Современные гетерогенные технологические радиосети обмена данными для топливно-энергетического комплекса

В предыдущем номере журнала (№ 1(31)_2011) мы начали публикацию статьи, посвященной некоторым аспектам строительства гетерогенных технологических радиосетей[1] обмена данными для топливно-энергетического комплекса. Мы предлагаем вашему вниманию вторую, завершающую часть.

ЗАО «НПП «Родник», г. Москва

Гетерогенные технологические радиосети обмена данными УКВ-диапазона в топливно-энергетическом комплексе

Технология обмена данными с использованием оборудования УКВ-диапазона в топливной и электроэнергетике применяется уже более 25 лет и является наиболее зрелой, проверенной и надежной. С использованием этой технологии в нашей стране и за рубежом построено более 60 тыс. радиосетей различного масштаба, крупнейшие из них обеспечивают функционирование более 5000 объектов. В Российской Федерации крупнейшие сети с использованием рассматриваемой технологии построены в компаниях «Газпром», «Транснефть», «ТНК-ВР» и «Лукойл».

Типовая технологическая радиосеть обмена данными имеет в своем составе группу базовых станций, подключенных к одному или нескольким центрам диспетчерского управления по выделенным магистральным каналам связи (кабельным волоконно-оптическим, медным или радиорелейным). Каждая БС (базовая станция) напрямую или через промежуточный ретранслятор сопрягается с удаленными контролируемыми пунктами по беспроводному каналу связи УКВ-диапазона. Фактически такая радиосеть представляет собой гетерогенную структуру, использующую разнотипное оборудование и различные протоколы обмена данными.

Упрощенная типовая схема гетерогенной технологической радиосети обмена данными в системе управления телемеханикой продуктопровода представлена на рис. 1.

Работа радиосети организуется по опросу, при котором пункт диспетчерского управления направляет запрос в адрес удаленного контроллера конкретного КП телемеханики. Данный запрос передается по магистральному каналу связи на порт ввода/вывода БС, которая транслирует запрос в эфир на присвоенной ей рабочей радиочастоте. Запрос принимается всеми находящимися в зоне электромагнитной доступности (ЭМД) и настроенными на рабочую частоту БС удаленными КП, однако ответ на данный запрос дает только тот КП телемеханики, которому этот запрос адресован (остальные КП запрос игнорируют). Ответ на запрос передается в обратном порядке: КП – БС – пункт диспетчерского управления. Каждая БС в составе радиосети имеет собственный номинал рабочей частоты, что обеспечивает их одновременную работу без взаимных помех. Поскольку передача запросов инициируется центром диспетчерского управления, «коллизии» данных в радиосети полностью исключены.

[1] Технологическая сеть связи (англ. *private network*, прежнее название – *ведомственная или корпоративная*) – предназначена для обеспечения производственной деятельности организаций, управления технологическими процессами в производстве. Технологии и средства связи, применяемые для создания технологических сетей связи, а также принципы их построения устанавливаются собственниками или иными владельцами этих сетей [Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ].

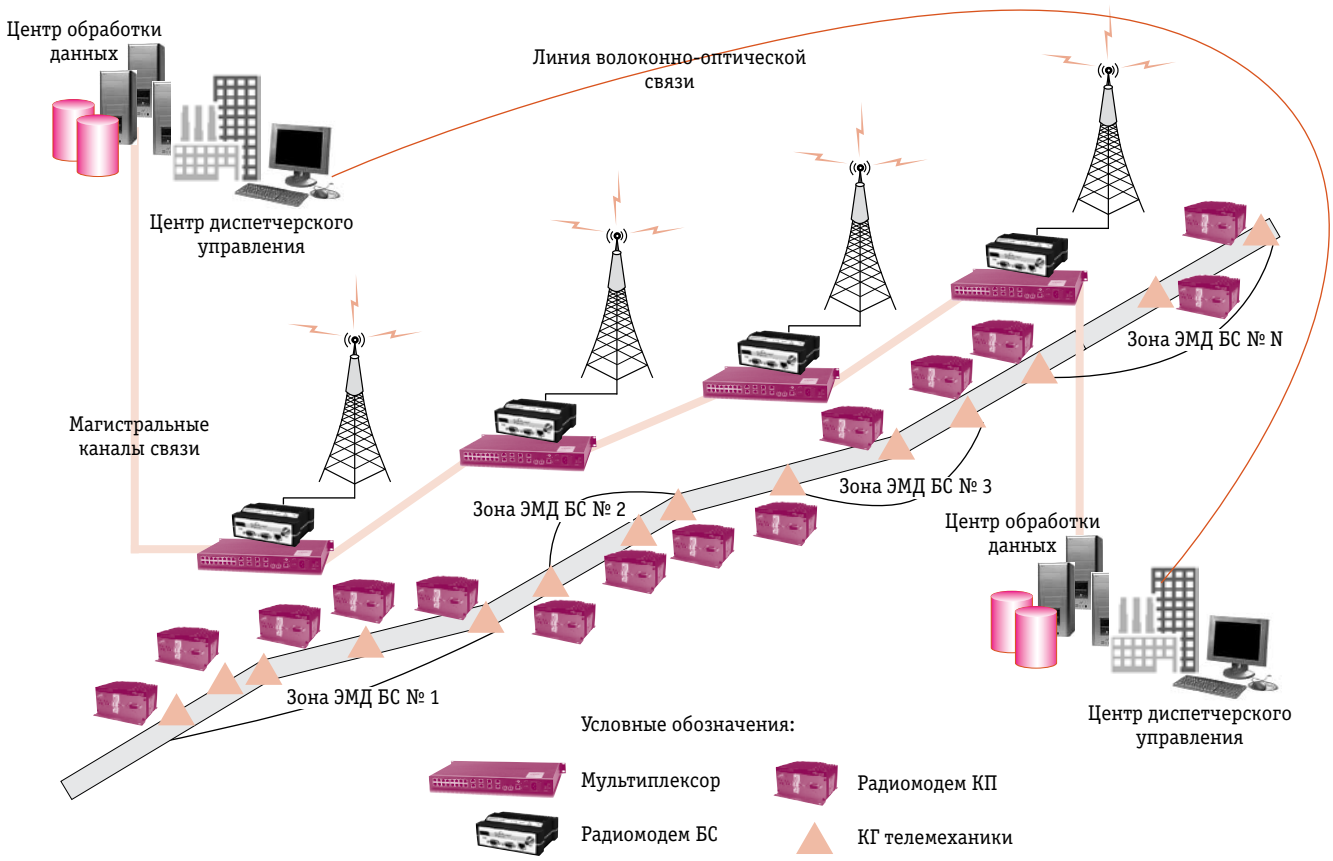

Рис. 1. Типовая схема технологической радиосети обмена данными в системе управления телемеханикой продуктопровода

Надежность[2] функционирования и живучесть[3] такой радиосети достигаются за счет использования отказоустойчивой аппаратуры и дублирования каналов связи, которые используют для обмена данными различную среду (проводная и беспроводная связь) или различные диапазоны волн (беспроводная связь в диапазонах УКВ или СВЧ, сверхвысоких частот).

Технологическая радиосеть обслуживает работу системы управления телемеханикой, которая представляет собой автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП). Функционирование АСУ ТП предполагает соблюдение заданных задержек при обмене информацией, которые должны быть минимальными и предсказуемыми, – чем меньше времени, затрачиваемое на получение ответа на запрос, тем больше времени остается у АСУ ТП и диспетчера для реагирования на полученную от КП информацию, а отсутствие необходимого ответа на запрос в отведенный период времени является событием, по которому автоматически генерируется сигнал тревоги.

Обмен данными в рассматриваемой типовой технологической радиосети складывается из набора нижеперечисленных последовательных микроопераций, формирующих транзакцию «запрос – ответ»:

- генерация запроса АСУ ТП;
- передача запроса по магистральному каналу связи в адрес БС;
- получение БС запроса от АСУ ТП;
- установление связи между БС и КП;
- передача запроса от БС к КП;
- обработка запроса на КП и генерация ответа;
- установление связи между КП и БС;
- передача ответа от КП к БС;
- передача ответа от БС в адрес АСУ ТП по магистральному каналу связи.

Информация о типовых задержках, возникающих при обмене данными в технологической радиосети, построенной на оборудовании третьего поколения[4], представлена в табл. 1.

Таким образом, продолжительность транзакции в технологической радиосети обмена данными третьего поколения может составлять 2,09 с, а в течение минуты может быть выполнено около 28 таких транзакций. Учитывая, что в типовой радиосети в случае ухудшения условий приема может потребоваться повторная передача до 10% всех сообщений,

[2] Надежность (англ. *reliability*) – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»].

[3] Живучесть (англ. *survivability*) – свойство системы, характеризуемое способностью выполнять установленный объем функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения»].

[4] Расчет задержек выполнен для радиомодема третьего поколения Dataradio Integra-TR, наиболее широко применяемого в топливно-энергетическом комплексе.

Табл. 1. Типовые задержки при обмене данными в технологической радиосети УКВ-диапазона третьего поколения[5]

Наименование микрооперации	Время выполнения, с	Время выполнения, %	Примечание
Установление связи между БС и КП	0,022	1,05	Складывается из времени атаки передатчика радиомодема – 7 мс и времени синхронизации – 15 мс в режиме DOX (25 мс в режиме RTS/CTS)
Передача запроса от БС к КП	0,00104	0,05	
Обработка запроса контроллером телемеханики и генерация ответа	2	95,84	
Установление связи между КП и БС	0,022	1,05	
Передача ответа от КП к БС	0,04167	2,00	
ИТОГО:	**2,08671**	**100,00**	

Табл. 2. Типовые задержки при обмене данными в технологической радиосети, работающей на скорости 115 кбит/с[6]

Наименование микрооперации	Время выполнения, с	Время выполнения, %	Примечание
Установление связи между БС и КП	0,002	0,10	Считается, что задержка при установлении связи в 10 раз меньше по сравнению с радиосетями УКВ-диапазона
Передача запроса от БС к КП	0,00017	0,01	
Обработка запроса контроллером телемеханики и генерация ответа	2	99,45	
Установление связи между КП и БС	0,002	0,10	
Передача ответа от КП к БС	0,00694	0,35	
ИТОГО:	**2,01112**	**100,00**	

такая радиосеть способна обслужить около 25 контролируемых пунктов в минуту.

Одним из основных методов увеличения пропускной способности информационных сетей считается увеличение скорости обмена данными. Информация о типовых задержках, возникающих при обмене данными в технологической радиосети, работающей на скорости 115 кбит/с, представлена в табл. 2.

Продолжительность транзакции в такой радиосети обмена данными составляет 2,01 с, а в течение минуты может быть выполнено около 29 таких транзакций. Учитывая, что в типовой радиосети в случае ухудшения условий приема может потребоваться повторная передача до 10% всех сообщений, такая радиосеть при соблюдении заявленных выше условий способна обслужить около 26 контролируемых пунктов в минуту.

Сравнительный анализ представленных в таблицах данных показывает, что увеличение скорости обмена данными в шесть раз (с 19,2 до 115,2 кбит/с) в типовых радиосетях обмена данными позволяет только незначительно (на 4%) увеличить их пропускную способность. Это связано с тем, что основные задержки обусловлены выполнением процедур связи и обработки данных, а собственно данные представляют собой короткие сообщения.

Поскольку в радиосетях третьего поколения вышеуказанные задержки являются детерминированными (неизменными), по данному параметру они удовлетворяют требованиям большинства приложений, реализуемых в топливно-энергетическом комплексе, а расчет пропускной способности таких радиосетей выполняется относительно просто.

В технологических радиосетях обмена данными четвертого поколения предусматривается использование сетевого интерфейса 10Base-T и IP-протокола в качестве основного для организации связи в радиоканале. Применение нового интерфейса позволило существенно улучшить совместимость оборудования и обеспечить возможность его использования с любым стандартным программным обеспечением и оборудованием, работающим по вышеуказанному протоколу, без его модернизации. В результате появилась возможность построения прозрачных гетерогенных информационных сетей, неотъемлемой частью которых стали технологические радиосети обмена данными.

Радиомодемы четвертого поколения, созданные для технологических радиосетей обмена данными, имеют существенно более высокие, по сравнению со своим предшественниками, скорости обмена. Однако использование IP-протокола существенно снизило детерминированность таких радиосетей, поскольку точный расчет задержек стал невозможным. В результате в АСУ ТП необходимо устанавливать более широкие пределы допустимых задержек при их первоначальной настройке. Кроме того, наличие большого объема служебной информации, предусмотренное в IP-протоколе, снижает реальную пропускную способность радиосети.

Существенное увеличение пропускной способности в рассматриваемых радиосетях может быть достигнуто за счет их сегментации, увеличения количества базовых станций, каждая из которых будет обслуживать меньшее количество КП. В этом случае увеличение пропускной способности будет прямо пропорционально количеству дополнительных базовых станций в каждом сегменте радиосети.

В зависимости от размещения объектов связи оптимизация технологической радиосети обмена данными может быть выполнена за счет создания дополнительных гетерогенных структур, обеспечивающих консолидацию данных на стороне КП и пунктов диспетчерского управления.

Упрощенные схемы гетерогенных технологических радиосетей

[5] Предполагается, что обмен данными в радиосети, а также между радиомодемом и контроллером телемеханики производится на скорости 19,2 кбит/с. Размер запроса составляет 20, а ответа – 800 байт. Исходные данные взяты для базовой модификации комплекса телемеханики «Телеканал-М2», поддерживающего обмен данными с пунктами управления с использованием стандартизированных протоколов ГОСТ Р МЭК 60870-5-101, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 и FT1.2 «Телеканал».

[6] В расчет принята типовая скорость обмена данными по порту RS-232.

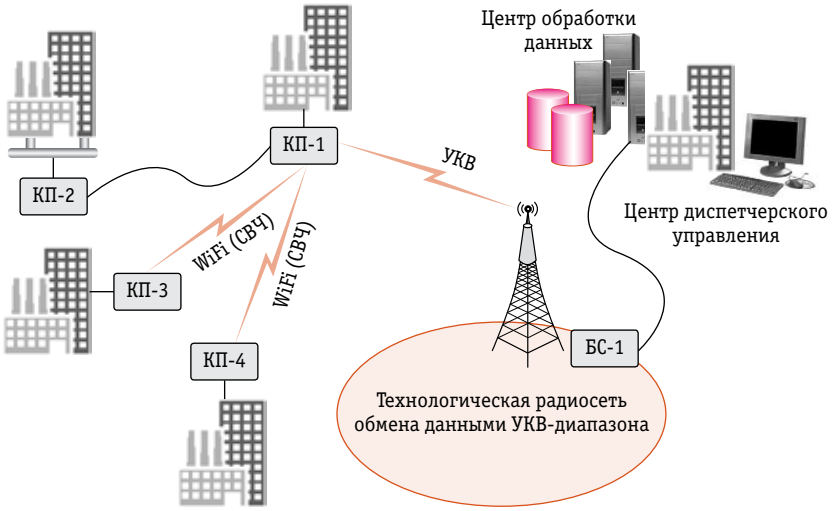

Рис. 2. Упрощенная схема гетерогенной технологической радиосети обмена данными в автоматизированной системе коммерческого учета электроэнергии

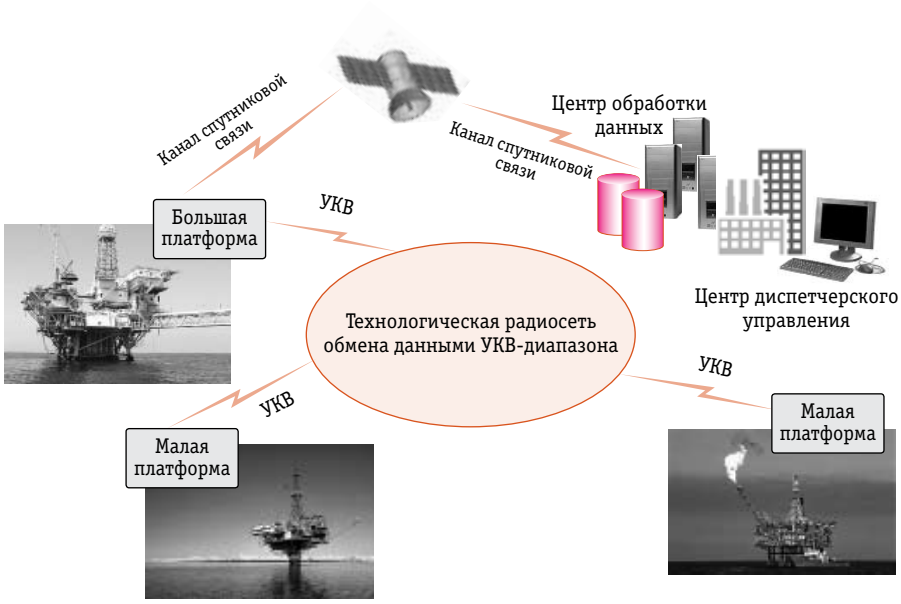

Рис. 3. Упрощенная схема гетерогенной технологической радиосети обмена данными в системе управления группой морских буровых платформ

обмена данными представлены на рис. 2 и 3.

В рассматриваемой схеме удаленный программируемый контроллер КП-1 является промежуточным средством сбора данных и выполняет функции ретрансляции информации. Контроллер КП-1 выступает в качестве ведущего в информационной подсети (например, в СВЧ-диапазоне стандарта IEEE 802.11 Wi-Fi) и сопрягается с группой аналогичных удаленных ведомых контроллеров КП-2, -3 и -4 по проводному (с КП-2) и беспроводному (с КП-3 и -4) каналам связи. Данные от КП-2, -3 и -4 на КП-1 могут поступать по запросу, формируемому контроллером КП-1 или поступающему от БС и ретранслируемому через КП-1. В случае если пропускная способность в подсети обмена данными КП-1 является достаточной, данные от ведомых КП могут пересылаться без запроса по их инициативе. Возникающие в этом случае «коллизии», связанные с попытками одновременной передачи данных несколькими КП, будут компенсироваться резервом пропускной способности подсети, обеспечивающей возможность многократной повторной трансляции не переданных сообщений.

Следует отметить, что в этом случае возникающие задержки не будут строго детерминированы, но их значения могут укладываться в заранее установленные в АСУ ТП пределы.

В рассматриваемой схеме технологическая радиосеть УКВ-диапазона организована между крупной буровой платформой, которая выступает в качестве БС, и группой малых буровых платформ. Крупная буровая платформа связана с удаленным центром управления и сбора данных по спутниковому каналу связи. Малым буровым платформам обеспечивается удаленный групповой доступ к этому каналу.

К сожалению, ограниченный объем настоящей статьи не позволяет детально рассмотреть все аспекты построения современных технологических радиосетей обмена данными, однако даже представленные материалы позволяют сделать вывод о том, что строительство таких радиосетей с использованием современных технических средств представляется весьма перспективным для районов со слабо развитой телекоммуникационной инфраструктурой, и в первую очередь для Арктических районов Российской Федерации.

С.А. Маргарян, заместитель генерального директора
по ИТ и специальным проектам – главный конструктор,
ЗАО «НПП «Родник», г. Москва,
тел.: (499) 613-7001,
e-mail: sales@rodnik.ru