

*Степанова Наталья Вениаминовна*

аспирант

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный  
университет телекоммуникаций и информатики»  
г. Самара, Самарская область

## **РАЗВИТИЕ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ**

*Аннотация: в данной статье затронута проблема повышения эффективности использования радиочастотного спектра. Прослежены основные этапы развития систем радиосвязи и телерадиовещания. Отмечены пути решения проблем, возникавших в разные периоды времени в области управления радиочастотным спектром.*

*Ключевые слова: радиочастотный спектр, радиослужбы, подвижная связь, широкополосный беспроводной доступ, когнитивная система.*

Развитие электронной техники предоставляет возможность создания все более интеллектуальных систем, учитывающие особенности условий их работы. Принцип когнитивности, понимается в широком смысле как процесс познания в рассматриваемой области. Реализуется в использовании информации, извлекаемой из системы от окружающей среды и обстановки для адаптации характеристик систем с целью извлечения максимальной эффективности работы.

Важнейшей современной проблемой в области управления радиочастотным спектром (РЧС) является повышение эффективности его использования. Эта проблема возникла с начала XX века, когда началось интенсивное развитие систем радиосвязи и телерадиовещания.

Количество радиослужб, к которым относились радиосистемы разного назначения, постоянно увеличивалось. В 1920-х годах стали создаваться сети радиовещания, в 1930-х – сети телевизионного вещания, затем были разработаны системы радиолокации и радионавигации, в 1960-х годах появились системы спутниковой связи. Число областей применения радиотехнологий для решения

разнообразных проблем общества постоянно возрастило. Начиная с 1980-х годов, стали интенсивно развиваться сети транкинговой и сотовой подвижной связи. Услугами сотовой связи в настоящее время пользуется более половины населения земного шара.

Объем РЧС, необходимый для обеспечения возможности работы в эфире многочисленных радиосистем самого разного назначения постоянно возрастает. Первая международная таблица распределения частот (ТРЧ) между службами была принята в 1903 г. В этой таблице полосы частот в диапазоне частот до 60 кГц были выделены единственной в то время морской подвижной службе. В 1927 г. диапазон используемых полос частот, указанных в международной ТРЧ, расширился до 60 МГц, из которых 23 МГц было выделено для проведения экспериментальных исследований. В настоящее время в современной международной ТРЧ, приведенной в Регламенте радиосвязи, распределены полосы частот между более чем 40 службами в диапазоне частот до 300 ГГц. Таким образом, в XX столетии объем используемого частотного ресурса увеличился почти в  $10^6$  раз!

Тем не менее, дефицит РЧС, необходимого для развития новых радиотехнологий, постоянно возрастал и проблема повышения эффективности использования РЧС все более обострялась. Для ее решения разрабатывались методы оптимального частотного планирования сетей телерадиовещания, транкинговых и сотовых сетей подвижной связи, предлагались новые спектрально-эффективные методы модуляции (такие, например, как многоуровневая квадратурно-амплитудная модуляция (КАМ) с числом сигналов в созвездии, доходящим до 512 и др.). В радиосистемах стали применяться адаптивные антенны с узкой диаграммой направленности, дающие возможность в одной полосе частот работать без значительных взаимных помех большему числу радиостанций (РС).

В конце XX столетия была предложена система передачи сообщений, позволяющая существенно повысить эффективность использования РЧС (система MIMO – Multiple Input Multiple Output). В этой системе на передаче и приеме используются несколько антенн. Она позволяет в многолучевом канале увеличить

---

количество передаваемых в одном частотном канале сообщений пропорционально числу используемых на передаче и приеме антенн.

С самого начала развития радиосистем предусматривалось жесткое административное регулирование использования РЧС. Для работы каждой РС выделялся один или несколько частотных каналов, в которых могли работать абоненты лишь тех операторов, которые получили лицензии на их использования. Использование этих каналов другими РС, не допускалось. Это приводило к весьма низкой эффективности использования РЧС, так как объем РЧС оператору выделялся исходя из максимально возможной абонентской нагрузки. Эта нагрузка испытывала значительные колебания во времени и по территории, на которой были развернуты сети. Когда нагрузка падала, выделенный оператору частотный спектр использовался слабо.

Одним из основных стимулов создания когнитивных систем широкополосного беспроводного доступа (ШБД) явилась необходимость решать одну из важнейших проблем современной техники телекоммуникаций – проблему повышения эффективности использования радиочастотного спектра. Ее решение сдерживается тем, что имеющийся частотный ресурс уже распределен для работы существующим системам, таким как системы телерадиовещания, подвижной связи, наземным и спутниковым систем фиксированной связи и т. п., и выделение РЧС для вновь появляющихся радиосистем, число которых все время растет, весьма затруднительно.

Для того, чтобы получить данные о реальном использовании РЧС существующими радиосистемами, в США Федеральной Комиссией связи (FCC) в начале XXI века были проведены исследования загруженности полос частот в диапазоне ниже 3 ГГц в городах, в которых наблюдается особенно острый дефицит РЧС. Эти исследования показали, что реальная загрузка этих полос составляет всего 5–15% и значительную часть времени частотные каналы, выделенные операторам связи для предоставления услуг абонентам, не используются [1]. Это показывало, что эти каналы в те промежутки времени, когда они оказываются свободными, могли бы использоваться операторами дополнительных сетей, при

условии, что абоненты дополнительных сетей не будут создавать помех приему сигналов абонентами основных операторов и при занятии частотных каналов (ЧК) абонентами основных операторов, абоненты дополнительных операторов тут же освободят занимаемые ЧК и перейдут на работу в другие свободные в данное время ЧК.

Таким образом, было установлено, что эффективность использования РЧС можно существенно повысить, если либерализовать управление использованием РЧС, допустив, 5ы временно свободные ЧК могли бы быть использованы другими пользователями, которые гарантированно должны не причинять помех основным абонентам сети основного оператора

В конце XX века технология производства аппаратуры, основанная на достижениях электроники и микроэлектроники, достигла столь высокого уровня, что стало возможным массовое производство весьма сложных в функциональном отношении приемопередающих устройств, имеющих малые габариты и вес, низкое энергопотребление и сравнительно небольшую стоимость. Параметры этих устройств (частота используемого канала и его рабочая полоса частот, мощность излучения передатчика, вид модуляции, протокол передачи и т. п.) сегодня могут изменяться программным образом. Идея создания таких устройств была выдвинута американским исследователем Митолой в 1999 г. В США эти устройства называют Software Defined Radio – SDR (радио с программным управлением, реконфигурируемое радио). Митола предложил системы радиосвязи, в которых применяются SDR, называть «cognitive radio systems – CRS» – когнитивными (интеллектуальными) радиосистемами [2–4].

Такие системы значительно расширяли возможности предоставления абонентам услуг связи. По мысли Митола в них программным образом система без участия абонента автоматически определяла бы, к какой из сетей связи, работающих в данном регионе, целесообразно подключаться абоненту, при этом определялся бы вид радиоинтерфейса и протоколы обмена сообщениями между АС и БС или точкой доступа (ТД) к сети. Критерием для выбора той или другой сети служили бы как экономические (например, тарифы на передачу сообщений), так

---

технические факторы (например, наличие в сети, в которой используется оборудование определенного стандарта, свободных частотных каналов, возможная скорость передачи сообщений).

Когнитивная система в процессе передачи должна также выбирать автоматически мощность передачи информационных сигналов с тем, чтобы, с одной стороны, мощность передаваемого сигнала была бы достаточной для обеспечения необходимого качества приема сигналов, а с другой – не должна быть избыточной, чтобы не создавать недопустимых помех другим радиоэлектронным средствам (РЭС), работающим в том же или в соседнем частотном канале связи. К когнитивным функциям, которыми может быть наделена система, относятся и процедуры динамического распределения частотных каналов между станциями, работающими в сети связи.

### ***Список литературы***

1. Staple G. The End of Spectrum Scarcity / G. Staple, K. Werbach // IEEE Spectrum online. – 2004. – March.
2. Mitola J., III. Cognitive Radio. An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio: Doctor of Technology Dissertation / J. Mitola III. – Sweden: Royal Institute of Technology, 2000.
3. Mitola J., III. Cognitive Radio Architecture. The Engineering Foundations Radio XML / J. Mitola III. – John Wiley & Sons, Inc., 2006.
4. Haykin S. Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications / S. Haykin // IEEE Journal on Selected Areas and Communications. – 2005. – Vol. 23. – № 2. – P. 213.