

**ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО БЛОКАМ
ТРАНКИНГОВОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТА APCO 25****Постановка проблемы**

В настоящее время процесс развертывания сетей транкинговой радиосвязи во всем мире характеризуется внедрением цифровых систем. Практически все ведущие мировые поставщики оборудования, системные интеграторы и операторы, а также многие крупные потребители услуг транкинговой радиосвязи переходят к цифровым системам. Основное соперничество на рынке стандартов, ориентированных не только на обычных корпоративных пользователей, но и на представителей правоохранительных органов и служб общественной безопасности, ведут TETRA, APCO 25 и TETRAPOL.

При сравнении цифровых стандартов целесообразно рассматривать те критерии, которые важны для потребителей услуг транкинговой радиосвязи, такие, как дальность связи и качество воспроизведения речевого сигнала.

Формулирование цели

Провести анализ основных перспективных стандартов цифровой транкинговой связи, дать им сравнительную характеристику и произвести оценку объема данных, которые передаются в системе APCO 25.

Сравнительная оценка различных стандартов транкинговой связи

Все показатели цифровых стандартов, которые можно рассматривать в качестве критериев для сравнения, условно можно разбить на две группы: эксплуатационно – технические и организационно – экономические [1].

Под эксплуатационно-техническими критериями понимается обобщенные технические показатели, которые определяются параметрами систем связи, такие, как дальность и оперативность связи, степень безопасности связи, спектральная эффективность, набор услуг связи, как стандартных, так и специфических. Каждый из этих критериев является комплексным, т.е., в свою очередь, складывается из нескольких показателей или зависит от определенного набора параметров.

К числу организационно экономических критериев можно отнести стоимостные показатели систем связи, возможности выделения ресурсов радиочастотного спектра и перспективы развития и распространения в мире каждого из стандартов. По сравнению с эксплуатационно-техническими показателями эти критерии имеют большую неоднозначность и гораздо более высокую степень субъективизма при их оценке. При этом организационно-экономические показатели в определенной степени зависят от технических, например на стоимостные показатели существенно влияют дальность связи и спектральная эффективность.

Рассматривая технические характеристики и функциональные возможности стандартов транкинговой связи TETRA, APCO 25 и TETRAPOL, можно отметить, что все стандарты имеют высокие (относительно данного класса систем подвижной радиосвязи) технические показатели. Стандарты позволяют использовать в своих системах дуплексные радиостанции. В средствах радиосвязи данных стандартов используются эффективные методы речепреобразования и помехоустойчивого кодирования информации. Все стандарты обеспечивают высокую оперативность связи и достаточную спектральную эффективность речепреобразования и помехоустойчивого кодирования информации. Все стандарты обеспечивают высокую оперативность связи и достаточную спектральную эффективность.

С технической точки зрения, основные различия между стандартами TETRA, с одной стороны, и APCO 25 и TETRAPOL – с другой, определяются методом разделения каналов

связи. Для стандарта TETRA – это многостанционный доступ с временным разделением каналов связи (МДЧР или FDMA). Рассмотрим, как это основное различие и другие технические параметры влияют на основные эксплуатационно-технические показатели.

Дальность связи

Дальность связи зависит от большого количества факторов, которые можно разделить на три основные группы:

- факторы, определяемые условиями применения средств связи (высота установки антенн, рельеф местности, помеховая обстановка и т.д.);
- факторы, определяемые техническими параметрами, реализованными в аппаратуре связи (мощность передатчиков, чувствительность приемного тракта, коэффициент усиления антенны и т.д.);
- факторы, определяемые непосредственно заложенными в стандарте принципами построения каналов связи (ширина полосы канала связи, скорость информации в канале, способ модуляции сигнала, алгоритм речевого кодирования, методы помехоустойчивого кодирования).

Исходя из перечисленных групп корректно сравнивать стандарты цифровой транкинговой радиосвязи можно только по последней группе факторов, т.к. другие группы зависят или от условий эксплуатации, или определяются качеством производства радиосредств. Системы с FDMA обеспечивают большую дальность связи (при прочих равных параметрах) по сравнению с системами с TDMA. Это объясняется меньшей энергией сигнала на один бит информации. Известно, что энергия сигнала E_c определяется как

$$E_c = P_c \cdot T_c,$$

где P_c – мощность сигнала; T_c – длительность сигнала.

Известно, что при уменьшении времени передачи одного информационного бита для цифровой системы пропорционально уменьшается энергия. Например, для систем TETRA, с четырьмя информационными каналами на одной физической частоте эквивалентная мощность на бит информации в четыре раза меньше, чем в системах с FDMA, что равносильно снижению дальности связи ориентировочно на 40 %.

Другим фактором, влияющим на снижение дальности связи в системах с TDMA по сравнению с FDMA-системами, является устойчивость канала связи при многолучевом распространении сигнала, возникающим в условиях плотной городской застройки или холмистой местности из-за отражения сигнала от зданий и других преград, и приводящим к появлению радиоэха. Отраженный сигнал оказывает тем большее влияние, чем больше его отношение к длительности сигнала. Поэтому уменьшение длительности информационного бита в системах с TDMA ухудшает качество приема в условиях многолучевости.

Оперативность связи

Основным параметром, характеризующим оперативность связи, является время установления соединения (канала связи) между абонентами. Если рассматривать время установления канала связи в пределах зоны действия одной базовой станции, то все стандарты имеют близкие показатели, в пределах от 0,2 до 0,5 с. Однако преимущество стандартов, использующих FDMA (TETRAPOL, APCO 25), состоит в том, что минимальная длительность установления соединения сохраняется на более обширной территории, т.к. дальность связи для этих стандартов больше. Для абонентов сетей стандарта TETRA, в среднем, выше вероятность оказаться в разных зонах обслуживания. При этом вызов будет проходить через коммутатор, что неизбежно увеличит время установления соединения. Кроме того, существует опасность, что в зоне вызываемого абонента заняты все каналы ретранслятора, и даже в случае вытесняющего вызова потребуется время на разрыв одного из текущих соединений. Таким образом, в целом, можно сказать, что статистически время установления соединения для передачи речевых сообщений в сетях стандартов TETRAPOL и APCO 25 меньше, чем в стандарте TETRA.

Вместе с тем, большое значение в сетях подвижной радиосвязи приобретает скорость передачи данных, которая также является показателем оперативности связи. Для стандарта TETRA она может достигать 28,8 Кбит/с (при использовании всех четырех временных интервалов для передачи массива данных). Для стандартов FDMA она в несколько раз меньше: для TETRAPOL – 8000 бит/с, для GPRS – 9600 бит/с.

Спектральная эффективность

Основным показателем спектральной эффективности системы связи является эффективная полоса частот на один речевой канал, определяющая какое количество каналов связи можно разместить в отведенной для развертывания сети связи фиксированной полосе частот. Из технических характеристик рассматриваемых стандартов видно, что по этому показателю TETRA имеет преимущество по сравнению со стандартами с частотным разделением каналов. Стандарт GPRS также декларирует эффективную полосу частот, равную 6,25 кГц, однако это будет достигнуто только во второй фазе реализации проекта.

Набор услуг связи

Рассматривая функциональные возможности представленных стандартов транкинговой связи, можно сказать, что они обеспечивают сравнимый уровень услуг связи. Все стандарты позволяют строить различные конфигурации сетей связи, обеспечивают разнообразные режимы передачи речи и данных, связь с телефонными сетями общего пользования (ТФОП) и фиксированными сетями. Стандарты позволяют использовать в своих системах дуплексные радиостанции. Некоторое преимущество имеют стандарты Tetrapol и TETRA, в которых реализованы режимы "двойного наблюдения" и открытого канала, крайне полезны для служб общественной безопасности. Однако, учитывая быстрое развитие стандартов и постоянное расширение функций систем связи, вполне возможно, что в скором времени такие же возможности будут предоставляться и GPRS.

Организационно-экономические критерии

Наличие ресурсов радиочастотного спектра для развертывания системы радиосвязи является важнейшим критерием выбора той или иной системы. В данном случае наиболее перспективны стандарты, которые обеспечивают возможность построения сетей связи в наиболее широком диапазоне.

Системы TETRA теоретически обеспечивают возможность работы в очень широком диапазоне (150 – 900 МГц). Вместе с тем, пока производители предлагают в основном оборудование, функционирующее только в диапазоне, выделенном в Европе для построения сетей TETRA – 380 – 385/390 – 395 и 410 – 470 МГц, хотя сейчас уже есть сведения о проектах систем в диапазоне 800 МГц.

Системы GPRS в соответствии с функциональными и техническими требованиями обеспечивают возможность работы в любом из диапазонов, отведенных для подвижной радиосвязи.

Стандарт TETRAPOL ограничивает верхнюю частоту своих систем на уровне 520 МГц. Реально большинство действующих систем используют диапазон 380 – 400 МГц.

Важным критерием сравнения стандартов является частотный ресурс, необходимый для развертывания сети связи с одинаковым количеством абонентов и одинаковой зоной радиопокрытия. С одной стороны, стандарт TETRA имеет лучшую спектральную эффективность, с другой – TETRAPOL и GPRS обеспечивают больший радиус зоны обслуживания базовой станции. Поэтому для систем TETRA меньшие ресурсы радиочастотного спектра будут требоваться для сетей радиосвязи с очень интенсивным трафиком, а преимущества TETRAPOL и GPRS будут проявляться для сетей связи с невысоким трафиком и широкой зоной охвата.

Экономическая эффективность

Сравнение экономической эффективности систем различных стандартов нельзя рассматривать в отрыве от категории системы подвижной радиосвязи. Для создания сетей связи с небольшой нагрузкой, широким территориальным охватом и числом каналов в пределах 10 более оптимальным вариантом (в т.ч. и по стоимости) является использование систем МДЧР, к которым относятся APCO 25 (Фаза I) и TETRAPOL. Это объясняется большим радиусом зон обслуживания систем МДЧР по сравнению с МДВР-системами. По оценкам, приведенным в техническом отчете стандарта TETRAPOL PAS, стоимость базового оборудования многозоновой сети радиосвязи, реализованного на основе МДВР по отношению к системе с частотным разделением каналов (при одинаковой стоимости единицы оборудования) будет на 30 – 50 % выше.

Однако для сетей связи с интенсивным трафиком и числом каналов в одной зоне более 15, предпочтительно использование систем с временным разделением каналов, к которым относятся TETRA. Следует отметить, что стандарт APCO 25 (Фаза II) будет обладать универсальностью, обеспечивая возможность строить системы, как с частотным, так и с временным разделением каналов.

Оценка объема данных, которые передаются в сети TETRA с коммутацией пакетов, была проведена в статье [2].

В данной работе рассмотрим особенности передачи данных в стандарте APCO 25.

Оценка объема передачи данных по блокам в стандарте APCO 25

В стандарте APCO речевая информация передается с помощью кадров по 180 мс, называемые логическими блоками данных (LDU). Общая длина каждого из них составляет 1728 *бит*. Группа из двух кадров создает суперкадр. Информационная часть одного логического блока, которая передает саму речь, составляет 792 *бита*. Доля служебной информации составляет 936 *бит*. Передачи логических блоков предшествует преамбула, которая предназначена для начальной синхронизации передающей стороны и стороны, которая получает информацию, инициализации всех функций шифрования и передачи адресной информации. Ее размер составляет $L_{np} = 792$ *бита*. В конце любого сообщения передается маркер конца сообщения, который может быть двух типов конструкции: простой и сложный. Размер простого маркера составляет $L_{кон1} = 140$ *бит*, а сложного – $L_{кон2} = 288$ *бит*.

Рассчитаем размер блока данных, в котором будет передаваться один суперкадр (два логических блока данных) по формуле (1) при использовании простого L_{np} и сложного $L_{сложн}$ маркера конца сообщения.

$$L = L_{np} + 2 \cdot L_{LDU} + L_{сложн} \quad (1)$$

Размер блока данных составит:

$$L_{np} = 792 + 2 \cdot 1728 + 144 = 4392 \text{ бита},$$

$$L_{сложн} = 792 + 2 \cdot 1728 + 288 = 4700 \text{ бит}.$$

Длина информационного блока, которую мы можем передать в одном суперкадре $L_{инф}$, составит

$$L_{инф} = 792 \cdot 2 = 1584 \text{ бита}.$$

Аналогично проведем расчет для блоков данных, в которых будет передаваться два, три и четыре суперкадра. Полученные результаты занесем в таблицу.

Время передачи данных $t_{пер}$ рассчитывается по формуле (2).

$$t_{пер} = \frac{L}{V}, \quad (2)$$

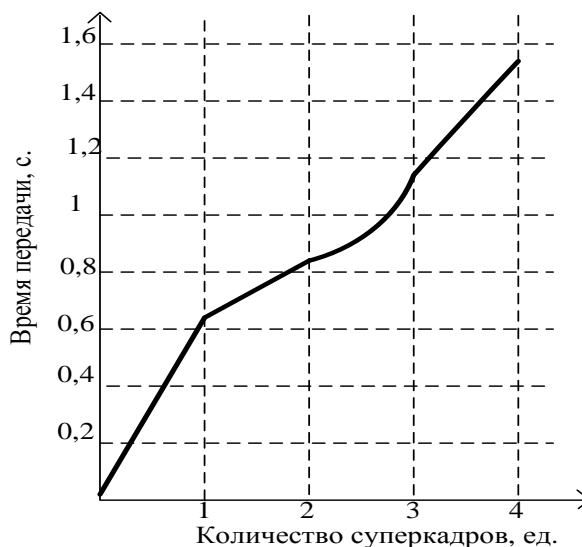
где L – длина информационного блока, *бит*; V – скорость передачи данных (для APCO 25 составляет 9,6 *кбит/с*), *бит / с*.

Время передачи блока информации, состоящего из одного суперкадра с простым маркером конца сообщения, составляет $t_{пер1} = \frac{6120}{9600} = 0,6375с$.

Рассчитаем время передачи и для блоков с двумя, тремя и четырьмя суперкадрами и занесем полученные данные в пятую колонку таблицы.

Количество суперкадров в блоке данных	$L_{инф}$, бит	$L_{пр}$, бит	$L_{сложн}$, бит	$t_{пер}$, с
1	1584	6120	4700	0,6375
2	3168	7848	8156	0,8175
3	4752	11304	11612	1,1775
4	6336	14760	15068	1,5375

На основе этих данных построим график зависимости времени передачи от количества суперкадров в блоке, который передается. График представлен на рис. 1.



Выводы

Из рисунка видно, что при увеличении количества суперкадров в блоке информации, время передачи увеличивается. Поэтому необходимо уменьшить объем информации, чтобы она передавалась с помощью одного суперкадра, что, в свою очередь, уменьшит время передачи и увеличит скорость передачи.

Таким образом, для уменьшения времени передачи необходимо применять методы кодирования данных, позволяющие уменьшить объем данных, но при этом сохранять объем информации. Решением этой задачи неразрывно связано с применением методов и средств компактного представления или сжатия данных, позволяющих не только сократить их объем, но и минимизировать время передачи информации по каналам связи и формирования ее графической модели в устройствах отображения.

Применение методов и средств сжатия данных позволит увеличить также производительность и качество в целом всей информационной подсистемы и подсистемы хранения информации.

Список литературы: 1. Громаков, Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М. : Эко-Трендз Ко, 1997. – 238 с. 2. Корольова, Н.А., Ковтун, І. В. Оптимізація передачі відеоінформаційних потоків по пакетах в системах транкінгового зв'язку стандарту TETRA // Зб. наук. праць УкрДАЗ. – 2011. – № 127. – С. 39-43.