

Подвижные и стационарные технологические сети обмена данными.

Часть 3. Транковые радиосети

Данный материал завершает серию статей, посвященных техническим средствам, используемым для создания узкополосных технологических радиосетей обмена данными в диапазоне ультракоротких волн (УКВ). Напомним, что в первой и второй частях рассказывалось о принципах построения, возможностях, преимуществах и недостатках стационарных (БТ №3'2016) и подвижных (БТ №4'2016) средств обмена данными. Обращаем внимание, что по всей статье сохраняется сквозная нумерация рисунков и таблиц.

Сергей Маргарян
serge@rodnik.ru

Безусловно, лучшей (а на практике, по оценке многих специалистов, и единственной) эффективной технологической и технологической базой для создания технологической радиосети является аппаратура транковой связи. Собственно идея «транка», которая заключается в более эффективном распределении рабочих частот между большим количеством пользователей, родилась в 80-х годах, когда некоторые идеи аналоговой сотовой связи были применены в сетях технологической подвижной связи. В действительности первые транковые системы унаследовали принцип использования служебного канала для предоставления канальных ресурсов от сотовых систем заданным группам пользователей. Этот же принцип «внутреннего» служебного канала применяется в транковых системах различных производителей.

Изначально транковые системы создавались с целью более эффективного распределения канальных ресурсов для обмена речевыми сообщениями. При этом в одном случае выделение канальных ресурсов производится с помощью микропроцессорных устройств, установленных на базовой станции (БС), в другом — эта функция возлагается на мобильные и портативные радиостанции, которые получают информацию об имеющихся ресурсах от БС. Но во всех случаях применяется тот или иной способ сигнализации для удержания радиостанций на речевом канале после коммутации и исключения возможности использования занятого канала другими пользователями. Во всех случаях пользователи мобильных или портативных радиостанций входят в связь на свободном канале, проводят переговоры,

после чего радиостанции переключаются на служебный канал.

В последнее время транковые системы были оптимизированы для использования в коммерческих приложениях для предоставления высококачественных услуг в многозональных системах различного назначения. Внедрение микропроцессорного управления привело к бурному росту и развитию транковых систем, в которых пользователи получили возможность гибкого использования ресурсов, организации связи между группами пользователей по заданной схеме и динамического изменения групп в автоматическом или ручном режимах в зависимости от обстановки. Появление конкурирующих между собой систем привело к разработке единых стандартов. Однако транковые системы остались тем, чем они были изначально, — современными коллективными системами речевой связи.

Использование транковых систем для обмена данными

На протяжении многих лет соблазн использования транковых систем радиосвязи для обмена данными был крайне велик. Сам факт существования таких систем и наличия достаточно широких канальных возможностей заставил многие компании взяться за разработку средств обмена данными для транковых систем связи. Степень успеха каждого разработчика, как и в любой мобильной системе, зависела от потоков данных в создаваемой системе. Пока эти потоки были относительно небольшими, а сообщения короткими, транковые системы оправдывали ожидания и обеспечивали эффективный обмен данными в паузах между речевыми сообщениями. С ростом потока данных в работе таких

систем стали возникать серьезные задержки, а в отдельных случаях работа прекращалась вообще. Некоторые компании, попытавшиеся развернуть транковые системы для интенсивного обмена данными и вложившие в это крупные финансовые средства, столкнулись с серьезными техническими трудностями, которые так и остались неразрешенными. Рассмотрим некоторые причины возникших проблем и особенности поведения транковых систем при работе с большими потоками данных.

Механизм сигнализации

Независимо от типа, производителя и модели оборудования, все транковые системы имеют одну общую особенность: способ выделения рабочего канала. Механизм сигнализации обеспечивает доставку произвольного запроса от подвижного объекта, выделение свободного канала связи и перевод группы объектов на работу по этому каналу. В настоящее время используются различные методы сигнализации — от высокоскоростного канала управления до аналоговых тональных сигналов и низкоскоростной передачи данных. Но, независимо от применяемого метода, все транковые средства связи имеют ограниченную пропускную способность, которая характеризуется количеством выполняемых запросов на предоставление информационного канала в секунду.

Поскольку транковые системы создавались для обмена речевыми сообщениями, возможности по обработке запросов на предоставление рабочего канала, заложенные в механизме сигнализации, ориентированы на обслуживание обмена речевыми сообщениями. В этом случае продолжительность одного сеанса связи относительно велика и в среднем составляет от 10 до 20 с. Так, одна из наиболее быстрых реально существующих систем обеспечивает нормальную работу при обработке до 10 запросов на предоставление канала связи в секунду. При 12 запросах происходят серьезные задержки, а при дальнейшем увеличении количества запросов происходит быстрое насыщение системы. Служебный канал использует стандартный протокол типа «слотовая Алоха», который позволяет адекватно решать задачу предоставления каналов для обмена речевыми сообщениями. Представленные далее примеры демонстрируют порядок обработки запросов на предоставление рабочего канала при увеличении количества запросов.

Возможности по предоставлению рабочих каналов

Рассмотрим на примерах возможности предоставления рабочих каналов для обмена речевыми сообщениями и для обмена данными. Исходные условия таковы: 2000 подвижных объектов, использующих 19 информационных и один служебный канал, разбиты на 400 групп по пять подвижных объектов в каждой (в реальных системах численность групп будет варьироваться в широких пределах: как правило, от двух до 50 пользователей в группе).

Обмен речевыми сообщениями

Если каждая группа проводит одни переговоры в две минуты, для их обеспечения по служебному

каналу передаются в общей сложности 200 запросов на предоставление канала, что составляет 3,33 запроса в секунду. В системах речевой связи только один пользователь в группе направляет запрос, а подтверждение предоставления канала передается циркулярно. Такой алгоритм позволяет поддерживать 600–900 запросов на выделение канала в минуту. В реальной ситуации мобильные пользователи, как правило, не ведут речевой обмен с такой высокой интенсивностью. Правда, в примере не учтены дополнительные потоки речевой информации: частные переговоры «один на один», повторные запросы, вызванные недоступностью отдельных пользователей, и т. п., однако, даже с учетом увеличения общего потока вдвое, общее количество запросов останется в указанных выше пределах, допустимых для системы.

Обмен данными

Аналогичный расчет для системы обмена данными будет существенно отличаться. Ниже рассмотрены примеры работы диспетчерской системы, использующей информацию о местоположении мобильных объектов (такие системы получили широкое распространение в настоящее время, а поток данных в них вполне детерминирован и поддается точной оценке), и работы информационной системы службы общественной безопасности.

Диспетчерская система общего назначения

Диспетчерская система обеспечивает контроль за местоположением 2000 пассажирских автобусов в условиях города со средней плотностью застройки и управляет их действиями в масштабе времени, близком к реальному. Для управления всеми транспортными средствами диспетчер должен получать информацию об их местоположении с периодичностью, обеспечивающей отражение изменения положения на 200–500 м. Средняя скорость перемещения подвижного объекта заданного типа в условиях городского движения средней интенсивности составляет 18 км/ч (или 5 м/с). Необходимая периодичность поступления данных о местоположении в этом случае составляет 40 с (при возрастании скорости движения частота предоставления данных также увеличивается). Для 2000 подвижных объектов это будет означать 50 докладов о местоположении в секунду по 19 имеющимся каналам связи.

На первый взгляд, рассматриваемая транковая система в состоянии справиться с таким потоком данных. Однако первым слабым звеном в этом случае является служебный канал, способный обслужить не более 12 запросов на предоставление канала в секунду. Совершенно понятно, что передача запроса и предоставление канала для каждого доклада о местоположении просто невозможны. В этом случае необходимо использовать другую схему управления каналами или данными либо обеспечить обслуживание 50 запросов, например за счет выделения дополнительных служебных каналов (при этом в расчете не учтены запросы на обслуживание обмена речевыми сообщениями, что существенно увеличивает нагрузку на систему и требования к ее пропускной способности).

Информационная система службы общественной безопасности

Потоки данных в реально функционирующих системах служб общественной безопасности в обычных условиях характеризуются следующими данными:

- вызов диспетчера, состоящий из одного пакета от БС и одного подтверждения в приеме в час (в условиях хорошего приема и при отсутствии «коллизий» при пакетной передаче);
- шесть докладов об изменении местоположения и шесть подтверждений в час;
- три обращения к удаленной базе данных, состоящих из трех пакетов данных от подвижного объекта, шесть пакетов данных от БС и девять подтверждений в час;
- в случае если 20% патрульных автомобилей находятся в зоне с условиями приема хуже, чем «отлично», необходимо добавить еще шесть пакетов данных в час (повторные запросы).

Таким образом, общий поток данных от одного патрульного автомобиля в час составляет 38 пакетов. Для системы, в которой работает 1000 автомобилей, общий объем составит 38 000 пакетов в час.

В случае если условия приема хуже, чем «отлично», этот поток значительно возрастает. Несмотря на то, что реально действующие системы имеют существенные отличия, практический анализ показывает, что, в случае необходимости повторной передачи 30% пакетов в результате плохих условий приема или «коллизий» пакетов от разных пользователей, для передачи каждой тысячи сообщений потребуется 1429 пакетов данных.

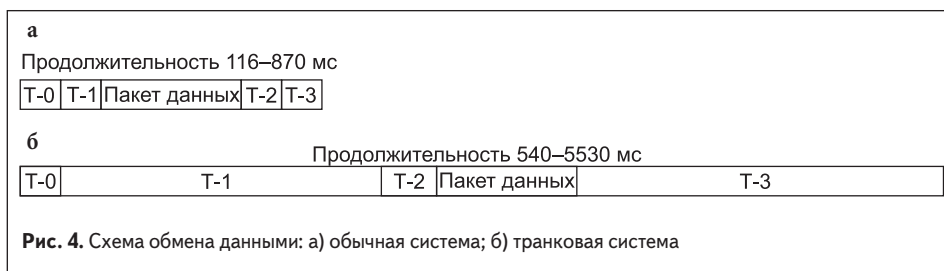
Это означает, что транковая система должна быть в состоянии обслужить 54 300 запросов на предоставление каналов связи в час (без учета запросов на обслуживание обмена речевыми сообщениями).

В случае если каждый из 1000 автомобилей направляет один запрос на выделение канала для голосовой связи каждые пять минут, общее количество запросов увеличивается на 12 000 (использование транковых систем только для обмена данными нецелесообразно, поскольку основные их преимущества заключаются именно в работе с речевыми сообщениями).

Максимальные теоретические возможности современных транковых систем составляют 15 запросов в секунду, или 54 000 запросов в час. В рассматриваемом примере максимально допустимые значения превышены, и система не будет работать. Рассмотренные выше потоки данных являются типовыми для обычной обстановки. В условиях пиковых нагрузок указанные выше значения могут возрастать в 1,5–2 раза, а любая информационная система должна строиться с учетом пиковых нагрузок.

Эффективность радиосети в зависимости от времени доступа к ресурсам

Слабым звеном любой транковой системы при обеспечении обмена данными является не только механизм сигнализации. Время, необходимое для получения доступа подвижного пользователя к каналным ресурсам системы,



представляет собой еще одно серьезное ограничение.

Эффективность подвижной радиосети обмена данными для транковых и обычных систем связи зависит от одних и тех же параметров. Сравнительный алгоритм работы обычной («конвенциональной») и транковой радиосетей и информация о различиях во времени реакции радиосети при предоставлении доступа пользователю к каналу связи представлены ниже.

Вариант 1. Обычная система обмена данными (рис. 4а). Этапы:

1. T-0 — команда на включение передатчика. Время включения передатчика в зависимости от типа составляет 15–150 мс, для современных приемопередатчиков — не более 10 мс.
2. T-1 — передатчик набирает мощность 90% и готов к передаче данных. Модем синхронизирован.
3. Передача пакета данных. Продолжительность передачи данных в среднем составляет 100–700 мс на скорости 4800 бит/с.
4. T-2 — передача данных завершена, передатчик выключается.
5. T-3 — через 0,5–20 мс приемопередатчик готов к приему подтверждения.

Вариант 2. Транковая система обмена данными (рис. 4б). Этапы:

1. T-0 — включение передатчика.
2. T-1 — предоставление свободного информационного канала. Продолжительность данной операции составляет 250–750 мс при наличии свободного канала (использованы официально заявленные параметры на оборудование трех ведущих производителей транковых систем связи). Продолжительность операции удваивается при использовании в системе более

одной БС и существенно увеличивается при отсутствии свободных каналов связи.

3. T-2 — установление связи. Обычно занимает 10–40 мс.
4. Передача пакета данных. Продолжительность передачи данных в среднем составляет 100–700 мс на скорости 4800 бит/с.
5. T-3 — освобождение канала связи. Обычно занимает от 170 мс до 4 с.

В случае применения представленных данных к рассмотренному выше примеру (информационная система службы общественной безопасности) получается, что 20-канальная транковая система в самом благоприятном случае будет в состоянии обеспечить передачу не более 1,63 доклада в секунду на каждый канал. Таким образом, даже если допустить, что служебный канал позволяет предоставлять доступ к информационным каналам достаточно быстро (например, в радиосети с несколькими служебными каналами), для решения стоящей типовой задачи потребуется $50:1,63 = 30,63$ рабочего канала.

В свою очередь, в действующих «конвенциональных» радиосетях обмена данными, оптимизированных для работы с навигационной информацией (короткие пакеты данных) и работающих на скорости 4800 бит/с, обеспечивается передача 10 докладов о местоположении в секунду на один канал. При такой пропускной способности для передачи данных о местоположении 2000 транспортных средств с заданной периодичностью необходимо не более четырех радиоканалов.

Примечание:

- Во всех приведенных выше примерах использованы исходные данные для идеальных условий, полученные в процессе эксплуатации реальных

систем. Однако в большинстве транковых систем среднее время реакции будет значительно больше — в связи с «коллизиями» пакетов в служебном канале и наличием периодов отсутствия свободных рабочих каналов.

- Расчеты проведены для скорости обмена данными 4800 бит/с, реально реализованной в различных аналоговых транковых радиосетях. При увеличении скорости обмена данными общее соотношение рабочих параметров для «конвенциональных» и транковых радиосетей не изменяется.
- Современные средства цифровой транковой связи позволили расширить их возможности по передаче данных, однако общие принципы и механизмы предоставления доступа к каналным ресурсам и связанные с этим временные затраты существенных изменений не претерпели, хотя собственно процесс передачи приобретает другой характер. В связи с отсутствием информации о возможностях по обмену данными в реально развернутых цифровых транковых радиосетях сети данного типа в настоящей статье не рассматривались. ■

Литература

1. Balanis Constantine A. Antenna Theory Analysis and Design. NY, USA. Harper and Row. 1982.
2. Duff William G. A Handbook on Mobile Communications. Gainesville, USA. Don White Consultants, Inc.
3. Howard Sams. Reference Data For Radio Engineers. 6th Edition. NY, USA. International Telephone and Telegraph Corporation. 1981.
4. Jasik Henry. Antenna Engineering Handbook. 1st Edition. NY, USA. McGraw-Hill. 1961.
5. Lee William. Mobile Communications Engineering. NY, USA. McGraw-Hill. 1982.
6. Matthews P. A. Radio wave Propagation VHF and Above. London. Chapman and Hall, Ltd. 1965.
7. Redink D. O. Properties of Mobile Radio Propagation Above 400 MHz // IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol. VT-23. November, 1974.
8. Ассоциация APCO. Национальная конференция. Миннеаполис, США. 2001.
9. www.motorola.com.