

ДО НОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА КАНАЛИ ІР МЕРЕЖІ

Tarbayev S. I., Makarenko A. O. About normalization of load on the channels of IP network.

When passing all kinds of communication on packet-switched network becomes very important task of ensuring the quality of packet transmission (QoS). Without its solution is impossible to ensure the quality of interactive multimedia communication at the level of the existing circuit-switched networks. For IP networks there are rules on the parameters of QoS, developed by the ITU and 3GPP. These regulations set the parameters for the entire network – "from end to end." In practice, the problem arises of how to ensure the implementation of these standards, namely, how to regulate the operation of the network components – links, switches - to fulfill the norms for the whole network. Recommendation ITU Y.1542 considered approaches to solving this problem. One approach is a fixed division of norms into parts and applying them to the individual network elements. Based on this approach in an article calculated the permissible degree of load on the links of IP network, based on the conditions of implementation of ITU Y.1541 standard norms on the entire network. This technique was used summation quality parameters set out in Appendix X to Recommendation Y.1541. As an example, based on the norms on the parameters of delay variation and packet loss of the recommendation Y.1541, calculated permissible degree of load on the links between nodes of an IP network, which operates in accordance with the policy Best Effort Delivery. Acceptable degree dependent on the bandwidth and the transmission buffer volume at the node. For low bandwidth, permissible load on the links is determined by the permissible delay variation and for large bandwidth, above a certain value – by the permissible packet loss. The position of a boundary point increases with increase size of buffer.

Keywords: quality packet transmission, parameters QoS, standards QoS, permissible load on the channel, IP network

Тарбаєв С. І., Макаренко А. О. Про нормування навантаження на канали ІР мережі. Для ІР мереж існують норми на параметри QoS, розроблені організаціями ITU та 3GPP. Ці норми встановлюють параметри на усю мережу – "з кінця в кінець". На практиці виникає задача, яким чином забезпечити виконання цих норм, а саме, яким чином регулювати роботу складових мережі – каналів, вузлів – для утримання сумарних норм на усю мережу. У статті проведений розрахунок припустимого навантаження на канали ІР мережі, виходячи з умови виконання норм стандарту ITU Y.1541 на усю мережу та при фіксованому розподілі норми на частини із застосуванням їх до окремих елементів мережі.

Ключові слова: якість передавання пакетів, параметри QoS, норми на QoS, припустиме навантаження на канали, ІР мережа

Тарбаєв С. И., Макаренко А. А. О нормировании нагрузки на каналы IP сети. Для IP сетей существуют нормы на параметры QoS, разработанные организациями ITU и 3GPP. Эти нормы устанавливают параметры на всю сеть – "из конца в конец". На практике возникает задача, каким образом обеспечить выполнение этих норм, а именно, каким образом регулировать работу составляющих сети – каналов, узлов – для выполнения суммарных норм на всю сеть. В статье проведен расчет допустимой нагрузки на каналы IP сети, исходя из условий выполнения норм стандарта ITU Y.1541 на всю сеть и при фиксированном разделении нормы на части с применением их к отдельным элементам сети.

Ключевые слова: качество передачи пакетов, параметры QoS, нормы на QoS, допустимая нагрузка на каналы, IP сеть

При переході усіх видів зв'язку на мережі з комутацією пакетів важливе значення набуває задача забезпечення якості передавання пакетів (QoS). Без її вирішення неможливо забезпечити якість інтерактивного мультимедійного зв'язку на рівні теперішніх мереж з комутацією каналів. Міжнародною спільнотою розроблені стандарти на якість передавання пакетів по ІР мережам [1, 2]. Ці стандарти дають норми на параметри QoS для усієї мережі, тобто для передавання "з кінця в кінець" [3].

На практиці постає задача, яким чином забезпечити виконання цих норм, а саме, яким чином регулювати роботу складових мережі – каналів, вузлів – для виконання сумарних норм на усю мережі. У документі ITU [4] розглянуті підходи до вирішення цієї проблеми.

Один з підходів полягає у фіксованому розподілі норми на частини та застосуванні їх до окремих елементів мережі.

Головним чинником погіршення параметрів QoS в IP мережі є черги у буферах передавання вузлів (маршрутизаторів) мережі. Зміни довжини черг призводять до варіації затримки, переповнення буферів – до втрат пакетів. Параметри погіршуються при збільшенні завантаження каналів. Тому основною є задача розрахунку норми завантаження каналу, що з'єднує два вузли, виходячи з умови виконання мережевих норм на параметри QoS стандарту Y.5141.

Розрахуємо припустимий ступень завантаження міжвузлового каналу зв'язку для IP мережі з політикою передавання Best Effort Delivery та залежність ступеню від пропускної спроможності каналу з умовою забезпечення мережевих норм на параметри QoS.

На якість мультимедійного зв'язку головним чином впливають такі параметри QoS: середня затримка пакетів (IP Packet Transfer Delay – IPTD), варіації затримки пакетів (IP Packet Delay Variation – IPDV) та коефіцієнт втрат пакетів (IP Packet Loss Ratio – IPLR). Міжнародні норми на параметри QoS “з кінця в кінець” (тобто від стику з кінцевим пристроєм на одному кінці мережі до такого же стику на іншому кінці мережі) для IP мереж представлені у рекомендації ITU Y.5141 [1]. Стандарт визначає норми для ряду класів. З них класи 0 та 1 націлені на інтерактивний мультимедійний зв'язок. Для класу 0 норми складають (максимальна припустима величина): для середньої затримки $IPTD_N = 100$ мс, для варіації затримки $IPDV_N = 50$ мс, для втрат пакетів $IPLR_N = 10^{-3}$.

У рекомендації ITU Y.5141 [1] наведена також методика розрахунку мережевих параметрів QoS на базі реальних (вимірних) даних якості передавання секцій мережі. Скористаємося цією методикою і визначимо норми на вузол мережі. Будемо розглядати шлях пакетів через мережу “з кінця в кінець”, як шлях, що складається з трьох ділянок: ділянка доступу – магістральна ділянка – ділянка доступу (Рис.1).



Рис. 1. Шлях пакетів через мережу

При теперішньому стані мережі великих IP мереж (наприклад, Інтернет) головна доля втрат якості припадає на ділянки доступу. Приймемо, що на обидві ділянки доступу виділена α частина загальної норми ($0 < \alpha < 1$) і на ділянках доступу пакет проходить N вузлів (маршрутизаторів, у сумі для обох ділянок).

Для втрат пакетів нормується середнє значення. Оскільки при малих величинах втрати сумуються, норма на вузол складає

$$IPLR_{\text{node}} = \frac{\alpha}{N} IPLR_N \quad (1)$$

Варіація затримки визначається [1] як

$$IPDV = IPTD_{\text{upper}} - IPTD_{\text{min}} \quad (2)$$

де $IPTD_{\text{upper}} = 1-10^{-3}$ квантиль IPTD на оцінюваному інтервалі;

$IPTD_{\text{min}}$ – мінімальна затримка на оцінюваному інтервалі.

Варіація затримки обумовлена змінами затримки пакетів у буферах вузлів мережі. Мінімальна затримка у буфері вузла дорівнює нулю. Відповідно до [1] без врахування третього моменту розподілу маємо:

$$IPTD_{upper} = \sum_{n=1}^N d_n + x_p \sqrt{\sum_{n=1}^N \sigma_n^2} \quad (3)$$

де N – число вузлів (секцій) мережі;

d_n – середній час затримки у вузлі n ;

σ_n – середньоквадратичне відхилення часу затримки;

x_p – величина, що задовольняє $\Phi(x_p)=p$, тут Φ означає стандартну функцію нормального розподілу, для $p=0,999$ $x_p=3,09$.

Для вузла мережі на основі наведених в [5] співвідношень витікає, що при припущенні про експоненціальний розподіл потоку заявок та часу обслуговування (система типу $M/M/1$) середня величина d та середньоквадратичне відхилення σ часу чекання обслуговування, відповідно, дорівнюють

$$d = t_s \frac{1}{1-\rho}, \quad (4)$$

$$\sigma = t_s \frac{\sqrt{\rho(2-\rho)}}{1-\rho}, \quad (5)$$

де ρ – відносне навантаження системи масового обслуговування (відношення інтенсивності вхідного потоку заявок λ до інтенсивності їх обслуговування μ);

$t_s = 1/\mu$ – середній час обслуговування.

У виразі (5) величина чисельника при ρ близьких до одиниці дуже близька до одиниці. Тому при цікавих для нас значеннях суттєвого завантаження каналу, тобто $\rho > 0,8$ (при $\rho = 0,8$ чисельник виразу (5) дорівнює 0,979)

$$d \cong \sigma. \quad (6)$$

З урахуванням (3), (6) та прийнявши рівний розподіл затримки у вузлах, отримуємо припустиму величину середньої затримки у вузлі

$$d_{node} = \frac{\alpha \cdot IPDV_N}{N + 3,09\sqrt{N}}. \quad (7)$$

Припустиму величину навантаження на канал ρ_{max1} для отриманого d_{node} знаходимо з виразу (4). Підставивши значення t_s , яке визначається середньою довжиною пакету L і пропускнуою здатністю каналу B ($t_s=L/B$), отримуємо

$$\rho_{max1} = 1 - \frac{L}{Bd_{node}} \quad (8)$$

Вираз (8) у сукупності з (7) дає значення припустимого відносного завантаження каналу з умови не перевищення норми на варіацію затримки пакетів.

З іншого боку припустиме навантаження на канал визначається втратами пакетів з причини переповнення буфера. Для системи $M/M/1/N$ (N ємність буфера) втрати пакетів розраховуються [6, 7] за формулою

$$P_{loss} = \frac{(1-\rho)\rho^N}{1-\rho^{N+1}} \quad (9)$$

Припустимо величину навантаження на канал $\rho_{\max 2}$ для заданого P_{loss} можна знайти чисельним способом [8...10].

Вона визначається нормою на втрати пакетів та нормою на варіації затримки. Зі збільшенням пропускної спроможності затримки у буфері зменшуються. Тому при малих величинах пропускної спроможності припустиме навантаження визначається варіаціями затримки, при великих – втратами пакетів. Величину пропускної спроможності B_b , нижче якої припустиме навантаження визначають втрати пакетів можна отримати з (8):

$$B_b = \frac{L}{(1 - \rho_{\max 2}) d_{\text{node}}} \quad (10)$$

У якості прикладу розрахуємо залежність припустимого ступеню завантаження міжвузлового каналу від пропускної спроможності каналу для трафіку класу 0 (згідно [1]) для таких умов: доля норми на обидві ділянки доступу мережі 80%, число вузлів на ділянках доступу 8, розмір буферу 40 пакетів (величина за умовчанням в маршрутизаторах фірми Cisco System з операційною системою IOS), середня довжина пакетів 600 байт. Отримуємо, що при зростанні пропускної спроможності каналу до 11,8 Мбіт/с відносне припустиме завантаження збільшується і досягає значення 0,83; далі залишається незмінним.

На Рис. 2 наведені графіки залежності відносного припустимого завантаження міжвузлового каналу від пропускної спроможності каналу при різних обсягах буферу (N , пакетів).

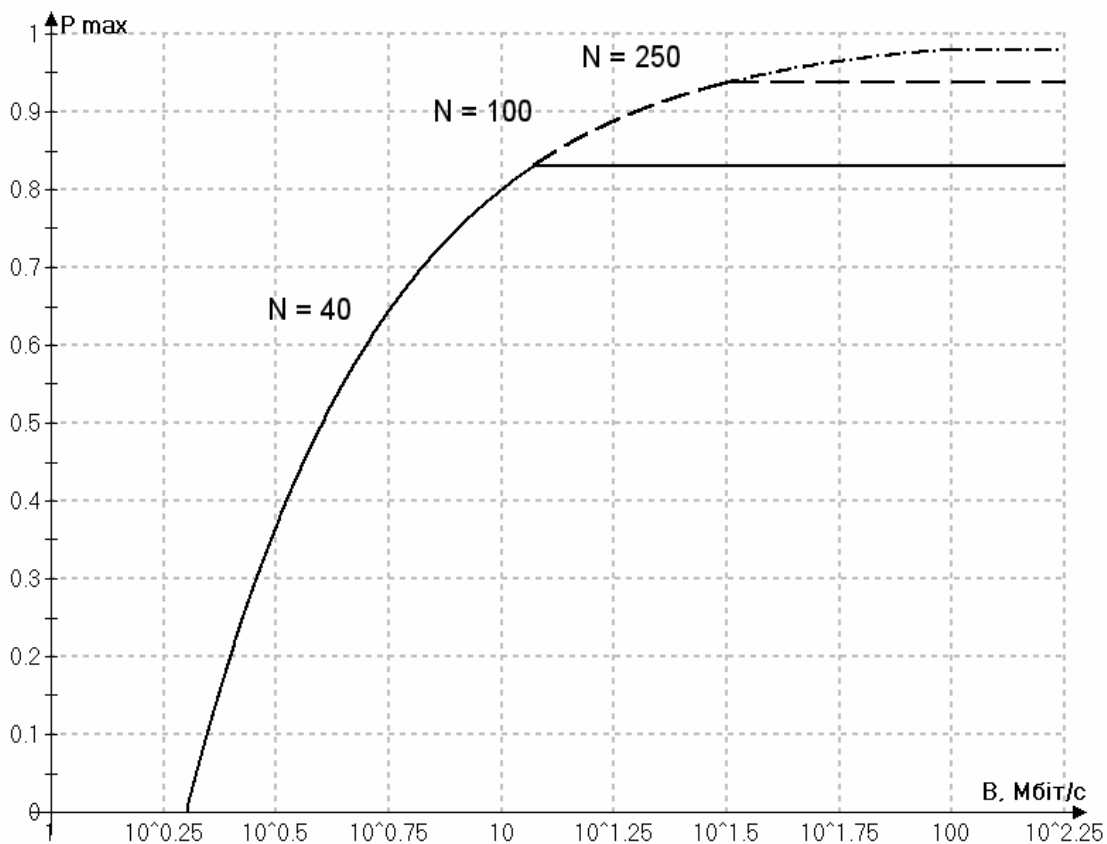


Рис. 2. Залежність відносного припустимого завантаження міжвузлового каналу від пропускної спроможності каналу при різних обсягах буферу (N , пакетів)

Висновки. В роботі розрахований, виходячи з норм на параметри QoS рекомендації ITU-T Y.1541 [1], припустимий ступінь навантаження на міжвузловий канал IP мережі, що працює за політикою передавання Best Effort Delivery. Припустимий ступінь залежить від пропускної спроможності каналу та обсягу передавального буфера на вузлі. При малих пропускних спроможностях припустимий ступінь визначається нормою на варіації затримки, при більших пропускних спроможностях, вище деякої граничної точки – нормою на втрати пакетів. Положення граничної точки збільшується зі збільшенням обсягу буфера.

Література

1. Network performance objectives for IP-based services // ITU-T Recommendation Y.1541. – 2011.
2. Policy and Charging Control Architecture // 3GPP Technical Specification TS 23.203. – 2015.
3. Копійка О. В. Архітектура мережі в сучасних дата-центрах / О. В. Копійка // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – № 2(30). – С. 34-41.
4. Framework for achieving end-to-end IP performance objectives // ITU-T Recommendation Y.1542. – 2010.
5. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – Москва : Наука, 1966. – 429 с.
6. Вишневикий В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневикий. – Москва : Техносфера, 2003. – 512 с.
7. Скопа О. О. Управління відносною ефективною швидкістю передачі в мережах з комутацією пакетів / О. О. Скопа, В. В. Корчинський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2002. – № 443. – С. 75-80.
8. Панфилов И. П. Надежность работы линии связи, состоящей из основного и резервного каналов / И. П. Панфилов, А. А. Скопа // Радиотехника. – 2002. – № 128. – С. 91-96.
9. Волков С. Л. Оптимізація параметрів телекомунікаційної мережі методом статистичної регуляризації / С. Л. Волков, Н. Ф. Казакова // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 1(28). – С. 54-60.
10. Demydov I. Analysis of service workflows distribution and service delivery platform parameters / Ivan Demydov, Orest Lavriv, Yuriy Dobush, Bohdan Buhyl, Mykhailo Klymash // Int. J. Services, Economics and Management. – 2013. – Vol. 5, No. 4. –P. 280-290.

Автори статті

Тарбаєв Сергій Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інфокомунікацій, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 50 346-7414.
E-mail: tarbaev@voliacable.com

Макаренко Анатолій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інфокомунікацій, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 97 509-0033.
E-mail: makarenkoa@ukr.net

Дата надходження в редакцію: 13.08.2015 р. Рецензент: д.т.н., проф. Б. Ю. Жураковський