

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПАКЕТІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Інститут комп'ютерних технологій
Національного авіаційного університету

Розглянуто процес передачі пакетів комутатором для визначення аналізу ефективності його працездатності. Розроблено метод аналізу ефективності передачі із застосуванням прикладу який затверджує його практичне впровадження

Вступ

Ефективність передачі пакетів в комп'ютерних мережах, є одним із найбільш актуальних напрямків дослідження в інформаційних технологіях на сьогоднішній день. Розвиток комп'ютерних мереж визначив необхідність в передачі великого обсягу інформації без втрат. Особливо це важливо в мультимедіа, для коректної передачі через мережу відео та аудіо потоків. Втрата ,навіть невеликої, частини даних, призведе до спотворення інформації отриманої користувачем мережі. Проблема аналізу процесів передачі мультимедійного трафіку охоплює відносно складні математичні моделі пріоритетного (абсолютні і відносні пріоритети) обслуговування різнорідних (по інтенсивності надходження і обслуговування) потоків даних лініями зв'язку як багатоканальними системами з виділеним під кожен канал оптимальним обсягом пам'яті. Створення таких моделей вимагає попереднього дослідження особливостей взаємовпливу процесів комутації і буферизації, забезпечуючи необхідну точність аналізу.

Типові варіанти телекомутаційних систем оснащені буферною пам'яттю (вхідні буфера), що оберігає від первинних втрат даних. Ці втрати можливі і для тих, що поступають з різних входів на комутацію в канал виходу. Тоді одні з претендуючих даних на передачу можуть бути послані на вихідний порт, а інші з нижчим пріоритетом повинні бути збережені в буферній пам'яті до того моменту, коли вихідний порт звільниться. У тих випадках, коли буферна пам'ять заповне-

на, дані можуть бути втрачені. Тому конфігурація вхідної буферної пам'яті, що забезпечує мінімізацію втрат, є вирішальною.

В даний час досліджується цілий ряд варіантів архітектури ат функціональної структури мережі з метою забезпечення мінімального рівня втрат даних кожного трафіку. Архітектура вихідного буфера припускає відносно просте управління з великим буфером, необхідним для кожного вихідного порту, що забезпечує високу концентрацію переданих даних в заданий вихідний порт. [1].

При аналізі шляхів вдосконалення телекомунікаційних систем у вигляді комутаторів можна виділити дві проблеми: підвищення швидкості комутації мультимедійного трафіку з адаптивним управлінням як мультимедійним трафіком, так і мережевими ресурсами телекомунікаційної мережі. У даній роботі розглядається проблема аналізу ефективності передачі пакетів мережею, в залежності від параметрів складових мережі комутаторів, пам'яті, мультибуферності та кількості каналів, а також кресточечних комутаторів. [2, 3].

Формалізація процесів передачі пакетів у комутаторі

Підвищення швидкості комутаторів досягається за рахунок паралельної обробки що використовує структуру розділеного мультибуфера. Ці буфери є доступними для паралельних кресточкових комутаторів (КК). Час циклу звернення до всієї буферної пам'яті зменшується при її паралельному використанні. Тому властивість структури розділеного буфера є

сьогодні єдиною для реалізації потоку високошвидкісних операцій. Більш того, введення контролю і управління КК із значним розширенням мультибуферної пам'яті може бути використане і для квітвання в кожному буфері пам'яті. [4].

Типовий комутатор телекомутаційної мережі (рис. 1) включає блоки буферної пам'яті (ББП), КК і селектори (СЕЛ). [5, 6].

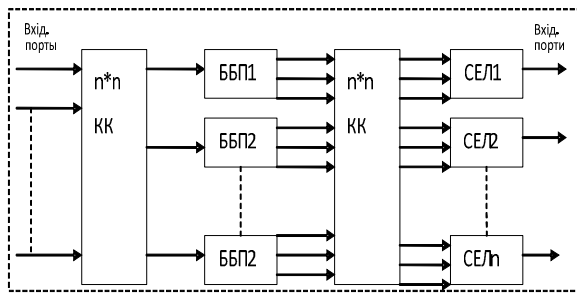


Рис. 1. Функціональна структура комутатора телекомунікаційної мережі з роздільним мультибуфером

Кількість блоків буферів в цьому випадку залежить від числа портів введення/висновку (у загальному випадку $n*n$). Дані (для технології *Frame Relay* це комутація пакетів), що прибувають, заносяться і накопичуються в ББП паралельно через входи за допомогою КК. [4].

За один період виконується операція читання, завдяки чому досягається висока пропускна спроможність. Крім того, операції запису (занесення) і читання виконуються паралельно, в результаті мультиплексування і демуплексування як таких не вимагається.

Проблема адаптивного управління мультимедійним трафіком за рахунок раціонального розділення пам'яті в мультибуфері повинна відбуватися в рамках вимог за якістю передачі (затримці), обумовленої як пропускною спроможністю, так і часом очікування. Крім того, для досягнення низького рівня втрат в комутаторі з розділеним буфером повинне здійснюватися адаптивне управління трафіком. При цьому входи КК управляються, виходячи з вимог рівномірного заповнення і використання буферів. Всі вхідні порти не завжди повні: зазвичай не всі порти мо-

жуть бути зайняті даними. Для реалізації операції рівномірного розподілу КК підраховує і запам'ятовує кількість даних, що поступають, виділяючи їм буферну пам'ять відповідно до поточного темпу їх надходження (за умови, що є вільна пам'ять).

Таким чином, реалізується селективний розподіл пам'яті по напрямкам, як головна функція автомаршрутизації. Кожна вихідна черга обслуговується в режимі: першим прийшов – першим обслугований (*FIFO*). Так, наприклад для даних, що поступають у вихідний порт $N1$, адреса і номер буферного пакету вже міститься у вихідній черзі $N1$. Формування черг здійснюється в процесі послідовного надходження даних. Кожна черга містить унікальні ознаки даних, що поступають, і прочитується в режимі *FIFO*. Виходи КК тепер уже залежать від даних, що знаходяться в буферній пам'яті з вказівкою (міткою) вихідного порту призначення. Функція управління КК полягає у виконанні простої комутації відповідного читання вихідної інформації з вихідної черги для вихідного порту.

Крім реалізації функції автомаршрутизації особливо важливе значення має функція управління ресурсами як телекомутаційних систем, так і мережі в цілому: введенням резервних каналів обробки, а також мережевих ресурсів – каналів передачі. Ця функція реалізується або при збільшенні навантаження або при відмові одного з функціонуючих каналів.

На нижче приведеному прикладі функціональної структури комутатора та часової діаграми розглядається процес функціонування комутатора телекомутаційної системи, який складається з 2-х каналів передачі і 2-х комірок пам'яті. У основу формалізації процесу функціонування комутатора телекомутаційних систем з погляду точності відтворення процесу необхідно спочатку побудувати часову діаграму процесу (рис. 2, 3).

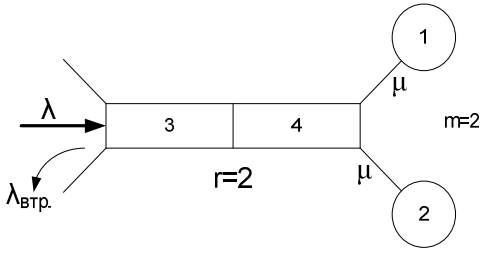


Рис. 2. Схема функціональної структури комутатора: λ – інтенсивність потоку даних; m – канали передачі даних; r – елементи пам'яті; μ – інтенсивність передачі даних

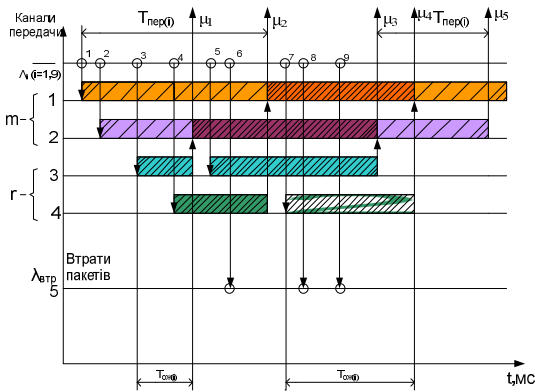


Рис. 3. Часова діаграма процесу передачі даних: λ – інтенсивність надходження пакетів; m – канали; r – комірки пам'яті; $T_{пер}(i)$ – час передачі даних; $T_{оч}(i)$ – час очікування пакетів в пам'яті

При аналізі продуктивності комутатора ТС використовуються критерії ефективності $K_{эф}$ і своєчасності $K_{сп}$ передачі:

$$K_{сп} = \frac{N^+}{N}; \quad K_{эф} = \frac{N_c^+}{N^+},$$

де N – загальна кількість даних, що поступили в комутатор; N^+ – число переданих даних; N_c^+ – число своєчасно переданих даних.

Аналітична модель ефективності передачі пакетів комутатором

Для аналізу процесів функціонування необхідно спочатку скористатися первинними аналітичними моделями, які засновані на рішенні систем рівнянь Колмогорова-Чепмена. Аналізований комутатор телекомутаційних систем у будь-який момент часу може знаходитися в одному з

п'яти станів, останнє з яких є станом втрати даних (рис. 4). Виходячи з формального опису процесу передачі, можна побудувати аналітичну модель процесу.



Рис. 4. Граф-схема переходів процесу передачі

Виходячи з приведенного на рис. 4 графі переходів можна визначити систему рівнянь Колмогорова для оцінки вірогідності станів:

$$\begin{aligned} dP0/dt &= -\lambda P0 + \mu P1 \\ dP1/dt &= -(\lambda + \mu)P1 + \mu P2 + \lambda P0 \\ dP2/dt &= -(\lambda + \mu)P2 + \mu P3 + \lambda P1 \\ dP3/dt &= -(\lambda + \mu)P3 + \mu P4 + \lambda P2 \\ dP4/dt &= -(\lambda + \mu)P4 + \lambda P3 \end{aligned} \quad (1)$$

Прирівнявши ліві частини рівнянь до нуля (стаціонарний процес систем масового обслуговування), отримаємо систему рівнянь для обчислення ймовірності станів в стаціонарному процесі передачі пакетів:

$$\begin{aligned} 0 &= -\lambda P0 + \mu P1 \\ 0 &= -(\lambda + \mu)P1 + \mu P2 + \lambda P0 \\ 0 &= -(\lambda + \mu)P2 + \mu P3 + \lambda P1 \\ 0 &= -(\lambda + \mu)P3 + \mu P4 + \lambda P2 \\ 0 &= -(\lambda + \mu)P4 + \lambda P3 \\ 0 &= -\mu P5 + \lambda P4 \end{aligned} \quad (2)$$

Рівняння нормування, яким можна замінити будь-яке з рівнянь, що входять в систему, має наступний вигляд:

$$P0 + P1 + P2 + P3 + P4 + P5 = 1. \quad (3)$$

Тепер вирішуємо систему рівнянь

кожне рівняння системи 2 додаємо до попереднього, отримуємо:

$$0 = -\lambda P_0 + \mu P_1$$

$$0 = -\lambda P_1 + \mu P_2$$

$$0 = -\lambda P_2 + \mu P_3$$

$$0 = -\lambda P_3 + \mu P_4$$

$$0 = -\lambda P_4 + \mu P_5$$

$$0 = -\mu P_5 + \lambda P_4$$

виражаємо з кожного рівняння усі P_i через P_0 :

$$P_1 = \frac{\lambda \cdot P_0}{\mu}, P_2 = \frac{\lambda^2 \cdot P_0}{\mu^2}, P_3 = \frac{\lambda^3 \cdot P_0}{\mu^3},$$

$$P_4 = \frac{\lambda^4 \cdot P_0}{\mu^4}, P_5 = \frac{\lambda^5 \cdot P_0}{\mu^5},$$

підставляємо усе P_i в рівняння нормування:

$$P_0 + \frac{\lambda \cdot P_0}{\mu} + \frac{\lambda^2 \cdot P_0}{\mu^2} + \frac{\lambda^3 \cdot P_0}{\mu^3} + \frac{\lambda^4 \cdot P_0}{\mu^4} + \frac{\lambda^5 \cdot P_0}{\mu^5} = 1,$$

знаходимо суму прогресії:

$$S_6 = \frac{b_n \cdot q - b_1}{q - 1} = \frac{\frac{\lambda^6 \cdot P_0}{\mu^6} - P_0}{\frac{\lambda}{\mu} - 1}, \quad (4)$$

оскільки $S_6 = 1$, то складаємо рівняння (відразу множимо знаменника на праву частину, тобто на 1):

$$\frac{\lambda^6 \cdot P_0 - \mu^6 \cdot P_0}{\mu^6} = \frac{\lambda - \mu}{\mu},$$

виражаємо P_0 :

$$P_0 \cdot (\lambda^6 - \mu^6) = \frac{\lambda \cdot \mu^6 - \mu^7}{\mu},$$

$$P_0 \cdot (\lambda^6 - \mu^6) = \lambda \cdot \mu^5 - \mu^6,$$

у загальному вигляді:

$$P_0 = \frac{\lambda \cdot \mu^{r+m} - \mu^{r+m+1}}{\lambda^{r+m+1} - \mu^{r+m+1}},$$

$$K_{эн} = 1 - \left[\sum_{i=1}^n \frac{P_0 \cdot \lambda^{r+m} \cdot (\mu + \lambda)}{\mu^{r+m+1}} \right]. \quad (5)$$

Приклад аналізу ефективності передачі даних мережею яка складається із 3-рьох комутаторів

Виходячи із визначеної моделі ми можемо вивести систему рівнянь для аналізу ефективності передачі комутаторів (УКП 1..3) в мережі і як результат ми отримаємо графіки залежності передачі кожним комутатором в мережі від його параметрів (r, m). Наприклад, візьмемо мережу із 3 комутаторів з топологією кільце (рис. 5).

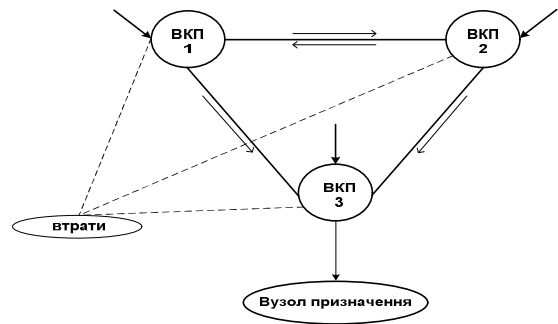


Рис. 5. Топологія «кільце» із 3-рьох вузлів комутації пакетів

Для цієї топології визначмо коефіцієнт ефективності передачі даних для 3-рьох вузлів, в даному прикладі комутаторів:

1) Перший комутатор:

$$P_0 = \frac{\lambda \cdot \mu^{r+m} - \mu^{r+m+1}}{\lambda^{r+m+1} - \mu^{r+m+1}},$$

$$K_{эн} = 1 - \left[\sum_{i=1}^n \frac{P_0 \cdot \lambda^{r+m} \cdot (\mu + \lambda)}{\mu^{r+m+1}} \right].$$

2) Другий комутатор:

$$P_0 = \frac{(\lambda + \lambda_1) \cdot (\mu^{r+m} + \mu_1^{r+m}) - (\mu^{r+m+1} + \mu_1^{r+m+1})}{(\lambda^{r+m+1} + \lambda_1^{r+m+1}) - (\mu^{r+m+1} + \mu_1^{r+m+1})},$$

$$K_{эн} = 1 - \left[\sum_{i=1}^n \frac{P_0 \cdot (\lambda^{r+m} + \lambda_1^{r+m}) \cdot (\mu + \lambda)}{\mu^{r+m+1} + \mu_1^{r+m+1}} \right],$$

де λ_1 – момент надходження даних з 1-го

комутатора; μ_1 – інтенсивність передачі даних першого комутатора.

3) Третій комутатор:

$$P_0 = \frac{(\lambda + \lambda_{\Delta}) \cdot (\mu^{r+m} + \mu_{\Delta}^{r+m}) - (\mu^{r+m+1} + \mu_{\Delta}^{r+m+1})}{(\lambda^{r+m+1} + \lambda_{\Delta}^{r+m+1}) - (\mu^{r+m+1} + \mu_{\Delta}^{r+m+1})},$$

$$K_{\text{еп}} = 1 - \left[\sum_{i=1}^n \frac{P_0 \cdot (\lambda^{r+m} + \lambda_{\Delta}^{r+m}) \cdot (\mu + \lambda)}{\mu^{r+m+1} + \mu_{\Delta}^{r+m+1}} \right],$$

де λ_{Δ} – момент надходження даних з двох комутаторів; μ_{Δ} – інтенсивність передачі даних двох комутаторів. Відповідно $\lambda_{\Delta} = \lambda + \lambda_1$ а $\mu_{\Delta} = \mu + \mu_1$.

В результаті виконав обчислення, ми отримуємо графіки аналізу ефективності передачі пакетів мережею (рис. 6 - 8) із зазначеною топологією.

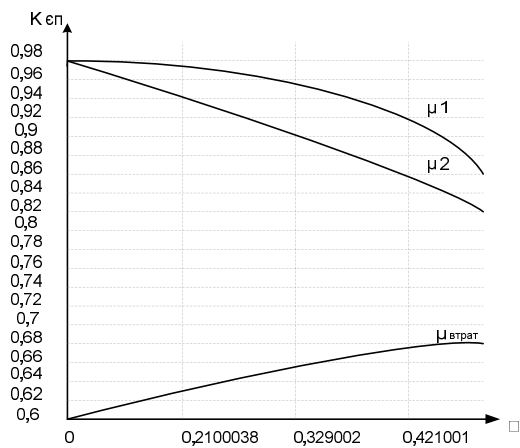


Рис. 6. Графік ефективності передачі даних першого комутатора

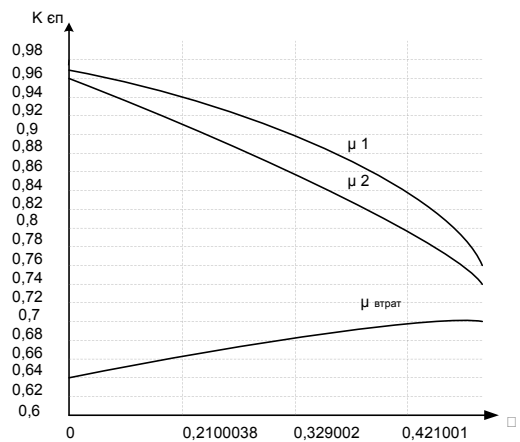


Рис. 7. Графік ефективності передачі другого даних комутатора

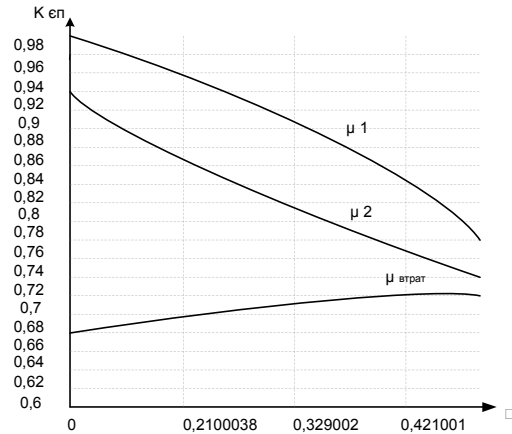


Рис. 8. Графік ефективності передачі даних третього комутатора

Висновки

Розглянувши отримані результати можна зробити висновок, що із збільшенням інтенсивності вступу потоків коефіцієнт ефективності передачі пакетів в мережі падає, за рахунок збільшення втрат пакетів. Таким чином для аналізу ефективності передачі пакетів мережею може бути застосований метод та приклад його реалізації.

Список літератури

1. Величко В.В., Субботин Е.А., Шувалов В.В., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные системы и сети. – М.: Горячая линия, 2005. – 592 с.
2. Аллев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: ИМТО, 2009. – 363 с.
3. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. – М.: Радиосвязь, 1988. – 192 с.
4. Ластовчено М.М., Ярошенко В.Н., Русецкий В.Е. Системный анализ эффективности функционирования транспортной платформы интеллектуальных сетей. – К.: Математические машины и системы, 2001. – №1. – С. 28–39.
5. Ластовчено М.М., Ярошенко В.Н., Биляк В.Н. Математические аспекты проектирования. – К.: Математические машины и системы, 2004. – №1. – С. 39–52.

Подано до редакції 26.04.10