

Використання мережі з комутацією пакетів для переносу мультимедійної інформації

Воропаєва В. Я., Верховський Я. М., Федосєєва О. С.

Донецький національний технічний університет,
кафедра автоматики і телекомунікацій, 83000, вул. Артема, 64,
м. Донецьк, E-mail: vita@fcita.dn.ua

Вступ. Сучасний етап розвитку телекомунікаційних мереж характеризується необхідністю передачі мультимедійної інформації. Трафік реального часу висуває жорсткі вимоги до транспортного середовища. Для узгодження цих вимог з можливостями пакетних мереж, які не забезпечують гарантовану якість обслуговування, був розроблений протокол RTP (Real-Time Protocol). Той факт, що цей прокол працює над протоколом UDP (User Datagram Protocol), спричиняє збільшення навантаження на мережу за рахунок службової інформації. Необхідність знайти найліпше співвідношення "якість обслуговування/можливості мережі" зумовлює актуальність дослідження таких параметрів як час обслуговування, час очікування, загальний час відповіді вузла, а також їх залежності від розміру пакету та відношення довжин керуючої й інформаційної частини пакету.

Деякі аспекти цих питань розглядалися фахівцями України та Росії, зокрема Корнишевим Ю.М., Стекловим В.К., Беркман Л.Н., Криловим В.В. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що одним з важливих параметрів якості обслуговування для мереж з комутацією пакетів є нормований час відповіді [5].

Постановка задачі дослідження. Для дослідження та аналізу нормованого часу відповіді мережі, необхідно вирішити наступні задачі:

- побудувати модель мережі з комутацією пакетів;
- дослідити нормований час відповіді для мереж, що працює за протоколами RTP/UDP;
- дослідити залежність нормованого часу відповіді від співвідношення довжин керуючої й інформаційної частини пакету.

Рішення задачі. В мережах з комутацією пакетів поведінка системи в поточний момент часу залежить від попереднього стану системи (кількості пакетів в черзі та на обслуговуванні). Проте, якщо відомий стан i , $i > 0$ процесу i_t в момент t_k закінчення обслуговування k -го запиту, то можна спрогнозувати значення процесу i_t в момент закінчення обслуговування $(k+1)$ -го запиту, який відбудеться через випадковий час. Це дозволяє використовувати модель M/G/1 для аналізу мережі з комутацією пактів [1].

Протокол UDP доставляє пакети індивідуальним маршрутом без підтвердження про їх прийом. Експерименти з IP Multicast показали, що для

діагностики дефектів при розповсюдженні інформації важливо мати зворотній зв'язок з одержувачем. Ця функція зворотного зв'язку забезпечується службовим протоколом RTCP (Real-Time Control Protocol) [3].

Позначимо інтенсивність потоку у вхідному вузлі λ , пропускну здатність дуплексного каналу між вузлами $C_T = NC_L$, де величина C_L визначає максимальну швидкість доступу до вузла від індивідуального абонента - пропускну здатність абонентської лінії – див. рис. 1.

Тим самим у кожному вузлі утворюється кілька потоків: потік пакетів RTP змінної довжини, що складаються з заголовку довжини L та інформаційної частини випадкової довжини із середнім значенням m_c , а також потік керуючих пакетів RTCP довжини L' (які в подальшому будемо називати підтвердженнями).

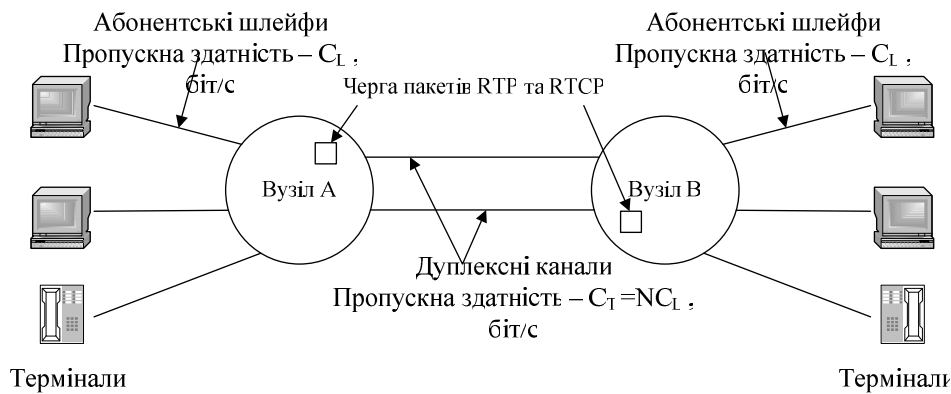


Рисунок 1 – Модель мережі з комутацією пакетів

Поставимо завдання знайти середній час відгуку T_D від вузла до вузла, як функцію навантаження в мережі, довжини службових та інформаційних частин пакетів та інтенсивності передачі повідомлень.

Час відповіді мережі буде складатися з часу затримки в черзі інформаційного потоку вузла А, часу затримки в черзі потоку підтверджень вузла В, середнього часу передачі інформаційного пакету (враховуючи заголовок) та часу передачі пакетів RTCP.

$$T_D = t_m + 2t_h + 2\bar{W} , \quad (1)$$

де t_m - середня тривалість передачі інформаційних полів пакетів RTP;

t_h - сумарна середня тривалість передачі службових полів пакетів RTP та пакетів RTCP;

\bar{W} - середнє значення очікування пакету, що в системі типу M/G/1 визначається за формулою Полячека-Хінчина [4] та залежить від другого моменту розподілу часу обслуговування - x^2 [5] :

$$W = \frac{\lambda x^2}{2(1-\rho)} , \quad (2)$$

$$\bar{x}^2 = 0.5(t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2) \quad (3)$$

Оскільки надходження двох типів вхідних повідомлень рівноімовірні, і обслуговування відбувається в порядку надходження, можна вважати, що коефіцієнт використання для даної системи буде визначатися як:

$$\rho = 2\lambda\bar{x} = \rho_M (1 + 2t_h / t_m), \quad (4)$$

де $\rho_M = \lambda * t_m$ - ефективний коефіцієнт використання каналу, який враховує тільки корисну інформацію.

Для дослідження часу відгуку мережі від відношення довжини керуючого пакета до довжини інформаційного, введемо коефіцієнт $k = \frac{t_h}{t_m} = \frac{L_i}{m_c}$ та нормуємо отриманий час затримки в мережі на час передачі даних по абонентській лінії $T_M = t_m * N$. Підставивши (2), (3), (4) в (1) отримаємо нормований час відповіді в мережі з комутацією пакетів:

$$T_D / T_M = \frac{1}{N} (1 + 2k + \frac{\rho_M (1 + k + k^2)}{(1 - \rho_M) (1 + 2k)}) \quad (5)$$

Величина T_D / T_M повинна існувати у реальній площині та бути невід'ємною. Отже, (5) матиме сенс, якщо:

$$\rho_M \leq \frac{1}{(1 + 2k)} \quad (6)$$

Як бачимо, коефіцієнт ефективного використання каналу визначається лише відношенням довжини службового пакету до довжини інформаційного і не залежить від кількості каналів у системі.

Проведемо розрахунки для обраної системи. Відповідно [3] довжина пакету RTCP складає 48 байт, довжина службової частини пакету RTP - 12 байт. Крім того до керуючої частини слід додати 8-байтовий UDP-заголовок, 20-байтовий IP-заголовок та 21-байтовий Ethernet-заголовок (якщо технологія використовується на каналному рівні). Оскільки максимальна довжина кадру складає 1497 байт, згідно з (6) $k=0,07$, $\rho_M=0,88$. Даний випадок є найліпшим варіантом використання описаної моделі – див. рис. 1.

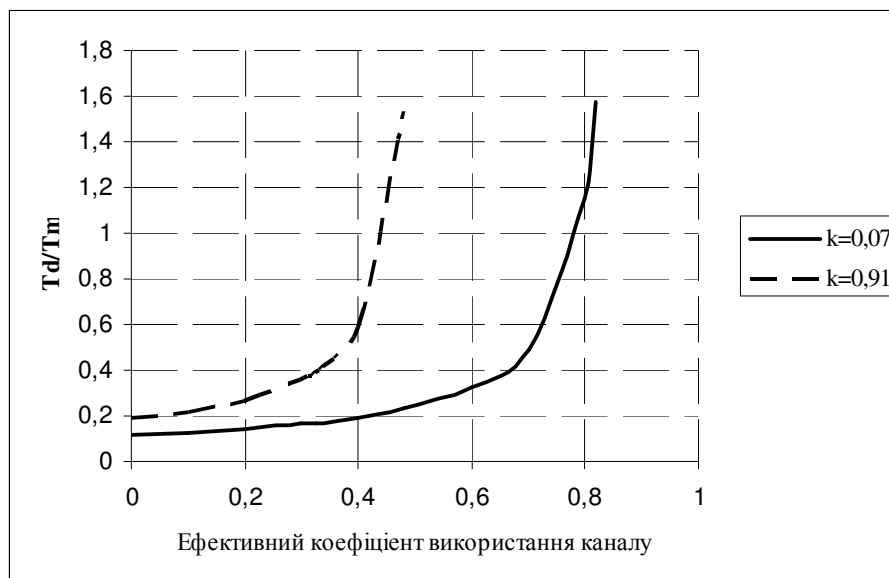


Рисунок 1 - Нормований час відповіді в мережі з комутацією пакетів

Навіть при збільшенні навантаження нормований час відповіді мережі залишається незначним. Якщо в якості корисного навантаження протоколу RTP постають кадри, згенеровані кодеком G.729 (8 Кбіт/с), довжиною 10 байтів, то $k = 5,45$, а $\rho_M = 0,08$. Такий випадок є неприпустимим. Використовується пересилка кількох кадрів пакетизованого голосу або відео в одному пакеті RTP. В [2] рекомендується передавати в одному пакеті до 120мс голосової інформації. Тоді при використанні кодеку G.729, довжина кадру становитиме 120 байт, $k=0,91$, $\rho_M = 0,35$ – див. рис. 1; кодеку G.711 (64 Кбіт/с), довжина кадру становитиме 960 байт, $k=0,11$, $\rho_M = 0,82$.

Висновки.

1. Показано, що коефіцієнт ефективного використання каналу не залежить від кількості каналів у системі, а визначається лише відношенням довжини службового пакету до довжини інформаційного, при цьому чим це відношення менше, тим ефективніше використовується канал.

2. Отримані результати свідчать, що з огляду на коефіцієнт використання каналу та нормований час відгуку мережі зв'язка протоколів RTCP&RTP/UDP/IP/ є прийнятною для передачі мультимедійної інформації, якщо в одному кадрі передається кілька голосових пакетів.

Бібліографічні посилання.

1. Вишневський В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.:Техносфера, 2003. - 512с.
2. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Sofswitch. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006. – 368с.
3. Евсиков М., Матвеев С., Осадчук А.. RTP и RTCP: протоколы для IP-телефонии - Электронный ресурс. URL: <http://www.compress.ru/>
4. Корнышев Ю.Н. и др. Теория телетрафика, - М.: Радио и связь, 1996. – 272 с.
5. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.:БХВ-Петербург, 2005. - 288с.