

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОПОРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LONG TERM EVOLUTION

Введение

В процессе развития телекоммуникационной отрасли повышаются требования к высокоскоростным сетям передачи данных. Это связано со стремительным внедрением широкополосных беспроводных сервисов и быстрого роста числа мобильных пользователей. Необходимость в новых принципах построения систем и новых технологиях передачи данных очевидна.

Большие возможности открываются при использовании технологий беспроводного доступа, использующих инфраструктуру пакетной передачи данных, таких как WiMAX и LTE. Технология LTE является перспективной технологией широкополосной мобильной связи с точки зрения производительности, что для операторов мобильной связи заключается в возможности увеличения емкости сети и пропускной способности в совокупности с большими скоростями передачи трафика и меньшими задержками передачи пакетов.

В то же время, вследствие масштабируемости и гибкости сети, операторы мобильной связи сталкиваются с экономическими проблемами, так как их магистральные сети испытывают сложности, связанные с сокращением расходов. Таким образом, многие операторы связи переводят свои опорные сети на IP, базирующиеся на поддержке 3G – трафика, а также на обеспечение качества и продолжительности связи с Интернетом или 4G – сетью.

Связующим звеном между Интернетом и любой базовой сетью является опорная сеть (backhaul). Backhaul принимает на себя основную нагрузку по организации связи между элементами сети мобильного доступа и магистральной сетью оператора, то есть ее роль заключается в транспортировке данных от мобильного абонента к коммутационной емкости оператора мобильной связи и через него к другим операторам.

Организация сети для агрегации трафика и обеспечение взаимодействия на опорном уровне с использованием концепции мобильных сетей с упрощенной архитектурой является основной задачей при построении нового поколения телекоммуникационных сетей, что определяет актуальность данной публикации.

Основная часть

Известно, что организация сетей 2G, 3G базируется на иерархической структуре построения. Взаимосвязь базовых станций и основных элементов пакетных ядер (SGSN, MSC и GGSN), которые являются узлами магистральной сети, осуществляется через контроллеры транспортной сети (BSC или RNC). Прямая связь между базовыми станциями и ядром сети отсутствует [1].

В отличие от сетей мобильной связи предыдущих поколений сети 4G полностью опираются на IP. В архитектуре таких сетей выделяются основные элементы: IP – мобильные терминалы и прикладные системы. Необходимыми компонентами между терминалами и сервером приложения являются: базовые станции, уровень агрегации трафика и собственно пакетное ядро (Evolved Packet Core – EPC).

Для мобильных операторов крайне необходимо упростить работу сети, что возможно с использованием технологии LTE на основе плоской пакетной архитектуры. Такой подход даст возможность исключить из сети отдельные устройства, такие как контроллеры транспортного сегмента, что позволит напрямую подключаться к пакетному ядру с использованием соответствующих интерфейсов.

Для оптимального построения backhaul сети необходим адекватный выбор топологии. Среди известных топологий backhaul сетей, таких как Hub and Spoke и Full Mesh, целесообразно использовать звездообразную конфигурацию backhaul сети через Hub [2], что связано с

удовлетворением возрастающих запросов рынка услуг телекоммуникаций при переходе к высокоскоростным технологиям HSPA+ и 4G/LTE. На рис. 1 показана данная архитектура.

Такая архитектура backhaul сети обеспечит эффективное сочетание Layer 2 (L2) и Layer 3 (L3) согласно модели OSI в транспортной сети, причем L2 – в области доступа, а L3 – в сегменте агрегации, так как в развитии транспортной стратегии выбор между уровнями Layer 2 и Layer 3 связан с расходами операторов. А взаимодействие, роуминг и хэндовер сетей LTE и 2G/3G возможны на начальном этапе с учетом использования IP протокола, который обеспечивает поддержку работы различных мобильных узлов, что и отражено в проекте 3GPP [3]. Рекомендации проекта 3GPP учитывают использование для L2 виртуальных частных сетей VPN, для L3 – VPN и шлюз с использованием технологии MPLS на основе VPN. Такая система управления обеспечит экономическую поддержку масштабируемых услуг и сервисов в сети IP.

Технология MPLS обеспечивает поддержку транспортных приложений, лучшую поддержку услуг и масштабирована в сетях доступа, поэтому ее называют технологией сетевой конвергенции. Это раскрывает ряд привлекательных возможностей: высокую производительность и пропускную способность, моделирование трафика, простоту построения сетей и их эксплуатацию. Использование технологии MPLS на всех уровнях сети, представляющее собой единое MPLS пространство, показано на рис. 2.

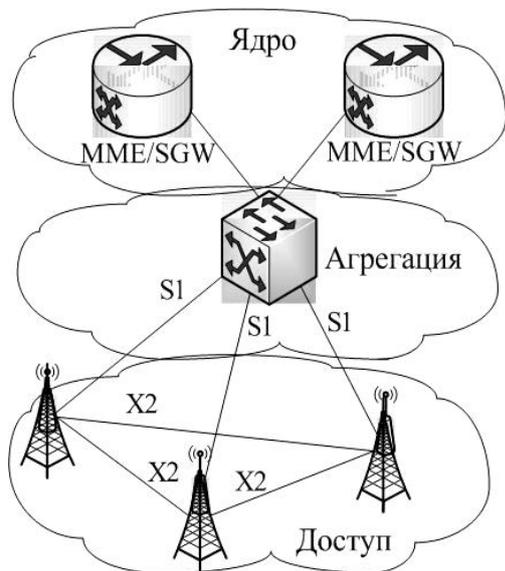


Рис. 1

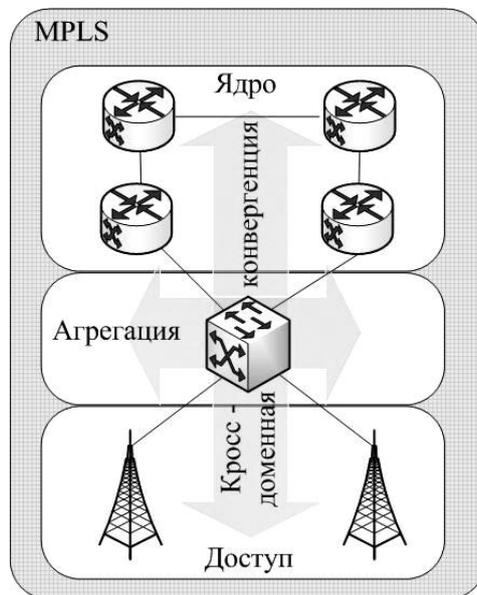


Рис. 2

В традиционной технологии MPLS выделяют некоторые трудности, связанные со сложностью реализации сервисов в крупных сетях. Это, например, необходимость применения сложных механизмов уровня L3 при сопряжении с протоколами уровня L2.

Опорная сеть оператора состоит из трех уровней: доступа, агрегации и ядра сети. Уровни агрегации и ядра могут быть объединены в один уровень – агрегация+ядро. На основе сети к уровню ядро/агрегация [2], построенной в соответствии с концепцией UMMT (Unified MPLS Mobile Transport), можно добиться высокой производительности и пропускной способности, а также простоты эксплуатации сетей. Кроме того, при интеграции с помощью MPLS сегментов доступа, агрегации и ядра уменьшается количество узлов администрирования.

Такое построение опорной сети позволит сформировать транспортную основу для поддержки сетей LTE, 2G GSM и 3G в стандарте UMTS. Для операторов мобильной связи использование единого стандарта MPLS для мобильного транспорта будет комплексным решением, оптимизированным по стоимости, с поддержкой пользовательского трафика и

трафика бизнес – услуг с высокими показателями качества обслуживания (QoS) по сравнению с аналогичными стандартами.

Схема опорной сети оператора мобильной связи с использованием оборудования компании Cisco Systems показана на рис. 3.

Система сконфигурирована для одновременной поддержки нескольких поколений мобильной связи в единой конвергентной сетевой архитектуре. Обеспечивается внедрение LTE с поддержкой Pseudowire Emulation (PWE) для передачи 2G GSM, L2VPN для 3G UMTS/IP и L3VPN для 3G UMTS/IP и LTE в соответствии с [4, 5]. Поддерживаются: синхронизация, высокие показатели качества обслуживания (QoS), протоколы OAM (эксплуатации, администрирования и обслуживания), быстрая сходимость и управление производительностью. Система оптимизирована для поддержки требований стандарта 4G, таких как IPSec и аутентификация, прямое соединение между БС по интерфейсу X2, мультикаст, виртуализация, возможность распределения EPC шлюзов и балансировка трафика.

Объединенные уровни агрегации и ядра в один уровень интегрируются в единый IGP/LDP домен. Уровень доступа, так называемый узел предварительной агрегации (RAN), состоит из отдельного IGP домена. Узлы агрегации объединяют мобильные сети уровня доступа протоколом MPLS и делают их частью одной автономной системы (АС) с сетью агрегации/ядра. Узлы доступа включаются с помощью различных интерфейсов в соответствующие им L3VPN. Таким образом, связь между базовой станцией и указанными сетевыми элементами осуществляется изолированно внутри L3VPN посредством протокола MPC – BGP.

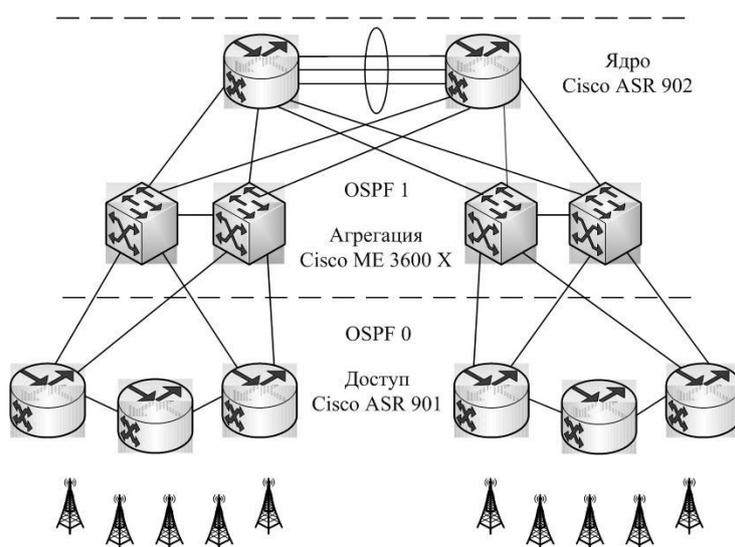


Рис. 3

В качестве узлов доступа выбрано оборудование Cisco ASR901, имеющее определенные преимущества по сравнению с оборудованием других производителей, позиционирующиеся как Cell Site Gateway.

В качестве узлов агрегации выбраны коммутаторы Cisco ME3600X. На этих коммутаторах имеются 24 оптических порта Gigabit Ethernet и два интерфейса 10 Gigabit, что позволяет передавать в ядро большие объемы трафика. Эти коммутаторы хорошо поддерживают MPLS и все необходимые функции.

В качестве ядра опорной сети выступают роутеры Cisco ASR902. Производительность этих маршрутизаторов 55 Гбит/с, обработка пакетов и управление трафиком осуществляется выделенными процессорами Cisco Carrier Ethernet ASIC. Все узлы доступа подключены по несколько маршрутизаторов для экономии портов на коммутаторах агрегации, в то же время обеспечивая резервирование в случае единичного отказа устройства или линии. Каждый из узлов агрегации подключен к каждому из узлов ядра, что также обеспечивает необходимый уровень резервирования. Маршрутизаторы ядра соединены между собой

по технологии Etherchannel, которая позволяет объединять несколько физических каналов Ethernet с одним логическим для увеличения пропускной способности и повышения надежности соединения. Это необходимо, чтобы резервировать соединение в случае отказа одной линии.

Для анализа пропускной способности с вероятностью нахождения пользователя в активном состоянии использовался фактор OBF – так называемый «overbooking factor», который зависит от Statistical Multiplexing Gain (SMG) [6].

Существующие транспортные сети передачи данных 3G, CDMA и WiMAX имеют OBF фактор в пределах 2-5.

Транспортная производительность оценивалась в соответствии с типом морфологии в зависимости от используемой полосы и OBF фактора согласно выражению

$$R[T] = Rt \times S(OBF) \times N_{QCI} \quad (1)$$

Расчет проводился с учетом максимальной скорости передачи данных и за счет введения идентификатора качества обслуживания QCI (QoS Class Identifier). Функция QoS гарантирует, что транспортные буферы передачи сети Интернет работают с высоким приоритетом пакетов данных без потери кадров. На рис. 4 приведены результаты транспортной производительности сети.

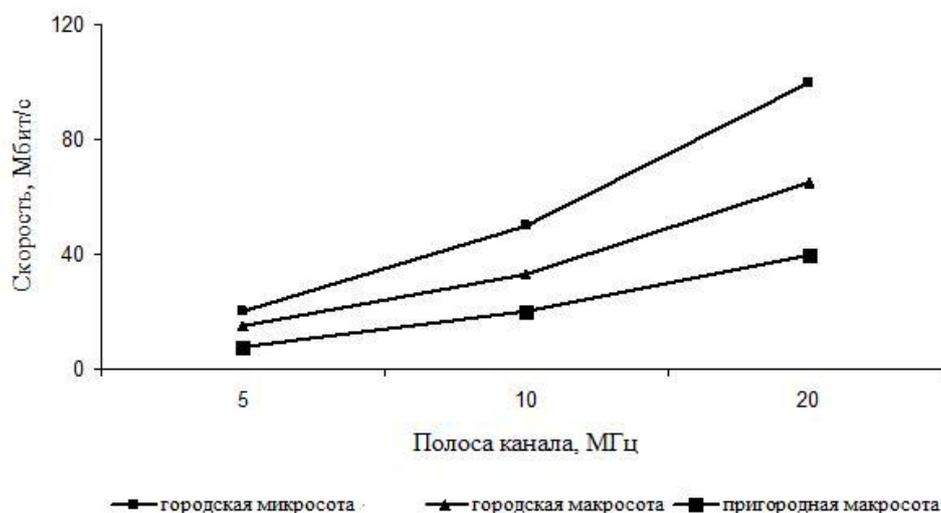


Рис. 4

Таким образом, густонаселенные городские районы имеют более высокие потребности в скоростях, чем сельские районы, которые имеют больший размер ячейки. Поэтому, OBF будет меньше в густонаселенной ячейке, чем в сегментах с небольшим количеством пользователей.

Полоса пропускания, доступная пользователю, и зона покрытия ограничены размером соты. Этим и определяется общее число пользователей, которые могут обслуживаться на определенной территории. Чтобы повысить емкость в густонаселенных районах, операторы могут прибегнуть к «малым сотам» (микро- и пикосотам). Они территориально располагаются в том же районе, что и макросоты, и увеличивают емкость, обслуживая большее число пользователей, находящихся в их зоне покрытия.

Такая разновидность архитектуры требует дополнительной экономической агрегации на взаимодействующих друг с другом макросотах. В некоторых случаях оператору может потребоваться внешний транспортный узел в дополнение к имеющемуся узлу на малых сотах. Таким образом, между доменами радиодоступа и транспорта сетью создается агрегация.

Заключение

В условиях предоставления новых высокоскоростных пользовательских услуг мобильные операторы сталкиваются с техническими и экономическими трудностями. Необходимо увеличить пропускную способность транспортной сети, особенно на уровне опорной сети.

Технология LTE имеет значительные улучшения в сетевой архитектуре по сравнению с сетями 3G. Ее внедрение даст возможность обеспечения минимальной задержки и гибкой полосы пропускания канала, особенно в магистральной части сети, а в совокупности с общей безопасностью сети привлечет потребителя, так как в условиях интеграции сетей вопросы безопасности пользователей и приложений приобретают первостепенное значение.

Проанализирована топология backhaul сети. Показано, что адекватной топологией, наиболее актуальной при переходе к высокоскоростной технологии LTE, а также при большом росте числа пользователей и услуг, является звездообразная конфигурация через Hub.

Выбрана технология MPLS для построения backhaul сети оператора связи в совокупности с концепцией Unified MPLS Mobile Transport. Показано, что особенностью такой сети является наиболее полный операционный функционал и эксплуатационные качества, что позволяет реализовать взаимодействие нескольких поколений мобильной связи в единой сетевой архитектуре. Это необходимо операторам связи на этапе последовательного перехода от устаревших технологий к IP-платформе.

Предложена модель сети с использованием оборудования компании Cisco Systems, являющаяся комплексным решением, на всех уровнях которой настраивается протокол MPLS для одновременной поддержки нескольких поколений мобильной связи в единой сетевой архитектуре.

Проанализирована транспортная производительность сети с использованием стандартных полос частот каналов, определенных в технологии LTE. Показано, что городские микросоты имеют более высокие потребности в скоростях, чем пригородные макросоты, которые имеют больший размер ячейки.

Список литературы:

1. Howard. Michael Using Carrier Ethernet to Backhaul LTE / Michael Howard // INFONETICS RESEARCH. 2013. 18 p.
2. Токарь Л.А., Белоусова Е.Э., Коляденко А. В., Лукинов И. Г. Разработка модели опорной сети на основе технологии Long Term Evolution / Л.А. Токарь, Е.Э. Белоусова, А. В. Коляденко, И. Г. Лукинов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2017. Вып. № 2/9(86). С. 38-44.
3. 3GPP TS 45.005 V8.8.0 (2010-03) [Электронный ресурс] / 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group GSM/EDGE Radio Access Network; Radio transmission and reception (Release 8). Режим доступа: http://www.3gpp.org/Specs/GSM_GERAN/45005-880.pdf. 25.06.2016 г.
4. Rosen, E. RFC 2547. BGP/MPLS VPNs [Text] / E. Rosen, Y. Rekhter. March 2012. 215 p.
5. Muthukrishnan, K. RFC 2917. A Core MPLS IP VPN Architecture / K. Muthukrishnan, A. Malis. September 2013. 348 p.
6. The Notion of overbooking and Its Application to IP/MPLS Traffic Engineering [Электронный ресурс] / Cheng C. Chen, Internet Traffic Engineering Working Group. Режим доступа: <http://www.ietf.org/proceedings/52/I-D/draft-cchen-te-overbooking-01.txt>. 11.06.2016 г.

*Харьковский национальный
университет радиоэлектроники;
Национальный аэрокосмический
университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Поступила в редколлегию 15.02.2018