УДК 621.391

Тарбаєв С. І., *к.т.н. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)*

NGN ТА НОВІ ПАКЕТНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ПОТОЧНИЙ СТАН

Тарбаєв С. І. NGN та нові пакетні транспортні технології. Поточний стан. Розглянуто стан стандартизації та впровадження нових пакетних транспортних технологій PBB-TE та MPLS-TP, які націлені на використання у мережах наступного покоління.

Ключові слова: ПАКЕТНА ТРАНСПОРТНА ТЕХНОЛОГІЯ, NGN, PBB-TE, MPLS-TE.

Тарбаев С. И. NGN и новые транспортные технологии. Текущее состояние. Рассмотрено состояние стандартизации ивнедрения новых пакетных транспортных технологий PBB-TE и MPLS-TP, которые нацелены на использование в сетях нового поколения.

Ключевые слова: ПАКЕТНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, NGN, PBB-TE, MPLS-TE.

Tarbaiev S. I. NGN and new transport technology. Current state. Reviewed the status of standardization and deployment of new packet transport technologies PBB-TE and MPLS-TP, which are intended for use in next generation networks.

Key words: PACKET TRANSPORT TECHNOLOGY, NGN, PBB-TE, MPLS-TE.

Стосовно транспортних технологій NGN. У визначенні [1] декларується, що NGN це мережа з комутацією пакетів, яка базується на використанні широкосмугових транспортних технологій, які можуть гарантувати якості передавання (QoS). Гарантія параметрів QoS необхідна для забезпечення якості надання мультимедійних послуг. Діюча побудова мережі Інтернет не гарантує QoS. Реалізація пакетної мережі світового масштабу з гарантією QoS складна задача, рішення якої не апробовані на мережах такого масштабу. При побудові NGN пропонується використання різних методів, наприклад, IntServtaDiffServ, кожний з яких має свої переваги та недоліки і не є універсальним.

Розглядаючи сучасний стан телекомунікаційного світу, слід відзначити.

1) Трафік мережі Інтернет займає левову долю загального трафіку (див. рис. 1).

2) Для більшості застосувань Інтернет не потрібна гарантів QoS і діючий принцип передавання в Інтернет «BestEffortDelivery» ці застосу-вання цілком влаштовує.

3) З поточними швидкими темпами розширення смуги трактів передавання в Інтернет, як у центрі, так і у мережах доступу, якість передавання пакетів по мережі має стійку тенденцію к покращенню, і актуальність задачі гарантії параметрів QoS знижується. З цього можна зробити припущення, що NGN (у сенсі визначення [1]) не стане заміною мережі Інтернет.

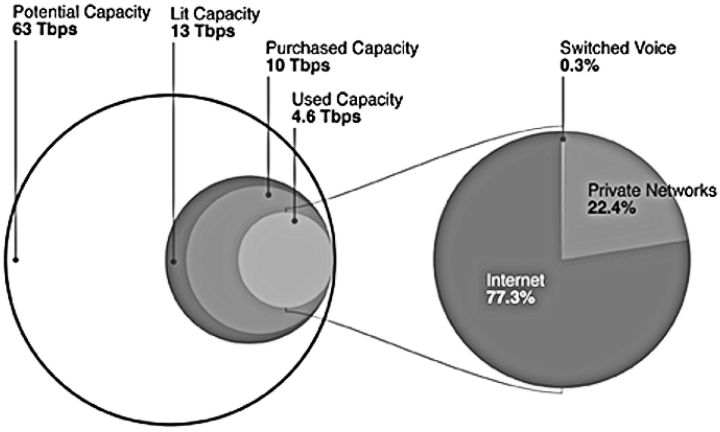

Рис. 1. Потенціальна, задіяна, продана ємність та використання ємності транстихоокеанських кабелів
Джерело: TeleGeography (www.telegeography.com)

З іншого боку, для чверті світового трафіку (приватні мережі, телефонія – див. рис. 1) при переході на пакетний принцип передавання необхідна гарантія виділеної смуги та параметрів QoS.

Багато застосувань, що входять до цієї чверті, наприклад, фінансові мережі, вимагають високого рівня надійності роботи каналів передавання – рівня, досягнутого у мережах SDH. Відповідно, у мережах майбутнього будуть діяти паралельно дві транспортні мережі: транспортна мережа Інтернет і пакетна мережа з засобами гарантії рівня QoS.

Такі дві транспортні мережі можуть бути реалізовані у вигляді двох фізично різних мереж. Іншим, більш привабливим – конвергентним варіантом є розробка таких технологій, які дозволять створити дві мережі з заданими властивостями на одній фізичній основі у вигляді віртуальних мереж.

Історично,стандарти, за якими працює мережа Інтернет, розроблялися комітетом IETF без врахування необхідності підтримки визначених показників якості та надійності роботи. Питання забезпечення якості, питанням технічного обслуговування в руслі дотримання принципу «BestEffortDelivery» приділялася незначна увага. Необхідно зазначити, що чіткі визначення параметрів та норми якості передавання по IP мережам були розроблені лише, коли до процесу стандартизації підключилася ITU [2].

Основою ядра сучасних пакетних транспортних мереж є технологія IP/MPLS. Технологія розроблена комітетом IETF. Вона розроблена як універсальна технологія, але з прицілом, у першу чергу, на підтримку IP мереж. Технологія працює з встановленням логічних з'єднань. З її допомогою можливо забезпечення параметрів QoS. Встановлення логічних з'єднань виконується на базі роботи протоколів маршрутизації IP мережі – тобто спочатку за допомогою протоколів динамічної маршрутизації у вузлах мережі будуються таблиці маршрутизації, з допомогою іншого протоколу на базі даних таблиць маршрутизації автоматично прокладаються канали передавання інформації (LSP) і будується MPLS мережа. Тому надійність, якість та керованість MPLS мережі значною мірою визначається якістю роботи протоколів динамічної маршрутизації. А рівень цієї якості не відповідає досягнутому рівню для транспортних мереж.

Технологія MPLS добре відпрацьована і успішно використовується вже значний час як транспортна технологія для ядра IP мереж. Але за якісними показниками надійності та керованості MPLS мережі поступаються мережам на базі технології SDH [3, 4]. Засоби експлуатації, адміністрування та технічного обслуговування (OAM) в MPLS технології менш досконалі. Механізми роботи технології достатньо складні і, відповідно, потребують високої кваліфікації обслуговуючого персоналу, що підвищує кількість порушень роботи мережі з причини помилок персоналу. Воно також заважає ширшому використанню технології на мережах доступу та агрегації трафіку.

Тому є потреба у технології для побудови транспортних мереж на базі комутації пакетів з встановленням з'єднань, яка б за надійністю та засобами технічного обслуговування не поступалась би рівню транспортних мереж на базі технології SDH.

Розробка пакетних технологій для транспортних мереж пішла по двом напрямкам. У першому напрямку за основу була взята технологія Ethernet, у другому – IP/MPLS.

При створенні обох варіантів технологій були встановлені однакові задачі та шляхи їх досягнення, а саме:

– робота на базі використання з'єднань (каналів);

– використання статично створених дуплексних з'єднань (відмова від використання протоколів динамічної маршрутизації). Для надійності та забезпечення контрольованості роботи мережі з'єднання повинні встановлюватися за допомогою зовнішньої системи керуванняабо вручну;

– автоматичне перемикання на резервний шлях (при відмовах)за час не більш, ніж 50 мс;

– наявність засобів технічного обслуговування, які забезпечують можливості та співпадають за ідеологією використання з засобами OAM технології SDH, а саме:

- безперервний контроль працездатності з'єднання із кінця в кінець;
- сповіщення кінцевих точок про аварійний стан з'єднання;
- можливість дистанційного визначення неробочої ділянки з'єднання;

– безперервний контроль за якісними параметрами з'єднання: затримкою, варіацією затримки, втратами пакетів.

Ці можливості повинні діяти за допомогою вбудованого у носій з'єднання експлуатаційного каналу.

В першому напрямку розробку транспортної технології на базі технології Ethernet, яка отримала назву ProviderBackboneBridge – TrafficEngineering (PBB-TE), очолив інститут IEEE. У 2009 році був прийнятий відповідний стандарт [5]. Технологія опирається на попередніх наробітках IEEE – стандартах 802.1Q (VirtualLAN), 802.1ad (ProviderBridging), 802.1ah (ProviderBackboneBridging).

Для забезпечення масштабованості та повної взаємної ізоляції Ethernet кадрів, що передає клієнт, та мережевої інформації, що додаєдо кадрів оператор, у PBB-TE використовується техніка інкапсуляції Ethernet кадру клієнта у Ethernet кадр оператора (MAC-in-MAC) – (рис. 2).

Рис. 2. Формат кадру у PBB-TE

Ідентифікатори VLAN у заголовках кадру оператора використовуються як ідентифікатори каналів. Кадри передаються не датаграмним способом, а по з'єднанням. Для забезпечення швидкого відновлення працездатності зв'язку при аваріях для кожного основного з'єднання попередньо прокладається резервне. Прокладання з'єднань виконується зовнішньою системою керування (рис. 3). Широкомовний принцип розсилання кадрів не використовується ні у яких випадках. Для безперервного контролю працездатності з'єднань, якості передавання та можливості дистанційного визначення при відмові з'єднання точки несправності використовується техніка оговорена у стандартах IEEE 802.1ag (ConnectivityFaultManagement) та 802.1ah (EthernetintheFirstMile).

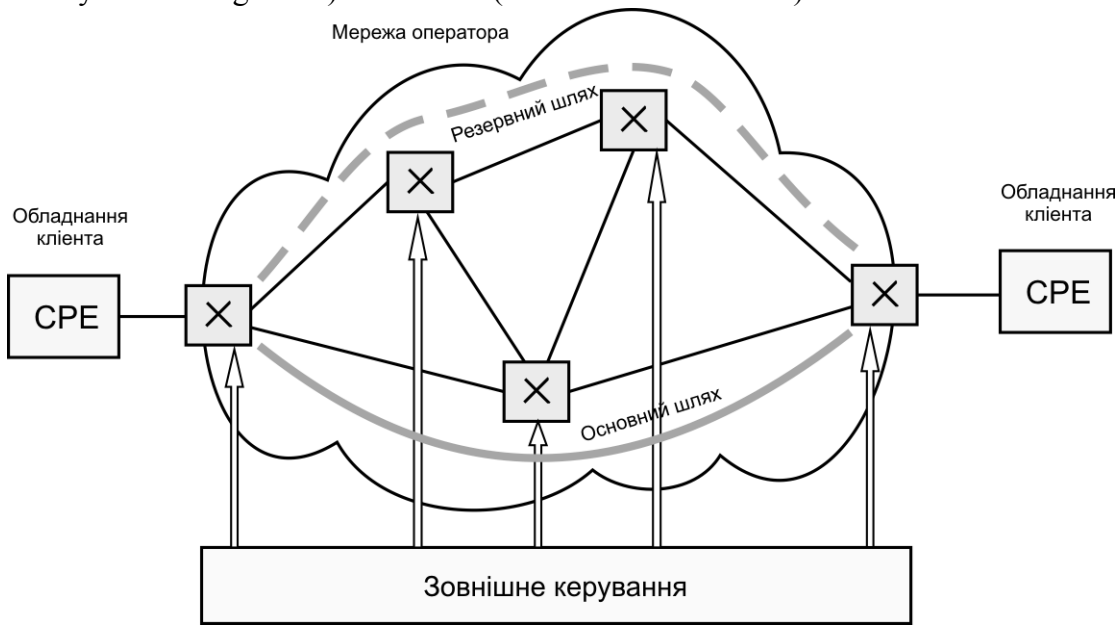

Рис. 3. З'єднання у PBB-TE

У другому напрямку ініціативу розробки пакетної транспортної технології на базі MPLSвзяла на себе ITU. Було поставлено завдання розробки транспортної технології зі збереженням вже існуючих форматів та стандартів MPLS. Модифікована технологія отримала назву транспортна MPLS (T-MPLS), були розробленоряд стандартів серії G.81XX. У 2008 році для забезпечення успішності розробки стандартів та запобігання розбіжностям була створена спільна робоча група представників ITU та розробника технології MPLS комітету IETF з завданням завершити стандар-тизацію технології у 2009 році. Назву було замінено на MPLS-TP, тобто транспортний профіль MPLS.

На рис. 4 у символічному вигляді показаний шлях розробки MPLS-TP.

Цілі та вимоги до модифікованої технології були викладені у RFC 5654 [6], архітектура – у RFC 5921 [4]. На протязі двох років стандартизація була у головному завершена. Спільна робоча група завершила свою роботу і подальший супровід стандартизації був переданий IETF.

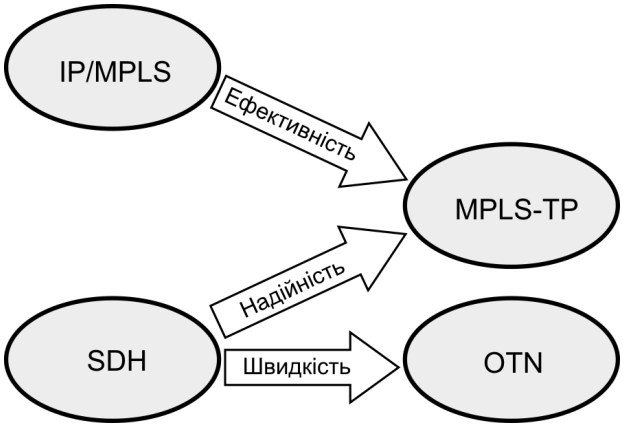

Рис. 4. Шлях розробки MPLS-TP

Завдання максимальної спільності з IP/MPLS було виконано. З IP/MPLS вилучені зайві та заважаючі надійності роботи у якості транспортної мережі функції та додані необхідні нові. Результат ілюструє рис. 5. Існує технологія єдина технологія MPLS. Одна підмножина її функцій створює IP/MPLS, інша підмножина функцій створює MPLS-TP – транспортній профіль MPLS. Обидва варіанти технології основані на спільному засобі транспорту пакетів – каналах передавання по міткам (LSP).

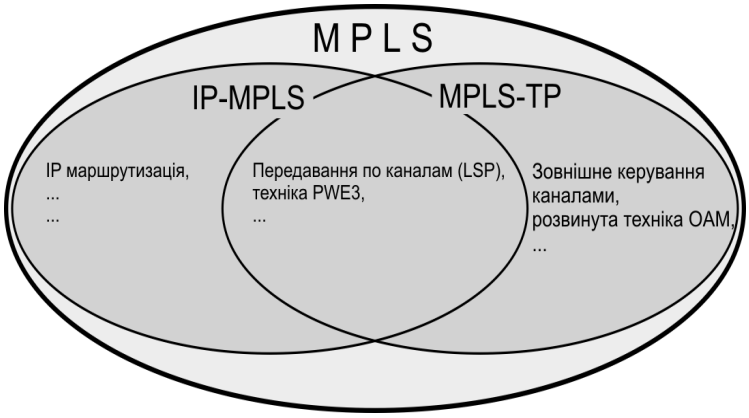

Рис. 5. Технологія MPLS та її підмножини: IP/MPLS і MPLS/TP

Спосіб керування встановленням каналів відрізняється: для IP/MPLS це виконується на базі роботи протоколів динамічної IP маршрутизації, для MPLS-TP – статична маршрутизація за допомогою зовнішньої системи керування.

MPLS-TP використовує існуючу в MPLS техніку постійних з'єднань, що має назву Pseudowireemulationedgetoedge (PWE3) або коротше Pseudowire (PW).

MPLS-TP має розвинені засоби контролю працездатності та локалізації пошкоджень у з'єднанні, засоби безперервного контролю параметрів якості передавання (втрат пакетів, затримки, варіації затримки). Це виконується з використанням службових пакетів системи OAM, що передаються тим самим шляхом, що і інформація користувача. Для передавання OAMпакетівв MPLS-TP передбачений канал G-ACh (GenericAssociatedChannel), що проходить у тому ж LSP, що і інформації користувача. Період повторення пакетів OAMможе бути встановлений від 3,3 мс до 10 хв. При виявленні цими засобами непрацездатності з'єднання або неприпустимого зниження якості обслуговування відбувається автоматичне переключення на резервний, попередньо вибраний системою керування шлях. Забезпечується швидкість відновлення з'єднання за час, не більше 50 мс. Це виконується автоматично, без втручання системи

керування. Спеціальний механізм забезпечує синхронізацію переключень на обох кінцях. Підтримується лінійне та кільцеве резервування з'єднань, підтримується резервування секцій. MPLS-TP передбачає різні види резервування: 1+1, 1:1 та N:1. Для обслуговування з'єднань, в яких приймають участь два або більше операторів, передбачена функція контролю тандемних з'єднань (TCM), вонадозволяє контролювати роботу заданої множини сегментів з'єднання.Робота засобів OAMне використовує протокол IP.

Як опція, передбачена можливість динамічного конфігурування з'єднань з використанням технології GMPLS.

Технологія MPLS-TP орієнтована на надання стандартизованих транспортних Ethernet послуг, таких як E_Line, E-LAN, E-Tree. Але вона забезпечує можливість організації і інших видів каналів -каналів системиPDH, FrameRelay, тощо.

Принципово важливим отриманим результатом розробки MPLS-TP є сумісність з IP/MPLS – загальноприйнятою технологією побудови IP мереж. Обидва варіанти технології можуть одночасно працювати в одному обладнанні. Це дає можливість реалізації конвергентного рішення для транспортних мереж майбутнього, коли дві головні транспортні мережі: IP мережа для Інтернет, що працює за принципом «BestEffortDelivery»,та пакетна мережа з забезпеченням QoS для приватних та інших видів мереж - реалізовані як віртуальні мережі на одній сукупності лінійного та станційного обладнання.

На жаль, **завершенню стандартизації MPLS-TP заважає дискусія**, що продовжується вже два роки, між ITU та IETF стосовно формату та використання принципово важливих для роботи транспортної мережі службових пакетів системи OAM (див. заяву ITU [7]). ITUпропонує стандартизацію на базі апробованої на мережах CarrierEthernet і розробленої спільно з комітетом IEEEрекомендаціїG.8013/Y.1731 [8].У цьому стандарті у сукупності зі стандартами IEEE «ConnectivityFaultManagement» та «EthernetintheFirstMile» визначені технічні засоби, необхідні для технічного обслуговування мережі в обсязі та за функціями відповідними засобам, передбаченими у технології SDH. Вони відповідають встановленій практиці експлуатації транспортних мереж.

IETF пропонує свій варіант на базі доробки засобів передбачених поточними стандартами MPLS, які мають меншу функціональність [9]. У цьому питанні виробники та оператори поділилися на два табори. Підтримують підхід ITU Alcatel-Lucent, Huawei, ChinaMobile, TelecomItalia. Серед прихильників IETFCisco, Ericsson. Не досягнувши єдності, ITUу грудні 2011 р. прийняла два альтернативні варіанти стандарту стосовно механізму експлуатації, адміністрування та технічного обслуговування для мереж MPLS-TP. Варіант G.8113.1/Y.1372.1 відображає підхід ITU, G.8113.2/Y.1372.2 – підхідIETF.

Впровадження технологій MPLS-TP та PBB-TE. Більшість провідних світових виробників телекомунікаційного обладнання вже почали виробництво обладнання, що реалізує технологію MPLS-TP (див., зокрема, звіти випробувального центру EANTC – www.eantc.com). Наприклад, фірма Alcatel-Lucent виробляє обладнання серії 1850; Cisco Systems – серії CPT (CarrierPacketTransport) для використання на мережах доступу і агрегації та розробило модулі програмного забезпечення для роботи магістральних маршрутизаторів у режимі MPLS-TP.

Кожний рік, починаючи з 2009, Європейським мережевим випробувальним центром EANTCвиконуються масштабні випробування на сумісність роботи обладнання MPLS-TP різних виробників [10].

За даними [11] третина з майже двохсот опитаних операторів планує впровадити технологію у 2012 році, ще третина – у 2013. За даними операторів [10] у найближчий час впровадження технологій планується головним чином у двох сферах:

1) побудова опорної інфраструктури для мобільних мереж 3Gта 4G;

2) міграція працюючих мереж SDH/SONETна пакетний транспорт. У США один з найбільших операторівVerizon планує впровадження у цьому році технології і на магістральній мережі для роботи поверх оптичних систем OTN/DWDM.

Обладнання, що реалізує технологію PBB-TE, виробляється рядом фірм, наприклад, Ciena (www.ciena.com) , Fujitsu (www.fujitsu.com) для побудови мереж масштабу міста. Але фронт підтримки стандарту виробниками значно менший, ніж у технологічного конкурента MPLS-TP. Подальше впровадження технології залишається неясним. У конкуренції з MPLS-TP воно може вирішитися у залежності від цінової політики виробників обладнання.

Висновки

1. Наявна потреба у засобах побудови транспортних мереж на базі комутації пакетів з рівнем якості та зручності обслуговування відповідним мережам синхронної цифрової ієрархії дала результатом розробку двох систем стандартів PBB-TE(IEEE) та MPLS-TP (IETFта ITU). На теперішній час значно більшу підтримку серед виробників обладнання і операторів та обсяг впровадження має MPLS-TP.

2. MPLS-TP націлена на використання при побудові пакетних транспортних мереж усіх рівнів. Вона забезпечує наслідування якісних показників транспортної мережі у процесі переходу з SDH/SONET на пакетні мережі. Технологія користується широкою підтримкою як виробників, так і операторів зв'язку.

3. Принципово важливим отриманим результатом розробки MPLS-TP є сумісність з IP/MPLS – загальноприйнятою технологією побудови IP мереж. Обидва варіанти технології MPLS можуть одночасно працювати в одному обладнанні. Це дає можливість реалізації інтегрального рішення для транспортних мереж майбутнього.

Література

1. Next Generation Networks – Frameworks and functional architecturemodels // ITU-T RecommendationY.2001. – Dec. 2004.

2. Network performance objectives for IP-based Services // ITU-T RecommendationY.1541. – Feb. 2006.

3. TPACK A/S. T-MPLS. A New route to Carrier Ethernet. – June 2007. [Електронний ресурс] // – Режим доступу : www.tpack.com (15.01.09).

4. A Framework for MPLS in Transport Networks // RFC 5921. – July 2010.

5. Provider Backbone Bridge - Traffic Engineering // IEEE P802.1Qay. – June 2009.

6. Requirements of an MPLS Transport Profile // RFC 5654. - September 2009.

7. ITU-TNewslog - MPLS-TP: Thefacts. -14 March 2011[Електронний ресурс] // – Режим доступу : www.itu.int/ITU-T/newslog/MPLSTP+The+Facts.aspx (01.02.12).

8. OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks // ITU-T Recommendation G.8013/Y.1731.- May 2006.

9. Fang Li, and others. Operator Considerations on MPLS-TP OAM Mechanisms. – July 11, 2011 [Електронний ресурс] // – Режим доступу: tools.ietf.org/html/draft-fang-mpls-tp-oam-considerations (01.02.12).

10. EANTCPublicReports [Електронний ресурс] // – Режим доступу: www.eantc.de/public-reports (01.02.12).

11. HEAVYREADING.MPLS-TPinnext-generationTransportNetworks. Whitepaper. – July 2011 [Електронний ресурс] // – Режим доступу: www.heavyreading.com (01.10.11).