

# РАДИОКАНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОПС ДАЛЬНОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ. ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯ ГОРОДА

В.А. Дробышев,  
главный конструктор объединения «ОКО»

## Введение

Радиоканальные системы дальнего радиуса действия благодаря ряду своих достоинств находят широкое применение для организации охранно-пожарного мониторинга стационарных объектов. Данные системы отличаются невысокой стоимостью оборудования, быстротой развёртывания, возможностью охвата больших площадей контролируемой территории и лёгкостью её дальнейшего расширения благодаря использованию наращиваемой сети ретрансляторов.

Обеспечение надёжной радиосвязи является основной проблемой, которую приходится решать при внедрении подобных систем. 15 – летний опыт эксплуатации подобной системы в г. Екатеринбург (более 5000 абонентов) позволил приобрести определенный опыт, которым мне хочется поделиться в данной статье. Информация будет полезна тем, кто стоит перед выбором системы мониторинга ОПС.

Современный город-миллионник с интенсивной застройкой неудержимо стремящейся вверх и вширь не лучшее место для развёртывания какой-либо радиосети связи, тем более радиосети охранно-пожарного мониторинга, обязанной быть абсолютно надёжной. А если в городе сложный рельеф? А если его пересекает ЛЭП, создающая радиопомехи на вашей частоте? А если в городе появился удаленный микрорайон, который надо охватить вашей системой? Так много всяких если...

В таких условиях создание и содержание надёжной сети связи требует постоянных усилий на весь период ее эксплуатации. Появился новый небоскреб – создал зону радиотени – в вашей сети связи возникла проблема, которую надо оперативно решать.

«Создатель» надёжной системы связи, в отличие от Господа Бога (он, как известно, творил мир всего 6 дней), должен постоянно находиться в состоянии творческого поиска и созидания.

На первом этапе (как раз в первые 6 дней) перед «Создателем» централизованной радиосистемы ОПС стоит проблема выбора. Какая радиосистема ОПС лучше, какими функциями она должна обладать? В каком частотном диапазоне должна работать система?

### *И, наконец, принципиальный вопрос, нужна ли обратная связь с объектом?*

Решение этого принципиального вопроса, выбор частотного диапазона и определение количества необходимых рабочих частот, эффективное использование полученного частотного ресурса – все это, так или иначе, связано с экономической целесообразностью.

Все радиосистемы по идеологии построения можно разделить на две группы. К первой группе относятся радиосистемы циклического типа, реализующие принцип непрерывного контроля канала связи. Ко второй группе относятся радиосистемы спорадического типа, ориентированные на повышенную информационную емкость и эффективное использование частотного ресурса.

Радиосистемы первого основаны на принципе регулярного циклического опроса всех абонентов радиосети. Цикл опроса не должен быть слишком большим (в пределах 1-2 минут). Достоинством системы является постоянный контроль связи с объектом. К недостаткам: обязательное наличие прямой и обратной связи с абонентом радиосети, невозможность организации сети ретрансляции и сети ПЦН, небольшая абонентская емкость, сложность и дороговизна оборудования, не эффективное использование частотного ресурса.

В радиосистемах второго типа передача данных от абонентов радиосети в направлении ПЦН осуществляется спорадически, по инициативе абонента (при изменении его состояния, при тревоге, при формировании тест-сигнала). Наличие двусторонней связи между абонентом и ПЦН не обязательно. Большинство абонентов не имеют приемников, а имеют только радиопередатчик. Двусторонний обмен данными используется в основном между ПЦН и ретрансляторами радиосети для квитирования принятых сообщений, а не для организации "непрерывного контроля канала связи". В данных системах очень просто организовать распределенную сеть ретрансляторов и ПЦН, так как необходима только функция приема сигналов, а инициатива передачи сигналов принадлежит абонентам. Автоматическая выдача собственнику от ПЦН информации, подтверждающей факт взятия или снятия с охраны объекта, на объектовый блок, не имеющий приемника не возможно, но возможно на сотовый телефон пользователя. Автоматическое выявление и определение факта потери связи с любым абонентом радиосети осуществляется по приходу тест-сигнала от объектового блока, с периодом от нескольких десятков минут до нескольких часов (как правило, настраивается в зависимости от загрузки радиосети). Радиосистемы данного типа обеспечивают большую абонентскую емкость на одной частоте (от нескольких сотен до нескольких тысяч абонентов) при невысокой стоимости абонентского оборудования.

Радиосистемы первого типа широко применяются подразделениями вневедомственной охраны, так как реализуют привычную для них логику работы с охраняемым объектом, а также на основании мнения о том, что реализация принципа непрерывного контроля канала связи "делает ее неуязвимой по отношению к любым действиям злоумышленников". Однако, создать мощную помеху вблизи ПЦН (он, как правило, один в подобных системах) в рабочем диапазоне частот, блокирующую работу всей системы на 15-20 минут не составит особого труда для хорошо подготовленного злоумышленника. Таким образом, тезис о "неуязвимости" подобных систем просто дорогостоящая иллюзия.

Как правило экономическая целесообразность не оставляет особого выбора. Большинство выбирает радиосистемы второго типа.

И выбор достаточно разнообразен. Предлагается широкий спектр систем, работающих в разных частотных диапазонах.

Безусловно, вопрос с выбором частотного диапазона важен и мы к нему вернемся. Гораздо важнее, на мой взгляд, вопрос:

- Как вы, «Создатель», с этой системой будете жить и работать? Какими инструментами и возможностями вы, уважаемый «Создатель», будете обладать?

**Например, будет ли у Вас возможность создания системы ретрансляции радиосигналов ОПС от объектового оборудования на ПЦН на всей контролируемой территории?**

Географически распределенная сеть радиомодемов-ретрансляторов может обеспечивать передачу сообщений на одной или нескольких частотах, в режиме последовательной или групповой ретрансляции, регулировать направление потоков сообщений среди действующих ПЦН радиосети.

При этом желательно, чтобы сеть радиомодемов-ретрансляторов реализовала следующие функции.

Сеть должна быть организована таким образом, чтобы каждый объект имел устойчивую связь как минимум с двумя ретрансляторами. Таким образом, отказ одного ретранслятора не критичен для системы.

Желательно, чтобы система позволяла иметь неограниченное количество ретрансляторов. При развертывании системы на несколько тысяч абонентов в крупном городе ретрансляторов может просто не хватить для решения ваших задач. Например, в г. Екатеринбург потребовалось более 50 ретрансляторов для обеспечения надежной связи в городе и прилегающих территориях.

Каждый ретранслятор должен иметь устойчивую двустороннюю связь с ПЦН. Ретрансляция каждого сообщения должна квитироваться ПЦН. Получив квитанцию, ретранслятор прекращает передачу сообщений ОПС. Если ретранслятор вашей системы не имеет обратно канала связи с ПЦН, то ретрансляция, как правило, осуществляется с большим количеством повторов, что приводит к увеличению сетевого трафика.

В системе должны использоваться алгоритмы интеллектуальной ретрансляции, обеспечивающие минимальный сетевой трафик. Принцип интеллектуальной ретрансляции должен исключать повторы одного и того же сообщения ОПС разными ретрансляторами при передаче на ПЦН. Реализация этого принципа позволяет минимизировать сетевой трафик на одной рабочей частоте и делает систему не чувствительной к количеству используемых ретрансляторов.

Многоступенчатая ретрансляция. Устойчивая связь в условиях города зависит от многих факторов и обычно составляет 5 км. Часто бывает и хуже. Поэтому возникает необходимость организации цепочки ретрансляторов в направлении от объекта ОПС к ПЦН. Цепочка не должна быть слишком «тонкой». Гораздо надежнее, если оборудование позволяет организовать несколько альтернативных цепочек передачи сообщений, да еще с квитированием этих сообщений самими ретрансляторами. Промежуточное квитирование необходимо в тех случаях, когда ПЦН не имеет прямой связи с удаленным ретранслятором и тот не «слышит» его квитанций. В этом случае он получает квитанции от ретранслятора соответствующей ступени ретрансляции, что позволяет оптимизировать трафик радиосети (см. рис. 1.).

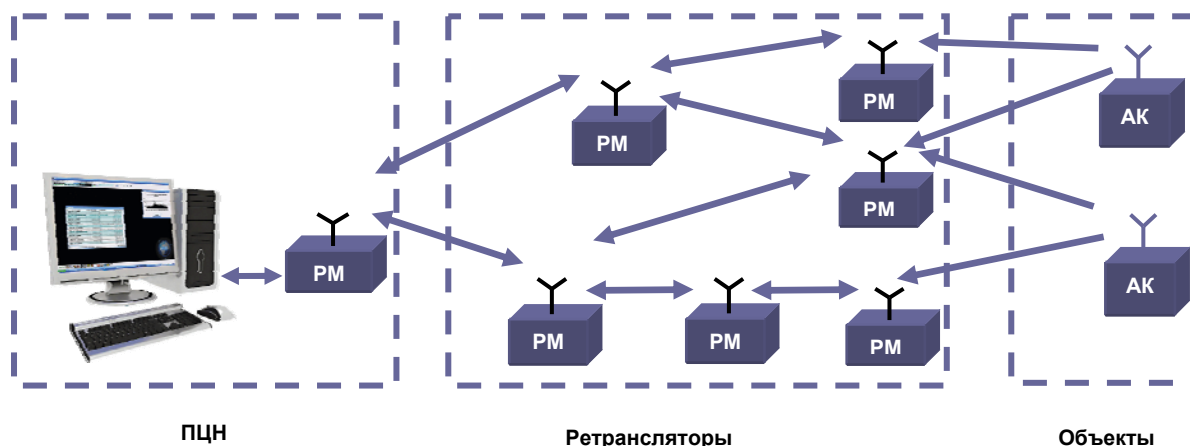


Рис.1. Пример организации сети ретрансляторов

Многочастотная ретрансляция. Хороший выход из положения, когда вы достигли предела емкости системы, работая на одной частоте, и вам надо ее удвоить. Или вы хотите улучшить помехоустойчивость системы в целом. При этом ретранслятор имеет несколько каналов связи с ПЦН.

***Вашей системе ОПС не повредит возможность создания нескольких пультов ПЦН (хотя бы двух), пространственно разнесенных по территории города.***

Если эти пульты объединить в единую сеть (проще всего соединить между собой через Интернет или объединить в локальную корпоративную сеть) и организовать обмен данными между ними, то возникнет параллельный канал связи и новые возможности (см. рис.2.).

Дополнительные ПЦН, работающие в единой радиосети позволяют решать самые многообразные задачи.

Например, дублирующие ПЦН позволяют обеспечить работоспособность системы при отказе или подавлении помехой основного ПЦН.

Дополнительные ПЦН позволяют организовать прием извещений ОПС в разных точках города и трансляцию их по альтернативному каналу на основной ПЦН. Это помогает обеспечить работоспособность системы даже при отказе радиосвязи на основном ПЦН (удар молнии, радиопомеха и т.п.). Распределенная сеть ПЦН – это хорошая альтернатива радиоретрансляторам, которая в принципе решает ту же задачу (ретрансляция извещений ОПС), но на другом уровне.

Сеть ПЦН позволяет организовать работу с централизованным сервером базы данных объектов и извещений. При этом с главного ПЦН может быть организована избирательная передача данных группе удаленных ПЦН, решающих локальные задачи. Например, с основного ПЦН на ПЦН конкретной пожарной части может быть организована трансляция пожарных извещений с определенного списка объектов.



Рис.2. Организация сети ПЦН

***Борьба с помехами – неизбежность существования любой радиосистемы.***

Все, что обсуждалось выше, направлено на повышение устойчивости радиосистем к действиям злоумышленников и естественных помех. Кроме этого можно использовать перечисленные ниже методы.

Разнесенный прием, т.е. создание сети, географически удаленных друг от друга и вместе с тем дублирующих друг друга, ретрансляторов и ПЦН.

Использование множества (две и более) частот для передачи одного и того же сообщения (так называемый многочастотный метод или метод с разнесением частот).

Использование дополнительных каналов передачи данных от объекта на ПЦН. Например, сочетания:

- телефонная сеть с радиоканалом;
- радиоканал и сеть GSM.

Все радиомодемы радиосети (особенно ретрансляторы) должны обладать функцией непрерывного мониторинга радиопомех в эфире.

Протокол передачи данных по радиоэфире должен обеспечивать помехоустойчивое кодирование, обеспечивающее низкую вероятность ошибочного приема.

Использование как можно более короткой посылки для передачи извещения ОПС, желательно не более 100 мсек. Это снижает вероятность искажений, одновременно увеличивая пропускную способность радиоканала.

***Немаловажным экономическим и техническим показателем эффективности системы является количество абонентов работающих на одной частоте.***

Хорошим показателем эффективности использования частотного ресурса является количество абонентов работающих на одной частоте. Для крупного города при наличии разветвленной сети ретрансляторов работающих в режиме од-

ночастотного симплекса значение от 3000 и выше можно считать хорошим достижением. При работе ретрансляторов в режиме многочастотного симплекса, когда прием ведется на одной частоте, а передача на другой, этот показатель должен быть вдвое выше.

Количество обслуживаемых абонентов в радиосети напрямую зависит от скорости передачи данных в радиоканале, быстродействия приемо-передающего тракта, помехоустойчивости протокола обмена данными в радиоканале, а также от способа модуляции в радиоканале. Например, в системе «ОКО» передача сообщений производится в двоичном коде с FSK модуляцией несущей и формированием квазисинусоидального закона модулирующего сигнала без разрыва фазы. Это обеспечивает, с одной стороны, высокую скорость передачи (2400 бит секунду) и, с другой стороны, - отсутствие боковых лепестков в выходном спектре передатчиков («гауссову» огибающую спектра). Кроме того, передающий тракт радиооборудования обладает минимальной инерционностью (не более 5 мсек). Все вышеперечисленное позволяет обеспечить длительность одной посылки в радиоканале системы «ОКО» не более 70 мсек. Короткая посылка сама по себе снижает вероятность наложения и искажения сигналов внутри системы. Что в свою очередь обеспечивает обслуживание на одной частоте в симплексном режиме до 4000 тысяч абонентов.

### **Средства контроля системы ОПС.**

Как известно спокойствие дает только страховой полис или знание всей правды о том, что на самом деле происходит в вашей системе ОПС.

Если программно-аппаратный комплекс вашей системы ОПС содержит встроенные средства контроля и диагностики состояния, то это существенно упростит эксплуатацию системы.

По мере развития системы и увеличения количества абонентов администратора системы начинают мучить вопросы:

- Какой процент потерь сигналов в системе?
- Насколько надежна связь ПЦН с ретрансляторами и объектами?
- А недостигнут ли предел абонентской емкости системы?

Средства контроля можно разделить на две категории: оперативные и аналитические.

Оперативные средства контроля, прежде всего, предназначены для оператора ПЦН и должны отражать состояние работоспособности основного оборудования (ПЦН, ретрансляторов радиосети) и наличие помех в эфире.

Аналитические средства контроля основаны на методах статистического анализа базы сообщений за длительный промежуток времени. С их помощью можно заблаговременно выявлять негативные тенденции, связанные с перегрузкой оборудования ПЦН, каналов связи, частотного ресурса. Эти средства контроля позволяют объективно оценить эффективность работы сервисной службы (персонально по каждому инженеру) по количеству ложных сработок, регулярности техобслуживания объекта.

Например, на рис. 3 показан типичный график распределения потока сообщений по одному из радиоканалов в течение суток. На графике видны два пика нагрузки (утром и вечером) и их количественные значения.

Данный индикатор в сочетании с другими аналитическими параметрами позволяет контролировать качество работы системы.

### **Какой частотный диапазон лучше?**

На вопрос, какой диапазон предпочтительнее, однозначного ответа нет. Выбор его зависит от множества факторов. На сегодня возможных вариантов выбора четыре: СВ (частоты 26945 кГц и 26960 кГц), LB (33 – 48 МГц), VHF (146-173МГц) или UHF (433-470 МГц). Возможен также вариант использования каналов сотовой связи GSM (частоты в диапазонах 900 и 1800 МГц).

Наиболее просто развернуть радиосистему в диапазоне СВ. В этом диапазоне решением ГКРЧ (протокол №170 от 30.12.88) для охранных систем выделены указанные выше частоты общего пользования. Для начала работы на этих частотах достаточно приобрести сертифицированное оборудование, зарегистрировать которое в местном органе Госсвязнадзора не требуется. Доступность и низкая стоимость оборудования, хорошая проникающая способность радиоволн сквозь материалы строительных конструкций – положительные стороны выбора этого диапазона.

Вопреки распространенному мнению о помехах со стороны любительских радиостанций, это не соответствует действительности. Любители не работают на этих частотах, а влияние радиопомех от соседних каналов при работе в любом диапазоне частот определяется, прежде всего, качеством (избирательностью) радиоприемного тракта. Проблема якобы громоздкости антенн в диапазоне СВ тоже успешно решена некоторыми производителями антенн. Поэтому функцио-



Рис.3. График типичного распределения суточного потока сигналов

нирование радиосистемы в диапазоне СВ может быть столь же эффективно, как и в других диапазонах при условии, что все остальные упомянутые здесь проблемы в используемой системе решены достаточно грамотно.

Одним из основных недостатков данного диапазона, как и других случаев использования частот общего пользования, - это взаимные помехи различных систем.

Дополнительным недостатком диапазона СВ является значительное увеличение уровня помех (на порядок и более) в годы повышенной активности Солнца из-за появления дальнего распространения радиоволн. В такой период порой хорошо проходят сигналы радиостанций, находящихся на расстоянии сотен и тысяч километров, а с объекта через две улицы – сигналов нет. Наиболее существенна данная проблема в приполярных широтах.

При выборе частотного диапазона необходимо также учитывать, что с ростом частоты уровень промышленных помех и влияние изменений солнечной активности уменьшаются; распространение радиоволн, в основном, ограничено пределами города; повышается эффективность антенн при тех же габаритных размерах. Известно также, что радиосигналы с частотой выше 100 МГц, особенно в диапазоне 433 - 470 МГц, благодаря лучшему прохождению через оконные проёмы обладают хорошей проникающей способностью сквозь здания городской застройки. Кроме того, достоинства диапазона выше 100 МГц для городских условий состоят в том, что радиоволны этого диапазона лучше переотражаясь от строений, обеспечивают большую дальность связи вдоль улиц и проспектов. Преимущества диапазонов СВ и LB перед другими – лучшая проникающая способность радиоволн сквозь строительные конструкции и меньшие зоны затенения за ними благодаря лучшей дифракции радиоволн на строениях.

В последнее время вследствие активной рекламной деятельности производителей получили широкое распространение радиосистемы в диапазоне UHF частот общего пользования – 433,075...434,750 МГц. При мощности передатчика до 10 мВт в данном диапазоне частот также не требуется регистрация и получение разрешительных документов, как и в диапазоне СВ. Однако при выборе данного диапазона частот необходимо иметь в виду, что для развёртывания системы с такой выходной мощностью передатчиков требуется обеспечивать прямую видимость радиотрасс и применение направленных антенн на ПЦН и охраняемых объектах, а также использование более густой сети ретрансляторного оборудования для увеличения зоны обслуживания объектов в районе или городе. Такие требования не всегда приемлемы для создания системы с большим радиусом действия, особенно в условиях крупного города. Устанавливать ретрансляторы вообще стало сложно в последние годы, а в данном случае эта проблема увеличивается во много раз. Естественное увеличение числа пользователей различных радиотехнических устройств на этих частотах (брелоки управления автомобильной сигнализацией, сирены, турникетами; детские игрушки; домашние беспроводные сервисные системы телеметрии, управления и сигнализации и многое другое) неизбежно создаёт дополнительную проблему при указанном выше ограничении выходной мощности в надёжности передачи сигналов.

## **Заключение.**

В настоящей статье автор коснулся нескольких (далеко не всех) важных аспектов связанных с выбором, внедрением и эксплуатацией радиосистем ОПС дальнего радиуса действия.

Другим очень важным и интересным аспектом, обеспечивающим надежное функционирование радиосистем ОПС, является антенно-фидерное оборудование, о котором будет (надеюсь) рассказано в следующей статье.