

Развитие стандарта LTE в релизе 12 спецификаций (Rel'12 3GPP)

Профессор кафедры РПУ и СПС, к.т.н. А Е Рыжков

В начале 2015г. вышла монография

СЕТИ СТАНДАРТА

LTE

А.Е. Рыжков
М.А. Сиверс
А.С. Бабкин
А.М. Пыленок
А.П. Трофимов

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
РАДИОДОСТУПА

Санкт-Петербург
2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные сведения о сетях LTE	6
1.1. Развитие стандарта LTE.....	6
1.2. Основная структура сети LTE.....	6
1.3. Состояния мобильной станции (UE) в E-UTRAN.....	14
1.4. Взаимодействие абонентских станций с ядром сети.....	15
2. Физический уровень стандарта LTE	18
2.1. Технология OFDM и выделение канального ресурса.....	18
2.2. Канальный ресурс и его характеристики.....	22
2.3. Выделенные частотные диапазоны для сетей LTE.....	30
2.4. Обнаружение сети абонентской станцией.....	34
2.5. Организация каналов в E-UTRAN.....	39
2.6. Физические каналы в направлении вниз.....	41
2.7. Многоантенные технологии (MIMO) в LTE.....	49
2.8. Организация физических каналов для передачи вверх.....	62
2.9. Абонентская аппаратура.....	80
2.10. Управление канальным ресурсом.....	83
3. Функционирование сети LTE	92
3.1. Протоколы и процедуры.....	92
3.2. LTE радио протокол.....	95
3.3. Безопасность в сетях LTE.....	98
4. Агрегация частотных полос и структуры сетей LTE	105
4.1. Агрегация полос.....	105
4.2. Неоднородные сетевые структуры.....	122
4.3. Структуры сетей LTE с фемтосотами.....	125
4.4. Структура сети LTE с релейными станциями.....	132
5. Процедуры физического уровня	138
5.1. Измерения, выполняемые UE.....	138
5.2. Селекция сот.....	144
5.3. Реселекция сот.....	144
5.4. Управление мощностью передачи вверх.....	145
6. Процедуры уровня MAC	146
6.1. Процедура доступа абонентской станции к сети.....	146
6.2. Прерывистый прием.....	148
7. Услуги в сетях LTE	150
7.1. Качественные показатели услуг и их обеспечение в сетях LTE.....	150
7.2. Передача телефонного трафика в сетях LTE.....	152
8. Процедуры уровня L3	165
8.1. Пейджинг.....	165
8.2. Установление соединения с сетью.....	166
8.3. Процедура Attach.....	167

8.4. Процедура локализации.....	172
8.5. Перевод абонентской станции в состояние Idle.....	175
8.6. Процедура Service Request.....	176
8.7. Процедура Detach.....	179
8.8. Процедура активации (организации) сквозного канала.....	180
8.9. Процедура изменения параметров качества сквозного канала.....	181
8.10. Процедура модификации сквозных каналов по запросам UE.....	183
8.11. Деактивация (снятие) сквозного канала.....	184
8.12. Внутрисистемный хэндовер с использованием интерфейса X2.....	186
8.13. Процедура межсистемного хэндовера из E-UTRAN в UTRAN.....	190
8.14. Процедура межсистемного хэндовера из UTRAN в E-UTRAN.....	195
8.15. Процедуры в подсистеме РСС.....	200
9. Технологии E-UTRA Rel.11 и концепция стандартов радиодоступа 5 поколения.....	208
9.1. Технология CoMP.....	208
9.2. Физический канала сигнализации E-PDCCH.....	220
9.3. Переход к сетям пятого поколения (5G).....	223
10. Локализация абонентов в E-UTRAN.....	227
10.1. Локализация UE в E-UTRAN: структуры и протоколы.....	227
10.2. Методы позиционирования UE в E-UTRAN.....	234

1. Развитие технологии агрегации частотных полос

Класс агрегированной полосы	Конфигурация передачи в агрегированной полосе	Максимальное число несущих
A	$N_{\text{агрРБ}} \leq 100$	1
B	$25 \leq N_{\text{агрРБ}} \leq 100$	2
C	$100 \leq N_{\text{агрРБ}} \leq 200$	2
D	$200 \leq N_{\text{агрРБ}} \leq 300$	3
E	$[300] \leq N_{\text{агрРБ}} \leq [400]$	4
F	$[400] \leq N_{\text{агрРБ}} \leq [500]$	5

Эволюция технологии агрегации полос

Релиз LTE	Число агрегируемых полос	Число агрегируемых диапазонов	Число конфигураций	Суммарная ширина полосы пропуска	Поддержка агрегации вверх
10	2	2	3	40	нет
11	2	2	28	40	нет
12	3	3	133	60	33 конфигурации

Спецификации TS 36.101, Rel. 12.6

Конфигурации междиапазонной несмежной агрегации полос

Конфигурации и полосы при междиапазонной агрегации полос (3 диапазона)								
Конфигурация агрегации полос	Номера агрегиров. диапазонов	3 МГц	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц	Макс. суммарная полоса (МГц)	Набор комбинации сот
CA_1A-3A-5A	1		X	X	X	X	50	0
	3		X	X	X	X		
	5		X	X				
	1		X	X			40	1
	3		X	X	X	X		
5			X	X				
CA_1A-3A-8A	1		X	X	X	X	50	0
	3		X	X	X	X		
	8	X	X	X				
	1		X	X			40	1
	3		X	X	X	X		
	8	X	X	X				
	1		X	X	X	X	40	2
3		X	X	X				
8	X	X	X					

CA_1A-3A-19A	1		X	X	X	X	55	0
	3		X	X	X	X		
	19		X	X	X			
CA_1A-3A-26A	1		X	X	X	X	50	0
	3		X	X	X	X		
	26		X	X				
CA_1A-3A-20A	1		X	X	X	X	60	0
	3		X	X	X	X		
	20		X	X	X	X		
CA_1A-5A-7A	1		X	X			40	0
	5		X	X				
	7			X	X	X		
	1		X	X	X	X	50	1
	5		X	X				
7			X	X	X			
CA_1A-7A-20A	1		X	X	X	X	50	0
	7			X	X	X		
	20		X	X				
CA_1A-18A-28A	1		X	X	X	X	45	0
	18		X	X	X			
	28		X	X				
	1		X	X	X	X	40	1
	18		X	X				
28		X	X					
CA_1A-19A-21A	1		X	X	X	X	50	0
	19		X	X	X			
	21		X	X	X			
CA_2A-4A-5A	2		X	X	X	X	50	0
	4		X	X	X	X		
	5		X	X				
CA_2A-4A-12A	2		X	X	X	X	50	0
	4		X	X	X	X		
	12		X	X				
CA_2A-4A-13A	2		X	X	X	X	50	0
	4		X	X	X	X		
	13			X				
CA_2A-4A-29A	2		X	X	X	X	50	0
	4		X	X	X	X		
	29		X	X				
CA_2A-5A-12A	2		X	X	X	X	40	0
	5		X	X				
	12		X	X				
CA_2A-5A-13A	2		X	X	X	X	40	0
	5		X	X				
	13			X				
CA_2A-5A-30A	2		X	X	X	X	40	0
	5		X	X				
	30		X	X				
CA_2A-12A-30A	2		X	X	X	X	40	0
	12		X	X				
	30		X	X				
CA_2A-29A-30A	2		X	X	X	X	40	0
	29		X	X				
	30		X	X				
CA_3A-7A-20A	3		X	X	X	X	60	0
	7			X	X	X		
	20		X	X	X	X		
CA_4A-5A-12A	4		X	X	X	X	40	0
	5		X	X				
	12		X	X				
CA_4A-5A-13A	4		X	X	X	X	40	0
	5		X	X				

	13			X				
CA_4A-5A-30A	4		X	X	X	X	40	0
	5		X	X				
	30		X	X				
CA_4A-7A-12A	4		X	X			40	0
	7		X	X	X	X		
	12		X	X				
CA_4A-12A-30A	4		X	X	X	X	40	0
	12		X	X				
	30		X	X				
CA_4A-29A-30A	4		X	X	X	X	40	0
	29		X	X				
	30		X	X				
CA_7A-8A-20A	7			X	X	X	40	0
	8	X	X	X				
	20		X	X				

2. Расширение классификации мобильных терминалов

2.1. Новые модуляционно-кодирующие схемы (TS 36.213)

Таблица 2.1.

CQI индекс	Модуляция	Ркод x 1024	Эффективность
0	Не используют		
1	4-ФМ	78	0.1523
2	4-ФМ	120	0.2344
3	4-ФМ	193	0.3770
4	4-ФМ	308	0.6016
5	4-ФМ	449	0.8770
6	4-ФМ	602	1.1758
7	16-КАМ	378	1.4766
8	16-КАМ	490	1.9141
9	16-КАМ	616	2.4063
10	64-КАМ	466	2.7305
11	64-КАМ	567	3.3223
12	64-КАМ	666	3.9023
13	64-КАМ	772	4.5234
14	64-КАМ	873	5.1152
15	64-КАМ	948	5.5547

Таблица 2.2.

CQI индекс	Модуляция	Ркод x 1024	Эффективность
0	Не используют		
1	4-ФМ	78	0.1523
2	4-ФМ	193	0.3770
3	4-ФМ	449	0.8770
4	16-КАМ	378	1.4766
5	16-КАМ	490	1.9141
6	16-КАМ	616	2.4063
7	64-КАМ	466	2.7305
8	64-КАМ	567	3.3223
9	64-КАМ	666	3.9023
10	64-КАМ	772	4.5234
11	64-КАМ	873	5.1152
12	256-КАМ	711	5.5547
13	256-КАМ	797	6.2266
14	256-КАМ	885	6.9141
15	256-КАМ	948	7.4063

2.2. Категории мобильных терминалов (TS 36.306 Rel.12.4)

UE-категории:

Таблица 2.3

Категория UE	Параметры физического уровня вниз				Параметры физического уровня вверх		Параметры L2
	Макс. число бит в канале DL-SCH в субкадре ¹	Макс. число бит в блоке DL-SCH в субкадре ²	Макс. число бит, обработыв. при HARQ	Макс. число слоев при MIMO	Макс. число бит в канале UL-SCH в субкадре	Модуляция 64-QAM вверх	Объем буфера в кбайт
1	10296	10296	250368	1	5160	нет	150
2	51024	51024	1237248	2	25456	нет	700
3	102048	75376	1237248	2	51024	нет	1 400
4	150752	75376	1827072	2	51024	нет	1 900
5	299552	149776	3667200	4	75376	есть	3 500
6	301504	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	3654144	2 или 4	51024	нет	3 300
7	301504	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	3654144	2 или 4	102048	нет	3 800
8	2998560	299856	35982720	8	1497760	есть	42 200
9	452256	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	5481216	2 или 4	51024	нет	4 800
10	452256	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	5481216	2 или 4	102048	нет	5 200
11	603008	149776 (4 слоя – 64-QAM) 195816(4 слоя – 256-QAM) 75376 (2 слоя- 64-QAM) 97896 (2 слоя – 256-QAM)	7308288	2 или 4	51024	нет	6 200
12	603008	149776 (4 слоя – 64-QAM) 195816(4 слоя – 256-QAM) 75376 (2 слоя- 64-QAM) 97896 (2 слоя – 256-QAM)	7308288	2 или 4	102048	нет	6 700

UE- категории DL

Категория UE DL	Макс. число бит в канале DL-SCH в субкадре ¹	Макс. число бит в блоке DL-SCH в субкадре ²	Макс. число бит, обработыв. при HARQ	Макс. число слоев при MIMO
DL Категория 0 (Примечание 1)	1000	1000	25344	1
DL Категория 6	301504	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	3654144	2 или 4
DL Категория 7	301504	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	3654144	2 или 4
DL Категория 9	452256	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	5481216	2 или 4
DL Категория 10	452256	149776 (4 слоя) 75376 (2 слоя)	5481216	2 или 4
DL Категория 11	603008	149776 (4 слоя, 64-КАМ) 195816 (4 слоя, 256-КАМ) 75376 (2 слоя, 64-КАМ) 97896 (2 слоя, 256-КАМ)	7308288	2 или 4
DL Категория 12	603008	149776 (4 слоя, 64-КАМ) 195816 (4 слоя, 256-КАМ) 75376 (2 слоя, 64-КАМ) 97896 (2 слоя, 256-КАМ)	7308288	2 или 4
DL Категория 13	391632	195816 (4 слоя) 97896 (2 слоя)	3654144	2 или 4
DL Категория 14	3916560	391656	47431680	8

Примечание 1. Станции категории 0 предназначены к использованию в сетях машинного типа.

UE- категории UL

Категория UE UL	Макс. число бит в канале UL-SCH в субкадре	Макс. число бит в блоке UL-SCH в субкадре ²	Модуляция 64-КАМ вверх
UL Category 0	1000	1000	нет
UL Category 3	51024	51024	нет
UL Category 5	75376	75376	есть
UL Category 7	102048	51024	нет
UL Category 8	1497760	149776	есть
UL Category 13	150752	75376	есть

3. Двойное соединение (Dual Connectivity)

Двойное соединение (ДС) означает, что UE подсоединен одновременно к двум eNB и через эти eNB идут разные сквозные каналы. При этом радиоресурсы выделяют 2 различных планировщика в двух eNB, соединенных неидеальным X2 интерфейсом.

Двойное соединение можно рассматривать как развитие технологии CoMP в неоднородных сетях. Базовая структура неоднородной сети представлена на рис. 3.1.

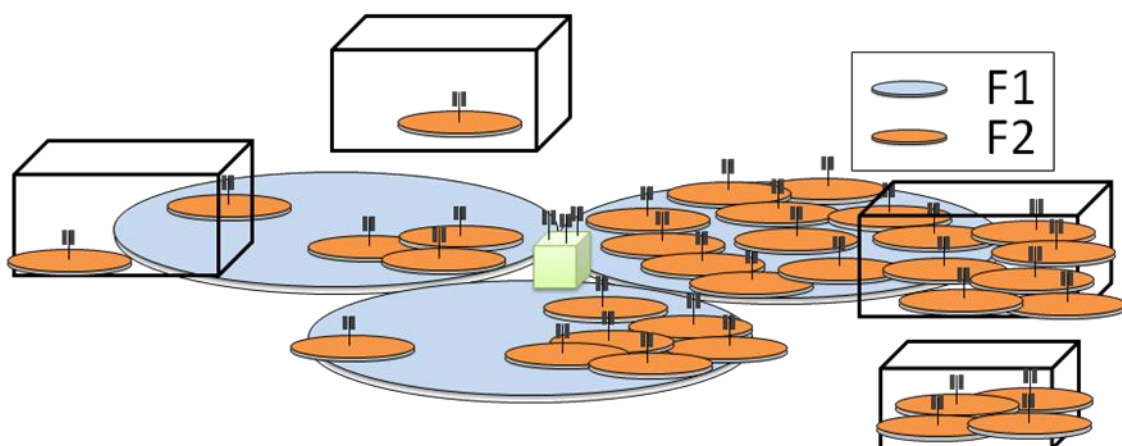


Рис.3.1. Структура неоднородной сети

Группы сот поделены на главные (master, MeNB) и вторичные (secondary, SeNB).

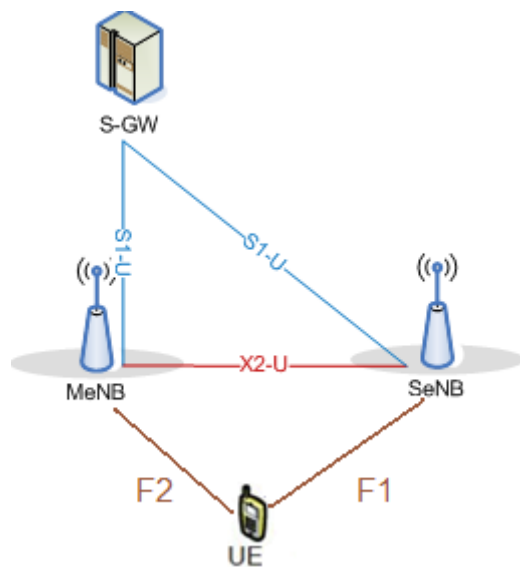


Рис. 3.2. Интерфейсы в пользовательской плоскости

Что касается передачи сигнализации, то сигнализация NAS идет только через MeNB

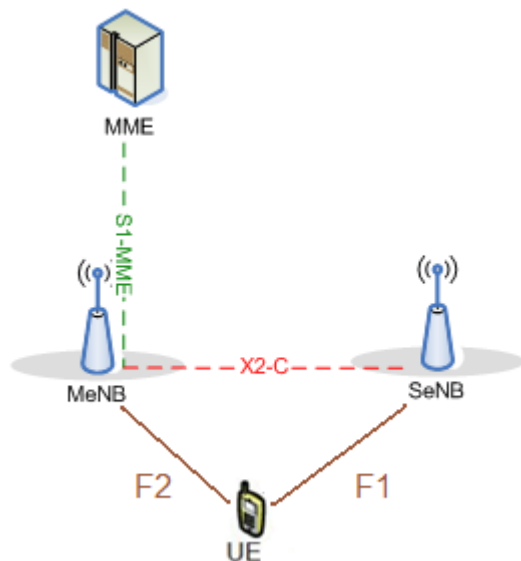


Рис. 3.3. Интерфейсы в сигнальной плоскости

Существуют 3 альтернативы передачи трафика вниз [36.300, Rel.12.5].

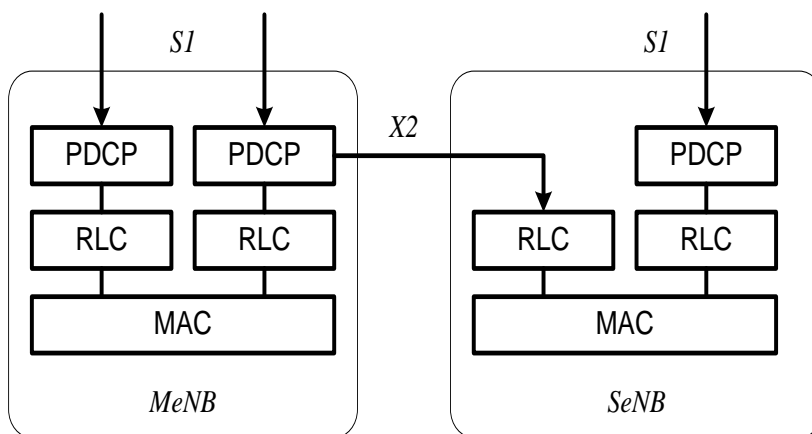


Рис. 3.4. Структура протоколов на уровне L2

Возможны различные опции организации двойного соединения при передаче двух сквозных каналов вниз. Они представлены на рис. 3.5. [TR 36.842].

Вариант 1. Независимые интерфейсы S1-U для MeNB и SeNB.

Вариант 2. Общий интерфейс S1-U для обоих каналов с дальнейшим их разветвлением.

Вариант 3. Расщепление одного из сквозных каналов на радиоинтерфейсе.

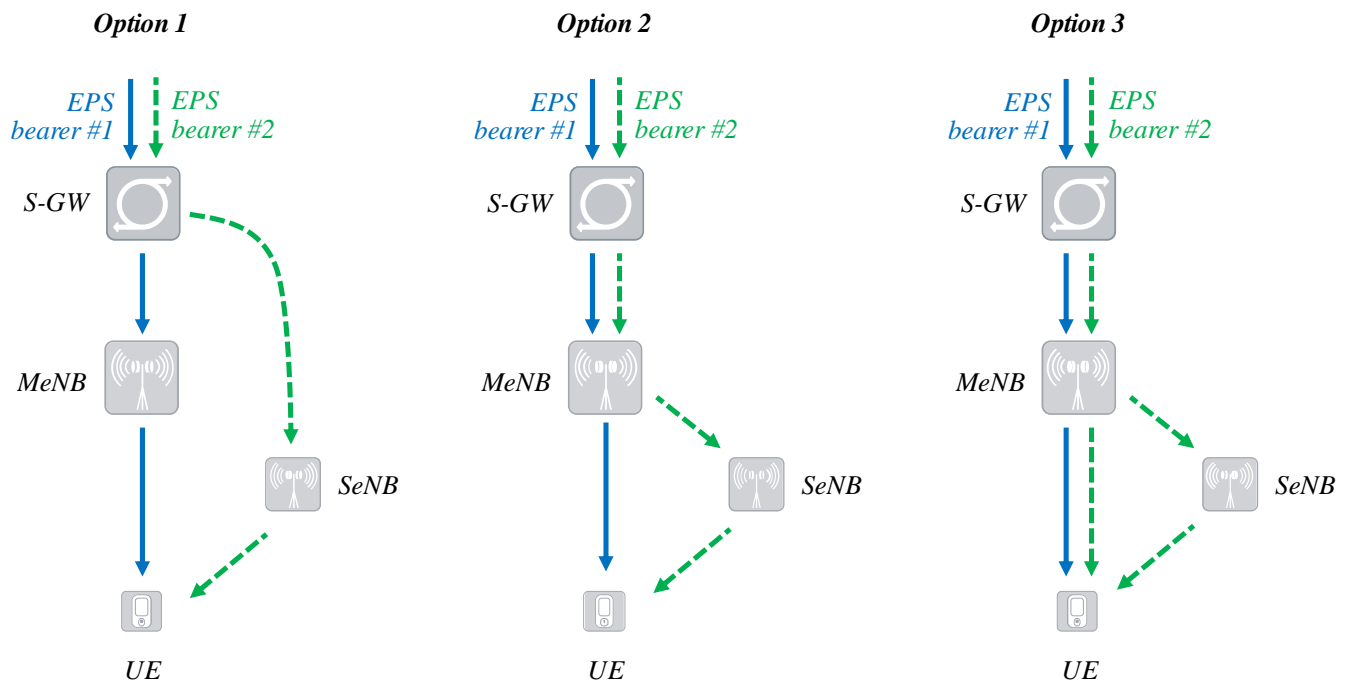


Рис. 3.5. Варианты организации двойного соединения

На уровне L2 существует единственная реализация варианта 1 с независимыми PDCP.

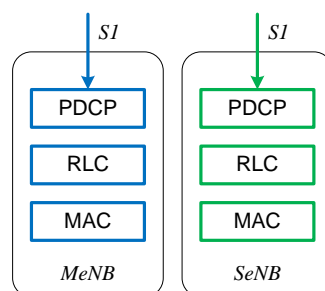


Рис. 3.6. Стек протоколов варианта 1

Возможны 3 реализации варианта 2 на уровне L2:

- 2A: S1-U заканчивается в MeNB: независимый PDCP в SeNB;
- 2C: S1-U заканчивается в MeNB: независимый RLC в SeNB;
- 2D: S1-U заканчивается в MeNB: общий (master-slave) RLC;

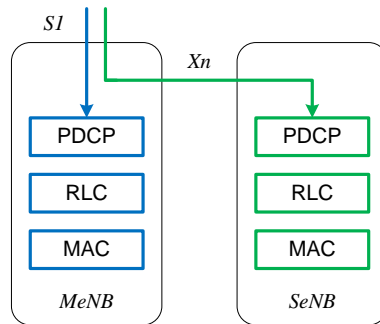


Рис. 3.7. Альтернатива 2А

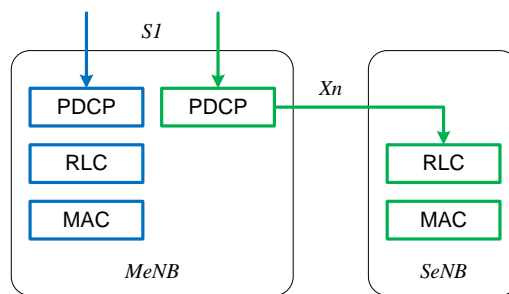


Рис. 3.8. Альтернатива 2С

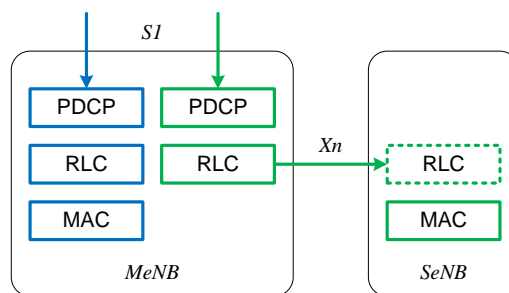


Рис. 3.9. Альтернатива 2D

Возможны также 3 реализации варианта 3 с расщеплением одного из сквозных каналов на радиointерфейсе:

- 3А: S1-U заканчивается в MeNB: независимый PDCP в SeNB для расщепляемого канала;
- 3С: S1-U заканчивается в MeNB: независимые RLC для расщепляемого канала;
- 3D: S1-U заканчивается в MeNB: общий (master-slave) RLC для расщепляемого канала.

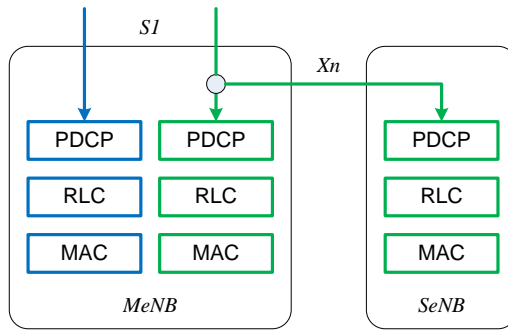


Рис. 3.10. Альтернатива 3А

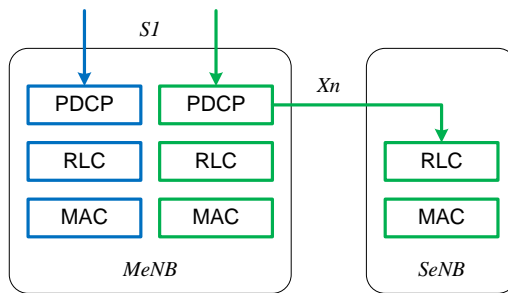


Рис. 3.11. Альтернатива 3С

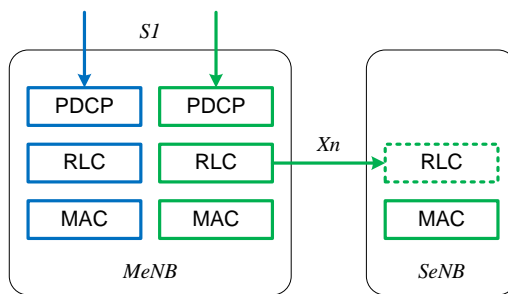


Рис.3.12. Альтернатива 3D

4. Прямое соединение (Sidelink) [36.300] [36.211, Rel.12.5]

Прямое соединение включает в себя 2 процедуры:

ProSe Direct Discovery - Proximity based Services Direct Discovery

ProSe Direct Communication - Proximity based Services Direct Communication

для поиска абонентов и организации прямого соединения

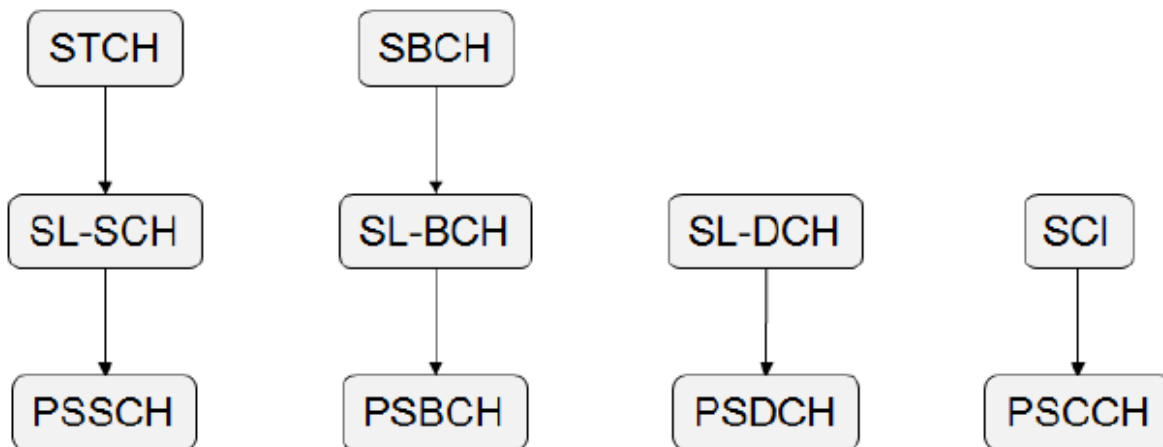
Введены следующие физические каналы:

- Physical Sidelink Shared Channel, PSSCH
- Physical Sidelink Control Channel, PSCCH
- Physical Sidelink Discovery Channel, PSDCH
- Physical Sidelink Broadcast Channel, PSBCH

и два сигнала:

- Demodulation reference signal – опорный сигнал демодуляции
- Synchronization signal – сигнал синхронизации

Возникает новая структура логических, транспортных и физических каналов:



Сетевая поддержка обеспечивается передачей SIB 18 и SIB 19.

Распространение технологии eMBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service)

