

---

УДК 681.324:621.325

О.О. Можаяв

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## КОНЦЕПЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ У ЦИФРОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

*Проведено аналіз якості надання послуг у широкосмугових цифрових мережах з інтеграцією служб. Вивчено параметри навантаження, що впливають на швидкість і якість передачі телекомунікаційного трафіка. Наведено результати досліджень залежності якості передачі інформації від семантичної прозорості мережі. Запропоновано різні механізми керування, що дозволяють одержати максимальну швидкість передачі інформації.*

**Ключові слова:** цифрові мережі, імовірність спотворень, навантаження мережі, семантична прозорість.

### Вступ

#### Постановка завдання та аналіз літератури.

Якість надання послуг у широкосмугових цифрових мережах з інтеграцією служб (Ш-ЦМІС) залежить від особливостей принципу асинхронно-адресної передачі інформації (АТМ), що використовується в цих мережах. Використовуючи можливості, які надаються АТМ, користувачі одержують гнучкий доступ до відповідних мережевих ресурсів, а мережеві оператори можливість гнучкого розподілу ресурсів. Введення категорій АТМ-сервісу дозволило встановлювати віртуальні з'єднання каналів і мереж з різною якістю послуг, які надаються [1 – 3]. Характеристики якості обслуговування в мережі залежать від рівня навантаження Ш-ЦМІС. Кожний з рівнів навантаження, у свою чергу, характеризується різними швидкостями передачі інформації й рядом параметрів (семантична прозорість, тимчасова прозорість, втрати повідомлень, затримки й джиттера).

Розглянемо один з перерахованих вище параметрів. Семантична прозорість (СП) мережі визначається як здатність мережі транспортувати повідомлення від джерела до одержувача із прийнятним числом помилок [4 – 6].

При заданій системі передачі прозорість мережі забезпечується:

- 1) кодуванням повідомлення;
- 2) повтором повідомлення на вимогу приймача;
- 3) комбінацією прийомів п.1 і 2.

Найбільш важливою характеристикою, що визначає СП, є ймовірність спотворення бітів інформації – коефіцієнт помилок по бітам  $P_{BER}$  ( $BER$  – Bit Error Rate)

$$P_{BER} = N_{BE} / N_{BT}, \quad (1)$$

де  $N_{BE}$  – загальне число помилкових бітів;  $N_{BT}$  – загальне число переданих бітів.

Для різних систем передачі інформації вимірювання  $P_{BER}$  фактично зводиться до набору статисти-

ки. Тому що в системах передачі й передавальному середовищі ймовірність спотворення біта виявляється різною (у сучасних волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ) величина  $P_{BER} \cong 10^{-9}$ ), для одержання репрезентативних результатів статистики потрібен різний час. При підвищенні значення ймовірності  $P_{BER}$  відбувається збільшення числа повторних передач ушкоджених пакетів, що приводить до значного збільшення навантаження [4 – 6]. Таке збільшення навантаження, у свою чергу, приводить до зміни семантичної прозорості. При різкому збільшенні завантаження мережі взаємозв'язок між якістю функціонування телекомунікаційної мережі, рівнями її керування й змінами параметрів мережі ще не має досить точних кількісних оцінок. От чому проблема зміни семантичної прозорості телекомунікаційної мережі залежно від використовуваного протоколу керування є **актуальним науковим завданням**.

**Метою даної статті** є оцінка зміни параметрів трафіка телекомунікаційної мережі від рівнів керування при різних рівнях втрат пакетів у мережі.

### Результати теоретичних досліджень

Проаналізуємо, як впливають різні рівні керування мережею на втрати переданої інформації при збільшенні навантаження мережі. При використанні протоколу керування «ковзне вікно» [5] підвищення навантаження можна оцінити за формулою:

$$R(n) = \frac{W}{2} \frac{1 - (1 - P_{BER})^{nL}}{(1 - P_{BER})^{nL}}, \quad (2)$$

де  $W$  – розмір вікна;  $n$  – число ланок передачі;  $L$  – довжина пакета, біт.

На рис. 1 представлена залежність збільшення трафіка від зміни  $P_{BER}$  на ланці передачі.

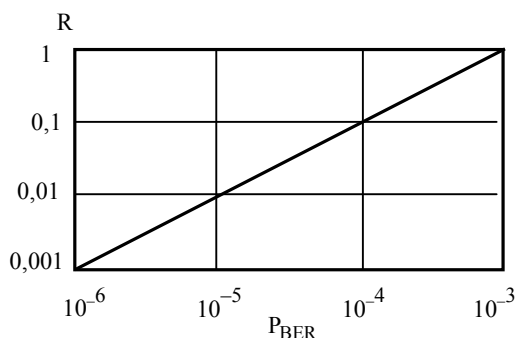


Рис. 1. Залежність збільшення навантаження від ймовірності помилки  $P_{BER}$  на ланці передачі

Графік побудований для випадку п'яти ланок передачі ( $n = 5$ ). На рис. 1 трафік оцінюється стосовно вихідного трафіку. Так, наприклад, якщо  $R(P_{BER}) = 1$ , це означає, що число пакетів, які передаються, подвоюється.

При малій величині  $P_{BER}$  керування «від ланки до ланки» мало ефективно, тому що ймовірність помилок є вкрай малою. Більш ефективним у цьому випадку є керування від «кінця до кінця». Рис. 2

ілюструє випадок керування на ланці й керування від «кінця до кінця». На них представлена залежність збільшення навантаження від зміни ймовірності помилки  $P_{BER}$ . При керуванні від «кінця до кінця» розглянутий випадок п'яти ланок. Рис. 2, а відповідає випадку, коли довжина пакета становить 53 октети, рис. 2, б відповідає випадку, коли довжина пакета становить 1000 октетів.

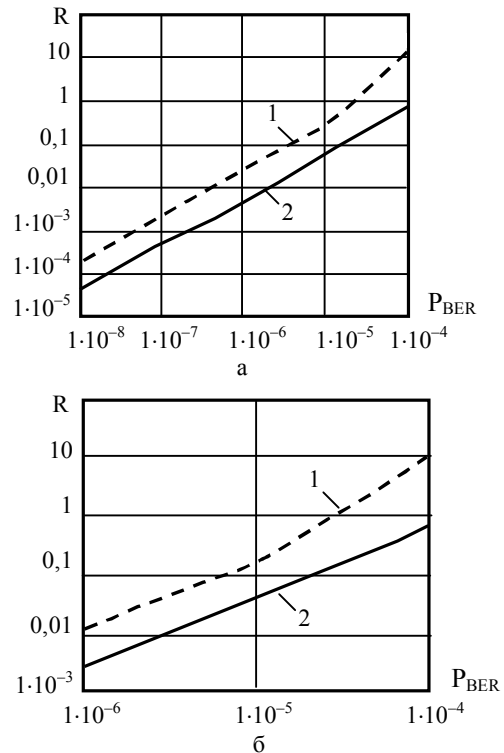


Рис. 2. Залежність зміни завантаження ланки від зміни ймовірності помилки на ланці:

1 – керування від «кінця до кінця», п'ять ланок;  
2 – керування на одній ланці передачі  
(при довжині пакету а – 1000, б – 53 октети)

Чим менше величина  $P_{BER}$  у каналі, тим більш ефективним виявляється керування від «кінця до кінця» у порівнянні з керуванням на ланці. На рис. 3 представлена залежність ефективності керування від «кінця до кінця» у порівнянні з керуванням на «ланці» для стандартного осередку довжиною  $53 \times 8 = 424$  біт від зміни величини  $P_{BER}$ .

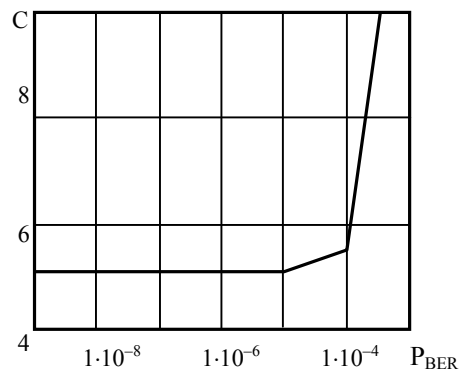


Рис. 3. Залежність зміни ефективності від ймовірності помилки

Ефективність будемо оцінювати відношенням навантажень тракту з керуванням на  $n$  ланках і керуванням на одній ланці:

$$C = R(n)/R(1), \quad (3)$$

при цьому передбачається, що між користувачами є п'ять ланок передачі ( $n = 5$ ), тобто:

$$C = R(5)/R(1). \quad (4)$$

Із графіка, на рис. 3, слідує, що до величини  $P_{BER} \leq 10^{-5}$  керування від «кінця до кінця» практично не відрізняється від керування «на ланці». Дійсно, при  $P_{BER} = 10^{-9}$   $C = 5,0$ , а при  $P_{BER} = 10^{-5}$   $C = 5,04$ .

У пакетно-орієнтованих мережах використовують і іншу оцінку – ймовірність спотворень пакетів інформації  $P_{PER}$  PER (Packets Error Rate). Її обчислюють як число помилково прийнятих пакетів до загального числа переданих пакетів:

$$P_{PER} = N_{PE}/N_{PT}, \quad (5)$$

де  $N_{PE}$  – число пакетів, які передалися з помилками;  $N_{PT}$  – загальне число пакетів, які передалися.

Величина  $P_{PER}$  визначається за деякий нормований час та істотно залежить від властивостей середовища, в якому передаються пакети. Переповнення буферних накопичувачів принципово може також привести до збільшення навантаження на ланці. Однак на практиці ймовірність втрат осередків виявляється екстремально малою ( $P_{cell} \leq 10^{-9}$ ). Про величину ємності буферних накопичувачів, що забезпечують малу ймовірність втрат осередків, можна судити по рис. 4, для розрахунку якого була використана модель  $M/D/1/L$  ( $L \neq \infty$ ). Крива була побудована при інтенсивності вступних навантажень на ланку  $\alpha = 0,8$  Эрл.

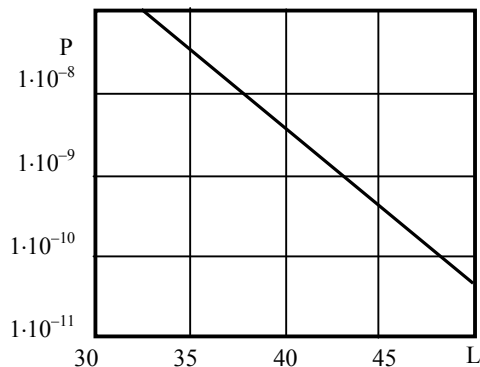


Рис. 4. Залежність ймовірності втрати ланок від зміни ємності буферного накопичувача при  $\alpha = 0,8$  Эрл

Результати досліджень по впливу ємності буферних накопичувачів на ймовірність втрати осередків кількісно і якісно погоджуються з аналогічними дослідженнями, пов'язаними із проблемою буферизації [7].

## Висновки

При порівнянні різних механізмів керування, які застосовувалися до мережі з інтеграцією служб, доведено, що при малих значеннях  $P_{BER} \leq 10^{-5}$  більш ефективним способом керування є керування від «кінця до кінця» у порівнянні з керуванням на ланці. Якщо ж величина  $P_{BER}$  досягає значень  $10^{-4}$ , то виникає підвищена ймовірність помилки передачі інформації та стає необхідним змінити керування від «кінця до кінця» на керування від «ланки до ланки», що за рахунок повторної передачі ушкодженої інформації приводить до підвищення навантаження.

Надалі бажано провести дослідження впливу інших параметрів навантаження, перерахованих на початку даної статті, на показники якості надання послуг у телекомунікаційній мережі.

## Список літератури

1. *Метод оптимізації структур даних у розподіленій мережі* / О.О. Можаяв, Ю.П. Рондін, Н.Ю.Любченко, С.Ф. Кривчач // Системи обробки інформації. – Х.: XV ПС, 2005. – Вип. 6 (46). – С. 114-118.
2. *Можаяв О.О. Моделирование трафика компьютерной сети системы автоматической идентификации судов* / О.О.Можаяв // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2012. – Вип. 3(23). – С 180-183.
3. *Можаяв О.О. Аналіз повідінки черг маршрутизаторів у мережах передачі даних в залежності від типів трафіку* / О.О.Можаяв, Г.А. Кучук, А.А. Коваленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2009. – № 2(18). – С. 103-105.
4. *Stallings W. ISDN and Broadband ISDN*. McMillan Publ. Co., N.-Y., 1992. – 633 p.
5. *De Pricker M. Asynchronous Transfer Mode – Solution for Broad Band ISDN. Second Edition*. Alcatel Bell. Antwerp. – 331 p.
6. *Можаяв О.О. Модели экспертных оценок показателей качества гетерогенных компьютерных сетей* / О.О. Можаяв, С.Г. Котенко // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали першої НТК. – Х.: ДП "ХНДІ ТМ"; К.: ДП "ЦНДІ НіУ", 2010. – С.63-64.Можаяв О.О
7. *Можаяв О.О. Передача информации у гетерогенных компьютерных сетях: монография* / О.О.Можаяв. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. – 220 с.

Надійшла до редколегії 18.07.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Серков, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

## КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ В ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

А.А. Можаяв

Проведен анализ качества предоставления услуг в широкополосных цифровых сетях с интеграцией служб. Изучены параметры нагрузки, влияющие на скорость и качество передачи телекоммуникационного трафика. Приведены результаты исследований зависимости качества передачи информации от семантической прозрачности сети. Предложены различные механизмы управления, позволяющие получить максимальную скорость передачи информации.

**Ключевые слова:** цифровые сети, вероятность искажений, нагрузки сети, семантическая прозрачность.

**CONCEPT OF QUALITY OF SERVICE IN DIGITAL TELECOMMUNICATION NETWORK**

A.A. Mozhaev

*The analysis of quality of service in broadband digital networks with integrated services is presented. The studied are load parameters affecting the speed and voice quality of telecommunications traffic. The results of researching information transmission quality in terms of network semantic transparency are proposed. A variety of control mechanisms that allow to obtain the maximum information transmission rate are discussed.*

**Keywords:** *digital networks, probability distortions, network load, semantic transparency.*