

УДК 621.392

Кільменінов О.А., к.т.н.; Романчук В. І., к.т.н.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МАРШРУТИЗАТОРА З ВІРТУАЛІЗАЦІЄЮ ПРИ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРАХ ЯКОСТІ ПОТОКОВОГО ТРАФІКУ

Kilmeninov O.A., Romanchuk V.I. Modeling of router work with virtualization in the settled quality parameters of the power traffic.

In the given article are shown the results of task solving of service quality raising of traffic flow transferring in multiservice networks based on dynamic conditions control of virtual network units and flexible distribution of router resource calculating. The main idea is to develop the model of virtual router the usage of which in multiservice structure will provide effective resources distribution between different network flows and give the opportunity to increase service quality of real time flows providing the required level of QoS services sentient to losses and insentient to delays.

Keywords: multiservice network, service quality, virtualization, traffic flow

Кільменінов О.А., Романчук В.І. Моделювання роботи маршрутизатора з віртуалізацією при заданих параметрах якості поточкового трафіку.

В даній статті наведені результати вирішення завдання підвищення якості обслуговування поточкового трафіку в мультисервісній мережі на основі динамічного управління параметрами віртуальних мережових вузлів та гнучкого розподілу обчислювальних ресурсів маршрутизатора.

Ключові слова: мультисервісна мережа, якість сервісу, віртуалізація, поточковий трафік

Кильменинов А.А., Романчук В.И. Моделирование работы маршрутизатора с виртуализацией при заданных параметрах качества поточкового трафика.

В данной статье приведены результаты решения задачи повышения качества обслуживания поточкового трафика в мультисервисной сети на основе динамического управления параметрами виртуальных сетевых узлов и гибкого распределения вычислительных ресурсов маршрутизатора.

Ключевые слова: мультисервисная сеть, качество сервиса, виртуализация, поточковый трафик

Вступ

Одним з актуальних наукових завдань у галузі телекомунікацій є передавання поточкового трафіку реального часу з дотриманням низки вимог щодо якості обслуговування. Дані, які підлягають передаванню, різні за своєю природою та важливістю, тому необхідно мати механізми, які дають змогу розв'язувати задачу розподілу ресурсів оперативно, у відповідності до властивостей тих потоків, які передаються у конкретний момент часу через конкретні телекомунікаційні вузли [1]. Такі механізми повинні базуватись на удосконалених методах розподілу ресурсів, що мають високу масштабованість, швидкодію, гнучкість, низьку операційну складність та ресурсоемність.

Опис моделі віртуалізації

Основна ідея полягає у розробленні моделі віртуального маршрутизатора, використання якої в мультисервісній інфраструктурі забезпечить ефективний розподіл ресурсів [2] між різними мережовими потоками та дасть змогу підвищити якість обслуговування потоків реального часу із забезпеченням необхідного рівня QoS сервісів, чутливих до втрат та нечутливих до затримок.

Віртуалізація мережового пристрою передбачає створення двох або більше віртуальних мережових машин, які виконують функції маршрутизаторів з індивідуальним обслуговуванням потоків. При розробленні структури мережового пристрою з віртуалізацією, розгорнуто три віртуальні маршрутизатори. Призначені для індивідуального обслуговування потоків певного типу. Вони забезпечують необхідний рівень QoS згідно сформульованих вимог, за рахунок виділення фізичних ресурсів апаратного мережового пристрою для конфігурування з необхідними продуктивностями віртуальних маршрутизаторів.

Запропонована структурно-функціональна модель маршрутизатора з віртуалізацією ресурсів наведена на Рис.1.

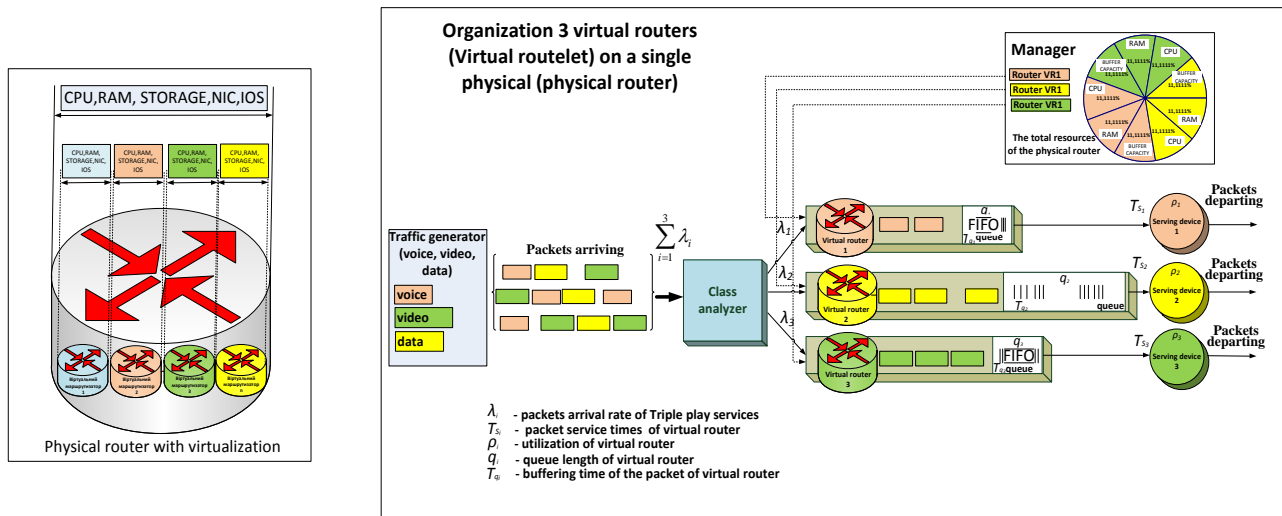


Рис. 1. Структурно-функціональна модель віртуалізованого пакетного маршрутизатора зі статичним та динамічним виділенням ресурсів

На вхід віртуального маршрутизатора поступає агрегований потік пакетів з інтенсивністю, яка рівна сумі інтенсивності пакетів окремого виду трафіку. Тоді, сумарний потік складається з n парціальних потоків, де $n=3$ (голос, відео і дані), кожний з яких характеризується власними параметрами і розподілом. Після чого вхідний потік пакетів з сумарною інтенсивністю, поступає на мережевий пристрій, обробляться і розділяться аналізатором на $N=3$ мережевих віртуальних пристроїв згідно пріоритету поля сервісу Type of Service (ToS), DSCP. Перевагою даної моделі є те, що в умовах використання блоку менеджера управління ресурсів, який функціонально відповідає гіпервізору при організації віртуальних машин є можливість статично та динамічно виділяти обчислювальні ресурси мережевого пристрою для віртуальних маршрутизаторів в залежності від вимог QoS потоку. Під обчислювальними ресурсами пристрою будемо розуміти апаратні ресурси, конфігурація яких суттєво впливає на можливість і продуктивність виконання обробки пакетів віртуальним вузлом.

Залежність параметрів QoS від структурних параметрів віртуальних вузлів

Для спрощення формалізації моделі було використано такі позначення: $a(t)$ – обсяг вхідного трафіку, $l(t)$ – обсяг відкинутого трафіку, $r(t)$ – інтенсивність обслуговування в момент часу t . Також, введемо поняття кривої прибуття, вхідної та вихідної кривої для трафіку на протязі часового інтервалу $[t_1, t_2]$. Показник прибуття A і показник вихідного трафіку R^{in} визначаються як

$$A(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} \lambda(x) dx \tag{1}$$

де $\lambda(t)$ є миттєвою інтенсивністю прибуття пакетів в момент часу t

$$R^{in}(t_1, t_2) = A(t_1, t_2) - \int_{t_1}^{t_2} \xi(x) dx \tag{2}$$

де $\xi(x)$ є інтенсивністю відкидання пакетів в момент часу t .

З формули (2) випливає, що різниця між кривою прибуття і вхідною є обсягом відкинутого трафіку. Вихідна крива R^{out} характеризує переданий трафік протягом часового інтервалу $[t_1, t_2]$, і визначається як:

$$R^{out}(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} r(x) dx \tag{3}$$

де $r(x)$ є інтенсивністю обслуговування пакетів в момент часу t .

Введемо наступні скорочені позначення для позначення кривих прибуття, вхідної і вихідної в моменти часу t , відповідно:

$$A(t) = A(0, t) \tag{4}$$

$$R^{in}(t) = R^{in}(0, t) \tag{5}$$

$$R^{out}(t) = R^{out}(0, t) \tag{6}$$

Затримка D є тривалістю обслуговування переданих пакетів в момент часу t . Відповідно, довжина черги та затримка визначаються в момент часу t за формулами :

$$Q(t) = R^{in}(t) - R^{out}(t) \tag{7}$$

$$D(t) = \max_{x < t} \{x | R^{out}(t) \geq R^{in}(t - x)\} \tag{8}$$

Тоді, середня затримка визначається шляхом усереднення миттєвої затримки $D(t)$ протягом часового вікна тривалістю τ .

$$D_t^{avg}(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau}^t D(x) dx \tag{9}$$

Позначимо інтенсивність втрат $P(t)$, яка виражає частку втраченого трафіку від початку поточного періоду зайнятості в момент часу t_0 . Періодом зайнятості є часовий інтервал протягом якого, відбувається максимальне завантаження буфера вузла. Таким чином, $P(t)$ описує частку трафіку, втраченого на інтервалі $[t_0, t^-]$, і визначається як:

$$P(t) = \frac{\int_{t_0}^t l(x) dx}{\int_{t_0}^t a(x) dx} = 1 - \frac{R_{in}(t_0, t^-) + a(t) - l(t)}{A(t_0, t^-)} \tag{10}$$

де $t^- = \sup\{x | x < t\}$.

Мережевий пристрій з віртуалізацією згідно теорії систем масового обслуговування (СМО) можна зобразити за допомогою каскадного включення буферної пам'яті та обслуговуючих пристроїв (рис. 2). Поведінка трафіку мультисервісної IP-мережі характеризується різними законами розподілу і тому при віртуалізації мережевого пристрою кожен віртуальний маршрутизатор працює із своїм класом послуг, кожен з яких описується відповідною функцією розподілу інтервалів між пакетами та функцією розподілу тривалості обслуговування.

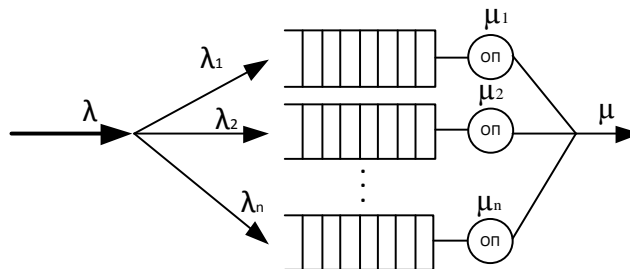


Рис. 2. СМО мережного пристрою з віртуалізацією

Декомпозиція моделі маршрутизатора з віртуалізацією для одного типу трафіку дозволяє отримати спрощену односередну модель.

Для опису такої моделі можна використати довільну систему масового обслуговування та використати відомі формули для визначення її параметрів (рис. 3).



Рис. 3. СМО віртуального маршрутизатора

Для опису такої моделі можна використати довільну систему масового обслуговування. Для прикладу використаємо систему M/M/1/n, де на вхід поступають виклики з пуасонівським законом розподілу, при об'єднанні яких утворюється мультисервісний агрегований потік.

Перевагою такого підходу є можливість використати формулу Норосса [3] для оцінки кількості пакетів i -го потоку в буфері i -го віртуального маршрутизатора, де кожен потік характеризується своїми властивостями, та власним параметром Херста:

$$N_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda_i}{\mu_i}\right)^{H_i-0.5}}{\left(1-\frac{\lambda_i}{\mu_i}\right)^{1-H_i}} \quad (11)$$

де H_i – параметр Херста i -го потоку, що надходить на i -й віртуальний маршрутизатор.

Обсяг пам'яті буфера віртуального маршрутизатора, що потребується, визначається за формулою:

$$Q_i = N_i \cdot L_{avr.i} \quad (12)$$

де $L_{avr.i}$ - середня довжина пакету

Змінюючи параметри обслуговуючого вузла для представленої моделі, можемо спостерігати за змінами ключових кількісних параметрів якості обслуговування. Завдання планування ресурсів зводиться до вибору параметрів структурно-функціональної моделі вузла обслуговування, які забезпечують дотримання необхідних параметрів якості обслуговування. Результати дослідження наведені на Рис. 4.

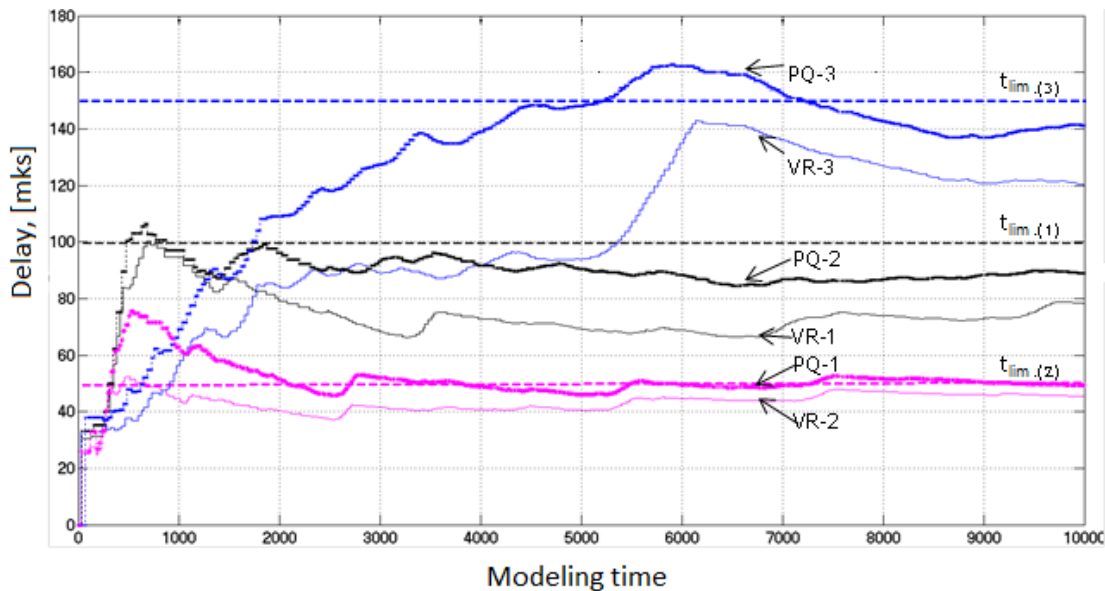


Рис. 4. Порівняння тривалостей затримок пакетів в маршрутизаторі при динамічному способі віртуалізації мережевого пристрою (VR 1-відео, 2-голос, 3-дані) із пріоритетним обслуговуванням (PQ 1-голос, 2-відео, 3-дані)

Отримані результати доводять, що система пріоритетного обслуговування інформаційних потоків не здатна забезпечити усім потокам гарантованого рівня QoS за критерієм мінімальної затримки та є менш ефективною в порівнянні із системою динамічної віртуалізації обчислювальних ресурсів маршрутизатора.

Було проведено імітаційне програмне моделювання з метою дослідження впливу методу управління структурними параметрами маршрутизатора з віртуалізацією ресурсів на якість обслуговування інформаційних потоків сервісу IPTV та провести порівняння параметрів QoS у випадку використання справедливого алгоритму оброблення черг заснованого на потоках – FQ.

Агрегований мультисервісний потік який генерувався мав інтенсивність, що спричиняла перехід до перевантаженого режиму роботи маршрутизатора рис. 5.

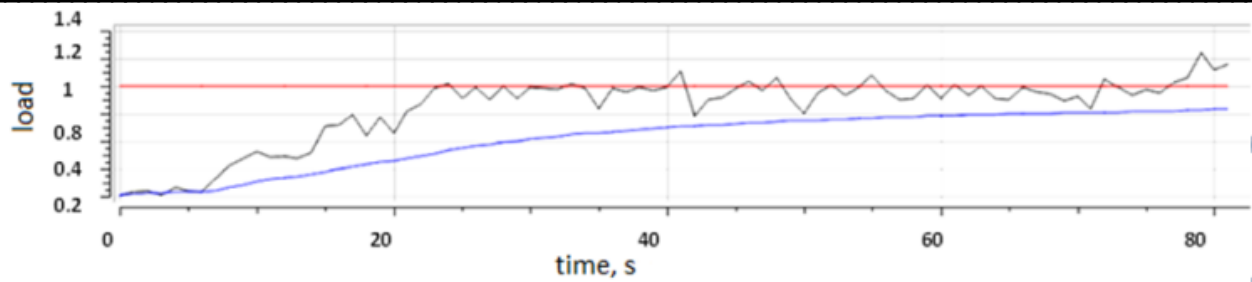


Рис. 5. Коефіцієнт завантаження маршрутизатора на рівні агрегації потоків

Використання алгоритму FQ тривалості затримки пакетів IPTV з порядковим номером від 1 до 1800 та 3081 до 3500 перевищують встановлений необхідний рівень гарантованого обслуговування за критерієм затримки згідно рекомендацій ITU-T (рис.6).

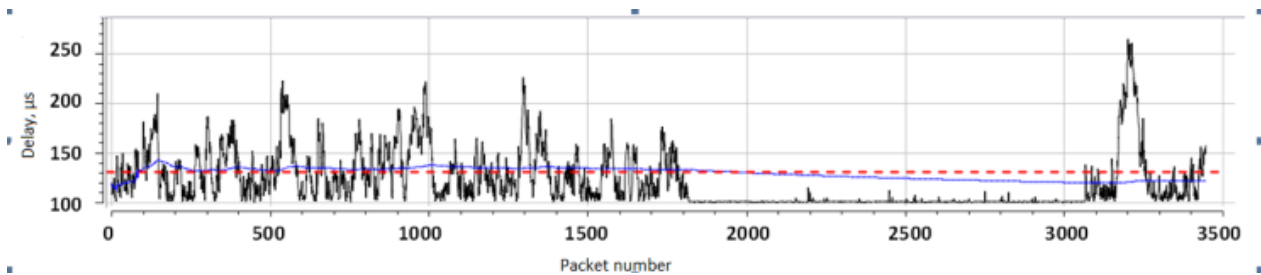


Рис. 6. Тривалість затримки IPTV потоку у маршрутизаторі

Для потокового трафіку, а саме потоку IPTV виділяється окремий віртуальний маршрутизатор, який забезпечує необхідний рівень якості обслуговування пакетів за критерієм затримки. Відповідно, затримка пакетів з порядковим номером від 1801-3080 утворюється за використання технології динамічної віртуалізації обчислювальних ресурсів маршрутизатора, яка, на відміну від попередньої конфігурації маршрутизатора, дає змогу гнучкіше управляти ресурсами.

Оцінка можливої довжини черг в мережевих пристроях дає змогу визначити параметри якості обслуговування при відомих характеристиках трафіку. Однак зміна черг є імовірнісний процес, на який впливає безліч факторів, особливо при складних алгоритмах обробки черг відповідно до заданих пріоритетів або шляхом зваженого обслуговування різних потоків. Кількісні оцінки довжини черги можна отримати тільки для дуже простих ситуацій, які не відповідають реальним умовам роботи мережевих пристроїв. Тому служба QoS використовує для підтримки гарантованого рівня якості обслуговування досить складну модель, вирішуючи завдання комплексно. Розроблена модель програмного маршрутизатора дає змогу оцінити завантаженість буферів протягом реального часу спостереження. На рис. 7 показано завантаженість буфера черги, у яку поміщаються пакети IPTV при використанні справедливого алгоритму обслуговування черг FQ. З результатів бачимо, що максимальна кількість пакетів у буфері становить 23, а затримка буферизації в порівнянні з затримкою у віртуальному маршрутизаторі при максимальній кількості пакетів 6 (рис. 8) є значно більшою.

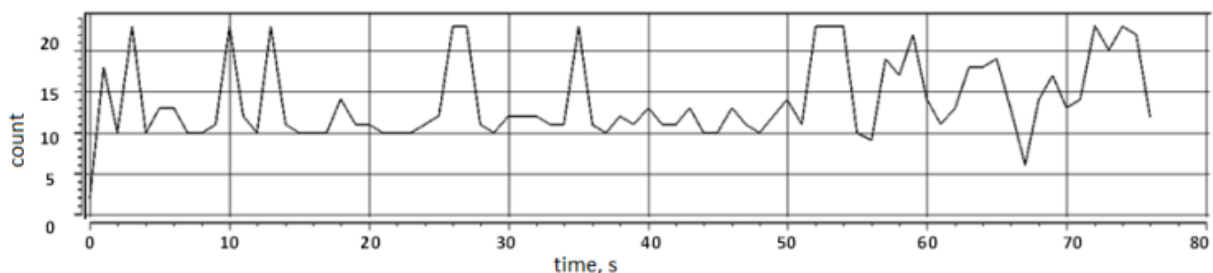


Рис. 7. Завантаженість буфера у разі використання справедливого алгоритму обслуговування черг FQ

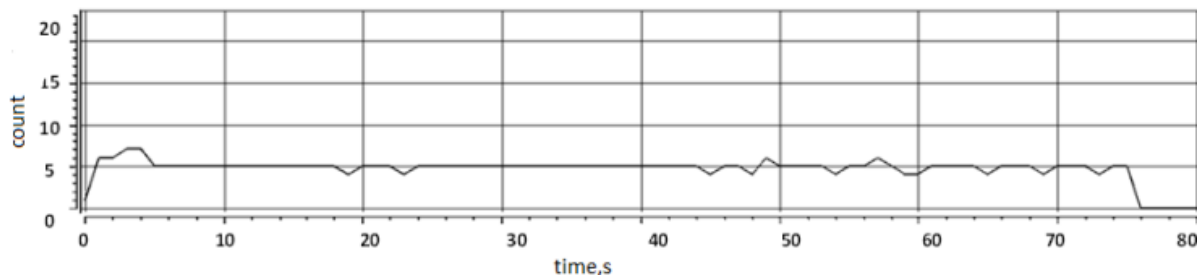


Рис. 8. Завантаженість буфера при віртуалізації маршрутизатора

В процесі розгортання віртуальних маршрутизаторів параметри якості обслуговування інших потоків можливо погіршуються але в допустимих межах для гарантування заданого рівня якості обслуговування в порівнянні із алгоритмом FQ.

Висновки

Таким чином, технологія динамічної віртуалізації мережевого пристрою забезпечує ефективний розподіл мережних ресурсів між різними потоками навантаження та дає змогу підвищити якість обслуговування потокового трафіку реального часу із наданням гарантованого рівня QoS для сервісів, що є чутливими до втрат та нечутливими до затримок. На основі результатів проведених досліджень сформовано рекомендації щодо вибору необхідних структурно-функціональних параметрів такої системи, а також було встановлено залежності параметрів якості сервісу від зміни параметрів системи обслуговування і класу вхідного потоку.

Список використаної літератури

1. Klymash M. The model of prioritization of service for efficient usage of resource multiservice network. / M. Klymash, M. Beshley, V. Koval // Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science Proceedings of the XI th International Conference TCSET'2012 (Lviv – Slavske, February 21–24), 2012. - P. 320-
2. Yanfeng Zhang, Cuirong Wang and Yuan Gao, A Virtualized Network Architecture for Improving QoS // I.J. Information Engineering and Electronic Business, 2009, 1, 17-24
3. Beshley M. Increasing the efficiency of real-time content delivery by improving the technology of priority assignment and processing of IP traffic / M. Beshley, M. Seliuchenko, O. Lavriv, V. Chervenets, H. Kholiavka, M. Klymash // Smart Computing Review, - 2015.- Vol.5,- No.2. – P.76-8

Автори статті

Кільменінов Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, Державний університет телекомунікацій, Київ, Київ, Україна.

Романчук Василь Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедра Телекомунікації Національний університет “Львівська політехніка” Львів, Україна.

Author of the article

Kilmeninov Oleksiy Anatoliyovych – candidate of science (technic), State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Romanchuk Vasyl Ivanovich – candidate of science (technic), associate professor, associate professor Department of Telecommunications National University “Lviv Polytechnic”, Lviv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 14.10.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Климаш М.М.