

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Українська державна академія залізничного транспорту

Щебенюк Володимир Сергійович

УДК 621.391

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПОТОКІВ ДАНИХ В МУЛЬТИМАРШРУТНОМУ ТРАКТІ
АДАПТИВНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент Шматков Сергій Ігорович, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, завідувач кафедри теоретичної та прикладної системотехніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Краснобаєв Віктор Анатолійович, Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії.

кандидат технічних наук, Дуравкін Євген Володимирович, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри телекомунікаційних систем.

Захист відбудеться « 20 » лютого 2013 року о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл.Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 61050, м. Харків, пл.Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «_____» _____ 2012 р.

*Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент*

К.А. Трубчанінова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Сучасний етап розвитку суспільства вимагає необхідності вирішення в науці і техніці за короткі терміни все більш складних завдань. Для цього широко використовуються телекомунікаційні системи з паралельною обробкою. При реалізації такої обробки, у разі використання територіально рознесених елементів, необхідне впровадження розподілених телекомунікаційних мереж. Однак сучасні телекомунікаційні системи мають низку недоліків, які обмежують можливість подальшого підвищення ефективності їх застосування. Все це зумовлює актуальність розв'язання науково-технічної задачі розробки нових методів і моделей побудови та організації паралельних процесів, обробки даних, процесів управління та обміну інформацією як з метою підвищення ефективності відомих, так і створення перспективних телекомунікаційних мереж (ТКМ). У галузі теоретичних досліджень є значна кількість праць, присвячених питанням підвищення ефективності каналу передачі даних. Серед відомих дослідників у цій галузі необхідно назвати таких учених: Лосев Ю.І., Поповський В.В., Харченко В.С., Глоба Л.С., Левін М.П., Шифрін Я.С. Роботи цих учених стали науковою базою для подальших досліджень.

Аналіз відомих праць, показує, що кожна із цих робіт присвячена вирішенню окремої задачі та в них не враховуються особливості функціонування мультимаршрутного тракту, які полягають у необхідності фрагментації повідомлень, їх складання з прийнятих фрагментів, каналної та міжмаршрутної синхронізації, особливості відновлення перекручених та загублених фрагментів, тому актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена необхідністю розв'язання наукової задачі розробки методів і моделей управління якістю обслуговування в мультимаршрутному тракті, що забезпечує ефективний обмін даними в адаптивних ТКМ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний у дисертаційній роботі напрям досліджень є частиною робіт, які проводяться в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна, і пов'язаний з виконанням внутрішніх грантів фонду фундаментальних та прикладних досліджень «Математичне та комп'ютерне моделювання інформаційних процесів в складних природних та технічних системах» (№ ДР 0112U002098) та проектом «Розробка макета, що забезпечує аналіз основних характеристик комп'ютерних мереж та її елементів».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності адаптивних ТКМ, шляхом розробки методів та моделей обміну інформацією в адаптивних ТКМ, на основі використання мультимаршрутної передачі. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- провести аналіз методів моделювання інформаційного обміну в адаптивних ТКМ та розробити вимоги щодо математичного апарату моделювання процесів в адаптивних ТКМ.

- розвинути математичну модель інформаційного обміну та управління якістю обслуговування при мультимаршрутній передачі в адаптивних ТКМ, яка дозволяє враховувати використання різношвидкісних каналів, особливостей протоколів, а також специфіку самоподібного вхідного трафіка;
- удосконалити математичну модель управління якістю обслуговування, що дозволяє визначити часові параметри мережі (середній час доставки, дисперсію часу доставки, імовірність доставки за заданий час);
- провести порівняльну оцінку методів одномаршрутної та багатомаршрутної передачі повідомлень. Довести, що для зменшення часу доставки доцільно розділити повідомлення на фрагменти та його мультимаршрутна передача;
- розвинути методи управління потоком даних при мультимаршрутній передачі (розподіл фрагментів по каналах, відновлення втрачених та перекручених повідомлень, формування повідомлень з прийнятих фрагментів);
- розробити методи та моделі синхронізації тракту обміну даними при мультимаршрутній передачі;

Об'єкт дослідження – процес інформаційного обміну в адаптивних ТКМ по мультимаршрутному тракту.

Предмет дослідження – методи побудови та організації обміну даними в мультимаршрутному тракті.

Методи дослідження. У роботі знайшли застосування аналітичні та імітаційні методи дослідження. При розробці моделей використовувались теорія масового обслуговування, імовірно-часові графи та похідні функції, теорія імовірності та випадкових процесів, теорія зв'язку. Оцінка коректності та вірогідності одержаних результатів проводилась на основі методів математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- 1) здобула подальшого розвитку модель процесу інформаційного обміну в ТКМ, яка, на відміну від відомих, побудована на особливостях організації мультимаршрутного тракту. Модель відрізняється тим, що при оцінці основних імовірно-часових характеристик дає можливість врахувати якість різношвидкісних каналів, що використовуються в мультимаршрутному тракті, особливості протоколу, самоподібність трафіка та надмірність, що вводиться;
- 2) удосконалено модель процесу управління каналом обміну даними, відмінною особливістю якої є комплексне використання як імовірно-часових графів і похідних функцій, так і ланцюгів Маркова та теорії масового обслуговування. Модель дозволяє оцінити не тільки середнє значення і дисперсію часу доставки повідомлень, а й імовірність доставки повідомлення за заданий час, без обмежень на характеристики трафіка;

- 3) здобули подальшого розвитку методи та моделі управління трафіком при мультимаршрутній передачі, відновлення втрачених та перекручених повідомлень, з урахуванням впливу різних режимів роботи та формування повідомлень із прийнятих фрагментів;
- 4) уперше розроблено методи та моделі каналної та міжканальної синхронізації, що відрізняються від відомих тим, що описують як одноосний, так і двохосний методи, а також метод без використання зворотного зв'язку. Моделі дають можливість оцінити імовірнісно-часові характеристики, порівняти різні методи режиму синхронізації та обґрунтовано вибрати порогові значення переходу між етапами процесу встановлення синхронної роботи.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає в тому, що:

- 1) розроблено методи та моделі, що дозволяють оцінити та порівняти різні варіанти реалізації мультимаршрутного тракту і можуть бути використані як для модернізації існуючих, так і створенні перспективних телекомунікаційних мереж;
- 2) результати аналізу, отримані в роботі, дозволяють обґрунтовано розробляти архітектуру адаптивних ТКМ з паралельною обробкою.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі ХНУ ім. В.Н. Каразіна на кафедрі теоретичної та прикладної системотехніки, зокрема, при викладанні навчальних дисциплін «Комп'ютерні мережі».

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, з питань, що стосуються даного дослідження, авторові належить: у роботах [1, 3] – підхід до створення математичної моделі мультимаршрутної передачі; у роботі [2] – дослідження ефективності одномаршрутної та мультимаршрутної системи передачі інформації; у роботі [4] – розробка методу управління потоком даних при відновленні загублених та перекручених даних у мультимаршрутній системі обміну даними; у роботі [5] – розробка математичної моделі міжмаршрутної синхронізації в мультимаршрутній системі передачі даних.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на двох науково-технічних конференціях:

- IV Міжнародний радіоелектронний форум «Прикладна радіоелектроніка. Стан і перспективи розвитку», Харків, ХНУРЕ, 2011 р.
- Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми математики та її застосування в природничих науках і інформаційних технологіях», Харків, ХНУ, 2011 р.

Публікації. Результати дисертаційної роботи викладені в 5 наукових статтях, які опубліковані у наукових виданнях, що входять до переліку ДАК України (3 - у наукових журналах, 2 - у збірниках наукових праць) та 2 тезах доповідей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Повний обсяг дисертації становить 238 сторінок, включаючи 50 сторінок з рисунками, три додатки на 26 сторінках, списку використаних джерел зі 77 найменувань на 8 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, формулюється мета і задачі дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження. Наведено перелік результатів дисертаційного дослідження, які становлять наукову новизну, зазначено практичне значення отриманих результатів, а також перелік наукових статей та конференцій, на яких було проведено апробацію результатів.

У **першому розділі** проведено аналіз математичного апарата моделювання ТКМ, що включає аналітичні методи. На підставі проведеного аналізу було зроблено висновок, що кожен з проаналізованих методів досить адекватно описує окремі моделі та доповнює можливості інших методів. Разом із тим жоден з розглянутих методів не може бути використаний для розробки комплексної моделі ТКМ. Показано, що розробку моделі ТКМ необхідно ґрунтувати на комплексному використанні різних методів моделювання з урахуванням їх переваг та недоліків.

На підставі проведеного аналізу було розроблені як загальні вимоги до моделей та апарата моделювання, так і додаткові з урахуванням особливостей адаптивної ТКМ з паралельною обробкою.

Дано обґрунтування можливості використання при розробці комплексної моделі ТКМ теорії масового обслуговування як основної. Обмеження на параметри потоку, що прийняті в цій теорії, мають бути зняті на основі досягнень теорії фракталів шляхом використання параметра Херста. Особливості протоколу, що використовується, в даному випадку необхідно враховувати застосуванням імовірісно-часових графів при визначенні інтенсивності обслуговування інформаційного потоку.

Дослідження процесів з урахуванням особливостей протоколу і такого параметра, як час, в якості основного математичного апарату необхідно використовувати імовірісно-часові графи та похідні функції. Як додаткову, для вивчення окремих процесів, бажано використовувати теорію масового обслуговування з урахуванням особливостей самоподібного графіка.

При використанні імовірісно-часових графів та похідних функцій обґрунтована необхідність визначення розширення їх можливостей щодо оцінки характеристик мережі в напрямі опису паралельних процесів.

Другий розділ присвячено розробці моделі інформаційного обміну при різних способах організації мультимаршрутного тракту в адаптивних ТКМ. Проведено аналіз існуючих моделей мультимаршрутної передачі інформації, які ґрунтуються на теорії масового обслуговування.

Проаналізовано моделі багатоканальних систем масового обслуговування, що враховують швидкість каналів мультимаршрутних

трактів. Такі моделі дозволяють дослідити вплив швидкості каналу на час перебування заявки в системі.

Показано що традиційні моделі недостатньо враховують особливості адаптивної ТКМ. У зв'язку з чим виникла необхідність розробки нової моделі. Особливістю запропонованої моделі є урахування мультимаршрутної передачі інформації, можливість використання різношвидкісних каналів, а також самоподібні властивості вихідного трафіка.

Модель структури мережі зазвичай представляється у вигляді неорієнтованого графа. Передбачається, що мережа включає множину вузлів комутації (N). Вузли комутації i та j з'єднані дугами. Кожна дуга характеризується довжиною l_{ij} та пропускну здатністю C_{ij} . Усі ці дані наводяться в матрицях довжин $h = |l_{ij}|$ та пропускну здатностей $C = |C_{ij}|$. Відома матриця зв'язності вузлів $S = |S_{ij}|$.

Вузол характеризується ємністю буферного пристрою пам'яті W_j , інтенсивністю обслуговування заявок, що надходять, T -го типу λ_j^T та надійністю K_r (коефіцієнт готовності). На вузол надходить вхідний потік заявок від джерел, що містяться на цьому вузлі λ_{BXj}^T , і транзитний потік між i та γ вузлами $\lambda_{TP}^T = \sum_{i,\gamma} \lambda_{TPi\gamma}^T$.

Повідомлення залежно від числа маршрутів, що використовуються, поділяється на α фрагментів ($1 \leq \alpha \leq M$). Отже, інтенсивність вхідного потоку може бути визначена виразом:

$$\lambda_{BXj}^T = \sum_{\alpha} \lambda_{BX\alpha j}^T \cdot \phi_{\alpha},$$

де ϕ_{α} - частка вхідного потоку визначається виразом $\phi_{\alpha} = \frac{\lambda_{BX\alpha j}^T}{\lambda_{BXj}^T}$.

Ці α потоків можуть бути розподілені по M маршрутах різними способами. Для виконання умови відсутності перенавантаження вводиться таке обмеження:

$$\lambda_{BX\alpha}^T \leq C_{\alpha}^S, \quad 1 \leq \alpha \leq M,$$

де C_{α}^S - здатність каналу α , яку можна виділити для передачі фрагмента ($1 \leq \alpha \leq M$).

Задача розподілення та управління трафіком розв'язується з урахуванням таких показників: час доставки T_d повідомлення; імовірність доставки за заданий час $P(T_d \leq T_{доп})$; ефективність використання ресурсів каналів $K_{исп} = \frac{\lambda_{ВЫХ}}{C}$, де C - пропускну здатність каналу; забезпечення рівності інтенсивності вихідного потоку $\lambda_{ВЫХ}$ та інтенсивності потоку на вході вузла $\lambda_{\Sigma ВХ}$.

Показник ефективності представляється у вигляді функціоналу:

$$\mathcal{E} = f[T_d; P(T_d \leq T_{доп}); K_{исп}, \lambda_{ВЫХ} = \lambda_{\Sigma ВХ}]$$

при обмеженні $P_{ош} \leq P_{ош доп}$, де $P_{ош доп}$ - припустима імовірність помилки при доставці повідомлення.

У процесі управління необхідно забезпечити мінімальний час доставки або максимальну імовірність доставки за заданий час, максимальне значення коефіцієнта використання ресурсів мережі та $\lambda_{ВВЛX} = \lambda_{\sum BXj}$.

У результаті при багатошляховій передачі виникає важлива задача для даної пари абонентів: фрагментувати повідомлення та розподілити потік (визначити ϕ_{sa}) так, щоб мінімізувати функцію T_d при дотриманні збалансованості навантаження на шляху (маршруті).

Час передачі фрагмента обраним шляхом $\tau_{ПЕР\alpha}^T$ включає час передачі по ділянках тракту $T_{ПЕР\alpha}^T$, час затримки на вузлі комутації $T_{ЗАд\alpha i}^T$ та час розповсюдження сигналу $T_{P\alpha i}^T$. Оскільки тракт містить ψ ділянок, одержимо:

$$\tau_{ПЕР\alpha}^T = T_{ПЕР\alpha}^T + \sum_{i=1}^{\beta-1} T_{ЗАд\alpha i}^T + \sum_{i=1}^{\beta} T_{P\alpha i}^T.$$

Для боротьби з помилками сучасні технології в основному використовують системи з вирішальним зворотним зв'язком. У результаті час передачі буде випадковою величиною. Збільшення часу доставки за рахунок повторення повідомлень будемо враховувати коефіцієнтом θ

$$\theta = \frac{dF(z)}{dz} \Big|_{z=1},$$

де $F(z)$ - похідна функція, що описує процес управління трафіком в інформаційному каналі, який здійснюється відповідно до протоколу, що використовується;

z - параметр, ступінь якого характеризує час виконання операції.

При одержанні виразу $F(z)$ процес інформаційного обміну має вигляд імовірнісно-часового графа (ІЧГ), який після еквівалентних перетворень має 3 гілки. Одна гілка характеризує правильну доставку фрагмента $F(z)_{ПР}$, друга - доставку з помилкою $F(z)_{ОШ}$, а третя - імовірність втрати $F(z)_{ПОТ} \Big|_{z=1}$

$$F(z) = F(z)_{ПР} + F(z)_{ОШ} + F(z)_{ПОТ}.$$

З врахуванням самоподібності трафіку середній час затримки на вузлі визначатиметься за формулою, що враховує параметр Херста (H).

Імовірність втрати пакета на j -ому вузлі комутації за рахунок переповнення пристрою пам'яті визначається за формулою:

$$P_{ПОТj} = \frac{1 - \rho_j}{1 - \rho_j^{(W_j+1)(1-H)*2}} \rho_j^{W_j(1-H)*2}, \quad \rho_j = \frac{\lambda_j}{\mu_j}. \quad (1)$$

λ_i и μ_i - відповідно інтенсивність надходження та обслуговування фрагментів.

Час передачі повідомлення, яке має M фрагментів, дорівнює максимальному часу передачі одного із фрагментів повідомлення по маршруту α

$$T_{ПЕР\alpha}^T = \max(\tau_{ПЕР\alpha}^T).$$

Повідомлення буде доставлено користувачеві тільки після його складання із прийнятих фрагментів (τ_{CB}). При багатошляховій передачі кожен фрагмент та кожне повідомлення повинні мати додатково свої заголовки. Надмірність за рахунок цих заголовків позначимо $r_3 = 1 + \frac{K_{ЗАГ}}{n}$, $K_{ЗАГ}$ - довжина заголовка. В результаті час доставки повідомлень буде визначатися виразом:

$$T_{D\alpha} = \max_{\alpha} \left\{ T_{ПЕР\alpha}^T \cdot r_3 + \sum_{i=1}^{\beta-1} T_{ЗАД\alpha i}^T + \sum_{i=1}^{\beta} T_{P\alpha i}^T \right\} \cdot \theta_{\alpha} + \tau_{CB}. \quad (2)$$

Швидкість передачі з урахуванням усіх маршрутів $\lambda_{\Sigma} = \sum_{\alpha=1}^M \lambda_{\alpha}$, де $\lambda_{\alpha} = \frac{1}{T_{D\alpha}^T}$.

З урахуванням можливих втрат з імовірністю $P_{ПОТ\alpha}$ швидкість доставки повідомлень зменшується та дорівнюватиме:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{\alpha=1}^M \lambda_{\alpha} \cdot (1 - P_{ПОТ\alpha}).$$

Повідомлення має бути доставлено споживачеві з потрібною якістю.

Якість повідомлення визначається виконанням обмежень $T_D \leq T_{ДОП}$; $P_{ОШ} \leq P_{ОШДОП}$. Тут $P_{ОШДОП}$ - припустима імовірність помилки.

Третій розділ присвячено розробці моделей управління якістю обслуговування потоків даних у мультимаршрутному тракті адаптивних ТКМ. На основі розроблених моделей одержано формули оцінки середнього часу передачі, імовірності помилки та втрати.

У розподілених системах обмін інформацією між окремими користувачами або групами користувачів може здійснюватись за одним маршрутом цілими повідомленнями з їх фрагментацією та з передачею фрагментів по різних маршрутах.

Для визначення цих умов проведемо порівняння методу мультимаршрутної передачі з методом передачі по одному шляху. Припустимо, що блок розділений на M фрагментів. Кожен фрагмент містить m_j інформаційних та k_{cl} службових символів. У системах із зворотним зв'язком кожен фрагмент може повторюватися у разі виявлення помилки. Між двома кінцевими пунктами містяться β проміжних вузлів. Час передачі блоку визначатиметься виразом:

$$T_{ПЕР\beta n} = \sum_{j=1}^M T_{ПЕР j} \cdot \theta_j, \quad (3)$$

де $T_{ПЕР j} = T_{ФР j} \cdot r_{31} + \sum_{i=1}^{\beta+1} T_{Pij} + \sum_{i=1}^{\beta} T_{ЗАД yij}$;

$T_{ЗАД yij}$ - час затримки на вузлі $T_{ЗАД yij} = T_{ФР j} \cdot r_{31}$;

$T_{ФР j}$ - тривалість фрагмента $T_{ФР j} = \frac{m_{nj} + k_{cl}}{B}$, $k_{cl} = \log(m_n)$;

r_{31} - надмірність за рахунок заголовка фрагментів.

Оскільки інформаційне навантаження дорівнює сумі навантаження, що надходить $\sum_{j=1}^M m_{nj}$, швидкість передачі інформаційних символів дорівнює:

$$C_1 = \frac{\sum_{j=1}^M m_{nj}}{T_{ПЕР\delta l1}}. \quad (4)$$

Якщо ділянки мережі мають однакові характеристики та фрагменти однакової довжини, то при послідовній передачі фрагментів вираз (3) буде мати вигляд:

$$T_{ПЕР\delta l1} = M \cdot T_{ПЕР1} \cdot \theta_1;$$

$$T_{ПЕР1} = T_{ФРj} \cdot r_{31} + (\beta + 1) \cdot T_P + \beta \cdot T_{ЗАДy1}.$$

Одержаний вираз для часу передачі блоку розбиття на фрагменти $T_{ПЕР.\delta l2}$.

Доведена нерівність $\frac{T_{ПЕР.\delta l1}}{T_{ПЕР.\delta l2}} < 1$. Таким чином, час передачі повідомлення

одним блоком більший, ніж при передачі фрагментами. Отже, швидкість передачі інформаційного символу при діленні на фрагменти буде більша.

За певних умов показано, що існує оптимальна довжина блоку (фрагмента) як за мінімумом еквівалентної помилки, так і за часом доставки.

Підвищення швидкості при мультимаршрутній передачі забезпечується за рахунок того, що інформаційне навантаження m_Σ розподіляється по M каналах. В результаті сумарна швидкість передачі дорівнює:

$$C = \frac{m_\Sigma}{T_{ПЕР.ФР.МАХ}} = \frac{\sum_{i=1}^M m_i}{T_{ПЕР.ФР.МАХ}},$$

де m_i - інформаційне навантаження i -го каналу (біт);

$T_{ПЕР.ФР.МАХ}$ - максимальний час передачі фрагмента по одному з M каналів.

Швидкість передачі можна збільшити без зростання кількості каналів, шляхом підвищення швидкості передачі в каналі у стільки разів, скільки каналів використовується в багатоканальній системі.

Визначено умови, за яких дане твердження вірне. Доведено, що одноканальна система з підвищеною швидкістю передачі буде еквівалентна багатоканальній системі, якщо стан каналу задовільний і мала довжина повідомлення, що передається.

Звичайний стан каналу змінюється, змінюється також і довжина повідомлення, що передається. За цих умов одноканальна система за швидкістю доставками повідомлень поступатиметься багатоканальній системі.

Показано, що при інформаційному навантаженні мультимаршрутного тракту m_Σ та доданого каналу з інформаційним навантаженням m_2 позитивний ефект у швидкості передачі буде при виконанні нерівності:

$$\frac{m_2}{m_\Sigma} > \frac{T_{ПЕР2}}{T_{ПЕРj.МАХ}} - 1,$$

де $T_{ПЕР2}$ і $T_{ПЕРj.МАХ}$ - відповідно час передачі додатковим та каналом, використаним раніше.

Тільки за цієї умови введення нового каналу дає позитивний ефект за швидкістю передачі інформаційних символів.

Розроблено алгоритм управління якістю обслуговування, який передбачає управління кількістю каналів, тривалістю фрагменту, що передається, швидкістю передачі, тривалістю тайм-ауту, шириною вікна та правилом розподілу фрагментів по каналах.

Четвертий розділ присвячено розробці методів та моделей управління якістю обслуговування потоків даних при мультимаршрутній передачі та аналізу їх ефективності з урахуванням впливу різних режимів роботи.

У розділі обґрунтовано метод розподілення фрагментів по каналах у мультимаршрутному тракті, побудованому на основі угорського методу. Проведено аналіз ефективності методів відновлення загублених та перекручених повідомлень при мультимаршрутній передачі. Для цього були розроблені математичні моделі трьох способів відновлення повідомлень на основі імовірно-часових графів.

Перший варіант передбачає незалежне функціонування кожного каналу. При другому варіанті виконується послідовна поканальна обробка повідомлень, що приймаються. При третьому варіанті у випадку виявлення помилки в якому-небудь каналі виконується повторна передача фрагмента по всім каналам.

Імовірно-часовий граф організації зворотного зв'язку в кожному каналі для першого варіанта передачі даних зображено на рис. 1, де позначено:

$P_{пр}, P_{но}, P_{оо}$ і $P_{пот}$ відповідно до вірогідності правильного приймання, невиявленої, виявленої помилки та вірогідності втрати;

$P_{сб}$ і $P'_{сб}$ - відповідно до вірогідності правильного формування повідомлення при правильному прийманні і невиявлені помилки;

$T_{ТА}, n$ - відповідно час тайм-ауту та кількість фрагментів.

Шляхом еквівалентних перетворень ІЧГ (рис. 1) приводиться до вигляду, показанному на рис. 2.

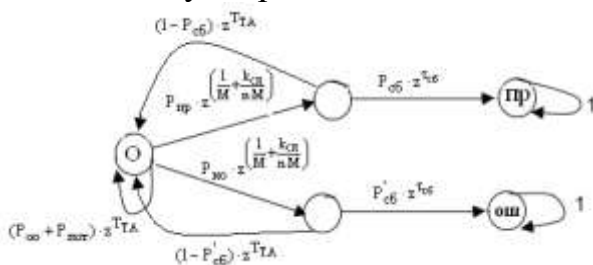


Рис.1. Імовірно-часовий граф

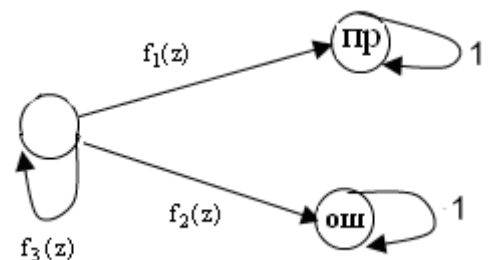


Рис.2. Кінцевий ІЧГ

На цьому графі позначено:

$$f_1(z) = P_{пр} \cdot z^{\left(\frac{1 + k_{сл}}{M + n \cdot M}\right)}; \quad f_2(z) = P_{но} \cdot z^{\left(\frac{1 + k_{сл}}{M + n \cdot M}\right)}; \quad f_3(z) = (P_{оо} + P_{ном}) \cdot z^{T_{ТА}}.$$

Похідна функція дорівнює:

$$F(z) = \frac{f_1(z) + f_2(z)}{1 - f_3(z)}.$$

Відносний час передачі дорівнює:

$$T_{cp} = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1}. \quad (5)$$

Імовірність правильного приймання та імовірність невиявленої помилки відповідно дорівнюють:

$$P_{np1} = \left. \frac{f_2(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{z=1}, \quad P_{no1} = \left. \frac{f_1(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{z=1}.$$

Оскільки в $\dot{1}$ -канальній системі канали працюють незалежно, ПЧГ при мультимаршрутній передачі матиме вигляд, аналогічний зображеному на рис.2 необхідно тільки замінити $f_1(z)$ на $F_1(z)$, $f_2(z)$ на $F_2(z)$ и $f_3(z)$ на $F_3(z)$, де:

$$\begin{aligned} F_1'(z) &= (P_{np1})^M \cdot z^{T_{cp1}}; F_1(z) = F_1'(z) \cdot P_{c\sigma}; \\ F_2'(z) &= \sum_{i=1}^M C_M^i \cdot (P_{no1})^i \cdot (1 - P_{no1})^{M-i}; F_2(z) = F_2'(z) \cdot P_{c\sigma}; \\ F_3(z) &= [F_1'(z) \cdot (1 - P_{c\sigma}) + F_2'(z) \cdot (1 - P_2')]. z^{T_{TA}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Похідна функція має вигляд:

$$F(z) = \frac{F_1(z) + F_2(z)}{1 - F_3(z)}. \quad (7)$$

Час передачі визначається за формулою (5). Імовірність помилки:

$$P_{om} = \left. \frac{F_2(z)}{1 - F_3(z)} \right|_{z=1}.$$

За наведеними вище виразами досліджено залежності середнього часу передачі та імовірності помилки для різних вихідних даних.

На рис.3 наведено залежності середнього часу передачі від вірогідності спотворення одного біта при довжині повідомлення 64 в багатоканальних системах за різної кількості каналів. На рис.4 наведено залежності імовірності помилки від імовірності спотворення одного біта при довжині повідомлення 64 біт за різної кількості каналів.

З наведених графіків видно, що середній час передачі істотно зростає при збільшенні вірогідності спотворення одного біта (p) більш ніж 10^{-4} і може бути обмежуючим чинником числа використовуваних каналів. Імовірність приймання повідомлення з помилкою (рис.4) зростає із збільшенням p і мало залежить від числа використовуваних каналів. За аналогічною методикою розроблено модель для другого та третього варіантів організації зворотного зв'язку.

Розроблені математичні моделі відновлення загублених та перекручених пакетів (формули 5 - 7) забезпечують можливості оцінки таких важливих ПЧХ, як середній час і дисперсію часу доставки, і вірогідність помилки з урахуванням числа використовуваних каналів і їх стану. В результаті є можливість порівняти і обґрунтовано вибрати варіант інформаційного обміну при мультимаршрутній передачі, що забезпечує підвищення ефективності ТКМ.

Аналіз по приведених формулах показав, що для всіх трьох варіантів організації зворотного зв'язку із зменшенням вірогідності помилки до 10^{-3} відносний середній час різко зменшується. При подальшому зменшенні величини p середній час доставки зменшується трохи. Для першого варіанту організації зворотного зв'язку (рис. 3) спостерігається слабка залежність відносного середнього часу передачі від числа використаних каналів і довжини повідомлення.

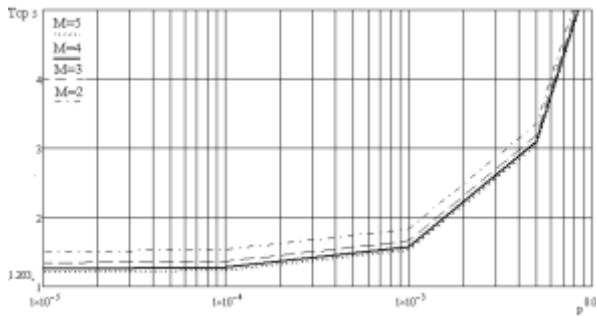


Рис.3. Залежність $T_{ср} = f(p)$ при довжині повідомлення 64біти

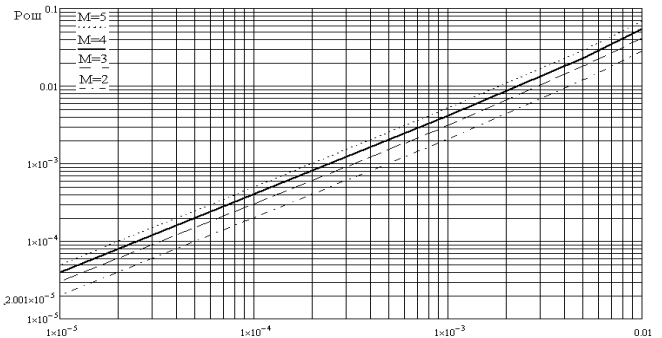


Рис.4. Залежність $P_{ош} = f(p)$ при довжині повідомлення 64 біти

При другому варіанті організації m -канального тракту на відміну від першого варіанту, відносний середній час передачі більше і більш помітніше зростає із збільшенням кількості каналів і довжини повідомлення, що передається. Це пояснюється тим, що аналіз повідомлень, що приймаються, по каналах проводиться послідовно і із збільшенням кількості каналів число аналізів зростає.

Характеристики третього варіанта організації зворотного зв'язку практично не відрізняються від аналогічних характеристик другого варіанту. Проте реалізація цього варіанту істотно простіша ніж перших двох.

Порівняння різних варіантів організації зворотного зв'язку проводилося за відносним часом передачі повідомлення (фрагмента) по мультимаршрутному тракту. Швидкість же передачі повідомлення із збільшенням числа маршрутів зростає при використанні будь-якого варіанта. Числова оцінка цього зростання залежить від кількості каналів та їх стану та може бути оцінена по наведеним графікам.

Розроблено математичні моделі та проведено аналіз процесу управління потоком з урахуванням впливу каналної та міжмаршрутної синхронізації. Показано, що процес синхронізації справляє значний вплив на основні імовірнісно-часові характеристики при імовірності розсинхронізації більше ніж 10^{-4} та кількості каналів більшій, ніж 2.

П'ятий розділ присвячено розробці математичних моделей синхронізації тракту обміну даними при мультимаршрутній передачі та аналізу їх ефективності. Розроблено та проаналізовано моделі одноосного та двохосного методів синхронізації систем із зворотним зв'язком та систем без зворотного зв'язку.

Процес міжшляхової синхронізації (МШС) при одноосному методі починається на одному кінцевому пункті (КП-1) видачею службової кодової

комбінації (Φ_1) і номерів фрагментів (N) по усіх маршрутах. На графі (рис. 5,а) це позначено вершиною 1. Дуга, що враховує процес передачі комбінації Φ_1 , позначена $f_2(z)$. На другому кінцевому пункті (КП-2) здійснюється ідентифікація цих комбінацій, прийнятих по різних маршрутах. Внаслідок дії перешкод комбінації Φ_1 і номера N можуть бути спотворені. Тому задача ідентифікації не завжди вирішується успішно. Для цього, щоб зменшити імовірність помилки при рішенні цієї задачі результат визначається при виконанні певного критерію. Таким критерієм може бути правильне приймання μ_1 комбінацій Φ_1 з усіх M каналів. Якщо ця умова не виконується, етап повторюється.

При отриманні без спотворення цих кодових комбінацій на іншому кінцевому пункті (ОП-2) встановлюються номери очікуваних фрагментів і повідомлень, а також здійснюється визначення різниці часу їх доставки (РЧД) щодо координатора ΔT_i (вершина 2 рис.5,а). Далі процес синхронізації переходить до виконання наступного етапу.

Якщо вказана задача успішно не вирішена (прийняті комбінації Φ_1 по всіх каналах не збігаються), через тайм-аут здійснюється повторна передача Φ_1 та N з КП-1 на КП-2. На ІЧГ (рис.5,а) це враховується дугою з функцією $f_1(z)$.

Якщо задача ідентифікації вирішена успішно (функція $f_2(z)$), то на КП-2 фіксуються номери N та визначається величина різниці часу доставки (відлікового значення (ВЗ)).

Ідентифікація може бути здійснена неправильно. На ІЧГ (рис.5,а) це враховується дугою з функцією $f_2'(z)$ та вершиною $2'$. Після закінченні цього етапу відома величина РЧД ΔT_i в числі фрагментів (k) та числі розрядів (n_i)

$$\Delta T_i = k_i \cdot T_{фр} + n_i \cdot T_c,$$

де $T_{фр}$ – тривалість фрагмента; T_c – тривалість одного символу (розряду).

Обчислені «ВЗ» вводять в короткі канали (цим забезпечується синхронізація каналів від КП-2 до КП-1 – зворотних каналів) та передаються з КП-2 на КП-1 у вигляді пакета Φ_2 . Ці пакети є також квитанцією прийнятих номерів фрагментів та повідомлень.

На КП-2 здійснюється ідентифікація цих комбінацій, що прийняті по різних маршрутах. Щоб зменшити імовірність помилки при вирішенні цієї задачі результат визначається правильним прийомом всіх $M \cdot \mu_2$ комбінацій Φ_2 по всіх каналах.

На КП-1 відбувається перевірка збігу за часом прибуття комбінації Φ_2 , що передаються з КП-2 різними маршрутами, а також перевірка виконання критерію виявлення ВЗ та номерів фрагмента та повідомлення, що підтверджуються. При збігу комбінації Φ_2 та виконанні критерію виявлення прийняті відрахункові значення вводяться в короткі канали. Цим забезпечується синхронізація каналів від КП-1 до КП-2 (прямих каналів).

Критерієм виявлення може бути правильне приймання μ_2 комбінацій по всіх M каналах. Цей факт на рис.5,а враховується дугою $f_3(z)$.

Якщо комбінації Φ_2 не збігаються, що може свідчити про перекручення Φ_2 або неправильності синхронізації на КП-2, процес повертається до вирішення задачі ідентифікації повідомлень, що приймаються по різних маршрутах. На рис.5,а це враховується дугою $f_3''(z)$.

Якщо комбінації Φ_2 та ВЗ прийняті правильно, то прямі та зворотні канали між КП-1 та КП-2 успішно синхронізовані.

При правильному прийманні на КП-1 відрахункового значення та комбінації Φ_2 з цього пункту на КП-2 видається квитанція (комбінація Φ_1). Для перевірки правильності синхронізації каналів на КП-2 здійснюється перевірка часового збігу Φ_1 , прийнятих по різних маршрутах. При правильному прийманні цих комбінацій та їх часу збігу процес міжшляхової синхронізації переходить до виконання останнього етапу – етапу підтвердження факту синхронізації та виходу із цього режиму роботи. На рис.5,а це враховується дугою $f_4(z)$, а при неправильній синхронізації – вершиною 4'.

Якщо комбінації Φ_1 не збігаються, то процес синхронізації повертається в початковий стан (вершина 1). На рис. 5,а це враховується дугою $f_4'(z)$.

Для підтвердження закінчення етапу синхронізації по зворотному каналу від КП-2 на КП-1 передаються службові комбінації Φ_3 та, у разі їх часового збігу, квітується передачею такої самої комбінації від КП-1 на КП-2. Якщо комбінації Φ_3 , що прийняті по різних маршрутах збігаються (функція $f_5(z)$ – для каналу від КП-2 до КП-1 та функція $f_6(z)$ - для каналу від КП-1 до КП-2), то процес синхронізації завершився. Одержані вирази для всіх вказаних дуг.

Імовірно-часовий граф (рис.5,а) шляхом еквівалентних перетворень приведемо до вигляду, наведеному на рис.5,б, де:

$$F_1(z) = \frac{f_{Y1}(z)}{1 - f_1(z) - f_{Y3}(z) - f_{Y5}(z)}; F_2(z) = \frac{f_{Y2}(z)}{1 - f_1(z) - f_{Y3}(z) - f_{Y5}(z)}.$$

Похідна функція:

$$F(z) = F_1(z) + F_2(z).$$

Одержані вирази для функцій дуг $f_{\Omega 1}(z)$, $f_{\Omega 2}(z)$, $f_{\Omega 3}(z)$, $f_{\Omega 5}(z)$. Імовірність правильної синхронізації визначається виразом $F_1(z)|_{z=1}$. Середній час синхронізації $T_{CP, MPC}$ обчислюється за формулою (5).

На рис.6 наведено залежності середнього часу міжшляхової синхронізації при $\Delta t_{PC} = 1$ від імовірності перекручення одного біта в каналі та від кількості каналів, побудованих за одержаними вище формулами. Із графіків видно, за будь-якої кількості каналів середній час синхронізації значно збільшується при $p \geq 10^{-4}$. Зі збільшенням кількості каналів та порогових значень переходу від етапу до етапу (μ) час синхронізації зростає. Тому, з точки зору часу синхронізації, величини порогових значень бажано обирати мінімальними.

Однак це може призвести до збільшення імовірності помилкової синхронізації.

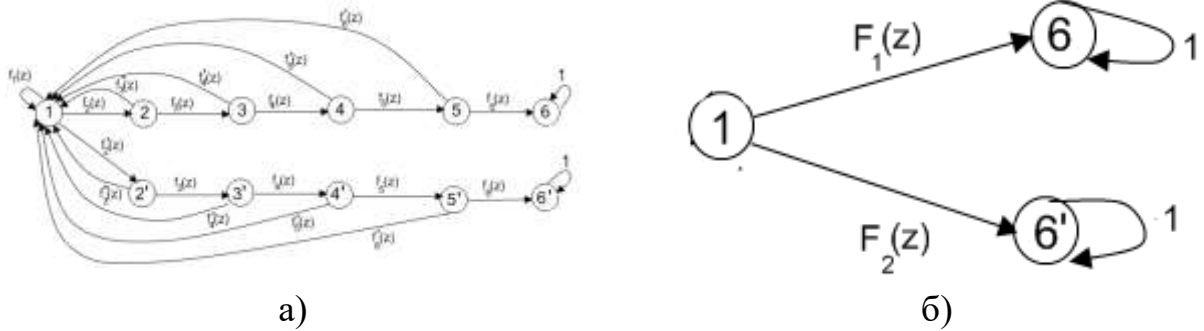


Рис. 5. а) Імовірнісно-часовий граф процесу МШС
 б) Перетворений граф МШС.

Модель дозволяє визначити середній час вирішення задачі синхронізації та імовірність помилкової міжшляхової синхронізації за різних умов функціонування мережі. Вона може бути використана при розробці вимог до порогових значень $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$, що визначають перехід від одного етапу до другого за різних умов функціонування мережі, а також при синтезі пристроїв синхронізації, що забезпечують мінімальний час простою мережі, та при заданій імовірності помилкового визначення факту синхронної роботи.

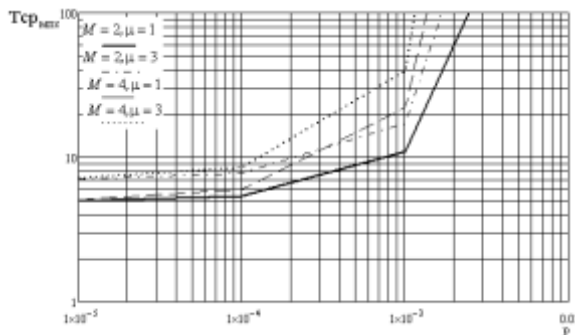


Рис.6. Залежність $T_{CP_MMS} = f(p)$.

Аналогічно розроблені моделі для двовісного методу та для систем без зворотного зв'язку.

У результаті проведеного аналізу можна дійти висновку, що час синхронізації при використанні двовісного методу менший, ніж для одновісного. Проте час, необхідний для синхронізації при двовісному методі, в порівнянні з одновісним

може виявитися більшим, якщо прямі і зворотні канали синхронізуватимуться по черзі. Тому вибір методу міжшляхової синхронізації з двох розглянутих варіантів має робитися з урахуванням конкретних умов функціонування мережі.

Шостий розділ присвячено розробці демонстраційного прототипу мультимаршрутного тракту адаптивної ТКМ.

Виходячи з особливостей систем мультимаршрутної передачі та запропонованих раніше моделей, були розроблені вимоги щодо демонстраційного прототипу. На підставі цих вимог був обраний програмний комплекс імітаційного моделювання телекомунікаційних мереж OMNET++.

За допомогою створеної комп'ютерної програми проведено оцінку ефективності функціонування мультимаршрутної системи передачі інформації в різних умовах (рис.7,8). Приведено залежності часу доставки

повідомлення (T) від імовірності помилки (p) (рис.7) та від довжини пакета (n) відповідно (рис.8). Встановлено, що вираш в ефективності, що отримується в результаті застосування запропонованих в роботі моделей і методів, становить одиниці і десятки відсотків залежно від спочатку встановлених значень параметрів каналів. Таким чином, результати проведених досліджень підтвердили доцільність використання моделей і методів мультимаршрутної передачі інформації в розподілених адаптивних телекомунікаційних мережах з часовою параметризацією паралельних процесів.

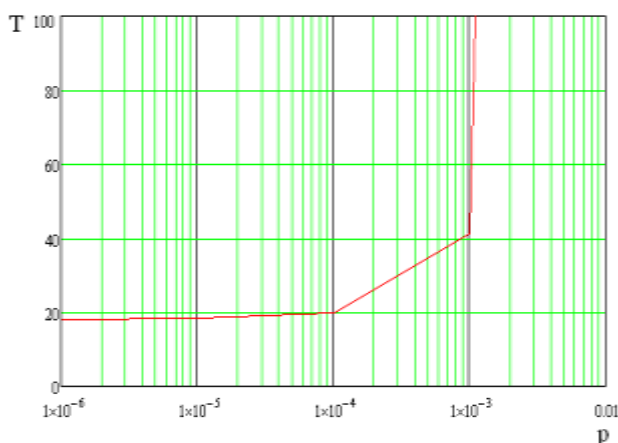


Рис.7. Залежність $T = f(p)$ при довжині пакету 64 біти

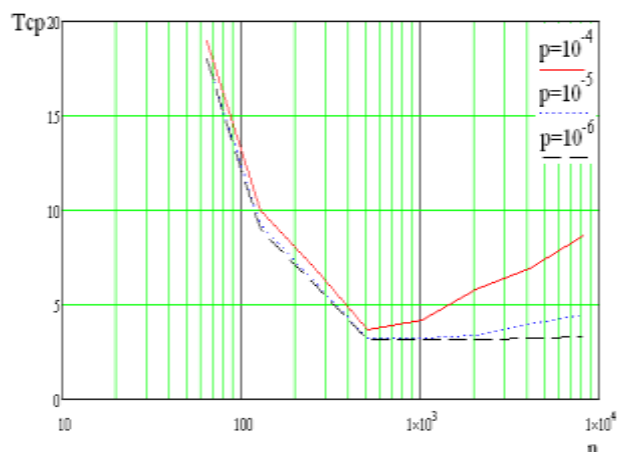


Рис.8. Залежність $T = f(n)$

У додатках проведено аналіз імітаційних методів моделювання телекомунікаційних систем та приведено аналіз можливостей програмного комплексу імітаційного моделювання OMNET++.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну наукову задачу, яка полягає у розробці методів і моделей управління мультимаршрутного тракту, що забезпечує ефективний обмін даними в адаптивних розподілених телекомунікаційних мережах. При цьому одержані наступні наукові і практичні результати:

1. Проаналізовано математичні методи моделювання, що включають аналітичні та імітаційні моделі. Дано аналіз переваг та недоліків математичного апарата теорії масового обслуговування, імовірно-часових графів, теорії фракталів, методів, заснованих на використанні диференціальних та різницевих рівнянь.

2. На основі розроблених вимог до апарата моделювання показано, що розробка моделі адаптивної розподіленої телекомунікаційної мережі необхідно проводити комплексним використанням теорії масового обслуговування, імовірно-часових графів і твірних функцій.

3. Описано моделі інформаційних процесів, заснованих на теорії масового обслуговування типу М/М/м. Показано, що при використанні таких моделей не враховуються особливості організації обміну інформаційними потоками, управління цими потоками, особливості застосовуваного

протоколу. Обґрунтовано необхідність розробки нової моделі і методу процесу інформаційного обміну при мультимаршрутній передачі.

4. Розвинуто модель процесу інформаційного обміну при мультимаршрутній передачі. Особливістю цієї моделі є можливість використання різношвидкісних каналів, обліку характерних рис застосовуваного протоколу, використання зворотного зв'язку, а також необхідність введення надмірності як в умовах повної інформації про стан мережі, так і за наявності невизначеності.

5. Удосконалено математичні моделі процесу інформаційного обміну при способах організації мультимаршрутного тракту типу «точка - багатоточка», «багатоточка - точка» і «точка - точка» забезпечують можливість оцінювати основні імовірно-часові характеристики і вибрати найефективніший варіант.

6. Здобула подальшого розвитку модель процесу управління якістю обслуговування потоку даних в інформаційному каналі забезпечує можливість оцінки таких імовірно-часових характеристик, як середнє значення, дисперсію часу доставки, імовірність помилки і імовірність доставки за заданий час. Модель враховує можливість управління шириною вікна і тривалістю тайм-ауту. Розроблено дві моделі, що забезпечують можливість визначення імовірності доставки за заданий час. Одна заснована на використанні імовірно-часових графів, друга – на використанні ланцюгів Маркова. Проведено порівняльну оцінку різних методів передачі. Обґрунтовано необхідність фрагментування повідомлень. Розроблено рекомендації щодо вибору параметрів переданих фрагментів. Визначено умови, за яких бажано використовувати мультимаршрутну передачу повідомлень.

7. Удосконалено алгоритм управління якістю обслуговування в адаптивних телекомунікаційних мережах. Алгоритм передбачає управління числом каналів, тривалістю переданого фрагмента, швидкістю передачі, тривалістю тайм-ауту і шириною вікна, правилом розподілу фрагментів по каналах і протоколом обміну.

8. Здобули подальшого розвитку моделі та методи управління потоком даних при мультимаршрутній передачі, вирішено завдання розбиття повідомлення на фрагменти, розподілу фрагментів по каналам, відновлення втрачених і спотворених фрагментів (повідомлень), управління потоком даних з урахуванням впливу різних режимів роботи, формування повідомлень із прийнятих фрагментів. Ці моделі і методи дозволяють проводити порівняння різних варіантів вирішення зазначених завдань і обґрунтовано вибрати найбільш ефективний метод, що забезпечує найбільшу ефективність функціонування мережі.

9. Удосконалено методи та моделі процесу складання повідомлень на приймальній стороні. Порівняльний аналіз імовірно-часових характеристик методів збирання, проведений на основі розроблених моделей, дозволяє обґрунтовано вибрати найбільш ефективний для конкретних умов метод складання повідомлень при мультимаршрутній передачі.

10. Розроблено моделі процесу по каналній і міжмаршрутній синхронізації. При цьому детально розглянуто одновісні і двовісні моделі та методи міжмаршрутної синхронізації. Наведено математичні співвідношення дозволяють оцінити необхідні імовірнісно-часові характеристики при різних вхідних даних. Проведено аналіз процесу міжмаршрутної синхронізації при використанні систем без зворотного зв'язку. Визначено вимоги до основних параметрів даного процесу.

11. Порівняльний аналіз ефективності різних методів передачі проведений на основі аналізу графічних залежності часу доставки даних від числа та стану каналів зв'язку. Використовуючи ці залежності можна визначити умови та числову величину підвищення ефективності ТКМ в залежності від стану каналів зв'язку.

12. Для перевірки адекватності запропонованих у роботі моделей і методів було використано демонстраційний прототип мультимаршрутної системи передачі даних на основі програмного комплексу OMNET++. Аналіз достовірності розроблених моделей і методів проводився шляхом порівняння результатів аналітичних досліджень з результатами імітаційного моделювання. Достовірність отриманих рішень підтверджена досить близькими характеристиками отриманих залежностей.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лосев Ю.И. Математическая модель процесса мультимаршрутной передачи в адаптивных компьютерных сетях с времяпараметризованной параллельной обработкой [Текст] / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк // Зб. наук. праць. Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління», 2011 р. – Випуск №2(18). – С.251-254.
2. Лосев Ю.И. Сравнительная оценка эффективности одномаршрутного и мультимаршрутного методов передачи сообщений [Текст] / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х: ХУПС, 2011 р. – Випуск № 2(28). – С.132-135.
3. Лосев Ю.И. Математическая модель процесса мультимаршрутного обмена данными типа «точка - точка» в адаптивных компьютерных сетях [Текст] / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк [Текст] // Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУкр. – Х: ХУПС, 2011 р. – Випуск №1(5). – С.123-127.
4. Лосев Ю.И. Методы управления потоком данных при восстановлении потерянных и искаженных данных в мультимаршрутном тракте [Текст] / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк // Зб. наук. праць. Системи обробки інформації. – Х: ХУПС, 2012 р. – Випуск №2(100). – С.199-202.
5. Лосев Ю.И. Математические модели и методы межмаршрутной синхронизации в системах с обратной связью / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков,

- К.М. Руккас, В.С. Щебенюк [Текст] // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х: ХУПС, 2012 р. – Випуск №1(30) . – С.120-123.
6. Шматков С.И. Математическая модель процесса информационного обмена при мультимаршрутной передаче / С.И. Шматков, Ю.И. Лосев, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк [Текст] // Сборник тезисов докладов международной конференции «Современные проблемы математики и её приложения в естественных науках и информационных технологиях». – Х: ХНУ, 2011 р. – С.193.
7. Лосев Ю.И. Оценка эффективности одномаршрутного и мультимаршрутного методов передачи сообщений [Текст] / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк // Сборник научных трудов 4-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». – Х: ХНУРЕ, 2011 р. – С.46-49.

АНОТАЦІЯ

Щебенюк В.С. Моделі та методи управління якістю обслуговування потоків даних в мультимаршрутному тракті адаптивних телекомунікаційних мереж. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. – Українська Державна академія залізничного транспорту, Харків, 2012.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі – розробці методів і моделей обміну інформацією в адаптивних ТКМ, що дозволяють підвищити їх ефективність на основі використання мультимаршрутної передачі.

Розв'язанню зазначеної задачі в роботі передуює аналіз математичного апарата моделювання ТКМ, що включає аналітичні методи. На підставі результатів аналізу розроблено моделі інформаційних процесів, що відбуваються при мультимаршрутній передачі даних в адаптивних ТКМ, що дозволяє одержувати максимально повний їх опис. Розроблені моделі включають: моделі управління якістю обслуговування в адаптивних ТКМ з урахуванням особливостей протоколів інформаційного обміну, моделі управління потоком даних при мультимаршрутній передачі, а також моделі синхронізації обміну даними при мультимаршрутній передачі. За допомогою розроблених моделей побудовано графічні залежності імовірно-часових характеристик мультимаршрутної системи передачі інформації в різних умовах та режимах роботи від параметрів каналів зв'язку та протоколів інформаційного обміну. Для перевірки адекватності розроблених математичних моделей було розроблено демонстраційний прототип мультимаршрутної системи обміну даними за допомогою програмного комплексу OMNET++. На підставі дослідження розробленої імітаційної моделі були підтверджені отримані в роботі результати.

Ключові слова: телекомунікаційні мережі, мультимаршрутна передача, продуктивність, затримка повідомлень, імовірність втрати повідомлень,

управління потоком, міжканальна синхронізація, якість обслуговування, ймовірно-часові графи, похідні функції.

АННОТАЦІЯ

Щебенюк В.С. Модели и методы управления качеством обслуживания потоков в мультимаршрутном тракте адаптивных телекоммуникационных сетей. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2012.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи - разработке методов и моделей обмена информацией в адаптивных телекоммуникационных сетях (ТКС), что позволяет повысить их эффективность на основе использования мультимаршрутной передачи.

Решению поставленной задачи в работе предшествует анализ математического аппарата моделирования ТКС, который включает аналитические методы. На основании проведенного анализа были разработаны как общие требования к моделям и аппарату моделирования, так и дополнительные с учетом особенностей адаптивной ТКС. Было показано, что разработка модели адаптивной распределенной телекоммуникационной сети необходимо проводить с комплексным использованием теории массового обслуживания, вероятностно-временных графов, и производящих функций.

На основании результатов анализа разработаны модели информационных процессов, протекающих при мультимаршрутной передаче данных в адаптивных ТКС, что позволяет получать максимально полное их описание. Разработанные модели включают: модели управления качеством обслуживания в адаптивных ТКС с учетом особенностей протоколов информационного обмена, модели управления потоком данных при мультимаршрутной передаче, а также модели синхронизации обмена данными при мультимаршрутной передаче. С помощью разработанных моделей были построены графические зависимости вероятностно-временных характеристик мультимаршрутной системы передачи информации от параметров каналов связи и протоколов информационного обмена при различных условиях и режимах работы. На основании анализа графических зависимостей времени доставки данных от числа и состояния каналов связи можно определить условия и численную величину повышения эффективности ТКС в зависимости от состояния каналов связи.

Для проверки адекватности разработанных математических моделей был разработан демонстрационный прототип мультимаршрутной системы обмена данными с помощью программного комплекса OMNET++. На основании исследования разработанной имитационной модели были подтверждены полученные в работе результаты.

Ключевые слова: телекоммуникационные сети, мультимаршрутная передача, производительность, задержка сообщений, вероятность потерь пакетов,

управление потоком, межканальная синхронизация, качество обслуживания, вероятностно-временные графы, производящие функции.

ABSTRACT

Shchebenuk V.S. Models and Methods of quality service of streams of control in the multipath system of adaptive telecommunication networks. – Manuscript.

Thesis for the scientific degree of candidate of the technical sciences on the specialty 05.12.02 -Telecommunication systems and networks. Ukrainian state academy of rail transport, Kharkov, 2012.

The thesis is devoted to the solution of topical problem - development of methods and models for information exchange in adaptive telecommunication network (TN), that allow to improve their efficiency on the base of multipath transmission approach.

First, the analysis of mathematical apparatus for modeling of TN, including analytical methods, was conducted. Models of information process in multipath systems were developed. These models allow to obtain the complete description of information processes in multipath systems. The include models for service of quality control in multipath systems, which take into account the specificity of protocols for information exchange, models for data flow control, and for data synchronization in multipath systems. These models were used to obtain the relations between time-probability characteristics of multipath systems and the parameters of links and network protocol under different conditions and work mode.

The demonstration prototype of multipath system using OMNET++ software was developed to show the adequacy of the proposed models.

Keywords: adaptive telecommunication network, multipath information, flow control, multipath system, time-probability graph, delay of packages, probability of packages losses, synchronization, quality of service.

ЩЕБЕНЮК ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ

УДК 621.391

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПОТОКІВ ДАНИХ В МУЛЬТИМАРШРУТНОМУ ТРАКТІ
АДАПТИВНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

Іванов А.Л.

Підписано до друку « 1 » листопада 2012 р.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір офсетний
Умовн.-друк.арк. 0,9. Тираж 100. Замовлення № 02.2512.

Видавець та виготовлювач ФОП Іванова М.А, Харків, 61030, вул. Біологічна, 19
Свідоцтво про держ.реєстрацію № 057818 серія В01

