

Светашов Александр Константинович,
аспирант кафедры ПССиТРВ, МТУСИ, Москва

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЙ КОГНИТИВНОГО РАДИО

Аннотация. Развитие инфокоммуникационных технологий положило начало вопросу эффективного использования радиочастотного ресурса. Одним из возможных вариантов улучшения спектральной эффективности - использование технологий когнитивного радио таких как: динамическое управление спектром (англ. Dynamic Spectrum Management), технологии поиска свободных «спектральных дыр» на основе алгоритмов машинного обучения и др.

Ключевые слова: когнитивное радио, машинное обучение, DSM, DSS, IoT, SDR.

Введение.

Радиочастотный спектр является технологически ограниченным ресурсом, это означает, что использование частот гига- и тера- герцовых диапазонов столкнётся со сложностями по обеспечению технической базы, вследствие чего эффективность использования частотных полос прочих диапазонов должна быть оценена соответствующим образом. Как правило, лицензия на использование спектральной полосы выделяется специализированным службам (подвижной, фиксированной, вещательной и пр.) регулируя при этом интерференционные помехи. Однако, как отмечают исследователи, [1-3] по всему миру наблюдается лишь частичная загруженность выделенного радиочастотного диапазона. Так по оценке [2] примерно 70 % РЧС оказывается частично занятым. Стоит отметить, что данные, приведённые в источнике, соответствуют 2010 году и являются весьма устаревшими, однако в тоже самое время позволяют проследить тенденцию развития инфокоммуникационных технологий. Для устойчивого развития новых систем связи и инфокоммуникаций необходимо решить эту глобальную задачу. Более того, развитие тренда беспроводных систем связи движется от децентрализации в сторону самоорганизующихся и самообучающихся инфокоммуникационных систем называемых когнитивным радио.

Исследования в области когнитивного радио, направленные на совершенствование эффективного использования РЧС можно разделить на три группы:

- обнаружение сигналов в когнитивных радиосетях;
- динамическое управление спектром;
- развитие машинного обучения для создания когнитивного цикла.

Подробное описание технологий, входящих в эти группы будет описано ниже.

Определение когнитивного радио.

По определению данному МСЭ, [4] когнитивное радио представляет собой радиосистему «использующую технологию, позволяющую этой системе получать знания о своей среде эксплуатации и географической среде, об установленных правилах и о своём внутреннем состоянии; динамически и автономно корректировать свои эксплуатационные параметры и протоколы, согласно полученным знаниям, для достижения заранее поставленных целей; и учиться на основе полученных результатов». Таким образом, можно утверждать, что когнитивное радио формирует новую парадигму создания инфокоммуникационных технологий и систем связи, в которых РЭС этих систем умеют анализировать окружающую среду, обучаться на основе этих данных и делать соответствующие выводы. Весь процесс обучения и принятия решения получил своё название - когнитивный цикл.



Цикл когнитивного радио позволяет пользовательским РЭС сканировать спектральные полосы, искать незанятые участки, собирать информацию о них и занимать свободные участки радиочастотного спектра. На Рис.1 показан обобщенный цикл работы когнитивного радио.



Рис.1 Обобщенный цикл когнитивного радио

Исследования в области когнитивного радио являются мультидисциплинарными, находящимися на стыке информационных и радио технологий. Такая синергия позволяет обеспечить создание гетерогенных инфокоммуникационных систем связи с гетерогенными методами управления спектром. На сегодняшний день наиболее актуальными являются следующие направления по развитию когнитивных радиосистем [2]:

- развитие моделей принятия решений на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), генетических алгоритмов, нейро-нечетких систем управления и т.д.;
- создание новых методов и алгоритмов по обучению когнитивных радиоустройств;
- новые методы обнаружения «спектральных дыр»

В развитии новых моделей принятия решений когнитивных РЭС большую роль будут играть искусственные нейронные сети, зарекомендовавшие себя уже сегодня при решении различного рода задач. Комбинирование различных методов глубокого обучения может стать одним из ключей к созданию автономной когнитивной радиосистемы.

Применительно к новым методам спектрального обнаружения, исследователи [2, 3] указывают на использование элементов теории игр и логических ИНС. Теория игр позволит разработчикам когнитивных радиосистем наладить взаимодействие между первичным пользователем спектра и вторичным, а разработка и последующее использование логических искусственных нейронных сетей позволит создать фундамент для создания аналитической базы данных незанятых полос спектра.

Логические ИНС (англ. Logical Neural Networks, LNN) могут стать и одним из эффективных способов для развития технологии Динамического распределения спектра (англ. Dynamic Spectrum Sharing). Логическая ИНС представляет собой разновидность рекуррентной ИНС, преимуществом которой является комбинированное использование формальной логики Аристотеля в целях глубокого обучения. Использование логических ИНС позволяет создать устойчивую к неполным данным искусственную нейронную сеть. [6, 7]



Выводы

Для устойчивого развития сетей связи 5-го и последующих поколений (5G, 6G) необходимо создавать соответствующую технологическую базу. Учитывая наблюдаемое развитие и постепенное внедрение технологий искусственного интеллекта, можно утверждать, что без формирования парадигмы когнитивного радио в будущем не обойтись. Проведённый анализ показал актуальность исследований связанных с построением когнитивных РЭС. Дальнейшие исследования автора будут направлены на использование логических ИНС в целях оценки электромагнитной обстановки когнитивных РЭС.

Список литературы:

1. Khan A. A., Imrat Rahman S. M., Ahmed M. Research challenges of Cognitive Radio. International journal of Engineering & Technology (IJERT), Vol.1 Issue 3, May 2012, pp 1-4
2. Nguyen V. T., Villian F., Le Guillou Y. L., Cognitive radio RF: overview and challenges. VLSI Design, Hindawi Publishing corp. Volume 2012, pp 1-13.
3. Liao M. An optimal number of cognitive radios considering co-site electromagnetic compatibility. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2021, pp 1-16
4. Отчет МСЭ-R SM.2152 Определения системы радиосвязи с программируемыми параметрами (SDR) и системы когнитивного радио (CRS). МСЭ, 2009
5. P. Setoodeh, S. Haykin. Fundamentals of cognitive radio. First edition. John Wiley & Sons Inc. 2017
6. Riegel R., Gray A. etc. Logical neural networks. ArXiv 2020, pp 1-48
7. Liu S., Pan Ch., etc. Dynamic Spectrum Sharing Based on Deep Reinforcement Learning in Mobile Communication Systems. Sensors 2023, 23, 2622. pp 1-16

