



УДК 621.396

А.В. Рубцов, студент ФГБОУ ВО ВГУВТ,
В.И. Логинов, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО ВГУВТ
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ В СИСТЕМАХ КОГНИТИВНОГО РАДИО

Ключевые слова: когнитивное радио, радиочастотный спектр, модель когнитивного радио, помехи, нелинейные искажения.

В работе рассматриваются особенности управления частотным распределением в системах когнитивного радио в условиях учета нелинейных искажений при преобразовании частот.

За более чем вековую историю своего развития, радиосвязь претерпела большие изменения и сама внесла большую веху в развитие мирового сообщества. Применявшееся раньше в основном в военных целях средство связи, стало мировым феноменом, открыв путь информационной эпохе. Количество передаваемой в мире информации средствами радиосвязи ежегодно увеличивается. По статистическим данным Роскомнадзора [1], службы занимающейся контролем за радиочастотным ресурсом путем регистрации радиоаппаратуры и закрепленных за ней частот (ASA), только в период с января по июль 2015 года, количество действующих Радиоэлектронных средств увеличилось с 1 787 632 до 1 843 476 (3%), а следовательно пропорционально увеличилось количество занимаемых частот. Следует также отметить что система ASA не предусматривает утилизацию того частотного ресурса, что был зарегистрирован, но временно или конкретно на определенной территории не используется. Выше обозначенное является аргументом в пользу другой системы, в которой частоты распределяются динамически согласно электромагнитной обстановке, а эффективность использования спектра обеспечивается методом программного управления.

Одной из наиболее перспективных в реализации DSA систем, является когнитивное радио CRS (англ. Cognitive Radio System).

Когнитивное радио представляет радиоаппаратуру передающую информацию на частотах, которые определяются исходя из состояния радиосреды, местоположения приемно-передатчика в пространстве и объектов окружения. Одним из ожидаемых свойств когнитивного радио, является возможность оптимизировать использование радиочастотного спектра в заданной частотной полосе в условиях действия преднамеренных и непреднамеренных помех.

В когнитивном радио частоты назначаются каналам динамически, таким образом, канал приобретает абстрактное представление. На рис. 1 изображена обобщенная структура CRA.

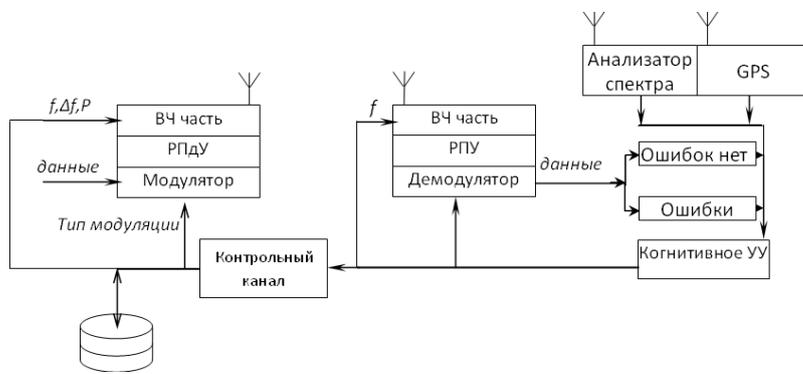


Рис. 1 Структурная схема когнитивного радио

Из схемы CRS хорошо видно, что его структура напоминает структуру традиционного радиоприемника. Наиважнейшее из нововведений отличающее два названных типа радиоприемников, это Блок Когнитивного управляющего устройства.

Данное устройство содержит в себе ряд аппаратно-программных средств позволяющих взаимодействовать с каскадами приемного тракта в пределах нативного радиоприемника и одновременно подавать информацию о своих настройках другому радиоэлектронному средству по контрольному каналу. Все радиопередающих устройства реализующие модель CRS, имеют внутреннюю базу данных содержащую сведения о состоянии радиосреды. Под состоянием радиосреды следует понимать общую электромагнитную обстановку в области действия приемо-передатчика, иначе говоря о частотном и шумовом распределении, получаемом средствами анализатора спектра, располагая подобного рода информацией можно произвести необходимые вычисления, построить оптимальную карту частот и таким образом оптимизировать спектр. Программное обеспечение, выполняющее данную задачу, является ядром когнитивного радио.

Для получения полного контроля над спектром в районе действия когнитивной среды и для обеспечения ядра когнитивного радио, необходимыми аппаратными ресурсами, для достижения необходимого быстродействия системы, а также множеством датчиков, предлагается "клиент-серверная" модель организации когнитивного радио, которая будет функционировать по наименее затратному (для спектра) протоколу взаимодействия. Таким образом, у нас выделяется коммутационное ядро, выполняющее все необходимые вычисления, и ряд абонентских станций управляемых дистанционно по каналу управления (рис. 2).

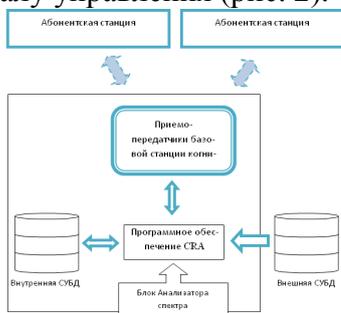


Рис.2 Структура "Клиент-серверной" модели когнитивного взаимодействия

Когнитивная сеть, предлагаемой модели использует три различных канала для взаимодействия: канал управления, канал данных и каналы запроса, при этом канал управления используется более чем двумя радиоприемниками в режиме распределения времени и может так же динамически изменяться в зависимости от состояния радиосреды. Канал запроса необходим для инкапсуляции процесса установления связи от непосредственного контроля. Канал данных использует тот же механизм, что и в патенте [2].

На основании всего выше изложенного, предлагается следующий алгоритм установления сеанса связи и выбора

канала управления:

- 1) По каналу запроса Абонент передает свой ID- оборудования, координаты своего местоположения и проанализированные сведения о состоянии радиосреды, которые были получены с помощью анализатора спектра (сведения о предпочтительном частотном диапазоне).
- 2) Ядро, приняв ID, регистрирует Абонента в списке подключенных устройств.
- 3) Ядро на основании координат абонента и результатов сканирования, а также своих данных выбирает из списка контрольных каналов канал с наилучшими для данного соединения характеристиками, и отправляет Абоненту запрос на соединение с указанием частоты контрольного канала и параметров TDMA.
- 4) Если Абонент ответил на указанной частоте, то Ядро освобождает канал запроса.

- 5) Если абонентское устройство было подключено впервые, то Ядро посылает запрос Абоненту на получение xml файла, в котором указывается информация об его оборудовании, далее эта информация будет использоваться для управления каналом данных.
- 6) Ядро отслеживает абонента в сети (контролирует качество связи, подает управляющие команды)

Для того, чтобы система обладала необходимо информацией для работы она должна взаимодействовать с внешней базой данных, содержащей таблицы лицензированных частот, а также внутреннюю базу данных содержащую следующие таблицы.

- 1) Таблицу, содержащую сведения о частотах занятых в обеспечении связи (предполагаются следующие заголовки: номер канала, частота, тип канала, количество абонентов на канале, качество связи)
- 2) Карта GPS
- 3) Таблица регистрации устройства (предполагаются следующие заголовки: id,xml, номер канала данных, номер канала управления, параметры TDMA)

Перечисленные выше таблицы располагаются на стороне сервера, однако клиент должен обладать копией первой таблицы, для обеспечения большей гибкости системы. Так, например, абонентское устройство, обнаружив ухудшение связи (например, на основании количества кадров повторных передач), может послать серверу запрос на смену канала.

Последним из нерешенных вопросов является поиск, с помощью которого можно найти частоты, работа на которых обеспечит необходимое качество связи. Разрешить вопрос достаточно сложно, поскольку необходимо учитывать, как соотношение Сигнал/Шум, так и уровень шумов связанных с нелинейными искажениями в канале связи, и все это за оптимальное время, которое в системах когнитивного радио должны приближаться к реальному.

Для решения данной задачи разработано программное обеспечение для расчета и оптимизации частотного распределения нелинейных преобразователей частоты [3].

В отличие от стандартных методов расчета нелинейных искажений таких как: графоаналитический, алгоритмический метод перебора и аналитический,- обладающими большими требованиями ко времени, в данном программном обеспечении задача была решена с использованием алгоритмического метода на основе теории чисел (рядов Фарей).

Данные ряды отображают координаты пересечения комбинационных частот с прямыми основного преобразования в интервале $q \in (0,1)$ на номограмме. В этом случае индекс ряда напрямую связан с порядком учитываемых комбинационных частот.

Используя построенную номограмму, можно за оптимальное время анализировать нелинейные искажения и строить процесс оптимизации частотного распределения с учетом соотношения сигнал шум (теорема Шеннона-Хартли) и внутренних нелинейных помех канала связи.

Структурная схема управления частотами приведена на рис. 3. Здесь в качестве устройства

П



Рис. 3 Схема взаимодействия при когнитивном управлении каналом связи

озволяющего оценить уровень внешних шумов выступает анализатор спектра. Для учета внутренних помех нелинейного преобразования в структуру когнитивного радио добавляется блок прогноза выполняющего следующие функции:

- Анализ уровня нелинейных искажений в канале связи
- Оптимизация частотного распределения с учетом нелинейных искажений заданного порядка с использованием алгоритмов на основе метода с использованием рядов Фурье
- Оценка амплитуд компонент нелинейного преобразования частот
- Управление процессом корректировки назначения рабочей частоты

Введение данного блока в когнитивное радио, позволит качественно улучшить характеристики канала связи.

Задача создания эффективных систем когнитивной связи решается с помощью протокола взаимодействия когнитивных приемника и передатчика, который функционирует в режиме реального времени и обеспечивает скорость установления соединения не более 1 мкс. Предлагается модификация систем управления когнитивным радио с учетом нелинейных искажений в каналах связи с целью реализации их максимальной пропускной способности.

Список литературы:

- [1] Анализ использования радиочастотного спектра и результатов мероприятий по радиоконтролю в июне 2015 года / Роскомнадзор. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rkn.gov.ru/communication/p646/>
- [2] Frequency Band Coordination Method and Radio Communication Apparatus in Cognitive Radio System / Onur Altintas - Pat. 20110176508. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.faqs.org/patents/app/20110176508>
- [3] Статья Дементьева С.А в данном сборнике «Алгоритмы оптимизации и расчета частотного распределения преобразователей переносчиков частот»

FREQUENCY CONTROL IN COGNITIVE RADIO SYSTEMS

Rubtsov A.V, Loginov V.I.

Keywords: cognitive radio, radio spectrum, cognitive radio system, spurs.

The paper discusses the features of management of frequency distribution in cognitive radio systems in terms of the nonlinear distortions in mixer