

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Са'ді Ахмад Абдельхамід Саєд Ахмад

УДК 681.324

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ
КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ З НЕОДНОРІДНИМ
БАГАТОКОМПОНЕНТНИМ ПОТОКОМ ДАНИХ**

Спеціальність 05.13.06 – автоматизовані системи управління
та прогресивні інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Раскін Лев Григорович, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, професор кафедри економічної кібернетики та маркетингового менеджменту.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Федорович Олег Євгенович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», завідувач кафедри інформаційно-управляючих систем;
доктор технічних наук, професор Нефьодов Леонід Іванович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій.

Провідна установа – Одеський національний політехнічний університет, Міністерство освіти і науки України, м. Одеса.

Захист відбудеться «1» лютого 2007 року о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», за адресою: 61002, Харків – 2, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 61002, Харків–2, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «22» грудня 2006 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Гамаюн І.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Постійне зростання практичного застосування комп'ютерних мереж (КМ), збільшення обсягів і суттєва неоднорідність даних, які передаються по мережі, диктують необхідність вирішення задач оцінки ефективності мереж залежно від їх структури, топології, технічних характеристик і дисципліни функціонування, а також задач управління ресурсами. Ці задачі можуть бути вирішені тільки при наявності адекватних моделей КМ, які враховують характер та особливості вхідного потоку сполучень і процесу їх обробки. Відомі моделі КМ засновані на використанні добре розвинених математичних методів теорії масового обслуговування, яка опирається на потужний апарат марковських випадкових процесів. При цьому фактично використовується припущення про стаціонарності, ординарності і відсутність наслідку у потоках замовлень, які поступили та які вже обслужені. Реальні потоки цими властивостями не володіють. Математичний апарат для аналізу КМ у цій реальній ситуації розвинутий недостатньо. Необхідність розробки математичних моделей, які враховують немарковський характер випадкових процесів, що протікають в КМ, неоднорідність, нестаціонарність і неординарність вхідного потоку визначає актуальність теми дисертації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, які були виконані в рамках дисертаційної роботи, тісно пов'язані з темами науково-дослідних робіт, які виконувалися в НТУ «ХПІ» при особистій участі здобувача як виконавця: «Розробка інформаційних моделей для реалізації процедур структурного синтезу в комп'ютерно-інтегрованих системах» (план НДР МОН України, ДР № 0103U001543), «Розробка математичного забезпечення системи управління ресурсами в корпоративних комп'ютерних мережах» (договір про наукове співробітництво з НВП «ПРИИСК», Харків, 2005), «Контроль та управління в корпоративних комп'ютерних мережах» (договір про наукове співробітництво з Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем (УкрНДІЕП), Харків, 2005).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка математичних моделей, які адекватно описують процес функціонування елементів КМ з урахуванням немарковського характеру вхідного потоку сполучень і процесу їх обробки. Для досягнення поставленої мети в роботі були сформульовані та вирішені наступні задачі:

- розробка моделей КМ для багатокomпонентного, неоднорідного вхідного потоку сполучень з урахуванням відмінностей у пріоритетах складових потоків;
- розробка математичних методів апроксимації немарковських систем у марковські ;

– розробка методів розщеплення багатокомпонентного неоднорідного потоку сполучень на складові.

Об'єкт дослідження – комп'ютерні мережі.

Предмет дослідження – математичні моделі КМ в умовах неоднорідного, нестационарного потоку сполучень.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач у роботі використовувалися методи теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії матриць, математичного програмування. Інформаційну базу дослідження складають дані про потоки сполучень в КМ НТУ «ХП».

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі розроблено математичне забезпечення побудови моделей КМ, яке містить наступні нові наукові результати:

вперше:

– розроблено метод трансформації моделей немарковських систем у марковські з використанням ерлангівської апроксимації випадкових процесів функціонування КМ;

одержали подальший розвиток:

– методи побудови математичних моделей марковських КМ для багатокомпонентного неоднорідного вхідного потоку з урахуванням відмінностей у пріоритетах складових;

– методи розщеплення багатокомпонентного неоднорідного потоку на складові;

удосконалено: метод дослідження багаторозмірних КМ з використанням технології фазового укрупнення станів.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність одержаних результатів складається у можливості їх безпосереднього використання для побудови моделей оцінки ефективності реальних КМ різної конфігурації в умовах неоднорідного немарковського вхідного потоку і виробці рекомендації з вибору раціональної дисципліни обслуговування складових сумарного потоку сполучень. Розроблені моделі реалізовані у Центрі нових інформаційних технологій НТУ «ХП», НВП «ПРИИСК», УкрНДІЕП, навчальному процесі кафедри економічної кібернетики і маркетингового менеджменту.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, які винесені на захист дисертаційної роботи, одержані здобувачем особисто. Серед них: метод фазового укрупнення станів для аналізу багаторозмірних марковських систем, метод апроксимації моделей немарковських систем у марковські, метод розщеплення багатокомпонентного неоднорідного потоку на складові.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження доповідалися на XII–й і XIII–й Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2005- 2006 рр.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 8 робіт у спеціалізованих фахових виданнях ВАК України.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, 4-х розділів, висновків і додатків. Повний обсяг дисертації складає 162 сторінки. Робота містить 28 ілюстрацій по тексту; 7 таблиць по тексту; 13 ілюстрацій на 5 сторінках; 4 таблиці на 4 сторінках; 2 додатки на 2 сторінках; 53 найменування використаних джерел на 5 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито стан проблеми, обґрунтована актуальність теми, сформульована мета роботи, обґрунтована необхідність проведення дослідження, показані наукова новизна та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** робиться загальна постановка задачі моделювання комп'ютерних мереж (КМ). При цьому обґрунтовуються труднощі аналізу КМ з розгалуженою інфраструктурою, на вхід якої поступає неоднорідний, нестационарний, багатоконпонентний потік. У розділі розглядаються основні характеристики та особливості реалізації існуючих моделюючих систем. Акцентується увага на великі можливості цих систем у відношенні імітації нестационарного неоднорідного трафіка з практично довільним законом розподілення довжини сполучень та інтервалу між ними, а також процесу обробки даних з довільним законом розподілення тривалості обробки. З іншого боку робиться висновок про те, що імітаційному моделюванню, як любому чисельному методу аналізу, конструктивно властивий серйозний, важко усувний недолік, який складається з наступного. Люба імітаційна модель дозволяє кількісно оцінити ефективність конкретної мережі з кількісно заданим конкретним набором параметрів. При цьому, тому що обмежено різноманітність можливих варіантів цих наборів не є можливим отримання аналітичних співвідношень, які устанавлюють зв'язок між значеннями параметрів вхідного потоку, а також параметрів і технічних характеристик самої мережі з результативними значеннями показників ефективності її функціонування. У зв'язку з цим формулюється рекомендація про використання у цілях аналізу КМ аналітичних моделей.

У розділі робиться огляд відомих аналітичних моделей КМ. При цьому констатується, що основні досягнення тут досягнуті у межах марковської теорії. Фіксується, що ці результати не

можуть бути розповсюджені на випадок довільних розподілень інтервалу між заявами вхідного потоку і тривалістю їх обслуговування. Далі, відомі приватні випадки немарковських систем, для яких одержані аналітичні рішення.

Розділ завершується постановкою задачі дослідження. При цьому формулюються вимоги, яким повинні задовольняти моделі, що розроблюються.

Другий розділ присвячений розробці математичних моделей КМ з неоднорідним, багатоконтактним вхідним потоком. В цьому розділі розглядаються марковські моделі функціонування таких КМ, як систем масового обслуговування [1]. Спочатку формується модель одноканальної КМ з неоднорідним вхідним потоком без пріоритетів.

Для цього графа складаються рівняння Колмогорова відносно ймовірностей перебування системи в укрупнених станах. Далі, відшуковуються умовні розподілення ймовірностей станів для кожного з укрупнених станів. Об'єднання цих результатів дають співвідношення для розрахунку розподілення ймовірностей станів системи, мають вигляд

$$P_{i,k} = P_{Гk} \cdot P_i = \frac{\rho_1^i \cdot \rho_2^k (1 - \rho_1)(1 - \rho_2)}{(1 - \rho_1^{n_1+1})(1 - \rho_2^{n_2+1})}, \quad i = 0, 1, \dots, n_1; \quad k = 0, 1, \dots, n_2.$$

Тут $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}$, $\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}$ - наведені інтенсивності вхідних потоків, n_1, n_2 - максимально

припустимі довжини черг заявок першого і другого потоків.

Далі у розділі розглянута одноканальна КМ з неоднорідним вхідним потоком з абсолютним пріоритетом одних потоків перед іншими. Граф станів і переходів для приватного випадку двох потоків наведено на рис. 3.

Аналіз цієї КМ також проводиться методом фазового укрупнення станів.

Далі у роботі проводиться дослідження багатоканальних КМ з неоднорідним вхідним потоком і абсолютним пріоритетом. Використовується технологія фазового укрупнення.

У наступному підрозділі цього розділу розглянута КМ з неоднорідним вхідним потоком з відносними пріоритетами. Відносний пріоритет складається у тому, що заявка, яка потупає у момент, коли система обслуговує іншу заявку з більш низьким пріоритетом, не перериває її обробку, а починає обслуговуватися у момент звільнення каналу. Граф станів і переходів для приватного випадку суперпозиції двох потоків зображено на рис. 4. На цьому рисунку штрихом відмічено якого типа заявка (з першого чи другого потоків) обслуговується.

. Далі у розділі отримана залежність середньої довжини черги одного потоку від інтенсивностей іншого потоку з абсолютним пріоритетом.

Нарешті, у розділі запропонована модель оцінки ефективності функціонування КМ в умовах пікових навантажень. В цих умовах мережа не справляється з обслуговуванням, довжина черги зростає і, якщо вона досягне критичної довжини, сполучення, які поступають, отримують відмову. У зв'язку з цим у роботі введено поняття інформаційної гарантоспроможності КМ і відповідний критерій – імовірність того, що в умовах впливу пікового навантаження випадкова довжина черги не перевищить критичну. У роботі запропонована методика розрахунку щільності розподілення $f_{q_0}(t)$ випадкової величини T , яка відповідає моменту, коли довжина черги перевищить критичну, що дорівнює заданому значенню q_0 . Тоді, якщо $q(t)$ - щільність розподілення випадкової тривалості впливу пікового навантаження, для оцінки інформаційної гарантоспроможності одержано вираз для імовірності того, що тривалість пікового навантаження T_{Π} виявиться менше, ніж випадковий час T досягнення довжини черги критичного значення

$$P(T_{\Pi} \leq T) = \int_0^{\infty} f_{q_0}(t) \int_0^t q(u) du dt.$$

Одержаний вираз дозволяє вибрати належне значення q_0 , а також пред'явити вимоги до інтенсивності обслуговування, яка забезпечує виконання нерівності $P(T_{\Pi} \leq T) > P_{\text{допущ.}}$.

У **третьому розділі** розглядаються математичні моделі оцінки ефективності функціонування немарковських комп'ютерних мереж. Відзначаються обмежені можливості використання для опису поведінки немарковських систем напівмарковських моделей. У зв'язку з цим сформульована задача формування марковських апроксимацій немарковських систем. Для оцінки точності апроксимацій запропоновано використовувати імітаційні моделі. Розглянута методика побудови імітаційних моделей немарковських систем. Для опису щільності розподілення випадкового інтервалу між сполученнями і тривалості обслуговування запропоновано використовувати таку щільність

$$f(\theta) = \frac{(\sqrt{2\pi}\theta_2)^{-1}}{\frac{1}{2\sqrt{1-\theta_3}} + \frac{1}{2\sqrt{1+\theta_3}}} \exp\left[-\frac{(\theta-\theta_1)^2}{2\theta_2^2} (1 + \theta_3 \text{sign}(\theta - \theta_1))\right].$$

Позитивна якість цієї щільності розподілення є у тому, що основні статистичні характеристики випадкових величин (математичне сподівання, дисперсія, асиметрія), які визначаються, на пряму задається кількісними значеннями $\theta_1, \theta_2, \theta_3$. При побудові імітаційної моделі використано принцип особових станів, відповідно до яких формується календар подій, відображений табл. 1

Таблиця 1

Календар подій

№	Тип подій	Назва подій	Момент наступу подій, t_j	Признак χ
0	0	Надходження чергової заявки	0	0
1	1	Звільнення 1-го каналу	0	1
2	1	Звільнення 2-го каналу	0	1
...
n	1	Звільнення n-го каналу	0	1

У роботі описано алгоритм функціонування моделі, яка імітує реальну систему. З використанням цього алгоритму проведено імітацію поведінки системи для 1296 комбінацій параметрів $\theta_1, \theta_2, \theta_3$, для кожної з яких одержано розподілення ймовірностей станів n -канальної системи. Далі сформульована задача апроксимації моделі реальної марковської системи. При цьому потрібно одержати співвідношення для розрахунку параметрів марковської моделі λ, μ залежно від значень $\theta_1, \theta_2, \theta_3$. Введено критерій якості апроксимації

$$\sigma^2 = \frac{1}{1296(u+1)} \sum_{i=1}^{1296} \sum_{k=0}^n (P_{ik} - \hat{P}_{ik})^2,$$

де P_{ik} - ймовірність зайнятості рівно k каналів для i -го варіанту реальної системи, яка отримана імітаційною моделлю;

\hat{P}_{ik} - оцінка цієї ймовірності для апроксимуючої системи.

Мінімізація введеного критерію по параметрам (a_k, b_k) , $k = 0, 1, \dots, 12$, виконана методом спряжених градієнтів Полака-Ріб'єра. Одержані у результаті співвідношення дозволяють розрахувати значення параметрів λ і μ марковської моделі для будь-якого набору $\theta_1, \theta_2, \theta_3$. При цьому середньоквадратична помилка апроксимації складає 15 %. Це досить велика помилка, але вона різко падає до 4 %, якщо у моделі використовувати тільки щільності розподілення з заперечною асиметрією, що добре узгоджується з реальною практикою. Адекватність моделей перевірялася стандартним чином з застосуванням критеріїв Ст'юдента та Фішера.

Далі у розділі розглянута можливість ерлангівської апроксимації немарковських систем. Негативна асиметрія розподілень випадкових інтервалів між заявками ініціювала дослідження можливості апроксимації реального розподілення ерлангівським n -го порядку з щільністю

$$f(t) = \lambda(\lambda t)^{n-1} e^{-\lambda t}.$$

У результаті дослідження показано, що реальні розподілення з негативною асиметрією успішно апроксимуються розподіленням Ерланга другого порядку. Графіки, які ілюструють цей висновок, наведені на рис. 5.

У роботі одержано регресійне співвідношення, яке дозволяє розрахувати раціональне значення параметра λ розподілення Ерланга для любого набору $\theta_1, \theta_2, \theta_3$.

Нарешті, у розділі запропоновано технологію трансформації системи з ерлангівським потоком на вході у марковську, яка збудована на тому, що потік Ерланга k -го порядку можна одержати, якщо просіяти потік і виділити кожен k -у подію. З урахуванням цієї обставини для опису системи обслуговування з ерлангівським вхідним потоком можна побудувати еквівалентну марковську систему. Граф станів і переходів такої системи для приватного випадку ерлангівського потоку другого порядку наведений на рис. 6.

Четвертий розділ містить результати практичного застосування розроблених моделей для оцінки ефективності функціонування вузла реальної КМ НТУ «ХП». Для цього вузла у випадково обраний робочий день з 7-00 до 21-00 години був проведений моніторинг трафіку. Для кожного одержаного повідомлення були зафіксовані момент надходження, довжина пакета. За результатами моніторингу була побудована гістограма розподілення кількості пакетів у часі залежно від їх довжини (рис. 7).

Крім цього, для кожної години протягом робочого дня були побудовані гістограми розподілення довжини пакетів, які надійшли.

Аналіз цього графіка показує, що потік повідомлень, які надійшли до вузла КМ, є суперпозицією двох потоків повідомлень різної середньої довжини. У розділі поставлена і вирішена задача розщеплення суміші потоків на складові. У припущенні про релеєвський характер щільностей розподілення довжини повідомлень для обох потоків задачу розщеплення було вирішено методом найменших квадратів шляхом мінімізації функціонала

$$J = \sum_{j=1}^n \left[P \frac{x_j}{\sigma_1^2} l^{-\frac{x_j^2}{2\sigma_1^2}} + (1-P) \frac{x_j}{\sigma_2^2} l^{-\frac{x_j^2}{2\sigma_2^2}} - y_j \right]^2.$$

У результаті одержані параметри потоків: $\sigma_1 = 0,892$ Кб, $\sigma_2 = 4,34$ Кб, а також значення імовірності $P = 0,38$ того, що чергове повідомлення на вході вузла належить першому потоку.

Далі у роботі розглянута задача побудови вирішального правила $A(x)$, яке відносить повідомлення до першого або другого потоку залежно від його довжини x . Задача була вирішена за допомогою критерію Неймана-Пірсона. При цьому вирішальне правило забезпечує задане значення рівня значущості критерію і максимізує його потужність. Одержане вирішальне правило має вигляд

$$A(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x > (2\sigma_1^2 \ln^2) \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases},$$

де x - довжина пакета, α - імовірність помилки 1 роду.

Далі задача розщеплення була вирішена за критерієм «ідеального спостерігача», що мінімізує суму ймовірностей помилок першого і другого роду. Вираз для вирішального правила у цьому випадку визначається співвідношенням.

$$A(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } x > \sigma_1 \sigma_2 \left(\frac{2 \ln \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}}{\sigma_2^2 - \sigma_1^2} \right)^{\frac{1}{2}} \\ 0 \text{ в іншому випадку.} \end{cases}$$

Із застосуванням цього вирішального правила результуючий потік було розщеплено. Далі, для кожної з виділених складових потоку було побудовано гістограми випадкової дожини інтервалів між повідомленнями, які були апроксимовані розподіленнями Ерланга другого порядку з параметрами $\lambda_1 = 2,49 \frac{1}{c}$ і $\lambda_2 = 1,608 \frac{1}{c}$. З використанням одержаних даних була побудована марковська модель вузла КМ, яка проаналізована. Результати аналізу зведені у табл. 2. Із цієї таблиці виникає, що зміна дисципліни обслуговування черг суттєво впливає на основні статистичні характеристики якості обслуговування (середня довжина черги, дисперсія довжини черги, імовірність перевищення довгої черги критичного значення, який дорівнює 2500). З урахуванням одержаних даних найбільш раціональною у часовому інтервалі, який розглядається, є дисципліна з використанням відносно пріоритету для черги коротких повідомлень.

Таблиця 2

Статистичні характеристики функціонування вузла КМ у часовому інтервалі 11.00-12.00

Дисципліни обслуговування	Середня довжина черги		Дисперсія довжини черги		Імовірність перевищення критичної довжини	
	короткі	довгі	короткі	довгі	короткі	довгі
Пріоритет відсутній	183,1	92,4	$9,31 \times 10^3$	$1,58 \times 10^3$	0,36	0,16
Відносний пріоритет 2-го потоку	248,1	73,4	$4,82 \times 10^3$	$8,36 \times 10^3$	0,47	0,08

Продовження табл. 2

Абсолютний пріоритет 2-го потоку	302,4	42,4	$6,93 \times 10^3$	$2,48 \times 10^3$	0,89	0,02
Відносний пріоритет 1-го потоку	121,4	132,7	$2,14 \times 10^3$	$3,12 \times 10^3$	0,24	0,32
Абсолютний пріоритет 1-го потоку	63,2	163,8	$5,82 \times 10^3$	$4,76 \times 10^3$	0,12	0,68

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача математичного моделювання комп'ютерних мереж. Основні результати і висновки дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Розроблено комплекс математичних моделей комп'ютерних мереж з урахуванням немарковського характеру вхідного потоку повідомлень і процесу їх обробки.

2. Показано, що технологія фазового укрупнення станів багато розмірної комп'ютерної мережі суттєво послаблює труднощі, які виникають у зв'язку з високою розмірністю задачі. Ця технологія дозволяє початкову складну задачу перебудувати у послідовність більш простих задач.

3. Розроблені математичні моделі функціонування КМ в умовах неоднорідного вхідного потоку з урахуванням різниць у пріоритетах складових потоків.

4. Показано, що для немарковського вхідного потоку може бути одержана марковська апроксимація, яка використовує модель потоку Ерланга відповідного порядку. Проведена оцінка точності апроксимації.

5. Розроблена методика розщеплення неоднорідного багатокomпонентного вхідного потоку на складові, яка використовує запропоновані вирішальні правила, що засновані на критеріях Неймана-Пірсона та «ідеального спостерігача». Показано, що за результатами розщеплення неоднорідного вхідного потоку може бути побудована марковська модель КМ, яка дозволяє здійснити розрахунок основних статистичних характеристик мережі.

6. Результати роботи можуть застосовуватися в організаціях, які надають послуги аналізу і моніторингу комп'ютерних мереж, у любых організаційних структурах з розгалуженою сітьовою інфраструктурою для оцінки її ефективності, а також для вироблення рекомендацій при створенні нової або модернізації існуючої мережі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Раскин Л.Г., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад.* Оценка производительности компьютерных сетей как систем массового обслуживания // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харків: НТУ «ХПІ».-2004. - № 45. – С.15-50.

Здобувачу належить математична модель комп'ютерної мережі у термінах теорії масового обслуговування.

2. *Пустовойтов В.Е., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад.* Оценка эффективности многоходовых компьютерных сетей методами фазового укрупнения состояний // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харків: НТУ «ХПІ».-2005. - № 19. – С.101-104.

Здобувачем розроблена методика оцінки ефективності комп'ютерних мереж методами фазового укрупнення станів.

3. *Раскин Л.Г., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад.* Оценка производительности компьютерных сетей с приоритетами // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харків: НТУ «ХПІ».-2005. - № 7.– С.147-152.

Здобувачу належить модель функціонування комп'ютерної мережі з урахуванням пріоритетів.

4. *Раскин Л.Г., Пустовойтов В.Е., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад.* Анализ многоканальных компьютерных сетей с неоднородным по приоритету входным потоком заявок // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Укр. ДАЗТ. – 2005. - №1,2. – с.45-49.

Здобувачем запропонована методика побудови моделі мережі з неоднорідним потоком заявок.

5. *Пустовойтов В.Е., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад, Эль Саед Абделаал Эль Саед Мохамед.* Управляемая Марковская цепь – модель корпоративной компьютерной сети // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харків: НТУ «ХПІ».-2005. - № 55. – С.167-171.

Здобувачем запропонована марковська модель функціонування комп'ютерної мережі.

6. *Серая О.В., Пустовойтов В.Е., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад.* Оптимизация параметров фазовой декомпозиции марковских систем высокой размерности. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2005. – вып. 27. – С. 175-178.

Здобувачем запропонована методика оптимізації параметрів фазового укрупнення станів мережі.

7. *Раскин Л.Г., Пустовойтов В.Е., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад, Эль Саед Абделаал Эль Саед Мохамед.* Оценка эффективности полумарковских компьютерных сетей высокой размерности // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харків: НТУ «ХПИ».-2005. - № 56.- С.17-21.

Здобувачем розроблена методика оцінки ефективності напівмарковських мереж.

8. *Раскин Л.Г., Пустовойтов В.Е., Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад.* Марковская аппроксимация немарковских систем // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Укр. ДАЗТ.– 2006. - №1. – с.57-60.

Здобувачем розроблена методика марковської апроксимації напівмарковських систем.

АНОТАЦІЇ

Са'ді Ахмад Абдельхамід Саед Ахмад. Моделі та методи оцінки ефективності комп'ютерних мереж з неоднорідним багатокомпонентним потоком даних. - Рукопис.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 - автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. - Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків. - 2006.

Дисертаційна робота присвячена рішення актуальної проблеми підвищення ефективності комп'ютерних мереж, які функціонують в умовах багатокомпонентних, неоднорідних, нестационарних вхідних потоків даних.

У роботі запропонована методика дослідження багаторозмірних комп'ютерних мереж, яка використовує технологію фазового укрупнення станів. Описано різні способи укрупнення та вироблені рекомендації з раціональної організації укрупнення. Розглянуто математичні моделі комп'ютерних мереж для багатокомпонентних вхідних потоків з урахуванням розходжень у

пріоритетах складових. Розроблені моделі дозволяють розрахувати розподіл ймовірностей станів у випадках абсолютного і відносного пріоритету одних потоків перед іншими.

Оскільки реальні вхідні потоки не є марковськими, у роботі поставлена та вирішена задача оцінки ефективності комп'ютерних мереж з немарковськими вхідними потоками. Запропонована технологія є двохетапною. На першому етапі реальний потік апроксимується потоком Ерланга другого або третього порядку. На другому етапі з урахуванням властивостей потоку Ерланга будується марковська модель, яка еквівалентна вихідній немарковській. Проведено оцінку точності марковської апроксимації.

Нарешті, у роботі поставлена та вирішена задача розщеплення багатоконпонентного вхідного потоку на складові. Показано, що за результатами розщеплення неоднорідного вхідного потоку може бути побудована марковська модель, яка дозволяє здійснити розрахунок основних статистичних характеристик мережі.

Розроблені методики практично використані для аналізу реальних потоків комп'ютерної мережі НТУ "ХП", вироблені рекомендації з підвищення ефективності її функціонування.

Ключові слова: комп'ютерна мережа; неоднорідний, багатоконпонентний вхідний потік; фазове укрупнення станів; марковські моделі комп'ютерної мережі; марковська апроксимація немарковської мережі; розщеплення потоку на складові.

Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад. Модели и методы оценки эффективности компьютерных сетей с неоднородным многокомпонентным потоком данных. – Рукопись.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков. – 2006.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной проблемы повышения эффективности компьютерных сетей, функционирующих в условиях многокомпонентных, неоднородных, нестационарных входных потоков данных. В соответствии с этим, целью работы является разработка комплекса математических моделей, адекватно описывающих процесс функционирования элементов компьютерных сетей с учетом специфических особенностей потока сообщений и процесса их обработки. Сложность проблемы оценки эффективности реальных компьютерных сетей состоит в том, что известные модели сетей основаны на использовании развитых методов теории массового обслуживания, опирающихся на мощный аппарат теории марковских случайных процессов. При этом фактически используются допущения об однородности, стационарности и ординарности потоков поступающих и

обслуженных сообщений, а также отсутствию последствия. Реальная неоднородность входных потоков в условиях существенных различий в эффективности их обслуживания резко увеличивает размерность моделей таких систем, значительно усложняет задачу расчета распределения вероятностей системы.

В связи с этим в работе предложена методика исследования многомерных компьютерных сетей, использующая технологию фазового укрупнения состояний. Описаны различные способы укрупнения и выработаны рекомендации по рациональной организации укрупнения.

В работе рассмотрены математические модели компьютерных сетей для многокомпонентных входных потоков с учетом различий в приоритетах составляющих. Разработанные модели позволяют рассчитать распределения вероятностей состояний в случаях абсолютного и относительного приоритета одних потоков перед другими.

Поскольку реальные входные потоки не являются марковскими, в работе поставлена и решена задача оценки эффективности компьютерных сетей с немарковскими входными потоками.

Предложенная технология является двухэтапной. На первом этапе реальный поток аппроксимируется потоком Эрланга второго или третьего порядка. При этом показано, что поток второго порядка обеспечивает приемлемую точность. На втором этапе с учетом свойств потока Эрланга строится марковская модель, эквивалентная исходной немарковской. Проведена оценка точности марковской аппроксимации.

Наконец, в работе поставлена и решена задача расщепления многокомпонентного входного потока на составляющие. Соответствующая методика использует предложенные в работе решающие правила, основанные на критериях Неймана-Пирсона и «идеального наблюдателя». Показано, что по результатам расщепления неоднородного входного потока может быть построена марковская модель, позволяющая осуществить расчет основных статистических характеристик сети.

Разработанные методики практически использованы для анализа реальных потоков компьютерной сети НТУ «ХПИ», выработаны рекомендации по повышению эффективности ее функционирования.

Ключевые слова: компьютерная сеть; неоднородный, многокомпонентный входной поток; фазовое укрупнение состояний; марковские модели компьютерной сети; марковская аппроксимация немарковской сети; расщепление потока на составляющие.

Sa'di Ahmad Abdelhamid Sayed Ahmad. Models and methods of an estimation of efficiency of computer networks with a non-uniform multicomponent stream of the data. - Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.13.06 - automated control systems and modern information technologies. - National Technical University «Kharkiv Polytechnical Institute », Kharkiv. - 2006.

Dissertational work is devoted to the solution the actual problem of computer networks' efficiency increase, functioning in conditions of multicomponent, non-uniform, non-stationary entrance of the data streams.

In work the technique of research of the multidimensional computer networks, using technology of phase integration of conditions is offered. Various ways of integration are described and recommendations on the rational organization of integration are produced. Mathematical models of computer networks for multicomponent entrance streams are considered in view of distinctions in priorities of the components. The developed models allow to calculate distributions of conditions' probabilities in case of an absolute and relative priority of one streams before others.

As real entrance streams are not Markov', in work the problem of an estimation of efficiency of computer networks with non-Markov' entrance streams is stated and solved. The suggested technology is two-staged. At the first stage the real stream is approximated by Erlang stream of the second or third order. At the second stage in view of properties of Erlang stream the model equivalent to Markov model is built. The estimation of accuracy марковской approximations is carried out.

At last, in work the problem of splitting of a multicomponent entrance stream on components is stated and solved. It is shown, that by results of splitting a non-uniform entrance stream can be constructed Markov' the model, allowing to carry out calculation of the basic statistical characteristics of a network.

The developed techniques are practically used for the analysis of real streams of computer network НТУ "ХПИ", recommendations on increase of efficiency of its functioning are produced.

Key words: a computer network; a non-uniform, multicomponent entrance stream; phase integration of conditions; Markov' models of a computer network; Markov' approximation non-Markov' networks; splitting of a stream on components.

