STUDIA INFORMATICA 2002
Volume 23 Number 3 (50)

Antoni IZWORSKI
Politechnika Wrocławska, Instytut Cybernetyki Technicznej
Józef B. LEWOC
BPBiT Leader
Sławomir SKOWROŃSKI
Politechnika Wrocławska,
Wrocławskie Centrum Sieciowo-Superkomputerowe

BADANIA CZASOWE A RZECZYWISTOŚĆ SIECI KOMPUTEROWYCH

Streszczenie. Artykuł omawia stan zaawansowania podstawowych metod analitycznych do badań czasowych sieci komputerowych (zamknięte sieci kolejkowe, sieci iloczynowe, algorytm splotowy i MVA, stochastyczne sieci kolejkowe, sieci Petriego) i zwraca uwagę na nieadekwatność przyjmowanych założeń podstawowych metod analizy sieci kolejek dla badań czasowych rzeczywistych sieci komputerowych (czy podsieci komunikacyjnych). Podkreślono potrzebę dalszego szukania rozwiązań własnych, na przykład przybliżonych.

PERFORMANCE EVALUATION AND COMPUTER NETWORK REALITY

Summary. The paper discusses the advancement status of the basic analytical methods for computer network performance evaluation (closed queueing networks, product-form networks, convolution algorithm and MVA, stochastic queueing networks including Petri networks) and draws attention to the inadequacy of commonly accepted assumptions of the basic queueing network methods for performance evaluation of actual computer networks (or communication networks). The need of further seeking of new solutions, e.g. approximate ones, is emphasised.

1. Wstęp

Potrzeba prowadzenia badań czasowych jest w praktyce często negowana i bardzo rzadko kiedy przy projektowaniu systemów i sieci komputerowych przewiduje się środki na takie prace, a jeszcze rzadziej projektanci, operatorzy i administratorzy sieci traktują poważnie badania czasowe i opierają się na nich przy podejmowaniu istotnych decyzji projektowych i ruchowych, jak celowe ograniczenie intensywności ruchu, aby zapewnić obsługiwanym abonentom gwarantowane parametry czasowe (opóźnienia, przepustowość). Wyniki tego odczuwa chyba każdy użytkownik sieci komputerowych, co pokazują poniższe przykłady:

Czas przesyłania wiadomości przez Internet na terenie Wrocławia wynosi zwykle mniej niż 1 minutę. Jednak w warunkach wysokiej intensywności ruchu czas ten wzrasta nawet do kilku godzin. Brak publikowanych wiadomości o podsieci komunikacyjnej TPSA nie pozwala na definitywne zlokalizowanie problemu. Jednak bardzo prawdopodobne jest, że dla węzła wrocławskiego nie dokonano właściwej analizy czasowej lub nie wyciągnięto należytych wniosków z wyników takiej analizy i węzeł zawodzi w warunkach intensywnego ruchu.

W pewnych sytuacjach wiadomości wysyłane do Szwecji, do sprawdzonych abonentów, są odrzucane z sygnalizacją błędnego adresu albo nawet gubione bez odpowiedzi. Znowu, mimo braku rozeznania pełnej sytuacji, można przyjąć, że sieć NASK (Naukowa Akademicka Sieć Komputerowa), pośrednicząca w wymianie danych między Szwecją a Polską, została zaprojektowana bez należytych badań czasowych i/lub z pominięciem wyników takich badań. W rezultacie, przy nadmiernym ruchu, sieć ta po prostu zawodzi, nie realizując przyjętych w Internecie protokołów wymiany informacji, które zapewniają, że żadna wiadomość nie powinna być zgubiona bez powiadomienia nadawcy.

Wiadomości wysyłane spod adresu xxx@poczta.onet.pl docierają czasem do adresata po długim opóźnieniu albo nie docierają wcale. Tutaj też, mimo braku schematów szczegółowych, można przyjąć, że ta darmowa sieć Optimusa nie została prawidłowo zbadana pod kątem charakterystyk czasowych (albo wyniki badań nie zostały wykorzystane przy projektowaniu lub zarządzaniu siecią) i czasem nie jest w stanie obsłużyć nadmiernie wysokiej liczby abonentów . A prawdopodobny mechanizm ratunkowy w tej sieci polega na kasowaniu nie wysłanych wiadomości, bez powiadamiania nadawców (wbrew regułom przyjętym w Internecie).

Operatorzy sieci telefonicznych oferują numery dostępowe do sieci, stosując niekiedy bardzo dogodną dla abonenta opłatę ryczałtową za dostęp poprzez takie numery. Jednak te udogodnienia często stają się fikcją. Na przykład, w godzinach intensywnego wykorzystywania Internetu przez wielu abonentów uzyskanie połączenia przez numery

dostępowe staje się często nierealne i należy łączyć się z serwerami bezpośrednio, w wyniku czego użytkownik musi opłacać ryczałt za dostęp do Internetu oraz opłaty taryfowe za połączenia z Internetem. Możemy prawie z pewnością przypuszczać, że operatorzy sieci telefonicznych nie prowadzą wiarygodnych badań czasowych dla oferowanych usług dostępu do Internetu, a rozbudowy potrzebnego sprzętu i oprogramowania dokonują dopiero wtedy, gdy zostaną zasypani reklamacjami abonentów.

1.1. Przykład z życia

Co może spowodować lekceważenie badań czasowych systemów i sieci komputerowych, obrazuje dobitnie autentyczny przykład, z jakim się zetknęli się Autorzy na początku swojej działalności zawodowej. Podczas omawiania badań symulacyjnych pionierskiego polskiego systemu sterowania z początku lat siedemdziesiątych padło pytanie zadane przez pewnego samodzielnego pracownika naukowego: Po co to wszystko? Przecież wystarczy wziąć większy komputer amerykański i problem znika.

Natychmiastowe kontrargumenty obejmowały sprawy następujące:

- projektant w każdym kraju musi działać w ograniczeniach lokalnych, które często narzucają konieczność używania sprzętu produkcji krajowej, być może o parametrach czasowych gorszych, niż posiadają komputery w krajach rozwiniętych,
- dobre zasady projektowania narzucają stosowanie jak najtańszych rozwiązań, które mogą spełnić wymagania projektowe, a nie „używanie armat to ustrzelenia muchy",
- większy komputer amerykański też wymaga badań czasowych, gdy będzie obciążony zadaniami na miarę jego charakterystyk czasowych.

Jednak najlepszych, niepodważalnych argumentów na konieczność profesjonalnych badań czasowych systemów i sieci komputerowych dostarczyło samo życie. W tamtym czasie najważniejszym projektowanym amerykańskim systemem komputerowym był IBM System/360 z systemem operacyjnym OS MVT [1], którego opracowanie kosztowało około miliarda dolarów. Projektanci sprzętu i oprogramowania najprawdopodobniej podzielali zdanie wspomnianego adwersarza o braku potrzeb prowadzenia badań czasowych. Wyniki tego odczuł każdy użytkownik Systemów/360[2]:

- Przetwarzanie wsadowe na komputerach Systemu/360 było mało wydajne w porównaniu z innymi komputerami.
- Praca konwersacyjna pod systemem TSO [3] była skrajnie nieefektywna.

Taką ocenę potwierdzają najlepiej wyniki uzyskane przez Computer Laboratory, University of Cambridge [2], które opracowało system Phoenix, poprawiając charakterystyki czasowe dla pracy wielodostępnej kilkadziesiąt razy, a dla pracy wsadowej o rząd wielkości. Dobrze prosperowały firmy poprawiające charakterystyki ruchowe OS MVT przez zmiany alokacji plików dyskowych.

Autor pracy zorganizował badania porównawcze jakości obsługi studentów uruchamiających programy na R-32 (kompatybilny z IBM/360) i m.c. Odra 1325 [4]. Wartość oczekiwana i maksymalna zmierzona czasu odpowiedzi dla R-32 wynosiła, odpowiednio, 30 i 435 s, natomiast dla Odry 1325: 2 i 7 s (przy 8 aktywnych terminalach w obu przypadkach), mimo że komputer R-32 był wielokrotnie droższy od maszyny cyfrowej Odra 1325.

W konsekwencji, próby wdrażania rodziny Riad [5] przy jednoczesnej a, de facto, niepotrzebnej rezygnacji z produkcji rodziny Odra 1300 w Polsce doprowadziły do poważnego zniechęcenia użytkowników do korzystania z dużych komputerów i do lawinowego przechodzenia na komputery osobiste. To, oczywiście, powodowało często pogorszenie jakości obsługi, np. z uwagi na brak aplikacji zintegrowanych czy też znaczny wzrost kosztów obliczeń.

Jednak projektantom albo menedżerom projektów systemów i sieci komputerowych nie można postawić zarzutu dyletantyzmu czy złej woli. Niektórzy z nich z pewnością zastanawiali się nad sposobami szacowania parametrów czasowych i odrzucili metody analityczne jako zbyt skomplikowane i nieadekwatne dla rzeczywistych systemów i sieci komputerowych. I trudno się z nimi nie zgodzić: bez wątpienia widać, że osoby zajmujące się badaniami czasowymi często nie zastanawiają się nad uwarunkowaniami narzucanymi przez rzeczywiste systemy i sieci komputerowe, a chcieliby wymuszać stosowanie swoich metod przez projektantów.

2. Przegląd analitycznych metod badań czasowych

2.1. Teoria kolejek

Rozwój badań sieci kolejkowych poszedł zasadniczo w dwóch kierunkach [1. 2]. Uogólniono rodziny sieci kolejkowych, o których wiadomo, że mają rozwiązanie w postaci iloczynowej (modele BCMP). Rodziny te są scharakteryzowane przez regulaminy obsługi i rozkłady czasów obsługi: regulamin obsługi FIFO i identyczny, wykładniczy rozkład czasu obsługi dla wszystkich klientów; regulamin obsługi typu podziału czasu procesora (PS – Processor Sharing), a każda klasa klientów może mieć indywidualny rozkład czasu obsługi o

wymiernej transformacie Laplace'a; dla każdego klienta istnieje oddzielny kanał obsługi, a każda klasa klientów może mieć indywidualny rozkład czasu obsługi o wymiernej transformacie Laplace'a; regulamin obsługi jest typu LIFO PR (Last In First Out, Preemptive Resume), a każda klasa klientów może mieć indywidualny rozkład czasu obsługi o wymiernej transformacie Laplace'a. Opracowano też algorytmy obliczania stałych normalizacyjnych, z których należy wymienić przede wszystkim najstarszy, NCM (Network Convolution Method – sieciowa metoda splotowa).

Drugi kierunek opiera się na metodzie MVA (Mean Value Analysis – analiza wartości oczekiwanych, przy czym przytaczane są tu pozycje na temat teorii metody i jej zastosowań praktycznych. Algorytm MVA odnosi się do dowolnej, iloczynowej sieci zamkniętej z regulaminami obsługi FIFO, LIFO PR (Last In First Out, Preemptive Resume) lub PS, zapewniając przy tych założeniach wyniki dokładne. Dla innych zamkniętych sieci kolejkowych algorytm ten stanowi metodę przybliżoną. Unika się obliczania stałych normalizacyjnych, obserwując łączną liczbę klientów w każdej kolejce, a nie indywidualne historie zgłoszeń klientów. Metoda ta zdobyła dużą popularność wśród badaczy zamkniętych sieci kolejkowych szczególnie w programowych narzędziach do badania sieci kolejkowych, przy czym sieci nieiloczynowe są transformowane na klasy sieci, jakie można badać metodą MVA.

2.2. Stochastyczne systemy kolejkowe

Procesy stochastyczne są od dawna stosowane do badania systemów kolejkowych. Początkowo zastosowania wymagały silnych założeń, zwykle niespełnianych przez rzeczywiste sieci komputerowe czy komunikacyjne, o Markowskim charakterze procesów, o otwartej architekturze sieci itp. Jednak później opracowano rozwiązania dla uogólnionych sieci badanych metodami klasycznej teorii sieci kolejkowych [3]: sieci Jacksona, wieloklasowe sieci BCMP, sieci Kellego (jednostki (np. pakiety) przesyłane w sieci dzielą się na klasy zależnie od tras, przez jakie przechodzą w sieci, a czasy obsługi w węzłach sieci zależą od trasy jednostki), sieci odwracalne, sieci z przejściami o charakterze ciągów, sieci z rozkładami stacjonarnymi w postaci iloczynowej, przestrzenne systemy kolejkowe.

Rozwinięto zastosowania procesów z czasem dyskretnym i procesów punktowych do badania stochastycznych sieci kolejkowych. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że zastosowania procesów stochastycznych mają w zasadzie tylko teoretyczną wartość dla badań rzeczywistych sieci komputerowych czy komunikacyjnych; są to narzędzia dla matematyków-teoretyków, a nie dla projektantów rzeczywistych sieci komputerowych czy komunikacyjnych

o nietrywialnych architekturach. Dodatkowo, konkretne badania sieci zamkniętych zawsze sprawiają kłopoty [4].

2.3. Sieci Petriego

Stochastyczne sieci Petriego są wyróżniane spośród metod stochastycznych. Stanowią jednak tylko narzędzie do prezentacji czy wygodnej formalizacji metod z dwóch klas omówionych powyżej, nie wnosząc, same w sobie, żadnych dodatkowych możliwości rozwiązywania problemów badań czasowych [5].

3. System do zbadania

Autorzy, i nie tylko oni, stoją przed zadaniem projektowania i wdrażania komputerowo zintegrowanych systemów wytwarzania i zarządzania (Computer Integrated Manufacturing and Management – CIMM), systemów łączących w całość komputerowe systemy automatyki i zarządzania. Aby umożliwić skuteczne wdrażanie takich systemów, należy badać struktury rozproszone typu rozproszonych systemów automatyki połączonych z sieciami typu Intranet (pracującymi z protokołami TCP/IP). Sieci takie możemy analizować jako zbiory linii (stanowisk obsługi), tj. łączy transmisyjnych i/lub komputerów sieciowych, albo obliczeniowych (host). Na liniach tych są rozpięte oczka [6,7], czyli połączenia wirtualne albo datagramowe.

Model ten jest najlepiej przybliżany przez zamknięte sieci Kellego, dla których wszakże brak skutecznych metod analizy, przydatnych dla projektantów sieci. W związku z tym proponujemy przypomnienie metod przybliżonych, opracowanych podczas badań sieci komputerowej MSK [6,7].

Sieć MSK była rozwijana przez uczelnie, w wyniku czego terminy realizacyjne nie były tak napięte, jak w projektach rozwijanych przez przemysł. Ponadto, dostępna była darmowa lub tania studencka siła robocza. Pozwoliło to na opracowanie, bez zwiększania obciążeń finansowych tematu, przybliżeń analitycznych na przepustowość i opóźnienia w sieci (opóźnienia po oczku itp.), systemu symulacji typu zdarzeń dyskretnych do weryfikacji przybliżeń analitycznych, a nawet wewnętrznego narzędzia pomiarowego Sitwa (System intensywnego testowania węzła) do weryfikacji wyników symulacji (która, oczywiście, przyjmowała liczne założenia upraszczające).

Mimo że MSK była siecią X.25, uzyskane wyniki obowiązują dla dowolnych sieci z komutacją pakietów i potwierdzeniami od końca do końca (end-to-end acknowledgement). Tak więc mogą być wykorzystane do badania systemów CIMM.

4. Zakończenie

Mimo bardzo bogatej literatury (do artykułu zostały wybrane jedynie reprezentatywne monografie spośród kilkuset przeglądniętych pozycji literaturowych) zadanie rozwiązania nawet podstawowych problemów sieciowych związanych z charakterystykami czasowymi, na przykład badania sieci typu Intranet, pracujących z protokołami TCP/IP, musi być rozwiązywane indywidualnie przez projektanta systemu. Metoda przybliżonych badań czasowych, opracowana przy budowie i badaniach sieci komputerowej MSK, dzięki zaangażowaniu rzeczywistych projektantów sieci w jej opracowanie i badanie, wydaje się być obiecującym narzędziem analizy rzeczywistych sieci komputerowych.

LITERATURA

1. Robertazzi T. G.: Computer Networks and Systems: Queueing Theory and Performance Evaluation. Springer-Verlag, 2000.
2. Czachórski T.: Modele kolejkowe w ocenie efektywności pracy sieci i systemów komputerowych. Prac.Komp. J. Skalmierskiego, 1999.
3. Serfozo R.: Introduction to Stochastic Networks. Springer-Verlag, 1999.
4. Rolski T.: Informacja prywatna. Wrocław 2001.
5. German R.: Performance Analysis of Communication Systems: Modeling with Non-Markovian Stochastic Petri Nets. 2001.
6. Lewoc J.B.: Badania czasowe w praktyce projektowania sieci komputerowych. WWSI Zielona Góra 1990.
7. Lewoc J.B.: Performance Evaluation Problems for Actual Computer Networks, AMSE Press, Tassin, 1990.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Czachórski

Wpłynęło do Redakcji 25 marca 2002 r.

Abstract

Anybody working in Internet experiences the effects of the fact that the network service performance is sometimes more or less inconvenient and even unacceptable.

Some examples: many-hour long message transmission times within a single city at intensive network traffic hours while the normal transmission time is a minute or so, very long transfer delays to some countries and even erroneous signalling of inaccessible subscribers or lost messages without notification of the sender, messages in free-of-charge mail boxes being lost without any warning, repeated failed connections via access numbers with a lump-charge for the use of the network.

The basic reason of such condition is making light of performance evaluation in the practice of designing, operating and administering for computer networks. The paper presents an expressive example of such approach – the systems/360 under control of OS/MVT.

The Authors do know that at least some organisations designing computer networks and network operators carry performance evaluation work. Therefore, it may be concluded that this work is inadequate for the reality and/or made light by network designers, operators and administrators.

In the Authors' opinion, one of the reasons of this highly undesirable state of things is the insufficiency of the analytical methods for performance evaluation of actual computer networks.

The paper discusses the advancement status of the basic analytical methods for computer network performance evaluation (closed queueing networks, product-form networks, convolution algorithm and MVA, stochastic queueing networks including Petri networks) and draws attention to the inadequacy of commonly accepted assumptions of the basic queueing network performance evaluation methods for performance evaluation of actual computer networks (or communication networks). The need of further seeking of new solutions, e.g. approximate ones, is emphasised. The paper cites some results of actual computer network investigations obtained earlier.