

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ LTE СЕТИ В МОДЕЛИ КОГНИТИВНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

В.М. Чертков, канд. техн. наук, доц.,

Е.Р. Адамовский,

Р.П. Богуш, д-р техн. наук, доц.

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

В статье приведены результаты разработки алгоритма распределения частотно-временного ресурса базовой станции LTE сети для нисходящего канала связи. Предложенный алгоритм обеспечит возможность осуществления прогнозирования свободных частотных ресурсов для вторичного их использования когнитивными устройствами.

Ключевые слова: *когнитивное радио, системы связи, LTE сеть, частотно-временной ресурс, ресурсный блок.*

Введение. В последние десятилетия активное внедрение новых технологий связи, увеличение количества абонентов и объемов передаваемых данных, привели к высокой степени загруженности радиочастотного спектра, что порождает дефицит частотно-временного ресурса. Решение данной проблемы в применении технологии динамического доступа к спектру. Основными системами связи, использующими данную технологию, являются когнитивной системы связи [1]. Данные системы в настоящее время активно развиваются и востребованы мировыми производителями систем связи и телекоммуникаций. Высокая сложность их реализации предполагает первоначальное моделирование работы таких систем. Целью исследований является разработка алгоритма распределения частотно-временного ресурса базовой станции LTE сети для дальнейшего развития модели когнитивной системы связи, представленной в [2], и обеспечения возможности осуществления прогнозирования свободных частотных ресурсов для вторичного их использования когнитивными устройствами.

Распределение ресурсов. В сети LTE управление частотно-временными ресурсами осуществляет планировщик, который ответственен за планирование ресурсов для пользовательских станций (User Equipment, UE). Планировщик может использовать различные механизмы по предоставлению прав доступа к среде передачи данных [3]: алгоритм пропорционального справедливого распределения обслуживания (Proportional Fair Scheduling); циклический алгоритм (Round Robin Scheduler); алгоритм максимального отношения мощности несущей к уровню помехи (Max C/I Ratio, Best CQI scheduling).

Представленные алгоритмы прежде всего направлены на повышение качества обслуживания при планировании временно-частотного ресурса базовой станции для каждого UE при обеспечении гарантированной пропускной способности. В данной работе

все же идет речь об распределении частотно-временного ресурса базовой станции LTE сети для нисходящей линии связи, путем выделения равного объема ресурсов каждой подключенной UE, которая в дальнейшем позволит осуществлять планирование не занятых в текущий момент ресурсов для их вторичного использования когнитивными устройствами.

Подключение нового UE к базовой станции сопровождается новым распределением ее частотного ресурса в виде зарезервированных ресурсных блоков для нисходящей линии связи между всеми подключенными UE.

Определим основные параметры базовой станции: ширина полосы пропускания 5 МГц; количество ресурсных блоков 25; количество поднесущих частот 300.

Ресурсный блок является наименьшей информационной единицей частотного ресурса при его распределении между UE. Каждый блок состоит из ресурсных элементов (РЭ), представляющих набор OFDM-символов. Группа из 6 или 7 OFDM-символов на 12 поднесущих частотах образуют ресурсный блок. Для выделения ресурсов UE используют блок планирования (Scheduling Block, SB), состоящий из двух соседних ресурсных блока на одинаковых поднесущих, но занимающий 12 или 14 OFDM-символов.

Базовая станция с описанными параметрами в распоряжении для осуществления передачи данных по нисходящей линии находится $N_{DL} = 250$ SB в течение одного кадра, по 25 SB в одном подкадре. Каждая ячейка сетки представляет один SB, который может быть назначен любой подключенной к станции UE.

Алгоритм распределения частотного ресурса базовой станции состоит из следующих этапов:

1. Определение количества подключенных UE к станции (CNT_{UE}) и обнуление всех выделенных ресурсов ($N_{DL} = 250$ SB для каждой базовой станции).
2. Определение типа операции добавления устройства UE ($CNT_{UE} + 1$) или его отключение ($CNT_{UE} - 1$);
3. Расчет количества SB, выделяемых для каждого UE:

$$N_{DL_UE} = \left[\frac{N_{DL} - 1}{CNT_{UE}} \right], \quad (1)$$

где $[\cdot]$ – целая часть числа.

4. Заполнение одномерной матрицы номерами SB блоков путем случайной перестановки этих номеров без повторения с помощью функции $randperm()$, которая в качестве аргументов принимает общее число номеров и количество генерируемых значений:

$$RB_{DL} = randperm(N_{DL}, N_{DL_UE} \cdot CNT_{UE}). \quad (2)$$

Приведём пример однократного вызова функции $randperm(10,10)$:

$$RB_{DL} = [7, 2, 8, 6, 9, 1, 4, 3, 5, 10]. \quad (3)$$

5. Далее каждому UE выделяется по N_{DL_UE} блоков SB по порядку следования в RB_{DL} матрице.

Результат работы алгоритма распределения ресурсов базовой станции с 5 подключенными устройствами представлен на рисунке 1.

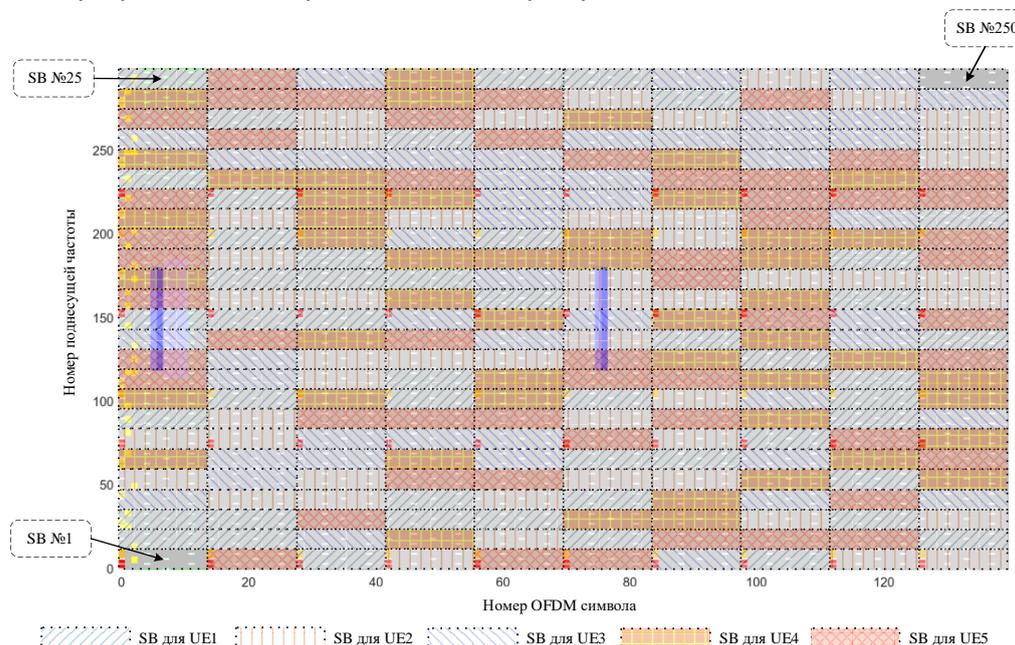


Рисунок 1. – Распределенные ресурсы базовой станции среди 5 UE

В табл. 1 представлены номера SB блоков, которые были выделены каждой из подключенных UE устройств.

Таблица 1. – Выделенные блоки SB для каждой UE

Номер UE	Номера выделенных SB
1	79, 208, 216, 127, 28, 78, 210, 125, 114, 20, 3, 40, 134, 150, 186, 34, 237, 8, 227, 203, 85, 156, 84, 44, 65, 131, 209, 205, 97, 174, 129, 25, 182, 90, 103, 66, 51, 27, 243, 214, 13, 48, 38, 2, 176, 63, 117, 42, 162
2	164, 137, 178, 159, 240, 140, 139, 224, 228, 157, 201, 32, 55, 173, 143, 93, 29, 226, 41, 246, 167, 123, 86, 7, 130, 155, 200, 39, 5, 215, 104, 111, 33, 247, 102, 248, 73, 133, 54, 168, 76, 61, 64, 239, 60, 149, 43, 190, 72
3	106, 92, 223, 35, 107, 198, 82, 172, 119, 98, 120, 212, 118, 197, 31, 179, 147, 52, 222, 115, 88, 145, 14, 30, 175, 46, 71, 112, 56, 57, 181, 96, 4, 12, 196, 75, 233, 144, 184, 229, 121, 213, 22, 218, 225, 249, 151, 138, 36
4	189, 18, 6, 110, 217, 15, 220, 154, 185, 235, 59, 211, 89, 100, 169, 68, 69, 99, 232, 21, 234, 45, 142, 192, 81, 94, 116, 148, 113, 187, 67, 24, 206, 141, 191, 230, 171, 70, 161, 180, 163, 9, 77, 153, 109, 128, 62, 91, 183
5	244, 101, 49, 135, 132, 53, 146, 188, 26, 83, 37, 199, 58, 221, 194, 238, 165, 11, 193, 166, 23, 108, 105, 17, 231, 16, 122, 152, 170, 242, 236, 204, 124, 47, 50, 158, 177, 87, 245, 202, 10, 207, 241, 136, 195, 74, 126, 160, 19

Заключение. В ходе выполнения работы был разработан алгоритм распределения частотно-временного ресурса базовой станции LTE-сети для развития модели когнитивной системы связи. Представленный алгоритм обеспечивает случайный характер распределения ресурсов базовой станции между подключенными к ней UE устройствами.

Это обеспечит возможность оценки устойчивости модели когнитивной системы на базе технологии LTE, выявления её слабых мест и определения степени влияния шума или нерелевантной информации на качество прогнозов. Представлены результаты, которые подтверждают корректность работы разработанного алгоритма и создают основу для дальнейших исследований в области разработки когнитивных систем связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богущ, Р. П. Состав и представление данных для модели когнитивной системы связи на базе LTE / Р. П. Богущ, Е. Р. Адамовский, В. М. Чертков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2021. – № 12. – С. 13–20.
2. Адамовский, Е. Р. Модель формирования карты радиосреды для когнитивной системы связи на базе сотовой сети LTE / Е. Р. Адамовский, В. М. Чертков, Р. П. Богущ // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 127–146. – DOI: 10.20537/2076-7633-2022-14-1-127-146.
3. Garkusha S.V., Scheduling blocks allocation model in the downlink channel for LTE technology, Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications, vol. 3 (39), 2013, pp. 76–94.