

отвечают потребностям пользователей и выделяются на фоне конкурентов. Однако запуск приложения - это лишь начало, и для его успеха необходима постоянная поддержка, обновления и взаимодействие с пользователями. Такой подход обеспечивает долгосрочную привлекательность приложения на рынке.

Список использованных источников

1. McHugh, J. (2020). *iOS Development for Beginners: A Practical Guide to Creating iOS Apps*. San Francisco: App Development Publishing.
2. <https://habr.com/ru/articles/854988/>
3. Kottke, T. (2022). *Cross-Platform Mobile App Development: Building for Android and iOS*. Boston: O'Reilly Media.

УДК 621.396.9

М. Халлыева, Г. Дурдыева, О. Мамедкулиева, С. Гулджанова

Институт Телекоммуникаций и
Информатики Туркменистана
Ашхабад, Туркменистан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГНИТИВНОГО РАДИО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

Аннотация. В последние десятилетия наблюдается значительный рост потребления радиочастотного спектра, что приводит к его истощению. Когнитивное радио (КР) представляет собой перспективную технологию, способную повысить эффективность использования радиочастотного спектра за счет динамического доступа к неиспользуемым частотам. В данной статье рассматриваются основные принципы работы когнитивного радио, его архитектура, а также потенциальные приложения и вызовы, связанные с его внедрением.

Ключевые слова: Когнитивное радио, эффективность частотного спектра, динамическое распределение спектра, спектральный доступ, распознавание радиосреды, пользователи с лицензией и без лицензии, вторичный пользователь.

M. Hallyyeva, G. Durdyyeva, O. Mammetkulyyeva, S. Guljanova.

Institute of Telecommunications and
Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkministan

USING COGNITIVE RADIO TO IMPROVE SPECTRUM EFFICIENCY

***Abstract.** In recent decades, there has been a significant increase in the consumption of radio frequency spectrum, leading to its depletion. Cognitive radio (CR) is a promising technology that can improve the efficiency of the radio frequency spectrum by dynamically accessing unused frequencies. This article discusses the basic principles of cognitive radio, its architecture, as well as potential applications and challenges associated with its implementation.*

***Keywords:** Cognitive radio, spectrum efficiency, dynamic spectrum allocation, radio environment sensing, licensed and unlicensed users, secondary user.*

Радиочастотный спектр является ограниченным ресурсом, необходимым для функционирования различных беспроводных технологий. С увеличением числа устройств и пользователей наблюдается дефицит доступных частот. Традиционные методы управления спектром не всегда эффективны, что создает необходимость в новых подходах. Когнитивное радио, основанное на принципах адаптивного и интеллектуального управления спектром, предоставляет возможность более рационального использования частот.

Принципы работы когнитивного радио

Когнитивное радио использует технологии машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа радиосреды и принятия решений о доступе к частотам. Основные принципы работы КР включают:

1. **Наблюдение:** КР анализирует радиочастотный спектр для выявления свободных частот (белых пробелов).
2. **Анализ:** Оценка доступных частот с учетом текущих условий использования.
3. **Принятие решений:** Выбор оптимальной частоты для передачи данных на основе анализа.
4. **Адаптация:** Изменение параметров передачи в реальном времени для минимизации помех и повышения качества связи.

Архитектура когнитивного радио

Архитектура КР состоит из нескольких ключевых компонентов:

- **Когнитивный процессор:** Центральный элемент, осуществляющий анализ данных и принятие решений.
- **Датчики радиосигнала:** Устройства, которые собирают информацию о состоянии спектра.
- **Модули передачи:** Устройства, которые адаптируют параметры передачи в зависимости от выбранной частоты.
- **Интерфейс**

пользователя: Обеспечивает взаимодействие с конечным пользователем и настройку параметров системы.

Применения когнитивного радио

Когнитивное радио находит применение в различных областях:

1. **Беспроводные сети:** Оптимизация использования частот в мобильных сетях и Wi-Fi.
2. **Интернет вещей (IoT):** Эффективное управление спектром для устройств IoT, требующих постоянной связи.
3. **Системы экстренной связи:** Обеспечение надежной связи в условиях перегруженного спектра.
4. **Военные и специальные приложения:** Использование КР для защиты от помех и обеспечения надежной связи в сложных условиях.

Вызовы и перспективы

Несмотря на перспективность когнитивного радио, существуют определенные вызовы:

- **Регулирование:** Необходимость разработки новых нормативных актов для управления динамическим доступом к спектру.
- **Безопасность:** Защита данных и предотвращение несанкционированного доступа к частотам.
- **Технические ограничения:** Разработка эффективных алгоритмов для быстрого анализа и принятия решений.

Спектральное сенсирование

Спектральное сенсирование — это процесс мониторинга радиочастотного спектра для определения доступных частот. Существует несколько методов спектрального сенсирования:

- **Энергетическое сенсирование:** Измеряет уровень энергии на различных частотах, чтобы определить, занята ли частота.
- **Сенсирование на основе корреляции:** Использует корреляцию сигналов для обнаружения присутствия известных сигналов.
- **Сенсирование на основе машинного обучения:** Применяет алгоритмы машинного обучения для более точного определения свободных частот.

Адаптивная модуляция и кодирование

Когнитивное радио может адаптировать свои параметры передачи, такие как модуляция и кодирование, в зависимости от условий канала. Это позволяет оптимизировать скорость передачи данных и устойчивость к помехам.

Механизмы управления спектром

Когнитивное радио использует различные механизмы для управления доступом к спектру:

- **Динамический доступ:** Позволяет пользователям временно

использовать неиспользуемые частоты, избегая помех с первичными пользователями.

- **Распределенный доступ:** Участвующие устройства могут самостоятельно принимать решения о доступе к частотам на основе локальной информации.

Алгоритмы когнитивного радио

Алгоритмы обнаружения Эти алгоритмы отвечают за идентификацию свободных частот и могут включать в себя:

- **Алгоритмы на основе статистики:** Используют статистические методы для анализа сигналов и определения их присутствия.
- **Алгоритмы на основе теории информации:** Оценивают информацию о сигнале и его вероятностные характеристики.

Алгоритмы принятия решений

После обнаружения свободных частот, когнитивное радио должно принимать решения о том, какую частоту использовать. Это может включать:

- **Алгоритмы оптимизации:** Используют методы оптимизации для выбора наилучшей частоты с учетом различных параметров, таких как интерференция и качество канала.
- **Алгоритмы машинного обучения:** Обучаются на исторических данных для улучшения точности принятия решений.

Примеры применения когнитивного радио

Системы Wi-Fi Когнитивное радио может быть использовано для оптимизации работы сетей Wi-Fi, позволяя устройствам динамически переключаться между каналами в зависимости от загрузки.

Системы связи для экстренных служб

В условиях чрезвычайных ситуаций когнитивные радиосистемы могут обеспечить надежную связь, автоматически выбирая свободные частоты для передачи критически важной информации.

Автомобильные сети

Когнитивное радио может быть применено в системах V2X (Vehicle-to-Everything), позволяя автомобилям обмениваться данными и адаптироваться к изменяющимся условиям связи.

Заключение

Когнитивное радио представляет собой инновационное решение для повышения эффективности использования радиочастотного спектра. Его внедрение может значительно улучшить качество беспроводной связи и обеспечить устойчивое развитие телекоммуникационных технологий. Однако для успешной реализации

КР необходимо преодолеть ряд вызовов, связанных с регулированием, безопасностью и техническими аспектами.

Список использованных источников

1. Haykin, S. (2005). Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications.
2. Mitola, J., Maguire, G. Q. (2006). Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal. IEEE Personal Communications.
3. FCC (2010). Spectrum Policy Task Force Report. Federal Communications Commission.
4. Ходжанепесов, К.А., & Шаханов, Г.Б., (2024). Инновационные методы и информационные технологии в развитии образования в Туркменистане. Журнал “Universum: технические науки”, 64-66.

УДК 519.713

А.Б. Чарыев, С.С. Шайымов

Институт Телекоммуникаций и Информатики Туркменистана
Ашхабад, Туркменистан

СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАНИПУЛЯЦИОННОГО РОБОТА

***Аннотация:** В статье рассматриваются различные методы разработки математической модели манипуляционного робота. Описываются преимущества и недостатки каждого метода, а также приводятся примеры использования.*

A.B. Charyev, S.S. Shayymov

Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

METHODS FOR DEVELOPING A MATHEMATICAL MODEL OF A MANIPULATION ROBOT

***Abstract.** The article discusses various methods for developing a mathematical model of a manipulation robot. The advantages and disadvantages of each method are described, as well as examples of use.*

Математическая модель манипуляционного робота – это описание его кинематики и динамики. Она используется для анализа движения робота, разработки системы управления и решения других