

## МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМІНАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

*Розроблено метод оцінки ефективності термінального обладнання мультисервісних мереж передачі інформаційних потоків, що базуються на теорії масового обслуговування. Ефективність функціонування мультисервісних мереж зв'язку, що складаються з багатофункціональних абонентських і мережевих терміналів (БА і МТ), визначається через імовірнісні, вагові і ймовірнісно-тимчасові характеристики функціонування мереж телекомунікації з урахуванням імовірності окремих станів системи при виконанні необхідних телекомунікаційних процесів.*

*Efficiency estimation method of the terminal equipment of multiservices networks of information flows transmission, which are based on the theory of waiting systems, is developed. Efficiency of multiservices connections functioning, which consists of multifunction customer and network terminals, is determined by probable, weight and probable-temporal descriptions of telecommunication network functioning taking into account probability of the separate states of the system at implementation of necessary telecommunication processes.*

### Вступ

Сучасний рівень розвитку технічних засобів зв'язку на основі сучасних інформаційних, мережевих і комп'ютерних технологій вимагає створення мультисервісних мереж, утворених терміналами багатофункціонального й інтелектуального типу з підвищеною пропускну здатністю, що передбачає передачу мультимедійного додатка [1], котрий набуває великої значущості в телекомунікаційних і обчислювальних системах.

Встановлено, що проблема ефективності термінального обладнання мультисервісних мереж передачі різних видів інформації — інформаційні потоки неоднорідного трафіку. Разом із тим, ще не вирішена задача оцінки кількості і якості інтеграції різних видів обслуговування, пов'язаних з ефективністю термінального обладнання мультисервісних мереж в тому випадку, коли спільно обслуговуються потоки неоднорідного трафіку. Необхідність створення методу оцінки ефективності термінального обладнання мультисервісних мереж зумовлена тим, що бурхливий розвиток абонентських й мережевих терміналів багатофункціонального і інтелектуального типу з упровадженням новітніх технологій *PDH (Plesiochronous Digital Hierarchies,  $V_k \geq 2\text{Mбіт}/\text{с}$ )*, *SDH Synchronous Digital Hierarchies,  $V_k \geq 155\text{Mбіт}/\text{с}$ )*, *IP-телефонії (Internet Protocol)*, *DSP (Digital Signal Processing)*, *FR (Frame Relay)*, *ATM (Asynchronous Transfer Mode)*, *ISDN (Integrated Services Digital Network)*, *NGN (Next Generation Network)* потребує подальшого дослідження.

### Постановка задачі

Для вирішення поставленої задачі розроблено метод оцінки ефективності термінального обладнання мультисервісних мереж передачі інформаційних потоків неоднорідного трафіку, що базуються на теорії систем масового обслуговування. Ефективність функціонування мультисервісних мереж зв'язку, що складаються з багатофункціональних абонентських і мережевих терміналів (БА і МТ), визначається через імовірнісні, вагові та ймовірнісно-тимчасові характеристики функціонування мереж телекомунікації з урахуванням імовірності окремих станів системи при виконанні необхідних телекомунікаційних процесів.

**Запропонований метод враховує стаціонарні процеси об'єднання гетерогенних інформаційних потоків, динамічний перерозподіл ресурсів багатофункціональних абонентських і мережевих терміналів інтелектуального типу, управління передачею неоднорідного трафіку і тимчасового мультиплексування трафіку з оцінкою якості функціонування мультисервісних мереж загального користування, що базуються на сучасних технологіях *ATM/IP-телефонії*.**

Математичне формулювання задачі для запропонованого методу оцінки ефективності термінального обладнання мультисервісних мереж *B-ISDN (Broadband-Integrated Services Digital Network)* при сумісному обслуговуванні неоднорідної інформації може бути подано такою цільовою функцією:

$$EE_{\text{ef}} = [\max_i (K_{i,\text{ст}} V_{i,\text{ст}}), \min_i (P_{i,\text{в}} C_{i,\text{в}})], i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де  $C_{i,\text{max}}$  — максимальне значення пропускну здатності *байт* *i*-го трафіку;  $K_{i,\text{ст}}$  — коефіцієнт стиснення *i*-го трафіку;  $T_{i,\text{сз}}$  — середній час затримки передачі *i*-го трафіку;  $P_{i,\text{в}}$  — ймовірність втрат *i*-го трафіку;  $V_i$  — швидкість роботи БА і МТ при передачі *i*-го трафіку;  $C_a$

– вартість апаратних і програмних засобів термінального обладнання мультисервісних мереж.

З виразу (1) випливає, що досліджуваний метод оцінки ефективності мультисервісних мереж визначає їх мінімаксні характеристики і є оптимізаційним завданням процесу управління і передачі інформації БА і МТ при сумісному обслуговуванні неоднорідного трафіку. Крім того, (1) визначає суть даного методу і є простим аналітичним записом функції ефективності системи термінального обладнання мультисервісних мереж, що використовує пакетну технологію *NGN* і *ATM/IP*-телефонію.

### Описання методу розрахунку показника ефективності функціонування термінального обладнання мультисервісних мереж

Для реалізації цільової функції (1), що характеризує метод оцінки ефективності термінального обладнання мультисервісних мереж передачі потоків пакетів неоднорідного трафіку, запропонована проста структура трактів систем передачі мультисервісних мереж, що складаються з БА і МТ.

Одним із завдань, які доводиться вирішувати при створенні, проектуванні і експлуатації мультисервісних мереж, є оцінка необхідної швидкості передачі ланок мультисервісних мереж за заданим навантаженням, матрицею маршрутів  $\Lambda_i = a_i b_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  і якістю обслуговування. Показниками *QoS* (*Quality of Service*) є комплексна характеристика термінального обладнання мультисервісних мереж зв'язку на базі сучасних технологій *NGN* і *ATM/IP*-телефонії, що визначають клас і якості послуг для надання послуги користувачеві за рекомендаціями *ITU-T E.800*.

Розглянемо просту структуру мультисервісної мережі, що складається з БА і МТ на базі *DSP*-технології, яка показана на рис. 1.

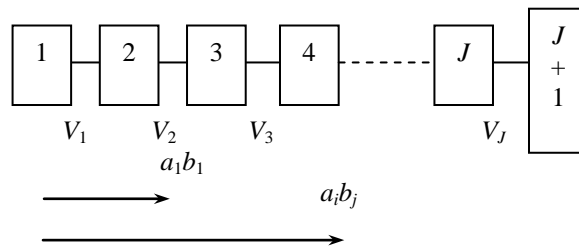


Рис. 1. Структурна схема трактів систем передачі мультисервісної мережі, що складається з багатофункціональних абонентських і мережевих терміналів

Зі схеми видно, що зображена структура трактів систем передачі мультисервісних мереж в окремому випадку для реалізації алгоритму «*End to end* – від джерела до одержувача» містить такі функціональні блоково-модульні системи, що передбачають передачу і приймання інформаційних потоків неоднорідного трафіку БА і МТ: вхід і буферний накопичувач, аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі і кодери, мультиплексор-демультиплексор, цифровий процесор обробки сигналів, маршрутизатор, вхід/вихід каналного інтерфейсу, модемний процесор, вихід комутатора *ATM/IP* і ін.

Вважаємо, що в буферний накопичувач надходять вхідні потоки пакетів Маркова *MAP* (*Markov arrival process*) з параметрами  $a_p$ ,  $a_{np}$ ,  $a_b$ , утворені в результаті суперпозиції  $n$  неоднорідних інформаційних потоків з інтенсивністю  $a_i$ .

Припускаємо, що структура трактів систем передачі описується одноканальною системою масового обслуговування з довільним розподілом часу обслуговування — *MAP/G/1/N<sub>бн</sub>* [2]. Вузли мультисервісної мережі, що складаються з БА і МТ пронумеровані від 1 до  $J+1$ , цифрові лінії зв'язку або канали зв'язки, що їх сполучають, пронумеровані послідовно від 1 до  $J$ . Швидкість  $j$ -го каналу зв'язку дорівнює  $v_j$ . Змінними величинами будуть значення інтенсивностей навантажень  $a_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , переданих по кожному з маршрутів, і значення числа каналів  $v_j$ ,  $j = \overline{1, J}$ .

Показники якості обслуговування *QoS* мультисервісних мереж зв'язку для передачі різнотипних пакетів визначаються максимальним значенням пропускної здатності БА і МТ *i*-го пакету трафіку  $C_{i,\max}$ , середнім часом затримки при передачі *i*-го пакету трафіку  $T_{i,\text{сз}}$ , частинами втрачених пакетів трафіку кожного виду  $P_{i,\text{в}}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , і ін.

Згідно з ознакою спільності теореми Літгла [3], між входом і виходом мультисервісних мереж працюючого БА і МТ можна визначити межі для досяжної пропускної здатності ( $C_{i,\min} \leq C_{i,\max,\text{д}} \leq C_{i,\max}$ ) при заданому числі  $N_{i,m}$  терміналів і допустимого  $T_{i,\text{сз,д}}$  *i*-го потоків пакета:

$$C_{i,\max,\text{д}} = \arg \max [V \cdot N_{i,m} \cdot K], \quad i = \overline{1, n}.$$

З урахуванням алгоритмів функціонування термінального обладнання мультисервісних мереж виявлено, що середній час затримки передачі пакетів складається з тимчасових характеристик трактів систем передачі трафіку і залежать від кількості  $N_{i,\text{т}}$  блочно-модульних систем абонентських і мережевих терміналів, які приводять до зростання  $T_{i,\text{сз}}$ . Крім того, черги пакетів в буферному накопичувачі терміналу і передачі трафіку по ланках мереж також викликають затримки в передачі пакетів. При цьому ємність буферного накопичувача виходу комутатора АТМ/ІР-телефонії обмежена допустимою ємністю буферного накопичувача і визначається нерівністю

$$N_{i,\text{бн}} \leq N_{i,\text{бн,д}}, \quad i = \overline{1, n}.$$

З урахуванням допустимого  $T_{i,\text{сз,д}}$  для обслуговування *i*-го пакета трафіку,  $N_{i,\text{бн}}$  визначається так:

$$N_{i,\text{бн}}(T_{i,\text{сз}} \leq T_{i,\text{сз,д}}) = T_{i,\text{сз,д}};$$

$$a_i \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N N_j, \quad i \neq j \quad j = 1, 2, \dots, N.$$

Мінімальне значення середнього часу затримки передачі *i*-го потоків пакета визначається нерівністю

$$T_{i,\text{сз,д}} \leq T_{i,\text{сз}} \leq \text{Arg min } C_{i,\max}^{-1}, \quad i = \overline{1, n},$$

де  $T_{i,\text{сз,д}}$  — припустимий середній час затримки *i*-го потоку трафіку ( $T_{i,\text{сз,д}} \leq T_{i,\text{сз}} \leq T_{i,\text{сз,д,макс}}$ ).

При нормальному функціонуванні БА і МТ мультисервісних мереж, коли відсутнє необмежене зростання черги, коефіцієнти ефективного використання термінальних і мережевих ресурсів  $\eta_m$  і  $\eta_c$  мають бути менше одиниці, тобто:

$$\eta_m = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i C_{i,\max}}{V_{i,m}} < 1, \quad \eta_c = \sum_{i=1}^n b_i \cdot a_i < 1,$$

де  $V_{i,m}$  — швидкість роботи БА і МТ при обслуговуванні *i*-го потоків пакетів.

Виконання останньої умови дає змогу визначити резерв ресурсу термінального і мережевого засобу, що характеризують умови оптимального функціонування БА і МТ при обмежених ресурсах мультисервісних мереж телекомунікації.

Знайдений ресурс на всіх ланках термінального обладнання мультисервісних мереж, що складають даний маршрут, асоційований з кожним потоком. Цей ресурс достатній для обслуговування заданих потоків пакетів, якщо максимальне із значень втрат  $P_{i,\max}$ , розрахованих для кожного потоку, не перевищує нормованої величини  $P_{i,\max} \leq P_{i,\text{в,д}}$ .

Величина втрат пакетів на першій ланці мультисервісної мережі, що працює з БА і МТ, визначається як:

$$B_1^{(m)} = E \left( v_1, \frac{1}{1 - B_1^{(m-1)}} \sum_{i \in N_1} a_i b_i \prod_{k \in R_i} (1 - B_k^{(m-1)})^{b_i} \right).$$

У припущенні незалежності якості обслуговування на різних ланках втрати пакетів для *j*-го з потоків можуть бути визначені як:

$$P_n \approx 1 - \prod_{j \in R_n} (1 - \beta_j)^{b_n}, \quad j = \overline{1, J}.$$

У цих виразах через  $R_i$  позначена нескінченна множина ланок мультисервісних мереж, складових маршрута для *i*-го потоку пакетів; через  $N_i$  — множина потоків пакетів, для яких в

маршрутах використовується  $j$ -та ланка системи; через  $b_i, i = \overline{1, n}$  — величина ресурсу цифрових каналів зв'язку і БА і МТ, необхідного для обслуговування однієї вимоги  $i$ -го потоку пакетів.

### **Висновок**

Запропонований метод дає змогу в широкому спектрі оцінити ефективності систем передачі мовного, немовного і відеотрафіку термінальним устаткуванням мультисервісних мереж. Крім того, на основі запропонованого методу здобуті умови оптимального функціонування БА і МТ при обмежених ресурсах ( $b_i, i = \overline{1, n}, \eta_r < 1, \eta_c < 1$ ), визначені характеристики кількості і якості обслуговування мультисервісних мереж телекомунікації.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. *Лагутін В.С., Степанов С.Н.* Телетрафік мультисервісних мереж зв'язку. — М. : Радіо і зв'язок, 2000. — С. 320.
2. *Ібрагімов Б.Г.* Багатофункціональні термінальні комплекси для обслуговування неоднорідного трафіка // Електрозв'язок. — 2001. — № 5. — С. 32—35.
3. *Dudin A.N., Klimenok V.I.* Optimal admission control in a queueing system with heterogeneous traffic // Oper. Res. Lett. — 2003. — V. 28. — № 4. — P. 108—118.
4. *Chen T.M., Stephen S.L.* ATM switching systems. Boston, London: Artech House, 1995. — С. 529.
5. *Ібрагімов Б.Г.* Оцінка ефективності систем управління і передачі різних видів інформації // Прилади і системи. Управління, контроль і діагностика. — 2004. — № 3. — С. 17—20.
6. *Бочаров П.П., Печінкін А.В.* Теорія масового обслуговування. — М. : Вид-во РУДН, 1995.
7. *Жуков І.А., Алішов Н.І., Салім Аль Шибані.* Алгоритм и средства оптимальной коммутации пакетов в компьютерных сетях // Проблемы информатизации та управління. — К. : НАУ, 2006. — Вип. 3 (18). — С. 12—19.
8. *Жуков І.А., Віноградов М.А., Дровозов В.І., Халімон Н.Ф.* Основи теорії мереж передавання та розподілу даних // Навч. посіб. — К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. — С. 272.
9. *Жуков І.А., Аль-Сурікі Ібрагім, Аль Шибані Салім.* Оптимізація комп'ютерної мережі з забезпеченням  $QoS$  на основі числового критерія // Проблемы информатизации та управління. — К. : НАУ, 2006. — Вип.1(16). — С. 71—75.