

6. Процедуры уровня MAC

6.1. Процедура доступа абонентской станции к сети

Процедура доступа UE к сети проиллюстрирована рис. 6.1. Она начинается с посылки преамбулы по каналу PRACH. В отличие от сетей UMTS, где преамбула не является сообщением ортогональным по отношению к пользовательскому трафику, в E-UTRA приняты специальные меры для ортогонализации передачи преамбулы. По каналу системной информации сеть передает сообщение всем пользовательским терминалам о выделенном канальном ресурсе для передачи преамбул. Этот ресурс составляет 6 ресурсных блоков и определенное число временных слотов. На рис. 6.2 показан вариант для передачи преамбулы формата 0 длительностью в 1 субкадр (1 мс).

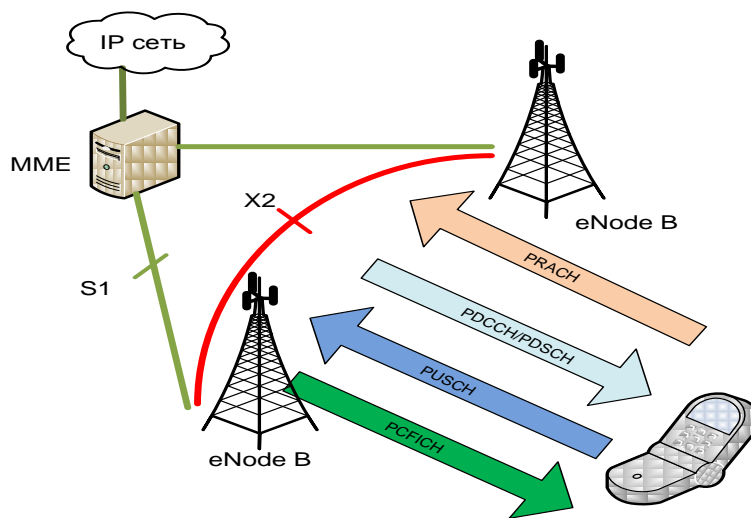


Рис.6.1. Процедура доступа UE к сети

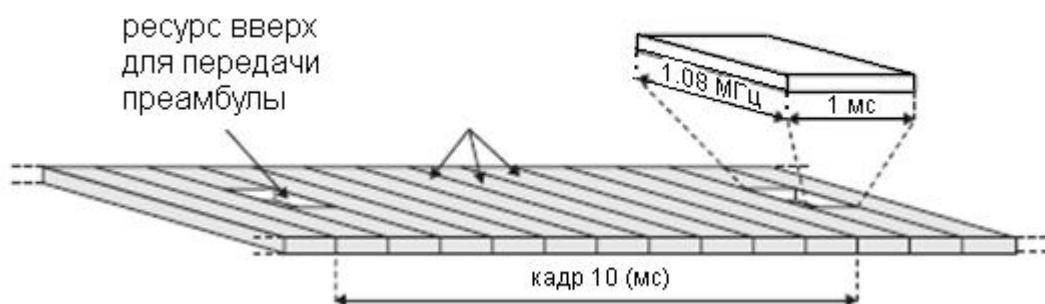


Рис.6.2. Выделение канального ресурса для передачи преамбулы

При этом возникает проблема устранения межсимвольной интерференции, поскольку UE передает преамбулу с запаздыванием, обусловленным ее удалением от eNB. Ее решают следующим образом. Длина преамбулы составляет примерно 80% выделяемого временного ресурса, а в начале преамбулы передают CP, занимающий 10% выделенного времени (рис. 6.3, соот-

ветствующий формату 0). В результате образуется защитный интервал порядка 10% выделенного времени, что позволяет обслуживать UE при их удалении до 15 км от eNB (суммарный пробег по трассе 30 км, что при скорости света 3×10^8 м/с создает задержку в 0,1 мс).

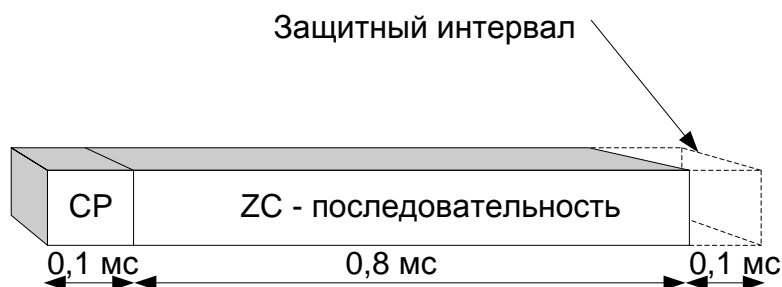


Рис.6.3. Временные соотношения при передаче преамбулы

Преамбула представляет собой ZC-последовательность; ее длина и длина CP зависят от выбранного в сети формата преамбулы. Спецификации [9] устанавливают 5 возможных форматов преамбул (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Формат преамбулы	T_{CP}	$T_{ZC-последоват.}$
0	$3168 \cdot T_s$	$24576 \cdot T_s$
1	$21024 \cdot T_s$	$24576 \cdot T_s$
2	$6240 \cdot T_s$	$2 \cdot 24576 \cdot T_s$
3	$21024 \cdot T_s$	$2 \cdot 24576 \cdot T_s$
4	$448 \cdot T_s$	$.4096 \cdot T_s$

Из табл.6.1 следует, что в формате 0 для передачи преамбулы выделяют 1 субкадр (напомним, что его длина составляет $30720 T_s$). Передача преамбулы в форматах 1 и 2 занимает 2 субкадра, а в формате 3 – 3 субкадра. Формат 4 преамбулы используют только при работе с временным дуплексом, где преамбулу передают в поле U_pPTS подкадра S (рис.2.10). Для формирования преамбул форматов 0-3 генерируют ZC-последовательности длиной 839 символов, для преамбул формата 4 длина ZC-последовательности составляет 139 символов. Всего в каждой соте UE случайным образом выбирает один из 64 возможных вариантов взаимно-ортогональных преамбул. За один кадр (10 мс) UE может отправить только одну преамбулу. При агрегации полос посылка преамбулы всегда производится в первичной соте.

eNB обнаруживает абонента, запрашивающего доступ, детектируя преамбулу. В ответном сообщении RAR (Random Access Response) eNB подтверждает получение преамбулы, присваивает абоненту временный идентификатор и передает информацию о времени упреждения, что необходимо для синхронной работы в сетях с частотно-временным разделением каналов.

Информацию о поступлении ответа от eNB UE получает по каналу PDCCH. Его идентифицируют как RA-RNTI. Обратное сообщение RAR от eNB к UE, передаваемое по каналу PDSCH, состоит из заголовка (MAC header) и информационной части [12]. Заголовок занимает один октет и содержит номер преамбулы (0...63), выбранной UE для запроса на подключение к сети. Структура MAC RAR приведена на рис. 6.4.

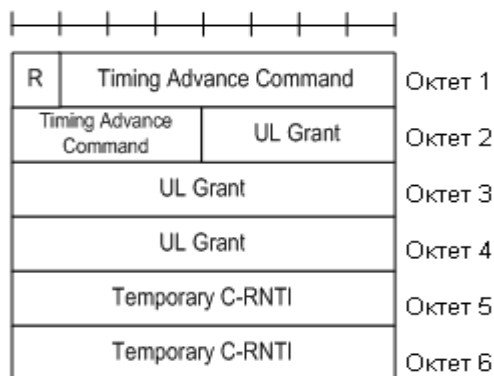


Рис.6.4. Структура MAC RAR

Сообщение MAC RAR содержит информацию о выделяемом абонентской станции канальном ресурсе (*UL Grant*), временный идентификатор абонента (*Temporary C-RNTI*) и команду на установку таймера времени упреждения (*Timing Advance Command*). Величину *Timing Advance* передают в виде 11-битового числа T_A в диапазоне 0...1282. Для вычисления *Timing Advance* в секундах надо переданное число T_A умножить на $16T_s$. Следовательно, диапазон возможных установок *Timing Advance* находится в пределах $0 \leq N_{TA} \leq 20512 T_s$, что при $T_s = 1/(15000 \times 2048)$ с составляет 0...0,668мс (это соответствует соте радиусом 100 км). Далее, в процессе обслуживания при перемещении UE сеть корректирует *Timing Advance*, отправляя сообщения T_A для вычисления $N_{TA,new}$ по формуле

$$N_{TA,new} = N_{TA,old} + (T_A - 31) \times 16$$

Точность установки *Timing Advance* в соответствии с [13] составляет $16 T_s$, что во времени означает погрешность в 0,52 мкс.

6.2. Прерывистый прием

Прерывистый прием (Discontinuous Reception – DRX) используют для снижения уровня мощности, потребляемой мобильным терминалом. Если UE находится в состоянии CONNECTED, то при DRX он периодически “спит”, то-есть, отключается от сети на определенное число субкадров. В это время он не прослушивает канал PDCCH. Это происходит после срабатывания таймера неактивности абонента (*Inactivity Timer*), который устанавливает оператор сети. Время работы станции делят на 2 периода (рис 6.5):

<i>On</i> – включен	<i>Off</i> – выключен
---------------------	-----------------------

Рис. 6.5. Состояния UE при прерывистом приеме

При организации DRX используют несколько параметров [12].

DRX Cycle определяет периодичность циклов включения и выключения станции. eNB передает станции *On Duration* и *Inactivity Timer* для реализации DRX.

On Duration определяет число последовательных субкадров, в течении которых UE после “пробуждения” принимает канал управления PDCCH (рис. 2.21, 2.22), ожидая передачи ей пакетов. Получив первое сообщение по каналу PDCCH, UE запускает таймер неактивности *Inactivity Timer* и начинает обмен трафиком с eNB. Если за время *On Duration* UE не получил сообщений по каналу PDCCH, то станция снова переходит в режим “сна”.

Inactivity Timer определяет число последовательных субкадров от полученного первого сообщения по каналу PDCCH во время *On Duration* до конца пребывания в состоянии “сна” (*off*).

Active Time – это время пребывания станции в активном состоянии. Оно включает в себя промежуток *On Duration* и время обмена трафиком с возможной повторной передачей непринятых пакетов. Минимальная длительность *Active Time* соответствует *On Duration*. Максимальное время *Active Time* не определено. Фактически станция “спит” от окончания *Active Time* до срабатывания *Inactivity Timer*. Если *Active Time* превысит *Inactivity Timer*, то переход в состояние “сна” происходит по MAC-команде с eNB [22].

Длительность состояния *On* может составлять 1 – 200 субкадров; длительность *Off*: 2 – 640 субкадров (короткий), 10 – 2560 субкадров (длинный).

Для предсказуемого трафика (например, телефонии) параметр *On Duration* может быть установлен, например, длиной в 1 субкадр, а *DRX Cycle* в 20 или 40 мс (вариант объединения нескольких пакетов трафика для их передачи в одном субкадре – *packet staggering*).

При больших *DRX Inactivity Timer* может потребоваться восстановление синхронизации при включении питания UE.

Когда UE находится в состоянии IDLE, он также работает в режиме прерывистого приема (DRX). В этом случае таймер неактивности устанавливает сам UE, просыпаясь для выполнения процедуры реселекции сот и для приема сообщений пейджинга (см. 8.1).