

Jolanta WRZUSZCZAK-NOGA, Leszek BORZEMSKI  
Politechnika Wrocławska, Instytut Informatyki

## ALGORYTMY AUKCYJNE W SYSTEMACH WEBOWYCH Z JAKOŚCIĄ USŁUG

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono zastosowanie mechanizmów aukcyjnych do sterowania przyjęciem i obsługą żądań w serwisie WWW z jakością usług w dostarczaniu pasma o żądanej przepustowości podczas pobierania zasobu z serwisu. Do rozwiązania zdefiniowanego problemu szeregowania żądań, który jest problemem NP-zupełnym, zaproponowano heurystyczną metodę SBO wykorzystującą mechanizm aukcyjny oraz wariantowe algorytmy wyceny. Prace ewaluacyjne wykonano w rzeczywistym serwisie WWW, porównując dwa algorytmy szeregowania i trzy algorytmy wyceny.

**Słowa kluczowe:** szeregowanie żądań, algorytmy aukcyjne, mechanizmy rynkowe, jakość usług, wskaźnik RFM

## BIDDING ALGORITHMS IN WEB SERVICES WITH QUALITY OF SERVICE

**Summary.** This paper presents applying of auction mechanisms in web service request admission control and scheduling to provide a quality of service e.g. guaranteeing a requested bandwidth during transmission of web resource. A heuristic method SBO to solve this NP-complete scheduling and pricing problems were proposed. Experiments comparing two scheduling algorithms and three pricing rules have been performed in real web service

**Keywords:** task scheduling, auction algorithms, marketplace mechanisms, quality of service, RFM index

## 1. Wstęp

Stosowanie dynamicznych mechanizmów wyceny za sprzedaż dóbr telekomunikacyjnych obserwuje się od kilku lat. W pierwszych rozwiązaniach stosowane były mechanizmy statyczne, jednakże wraz ze wzrostem zapotrzebowania ze strony klientów i operatorów rozwiązań o lepszych własnościach, teraz odchodzi się od stałych taryfikacji usług na rzecz ich dynamicznej wyceny [7, 11, 14]. Stosowanie statycznych mechanizmów sprzedaży zasobów nie prowadzi do pełnego wykorzystania możliwości sprzedaży zasobów oraz nie daje możliwości wzrostu przychodów sprzedających, dlatego coraz popularniejsze staje się zastosowanie mechanizmów dynamicznych. Wśród nich istotną rolę zaczynają odgrywać mechanizmy rynkowe, czyli mechanizmy aukcyjne, m.in. ze względu na ich dynamiczny sposób określenia ceny rozliczeniowej oraz krótki czas podejmowania decyzji [8, 13]. Można postawić tezę, że algorytmy aukcyjne mogą być już w niedalekiej przyszłości podstawowymi algorytmami zarządzania dostępem do zasobów i usług internetowych, zwłaszcza tych o charakterze multimedialnym, a w tym zasobów strumieniowanych, w warunkach niezbędnego zachowania jakości usług postrzeganej przez użytkowników końcowych QoE (ang. *Quality of Experience*), i, co jest niemniej istotne, z równoczesnym uwzględnieniem realnych potrzeb biznesowych dostarczycieli zasobów i usług.

W pracy zajmujemy się przypadkiem serwisu webowego dostarczającego zasoby (np. pliki z oprogramowaniem, pliki multimedialne), za które pobierana jest opłata. Zaproponowano aukcyjne podejście do rozwiązania problemu korzystania z usług takiego serwisu, które pozwala uzyskać rozwiązanie, dające akceptowany przez dostawcę i właściciela serwisu przychód, oraz zwiększenie lojalności klientów. Rozwiązanie dotyczy algorytmu sterowania przyjęciem żądań obsługi, algorytmu szeregowania żądań przyjętych do obsługi oraz algorytmów wyceny w mechanizmie aukcyjnym.

Preferowanym typem aukcji w tego rodzaju zastosowaniach jest aukcja Vickreya, która jest też nazywana aukcją drugiej wyceny, podczas której wygrywający licytację realizują zapłatę według ceny rozliczeniowej - niższej niż cena ofertowa. Ten typ aukcji pozwala zrealizować „zawrzeć” pewien akceptowalny przez obie strony kontraktu usługowego kompromis pomiędzy ortogonalnymi względem siebie potrzebami właścicieli serwisu (maksymalizacja przychodu z dostarczania usług) a jego użytkownikami (maksymalizacja jakości przy minimalizacji kosztów). Dodatkowo podejście aukcyjne pozwala zastosować metody zwiększające lojalność klientów.

W rozdziale drugim krótko przedstawiono stan prac z obszaru problemu sterowania i szeregowania żądań w serwisach webowych oraz wykorzystania mechanizmów aukcyjnych. Rozdział trzeci zawiera opis proponowanego podejścia aukcyjnego do rozwiązania problemu

pracy. Rozdział czwarty prezentuje przeprowadzone badania i uzyskane wyniki, natomiast w rozdziale piątym przedstawiono podsumowanie i wnioski końcowe.

## 2. Stan prac

Wraz z rozwojem Internetu tworzą się nowe trendy i wymagania klientów, które należy brać pod uwagę przy projektowaniu współczesnych systemów informatycznych. Nowe wymagania dotyczą m.in. uwzględniania dynamiki zgłoszeń, dynamiki wyceny zgłoszeń oraz nowatorskich sposobów zarządzania ograniczonymi zasobami, a w tym mechanizmów rynkowych (aukcyjnych). W literaturze spotkać można coraz więcej prac dotyczących mechanizmów aukcyjnych i ich zastosowań, poza typowymi sytuacjami aukcji przedmiotów czy aukcji finansowych. Wiele prac przedstawia metody aukcyjne w zastosowaniu do sprzedaży dóbr telekomunikacyjnych czy też energii elektrycznej dla jej dystrybutorów [1, 4, 6, 9]. Dobra telekomunikacyjne mogą być traktowane zarówno jako zasoby, jak i jako usługi. Propozowane są również np. algorytmy z wykorzystaniem systemów agentowych do zgłaszania, monitorowania i rozliczania ofert [1, 7].

Pożądaną cechą serwisów WWW jest obsługa użytkowników na określonym poziomie jakości oraz dostarczenie zasobów (dóbr telekomunikacyjnych) w zdefiniowanym czasie [2, 3, 5, 10, 12]. Mechanizmy aukcyjne mogą zrealizować te cele i dzięki temu mogą znaleźć aprobatę wśród użytkowników serwisów webowych [11]. Ponadto, mogą one gwarantować zamówione parametry transferu (na wyjściu dostawcy usług), a charakteryzując się krótkimi czasami wyznaczania decyzji, nadają się do ich podejmowania w trybie dynamicznym i on-line, adaptując funkcjonowanie serwisu aktualnego stanu zapotrzebowania na usługę i możliwości ich realizacji.

Zbyt małe rozpowszechnianie się mechanizmów aukcyjnych dotyczących przepustowości i usług jest związane z brakiem standardów w tym obszarze oraz brakami w uwarunkowaniach prawnych [7, 11].

Modele wyceny, bazujące na opłatach zmiennych, znajdują zastosowanie przy współczesnych serwisach typu e-biznes, przy czym dodatkowo wprowadzane są inne kryteria, takie jak kryterium utrzymania przy sobie klientów jako wskaźnik lojalności klientów RFM (ang. *Recency Frequency Monetary*) [3, 10, 14].

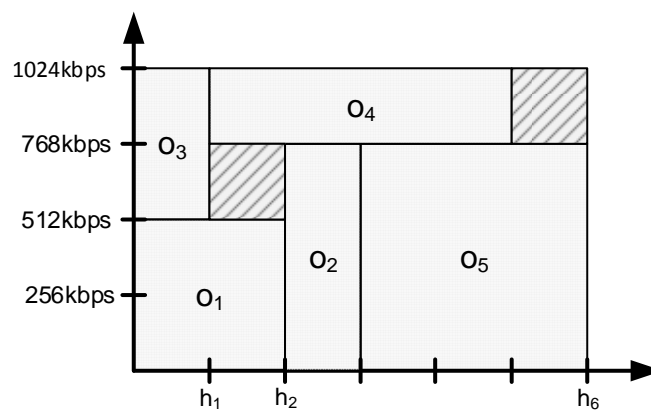
### 3. Podejście aukcyjne do zarządzania serwisem WWW

#### 3.1. Założenia

Założono, że zadaniem serwisu WWW będzie dostarczanie użytkownikom zasobów (plików z oprogramowaniem, plików multimedialnych), za które pobierana jest opłata. Skupiamy naszą uwagę na sytuacji przeciążenia serwisu, w której ze względu na ograniczone możliwości realizacji usług przez serwis, pewne żądania muszą zostać odrzucone. Szeregowanie żądań do obsługi odbywać się będzie w sposób cykliczny, z pewnym zadaniem interwałem czasowym, np. co 15 minut. Uszeregowanie wyznaczone na początku okresu szeregowania będzie obowiązywało do upływu interwału szeregowania, przy czym, jak to dalej wyjaśnimy, mogą być obsłużone dodatkowe żądania, o ile one będą istniały, a serwis będzie mógł je przyjąć do obsługi. Serwis WWW będzie gwarantował transfer zasobów z określoną przepustowością (rozliczenie przepustowości przebiega z założoną wielokrotnością 256 kbps), uszeregowanym żądaniom, czyli tym, które zostały przyjęte do obsługi w danym interwale czasowym.

Użytkownicy zgłaszają chęć pobrania zasobu za pomocą ofert, zawierających m.in. nazwę zasobu, żadaną przepustowość oraz wycenę swojej oferty.

Przykładowe uszeregowanie ofert dla danego interwału czasowego przedstawia rys. 1, gdzie na osi pionowej zaprezentowano przepustowość w kbps, a na osi poziomej mamy upływ czasu, z zaznaczonym interwałem czasowym, składającym się z 6 jednostek czasowych, tzw. slotów  $h_1, \dots, h_6$ . Oferty  $o_1, \dots, o_6$  są zilustrowane w postaci prostokątów, o bokach zdefiniowanych przez żadaną przepustowość (bok pionowy) i żądany czas transferu (bok poziomy) oferty. Zakreślone prostokąty oznaczają niewykorzystane możliwości usługodawcy.



Rys. 1. Uszeregowanie ofert

Fig. 1. Scheduled offers

### 3.2. Sformułowanie problemu

Użytkownik zgłasza swoje żądanie o zasób w postaci oferty (zgłoszenia). Oferta o numerze  $n$  zgłoszona przez użytkownika zawiera identyfikator użytkownika, identyfikator zasobu, cenę oraz żadaną przepustowość (wielokrotność 256 kbps):  $o_{ijn} = \langle u_i, r_j, p_n, b_n \rangle$  i jest oznaczona w skrócie jako  $o_n$  (dla czytelności indeksy użytkownika i zasobu są pomijane).

Użytkownik serwisu WWW może przesyłać wiele ofert dla danego zasobu, lecz różnej przepustowości i ceny, może również żądać wielu zasobów w różnych ofertach.

Problem został sformułowany w następujący sposób:

Dla danego:

–  $O = \{ o_1, o_2, \dots, o_n, \dots, o_N \}$  – zbioru ofert,

gdzie:  $N$  – liczba zgłoszonych ofert (liczba zgłoszeń),

$T$  – interwał szeregowania (okresu szeregowania o zdefiniowanej liczbie slotów  $Z$ ),

$B$  – dostępna przepustowość.

Należy wyznaczyć:

- uszeregowanie ofert  $L$  dla danego okresu szeregowania  $T$ , które maksymalizuje przychód serwisu ( $\max \sum_{n=1}^N p_n x_n$ ) i zapewnia zadowolenie klientów, gdzie,  $x_n \in \{0, 1\}$  zmienna decyzyjna, określająca, czy  $n$ -ta oferta została wzięta do uszeregowania,
- cenę rozliczeniową  $p_n^*$  dla  $n$ -tej przyjętej oferty, którą należy zapłacić za obsługę żądania.

Uszeregowanie  $L$  wyznacza momenty czasowe rozpoczęcia obsługi oferty  $t_n$  oraz liczby szczelin  $l_n$  dla każdej wyselekcjonowanej do obsługi oferty, dla przepustowości  $b_n$ ,  $t_n$  jest rozumiane jako czas, będący początkiem szczeliny (slotu).  $N'$  jest liczbą zgłoszeń obsłużonych spośród  $N$  zgłoszeń ofert do obsługi na początku interwału szeregowania.

Kryteria:

- przychód serwisu webowego definiowany zgodnie z (1):

$$\varphi_p = \sum_{n=1}^{N'} p_n^* \quad (1)$$

- wskaźnik zadowolenia klientów zbudowany na podstawie wskaźnika lojalności RFM definiowanego przez (2):

$$\varphi_{RFM} = \sum_{n=1}^{N'} \frac{1}{N'} (RFM_n) \quad (2)$$

- liczba żądań obsłużonych, których cena rozliczeniowa była niższa niż ofertowa (3):

$$\varphi_{cn} = \sum_{n=1}^{N'} x_n, \text{ gdy } p_n^* \neq p_n \quad (3)$$

### 3.3. Algorytm SBO (ang. *Scheduling Algorithm Based On Offers*), algorytmy aukcyjne

Problem zdefiniowany w pkt 3.2 jest NP-zupełnym dwuwymiarowym problemem plecakowym, do rozwiązania którego proponujemy autorski zachłanny algorytm heurystyczny.

Uszeregowanie  $L$  wyznaczamy dla następującego sformułowania problemu:

$$\max \sum_{n=1}^N p_n x_n$$

przy ograniczeniach:

- dla każdej szczeliny czasowej  $\sum_{n=1}^N b_n x_n \leq B$ ,
- dla każdego kawałka przepustowości  $\sum_{n=1}^N l_n x_n \leq G$ ,

$$\text{gdzie: } x_n \in \{0, 1\} \quad \forall n \in \{1, \dots, N\}, \quad b_n \leq B \quad \forall n \in \{1, \dots, N\},$$

gdzie  $G$  to liczba szczelin czasowych (slotów) o długości  $Z$  w interwale szeregowania  $T$ .

Do rozwiązania zaproponowano algorytm heurystyczny, selekcyjny oferty do uszeregowania według wskaźnika oceny oferty  $\varphi_{ijn}$  (w skrócie  $\varphi_n$ ) zdefiniowanego w sposób (4).

Określa on stosunek ceny ofertowej do czasu transferu danego zasobu:

$$\varphi_{ijn} = \frac{p_n}{t_{ijn}}, \quad (4)$$

gdzie czas transferu zasobu  $t_{ijn}$  (w skrócie  $t_n$ ) jest zależny od rozmiaru żadanego zasobu oraz od żądanej przepustowości:

$$t_{ijn} = \frac{\text{sizeof}(r_j)}{b_n}. \quad (5)$$

Pseudokod algorytmu SBO można przedstawić w następujący sposób:

```

n = 1
while(n <= N){
    Wyznacz wskaźnik_oceny_oferty  $\varphi_n$ 
    n = n + 1
}
Posortuj oferty według  $\varphi_n$  malejąco
n = 1
while (istnieją wolne sloty czasowe && !koniec zgłoszeń){
    pobierz żądane pasmo przepustowości dla n-tej oferty  $b_n$ 
    if(para użytkownik-zasób nie jest obsługiwana){
        wyznacz liczbę slotów do obsługi n-tej oferty  $l_n = t_n / Z$ 
        sprawdź, czy system dysponuje wymagana „ciągła” liczbą wolnych slotów do
        obsługi n-tej oferty
        if(dostępna „ciągła” liczba wolnych slotów  $\geq l_n$ ){
            uszereguj ofertę
            zaznacz zajętość  $l_n$  szczelin
        }
    }
    //if użytkownik-zasób nie jest obsługiwany
    n = n + 1 //pobierz kolejną ofertę
} //while

```

Wybór ofert według algorytmu SBO porównano z szeregowaniem FIFO, gdzie oferty były szeregowane według kolejności napływu zgłoszeń, gdy istniały wolne zasoby (sloty czasowe).

Zaproponowano następujące funkcje wyceny ofert:

- 1) Funkcję wyceny według pierwszej wyceny (cena rozliczeniowa stanowi ceną ofertową):

$$P_{n(I)}^* = P_n \quad (6)$$

- 2) Funkcję wyceny według drugiej wyceny (cena rozliczeniowa zależna od „drugiej” najwyższej ceny):

$$P_{n(II)}^* = \frac{P_n \varphi_{n+1}}{\varphi_n} \quad (7)$$

- 3) Funkcję wyceny uwzględniającą status klienta (stały klient oznaczany w skrócie SK) oraz wartość wskaźnika RFM wyrażoną w procentach (tabela 1).

Tabela 1

Warunki wyceny algorytmu uwzględniającego wartość wskaźnika RFM i status klienta

Warunek wyceny	Wycena	Uwagi
SK=1 oraz RFM $\geq$ 70%	$\max(p_{rb}; P_{n(II)}^*)$ , gdy wycena niższa niż cena ofertowa	w przeciwnym przypadku $P_{n(II)}^*$
SK=1 oraz RFM < 70%	$\min(p_{rb}; P_{n(II)}^*)$	-
SK=0 oraz RFM $\geq$ 70%	$P_{n(I)}^*$	-
SK=0 oraz RFM < 70%	$\max(p_{rb}; P_{n(II)}^*; 0,9 P_{n(I)}^*)$ , gdy wycena niższa niż cena ofertowa	w przeciwnym przypadku $\max(P_{n(II)}^*; 0,9 P_{n(I)}^*)$

gdzie,  $p_{rb}$  – średnia cena rozliczeniowa dla zasobu  $r$  oraz przepustowości  $b$  (obliczona na podstawie zrealizowanych żądań) w PLN.

#### 4. Badania algorytmu

Badania algorytmu i jego wersji zostały przeprowadzone przy użyciu rzeczywistego serwisu WWW znajdującego się w Laboratorium Instytutu Informatyki Wydziału Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej.

Zastosowano następujące oprogramowanie:

- system operacyjny Linux,
- serwer webowy Apache,
- system baz danych MySQL.

Zaimplementowane zostały algorytmy szeregowania i wyceny w języku php, a ich obsługa odbywała się przez przeglądarkę.

Podczas badań eksperymentalnych porównywano dwa algorytmy szeregowania (SBO, FIFO) dla trzech algorytmów wyceny (według pierwszej wyceny, według drugiej wyceny, według wyceny uwzględniającej wskaźnik RFM).

Badano trzy kryteria oceny: przychód serwisu rozumiany jako zysk serwisu, średnią wartość wskaźnika lokalności RFM użytkowników obsługiwanych żądań oraz liczbę żądań obsługowanych z ceną rozliczeniową niższą niż ofertowa.

Zbiorem wejściowym serwisu był zbiór ofert oraz zbiór klientów. Eksperymenty prowadzono pod kątem oceny wrażliwości systemu na zmianę:

- długości interwału czasowego (okresu szeregowania),
- długości slotu,
- dostępnej przepustowości,
- procentowego udziału ofert odrzuconych.

Wyniki badań eksperymentalnych zostały zaprezentowane na rys. 2 - rys. 5 umieszczonych na końcu rozdziału.

## 5. Podsumowanie

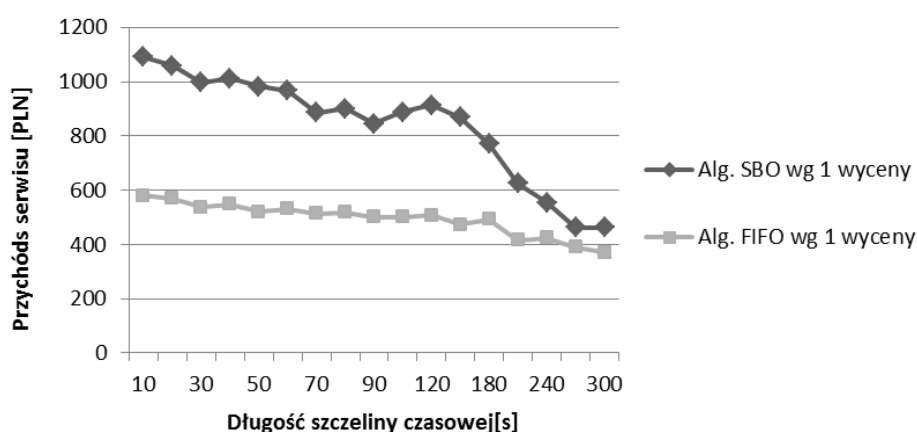
Na rys. 2 - rys. 5 przedstawiono w formie graficznej wyniki badań proponowanego rozwiązania SBO dla zdefiniowanego w pracy problemu szeregowania żądań obsługi dla serwisu WWW, w którym rozwiązanie zbudowano z wykorzystaniem podejścia aukcyjnego. Wykres na rys. 2 przedstawia przychód serwisu WWW w funkcji zmiennej długości slotu (jednostki okresu szeregowania). Wraz ze wzrostem długości szczeliny czasowej różnica między przychodem dla dwóch algorytmów szeregowania maleje. Dla szczelin o długości  $> 240$  s różnica pomiędzy wielkością przychodu serwisu jest niezauważalna. Na wykresie z rys. 3 przedstawiono przychód serwisu dla szeregowania SBO oraz FIFO w funkcji dostępnej przepustowości. Przychód serwisu dla algorytmu szeregowania SBO był wyższy w porównaniu z algorytmem szeregowania FIFO w każdym punkcie pomiaru. Porównanie algorytmów wyceny przedstawia wykres na rys. 4. Przychód serwisu WWW dla algorytmu szeregowania według pierwszej wyceny był zawsze najwyższy, lecz nie gwarantował lojalności klientów, natomiast przychód dla algorytmu drugiej wyceny był zawsze najniższy (wszyscy obsługiwani klienci otrzymywali upust). Przychód serwisu dla algorytmu wyceny uwzględniającego wartość RFM był niewiele niższy w porównaniu do algorytmu według pierwszej wyceny, ale przyczyniał się do wzrostu lojalności klientów (trzy grupy z czterech obsługiwanych klientów otrzymywały upust (tabela 1, rys. 4), co powoduje powrót klientów do serwisu). Wartość



lojalności klientów została uwzględniona przy pomiarze średniej wartości wskaźnika RFM, zależnej od częstotliwości zakupów, daty ostatnich zakupów oraz kwoty zakupów. W każdym punkcie pomiaru wartość RFM była wyższa dla algorytmu SBO w porównaniu z algorytmem szeregowania FIFO.

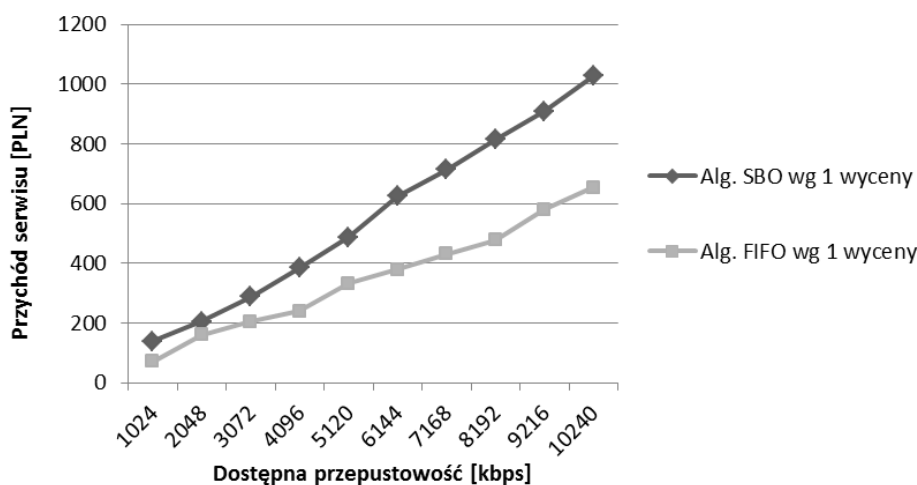
Podczas przeprowadzanych badań eksperymentalnych pokazano, że opracowany algorytm sterowania przyjęciem i obsługą żądań uwzględniający dwa sprzeczne interesy: zysk serwisu oraz zadowolenie klienta prowadzi do wzrostu przychodu serwisu WWW.

W ramach dalszych prac badawczych proponujemy rozbudowanie systemu aukcyjnego o możliwość przyjmowania kilku ofert, dotyczących wielu przedmiotów zgłoszonych przez jednego użytkownika, oraz prowadzenie negocjacji z użytkownikiem na temat możliwości późniejszego transferu zasobu (w późniejszym interwale szeregowania).



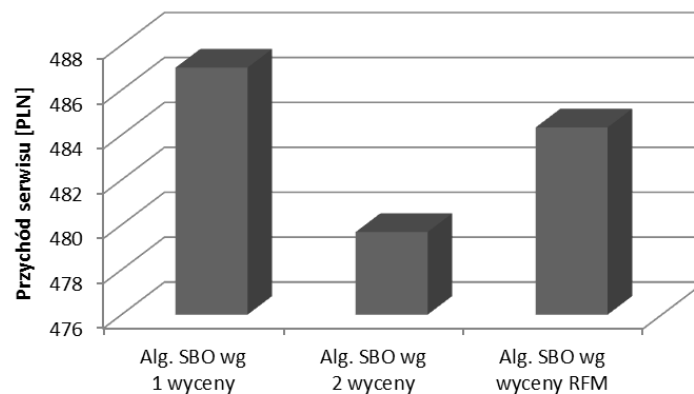
Rys. 2. Przychód serwisu w funkcji długości slotu dla dostępnej przepustowości 5 Gbps, okresu szeregowania 1800 s oraz liczby zgłoszonych ofert 3000

Fig. 2. Web service revenue for different length of slots, for 5 Gbps available bandwidth, scheduling interval 1800 s and 3000 submitted offers



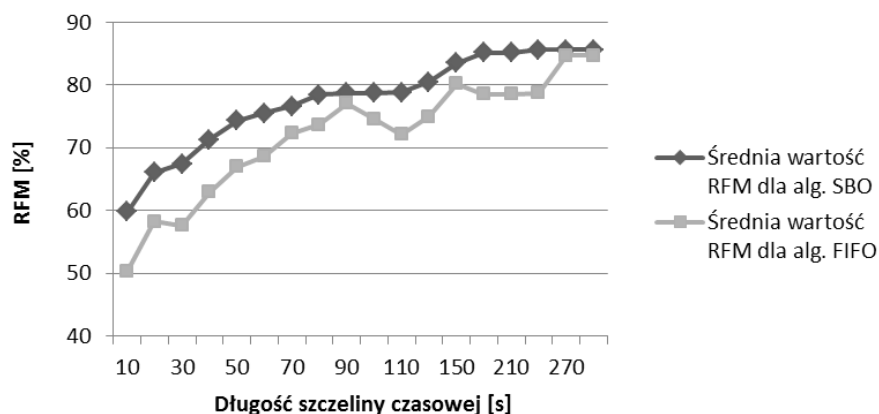
Rys. 3. Przychód serwisu w funkcji dostępnej przepustowości dla długości slotu 60 s, okresu szeregowania 900 s oraz liczby ofert zgłoszonych 1000

Fig. 3. Web service revenue for different available bandwidth for slots length 60 s, scheduling interval 900 s and 1000 submitted offers



Rys. 4. Porównanie algorytmów wyceny dla slotu czasowego 60 s dostępnej przepustowości 5 Gbps, okresu szeregowania 900 s, oraz 1000 ofert zgłoszonych

Fig. 4. Comparison of three pricing algorithms for slot length 60 s, 5 Gbps available bandwidth, scheduling time interval 900 s, and 1000 submitted offers



Rys. 5. Wartość RFM w funkcji długości szczeliny czasowej dla dostępnej przepustowości 5 Gbps, długości okresu szeregowania 900 s oraz liczby ofert 1000

Fig. 5. RFM value for different slots length for 5 Gbps available bandwidth, 900 s scheduling time interval and 1000 submitted offers

## BIBLIOGRAFIA

1. Anthony P., Law E.: Reserve price strategy for seller agent in multiple simultaneous auctions. *International Journal of Knowledge-based and Intelligent engineering Systems (KES)* 16 (2012), s. 163–175.
2. Borzemski L., Wrzuszczak J.: Task and data allocation policies in computer clusters. *Konferencja międzynarodowa ISAT, Szklarska Poręba 2006*, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, s. 140–148.
3. Borzemski L., Suchacka G.: Web traffic modeling for e-commerce Web server system. *Computer Networks*. Eds. A. Kwiecień, P. Gaj, P. Stera: Springer, Berlin Heidelberg 2009, *Communications in Computer and Information Science*, vol. 39, s. 151–159.

4. Brazier F., Cornelissen F.; Gustavsson R., Jonker C., Lindeberg O., Polak B., Treur B.: A multi-agent system performing one-to-many negotiation for load balancing of electricity use. *Electronic Commerce Research and Applications* 1 (2002), s. 208–22.
5. Cherkasova L., Phaal P.: Peak Load Management for commercial web servers using adaptive session-based admission control. *Proceedings of the 34<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences*, 2001.
6. Kuhne R.: Charging and Billing in Modern Communications Networks-A Comprehensive Survey of the State of the Art and Future Requirements. *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, vol. 14, Issue 1, Product Type: Journals & Magazines 2012, s. 170–192.
7. Lubacz J.: Mechanizmy aukcyjne i giełdowe w handlu zasobami telekomunikacyjnymi. Wyd. WKŁ, Warszawa 2011.
8. Pałka P., Toczyłowski E.: Mechanizmy wyceny dóbr za pomocą uogólnionej metody Yoona i metody analizy parametrycznej. *Automatyka* 2009. ([ebookbrowse.com/automatyka-2009-3-pdf-d66705595](http://ebookbrowse.com/automatyka-2009-3-pdf-d66705595)).
9. Perez-Bellido A., Salcedo-Sanz S., Portilla-Figueras J. A., Ortiz-Garcia E. G., Garcia-Diaz P.: An Agent System for Bandwidth Allocation in Reservation-Based Networks using Evolutionary Computing and Vickrey Auctions. *KES-AMSTA 2007*, LNAI 4496, s. 476–485.
10. Suchacka G.: Using business information in a Quality of Service mechanism for the e-commerce Web Server. *Contemporary Aspects of Computer Networks*. Eds S. Węgrzyn [i in.]. vol. 2, WKŁ, Warszawa 2008, s. 123–134.
11. Toczyłowski E.: Optymalizacja procesów rynkowych przy ograniczeniach. *Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT*, wyd. II rozszerzone, 2003.
12. Wrzuszczak J., Borzemski L.: Management of Web services based on the bid strategy using the user valuation function, *Computer Networks (Communications in Computer and Information Science)*, Springer Verlag 2009, s. 19–25.
13. Wrzuszczak-Noga J., Borzemski L.: An Approach to Auction-Based Web Server Admission Control, *Developing concepts in applied intelligence / Kishan G. Mehrotra* [i in.] (eds.). Springer, Berlin Heidelberg, cop. 2011, s. 101–106.
14. Wrzuszczak-Noga J., Borzemski L.: Admission Policy in Web Services Based on Auction Approach. *Computer Networks, Communications in Computer and Information Science* vol. 291, Kwiecień A., Gaj P., Stera P. (eds.). Springer Verlag, Berlin 2012, s. 24–31.

Wpłynęło do Redakcji 13 marca 2014 r.

**Abstract**

This paper presents bidding algorithms applied for controlling of request admissions in a web service. The service was designed for servicing http requests complying with some quality of service requirements (guarantee of bandwidth while forwarding files), for which charges are likely accounted. The assumptions for underlying web service behavior are overloading of traffic and limitation of resources, so at a given time instant only selected requests (offers) could be approved. The selection of offers is evaluated for defined time period.

Clients will be given back their requests in form of proposal offers combining requested resources with a specific price and expected bandwidth. Web service offer will satisfy increase of income (revenue) of the service concurrently considering a client loyalty.

A new heuristic method SBO (Scheduling Method Based on Offers) was proposed to solve the NP-complete problem (selection offers). A scheduling mechanism and three pricing algorithms were presented and examined in a real web service environment in Laboratory of in Institute of Informatics at Wrocław University of Technology. As reference of a behavior the scheduling policy the FIFO algorithm was chosen. It was evidenced that combining the revenue index facility with a loyalty results in increasing of gain of web service and guarantees client satisfaction.

**Adresy**

Jolanta WRZUSZCZAK-NOGA: Politechnika Wrocławska, Instytut Informatyki,  
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, jolanta.wruszczak@pwr.edu.pl  
Leszek BORZEMSKI: Politechnika Wrocławska, Instytut Informatyki,  
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, leszek.borzemski@pwr.edu.pl