

УДК ??????

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОГНИТИВНЫМИ РАДИОСИСТЕМАМИ

**С.Ю. Пастух**, заместитель начальника отдела ФГУП НИИР, к.т.н.

**Е.Е. Володина**, профессор МТУСИ, к.э.н.; evolodina@list.ru

**Е.Е. Девяткин**, начальник лаборатории ФГУП НИИР, к.э.н.

**Я.М. Гасс**, научный сотрудник ФГУП НИИР

**Ключевые слова:** частотное планирование, повторное использование частот, обеспечение электромагнитной совместимости, когнитивные системы связи, нормативно-правовая база, базы данных о защищаемых радиоэлектронных средствах и территориях, механизм геолокации.

**Введение.** При частотном планировании вещательных систем с большими зонами обслуживания возникают области пространства, в которых возможно повторное использование частот вещательной системы с ограниченным уровнем излучения [1]. В международной практике такие зоны называют «белые пятна» («White spaces») или сокращенно ТВ БП. Однако возможности по использованию ТВ БП ограничиваются сложностью обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) с вещательной сетью, а также тем, что параметры ТВ БП (свободная полоса частот и размер территории) нестабильны. В связи с этим мощность излучения и рабочая частота для работы сетей подвижной связи в ТВ БП должны определяться динамически. Эффективно использовать ТВ БП позволяют когнитивные системы связи [1], так как они способны автоматически подстраиваться под условия радиоэлектронной обстановки. Когнитивные системы связи, работающие в «белых пятнах» телевизионных диапазонов частот, составляют отдельный класс устройств называемых WSD-устройствами.

Нормативно-правовая база по использованию устройств WSD должна включать требования к допустимым параметрам их излучения, к взаимодействию WSD-устройств с базой данных (БД) о защищаемых радиоэлектронных средствах (РЭС) и территориях, а также требования по территориальному разнесу с РЭС в данной полосе частот. Кроме того, нормативно-правовая база определяет требования по созданию, администрированию и поддержанию в

актуальном состоянии БД о защищаемых РЭС и территориях.

В WSD-устройствах для обеспечения ЭМС применяют механизмы контроля занятости спектра (sensing), а также взаимодействия с БД защищаемых от помех РЭС (геолокация). При этом следует отметить, что только механизм геолокации позволяет гарантировать ЭМС.

В статье рассматриваются вопросы создания БД о защищаемых РЭС с целью реализации механизма геолокации для когнитивных систем связи.

**Создание БД о защищаемых РЭС в телевизионных полосах частот.** Ключевым вопросом внедрения в Российской Федерации WSD-устройств является реализация механизма геолокации с использованием БД о защищаемых РЭС. База данных позволяет в режиме реального времени обрабатывать запросы WSD-устройств в отношении доступных частотных каналов, работа на которых не приведет к нарушению ЭМС с действующими в соответствующей полосе частот РЭС.

Набор информации в БД для обеспечения работы когнитивных систем радиосвязи в полосе частот 470–790 МГц определяется: перечнем защищаемых РЭС, выбранными защитными критериями, методикой определения доступных частотных каналов для устройств WSD, а также методом обеспечения безопасного взаимодействия БД с устройствами WSD, включая их идентификацию по уникальным идентификационным номерам.

Кроме этого, в БД могут быть включены дополнительные сведения о владельцах РЭС, а также географические характеристики региона применения WSD-устройств (в том числе сведения о рельефе местности) и т.д. Этот информационный набор (пакет) является минимально необходимым для реализации БД. Полный перечень информации, включаемой в БД, должен определяться в процессе ее создания с учетом

выполнения требований по обеспечению ЭМС с действующими РЭС.

С учетом действующих в Российской Федерации РЭС в БД должна быть включена информация о РЭС радиовещательной службы, включая распределительные станции кабельного телевидения, сухопутной подвижной службы, тропосферные радиорелейные станции, РЭС службы космической эксплуатации, а также сведения о радиомикрофонах и оборудовании PMSE. Применительно к каждому типу РЭС требуется свой набор параметров для обеспечения защиты этих РЭС от непреднамеренных помех со стороны WSD-устройств. При создании БД возникает целый ряд правовых и технических вопросов, требующих от регулятора использования РЭС в стране определить модель ее организации. Можно выделить следующие модели организации базы данных:

**Модель без разделения функций базы данных между провайдерами.** Единая открытая БД: Вариант заключается в том, чтобы в стране существовала единая БД. Все устройства WSD будут запрашивать информацию из БД с использованием стандартизованного интерфейса обмена сообщениями. БД будет открыта для всех пользователей. Однако на практике создание единой межгосударственной БД может быть затруднительным.

**Несколько открытых БД:** Вариант предусматривает использование нескольких БД. В этом случае устройства WSD могут выбирать предпочтительную БД, но при этом не должно существовать никаких различий в объеме информации о защищаемых средствах и соответственно о доступных для работы WSD-устройств частотных каналах. Одно из преимуществ такого варианта – возможность выбора для пользователей WSD-устройств. Кроме того, в случае, если некоторые из БД будут управляться третьей стороной, возможно предоставление (кроме минимально

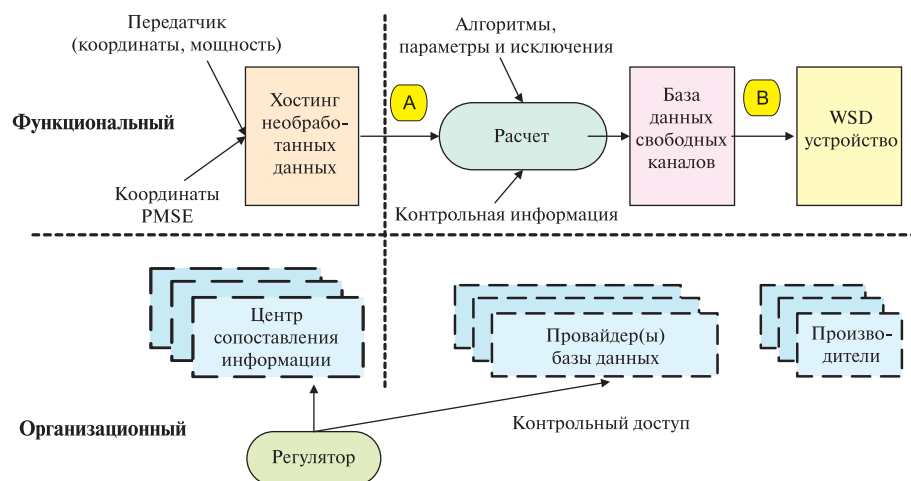


Рис. 1

необходимого набора) и дополнительной информации.

**Закрытая БД:** Вариант заключается в том, что будет использоваться закрытая БД. Например, производитель устройств WSD может создать базу данных специально для устройств, которые он производит. Несколько производителей также могут договориться и создать общую единую, но закрытую для других устройств БД.

**Модель с разделением функций БД между провайдерам.**

Данный вариант предусматривает разделение функции БД по предоставлению информации о доступных частотных каналах на несколько самостоятельно выполняемых функций (рис.1). Эта модель используется для того, чтобы стимулировать появление нескольких провайдеров услуг для конечного пользователя. Функции делятся на функцию поддержки информации о защищаемых РЭС (единая БД для региона или страны) и функцию проведения расчетов с определением доступных частотных каналов (несколько провайдеров БД, использующих единую базу о защищаемых РЭС). Пользователи WSD-устройств при этом подключаются к базам провайдеров, которые и предоставляют информацию о доступных частотных каналах [1].

Независимо от модели можно выделить трех основных игроков при разработке и использовании БД – регулятора, провайдера БД и пользователя. При этом функции регулятора и провайдера могут объединяться в одной организации. В результате могут возникать серьезные законодательные сложности, связанные с возможностью публичного раскрытия данных о защищаемых РЭС в полосе частот 470–790 МГц (коммерческих или государственных). В этом

случае управление БД должно обеспечиваться государственной организацией, объединяющей функции регулятора и провайдера БД.

А – интерфейс между провайдером базы данных и базой данных защищаемых РЭС,

В – интерфейс между провайдером базы данных и конечным пользователем (устройствами WSD)

На рис.2 представлены информационные потоки, которые будут циркулировать между регулятором и основными игроками в процессе создания и использования БД о защищаемых РЭС.

**Управление базой данных.** В настоящее время отсутствует опыт эксплуатации БД, обеспечивающих работу когнитивных систем. В то же время, в рамках различных международных организаций, а также национальных администраций связи [1] проводится обсуждение основных аспектов, которые следует принимать во внимание при управлении БД при ее взаимодействии с устройствами WS.

**Защита информации о технических характеристиках РЭС.** База данных содержит информацию, необходимую для определения доступных частотных каналов и может представлять собой набор технических параметров передатчиков (включая местоположение, высоту подвеса антенны, мощность излучения и др.) или набор параметров защищаемого приемника (включая территориальный район в котором может находиться приемник), либо комбинации этих двух наборов данных. Искажение данной информации может приводить к возникновению непреднамеренных помех, соответственно в процессе управления БД вопросам защиты

информации требуется уделить специальное внимание.

**Задержки в обновлении базы данных.** Задержка в обновлении БД – это промежуток времени, в течение которого информация о новых или измененных параметрах защищаемого РЭС будет приниматься во внимание при определении доступных частотных каналов для устройств WSD. Если заявка на новое частотное присвоение для защищаемого РЭС осуществляется электронным способом через Интернет, задержка может быть очень небольшой. Частотное присвоение может непосредственно записываться в БД, однако при этом существует вероятность того, что не будут вводиться не соответствующие действительности записи, что в конечном итоге приведет к блокированию работы WSD-устройств.

**Частота обновления базы данных.** Для обеспечения актуальности информации о защищаемых РЭС, БД должна периодически обновляться. Частота ее обновления зависит от новых частотных присвоений для защищаемых РЭС. В зависимости от типов защищаемых РЭС частота обновления БД может быть высокой из-за изменения частотных назначений или появления новых защищаемых РЭС. Особенно это относится к радиомикрофонам и оборудованию PMSE, а также к цифровым вещательным станциям, развертываемым при тестировании или проведении специальных мероприятий (спортивные, официальные и т.п.). В то же время следует стремиться к уменьшению частоты обновления БД с тем, чтобы предотвращать случаи возможного блокирования к ней доступа в связи с частыми обновлениями. Типы защищаемых служб, а значит и требования к частоте обновления сведений о частотных присвоениях защищаемых РЭС могут изменяться. Соответственно, необходимо предъявлять требования к сроку актуальности доступных частотных каналов, которые передаются от БД устройствам WSD. В течение этого срока устройства WSD могут использовать переданные им частотные каналы, и после данного периода должны обновить список каналов путем нового запроса к БД.

**Алгоритм обработки запросов к БД.** В результате обработки запроса к БД должен быть сформирован список доступных частотных каналов и соответствующие максимально допустимые мощности излучения для устройств WSD. Очевидно, что алгоритм обработки должен давать приемлемый результат, иначе появляется риск непредна-

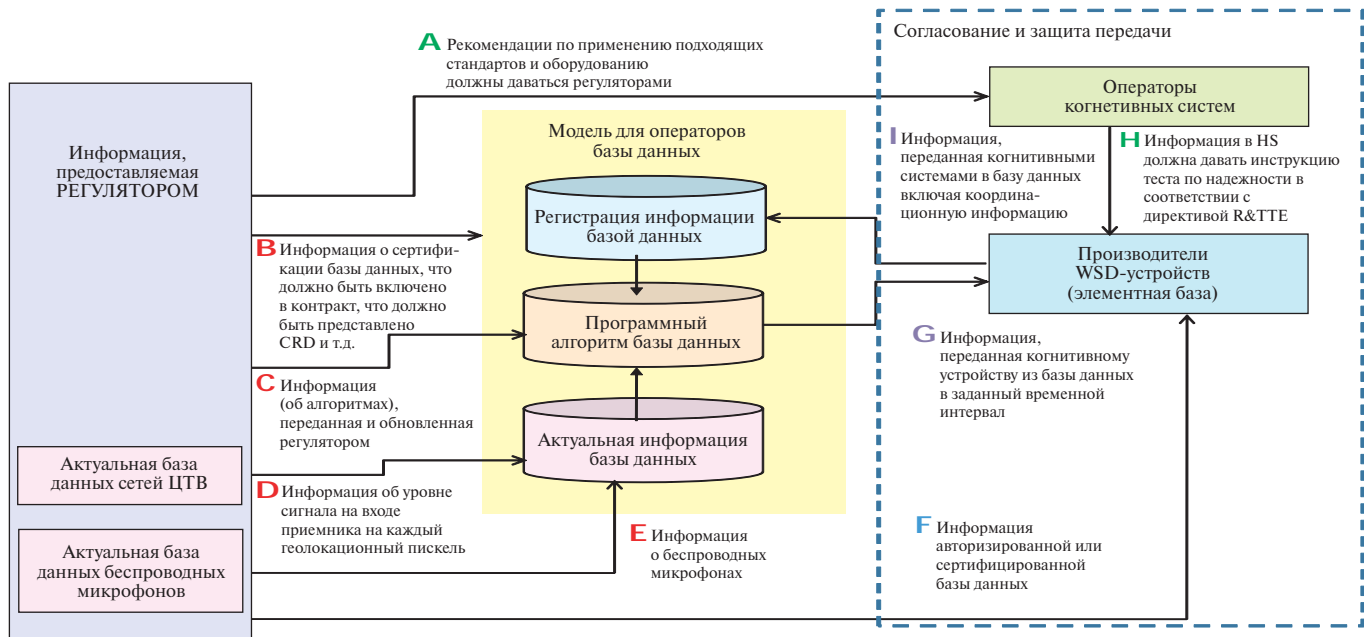


Рис. 2

меренных помех для защищаемых РЭС или риск чрезмерного ограничения доступных частотных каналов для работы WSD-устройства. Алгоритм обработки зависит от типа защищаемого РЭС, а также от наличия сведений о зоне его обслуживания. Следует принимать во внимание, что потенциальными объектами воздействия WSD-устройств могут быть РЭС, размещенные на территории сопредельного государства

**Информационное взаимодействие БД с устройством WSD.** Вопрос обмена информацией между БД и устройством WSD является предметом стандартизации оборудования и БД. Стандарт протокола обмена информацией в настоящее время не принят ни одной международной организацией в области стандартизации. В то же время создан ряд групп, занимающихся его разработкой. Данный вопрос обсуждается, например в таких организациях, как ECC, ETSI и IEEE. Ниже приводятся основные элементы, которые могут быть использованы при создании стандарта информационного взаимодействия БД с устройствами WSD:

**Доступные частотные каналы (обязательная информация).** Доступные частоты – это частоты, которые могут использоваться в точке размещения WSD-устройства. Информация о доступных частотах может представляться либо в виде номера частотного канала, ширина которого predetermined заранее (например, ширина телевизионного канала), либо в виде начальной и конечной частот, определяющих до-

ступную полосу частот. Частота считается доступной в пределах некоторой зоны, которая формируется из одного или нескольких территориальных элементов или пикселей (территориальный элемент соответствует квадрату с длиной стороны 100 м). Если устройство WSD при перемещении выходит за границы зоны, определенной БД для данной частоты, оно обязано получить новый список доступных частотных каналов до того как продолжит или начнет передачу данных.

**Максимально допустимая мощность излучения (обязательная информация).** Максимально допустимая мощность излучения должна представляться в зависимости от местоположения устройства, его класса, а также частот.

**Сведения о национальной/региональной БД, с которой устройство WSD должно взаимодействовать (необязательное требование).** Во время роуминга устройство может переместиться за пределы района ответственности БД, например в другую страну. В этом случае БД может передавать информацию другой базе данных, с которой данное устройство должно взаимодействовать далее, для получения доступных частотных каналов.

**Время, в течение которого передаваемая информация сохраняет актуальность (обязательная информация).** Данный параметр определяет, как долго частотный канал будет оставаться доступным для использования устройством WSD в заданной зоне его размещения. В том случае, когда устройству

WSD требуется доступный частотный канал, после того как закончится данный интервал времени, либо устройство переместится за пределы зоны, оно обязано обратиться к БД с запросом для получения новых доступных частотных каналов.

**Данные о результатах контроля радио эфира устройствами WSD. (необязательная информация).** Это информационный пакет данных, определяющий для устройств WSD необходимость предоставить данные о результатах контроля занятости на заданной частоте. Такая информация требуется при реализации специальных алгоритмов выбора доступных частотных каналов в БД. Кроме того, в информационном пакете может определяться тип контролируемых устройств (например, радиомикрофоны), а также пороговый уровень чувствительности приемника контроля занятости канала (например, минус 110 дБм).

**Информационное взаимодействие устройства WSD с базой данных.** От устройства WSD в БД должна передаваться следующая информация:

**Местоположение (обязательная информация).** Местоположение устройства WSD представляет собой географические координаты текущего местоположения устройства. При этом следует отметить, что зона местоположения зависит от точности определения координат устройством (рис. 3). Местоположение определяется с использованием спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС или GPS.



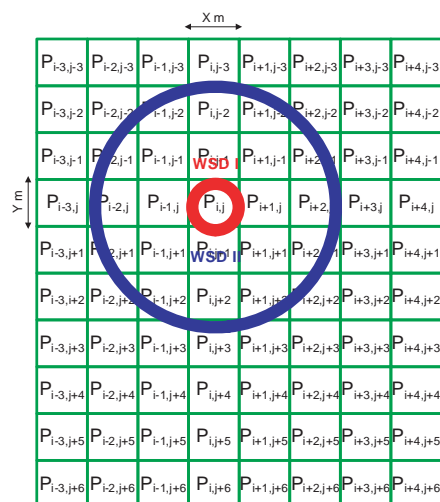


Рис. 3

**Точность определения местоположения (обязательная информация):** Точность определения местоположения устройства пропорциональна абсолютной ошибке вычисления координат. Точность определяется как круг некоторого радиуса вокруг точки размещения устройства. Кроме того, может включаться дополнительная информация о высоте размещения устройства. Точность определения местоположения должна приниматься во внимание алгоритмом отбора доступных частотных каналов для устройства. Устройства, обладающие более высокой точностью определения местоположения, получают определенные преимущества перед остальными устройствами, так как увеличивается вероятность получения большего числа доступных частотных каналов. Алгоритм отбора доступных частотных каналов в БД должен строиться таким образом, чтобы максимально возможная точность определения местоположения давала опреде-

ленный выигрыш.

**Класс WSD-устройства (обязательная информация):** Предоставление информации о классе устройства необходимо для того, чтобы БД могла быть идентифицирована соответствующая информация о технических характеристиках WSD-устройств. Алгоритм работы БД в этом случае может учитывать соответствующие характеристики передатчика и антенны для определения доступных частот и максимально допустимой мощности излучения устройства. Различные классы устройств имеют различные технические характеристики (т.е. тип антенны, высота антенны, тип радиотехнологии и модуляции сигнала) и допустимые уровни ЭИИМ. Например, устройства, которые имеют хорошие внеполосные характеристики излучения, могут осуществлять передачи с более высокой мощностью в определенных точках размещения и на определенных радиочастотах. Определение классов устройств WSD и их технических характеристик является вопросом стандартизации.

**Модель WSD-устройства и его идентификационный номер (обязательная информация):** Данная информация будет чрезвычайно важной при формировании отчетов о возникновении помех, так как позволяет исключать устройства, которые не создавали непреднамеренных помех в конкретной ситуации. Кроме того, идентификационный номер позволяет осуществлять контроль отдельно взятого устройства, его поведения, а также разрешать проблемы несанкционированного использования.

**Предполагаемый район работы устройства (необязательная информация):** Устройство может иметь возможность получать информацию о доступных частотных каналах не только в точке размещения, но и в пределах некоторой

зоны его работы. Например, устройство может обладать информацией о скорости своего перемещения и при медленном перемещении указать небольшой радиус района работы, а при более высокой скорости больший район. Район может также задаваться в виде многоугольника вместо точки с радиусом зоны возможного размещения. Получив информацию о доступных частотных каналах в зоне, устройство WSD может делиться информацией и с другими устройствами, находящимися в данной зоне (режим работы WSD-устройства master-slave).

**Заключение.** Внедрение систем связи в «белых пятнах» телевизионных диапазонов частот требует создания специализированной БД о защищаемых РЭС. Специфические требования к такой БД определяются исходя из информационных потоков между регулятором, провайдером и пользователем WSD-устройств и включают требование автоматического определения доступных частотных каналов и допустимой мощности излучения для работы устройств. Создане БД о защищаемых РЭС в Российской Федерации может осуществляться по одной из моделей - модель с разделением функций базы данных между провайдерами или без такого разделения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Draft ECC Report Consideration of the regulatory mechanisms needed to facilitate the introduction of cognitive radio systems (CRS) in the 'white spaces' of the frequency band 470-790 MHz. Document ECC RA(11)50.
2. ECC Report 159 Technical and operational requirements for the possible operation of cognitive radio systems in the 'White Spaces' of the frequency band 470-790 MHz. Cardiff, January 2011

Получено 15.09.11