

УДК 621.39

**Максимов В. В.**, к.т.н.; **Буркан Л. О.**, магістрантка  
(Національний технічний університет України «КПІ», ІТС, м. Київ. +380 (67) 224 08 84. lyudaburkan@gmail.com)

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ІЗ КІНЦЯ В КІНЕЦЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖЕВИХ ПОСЕРЕДНИКІВ**

**Максимов В. В., Буркан Л. О. Розробка та дослідження динамічного забезпечення якості обслуговування із кінця в кінець з використанням мережесередників.** Пошук ефективного рішення для забезпечення якості обслуговування із кінця в кінець, яке задовольнить обидві сторони, як операторів IP-мережі так і потреби своїх клієнтів, є реальною проблемою. Перспективним рішенням цієї проблеми є використання динамічного надання QoS в мультисервісних мережах. Динамічне забезпечення QoS може бути визначено як процедура, за якої QoS, що надається мережею, може бути ініційована або змінена миттєво або за вимогою програми або на підставі встановленої процедури, що описана у профілі сервісу. В даній роботі розглядається розроблена модель забезпечення динамічної якості обслуговування із кінця в кінець за допомогою використання мережесередників. Були побудовані та проаналізовані діаграми передачі повідомлень сигналізації при використанні запропонованої моделі.

**Ключові слова:** IP-мережа, QoS, IntServ, DiffServ, RSVP агрегування, мережесередник

**Максимов В. В., Буркан Л. А., Разработка и исследование динамического обеспечения качества обслуживания из конца в конец с использованием сетевых посредников.** Поиск эффективного решения для обеспечения качества обслуживания из конца в конец, которое удовлетворит обе стороны, как операторов IP-сети так и потребности своих клиентов, является реальной проблемой. Перспективным решением этой проблемы является использование динамического предоставления QoS в мультисервисных сетях. Динамическое обеспечение QoS может быть определено как процедура, при которой QoS, предоставляемое сетью, может быть инициировано или изменено мгновенно или по требованию программы или на основании установленной процедуры, которая описана в профиле сервиса. В данной работе рассматривается разработанная модель обеспечения динамического качества обслуживания из конца в конец за счет использования сетевых посредников. Были построены и проанализированы диаграммы передачи сообщений сигнализации при использовании предложенной модели.

**Ключевые слова:** IP-сеть, QoS, IntServ, DiffServ, RSVP агрегирование, сетевой посредник

**Maksymov V. V., Burkan L. O. Researching and development of end to end dynamic quality of service using network intermediaries.** Finding an effective solution for providing quality of service from end to end, which will satisfy both sides, IP-network operator and the needs of its customers is a real problem. A promising solution to this problem is to use dynamic provision of QoS in multiservice networks. Dynamic software QoS can be defined as a procedure in which QoS, provided by the network may be initiated or changed immediately or at the request of the program or on the basis of established procedures described in the profile service. In this paper was developed a model that provides dynamic end to end quality of service through using network intermediaries. Were constructed and analyzed charts with signaling messages using the proposed model.

**Keywords:** IP-network, QoS, IntServ, DiffServ, RSVP aggregation, network intermediaries.

**Вступ.** Для забезпечення відповідного QoS в мультисервісних мережах міжнародна організація IETF (Internet Engineering Task Force) визначила дві основні моделі: Integrated Services (IntServ) і Differentiated Services (DiffServ), а також можливе їх суміщене використання IntservDiffserv [1, 2]. Але данні моделі тільки частково забезпечують вимоги до якості обслуговування користувачів із кінця в кінець.

Аналіз показує, що найсуттєвіший недолік IntServ пов'язаний з масштабованістю протоколу RSVP [3...6], особливо у високошвидкісних магістральних мережах. RSVP проводить резервування тільки для одного інформаційного потоку [3, 4]. В результаті при наявності декількох одночасних запитів на резервування для мовних потоків, які поступають в одному напрямку, протокол RSVP буде виконувати свою процедуру для кожного потоку окремо, що означає дублювання розсилки та обробки службових повідомлень RSVP.

Використання ж механізму DiffServ не може гарантувати повну відповідність параметрів передачі відповідних класів обслуговування.

Метою даної статті є вдосконалення існуючого механізму суміщеної IntservDiffserv моделі використання RSVP агрегування та введенням нових мережевих елементів – мережевих посередників.

### **Використання мережевих посередників в запропонованій архітектурі.**

Мережевий посередник являє собою централізований об'єкт, який має достовірну інформацію про доступність ресурсів та мережеву топологію для управління доступом. У випадку, коли мережевий посередник використовується для отримання інформації про доступність ресурсів у DiffServ домені за допомогою прямих запитів до всіх граничних та центральних роутерів, це призведе до проблем з масштабованістю. Пропонується використовувати простий протокол керування мережею SNMP та керувати тільки граничними роутерами домена за допомогою мережевих посередників, які мають можливість посилати запити до всіх граничних роутерів для резервування необхідної кількості ресурсів або оновлення резервування. При використанні RSVP агрегування і наявності мережевих посередників граничні роутери не повинні зберігати статус агрегування, так як він вже буде міститися у мережевому посереднику. За аналогією з агрегуючим/деагрегуючим граничними роутерами доменів Intserv введемо поняття агрегуючого та деагрегуючого мережевих посередників, які будуть взаємодіяти з граничними роутерами цих доменів.

Кожен мережевий посередник повинен використовувати протокол RSVP агрегування, зберігати та управляти RSVP станами. Крім того він повинен контролювати доступність ресурсів та управління доступом до центральної частини домену, що досягається використанням протоколу управління навантаженням.

Запропонована модель являє собою підсистему, що забезпечує динамічну якість обслуговування із кінця в кінець в мультисервісних мережах з використанням агрегування RSVP потоків архітектури DiffServ. При цьому мережа повинна містити домен, в якому використовуються граничні та центральні роутери, мережевий посередник, який зберігає статус агрегування та виконує керування динамічним забезпеченням якості обслуговування використовуючи обраний протокол. Таким чином забезпечується можливість взаємодії з іншими механізмами QoS, що застосовуються в сусідніх доменах

На Рис. 1 зображена мережа, що побудована з використанням мережевих посередників. Граничний розтер R12 домену 1 Intserv взаємодіє з відправником, а граничний розтер R51 домену 5 Intserv з отримувачем. Домен 1 IntServ та домен 2 DiffServ взаємодіють з агрегуючим мережевим посередником МП(А), домен 5 IntServ та домен 4 DiffServ взаємодіють з деагрегуючим мережевим посередником МП(Д). RSVP агрегування передаються через МП(А), мережевий посередник МП та МП(Д). Керування ресурсами всередині DiffServ доменів здійснюються граничними роутерами цих доменів за допомогою протоколу управління навантаженням. Кожен мережевий посередник взаємодіє з граничними роутерами DiffServ доменів за допомогою SNMP протоколу, посылаючи запити до граничних роутерів для резервування необхідних ресурсів. Кожен граничний роутер за допомогою протоколу управління навантаженням резервує необхідні ресурси та повідомляє про їх кількість та успішність виконаної операції. Також він зберігає статус резервування внутрішнього DiffServ домену, який змінюється тільки у випадку, коли агрегуючий мережевий посередник надішле запит на зміну статусу або при зміні наявних ресурсів в DiffServ домені.

Функціонування протоколу управління навантаженням засновано на періодах оновлення. Деяка кількість ресурсів резервується на протязі періоду  $k$ , потім ці ресурси будуть використані доменом на протязі періоду  $k+1$ . Якщо ці ресурси все ще повинні бути використані на протязі періоду  $k+2$ , тоді це резервування повинне бути оновлено у періоді  $k+1$ . Пропонується використовувати мережевий посередник разом з граничним роутером для керування процедурою оновлення у DiffServ домені. Протягом кожного періоду граничний

роутер буде використовувати збережений на ньому стан про резервування ресурсів всередині домену для визначення кількості ресурсів кожного RSVP агрегування, що повинні бути оновлені протягом наступного періоду оновлення.

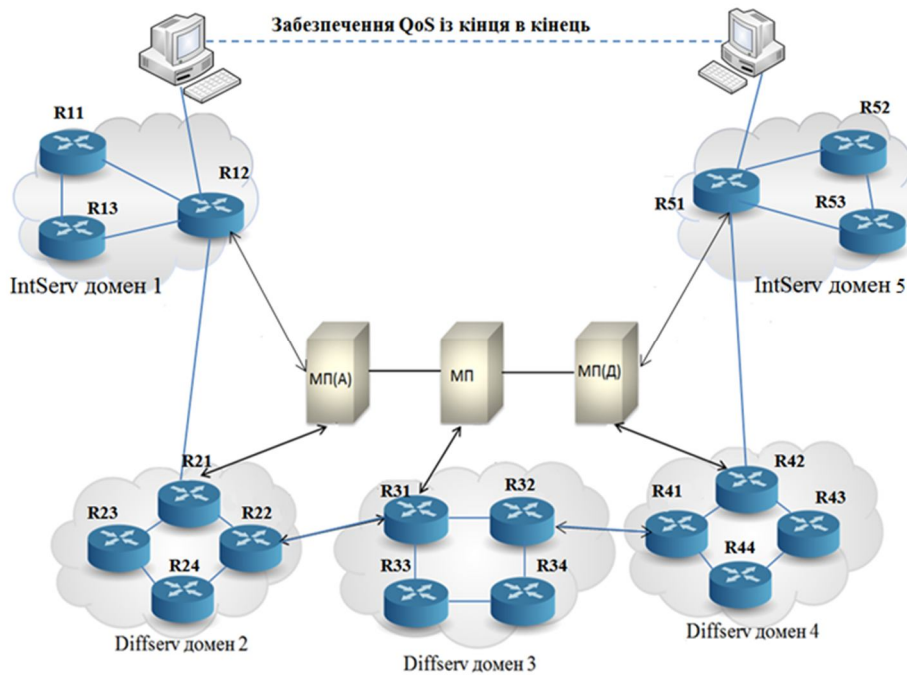


Рис. 1. Топологія мультисервісної мережі з використанням мережевих посередників

### Побудова діаграм послідовності передачі повідомлень сигналізації при використанні мережевих посередників.

Для аналізу запропонованого методу використання мережевих посередників при встановленні RSVP агрегування у мережі, а також контролю навантаження та динамічного забезпечення QoS, побудемо діаграми передачі повідомлень сигналізації при встановленні RSVP агрегування у випадку використання роутерів в якості агрегаторів/деагрегаторів та у випадку використання агрегуючих/деагрегуючих мережевих посередників.

Розраховано кількість службової інформації, що передається по мережі. Для встановлення з'єднання передаються повідомлення RSVP протоколу, SNMP протоколу та протоколу управління навантаженням.

### Розрахунок кількості інформації сигналізації при використанні роутерів у якості агрегаторів/деагрегаторів (Рис. 2).

У якості агрегатора обраний R21, деагрегатора R41, між ними знаходяться 4 проміжні роутери.

а) Загальна кількість службової інформації, що обробляється всіма елементами мережі:

$$V_{\text{сигн. заг. агр/деагр}} = (E2E \text{ Path} + E2E \text{ Path Err} + \text{Agg Path} + \text{Agg Resv} + \text{Agg Resv Confirm} + E2E \text{ Resv}) \times 3 \text{ Кбайт};$$

$$V_{\text{сигн. заг. агр/деагр}} = 18 \text{ Кбайт} = 144 \text{ Кбіт}.$$

б) Кількість інформації, що передаються через граничні роутери:

$$V_{\text{сигн. ГР. агр/деагр}} = (E2E \text{ Path} + E2E \text{ Path Err} + \text{Agg Path} + \text{Agg Resv} + \text{Agg Resv Confirm} + E2E \text{ Resv}) \times 3 \text{ Кбайт};$$

$$V_{\text{сигн. ГР. агр/деагр}} = 18 \text{ Кбайт} = 144 \text{ Кбіт}.$$

В даному випадку вся службова інформація, яка передається по мережі, буде передаватись та обробляється граничними роутерами.

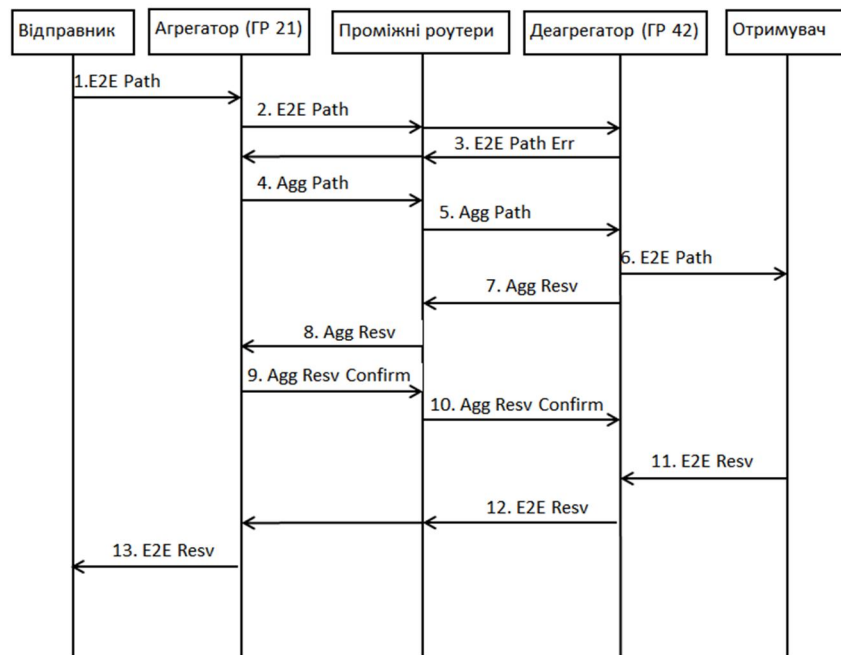


Рис. 2. Послідовність передачі повідомлень сигналізації при використанні роутерів у якості агрегаторів/деагрегаторів при встановленні E2E агрегування резервувань

**Розрахунок кількості інформації сигналізації при використанні мережевих посередників (Рис. 3).**

Повідомлення SNMP та протоколу управління навантаженням будуть передаватися в трьох доменах у вигляді запиту та відповіді.

а) Загальна кількість службової інформації, що обробляється всіма елементами мережі:

$$V_{\text{сигн.заг.МП}} = (E2E Path + E2E Path Err + Agg Path + Agg Resv + Agg Resv Confirm + E2E Resv) \times 3 \text{ Кбайт} + (4 + 2n) \times (\text{SNMP messages}) \times 41 \text{ байт} + (4 + 2n) \times (\text{LC messages}) \times 20 \text{ байт},$$

де  $n$  – кількість проміжних доменів;

$$V_{\text{сигн.заг.МП}} = 18,366 \text{ Кбайт} = 146,928 \text{ Кбіт}.$$

б) Кількість інформації, що передається через граничні роутери:

$$V_{\text{сигн.ГР.МП}} = (4 + 2n) \times (\text{SNMP messages}) \times 41 \text{ байт} + (4 + 2n) \times (\text{LC messages}) \times 20 \text{ байт},$$

де  $n$  – кількість проміжних доменів;

$$V_{\text{сигн.ГР.МП}} = 366 \text{ байт} = 2,928 \text{ Кбіт}.$$

При використанні мережевих посередників кількість службової інформації, що необхідно передати через мережу, збільшується на 2,928 Кбіт, але при цьому кількість службової інформації, що передається через граничні роутери значно зменшується.

**Розрахунок кількості службової інформації, що передається в мережі при використанні мережевих посередників у випадку зміни параметрів мережевого з'єднання в трьох Diffserv доменах (Рис. 4).**

$$V_{\text{сигн.змінне.МП}} = 3 \times (\text{SNMP Trap} + \text{SNMP Request} + \text{SNMP Reply} + \text{LC Request} + \text{LC Reply}),$$

$$V_{\text{сигн.змінне.МП}} = 3 \times (41 + 41 + 41 + 20 + 20) = 489 \text{ байт} = 3,9 \text{ Кбіт}.$$

При моделюванні роботи мережі без використання мережевих посередників в програмному забезпеченні OPNet були отримані данні, що роутери змогли передати тільки 970 Кбіт/сек з 1544 Кбіт/сек можливих, при цьому, через RSVP резервування передавалось тільки 195 Кбіт/сек.

Пропускна здатність, яка в будь-якому випадку повинна виділятися RSVP агрегуванню складає:  $V_{\text{RSVP\_aggr}} = 1544 \times 0.5 = 772 \text{ Кбіт/сек}.$

Зарезервована полоса пропускання, яка не використовувалася, склала  $(1544 \times 0.5 - 195) = 577 \text{ Кбіт/сек}.$

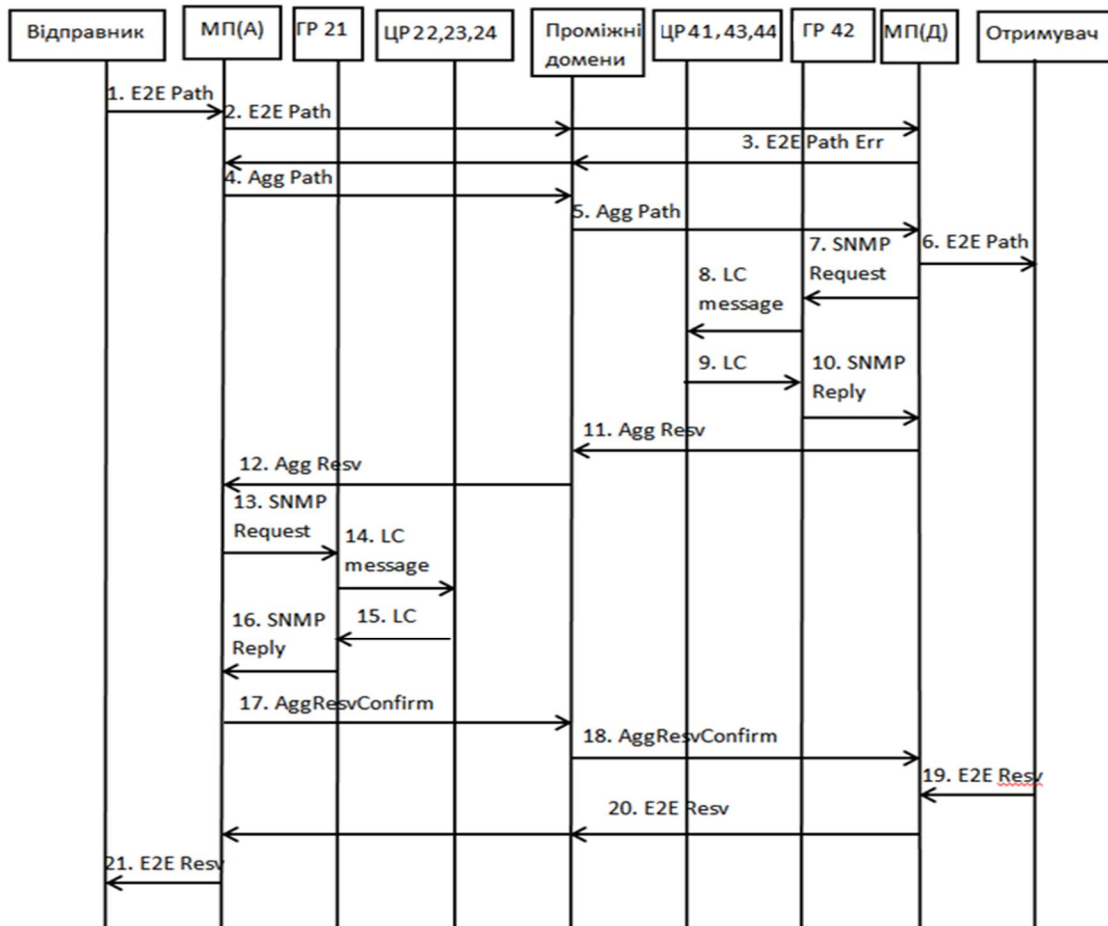


Рис. 3. Послідовність передачі повідомлень сигналізації при використанні мережесередників при встановленні E2E агрегування резервувань

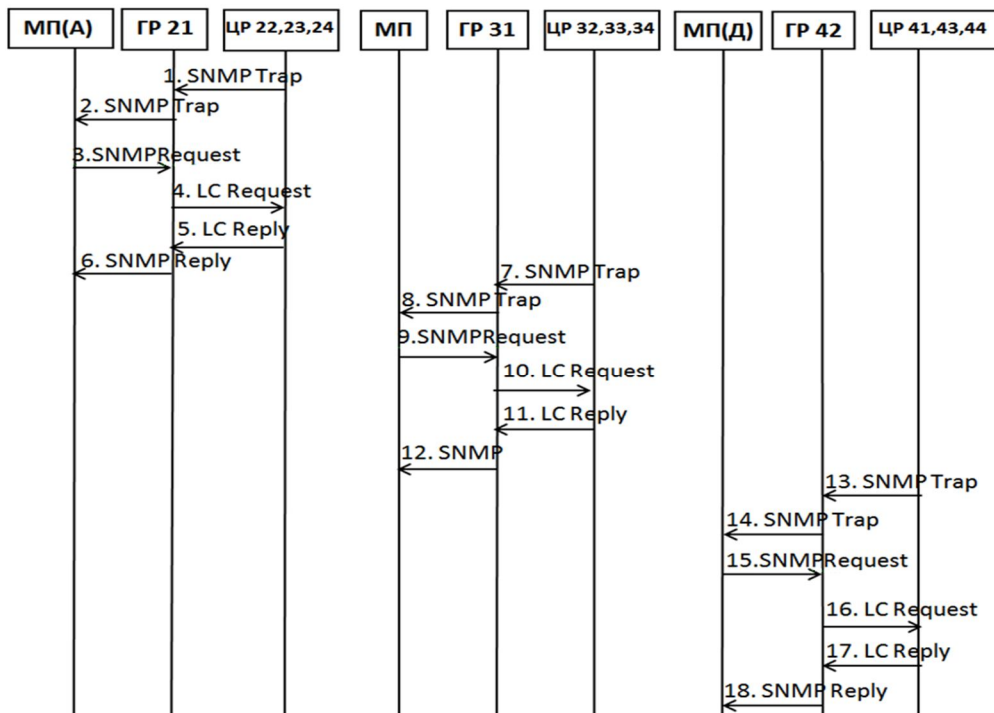


Рис. 4. Послідовність передачі повідомлень сигналізації при зміні параметрів мережного з'єднання

З використанням простого протоколу управління SNMP для моніторингу стану каналів, мережевий посередник приймає рішення про розширення незарезервованої полоси пропускання в даний момент часу, але при цьому залишаючи трафіку RSVP резервування надлишкових 15% від всієї пропускної здатності каналу (данне значення обирається провайдером послуг самостійно в залежності від характеристик мережі та навантаження від кінцевих користувачів). Отже, пропускна здатність, що може бути вивільнена з RSVP резервування при використанні мережевих посередників, дорівнює:

$$V_{\text{вивіл.резерв.}} = (1544 \times 0,5) - (1544 \times 0,15 + 195) = 345,4 \text{ Кбіт.}$$

Знаючи кількість службової інформації, що передається по мережі, та пропускну здатність з'єднання обчислимо коефіцієнт корисної передачі інформації за формулою

$$\text{ККП} = \frac{V_{\text{корис}}}{V_{\text{сигн}} + V_{\text{корис}}} \times 100\%.$$

а) При використанні роутерів у якості агрегаторів/деагрегаторів кількість корисної інформації, що передається роутерами мережі за 1 секунду дорівнює 970 Кбіт (значення отримано з результатів моделювання).

$$\text{ККП} = \frac{V_{\text{корис.агр/деагр}}}{V_{\text{каналу}}} = \frac{970}{1544} \times 100\% = 62,8\%.$$

б) При використанні мережевих посередників:

$$V_{\text{корис.МП}} = V_{\text{каналу.МП}} - V_{\text{сигн.заг.МП}} - V_{\text{вивіл.резерв.}} - V_{\text{сигн.змінне.МП}};$$

$$V_{\text{корис.МП}} = 1544 - 2,928 - 345,4 - 3,9 = 1191,772 \text{ Рбіт};$$

$$\text{ККП} = \frac{V_{\text{корис.МП}}}{V_{\text{каналу}}} = \frac{1191,772}{1544} \times 100\% = 77,2\%.$$

**Висновки.** Показано, що загальна кількість службової інформації при використанні мережевих посередників збільшується. В той же час, кількість корисної інформації, що передається через роутери збільшується.

При використанні мережевих посередників на мережі встановлені наступні переваги:

- збільшення передачі корисної інформації роутерами на 14,4%;
- зменшення навантаження на процесор та оперативну пам'ять роутерів завдяки зняття з них функцій обробки та контролю RSVP агрегувань;
- забезпечення моніторингу та динамічної зміни використання ресурсів завдяки використанню протоколу SNMP;
- забезпечення якості обслуговування із кінця в кінець з використанням RSVP агрегування.

Необхідно зазначити, що при оновленні стану RSVP агрегування всі повідомлення сигналізації також будуть проходити та оброблятися мережевими посередниками.

### Література

1. Листопад Н. И., Величкевич И. О. Обеспечение качества обслуживания [Електронний ресурс] // –Режим доступу: <http://masters.donntu.edu.ua/2012/fkita/filippova/library/article4.htm>
2. Кучерявый Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е. А. Кучерявый. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2004. – 385 с.
3. RFC 3175 «Aggregation of RSVP for IPv4 and IPv6 Reservations», 2001
4. F. Le Faucheur, B. Davie "Generic Aggregate Resource ReSerVation Protocol (RSVP Reservations)", May 2007.
5. Олифер В. Г. Новые технологии и оборудование IP- сетей / В. Г.Олифер, Н. А.Олифер. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2001 г. – 512 с.
6. Контроль показателей качества обслуживания с учетом перехода к сети связи следующего поколения [Б. С. Гольдштейн, М. А. Маршак, Е. Д. Мишин и др.] // Техника связи. – 2009. – № 1. – С.80-96.