

Задание №1. Произвести расчет скоростей передачи данных при временном дуплексе.

1.1. Произвести расчет символьных скоростей.

1.2. Произвести расчет сквозных скоростей для различных модуляционно-кодирующих схем.

2.2. Канальный ресурс и его характеристики

На физическом уровне (на радиоинтерфейсе) в E-UTRA применяют технологию OFDM с модуляцией 4-ФМ, 16-КАМ и 64-КАМ. При этом число поднесущих частот в рабочей полосе 20 МГц составляет 1200.

Для взаимной синхронизации E-UTRAN и UTRAN используют тактирование с длительностью временной единицы $T_s = 1/(15000 \times 2048)$ с. Передача по радиоканалу идет кадрами длиной 10 мс, что составляет $307200 T_s$. Кадр состоит из 20 временных слотов длиной $15360 \times T_s = 0,5$ мс, пронумерованных от 0 до 19. Два последовательных слота составляют 1 субкадр – всего 10 субкадров, от 0 до 9 рис.2.8. Различают 2 структуры кадров: кадры типа 1 при работе с частотным дуплексом (FDD) и кадры типа 2 при работе с временным дуплексом (TDD). На рис. 2.9. показаны структуры кадров с FDD и TDD.

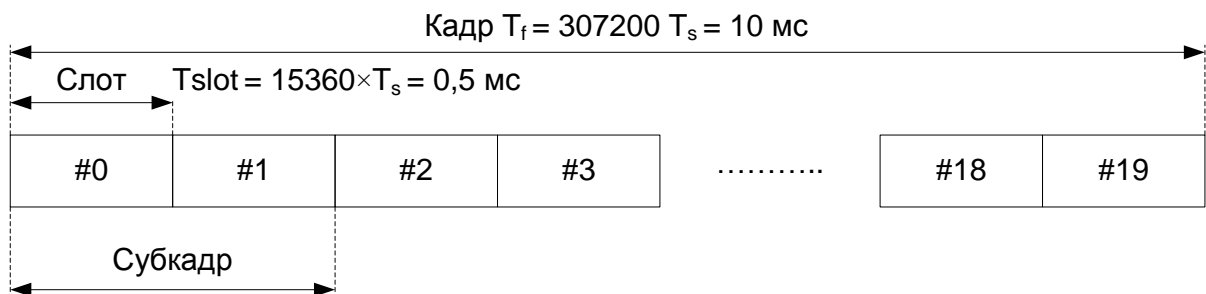


Рис.2.8. Структура кадра LTE

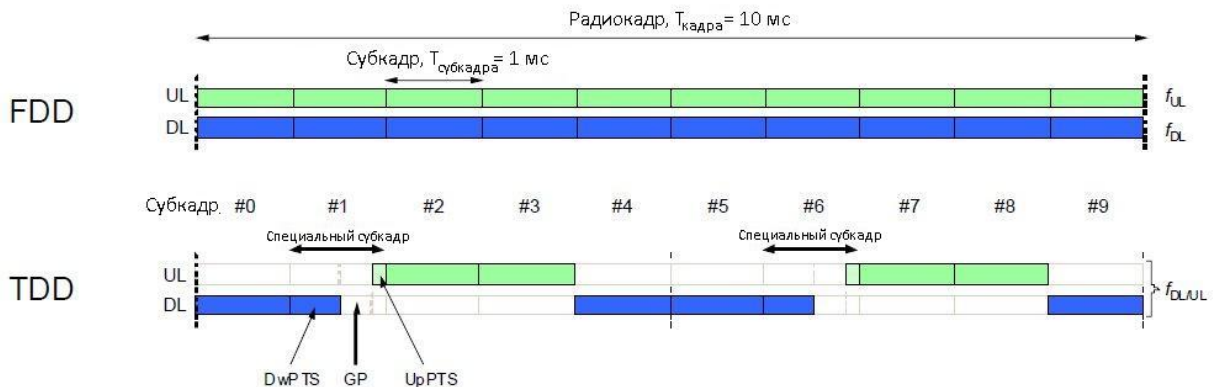


Рис.2.9. Конфигурация кадра при частотном и временном дуплексе

При частотном дуплексе в каждом субкадре идет одновременная передача вверх (UL) и вниз (DL) в разных частотных полосах. При временном дуплексе в некоторых субкадрах идет передача вниз (D), в других вверх (U). Кроме того, есть специальные (переходные) субкадры (S), состоящие из трех полей: DwPTS – поля передачи вниз, UpPTS – поля передачи вверх и защитного интервала (GP) (рис. 2.10). В сетях LTE согласно спецификациям возможны 7 конфигураций кадров при временном дуплексе (табл.2.1).

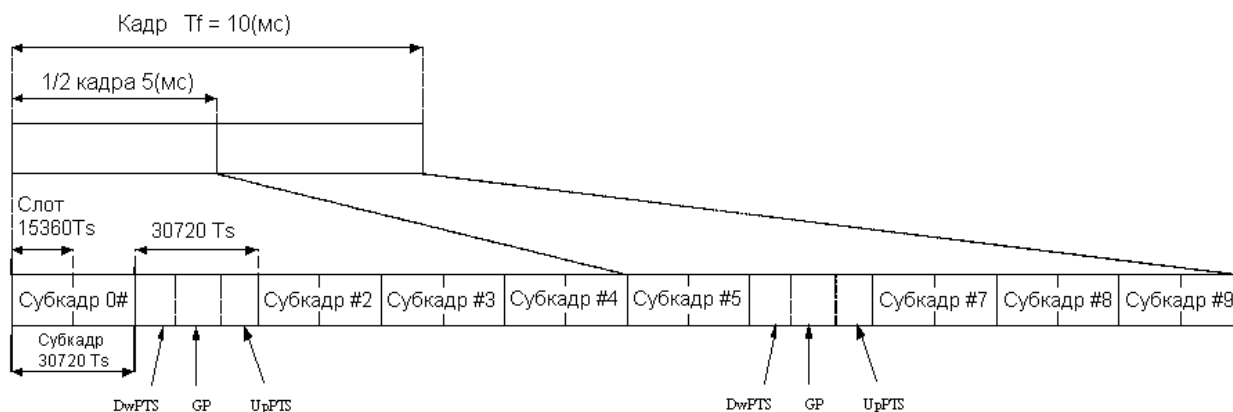


Рис.2.10. Конфигурации кадра при временном дуплексе

Таблица 2.1

Конфигурация вверх-вниз	Периодичность вверх-вниз	Номер субкадра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 мс	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 мс	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 мс	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 мс	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 мс	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 мс	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 мс	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

Из табл.2.1 следует, что в субкадрах 0 и 5 всегда идет передача вниз, в субкадре 2 передача вверх, а субкадр 1 является специальным: в нем происходит переключение от передачи вниз к передаче вверх.

В сетях LTE с временным дуплексом суммарная пропускная способность в рабочей полосе делится между потоками вниз и вверх в соответствии со сценариями в табл. 2.1. Это позволяет оператору менять конфигурацию кадра в зависимости от реальной картины трафика, который, как правило, асимметричен..

Перейдем к частотно-временным характеристикам физического уровня стандарта E-UTRA. При расстоянии между поднесущими $\Delta F = 15$ кГц длина символа $T_u = 1/\Delta F \approx 66,7$ мкс. В каждой половине субкадра (слоте длиной 0,5мс) на одной поднесущей передают 6 или 7 символов в зависимости от

длительности циклического префикса CP (cyclic prefix) – активной паузы между символами. Длительность циклического префикса T_{CP} составляет $160T_s \approx 5,2$ мкс перед первым символом и $144T_s \approx 4,7$ мкс перед остальными символами. При заметной межсимвольной интерференции возможен вариант использования расширенного CP длительностью $512T_s \approx 16,7$ мкс. В этом случае в одном субкадре размещают 6 символов (рис.2.11). При работе временным дуплексом специфицированы 10 конфигураций специального субкадра S, где реализованы 4 варианта использования нормального и расширенного CP при передаче вниз и вверх (табл.2.2).

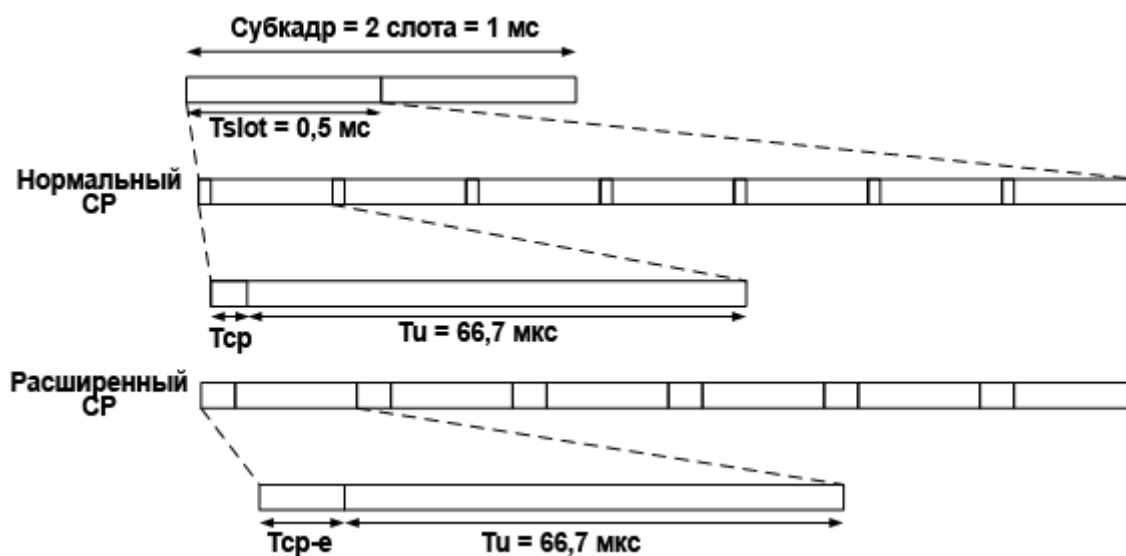


Рис.2.11. Структура слота на физическом уровне

Таблица 2.2

Конфигурация субкадра S	Нормальный CP вниз			Расширенный CP вниз		
	DwPTS	UpPTS		DwPTS	UpPTS	
		Нормальный CP вверх	Расширенный CP вверх		Нормальный CP вверх	Расширенный CP вверх
0	$6592 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$
1	$19760 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
2	$21952 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
3	$24144 \cdot T_s$			$25600 \cdot T_s$		
4	$26336 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
5	$6592 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
7	$21952 \cdot T_s$			$12800 \cdot T_s$		
8	$24144 \cdot T_s$			-		-
9	$13168 \cdot T_s$			-		-

Задание для конкретного студента.

Конфигурация кадра (Таблица 2.1)

Конфигурация вверх-вниз	Номер в группе по списку
0	1, 8, 15
1	2, 9, 16
2	3, 10, 17
3	4, 11, 18
4	5, 12, 19
5	6, 13
6	7, 14

Конфигурация переходного субкадра S (табл. 2.2)

Для группы РМ-42

Конфигурация субкадра S	Номер в группе по списку	Число OFDM- символов вниз	Число OFDM- символов вверх
1	1, 2, 3, 4, 5	9	1
2	6, 7, 8, 9, 10	10	1
3	11, 12, 13, 14, 15	11	1
4	16, 17, 18, 19	12	1

Для группы РМ-41

Конфигурация субкадра S	Номер в группе по списку	Число OFDM- символов вниз	Число OFDM- символов вверх
6	1, 2, 3, 4, 5, 6	9	2
7	7, 8, 9, 10, 11, 12	10	2
8	13, 14, 15, 16, 17, 18	11	2

Пример расчета

Конфигурация кадра – 6

D	S	U	U	U	D	S	U	U	D
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Конфигурация субкадра S – 3.



Защитный интервал

Определяем число символов в РБ вниз (D), если на базовой станции работают 2 антенны, а для передачи каналов управления используют один OFDM-символ.

	R1			R0			R1				R0		
	R0			R1			R0				R1		
	R1			R0			R1				R0		
	R0			R1			R0				R1		

Первый OFDM-символ в РБ используется каналами управления, а символы R0 и R1 для передачи опорных сигналов. Всего для передачи трафика остается: $168 - 12 - 12 = 144$ символа.

В кадре 3 субкадра для передачи вниз, так что в полосе передачи 1 ресурсного блока в этих субкадрах передаем $3 \times 144 = 432$ символа

Структура переходного субкадра данного варианта показана на рис. 2.22

Для передачи вверх – **74400 символов**.

Соответственно, сквозная символьная скорость вниз составляет $65000 / (10 \times 10^{-3}) = 6,5$ Мсимв/с, а сквозная символьная скорость вверх $74400 / (10 \times 10^{-3}) = 7,44$ Мсимв/с.

В полосе 10 МГц (50 ресурсных блоков) в кадре вниз передают $32800 - 576 = 32224 \approx 32200$ символов.

Для передачи вверх – **37200 символов**.

Соответственно, сквозные символьные скорости вниз и вверх будут **3,22** Мсимв/с и **3,72** Мсимв/с.

Следующее Задание №2 состоит в расчете сквозных скоростей передачи данных для выбранного формата кадра и вариантов CQI 4 – 15 для таблицы 10 и 3 – 15 для таблицы 12.

Таблица 10

Индекс CQI	Модуляция	Rкод (скорость кода)	Кол-во бит на символ
1	4-ФМ	0,08	2
2	4-ФМ	0,12	2
3	4-ФМ	0,19	2
4	4-ФМ	0,30	2
5	4-ФМ	0,44	2
6	4-ФМ	0,59	2
7	16-КАМ	0,37	4
8	16-КАМ	0,48	4
9	16-КАМ	0,60	4
10	64-КАМ	0,46	6
11	64-КАМ	0,55	6
12	64-КАМ	0,65	6
13	64-КАМ	0,75	6
14	64-КАМ	0,85	6
15	64-КАМ	0,93	6

Таблица 12

СQI индекс	Модуля- ция	Ркод x 1024	Кол-во бит на символ
0	Не используют		
1	4-ФМ	78	2
2	4-ФМ	193	2
3	4-ФМ	449	2
4	16-КАМ	378	4
5	16-КАМ	490	4
6	16-КАМ	616	4
7	64-КАМ	466	6
8	64-КАМ	567	6
9	64-КАМ	666	6
10	64-КАМ	772	6
11	64-КАМ	873	6
12	256-КАМ	711	8
13	256-КАМ	797	8
14	256-КАМ	885	8
15	256-КАМ	948	8