

Г.А. МАМЕДОВ, Б.Г. ІБРАГІМОВ

## ПРО ОДИН ПІДХІД ОЦІНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛАНКИ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

*Азербайджанський технічний університет,  
пр. Г.Джавіда, 25, Баку, Азербайджан,  
тел.: (99412) 4393343, E-mail: i.bayram@mail.ru*

**Анотація.** Розглянуто питання оцінки пропускної здатності ланки мультисервісних мереж зв'язку, створених абонентськими мережними терміналами багатофункціонального типу. Досліджено ефективності функціонування системи передачі неоднорідного трафіку, на основі яких створена модель ланки мультисервісних мереж зв'язку. Отримано аналітичні вирази, які дозволяють оцінити ступінь нереалізованості досяжних пропускних здатностей термінального обладнання мультисервісних мереж зв'язку.

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы оценки пропускной способности звена мультисервисных сетей связи, образованной абонентскими сетевыми терминалами многофункционального типа. Исследованы эффективности функционирования системы передачи неоднородного трафика, на основе которых создана модель звена мультисервисных сетей связи. Получены аналитические выражения, позволяющие оценить степень нереализованности достижимых пропускных способностей терминального оборудования мультисервисных сетей связи.

**Ключові слова:** пропускна здатність, мультисервісна мережа зв'язку.

### ВСТУП

Сучасний рівень розвитку телекомунікаційних систем на базі інформаційних технологій вимагає створення мультисервісних мереж зв'язку з підвищеною пропускною здатністю, що передбачають передачу інформаційного потоку неоднорідного трафіку багатофункціональним абонентським і мережним терміналам (БА і МТ), що набуває більшого значення в системах керування зв'язком. Пропускна здатність системи мультисервісних мереж зв'язку є ключовою характеристикою, що визначає можливість використання системи на практиці.

Проведений аналіз показав, що задача оцінки пропускної здатності БА і МТ мультисервісних мереж у повному об'ємі ще не вивчена у випадку, коли спільно обслуговуються потоки неоднорідного трафіку (мовлення, дані, факси, Internet, відео). Крім того, необхідність оцінки ефективного

використання пропускної здатності мультисервісних мереж обумовлена тим, що бурхливий розвиток абонентських і мережних терміналів багатофункціонального й інтелектуального типу із впровадженням новітніх технологій IP-Телефонії (Internet Protocol), DSP(Digital Signal Processing), ATM (Asynchronous Transfer Mode), ISDN (Integrated Services Digital Network), NGN(Next Generation Network) вимагає подальшого їх дослідження [1,2].

Аналіз показників пропускних здатностей ланки мультисервісних мереж, утворених багатофункціональними абонентськими й мережними терміналами й методи підвищення їх ефективності докладно обговорюються в [3,4,5]. Його метою є методи аналізу показників ефективності мультисервісних мереж телекомунікації й визначення пропускної здатності в цифрових інтегральних мережах зв'язку.

У даній роботі розглядається розв'язок вище сформульованої задачі - дослідження ступеня нереалізованості пропускної здатності ланки мультисервісних мереж зв'язку, утвореної багатофункціональними абонентськими й мережними терміналами.

#### ЗАГАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для алгоритму розрахунку пропускної здатності термінального обладнання мультисервісних мереж зв'язку необхідно створити схему функціонування моделі ланки, що найбільш точно буде враховувати телекомунікаційні процеси керування передачі потоків пакетів, що протікають у розглянутій мережі при наданні послуг [6]. Причому кожний трафік, що обслуговується (мовлення, дані, відео й ін.) висуває певні вимоги до показників пропускної здатності ланок мультисервісних мереж зв'язку.

Математичне формулювання задач оцінки характеристик пропускної здатності трактів систем передачі при спільному обслуговуванні неоднорідного трафіка буде описуватися наступними цільовими функціями:

$$C_{i,max} = \{ [\max_i (V_{i,t}, \eta_{i,всп}), \min_i (D_{i,kn})], i = \overline{1, n} \} \quad (1)$$

де  $C_{i,max}$  – максимальне значення досяжної пропускної здатності термінального обладнання мультисервісних мереж зв'язку при передачі  $i$ -го потоку пакетів;  $V_{i,t}$  – швидкість роботи БА і МТ ланок мереж зв'язку;  $\eta_{i,всп}$  – відношення сигнал-перешкода (ВСП) при передачі  $i$ -го потоку пакетів;  $D_{i,kn}$  – коефіцієнт втрат пропускної здатності трактів систем передачі мультисервісної мережі.

Вираз (1) характеризує запропонований підхід, що визначає показник пропускної здатності ланки мультисервісних мереж зв'язку й важливим параметрів є ВСП, що залежить від використовуваного ефективного

алгоритму цифрової обробки сигналів (ЦОС, DSP-технологій) у термінальному обладнанні.

Огляд результатів досліджень, опублікованих останнім часом показує [5,6], що ефективне використання пропускної здатності ланки мультисервісних мереж зв'язку на базі БА і СТ залежить від статистичних властивостей флуктуацій модемних сигналів у трактах систем передачі, від ефективних алгоритмів ЦОС, від відношення сигнал-перешкода плюс шум у системі передачі так і від використовуваних методів модуляції й завадостійкого кодування з різними швидкостями  $R = (k/m)(1, k, m -$  параметри, використовуваної сигнально-кової конструкції, що визначається схемою завадостійкого кодування. В якості методу модуляції й кодуванні можуть бути використані: QPSK, QAM і коригувальні коди.

Відповідно до постановки задачі нижче досліджується ступінь нереалізованості потенційно досяжної пропускної здатності ланки мультисервісних мереж зв'язку, на основі БА і МТ, на яких базуються вищевикладені алгоритми обробки сигналів.

Для формалізації процедури розрахунку характеристик пропускної здатності БА і МТ мультисервісних мереж, необхідно створити модель ланки мереж зв'язку, що найбільш точно буде відображати телекомунікаційні процеси, що протікають у досліджуваній мережі й дозволить одержати аналітичні вирази для обчислення їх основних швидкісних характеристик.

#### СХЕМА ФУНКЦІОНУВАННЯ МОДЕЛІ ЛАНКИ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

Для реалізації поставленої задачі й цільової функції (1), що характеризує підхід оцінки ефективного використання потенційно досяжної пропускної здатності БА і МТ мультисервісних мереж, запропонована найпростіша структура трактів систем передачі (мал.1). Дана схема визначає структурні моделі ланки мереж зв'язку [5], що дозволяє більш точно врахувати телекомунікаційні процеси, що протікають у досліджуваній мультисервісній мережі на базі технологій NGN, АТМ і ІР-Телефонії.

Зі схеми видно, що представлена структура для реалізації алгоритму «*End to end* – від джерела до одержувача» містить наступні функціональні, блочно-модульні системи: буферний накопичувач (БН) вхідного порту, граничні маршрутизатори, інтегральні мультиплексори терміналу, вихідний порт - віртуальний комутатор АТМ/ІР і ін.

З врахуванням [3,5] вважаємо, що в модуль буферного накопичувача вхідного порту надходять Марковські вхідні потоки пакетів (МАР – Markova Arrival Process) з параметрами  $\lambda_i, i = \overline{1, n}$ , що утворюються різними типами джерел (голос, факси, Internet, дані й відео) навантаження. Припустимо, що на ланку мультисервісної мережі зв'язку, що має  $N_{i,m}$  БА і МТ і характеризується з обмеженим доступом  $d$ , надходить стаціонарний

Марковський потік пакетів з параметрами  $\lambda_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а потім з імовірністю  $P_i$ , надходить пакет граничному маршрутизатору і комутатору, що потрібен для гарантованого обслуговування  $i$ -го трафіка, що визначається в такий спосіб [2]:

$$P_i = (\lambda_i / \lambda), \quad \lambda = \sum_i^n \lambda_i, \quad i=1,2,\dots,n, \quad n \leq d \quad (2)$$

З моделі функціонування ланки мережі слідує, що структура трактів систем передачі описується одноканальною системою масового обслуговування з довільним розподілом часу обслуговування - MAP/G/1/ $N_{\text{бн}}$  [3] з деякими допущеннями й одним терміналом з буферним накопичувачем кінцевої ємності  $N_{\text{бн}}$ ,  $1 \leq N_{\text{бн}} < \infty$ . БН вхідного порту працює по дисципліні FIFO. Ланки мультисервісної мережі, що складаються з БА і МТ занумеровані від 1 до  $j+1$ , їх з'єднуючі, занумеровані послідовно від 1 до  $j$ . Швидкість  $j$ -го БА і МТ дорівнює  $V_j$ .

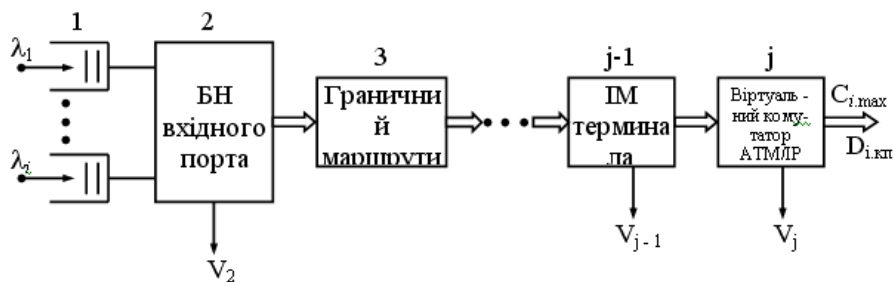


Рис.1. Структурна схема ланки мультисервісної мережі

#### ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТУ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ НЕОДНОРІДНОГО ТРАФІКА

Для оцінки показників трактів систем передачі на основі алгоритму розрахунку потрібно звернути особливу увагу на необхідну швидкість передачі ланок  $V_{i,t}$ , по заданій швидкості надходження вхідного потоку  $\lambda_i$ , завантаженню системи  $\rho_i(\lambda_{\text{вх}}) < 1$ , матриці маршрутів  $\Lambda_i$ , і кількості абонентських і мережних терміналів  $N_{i,m}$ ,  $i=1,2,\dots,n$ ...

З опису моделі функціонування ланки мультисервісних мереж зв'язку слідує, що швидкість надходження потоків пакетів на ланку в цьому випадку залежить від поточного стану системи – від числа пакетів, що вже надійшли. Ці умови можна сформулювати за допомогою процесу розмноження й загибелі в наступному виді [2,6]:

$$\lambda_i = \begin{cases} \lambda \cdot (N_m - i), & \text{при } i = \overline{0, N_m} \\ 0 & \text{, при } i > N_m \end{cases}, \quad \mu_i = i \cdot \mu, \quad \text{якщо } 0 \leq i \leq N_m$$

Одним з важливих показників якості функціонування трактів системи передачі потоків різнотипних пакетів є максимальне значення досяжної пропускної здатності, що характеризує максимальне число пакетів, при

якому ланка мережі за допомогою БА й МТ може передавати в одиницю часу.

Максимальне значення досяжної пропускної здатності при передачі  $i$ -го потоку пакетів при припустимому значенні ВСП  $\eta_{i,всп,доп}$  у ланках мереж зв'язку визначається за допомогою виразу:

$$C_{i,max} (\eta_{i,всп} \geq \eta_{i,всп,доп}) = \sum_{i=1}^n [V_{i,t} \cdot N_{i,t,доп}] \cdot K_{i,сж} \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

де  $K_{i,ст}$  – коефіцієнт стиску трафіка  $i$ -го потоку пакетів на основі диференціальних алгоритмів даних і алгоритмів інтерполяції мовних і відеосигналів.

На основі структурної схеми трактів систем передачі мультисервісної мережі (мал.1), що складається з БА і МТ при реалізації алгоритму «End to end» виявлено, що значення сумарної бітової швидкості трафіка від всіх джерел  $i$ -го ланки [4], передаючих потоків пакетів по каналах зв'язку  $j$ -ого віртуального комутатора, визначається як

$$V_{ij}^{bc} = \frac{1}{N_{ij}^t} \sum_{n=1}^{N_{ij}^t} V_{ij}^{(n)}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

де  $n$  – кількість джерел повідомлення;  $N_{ij}^t$  – число БА і МТ у системі передачі мультисервісної мережі, починаючи від всіх джерел  $i$ -ї області до одержувачів  $j$ -ї області.

На основі системно-технічного аналізу схеми функціонування моделі ланки мультисервісної мережі зв'язку на базі БА і МТ виявлено, що в трактах систем передачі потоків пакетів відбувається втрата пропускної здатності. Це відбувається саме на ланці мережі при реалізації алгоритму «End to end» через послідовно з'єднані термінальні елементи й вплив різних джерел перешкод. Під втратою пропускної здатності на ланці мультисервісної мережі мається на увазі ступінь нереалізованості потенційно досяжної пропускної здатності тракту системи передачі потоків пакетів в умовах впливу перешкод.

Коефіцієнт втрат пропускної здатності ланок мультисервісної мережі, що складаються з БА і МТ будемо оцінювати за допомогою максимальної пакетної швидкості на ланці мережі  $V_{i,max,n}$  за умови виконання заданих вимог до середньої ймовірності помилки прийому на біт:  $P_{i,c,ном} \leq P_{i,c,ном,доп}$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Остання, у ланках мереж зв'язку характеризує якості передачі й прийому інформаційних потоків пакетів неоднорідного трафіка, в умовах впливу перешкод.

Встановлено [2,7], що при нормальному функціонуванні ланки мереж зв'язку, коли відсутнє необмежене зростання черги  $\rho(\lambda_{ij}) < 1$ , коефіцієнти

втрат пропускної здатності БА і МТ мультисервісних мереж  $D_{KB}$  визначаються за наступним виразом:

$$D_{i,KB}(P_{i,c.пом.} \leq P_{i,c.пом. доп.}) = 1 - \frac{V_{i,max,n}}{C_{i,max}(\eta_{i,ecn} \geq \eta_{i,ecn,доп})} < 1 \quad (5)$$

де  $V_{i,max,n}$  – пакетна швидкість передачі БА й МТ мультисервісних мереж зв'язку при передачі  $i$ -го трафіка й визначається нерівністю

$$V_{i,max,n} \geq V_{i,вих,т} + V_{j,вх,т}, \quad i=j, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}$$

де  $V_{i,вих,т}$ ,  $V_{j,вх,т}$  – відповідно, швидкість передачі вихідного й прийому вхідного неоднорідного трафіка.

З (3), (4) і (5) треба, що визначення швидкісних характеристик трактів системи передачі дозволяє оцінити досяжність пропускної здатності при передачі  $i$ -го потоку пакетів при припустимому значенні ВСП у ланках мультисервісних мереж зв'язку на базі й можливі її втрати через вплив перешкод.

На основі отриманих аналітичних виразів визначені чисельні розрахунки за допомогою системи MATLAB 6.5 і її пакетів Signal Processing Communications і отримані наступні результати:  $N_{i,t} = 16$  терм., QPSK,  $K_{i,CT} \geq 4$ ,  $V_{i,t} = 64$  Кбіт/с,  $R = 3/4$ ,  $P_{i,c.пом.} \leq 10^{-5}$ ,  $V_{i,max,n} = 3,48$  Мбіт/с і  $D_{i,KB} = 0,1753$ . Отримані числові результати показують, що в умовах розглянутого підходу ланки мереж зв'язку, утвореної БА й МТ не використовується приблизно 17,53% потенційно досяжної пропускної здатності.

#### ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонований у роботі підхід для оцінки показників пропускної здатності ланки мультисервісних мереж зв'язку враховує якість роботи системи передачі при впливі різних джерел перешкод. Отримано аналітичні вирази, що дозволяють оцінити коефіцієнти втрат пропускної здатності ланки мережі зв'язку створеної БА і МТ.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лагутин В.С. Оценка характеристик пропускной способности мультисервисных пакетных сетей при реализации технологии разделения типов нагрузки / В.С.Лагутин, В.О.Костров // Электросвязь. - Москва: ООО «Инфо-Электросвязь», 2003. - №3. – С.28-32. - ISSN 0013-5771.
2. Ершов В.А. Метод расчета пропускной способности магистралей мультисервисных телекоммуникационных сетей / В.А.Ершов, Н.А.Кузнецов // Труды Международной Академии Связи. Приложение к журналу "Электросвязь" - М.: Международная Академия Связи, ООО «Инфо-Электросвязь», 1999. - №1(9). – С.22-24.-ISSN 0013-5771.
3. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М.Вишнеvский. - Москва.: Техносфера, 2003. - 512С. -ISBN 5-94836-011-3.
4. Яновский Г.Г. Эволюция и конвергенция в электросвязи / Г.Г.Яновский, Р.А.Кох / - М.: Радио и связь, 2001. - 280С. - ISBN 5-256-01591-5.
5. Ибрагимов Б.Г. Эффективность передачи неоднородного трафика многофункциональным абонентским терминалом / Б.Г. Ибрагимов // Электросвязь. - Москва: ООО «Инфо-Электросвязь», 2002.- №7. - С37-39. – ISSN 0013-5771.

6. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров АТМ-сетей / А.Н. Назаров. - М.: Горячая линия - Телеком, 2002. – 255С. – ISBN 5-93517-219-4.
7. Мамедов Г.А. Оценка пропускной способности звена мультисервисных сетей связи / Г.А. Мамедов, Б.Г. Ибрагимов // Интернет - Образование - Наука - 2008: шестая международная конференция, 7 - 11 октября 2008 г.: сборник материалов конференции. - Украина, Винница, 2008. - Т.2(10). - С. 317 - 320. - ISBN 978-966-641-268-6.

Надійшла до редакції 12.01.2009р.