

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ДАННЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КАРТЫ РАДИОСРЕДЫ МОДЕЛИ КОГНИТИВНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА БАЗЕ LTE**

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Одной из быстроразвивающихся в мире информационных систем с применением когнитивных технологий является телекоммуникационная система когнитивной радиосвязи. К отличительным особенностям когнитивного радио следует отнести то, что эти радиосистемы способны накапливать сведения об окружающей среде, проводить интеллектуальный анализ ее состояния и, при изменении, вырабатывать различные стратегии и адаптивно изменять параметры телекоммуникационного оборудования [1]. Основным способом повышения эффективности использования частотного ресурса является механизм динамического управления спектром, согласно которому нелицензированным (вторичным) пользователям предоставляется возможность использовать диапазоны первичных пользователей на время, пока они не используются. При таком подходе необходимо обеспечить возможность адаптивного изменения параметров устройств сети на основе получения информации об электромагнитной и географической обстановке; распознавания образов сигналов всех первичных радиоэлектронных средств; обработки больших объемов данных.

Система связи на базе технологии LTE широко используется в настоящее время. Зона покрытия в данной сети подразделяется на ячейки (соты), внутри каждой из которых находится базовая станция (БС, eNodeBS) – стационарный приемопередатчик, осуществляющий централизованное обслуживание группы абонентских устройств. Абонентские устройства (АУ) или, более обобщенно, пользовательские терминалы (user equipment, UE), как правило, являются мобильными устройствами, поэтому в процессе работы могут переключаться между станциями в зависимости от стабильности установленного подключения, уровня принимаемого сигнала и прочих факторов. АУ может прослушивать широкополосную рассылку БС и формировать собственный поток данных в ответ, включающий запрос на предоставление выделенного канала, показатели качества связи. Для когнитивной системы присутствуют вторичных пользователей, которые не являются абонентами сети LTE, но планируют использовать ее частотный ресурс для передачи пользовательских данных. В их задачи входит наблюдение радиосреды и когнитивное использование спектральных пробелов.

Для моделирования когнитивной системы на базе технологии LTE одной из первичных задач является определение состава данных для формирования карты радиосреды (Radio Environment Map, REM), которая широко используется для хранения и обработки информации для обеспечения когнитивных функций пользовательского оборудования [2]. Схема и взаимосвязи объектов такой имитационной модели показана на рисунке 1. Базовые станции и абонентские устройства, расположенные в ячейках сетки и осуществляют обмен данными по downlink и uplink каналам связи. При перемещении в пространстве устройство может переключиться на другую станцию, если расстояние до нее стало меньше, чем до текущей станции. Сигналы от объектов, проходя расстояние, затухают на определенную величину, а их сумма записывается в соответствующие ячейки карты REM, каждая из которых представляет собой ресурсную сетку. На этой сетке отображаются состояния (амплитуды) OFDM-символов для всех поднесущих частот в течение одного кадра LTE (10

мс) [3]. С учетом специфики функционирования основных объектов когнитивной системы связи на базе LTE определен набор параметров для REM:

– для базовой станции: идентификатор – уникальный номер станции, используемый абонентскими устройствами для подключения; местоположение – координаты станции в пространстве, которые требуются для расчета уровня ее сигнала в заданной точке относительно исходного уровня, определяемого мощностью передатчика; рабочий диапазон – обслуживаемые станцией полосы, каждая из которых описывается набором поднесущих частот; список абонентов – подключенные в текущий момент к станции устройства, а также выделенные им частоты для передачи данных «вниз» и «вверх», downlink и uplink каналы соответственно;

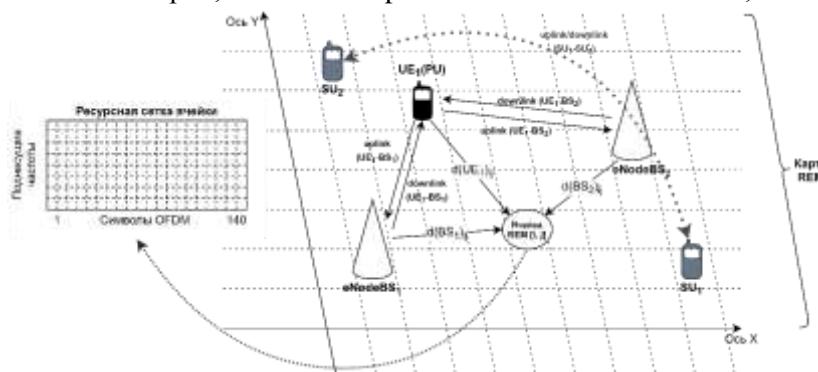


Рисунок 1 – Обобщенная модель когнитивной системы на базе LTE

– для абонентских устройств: идентификатор – уникальный номер абонентского устройства, используемый станциями для маркировки выделяемых фрагментов частотного диапазона; местоположение, мощность передатчика, рабочий диапазон – по аналогии с БС; рабочая станция – идентификатор БС, с которой АУ в текущий момент имеет лучшие условия связи, и от которой выделен рабочий ресурс для связи; состояние (статус) – текущий режим работы устройства: ожидание (idle mode) и передача данных; расписание движения – пространственное поведение устройства или его владельца, описываемое набором ключевых точек, определяющих местоположение объекта в заданный момент времени; расписание сеансов связи – график и характер активности АУ, может быть описано временными отсчетами моментов инициализации сеансов связи и их длительностью. Перечень данных параметров определен с учетом того, что для передачи или приема пользовательской информации могут использоваться подвижные или стационарные. В процессе эксплуатации устройства, находясь в режиме ожидания, периодически поддерживают связь с рабочей станцией по наиболее качественному каналу, а при сеансе связи запрашивают необходимое количество ресурсов.

Карта REM формируется с учетом обработки данных объектов модели для каждой точки пространства с заданным размером и шагом. Вычисление состояния радиосреды в ячейке сетки карты может быть произведено путем суммирования сигналов за промежуток времени всех объектов с учетом расстояния до них. Таким образом, выходными данными являются слои карты REM, каждый из которых является срезом состояния радиосреды в определенный момент времени. При наличии достаточно большой выборки данная информация может быть использована вторичными пользователями для прогнозирования появления пробелов в спектре с привязкой к пространственному положению приемопередатчика.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mitola, J. Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications / J. Mitola // IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications. – 1999. – P. 3–10.
2. On the Construction of Radio Environment Maps for Cognitive Radio Networks: papers from the 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC); ed.: Zhiqing W. [et al.].
3. Описание физического уровня LTE [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://anisimoff.org/lte/phy\\_description.html](http://anisimoff.org/lte/phy_description.html).
4. 3GPP Technologies: Long Term Evolution [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>.