



УДК 621.396.67.01

**ВНЕДРЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ РАДИОСЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТРАТЕГИЙ
УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ.****IMPLEMENTATION OF COGNITIVE RADIO NETWORKS TO EVALUATE SPECTRUM
MANAGEMENT STRATEGIES IN REAL-TIME****Абдугафур Хотамов***Доцент Самаркандского филиала ТАТУ имени Мухаммада аль-Хорезми
abdugafur.xotamov@gmail.com***Хайдаров Хаётбек Кахрамон угли***Студент Самаркандского филиала ТАТУ имени Мухаммада аль-Хорезми*

Аннотация: *В настоящее время существует огромное количество различных систем беспроводной связи, таких как системы стандартов GSM, IEEE 802.11, IEEE 802.16, UWB, HSPA, LTE, и т.п., работающих в лицензированных и нелицензированных диапазонах частот. Из-за постоянного роста числа используемых беспроводных устройств и развития технологий беспроводной связи потребуется выделение дополнительных диапазонов частот. Из-за ограниченности частотного ресурса будет возникать все больше трудностей с выделением частот, а значит, эффективность существующей политики лицензирования спектра резко уменьшится. Эта проблема может быть решена за счет использования новой технологии доступа к лицензированным полосам частот, в которых работают существующие пользователи (лицензированные пользователи). Эта технология носит название динамического доступа к спектру. Технология динамического доступа к спектру лежит в основе систем когнитивного радио, и дает возможность нелицензированным пользователям получить доступ к частотному ресурсу наравне с лицензированными пользователями новыми методами.*

Ключевые слова: *когнитивное существующих методов построения сетей когнитивного радио, проводится их сравнение, а также дается радио, беспроводная связь оценка перспектив развития технологии когнитивного радио в мире.*

Annotation: *Nowadays, a tremendous number of different wireless communication systems such as GSM, IEEE 802.11, IEEE 802.16, UWB, HSPA, LTE, etc. exist in licensed and unlicensed bands. Consequently, many more devices require radio spectrum allocation in order to respond to the challenge for further advances in wireless communications. This increase is straining the effectiveness of the traditional spectrum polices. The limited available spectrum due to the nature of radio propagation and the need for more efficiency in the spectrum usage necessitates a new communication paradigm to exploit the existing spectrum opportunistically. This problem can be solved*



through opportunistic access to the licensed bands by existing users (licensee users). This access technology called dynamic spectrum access. Cognitive radio (CR) systems based on dynamic spectrum access, which provides the capacity to share the wireless channel with the licensed users in an opportunistic way. In this work an overview of principles of cognitive radio network design is given, provided their comparison and assessment of future development of cognitive radio technologies in Russia and the other world is given.

Keywords: *cognitive of existing methods for constructing cognitive radio networks, their comparison is carried out, and radio and wireless communications are given an assessment of the prospects for the development of cognitive radio technology in the world.*

1. Введение

В настоящее время распределение спектра основывается на выделении конкретного диапазона частот для конкретной услуги. Однако, большая часть выделенного диапазона радиочастот используется от случая к случаю, что приводит к неэффективному использованию частотного ресурса. Число услуг беспроводной связи растет и требуется выделение все большего числа диапазонов частот для их обеспечения. Прежняя политика распределения спектра уже не является такой эффективной.

Проблема неэффективного использования спектра может быть решена за счет новой системы доступа к лицензированным полосам частот в которых работают существующие (так называемые первичные) пользователи. Такой новой системой доступа является динамический доступ к спектру.

Основной технологией, использующей динамический доступ к спектру является когнитивное радио, которое дает возможность получить доступ к беспроводному каналу вместе наравне с первичными пользователями.

2. Определение когнитивного радио.

Термин "когнитивное радио" был впервые введен Митолой и Магуайром в статье 1999 г. [1]. В данной статье когнитивное радио определяется как радио, которое воспринимает окружение, в котором оно находится, и в результате может адаптировать параметры связи в соответствии с этим пониманием. В настоящее время, термин "когнитивное радио" приобрел больше значений и, как правило, используется в очень многих отношениях.

Определяет термин "когнитивное радио" следующим образом: "Система когнитивного радио (КРС): Радиосистема, использующая технологию, позволяющую этой системе получать знания о своей среде эксплуатации и географической среде, об установившихся правилах и о своем 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."



"Основные технические характеристики РЭС когнитивных систем широкополосного беспроводного доступа в полосе радиочастот 470-686 МГц".

Для того, чтобы получить доступ к радиочастотному спектру в котором работают лицензированные (первичные) пользователи, не нарушая их прав, с требуемым качеством обслуживания, каждый пользователь когнитивного радиоустройства в сетях когнитивного радио должен:

- определить доступную часть спектра;
- выбрать лучший из доступных каналов;
- скоординировать доступ к этому каналу с другими пользователями;
- освободить канал, когда возобновит работу лицензированный пользователь.

Таким образом, возможности когнитивного радио в качестве узлов сетей когнитивного радио могут быть классифицированы в зависимости от их функциональности следующим образом: устройства когнитивного радио должны чувствовать радиоэфир (когнитивные способности), анализировать спектр (способность к самоорганизации) и адаптироваться к изменению параметров радиоэфира (способность к реконфигурации).

3. Структура систем когнитивного радио.

Современные системы связи разрабатываются на базе модели ОБ! (открытых систем). Каждый из уровней разрабатывается независимо и может быть изменен, или расширен без влияния на компоненты других уровней. Благодаря определенным на каждом уровне интерфейсам оборудование различных производителей может взаимодействовать друг с другом.

Однако все операции между уровнями производятся последовательно (от высшего уровня к низшему). Это ведет к издержкам в вычислениях и большим задержкам. Из-за изолированности уровней, высший уровень не может получать информацию о низшем, а значит взаимодействие уровней ограничено. Развитие существующей системы уровней привело к созданию новых вариантов межуровневого взаимодействия. Например, резервирование функций одного из уровней (контроль ошибки на физическом и канальном уровнях). Главной целью системы межуровневого взаимодействия является увеличение информационного потока между уровнями.

Взаимодействие может осуществляться как от высшего уровня к низшему, так и наоборот. Например, информация о скорости передачи в канале с канального уровня может передаваться на уровень приложений и тем самым изменять скорость кодирования видео потока в соответствующем приложении. Если скорость передачи в канале уменьшается, скорость видеосжатия также уменьшается. Уровни могут быть объединены для интегрирования своих функций.



Например, каналный и транспортный уровни могут быть объединены для совместного обеспечения управления очередями и доступа к каналу.

Концепция межсетевого взаимодействия предполагает создание единого интерфейса для обмена данными и контролем между всеми уровнями.

Полезно пояснить принцип действия когнитивного радио, используя термины "измеритель" и "изменяемый параметр". Показания измерителя отражают текущее значение параметра, после чего параметр может быть изменен для получения новой характеристики.

Таким образом, действие не что иное как установка параметров когнитивного радиоустройства для получения необходимой производительности (характеристик). При проектировании когнитивного радиоустройства закладывает такое количество изменяемых параметров, при котором характеристики устройства менялись бы максимально эффективно для осуществления всех необходимых функций.

Удобно разделить управляемые параметры по уровням телекоммуникационной системы. На каждом уровне свои параметры для изменения. На физическом уровне: мощность передачи, вид модуляции, частота несущей, ширина полосы частот. На канальном: тип пакета, величина пакета, скорость передачи, протокол передачи. На сетевом и транспортном уровнях: алгоритм планирования сети, параметры протокола. На уровне приложений: вид сжатия или кодирования.

Пример межуровневой оптимизации приведен в [4]. Информация собранная когнитивным радио обширна и радиоинтерфейсу требуется выделить только нужную информацию. Для этого можно использовать алгоритм нечеткой логики. В такой системе параметры протоколов на различных уровнях могут быть смоделированы как переменные нечеткой логики, управляемый контроллером нечеткой логики.

3.1. Искусственный интеллект в разработке систем когнитивного радио

Технологии искусственного интеллекта могут эффективно применяться для проведения этапа анализа и принятия решения в системах когнитивного радио [5]. Возможная архитектура представлена на рис. 3. В базе знаний содержатся данные о состояниях системы и возможных действиях.

Устройство принятия решения выбирает, какое действие надо произвести. Подсистема обучения накапливает знания, полученные из накопленной информации (информации о занятости канала, вероятности ошибки в канале и т.п.). База знаний работает в двух режимах Определение состояния радиоэфира и осуществление действий по изменению параметров системы. Алгоритм



обучения позволяет изменять как сведения о состоянии радиозфира так и список доступных действий исходя из состояния эфира.

3.2. Определяемое местностью когнитивное радио

Для улучшения характеристик беспроводной сети можно использовать информацию о местоположении. Например, в мобильных сетях, информация о местоположении абонента может быть использована для резервирования каналов для хендовера, например, с помощью концепции теневого кластера [6]. Для систем когнитивного радио FCC было разработано две схемы динамического доступа к спектру: база данных о местоположении и "маяк".

В первом случае пользователи, с помощью системы определения местоположения (например, GPS) получали информацию о местоположении. Затем эта информация передается в базу данных. С помощью этой базы данных, каждый новый пользователь, после определения своего местоположения может получить доступ к свободной полосе частот. После того как пользователь когнитивного радио занимает полосу частот, в базу данных от базовой станции поступает обновленная информация.

В случае использования "маяка" база данные ведется для каждой соты. Информация о лицензированных диапазонах частот постоянно обновляется. Базовая станция когнитивной сети транслирует базу местоположения всем пользователям когнитивного радио. В зависимости от своего положения когнитивное радиоустройство принимает решение о работе в том или ином свободном диапазоне частот.

3.3. Ad-hoc архитектура

В данном типе архитектуры нет поддержки инфраструктуры. Сеть является самоорганизующейся. Такой режим работы сети еще называют "точка-точка". Если АС обнаруживает, что рядом есть другие МС, то они могут соединиться через определенные стандарты связи/ протоколы, и создать между собой канал связи, т.е станции непосредственно взаимодействуют друг с другом. Отметим, что эти каналы между узлами могут быть созданы различными коммуникационными технологиями. Кроме того, два терминала когнитивного радио могут взаимодействовать друг с другом с помощью существующих коммуникационных протоколов (например, Wi-Fi, Bluetooth) или динамически, используя "дыры в спектре".

Плюсом такой архитектуры является то, что нужен минимум оборудования: каждая станция должна быть оснащена беспроводным адаптером.

Такая архитектура хорошо подходит для создания временной сети.

Когнитивная система может обладать своей инфраструктурой, в таком случае базовая станция XG с брокером спектра, для синхронизации с другими сетями. В настоящее время для взаимодействия между пользователями сети XG используется метод ad hoc. Для взаимодействия лицензированной и нелицензированной систем используется шлюз.



Архитектура сетей когнитивного радио. Архитектура сетей когнитивного радио может быть типа инфраструктура, самоорганизующейся (ad-hoc) и mesh. В данной архитектуре, МС может получить только прямой доступ к БС / ТД в АС ведущие передачу через одну и ту же БС/ТД должны общаться друг с другом через BS/AP Связь между

Mesh архитектура. Эта архитектура представляет собой сочетание инфраструктуры и ad-hoc архитектуры а также позволяет осуществлять беспроводные соединения между БС/ТД Эта сетевая архитектура похожа на архитектуру гибридных беспроводных сетей Mesh.

В этой архитектуре, БС/ТД работают в качестве маршрутизаторов беспроводной сети передачи и формируют беспроводную опорную сеть. МС могут получить либо прямой доступ к БС/ТД или использовать другие МС как промежуточные узлы связи. Некоторые БС/ТД могут подключаться к опорной сети и работать в качестве шлюзов. Поскольку БС/AP могут быть развернуты без необходимости подключения к проводной опорной сети, эта архитектура более гибкая и более дешевая при планировании расположения БС/AP Если БС/AP обладают возможностями когнитивного радио, они могут использовать "дыры" в спектре для связи друг с другом. Также такая децентрализованная архитектура сети дает высокую степень надежности.

Mesh-сети строятся как совокупность кластеров. Территория покрытия разделяется на зоны, число которых теоретически не ограничено. Особенностью Mesh является использование специальных протоколов, позволяющих каждой точке доступа создавать таблицы абонентов сети с контролем состояния транспортного канала и поддержкой динамической маршрутизации трафика по оптимальному маршруту между соседними точками. При отказе какого-либо из узлов, происходит автоматическое перенаправление трафика по другому маршруту, что гарантирует не просто доставку трафика адресату, а доставку за минимальное время. Процедура расширения сети ограничивается установкой новых узлов, интеграция которых в существующую сеть происходит автоматически. Недостаток подобных сетей заключается в том, что они используют промежуточные пункты для передачи данных; это может вызвать задержку при пересылке информации и, как следствие, снизить качество трафика реального времени.

Заключение

Когнитивное радио является развивающейся технологией. Применение когнитивного радио связано с внедрением не только новой технологии, но и новой идеологии использования частотного ресурса, состояния сетей, построения оборудования, предоставления услуг. Требуется решение множества возникающих проблем и одна из них обеспечение всех необходимых функций когнитивного радио в одном устройстве. Созданная система должна быть не только безопасной и надежной, но и тестируемой и сертифицируемой.



Наиболее перспективным стандартом для когнитивных радиосистем является IEEE 802.11af (начало разработки январь 2010) основной целью является адаптация семейства стандартов IEEE 802.11 к телевизионным полосам частот.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kwang-Cheng Chen, Prasad R. Cognitive radio networks. Wyley, 2009. 359 p.
2. Doyle L. Essentials of Cognitive Radio. Cambridge University Press, 2009. - 252 p.

❗ Не можете найти то, что вам нужно? Попробуйте сервис [подбора литературы](#).

3. N. Jesuale and B. C. Eydt, A policy proposal to enable cognitive radio for public safety and industry in the land mobile radio bands, in 2nd IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2007. 17-20 April, 66-77.

4. N. Baldo and M. Zorzi, "Fuzzy logic for cross-layer optimization in cognitive radio networks," in Proceedings of Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), January 2007, pp. 1128-1133.

5. C. Clancy, J. Hecker, E. Stuntebeck, and T O'Shea, "Applications of machine learning to cognitive radio networks," IEEE Wireless Communications, vol. 14, no. 4, pp. 47-52, 2007.

6. D. A Levine, I. F Akyildiz, and M. Naghshineh, "A resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using the shadow cluster concept," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 5, no. 1, pp. 1-12, 1997.

7. I. F Akyildiz, W.-Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty, "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: a survey," Computer Networks, vol. 50, no. 13, pp. 2127-2159, 2006.

8. E. Hossain, Dusit Niyato, Zhu Han Dynamic Spectrum Access and Management in Cognitive Radio Network Radio. Cambridge University Press, 2009. - 487 p.

Cognitive radio systems overview Miroshnikova N., MTUCI, Russia Abstract