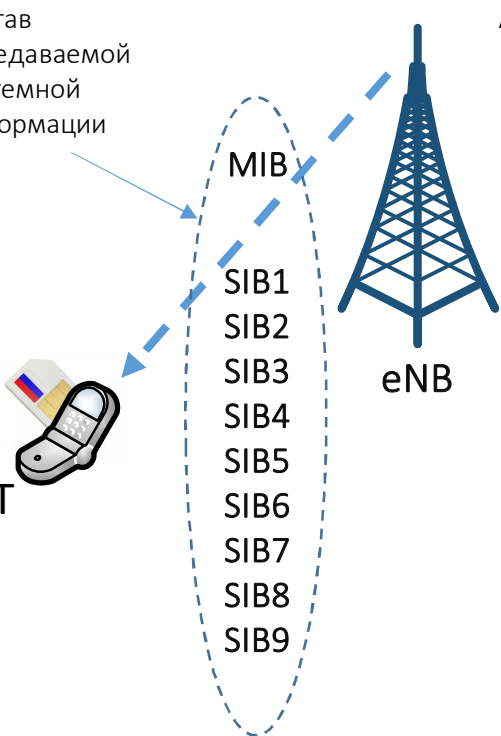


Лекция №5. Процедуры, выполняемые АТ в различных состояниях

1. Виды системной информации, вещаемой в соте
 - MIB
 - SIBs
2. Классификация сот (acceptable/suitable/barred/reserved) 38.304
3. Процедура выбора сети PLMN (PLMN Select), технологии радиодоступа RAT при регистрации абонентского терминала
 - состав и порядок выполнения сервисов
 - хранимая системная информация
4. Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (статический кемпинг, Cell Select, Cell Re-Select)
 - статический кемпинг
 - профиль ориентированный кемпинг
 - обновление информации о текущей зоне местоположения
5. Процедуры, выполняемые АТ в состоянии RRC-Connected
6. Основные принципы реализации RAN-Sharing

Виды системной информации, вещаемой в соте



Базовая станция gNB в широковещательном режиме передаёт информацию о сети и соте.

Абонентские терминалы принимают эту информацию и принимают решение о регистрации в сети, выборе соты.

MIB	Базовая информация: номер системного кадра, разнос поднесущих частот SCS, позиция первого опорного сигнала DM-RS, частотный сдвиг блока синхронизации SSB, запрет доступа cellBarred, возможность перевыбора соты без смены частоты, информация доступа к SIB1.
SIB1	Информация о сети, соте: <ul style="list-style-type: none"> – информация об обслуживаемых сетях PLMN-id, соте и зоне местоположения CellAccessRelatedInfo; – параметры выбора соты; – параметры таймеров AT; – информация о параметрах ограничения доступа к соте (UAC); – информация доступа к SIB2-SIB9.
SIB2	Обобщённая информация по параметрам перевыбора соты без смены рабочей частоты, со сменой рабочей частоты и со сменой технологии сети радиодоступа.
SIB3	Информация о соседних сотах NR для перевыбора соты без смены рабочей частоты (intra-frequency): соседние соты NR, работающие на той же частоте.
SIB4	Информация о соседних сотах NR для перевыбора соты со сменой рабочей частоты (inter-frequency): соседние соты NR, работающие другой частоте.
SIB5	Информация о соседних сотах E-UTRA для перевыбора соты со сменой технологии сети радиодоступа (inter-RAT).
SIB6	Сообщения системы предупреждения о стихийных бедствиях ETWS, часть 1.
SIB7	Сообщения системы предупреждения о стихийных бедствиях ETWS, часть 2.
SIB8	Сообщения коммерческой системы экстренного оповещения CMAS.
SIB9	Информация текущего времени GPS/UTC.

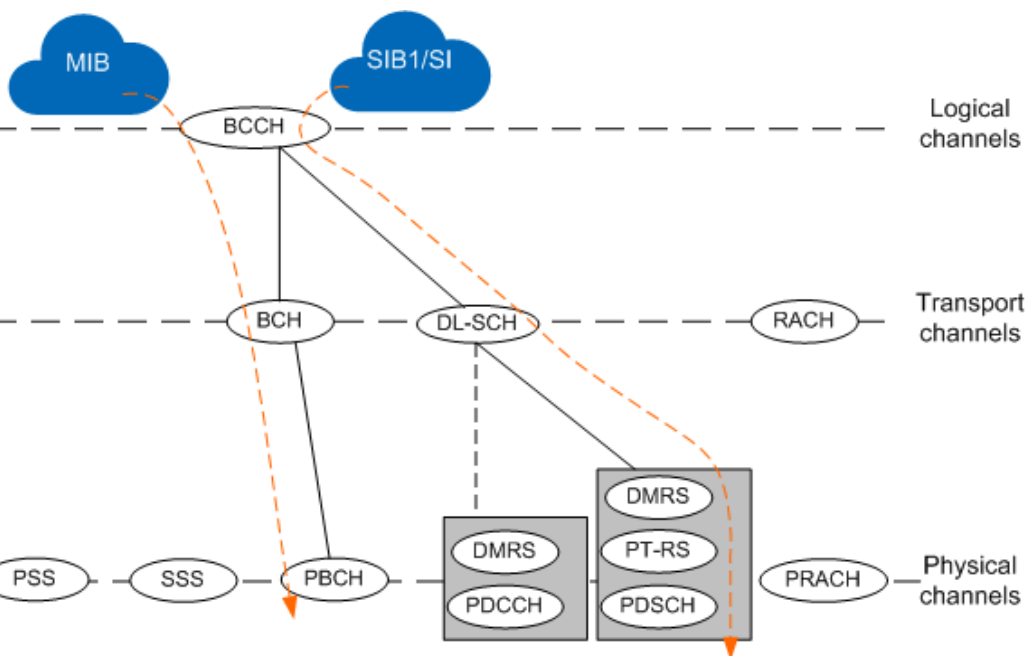
Master Information Block) – информационный «мастер»-блок. используется для считывания SIB1.

System Information Block) – системной информации

SIB для GSM, UTRAN, E-UTRAN !

Абонентский терминал может переключаться только в те соты, идентификаторы которых передаются в блоках системной информации SIB3, SIB4, SIB5

Виды системной информации, вещаемой в соте



- **Мастер-блок MIB** вещается в соте транспортным каналом BCH. Период планирования передач мастер-блока MIB равен 80 мс, в течении этого периода он передаётся несколько раз. Таким образом информация MIB может изменяться с периодичностью 80 мс. После приема MIB абонентский терминал принимает SIB1.

- **Блок системной информации SIB1** передаётся транспортным каналом DL-SCH. Период планирования передач блока SIB1 равен 160 мс, в течении этого периода он передаётся несколько раз. Таким образом информация SIB1 может изменяться с периодичностью 160 мс.

- Другие блоки системной информации SIBs передаются транспортным каналом DL-SCH. Расписание их передачи содержится в блоке системной информации SIB1.

Категория	Категория	Канал	Режим передачи	Период планирования
MSI (Master SI)	MIB	BCCH > BCH > PBCH	Широковещательный	80 мс
	SIB1	BCCH > DL-SCH > PDSCH	Широковещательный	160 мс
OSI (Other SI)	SIB2	BCCH > DL-SCH > PDSCH	Широковещательный	320 мс
	SIB3	BCCH > DL-SCH > PDSCH	Широковещательный	320 мс
	SIB5	BCCH > DL-SCH > PDSCH	Широковещательный	640 мс

Виды системной информации, вещаемой в соте

Пример системной информации, передаваемой блоками MIB, SIB1

```
MIB ::= SEQUENCE {
    systemFrameNumber
    subCarrierSpacingCommon
    ssb-SubcarrierOffset
    dmrs-TypeA-Position
    pdccch-ConfigSIB1
    cellBarred
    intraFreqReselection
}
```

```
BIT STRING (SIZE (6)),
ENUMERATED {scs15or60, scs30or120}, // SCS для SIB1
INTEGER (0..15),
ENUMERATED {pos2, pos3},
PDCCH-ConfigSIB1,
ENUMERATED {barred, notBarred},
ENUMERATED {allowed, notAllowed},
```

```
--
SIB1 ::= SEQUENCE {
    cellSelectionInfo
    q-RxLevMin
    q-RxLevMinOffset
    q-RxLevMinSUL
    q-QualMin
    q-QualMinOffset
}
```

```
SEQUENCE { // Требования к минимальному уровню мощности и качеству сигнала
    Q-RxLevMin,
    INTEGER (1..8)
    Q-RxLevMin
    Q-QualMin
    INTEGER (1..8)
```

cellAccessRelatedInfo

CellAccessRelatedInfo, // Информация доступа соты

```
--
UAC-AccessCategory1-SelectionAssistanceInfo ::= ENUMERATED {a, b, c}
---
```

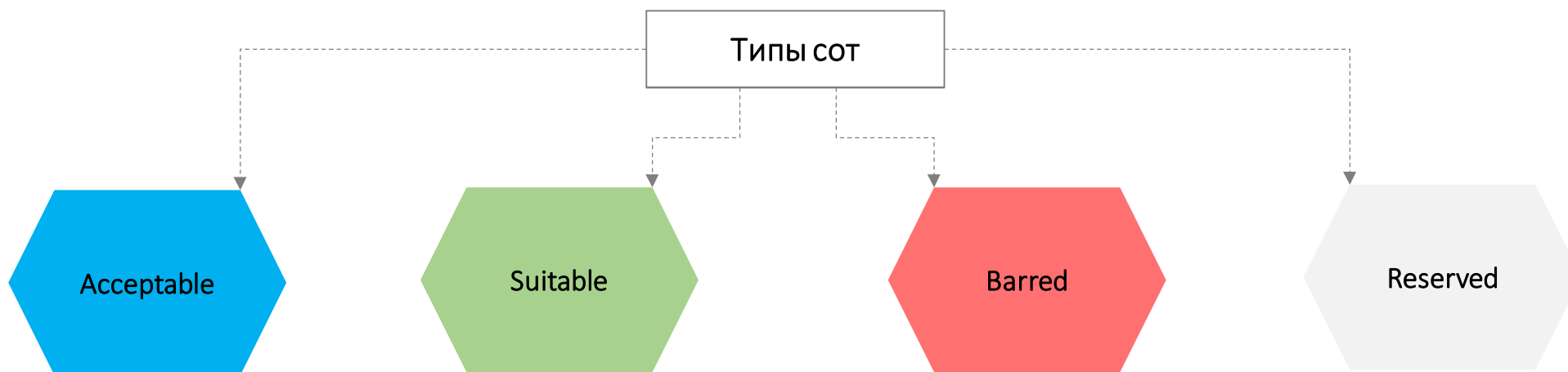
```
CellAccessRelatedInfo ::= SEQUENCE {
    plmn-IdentityList
    cellReservedForOtherUse
}
```

```
PLMN-IdentityInfoList,
ENUMERATED {true}
```

```
PLMN-IdentityInfo ::= SEQUENCE {
    plmn-IdentityList
    trackingAreaCode
    ranac
    cellIdentity
    cellReservedForOperatorUse
```

```
SEQUENCE (SIZE (1..maxPLMN)) OF PLMN-Identity,
TrackingAreaCode - код зоны местоположения TAC
RAN-AreaCode - код зоны нотификации RANAC
CellIdentity - идентификатор соты Cell ID
ENUMERATED {reserved, notReserved} - резерв соты для служебного использования
```

Классификация сот (acceptable/suitable/barred/reserved)



"Приемлемая сота" - это сота, удовлетворяющая s-критериям, и в которой АТ может получить только ограниченный набор сервисов:

*экстренные вызовы,
*приём уведомлений от систем экстренного оповещения ETWS и CMAS.

"Подходящая сота" - это сота, удовлетворяющая s-критериям, и в которой АТ может получить весь набор сервисов.

"Закрытая сота" – сота, в которой АТ не может получить сервис.

"Зарезервированная сота" – это сота, в которой могут получить сервис только некоторые АТ.

Параметр соты	Значение			
MIB -> cellBarred	Barred	notBarred	notBarred	notBarred
SIB1 -> cellReservedForOtherUse		not true	true	not true
SIB1 -> cellReservedForOperatorUse		reserved		notReserved
Тип соты	Barred	Reserved: Barred - для АТ с классами доступа 0-2, 12-14 Suitable - для АТ с классами доступа 11 или 15	Acceptable	Suitable

Процедура выбора сети PLMN (PLMN Select), технологии радиодоступа RAT при регистрации абонентского терминала

Абонентский терминал сканирует все частоты для всех технологий GSM/UMTS/LTE/NR, которые он поддерживает и обнаруживает доступные сети операторов мобильной связи. Сети операторов имеют свои уникальные коды **PLMN-id = MCC | | MNC**.

Абонентский терминал выбирает сеть доступа в соответствии с настройками SIM-карты. Для этого он выполняет сервисы SIM-карты **71 -> 43 -> 20 -> 42** в указанной последовательности:

Номер сервиса	Описание сервиса	Файл данных (EF) модуля USIM, используемый сервисом
20	Выбор сети PLMN и технологии радиодоступа RAT по предпочтению абонента.	EF _{PLMNwACT}
42	Выбор сети PLMN и технологии радиодоступа RAT по предпочтению Оператора сети мобильной связи.	EF _{OPLMNwACT}
43	Выбор домашней сети HPLMN и технологии радиодоступа RAT.	EF _{HPLMNwACT}
71	Определение сетей, эквивалентных домашним (Equivalent HPLMN).	EF _{EHPLMN}

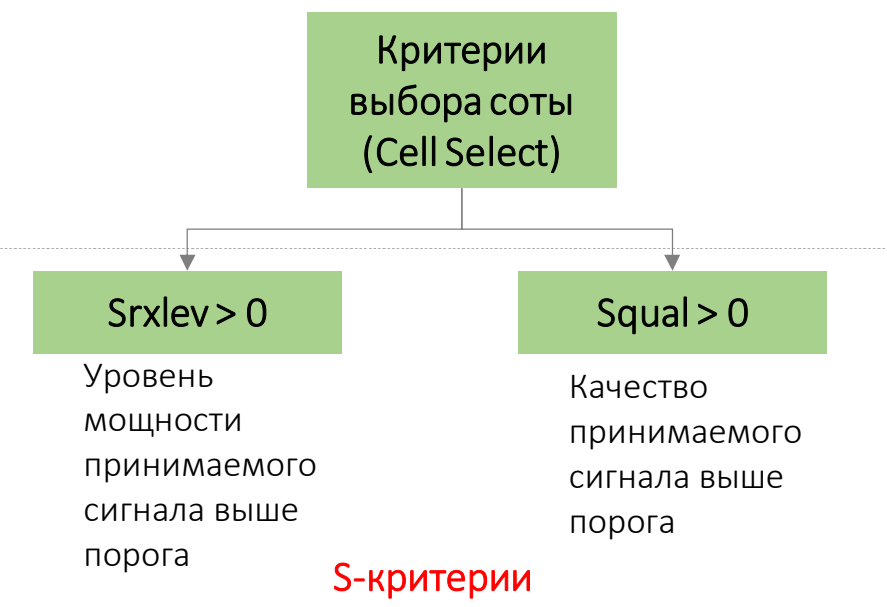
Хранимая системная информация

Поле (номера байтов)	Состав информации	Требования к наличию поля
1 - 3	Идентификатор 1-й сети PLMN (максимальный приоритет)	Обязательно
4 - 5	Идентификатор технологии(й) радиодоступа 1-й сети PLMN	Обязательно
6 - 8	Идентификатор 2-й сети PLMN	Опционально
9 - 10	Идентификатор технологии(й) радиодоступа 2-й сети PLMN	Опционально
(5n-4) – 5n-2	Идентификатор n-й сети PLMN (минимальный приоритет)	Опционально
(5n-1) – 5n	Идентификатор технологии(й) радиодоступа n-й сети PLMN	Опционально

Перечень визитных сетей в роуминге, имеющих статус «домашней» при регистрации и выполнении сетевых процедур

Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (выбор соты)

Процедура выбора соты (Cell Select) осуществляется при выборе сети и регистрации абонентского терминала. В дальнейшем осуществляется либо процедура перевыбора соты (Cell Re-Select), либо хендовера (Handover)



Уровень мощности принимаемого сигнала оценивается параметром RSRP (Reference Signal Received Power) – уровень мощность опорного сигнала, измеряемый в децибел на милливатт (дБм).

$$\text{дБм} = 10 \lg_{10} \left(\frac{\text{Мощность}}{\text{мВт}} \right)$$

Качество принимаемого сигнала оценивается параметром RSRQ (Reference Signal Received Power) – уровень качества опорного сигнала, измеряемый в децибелах (дБ).

$$\text{дБ} = 10 \lg_{10} \left(\frac{RSRP, \text{Вт}}{\frac{RSSI, \text{Вт}}{N}} \right)$$

Лучше
↕
Хуже

RSSI (Received Signal Strength Indicator) – уровень мощности принимаемого CP-OFDM-символа = сигнал + помеха

N – количество физических радиоблоков PRB в CP-OFDM-символе

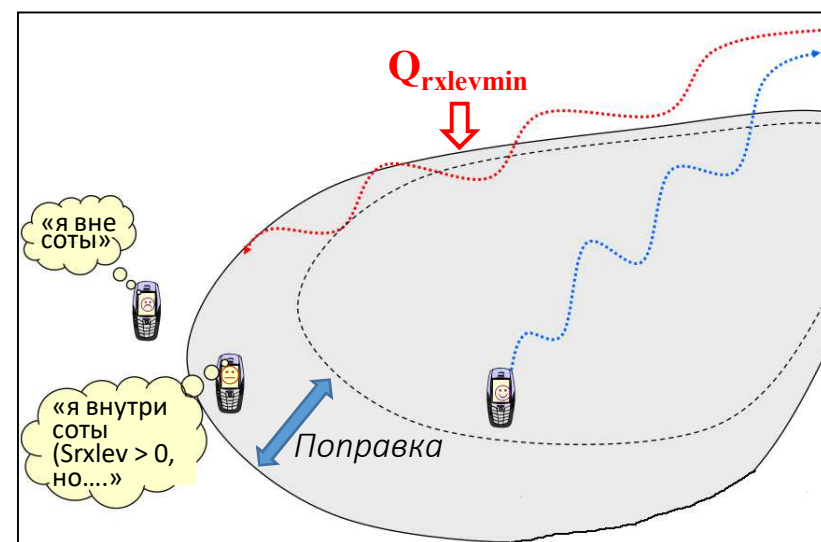
Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (выбор соты)

$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - (Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminoffset}) - P_{compensation} - Q_{offset_temp} = Q_{rxlevmeas} - Q_{rxlev\ threshold}$$

$$Q_{rx\ threshold} = Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminoffset} + P_{compensation} + Q_{offset_temp}$$

Пороговое значение

Параметр	Описание
S_{rxlev}	Критерий выбора соты по уровню мощности принимаемого радиосигнала. Мощность принимаемого радиосигнала должна быть выше требуемого значения, единица измерения – дБ.
$Q_{rxlevmeas}$	Измеренный уровень мощности принимаемого опорного сигнала RSRP, дБм.
$Q_{rxlevmin}$	Минимальный (требуемый) уровень мощности принимаемого радиосигнала, дБм.
Q_{offset_temp}	Временная поправка в дБ, повышающая требование к мощности принимаемого радиосигнала. Используется, например, если предыдущая процедура установления RRC соединения завершилась не удачно (см. 3GPP TS 38.331, TS 38.304).
$Q_{rxlevminoffset}$	Поправка в дБм, повышающая требование к мощности принимаемого радиосигнала. Используется в процедуре смены сети PLMN (например, при переходе на сеть PLMN с большим приоритетом в условиях роуминга).
$P_{compensation}$	Поправка к требуемому уровню принимаемого радиосигнала в дБ. Используется для учёта поправок на мощность излучения АТ, например, если она ограничена сетью.



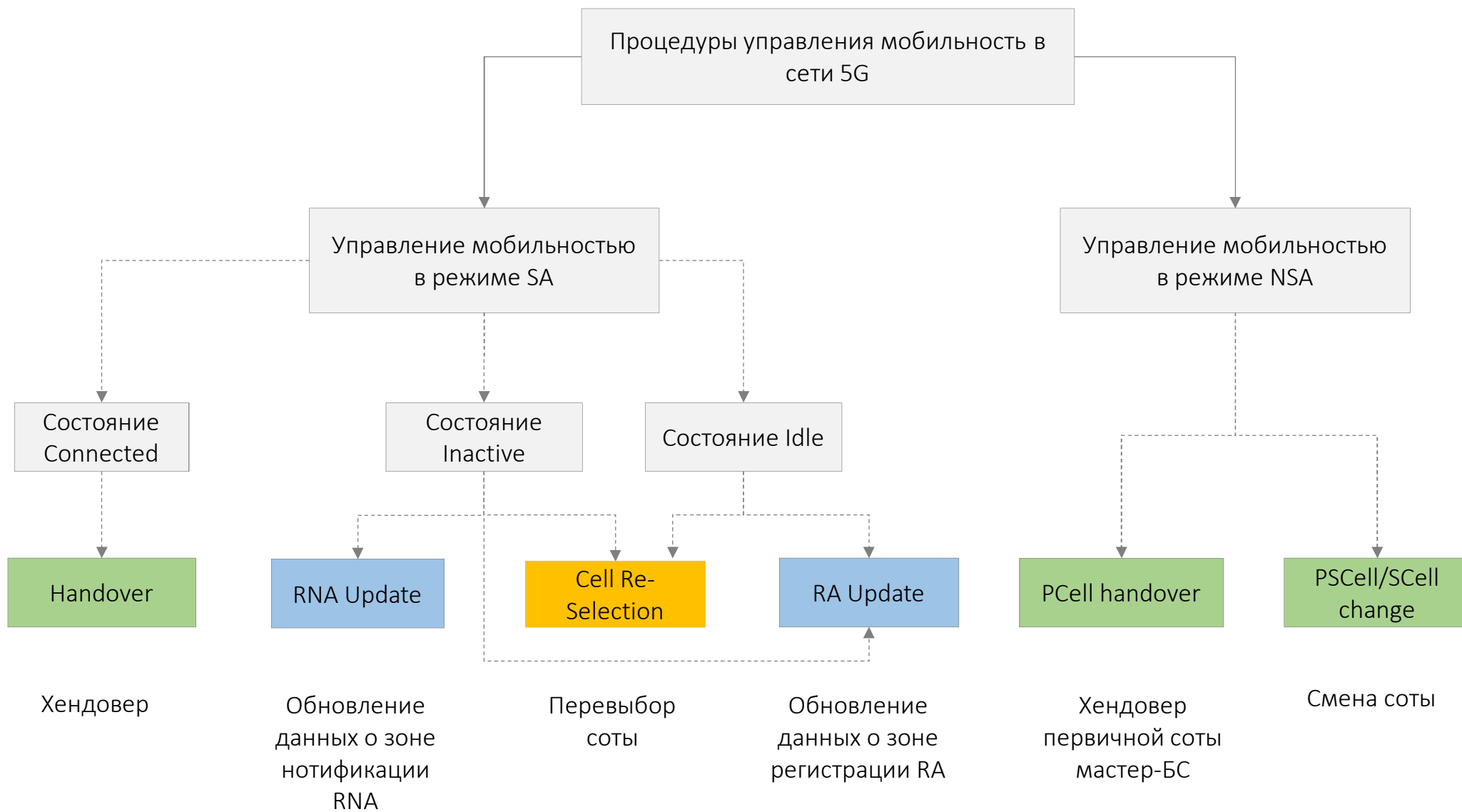
Сота меньше
 $Q_{rxlev\ threshold}$ \updownarrow
 Сота больше

Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (выбор соты)

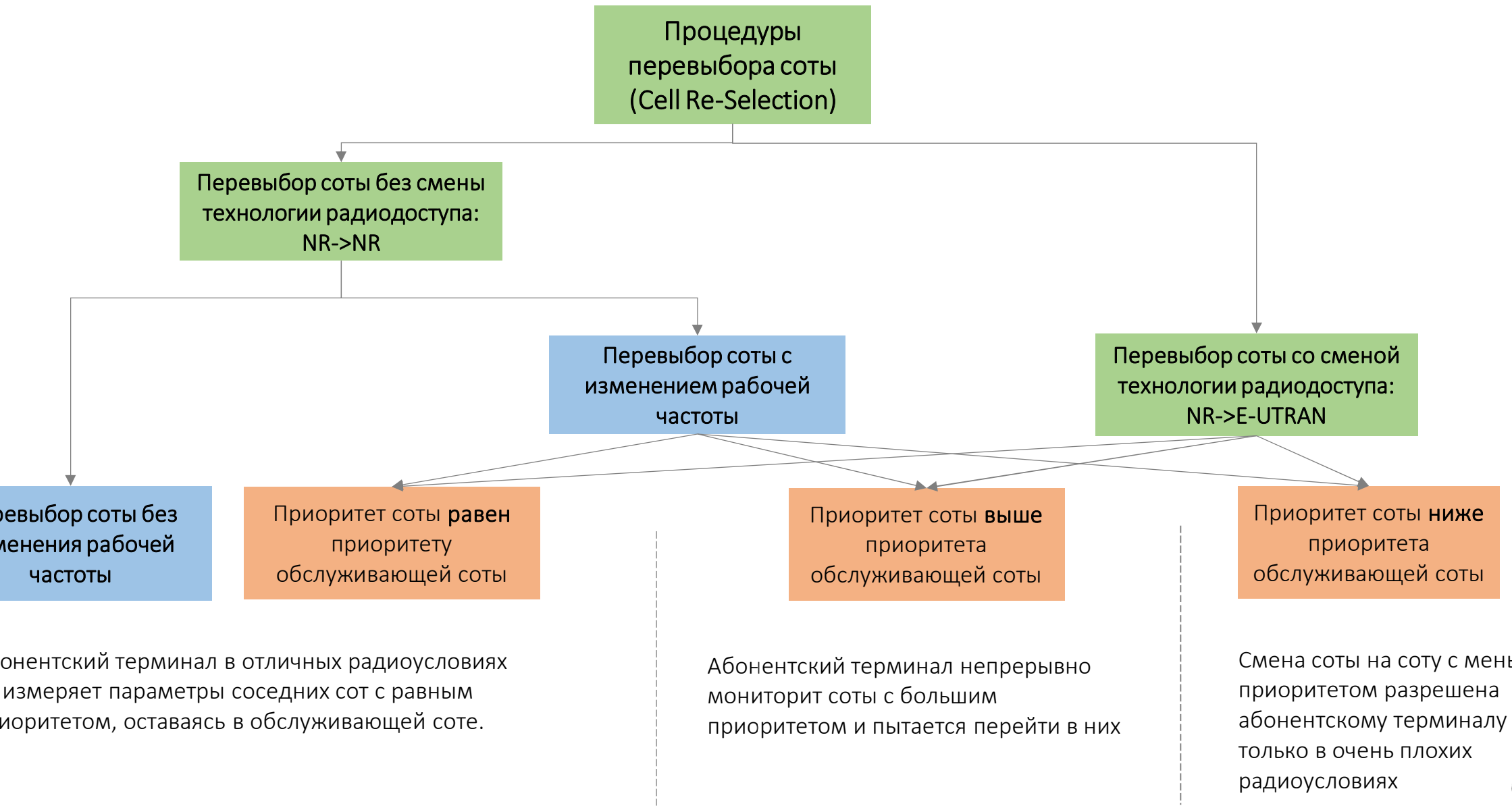
$$Squal = Q_{qualmeas} - (Q_{qualmin} + Q_{qualminoffset}) - Q_{offset_{temp}}$$

Параметр	Описание
Squal	Критерий выбора соты по уровню качества принимаемого радиосигнала. Качество принимаемого радиосигнала должно быть выше требуемого значения, единица измерения – дБ.
$Q_{offset_{temp}}$	Временная поправка в дБ, повышающая требование к качеству радиосигнала соты. Используется, например, если предыдущая процедура установления RRC соединения завершилась не удачно (см. 3GPP TS 38.331, TS 38.304).
$Q_{qualmeas}$	Измеренный уровень качества принимаемого опорного сигнала RSRQ, дБ.
$Q_{rxlevmin}$	Минимальный уровень качества принимаемого радиосигнала, дБ.
$Q_{qualminoffset}$	Поправка в дБ, повышающая требования к качеству принимаемого радиосигнала. Используется в процедуре смены сети PLMN (например, при переходе на сеть PLMN с большим приоритетом в условиях роуминга).

Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (выбор соты)



Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (перевыбор соты)



Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive (перевыбор соты б изменения частоты)

Абонентский терминал находится в отличных радиоусловиях, измерения S-критериев выше порогов селекции, заданных оператором: $S_{rxlev} > S_{IntraSearchP}$ и $S_{qual} > S_{IntraSearchQ}$.
Параметры соседних сот не измеряются.

Абонентский терминал перемещается в направлении границы соты, измерения S-критериев стали ниже порогов селекции: $S_{rxlev} < S_{IntraSearchP}$ и $S_{qual} < S_{IntraSearchQ}$.

Абонентский терминал начинает измерять параметры соседних сот, удовлетворяющих S-критериям $S_{rxlev} > 0$, $S_{qual} > 0$:

$Q_{meas,s} = Q_{meas,s} + Q_{hyst} - Q_{offset_temp}$ – измерение обслуживающей соты

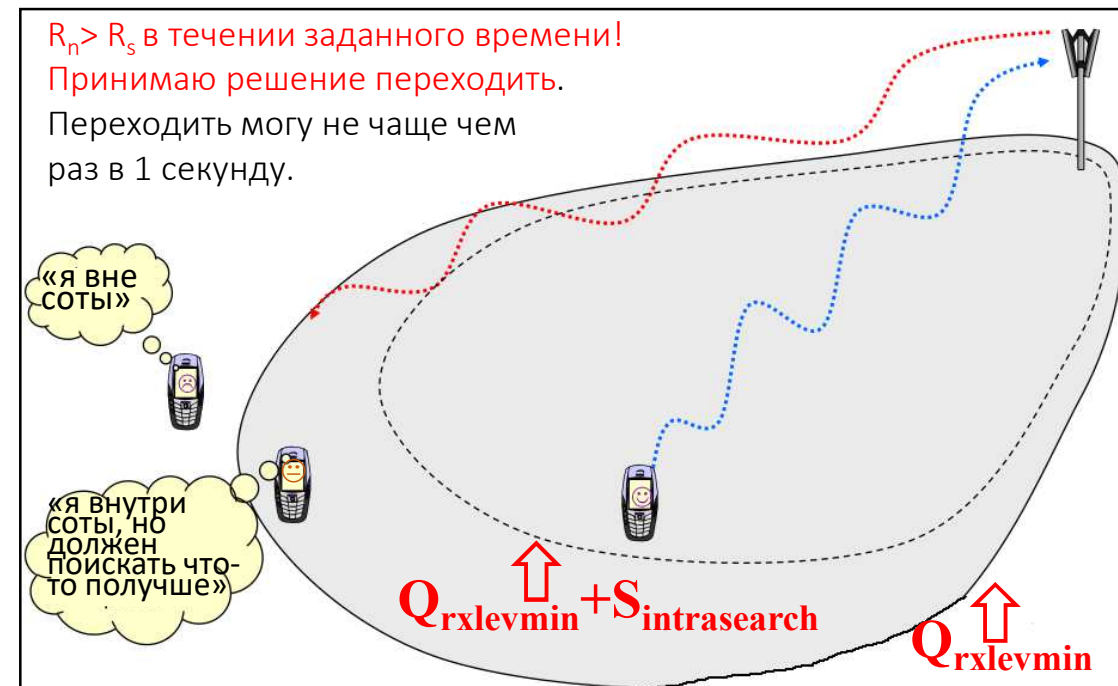
$Q_{meas,n} = Q_{meas,n} - Q_{offset} - Q_{offset_temp}$ – измерения соседних сот

$Q_{meas,s}$, $Q_{meas,n}$ – уровни мощностей принимаемых сигналов от обслуживающей и соседней соты;

Q_{hyst} – гистерезис, уменьшающий вероятность частой смены соты вследствие флуктуаций мощности сигнала;

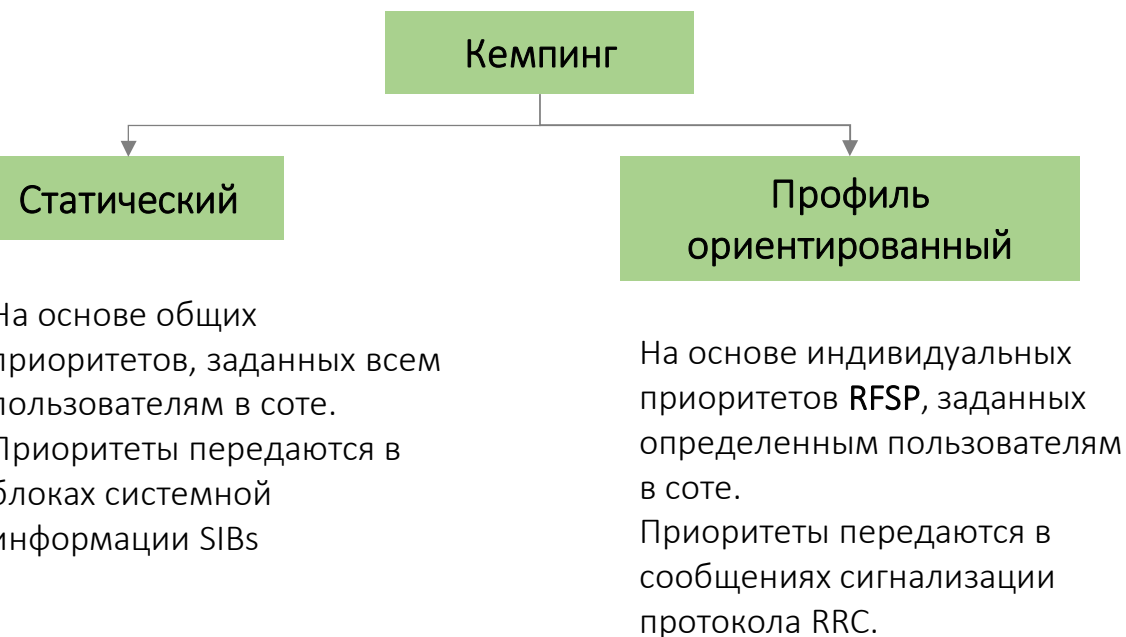
Q_{offset_temp} – временная поправка в дБ, повышающая требование к мощности радиосигнала соты; используется, например, если процедура установления RRC соединения в предыдущей соте завершилась не удачно (3GPP TS 38.331, TS 38.304).

Q_{offset} – поправка, повышающая значимость обслуживающей соты с относительно соседней n .

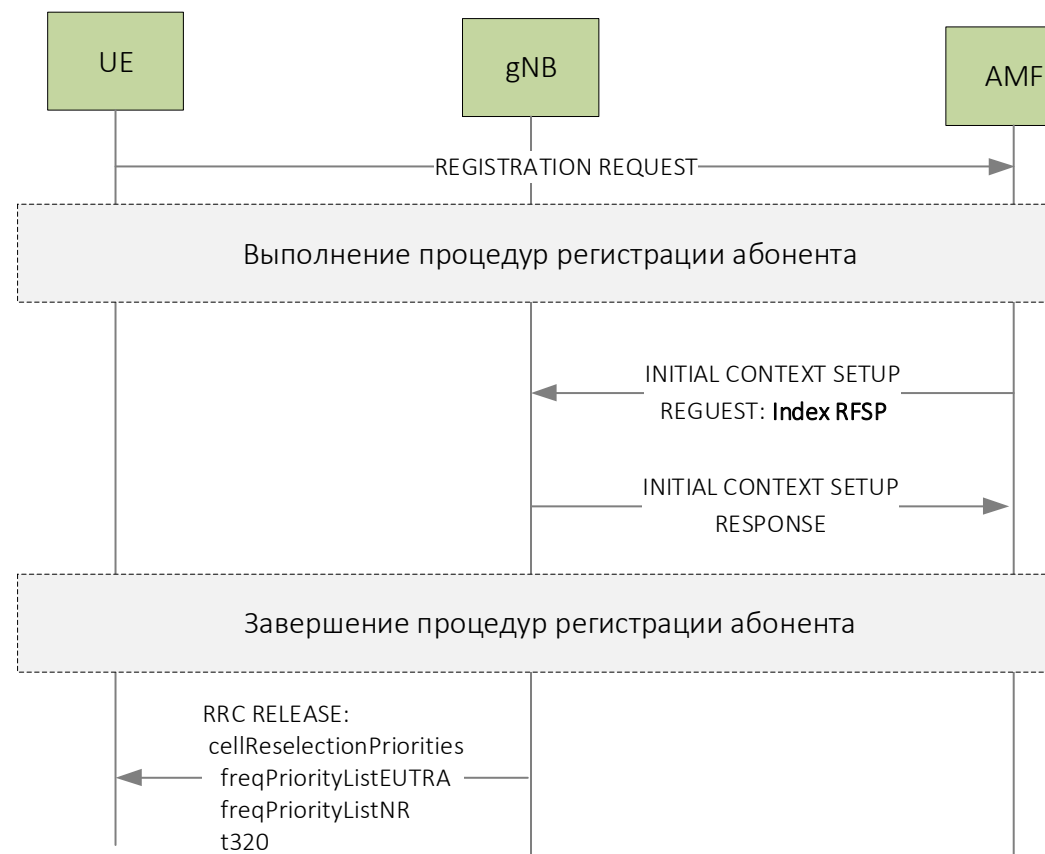


Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive: профиль ориентированный кемпинг

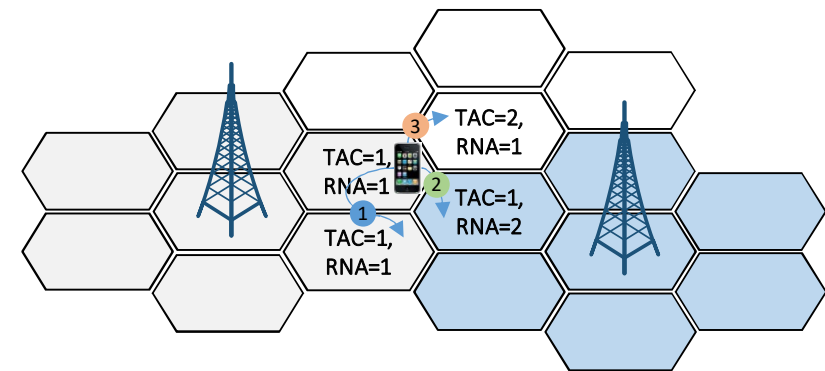
Под кемпингом понимается нахождение абонентского терминала в сети в пассивном состоянии (RRC-IDLE, RRC-Inactive)



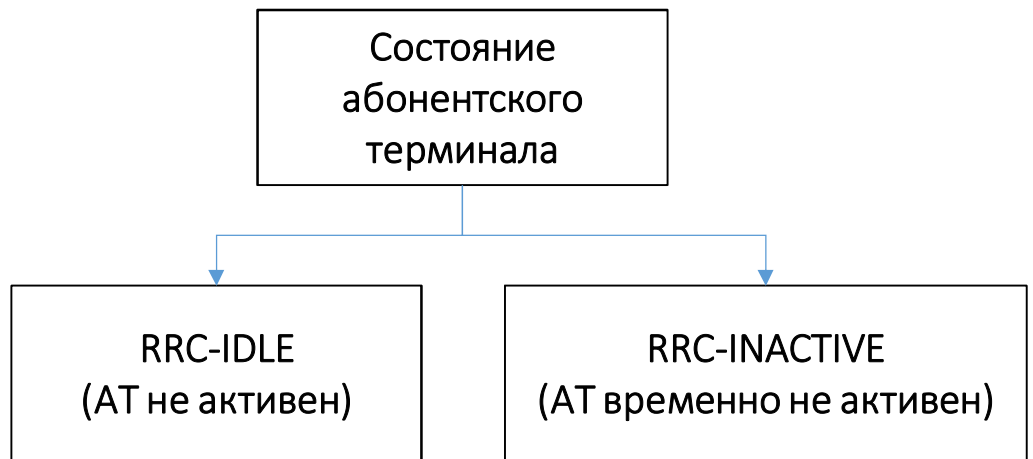
Профили, устанавливающие различные приоритеты сот в зависимости от их частоты и технологии RAT, настраиваются непосредственно на базовых станциях. Эти профили используются не только для управления процедурами выбора сот, но в процессе хендверов для выбора целевой (принимающей) соты. Каждый профиль обозначается своим уникальным индексом **RFSP** (Index to RAT/Frequency Selection Priority), значения которого меняются в пределах 1 – 256.



Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive: обновление информации о текущей зоне местоположения



- 1 – процедура переыбора соты (Cell Reselect)
- 2 – процедура обновления зоны нотификации RNAU (RAN Notification Area Update)
- 3 – процедура обновления зоны регистрации (Mobility Registration Update)



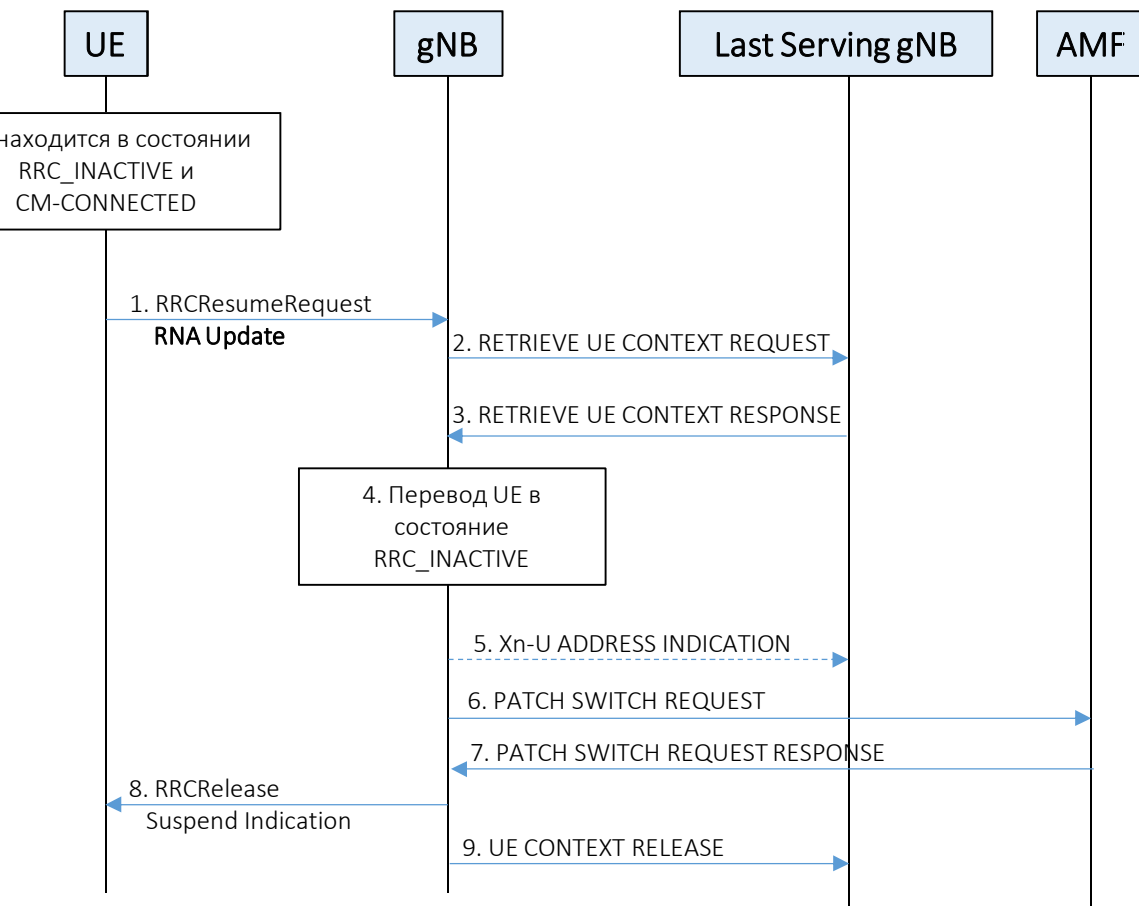
Процедура	RRC-IDLE (АТ не активен)	RRC-INACTIVE (АТ временно не активен)
1	✓	✓
2	✗	✓
3	✓	✓

Процедура	Способ инициации процедуры	
	По событию	По таймеру
Cell Reselect	✓	✗
RAN Notification Area Update	✓	✓ (t380 = 5 мин и более)
Mobility Registration Update	✓	✓ (t3512=54 мин и более)

Зона RNA задаётся оператором путем:

1. Перечисления идентификаторов сот (CELL ID), входящих в зону RNA
2. или вещанием в каждой соте идентификатора, RAN Area ID = TAC || RAN Area Code

Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-IDLE, RRC-Inactive: обновление информации о текущей зоне нотификации RNA



Процедура обновления зоны нотификации RNA

1. UE в состоянии **RRC_INACTIVE** передаёт запрос **RRCResumeRequest** с указанием причины **RNA Update**. UE идентифицирует себя временным идентификатором **RNTI**, который назначен последней обслуживающей базовой станцией gNB.

2. Базовая станция gNB по идентификатору I-RNTI определяет последнюю обслуживающую базовую станцию gNB и запрашивает у неё контекст абонентского терминала.

3. Последняя обслуживающая gNB передаёт контекст абонентского терминала (PDU session context, Security Key, UE Radio Capability и UE Security Capabilities). Контекст UE определяется по идентификатору **I-RNTI**.

4. Базовая станция устанавливает состояние абонентского терминала как временно не активное **RRC_INACTIVE**.

5. Для предотвращения потери пользовательских данных DL, буферизованных в последней обслуживающей gNB, базовая станция gNB передаёт адреса для пересылки.

6-7. Базовая станция gNB запрашивает AMF переключение туннеля GTP.

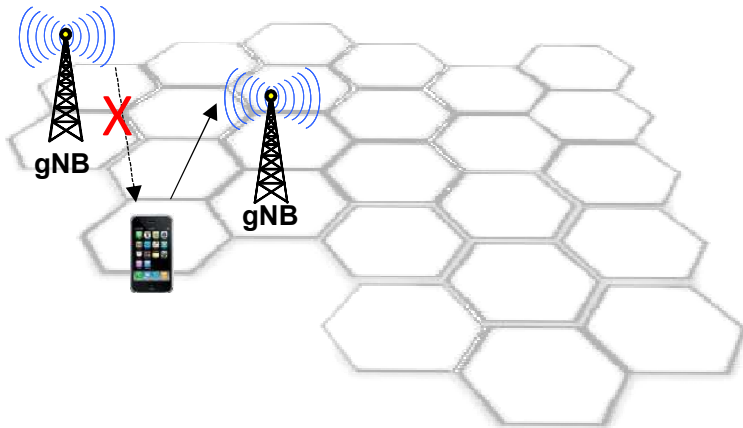
8. Базовая станция gNB поддерживает UE в состоянии **RRC_INACTIVE**, посылает **RRCRelease** с индикацией приостановки передачи данных.

9. Базовая станция gNB инициирует освобождение ресурсов UE в последней обслуживающей gNB.

Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-Connected. Хендовер.

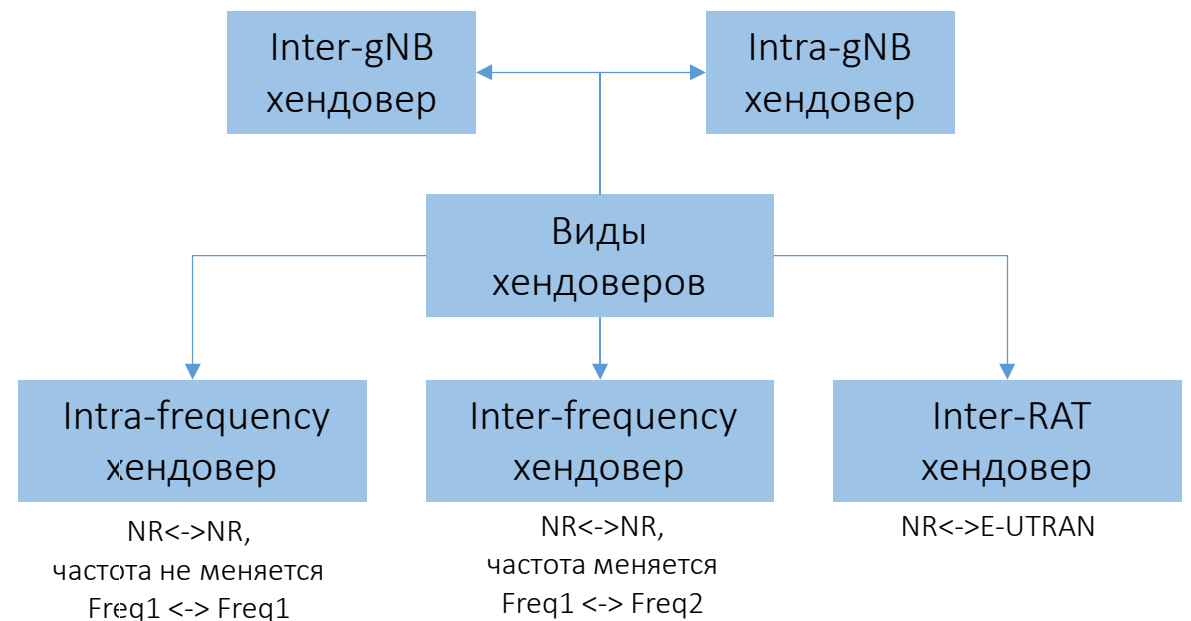
Хендовер – передача обслуживания активного абонентского терминала другой базовой станции.

Активный абонентский терминал – абонентский терминал, находящийся в состоянии RRC_ACTIVE и осуществляющий приём/передачу данных.



1. **Аварийный Handover** – «уровень»* в обслуживаемой соте стало хуже, чем должно;
2. **Комфортный Handover** – «уровень»* в соседней соте лучше, чем в обслуживаемой.

*«Уровень» - уровень (RSRP) или качество (RSRQ) сигнала соты



Решение о выполнении хендовера принимает обслуживающая базовая станция, на основе результатов радиоизмерений соседних сот, полученных в отчётах абонентского терминала.

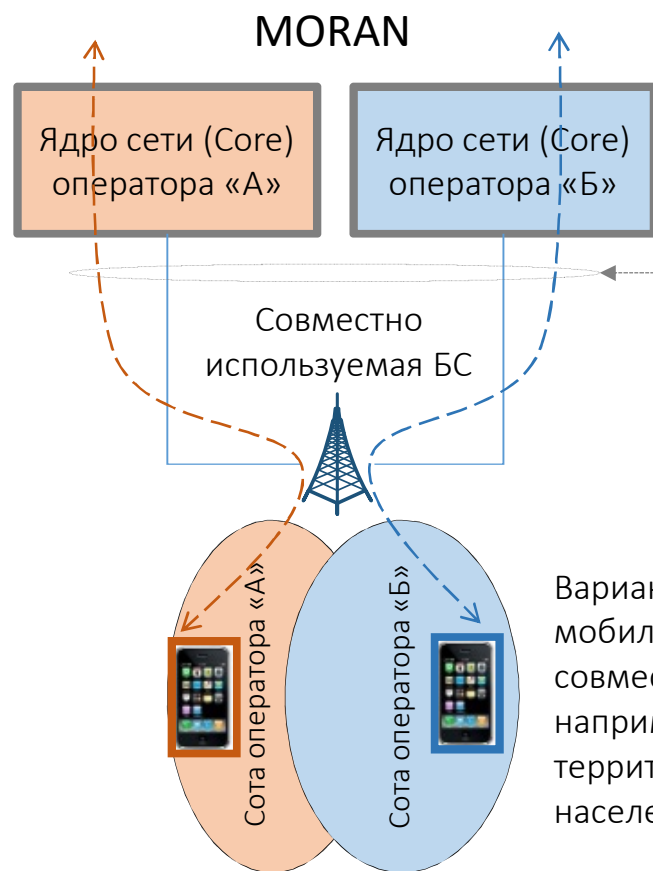
Процедуры, выполняемые АТ в состояниях RRC-Connected

Отправка абонентским терминалом отчётов о радиоизмерения соседних сот

Событие отправки отчёта	Цель передачи отчёта	Примечание
1: Serving cell > threshold	Деактивация процедуры измерений соседних сот, так как качество сигнала от обслуживающей соты очень хорошее.	Экономия ресурсов БС
2: Serving cell < threshold	Активация процедуры измерений соседних сот, так как качество сигнала от обслуживающей соты не достаточно хорошее.	Вероятность хендовера высока
3: Neighbor cell > SpCell (PCell, PSCell)	Инициация intra-frequency хендовера (без смены рабочей частоты) в соседнюю соту	Комфортный хендовер
4: Neighbor cell > threshold	Соседняя сота рассматривается как кандидат для выполнения хендовера	Хендовер возможен
5: SpCell < threshold1 и Neighbor cell > threshold2	Инициация inter-frequency хендовера (со сменой рабочей частоты) в соседнюю соту	Аварийный хендовер сот PCell, PSCell
6: Neighbor cell > SCell	Инициация смены вторичной соты при CA или DC	Комфортная смена вторичной соты
1: Inter-RAN Neighbor cell > threshold	Соседняя Inter-RAT сота рассматривается как кандидат для выполнения хендовера	Смена вторичной соты возможна
2: SpCell < threshold1 и Inter-RAN Neighbor cell > threshold2	Инициация inter-RAT хендовера в соседнюю соту	Аварийный хендовер сот PCell, PSCell со сменой технологии радиодоступа

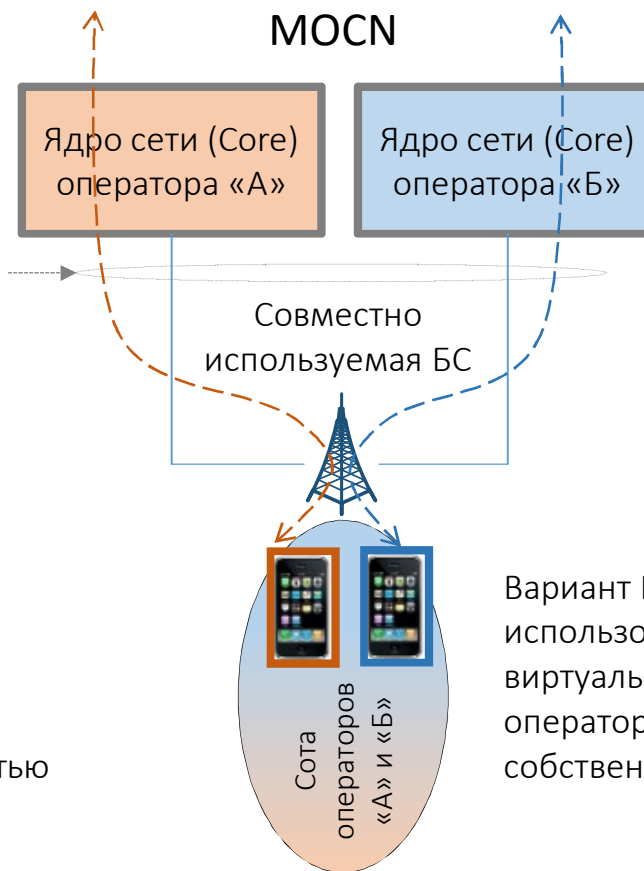
Основные принципы реализации RAN-Sharing

RAN-Sharing – совместное использование ресурсов и инфраструктуры сети радиодоступа несколькими операторами.
Совместное использование ресурсов базовой станции – один из вариантов реализации RAN-Sharing.



Вариант MORAN позволяет мобильным операторам совместно строить сети, например, на удалённых территориях с низкой плотностью населения.

Совместное использование ресурсов БС.
Частотный ресурс используется отдельно, выделенные соты для каждого из операторов



Вариант MOCN может использоваться в интересах виртуальных мобильных операторов, не имеющих собственного частотного ресурса.

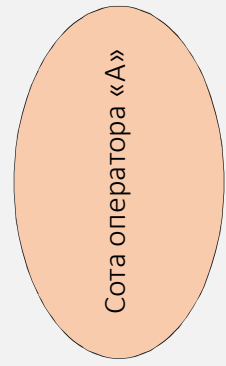
Совместное использование частоты и ресурсов БС, общая сота для всех операторов.

Основные принципы реализации RAN-Sharing

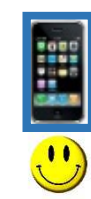
```

systemInformationBlockType1
cellSelectionInfo
plmn-IdentityList
  PLMN-IdentityInfo
    plmn-IdentityList
      PIMN-Identity
        mcc
          MCC-MNC-Digit: ---- 0x2 (2)
          MCC-MNC-Digit: ---- 0x5 (5)
          MCC-MNC-Digit: ---- 0x0 (0)
        mnc
          MCC-MNC-Digit: ---- 0x0 (0)
          MCC-MNC-Digit: ---- 0x1 (1)
      cellIdentity: ---- 0000000000000000000000000000000010001 (00 00 00
01 01)
      cellReservedForOperatorUse: ---- notReserved (1)
  
```

MORAN



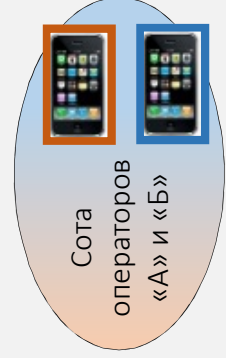
PLMNid=25002 не передаётся в SIB1,
сота не обслуживает абонентов
оператора «Б»



```

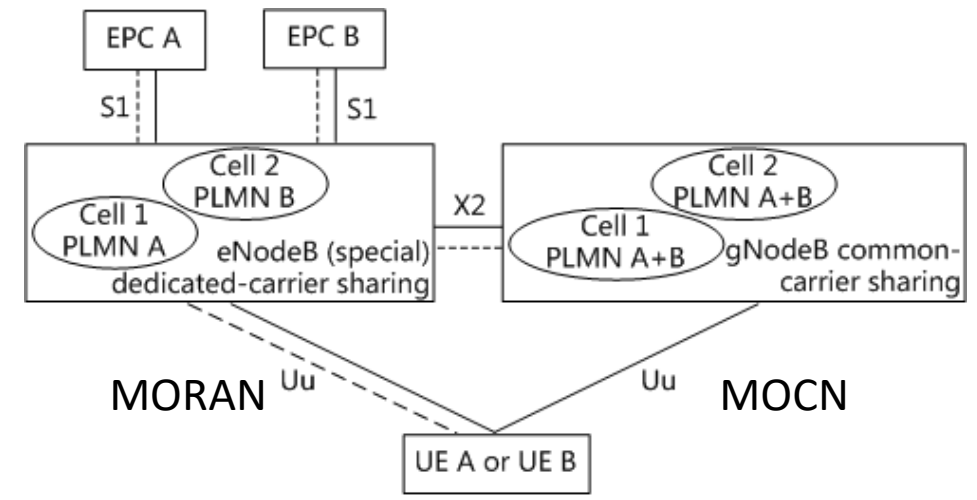
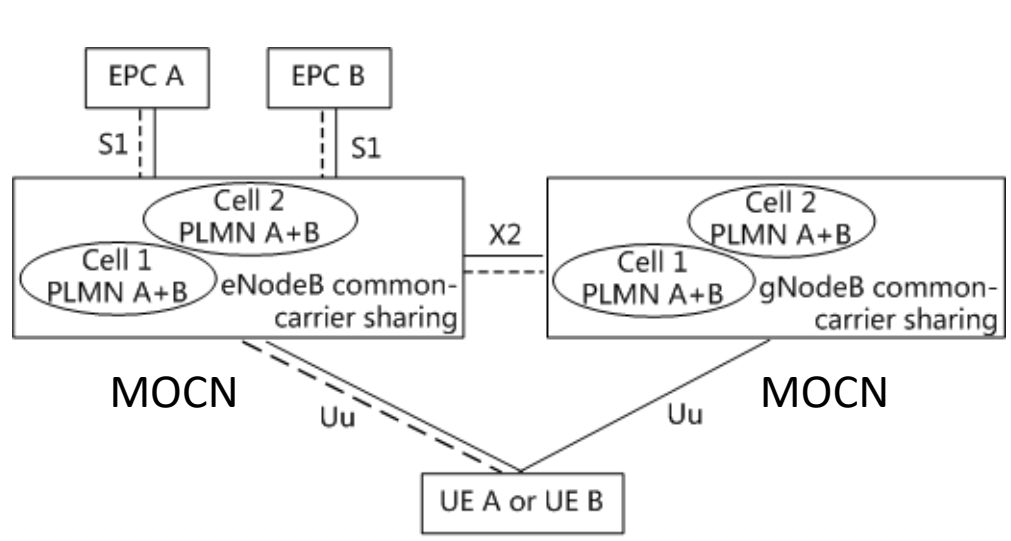
systemInformationBlockType1
cellSelectionInfo
q-RxLevMin: ---- 0xfffffc0 (-64)
cellAccessRelatedInfo
plmn-IdentityList
  PLMN-IdentityInfo
    plmn-IdentityList
      PIMN-Identity
        mcc
          MCC-MNC-Digit:0x2 (2)
          MCC-MNC-Digit:0x5 (5)
          MCC-MNC-Digit:0x0 (0)
        mnc
          MCC-MNC-Digit:0x0 (0)
          MCC-MNC-Digit:0x1 (1)
      cellIdentity: ---- 0000000000000000000000000000000010001 (00 00 00 01
01 01)
      cellReservedForOperatorUse: ---- notReserved (1)
  PLMN-IdentityInfo
    plmn-IdentityList
      PIMN-Identity
        mcc
          MCC-MNC-Digit:0x4 (2)
          MCC-MNC-Digit:0x6 (5)
          MCC-MNC-Digit:0x0 (0)
        mnc
          MCC-MNC-Digit:0x0 (0)
          MCC-MNC-Digit:0x3 (2)
      cellIdentity: ---- 0000000000000000000000000000000010001 (00 00 00 01
01 01)
      cellReservedForOperatorUse: ---- notReserved (1)
  
```

MOCN



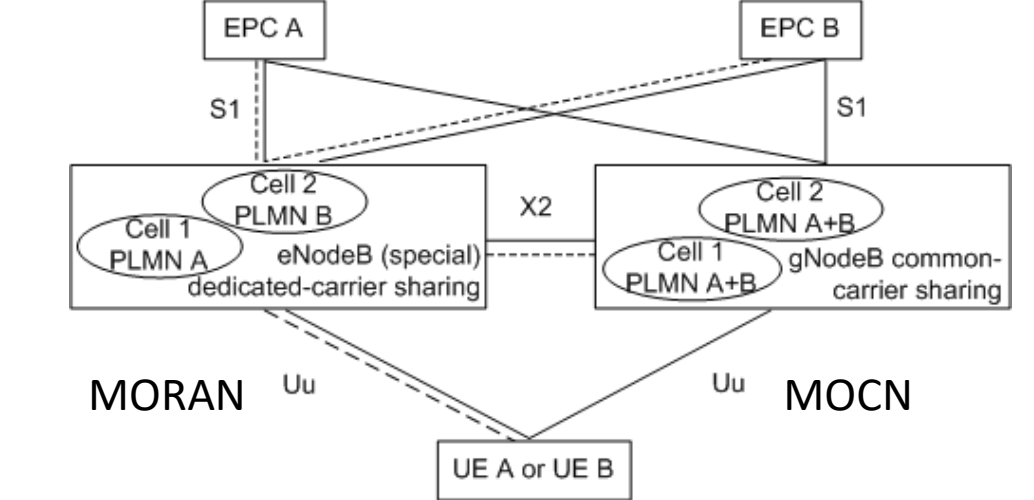
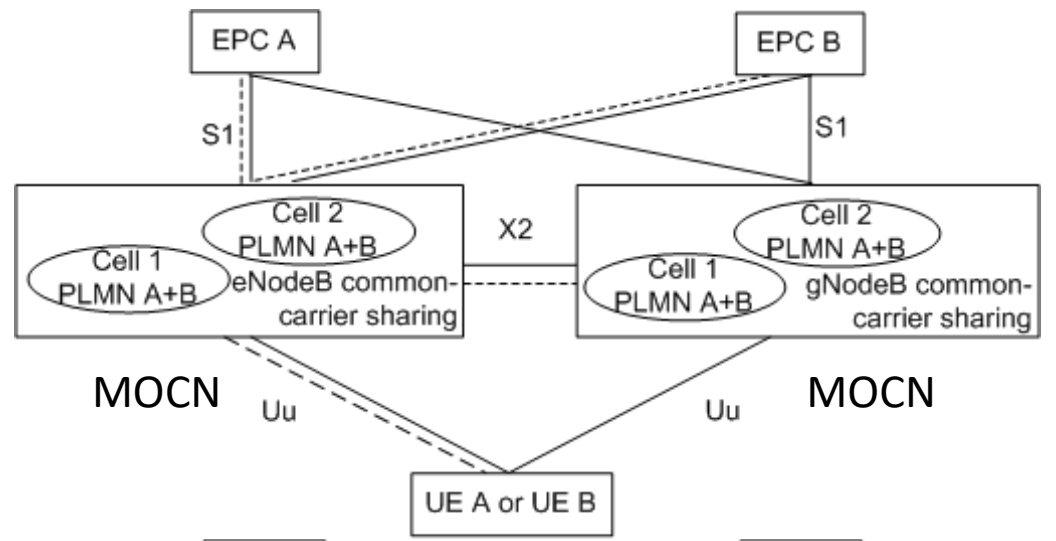
PLMNid=25002 не передаётся в SIB1,
сота не обслуживает абонентов
оператора «Б»

Основные принципы реализации RAN-Sharing



----- Control-plane data
 ——— User-plane data

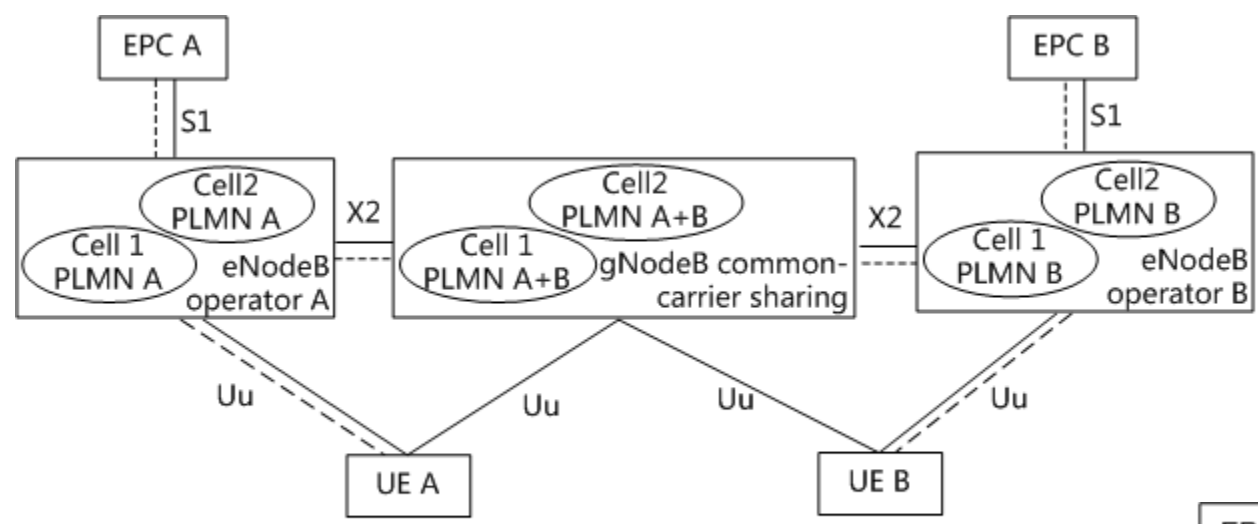
Option 3



----- Control plane
 ——— User plane

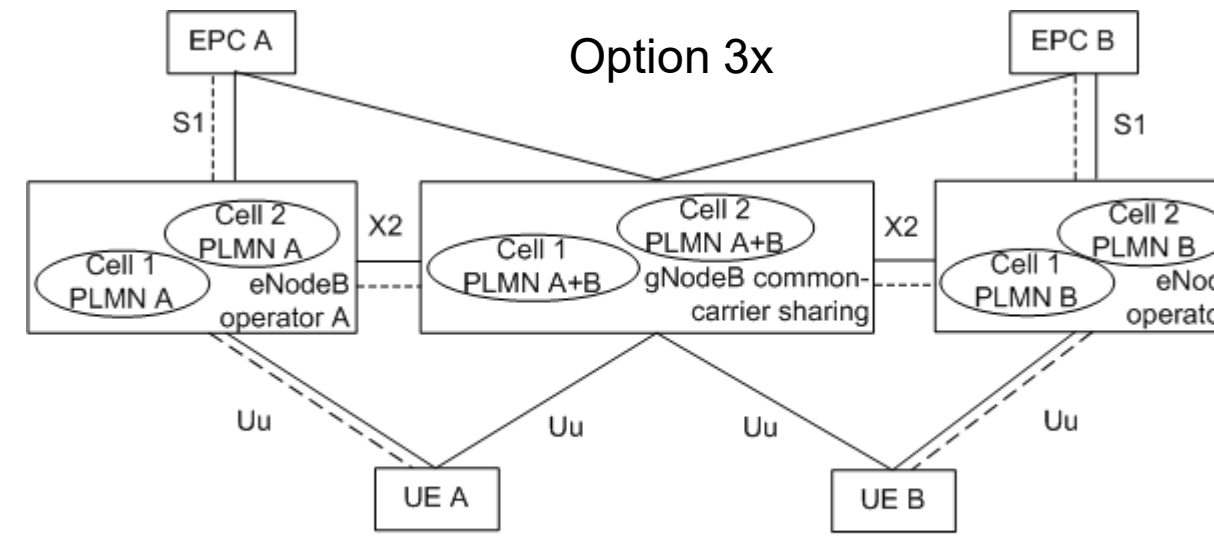
Option 3x

Основные принципы реализации RAN-Sharing



----- Control-plane data
 ——— User-plane data

Option 3



----- Control plane
 ——— User plane

Option 3x