

Andrzej WILK

Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej PAN

SYMULACYJNA ANALIZA WYDAJNOŚCI WIELODOSTĘPNEGO TRANSAKCYJNEGO
SYSTEMU OBSŁUGI OPARTEGO NA KOMPUTERZE SERII RIAD-R32

Streszczenie. W artykule zaprezentowano symulacyjną analizę wydajności złożonych transakcyjnych systemów komputerowych na przykładzie systemu zbudowanego w oparciu o komputer serii RIAD-R32. Przedstawione zostały założenia i sposób przygotowania modelu tego systemu w postaci sieci stanowisk masowej obsługi. Model ten uwzględnia zasoby pasywne systemu i elementy synchronizacji. Wyniki uzyskane z przeprowadzonej symulacji potwierdzają dokładność modelu.

WPROWADZENIE

Duże moce obliczeniowe i rozbudowana pamięć masowa dużych maszyn cyfrowych uzasadniają wykorzystanie ich jako systemów wielodostępnych ze wspólną bazą danych. Ich praca polega na obsłudze określonego repertuaru zleceń tzw. transakcji generowanych przez terminale i dokonujących operacji na bazie danych. Systemy te mają zastosowanie w prowadzeniu ewidencji i rezerwacji, w przedsiębiorstwach w prowadzeniu gospodarki magazynowej, planowaniu, rozliczaniu produkcji itp.

Ze względu na charakter pracy na systemy te nakłada się określone wymagania eksploatacyjne dotyczące głównie czasu reakcji systemu na wygenerowaną transakcję i w miarę równomierne, proporcjonalne do możliwości obciążenia poszczególnych elementów jego konfiguracji programowej i urządzeniowej. Duża złożoność tego typu systemów komputerowych powoduje, że dobór ich charakterystycznych parametrów, jak np. wielkość pamięci operacyjnej, stopień wieloprogramowości czy szybkość transmisji kanałowych gwarantujących eliminację wąskich gardeł, a tym samym osiągnięcie względnie krótkiego czasu reakcji nie jest sprawą trywialną.

Wśród wielu sposobów matematycznego opisu działania systemów komputerowych szczególną rolę odgrywają modele kolejkowe przedstawiające taki system w postaci sieci stanowisk masowej obsługi reprezentujących poszczególne jego zasoby programowe i urządzeniowe. Przez stanowiska te przechodzą "klienci", czyli wykonywane programy, części programów lub informacje związane z obsługą kolejnych transakcji. Metody probabilistycznej analizy tych modeli ujmujące charakter pracy stanowisk w sposób statystyczny opisany rozkładami prawdopodobieństwa siłą rzeczy oddają rzeczywistość w sposób bardzo uproszczony. Ponadto bogata konfiguracja sprzętowa oraz skom-

plikowane mechanizmy szeregowania i obsługi w transakcyjnych systemach komputerowych powodują, że analiza teka w najlepszym wypadku wymaga poważnego nakładu obliczeń, a często jest wręcz niemożliwa do przeprowadzenia.

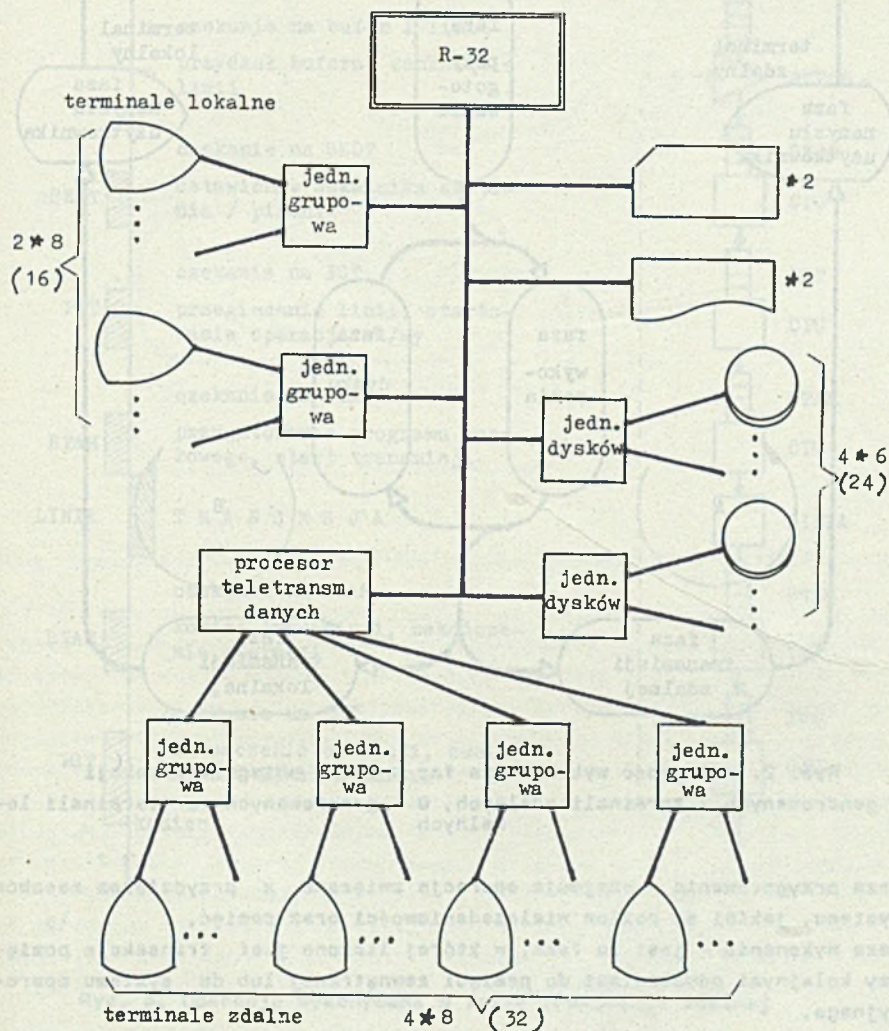
Bardziej elastyczną choć czasochłonną metodą jest analiza wydajności rozważanych systemów na drodze symulacji. Pozwala ona uniknąć wielu z powyższych trudności, umożliwia również uwzględnienie złożonych mechanizmów szeregowania i synchronizacji. Kolejkowy model systemu musi być jednak starannie przygotowany, gdyż wyniki analizy symulacyjnej zależą od jego dokładności. W dalszej części artykułu przedstawiony został sposób przygotowania takiego modelu na przykładzie krajowego reprezentanta systemów z obsługą transakcji zbudowanego w oparciu o maszynę cyfrową serii RIAD-R32. Typową konfigurację sprzętową systemu przedstawił rys. 1. W modelu oprócz sprzętu uwzględniono wspomniane mechanizmy szeregowania i synchronizacji wynikające ze sposobu działania standardowego oprogramowania systemowego. Oprócz systemu operacyjnego OS/MVT z metodą dostępu BTAM obejmuje ono System Kontroli i Obsługi Terminali - SKOT oraz system zarządzania bazą danych - IMS. Ze względu na szczególne funkcje, jakie spełniają wyodrębnione zostały:

- Program Sterowania Terminalnego - PST
- oraz zasoby systemowe, jakimi są:
- bloki TCB, czyli poziom wielozadaniowości rozumiany tutaj jako liczba transakcji mogących być liczonymi jednocześnie,
- wielkość pamięci operacyjnej dostępnej programom użytkowym obsługi transakcji,
- bloki RQE określające liczbę jednocześnie obsługiwanych transmisji dyskowych,
- buforów linii i kanałów terminali określające liczbę jednocześnie obsługiwanych przez system transmisji zdalnych i lokalnych pomiędzy terminalami i jednostką centralną.

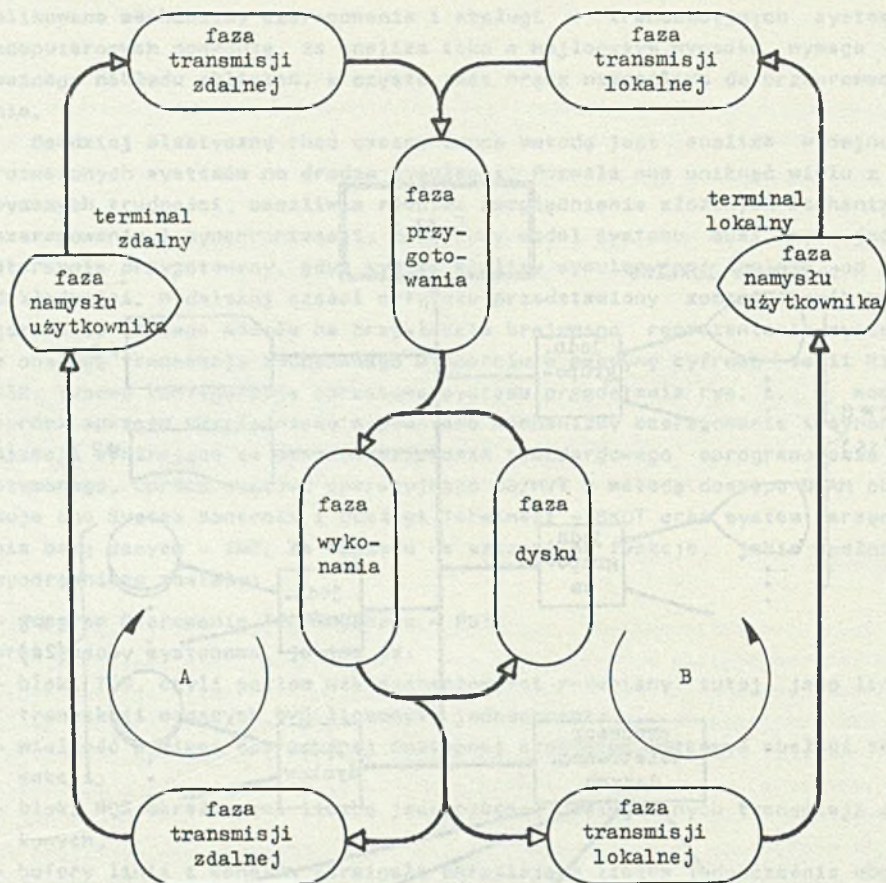
ZAŁOŻENIA MODELU

Zakłada się, że modelowany system komputerowy obsługuje stałą liczbę użytkowników równą liczbie aktywnych w tym czasie terminali. Każdy użytkownik generuje w danej chwili co najwyżej jedną transakcję dowolnej klasy. Cykl obiegu transakcji w systemie można podzielić na następujące fazy (rys. 2):

- faza transmisji zdalnej - obejmuje operacje związane z transmisją transakcji od terminala zdalnego do komputera lub w kierunku przeciwnym przez linię, modemy i procesor teletransmisji,
- faza transmisji lokalnej - obejmuje operacje związane z transmisją transakcji od terminala lokalnego do komputera lub w kierunku przeciwnym,



Rys. 1. Przykładowa konfiguracja sprzętowa systemu RIAD-R32

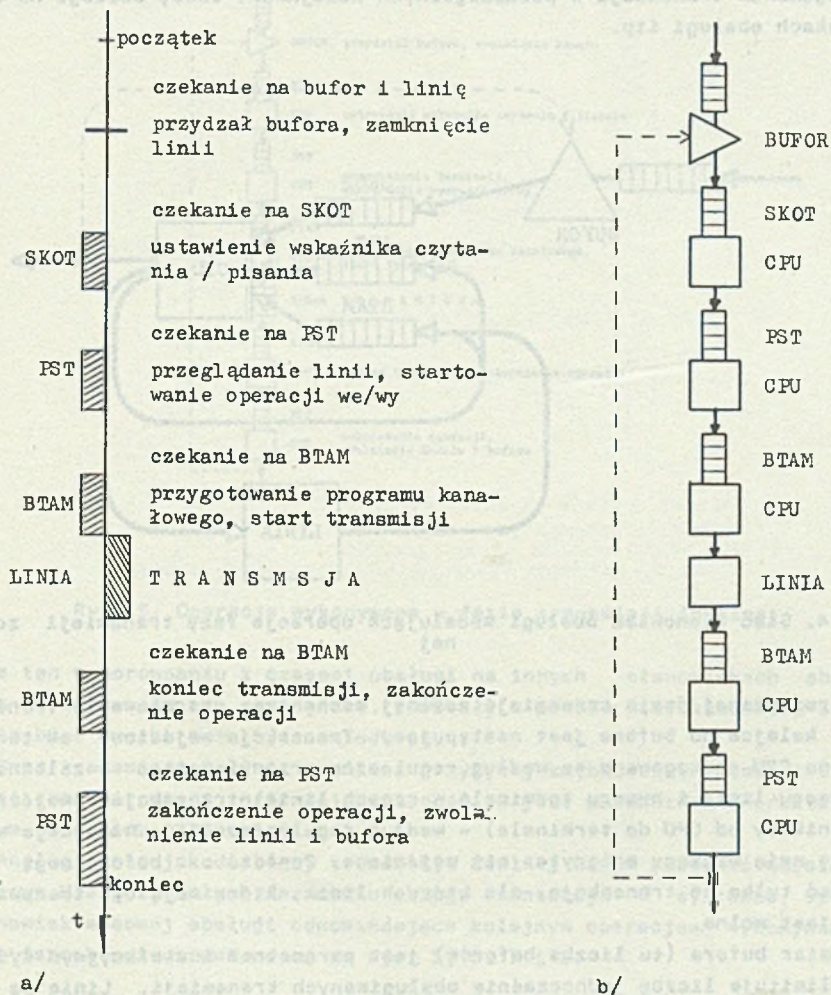


Rys. 2. Kolejność wykonywania faz w cyklu obiegu transakcji

A - generowanych z terminali zdalnych, B - generowanych z terminali lokalnych

- faza przygotowania - obejmuje operacje związane z przydzieleniem zasobów systemu, jakimi są poziom wielozadaniowości oraz pamięć,
- faza wykonania - jest to faza, w której liczona jest transakcja pomiędzy kolejnymi odwołaniami do pamięci zewnętrznej lub do systemu operacyjnego,
- faza dysku - obejmuje operacje związane z transmisją informacji pomiędzy zadaniami obsługi transakcji i pamięcią zewnętrzną, jak również z transmisją samych procedur obsługi transakcji z pamięci zewnętrznej do pamięci operacyjnej.

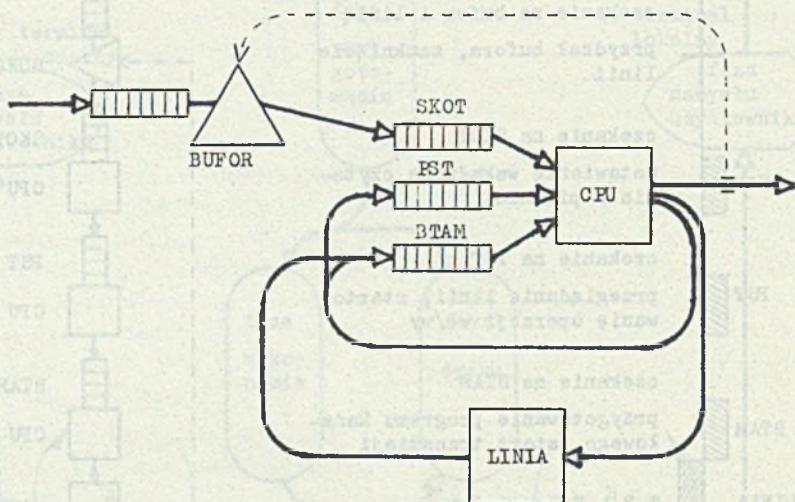
Operacje wykonywane w kolejnych fazach są znane z dokumentacji systemu R-32. Informacja o nich została wykorzystana do zbudowania kolejkowego modelu tego systemu.



Rys. 3. Operacje wykonywane w fazie transmisji zdalnej

Przykładowo, rys. 3a przedstawia kolejne wykonywane wraz z upływem czasu operacje fazy transmisji zdalnej. Operacjom tym w kategoriach teorii masowej obsługi odpowiada przejście klienta-transakcji przez szereg stanowisk pokazany na rys. 3b. Stosowna modyfikacja tego szeregu mająca na celu zastąpienie kilkakrotnie występującego na nim stanowiska CPU jednym

doprowadza do sieci stanowisk masowej obsługi będącej modelem rozważanej fazy (rys. 4). Pełny opis modelu wymaga jeszcze podania parametrów pracy poszczególnych elementów tej sieci. Należą do nich rodzaje regulaminów szeregowania transakcji w poszczególnych kolejkach, czasy obsługi na stanowiskach obsługi itp.



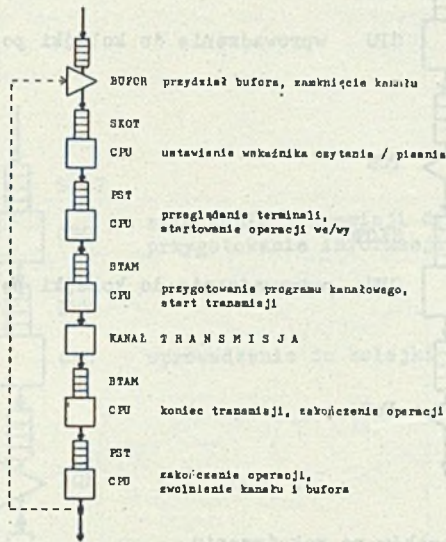
Rys. 4. Sieć stanowisk obsługi modelująca operacje fazy transmisji zdalnej

W rozważanej fazie transmisji zdalnej mechanizm szeregowania transakcji w kolejce do bufora jest następujący. Transakcje wejściowe od terminala do CPU szeregowane są według regulaminu priorytetowego w zależności od numeru linii i numeru terminala w ramach linii, transakcje wejściowe (komunikaty od CPU do terminala) – według regulaminu FIFO. Transakcje wyjściowe mają większy priorytet niż wejściowe. Ponadto o bufor mogą się ubiegać tylko te transakcje, dla których linia, którą mają być transmitowane jest wolna.

Wymiar bufora (tu liczba buforów) jest parametrem instalacyjnym systemu i limituje liczbę jednocześnie obsługiwanych transmisji. Linie są fizycznym połączeniem jednostki grupowej terminali z procesorem teletransmisji. Linia może być w danym czasie przydzielona tylko jednemu terminalowi.

Spośród kolejek do CPU największy priorytet mają klienci oczekujący w kolejce do BTAM, jako następni w kolejce do PST. Wybór kierunku przesłania klienta do następnych stanowisk sieci kolejek po wyjściu z CPU wynika z kolejności operacji w fazie transmisji zdalnej (rys. 3).

Wynikający z szacowania minimalny i maksymalny czas pracy CPU podczas wykonywania procedur SKOT-a, PST i BTAM-u waha się wokół 1 ms [10, 11].



Rys. 5. Operacje wykonywane w fazie transmisji lokalnej

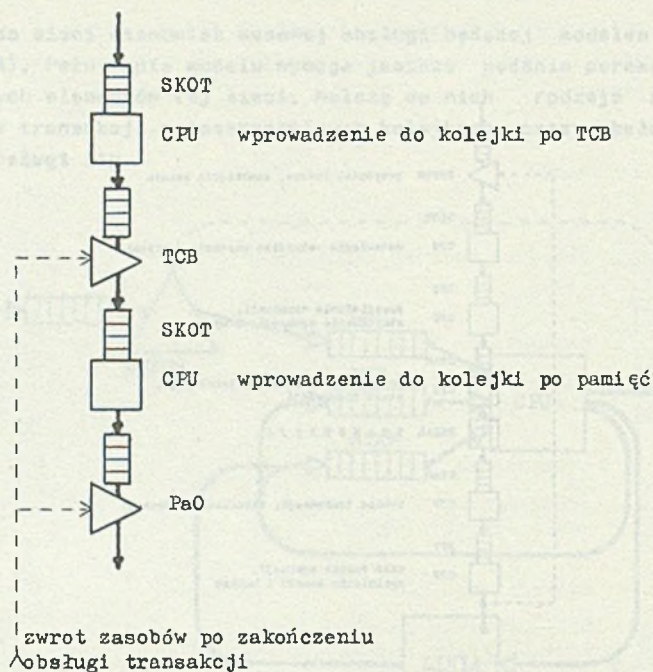
Czas ten w porównaniu z czasami obsługi na innych stanowiskach obsługi jest na tyle mały, że sumaryczny, powstały z powodu niedokładności szacowania błąd wyniku może być zaniedbany.

Czas transmisji w linii wynika z przyjętej szybkości transmisji i długości transmitowanej informacji. Długość ta jest parametrem charakteryzującym daną klasę transakcji.

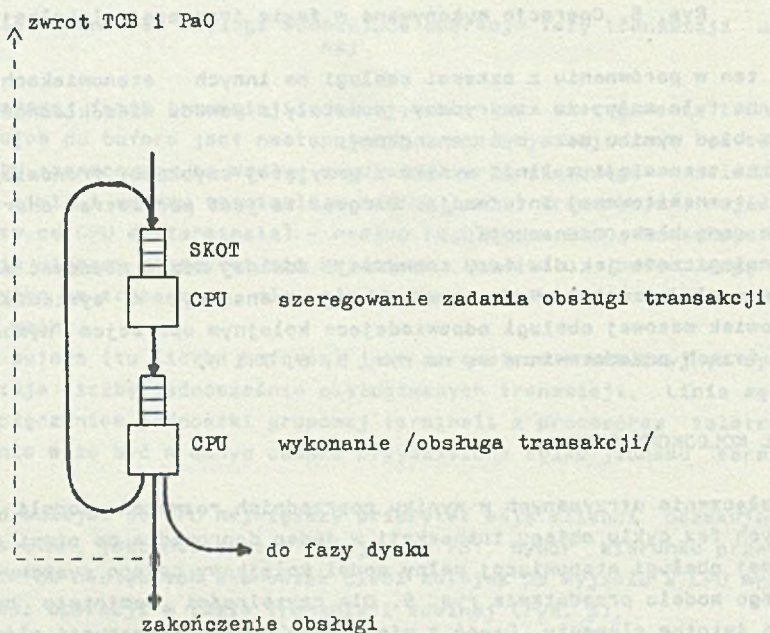
Analogicznie jak dla fazy transmisji zdalnej można zbudować modele kolejkowe dla pozostałych faz cyklu obiegu transakcji w systemie. Szeregi stanowisk masowej obsługi odpowiadające kolejnym operacjom wykonywanym w tych fazach przedstawione są na rys. 5, 6, 7 i 8.

MODEL KOLEJKOWY SYSTEMU

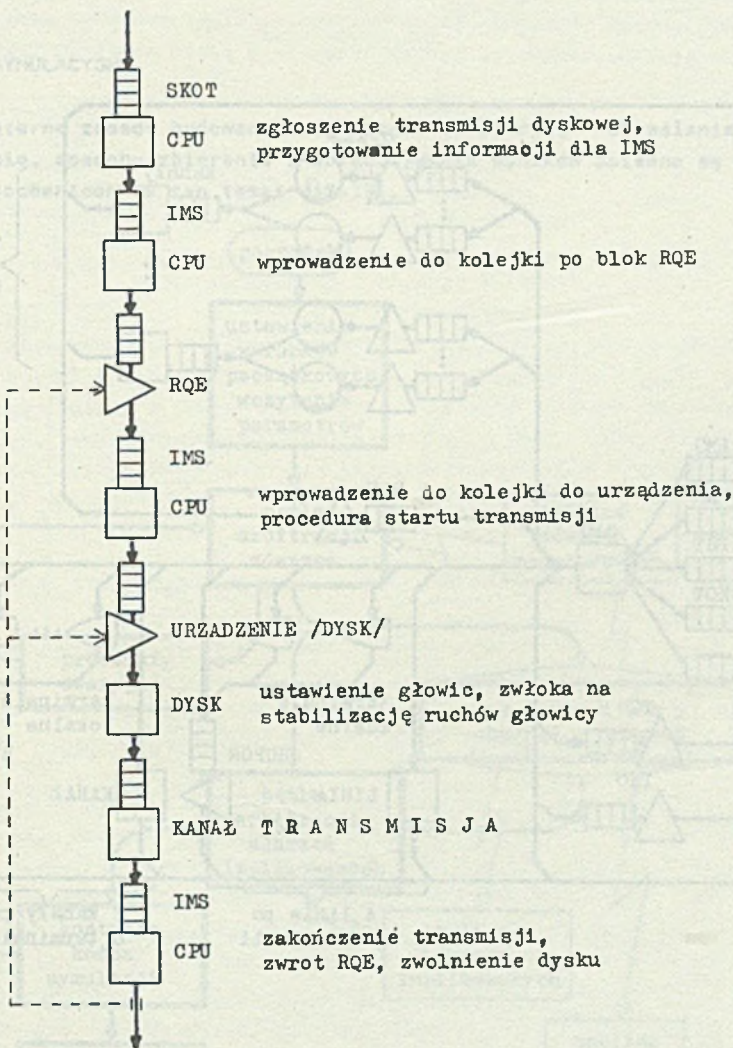
Połączenie otrzymanych w wyniku poprzednich rozważań modeli poszczególnych faz cyklu obiegu transakcji w jeden doprowadza do sieci stanowisk masowej obsługi stanowiącej pełny model kolejkowy całego systemu. Strukturę tego modelu przedstawia rys. 9. Dla czytelności pominięto na rysunku mniej istotne elementy. Część z wielu dróg obiegu transakcji głównie od i do CPU zastąpiono jedną. Wprowadzone zostały również inne symbole dla oznaczenia stanowisk odpowiadającym terminalom i dyskom.



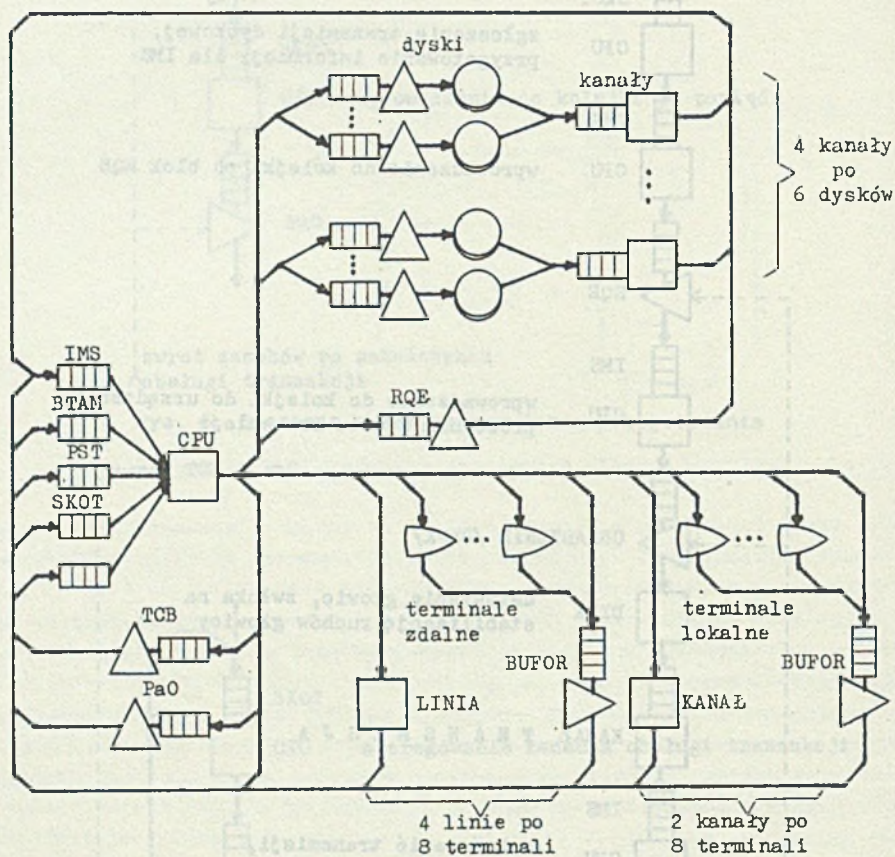
Rys. 6. Operacje wykonywane w fazie przygotowania



Rys. 7. Operacje wykonywane w fazie wykonania



Rys. 8. Operacje wykonywane w fazie dysku

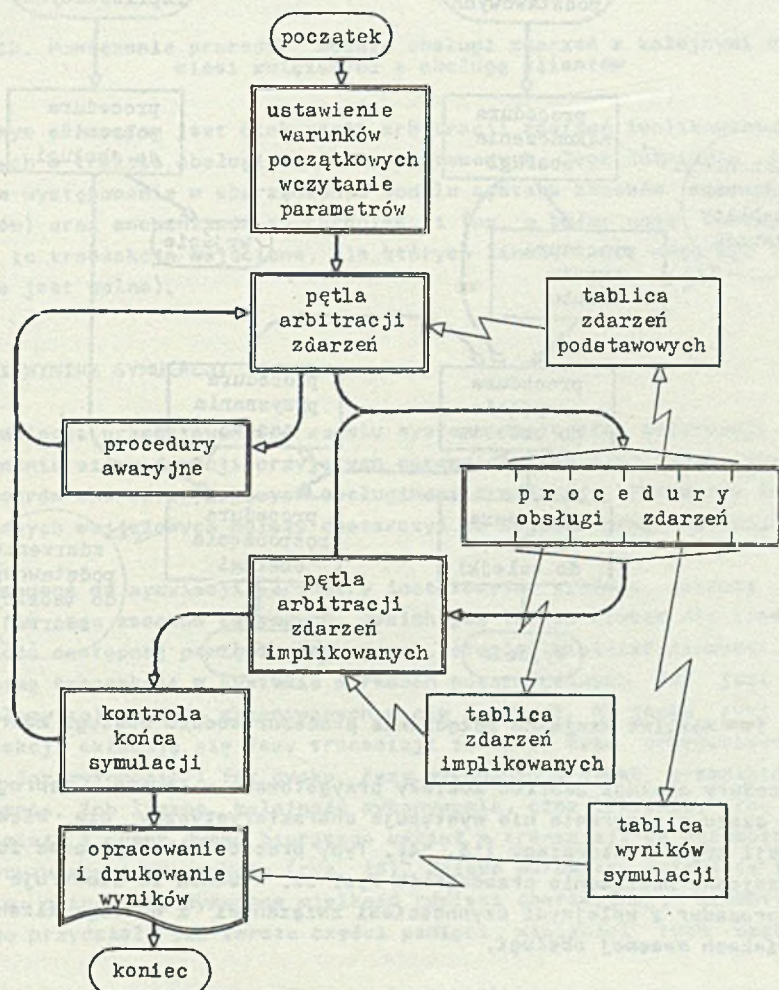


Rys. 9. Model kolejkowy wielodostępnego transakcyjnego systemu komputerowego na bazie m.c. serii RIAD-R32

W modelu uwzględniono wszystkie poczynione założenia. Obejmuje on wszystkie wymienione uprzednio elementy konfiguracji programowej i przedstawione na rys. 1 elementy konfiguracji sprzętowej. Zamodelowano również możliwość wchodzenia systemu w stan blokady wzajemnej na pamięci operacyjnej oraz mechanizm wychodzenia z niej.

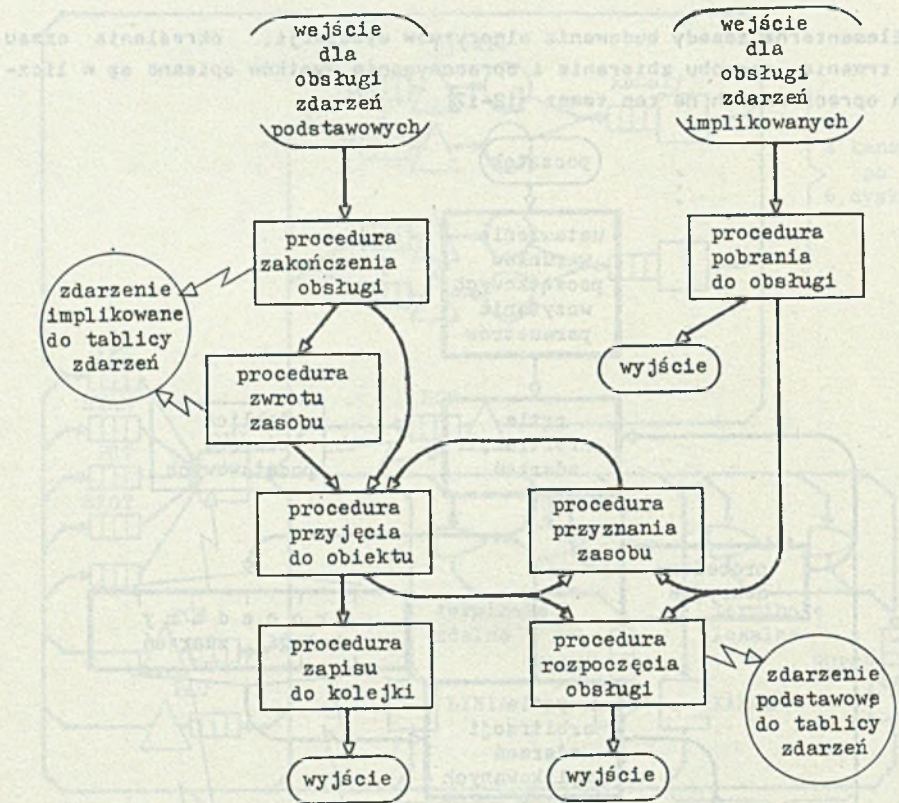
PROGRAM SYMULACYJNY

Elementarne zasady budowania algorytmów symulacji, określenia czasu jej trwania, sposobu zbierania i opracowywania wyników opisane są w licznych opracowaniach na ten temat [12-17].



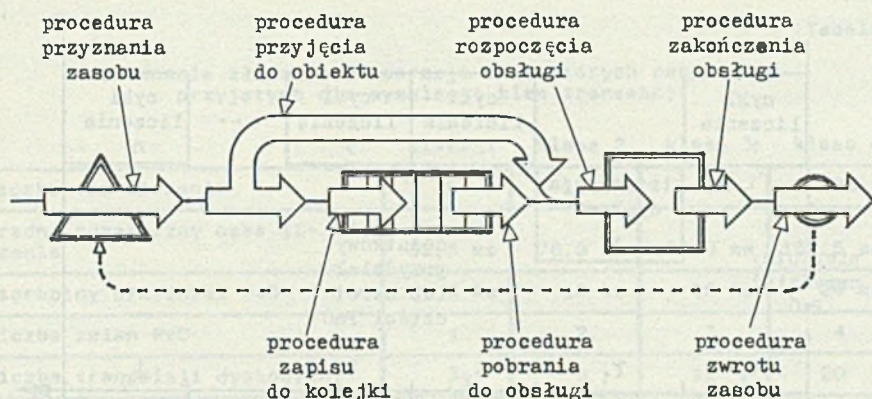
Rys. 10. Struktura programu symulacyjnego

Struktura algorytmu symulacji rozważanego systemu została przygotowana w sposób modułarny (rys. 10). W algorytmie uwzględniono mechanizm wychodzenia systemu z blokady wzajemnej powstałej na pamięci operacyjnej. Algorytm tego mechanizmu zawarty jest w bloku oznaczonym na rysunku jako "procedury awaryjne". Powstaniu blokady wzajemnej w rzeczywistym systemie odpowiada w symulacji brak wystąpienia zdarzenia do obsługi spośród pewnej grupy zdarzeń. Przekazanie sterowania do bloku procedur awaryjnych następuje w momencie wykrycia takiej sytuacji w pętli arbitracji zdarzeń.



Rys. 11. Możliwe wzajemne połączenia procedur modułu obsługi zdarzeń

Procedury obsługi zdarzeń zostały przygotowane w formie koprogramów, dzięki czemu w programie nie występuje charakterystyczny dla więkzości symulacji segment sterujący [13, 14]. Typy procedur obsługi oraz ich możliwe wzajemne powiązania przedstawia rys. 11. Rysunek 12 ilustruje powiązania procedur z kolejnymi czynnościami związanymi z obsługą klientów na stanowiskach masowej obsługi.



Rys. 12. Powiązania procedur modułu obsługi zdarzeń z kolejnymi czynnościami związanymi z obsługą klientów

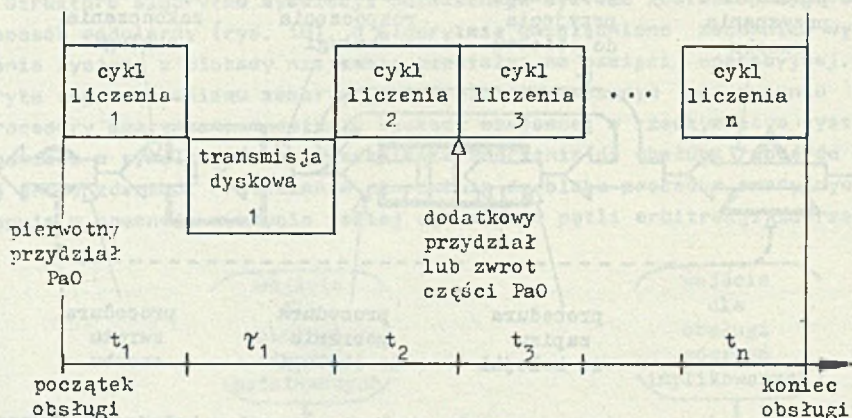
Nowym elementem jest blok pętli arbitracji zdarzeń implikowanych generowanych w trakcie obsługi zdarzeń podstawowych. Jego istnienie jest wynikiem występowania w sporządzonym modelu systemu zasobów pasywnych (np. buforów) oraz mechanizmów synchronizacji (np. o bufor mogą ubiegać się tylko te transakcje wejściowa, dla których linia, którą mogą być transmittowane jest wolna).

DANE I WYNIKI SYMULACJI

Symulacja przedstawionego modelu systemu dostarcza informacji o jego zachowaniu się w funkcji przyjętych parametrów instalacyjnych systemu i parametrów charakteryzujących obsługiwane transakcja. Parametry te w formie danych wejściowych należy dostarczyć na wejście programu symulacyjnego.

Wymagana do symulacji parametry instalacyjne systemu dotyczą głównie wymiarów jego zasobów pasywnych, takich jak liczba bloków dla transmisji, wielkość dostępnej pamięci operacyjnej, stopień wielozadaniowości.

Obieg transakcji w systemie w ramach poszczególnych faz jest ściśle określony kolejnością wykonywanych w nim operacji. Na jeden cykl obiegu transakcji składają się fazy transmisji zdalnej, faza przygotowania oraz kilka faz wykonania i faz dysku. Fazy wykonania i dysku przeplatają się wzajemnie. Ich liczba, kolejność wykonywania, czas liczenia, czas trwania transmisji i numer dysku biorącego udział w transmisji są parametrami charakteryzującymi transakcję (rys. 13). Daluze parametry opisujące transakcję to: priorytet, wymagana wielkość pamięci operacyjnej, momenty dodatkowego przydziału lub zwrotu części pamięci, wielkości tych części itp.



Rys. 13. Graficzna prezentacja parametrów charakteryzujących obsługę transakcji w systemie

Wszystkie wymienione wielkości przyjęto jako stałe dla danej klasy transakcji. Każda z obsługiwanych transakcji w systemie należy do jednej z nich i tym samym jej parametry są ściśle zdefiniowane.

Symulację przeprowadzono dla danych testowych odzwierciedlających aktualny stan pracy analizowanego systemu R-32. Przyjęto, że czynnych jest 30 spośród 48 terminali systemu, z których każdy generuje kolejno jedną z czterech klas transakcji. Procentowy udział transakcji generowanych z każdego terminala wynosi odpowiednio 40% dla klasy 1, 30% dla 2, 20% dla 3 i 10% dla 4 (tabela 1). Spośród czterech klas transakcji pierwsza jest transakcją o stosunkowo niewielkiej liczbie operacji - obejmuje 5 faz wykonania, 2 zmiany pamięci i 3 transmisje dyskowe. Każda z następnych klas transakcji obejmuje stopniowo coraz to więcej operacji. Spośród nich ostatnia - czwarta - 25 faz liczenia, 20 transmisji dyskowych i 5 zmian pamięci. Przeprowadzenie symulacji pozwoliło otrzymać następujące parametry:

- czas reakcji systemu, tj. czas od momentu wygenerowania transakcji do momentu uzyskania odpowiedzi w zależności od klasy transakcji i numeru terminala, z którego była wygenerowana,
- czasy oczekiwania transakcji na poszczególne zasoby systemu (CPU, dyski, linie, kanały, pamięć) w zależności jak wyżej,
- średnia liczba transakcji w poszczególnych fazach, kolejkach i zasobach systemu,
- stopień wykorzystania (zajętości) poszczególnych elementów systemu.

Najbardziej interesujące rezultaty dotyczące niektórych czasów reakcji systemu zamieszczone są w tabeli 2.

Uzyskane z symulacji rezultaty można scharakteryzować następująco. Czasy reakcji systemu rzadko przekraczają 6 sekund. Pamięć operacyjna wy-

Tabela 1

Porównanie złożoności operacji i niektórych parametrów przyjętych dla symulacji klas transakcji

	klasa 1	klasa 2	klasa 3	klasa 4
Liczba faz liczenia	5	12	16	25
Średni sumaryczny czas liczenia	32.5 ms	78.0 ms	104.0 ms	162.5 ms
Pierwotny przydział PaO	5 ks	10 ks	10 ks	24 ks
Liczba zmian PaO	1	2	3	4
Liczba transmisji dyskowych	3	9	12	20
Średni sumaryczny czas trwania transmisji dyskowych	210 ms	630 ms	840 ms	1400 ms

Tabela 2

Otrzymane w wyniku symulacji średnie czasy wykonania kolejnych faz w systemie (w sekundach)

klasa:	1	2	3	4	średnia
Transmisja terminal - CPU	0.23	0.31	0.57	0.55	0.35
Faza przygotowania	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Faza wykonania (suma)	0.07	0.16	0.14	0.22	0.12
Faza dysku (suma)	0.37	1.25	1.73	2.96	1.17
Transmisja CPU - terminal	0.58	0.61	1.27	1.30	0.80
Reakcja systemu	1.26	2.33	3.73	5.02	2.45

sząca i Mśłów jest dla przyjętych parametrów transakcji całkowicie wystarczająca. Czasy oczekiwania na nią są praktycznie równe zeru, z tego też powodu nie zarejestrowano ani jednej blokady wzajemnej systemu. Analiza stopnia wykorzystania poszczególnych elementów systemu wykazuje, że liczba przebywających w nim transakcji rzadko przekracza 3, na ogół przebywają one w terminalach, tzn. w fazie namysłu użytkownika. Z tego też powodu zmiany parametrów instalacyjnych systemu, takich jak:

- stopień wielozadaniowości, tj. liczba jednocześnie liczonych transakcji,
- liczba jednocześnie obsługiwanych transmisji dyskowych,
- liczba jednocześnie obsługiwanych przez system transmisji z terminala do CPU i z CPU do terminala,
- wielkość rezerwy pamięci używanej przez system do rozwiązywania blokad wzajemnych.

nie wpływają istotnie na zbierane wyniki.

Otrzymane z symulacji wyniki i wnioski są w pełni zgodne z obserwowanym stanem faktycznym analizowanego systemu.

WNIOSKI

Przedstawiony model wielodostępnego transakcyjnego systemu komputerowego jest modelem rozbudowanym wymagającym do analizy znacznej liczby danych. Niedogodność tę rekompensuje jego dokładność potwierdzona otrzymaniem wyników zgodnych ze stanem rzeczywistym analizowanego systemu. Analiza sporządzonego modelu pozwala z góry przewidzieć zachowanie się badanego systemu w innych warunkach eksploatacyjnych. Założonej zmianie jego parametrów instalacyjnych, parametrów transakcji i obciążeniu odpowiada inny zestaw danych do symulacji. Dane te jakkolwiek rozbudowane obejmują wielkości znane z dokumentacji systemu lub narzucone przez operatora systemu i jego użytkowników.

Model mimo swej złożoności jest na tyle ogólny, że może być stosowany do analizy licznych systemów tego typu. W znacznym stopniu sparаметryzowany pozwala przeprowadzić tę analizę przez powtórzenie symulacji dla odpowiedniego zestawu danych. Modułowa budowa programu symulacyjnego umożliwia w szczególnych przypadkach wymianę wybranych jego modułów na inne lub lepsze. Wymiana taka jest wymagana na ogół jedynie w przypadkach innego charakteru pracy odpowiadającym modułom elementów analizowanego systemu - jest więc raczej rzadka.

Wnioski wyciągnięte z przeprowadzonej analizy są cenną wskazówką w doborze właściwej danemu zastosowaniu wersji oprogramowania systemu oraz jego parametrów instalacyjnych. Są one szczególnie cenne podczas projektowania lub zmiany użytkowych procedur obsługi transakcji.

LITERATURA

- [1] Shum A.W.: Queueing Models for Computer Systems with General Service Time Distributions, Garland Publishing Inc., New York 1980.
- [2] Bard Y.: A Simple Approach to System Modeling, Performance Evaluation, Vol. 1, 1981, pp. 225-248.
- [3] Czachórski T.: Przybliżone rozwiązania dokładnych modeli i dokładne rozwiązania modeli przybliżonych w ocenie efektywności złożonych układów komputerowych. Model oparty o symulację, Podstawy Sterowania, Tom 9, 1979, ss. 125-138.
- [4] Sauer C.H.: Approximate Solution of Queueing Networks with Simultaneous Resource Possession, IBM J. Res. Develop., Vol. 25, No 6, 1981, pp. 894-903.
- [5] Dokumentacja oprogramowanie systemu R32, Elwro, Wrocław.
- [6] Bard Y.: The VM/370 Performance Predictor, ACM Comp. Surveys, Vol. 10, 1978, pp. 333-342.
- [7] Seaman P.H.: Modeling Considerations for Predicting Performance of CICS/VS Systems, IBM Systems J., Vol. 19, No. 1, 1980, pp. 68-80.

- [8] Bard Y.: An Analytic Model of the VM/370 System, IBM J. Syst. Develop., Vol. 22, No. 5, 1978, pp. 498-508.
- [9] Bard Y.: A Charakterization of VM/370 Workload, Beilner and E. Gelenbe (eds), Modeling and Performance Evaluation of Computer Systems, North Holland, Amsterdam 1976, pp. 35-55.
- [10] Praca zespołowa: Opracowanie jakościowego modelu probabilistycznego dla komputerowego systemu R32, Opracowanie ZSAK-PAN, Gliwice 1982.
- [11] Wilk A.: Opracowanie modularnego programu symulacyjnego modelującego pracę wybranych podsystemów komputerowego systemu R32, Opracowanie ZSAK-PAN, Gliwice 1983.
- [12] Fishman G.S.: Concepts and Method in Discrete Event Digital Simulation, Wiley, New York 1973.
- [13] Kondratowicz L.: Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978.
- [14] Perkowski P.: Technika symulacji cyfrowej. WNT, Warszawa 1980.
- [15] Kreutzer W.: Computer System Modeling and Simulation, Performance Evaluation Review, Vol. 8, No. 1,2, 1979, pp. 9-35.
- [16] Bard Y., Sauer C.H.: IBM Contributions to Performance Modeling and Simulation, IBM Research Report RC 8364, New York 1980.
- [17] Shedler G.S., Southard J.: Simulation for Passage Times in Closed, Multiclass Networks of Queues with Unrestricted Priorities, Performance Evaluation, No. 2, 1982, pp. 257-267.
- [18] Becker M.: Validite des Simulations de Files d'Attente, Doctorat d'etat des Sciences, Universite Paris VI, 1976.

Recenzent: Prof. dr inż. Stefan Węgrzyn

Wpłynęło do Redakcji: 15.02.1984 г.

ИМИТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОДОСТУПНОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА БАЗЕ ЕС ЭЕМ - Р32

Р е з ю м е

В работе предложен имитационный анализ производительности сложных интерактивных компьютерных систем, пользуясь примером системы построенной на основе компьютера ЕС ЭЕМ - Р32. Представлены принятые предположения и способ подготовки модели этой системы в виде сети постов массового обслуживания. В модели заложены пассивные ресурсы системы вместе с элементами синхронизации. Результаты имитационного моделирования подтверждают точность модели.

SIMULATION PERFORMANCE ANALYSIS OF TRANSACTIONAL RIAD R32 BASED COMPUTER SYSTEM

Summary

Simulation analysis of complex transactional computer system performance is presented, using a RIAD R32 based system as an example. The assumptions for and the way of preparing a model of the system as a queuing network of stations are described. The model takes into account passive resources of the system and elements of synchronisation. The results of a performed simulation confirm the accuracy of the model.