

УДК 621.391

А. Л. НЕДАШКОВСКИЙ, канд. техн. наук, доцент,
Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Применение METRO ETHERNET сетей как транспортных в 4G/5G

Рассмотрены проблемы, касающиеся современных мобильных сетей. Проанализированы различные транспортные технологии, способные обеспечить необходимую скорость передачи, заданные параметры качества обслуживания, а также надежность и управляемость операторского класса. Приведена перспективная схема единой общенациональной IP-MPLS сети, которая призвана сыграть важную роль в объединении проводных и беспроводных сетей, в том числе мобильных, таких как 2G/2,5G/3G/4G и 5G.

Ключевые слова: Metro Ethernet; Carrier Ethernet; сети 4G/5G; параметры качества услуг; надежность.

Введение

Инфраструктура для систем сотовой связи изначально должна была обеспечивать коммутацию каналов голосового трафика, а поддержка передачи данных в этих сетях не предусматривалась. Но услуги сегодня все больше ориентированы на данные, и даже голос транспортируется по сетям передачи данных.

Постановка задачи и ее решение

Мобильные приложения выставляют сегодня жесткие требования к параметрам качества услуг QoS (Quality of Service) и поддержания соглашений об уровне услуг SLA (Service Level Agreement). Надлежащие SLA обеспечивают гарантированный битрейт, низкую задержку для услуг реального времени, прежде всего VoIP, видео по запросу и приложений, требующих большой пропускной способности. При этом надежность должна быть на уровне «пяти девяток». Мобильные сети столкнулись с проблемой эволюции и перехода на службы, ориентированные на передачу данных и способные предоставлять весь спектр услуг, таких как передача голоса, данных, видео, а также других дополнительных услуг типа мобильного телевидения, игровых интернет-приложений, видео по запросу (VoD) и музыки по требованию (MOD), причем все это по единой транспортной сети — для минимизации расходов.

Чтобы интегрировать все эти услуги, необходима экономически эффективная технология транзитной передачи. Выбор, существующий на данный момент, — это сети TDM и ATM, которые, однако, не являются экономически эффективными. Они способны обслуживать трафик с невысокой скоростью передачи, что пока еще более или менее удовлетворяет клиента. Давайте выясним, почему TDM и ATM транспортные сети неминуемо утратят популярность в долгосрочной перспективе, и назовем альтернативную, более эффективную технологию.

Транспортные сети TDM и ATM

Существующие мобильные технологии, такие как 2G/2,5G, использовали сети с временным раз-

делением каналов (TDM сети) в качестве транспортных, исходя, прежде всего, из соображений надежности. Однако этот подход не является экономически эффективным, когда требуется обеспечить высокую скорость передачи данных, а также видео и других услуг с добавленной стоимостью.

Беспроводные провайдеры уже сейчас признают необходимость поддержки функциональности операторского класса в транспортных сетях (например, QoS, масштабируемость, эффективная система административного управления (ОАМ — Operations Administration and Management), не забывая о стоимостных характеристиках. Именно поэтому указанные провайдеры вначале выбрали технологию ATM для транспортных соединений.

Однако сети ATM сопряжены со слишком большим количеством ручной работы, не предлагая масштабируемого решения, позволяющего поддерживать объемы пропускной способности, имеющие место в сетях 3,5G (HSPA+), 4G (LTE/WiMAX/Wi-Fi) и, тем более, 5G.

Для того чтобы обеспечивалось развитие в направлении All-IP сетей, необходимо найти эффективный способ построения транспортной сети операторского класса.

При этом сеть должна поддерживать надежность на уровне «пяти девяток».

Какая технология может стать правильным кандидатом? Оказывается, Ethernet является самым удачным выбором.

Покажем, почему Ethernet — наиболее подходящее решение для организации транспорта мобильного трафика в сетях 4G и 5G.

Ethernet как транспортная сеть — обоснованный выбор

Ethernet является преобладающей технологией, используемой в корпоративных локальных вычислительных сетях (ЛВС). Она, отличаясь простотой в установке и обслуживании, доказала свою эффективность как недорогая технология передачи данных, которая, однако, в нынешнем виде не приемлема для мобильного транспорта, требующего строгого поддержания QoS и возможностей ОАМ.

© А. Л. Недашковский, 2017

Технологія **Ethernet** операторського класу (*Carrier Ethernet*), стандартизована **MEF 22** (*Metro Ethernet Forum*, версія 22) [1], визначає різні сервіси локальних мереж, такі як **E-Line** (*Ethernet Virtual Circuit*: віртуальна виділена лінія з топологією точка-точка), **E-LAN** (*Ethernet LAN*: віртуальна виділена ЛВС з топологією багаточка-багаточка) і **E-TREE** (*Ethernet Tree*: віртуальне виділене дерево з топологією точка-багаточка), що робить звичайний Ethernet незвичайно надійним, добре випробуваним і перевіраним рішенням з функціями Ethernet OAM управління з'єднаннями і відхиленнями, порівняними з можливостями TDM, SDH/SONET в світі технологій операторського класу.

Розглянемо найбільш широко використовувані способи розгортання транспортних Ethernet мереж.

Микроволновий пакетний радіодоступ

Для віддалених вузлів NodeBs/eNodeBs, де провідної або оптичного доступу не представляється можливим, можна використовувати микроволновий пакетний радіодоступ як транспортну мережу. Многочисленний VLAN трафік (*Multiple VLAN — Multiple Virtual Local Area Network*) з вузлів NodeB/eNodeBs доставляється на основі пакетної комутації микроволновими системами, здатними забезпечувати швидкість передачі порядку 180 ... 220 Мбіт/с. До шести вузлів NodeB з гарантованою швидкістю передачі (CIR — *Committed Information Rate*) 30 Мбіт/с або 2 eNodeBs можуть бути об'єднані за допомогою єдиного микроволнового пакетного радіодоступу на рівні попередньої агрегації трафіку.

GPON/NG-PON/10G-PON доступ

Для густонаселених територій (наприклад, для міст) пакетний радіодоступ уже не є хорошим вибором, так як не забезпечує необхідної прямої видимості (LoS — *Line of Sig*). Висотні будівлі блокують або спотворюють СВЧ сигнали. Таким чином, в великих містах висока продуктивність, економічна ефективність, необхідна якість передачі можуть бути забезпечені на основі технологій GPON. Системи GPON, засновані на топології точка-багаточка, використовують оптичне лінійне завершення OLT (*Optical Line Terminal*) в «корні» PON-дерева і оптичні мережні завершення ONU (*Optical Network Units*) в його «листях». Вузли NodeBs підключаються до ONU через комутатори Ethernet. Агрегований висхідний трафік до всіх вузлів NodeBs і з них обробляється з високою швидкістю — від 1 до 10 Гбіт/с (GbE — *Gigabit Ethernet*), залежно від трафіку, генерованого вузлами NodeBs. OLT додатково може

забезпечувати резервування завдяки організації двох висхідних оптичних з'єднань, прокладених по різних фізичних трасах.

Система GPON розгортається на основі розгалуження одного оптичного волокна з використанням пасивних оптичних розгалужувачів (PSCs — *Passive Optical Splitters*). Нисхідний трафік в напрямку вузлів NodeBs передається в широкодіапазонному режимі, а висхідний трафік використовує мультиплексування з часовим розподілом каналів (TDMA).

В стандарті ITU-T G.984.6 [2] визначено пропускна здатність системи GPON 2,488 Гбіт/с для нисхідного напрямку і 1,244 Гбіт/с для висхідного. Система GPON в загальному випадку може забезпечити дальність зв'язу до 20 км або до 60 км з використанням спеціальних систем дальнього дії.

GPON є економічно ефективною технологією з розгалуженою вбудованою системою OAM і механізмами забезпечення QoS. GPON також підтримує VLAN для передачі множини потоків трафіку з різним рівнем QoS для кожного з них. Майбутні мережі PON, такі як NG-PON і 10G-PON, можуть підтримувати швидкості до 10 Гбіт/с.

Ethernet поверх SDH мереж доступу (EoSDH: Ethernet over SDH Access)

Вузли NodeBs, розташовані за межами дальності зв'язу згаданих технологій, можуть використовувати схему передачі Ethernet пакетів в складі SDH потоків (*Ethernet over SDH*) на ділянці попереднього агрегування транзитного з'єднання. При цьому кадри Ethernet прозорко переносяться системами SDH/DWDM і доставляються до точки агрегації (Aggregation) Metro Ethernet мережі.

Metro Ethernet грає найважливішу роль в зменшенні затримки і підвищенні надійності мережі, забезпечуючи захист, стійкість до відмови і високу доступність порівняно з традиційними системами передачі на основі SDH/DWDM. Metro Ethernet є чистою (однорідною) IP-мережею, надаючи сервіси 2-го і 3-го рівня моделі взаємодії відкритих систем (Layer 2 або Layer 3 Services) за допомогою функцій L2VPN/L3VPN технології MPLS з багатьма можливостями OAM. Резервування за схемою 1+1 забезпечується на рівні агрегації (Aggregation Stage) шляхом передачі транзитних потоків типу EoSDH або GPON в висхідному напрямку через два граничних маршрутизатора (PEs — *Provider Edge Routers*) Metro Ethernet мережі.

Розглянемо особливості застосування технологій Metro Ethernet в мобільних мережах 2G/2,5G перших версій, а також в All-IP мережах 2G/2,5G/3G/4G останніх версій.

Транспортная сеть в первых версиях 2G/2,5G и 3G сетей

Сети 2G и 2,5G, основанные на GSM/EDGE или CDMA-системах, используют TDM в качестве основного способа транзитного соединения для подключения базовых приемо-передающих станций (BTS — *Base Transceiver Station*) к базовой сети (Core Network). Поскольку полоса пропускания, необходимая для этих базовых станций, не превышает 5 Мбит/с, то наличие двух или трех каналов E1 вполне достаточно. Типичная схема транспортной сети в устаревших версиях 2G/2,5G с использованием общепринятых терминов и аббревиатур приведена на рис. 1.

Локальная IP-сеть обрабатывает GPRS трафик перед его передачей в сеть Интернет.

All-IP транспортные сети в системах 3G основываются на технологии UMTS. Узлы NodeB или базовые станции 3G сетей требуют пропускную способность порядка 15-30 Мбит/с в тех сотах, где не поддерживается режим HSPA (*High Speed Packet Access*).

Если HSPA поддерживается, то потребность узлов NodeB возрастает до 42 Мбит/с и выше, чтобы быть в состоянии обрабатывать дополнительный мультимедийный трафик клиентов. При этом, как правило, все узлы NodeB имеют минимум один интерфейс Fast Ethernet (FE) и поддерживают технологию VLAN.

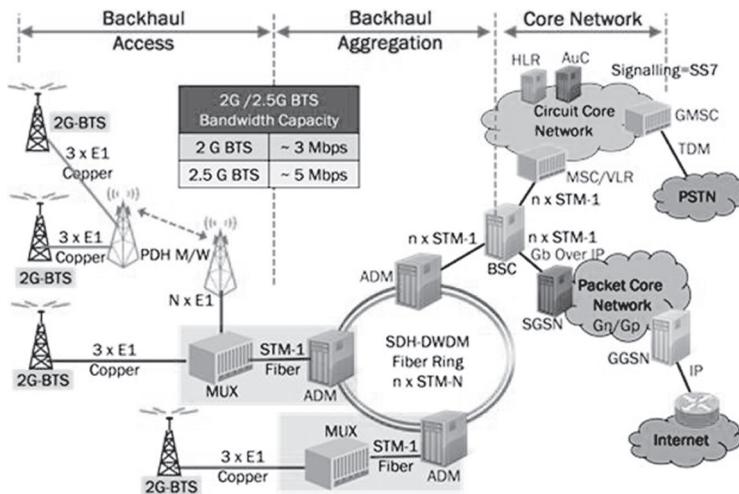


Рис. 1. Транспортная сеть в устаревших версиях мобильных сетей поколений 2G и 2,5G

Отметим, что GPRS трафик в контроллерах базовых станций BSC (BSC — *Base Station Controller*) обрабатывается одним из трех способов:

- 1) отдельным ядром пакетной сети (*Packet Core*), работающим на основе технологии IP;
- 2) узлами обслуживания абонентов пакетной сети передачи данных (SGSN — *Serving GPRS Support Node*);
- в) узлами обслуживания абонентов GPRS (GGSN — *GPRS Gateway Support Node*).

Транспортная сеть и сеть ядра в 2G/2,5G/3G/4G сетях

Унифицированная единая транспортная сеть и сеть ядра, работающая в гибридном окружении систем 2G, 2,5G, 3G и 4G, в общепринятых терминах и аббревиатурах изображена на рис. 2. В данном случае транспортные сети уровня доступа, предварительной агрегации и агрегации строятся по способам, описанным в данной статье. Например, в сетях 2G и 2,5G ранних версий применяются

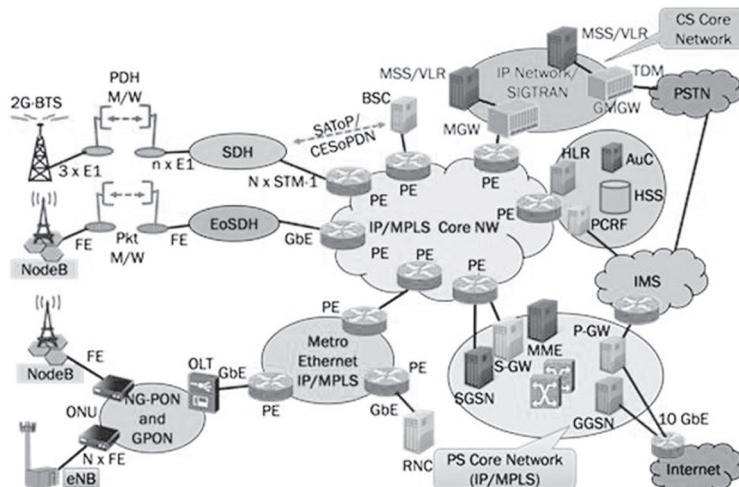


Рис. 2. Унифицированная единая транспортная сеть и сеть ядра в окружении систем 2G, 2,5G, 3G и 4G

микроволновые системы PDH, SDH и IP-MPLS на уровнях доступа, предварительной агрегации и агрегации. При этом узлы NodeB в 3G UMTS используют системы микроволнового пакетного радиодоступа, EoSDH и IP-MPLS или GPON-Metro Ethernet и IP-MPLS сети на уровнях доступа, предварительной агрегации и агрегации единой транспортной сети.

Выводы

◆ Создание единой общенациональной IP-MPLS сети — задача вполне разрешимая. Указанная сеть сыграет важную роль в объединении всех компонентов беспроводных сетей, в том числе и мобильных — как 2G/2,5G/3G/4G, так и 5G. Трафик данных, голосовой трафик, трафик сигнализации, мониторинга, управления и мультимедийный трафик на основе протокола IP (IMS — *IP Multimedia Subsystem*) может быть транспортирован при помощи унифицированной единой общенациональной IP-MPLS сети.

Традиционный TDM трафик сетей 2G/2,5G при этом может передаваться с использованием таких механизмов, как неструктурированная передача TDM трафика в пакетных сетях (SAToP — *Structure-Agnostic TDM over Packet*) или эмуляция выделенных каналов в сетях с коммутацией пакетов (CESoPSN — *Circuit Emulation Service over Packet Switched Network*) по общенациональной IP-MPLS сети, если BSCs и BTSs расположены в разных городах.

◆ Будущее транспортных сетей на базе технологии Ethernet представляется весьма перспективным. Уже в наши дни самая высокая скорость

Ethernet достигла 100 Гбит/с — значения, вполне достаточного для следующих поколений мобильных сетей 4G и 5G. Кроме того, сегодня, прежде чем линии 40G/100G станут широко применяться операторами связи, начались работы по стандартизации следующего, более высокоскоростного интерфейса 400 Гбит/с [3]. Этим подтверждается, что транспортные сети на базе технологии Ethernet еще долго будут наиболее эффективным способом организации транспортных сетей, обеспечивающим высочайшие скорости, равные сотням мегабит в секунду, как главную предпосылку повышения уровня удовлетворенности клиентов качеством предоставляемых услуг.

Список использованной литературы

1. **MEF 22** (*Metro Ethernet Forum версия 22*) [Электронный ресурс].— Режим доступа: https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_22.1.pdf (14.02.2017г.).
2. **ITU-T G.984.6: SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS** *Digital sections and digital line system — Optical line systems for local and access networks Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension* [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.6-200803-I/en> (14.02.2017).
3. **IEEE P802.3bs Baseline Summary extension** [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://www.ieee802.org/3/bs/baseline_3bs_0715.pdf (14.02.2017г.).

Рецензент: доктор техн. наук, профессор **А. И. Семенко**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

О. Л. Недашківський

ЗАСТОСУВАННЯ METRO ETHERNET МЕРЕЖ ЯК ТРАНСПОРТНИХ У 4G/5G

Розглянуто проблеми, що стосуються сучасних мобільних мереж. Проаналізовано різні транспортні технології, здатні забезпечити необхідну швидкість передавання, задані параметри якості обслуговування, а також надійність і керованість операторського класу. Наведено перспективну схему єдиної загальнонаціональної IP-MPLS мережі, яка має відіграти важливу роль в об'єднанні провідних і безпроводових мереж, включаючи мобільні мережі, такі як 2G/2,5G/3G/4G і 5G.

Ключові слова: Metro Ethernet; Carrier Ethernet; мережі 4G/5G; параметри якості послуг; надійність.

O. L. Nedashkivskyi

APPLICATION OF METRO ETHERNET NETWORK AS TRANSPORT FOR 4G/5G

The article deals with the problems faced by today's mobile networks. We analyzed the different technologies of transport networks, which are able to provide the required rate, given the quality of service parameters, reliability and manageability of carrier-class. A perspective diagram of a single nationwide IP-MPLS network, which will play an important role in bringing together wired and wireless networks, including wireless networks like 2G/2,5G/3G/4G, and 5G.

Keywords: Metro Ethernet; Carrier Ethernet; 4G/5G network; quality of service; reliability.