

Практическая

работа

СКОРОСТИ В LTE

Расчет пропускной способности в LTE

№	Полоса, МГц	1 абонент	2 абонент	3 абонент	4 абонент
1	20	CQI=6	CQI=8	CQI=10	CQI=10
2	10	CQI=5	CQI=7	CQI=11	CQI=12
3	15	CQI=3	CQI=9	CQI=13	CQI=8
4	5	CQI=7	CQI=14	CQI=11	CQI=15
5	20	CQI=4	CQI=3	CQI=12	CQI=9
6	10	CQI=5	CQI=8	CQI=13	CQI=13
7	15	CQI=2	CQI=3	CQI=14	CQI=8
8	5	CQI=10	CQI=6	CQI=7	CQI=8
9	20	CQI=4	CQI=1	CQI=2	CQI=15
10	10	CQI=6	CQI=7	CQI=8	CQI=9
11	15	CQI=1	CQI=14	CQI=7	CQI=13

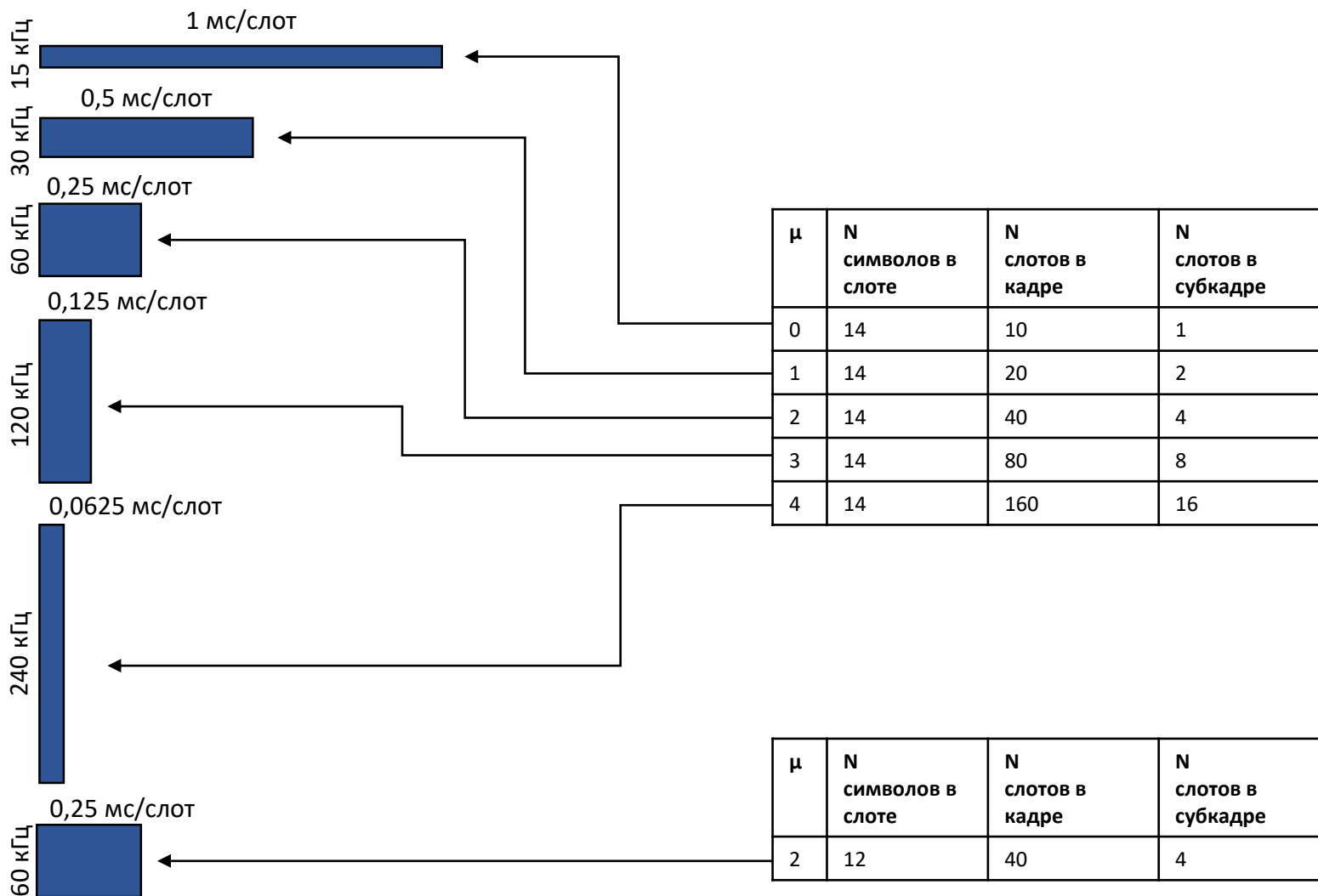
Найти количество субкадров, необходимых для передачи указанного трафика. Каждый абонент потребляет 1 ТВ канал MPEG-4

Практическая

работа

Задержки в 5G

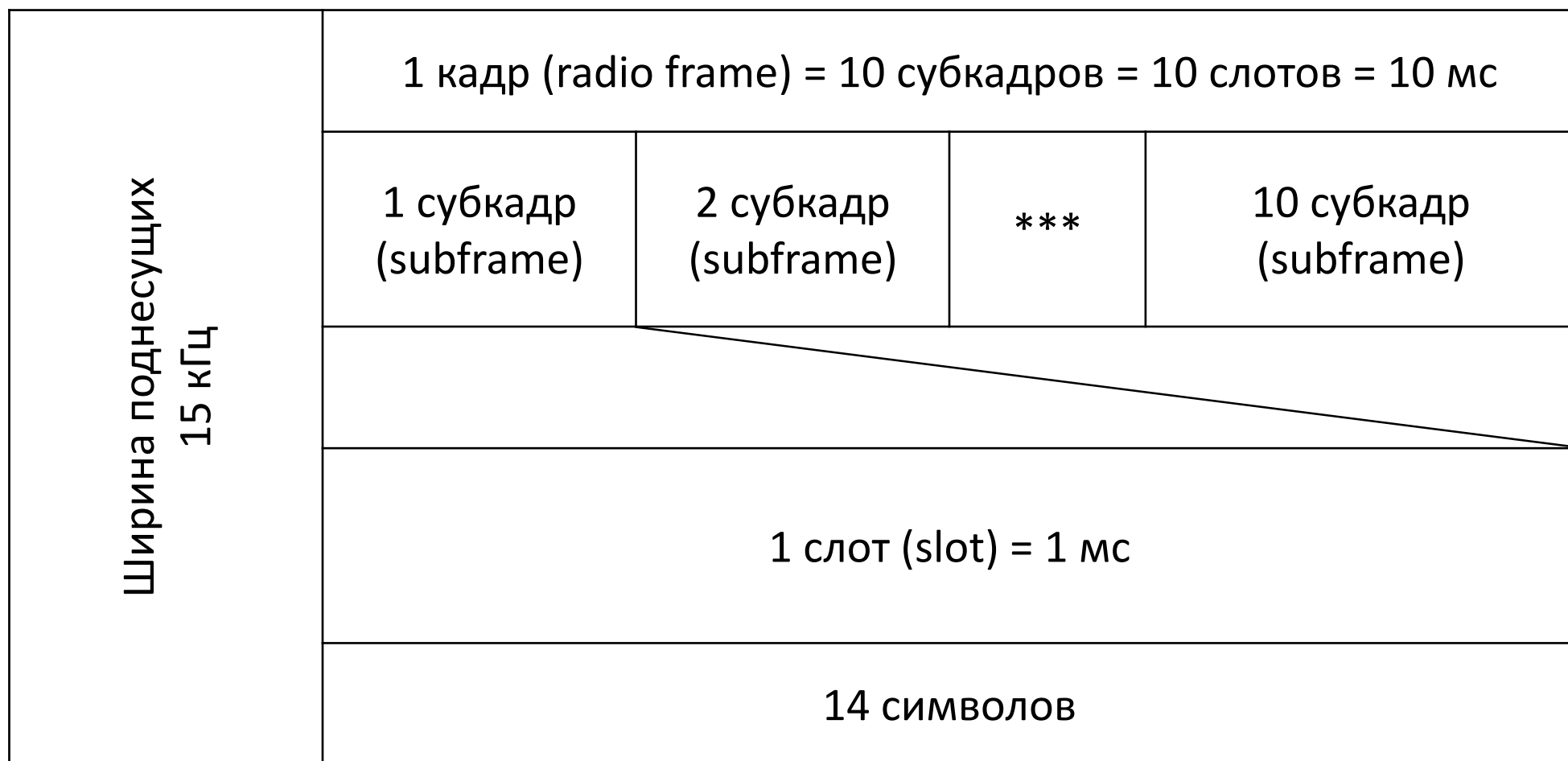
Нумерология и длина слота



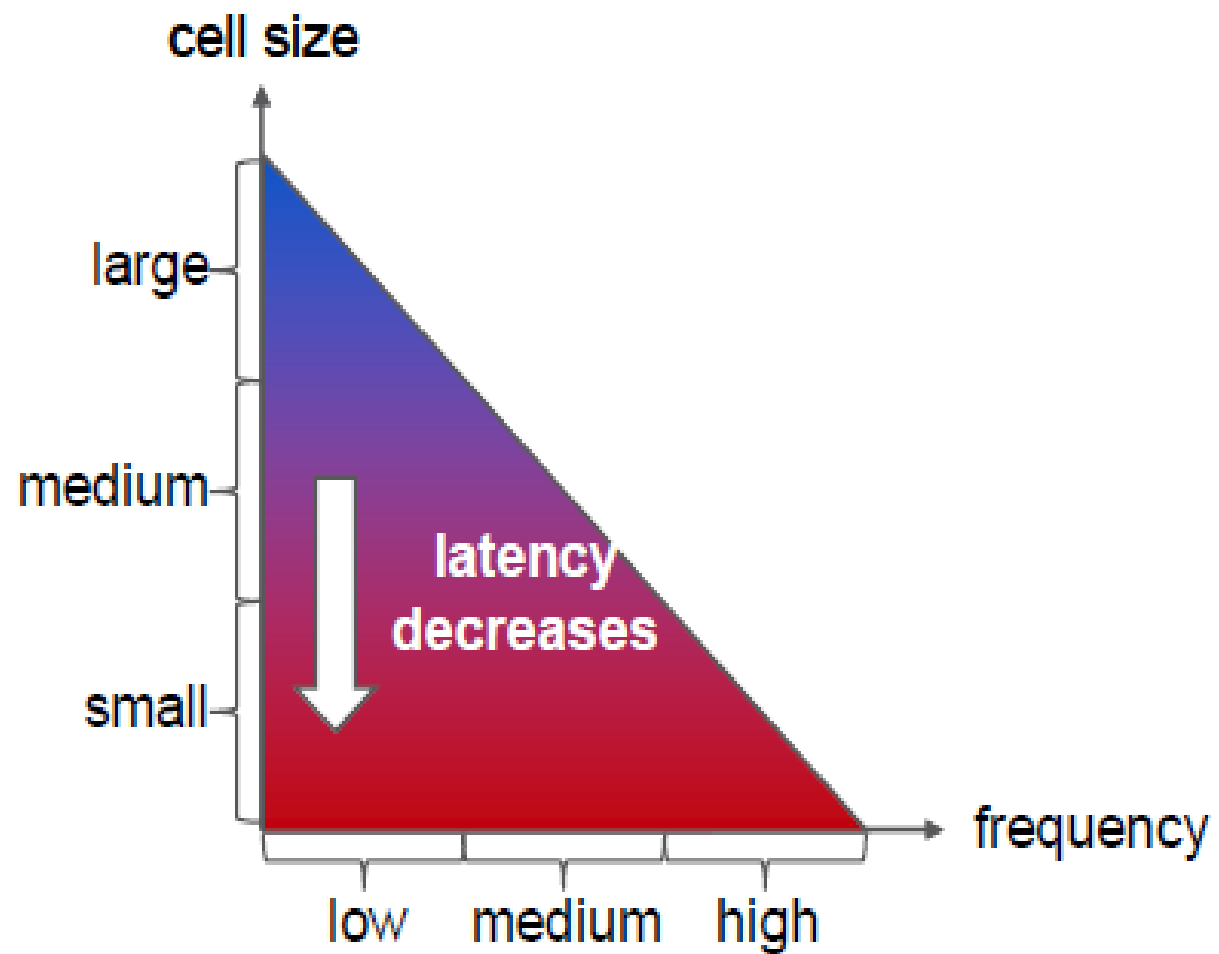
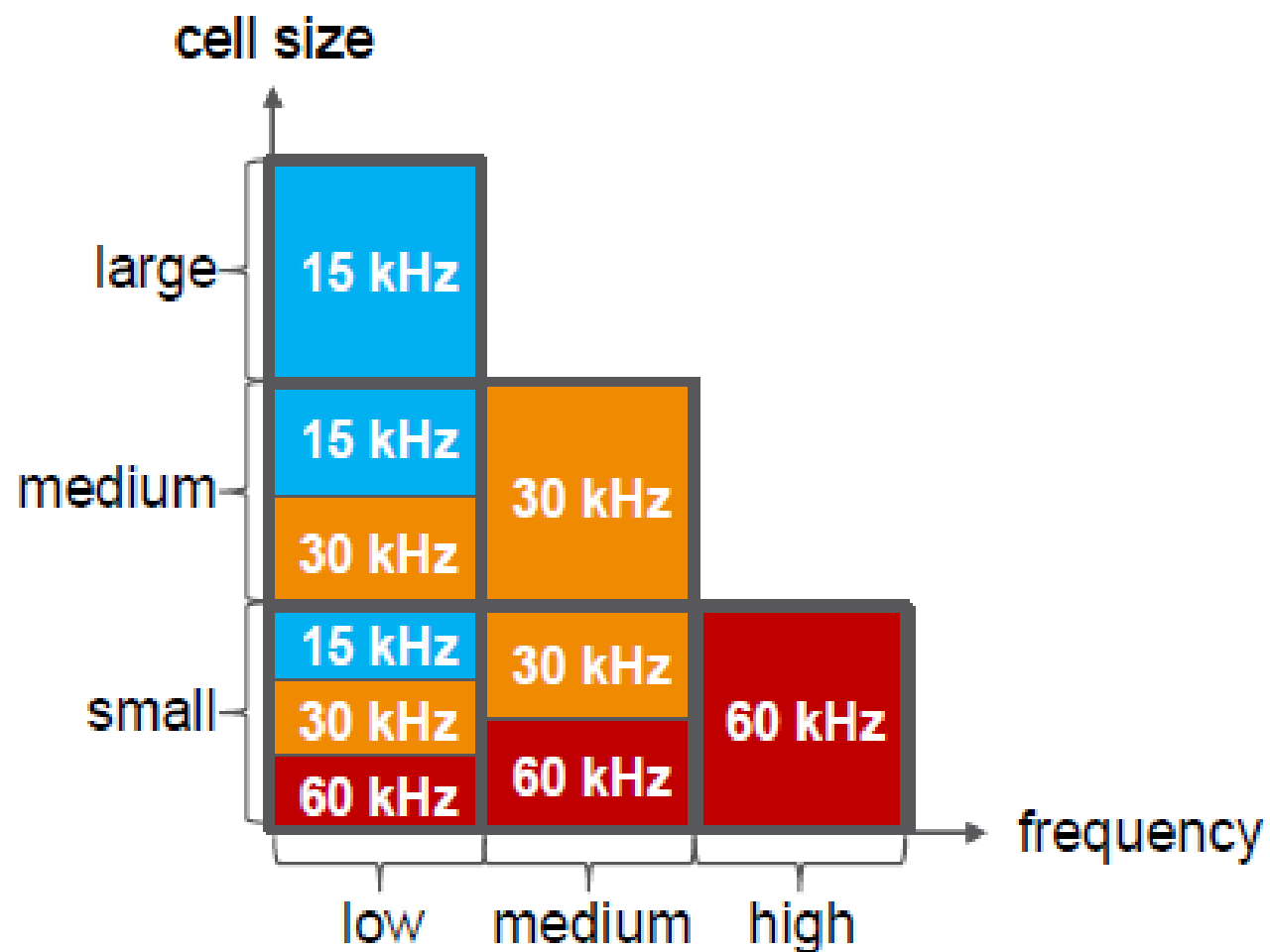
Структура физического уровня

Нумерология (u)	0	1	2	3	4
Ширина поднесущей, кГц	15	30	60	120	240
Кол-во слотов в субфрейме	1	2	4	8	16
Кол-во слотов в фрейме	10	20	40	80	160
Длительность слота, мс	1,0	0,5	0,25	0,125	0,0625
Длительность символа мкс	66,7	33,3	16,6	8,33	4,17
Длительность обычного CP, мкс	4,7	2,41	1,205	0,6	0,3
Длительность расширенного CP, мкс	-	-	4,2	-	-

Структура кадра с нормальным циклическим префиксом, нумерология = 0



Влияние нумерологии на задержку и размер соты



Задание 1

- Выполнить расчет максимально допустимой разности хода прямого и отраженного лучей от длительности циклического префикса (CP), который в свою очередь, зависит от нумерологии

Разнос, кГц	Длительность символа, мкс	Циклический префикс, мкс	Разность хода лучей, м
15			
30			
60			
60 (расширенный CP)			
120			
240			

- Построить график зависимости разности хода лучей от нумерологии
- Сделать выводы

Практическая

работа

СКОРОСТИ 5G

Форматы слотов при нормальном СР

D – вниз
U – вверх
F – flexible

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

.....

55	D	D	F	F	F	U	U	U	D	D	D	D	D	D
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

СР – cyclic prefix

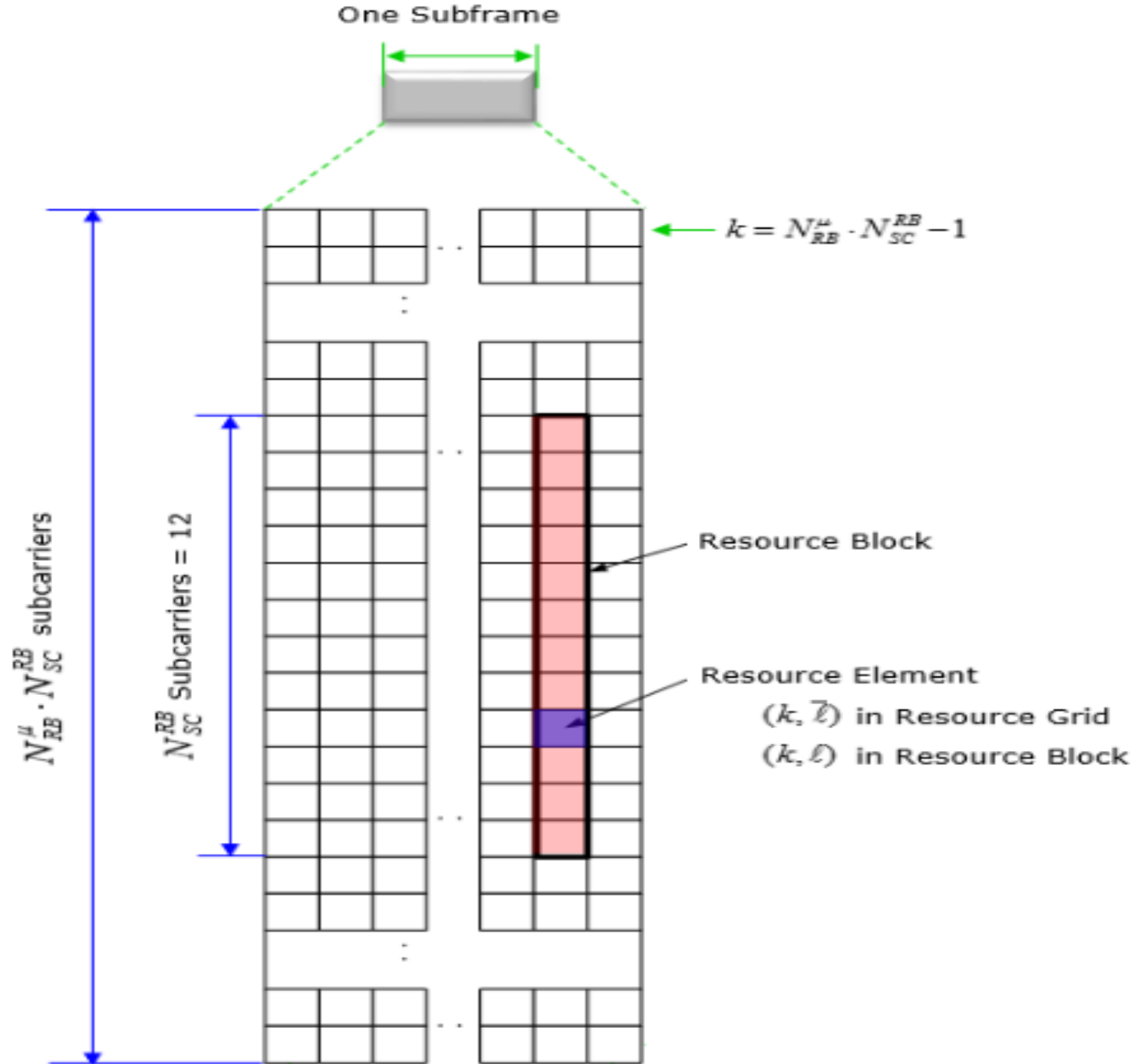
Нумерология

u (нумерология)	$\Delta F = 2^u \cdot 15$ [кГц]	Циклический префикс
0	15 (соответствует LTE)	Normal
1	30	Normal
2	60	Normal, Extended
3	120	Normal
4	240	Normal

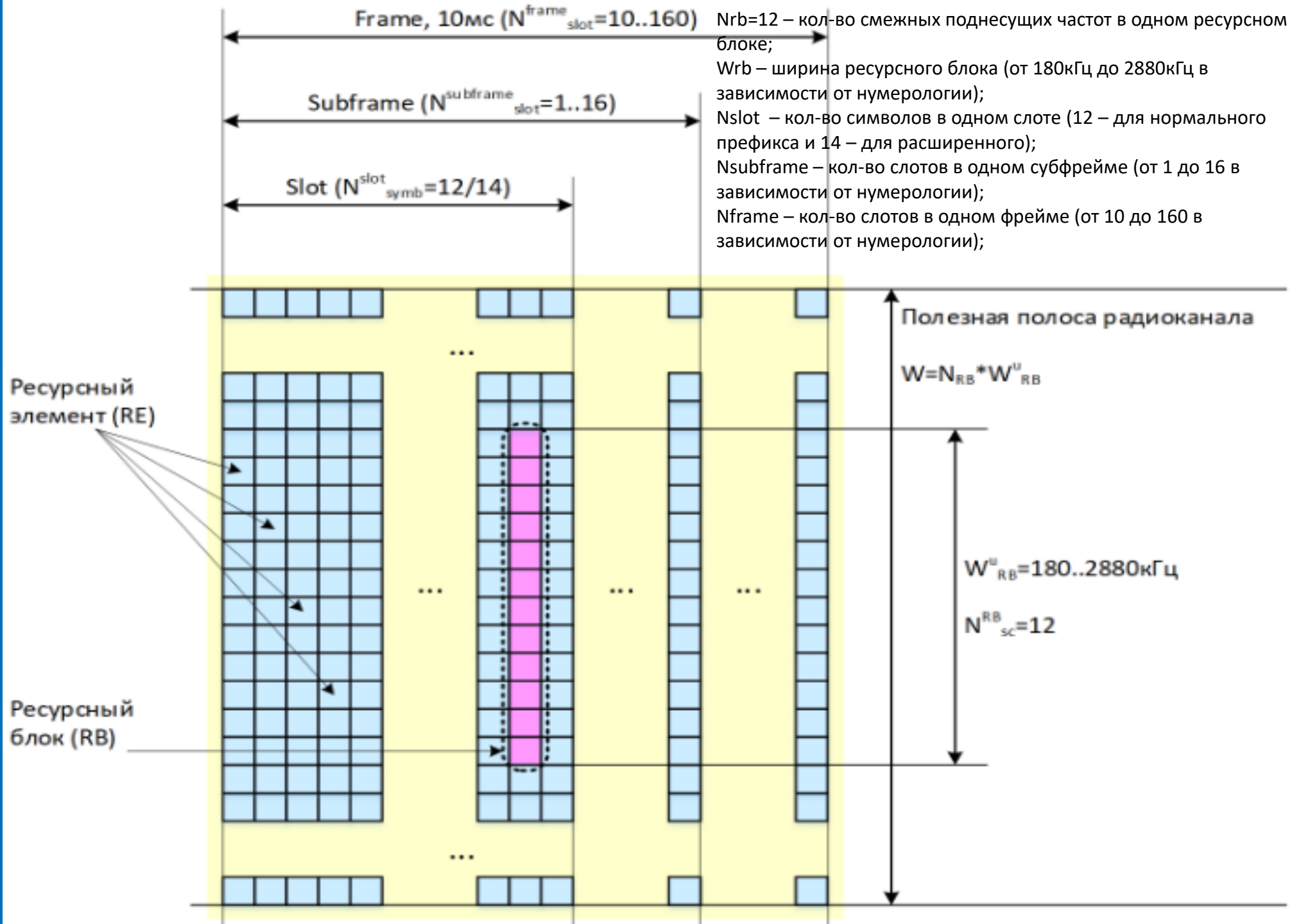
Ресурсный блок

u (нумерология)	Поднесущая, ΔF [кГц]	N_{SC}^{RB}	Ресурсный блок W_{RB}^u [кГц]
0	15	12	180
1	30	12	360
2	60	12	720
3	120	12	1 440
4	240	12	2 880

Ресурсный блок в 5G



Частотно-временной домен в 5G-NR



Полосы радиочастот

Ширина канала для блока FR1

5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 100 МГц

Блок радиочастот	Радиочастотный диапазон
FR1	450 MHz – 6 000 MHz
FR2	24 250 MHz – 52 600 MHz

Для блока FR2

50, 100, 200 и 400 МГц

Источник: 3GPP

Варианты разноса радиочастот поднесущих: 15, 30, 60, 120 и 240кГц



A GLOBAL INITIATIVE

Максимальное значение числа ресурсных блоков (NRB) для каждой полосы радиочастот блока FR1

SCS (кГц)	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц	25 МГц	30 МГц	40 МГц	50 МГц	60 МГц	80 МГц	90 МГц	100 МГц
	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}
15	25	52	79	106	133	160	216	270	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
30	11	24	38	51	65	78	106	133	162	217	245	273
60	Н/д	11	18	24	31	38	51	65	79	107	121	135

Максимальное значение числа ресурсных блоков (N_{RB}) для каждой полосы радиочастот блока FR2

Разнос поднесущих (КГц)	50МГц	100МГц	200МГц	400 МГц
	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}
60	66	132	264	Н/д
120	32	66	132	264

CQI

Индекс CQI	Модуляция	Ркод x 1024
1	4-ФМ	78
2	4-ФМ	193
3	4-ФМ	449
4	16-КАМ	378
5	16-КАМ	490
6	16-КАМ	616
7	64-КАМ	466
8	64-КАМ	567
9	64-КАМ	666
10	64-КАМ	772
11	64-КАМ	873
12	256-КАМ	711
13	256-КАМ	797
14	256-КАМ	885
15	256-КАМ	948

1 часть расчетов (2).

Расчет максимальных скоростей (где знаки вопросов д.б. цифры)

Таблица 1 (для студентов 10-19 по списку). Максимальное значение скорости передачи данных для каждой полосы радиочастот блока FR2 (без MIMO)

Разнос поднесущих (КГц)	50МГц	100МГц	200МГц	400 МГц
	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}	N_{RB}
60	?	?	?	Н/Д
120	?	?	?	?

2 часть расчетов (1).

Расчет скорости передачи данных в зависимости от полосы частот, нумерологии и CQI

Вариант	ΔF , МГц	Разнос между поднесущими, кГц
1	5	15
	40	60
2	50 (NR1)	15
	90	60
3	15	15
	60	60
4	10	60
	60	30
5	15	60
	20	15
6	20	60
	80	30
7	50 (NR1)	60
	400	120
8	40	15
	50 (NR2)	60
9	50 (NR1)	30
	400	60

2 часть расчетов (2).

Расчет скорости передачи данных в зависимости от полосы частот, нумерологии и CQI

ФИО	ΔF , МГц	Разнос между поднесущими, кГц
10	100 (NR1)	60
	100 (NR2)	60
11	10	15
	80	60
12	40	30
	100 (NR2)	120
13	25	15
	200	120
14	5	30
	100 (NR2)	60
15	10	30
	50 (NR2)	120
16	5	30
	200	60
17	100 (NR1)	30
	400	120

Итоги (1)

1 ЧАСТЬ РАСЧЕТОВ

- Задержки **(все студенты)**
- Заполненные таблицы (выше) **(все студенты)**
- График 1. Зависимость максимального значения скорости передачи данных для каждой полосы радиочастот блока FR1 (без MIMO) **(для студентов 1-9 по списку)**
- График 1. Зависимость максимального значения скорости передачи данных для каждой полосы радиочастот блока FR2 (без MIMO) **(для студентов 10-19 по списку)**

2 ЧАСТЬ РАСЧЕТОВ

- Графики 2 и 3. Зависимость значения скорости передачи данных от значения CQI (при $\Delta F = ???$ МГц, разнос между поднесущими $???$ кГц) **(индивидуальный вариант)**

Итоги (2)

3. Выводы:

- С ростом CQI (от 1 до 15) ...
- скорость передачи в одной полосе для различных нумерологий ..., в связи с тем, что ...

Структура отчета:

ФИО, группа, начальные условия, ход одного расчета и результаты (см. выше)