

М.М. Климаш, О.А. Лаврів
Національний університет “Львівська політехніка”

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ QoS У МУЛЬТИСЕРВІСНІЙ ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ IP/MPLS

© Климаш М.М., Лаврів О.А., 2009

Сьогодні важливим завданням, що стосується побудови та управління мережами, є регулювання параметрів якості сервісу. Основною технологією для мереж наступного покоління є технологія пакетного передавання IP/MPLS та програмовані гнучкі комутатори Softswitch. Запропоновано алгоритм контролю параметрів якості обслуговування на основі ефективності протоколу канального рівня.

At present, monitoring of service quality parameters presents an important task for information networks engineering and operation. The key technology for new generation networks is based on package transportation technology IP/MPLS and program commutators Softswitch. Proposed is a checking algorithm for network quality service parameters based on the efficiency of data link layer protocol.

Вступ

З розвитком ринку телекомунікаційних послуг телефонний зв'язок стає одним із багатьох видів послуг, необхідних сучасній людині. Для збереження своєї конкурентоспроможності оператор змушений шукати нові методи надання таких послуг, оскільки кожна з них потребує зростання пропускної здатності мережі загалом, що є складним завданням з економічної точки зору, проте існує ще й більша проблема – проблема масовості технологій доступу, необхідних для різних категорій абонентів, та проблема їх сумісності і об'єднання транспортною мережею через зовсім різні принципи роботи [3, с. 293–301]. Запропоновано об'єднання усіх існуючих технологій доступу через єдину мультисервісну транспортну мережу на основі технології IP/MPLS (рис. 1). Суть такого підходу полягає у тому, що здійснюється надбудова технології IP/MPLS на існуючу мережу SDH/DWDM, що дає можливість створення віртуальних трактів і тунелів. В такий спосіб зберігаються переваги з управління трафіком, характерні для мереж з комутацією каналів під час переходу на пакетну комутацію. Завдяки такому підходу відбувається вивільнення ресурсів транспортної мережі, а також здешевлення телефонних розмов на місцевих мережах. Внаслідок зменшення завантаженості мережі забезпечується спрощене і прискорене введення нових видів послуг і міграція абонентів з єдиним терміналом різними мережами доступу.

MPLS працює на рівні, який можна було б розташувати між другим (канальним) і третім (мережевим) рівнями моделі OSI, тому його переважно називають протоколом другого з половиною рівня (2.5-рівень). Він був розроблений з метою забезпечення універсальної служби передавання даних як для клієнтів мереж з комутацією каналів, так і мереж з комутацією пакетів. За допомогою MPLS можна передавати трафік різного походження, такий як IP-пакети, ATM, SONET і кадри Ethernet.

Вихідні передумови

Сьогодні існують варіанти побудови архітектури мережі нового покоління [2, 3], однак вони не вирішують проблему забезпечення мультисервісності, не дають відповіді на питання реалізації єдиного сеансу зв'язку в межах рівня доступу до транспортної мережі.

В [1] розглядаються питання ефективної організації ефективних тунелів, однак не дається відповіді, як це дослідження може бути використане з метою оптимізації якості обслуговування абонентів.

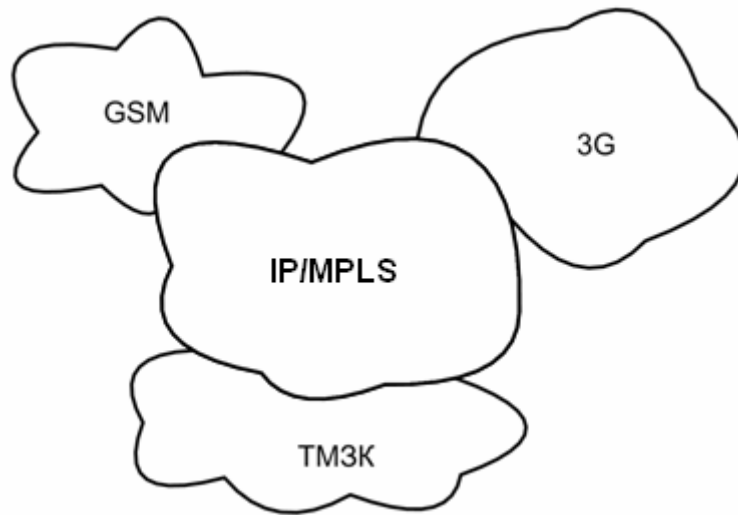


Рис. 1. Принцип побудови транспортної мережі

Мета роботи – запропонувати методику адаптації якості сервісу (QoS) згідно з вимогами конкретного виду сервісу та досліджено умови проведення такої адаптації, запропонувати новий підхід до оптимізації передачі даних через мережу IP/MPLS-SoftSwitch шляхом аналізу та розрахунку ефективності функціонування тунелів.

Архітектура мультисервісної транспортної мережі

Кожна з мереж доступу потребує власної транспортної мережі, навіть на рівні з'єднання контролера BSC з комутатором MSC [4, с. 203–208]. Ідея використання Softswitch і MG [2, с. 20–35] приводить до того, що до одного MG підключається декілька мереж доступу, як це показано на рис. 2, причому ці мережі обслуговують одну зону, але мають різне покриття. Абонент будь-якої з мереж може обслуговуватись за наявності покриття іншої мережі, підключеної до шлюзу.

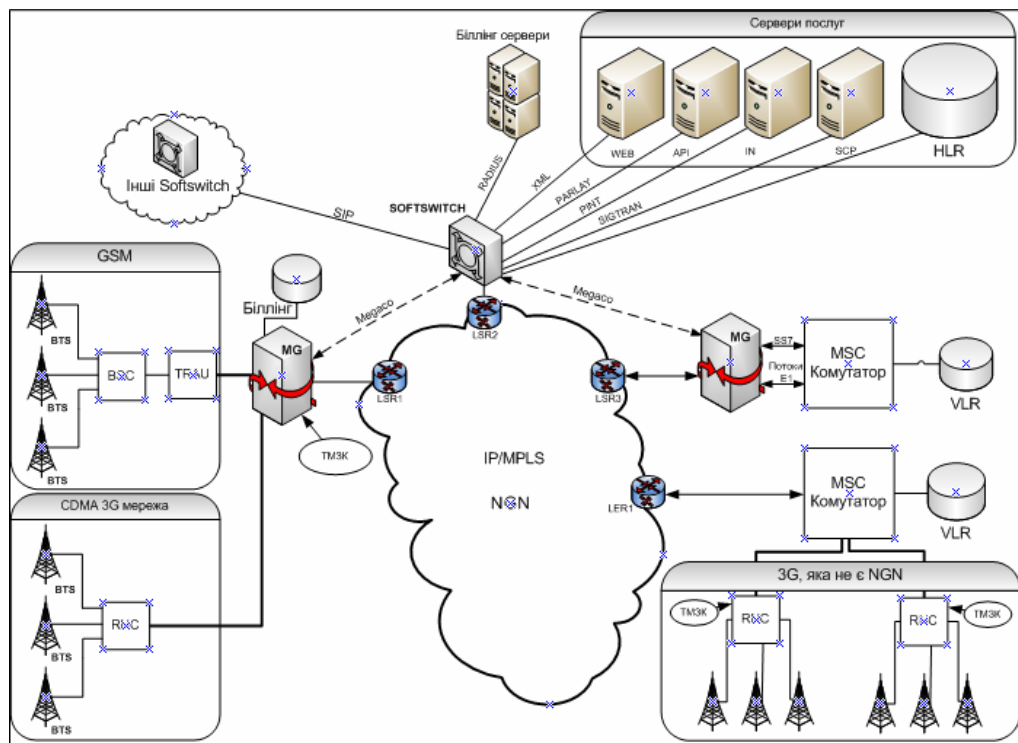


Рис. 2. Архітектура мультисервісної транспортної мережі

Універсальний шлюз доступу до мультисервісної транспортної мережі

Під час модернізації мережі згідно з описаною технологією постає питання інтерфейсу між різними системами доступу і транспортною мережею. Пропонується використовувати універсальний мультимедійний шлюз (рис. 3). MG – це універсальна програмована система, яка здатна об'єднати в собі усі наявні мережі доступу і перетворювати їхнє навантаження до трафіка, який поширюватиметься в мережі. Тобто MG виконує функцію проміжної ланки між будь-якими мережами доступу і транспортною мережею. Такий шлюз отримує дані після контролера, які можуть мати вигляд як IP-пакетів (для 3G мереж), так і стандартних потоків Еп (для 2G мереж). Ще однією перевагою використання MG є можливість підключення ТМЗК безпосередньо до шлюзу, що зменшує витрати на зв'язок зі стаціонарними терміналами.

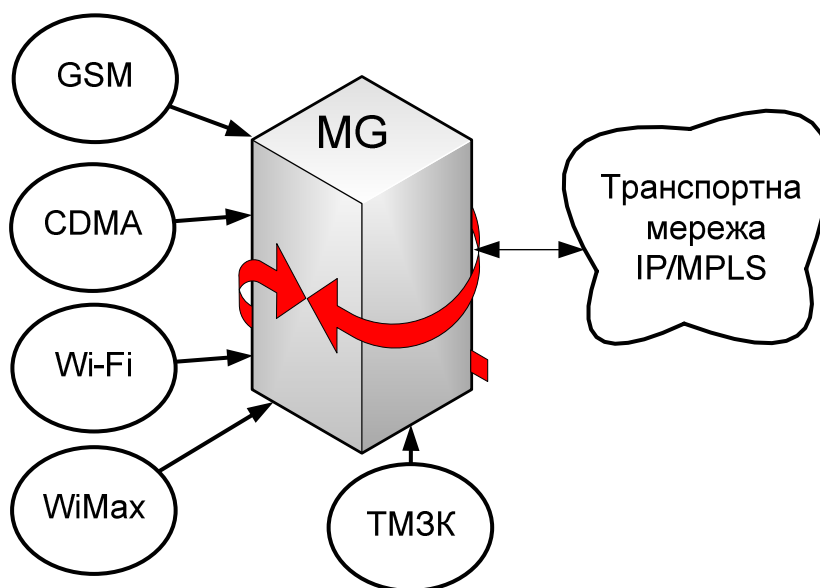


Рис. 3. Загальна схема доступу до мережі

Дослідження ефективності використання віртуальних тунелів

Математична модель ефекту тунелювання в MPLS являє собою систему масового обслуговування з послідовними чергами [1]. У роботі представлено результат обчислення часу перебування пакета в тунелі за великої кількості послідовних вузлів. Оцінюваними параметрами є середнє значення тривалості обслуговування без переривання (період зайнятості) і середнє значення тривалості перебування пакета в n -му вузлі. Пакети, що обслуговуються за період зайнятості (тобто безупинно, без звільнення), поєднуються в групу на виході вузла та називаються пачкою. Середня довжина такої пачки виражається кількістю пакетів. На вхід граничного вузла поступає пуассонівський потік повідомлень з інтенсивністю потоку заявок λ і середньою тривалістю обслуговування $1/\mu$. Вихідний потік заявок в системі М/М/М у стаціонарних умовах є також пуассонівським з тією ж інтенсивністю λ . Специфічна поведінка першого вузла ($n=1$) очевидна і пов'язана з тим, що повідомлення надходять безпосередньо, не проходячи через будь-який вузол. Перший вузол є вузлом доступу і тому ділянка між першим і другим вузлом є більш завантаженою, ніж наступні ділянки, аж до кінцевої. Другий вузол може розглядатися як реальне джерело пачок повідомлень. Складність поведінки пакетів в 2-му вузлі обумовлена двома явищами: зчепленням пачок, що виходять від першого вузла, і фрагментацією цих самих пачок.

Математичний аналіз цих двох явищ ефекту тунелювання дає змогу вивести формулу для обчислення тривалості перебування пакета в тунелі з N вузлів:

$$M1(N) = \ln \left[(N-2)! \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{N-2} \cdot \left[\frac{1.1\lambda}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \right]^2 \right] + N \cdot (1 + \gamma). \quad (1)$$

Продуктивність системи

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu},$$

де λ – інтенсивність надходження викликів; μ – інтенсивність обслуговування викликів; N – кількість вузлів; γ – стала Ейлера ($\gamma = 0.577$).

Формула (1) уможливує розрахувати доцільність організації тунелю в LSP для індивідуальних пар «вихідний вузол – вузол призначення» за заданої продуктивності мережі ρ і параметрів якості обслуговування. Розглянемо маршрут в MPLS-мережі, який складається з N вузлів і фізичних каналів передавання даних між ними. Маршрут відповідає трьом об'єктам: L_d (LSR-джерела), L_{pr} (LSR-призначення) і класу обслуговування трафіка, який визначається допустимим часом передавання. Нехай λ – це інтенсивність пуассонівського потоку запитів, а $1/\mu$ означає усереднене значення тривалості обслуговування повідомлень у вузлі. Відповідно $\rho = \lambda/\mu$ означає навантаження, яке обслуговується вузлом LSP-маршруту. Обслуговування цього навантаження вузлами, що входять у цей маршрут LSP, і є основною роботою мережі MPLS. У контексті поставленого завдання пошуку розв'язку про організацію LSP-тунелю для оцінки альтернативного варіанта сумарного часу $M2(N)$ перебування пакета в LSP без тунелю, допустимо використовувати формулу Ерланга, як адекватну оцінку, що дає змогу провести порівняння з $M1(N)$. Для дослідження ситуації відсутності LSP-тунелю вузол n , що передає пакети по LSP, доцільно описати за допомогою системи $M/M/1/k$ із швидкістю передавання $\mu_2 = \frac{\mu}{1 + \mu \cdot u}$ пакетів в

секунду і максимальною кількістю k пакетів, яку він може зберігати в своїй буферній пам'яті. Пакети у цій моделі є такими самими, що й за організації тунелю, а обмеження на кількість місць для очікування вибрано так, щоб умови у двох випадках були абсолютно однаковими.

Традиційні тунелі завжди проходять від одного кордону до іншого наскрізь через мережу, а MPLS-тунелі можуть створюватися усередині мережі для управління трафіком лише в частині мережі. Визначається тривалість $M2(N)$ перебування пакета в LSP-маршруті мережі MPLS з N вузлів (маршрутизаторів) без організації LSP-тунелю за формулою:

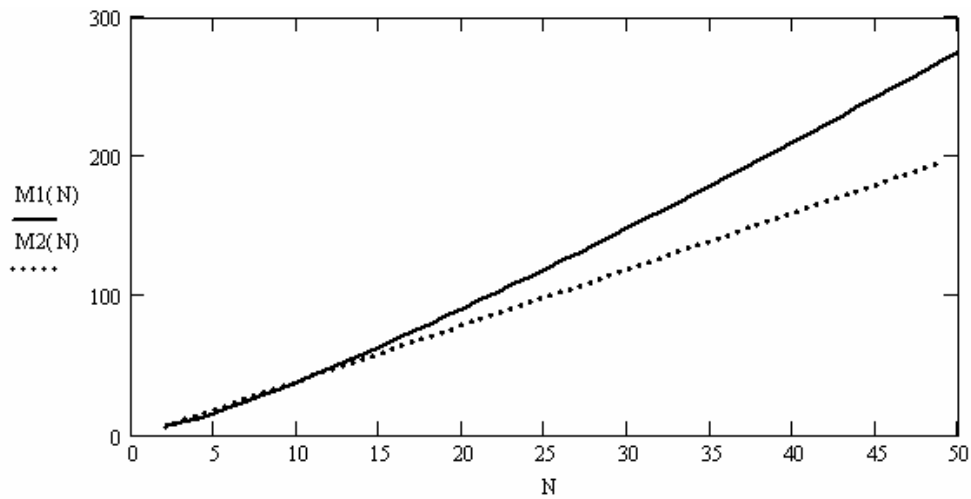
$$M2(N) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\frac{\mu}{1 + \mu \cdot u}} \cdot \frac{1 - \left(2 + n \cdot \frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot \left(\frac{\lambda}{n \cdot \mu} \right)^{\left(1 + n \cdot \frac{\lambda}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \right)} + \left(1 + n \cdot \frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot \left(\frac{\lambda}{n \cdot \mu} \right)^{\left(2 + n \cdot \frac{\lambda}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \right)}}{\left[1 - \left(\frac{\lambda}{n \cdot \mu} \right)^{\left(1 + n \cdot \frac{\lambda}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \right)} \right] \cdot \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right)}. \quad (2)$$

Маючи формули (1) і (2), проводимо обчислення за:

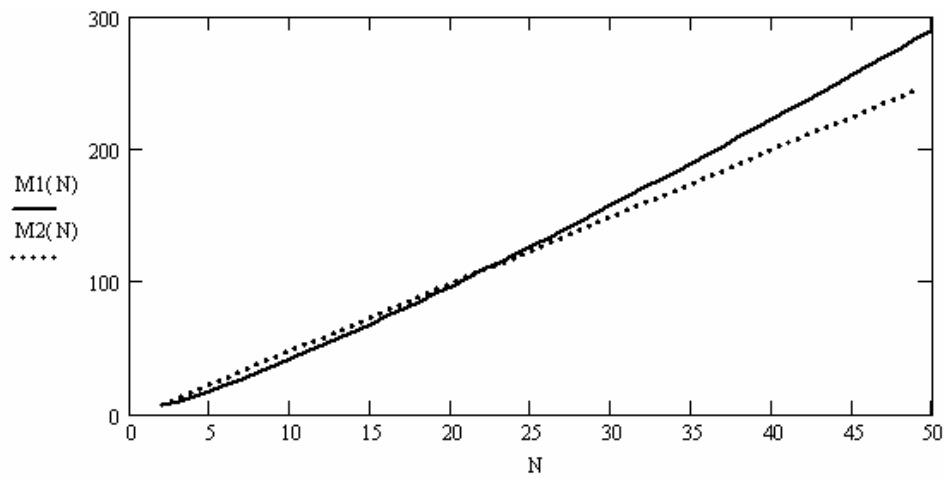
$N=2..50$

$u=1$

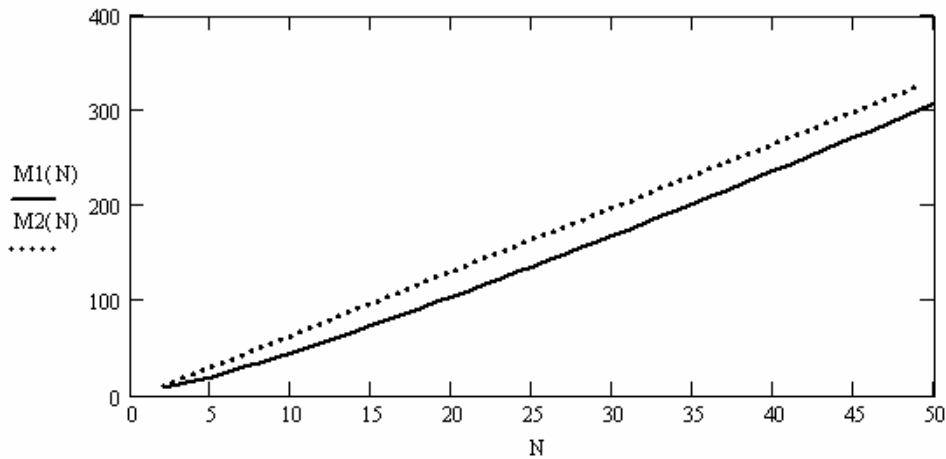
$\gamma = 0.577$



a)



б)



в)

Рис. 4. Ефективність використання MPLS-тунелів:
а – за $\rho=0,75$; б – за $\rho=0,8$; в – за $\rho=0,85$

На рис. 4, а, б, в бачимо, що за $\rho=0.75$ ефективна організація тунелю за $N \leq 13$, для $\rho=0.8$ за $N \leq 25$, а за $\rho=0.85$ ефективна організація тунелю в усьому LSP-маршруті, тобто за $N \leq 50$. В такий спосіб сформовано критерій ефективності організації тунелю в мережі MPLS. Запропоновано алгоритм визначення доцільності використання тунелів в мережі MPLS і розраховано конкретний числовий приклад мережі MPLS з $N=50$ вузлів (маршрутизаторів).

Алгоритм адаптивного регулювання довжини IP пакета згідно з вимогами QoS

Для дослідження новоствореної мережі застосуємо алгоритм, який би дав змогу оцінити ефективність її функціонування. Запропоновано алгоритм регулювання параметрів якості сервісу (QoS).

Регулювання параметрів якості сервісу здійснюється на основі змінної ефективності протоколу каналного рівня, яка залежить від розміру IP-пакета. Новизна такого алгоритму полягає в тому, що пропонується використання IP-пакетів змінної довжини як альтернативи використання технології ATM з метою регулювання потоку.

Для розрахунку пропускної здатності транспортної мережі використовувались статистичні дані розмов в мережі GSM населеного пункту. Загальна кількість абонентів, які обслуговуються, становить 70 тисяч, активними є 50 %, тобто 35 тисяч. Визначимо швидкість передавання інформації, для цього кількість наших абонентів помножимо на 16 кбіт/с:

$$c = N \cdot v = 35000 \cdot 16 = 560000 \text{ кбіт/с} = 560 \text{ Мбіт/с}$$

На основі цього розрахунку та з врахуванням навантаження від інших мереж для забезпечення такої пропускної здатності необхідно вибрати потік STM-16. Ефективність використання протоколу $\eta(l)$ визначатиметься як відношення корисного навантаження до загального навантаження. Це відношення змінюватиметься залежно від зміни довжини IP-пакета, оскільки за більшого розміру пакета кількість пакетів, що може поміститися в один контейнер, буде меншою, і відповідно зменшиться службове навантаження (менша кількість пакетів, тому менша кількість заголовків). Розмір IP-пакета змінюється від мінімального 1500 до максимально 8192 байт:

$$\eta(l) = \frac{0.9 \cdot n(l) \cdot l}{n(l) \cdot l + n(l) \cdot 40 + 9 \cdot 36}, \quad (3)$$

де l – довжина пакета; $n(l)$ – кількість пакетів.

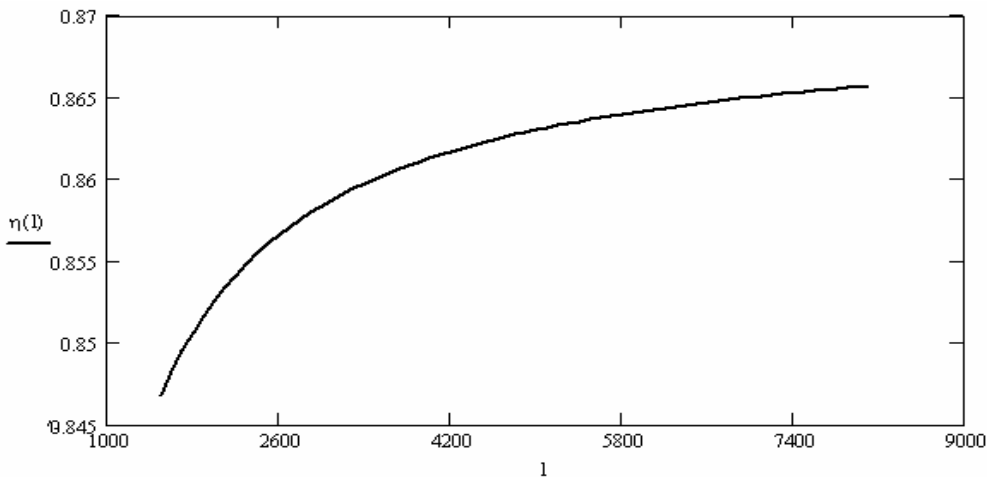


Рис. 5. Залежність ефективності протоколу від довжини пакета

З графіка на рис. 5 можна побачити, що чим більша довжина пакета l , тим більшою є ефективність протоколу каналного рівня і тим вищі параметри якості обслуговування можуть бути забезпечені мережею. Це пояснюється тим, що чим менша довжина пакета, тим більше пакетів можна помістити в один контейнер і відповідно за мінімального розміру пакета службове навантаження буде максимальним, оскільки будуть враховані заголовки усіх IP-пакетів, міток MPLS та службове навантаження контейнерів, а ефективність протоколу при цьому буде мінімальною.

Алгоритм адаптації QoS згідно з вимогами якості сервісу можна подати у вигляді блок-схеми:

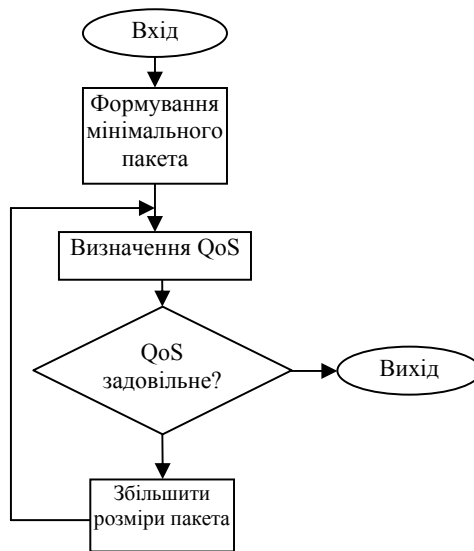


Рис. 6. Алгоритм адаптації QoS згідно з вимогами якості сервісу

Запропоновано алгоритм контролю параметрів якості сервісу в мережі, де в кожній конкретній точці на графіку (рис. 5) ефективності протоколу канального рівня ставиться у відповідність певний набір параметрів якості сервісу (тривалість затримки пакетів, джитер). Після замовчування встановлюється мінімальна довжина пакета. Проводиться розрахунок параметрів якості сервісу для встановленої довжини пакета. Якщо одержана якість сервісу є задовільною для надання певної послуги, то довжина пакета не змінюватиметься і передавання даних проводитиметься з відповідною якістю. У випадку, коли одержана якість сервісу не буде задовільною для надання послуги, то довжина пакета збільшуватиметься до такого значення, доки якість сервісу не стане задовільною.

У представленій мережі формування пакетів і перевірка на задовільність QoS певній послугі здійснюватиметься граничний елемент транспортної мережі – мультимедійний шлюз (MG). Однак слід сказати, що для мереж наступного покоління цю функцію зможе виконувати термінальний апарат користувача. Це означає, що сам користувач зможе вибирати необхідну для себе якість сервісу на ділянці до граничного пристрою.

Висновки

Запропоновано концепцію побудови мультисервісної конвергентної транспортної мережі на основі технології IP/MPLS-SoftSwitch. Запропоновано методіку визначення умов ефективного використання віртуальних тунелів на основі аналізу часу перебування пакетів в мережі. Запропоновано алгоритм адаптації QoS згідно з вимогами якості сервісу на основі адаптивного регулювання довжини пакетів канального рівня.

У подальшому на розглянуту тематику перспективними є дослідження стосовно самоподібних властивостей трафіка мереж нового покоління з метою оптимізації існуючих та створення нових алгоритмів функціонування мережевих процесорів, які становлять основу активного мережевого обладнання.

1. Гольдштейн А.Б. Механізм ефективного тунелювання в мережі MPLS // «Вестник связи». – 2004. – № 2. – 12 с.
2. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Softswitch. ВНУ. – 2006. – 368 с.
3. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 399 с.
4. Климаш М.М., Пелішок В.О., Михайленіч П.М. Технології мобільного зв'язку. – Л: Вид-во НУ «Львівська політехніка». – 2008. – 615 с.