

Література

1. Прокис, Дж. Цифровая связь. [Текст] / Дж Прокис . – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. [Текст] / Б Скляр. Изд.2-е, испр. :Пер. с англ.- М.: Издательский дом «Вильямс», 2007.- 1104 с.
3. Johnson, Jr. C. R. Software Receiver Design. Build Your Own Digital Communications. System in Five Easy Steps. [Текст] / C. R. Johnson, Jr., W. A. Sethares, A. G. Klein - Cambridge: Cambridge University Press, 2011. - 465 p.
4. Воргуль, А.В. Метеорная система передачи информации: пути к модернизации [Текст] / А.В. Воргуль, Ю.Х.Сулейман. – // Радиотехника. 2011. Вып. 165.
5. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов. Учебник. [Текст] / А. Б. Сергиенко – СПб: Питер, 2002 – 608 с.
6. Вильям Столлинг. Беспроводные линии связи и сети: пер. с англ. [Текст] / Вильям Столлинг – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с.
7. Сулейман, Ю., Воргуль А. Модернизация метеорной системы передачи информации [Текст]: "Актуальні задачі сучасних технологій": збірник тез доповідей між.наук.-техніч.конф. 19–20 грудн. 2012р. / Відп. ред. Дзюра В.О м. Тернопіль – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2012.
8. Теория сигналов [Электронный ресурс] / DSPLIB.RU. – Режим доступа : <http://dsplib.ru/contentsignals.html/> / 27.02.2012 г. – Загл. с экрана.
9. Зелигер, А.Н. Критерии оценки качества систем связи [Текст] / А.Н. Зелигер– М.:Издательство «Связь», 1974. – 40 с.
10. Варагузин, В. Вблизи границы Шеннона [Текст] / В. Варагузин – // Телемультимедиа, июнь 2005, сс 3-10.

Розглянуто проблему забезпечення якості послуг в мультисервісних мережах з пакетною комутацією. Запроваджено двовимірну класифікацію типів віртуальних з'єднань на транспортному рівні інтегрованої технології телекомунікацій для мереж майбутніх поколінь. Запропоновано метод контролю параметрів якості віртуальних з'єднань

Ключові слова: якість послуг, мережі майбутніх поколінь, інтегрована технологія телекомунікацій, віртуальні з'єднання

Рассмотрена проблема обеспечения качества услуг в мультисервисных сетях с пакетной коммутацией. Введена двумерная классификация типов виртуальных соединений на транспортном уровне интегрированной технологии телекоммуникаций для сетей будущих поколений. Предложен метод контроля параметров качества виртуального соединения

Ключевые слова: качество услуг, сети будущих поколений, интегрированная технология телекоммуникаций, виртуальные соединения

УДК 621.391

МЕТОД УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОСЛУГ В ІНТЕГРОВАНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

В. І. Тіхонов

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра «Мережі зв'язку»

Одеська національна академія зв'язку

ім. А. С.Попова

вул. Ковальська, 1, м. Одеса, Україна, 65029

E-mail: victor.tykhonov@onat.edu.ua

1. Вступ

Нові виклики в галузі інфокомунікацій стимулюють пошуки альтернативних технологічних рішень для мереж майбутніх поколінь. В останнє десятиріччя сформувалась відома концепція ІТУ відносно конвергенції різних типів мереж та інтеграції послуг в мережах NGN, в якій мережеві функції розподілено на два прошарки, рис. 1 [1]. Нижній прошарок узагальнює транспортну функцію, що відповідає поняттю «телекомунікаційна мережа». Верхній прошарок у дворівневій моделі ІТУ відповідає поняттю «інформаційна,

мережа», яка не обов'язково є складовою частиною деякої інфокомунікаційної мережі. Наприклад, можуть існувати локальні інформаційні мережі, які не потребують передачі даних на довгі відстані і через це здатні простими засобами реалізувати високошвидкісний обмін даними між клієнтами та серверами. Натомість сучасні інформаційні мережі переважно є розподіленими системами і потребують використання транспортних засобів глобальних та регіональних телекомунікацій.

Деякі світові компанії-виробники телекомунікаційного обладнання підтримують особливу точку зору

на дворівневу модель взаємодії відкритих систем у мережах NGN. А саме, пропонується відокремити деякі базові інформаційні послуги верхнього прошарку моделі ІТU (наприклад, мультимедійні застосування реального часу) і приєднати їх до прошарку транспортної функції. [2]. Кожна з розглянутих двох точок зору на дворівневу модель NGN має свої переваги і недоліки. Інтеграція в одному прошарку телекомунікаційних та базових інформаційних послуг дозволить реалізувати більш ефективні механізми забезпечення якості цих послуг, оскільки вони підтримуватимуться апаратними засобами спеціалізованого мережевого обладнання.

Але з іншого боку, такий підхід ускладнює стандартизацію різних типів послуг у галузі інфокомунікацій. Окрім того, це насприяє монополізації ринку і надає певні переваги найбільш потужним його гравцям. Проблема вибору конкретного типу дворівневої моделі NGN на сьогоднішній день не може вважатися остаточно вирішеною [3].

Важливим надбанням світової галузі телекомунікацій є визнання переважною більшістю фахівців базового принципу пакетної комутації в мережах NGN. Таким чином, довготривалий процес альтернативного розвитку двох конкурентних ідей: комутації каналів (притаманній телефонним компаніям і мережам) та комутації пакетів (притаманній провайдерам Інтернет і комп'ютерним мережам) – має реальну перспективу дійти загально узгодженого рішення [4].

Принцип пакетної комутації часто асоціюється з Інтернет протоколом ІР і формулюється як «All over IP» (тобто надання всіх типів послуг, у тому числі голосового та відео спілкування, на базі світової комп'ютерної мережі Інтернет). У зв'язку з цим виникають певні перестороги відносно доцільності майбутнього переходу від найбільш поширеної сьогодні версії ІРv4 (яка вже майже вичерпала свій потенційний ресурс) до ІРv6, яка має значно більше можливостей (але при цьому не відповідає усім сучасним вимогам, зокрема, не достатньо ефективна для передачі голосового трафіку) [5].

Втім, принцип пакетної комутації за своєю суттю далеко виходить за межі будь якого конкретного протоколу його реалізації. Цей принцип можна більш узагальнено сформулювати як метод статистичного часового ущільнення фізичного каналу зв'язку (Statistical Time Division Multiplexing – STDM). Головна привабливість цього методу – можливість максимально ефективного використання пропускної спроможності каналів зв'язку та мережевого обладнання (комутаторів, маршрутизаторів тощо). Як наслідок, метод STDM забезпечує безперечні економічні переваги для масового користувача інфокомунікаційних послуг. Саме тому принцип пакетної комутації, незважаючи на відомі недоліки реалізації цього принципу у стеку TCP/IP, визнано ключовим для NGN.

Розробка і втілення Інтернет протоколу ІР має вже достатньо довгу історію. У період свого запровадження, починаючи з першої офіційної публікації версії ІРv4 (RFC 760, 1980) цей протокол був переважно спрямований на доставку окремих цифрових інформаційних пакетів з мінімальними гарантіями. А саме, у разі якщо ІР-пакет дійшов адресату, гарантується непошкодженість ІР-адрес відправ-

ника і одержувача пакета. Основним протоколом для гарантованої передачі цілісних інформаційних повідомлень через комп'ютерну мережу Інтернет є протокол TCP; втім цей протокол підтримується не засобами самої мережі, а операційними системами кінцевих абонентів.

Такий стан речей є об'єктивним і цілком зрозумілим. У 70–80 роки минулого століття мова не йшла про використання комп'ютерних мереж для передачі трафіку реального часу. Тому ІР практично не має дієвих механізмів для забезпечення якості мультимедійного сервісу як функції мережі. У 90 роки почалося застосування комп'ютерних мереж за протоколом ІР для передачі голосу та відео. Єдиний параметр у заголовку ІРv4 (8-бітове поле, яке спочатку мало назву IntServ, потім DiffServ), фахівці намагались використати для управління пакетами з метою підвищення якості мультимедійного сервісу [6].

Перша публічна версія протоколу ІРv6 з'явилась у 1995 році (RFC 1883), і на даний час ІРv6 має майже двадцятирічну історію. Природно, ІРv6 успадкував основні риси свого попередника ІРv4 і був спрямований переважно на передачу окремих датаграм. З точки зору керування трафіком реального часу, ІРv6 доповнено 20-бітовим полем «номер потоку» (Flow Label). Фактично, цей параметр імплементує в ІР відомий механізм керування потоками по мітках (MPLS) і не змінює принципової сутності ІР.

Заміна ІРv4 на ІРv6 не може бути здійснена швидко і потребує довгострокового перехідного періоду, який за оцінками фахівців може складати десять і більше років [7].

Отже, тривалий час у майбутньому мають співіснувати мережеві сегменти різних типів (ІРv4 та ІРv6). Це означає необхідність спеціальних шлюзів типу «ІРv4/ІРv6» на кордонах доменів ІРv4 та ІРv6, а також додаткового рівня інкапсуляції ІР-пакетів в різних ІР-доменах світової мережі. Підтримка ІРv6 створює певні технічні та фінансові труднощі для провайдерів Інтернету, втім не надає помітних економічних переваг кінцевим абонентам. Частково за цих обставин, розповсюдження ІРv6 у світі здійснюється вельми повільно, а доцільність остаточного переходу від ІРv4 до ІРv6 досі не є очевидною для провайдерів і споживачів Інтернету.

Стислий аналіз основних тенденцій розвитку телекомунікацій в контексті NGN свідчить про те, що найбільш вірогідною перспективою на найближчі 5–10 років є конвергенція різних типів мереж (зокрема телефонних та комп'ютерних) на основі Інтернет протоколу ІР з поступовим запровадженням версії ІРv6 (у першу чергу, в регіонах Азії та Африки, які мають недостатню кількість коротких ІР-адрес версії ІРv4). Вади протоколу ІР щодо забезпечення якості мультимедійного сервісу можуть бути частково компенсовані за рахунок побудови транспортного ядра мережі Інтернет за принципом комутації каналів (відомий спільний проект транспортного профілю технології MPLS, який започатковано у 2008 р. двома провідними світовими організаціями по стандартизації у галузі телекомунікацій – ІТU-Т та ІETF) [8].

Прогнозований сценарій розвитку телекомунікацій у найближчий майбутній період є певним зваженим компромісом між історично утвореною інфраструкту-

рою телекомунікацій і новими викликами часу. Разом з тим, є очевидною необхідність подальших теоретичних і практичних досліджень у напрямку створення принципово нових, системно обґрунтованих технологічних рішень, які узагальнюють накопичений досвід, враховують сучасні і майбутні потреби і здатні забезпечити сталий розвиток телекомунікацій на довгострокову перспективу.

Метою даної роботи є вдосконалення засобів управління якістю мультимедійних послуг на транспортно-му рівні для конвергентних пакетних мереж майбутніх поколінь.

2. Принципи резервування ресурсів для віртуальних з'єднань

Для досягнення зазначеної вище мети в роботі застосовано методику оцінки якості послуг за двома шкалами якості «пропускна спроможність – стабільність» у інтегрованій технології телекомунікацій UA-ITТ ([9]); позначимо цю шкалу QSP (QoS-palette). Сутність цієї методики полягає у тому, що для кожного заданого математичного очікування (МО) пропускної спроможності (ПС) цифрового каналу (ЦК) визначається дискретний ряд типів з'єднання, який реалізує поступовий перехід від принципу комутації пакетів (КП) з негарантованим рівнем затримок передачі даних (available bit rate – ABR) до принципу комутації каналів (КК) з гарантованим рівнем затримок передачі даних (constant bit rate – CBR). Дискретний ряд типів з'єднання утворює першу (умовно вертикальну) вісь шкали QSP, а впорядкована множина МО для ПС – другу (умовно горизонтальну) вісь.

Цей принцип пояснимо на конкретному прикладі. Припустимо, що деякий фізичний цифровий канал С має пропускну спроможність $PS(C)=512$ Кбіт/с. Будемо вважати, що інформація може передаватися по фізичному каналу рівномірно окремим байтам по 8 біт кожний. Отже пропускна спроможність каналу С в одиницях байт/с дорівнює 64 Кбайт/с. Це означає, що байти можуть перетинати канал С з частотою 64 Кгц, тобто на кожному інтервалі часу $\Delta t=1/64$ Кгц через перетин каналу С може бути передано один байт.

По відношенню до заданого фізичного каналу визначимо віртуальний цифровий канал V_1 з пропускною спроможністю $PS(V_1)=8$ Кбайт/с і з гарантованою швидкістю передачі (режим CBR). Це означає, що на кожному інтервалі часу $\Delta t=8$ має бути забезпечено можливість передачі через канал V_1 одного байту інформації.

Очевидно, що на інтервалі Δt через перетин фізичного каналу С може бути передано 8 байт, один з яких має бути зарезервовані для віртуального каналу V_1 . На рис. 1 зображено 8 послідовних інтервалів Δt_k , $k=1,2,\dots,8$ що перебігають у каналі С. Кожен інтервал Δt_k містить по 8 інтервалів Δt_{kl} , $l=1,2,\dots,8$. Кожний восьмий інтервал Δt_{k8} (у складі кожного з восьми інтервалів Δt_k) зарезервовано для передачі одного байту віртуального каналу V_1 . Відповідні клітини позначені цифрою 1 і пофарбовані у жовтий колір. Визначимо віртуальний канал V_2 , який матиме таку ж саму се-

редню пропускну спроможність, отже математичне очікування від ПС(V_2) дорівнює 8 Кбайт/с; натомість ПС(V_2) гарантуватиметься не на кожному інтервалі Δt_k , а на кожній суміжній парі таких інтервалів (на інтервалах $\Delta T=2\Delta t$). Для забезпечення цієї вимоги, зарезервуємо по два інтервали Δt на кожному інтервалі ΔT ; на рис. 1 вони позначені цифрою 2 і пофарбовані у зелений колір.

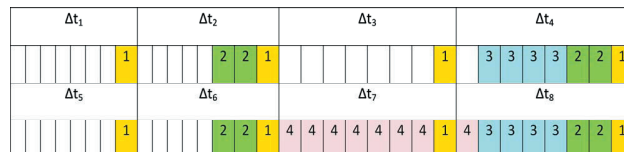


Рис. 1. Схема резервування віртуальних каналів у фізичному каналі зв'язку

Аналогічним чином можна визначити інші віртуальні канали, наприклад V_3 (з гарантованою середньою ПС на інтервалах $\Delta T=4\Delta t$) та V_4 (з гарантованою середньою ПС на інтервалах $\Delta T=8\Delta t$). Відповідні зарезервовані інтервали позначені на рис. 1 цифрами 3 і 4 та пофарбовані у синій та рожевий кольори). Нескладно бачити, що резервування пропускної спроможності каналу С для забезпечення чотирьох віртуальних каналів $V_1 - V_4$ з однаковим математичним очікуванням $MO(PS)=8$ Кбайт/с для кожного з каналів $V_1 - V_4$ потребує рівно 50% загальної пропускної спроможності каналу С (тобто з 64 інтервалів Δt на рис. 1 32 інтервали є зарезервованими).

На відміну від жорстко фіксованого розподілу тайм-слотів у комутації каналів по методу часового ущільнення TDM (Time Division Multiplexing), пакетна комутація по методу статистичного часового ущільнення (STDM) передбачає гнучке резервування часових інтервалів. А саме, часові інтервали STDM гарантовано надаються віртуальним каналам лише у разі, якщо на поточний момент відповідний канал має інформацію для передачі (яка накопичується у буфері кожного віртуального каналу). В іншому випадку, кожен невикористаний віртуальними каналами часовий інтервал надається у розпорядження так званої «загальної черги», в якій накопичуються інформаційні пакети, що передаються без певних гарантій затримок часу.

Такий тип передачі даних відповідає режиму ABR – Available Bit Rate (або “best effort”). Зазначений алгоритм розподілу часових інтервалів дозволяє передавати по одному послідовному фізичному каналу С пакетну інформацію і водночас динамічно встановлювати віртуальні з'єднання у широкому діапазоні гарантій швидкості і стабільності передачі (від ABR до CBR).

3. Одновимірна типізація віртуальних з'єднань

Побудуємо одновимірну шкалу s з 16 різних типів віртуальних з'єднань для одного фіксованого значення g середньої пропускної спроможності з $MO=8$ Кбайт/с; розташуємо ці типи з'єднань згідно табл. 1, починаючи від найменш стабільного каналу V_{16} до найбільш стабільного каналу V_1 , який забезпечує режим CBR.

Одновимірна шкала типів віртуальних з'єднань

s_n	s_0	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{15}	s_{15}
$\Delta T(\text{мс})$	-	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1.0	0.5	0.25	0.125
V_{16-n}	V_{16}	V_{15}	V_{14}	V_{13}	V_{12}	V_{11}	V_{10}	V_9	V_8	V_7	V_6	V_5	V_4	V_3	V_2	V_1
p_n	p_0	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}

Очевидно, що віртуальний канал V_1 , який має тип s_{15} , забезпечує якість передачі голосу, притаманну звичайним цифровим телефонним каналам з гарантованою бітовою швидкістю 64 Кбіт/с в режимі CBR. Канал V_1 типу s_1 також забезпечує середньостатистичну швидкість передачі даних 64 Кбіт/с, але така швидкість гарантується лише в середньому на кожному з інтервалів $\Delta T=2048 \text{ мс} \approx 2 \text{ с}$. Ця гарантія дозволяє здійснювати передачу голосу з якістю звичайного цифрового телефонного каналу, але з додатковою затримкою відображення голосу на прийомній стороні на величину 2 секунди (це необхідно для накопичення голосових даних в буфері прийомної сторони). Відповідно загальна затримка в режимі двостороннього спілкування абонентів складатиме близько 4 секунд. Звичайно, такому спілкуванню бракує динамічності, втім якість передачі голосу в режимі полу-дуплексу зберігається (абоненти по черзі говорять і слухають одне одного). Цілком зрозуміло, що чим менші гарантії затримки передачі даних по віртуальному каналу, тим більше режим передачі даних наближається до режиму комутації пакетів, а звідси, тим дешевше використання цього каналу (оскільки зростає можлива ступінь часового ущільнення фізичного каналу C). При цьому має місце $p_n < p_{n+1}$ для всіх $n=1,2,\dots,14$. Отже, віртуальний канал V_{15} цілком може бути використано для дешевого голосового спілкування зі встановленням віртуального з'єднання; канали $V_{14} \div V_2$ – для телефонних з'єднань різних типів якості і вартості (на кшталт IP-телефонії); канал V_1 відповідає цифровому телефонному зв'язку стандартної якості сервісу, що передбачає дуплексний режим взаємодії абонентів.

Канал V_{16} має особливий статус, оскільки він не визначає наявне ніякого конкретного інтервалу часу Δt_0 , на якому гарантується задана швидкість передачі даних з $MO=8 \text{ Кбайт/с}$. Фактично, саме такий тип обслуговування (з різними значеннями договірної середньостатистичної пропускної спроможності) є найбільш розповсюдженим серед сучасних абонентів мережі Інтернет (так званий «безлімітний тариф»). Платня за користування таким каналом є достатньо низькою і не залежить від сукупного об'єму трафіку за певний період часу. Водночас, користувач не має дієвих механізмів для оцінки якості з'єднання і адекватної оплати фактично наданих послуг, натомість гарантовано сплачує абонентську платню своєму провайдеру Інтернет згідно укладеного договору. При цьому, зазвичай, відсутня можливість швидко змінювати свій тарифний план протягом короткотривалих інтервалів часу (добы, години, хвилини тощо). Саме такий тип каналу (V_{16}) далі будемо вважати «каналом з комутацією пакетів» у складі розглянутої вище одновимірної шкали якості сервісу QSP у інтегрованій технології телекомунікацій UA-ІТТ. Канали від V_{15} до V_2 вважатимемо проміжними типами віртуальних з'єднань. Впорядкована множина $\{s_n\} = s_0, s_1, \dots, s_{15}$ від-

творює дискретну вісь одновимірної шкали якості послуг, а відповідна дискретна функція $p_n(s_n)$ відображує залежність вартості послуг від їхньої якості.

Перехід від типу s_1 каналу V_{15} до типу s_{15} каналу V_1 визначає поступове підвищення якості передачі голосового трафіку і водночас поступове підвищення вартості $p_n(s_n)$ цієї послуги. Наявність достатньо представницької шкали «вартість – якість» у вигляді табличне заданої функції $p_n(s_n)$, а також зручних технологічних механізмів динамічної підтримки і зміни поточного типу з'єднання s_n , дозволяє потенційному споживачу телекомунікаційних послуг оперативно обирати доцільний у кожній конкретній ситуації режим з'єднання по віртуальному каналу, тобто знаходити сприятливий компроміс між ціною та якістю голосової послуги.

Наведена вище у табл. 1 одновимірна шкала якості і вартості послуг є лише одним з можливих прикладів її реалізації. Усі параметри цієї таблиці, а також кількість типів каналів можуть бути адаптовані до конкретної ситуації.

4. Двовимірна шкала якості обслуговування у технології UA-ІТТ

Побудуємо сімейство функцій $\{\Delta T_n(s_n)\}_r$ для різних значень математичного очікування r пропускної спроможності віртуального каналу у вигляді таблично заданої функції $\Delta T(s,r)$, яку назвемо двовимірною шкалою якості обслуговування QSP (QoS-palette), табл. 2. Горизонтальна вісь шкали QSP утворена значеннями змінної $r_m = 0, 2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{14}$, які представляють собою математичне очікування пропускної спроможності кожного з каналів $Vsr, s_n = s_0, s_1, s_2, \dots, s_{15}$; це математичне очікування відображено в умовних одиницях для всіх $r_m > 0$ (в даному разі ця одиниця дорівнює 8 Кбайт/с). Це означає, що для всіх елементів першого стовпця ($r_1=1$) маємо $MO(ПС)=8 \text{ Кбайт/с}=64 \text{ Кбіт/с}$; для елементів другого стовпця – 16Кбайт/с тощо. Елементи нульового стовпця ($r_0=0$) зарезервовано для спеціальних цілей. Вертикальна вісь шкали QSP утворена впорядкованими ідентифікаторами типу сервісу $s_n = s_0, s_1, s_2, \dots, s_{15}$, табл. 2.

Кожна клітина шкали QSP, яка розташована на перехресті стовпця r та строчки s , є значенням функції $\Delta T(s, r)$ в умовних одиницях часу $\Delta t=1/8K\Gamma\text{с}=0.125 \text{ мс}$. Наприклад, клітина $\Delta T(1,1)=16384 \cdot 0.125 \text{ мс}=2.048 \text{ с} \approx 2 \text{ с}$.

Елементи нульової строчки (s_0) мають невизначений інтервал ΔT , на якому гарантується середньостатистична пропускна спроможність каналу. Отже, з'єднання типу ($s=s_0, r=1$) за своїми властивостями наближається до відомих технологій голосового спілкування через мережу Інтернет (на кшталт Skype) за умови підключення абонента до мережі Інтернет по каналу доступу 64 Кбіте з безлімітним тарифом.

Таблица 2

Двовимірна шкала якості сервісу QSP

s ₁₅	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512	1/1024	1/2048	1/4096	1/8192	1/16384
s ₁₄	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512	1/1024	1/2048	1/4096	1/8192
s ₁₃	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512	1/1024	1/2048	1/4096
s ₁₂	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512	1/1024	1/2048
s ₁₁	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512	1/1024
s ₁₀	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512
s ₉	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256
s ₈	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128
s ₇	256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64
s ₆	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32
s ₅	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16
s ₄	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8
s ₃	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4
s ₂	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2
s ₁	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
s ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
s r 0	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384

Таке спілкування може певні періоди часу мати високу якість (якщо активність більшості абонентів даної мережі доступу невелика, наприклад, уночі), але водночас у період критичного навантаження на мережу доступу голосовий зв'язок може взагалі зникати. Втім, з'єднання типу (s=s₀, r=1) є найбільш дешевим (може бути практично безкоштовним), а тому передбачає певний попит у клієнтів мережі.

Аудіо-спілкування за якістю стандартної цифрової телефонії забезпечує канал типу (s=s₁₅, r=r₁), натомість очікувана вартість такого типу з'єднання (особливо на далекій відстані) є нижчою аніж при спілкуванні у сучасній телефонній мережі загально-користування, що працює за класичним методом комутації каналів.

Сімейство каналів типу (s_n, r_n=128), n=0, 1,..., 15, гарантує середню швидкість з'єднання близько 8 Мбіт/с, що здатне забезпечити широкий спектр мультимедійних застосувань реального часу. Нарешті, сімейство каналів типу (s_n, r_n=16384) гарантує середню швидкість з'єднання близько 1 Гбіт/с, що стикається з максимальної границею швидкості бездротового доступу у стандартах бездротового зв'язку 4G [10].

Градiєнтний вектор на шкалі QSP у табл. 2 спрямований від найдешевшого типу обслуговування (s₀, r₁=1), до такого, що має найвищу якість з точки зору пропускної спроможності з'єднання та її стабільності у часі (s₁₅, r₁₅=16384).

Загальна кількість різних типів з'єднання за двовимірною шкалою QSP складає 15·16=240. Окрім того, 16 елементів першого стовпця на шкалі QSP зарезервовано для спеціальних цілей, у т.ч. для забезпечення часткової сумісності механізмів керування якістю обслуговування у технології UA-ITТ з відомими методами підтримки QoS в існуючих та майбутніх IP-мережах. В роботі [9] запропоновано спосіб кодування різних типів з'єднань за допомогою

одного QSP-октету. А саме, нехай XY – це запис одного октету двома цифрами у шістнадцятиричній системі числення, наприклад, QSP=1B (що відповідає десятинному числу 16+11=27, або двійковому числу 000101011). Таке значення QSP умовно кодує тип з'єднання (s₁, r₁₁=1024). Таким чином, найдешевший канал має код QSP=01, а найбільш якісний – код FF.

Розглянутий вище спосіб резервування часових інтервалів для різних типів віртуальних з'єднань (рис. 1) через послідовний канал передбачає, що у першу чергу резервуються тайм-слоти для з'єднань найвищої якості обслуговування (починаючи з типів s₁₅), а в останню з'єднання найнижчої якості обслуговування (s₁).

Для сімейства каналів (s₀, r_m), m=1,2,..., 15, які відповідають пакетному обміну, резервування пропускної спроможності фізичного каналу не здійснюється (тобто ці режими мають окрему дисципліну обслуговування, наприклад «загальна черга», або розподілена по пріоритетах черга тощо). Такий алгоритм резервування ресурсів пропускної спроможності каналу зв'язку дозволяє максимально можливо ущільнити канал з урахуванням усіх типів трафіку, у тому числі, пакетної передачі.

У процесі динамічного відкриття одних віртуальних каналів і закриття інших, для максимально ущільненого розподілу тайм-слотів у послідовному каналі, необхідно для кожного набору типів з'єднань застосовувати оптимальну схему планування тайм-слотів. Оскільки кількість можливих комбінацій з'єднань є практично необмеженою, зазначені схеми оптимального розподілу тайм-слотів не можуть бути заздалегідь обраховані, і потребують швидкого розв'язання цієї задачі у реальному часі. Розробка швидких алгоритмів резервування віртуальних з'єднань за шкалою QSP, а також апаратно-програмних методів реалізації цих алгоритмів, потребує подальших досліджень у цьому напрямку.

6. Висновки

В роботі досліджується проблема забезпечення якості обслуговування в інфокомунікаційних мережах, які будуються за принципом пакетної комутації. На основі аналізу сучасного стану і перспектив розвитку мережних технологій зроблено висновок, що відома концепція побудови мереж наступних поколінь (NGN) на базі пакетної комутації за протоколом IP є зваженим компромісом між історично утвореною інфраструктурою світової мережі Інтернет і новими викликами часу; натомість необхідні пошуки принципово нових методів пакетної передачі даних, які забезпечують високі вимоги якості обслуговування у широкому спектрі застосувань, у т.ч. при передачі трафіку реального часу.

В роботі поставлено задачу вдосконалення засобів управління якістю мультимедійних послуг на транспортному рівні для конвергентних пакетних мереж майбутніх поколінь. Для вирішення цієї задачі застосовано методику оцінки якості послуг за двовимірною шкалою якості «пропускна спроможність – стабільність» у інтегрованій технології телекомуніка-

цій. Запропоновано принцип одновимірної типізації віртуальних з'єднань, які мають однакове математичне очікування пропускної спроможності на різних інтервалах часу. Розроблено відповідний алгоритм резервування ресурсів послідовного цифрового каналу шляхом оптимального розподілу тайм-слотів для різних типів з'єднань.

Побудовано двовимірну шкалу якості обслуговування для інтегрованої технології телекомунікацій в умовних координатних осях «стабільність – пропускна спроможність» віртуального з'єднання. Зазначений вище алгоритм резервування ресурсів за принципом одновимірної типізації віртуальних з'єднань поширено на випадок двовимірної шкали якості обслуговування. Запропоновано компактний спосіб кодування двовимірної шкали якості за допомогою одного октету якості. Отримані результати дозволяють ставити у практичній площині завдання про розробку прикладних алгоритмів і апаратно-програмних засобів для забезпечення і контролю якості обслуговування в конвергентних мережах майбутніх поколінь на основі інтегрованої технології телекомунікацій UA-ІТТ.

Література

1. Next Generation Networks Global Standards Initiative [Електронний ресурс] / ITU-T, NGN-GSI. – Режим доступу : <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/default.aspx> – 07.06.2012. – Загол. з екрану.
2. Joseph, V. [Текст] : Deploying QoS for Cisco IP and next generation networks / V. Joseph, B. Chapman. – Morgan Kaufmann, 2009. – 512 с. – ISBN: 9780123744616.
3. Trends of NGN and Its Issues: IEEE Distinguished Lecturer Program [Електронний ресурс] / Koichi Asatani, Kogakuin University, Boston. – Режим доступу : http://www.ieeeboston.org/publications/society_presentations/dlt08boston_asatani_dist.pdf – 29.10.2008. – Загол. з екрану.
4. Basic NGN Architecture. Principles & Issues [Електронний ресурс] / Keith Knightson, ITU-T Workshop on NGN (jointly organized with IETF), 1-2 May 2005, Geneva. – Режим доступу : <http://www.itu.int/ITU-T/worksem/ngn/200505/presentations/s1-knightson.pdf> – 1-2 May 2005. – Загол. з екрану.
5. Innovations in NGN: Future Network and Services, 2008. K-INGN 2008. [Текст] : Aoyama, Tomonori, First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, 12-13 May 2008 Geneva. – 2008. – С 3-10.
6. DiffServ - The Scalable End-to-End QoS Model [Електронний ресурс] / Cisco white papers. – Режим доступу : http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/technologies_white_paper09186a00800a3e2f_ps6610_Products_White_Paper.html – August 2005. – Загол. з екрану.
7. The Next Generation Network: Issues and Trends [Електронний ресурс] / Yong Zheng, School of Computing and Mathematical Sciences, AUT University, Auckland. – Режим доступу : <http://aut.researchgateway.ac.nz/bitstream/handle/10292/680/ZhengY.pdf> – November 2008. – Загол. з екрану.
8. JWT Report on MPLS Architectural Considerations for a Transport Profile [Електронний ресурс] / the IETF and the ITU-T Joint Working Team. – Режим доступу : draft-bryant-mpls-tp-jwt-report-00 – 07.07.2008. – Загол. з екрану.
9. Тихонов, В. И. Оценка качества сервиса в интегрированной технологии телекоммуникаций [Електронний ресурс] / В.И. Тихонов, О.В. Голубова // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 1 (1). – С. 115 – 125. – Режим доступу : http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_tikhonov_itt.pdf.
10. The 9th meeting of ITU-R Working Party 5D held in Chongqing (13-20 October, 2010) [Електронний ресурс] / China Communications Standards Association. – Режим доступу : http://ccsa.org.cn/english/show_article.php?article_id=cyzx_21e2fac3-9a01-ddd8-a24f-4cc7cbb85171. – 27.10.2010. – Загол. з екрану.