Содержание

Handover ePDG 3
Участники процесса handover 3
Типы handover 4
Handover Wi-Fi → LTE 4
Handover LTE → Wi-Fi 5
Сессии в процессе handover 5
Инициаторы handover 6
Роль ePDG в handover 7

Handover ePDG

Handover позволяет абонентскому устройству (UE) автоматически переключать передачу трафика между сетями Wi-Fi и LTE без разрыва активной сессии. Функция используется для обеспечения непрерывности сервисов, прежде всего голосовых и мультимедийных (например, VoWiFi и VoLTE), при изменении условий подключения.

Переключение может происходить в двух направлениях:

- **Wi-Fi → LTE** — при ухудшении качества Wi-Fi соединения или потере сигнала.
- **LTE → Wi-Fi** — при обнаружении доступной Wi-Fi сети и наличии политики предпочтения Wi-Fi.

При корректной работе handover пользователь не замечает переключения: активная IP-сессия сохраняется, а сервис продолжает работать без разрыва.

Архитектура решения соответствует спецификациям 3GPP для интеграции **3GPP и non-3GPP доступов**.

Основные спецификации:

- **3GPP TS 23.402** — Architecture enhancements for non-3GPP access
- **3GPP TS 24.302** — Access to the EPC via non-3GPP access networks
- **3GPP TS 33.402** — Security aspects of non-3GPP access
- **3GPP TS 29.273** — Evolved Packet Data Gateway (ePDG) interfaces

Участники процесса handover

В процессе переключения участвуют элементы радиосети LTE, Wi-Fi инфраструктуры и ядра мобильной сети.

Основные системы:

- **UE (User Equipment)** — Абонентское устройство.
- **Wi-Fi Access Point** — Точка доступа Wi-Fi, через которую устройство подключается к сети.
- **eNodeB (eNB)** — Базовая станция LTE, обеспечивающая радиодоступ.
- **MME (Mobility Management Entity)** — Узел управления мобильностью абонентов в LTE.
- **SGW (Serving Gateway)** — Шлюз маршрутизации пользовательского трафика внутри мобильной сети.
- **PGW (Packet Data Network Gateway)** — Шлюз подключения к внешним сетям (например, интернет).
- **PCRF (Policy and Charging Rules Function)** — Система управления политиками трафика и параметрами QoS.
- **HSS (Home Subscriber Server)** — База данных абонентов.
- **AAA Server (3GPP AAA)** — Сервер аутентификации для non-3GPP доступа.
- **ePDG (Evolved Packet Data Gateway)** — Шлюз, обеспечивающий безопасное подключение абонента к мобильному ядру через недоверенные Wi-Fi сети.

Элементы сети взаимодействуют друг с другом через стандартные интерфейсы 3GPP.

Основные интерфейсы, используемые при handover между Wi-Fi и LTE, приведены в таблице ниже.

Интерфейс	Соединяемые элементы	Назначение	Спецификация
SWu	UE — ePDG	Установка защищённого IPsec-туннеля при доступе через Wi-Fi	3GPP TS 24.302
SWm	ePDG — AAA	Аутентификация абонента через Diameter	3GPP TS 29.273
S2b	ePDG — PGW	Передача пользовательского трафика между Wi-Fi доступом и EPC	3GPP TS 29.273
S6b	ePDG — HSS	Получение данных абонента для аутентификации	3GPP TS 29.273
S11	MME — SGW	Управление bearer-сессиями LTE	3GPP TS 29.274
S1-U	eNodeB — SGW	Передача пользовательского трафика в LTE	3GPP TS 36.414
Gx	PGW — PCRF	Передача политик QoS и правил тарификации	3GPP TS 29.212

Типы handover

Handover Wi-Fi → LTE

Этот сценарий используется, когда абонент подключен к Wi-Fi, но качество соединения ухудшается.

Основные этапы:

1. **Инициирование handover**
   Решение о переключении обычно принимает **UE**, анализируя:
   - уровень сигнала Wi-Fi
   - качество соединения
   - внутренние политики устройства.
     После этого устройство начинает поиск доступной LTE сети.
2. **Подключение к LTE**
   UE устанавливает радиосоединение с **eNodeB** и инициирует стандартную процедуру подключения к LTE.
3. **Аутентификация и регистрация**
   MME выполняет процедуры:
   - аутентификации абонента через **HSS**
   - регистрации устройства в сети.
4. **Установка пользовательской сессии**
   Создается сессия передачи данных через:
   - **SGW**
   - **PGW**
     Параметры трафика и QoS определяются политиками **PCRF**.
5. **Перенос пользовательского трафика**
   После установления LTE-сессии пользовательский трафик начинает передаваться через LTE.

6. **Завершение Wi-Fi сессии**
   После успешного переключения IPsec-туннель Wi-Fi закрывается и ресурсы Wi-Fi соединения освобождаются.

Handover LTE → Wi-Fi

Этот сценарий используется для разгрузки мобильной сети или улучшения качества соединения при наличии доступной Wi-Fi сети.

Основные этапы:

1. **Обнаружение Wi-Fi**
   UE обнаруживает доступную Wi-Fi сеть и, в зависимости от политики оператора, инициирует подключение.
2. **Установка защищенного туннеля**
   UE устанавливает **IPsec-туннель** к **ePDG** с использованием протокола **IKEv2**.
   Спецификация: 3GPP TS 24.302
3. **Аутентификация**
   ePDG взаимодействует с **AAA-сервером**, который выполняет аутентификацию абонента. Обычно используется механизм **EAP-AKA**, позволяющий использовать данные SIM-карты.
   Спецификация: 3GPP TS 33.402
4. **Создание пользовательской сессии**
   После успешной аутентификации ePDG устанавливает соединение с **PGW**, через которое создается пользовательская сессия передачи данных.
5. **Перенос трафика**
   Пользовательский трафик начинает передаваться через Wi-Fi.
6. **Освобождение LTE ресурсов**
   После переключения LTE-сессия закрывается, а радиоресурсы сети освобождаются.

Сессии в процессе handover

Для обеспечения непрерывности сервисов при переключении между Wi-Fi и LTE в сети используется несколько типов сессий. Каждая из них выполняет свою роль в передаче пользовательского трафика и управлении соединением.

PDN-сессия

Основной пользовательской сессией является **PDN-сессия**, которая создаётся между абонентским устройством (**UE**) и шлюзом **PGW**. Через эту сессию абонент получает доступ к внешним сетям (например, интернету или сервисам оператора).

Ключевой особенностью handover является то, что **PDN-сессия сохраняется при переключении между Wi-Fi и LTE**. Меняется только путь передачи трафика внутри сети, тогда как IP-адрес и логическая пользовательская сессия остаются прежними. Благодаря этому активные сервисы (например, голосовые вызовы или потоковое видео) продолжают работать без разрыва.

Спецификация: 3GPP TS 23.402

LTE bearer-сессии

При работе через LTE пользовательский трафик передается через **bearer-сессии**, которые создаются в инфраструктуре мобильной сети.

Bearer-сессия формируется между следующими элементами сети:

- **eNodeB** — базовая станция LTE
- **SGW** — шлюз маршрутизации пользовательского трафика
- **PGW** — шлюз доступа к внешним сетям

Bearer-сессии определяют параметры передачи трафика, включая **качество обслуживания (QoS)** и приоритеты трафика. Эти параметры могут задаваться системой управления политиками **PCRF**.

Спецификация: 3GPP TS 23.401

IPsec-сессия для Wi-Fi доступа

При подключении через Wi-Fi пользовательский трафик передается через защищенный **IPsec-туннель**, который устанавливается между:

- **UE**
- **ePDG**

Этот туннель обеспечивает шифрование пользовательского трафика и защищает данные при передаче через недоверенные Wi-Fi сети (например, публичные точки доступа).

Спецификации:

- 3GPP TS 24.302
- 3GPP TS 33.402

Таким образом, при handover между Wi-Fi и LTE **PDN-сессия сохраняется**, а активным остается только тот тип транспортной сессии, который соответствует текущему типу доступа — LTE bearer или IPsec-туннель через Wi-Fi.

Инициаторы handover

Переключение между Wi-Fi и LTE может инициироваться различными элементами сети или самим абонентским устройством. В большинстве случаев инициатором выступает UE, однако политики сети оператора также могут влиять на решение о переключении.

UE (основной инициатор)

Наиболее распространенный сценарий — когда решение о handover принимает **абонентское устройство**.

UE анализирует ряд параметров подключения, включая:

- уровень сигнала сети
- качество соединения (потери пакетов, задержки)
- доступность альтернативных сетей
- политики, полученные от оператора.

Если качество текущего соединения ухудшается или появляется более предпочтительная сеть, устройство может инициировать процедуру переключения.

Политики оператора

Оператор связи может управлять поведением handover через систему **PCRF (Policy and Charging Rules Function)**.

PCRF позволяет задавать политики, которые определяют предпочтительный тип доступа для различных сервисов или условий сети. Например:

- предпочтение Wi-Fi для определённых типов трафика
- ограничения на использование Wi-Fi для отдельных сервисов
- правила распределения нагрузки между LTE и Wi-Fi.

Такие политики передаются устройству и сетевым элементам и могут влиять на выбор сети при handover.

Спецификация: 3GPP TS 23.203

Роль ePDG в handover

ePDG (Evolved Packet Data Gateway) обеспечивает безопасное подключение абонентов к мобильному ядру через недоверенные Wi-Fi сети и участвует в процессе handover между Wi-Fi и LTE.

Основные функции ePDG:

1. **Безопасное подключение абонента**
   UE устанавливает защищенный IPsec-туннель к ePDG при подключении через Wi-Fi. Это обеспечивает шифрование пользовательского трафика и защиту данных при использовании публичных сетей.
   Спецификация: 3GPP TS 24.302
2. **Аутентификация абонента**
   ePDG взаимодействует с AAA-сервером для проверки абонента. В процессе используется механизм EAP-AKA, который позволяет выполнять аутентификацию на основе SIM-карты.

Спецификации:
    - 3GPP TS 33.402
    - 3GPP TS 29.273
3. **Интеграция Wi-Fi доступа в мобильное ядро**
   После успешной аутентификации ePDG устанавливает соединение с PGW, через которое создаётся пользовательская сессия и начинается передача трафика.
   Спецификация: 3GPP TS 29.273
4. **Поддержка handover**
   При переключении между Wi-Fi и LTE ePDG участвует в управлении пользовательской сессией и обеспечивает корректное завершение Wi-Fi подключения. Таким образом, ePDG выполняет роль шлюза безопасности и интеграции Wi-Fi доступа в мобильную сеть оператора.

ePDG взаимодействует с другими элементами мобильной сети через ряд стандартных интерфейсов: SWu, SWm, S2b и S6b (см. таблицу интерфейсов выше)