# Разгрузка мобильного трафика LTE с помощью Wi-Fi

На сегодняшний день наблюдается экспоненциальный рост мобильного трафика, что в свою очередь требует подходящих решений для борьбы с большим количеством данных. На сегодняшний день почти все мобильные беспроводные устройства поддерживают технологию Wi-Fi, что позволит в перспективе выгрузить значительную часть трафика из развивающихся 4G сетей в сети IEEE 802.11. Тем не менее, качество предоставления услуг связи должно сохраниться, независимо от того, какой сетевой уровень доступа используется – WiMAX, LTE или же Wi-Fi. В данной работе мы рассмотрим архитектуру сетей LTE и Wi-Fi, а также оценим возможность их взаимной интеграции.

Целью исследования было определить текущую производительность доступных Wi-Fi, 3G, 4G сетей, используемых пользователями в час наивысшей нагрузки. Считается, что в ближайшие 5 лет объем мобильного трафика данных уже достигнет пикового значения. На сайте компании Cisco было опубликовано, что к 2018 году более половины всех устройств, работающих в беспроводной сети, станут smart-устройства, а более двух третей мобильного трафика данных в мире займет обмен видеоданными. Также ожидается, что в среднем каждый смартфон будет генерировать трафик в месяц объемом до 3 Гб, что в 5 раз больше по сравнению с 2013 годом. К 2018 году более половины всего трафика от мобильных абонентов (это почти 17 экзабайт) будет выгружено в Wi-Fi- сети.

Приведенные выше цифры означают, что существующие сети 4G могут быть не в состоянии справиться с ожидаемой нагрузкой, а использование Wi-Fi для целей разгрузки беспроводных сетей является одной из наиболее перспективных стратегий.

## Wi-Fi и LTE – совместная работа

Технология Wi-Fi, как и LTE, обеспечивает высокоскоростной интернет-сервис для мобильных абонентов, использующих ноутбуки, настольные ПК, смартфоны, планшеты и т.д. Wi-Fi предоставляет более высокую нетто-скорость передачи данных по сравнению с LTE. В то время как потенциально возможная брутто-скорость у них одинакова за счет применения идентичных технологий MIMO и OFDM. Но LTE-соединение обеспечивает большую мобильность. Для опытных пользователей гаджетов не секрет, что мобильные устройства уже давно умеют автоматически подключаться к другим сетевым устройствам, в зависимости от того, какое из них дает более сильный сигнал (если, конечно, это не противоречит политике безопасности). В дальнейшем, проблему автоматической аутентификации в беспроводных Wi-Fi-сетях можно будет решать при помощи тех же SIM-карт, ведь этот метод уже давно хорошо отработан на сотовых сетях. Комитет 3GPP (3gpp.org), занимающийся стандартизацией 3G/4G сетей, и еще начиная с релиза 8 выпустил протокол, основанный на клиент-серверном взаимодействии – Dual Stack Mobile IP (DSMIP), который позволяет обеспечить бесшовное обслуживание между 3G и Wi-Fi. Если просто – то DSMIP обеспечивает сохранение IP-адреса абонента при его перемещении из одной сети в другую.

Следует отметить, что органы стандартизации следующих поколений Wi-Fi (IEEE 802.11ac) учли увеличение трафика в сети интернет, и то, что они могут быть использованы для разгрузки сетей

3GPP.

Пару слов скажем о радиусах действия рассматриваемых технологий. По мере того, как пользователь удаляется все дальше от антенны беспроводной сети, уровень сигнала (естественно) становится все слабее, а максимальная скорость передачи данных падает (так как требуется применять все более сложные способы защиты от ошибок). В условиях плотной городской застройки или внутри офисных помещений радиус действия точек доступа варьируется от 45 метров (для старых версий Wi-Fi), и до 70 метров для 802.11n. Недалеко от этого значения ушел 802.11ac. Поэтому для организации равномерного радиопокрытия одной точки доступа будет достаточно лишь для небольших кафе, но для крупных организаций уже требуется сеть точек доступа. 3G/4G технологии охватывают в этом плане гораздо более широкие области. Одна базовая станция WiMAX или LTE может обеспечить дальность связи на 3-5 километров в условиях городской застройки. Рекорд по дальности работы базовой станции LTE был установлен греческим оператором Cosmote еще в 2011 году на базе оборудования Huawei, при скорости передачи в 135 Мбит/сек была организована дальность связи в 102 км, правда для одного абонента в сети.

Последние разработанные стандарты Wi-Fi 802.11n и 802.11ac подобно сетям LTE и WiMAX основаны на технологиях MIMO-OFDM, то есть могут обеспечить аналогичную спектральную эффективность и скорость передачи данных до 1 Гбит/сек (теоретическая выше). Тем не менее, Wi-Fi имеет некоторые ограничения, связанные с тем, что работает в ISM-диапазоне (нелицензируемый диапазон частот), то есть мощность передатчика не позволяет организовать связь на большие расстояния. Кроме того, Wi-Fi не поддерживает QoS (Quality Of Service) – приоритетное качество обслуживания для чувствительных к задержкам услуг связи, таких как голосовой трафик. Также Wi-Fi не может обеспечить высокую скорость перемещения мобильного абонента, как в LTE-сетях.

Несмотря на это, технология Wi-Fi является экономичным решением, а сам 3GPP указал эту технологию как основную, которая поможет разгрузить мобильный трафик и включила ее в сетевую архитектуру 4G.

Ниже мы рассмотрим возможность интеграции LTE и Wi-Fi сетей, но для начала рассмотрим архитектуры этих сетей отдельно.

## Архитектура сети LTE

На верхнем уровне сеть LTE состоит из базовой сети под названием Evolved Packet Core (EPC) и сети радиодоступа под названием Evolved – Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), как показано на рисунке 1.

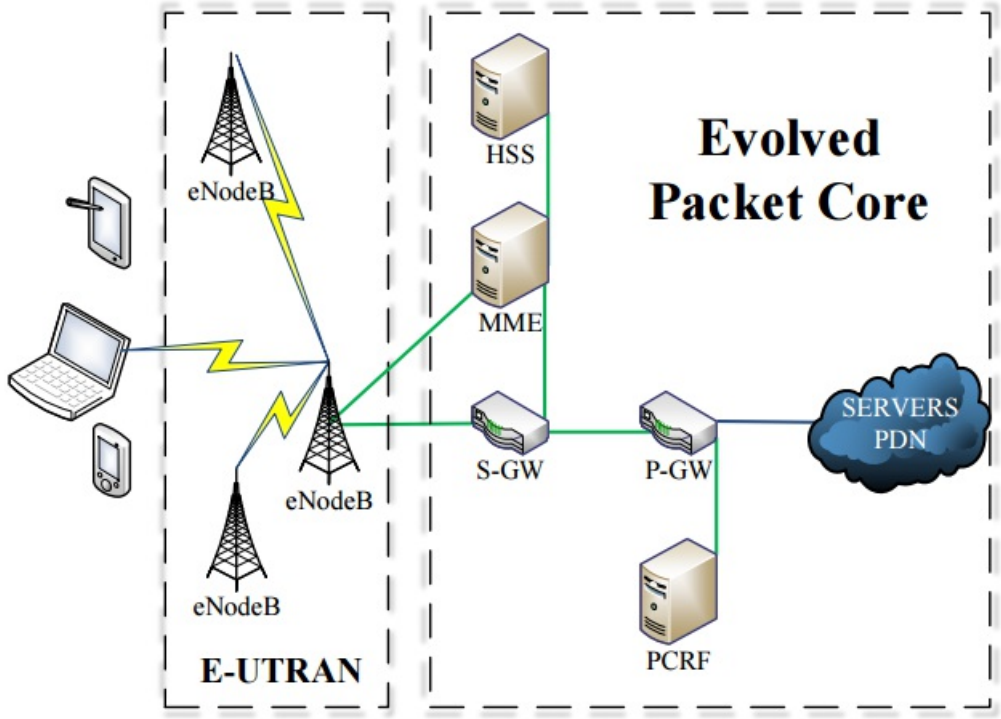


Рисунок 1 – Архитектура сети LTE

В свою очередь, базовая сеть EPC выполнена из шлюза обслуживания Serving Gateway (S-GW), шлюза передачи пакетных данных Packet Data Gateway (P-GW), сервиса управления мобильностью Mobility

Management Entity (MME), сервиса контроля оплаты и применения правил Policy Control and Charging Rules Function (PCRF) и сервиса домашнего абонента Home Subscriber System (HSS).

Сеть доступа E-UTRAN состоит из базовых станций eNodeB, соединяющих абонентов с базовой сетью EPC. eNodeB соединены друг с другом через интерфейс X2, а к EPC подключены через интерфейс S1.

Опишем кратко назначение функциональных узлов, входящих в архитектуру сети LTE:

- S-GW – шлюз, который предназначен для маршрутизации и обработки данных, передаваемых в пакетной форме из подсистемы базовых станций, или в эту подсистему. Этот шлюз должен иметь прямое соединение с сетями 2G,3G того же оператора связи, является полностью цифровым.
- P-GW – шлюз к другим сетям LTE других операторов, его основной задачей является маршрутизация трафика к абонентам, находящимся в сети Интернет.
- MME – этот узел служит для обработки управляющей информации, связанной с мобильностью абонентов в сети. Обеспечивать мобильность – его задача.
- HSS – сервер, хранящий абонентские данные сети LTE, также в его задачи входит шифрование данных и аутентификация абонентов. Подобных серверов может несколько в зависимости от объема сети и числа абонентов.
- PCRF – сервер, отвечающий за контроль начисления платы и оказание услуг в соответствии с заданным тарифным планом.

Когда абонент собирается получить доступ к сети LTE он пытается подключить себя к ближайшей eNodeB, после чего учетные данные абонента перенаправляются в MME. MME проверяет эти данные, обратившись к HSS, в задачу которого входит хранение всех данных об абонентах. После успешного прохождения процедуры аутентификации eNodeB динамически распределяет ресурсы между абонентами в uplink"e и downlink"e. После этого абонент может получить доступ к передаче данных через шлюзы S-GW и P-GW. S-GW маршрутизирует и перенаправляет пакеты с пользовательскими данными, в то же время управляет и хранит контекстные данные. Шлюзы S-GW и P-GW связаны между собой через интерфейс S5. P-GW выполняет распределение IP-адресов между абонентами, а также обеспечивает их связь с внешними сетями пакетной передачи данных PDN (Packet Data Networks). Как уже отмечалось, PCRF – сервер контроля политики безопасности и принятия решений. Политики применяются в PCRF и направляются в P-GW.

## Архитектура Wi-Fi сетей

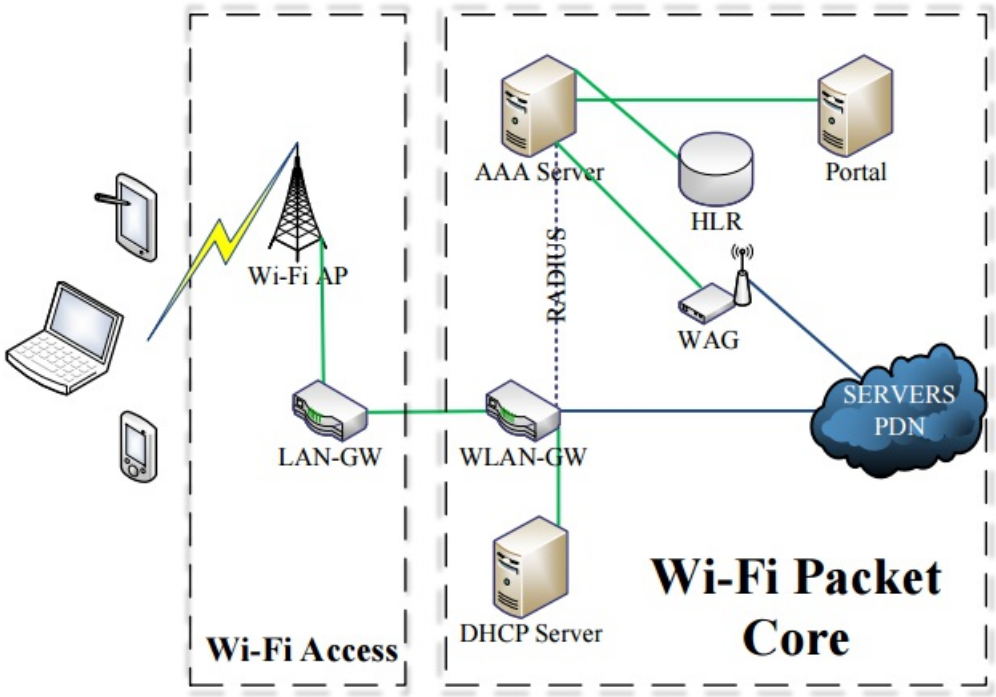


Рисунок 2 – Архитектура сети Wi-Fi

На рисунке 2 представлена сетевая архитектура Wi-Fi. При попытке пользователя получить доступ к беспроводной сети 802.11 он обнаруживает ближайшую к нему точку доступа и отправляет ей свои

учетные данные для прохождения идентификации. Wi-Fi-точка доступа в свою очередь регистрируется в беспроводной локальной сети, подключенной к шлюзу WLAN-GW напрямую либо через LAN-GW (шлюз локальной сети). Шлюз WLAN-GW организует подключение к серверу AAA и DHCP. Понятно, что задачей DHCP сервера является распределение IP-адресов для пользователей сети Wi-Fi. В задачу WLAN шлюза входит агрегация трафика от точек доступа. А сервер с заманчивой аббревиатурой AAA отвечает за авторизацию, аутентификацию и учет пользователей (authentication, authorization and accounting). Аутентификация производится для того, чтобы разрешить пользоваться сетью только легитимным пользователям. Это может быть реализовано на основе протока EAP (Extensible Authentication Protocol). В этом случае веб-портал получает связку имя пользователя/пароль и отправляет его на WLAN-GW, который инициирует аутентификацию RADIUS по отношению к серверу AAA. При этом распределение IP-адресов производится до прохождения аутентификации, тогда как в основе метода EAP аутентификация предшествует выделению IP-адресов. Метод EAP может обеспечить плавное переподключение собственных абонентов сети к сети оператора с SIM-картами.

## Гибридная архитектура LTE-Wi-Fi

Спецификация 3GPP различает два типа Wi-Fi доступа: Untrusted и Trusted, назовем их недоверительный и доверительный соответственно. Первый тип относится к сетям, в которых Wi-Fi точки доступа не находятся под контролем оператора связи. И второй тип соответственно в том случае, если точка доступа является собственностью оператора.

На рисунке 3 показана архитектура Trusted сети с общедоступной сетью Wi-Fi. Архитектура сети включает несколько новых интерфейсов для бесшовной проверки подлинности и целостности IP сессии. Красными линиями показаны соединения, которые обеспечивают интеграцию двух сетей. Также появилось несколько элементов, которых не существовало ранее.

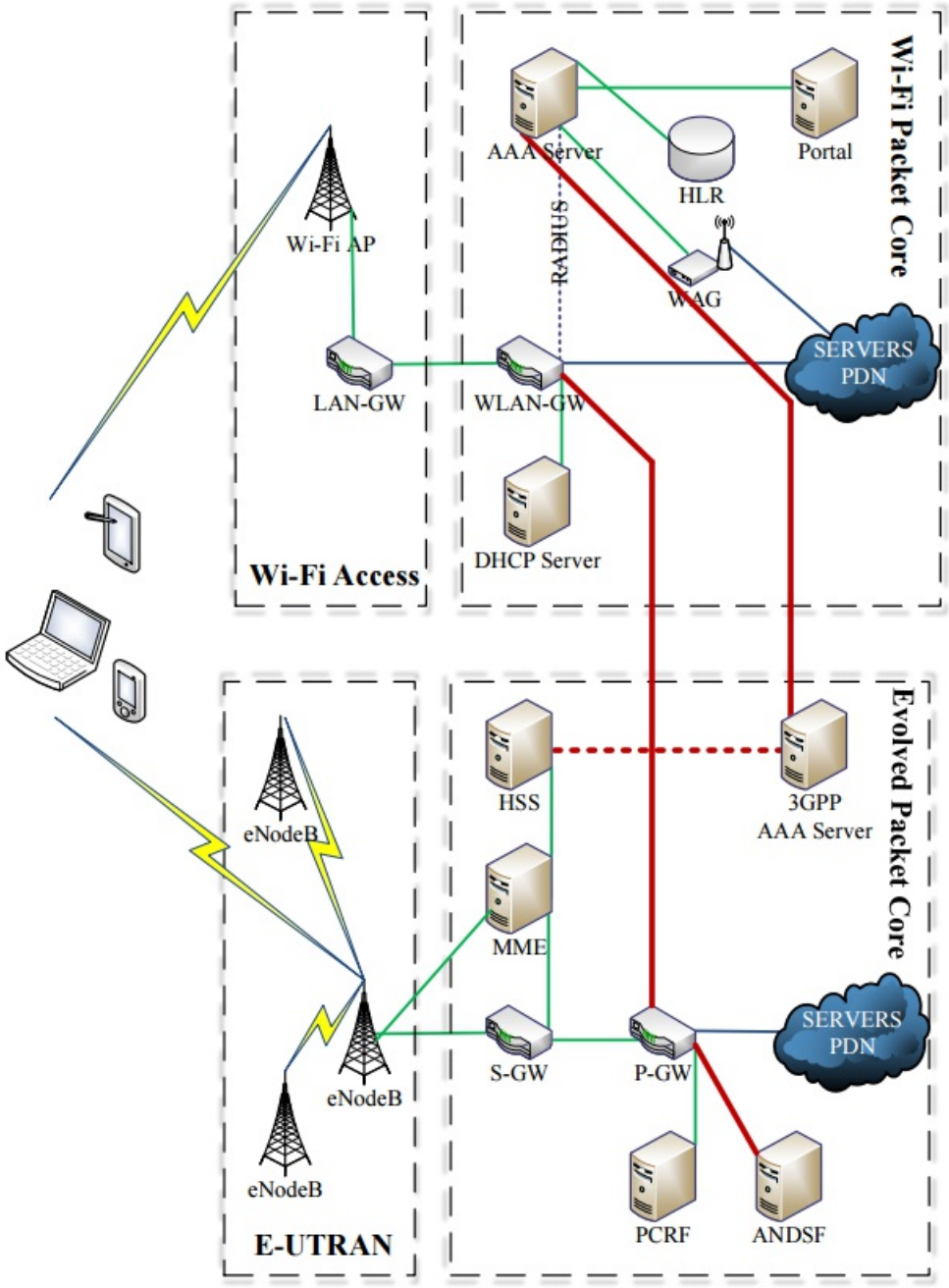


Рисунок 3 –Архитектура гибридной LTE-Wi-Fi сети

## Авторизация в гибридной сети LTE-Wi-Fi

Основным препятствием для эффективной разгрузки сети LTE сетью Wi-Fi является чрезмерное время, необходимое для их логического объединения и аутентификации пользователя во время перехода из Wi-Fi-сети в сети с автоматической аутентификацией EAP-SIM. LTE-Wi-Fi поддерживает бесшовную аутентификацию, то есть когда пользователь из сети LTE переходит в сеть Wi-Fi (или наоборот) он не должен предоставлять свои учетные данные, система сделает это автоматически. Даже при переходе из одной Wi-Fi сети в другую переподключение будет осуществляться автоматически, а процедура аутентификации будет производиться на основе данных, хранящихся на SIM-карте абонента. Метод основан на сигнализации между устройствами с поддержкой SIM сети и базовой станции сети оператора связи.

Когда пользователь с LTE SIM пытается получить доступ к сети Wi-Fi, точка доступа Wi-Fi направляет запрос WLAN шлюзу, который дополнительно перенаправляет его к серверу AAA для проверки учетных данных пользователя. Сервер AAA обменивается данными с AAA 3GPP через интерфейс STA между ними. Сервер 3GPP сверяет данные с HSS и передает его на AAA, который проверяет подлинность пользователя с помощью RADIUS. Таким образом, пользователь проходит проверку подлинности бесшовным образом.

## Мобильность в IP-сетях и непрерывность сеансов связи

После того, как проверка подлинности пользователя произведена, пользователь LTE пытается получить IP-адрес от сервера DHCP через WLAN шлюз, который обменивается данными с P-GW, используя интерфейс S2A между ними и принимает IP-адрес, информацию о политике доступа и т.д., применимые к LTE пользователю. То есть, WLAN дает абоненту IP-адрес, полученный от P-GW сети LTE и применяет правила политики, полученные от того же P-GW. Таким образом, пользователь получает возможность работать с сетью в таком же режиме (скорость передачи, лимит трафика) в публичной сети Wi-Fi, какой имеет и в LTE сети.

Интерфейс S2A между шлюзами P-GW и WLAN-GW может быть основан на шлюзе туннельного протокола Gateway Tunnel Protocol (GTP), или мобильного прокси-протокола IP – Proxy Mobile IP (PMIP). Оба этих протокола позволяют поддерживать непрерывный сеанс связи (не прерывая передачу данных пользователя), сохраняя пользователю IP-адрес при переходе из одной сети в другую. GTP изначально был разработан с целью адаптации 3GPP сетей для таких задач, так что его интеграция может быть наиболее легкой. PMIP был создан в качестве протокола мобильности для технологий доступа отличных от архитектуры 3GPP.

Отдельно отметим такой элемент сети доступа Wi-Fi, как WAG (Wireless Access Gateway) – шлюз беспроводного доступа, который может прозрачно предоставлять мобильный IP-функционал для клиентов. Условия пользования WAG заключается в том, чтобы точка доступа Wi-Fi относилась к классу Trusted non-3GPP сетей. В этом случае каждое абонентское устройство получает отдельный IP-адрес, который является частью пула шлюза P-GW. В этой сети пользователь автоматически получается права доступа без непосредственного своего участия. Этот подход гораздо проще в реализации, так как в этом случае никаких изменений в мобильных устройствах производить не требуется. Тем не менее, при таком подходе оператор теряет контроль над доступом к Wi-Fi-сети, и о подключение к ней абонентов оператор не узнает.

Глядя на рисунок 3 можно заметить, что в архитектуре сети LTE появился такой узел, как ANDSF (Access network discovery and selection function), что в дословном переводе на наш означает "обнаружение сети доступа и выбор функции). ANDSF является объектом, в задачу которого входит контролировать разгрузку данных между сетями 3GPP и non-3GPP. Физически это пакетное решение, функционирующее на уровне ядра сети. В задачу ANDSF будет входить помощь поиска абонентам доступных беспроводных сетей, а также будет помогать выбрать приоритет доступа к сети LTE или Wi-Fi. Видимо этот сервер поможет разгрузить мобильные устройства и избавить их от "зависаний", если те не смогут вовремя понять из какой сети пора уходить, и в какую перемещаться.

Пожалуй, это все основные особенности интеграции LTE и Wi-Fi сетей.

## Заключение

Передача мобильных данных через Wi-Fi сети является подходящим решением для постоянно растущего мобильного интернета и спроса на него. Это позволит снизить затраты на построение новых сетей оператором связи и предоставляет новые возможности для бизнеса, так как открывает широкий спектр стратегий реализации таких сетей. Использование аутентификации EAP совместно с LTE SIM облегчает бесшовную аутентификацию абонента и его переподключение от сети LTE к Wi-Fi и наоборот. В частности, сама архитектура 3GPP гарантирует мобильность в IP сетях и непрерывный сеанс связи при помощи интерфейса S2A между шлюзом P-GW сети LTE и шлюзом WLAN.