

УДК 621.396.9  
ГРНТИ 49.33.29

## ТЕХНОЛОГИИ РАДИОДОСТУПА СТАНДАРТА 5G NEW RADIO

А. С. Васин, А.Е. Рыжков

VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч.ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ. 2019. Т.3. С. 79–84

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

*Рассмотрена функциональность сети NR на логических уровнях L1-L3. Показаны отличия сетей NR и LTE на уровне L3. Представлена структура физических каналов сети NR. Обсуждаются принципиальные различия в организации физических каналов в сетях NR и LTE. Приведены форматы слотов, каналов трафика, структуры блоков SSB и CORESET для передачи синхронизирующих сигналов и каналов управления.*

*сеть NR, уровень L3, физический уровень, слот, физические каналы, каналные блоки.*

Технологии радиодоступа в стандарте NR (New Radio) являются развитием технологий, используемых в сетях LTE. Однако в связи с изменением целевой установки (организация конечных соединений E2E в NR вместо сквозных каналов в LTE) и с переходом к программно-ориентированным слоистым структурам стандарт NR существенно отличается от LTE, особенно на логических уровнях L3 и L1. Если в сетях LTE в процессе выполнения процедуры *Attach* происходила регистрация абонента в базе данных визитного оператора (MME) и организовывался сквозной канал трафика по умолчанию, в сети NR существуют 2 разные процедуры: регистрации абонента (*Registration Procedure*) и процедура организации сеанса связи (*PDU Session Establishment*) [1]. В результате выполнения *Registration Procedure* абонента регистрируют в AMF (Access and Mobility Management Function) (рис. 1). Далее, в соответствии с запрашиваемой услугой происходит выбор (структурирование) функционального узла SMF (Session Management Function), который обеспечивает конфигурацию соединений в пользовательской плоскости (на рис. 1 показаны жирной линией) и организацию канала трафика с требуемым QoS.

В результате функциональность элементов ядра сети NR (5GC) принципиально отличается от функциональности элементов ядра сети LTE (рис.2) [2]. В LTE MME активно участвовало в организации сквозных каналов трафика. В NR AMF ведет базу данных абонентов, управляет их мобильностью и обеспечивает безопасность в подсистеме радиодоступа. Основные функции в организации и поддержке каналов трафика (включая ак-

тивизацию IP-адреса абонента) возложены на SMF. При этом, как следует из рис.1, в сети NR обеспечивается полное разделение интерфейсов передачи трафика и сигнальных сообщений.

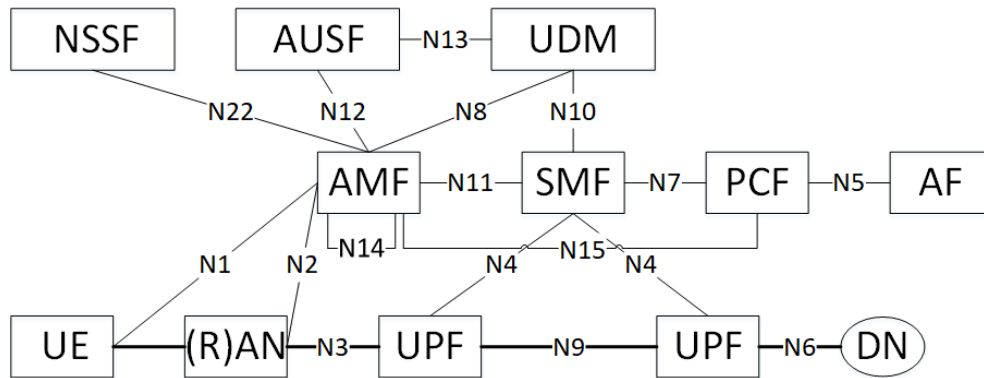


Рис. 1. Архитектура NR

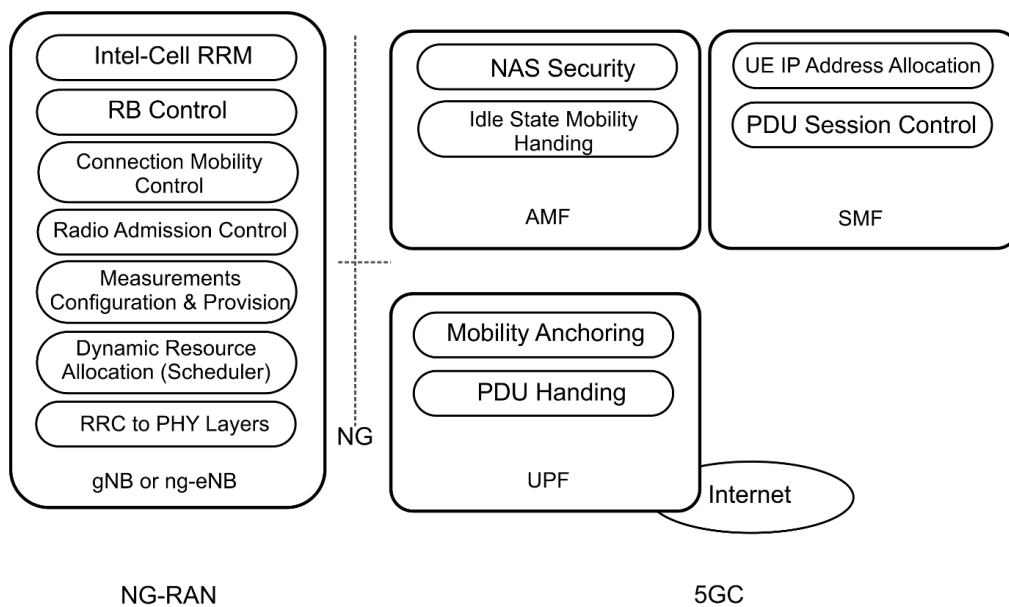


Рис. 2. Функциональность узлов сети NR

На логическом уровне L2 поверх существующего в сетях 3G-4G стека подуровней PDCP-RLC-MAC введен подуровень SDAP (Service Data Adaptation Protocol). Задачей SDAP является объединение потоков данных пользовательской плоскости с определёнными QoS в отдельные каналы DTR (Data Radio Bearer) с их последующей обработкой на более низких подуровнях. Использование подуровня SDAP опционально и рассчитано на применение в многослойных сетях NR [3].

На физическом уровне (L1), как и в LTE, использована технология OFDM. На радиointерфейсе сохранена кадровая структура стандарта LTE: кадры длительностью 10мс поделены на 10 субкадров длиной в 1мс. Однако канальный ресурс выделяют в слотах. Слот состоит из 14 OFDM-символов при нормальном циклическом префиксе (CP). В NR в отличие от LTE рас-

стояние между поднесущими  $\Delta f$  может меняться по закону  $\Delta f(\mu) = 2^\mu \times 15\text{кГц}$ . Увеличение расстояния между поднесущими обусловлено требованиями повышения скоростей передачи данных. Параметры кадровой структуры NR приведены в таблице 1<sup>1</sup>.

ТАБЛИЦА 1. Параметры кадровой структуры NR

$\mu$	$\Delta f$ кГц	Число OFDM- символов в слоте	Число слотов в кадре	Число слотов в субкадре
0	15	14	10	1
1	30	14	20	2
2	60	14	40	4
3	120	14	80	8
4	240	14	160	16

Сети NR могут работать как с частотным, так и с временным дуплексом. При этом слот может содержать как OFDM-символы передачи вниз, так и OFDM-символы передачи вверх. В [4] специфицированы 55 форматов слотов при нормальном CP. На рис.3 показаны первые 16 форматов, где обозначены символы: *D* – вниз, *U* – вверх, *F* – переменные (flexible), вверх, вниз или пустые. Форматы с разнонаправленными символами встречались и в LTE в переходных субкадрах с временным дуплексом. В NR такие форматы используют и в сетях с частотным дуплексом.

Формат	Номер символа в слоте													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
3	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F
4	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F
5	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F
6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F
7	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F	F
8	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
9	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
10	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
11	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
12	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
13	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
14	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U
15	F	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U

Рис. 3. Форматы слотов

<sup>1</sup> При  $\Delta f = 60$  кГц возможна передача с расширенным CP. В этом случае слот содержит 12 OFDM-символов.

В частотной области ресурсный блок (РБ) в NR определён как 12 последовательных поднесущих. Из [5] следует, что под РБ понимают 12 ресурсных элементов (RE) на 12 поднесущих.

Структура каналов радиоинтерфейса формально повторяет аналогичную структуру в LTE. Вниз передают синхронизирующие сигналы PSS и SSS, канал передачи системной информации PBCH, каналы передачи данных PDSCH, передачи информации управления PDCCH. Вверх следуют каналы передачи данных PUSCH, передачи сигнальной информации PUCCH, преамбулы запроса на доступ к сети RACH, зондирующие сигналы SRS. Но сигналы PSS и SSS другие, чем в LTE – оба сигнала длиной в 127 символов построены на основе цифровых  $m$ -последовательностей, отличается и структура канала PBCH. Сигналы PSS и SSS вместе с каналом PBCH передают в виде единого блока SSB, который в частотной области занимает 20 РБ, а во временной размещён в 4-х OFDM-символах (рис.4).

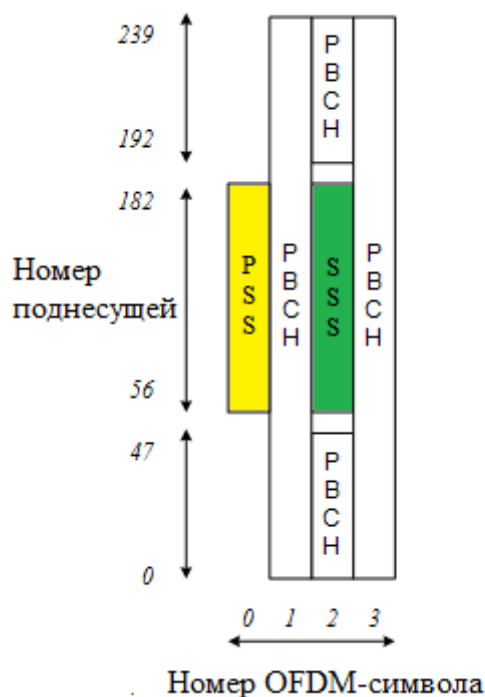


Рис. 4. Структура блока SSB

Блок SSB передают в первой половине кадра. При этом в зависимости от разнеса поднесущих  $\Delta f$  и диапазона рабочих частот возможны от 4 до 8 сдвигов начала передачи блока SSB [4].

Канальный ресурс в физических каналах PDSCH и PUSCH во временной области выделяют внутри слотов. Вариант выделяемого канального ресурса определяет параметр  $SLIV$  (Start and length indicator value). Номер первого используемого OFDM-символа обозначен как  $S$ ;  $L$  – длина цепочки символов. Сумма  $S+L$  – номер последнего используемого OFDM-символа. Специфицированные варианты  $S$ ,  $L$  и  $S+L$  приведены в таблице 2 при работе с нормальным CP [6]. Типы A и B определяют конфигурации размещаемых

в выделенных РБ опорных сигналов демодуляции DM-RS, обеспечивающих когерентный приём и необходимые измерения при использовании MIMO. Отметим, что в канале PUSCH применяют обычную технологию OFDM, а вариант с предварительным прямым преобразованием Фурье (SC-FDMA в LTE) в NR является опциональным.

ТАБЛИЦА 2. Параметры каналов передачи данных

Канал	Конфиг. DM-RS	$S$	$L$	$S+L$
PDSCH	Тип А	{0,1,2,3}	{3,...,14}	{3,...,14}
	Тип В	{0,...,12}	{2,4,7}	{2,...,14}
PUSCH	Тип А	0	{4,...,14}	{4,...,14}
	Тип В	{0,...,13}	{1,...,14}	{1,...,14}

Выделение ресурса для каналов PDCCH и PUCCH совершенно иное, чем в LTE. Так, канал PDCCH передают в CORESET (Configurable control resource set). CORESET организуют в виде групп ресурсных элементов REG (RE groups). Каждый REG состоит из 12 последовательных RE одного OFDM-символа. 6 REG составляют один CCE (Control channel element). В частотной области REG могут располагаться непрерывно или с разрывами. Во временной области в CORESET можно использовать от 1 до 3 OFDM-символов (рис.5) [5].

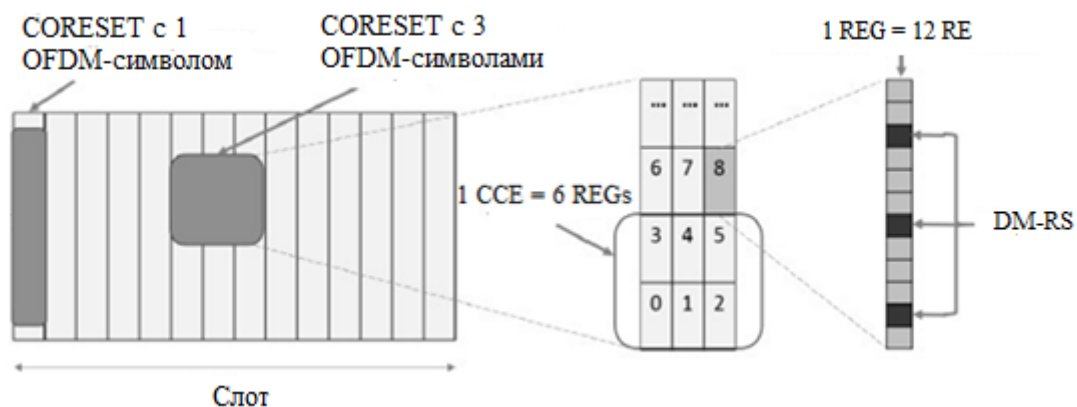


Рис. 5. Структуры CORESET

### Список используемых источников

1. 3GPP TS 23.502 V15.4.1. Procedures for the 5G System; Stage 2. 2019. 347 p.
2. 3GPP TS 38.300 V15.3.1. NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2. 2018. 92p.
3. Васин А.С., Рыжков А.Е. Слоистые структуры сетей радиодоступа 5G // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ. 2018. Т.3. С. 69–73.
4. 3GPP TS 38.213 V15.4.0. NR; Physical layer procedures for control. 2018. 104p.
5. 3GPP TS 38.211 V15.4.0. NR; Physical channels and modulation. 2018. 92p.
6. 3GPP TS 38.214 V15.4.0. NR; Physical layer procedures for data. 2018. 102p.