

Хэндоверы в сетях мобильной связи

7. Мягкий хэндовер в UTRAN.

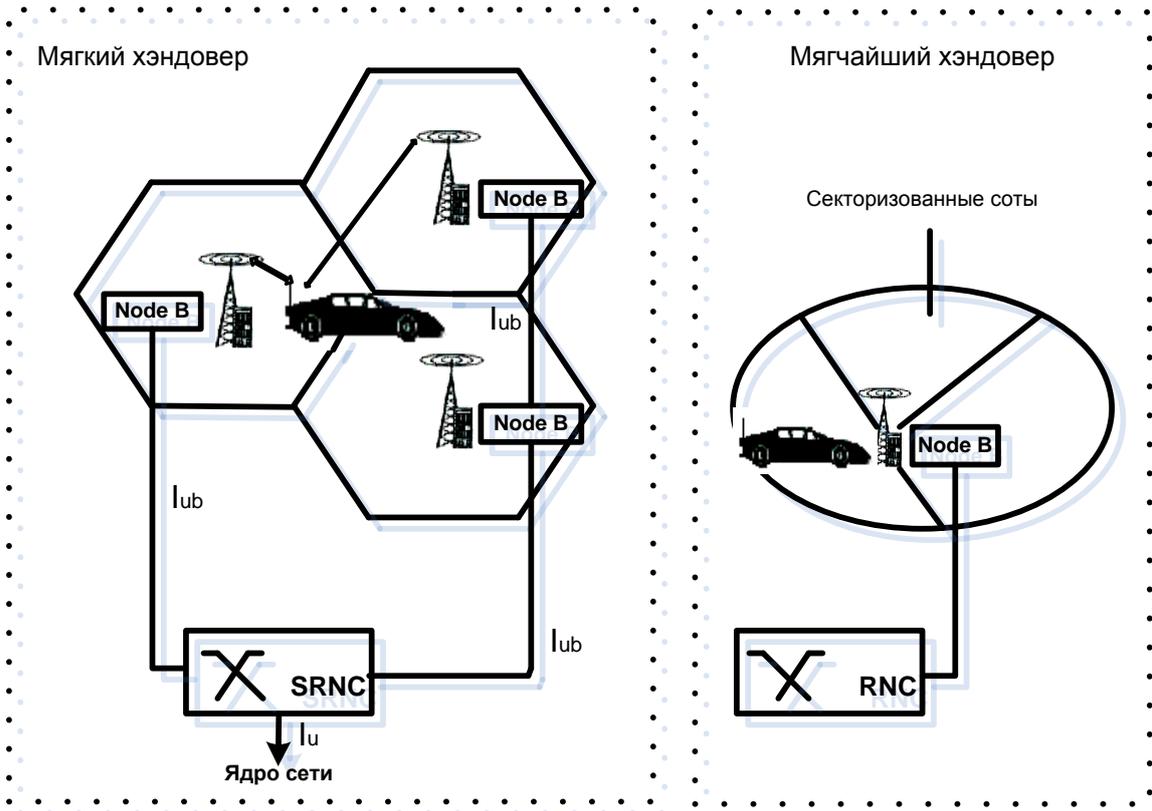
В UTRAN в организации хэндоверов участвуют UE, RNC и в качестве подчиненного элемента Node B. Как и в других стандартах сотовой связи, в UMTS осуществляют как хэндоверы, целью которых является сохранения требуемого качества связи (спасающие хэндоверы), так и хэндоверы, оптимизирующие нагрузку в отдельных сотах сети. Хэндоверы в UTRAN разделяют на жесткие и мягкие.

При жестких хэндоверах происходит перерыв в передаче трафика.

Наиболее характерным для UTRAN является мягкий хэндовер, когда в процессе перемещения из соты в соту UE одновременно связана на одной частоте с двумя или тремя BS (рис. 7.1). Активная UE имеет список скремблирующих кодов соседних BS и измеряет мощности их сигналов в каналах CPICH и SCH. Если эти мощности становятся соизмеримыми с мощностью соответствующих каналов, получаемых от обслуживающей BS, то возможен мягкий хэндовер. Существуют 3 варианта мягких хэндоверов:

- мягкий (soft) хэндовер, когда занятыми в нем BS управляет один SRNC,
- мягчайший (softer) хэндовер, когда в нем участвуют 2 BS одного Node B (BS соседних секторов). При этом каждая BS своим передатчиком закрывает один сектор, но принимает сигналы как со своего, так и из соседних секторов;
- мягкий хэндовер, в осуществлении которого участвуют 2 контроллера, один обслуживающий SRNC и один пассивный DRNC.

Мягкий / Мягчайший Хэндовер



Мягкий хэндовер

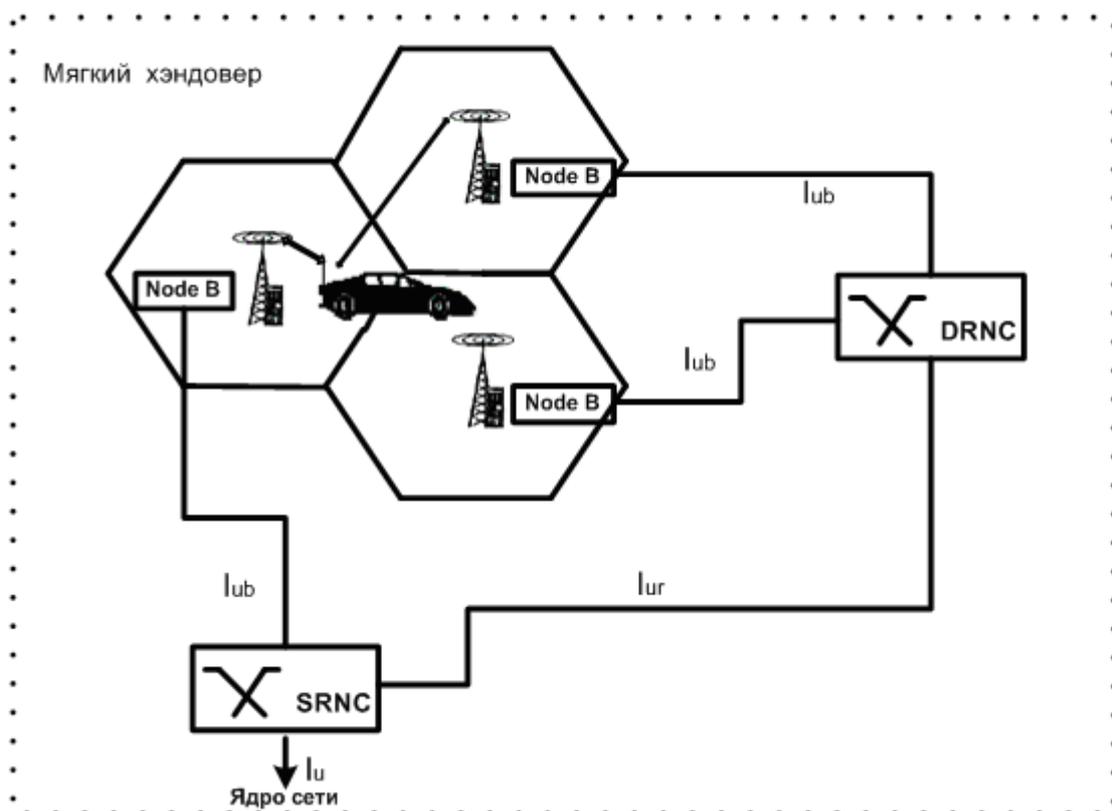


Рис. 7.1. Варианты мягкого хэндовера.

В основе всех хэндоверов лежат измерения, которые выполняют UE и активные BS. На основе анализа этих измерений решение о запуске хэндовера может принять сеть (SRNC – Network Evaluated Handover, NEHO) или мобильная станция. Такой хэндовер относят к классу MEHO – Mobile Evaluated Handover, MEHO, однако и в этом случае окончательное решение о запуске хэндовера остается за SRNC, поскольку только он распоряжается управлением канальным ресурсом.

Алгоритм мягкого хэндовера приведен на рис. 7.2. В основе хэндовера лежит процесс анализа измеренной на UE мощности пилотного канала CPICH Pilot-Ec по отношению к суммарному сигналу I_o на входе приемника. Предположим, что обслуживать одного абонента одновременно могут только 2 BS. Введем следующие параметры хэндовера:

Reporting_range – порог для перевода соседней BS в активное состояние,

Hysteresis_event 1A – гистерезис для подключения BS,

Hysteresis_event 1B – гистерезис для отключения BS,

Hysteresis_event 1C – гистерезис для отключения BS,

Window_add = Reporting_range - Hysteresis_event 1A – окно подключения,

Window_drop = Reporting_range + Hysteresis_event 1B – окно отключения,

ΔT – время запуска,

Best_Pilot_Ec/I_o – самый сильный из сигналов активных BS на входе приемника UE.

На рис. 7.2 показаны 3 перехода.

- Переход 1A (Event 1A – подключение соседней BS) происходит при выполнении следующего условия в течение времени ΔT:

$$Pilot_Ec/I_o > Best_Pilot_Ec/I_o - Reporting_range + Hysteresis_event\ 1A.$$

- Переход 1B (Event 1B – отключение одной из BS) происходит при выполнении в течение ΔT следующего неравенства:

$$Pilot_Ec/I_o < Best_Pilot_Ec/I_o - Reporting_range - Hysteresis_event\ 1B.$$

- Переход 1C (Event 1C) – замещение одной активной BS другой происходит при

$$Best_Candidate_Pilot_Ec/I_o > Wprst_Old_Pilot_Ec/I_o + Hysteresis_event\ 1C$$

в течение ΔT.

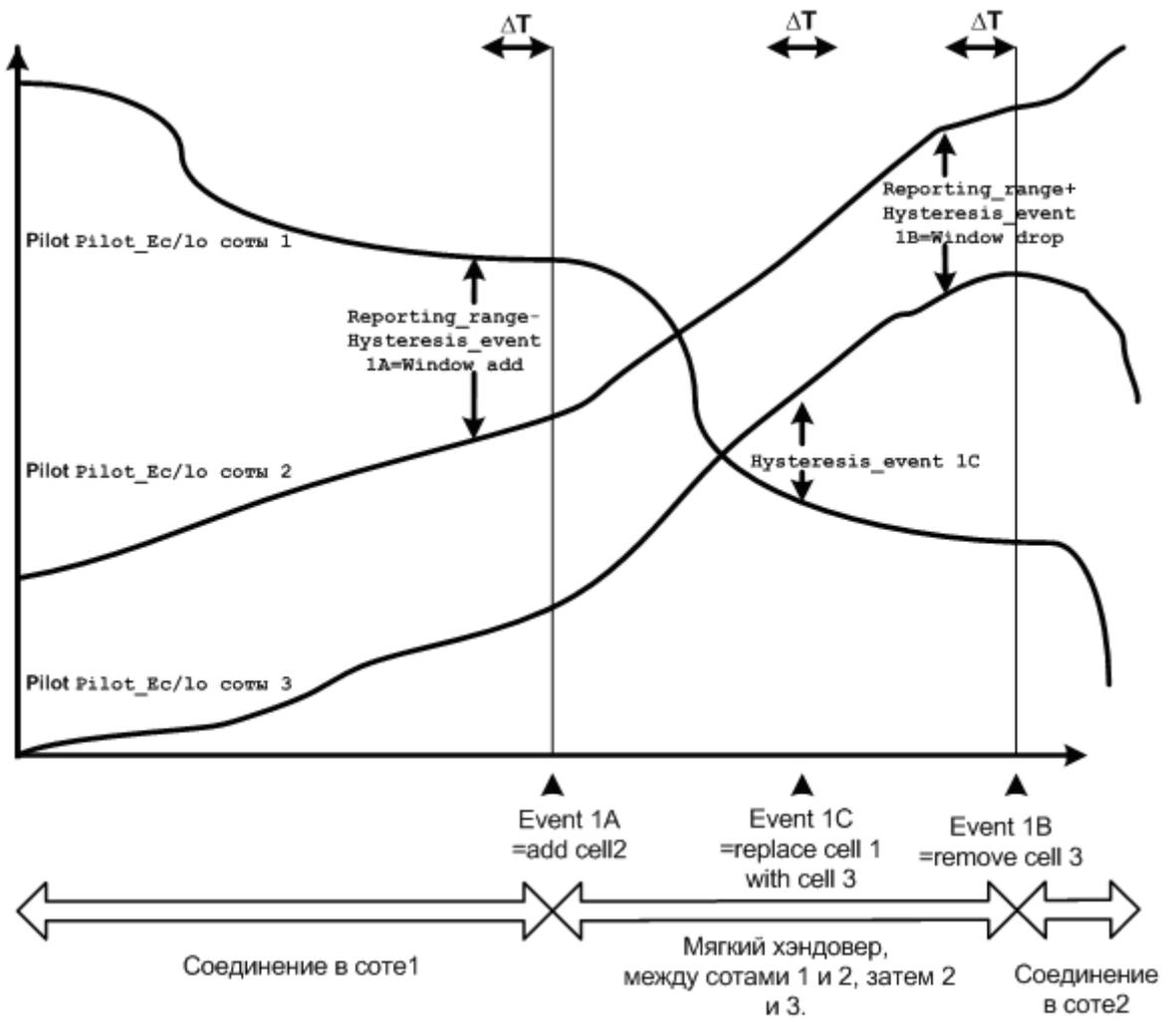


Рис. 7.2. Алгоритм мягкого хэндовера.

Для того, чтобы RNC мог принять соответствующее решение, UE обязана посылать телеметрию о всех соседних BS, для которых $Pilot_{Ec/Io} > -20$ дБ.

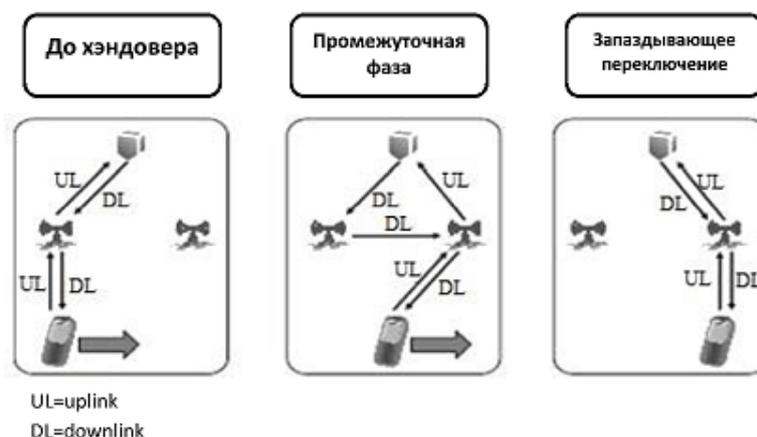
При организации мягких хэндоверов необходима также временная синхронизация сигналов трафика соседних активных BS, иначе UE будет сложно организовать когерентный прием в своем Rake приемнике.

При использовании мягких хэндоверов эквивалентные потери на трассах снижаются на 3 – 4 дБ.

8.12. Внутрисистемный хэндовер в сетях LTE с использованием интерфейса X2

Вопрос о хэндовере возникает при выполнении событий *Event A3* или *Event A5* (см. 5.1). Стандарт предусматривает 2 варианта хэндовера:

- с использованием интерфейса X2, напрямую связывающего обслуживающий (source) eNB и целевой (target) eNB, на который сеть переключает UE,
 - без использования интерфейса X2, когда весь сигнальный обмен идет по интерфейсу S1-C (рис. 1.1).
- Хэндовер может происходить без смены S-GW и со сменой обслуживающего шлюза. Рассмотрим здесь протокол первого варианта хэндовера без смены S-GW. Хэндоверы со сменой S-GW и второй вариант описаны в [6].
- Процедура внутрисистемного хэндовера состоит из 3 этапов: подготовки к хэндоверу, собственно хэндовера и завершения хэндовера (запаздывающего переключения). До хэндовера трафик идет через обслуживающий eNB (рис. 8.13). После переключения UE на новый целевой eNB трафик вверх идет через него, а вниз через обслуживающий eNB, интерфейс X2 и целевой eNB. После 3-го этапа хэндовера, происходящего с участием MME и S-GW, происходит переключение трафика вниз на целевой eNB.



- Рис.8.13. Переключение сквозных каналов трафика при хэндовере

Алгоритм первых двух этапов процедуры представлен на рис.8.14 [16]. Сплошными линиями на рис.8.14 показаны сигнальные сообщения, пунктиром – передача пакетов трафика.

На первых двух этапах хэндовера использована сигнализация протокола RRC и интерфейса X2. На source eNB есть список eNB-кандидатов на хэндовер. При подготовке хэндовера source eNB дает UE команду произвести измерения сигналов конкретного eNB из этого списка для выбора его как целевого объекта (п.1). Для передачи результатов измерений UE

получает дополнительный каналный ресурс вверх (UL allocation). UE передает запрошенные данные (п.2), на основе которых source eNB принимает решение о запуске процедуры хэндовера (п.3).

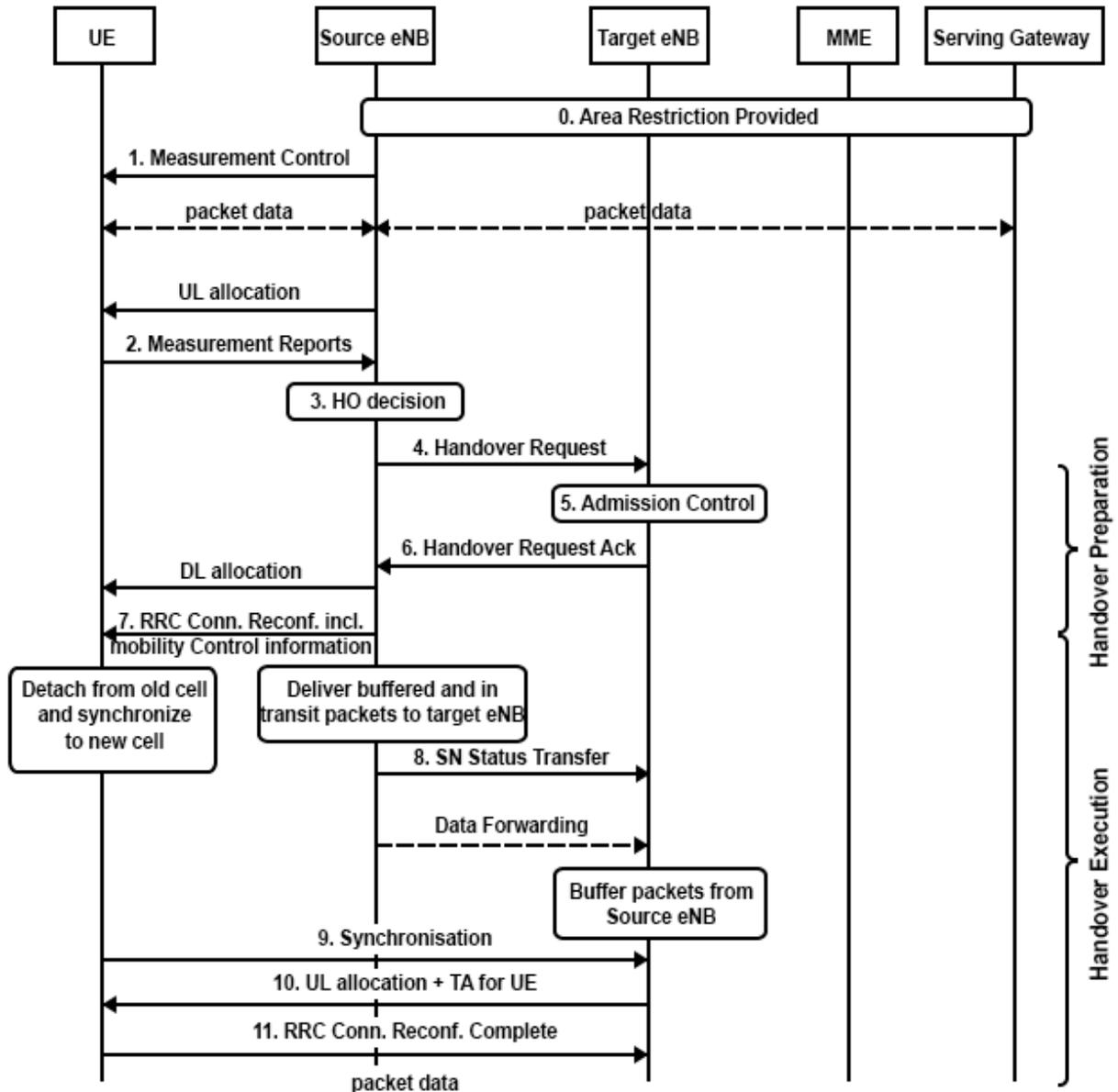


Рис. 8.14. Процедура внутрисистемного хэндовера (два первых этапа)

П.4. Обслуживающий eNB отправляет на целевой сообщение *Handover Request*. Оно содержит параметры сигнальных соединений UE на интерфейсах S1 и X2, идентификатор целевой соты, ключ k_{eNB} для выполнения процедур безопасности, контекст UE по протоколу RRC, включая идентификатор C-RNTI абонента в исходной соте, идентификатор исходного eNB, информацию о поддерживаемых сквозных каналах, включая их идентификаторы и профили QoS.

П.5. Целевой eNB выполняет процедуру управления доступом (*Admission Control*), оценивая канальный ресурс, который он должен выделить для всех сквозных каналов абонента. Если ресурса достаточно, eNB дает согласие на хэндовер и подготавливает конфигурацию каналов управления на радиointерфейсе к подключаемому UE.

П.6. В сообщении *Handover Request Acknowledge* целевой eNB передает прозрачный контейнер параметров для UE. Среди этих параметров новый C-RNTI, идентификаторы алгоритмов безопасности, системная информация. Опционально может быть передан код преамбулы RACH для процедуры доступа UE к сети. По существу целевой eNB передает сообщение *RRCConnectionReconfiguration*, содержащее контейнер с *mobilityControlInformation*. Обслуживающий eNB шифрует это сообщение, защищает его целостность и транслирует UE (п.7). UE начинает выполнение операций хэндовера. В целях ускорения процедуры он не отправляет на обслуживающий eNB подтверждения полученной команды.

Начинается второй этап процедуры. Обслуживающий eNB отправляет целевому eNB сообщение *SN Status Transfer*, содержащее информацию о состоянии передачи SDU (Service Data Units), включая номера пакетов для повторной передачи (п.8). После этого по каналу трафика интерфейса X2 следует передача буфера данных.

П.9. UE синхронизируется с целевым eNB и, используя полученные в контейнере с *mobilityControlInformation* параметры, посылает преамбулу запроса на доступ к целевому eNB. Приняв запрос, целевой eNB выделяет UE канальный ресурс для передачи вверх и передает параметр TA (Timing Advance) (п.10). В ответ UE отправляет подтверждение завершения хэндовера *RRCConnectionReconfigurationComplete*, содержащее новый C-RNTI. Теперь передача трафика может возобновиться.

П.11. Процедура подключения UE к целевому eNB завершена. UE отправляет на новый обслуживающий его целевой eNB сообщение *RRCConnectionReconfigurationComplete* с новым C-RNTI вместе с сообщением о статусе его буфера. Начинается передача трафика в обоих направлениях. При этом в направлении вверх трафик идет по прямому маршруту UE → целевой eNB → S-GW, но в направлении вниз по-прежнему через обслуживающий его до хэндовера eNB: S-GW → исходный eNB, поскольку в S-GW TEID туннеля вниз на интерфейсе S1-U не переключен на новый целевой eNB. Поэтому в процедуре предусмотрен 3-й этап – запаздывающее переключение с целью организации туннеля вниз на S1-U: S-GW → целевой eNB.

Алгоритм этого этапа представлен на рис. 8.15 [6].

П.1. Целевой eNB отправляет MME сообщение *Path Switch Request*, содержащее TAI+ECGI соты, где находится абонент, и список сквозных каналов, которые следует переключить на данный eNB. MME по списку

сквозных каналов проверяет, какие каналы были переключены на целевой eNB. Каналы, которые переключены не были, MME снимает с обслуживания.

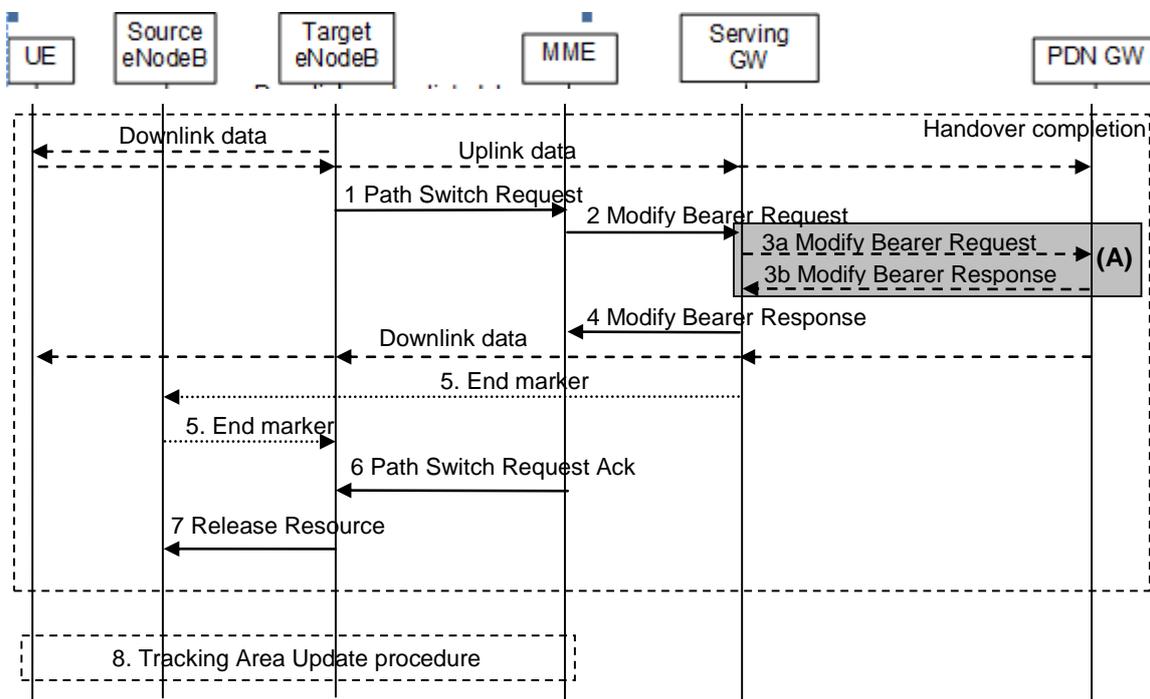


Рис 8.15. Процедура внутрисистемного хэндовера (третий этап)

П.2. MME посылает сообщение *Modify Bearer Request* (адрес визитного eNB, TEID для всех сквозных каналов вниз на S1-U). Если PDN GW запрашивает информацию о местоположении абонента, то MME включает ее в свое сообщение.

ПП.3а и 3b (блок А) опциональны и выполняются только в том случае, когда из-за изменения положения абонента меняется тарификация услуг.

S-GW посылает MME подтверждение *Modify Bearer Response* и начинает передачу пакетов вниз непосредственно целевому eNB по новому туннелю. Одновременно S-GW посылает исходному eNB специальные пакеты-маркеры (*End marker*) (п.5). Эти пакеты не содержат пользовательской информации, а то, что они маркерные, помечено в заголовке GTP. После передачи маркерных пакетов S-GW больше абонентских пакетов исходному eNB не шлет.

Исходный eNB пересылает маркерные пакты на целевой eNB и по интерфейсу X2 направляет полученные им из S-GW за время хэндовера пользовательские пакеты, которые он далее передает на UE.

П.6. Сообщением *Path Switch Request Ack* MME подтверждает сообщение (п.1). Если при хэндовере какие-либо сквозные каналы не были переключены на целевой eNB, то MME помечает их в *Path Switch Request Ack*

с целью удаления в целевом eNB контекста этих каналов. Целевой eNB направляет исходному eNB сообщение *Release Resource* (п.7), информируя его о завершении хэндовера и высвобождении им ресурса по обслуживанию данного UE.

Если в результате хэндовера UE вышел из предписанного списка зон слежения, то по завершении передачи трафика UE запускает процедуру локализации (п.8).

8.13. Процедура межсистемного хэндовера из E-UTRAN в UTRAN

Межсистемные хэндоверы UE возможны между сетями E-UTRAN (LTE)–UTRAN (UMTS), E-UTRAN–GERAN и E-UTRAN–CDMA2000. В этом и следующем параграфах будут рассмотрены хэндоверы E-UTRAN–UTRAN.

Процедура хэндовера из E-UTRAN в UTRAN состоит из двух фаз: подготовки хэндовера и выполнения хэндовера. До начала процедуры трафик идет через исходный eNB (Source eNB), исходный S-GW и PDN GW. Алгоритм подготовки хэндовера приведен на рис. 8.16 [6].

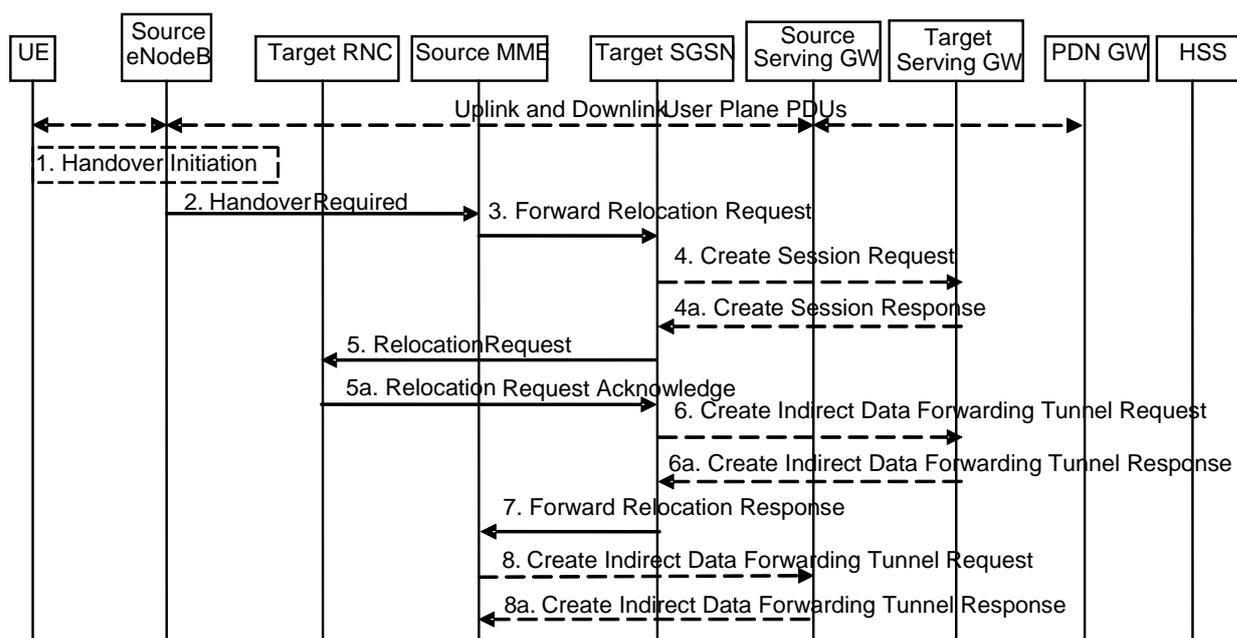


Рис.8.16. Подготовка хэндовера из E-UTRAN в UTRAN

П.2. Процедуру запускает исходный eNB (п.1). eNB посылает MME сообщение *Handover Required*, содержащее Cause¹, идентификатор целевого (target) RNC и контейнер данных для того, чтобы выделить необходимые ресурсы для обслуживания абонента в RNC, SGSN и S-GW. Далее в п.7

¹ Cause идентифицирует причину хэндовера [37].

SGSN идентифицирует сквозные каналы, которые надо будет организовать при переключении на сеть UMTS (UTRAN).

П.3. Из полученного сообщения MME определяет, что eNB запрашивает межсетевой хэндовер. MME определяет целевой (target) SGSN, который будет обслуживать абонента в сети UMTS. Если активизирован ISR, то приоритетным будет SGSN, где зарегистрирован абонент. MME отправляет SGSN сообщение *Forward Relocation Request* о выделении ресурсов для обслуживания абонента, включающее IMSI, идентификатор RNC, Cause, базу данных (контекст) по протоколу MM, идентификатор текущей сети обслуживания, адрес MME и TEID интерфейса для сигнализации, контейнер данных абонента, часовой пояс обслуживания абонента. В сообщении приведен контекст всех сквозных каналов, обслуживающих абонента, для каждого соединения указана точка доступа (APN), а также адрес исходного S-GW и его TEID на сигнальном туннеле вверх.

Получив сообщение *Forward Relocation Request*, целевой SGSN устанавливает PDP-контекст абонента и заносит в него параметры переключаемых сквозных каналов. База данных по протоколу MM обеспечивает выполнение процедур безопасности при обслуживании абонента в сети UMTS. SGSN определяет максимальную пропускную способность потоков данных абонента через точки доступа.

SGSN устанавливает контекст сквозных каналов для UE.

П.4. В случае смены сети обслуживания SGSN заменяет исходный S-GW на целевой (target) S-GW и направляет ему сообщение *Create Session Request*. Оно содержит IMSI, адрес SGSN и TEID для сигнального соединения, адреса PDN GW для пользовательских каналов и сигнальных соединений, PDN GW TEID туннелей вверх в пользовательской и сигнальной плоскостях, тип соединения на S5/S8 (IPv4 или IPv6). Требуемый тип протокола устанавливает S-GW.

Целевой S-GW выделяет ресурс для обслуживания абонента и отвечает сообщением *Create Session Response* (адреса S-GW в пользовательской и сигнальной плоскостях, TEID туннелей вверх в пользовательской и сигнальной плоскостях) – п.4а.

П.5. SGSN посылает запрос *Relocation Request* на целевой RNC для выделения канального ресурса и организации туннелей. Запрос содержит идентификатор UE, Cause, индикатор ядра сети, базу данных для выполнения процедур безопасности, список сквозных каналов с их параметрами, контейнер данных UE, информацию об ограничениях доступа абонента к ресурсам сети при хэндоверах. В запрос также включают адрес S-GW в пользовательской плоскости в случае прямого туннеля RNC ↔ S-GW или адрес SGSN при непрямом туннеле и соответствующие TEID для туннелей

вверх. RNC выделяет ресурсы для организации запрошенных сквозных каналов.

П.5а. В обратном сообщении *Relocation Request Acknowledge* RNC отправляет контейнер для eNB, список установленных сквозных каналов и, если есть таковые, список каналов, которые не установлены и чей контекст будет деактивирован. Теперь RNC готов принимать пакеты данных абонента в направлении вниз по организованным сквозным каналам.

П.6 выполняют в случае замены S-GW и создания обходного пути (*Indirect Forwarding*) для трафика вниз в процессе хэндовера. Если в UTRAN существует прямой туннель S-GW↔RNC (см.комментарий к рис.1.2), то в сообщении *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Request* целевой S-GW получает адрес и TEID RNC. При использовании непрямого туннеля S-GW получает адрес и TEID SGSN. В обратном сообщении *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Response* S-GW передает свой адрес и TEID (п.6а).

П.7. SGSN отправляет MME ответ *Forward Relocation Response* (Cause, адрес SGSN и TEID для сигнализации, контейнер для UE, индикатор замены S-GW, информация об организации сквозных каналов в сети UTRAN и параметры для организации промежуточных туннелей при передаче трафика вниз в процессе хэндовера).

Если не было замены S-GW или была замена, но существует прямое физическое соединение между исходным eNB и целевым RNC (*Direct Forwarding*), то сообщают адрес и TEID RNC для каналов трафика.

Если нет физического соединения между исходным eNB и целевым RNC (*Indirect Forwarding*) и произошла замена исходного S-GW на целевой, то сообщают адрес и TEID целевого S-GW.

Если замены S-GW не было, но при передаче вниз будут использованы *Indirect Forwarding* и не прямой туннель S-GW → SGSN, то сообщают адрес и TEID SGSN.

П.8 выполняют при организации *Indirect Forwarding*. MME направляет в S-GW, используемый при *Indirect Forwarding*, сообщение *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Request*, содержащее идентификаторы сквозных каналов, адрес и TEID, полученные MME в п.7. Обычно этим S-GW является исходный S-GW, но может быть и другой обслуживающий шлюз. В ответном сообщении *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Response* (п.8а) S-GW сообщает свой адрес и TEID для организации временного туннеля.

Алгоритм следующей фазы выполнения хэндовера показан на рис. 8.17.

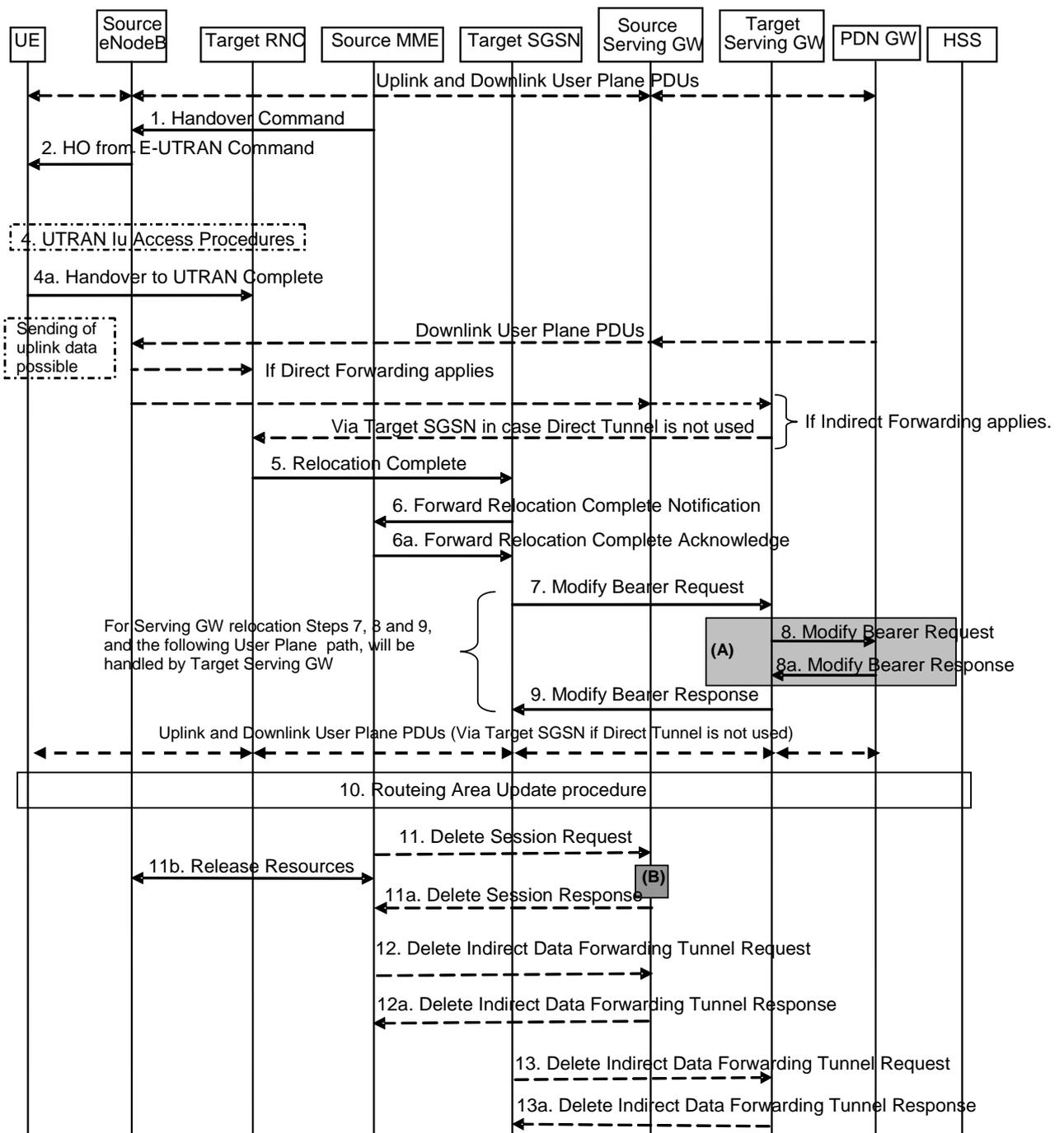


Рис.8.17. Выполнение хэндовера из E-UTRAN в UTRAN

П.1. ММЕ завершает подготовку к хэндоверу, посылая eNB *Handover Command*, содержащую контейнер для eNB, список сквозных каналов, которые следует деактивировать, и каналов, которые надо организовать для временной передачи трафика вниз (*Bearers Subject to Data forwarding list*). Для организации этих каналов eNB получает адреса и TEID, которые были пересланы ММЕ в пп. 7 при *Direct Forwarding* или 8a при *Indirect Forwarding* подготовительной фазы (рис. 8.16). В результате будет обеспечен либо прямой путь передачи данных eNB → RNC, либо обходной через исходный S-GW в зависимости от конфигурации сети.

П.2. eNB посылает UE команду выполнить хэндовер. В этой команде UE передают контейнер, содержащий необходимые для хэндовера параметры, которые RNC загрузил в контейнер в подготовительной фазе. Приняв команду, UE останавливает передачу трафика вверх, идентифицирует сквозные каналы в соответствии с протоколом доступа с коммутацией пакетов в UTRAN и выполняет процедуру хэндовера (п.4). По завершении хэндовера UE может начать передавать трафик вверх.

Что касается передачи трафика вниз, то при смене S-GW он по-прежнему идет по маршруту PDN GW→исходный S-GW→eNB, поскольку не было переключения туннеля вниз от PDN GW на новый целевой S-GW. При наличии физического соединения eNB→RNC используют вариант *Direct Forwarding*. Если такого соединения нет, то осуществляют *Indirect Forwarding* (пунктир на рис. 8.17). Переключение туннеля от PDN GW на целевой S-GW произойдет после выполнения пп.8–9.

П.5. RNC сообщением *Relocation Complete* информирует SGSN об успешном завершении процедуры подключения UE к сети UTRAN.

П.6. MME получает от SGSN уведомление *Forward Relocation Complete Notification* о том, что UE обслуживается сетью UTRAN. Если произошла замена S-GW, то SGSN сообщает об этом MME. Если замены не было, то SGSN может активировать ISR и известить об этом MME в уведомлении. В таком случае MME сохранит и будет вести параллельно с SGSN базу данных абонента. MME подтверждает получение уведомления (п.6а).

MME запускает таймер, по истечении которого будет удален контекст абонента в eNB и исходном S-GW, если он был заменен на целевой. Если трафик вниз идет по варианту *Indirect Forwarding*, то, получив от MME подтверждение (6а), SGSN также запускает таймер хранения ресурсов в целевом S-GW.

П.7. SGSN приступает к завершающей фазе хэндовера. Он отправляет обслуживающему S-GW сообщение *Modify Bearer Request*, содержащее адрес SGSN и TEID туннеля сигнализации, адрес SGSN и TEID туннеля трафика при непрямом соединении в UTRAN или адрес RNC и TEID туннеля трафика при прямом соединении (рис.1.2), а также NSAPI каналов трафика. Если PDN GW требует информацию о локализации абонента, то SGSN передает дополнительные параметры. Если хэндовер произошел без смены S-GW, то может быть активизирован ISR.

Все сквозные каналы, которые не были сохранены при хэндовере, SGSN деактивирует.

П.8 выполняют при замене S-GW, при смене сети радиодоступа или серьезных изменений в локализации абонента. Если заменен S-GW, то в сообщении *Modify Bearer Request* целевой S-GW передает PDN GW свой адрес и TEID для организации туннеля вниз на интерфейсе S5/S8. При смене сети радиодоступа или локализации абонента возможны изменения тарифов

обслуживания. PDN GW обязательно отвечает подтверждением *Modify Bearer Response* (п.8а).

П.9. S-GW в сообщении *Modify Bearer Response* подтверждает переключение соединения вниз (Cause, адрес S-GW и TEID для сигнализации). Теперь трафик вниз следует по маршруту PDN GW→ S-GW→(SGSN)→RNC. Если замены S-GW не было, то сразу после переключения каналов трафика S-GW передает несколько маркерных пакетов по старому пути, сигнализируя о завершении передачи

П.10 выполняется в том случае, когда UE по окончании передачи трафика находит, что он оказался в другой зоне маршрутизации или его временным номером остается GUTI. Тогда UE запускает процедуру *Routing Area Update*.

П.11. Когда срабатывает таймер, установленный в п.6, MME отправляет eNB команду *Release Resources* для стирания баз данных абонента в eNB.

Если произошла замена S-GW, то MME сообщением *Delete Session Request* дает команду исходному S-GW удалить контекст абонента. eNB и S-GW отвечают MME подтверждениями полученных команд.

ПП12 и 13 выполняют в том случае, если произошла замена S-GW и до переключения туннеля трафик вниз из PDN GW шел по варианту *Indirect Forwarding*. MME дает команду исходному S-GW, а SGSN – целевому S-GW освободить канальный ресурс, выделенный для организации временного туннеля между ними. Оба S-GW подтверждают получение команд.

8.14. Процедура межсистемного хэндовера из UTRAN в E-UTRAN

Эта процедура является зеркальной по отношению к хэндоверу, рассмотренному в предыдущем параграфе. Она также состоит из двух фаз: подготовки хэндовера и выполнения хэндовера. Алгоритм первой фазы приведен на рис. 8.18 [6].

Прохождение трафика до начала хэндовера показано на рис.8.18 пунктиром. Процедуру запускает контроллер сети UTRAN RNC (п.1). Он отправляет SGSN сообщение *Handover Required*, содержащее Cause, идентификатор eNB, идентификатор RNC, контейнер с параметрами UE для выделения ресурсов в eNB, MME и целевом S-GW (п.2). Далее в п.7 MME идентифицирует сквозные каналы, которые надо будет организовать при переключении UE на сеть E-UTRAN.

П.3. Из полученного сообщения SGSN заключает, что RNC запрашивает хэндовер в сеть E-UTRAN. SGSN отправляет MME сообщение *Forward Relocation Request* о выделении ресурсов для обслуживания абонента, включающее IMSI,

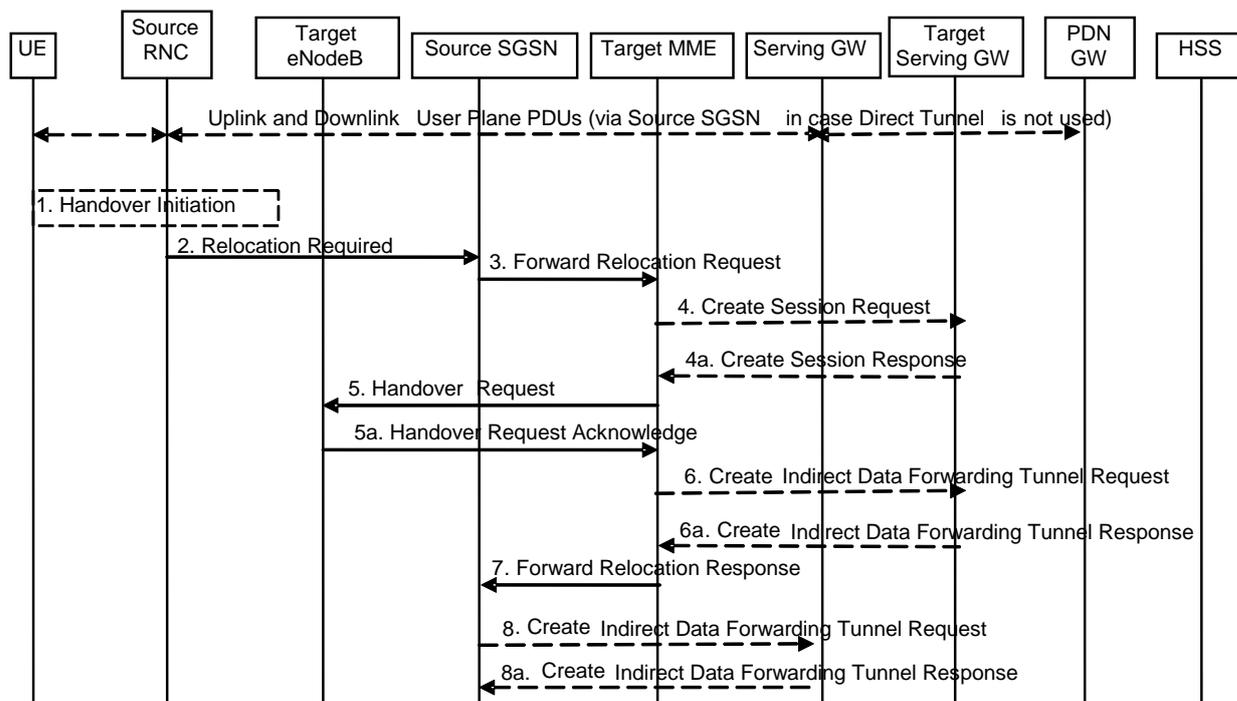


Рис.8.18. Подготовка хэндовера из UTRAN в E-UTRAN

идентификатор eNB, Cause, базу данных (контекст) по протоколу MM, идентификатор текущей сети обслуживания, адрес SGSN и TEID интерфейса для сигнализации, контейнер данных абонента, часовой пояс обслуживания абонента. Сообщение содержит контекст всех сквозных каналов, обслуживающих абонента с их точками доступа (APN), адреса и TEID туннелей вверх в исходном S-GW. Если активизирован ISR, то он сохраняется активированным и после хэндовера.

Получив сообщение *Forward Relocation Request*, целевой MME устанавливает сквозные каналы абонента в порядке приоритетов и определяет те каналы, которые сеть не сможет поддерживать. База данных по протоколу MM обеспечивает выполнение процедур безопасности при обслуживании абонента в сети E-UTRAN. MME определяет максимальную пропускную способность потоков данных абонента через точки доступа.

П.4. MME определяет, следует ли заменить S-GW. Если происходит замена S-GW, то MME направляет ему сообщение *Create Session Request*. Оно содержит IMSI, адрес MME и TEID для сигнального соединения, адреса PDN GW для пользовательских каналов и сигнальных соединений, PDN GW TEID туннелей вверх в пользовательской и сигнальной плоскостях, тип соединения на S5/S8 (IPv4 или IPv6). Требуемый тип протокола устанавливает S-GW.

S-GW выделяет ресурс для обслуживания абонента и отвечает сообщением *Create Session Response* (адреса S-GW в пользовательской и сигнальной плоскостях, TEID туннелей вверх в пользовательской и сигнальной плоскостях) – п.4а.

П.5. ММЕ посылает запрос *Relocation Request* на целевой eNB для выделения канального ресурса и организации сквозных каналов В запросе передают идентификатор UE, Cause, базу данных для выполнения процедур безопасности, список сквозных каналов с их параметрами, контейнер данных UE, информацию об ограничениях доступа абонента к ресурсам сети при хэндоверах. В запрос также включают адрес S-GW в пользовательской плоскости и TEID для туннелей вверх. eNB выделяет ресурсы для организации запрошенных сквозных каналов.

П.5а. В обратном сообщении *Relocation Request Acknowledge* eNB отправляет контейнер для RNC, список установленных сквозных каналов и, если есть таковые, список каналов, которые не установлены и чей контекст будет деактивирован. Теперь eNB готов принимать пакеты данных абонента в направлении вниз по организованным сквозным каналам.

П.6 выполняют в случае замены S-GW и создания обходного пути (*Indirect Forwarding*) для трафика вниз в процессе хэндовера. В сообщении *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Request* целевой S-GW получает адрес и TEID eNB. В обратном сообщении *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Response* S-GW передает свой адрес и TEID (п.6а).

П.7. ММЕ отправляет SGSN ответ *Forward Relocation Response* (Cause, адрес ММЕ и TEID для сигнализации, контейнер для UE, индикатор замены S-GW, информация об организации сквозных каналов в сети E-UTRAN и параметры для организации промежуточных туннелей при передаче трафика вниз в процессе хэндовера).

Если не было замены S-GW или была замена, но существует прямое физическое соединение между исходным RNC и целевым eNB (*Direct Forwarding*), то сообщают адрес и TEID eNB для каналов трафика.

Если нет физического соединения между исходным RNC и целевым eNB (*Indirect Forwarding*) и произошла замена исходного S-GW на целевой, то сообщают адрес и TEID целевого S-GW.

П.8 выполняют при организации *Indirect Forwarding*. SGSN направляет в S-GW, используемый при *Indirect Forwarding*, сообщение *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Request*, содержащее идентификаторы сквозных каналов, адрес и TEID, полученные SGSN в п.7. Обычно этим S-GW является исходный S-GW, но может быть и другой обслуживающий шлюз. В ответном сообщении *Create Indirect Data Forwarding Tunnel Response* (п.8а) S-GW сообщает свой адрес и TEID для организации временного туннеля.

Алгоритм следующей фазы выполнения хэндовера показан на рис. 8.19.

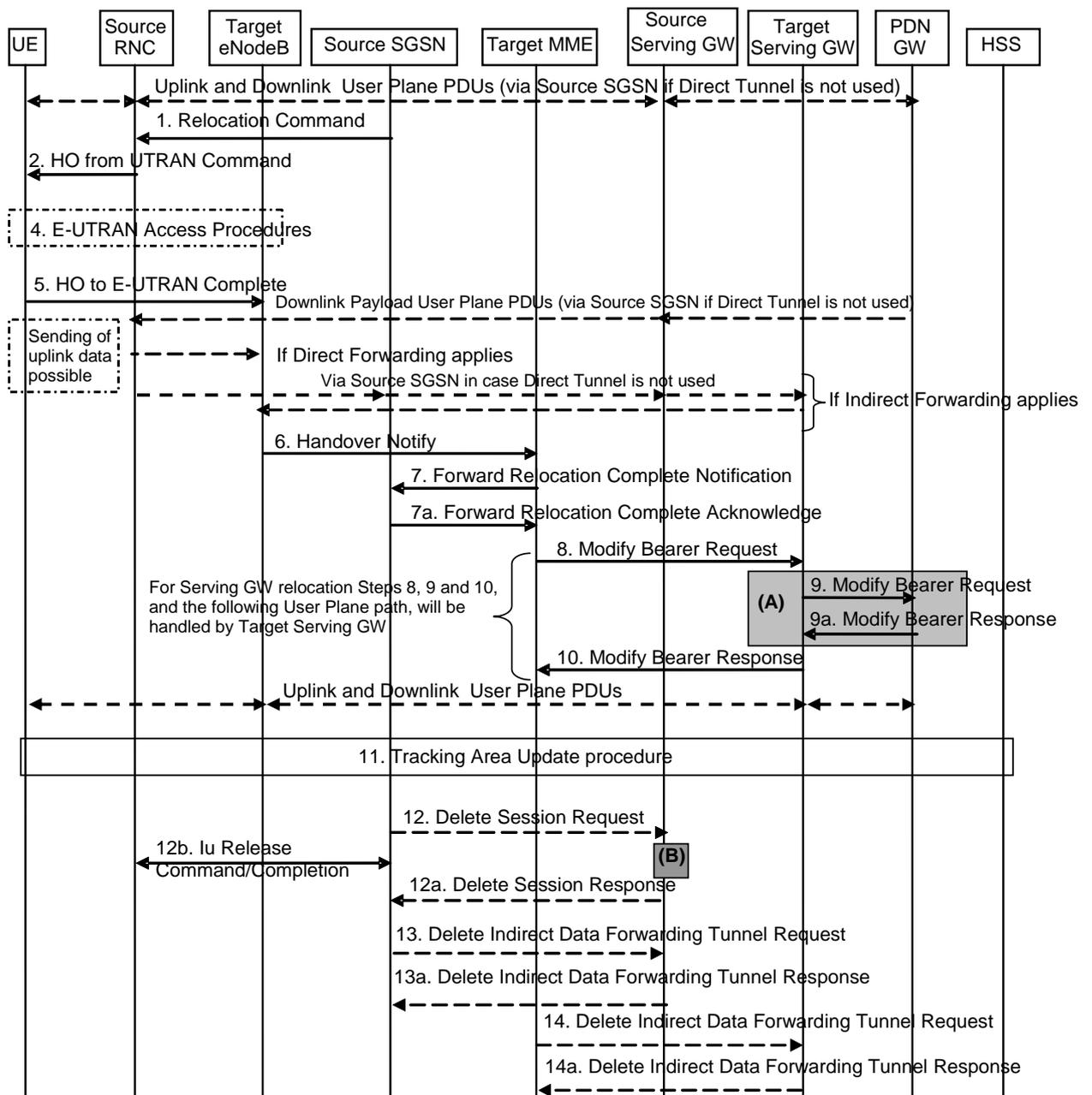


Рис.8.19. Выполнение хэндовера из UTRAN в E-UTRAN

П.1. SGSN завершает подготовку к хэндоверу, посылая RNC *Handover Command*, содержащую контейнер для RNC, список сквозных каналов, которые следует деактивировать, и каналов, которые надо организовать для временной передачи трафика вниз (RABs Subject to Data forwarding list). Для организации этих каналов eNB получает адреса и TEID, которые были пересланы SGSN в пп. 7 при *Direct Forwarding* или 8a при *Indirect Forwarding* подготовительной фазы (рис. 8.18). В результате будет обеспечен либо прямой путь передачи данных RNC→eNB, либо обходной через исходный S-GW в зависимости от конфигурации сети. Если в сети UTRAN был не прямой туннель трафика (через SGSN), то при *Indirect Forwarding* RNC получает для обходного туннеля адрес и TEID SGSN.

П.2. RNC посылает UE команду выполнить хэндовер. В этой команде UE передают контейнер, содержащий необходимые для хэндовера параметры, которые eNB загрузил в контейнер в подготовительной фазе. Приняв команду, UE останавливает передачу трафика вверх, устанавливает соответствие идентификаторов сквозных каналов в E-UTRAN с NSAPI каналов в UTRAN и выполняет процедуру доступа к сети E-UTRAN (п.4).

П.5. Получив доступ к eNB, UE отправляет ему сообщение *HO to E-UTRAN complete*.

П.6. Сообщением *Handover Notify* eNB информирует MME о завершении подключения UE к сети E-UTRAN.

П.7. SGSN получает от MME уведомление *Forward Relocation Complete Notification* о том, что UE обслуживается сетью UTRAN. Если произошла замена S-GW, то MME сообщает об этом SGSN. Если замены не было, то SGSN может активировать ISR и известить об этом MME в уведомлении. В таком случае SGSN сохранит и будет вести параллельно с MME базу данных абонента. SGSN подтверждает получение уведомления (п.7а).

SGSN запускает таймер, по истечении которого будет удален контекст абонента в RNC и исходном S-GW, если он был заменен на целевой. Если трафик вниз идет по варианту *Indirect Forwarding*, то, получив от SGSN подтверждение (7а), MME также запускает таймер хранения ресурсов в целевом S-GW.

П.8. MME приступает к завершающей фазе хэндовера. Он отправляет обслуживающему S-GW сообщение *Modify Bearer Request*, содержащее Cause, адрес MME и TEID туннеля сигнализации, адрес eNB и TEID туннеля трафика вниз, идентификаторы сквозных каналов. Если PDN GW требует информацию о локализации абонента, то MME передает дополнительные параметры. Если хэндовер произошел без смены S-GW, то может быть активизирован ISR.

Все сквозные каналы, которые не были сохранены при хэндовере, MME деактивирует.

П.9 выполняют при замене S-GW, при смене сети радиодоступа или серьезных изменений в локализации абонента. Если заменен S-GW, то в сообщении *Modify Bearer Request* целевой S-GW передает PDN GW свой адрес и TEID для организации туннеля вниз на интерфейсе S5/S8. При смене сети радиодоступа или локализации абонента возможны изменения тарифов обслуживания. PDN GW обязательно отвечает подтверждением *Modify Bearer Response* (п.9а).

П.10. S-GW в сообщении *Modify Bearer Response* подтверждает переключение соединения вниз (Cause, адрес S-GW и TEID для сигнализации). Теперь трафик вниз следует по маршруту PDN GW→S-GW→eNB. Если замены S-GW не было, то сразу после переключения

каналов трафика S-GW передает несколько маркерных пакетов по старому пути, сигнализируя о завершении передачи

П.11 выполняется в том случае, когда UE по окончании передачи трафика находит, что необходимо запустить процедуру *Tracking Area Update*.

П.12. Когда срабатывает таймер, установленный в п.7, SGSN отправляет RNC *Release Command* для стирания в нем базы данных абонента. RNC отвечает подтверждением *Release Complete*.

Если произошла замена S-GW, то SGSN сообщением *Delete Session Request* дает команду исходному S-GW удалить контекст абонента. S-GW отвечают SGSN подтверждением полученной команды.

ПП13 и 14 выполняют в том случае, если произошла замена S-GW и до переключения туннеля трафик вниз из PDN GW шел по варианту *Indirect Forwarding*. SGSN дает команду исходному S-GW, а MME – целевому S-GW освободить канальный ресурс, выделенный для организации временного туннеля между ними. Оба S-GW подтверждают получение команд.