

УДК 621.391

МЕТОД ДЕКОМПОЗИЦІЇ СТРУКТУРИ МЕРЕЖНОГО ПРИСТРОЮ З ВІРТУАЛІЗАЦІЄЮ РЕСУРСІВ

В.І. Романчук., М.І. Бешлей., А.М. Прислупський., Г. В. Бешлей

*Національний університет “Львівська політехніка”,
вул. Степана Бандери 12, Львів, 79013, Україна*

Запропоновано новий підхід до побудови мультисервісної інфраструктури з віртуалізацією мережевих пристроїв. Мультисервісна мережа з віртуалізацією – це мережа в якій на одному або декількох мережевих пристроях використовується режим роботи з віртуалізацією. Віртуалізація мережевого пристрою передбачає створення двох або більше віртуальних мережевих машин, які виконують функції комутатора чи маршрутизатора з індивідуальним обслуговуванням потоків. Розроблено метод декомпозиції структури мережного пристрою з віртуалізацією ресурсів, використання яких в мультисервісній інфраструктурі забезпечить ефективний розподіл між різними мережевими потоками та дасть змогу підвищити якість обслуговування потоків реально-го часу із наданням гарантованого рівня QoS сервісів чутливих до втрат та нечутливих до затримок.

Ключові слова: *параметри QoS, віртуалізація, комутатор, мережеві ресурси, мультисервісна мережа.*

Постановка проблеми. Сучасні телекомунікаційні мережі (ТКМ) орієнтовані на надання абонентам широкого спектру послуг, кожна з яких при передаванні характеризується різнотипними вимогами щодо мережевих ресурсів [1-3]. Невпинне зростання потоків інформації приводить до модернізації телекомунікаційних мереж як в частині обладнання вузлів мережі, так і щодо постійного розширення пропускних здатностей каналів передавання для зростаючого обсягу потокового трафіку та забезпечення якості його передавання. Збільшення обсягів трафіку реального часу (голос, відео) створює ряд проблем та вимагає застосування нових методів ресурсної оптимізації, протоколів управління і, відповідно, заміни обладнання. Одним із методів забезпечення якості обслуговування різних видів трафіку є використання системи обслуговування з пріоритетами. При цьому система обслуговування на основі фіксованих пріоритетів має істотний недолік. Дана система не в змозі забезпечити необхідний рівень QoS низькопріоритетним потокам [4-6]. Детальний аналіз вказаних проблем, оптимізація і налаштування використовуваного обладнання ТКМ може забезпечити зростаючі вимоги. При цьому витрати на проведення таких робіт значно нижчі від можливих затрат на закупівлю та встановлення нового телекомунікаційного обладнання.

Найбільш перспективним рішенням стосовно забезпечення QoS та збалансованого використання мережних ресурсів, а також узгодженості між розв'язками

завдань маршрутизації, комутації, управління доступом та резервування ресурсів є використання для оптимізації обладнання IP-мереж технології віртуалізації мережевих пристроїв, які готують базис для радикальних змін у сфері надання мультимедійних послуг через мережу Internet. Віртуальні комутатори відкривають шлях новим сервісам Internet, які будуть ізольовані від трафіку інших сервісів мережі і забезпечать контроль над продуктивністю, адмініструванням адрес, засобами управління і мережевою безпекою. У зв'язку з цим тематика роботи, яка присвячена дослідженню віртуалізації мережевого пристрою з метою покращення якості обслуговування трафіку в мультисервісних мережах, є актуальною [7].

Мета статті — покращити часові показники якості обслуговування та гнучкості управління мережними ресурсами шляхом розробки методу декомпозиції структури мережевого пристрою з віртуалізацією ресурсів.

Розроблення методу декомпозиції структури мережного маршрутизатора на основі теорії систем та мереж масового обслуговування. У роботі запропоновано метод декомпозиції структури мережного маршрутизатора на основі теорії систем та мереж масового обслуговування, що дав змогу зменшити флуктуації часових параметрів обслуговування різних видів трафіку, які виникають через коливання їх інтенсивності із забезпеченням QoS. Мережевий пристрій з віртуалізацією згідно теорії систем масового обслуговування (СМО) можна зобразити за допомогою каскадного включення буферної пам'яті, обслуговуючих пристроїв та менеджера ресурсів (гіпервізора) (рис. 1а). Втрати продуктивності на обслуговування гіпервізора є невисокі, проте необхідно врахувати вплив віртуалізації на продуктивність системи в залежності від використовуваної технології віртуалізації в процесі проектування корпоративних мереж. Відповідно на відміну від відомих у роботі здійснено удосконалення, а саме запропоновано використати коефіцієнт впливу віртуалізації на продуктивність системи - κ . 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. Провівши декомпозицію моделі маршрутизатора з віртуалізацією (рис. 1б) для одного типу трафіку отримаємо спрощену односерверну модель.

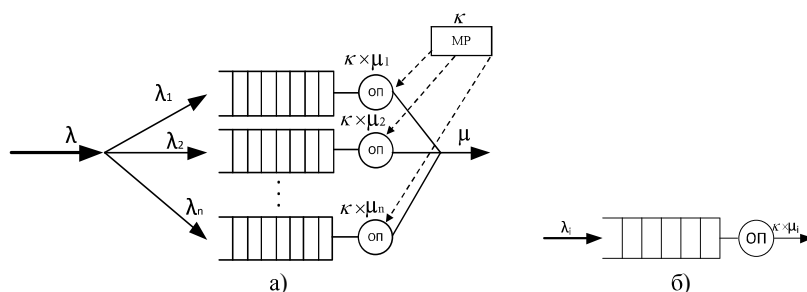


Рис. 1. Модель мережевого пристрою з віртуалізацією (а) та модель віртуального маршрутизатора (б)

Для опису такої моделі можна використати довільну систему масового обслуговування [28]. Для прикладу використаємо систему M/M/1/n, де на вхід поступають виклики з пуассонівським законом розподілу, при об'єднанні яких утворюється мультисервісний агрегований потік. Отже, для запропонованої системи M/M/1/n ймовірність втрат в i -му віртуальному маршрутизаторі визначається:

$$P_{em_i} = \frac{\left(1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}\right) \cdot \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}^{n_i}}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}}, \quad (1)$$

де λ_i – інтенсивність поступлення пакетів i -го потоку i -го віртуального маршрутизатора ;

μ_i – інтенсивність обслуговування пакетів i -го потоку i -го віртуального маршрутизатора;

n_i – кількість місць в буфері i -го віртуального маршрутизатора .

Середня кількість пакетів в буфері i -го віртуального маршрутизатора:

$$\bar{N}_i = \frac{\frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}} - \frac{(1 + n_i) \cdot \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}^{n_i+1}}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}}, \quad (2)$$

Відповідно середній час перебування пакета в i -му віртуальному маршрутизаторі можна визначити на основі формули Літтла:

$$\bar{T}_i = \frac{\bar{N}_i}{\lambda_i}. \quad (3)$$

$$\bar{T}_i = \left(\frac{\frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}} - \frac{(1 + n_i) \cdot \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}^{n_i+1}}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa}} \right) \cdot \frac{\kappa}{\lambda_i}. \quad (4)$$

У роботі вперше запропоновано використати формулу Норосса для оцінки кількості пакетів i -го потоку в буфері i -го віртуального маршрутизатора, де кожен потік характеризується своїми властивостями та власним параметром Херста:

$$N_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \right)^{\frac{H_i - 0.5}{1 - H_i}}}{\left(1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \right)^{\frac{H_i}{1 - H_i}}}, \quad (5)$$

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:

$$Q_i = N_i \cdot L_{cp,i}, \quad (6)$$

де $L_{cp,i}$ – середня довжина пакету.

Дослідження процесу декомпозиції фізичної топології мультисервісної мережі на віртуальні моносервісні на основі розробленого методу. Отже, завдання планування ресурсів зводиться до вибору параметрів структурно-функціональної моделі вузла обслуговування, які забезпечують дотримання необхідних параметрів якості обслуговування для інформаційних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж. Служби, що використовують віртуальні магістральні маршрутизатори, дають змогу клієнтові, без особливих витрат, встановити контроль над приватною магістральною мережею і забезпечити її безпеку, а також організувати із мультисервісної мережі віртуальні моносервісні мережі (рис.2.). При такій організації мультисервісних мереж спрощується задача визначення моделі вхідного трафіку, які без декомпозиції використовували складні властивості самоподібності.

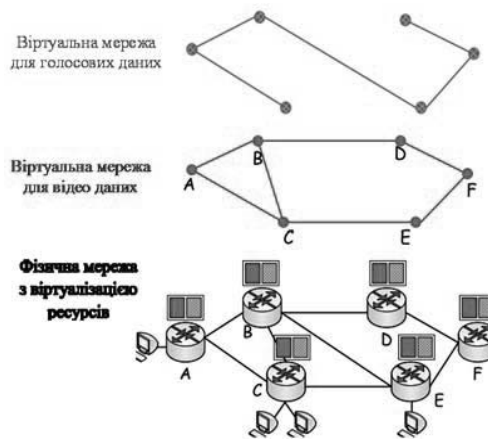


Рис. 2. Мережева віртуалізація з декомпозицією на моносервісні мережі

У роботі запропоновано удосконалити формулу Норосса для визначення середньої кількості пакетів певної послуги у буфері віртуального маршрутизатора. Запропоновано формулу визначення тривалості затримки пакетів послуги i -го віртуального мережного пристрою на всьому шляху передавання від джерела до адресата (7) та формулу визначення кількості віртуальних вузлів для забезпечення QoS (8).

$$t_i = \sum_{k=1}^M \tau_{ik} + \sum_{j=1}^N \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \right)^{\frac{H_i-0.5}{1-H_i}}}{\left(1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \right)^{\frac{H_i}{1-H_i}}} \cdot \frac{L_{cp_i} \cdot 8}{C_j}, \quad (7)$$

$$N_{вузлів} = \frac{T_{допустиме_i}}{\frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \right)^{\frac{H_i-0.5}{1-H_i}}}{\left(1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i \cdot \kappa} \right)^{\frac{H_i}{1-H_i}}} \cdot \frac{L_{cp_i} \cdot 8}{C_j}}, \quad (8)$$

де: M – загальне число каналів зв'язку між двома абонентами сервісу;

τ_{ik} – величина часу затримки розповсюдження пакету послуги i -го пріоритету по k -каналу зв'язку i -го віртуального маршрутизатора;

N – загальне число мережевих пристроїв з віртуалізацією ресурсів розміщених між двома абонентами сервісу;

C_j - пропускна здатність j каналу.

Дослідження тривалості затримки послуги i -го віртуального маршрутизатора на всьому шляху передавання від джерела до адресата здійснювалось на основі моделі мережі показаної на рис. 3 із використанням запропонованої формули 7. та ефективності її використання порівняно із відомою формулою Норрса, яка не враховує середню кількість пакетів. Величину тривалості затримки розповсюдження пакету послуги i -го пріоритету по k -каналу зв'язку взято для всіх однаковою $\tau_{ik} = 1$ мс виходячи з того, що випадковим процесом часу затримки є тривалість буферизації пакетів у вузлах, який важко прогнозувати за рахунок впливу багатьох чинників, особливо при складних алгоритмах обробки черг, що використовують пріоритети.

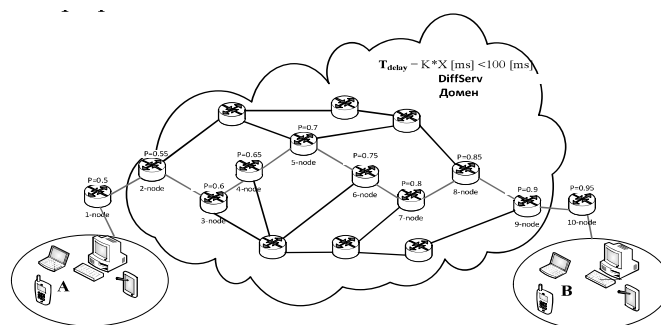


Рис. 3. Модель досліджуваної віртуалізованої мережі прогнозування тривалості затримки

Як бачимо з рис. 3 модель побудована так, щоб під час проходження пакету від джерела до адресата врахувати різні випадки коефіцієнтів завантаження

віртуальних вузлів при яких виникають черги із різними віртуальними зонами завантаження буферного ресурсу. Прогнозування здійснювалось для трафіку створюваного трьома групами користувачів, які користуються різними послугами в різному обсязі. Для кожної із групи показано графіки прогнозування часів затримок послуг і-го віртуального маршрутизатора.

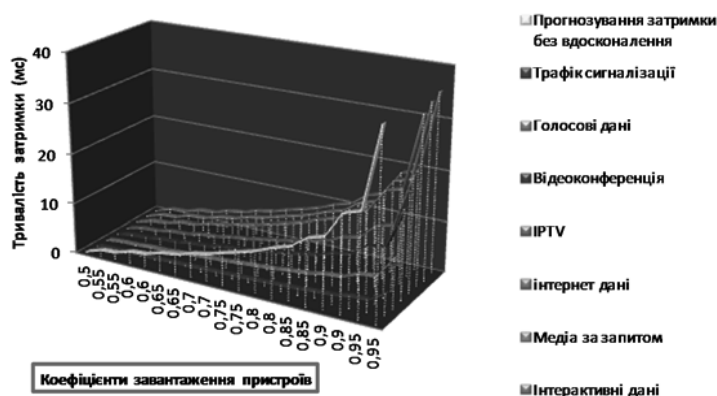


Рис. 4. Прогнозування тривалості затримок пакетів послуг і-го віртуального маршрутизатора дослідженої мережі для домашніх користувачів

Із рис.5 бачимо ефективність використання запропонованої формули (7), яка визначає тривалість затримки пакетів послуг і-го віртуального маршрутизатора на всьому шляху передавання від джерела до адресата. Порівняно із результатами прогнозування тривалості затримки пакетів визначених за формулою коли ми не знаємо кількість пакетів і-ї послуги, які перебувають у буфері. А саме за формулою відомою – $t_i = 36.1$ мс, а за формулою удосконаленою – $t_i = 9.8$ мс. Як бачимо ефективність прогнозування тривалості затримки пакетів голосу підвищилась у 3.6 рази трафіку створюваного групою домашніх користувачів. З рис. 5 визначено ефективності прогнозування тривалості затримки пакетів всіх послуг, що передаються у мережі групою домашніх користувачів, які показано в табл. 1, де k – коефіцієнт підвищення ефективності прогнозування тривалості затримки пакетів послуг.

Таблиця 1

Ефективність прогнозування тривалості затримки пакетів послуг запропонованої формули

| Послуга | К |
|-------------------|-------------|
| Голосові дані | 3,656941813 |
| Відеоконференція | 2,056688548 |
| IPTV | 1,589633977 |
| Інтернет дані | 1,093147158 |
| Медіа за запитом | 1,0520732 |
| Інтерактивні дані | 1,022597916 |

З рис. 5 визначено ефективності прогнозування тривалості затримки пакетів всіх послуг, що передаються групою офісних користувачі

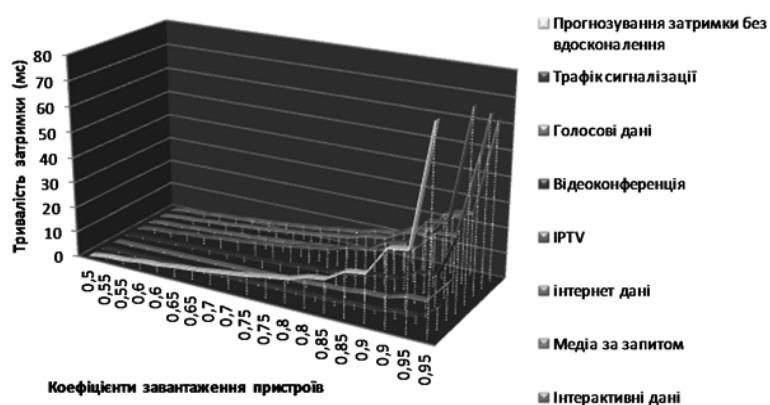


Рис. 5. Прогнозування тривалості затримок пакетів послуг і-го віртуального маршрутизатора дослідженої мережі для офісних користувачів

Таблиця 2

Ефективність прогнозування тривалості затримки пакетів послуг запропонованої формули

| Послуга | К |
|-------------------|-------------|
| Голосові дані | 5,242391304 |
| Відеоконференція | 2,492031981 |
| IPTV | 1,048893775 |
| Інтернет дані | 1,419830823 |
| Медіа за запитом | 1,159452151 |
| Інтерактивні дані | 1,247084569 |

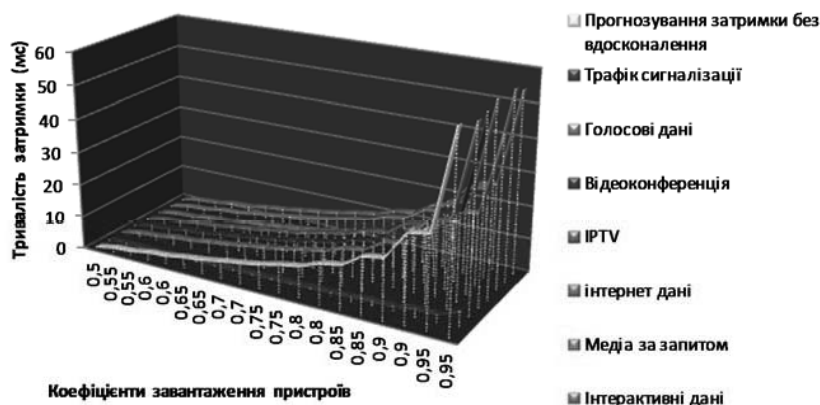


Рис. 6. Прогнозування часів затримок послуг і-го пріоритету дослідженої мережі для центру обробки даних

З рис. 6 визначено ефективності прогнозування тривалості затримки пакетів всіх послуг, що передаються у мережі групою центрів обробки даних, які показано в таблиці 3, де k – коефіцієнт підвищення ефективності прогнозування тривалості затримки пакетів послуг. Як бачимо отримані результати прогнозування тривалості затримки пакетів послуг співпадають із результатами не вдосконаленої формули, це можна пояснити тим, що користувачам центрів обробки даних не є важливими послуги голосу, тому вони оброблятимуться із гіршою якістю за рахунок поміщення пакетів у зону віртуального буфера призначеного для обслуговування центрів обробки даних. Такий підхід можна використати на етапі проектування, а також для підвищення ефективності функціонування реальної корпоративної мережі.

Таблиця 3

Ефективність прогнозування тривалості затримки пакетів послуг запропонованої формули

| Послуга | К |
|-------------------|-------------|
| Голосові дані | 1,044663908 |
| Відеоконференція | 1,0301216 |
| IP TV | 1,005460956 |
| Інтернет дані | 1,253073463 |
| Медіа за запитом | 1,017641898 |
| Інтерактивні дані | 1,05376165 |

З рис. 7–9 визначено, прогнозування кількості віртуальних вузлів в мережі, яка забезпечує QoS при різних значеннях середнього коефіцієнта завантаження мережі для трьох груп користувачів. Та показано ефективність прогнозування із застосування вдосконаленої формули для послуг реального часу.

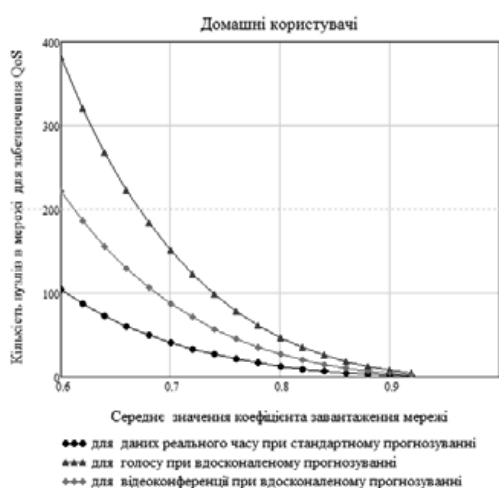


Рис. 7. Прогнозування кількості віртуальних вузлів в мережі, яка забезпечує QoS для групи домашніх користувачів

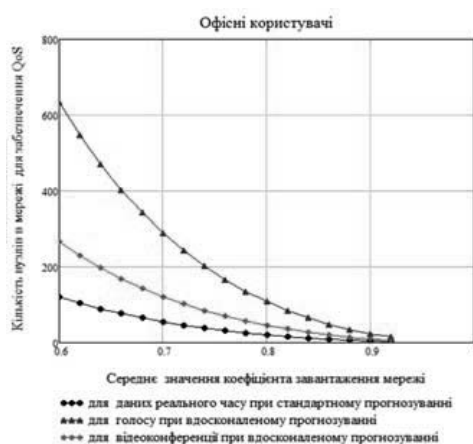


Рис. 8. Прогнозування кількості віртуальних вузлів в мережі, яка забезпечує QoS для групи офісних користувачів

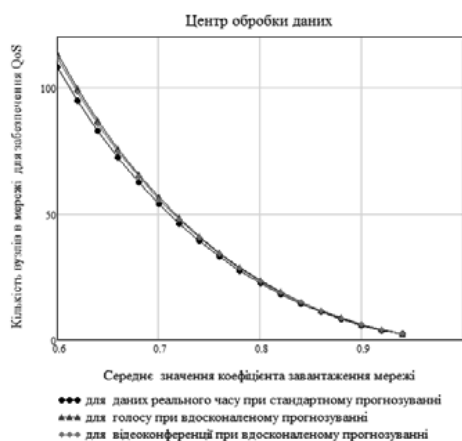


Рис. 9. Прогнозування кількості віртуальних вузлів в мережі, яка забезпечує QoS для групи центри обробки даних

З графіків бачимо переваги використання запропонованих формул які дають змогу ефективніше управляти мережевими ресурсами, із забезпеченням необхідної якості обслуговування абонентів. А також дозволяє отримати результати з вищою точністю (табл.1 –3), загальної тривалості буферизації пакетів певного сервісу при проходженні через віртуальні вузли із різним коефіцієнтом завантаження на етапі проектування та прогнозуванням кількості вузлів в мережі, яка забезпечує QoS для даних реального часу створюваними різними групами користувачів.

Висновки. Запропоновано математичну модель мережевого пристрою з віртуальними маршрутизаторами. За допомогою даного математичного представлення розроблено метод декомпозиції структури вузла, що дає змогу визначити основні параметри системи віртуальних черг, що базуються на алгоритмі FIFO

з метою проведення аналізу ефективності використання мережних ресурсів, а також визначення параметрів якості обслуговування потоків трафіку сервісів, що надаються, для заданої інтенсивності надходження пакетів на вхідний інтерфейс мережного елементу. Запропоновано підхід щодо прогнозування тривалості затримки пакетів послуги і-го віртуального маршрутизатора на основі якого можна отримати результати з вищою достовірністю, загального часу буферизації пакетів певного сервісу при проходженні через віртуальні вузли із різним коефіцієнтом завантаження на етапі проектування для різних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж. А також розраховано максимальну кількість транзитних вузлів, яка може бути встановлена для якісного надання мультисервісних послуг. Для голосових даних прогнозована допустима кількість транзитних вузлів збільшилась у 3.6 разів після застосування віртуалізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. X. Liu, D. Medhi, «Optimally Selecting Standby Virtual Routers for Node Failures in a Virtual Network Environment», IEEE Transactions on Network and Service Management, no. 99, pp. 1-1, 2017.
2. Beshley M.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.76-88.
3. Бешлей М.І. Розвиток методів передавання даних реального часу шляхом вдосконалення процесів пріоритизації потоків у маршрутизаторах / М.І. Бешлей, В.В. Червенець, І.В. Демидов, В.І. Романчук, О.М. Панченко // Системи озброєння і військова техніка: наук. журнал - X: Харк. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. 2016. –№5(142) – С. 114-123.
4. M. Beshley, V. Romanchuk, V. Chervenets, A. Masiuk, «Ensuring the quality of service flows in multiservice infrastructure based on network node virtualization», 2016 International Conference Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo), pp. 1-3, 2016.
5. M. Klymash, M. Beshley and B. Stryhaluk, «System for increasing quality of service of multimedia data in convergent networks,» 2014 First International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, Kharkov, 2014, pp. 63-66.
6. M. Beshley, V. Romanchuk, M. Seliuchenko and A. Masiuk, «Investigation the modified priority queuing method based on virtualized network test bed,» The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, Lviv, 2015, pp. 1-4.
7. M. Klymash, V. Romanchuk, M. Beshley, A. Polishuk, «Investigation and Simulation of System for Data Flow Processing in Multiservice Nodes Using Virtualization Mechanisms», 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), pp. 989-993, 2017.

REFERENCES

1. X. Liu, D. Medhi, «Optimally Selecting Standby Virtual Routers for Node Failures in a Virtual Network Environment», IEEE Transactions on Network and Service Management, no. 99, pp. 1-1, 2017.

2. Beshley M.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.76-88.
3. Beshley M. Development of real-time data transmission methods by improving streaming prioritization processes in routers / M. I Beshley, V.V Chervenets, I. V Demidov, V.I Romanchuk, O.M. Panchenko // Systems of Arms and Military Equipment: Sciences. magazine - X: Hark. Unitary Air. Forces them Ivan Kozhedub. - 2016.-№5 (142) – P. 114-123.
4. M. Beshley, V. Romanchuk, V. Chervenets, A. Masiuk, «Ensuring the quality of service flows in multiservice infrastructure based on network node virtualization», 2016 International Conference Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo), pp. 1-3, 2016.
5. M. Klymash, M. Beshley and B. Stryhaluk, «System for increasing quality of service of multimedia data in convergent networks,» 2014 First International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, Kharkov, 2014, pp. 63-66.
6. M. Beshley, V. Romanchuk, M. Seliuchenko and A. Masiuk, «Investigation the modified priority queuing method based on virtualized network test bed,» The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, Lviv, 2015, pp. 1-4.
7. M. Klymash, V. Romanchuk, M. Beshley, A. Polishuk, «Investigation and Simulation of System for Data Flow Processing in Multiservice Nodes Using Virtualization Mechanisms», 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), pp. 989-993, 2017.

METHOD OF DECOMPOSITION OF NETWORK DEVICE STRUCTURE WITH VIRTUALIZATION OF RESOURCES

M. M. Klymash., M.I Beshley., Y.L Deschynskyy., O.M. Panchenko

*Lviv Polytechnic National University,
S. Bandery Str., 12, Lviv, 79013, Ukraine
mklmash@lp.edu.ua*

A new approach to the construction of multiservice infrastructure with virtualization of network devices is proposed. A multiservice network with virtualization is a network in which on one or several network devices the mode of work with virtualization is used. Virtualization of a network device involves the creation of two or more virtual network machines that perform the functions of a switch or router with individual service streams. The method of decomposing the structure of a network device with virtualization of resources is developed. This method will provide an efficient allocation between different network streams and allow you to improve the quality of real-time streaming services, providing a guaranteed level of QoS services that are loss-sensitive and delay-insensitive in a multiservice infrastructure.

Keywords: *QoS parameters, virtualization, switch, network resources, multi-service network.*

Стаття надійшла до редакції 22.02.2018

Received 22.02.2018

information from reading of laser acoustic intelligence systems has been carried out, as well as the study of the spectral characteristics of deposited films in the range of waves from 300 to 1500 nm. The spectra of films for different types of glass have been shown.

Novelty. As a result of studies of the spectral characteristics of the sprayed films, it has been established that protective films reduce the effectiveness of the laser intercepting means of speech information due to a sharp decrease in the power of the reflected signal. The high reflection coefficient of the visible light makes it unlikely (virtually impossible) to make the optical exploration of the premises, including control of information on the PC display screens through windows with glued films in the daytime.

Practical Significance. The development of specialized films is of interest for the protection of information from laser acoustic intelligence systems, and can also be used in the field of modern technologies for the protection of objects.

UDC 621.391

METHOD OF DECOMPOSITION OF NETWORK DEVICE STRUCTURE WITH VIRTUALIZATION OF RESOURCES

V.I.Romanchuk, M.I Beshley, A.M.Pryslupskiy, H.V.Beshley

*National University "Lviv Polytechnic" 12, S. Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine
mklimash@lp.edu.ua, romanchuk@lp.edu.ua*

Research Methodology. The method of adaptive structural-functional synthesis of the logical infrastructure of the corporate network has been suggested for ensuring the requirements to the network's performance, the efficiency of data delivery and the quality of customer service. In the course of research, the following theoretical principles such as the theory of mass service systems, the theory of optimization, the theory of telecommunication systems, the theory of hierarchical systems, mathematical and simulation modeling have been used.

Results. The reliability of the estimation of the admissible number of virtual nodes of the multiservice corporate network from 1.1 to 5.1 times has increased and the forecasting of the latency of service from end to end in conditions of fluctuation of heterogeneous traffic from 4 to 30%, depending on the target orientation of the network infrastructure.

Novelty. For the first time, the method of decomposing the structure of a network router has been suggested. This method is based on the structural and functional model of virtualization of its resources, which made it possible to reduce the fluctuations of the time parameters of service of different types of traffic that arise due to fluctuations in their intensity, maintain specified service quality parameters, and evaluate the efficiency of scalable network solutions of corporate class.

Practical Significance. The results of the work can be applied in the development of methods of adaptive management of resources in network devices for specialized multiservice telecommunication networks with high requirements for the efficiency and guarantee the exchange of information within the tendency to create networks of the new generation.

UDC 629.3.083

**SIGNAL SIMULATOR OF THE ELECTRONIC CONTROL BLOCK OF
ABS LABORATORY STAND ON THE BASIS OF OPEL VECTRA**

R.M. Modla¹, A.Г. Pavelchak¹, I.M. Kovala¹, V.M. Brytkovskiy¹,
O.M. Sorochinsky²

¹*National University "Lviv Polytechnic" 12, S. Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine,*

²*Ukrainian Academy of Printing 19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
roman.modla@ukr.net*

Research Methodology. Different methods of signal simulation of automobile electronic control units have been analyzed. Modeling an automobile ABS is to compile a car dynamic model, an algorithm for the antiblocking system for each wheel, the modeling of the executive part of ABS, and contact interaction of the road wheel with the road surface. When implementing the simulator of signals, the flat dynamics of a car wheel in the braking mode has been used. Simulation of ABS signals is done using the Simulink application in the MATLAB environment.

Results. In the work the simulator of sensor signals and actuators of the electronic antiblocking system of the laboratory stand on the basis of Opel Vectra A vehicle in the MATLAB environment has been developed. The simulator allows you to model different modes of operation and malfunction with subsequent diagnosis using automobile scanners.

Novelty. The novelty of the study is the new approach to the creation of a dynamic ABS vehicle model. The simulator provides a flexible system for forming the signals of sensors and actuators using the Simulink application in the MATLAB environment.

Practical Significance. The realized simulator is an integral part of the training stand on the basis of the Opel Vectra automobile and it is used in the educational process for the training of automobile electronics specialists at the Department of Computerized Automation Systems at National University "Lviv Polytechnic". The method can be used at service stations during repairing and diagnostics of ABS of a car.