

УДК 681.324(06)

І.В. Рубан, Ю.С. Долгий, С.В. Осієвський

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЗАТРИМКИ В КОМУТАЦІЙНИХ ВУЗЛАХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

В роботі розглянуті питання розробки нових методів комутації в комутаційних вузлах комп'ютерних мереж.

*комутатор, вхідний трафік, комутаційний вузол, адресна таблиця*

### Вступ

В даний час у області використання комп'ютерних мереж існує суперечність між постійним зростанням вимог до якості обслуговування і можливостями сучасних засобів комутації даних. Аналіз функціонування комп'ютерних мереж указує на те, що джерелом затримок пакетів і їх втрати є комутаційні вузли мережі [1 – 4]. Це викликано тим, що сучасні комутаційні пристрої упевнено, функціонують в умовах середньої завантаженості мережі. При виникненні типових завантажень виникнення відмов

в обробці пакетів в мережі обумовлено обмеженням об'ємом буферної пам'яті і методами комутації [5]. Виходячи з цього актуальним напрямом є розробка нових методів комутації в комутаційних вузлах комп'ютерних мереж.

### Основна частина

Функціональну модель комутатора можна описати на основі положень теорії масового обслуговування. Комутатор з N портами представимо як багатоканальну систему масового обслуговування (рис. 1).

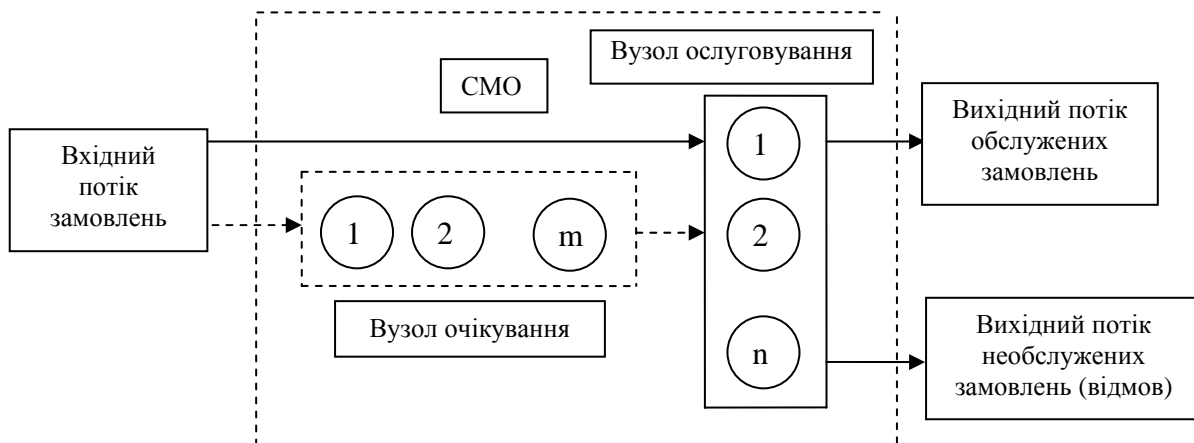


Рис. 1. Схема системи масового обслуговування.

Для технологій Fast/Gigabit Ethernet найбільш поширена комутація з вхідною буферизацією (store and forward) [4]. При цьому буфер кожного вхідного порту представимо як одноканальну систему масового обслуговування з дисципліною FIFO (first input/first output).

Функціональна модель вхідного порту представлена на рис. 2. [3].

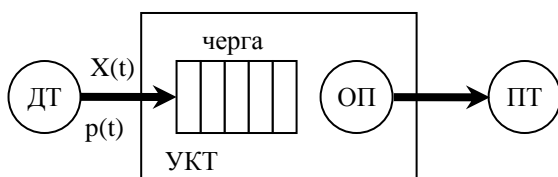


Рис. 2. Функціональна модель вхідного порту

Інтенсивність потоку заявок описується через функцію  $p(t)$ .  $X(t)$  – функція відправки пакету (йде чи ні передача чергового кадру). Кадр генерується джерелом трафіку (ДТ), а виходить приймачем трафіку (ПТ). При цьому комутаційна матриця і процесор є обслуговуючим приладом (ОП).

Розмір передаваного кадру даних  $L_k$  змінюється в межах,  $[L_{k_{\min}}, L_{k_{\max}}]$  біт. У якості вхідної величини також візьмемо середню інтенсивність потоків заявок  $\lambda$ .

Процес комутації пакетів здійснюється на інтервалі часу з періодичністю  $\Delta t$ .

Процес комутації пакету можна розділити на такі етапи [2]:

1. Прийом кадру в свій буфер

2. Перевірка пакету на помилки (з використанням ЦВК)

3. Проглядання адресної таблиці, з метою визначення вихідного порту

Перевірка, чи вільний вихідний порт, якщо порт вільний, то здійснюється власне передача пакету протягом часу

$$t_{\text{ком}} = L_k / V_{\text{ком}}$$

де  $L_k$  – розмір пакету в бітах;

$V_{\text{ком}}$  – бітова швидкість комутації.

Таким чином, затримка пакету в комутаторі складатиме:

$$t_3 = t_{\text{пр}} + t_{\text{просм}} + t_{\text{буф}} + t_{\text{ком}}, \quad (1)$$

де  $t_{\text{пр}}$  – час перевірки пакету на помилки ЦВК;

$t_{\text{просм}}$  – час для проглядання адресної таблиці, з метою визначення вихідного порту;  $t_{\text{буф}}$  – час знаходження у вхідному буфері з дисципліною FIFO.

На рис. 3 представлена модель комутації в комутаційних вузлах.

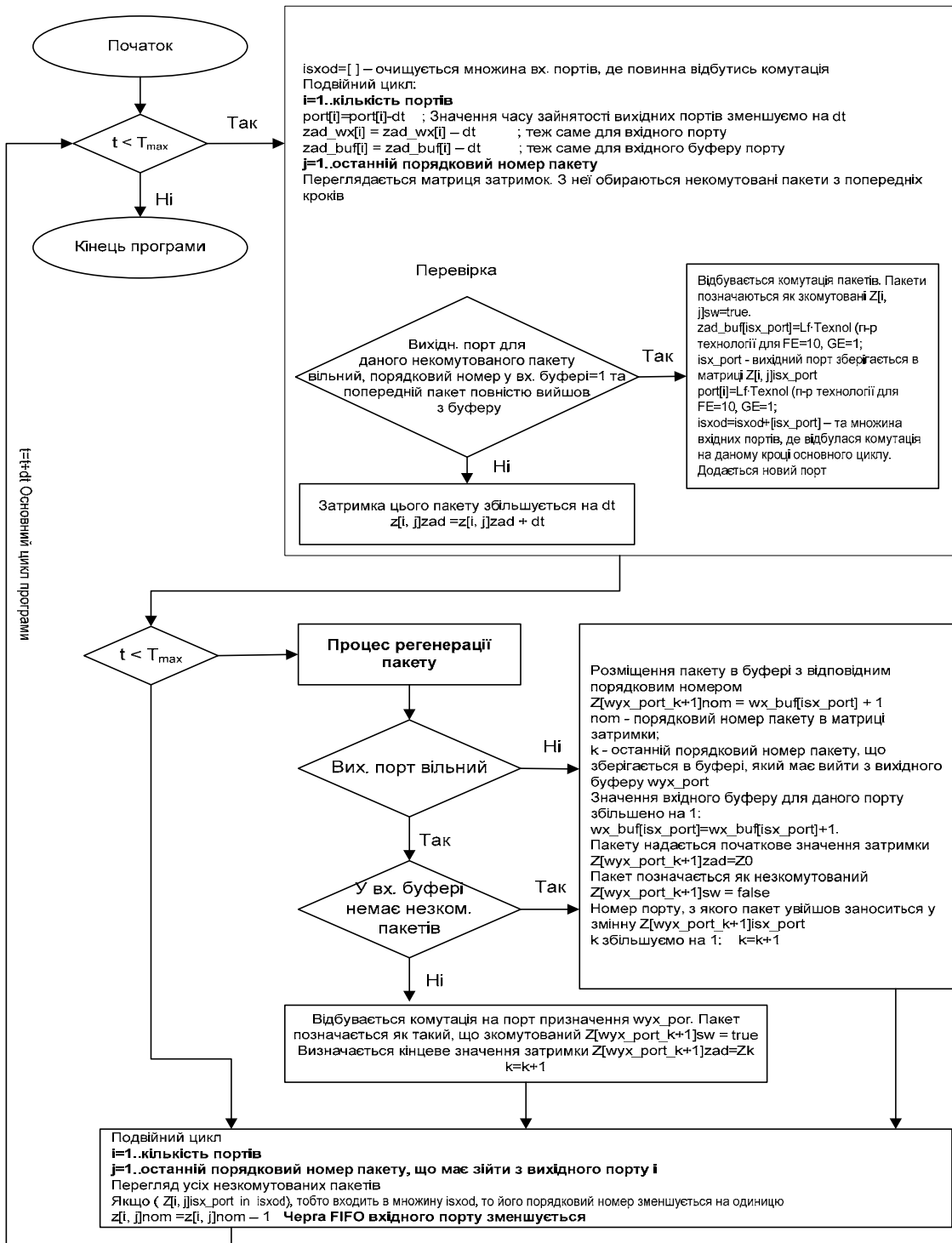


Рис. 3. Модель комутації в комутаційних вузлах

Всі затримки, окрім  $t_{буф}$  можна прийняти незмінними при даному розмірі пакету, тобто не залежними від інтенсивності вхідного трафіку.

З вхідного буфера пакет прямує в порт призначення тільки тоді, коли він стає вільним. При цьому затримка виникає від так званого блокування, у випадку якщо пакет знаходиться не першим в черзі (head-of-queue blocking). Вона виникає у тому випадку, коли пакети, що стоять в черзі, повинні бути направлені в різні порти. При цьому якщо пакет В стоїть позаду пакету А, то він не буде відправлений навіть після звільнення свого порту. З метою аналізу причин виникнення відмов в комутаційних вузлах була запропонована модель комутації пакетів в комутаційних вузлах.

Виходячи з процесу комутації основний цикл визначає інтервал від 0 до  $T_{max}$  (нс) з періодичністю  $\Delta t$  ( $T_{max}$  – повний час комутації). За допомогою функції генерації випадкових чисел визначається вірогідність появи пакету в даний момент часу (відповідна заданій інтенсивності вхідного трафіку), вхідний і вихідний порт (вхідний порт  $\diamond$  вихідний порт). Причому, якщо відбулася генерація з вхідного порту і, то на даний вхідний порт більше не поступають пакети протягом часу  $T_{кад.мин} + t_{ми}$ , де  $T_{кад.мин}$  – мінімальний період проходження кадру від мережевого адаптера при даному розмірі пакету;  $t_{ми}$  – між кадровий інтервал.

Якщо вихідний порт вільний і вхідний буфер порожній, то затримка складатиме

$$t_3 = t_{пр} + t_{просм} + t_{ком} \quad (2)$$

і такий пакет позначається як скомутований, тобто його затримка далі не збільшується. Інакше, пакет поміщається у вхідний буфер з порядковим номером  $n_{пор}$ , і позначається як нескомутований. Для нього заноситься первинне значення затримки (1).

У наступних значеннях циклу є видимими всі нескомутовані пакети, значення їх затримок збільшується на  $\Delta t$ . Якщо їх порядковий номер у вхідному буфері рівний 1 і вихідний порт вільний, то такі пакети комутуються, потім позначаються як скомутовані, і значення їх затримок більше не збільшується. При цьому значення  $n_{пор}$  всіх пакетів, що знаходяться в даному вхідному порту зменшується на одиницю.

Об'єм буфера кожного вхідного порту в кожен момент часу це максимальне значення  $n_{пор}$  для даного вхідного порту.

Періодичність  $\Delta t$  доцільно брати рівну 100 нс.

На малюнку представлені результати оцінки часу затримки від інтенсивності поступання пакетів на порти комутації.

Проведена оцінка показала, що заповнення буферної пам'яті при максимальній довжині пакету дає  $T_3 = 256$  с.

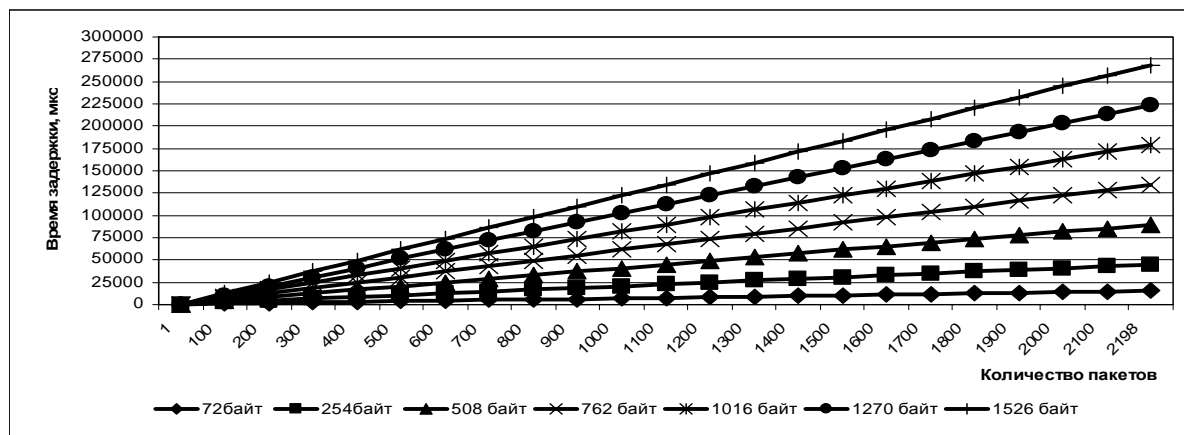


Рис. 4. Залежність часу затримки від завантаженості буферної пам'яті комутаційного вузла

### Висновки

При максимальних значеннях інтенсивності трафіку час затримки перевищує час життя пакету, тим самим пакет буде втрачений.

Виходячи з цього, існує необхідність розробки нових підходів до комутації пакетів в комутаційних вузлах мережі.

### Список літератури

1. Оліфер В.Г. *Комп'ютерні мережі*. – М.: Пітер, 2003. – 863 с.
2. Бараш Л. *Архитектура коммутаторов. Основные принципы*. – М.: Компьютерное обозрение, 2000. – 260 с.

3. Макаренко А.В. *Модель динаміки коммутатора Gigabit Ethernet* // *Радиоэлектроника*. – 2001. – № 11. – С. 42-46.

4. Медіченко М.П. *Основи теорії систем і управління*. –Х.: ХВУ, 1995. – 248 с.

5. Таненбаум Э. *Современные операционные системы*. – СПб.: Питер, 2002. – 1040 с.

Надійшла до редколегії 26.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.