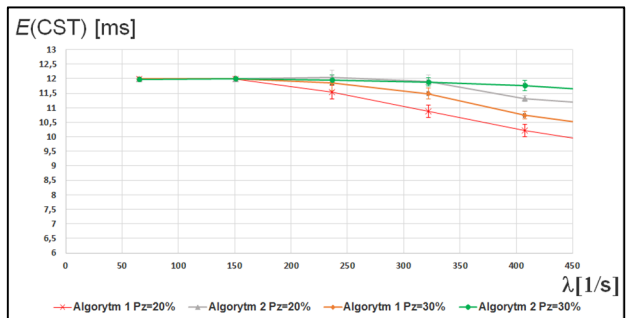


b)

Rys. 2. Średni czas obsługi żądania usługi: a) żądanie o priorytecie niskim b) żądanie o priorytecie wysokim

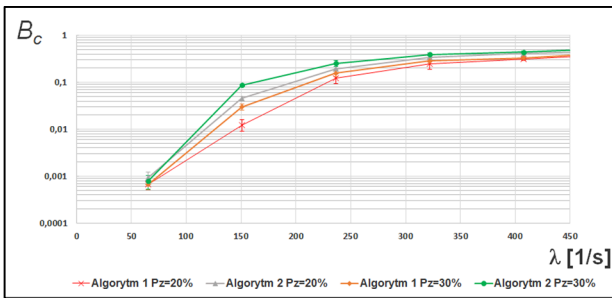


a)

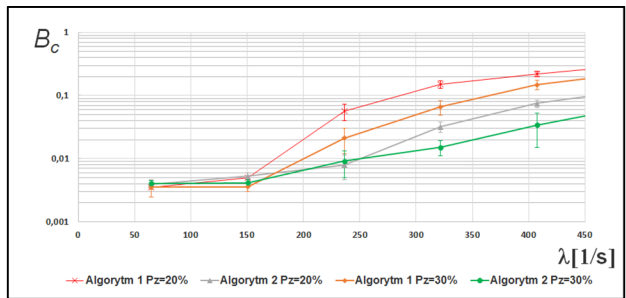


b)

Rys. 3. Średni czas obsługi żądania połączenia: a) żądanie o priorytecie niskim b) żądanie o priorytecie wysokim

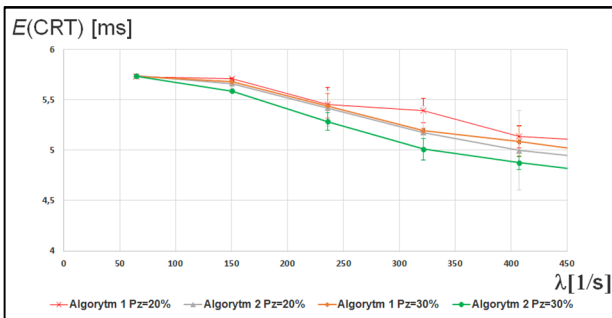


a)

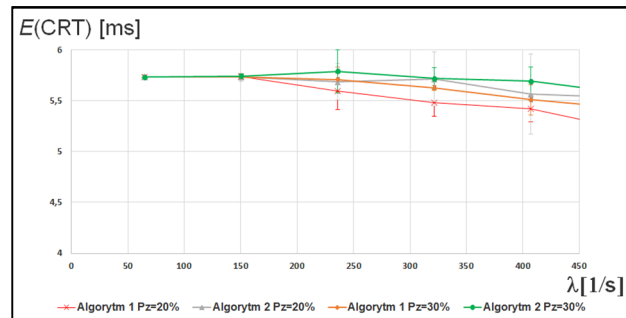


b)

Rys. 4. Prawdopodobieństwo strat żądania: a) żądanie o priorytecie niskim b) żądanie o priorytecie wysokim



a)



b)

Rys. 5 Średni czas obsługi żądania rozłączenia: a) żądanie o priorytecie niskim b) żądanie o priorytecie wysokim

domości *call_request* do otrzymania wiadomości *call_confirmed*. Średni czas zestawienia połączenia określany jest w bloku NCC od momentu wysłania wiadomości *connection_request* do momentu otrzymania wiadomości *connection_confirmed*. Prezentowane w artykule czasy określane są na bazie wyników zapisanych w plikach wynikowych symulatora. Przyczyną strat w symulowanej sieci są zarówno straty wynikające z blokady przełącznicy optycznej OXC jak i straty wynikające z braku dostępnych zasobów optycznych na łączu. Straty określane są w bloku NCC. W zrealizowanym modelu zakłada się, że nie występują straty w płaszczyźnie sterowania żądaniem, a każde wygenerowanie wiadomości *call_request* skutkuje przesłaniem wiadomości *connection_request*.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zarówno w przypadku **algorytmu 1** oraz **algorytmu 2** średni czas obsługi żądania usługi dla zestawienia połączenia nie przekracza wartości 16ms (rys. 2a oraz rys. 2b). Na podstawie obliczonych 95% przedziałów ufności dla rozkładu *t*-Studenta można stwierdzić, iż czas obsługi żądań usługi z wysokim i niskim priorytetem jest porównywalny dla intensywności 65[żądań/s]. Dla intensywności powyżej 65[żądań/s] średni czas obsługi żądania usługi jest dłuższy dla żądań o wysokim priorytecie. Dla żądań o wysokim priorytecie dla intensywności większych od 150[żądań/s] dla **algorytmu 1** otrzymujemy krótsze czasy obsługi żądania usługi zarówno dla $P_z=20\%$ oraz $P_z=30\%$.

Średni czas zestawienia połączenia nie przekracza wartości 12ms (rys. 3a oraz 3b) zarówno dla algorytmu 1 oraz algorytmu 2. Na podstawie obliczonych 95% przedziałów ufności dla rozkładu *t*-Studenta można stwierdzić, iż czas zestawienia połączenia dla żądań z wysokim i niskim priorytetem jest porównywalny dla intensywności 65[żądań/s]. Dla intensywności powyżej 65[żądań/s] średni czas obsługi żądania jest dłuższy dla żądań o wysokim priorytecie w stosunku do żądań o niskim priorytecie zarówno dla $P_z=20\%$ jak i $P_z=30\%$.

Na podstawie wyników zaprezentowanych na rys. 4a oraz 4b można stwierdzić, że prawdopodobieństwa straty żądania połączenia dla priorytetu wysokiego dla intensywności 408 [żądań/s] dla $P_z=20\%$ dla algorytmu 1 wynosi 0.22, natomiast dla $P_z=20\%$ dla algorytmu 2 wynosi 0.075. Wprowadzenie podziału zasobów $P_z=30\%$ skutkuje uzyskaniem niższego prawdopodobieństwa straty na poziomie 0.14 (**algorytm 1**) oraz 0.034 (**algorytm 2**). Wyniki te potwierdzają lepszą efektywność algorytmu 2 dla obsługi żądań o wysokim priorytecie. Z kolei dla żądań o niskim priorytecie (rys. 4a) prawdopodobieństwa strat dla intensywności 408 [żądań/s] są większe dla **algorytmu 2**, z uwagi na to, iż możliwość rezerwacji zasobów z puli wspólnej przez żądania o wysokim priorytecie pomniejsza pulę zasobów dostępną dla żądań o niskim priorytecie. Wraz ze zwiększaniem obciążenia na łączach i zwiększeniem strat dla żądań priorytetu niskiego możemy zaobserwować skrócenie czasu zarówno obsługi żądania usługi jak i skróceniem czasu zestawienia połączenia, gdyż więcej połączeń zestawianych jest dla krótszych tras połączenia. Skrócenie czasu obsługi żądania, zestawienia połączenia prowadzi do skrócenia średniego czasu rozłączenia (rys. 5a oraz rys. 5b). Średni czas rozłączenia połączenia dla

priorytetu niskiego i wysokiego nie przekracza 5.74ms.

4. WNIOSKI

W artykule przedstawiono wyniki symulacji dla dwóch mechanizmów rezerwacji zasobów z podejściem typu POOL w architekturze sieci ASON/GMPLS. Autorzy zaprezentowali możliwość wykorzystania podejścia typu POOL w celu zagwarantowania jakości w sieci ASON/GMPLS, która spełnia wymagania nowoczesnych sieci optycznych. Efektywność zaproponowanych mechanizmów zweryfikowano metodą symulacji komputerowej w środowisku OMNeT++. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż dla zadanych warunków ruchowych możliwe jest zagwarantowanie jakości w architekturze sieci ASON/GMPLS zarówno z wykorzystaniem algorytmu 1 oraz algorytmu 2. Algorytm 2 cechuje się lepszą efektywnością (mniejsze prawdopodobieństwa strat) dla ruchu o wyższym priorytecie, kosztem pogorszenia jakości dla ruchu o niskim priorytecie.

Opracowany model symulacyjny architektury ASON/GMPLS ma strukturę modułową i może zostać wykorzystany do badania jakości sieci ASON/GMPLS o różnorodnych strukturach sieci dla zróżnicowanych zestawów klas usług, parametrów ruchowych źródeł tych usług i różnych mechanizmów rezerwacji. W dalszym etapie prac autorzy zamierzają zaimplementować w modelu sieci ASON/GMPLS algorytmy wyłączenia.

LITERATURA

- [1] ITU-T Recommendation G.8080/Y.1304. 2012. *Architecture for the Automatically Switched Optical Network (ASON)*.
- [2] ITU-T Recommendation G.7713.2/Y.1704.2. 2003. *Distributed Call and Connection Management: Signalling mechanism using GMPLS RSVP-TE*.
- [3] ITU-T Recommendation G.7715.1/Y.1706.1. 2004. *ASON routing architecture and requirements for link state protocols*.
- [4] Kaczmarek Sylwester, Magdalena Młynarczuk, Paweł Zieńko. 2012. „Performance Evaluation of Control Plane Functions in ASON/GMPLS Architecture”. *17th Polish Teletraffic Symposium*: 23-28.
- [5] Kaczmarek Sylwester, Magdalena Młynarczuk, Paweł Zieńko. 2013. „Call and Connections Times in ASON/GMPLS Architecture”. *Journal of Telecommunications and Information Technology* (3): 80-88.
- [6] Network library, Zuse Institut Berlin, <http://sndlib.zib.de/home.action>
- [7] Sen Sun, Yunxiao Zu. 2019. „Research on routing and wavelength assignment based on hypergraph”. *IEEE 7th International Conference on Computer Science and Network Technology*, 19-20 October, Dalian, China.
- [8] OMNet++ Network Simulation Framework, <http://www.omnetpp.org>
- [9] Szymański Andrzej, Artur Lason, Jacek Rzasa, Andrzej Jajszczyk. 2007. „Grade-of-Service-Based Routing in Optical Networks”, *IEEE Communications Magazine*. Vol. 45, No. 2: 82 – 87.

