STUDIA INFORMATICA 2001
Volume 22 Number 2 (44)

Stefan SENCZYNA
Politechnika Śląska, Katedra Podstaw Systemów Technicznych

METODA ANALIZY SIECI KOMPUTEROWEJ ZA POMOCĄ MODELU ZDARZENIOWEGO

Streszczenie. Proponowany model zdarzeniowy polega na zastosowaniu metodyki projektowania architektur komputerowych do modelowania sieci komputerowej. Transmisje między serwerami i stacjami sieci są modelowane jako sekwencje zdarzeń na punktowej skali czasu. Za pomocą modelu można obliczyć czas transmisji zasobów na wyjściach serwerów, co w opracowaniu zostało przedstawione za pomocą diagramów zdarzeń.

A METHOD OF THE COMPUTER NETWORK ANALYSIS USING AN EVENT MODEL

Summary. The proposed event model depends on the using of computer architecture design methodology for modelling a computer network. Transmission between servers and workstations are modelled as the sequence of events on the discrete time axis. Using the model the time of resource on output of servers may be calculated, that has been shown in papers using the event diagrams.

1. Wstęp

Sieć komputerowa, która jest budowana z wielu różnego typu serwerów, stacji systemów operacyjnych i aplikacji, stanowi środowisko heterogeniczne. Serwery sieci realizują usługi na rzecz stacji, z których na poziomie aplikacji najważniejsze jest udostępnianie zasobów. Realizacja tej usługi jest ograniczona parametrami technicznymi elementów struktury sieci. Zakładając, że funkcją sieci jest udostępnianie zasobów w jak najkrótszym czasie, ogólnie można wyróżnić dwa podejścia analizy tego problemu:

- projekt struktury sieci, która spełnia pewne wskaźniki charakteryzujące udostępnianie zasobów (np. [1]),

- analiza struktury sieci metodą pomiarów lub obliczenia wskaźników charakteryzujących udostępnianie zasobów.

W obu przypadkach można stosować modele sieci komputerowej. Model sieci może mieć postać ogólną jako zbiór stanowisk obsługi i kolejek żądań dostępów do zasobów. Tego typu modele, kolejkowe (np. [2]), stosowane w analizie sieci służą obliczaniu wskaźników średnich, np.: "czas oczekiwania w kolejce", "czas obsługi na stanowisku". W celu budowy tego typu modelu identyfikowane są elementy struktury sieci, które realizują funkcje udostępniania zasobów. Dokładniejsza analiza funkcjonowania tych elementów służy identyfikacji parametrów stanowisk obsługi, aby ułożyć równania modelu wiążące "zgłoszenia" ze "stanowiskami obsługi" oraz przepływ "zgłoszeń" między stanowiskami.

W modelu kolejkowym są rozpatrywane stany pracy sieci zależnie od rozkładu zgłoszeń na stanowiskach obsługi. Otrzymane wyniki należy raczej interpretować jako pewne rozstrzygnięcia globalne - określające średnie ilości zgłoszeń, które mogą być zrealizowane na stanowiskach obsługi w pewnym odcinku czasu.

W przypadkach gdy potrzebna jest odpowiedź, jak przebiega obsługa zgłoszeń dla określonego rodzaju aplikacji użytkowanych na stacjach roboczych, można zastosować model "dyskretny" (np. [3]). W tym modelu struktura sieci i protokoły transmisji są odwzorowywane "dokładnie", zakładając, że zgłoszenia generowane przez staje robocze są zdarzeniami. Odwzorowanie może być przeprowadzone na podstawie analizy funkcjonowania węzłów sieci (np.: stacje, serwery) oraz protokołów transmisji. W tym odwzorowaniu zgłoszenia stacji są ciągami ramek (lub pakietów). Dokładna analiza protokołów wymiany ramek między serwerami a stacjami prowadzi do skomplikowanego modelu. Aby znaleźć model, który dobrze odwzorowuje zachowanie sieci i nie musi być w istocie dokładną (jednoznaczną) implementacją protokołów transmisji, proponuje się zastosowanie uproszczonych modeli protokołów transmisji, do których wprowadzono współczynniki rzeczywiste, uzyskane w pomiarach funkcjonowania sieci.

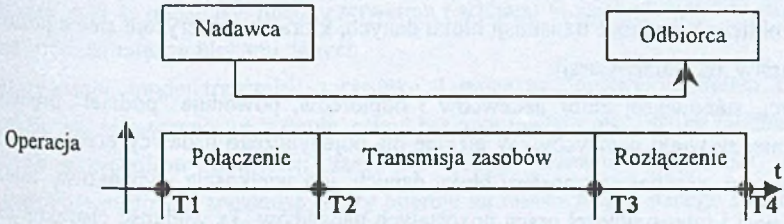
Analogicznie w modelach kolejkowych można zastosować współczynniki rzeczywiste, np. tabelę liczb stanowiących czas pojawienia się zgłoszenia w kolejce stanowiska obsługi. Jednakże można oczekiwać skomplikowanego procesu obliczania takiego modelu. Dlatego w opracowaniu przedstawiono metodę budowy modelu, w której zastosowano prostsze, względem modelu kolejkowego, algorytmy służące odwzorowaniu funkcji udostępniania zasobów (przez serwery) oraz protokołów transmisji. Zasoby są dzielone na mniejsze jednostki - ramki, które są przesyłane między stacjami (roboczymi) a serwerami. Protokół transmisji określa typy i porządek przesyłania ramek względem czasu. Definiując ramki jako zdarzenia można było zastosować punktową (dyskretną) skalę czasu i algorytm zdarzeniowy do modelowania transmisji. W tym modelu współczynniki rzeczywiste określają czasy udostępniania zasobów przez serwery i czasy transmisji ramek.

Metodyka modelowania sieci komputerowych wiąże się z zagadnieniem użyteczności różnego typu modeli w projektowaniu i analizie funkcjonowania sieci komputerowych. Ze względu na złożoność obliczeń model może dać informację o zachowaniach sieci dla pewnych przypadków struktury i obciążenia transmisją (np. w modelu kolejkowym jest to zbiór "połączonych" stanowisk obsługi i "obciążenia" modelowane funkcjami analitycznymi). Ta informacja może być wykorzystana w procesie projektowania w celu określenia np. stanów "przeciążeń" sieci. Jednakże ograniczenia technologiczne komponentów sieci i topologiczne (np. w cieci rozległej rozmieszczenie serwerów, ruterów i łączy może być determinowane geograficznie) powodują, że projekt zwykle jest tworzony w oparciu o strukturę szkieletową o wysokiej (możliwie najwyższej dla wybranej technologii) przepustowości.

Mając na uwadze zastosowanie modelu jako narzędzia analizy funkcjonowania sieci, które również może być narzędziem projektowania, w opracowaniu przedstawiono proces budowy zdarzeniowego modelu sieci. W tym procesie elementy struktury sieci są odwzorowane w "nadawców" i "odbiorców" zasobów oraz "kanały transmisji" zasobów. Poszczególnym elementom modelu są przyporządkowane wskaźniki ilościowe charakteryzujące przepływy zasobów. Stan modelu jest obliczany dla kolejnych punktów skali czasu. Otrzymujemy w ten sposób ciąg wartości wskaźników (ilościowych), które odwzorowują dane przypadki funkcjonowania sieci. Zakładając, że za pomocą modelu szukamy ogólnych wskaźników dostępu do zasobów, to celem metody jest budowa odpowiedniego modelu, stanowiącego ogólne odwzorowanie struktury sieci, przy wykorzystaniu wskaźników zmierzonych dla pewnych przypadków funkcjonowania sieci.

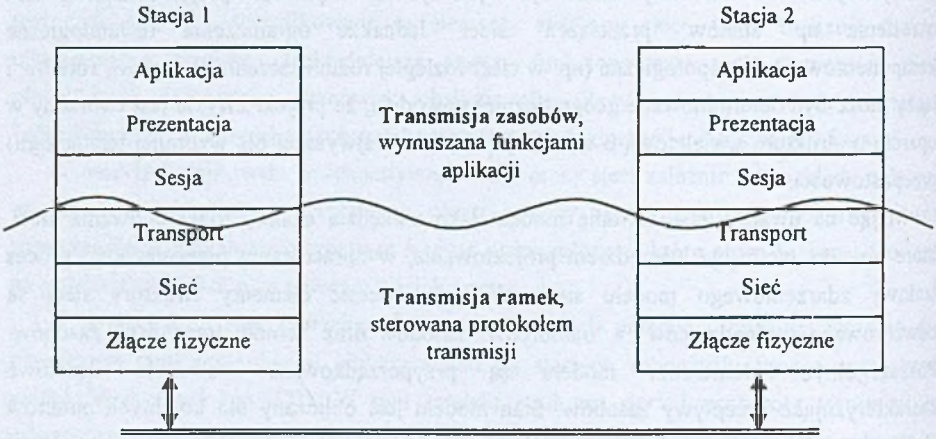
2. Elementy modelu zdarzeniowego

Ogólny obraz sieci komputerowej można przedstawić jako zbiór jednostek, połączonych ze sobą w celu wymiany (transmisji) zasobów. W tym przypadku model sieci jest złożeniem modeli podstawowych, które mają postać "nadawca - odbiorca" - rys. 1.



Rys. 1. Model transmisji zasobów typu "nadawca - odbiorca"
Fig. 1. A model of resource transmission of the type "sender-receiver"

Model "nadawca - odbiorca" realizuje proces transmisji zasobów, który można przedstawić jako sekwencję trzech operacji: połączenie, transmisja, rozłączenie. Transmisja zasobów jest realizowana między aplikacjami uruchomionymi na stanowiskach "nadawcy" (serwer) i "odbiorcy" ("stacja robocza"). Ten model został utworzony w oparciu o model warstwowy sieci, definiujący algorytmy transmisji ramek realizowane przez urządzenia sieci.



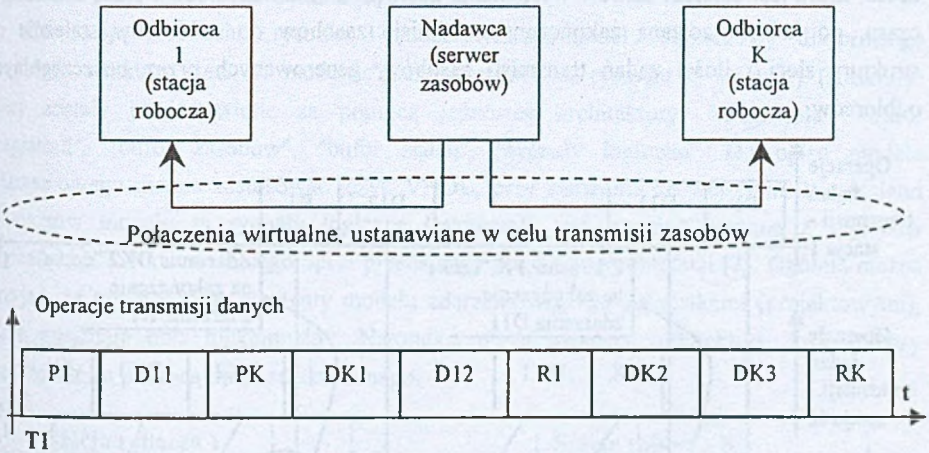
Rys. 2. Model warstwowy komunikacji w sieci
Fig. 2. A layers model of communication in the network

Model warstwowy, przykład na rysunku 2, jest stosowany w definiowaniu funkcji sterujących sprzętem sieci, które powodują transmisję ramek (danych) między warstwami. W modelu wyróżniono warstwy, które realizują protokół transmisji, polegający na wymianie (między stacjami) ramek o określonym formacie. W warstwie "złącza fizycznego" ramka jest ciągiem bajtów, przesyłanych z prędkością określoną parametrami sprzętu (parametry sprzętu, takie jak prędkości transmisji w różnego typu łączach fizycznych, są definiowane w normach sieci). Uwzględniając strukturę ramki (bloki nagłówka, sterujące, adresowe, danych, kontrolne) oraz protokół transmisji (kolejność i typy ramek wymienianych w celu realizacji transmisji), można obliczyć maksymalną prędkość transmisji między dwoma stacjami. Tak samo można obliczyć prędkość transmisji bloku danych, która charakteryzuje sieć z poziomu wyższych warstw, od warstwy sesji.

Praca sieci, stanowiącej zbiór nadawców i odbiorców, powoduje "podział" prędkości pracy łącza między wielu nadawców. W efekcie dla pojedynczego nadawcy prędkość pracy sieci, mierzona np. prędkością transferu bloku danych, jest wielkością wypadkową, zależną od struktury sieci i intensywności pracy pozostałych nadawców. Ta wielkość charakteryzuje sieć ze względu na zapotrzebowanie na zasoby określonych aplikacji. Za pomocą modelu sieci można obliczyć prędkości transmisji danych, zakładając pewną strukturę połączeń oraz

strukturę transmisji danych (wielkość, podział oraz czasy żądań bloków danych przez aplikacje).

Model zapotrzebowania na zasoby przez aplikację - rysunek 3, który odwzorowuje pracę wielu odbiorców - można utworzyć rozbudowując model z rysunku 1. Zapotrzebowanie na zasoby jest sekwencją bloków danych, tworzoną na poziomie warstwy sesji. W tym modelu podział bloku danych na ramki jest nieistotny, ale konieczne jest, na podstawie analizy protokołów lub pomiarów, określenie długości i czasów transmisji bloków danych.



Gdzie: P1, D11,D12,R1 - proces transmisji zasobów do stacji 1,
PK, DK1,DK2,DK3, RK - proces transmisji zasobów do stacji 1

Rys. 3. Wariant modelu transmisji "do wielu odbiorców"
Fig. 3. The variant of the transmissions model "to many receivers"

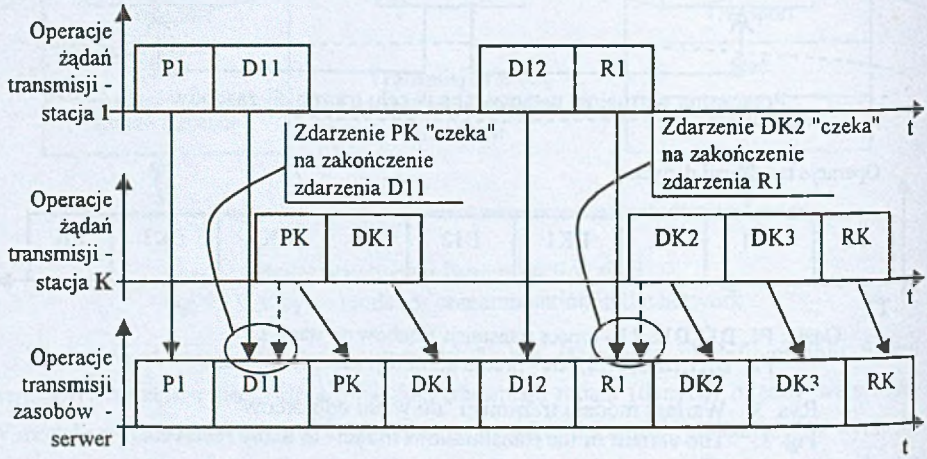
Model na rysunku 3 można opisać ilościowo: "suma czasu transmisji wszystkich bloków danych (wszystkich typów) serwera równa się sumom transmisji bloków danych (wszystkich typów) realizowanych przez wszystkie (aktywne) stacje".

Powyższy opis pozwala zbudować, dla danej struktury sieci i współczynników transmisji, model w postaci zbioru równań liniowych. Jednakże te równania będą opisywały idealny przypadek, taki że transmisje między serwerem i stacjami są szeregowane bez straty czasu na "puste" odcinki między blokami danych.

Oczywiście, model transmisji z rysunku 3 może być opisany modelem kolejkowym. Jednakże, jak zaznaczono we wstępie, celem budowy modelu jest analiza zachowań sieci dla pewnych przypadków transmisji zasobów. Podział transmisji na bloki danych jest uogólnieniem protokołu transmisji, który operuje na ramkach. Dla danego żądania zasobów można znaleźć sekwencję bloków danych na podstawie analizy protokołu transmisji lub analizując przebieg transmisji w konkretnej strukturze sieci. Utworzenie sekwencji bloków

danych jest odrębnym problemem modelowania, dla którego można znaleźć rozwiązanie korzystając z monitorowania transmisji ramek w sieci.

Model z rysunku 3 lepiej odwzorowuje funkcjonowanie sieci, gdy przyjmiemy, że transmisje bloków są wykonywane na żądania stacji. Wtedy niezależna praca już dwóch stacji powoduje, że mogą wystąpić żądania transmisji w tym samym czasie. Takie funkcjonowanie sieci można odwzorować modelem zdarzeniowym, w którym transmisje bloków danych są zdarzeniami. W tym modelu jest stosowana punktowa (dyskretna) skala czasu, która jest ciągiem czasów wystąpienia zdarzeń. Obliczenia modelu służą znalezieniu czasu, po którym zostaną zakończone transmisje zasobów do odbiorców, zależnie od struktury sieci i ilości żądań transmisji zasobów, generowanych przez poszczególnych odbiorców.



Rys. 4. Transmisja zasobów przedstawiona jako ciąg zdarzeń
Fig. 4. A resource transmission presented as the sequence of events

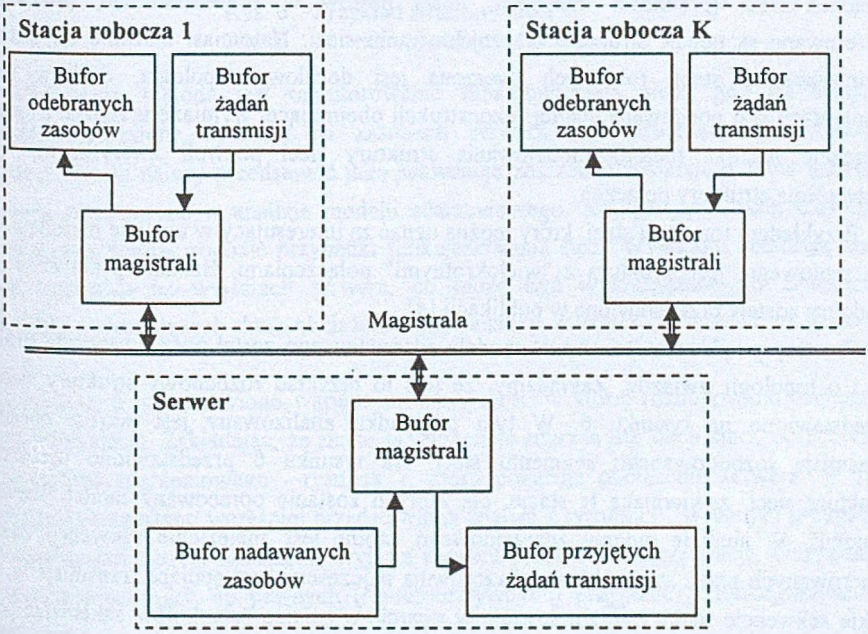
Na rysunku 4 przedstawiono przykład transmisji zasobów do dwóch stacji (odbiorców), gdy serwer (nadawca) posiada jedno wyjście i żądania zasobów są generowane niezależnie przez stacje. W tym przykładzie dane są dwa diagramy szeregujące żądania transmisji zasobów, generowane przez stacje. Te żądania są wykonywane przez serwer, przy założeniu że serwer na swoim wyjściu wykonuje transmisję zasobów tylko do jednej stacji. Przychodzące w tym czasie żądania "czekają" na "zakończenie zdarzenia" - co przedstawia na rysunku 4 diagram transmisji serwera.

Ten model również jest uogólnieniem funkcjonowania sieci, obserwowanej jako wymiana ramek między serwerami i stacjami. Protokół transmisji definiuje pewne sekwencje ramek (wymienianych w obu kierunkach między serwerem a stacją), które w tym modelu zostały nazwane "żądaniem" i "transmisją". W modelu są odwzorowane skutki działania protokołów obserwowane jako transmisja zasobów na żądanie aplikacji działającej na danej

stacji. Model zdarzeniowy umożliwia przybliżone obliczenie (symulację) czasu, po którym żądane zasoby zostaną do stacji dostarczone.

Modele zdarzeniowe są powszechnie stosowane w projektowaniu układów cyfrowych, na przykład za pomocą języka VHDL. Analogicznie jest budowany model zdarzeniowy sieci komputerowej. Elementy struktury sieci (serwery, stacje) można utożsamić z jednostkami architektonicznymi, które posiadają wejścia i wyjścia sygnałów logicznych. Natomiast operację transmisji zasobów można przedstawić jako transmisję (propagację) sygnałów logicznych o pewnym czasie trwania [3].

Korzystając z modelu z rysunku 3 można utworzyć model "zdarzeniowy" dla prostego przykładu struktury sieci. W modelu "zdarzeniowym", na rysunku 5, elementy (struktury) sieci zostały przedstawione za pomocą jednostek architektury: "magistrala", "bufor magistrali", "bufor zasobów", "bufor żądań", "sygnały logiczne". Do opisu modelu zdarzeniowego można zastosować język VHDL, przy założeniu że wejściami i wyjściami elementów modelu są sygnały logiczne (magistrala jest również złożona z sygnałów logicznych). Tworzenie takiego opisu przedstawia przykład w publikacji [3]. Ogólnie można przyjąć, że poszczególne elementy modelu zdarzeniowego są jednostkami (projektowymi), które posiadają opis funkcjonalny. Natomiast model posiada architekturę, którą należy modelować za pomocą opisu strukturalnego.



Rys. 5. Model struktury sieci
Fig. 5. The model of a network structure

Model zdarzeniowy odwzorowuje strukturę sieci (połączeń między urządzeniami) oraz funkcję transmisji zasobów między aplikacjami (przykład na rysunkach 2,3 i 4). Założeniami modelu są ustalony zbiór wartości (na przykład {0, 1}) oraz punktowa skala czasu. Zbiór wartości odwzorowuje stany transmisji "stacja - serwer", w przypadku wartości {0,1} wartość "0" oznacza "brak" transmisji, a wartość "1" oznacza "trwanie" transmisji. Zmiany stanu dowolnej operacji transmisji występują w określonych "punktach" skali czasu. Zmiana stanu jest nazywana "zdarzeniem", które jest definiowane w odniesieniu do przyjętego zbioru wartości modelu (np. {0,1}).

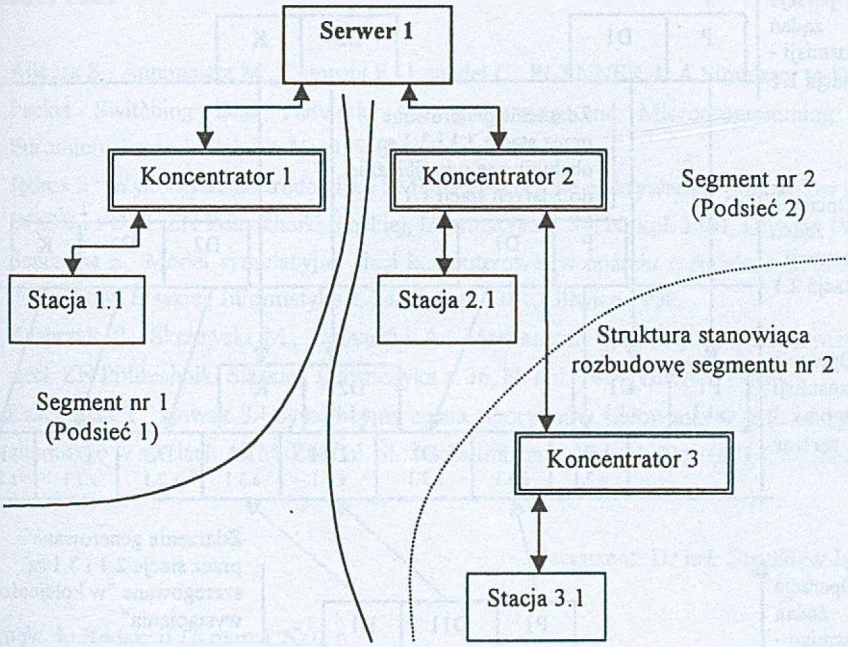
Ta metoda jest wystarczająca, aby analizować (metodą symulacji modelu zdarzeniowego) sekwencję wymiany żądań i danych między jednostkami sieci. Wynikiem symulacji będzie czas, po którym dana transmisja zostanie zakończona, oraz diagramy pokazujące sekwencje transmisji zasobów do poszczególnych stacji.

3. Zastosowanie modelu do analizy przykładu struktury sieci

Struktura sieci jest budowana jako kombinacja podstawowych struktur wzorcowych, takich jak "gwiazda" i "magistrala". Oczywiście, zależnie od parametrów technicznych urządzeń sieci (prędkości transmisji, ilości portów w koncentratorach, protokołów), preferowane są pewne struktury w projektowaniu sieci. Natomiast zależnie od żądanego rozmieszczenia stacji roboczych tworzona jest docelowa topologia. Sieć w trakcie eksploatacji jest poddawana ciągłej rekonstrukcji obejmującej wymianę urządzeń i topologii połączeń. Analiza metodą modelowania struktury sieci pozwoli zweryfikować nowe rozwiązania struktury połączeń.

Przykładem topologii sieci, który można uznać za interesujący w analizie metodą modelu zdarzeniowego, jest struktura z "wielokrotnymi" połączeniami. Badania praktyczne takiej struktury zostały przedstawione w publikacji [4].

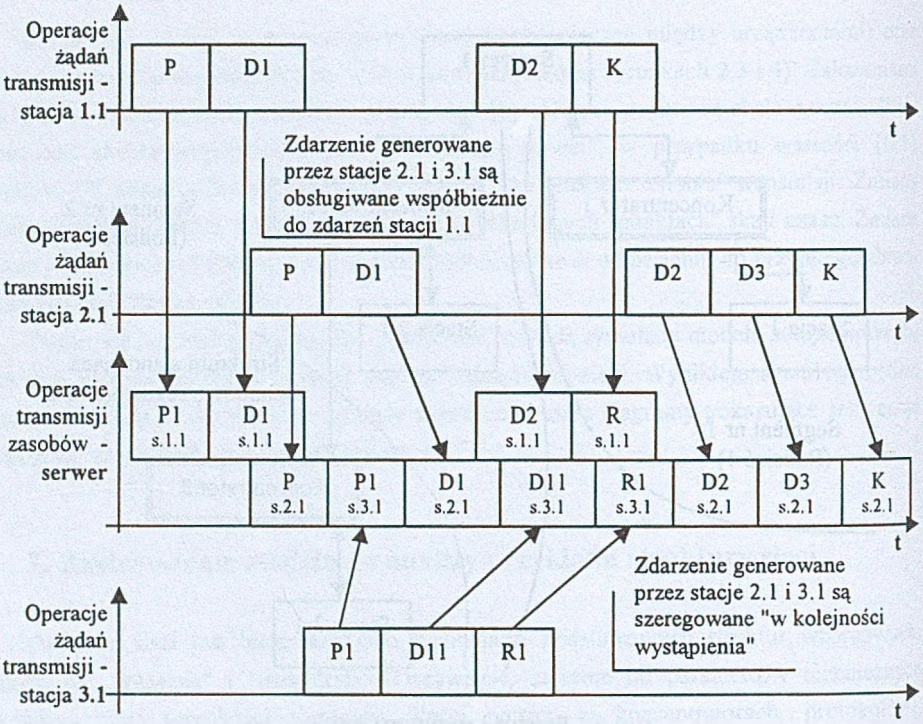
Prostszy przykład zastosowania modelu zdarzeniowego został opracowany dla struktury sieci o topologii gwiazdy. Zakładamy, że jest to przykład rozbudowy struktury sieci, co przedstawiono na rysunku 6. W tym przypadku analizowany jest wzrost obciążenia transmisją rozbudowanego segmentu sieci. Na rysunku 6 przedstawiono uproszczoną strukturę sieci, zawierającą te stacje, dla których zostanie opracowany model "sekwencji zdarzeń". W analizie modelu zdarzeniowego istotne jest znalezienie sekwencji zdarzeń, generowanych przez stacje, które odwzorowują najczęściej występujące transmisje w sieci. Takie sekwencje mogą być zbudowane w oparciu o analizę protokołów zakładając pewne parametry transmisji, np. wielkość żądanych zasobów.



Rys. 6. Przykład struktury sieci
Fig. 6. An example of net structure

Dokładniejszą metodą jest monitorowanie funkcjonowania sieci, gdy na stacjach wymuszono określone operacje na zasobach serwera (np. uruchomienie aplikacji). Otrzymane wyniki należy przedstawić jako sekwencje zdarzeń (transmisje bloków danych), które będą zastosowane w analizie modelu zdarzeniowego. Korzystając z tych sekwencji zdarzeń można poddać analizie przypadki funkcjonowania sieci. Wynikami analiz są czasy trwania transmisji na wyjściach serwera, co może być wykorzystane do znalezienia przypadków powodujących duże obciążenia oraz analizy zależnie od wariantów struktury sieci.

Na rysunku 6 przedstawiono wariant struktury sieci, w której rozbudowano segment - dodając jedną stację. Zakładając, że znane są sekwencje zdarzeń dla stacji sieci, opracowano analizę modelu zdarzeniowego - rysunek 7, która pokazuje obciążenie serwera. W tym przypadku wykorzystano wcześniej przedstawioną analizę z rysunku 4. W danym przypadku celem analizy jest wzrost obciążenia wyjścia serwera przez dodatkową stację. Oczywiście, analiza ograniczona jest do pewnych (reprezentatywnych) przypadków funkcjonowania i struktury sieci.



Rys. 7. Diagram szeregowania zdarzeń dla przykładu struktury sieci
Fig. 7. The diagram of the event sequence for the net structure example

4. Podsumowanie

Podstawą budowy modelu zdarzeniowego jest metodyka projektowania i analizy symulacyjnej architektur komputerów. Pozwala to zastosować takie narzędzia, jak język VHDL. Jednakże dyskusyjne może być odwzorowanie transmisji jako określonych sekwencji zdarzeń. W porównaniu do modeli kolejkowych wynikiem analizy modelu zdarzeniowego sieci są diagramy zdarzeń obrazujące zachowanie sieci dla danych sekwencji "żądań zasobów" generowanych przez stacje. Nie jest to model statystyczny. Wyniki otrzymywane za pomocą modelu należy uważać za "serię eksperymentów" z różnymi wariantami obciążenia sieci. Wykorzystując w tych eksperymentach obserwacje ruchu sieci można "przewidywać" zachowania sieci zależnie np. od zmian w strukturze połączeń. Takie narzędzie może być pomocne w projektowaniu struktur sieci, szczególnie że narzędzia potrzebne do budowy modelu są dostępne (np. język VHDL).

LITERATURA

1. Allegra S., Annunziata M., Cesaroni F., Lunadei C.: PLANNER 4: A Simulator to Design Packet Switching Data Network. Microprocessing and Microprogramming, The Euromicro Journal, Vol. 38, No: 1-5, September 1993.
2. Jędruś S.: Wykorzystanie środowiska SMURPH w ocenie efektywności protokołów MAC DQDB i FDDI. ZN Politechniki Śląskiej, Informatyka z. 34, Nr kol. 1381, Gliwice 1998.
3. Senczyna S.: Model symulacyjny sieci komputerowej w oparciu o standard VHDL. ZN Politechniki Śląskiej, Informatyka z. 34, Nr kol. 1381, Gliwice 1998.
4. Kasprzyk P., Skrzewski M., Domański A.: Mechanizmy generacji zbędnego ruchu w sieci. ZN Politechniki Śląskiej, Informatyka z. 36, Nr kol. 1414, Gliwice 1999.
5. Czachórski T., Nowak S.: Symulacyjna ocena algorytmów sterowania w pętli sprzężenia zwrotnego w sieciach ATM. ZN Pol. Śl. Studia Informat. Vol. 21, No 1(39), Gliwice 2000

Recenzent: Dr inż. Stanisław Jędruś

Wpłynęło do Redakcji 16 marca 2001 r.

Abstract

The modelling of a computer network depend on the mapping of an architecture and functions of the network into the set of formulas. The proposed event model depends on the using of computer architecture design methodology for modelling a computer network. Transmission between servers and workstations are modelled as the sequence of events on the discrete time axis (fig. 3,4). Using the model the time of resource on output of servers may be calculated, that has been shown in papers using the event diagrams (fig. 6,7).

The event model may be created using tools for designing computer architecture, as the VHDL language. However the mapping of the transmissions into sequences of event may be discussed. This model, compared with a queue model, gives a result of the network behaviour in the form of the event diagrams. The result expresses the outputs (fig. 7) of servers for the well-defined "requests of resource" generated by workstations. It is not a statistical model. Results produced in the process of the model analysis using different variants of network charges should be treated as "the series of experiments". In experiments may be used real parameters of the event sequence derived from observations the network behaviour that allow to prognoses, in example, possible behaviour of network depend on changes of the network structure. Especially that tools for the event models are obtainable (e.g.: the VHDL).