

Особенности и эволюция архитектуры базовой сети LTE

ПЕРВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ОБЛИКА СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ, КОТОРАЯ ПРИДЕТ НА СМЕНУ UMTS В ЕВРОПЕ, БЫЛИ НАЧАТЫ УЖЕ В ДЕКАБРЕ 2004 г. ЦЕЛЬЮ ЭТИХ РАБОТ БЫЛО СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ LTE (LONG TERM EVOLUTION) НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ UMTS В НАПРАВЛЕНИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СЕТИ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ РАДИОДОСТУПА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ДАННЫХ В РАДИОИНТЕРФЕЙСЕ.



Тихвинский В.О.
Руководитель отделения
"Информационные
и телекоммуникационные
технологии" РАЕН



Терентьев С.В.
Системный архитектор
ОАО "МегаФон"

Исследования главным образом фокусировались на поддержке услуг домена коммутации пакетов (PS-домен) и затрагивали:

- физический уровень радиointерфейса (способы обеспечения гибкого использования каналов с изменяемой шириной полосы излучения/приема до 20 МГц, внедрение новых технологий модуляции сигналов OFDM и многолучевых антенных технологий MIMO);
- канальный и сетевой уровень радиointерфейса (оптимизация сигнализации);
- архитектуру UTRAN (определение оптимальной сетевой архитектуры сети радиодоступа и функциональных различий между сетевыми узлами RAN).

Для концентрации усилий ряд крупнейших операторов мобильной связи (KPN Mobile NV, Orange SA, Sprint Nextel Corporation, T-Mobile International AG & Co KG, Vodafone Group PLC, China Mobile и NTT Docomo) создали организацию, которая участвует в разработке стандартов LTE, а ее инициативный проект назван NGMN (Next Generation Mobile Networks).

Эта организация призвана дополнить работы, ведущиеся в этом направлении существующими группами 3GPP и ETSI, занимающимися стандартизацией. Она разрабатывает рекомендации и требования к функциональности и производительности, которые должны быть заложены в будущих спецификациях. Основная цель организации - обеспечить запуск коммерческих сервисов нового поколения к 2010 г. Так, например, японская компания NTT DoCoMo уже тестирует технологии со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с в движении и 1 Гбит/с в стационарном режиме.

Таким образом, главными целями эволюции систем 3G в направлении LTE является дальнейшее улучшение качества предоставления услуг и уменьшение расходов пользователей, а также и эксплуатационных расходов операторов.

В рамках деятельности партнерского проекта 3GPP, программа долгосрочного развития систем третьего поколения окончательно определена уже в сентябре 2007 г., в виде разрабатываемого Релиза 8, и одобрена в качестве стратегического направления деятельности ETSI на последней Генеральной Ассамблее в ноябре 2007 г. В настоящее время рабочие группы 3GPP представили технические отчеты по начальной стадии эволюции E-UTRAN (TR 25.813, TR 25.814 и TR 25.913) [1-3]. В рамках этих работ идет определение эволюции архитектуры высокого уровня (high level) SAE (System Architecture Evolution, TR 23.882) системы LTE.

Технические требования к базовой сети и сети радиодоступа LTE

Первые технические требования к LTE были сформулированы в техническом отчете TR 25.913 [1], которые определили требования к сети радиодоступа E-UTRAN:

1. Максимальная (пиковая) скорость передачи данных:

- 100 Мбит/с в линии "вниз" при полосе канала 20 МГц (спектральная эффективность 5 бит/с/Гц);
- 50 Мбит/с в линии "вверх" при полосе канала 20 МГц (спектральная эффективность 2,5 бит/с/Гц);

Требования к максимальным скоростям

передачи данных для сети E-UTRA в режиме FDD/TDD и в режиме TDD (LCR-формат — 1,28 Мчип/с) с учетом передачи служебной информации приведены в табл. 1-2.

Анализ этих требований показывает необходимость использования технологий MIMO и расширения полосы излучения в четыре раза с 5 до 20 МГц.

2. Задержки передачи пакетов сигнализации протоколами плоскости управления (Control-plane latency):

- время перехода из неработающего состояния (Idle Mode, Release 6) в активное состояние CELL_DCH менее чем 100 мс.
- время перехода из режима ожидания CELL_PCH (Release 6) в активное состояние CELL_DCH (Release 6) менее 50 мс.

3. Емкость сети: не менее 200 пользователей на соту в активном режиме при ширине спектра канала 5 МГц.

4. Задержки передачи пакетов пользователя протоколами плоскости пользователя (User-plane latency): менее 5 мс в активном состоянии при загрузке IP-пакетов минимальных размеров (для одного пользователя с одним потоком данных).

5. Скорость передачи данных пользователя (User throughput):

- в линии "вниз" в 3-4 раза выше, чем в технологии HSDPA (Release 6) при использовании двух передающих антенн базовых станций Node B и двух приемных антенн абонентских терминалов UE;
- в линии "вверх" в 2-3 раза выше, чем в технологии HSUPA (EUL Enhanced Uplink) при использовании одной передающей антенны абонентских терминалов UE и двух приемных антенн базовых станций Node B.

6. Эффективность использования спектра (бит/сек/Гц/сот):

- в линии "вниз" в 3-4 раза выше, чем в технологии HSDPA (Release 6) в условиях полной загрузки сети;
- в линии "вверх" в 2-3 раза выше, чем в технологии HSUPA в условиях полной загрузки сети.

7. Мобильность в сети E-UTRAN:

- низкая мобильность АТ в сети (скорость перемещения АТ в диапазоне 0-15 км/ч);
- высокая мобильность АТ в сети (скорость перемещения АТ в диапазоне 15-120 км/ч);
- сверхвысокая мобильность АТ в сети (скорость перемещения АТ в диапазоне

120-350 км/ч, максимально до 500 км/ч).

8. Покрытие предполагает использование в сети сот с радиусом:

- до 5 км при обеспечении максимальной пропускной способности, спектральной эффективности и мобильности;
- до 30 км при ухудшении этих параметров.

Использование макросот сот с радиусом порядка 100 км для сети LTE не рассматриваются.

9. Дальнейшее совершенствование технологии вещания MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service):

- дальнейшее снижение технологической сложности АТ — использование одинаковых видов модуляции, кодирования, множественного доступа и полос спектра частот для режимов Multicast и Unicast;
- одновременное предоставление пользователю услуг вещания MBMS и передачи речи;
- доступность парных (в режиме FDD) и не парных (в режиме TDD) спектральных полос.

10. Гибкость использования спектра:

- сеть E-UTRAN должна использовать каналы с адаптивной шириной спектра, вклю-

Таблица 1

Максимальные скорости передачи данных для сети E-UTRA в режиме FDD/TDD

Линии связи	Линия "вниз" (Downlink)		Линия "вверх" (Uplink)	
	Мбит/с в полосе 20 МГц	бит/с/Гц	Мбит/с в полосе 20 МГц	бит/с/Гц
Условия достижения	2 TX, 64 QAM, R=1 10% служебных сигналов		Один TX UE, 16 QAM, R=1 14% служебных сигналов	
Требуемое значение	100	5,0	50	2.5
С учетом служебной информации (циклические префиксы, защитные интервал и несущие, служебные символы)	182	9.1	57	2.9
Передача только служебных данных (29% общесистемной и уровней L1/L2)	144	7.2	48	2.4

Таблица 2

Максимальные скорости передачи данных для сети E-UTRA в режиме TDD (LCR формат)

Линии связи	Линия "вниз" (Downlink)		Линия "вверх" (Uplink)	
	Мбит/с в полосе 20 МГц	бит/с/Гц	Мбит/с в полосе 20 МГц	бит/с/Гц
Условия достижения	2 TX MIMO, 64 QAM, R=1 LCR формат		Один TX UE, 16 QAM, R=1 LCR формат	
Требуемое значение t	100	5.0	50	2.5
Короткие СР в линии вниз (22% общесистемных данных и уровня L1/L2)	149	7.5	49.8	2.5
Длинные СР в линии вверх (25% общесистемных и уровня L1/L2)	128	6.4		

чая 1,25; 1,6; 2,5; 5; 10; 15 и 20 МГц в линиях "вверх" и "вниз";

- сеть E-UTRAN должна обеспечивать гибкость использования спектра в режимах: "только Downlink", "Downlink и Uplink".

11. Совместимость с технологиями радиодоступа 3GPP RAT (3GPP Radio Access Technology):

- совместимость в одной географической зоне и использование каналов, расположенных рядом с каналами сетей GERAN/UTRAN;

- Абонентские терминалы E-UTRAN, поддерживающие сети UTRAN и/или GERAN, должны поддерживать межсетевой хэндовер;

- Прерывание обслуживания в течение выполнения хэндовера между E-UTRAN и UTRAN (или GERAN) для услуг в реальном масштабе времени (real-time) не должно превышать 300 мс.

- Прерывание обслуживания в течение выполнения хэндовера между E-UTRAN и UTRAN (или GERAN) для услуг, инвариантных к времени (non real-time), не должно превышать 500 мс.

12. Требования к архитектуре сети:

- унифицированная архитектура E-UTRAN;

- архитектура E-UTRAN должна быть построена на основе принципов коммутации пакетов, поддерживающих услуги в реальном масштабе времени;

- высокая надежность сети, построенной по принципу исключения "точек единственного отказа" (single points of failure) без повышения стоимости за счет обратных связей;

- архитектура E-UTRAN должна поддерживать управление качеством услуг QoS в цепочке "конечный пользователь - конечный пользователь" для различных типов трафика: данных (Control Plane), управления (User Plane), обслуживания и эксплуатации (O&M);

- Должны быть оптимизированы протоколы обратных связей, минимизирующие вариации задержек (джиттер).

13. Требования управлению радиоресурсами RRM

- улучшенная поддержка качества услуг QoS в цепочке "конечный пользователь - конечный пользователь";

- эффективное использование ресурсов для передачи данных высоких уровней приложений;

- совместное использование ресурсов с другими технологиями радиодоступа.

14. Упрощение сложность сети:

- минимальное количество опций;
- отсутствие излишних требований к сети.

Архитектура сети LTE

Архитектура сети LTE включает две важнейших сети: сеть радиодоступа E-UTRAN и базовую сеть SAE. Данные сети на уровне L2 используют два вида интерфейсов:

- S1 для плоскости управления (Control Plane);
- X1 для плоскости пользователя (User Plane).

Кроме того, в сети LTE используется дополнительный интерфейс X2, обеспечивающий управление базовыми станциями eNBs сети радиодоступа E-UTRAN, и поддерживающий функционирование модифицированных протоколов плоскости управления и пользователя сети LTE.

Базовые станции eNBs являются элементами (узлами) полностью связанной сети с интерфейсами X2, как показано на рис. 1. Интерфейс X2 поддерживает хэндовер в состоянии UE - LTE_ACTIVE. Базовые станции eNBs соединены с базовой сетью EPC (Evolved Packet Core) еще называемой SAE интерфейсом S1 через сетевой элемент управления мобильностью MME (Mobility Management Entity) и шлюз. Архитектура сети E-UTRAN в соответствии с TR 25.912 [2] представлена на рис. 1 и 2.

Сеть радиодоступа E-UTRAN имеет следующие функциональные отличия от UMTS.

1. Базовые станции выполняют функции управления радиоресурсами RRM (Radio

Resource Management): управление радиоканалами (Radio Bearer Control), управление доступом (Radio Admission Control), управление мобильностью (Connection Mobility Control), динамическое распределение ресурсов (Dynamic Resource Allocation). Таким образом, в сети E-UTRAN базовые станции eNB управляют протоколами радиоинтерфейса низших уровней, комбинируя функции Node B с большинством функций узла RNC сети UMTS.

2. Сетевым элементом управления мобильностью MME (Mobility Management Entity) отвечает за распределение сообщений вызова (Paging) к базовым станциям eNBs. Объект MME управляет протоколами на уровне управления, такими как назначение идентификаторов UE, безопасность, проверка подлинности и управление роумингом.

3. Сетевым элементом плоскости пользователя (User Plane Entity) в сети SAE выполняет сжатие заголовков IP, шифрование потоков данных, терминацию пакетов данных плоскости пользователя (U-plane), коммутацию пакетов данных при обеспечении мобильности пользователя. Объект UPE также управляет протоколами пользовательского уровня, например, хранением текущего статуса UE, прерыванием состояния LET_IDLE на уровне пользователя. Основные протоколы интерфейса S1 представлены на рис. 3 [2].

Архитектура базовой сети SAE

Разрабатываемая архитектура базовой сети SAE (System Architecture Evolution) системы LTE имеет целью создание такой структуры сети, которая позволит осуществлять эволюцию или миграцию сетей 3G в на-

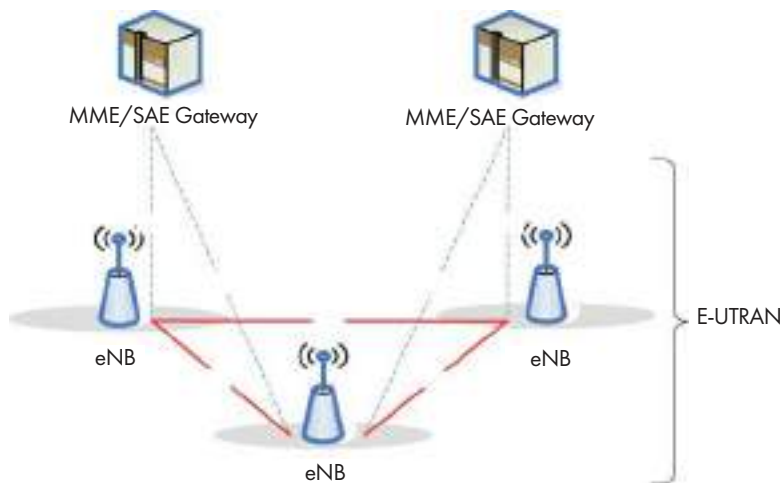


Рис.1. Взаимодействие сетей радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE

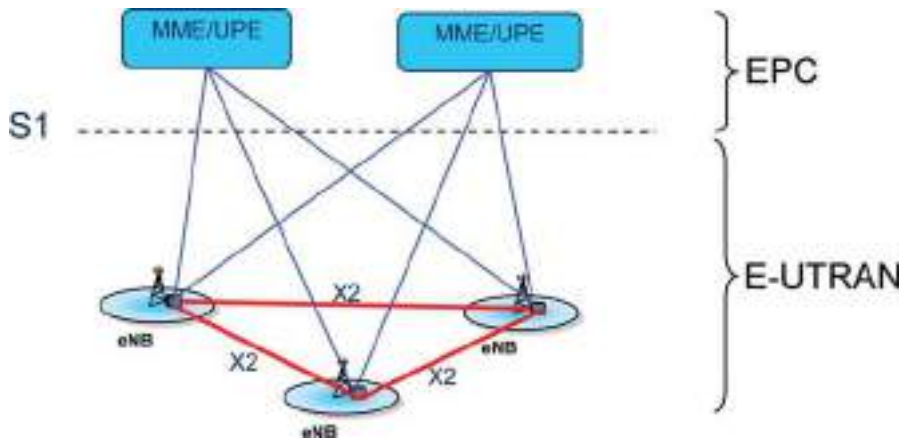


Рис. 2. Использование UPE в базовой сети SAE

правлении еще более высоких скоростей передачи данных, низких задержек, систем, оптимизированных для передачи пакетов данных и использующих разнообразные технологии радиодоступа. Основным требованием 3GPP к базовой сети SAE является максимально возможное упрощение структуры сети и исключение дублирующих функций сетевых протоколов.

Главной задачей архитектуры базовой сети SAE является создание PS-домена системы LTE, который имеет возможность предоставлять как голосовые услуги так и всю совокупность услуг IP на базе технологий пакетной коммутации данных. Первая версия архитектуры сети SAE обоснована в техни-

ческом отчете 3GPP TS 22.978 "Эволюция архитектуры системы". Основным принципом построения архитектуры базовой сети SAE является концепция "all-IP" (другое название AIPN — All-IP Network), а также то, что доступ к сети LTE может осуществляться не только через сети UTRAN и GERAN, но и через Wi-Fi, WiMAX, или другие сети, использующие проводные IP-технологии.

Общая архитектура сети LTE и место в ней базовой сети SAE и сети радиодоступа, а также ее взаимодействие с внешними сетями с учетом различных технологий доступа показана на рис. 4 [5].

Плоская двухуровневая эталонная архитектура системы LTE показана на рис.4. Со-

гласно эталонной SAE архитектуре функции плоскости управления узла SGSN становятся функциями объекта управления мобильностью MME. Функции контроллера RNC, которые не включены в eNB, вместе с функциями плоскости пользователя узла SGSN и функциями узла GGSN помещены в объекты UPE и в 3GPP якорный узел (3GPP Anchor).

Элемент 3GPP Anchor управляет услугами мобильной связи между сетями 2G/3G и сетью LTE. Объект SAE Anchor управляет мобильными услугами между сетями 3GPP и сетями, не относящимися к 3GPP (в частности, WLAN и WiMAX). Элементы сети 3GPP Anchor и SAE Anchor образуют единый якорный узел IASA (Inter AS Anchor).

Взаимодействие базовой сети с другими подсистемами и элементами сети LTE осуществляется при помощи так называемых S-интерфейсов, эталонные точки соединения архитектуры сети для которых и их функции представлены в табл. 3. Взаимодействие S-интерфейсов с элементами сети LTE показано на рис. 4.

Выводы

Успехи разработчиков стандарта IEEE 802.16e пытающихся создать конкурентную технологию построения мобильных сетей связи на основе мобильного WiMAX заставили существенно активизировать свои

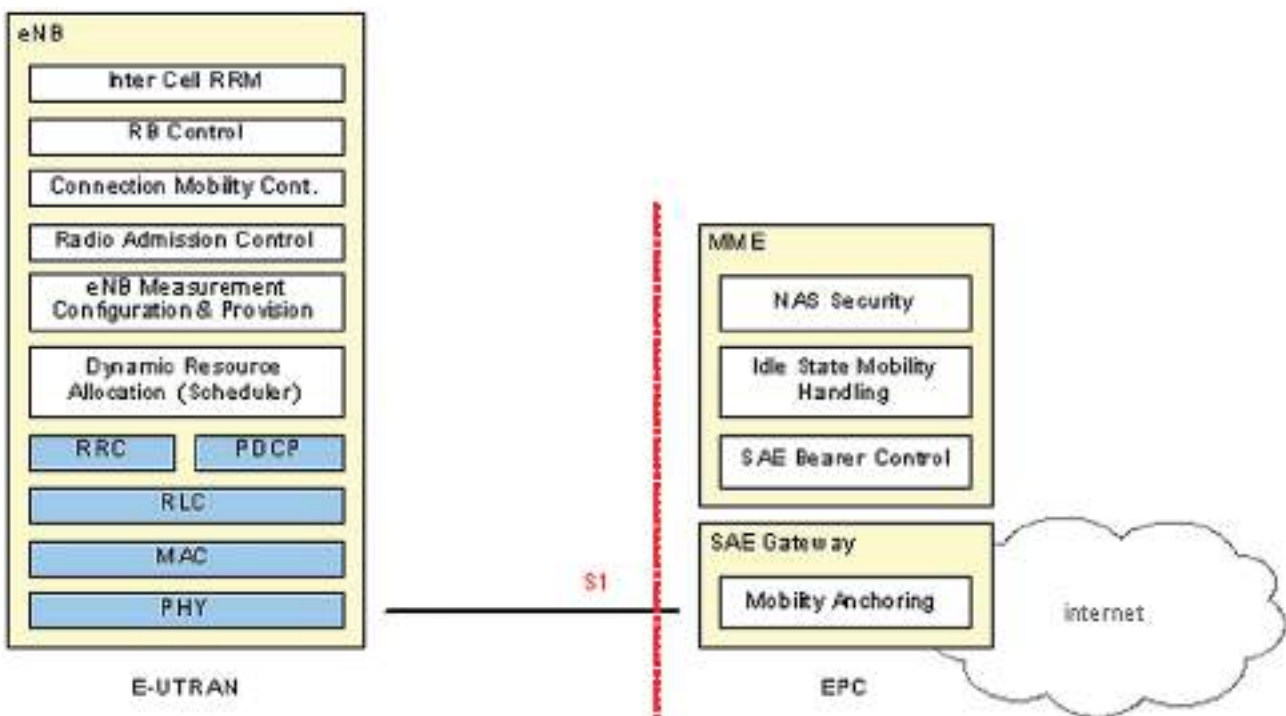


Рис. 3. Протоколы интерфейса S1 сети E-UTRAN

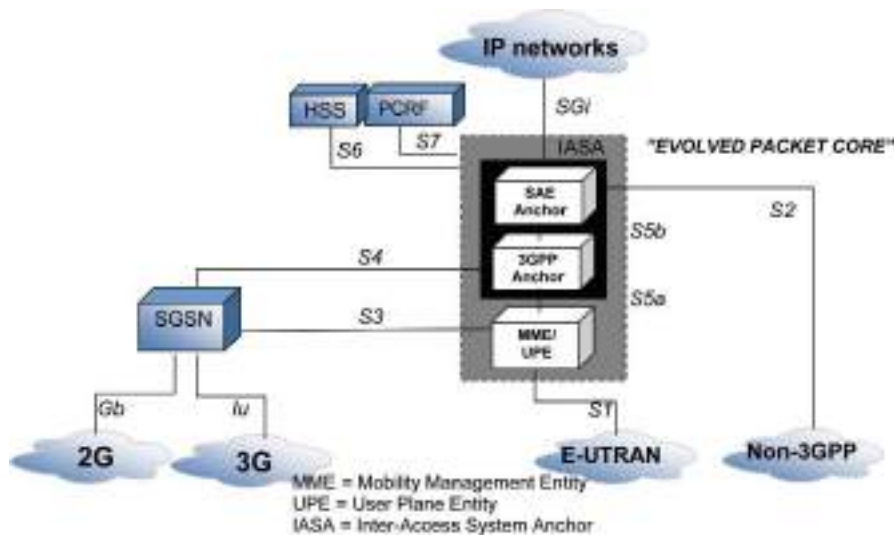


Рис. 4. Эталонная архитектура сети LTE

усилия участников партнерского проекта 3GPP в создании эволюционного варианта перехода от системы UMTS к системе LTE.

Основным требованием партнерского проекта 3GPP к базовой сети SAE является максимально возможное упрощение структуры сети и исключение дублирующих функций сетевых протоколов, наблюдавшееся в системе UMTS.

Особенностями архитектуры базовой сети SAE является то, что функции плоскости управления узла SGSN системы UMTS становятся функциями объекта управления мо-

бильностью MME системы LTE. Функции контроллера RNC, которые не включены в функции базовых станций eNB системы LTE, вместе с функциями плоскости пользователя узла SGSN и функциями узла GGSN системы UMTS помещены в объекты UPE и в 3GPP якорный узел (3GPP Anchor).

Сетевым объектом 3GPP Anchor управляет услугами мобильной связи и взаимодействием между сетями 2G/3G и сетью LTE. Якорный узел SAE Anchor управляет мобильными услугами и взаимодействием между сетями GSM/UMTS и внешними сетями, не относя-

щимися к сетям стандартов GSM/UMTS (в частности, WLAN и WiMAX).

В базовой сети SAE использована разветвленная система сетевых интерфейсов, важнейшими из которых являются S1 и X1, обеспечивающие управление сетью в плоскости управления и плоскости пользователя.

Учитывая темпы разработки Релиза 8, реализующего концепцию системы LTE, национальным операторам следует готовиться к эволюционной замене еще только создаваемой ими базовой сети UMTS, построенной на оборудовании и технических требованиях Релиза 5.

Литература

1. 3GPP TR 25.814 Physical layer aspects for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA), Release 7, V7.1.0, 2006.
2. 3GPP TR 25.813 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Radio interface protocol aspects, Release 7, V7.1.0, 2006.
3. 3GPP TR 25.913 Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN), Release 7, V7.3.0, 2006.
4. 3GPP TR 25.912, Feasibility study for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) and Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) (Release 7).
5. 3GPP TR 23.882.

Таблица 3

Наименование интерфейса	Описание интерфейсов сети LTE
S1	Интерфейс, предоставляющий доступ к сети радиодоступа Evolved RAN для передачи данных плоскости пользователя и управления. Интерфейс позволяет реализовывать отдельные и комбинированные MME и UPE решения
S2a	Интерфейс между 3GPP Anchor и другими IP-сетями (не 3GPP), обеспечивающий передачу данных плоскости пользователя и поддерживающий функции управления и мобильности
S2b	Интерфейс между SAE Anchor и шлюзом ePDG, обеспечивающий передачу данных плоскости пользователя и поддержку функций управления и мобильности
S3	Интерфейс между MME/UPE и узлом SGSN, позволяющий осуществлять управление межсетевым хэндовером абонентских терминалов UE в сетях E-UTRAN и UTRAN. Абонентские терминалы UE могут находиться в состояниях Active (активном) и Idle (не работающем)
S4	Интерфейс между 3GPP Anchor и узлом SGSN, обеспечивающий передачу данных плоскости пользователя и поддержку функций управления и мобильности. Этот интерфейс основан на интерфейсе Gn между узлами SGSN и GGSN сети UMTS
S5a	Интерфейс между MME/UPE и 3GPP Anchor, обеспечивающий передачу данных плоскости пользователя и поддержку функций управления и мобильности
S5b	Интерфейс между 3GPP Anchor и SAE Anchor, обеспечивающий передачу данных плоскости пользователя и поддержку функций управления и мобильности
S6	Интерфейс, обеспечивающий доступ к базе данных пользователей HSS в целях аутентификации и авторизации пользователей (AAA интерфейс)
S7	Интерфейс, обеспечивающий обмен данными управления качеством услуг QoS между элементом PCRF и PCEP (Policy and Charging Enforcement Point).
SGi	Интерфейс между IASA (Inter AS Anchor) и сетями с пакетной передачей данных. Эти сети могут принадлежать как внешнему оператору, так и оператору сотовой связи для предоставления, например, услуг подсистемы IMS. Этот интерфейс основан на интерфейсе Gi между узлами GGSN и внешними IP-сетями