

УКРАЇНЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БОСЬКО ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 621.391

**МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА
ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ МАРШРУТИЗАЦІЄЮ**

Спеціальність 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Кіровоградському національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник :

кандидат технічних наук, доцент
Смірнов Олексій Анатолійович
Кіровоградський національний
технічний університет, доцент
кафедри програмного забезпечення

Офіційні Опоненти :

доктор технічних наук, професор
Кузнєцов Олександр Олександрович
Начальник інформаційно-обчислювального
центру Харківського університету
повітряних сил імені Івана Кожедуба

кандидат технічних наук
Жученко Олександр Сергійович
Українська державна академія
залізничного транспорту,
доцент кафедри транспортного зв'язку

Захист відбудеться « » _____ 2010 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.01 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м.Харків, пл.Фейербаха,7

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, 61050, м.Харків, вул.Фейербаха 7.

Автореферат розісланий « » _____ 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Г.В. Альошин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Сучасний рівень розвитку інформаційних систем і засобів автоматизації характеризується постійним впровадженням нових інформаційних технологій в процес збору, обробки і передачі даних.

Координальні і глибокі зміни в підходах комплексного рішення задач ефективного управління визначено законом України “Про концепцію Національної програми інформатизації” та постановами Кабінету Міністрів України які і обумовлюють актуальність проведення прикладних досліджень на шляху створення перспективних засобів і систем зв’язку, розробки нових методів управління процесами обробки і передачі інформації, створення і впровадження перспективних засобів зв’язку. Їх вирішення вимагає використання сучасних методів і технологій цифрової обробки сигналів, кодування, стиснення і перетворення інформації, оптимального розподілу обчислювальних ресурсів.

Головною особливістю в рішенні комплексу розглянутих задач являється висока складність, обумовлена жорсткими вимогами до форми і засобів обробки і передачі інформації, її своєчасності і достовірності.

Особливе місце в комплексі задач підвищення якості передачі даних займає розробка перспективних методів і алгоритмів динамічного управління маршрутизацією даних в телекомунікаційній мережі, які можуть забезпечити оптимальний розподіл інформаційних потоків по знайденим(найкоротшим) маршрутам.

Актуальність теми. Теоретичні основи сучасних методів маршрутизації і динамічного управління мережними ресурсами закладені в роботах відомих вчених: Архипова, Бертсекаса, Галлагера, Клейнрока, Сааті, Шенона та ін. в яких закладені головні положення теорії зв’язку і теорії масового обслуговування, визначені принципи побудови і функціонування мереж передачі даних, розглянуто підходи рішення задач маршрутизації. Подальший розвиток даного напрямку отримано в роботах Вишневського, Вутукури, Захарова, Кучерявого, Назарова та ін. в яких розроблено обчислювальні алгоритми розрахунку головних імовірнісно-часових характеристик мереж передачі даних, досліджено мережні моделі управління інформаційними потоками, систематизовано алгоритми обрання оптимальних маршрутів, що дозволило розробити механізми, алгоритми і протоколи, які забезпечують потрібну якість обслуговування для окремих послуг мережі зв’язку. Але конструктивні методи підвищення оперативності передачі даних в телекомунікаційних мережах з сучасними протоколами доступу і управління, критеріями і обмеженнями, враховуючих особливості передачі різного роду даних досліджено недостатньо.

Перспективним напрямком в розрішенні вказаних протиріч являється розробка і застосування методів, алгоритмів і процедур динамічного управління маршрутизацією даних в телекомунікаційних мережах.

Таким чином розробка методу підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією являється актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Дослідження дисертаційної роботи виконувалися у відповідності з наступними нормативними актами:

1. Концепція Національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р. № 75/98-ВР;

2. Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» від 9 грудня 1999 р. № 2238;

3. Концепція створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження), схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 липня 2003 р. №410-р.;

4. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією.

Відповідно з метою роботи необхідно вирішити **наукову задачу**, що полягає в розробці метода підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Проаналізувати математичні моделі телекомунікаційної мережі і різні напрямки динамічного управління мережними ресурсами в процесі підвищення оперативності передачі даних, обґрунтувати вибір напрямку досліджень та формалізувати постановку наукової задачі;

2. Розробити метод оцінки середнього часу доставки інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі, який б дозволив врахувати особливості динамічного управління процесом маршрутизації і процедури перерозподілу каналних ресурсів для адекватної оцінки оперативності передачі даних;

3. Розробити метод динамічного управління процесом маршрутизації даних в телекомунікаційній мережі(ТКМ), який враховує результати прогнозу поведінки інформаційного потоку для перерозподілу каналних ресурсів, що дозволить підвищити оперативність передачі даних в умовах високої мережної завантаженості;

4. Розробити метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі, що дозволить врахувати статистичні характеристики трафіку, для підвищення точності оцінки прогнозу поведінки інформаційного потоку в умовах різноманітності інтерактивних служб;

5. Розробити практичні рекомендації по застосуванню розроблених методів динамічного управління маршрутизацією даних і прогнозування поведінки інформаційного потоку в ТКМ для підвищення оперативності передачі даних.

Об'єкт дослідження. Процес підвищення оперативності передачі даних на основі вдосконалення методів маршрутизації в телекомунікаційних мережах.

Предмет дослідження. Метод підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією.

Методи дослідження. Дослідження структурно-топологічних властивостей телекомунікаційної мережі проводилося з використанням теорії графів та теорії множин. Дослідження характеру зміни інтенсивності інформаційних потоків між окремими елементами телекомунікаційної мережі спираються на основні положення теорії імовірності, теорії масового обслуговування і теорії телетрафіку. Оцінка коректності та достовірності теоретичних і практичних результатів проводилося за допомогою методів математичного і імітаційного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів в дисертаційній роботі полягає у наступному.

1. **Отримав подальший розвиток** метод розрахунку середнього часу доставки інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі, відрізняється від відомих врахуванням особливостей динамічного управління процесом маршрутизації і процедур перерозподілу каналних ресурсів, що дозволяє більш точно оцінити оперативність передачі даних

2. **Вдосконалено** метод динамічного управління маршрутизацією даних в телекомунікаційній мережі, який відрізняється від відомих врахуванням прогнозування поведінки інформаційного потоку для виконання динамічного перерозподілу каналних ресурсів, що дозволяє підвищити оперативність передачі даних в умовах високої мережної завантаженості.

3. **Вдосконалено** метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі, який відрізняється ідентифікацією потоку даних та врахуванням статистичних характеристик трафіка, що дозволить підвищити точність оцінки прогнозування поведінки інформаційного потоку в умовах різноманітності інтерактивних служб.

Практичне значення отриманих результатів полягає в адаптації процесу маршрутизації до змін інтенсивності потоку даних для зменшення часу доставки інформаційних пакетів, а також в можливості застосування запропонованого методу для розробки програмних засобів управління передачею даних в телекомунікаційній мережі.

1. Розроблено програмне забезпечення для моделювання процесу динамічного управління процесом маршрутизації в телекомунікаційній мережі, оцінки середнього часу доставки інформаційних пакетів з врахуванням особливостей динамічного управління маршрутизацією і процедур перерозподілу каналних ресурсів.

2. Розроблено алгоритм управління загрузкою оптимальної множини маршрутів. Показано що використання розробленого алгоритму при високій загрузці телекомунікаційної мережі дозволяє до 1,5 разів зменшити середній час доставки інформаційних пакетів в системах передачі з квітуванням і до 4 разів в системах без квітування.

3. Розроблено практичні рекомендації щодо технічної реалізації алгоритмів. Застосування яких дозволить підвищити оперативність передачі даних в умовах високої мережної загрузки.

4. Отримані результати використано в науково-дослідних роботах Української державної академії залізничного транспорту за темою “Дослідження та проведення лабораторних випробувань системи мультисервісного радіо доступу в діапазоні частот 10,5 ГГц в умовах станції Знамянка” (0109U001519, 2010р.) та “Дослідження існуючих видів дуплексного радіозв’язку з метою визначення системи радіозв’язку, прийнятної до впровадження на залізничному транспорті України ” (0109U001518, 2010р.).

Особистий внесок здобувача. Всі основні наукові результати дисертаційної роботи отримано самостійно. В роботах, виконаних з співавторами і опубліковано в виданнях, які ввійшли до переліку ВАК України, автору належать:

- в [1] проведено порівняльне дослідження перспективних напрямків розвитку цифрових телекомунікаційних систем і мереж;
- в [2] розроблено метод розрахунку середнього часу обслуговування інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі;
- в [3] запропоновано підхід до розробки моделі процесу динамічного управління маршрутизацією даних в телекомунікаційній мережі;
- в [4] розроблено метод визначення оптимальної кількості множини маршрутів передачі інформації в телекомунікаційній мережі.
- в [5] розроблено метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в ТКМ.

Апробація результатів досліджень. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на наступних науково-технічних конференціях:

- Восьмій міжнародній конференції “Проблеми інформатики та моделювання” (Харків, 2008);
- Дев’ятій міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми інформатики та моделювання” (Харків, 2009);
- Першій міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми й перспективи розвитку ІТ-індустрії” (Харків, 2009);
- Науково-практична конференція “Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку” (Харків, 2010);
- Міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія” (Вінниця, 2010).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладено в 5 наукових статтях [1-5], 5 тезисах виступів [6-10].

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку та додатків. Повний обсяг дисертації становить 150 сторінок, у тому числі 6 додатків на 27 сторінках, 44 рисунка, 11 таблиць, перелік використаних літературних джерел містить 106 найменувань на 11 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, об'єкт, предмет і методи дослідження, поставлені задачі, що вирішуються. Визначена наукова новизна, наукові і практичні результати, які виносяться на захист.

У першому розділі проаналізовано перспективні напрямки розвитку цифрових телекомунікаційних систем і мереж, проводиться порівняльне дослідження можливості забезпечення різних телекомунікаційних послуг цифровими мережами, аналізуються вимоги до якості обслуговування при передачі даних, обґрунтовуються критерії і показники ефективності, проводиться аналіз і оцінка наявних і перспективних методів і протоколів маршрутизації інформації, формується задача розробки методу підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією в телекомунікаційній мережі.

Проведені дослідження показали, що головними характеристиками, що впливають на якість передачі даних, являються **достовірність, своєчасність та оперативність**. При цьому, задача забезпечення потрібної якості передачі даних трансформується в оптимізаційну задачу вигляду:

$$\{T \rightarrow \min, \text{ при } P_{иск} \leq P_{иск_{доп}}, Q_c \geq Q_{доп}\}, \quad (1)$$

де $P_{иск_{доп}}$ – допустима імовірність перекручень інформаційних пакетів в процесі передачі;

$Q_{доп}$ – допустима імовірність прийому інформаційного пакету за час T , не перевищуючи допустимий;

Q_c – імовірність доставки інформаційних пакетів до адресата за час не перевищуючий допустимий;

$P_{иск}$ – імовірність перекручень інформаційних пакетів в процесі передачі.

Дану задачу можливо вирішити шляхом удосконалення алгоритмів і процедур управління ресурсами телекомунікаційних мереж. Одним із ефективних напрямків такого удосконалення являється розробка і застосування методів маршрутизації.

В кінці першого розділу ставиться задача розробки методу підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією в телекомунікаційній мережі.

У другому розділі розроблено метод розрахунку середнього часу доставки інформаційних пакетів. Запропоновано математичну модель доставки інформаційних пакетів і їх обслуговування в багатопрокольному вузлі зв'язку(БВЗ). Досліджено вплив параметрів інформаційного потоку і технічних

характеристик засобів передачі даних на час доставки інформаційних пакетів в ТКМ.

В сучасних БВЗ може оброблятися інформація з декількома класами пріоритетів, що в більшій мірі відповідає моделі масового обслуговування типу M/G/1. Для врахування закономірностей подібних систем при оцінці часу обслуговування і оперативності передачі даних в дисертаційній роботі пропонується математична модель процесу обслуговування інформаційних пакетів в БВЗ. Розроблена модель відрізняється від класичної наявністю ключа в підсистемі управління і обслуговування (рис.1). В моделі це враховується введенням ключа, який знаходиться в стані «вимкнено» на часовому інтервалі призначеному для передачі мультимедійного трафіка і відповідно «ввімкнено» на інтервалі часу, виділеного для трафіку даних. Частина пакету (мікропакет) передається за період одного часового вікна.

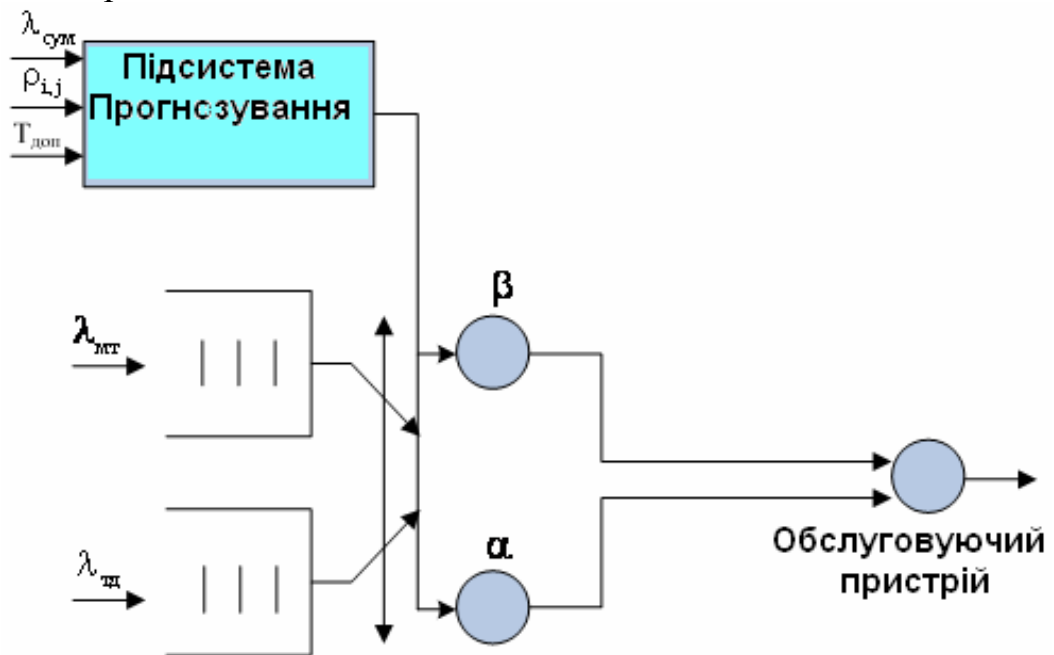


Рис. 1. Схема динамічного управління процесом маршрутизації в багатопрокольному вузлі зв'язку

Для оцінки імовірно-часових характеристик в дисертаційній роботі отримано аналітичні вирази, які враховують введені в запропонованій математичній моделі імовірнісні показники стану БВЗ.

Так, для розрахунку середнього часу обслуговування в ВЗ по s-му маршруту було отримано вираз (2) для режиму роботи з фіксованою границею, та вираз (3) при роботі системи в режимі рухомої границі:

$$T_{\text{обс } s \text{ фз}} = \sum_{c=1}^{\Psi_s} t_{\text{обс } s \text{ фз}}^{(c)} = \sum_{c=1}^{\Psi_s} t_0 \left(1 + \frac{N_{\text{мм}}^2}{N_k} \right) + \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{\text{сум}} t_0^2 \left[1 + \frac{N_{\text{мм}}^2 (N_{\text{мм}} + 2)}{N_k} \right]}{1 - \varphi_{s(c)} \lambda_{\text{сум}} t_0 (1 + N_{\text{мм}}^2 / N_k)}, \quad (2)$$

де Ψ_s – кількість каналів зв'язку на s -му маршруті; t_0 – довжина одиничного вікна;

$\varphi_{s(c)}$ – коефіцієнт розподілу інформаційного потоку в c -му каналі зв'язку s -го маршруту;

$\lambda_{\text{сум}}$ – сумарна інтенсивність мультимедійного трафіка і трафіка даних;

N_{MT} – число вікон мультимедійного трафіка на кадр;

$N_{\text{к}}$ – число інформаційних вікон в кадрі;

t_0 – період одиничного вікна (с).

$$T_{\text{обс } s} = \sum_{c=1}^{\Psi_s} t_{\text{обс } s}^{(c)} = \sum_{c=1}^{\Psi_s} \left(\frac{t_0}{\left(\sum_{i=0}^{N_{\text{MT}} \text{ max}} \varphi_{s(c) \text{ MT } i}^i / i! \right) N_{\text{к}}} \sum_{N_{\text{MT}}=0}^{N_{\text{MT}} \text{ max}} \frac{\varphi_{s(c) \text{ MT } N_{\text{MT}}}^{N_{\text{MT}}} (N_{\text{к}} + N_{\text{MT}}^2)}{N_{\text{MT}}!} + \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{\text{сум}} t_0^2}{2 \left(\sum_{i=0}^{N_{\text{MT}} \text{ max}} \varphi_{s(c) \text{ MT } i}^i / i! \right) N_{\text{к}}} \sum_{N_{\text{MT}}=0}^{N_{\text{MT}} \text{ max}} \frac{\varphi_{s(c) \text{ MT } N_{\text{MT}}}^{N_{\text{MT}}} \left[1 + \frac{N_{\text{MT}}^2 (N_{\text{MT}} + 2)}{N_{\text{к}}} \right]}{N_{\text{MT}}!} \right) + \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{\text{сум}} t_0^2}{1 - \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{\text{сум}} t_0^2}{2 \left(\sum_{i=0}^{N_{\text{MT}} \text{ max}} \varphi_{s(c) \text{ MT } i}^i / i! \right) N_{\text{к}}} \sum_{N_{\text{MT}}=0}^{N_{\text{MT}} \text{ max}} \frac{\varphi_{s(c) \text{ MT } N_{\text{MT}}}^{N_{\text{MT}}} (N_{\text{к}} + N_{\text{MT}}^2)}{N_{\text{MT}}!}} \quad (3)$$

де N_{MT}^* – випадкова кількість часових вікон мультимедійного трафіку;

$\varphi_{s(c) \text{ MT } N_{\text{MT}}} = \lambda_{\text{MT}} / \rho_s^{(c)}$ – коефіцієнт розподілу потоку мультимедійних даних в c -м каналі зв'язку s -го маршрута в режимі рухомої границі;

$N_{\text{MT}} = (N_{\text{MT}} - N_{\text{MT}}^*)$ – різниця в кількості часових вікон мультимедійного трафіка.

В ході виконання дисертаційної роботи були проведені дослідження залежності середнього часу обслуговування інформаційних пакетів в БВЗ в режимах фіксованої і рухомої границі від сумарної інтенсивності мультимедійного трафіка і трафіку даних (рис. 2) та середнього коефіцієнта розподілу інформаційних потоків в каналах зв'язку (рис. 3).

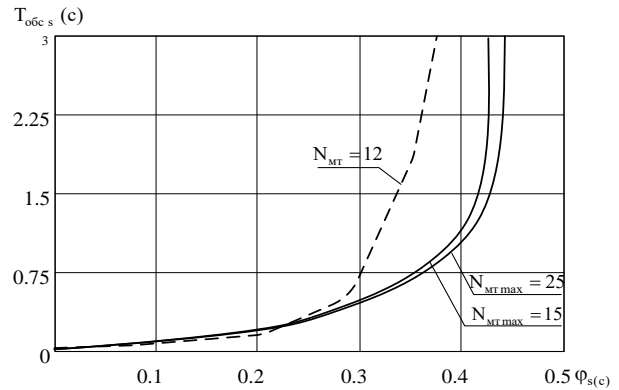
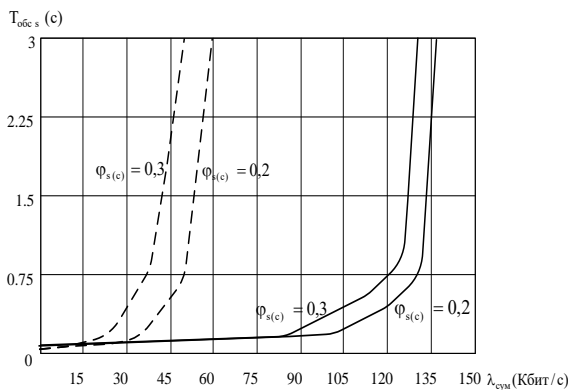


Рис. 2. Залежності середнього часу обслуговування інформаційних пакетів в БВЗ в режимах фіксованої і рухомої границі від сумарної інтенсивності трафіка

Рис. 3. Залежності середнього часу обслуговування інформаційних пакетів в БВЗ в режимах фіксованої та рухомої границь від середнього коефіцієнта розподілу інформаційних потоків в каналах зв'язку

Проведені дослідження показали суттєве зменшення середнього часу обслуговування інформаційних пакетів при використанні режиму з рухомою границею в умовах високої інтенсивності мультимедійного трафіка.

Проведений порівняльний аналіз математичних моделей телекомунікаційних мереж в процесі обслуговування інформаційних пакетів в БВЗ дозволив зробити висновок про доцільність використання режиму з рухомою границею при розробці метода підвищення оперативності передачі даних. Виходячи з цього, середній час доставки інформаційного пакета в ТКМ можна визначити як:

$$T_{mc} = \max_s \left\{ \varphi_s \sum_{c=1}^{\Psi_s} \left(t_{ks}^{(c)} + \frac{g_s^{(c)}}{v_s} + \frac{t_0}{\left(\sum_{i=0}^{N_{mm}^{max}} \varphi_{s(c)mmi}^i / i! \right) N_k} \sum_{N_{mm1}=0}^{N_{mm}^{max}} \frac{\varphi_{s(c)mmN_{mm1}}^{N_{mm1}}}{N_{mm1}!} (N_k + N_{mm1}^2) + \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{сум} t_0^2}{2 \left(\sum_{i=0}^{N_{mm}^{max}} \varphi_{s(c)mmi}^i / i! \right) N_k} \sum_{N_{mm1}=0}^{N_{mm}^{max}} \frac{\varphi_{s(c)mmN_{mm1}}^{N_{mm1}}}{N_{mm1}!} \left[1 + \frac{N_{mm1}^2 (N_{mm1} + 2)}{N_k} \right] + \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{сум} t_0^2}{1 - \frac{\varphi_{s(c)} \lambda_{сум} t_0^2}{2 \left(\sum_{i=0}^{N_{mm}^{max}} \varphi_{s(c)mmi}^i / i! \right) N_k} \sum_{N_{mm1}=0}^{N_{mm}^{max}} \frac{\varphi_{s(c)mmN_{mm1}}^{N_{mm1}}}{N_{mm1}!} (N_k + N_{mm1}^2)} \right) \right\}, \quad (4)$$

де $g_s^{(c)}$ – довжина c -го каналу зв'язку на s -му маршруті;

v_s – швидкість розповсюдження інформаційного пакету в передаючому середовищі s -го маршруту.

В ході роботи були проведені дослідження залежності середнього часу доставки інформаційних пакетів від поточкових характеристик інформаційного трафіка рис. 4 і тактико-технічних характеристик (ТТХ) каналів зв'язку рис. 5.

Вони показали, що інтенсивність мультисервісного трафіку і пропускна здатність каналів зв'язку являються визначаючими характеристиками, які впливають на середній час доставки інформаційних пакетів в ТКМ. Тоді як час комутації, протяжність маршруту і швидкість розповсюдження інформаційного пакета в передаючому середовищі суттєво не впливають на показники оперативності.

Оцінка впливу даних факторів на середній час доставки інформаційних пакетів дозволила визначити шляхи підвищення оперативності передачі даних. В якості таких шляхів можна виділити наступні:

- Покращення тактико-технічних характеристик засобів передачі даних;
- Динамічна зміна часових вікон БВЗ для передачі трафіка різного класу (використання режиму рухомих границь);
- Використання для передачі інформаційних пакетів оптимальної кількості маршрутів;
- Ефективне використання наявних каналів зв'язку.

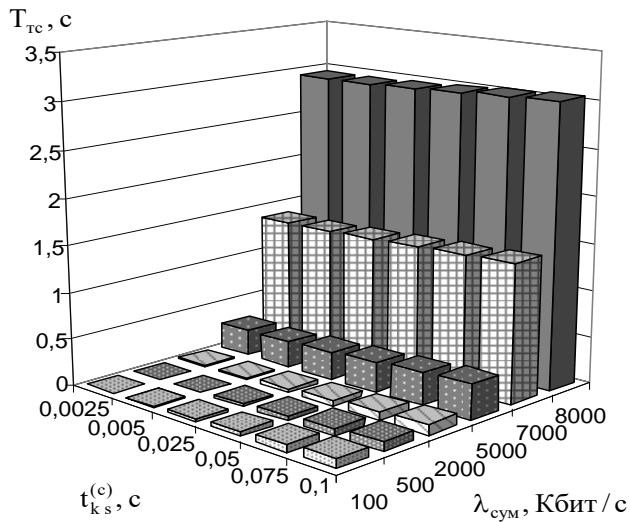


Рис. 4. Залежність середнього часу T_{tc} доставки інформаційного пакету в ТКМ від часу $t_{ks}^{(c)}$ комутації і сумарної інтенсивності $\lambda_{\text{сум}}$ мультимедійного трафіка і трафіка даних

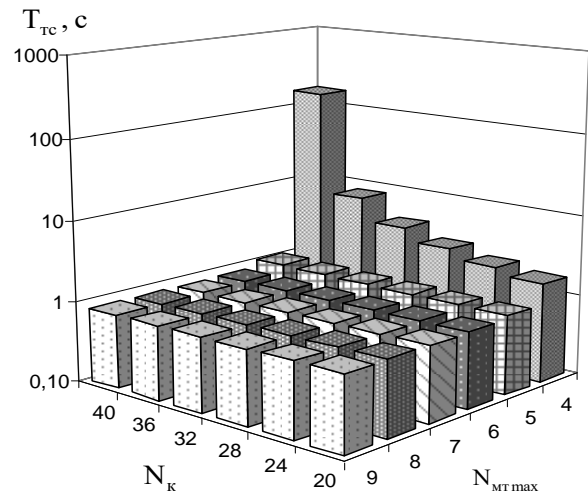


Рис. 5. Залежність середнього часу T_{tc} доставки інформаційних пакетів в ТКМ від максимального числа вікон N_{MTmax} мультимедійного трафіка на кадр і числа вікон N_k в кадрі

У третьому розділі на основі проведеного математичного моделювання обґрунтовано склад і зміст основних етапів рішення задачі динамічного управління процесом маршрутизації даних в телекомунікаційній мережі. Формується оптимізаційна задача підвищення оперативності передачі даних в межах вибраної множини маршрутів. Розробляється метод динамічного управління процесом маршрутизації даних в телекомунікаційній мережі. Вдосконалюються методи визначення оптимальної множини маршрутів передачі інформації та прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі, а також процедура розподілу інформаційних потоків по знайденій множині маршрутів.

Нехай джерелом інформації в ТКМ є деякий вузол зв'язку i , відносно якого наявні множини:

- $U = \{u_\alpha \mid \mathcal{N}(u_\alpha) \subset \mathcal{N}\}$ – рівнів ієрархії на дереві допустимих маршрутів;
- $\mathcal{N}_{\text{баз}} = \bigcup_{u_\alpha=1}^{|U|} \mathcal{N}(u_\alpha)$ – множина шуканих шляхів передачі інформації;

– $\aleph_{\sigma\bar{\sigma}} \subset \aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}}$ – множина маршрутів передачі інформації, вибраних із множини $\aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}}$ для зменшення імовірності $q(\aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}}, \Delta t)$ спотворення одного біта інформації за час Δt , де u_α – номер рівня ієрархії.

Тоді формування множини $\aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}}$ для кожного вузла i представляє собою ітераційний процес почергового додавання вузлів з відповідним рівнем ієрархії, що збільшує число альтернативних шляхів передачі інформації від вузла i і створить умови для мінімізації середнього часу доставки інформаційних пакетів в ТКМ.

Після зроблених припущень і позначень сформована оптимізаційна задача підвищення оперативності передачі даних в межах множини маршрутів $\aleph_{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}$:

$$T_{mc}(\aleph_{\sigma\bar{\sigma}}) \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$|U| = \{u_\alpha \mid \aleph(u_\alpha) \subset \aleph\}, \quad (6)$$

$$\aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}} = \bigcup_{u_\alpha=1}^{|U|} \aleph(u_\alpha), \quad |U| \geq 1, \quad |U| < \max_{\eta_m \in \aleph} |\eta_m|, \quad (7)$$

$$\aleph_{\bar{\sigma}\bar{\sigma}} = \bigcup_{u_\alpha=1}^{|U|} \aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}}(u_\alpha), \quad (8)$$

$$\varphi_s = \frac{1 - t_s / \sum_{s \in \aleph_{\sigma\bar{\sigma}}} t_s}{|\aleph_{\sigma\bar{\sigma}}| - 1}, \quad \aleph_{\sigma\bar{\sigma}} \subset \aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}}, \quad (9)$$

$$T_{mc}(\aleph_{\sigma\bar{\sigma}}) \leq T_{don}, \quad (10)$$

$$p_s(\Delta t) \geq p_{don}(\Delta t), \quad (11)$$

де t_s – «відстань» від джерела до адресата на s -му маршруті; ℓ_p – довжина пакета; $p_s(\Delta t) = \prod_{c \in \eta_s} (1 - q_s^{(c)})^{\frac{\ell_p \Delta t}{\varphi_s}}$ – імовірність перекручень інформації при передачі її по s -му маршруті за час Δt ; $q_s^{(c)}$ – імовірність перекручення одного біта інформації;

Процес визначення базової множини маршрутів в аналітичному вигляді представлено в вигляді виразів:

$$T_{i,j \min} = \min_{k \in \aleph} \{T_{k,j} + t_{i,k}\}, \quad (12)$$

$$S_j^{(i)} = \{k \mid k \in \aleph\}, \quad (13)$$

$$\aleph_{\bar{\sigma}\alpha\bar{\sigma}} = \{(i, k_1, \dots, k_\ell, j) \mid k_{i_1} \neq k_{i_2}; k_i \neq i, \forall k_{i_1}, k_{i_2} \in \{k_1, \dots, k_\ell\}\}, \quad (14)$$

де $t_{i,k}$ – «відстань» від вузла i до вузла k ; $T_{k,j}$ – «відстань» від вузла k до адресату j ;

\aleph – множина вузлів зв'язку в ТКМ.

В результаті проведених досліджень було оцінено вплив кількості маршрутів, використаних для передачі інформації на імовірність помилкового прийому інформаційного пакету. Отримані криві залежності імовірності q_0 помилкового прийому інформаційного пакету і імовірність $p_{но}$ не виявлення помилок в інформаційному пакеті від кількості маршрутів передачі інформації представлені на (рис.6) та (рис.7).

Рис.6 та Рис.7 ілюструють суттєвий ріст імовірності q_0 помилкового прийому інформаційного пакета (до 3 раз) і імовірності p_{HO} не виявлення помилок в інформаційному пакеті (до 4 раз) при збільшенні числа маршрутів, використаних при передачі з 1 до 4. Аналогічно, із представлених рисунків, видно зростання імовірності q_0 і p_{HO} при збільшенні довжини ℓ_p інформаційного пакета до 6 разів.

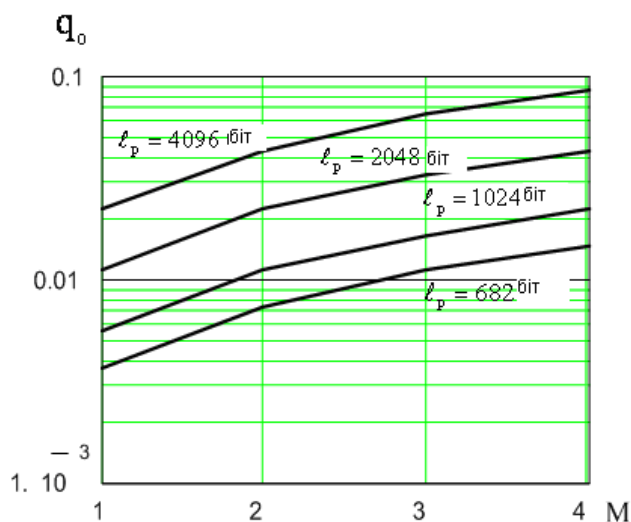


Рис. 6. Залежність імовірності помилкового прийому інформаційного пакета q_0 від кількості маршрутів передачі інформації

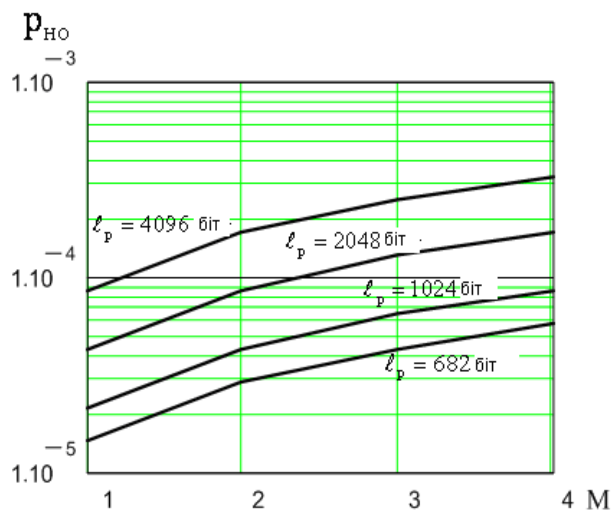
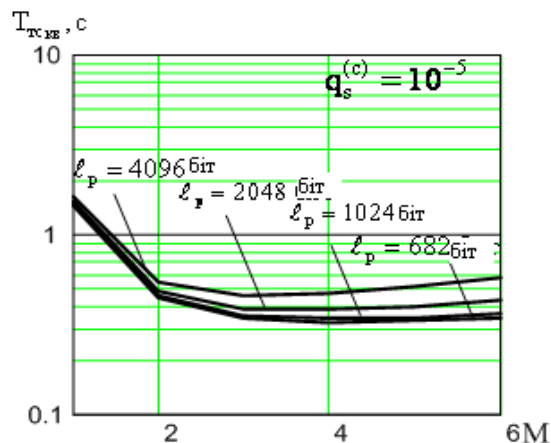
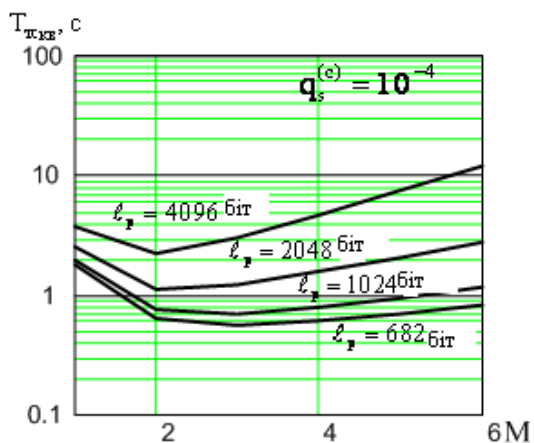


Рис. 7. Залежність імовірності не виявлення помилок в інформаційному пакеті p_{HO} від кількості маршрутів передачі інформації

Проведені дослідження показали що безпосереднє використання всієї множини $N_{\text{баз}}$ маршрутів передачі інформації не завжди доцільно. Так на рис.8 представлено залежності часу $T_{\text{ткв}}$ доставки інформаційних пакетів від кількості маршрутів і різних значення імовірності $q_s^{(c)}$ перекручень одного біта інформації. Як видно із графіків оптимум досягається при використанні 2-5 маршрутів для передачі інформації.



а)

б)

Рис. 8. Залежності середнього часу $T_{\text{ткв}}$ доставки інформаційних пакетів від кількості M маршрутів передачі інформації при різних значеннях імовірності $q_s^{(c)}$ перекручень одного біта інформації в каналі зв'язку

Відповідно наступним етапом було розробка процедури оптимізації множини маршрутів та процедури розподілу інформаційних пакетів по знайденій множині маршрутів в ТКМ.

Досвід проектування ТКМ, а також аналіз і порівняльні дослідження перспективних напрямків розвитку цифрових телекомунікаційних систем і мереж показали, що для підвищення оперативності передачі даних необхідна наявність детальних відомостей багатьох параметрів ТКМ, інтенсивності кількості каналів зв'язку, схемах розподілу інформаційних потоків. Ці відомості головним чином визначаються на основі моніторингу ТКМ і прогнозуванні поведінки інформаційного потоку в ній. Виходячи з цього, метод прогнозування поведінки інформаційного потоку розбито на ряд етапів. Структурна схема системи прогнозування поведінки інформаційного потоку представлена на рис.9.

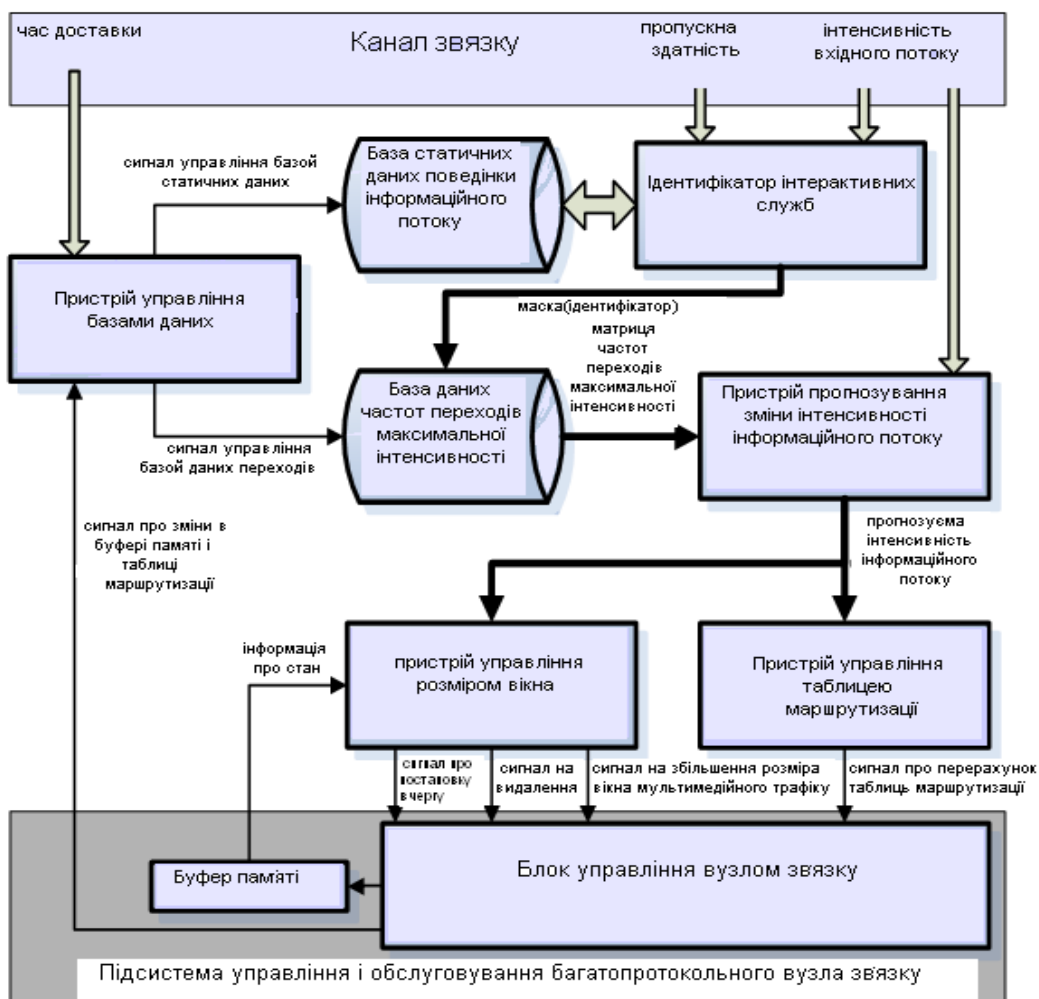


Рис. 9. Структурна схема системи прогнозування поведінки інформаційного потоку

Проведенні дослідження показали можливість ідентифікації різних інтерактивних служб (визначення видів інформації) шляхом оцінки коефіцієнту пачечності. Так на основі інформації, отриманої від програмних засобів моніторингу каналів зв'язку і статистичних даних поведінки інформаційного потоку проводиться розрахунок і оцінка коефіцієнта пачечності. На основі оцінки цього параметра проводиться ідентифікація інтерактивних служб.

На наступному етапі шляхом аналізу і оцінки записів матриць частот переходів максимальної інтенсивності і даних про інтенсивність вхідного потоку інформації проводиться прогнозування зміни інтенсивності інформаційного потоку на наступному інтервалі часу.

За отриманими в результаті експерименту, значеннями максимальних частот переходів по рівням квантування, було побудовано графіки щільності розподілу емпіричних імовірностей переходів інтенсивності з рівня на рівень. Так на (рис. 10) та (рис. 11) представлено графіки щільності розподілу емпіричних імовірностей переходів інтенсивності з рівня на рівень при передачі мультисервісного трафіка отримані в результаті експерименту так отримані за допомогою відомого статистичного метода.

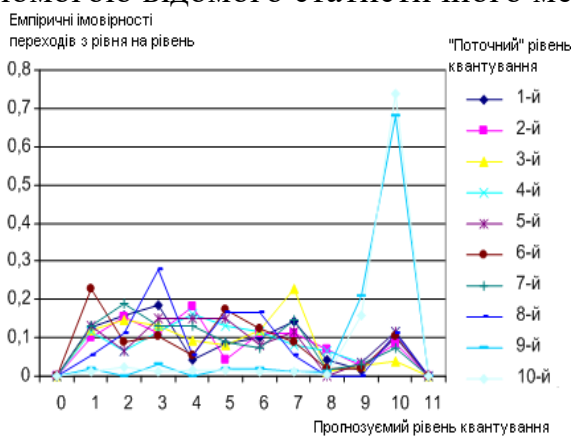


Рис. 10. Щільності розподілу емпіричних імовірностей переходів з рівня на рівень при передачі мультисервісного трафіку (розроблений метод прогнозування)

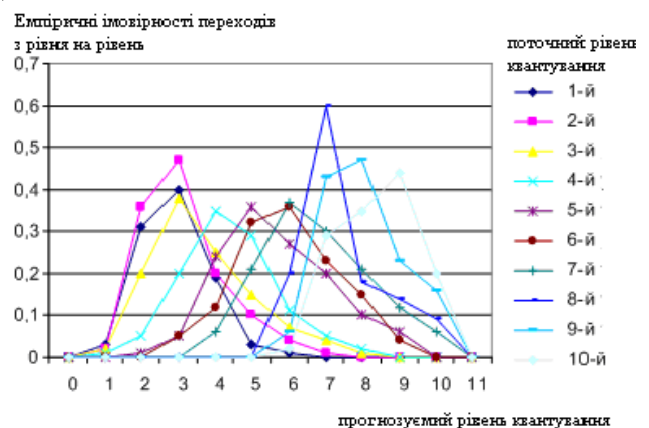


Рис. 11. Щільності розподілу емпіричних імовірностей переходів з рівня на рівень при передачі мультисервісного трафіку (метод перезавантажувального управління трафіком)

Аналіз приведених вище графіків показав, що знехтування процесом ідентифікації вхідного трафіку даних може привести до неточностей в прогнозуванні подальшої поведінки трафіка.

Таким чином, розроблено метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі, який, відрізняється від відомих, використанням процедури попередньої ідентифікації інтерактивних служб і

врахуванням статистичних даних поведінки трафіка, що дозволило підвищити точність оцінки прогнозування подальшої поведінки трафіку до 30%.

Володіючи прогнозованими даними про інтенсивність вхідних потоків інформації та оптимальну кількість маршрутів, які використовуються для передачі даних, можна виконувати перерозподіл інформаційних потоків по знайденій множині маршрутів.

Для розподілу інформаційних пакетів по знайденій множині маршрутів в ТКМ, було розроблено алгоритм управління загрузкою оптимальної множини маршрутів.

У четвертому розділі було розроблено імітаційну модель системи динамічного управління маршрутизацією даних. Оцінено ефективність методу підвищення оперативності передачі даних та обґрунтовано достовірність отриманих результатів. Розроблено практичні рекомендації по застосуванню методу підвищення оперативності передачі даних.

Для порівняння розробленого методу з методом, основаним на одношляховій маршрутизації з квітуванням із зробленими допущеннями знайдено відношення часу доставки інформаційних пакетів які забезпечують ці методи $T_{TC\text{ OM}}/T_{TC}$. Так рис. 12 ілюструє переваги метода основаного на одношляховій маршрутизації з квітуванням, порівняно з розробленим методом при низькій загрузці ТКМ і високою імовірністю перекручень одного біта інформації ($\varphi_{s(c)} \leq 0,3, q_s^{(c)} = 10^{-5}, \varphi_{s(c)} \leq 0,65, q_s^{(c)} = 10^{-4}$) (середній час $T_{TC\text{ OM}}$ доставки інформаційних пакетів менший часу T_{TC}).

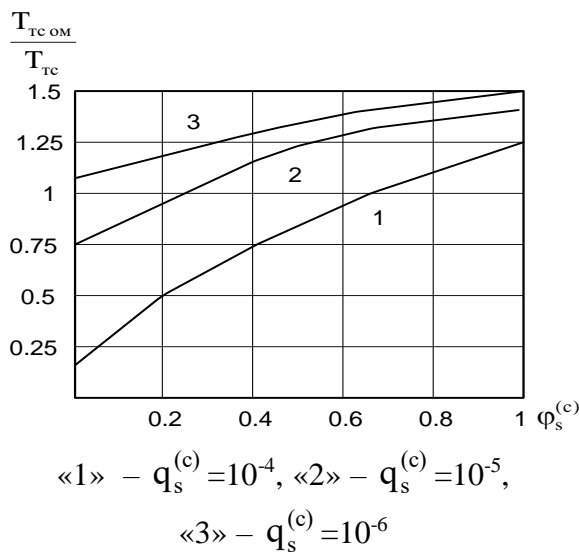


Рис. 12. Залежність відношення $T_{TC\text{ OM}}/T_{TC}$ від коефіцієнта $\varphi_{s(c)}$ розподілу трафіка в s -му каналі зв'язку s -го маршруту

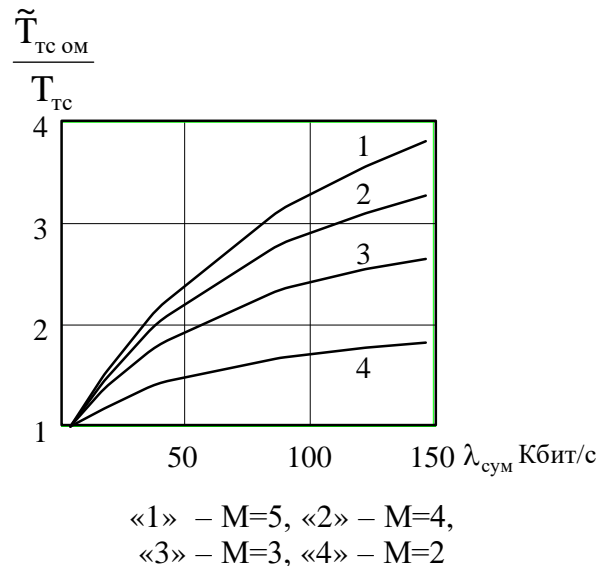


Рис. 13. Залежність відношення $T_{TC\text{ OM}}/T_{TC}$ від сумарної інтенсивності потоку інформації

Однак збільшення завантаження ТКМ, а також покращення ГТХ призводить до відносного збільшення часу $T_{тс\text{ ом}}$ (порівняно з середнім часом $T_{тс}$ розробленого методу) до 1,5 раз. Таким чином, стає очевидним доцільність використання розробленого методу підвищення оперативності при високій завантаженості ТКМ.

Рис. 13 ілюструє переваги метода основаного на одношляховій маршрутизації порівняно з розробленим методом при низькій сумарній інтенсивності потоку інформацій ($\lambda_{\text{сум}} \leq 10$ Кбіт/с), але збільшення завантаження ТКМ (зростання $\lambda_{\text{сум}}$) призводить до збільшення часу $\tilde{T}_{тс\text{ ом}}$ (доставки інформаційних пакетів без квітунням) порівняно з середнім часом $T_{тс}$ до 4 разів.

Таким чином, результати досліджень показали доцільність використання розробленого методу підвищення оперативності передачі даних в ТКМ при високій завантаженості ТКМ і низькій імовірності перекручення інформації в каналах зв'язку.

Для обґрунтування достовірності отриманих результатів в середовищі програмному середовищі MathCAD-14 для фрагменту ТКМ було проведено імітаційне моделювання. За результатами якого для різних значень інтенсивності вхідного потоку інформації отримано статистичні ряди часу доставки інформаційних пакетів. Висунута гіпотеза про нормальний розподіл даної випадкової величини була перевірена по критерію Персона. Перевірка підтвердила гіпотезу, що величина часу доставки розподілена по нормальному закону.

Із отриманих графіків (рис.14) видно, що в більшості тестових ситуацій розрахункові криві $T_{тс}$ (суцільна крива), отримані відповідно з запропонованою математичною моделлю впевнено вкладаються в усереднений довірчий інтервал.

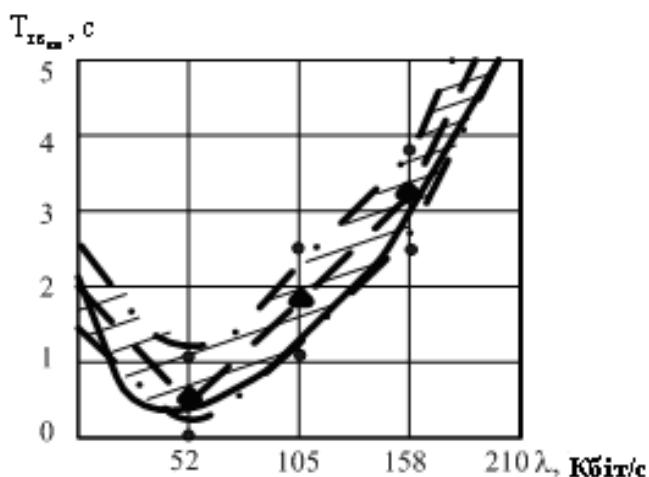


Рис. 14. Графіки залежності середнього часу доставки інформаційних пакетів для математичної ($T_{тс}$) та імітаційної ($T_{тс\text{ експ}}$) моделей ТКМ від інтенсивності λ при передачі інформації із квітунням

У додатках наведено приклади функціонування телекомунікаційної мережі з використанням дистанційно-векторних методів маршрутизації та методів стану каналів, матриці частот переходів значень максимальної інтенсивності, імітаційна модель системи динамічного управління маршрутизацією даних в телекомунікаційній мережі, перевірка по критерію Пірсона гіпотези про розподіл випадкової величини по нормальному закону та акти реалізації результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У дисертаційній роботі проведено теоретичне узагальнення й отримане нове рішення наукового завдання, що полягає у розробці методу підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією. Основні висновки по роботі полягають у наступному.

1. Проведений аналіз показав конструктивні методи підвищення оперативності передачі даних в телекомунікаційних мережах з сучасними протоколами доступу і управління, критеріями та обмеженнями, враховуючих особливості передачі різного роду даних (потокове відео, аудіоінформація і т.ін.) досліджено недостатньо, а наявні методи і протоколи маршрутизації пакетів інформації не завжди забезпечують необхідну оперативність передачі при високій завантаженості телекомунікаційної мережі та високій інтенсивності інформаційних потоків.

2. В ході виконання дисертаційної роботи отримані наступні наукові результати:

- отримав подальший розвиток метод розрахунку середнього часу доставки інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі, відрізняється від відомих врахуванням особливостей динамічного управління процесом маршрутизації і процедур перерозподілу каналних ресурсів, що дозволяє більш точно оцінити оперативність передачі даних;

- вдосконалено метод динамічного управління маршрутизацією даних в телекомунікаційній мережі, який відрізняється від відомих врахуванням прогнозовної поведінки інформаційного потоку для виконання динамічного перерозподілу каналних ресурсів, що дозволяє підвищити оперативність передачі даних в умовах високої мережної завантаженості;

- вдосконалено метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі, який від відомих відрізняється ідентифікацією потоку даних та врахуванням статистичних характеристик трафіка, що дозволить підвищити точність оцінки прогнозування поведінки інформаційного потоку в умовах різноманітності інтерактивних служб;

3. В процесі проведення дисертаційних досліджень отримані наступні практичні результати:

- розроблено програмне забезпечення для моделювання процесу динамічного управління процесом маршрутизації в телекомунікаційній мережі, оцінки середнього часу доставки інформаційних пакетів з врахуванням особливостей динамічного управління маршрутизацією і процедур перерозподілу каналних ресурсів;

- розроблено алгоритм управління загрузкою оптимальної множини маршрутів. Показано що використання розробленого алгоритму при високій загрузці телекомунікаційної мережі дозволяє до 1,5 разів зменшити середній час доставки інформаційних пакетів в системах передачі з квітуванням і до 4 разів в системах без квітування;

- розроблено практичні рекомендації щодо технічної реалізації алгоритмів. Застосування яких дозволить підвищити оперативність передачі даних в умовах високої мережної загрузки.

- отримані результати використано в науково-дослідних роботах Української державної академії залізничного транспорту за темою “Дослідження та проведення лабораторних випробувань системи мультисервісного радіо доступу в діапазоні частот 10,5 ГГц в умовах станції Знам'янка” (0109U001519, 2010р.) та “Дослідження існуючих видів дуплексного радіозв'язку з метою визначення системи радіозв'язку, прийнятної до впровадження на залізничному транспорті України ” (0109U001518, 2010р.).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Смирнов А.А. Анализ и сравнительное исследование перспективных направлений развития цифровых телекоммуникационных систем и сетей / А.А Смирнов, В.В Босько, Е.В Мелешко // Збірник наукових праць – Х.: ХУ ПС, 2008. – №.7(74). – С.120-123.

2. Смирнов А.А. Разработка методики оценки среднего времени обслуживания информационных пакетов в телекоммуникационной сети / Смирнов А.А, Босько В.В. // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ навігації і управління». - 2009. – №. 2(10). – С.162-165.

3. Смирнов А.А. Разработка математической модели процесса динамического управления маршрутизацией данных в телекоммуникационной сети / Смирнов А.А, Босько В.В. // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ навігації і управління». -2009. – № 3(11). – С.208-210.

4. Смирнов А.А. Разработка метода определения оптимального множества путей передачи информации в телекоммуникационной сети / Смирнов А.А, Босько В.В. // Збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вип. 3(21). – С.102-108.

5. Босько В.В. Разработка метода прогнозирования поведения информационного потока в телекоммуникационной сети /В.В Босько // Збірник наукових праць. - Х.:ХУ ПС, - 2010.-Вип. 3 (25) .- С.126-130.

6. Смирнов А.А. Исследование особенностей построения современных телекоммуникационных систем и сетей / А.А Смирнов, В.В Босько // Проблемы

інформатики та моделювання. Матеріали восьмої міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2008. – С.54.

7. Смирнов А.А. Исследование влияния времени мониторинга телекоммуникационной сети на точность прогнозирования поведения трафика / А.А Смирнов, В.В Босько // Перша міжнародна науково-практична конференція “Проблеми й перспективи розвитку ІТ-індустрії” м.Харків , 18-19 листопада 2009р. – С.198-200.

8. Смирнов А.А. Анализ математических моделей телекоммуникационной сети /А.А Смирнов, В.В Босько // Проблеми інформатики та моделювання. Матеріали дев'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2009. – С.52-53.

9. Смирнов А.А. Метод повышения оперативности передачи данных в телекоммуникационной сети / А.А Смирнов, В.В Босько // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції “Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку”. – Х.: АВВ МВС України, 2010. – С.54.

10. Смирнов А.А. Динамическое управление процессом маршрутизации данных в телекоммуникационной сети / А.А Смирнов, В.В Босько // Міжнародна науково-практична конференція “Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія”, 19-21 травня 2010 року: тези доповідей. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – С.231-232.

АНОТАЦІЯ

Босько В.В. Метод підвищення оперативності передачі даних на основі динамічного управління маршрутизацією. – Рукопис.

Дисертація на здобуття ступеня наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. – Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2010.

Дисертаційна робота присвячена розробці методу підвищення оперативності передачі даних в телекомунікаційних мережах, дослідженню структурно-топологічних властивостей телекомунікаційної мережі та характеру зміни інтенсивності інформаційних потоків між окремими елементами телекомунікаційної мережі. Вдосконалено метод динамічного управління маршрутизацією, який відрізняється від відомих врахуванням обновляемого прогнозу поведінки інформаційного потоку для перерозподілу каналних ресурсів. Вдосконалено метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі, що дозволить підвищити точність оцінки прогнозу поведінки інформаційного потоку в умовах різноманітності інтерактивних служб.

В дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача, що полягає в розробці методу підвищення оперативності передачі даних.

Ключові слова: канал зв'язку, динамічне управління, маршрутизація, протокол, передача даних, телекомунікаційна мережа, оперативність, інформація, стек протоколів, інформаційний пакет, інтенсивність, трафік.

АННОТАЦІЯ

Босько В.В. Метод повышения оперативности передачи данных на основе динамического управления маршрутизацией. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – Телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2010.

Диссертационная работа посвящена разработке метода повышения оперативности передачи данных в телекоммуникационных сетях, исследованию структурно-топологических свойств телекоммуникационной сети и характеру изменений интенсивности информационных потоков между отдельными элементами сети. В работе усовершенствован метод динамического управления маршрутизацией, который отличается от известных учетом обновляемого прогноза поведения информационного потока и статистических данных поведения информационного потока для динамического перераспределения канальных ресурсов, что позволяет повысить оперативность передачи данных в условиях высокой сетевой нагрузки.

Анализ математических моделей телекоммуникационных сетей, показал что при решении задач маршрутизации используется целый ряд подходов, наиболее результативные из которых базируются на использовании графовых моделей и комбинаторных методах расчета, потоковых моделей а также аппарата Марковских управляемых случайных процессов. Все они имеют те или иные недостатки и достоинства. Поэтому для решения задачи повышения оперативности передачи данных было решено применить комбинированное использование рассмотренных методов, что позволит компенсировать их взаимные недостатки.

Для определения степени влияния отдельных характеристик ТКС и потока данных разработано математическую модель доставки информационных пакетов и выражения для расчета среднего времени доставки информационных пакетов от известных отличается учетом особенностей динамического управления процессом маршрутизации и процедур перераспределения канальных ресурсов за счет введения нормирующих коэффициентов распределения потока информации в ТКС и разности в количестве временных окон мультимедийного трафика что позволяет адекватно оценить (до 3 раз повысить точность по сравнению с известными) оперативность передачи данных различного класса. Располагая исходными данными о интенсивности мультимедийного трафика и трафика данных, тактико-технических средств передачи данных можно оценить зависимость времени доставки информационных пакетов от указанных параметров.

Исследовано этот процесс на примере функционирования многопротокольного узла связи (УС).

Проведенные исследования показали, что суммарная интенсивность мультимедийного трафика и трафика данных, средний коэффициент распределения потока в канале маршрута, а следовательно и пропускная способность канала связи являются определяющими параметрами, влияющими на среднее время доставки информационных пакетов в ТКС.

Показано что одним из параметров характеризующих поведение информационного потока в ТКС, определяющих класс трафика и вид передаваемой информации является коэффициент пачечности. Проведенные исследования показали возможность идентификации различных интерактивных служб (определения видов информации) путем его оценки.

Усовершенствован метод прогнозирования поведения информационного потока в телекоммуникационной сети, который отличается от известных идентификацией потока данных и учетом статистических характеристик трафика, что позволило повысить точность оценки прогноза поведения информационного потока в условиях разнородности интерактивных служб до 30%.

Разработан алгоритм управления нагрузкой оптимального множества маршрутов в ТКС, который от известных отличается возможностью его децентрализованного (независимого) выполнения в каждом отдельном взятом «активном» узле связи, что позволяет существенно снизить вычислительные затраты ресурсов сети в сравнении с известными методами.

Разработанный алгоритм позволяет управлять перераспределением информационных потоков по множеству маршрутов ТКС и, тем самым, оперативно реагировать на динамические изменения входного потока информации.

Разработаны рекомендации по практическому применению метода повышения оперативности передачи данных.

Ключевые слова: канал связи, динамическое управление, маршрутизация, протокол, передача данных, телекоммуникационная сеть, оперативность, информация, стек протоколов, информационный пакет, интенсивность, трафик.

ABSTRACT

Bos'ko V.V. Raising efficiency method of data transfer on the basis of dynamic control of the routing. – Manuscript.

Thesis for a Candidate of Technical Science Degree in specialty 05.12.02 – Telecommunication systems and network. – Ukrainian State Academy of Rail Transport. Kharkiv, 2010.

The thesis is devoted to the elaboration of raising efficiency method of data transfer in telecommunication networks, to investigation of structure-typological characteristics of telecommunication network and character of change in information stream intensity among separate elements of telecommunication network. The method

of dynamic routing process control is improved; it differs from known by due regard of the renewing conduct forecast of the information stream for redistribution of the channel resources. The method of information stream conduct prognostication in telecommunication network is improved; that will allow to raise exactness of conduct forecast estimation in the information stream under the conditions of heterogeneity of interactive services.

The pressing science-applied task that consists of elaboration of method to raise data transfer efficiency is solved in the thesis.

– Methods of mean time calculation for delivery of information packet are worked out.

– Analytic expression for mean time calculation of the information packet delivery is specified.

– Recommendations for practical use of the data transfer raising efficiency method are worked out.

Key words: channel, dynamic control, routing, protocol, data transfer, telecommunication network, efficiency, information, protocol stack, information packet, intensity, traffic.

Підписано до друку 11.11.10. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Надруковано на різнографі. Умов. Друк. арк..0,9
Зам № 400/2010. Тираж 100 прим.

© РВЛ КНТУ, м.Кіровоград, пр.Університетський, 8.
Тел.(0522) 390-541, 559-245, 390-551