

17. Тимошик А.М. Моделивання енергоощадних режимів роботи енергообладнання / А.М. Тимошик // Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” Електроенергетичні та електромеханічні системи” – № 654.– 2009. – С.233-237.

Поступила 15.09.2010р.

УДК 621.3

О.А. Лаврів, Б.А. Бугиль
НУ «Львівська політехніка», кафедра телекомунікацій

УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ QoS МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ З КОМУТАЦІЄЮ ВІРТУАЛЬНИХ КАНАЛІВ НА ОСНОВІ РОЗПОДІЛУ ЗАПАСУ РЕСУРСІВ

There is a problem of network resource management to ensure the required level of QoS due to the rapid development and implementation of multiservice networks on bases of virtual channel switching. A way to manage bandwidth and network delays based on the distribution of stocks is proposed.

Вступ

Питання забезпечення якості сервісу в мультисервісних мережах на сьогоднішній день постає дуже гостро. Абоненти вимагають надання широкосмугових послуг в реальному часі, що створює велике навантаження на мережу оператора. Кожна нова технологія націлена на задоволення цих потреб, однак не може задовольнити їх в повній мірі. Проблема полягає у забезпеченні QoS на всьому шляху проходження інформації, в умовах обмежених мережевих ресурсів. Запропонований у даній статті метод покликаний внести значні покращення щодо контролю та забезпечення якості сервісу. Він базується на використанні теорії запасів у телекомунікаційних цілях. Це дозволяє кожному вузлу бути поінформованим про якість сервісу, яку змогли надати попередні вузли, яку повинен надати він та запас по параметрах якості сервісу для наступних вузлів. Маючи інформацію такого типу, вузол може покращити управління QoS під час доставки повідомлень.

Метою авторів статті постали: розробка методики контролю параметрів якості сервісу на протязі всього маршруту передачі інформації та покращення ефективності роботи мережі шляхом раціонального використання доступних ресурсів.

Представлення параметрів мережі в термінах теорії запасів

Основою сучасних мереж зв'язку постає стек протоколів TCP/IP, який забезпечує передавання пакетизованої інформації через мережу. Однак, із

впровадженням сервісів реального часу, до контенту мереж ставляться все жорсткіші вимоги щодо QoS.

В даній роботі запропоновано методику управління мережею на основі розподілу запасу ресурсів мережі. В такій інтерпретації кожен абонент вимагає від мережі надання її ресурсів для забезпечення передавання контенту за власною його вимогою. Водночас під ресурсами розуміють такі параметри QoS як: пропускна здатність C , втрати пакетів P , затримка T та джитер J .

Телекомунікаційні мультисервісні мережі найбільш точно описує модель “системи з фіксованим періодом перевірки рівня запасів”. У даній моделі кожен пакет надходить в мережу з визначеним періодом (пакети VoIP, кадри IPTV), перебуває в мережі певний час та характеризується запасом. На рис. 1 схематично показана залежність рівня запасу від часу обробки пакету. T – це час, протягом якого пакет перебуває в мережі, проходячи весь маршрут від джерела до одержувача інформації. Протилежним параметром до цієї величини є затримка, що вноситься мережею при транспортуванні пакетів і складається із фіксованої затримки каналу зв’язку та змінної затримки обробки пакету. T_1 – це час, за який пакет повинен прийти до одержувача, для того, щоб інформація не втратила своєї актуальності. Для систем реального часу даний параметр є чітко встановлений, і при його перевищенні дані стають “баластом” мережі, оскільки вже непотрібні кінцевому користувачу. T_2 – це час, який пакет безцільно займає ресурси мережі, $Q-s$ – величина запасу одного з параметрів QoS, допустима затримка (VoIP) або максимальна кількість втрачених пакетів (IPTV), при передачі пакетів між кінцевими абонентами. Величина s – дефіцит, характеризує додаткові ресурси QoS, що надаються мережею при доставці пакету.

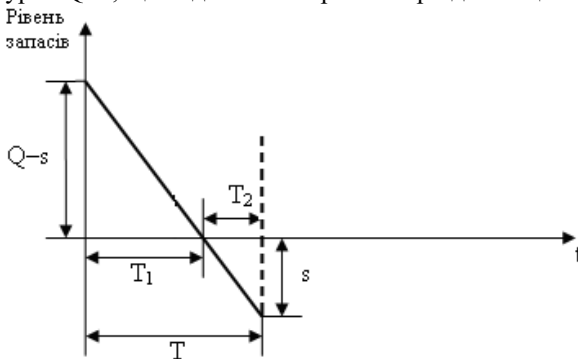


Рис.1. Залежність запасу від часу обробки

Згідно теорії запасів, можна виділити 2-і реакції кінцевого користувача на дефіцит – виникає при вичерпанні запасу, тобто запізнення пакету. У першому випадку одержувач послуг згоден зачекати доки придуть затримані пакети. У другому випадку одержувачу гарантовано повинні бути

доставлені пакети у визначений час. Перший варіант для трафіку реального часу є категорично неприйнятним, з точки зору користувача і задоволення його послуг, в той час, як другий варіант є не зовсім реальним з точки зору ресурсів мережі. Однак, з певними обмеженнями використовують другий варіант, задовольняючи потреби користувача з мінімальними затратами ресурсів мережі.

Спосіб резервування ресурсів в мережах з комутацією віртуальних каналів на основі розподілу запасів

У мультисервісних мережах з комутацією віртуальних каналів (наприклад IP/MPLS) кожний маршрутизатор характеризується певними ресурсами: пропускну здатністю C_0 , втратою пакетів P_0 , затримкою T_0 , та джитером J_0 . Дані ресурси мережа може надавати у розпорядження користувачів. Однак, в даній роботі розглядаються надання тільки 2 параметрів ресурсу: C_0 та T_0 . Параметр джитер в мережах MPLS є незначним, а параметр втрат пакетів за своєю суттю більш відноситься до надійності мережі та імовірності помилок. Отже, вузол для створення сеансу зв'язку, у даному випадку тунелю, надає у користування частину своїх ресурсів. У відповідності з класом обслуговування DiffServ, що використовується в мережах IP/MPLS, на кожному вузлі резервується деяка частина ресурсу: Δc та Δt , для кожного тунелю. При кожному новому резервуванні запас що залишився у вузлі визначається за формулою 1:

$$C=C_0 - \Delta c_{резерв}, T=T_0 - \Delta t_{резерв} \quad (1)$$

Критичним запасом є пропускна здатність [1, с.12-13]. Коли даний запас стане рівним нулю, даний маршрутизатор не зможе створювати нові тунелі, доки не звільняться ресурси. Даний запас залежить від ємності каналів зв'язку та технології фізичного та каналного рівнів.

Наступним параметром запасу є затримка, яка присутня у вузлі, і визначається тривалістю очікування в черзі (буфері), тривалістю аналізу та обробки IP-пакету [1, с. 4-11]. Оскільки, вся маршрутизація у мережі IP/MPLS проводиться по мітках, то загальна затримка визначається аналізом мітки, обробкою IP пакету та, знову ж таки, очікуванням пакету в черзі. Із використанням IP/MPLS мінімізується час аналізу та маршрутизації, однак затримка опрацювання пакету є завжди фіксованою і залежить від швидкодії обладнання. З іншої сторони затримка очікування в черзі є змінною і залежить, як від швидкодії обладнання, так і від пріоритезації трафіку. В теорії запасів враховано можливість пріоритетної обробки пакетів, чим досягається зменшення тривалості їх перебування в буфері, якщо затримка пакету перевищує деякий показник. Іншими словами, пакет який приходить у вузол, класифікується за класом еквівалентності пересилки, що визначає його пріоритет, однак через затримку в буфері, яка є мало регульованою, може погіршити допустимі параметри QoS. Натомість, теорія запасів передбачає, що на опрацювання кожного пакету повинен відводитися строго регламентований час, при перевищенні якого пакет видаляється з черги, або ж використовує запас і обробляється з найвищим пріоритетом для забезпечення параметрів QoS.

Спосіб передачі інформації про запас

Особливо важливим є процес визначення кожним вузлом запасу, який ще залишився до того, коли пакет повинен бути оброблений без черги або видалений з буфера. Саме тут виражається перевага використання технології IP/MPLS:

- клас еквівалентності пересилання FEC забезпечить пріоритезацію трафіку та, відповідно до пріоритету, встановить допустимий час опрацювання пакету вузлом, та пропускну здатність;
- тунелювання – всі дані у вибраному тунелі мають однаковий допустимий час обробки;
- використання міток – стек міток, в який можна записати додаткову мітку, яка вказує на запас тривалості опрацювання пакету попередніми вузлами шляху.

Відповідно до цього, кожен маршрутизатор повинен мати таблицю, яка регламентує відповідність параметрів QoS кожному із видів трафіку. Для прикладу клас 1 – дані реального часу, для яких мінімальні параметри QoS рівні: затримка T_1 , пропускну здатність C_1 , джитер J_1 , втрати пакетів P_1 . Клас 2 – дані нереального часу і т.д.

Таким чином, кожен вузол має фіксований час для опрацювання заданого типу пакету, відповідно до FEC та створеного тунелю, а аналізуючи стек міток вузол визначає величину запасу, який він може використати. Даний запас може збільшуватися або ж зменшуватися у відповідності до того, наскільки завантаженими є вузли на шляху. Якщо вузол швидше обробив пакет, він створює запас для обробки пакету наступним, і навпаки, у випадку коли вузол завантажений, він може використати запас обробки, який внесли попередні. Використовуючи представлений метод, а також тунелі і виграш затримки комутації в технології IP/MPLS, є можливість керувати затримкою та забезпечувати QoS за вимогою.

Регламентована і гнучко розподілена затримка кожного вузла вносить свої переваги, особливо для даних реального часу. Даний вид трафіку використовує протокол UDP для передавання контенту, що не гарантує доставку, а також накладаються обмеження на затримку між кінцевими вузлами. Згідно запропонованої концепції, пакет, який прийшов із значним запізненням на пункт прийому, стає непотрібним, оскільки інформація вже була сприйнята користувачем. Однак пакет, все таки прийде на приймальну сторону використовуючи пропускну здатність і час обробки мережею, для його доставки. Звідси висновок – протокол UDP не в змозі визначити момент та точку в мережі, відколи пакет стає непотрібним кінцевому користувачу. Тому доцільно використати теорію запасів. Коли маршрутизатор обробляє пакет і виявляє, що запас для даного пакету вичерпаний, він може видалити його з обслуговування, наперед знаючи, що дана інформація вже немає змісту і надлишково завантажує мережу. Або ж, коли залишок запасу дуже малий, маршрутизатор може обробити пакет з більшим пріоритетом, тим

самим гарантувавши його доставку. Таким чином, в мережі, з одного боку, зменшується кількість непотрібної інформації, вивільняючи ресурси пропускної здатності та зменшуючи завантаженість маршрутизаторів. З іншого боку – вводиться механізм QoS, який буде гарантувати доставку пакетів із визначеною затримкою.

Мітки запасу

Запропоновано ввести “особливу мітку” в технології MPLS для інформування маршрутизатора про запас кожного пакету. Сама мітка не містить в собі інформаційних полів, однак міток може бути дуже велика кількість (2^{20}), тому є можливість виділити для кожного з параметрів QoS окрему “мітку запасу” в якій буде передаватися інформація про запас тривалості опрацювання пакету. Однак при прямому розумінні терміну “тривалість опрацювання пакету” складається враження, що маршрутизатор повинен мати велику кількість таймерів, які б слідкували за часом, що його займає обробка пакету і порівнювати його з граничною тривалістю обробки пакету для одного маршрутизатора. Такий метод вносить значну завантаженість і призведе тільки до збільшення затримки у вузлі комутації. Тому час опрацювання пакету виражається виключно пріоритизацією трафіку (рис. 2). У кожній мітці міститься поле CoS, яке дозволяє надати 8 пріоритетів, а також поле TTL, що визначає час життя пакету в вимірі кількості маршрутизаторів.

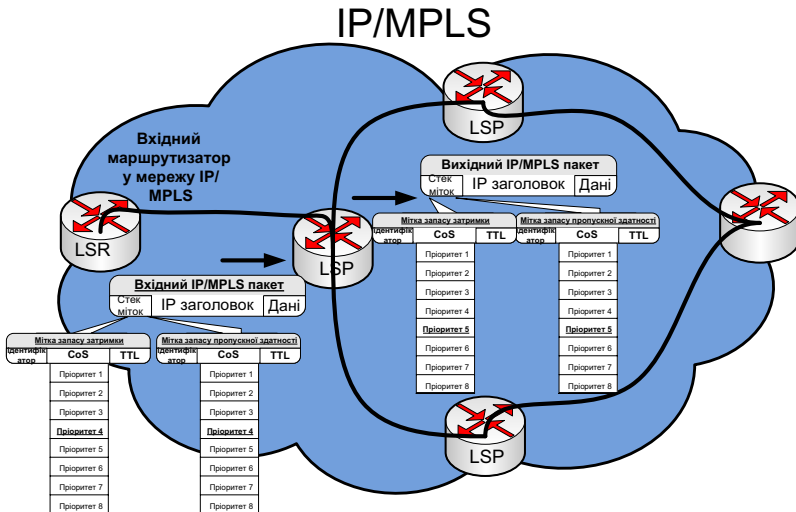


Рис.2. Мітки запасу в мережі IP/MPLS

Оскільки в даній роботі регулюються тільки два параметри – затримка і пропускна здатність, пропонується використати дві мітки. Поле CoS першої мітки характеризує запас затримки при обробці, другої – запас пропускної здатності.

Використовуючи показники обох полів міток, маршрутизатор, на якому в даний момент обробляється пакет, може розрахувати затримку, яка вже присутня для контенту, що передається, за формулою 1 та запас, який можна використати при доставці пакету за формулою 2.

$$\Delta T_{\text{внесена}} = \sum_{i=N}^k \left(\frac{\text{Fixed_delay}}{255} \cdot \frac{p_0 - p_i}{8} \right) + \sum_{j=N}^{k+1} \left(\frac{\text{Packet_size}}{\text{link_speed}} \cdot \frac{p_0 - p_j}{8} \right) \quad (2)$$

$$\Delta T_{\text{запас}} = \text{Fixed_delay} - \Delta T_{\text{внесена}}, \quad (3)$$

де p_0 – пріоритет поля CoS встановлений першим маршрутизатором у мережі IP/MPLS (для прикладу по замовчуванню 4 із 8);

p_i та p_j – пріоритет поля CoS “міток запасу” затримки та пропускної здатності відповідно. Ці два параметра є різними на кожному вузлі і визначаються в залежності від завантаженості вузла комутації;

Fixed_delay – час регламентований рекомендаціями на затримку у вузлі комутації, для конкретного виду трафіку.

k – параметр поля TTL “мітки запасу”, що визначає загальну кількість вузлів у маршруті, $k+1$ – кількість ребер у маршруті;

N – параметр поля TTL “мітки запасу”, що визначає скільки маршрутизаторів повинен пройти пакет, доки не буде видалений;

Packet_size/Link_speed – затримка каналу зв’язку між двома комутаторами.

Алгоритм обробки пакетів методом запасів

Все вищепописане можна систематизувати в алгоритм обробки пакетів за методом запасів (рис.3), який представляє собою порядок дій маршрутизатора при обробці конкретного пакету системи реального часу.

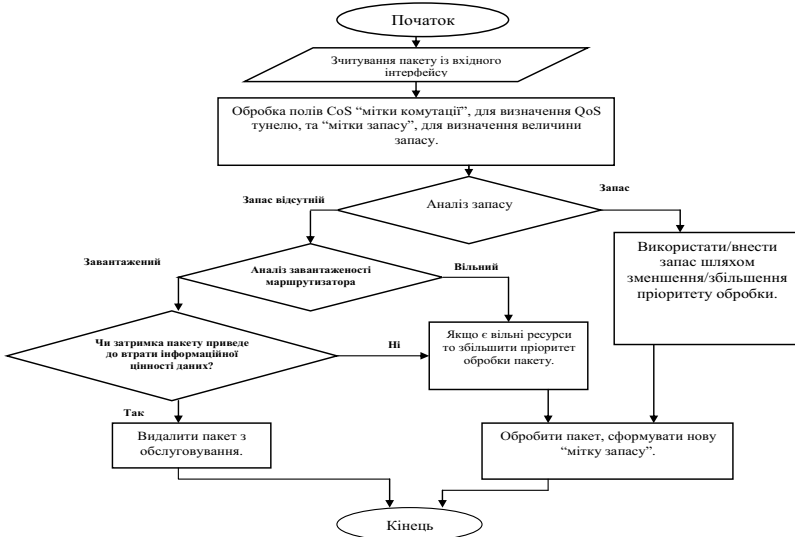


Рис.3. Алгоритм обробки пакетів методом запасів

Моделювання використання запасів мережею для пакету з максимальною кількістю маршрутизаторів на шляху

Виходячи із представленої формули 2, кожен маршрутизатор може затримати пакет, або ж внести запас на величину $n \cdot 0,125$ від комбінації параметрів затримки T та пропускної здатності C , де $n \in (0;7)$. Таким чином, функція $\Delta T_{\text{запасу}}$ представляє собою спадну криву, представлену на рис. 4. Даний графік побудований за допомогою системи MatLab:

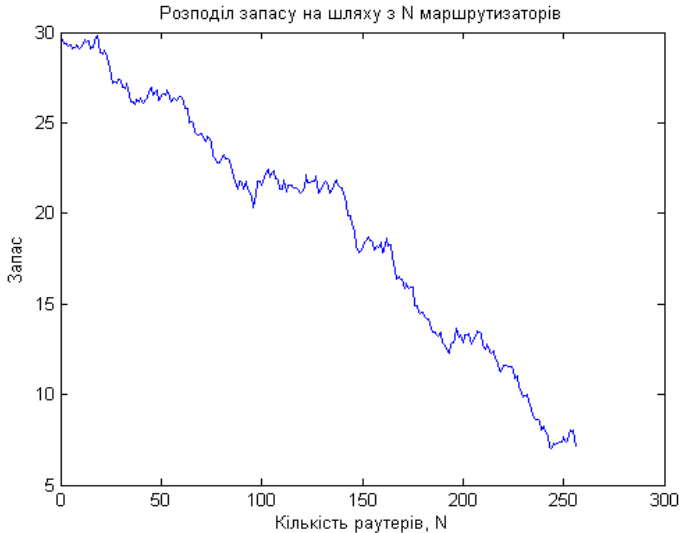


Рис.4. Графік розподілу запасу на шляху з N маршрутизаторів

Висновки

В даній роботі запропоновано спосіб управління параметрами QoS в мережах з комутацією віртуальних каналів з використанням запасів. Згідно даного підходу, інформація від абонента повинна бути доставлена кінцевому користувачу з певними параметрами якості сервісу, які визначають запас, що наданий даному трафіку. По мірі проходження контенту по мережі запас зменшується, тому завданням мережі є доставити дані, доки для них існує запас. Проведено дослідження розподілу запасу між вузлами при маршрутизації запропонованим способом для пакету з максимальною кількістю вузлів на шляху доставки до одержувача.

1. *John Evans, Clarence Filstils.* Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks. Theory and Practice, Cisco Systems, London 2007;
2. Request for Comments: 3031;
3. *Стивенсон Дж.* Управление производством: Пер. с англ. / Дж. Стивенсон. – М.

Поступила 1.09.2010р.