еталонний образ, який створено дизайнером, а на виході системи оператор отримує рекомендації про здійснення тих, чи інших управляючих дій.

1. *Джексон П.* введение в экспертные системы. М.; Вильямс, 2001.
2. *Тихонов В.П.* Специальные виды печати. М.: МПИ, 1991.
3. *Чехман Я.И., Сенкусь В.Т., Бирбраер Е.Г.* Печатные машины. М.: Книга, 1987.
4. *Piegat A.* Regulator rozmyty. Patent A1(21)3.15.399. Binletyn Patentowego. 1998, №3(629).
5. *Кузнецов Ю.В.* Основы подготовки иллюстраций к печати. Растрирование. М.: МГУП. «Мир книги», 1998.

Поступила 2.02.2009р.

УДК 621.395.74

М.М.Климаш, О.А.Лаврів, Ю.Д.Добуш
НУ «Львівська політехніка», кафедра телекомунікацій

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ І КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНІЙ МЕРЕЖІ IP/MPLS

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

Сучасній людині з кожним днем необхідна все більша кількість послуг, що з'являються на динамічному ринку інфокомунікацій. Для збереження своєї конкурентоздатності оператор змушений шукати нові методи надання таких послуг, оскільки кожна з них потребує росту пропускної здатності мережі в цілому, 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 Пропонується об'єднання всіх існуючих технологій доступу через єдину мультисервісну транспортну мережу на базі технології IP/MPLS.

MPLS працює на рівні, який можна було б розташувати між другим (канальним) і третім (мережевим) рівнями моделі OSI, тому його зазвичай називають протоколом другого з половиною рівня (2.5-рівень). Він був розроблений з метою забезпечення універсальної служби передачі даних як для клієнтів мереж з комутацією каналів, так і мереж з комутацією пакетів. За

 © М.М.Климаш, О.А.Лаврів, Ю.Д.Добуш

допомогою MPLS можна передавати трафік різного походження, такий як IP-пакети, ATM, SONET і кадри Ethernet.

Мета роботи:

- запропонувати методику адаптації якості сервісу (QoS) згідно вимог конкретного виду сервісу, та дослідити умови проведення такої адаптації;
- запропонувати новий підхід до оптимізації передачі даних через мережу IP/MPLS шляхом аналізу та розрахунку ефективності функціонування тунелів.

Мережа, що досліджується

Кожна з мереж доступу потребує власної транспортної мережі, навіть на рівні з'єднання контролера BSC з комутатором MSC. Ідея використання Softswitch і MG приводить до того, що до одного MG підключається декілька мереж доступу, як це показано на рис.1, причому дані мережі обслуговують одну зону, але мають різне покриття. Абонент будь-якої з мереж може обслуговуватись за наявності покриття іншої мережі, підключеної до шлюзу.

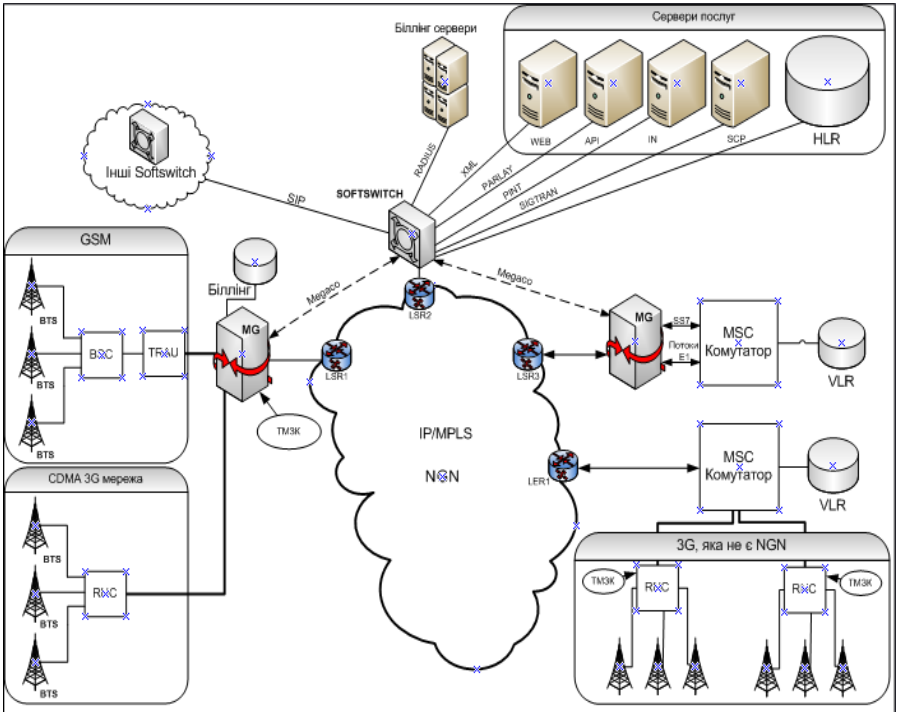


Рис.1. Архітектура мультисервісної транспортної мережі

Пристрій, що реалізує алгоритм контролю параметрів QoS

При модернізації мережі згідно описаної технології постає питання інтерфейсу між різними системами доступу і транспортною мережею. Пропонується використовувати універсальний мультимедійний шлюз. MG –

це універсальна програмована система, яка здатна об’єднати в собі всі наявні мережі доступу і перетворювати їхнє навантаження до трафіку, який буде поширюватися 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 En (для 2G мереж). Ще однією перевагою використання MG є можливість підключення ТМЗК безпосередньо до шлюзу, що зменшує витрати на зв'язок з стаціонарними терміналами.

Дослідження ефективності тунелювання в мультисервісній мережі MPLS.

Математична модель ефекту тунелювання в MPLS являє собою систему масового обслуговування з послідовними чергами. В роботі представлено результат обчислення часу перебування пакета в тунелі при великому числі послідовних вузлів. Оцінюваними параметрами є середній час обслуговування без переривання (період зайнятості) і середній час перебування пакета в n-ому вузлі.

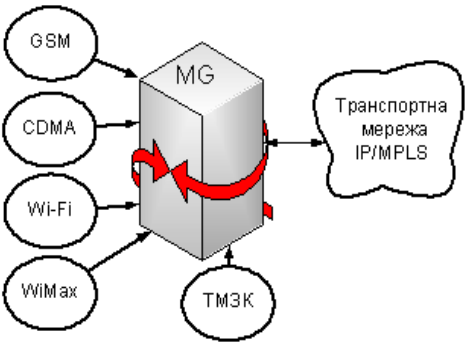


Рис.2. Загальна схема доступу до мережі

Пакети, що обслуговуються за період зайнятості (тобто безупинно, без звільнення) поєднуються в групу на виході вузла та називаються пачкою. Середня довжина такої пачки виражається числом пакетів. На вхід граничного вузла поступає пуассонівський потік повідомлень з інтенсивністю потоку заявок λ і середнім часом обслуговування $1/\mu$. Вихідний потік заявок в системі M/m/m в стаціонарних умовах є також пуассонівським з тією ж інтенсивністю λ. Специфічна поведінка першого вузла (n=1) очевидна і пов'язана з тим, що повідомлення поступають безпосередньо, не проходячи через який-небудь 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-ому вузлі обумовлена двома явищами: зчепленням пачок, витікаючих від першого вузла, і фрагментацією цих же пачок.

Математичний аналіз цих двох явищ ефекту тунелювання дозволяє вивести формулу для обчислення часу перебування пакету в тунелі з N вузлів.

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

Продуктивність системи $\rho=\frac{\lambda}{\mu}$, де λ - інтенсивність поступлення викликів, μ – інтенсивність обслуговування викликів, N – кількість вузлів, γ - постійна Ейлера ($\gamma = 0.577$).

Формула (1) дозволяє розрахувати доцільність організації тунелю в LSP для індивідуальних пар «вихідний вузол – вузол призначення» при заданій продуктивності мережі ρ і параметрів якості обслуговування. Розглянемо маршрут в MPLS мережі, який складається з N вузлів і фізичних каналів передачі даних між ними. Маршрут відповідає трьом об'єктам: Ld (LSR джерела), Lпр (LSR призначення) і класу обслуговування трафіку, який визначається допустимим часом передачі. Нехай λ це інтенсивність пуассонівського потоку запитів, а $1/\mu$ означає усереднений час обслуговування повідомлень у вузлі. Відповідно $\rho = \lambda/\mu$ означає навантаження, яке обслуговується вузлом LSP-маршруту. Обслуговування цього навантаження вузлами, що входять в даний маршрут LSP і є основною роботою мережі MPLS. У контексті поставленого завдання пошуку рішення про організацію LSP-тунелю для оцінки альтернативного варіанту сумарного часу M2(N) перебування пакету в LSP без тунелю допустимо використовувати формулу Ерланга, як адекватну оцінку, що дозволяє 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 передачі $\mu_2=\frac{\mu}{1+\mu*u}$ пакетів в секунду і максимальним числом k пакетів, яке він може зберігати в своїй буферній пам'яті. Пакети в цій моделі є такими ж самими, що і при організації тунелю, а обмеження на кількість місць для очікування вибране так, щоб умови у двох випадках були б абсолютно однакові.

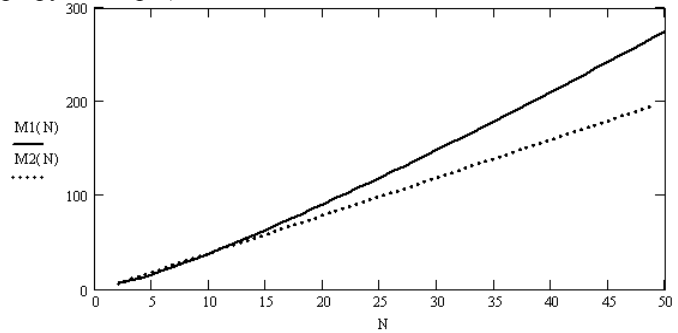
Традиційні тунелі завжди проходять від одного кордону до іншого наскрізь через мережу, а MPLS тунелі можуть створюватися усередині мережі для управління трафіком лише в частині мережі. Визначається час M2(N) перебування пакету в LSP-маршруті мережі MPLS з N вузлів (маршрутизаторів) без організації LSP- тунелю по формулі (2).

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

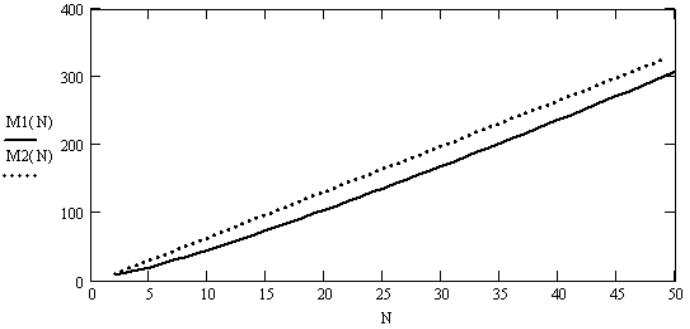
Маючи формули (1) і (2) проводимо обчислення при:

$$N=2..50;\ u=1;\ \gamma = 0.577\ .$$

На цих рисунках чітко видно, що при ρ=0.75 ефективна організація тунелю при N≤13, для ρ=0.8 при N≤25, а при ρ=0.85 ефективна організація тунелю у всьому LSP-маршруті, тобто при N≤50. Таким чином, сформовано критерій ефективності організації тунелю в мережі MPLS. Запропоновано алгоритм визначення доцільності використання тунелів в мережі MPLS і розрахований конкретний чисельний приклад мережі MPLS з N=50 вузлів(маршрутизаторів).



а)



б)

Рис.3 Ефективність використання MPLS тунелів:
а) при ρ=0.75 , б) при ρ=0.85

Алгоритм адаптації довжини IP пакету відповідно до необхідної якості обслуговування

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 ефективності протоколу канального рівня, яка залежить від розміру IP пакету. Новизна такого алгоритму заключається в тому, що пропонується використання IP пакетів змінної довжини, як альтернативи використання технології ATM з метою регулювання потоку.

Для розрахунку пропускної здатності 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 передачі 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 буде визначатися як відношення корисного навантаження до загального навантаження. Це відношення буде змінюватися в залежності від зміни довжини IP-пакету,оскільки при більшому розмірі пакету кількість пакетів,що може поміститися в один контейнер буде меншою і відповідно зменшиться службове навантаження(менша кількість пакетів, тому менша кількість заголовків). Розмір IP-пакету змінюється від мінімального 1500 байт до максимально 8192 байт.

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

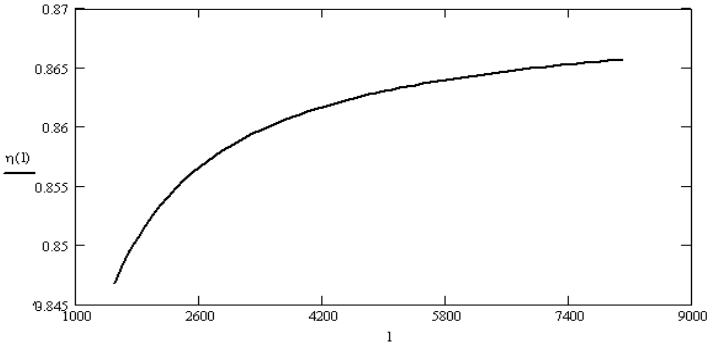


Рис.4. Залежність ефективності протоколу від довжини пакету

З графіка можна побачити, що чим більша довжина пакету, тим більшою є ефективність протоколу канального рівня і тим вищі параметри якості

обслуговування можуть бути забезпечені мережею. Це пояснюється тим,що чим менша довжина пакету, тим більше пакетів можна помістити в один контейнер і відповідно при мінімальному розмірі пакету службове навантаження буде максимальне, оскільки будуть враховані заголовки всіх IP-пакетів, міток MPLS та службове навантаження контейнерів, а ефективність протоколу при цьому буде мінімальною.

Алгоритм управління якістю сервісу можна представити у вигляді блок-схеми.

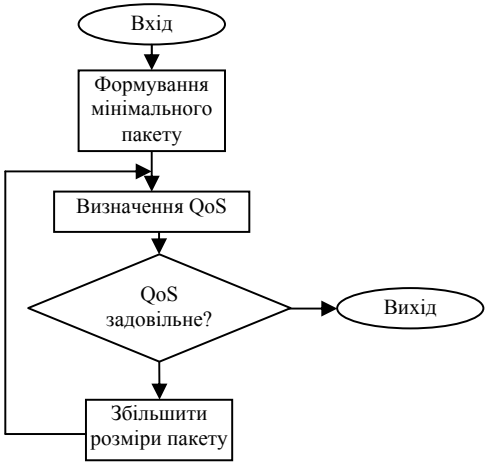


Рис.5. Алгоритм адаптації QoS згідно вимог якості сервісу

Запропоновано алгоритм контролю параметрів якості сервісу в мережі, де в кожній конкретній точці на графіку рис.4 ефективності протоколу канального рівня ставиться у відповідність певний набір параметрів якості сервісу (час затримки пакетів, джитер). По замовчуванню встановлюється мінімальна довжина пакету. Проводиться розрахунок параметрів якості сервісу для встановленої довжини пакету. Якщо одержана якість сервісу є задовільною для надання певної послуги,то довжина пакету не буде змінюватись і передача даних буде проводитись з відповідною якістю. У випадку, коли одержана якість сервісу не буде задовільною для надання послуги, то довжина пакету буде збільшуватись до такого значення, доки якість сервісу не стане задовільною.

Висновки

Запропоновано концепцію побудови мультисервісної конвергентної транспортної мережі на основі технології IP/MPLS-SoftSwitch. Досліджено умови ефективного використання віртуальних тунелів на основі аналізу часу перебування пакетів в мережі. Запропоновано алгоритм оцінювання та забезпечення якості сервісу (QoS) на основі адаптивного регулювання довжини пакетів канального рівня.

1. *Уайлі Дж.* Новітні безпровідні мережі. 4G технології. Уайлі: 2007. – 851 с.
2. *Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С.* Softswitch. BHV: 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., Михайленич П.М.* Технології мобільного зв'язку. Л.: Видавництво НУЛП: 2008. – 615 с.

Поступила 2.02.2009р.

УДК 621.3

О.В. Тимченко[1) 2)], д.т.н., професор
М.В.Заярнюк[2)], аспірант, Хазем Аль Сайдех[2)], аспірант

ОЦІНКА СТАТИСТИЧНИХ І ФРАКТАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОВНОГО ТРАФІКУ

Вступ

На ринку телекомунікаційних послуг мовні сервіси займають одне з лідируючих місць, і з кожним роком число користувачів подібних послуг зростає. Останнім часом спостерігається стрімкий розвиток телекомунікаційних систем (ТС) з пакетною комутацією, а також інтеграція мовних сервісів в IP-мережі. Особливості пакетної комутації диктують необхідність перегляду традиційних підходів до аналізу і синтезу ТС з використанням традиційної теорії телетрафіку і теорії масового обслуговування. При розгляді систем пакетної передачі мові виявляються нові особливості і характеристики якості обслуговування, яких позбавлена традиційна телефонія.

З'являються нові можливості, пов'язані, наприклад, з придушенням пауз (VAD – Voice Activity Detection) в мові і використанням мережевого ресурсу, що звільнився. Механізми VAD, реалізовані в більшості вироблюваного на сьогоднішній день телекомунікаційного устаткування для пакетних мереж з інтеграцією мовних сервісів, ще більше ускладнюють динаміку потоків мовного трафіку в ТС. Все це спричиняє за собою появу нових методик розрахунку, проектування і моделювання ТС з пакетною передачею мові.

Останні дослідження різних типів мережевого трафіку переконливо доводять, що мережевий трафік є самоподібним (*self-similar*) або

[1] Akademia Humanistyczno - Ekonomiczna, Zakład Metod Przetwarzania Informacji, Łódź, Poland

[2] Національний університет „Львівська політехніка", Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, каф. Телекомунікацій, вул.С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна