

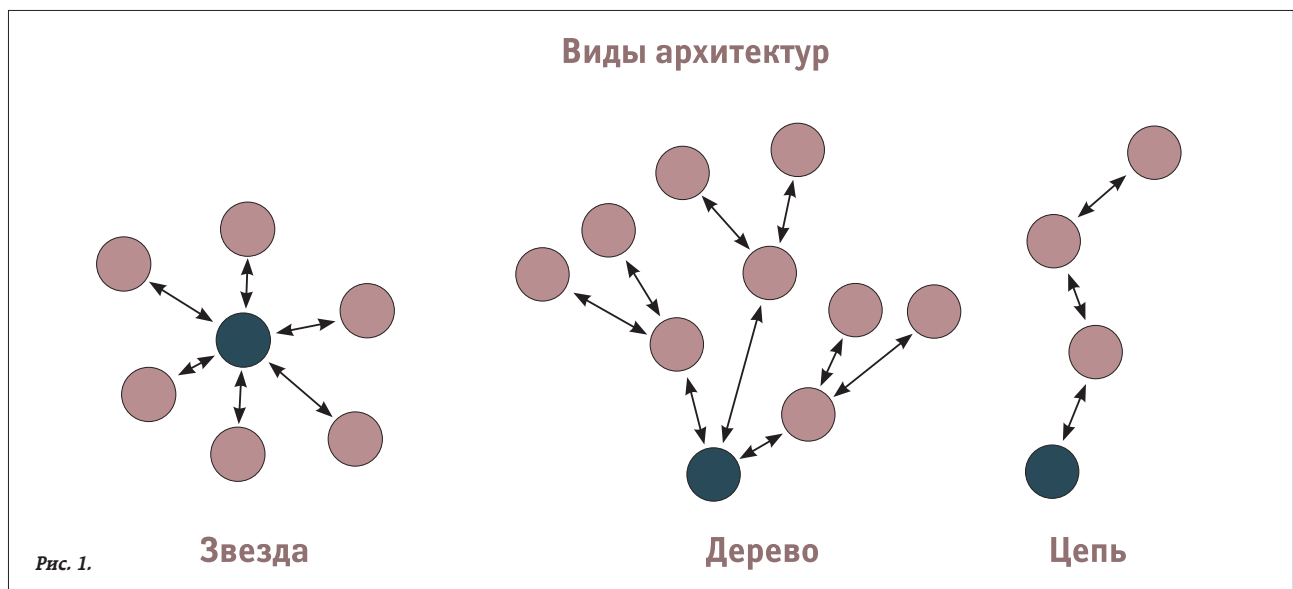
Аппаратное обеспечение стационарных радиосетей для телеметрии и управления удаленными объектами

Роман АЛЕКСАНДРОВ
roman@finestreet.ru

Растущие требования к АСУТП/АСКУЭ заставляют разработчиков искать новые пути реализации передачи данных. Одним из удобных средств обеспечения передачи данных являются стационарные радиосети. Широко используются они и для обеспечения удаленного управления исполнительными механизмами в автоматизированных производствах. Другой областью применения стационарных радиосетей, получающей все большее распространение, является робототехника.

Раньше к выводу о необходимости развешивания радиосети приходили, в основном, при необходимости обеспечить обмен информацией на объектах, не имеющих других средств коммуникации и достаточно удаленных от общей инфраструктуры. При этом стоимость реализации проводных коммуникаций и их надежность были существенно выше, чем при использовании в качестве среды передачи атмосферы Земли. Несмотря на достаточно широкое распространение такого метода передачи телеметрических данных, научные работы в этом направлении

ведутся и по сей день. Среди многочисленных проблем, требующих решения, можно выделить такие, как построение адекватной физико-математической модели архитектуры сети, позволяющей достоверно моделировать зоны электромагнитной доступности (ЭМД) для средств радиосвязи. На надежность системы сильно влияет площадь зоны ЭМД, рельеф местности, а также условия распространения радиоволн в данной зоне, на которые, в свою очередь, влияет большой перечень факторов, доминирующими из которых являются рабочая частота, выходная мощность передатчика и чувствительность приемника, а также погодные условия. Не следует забывать и о засоренности радиоэфира всевозможными помехами. Борьба с помехами представляет собой отдельную сложную проблему, которую не решить простым увеличением ВЧ-мощности передатчика. С одной стороны, это недостаточно эффективное решение, а с другой — существуют нормативные ограничения на мощность излучения, призванные блюсти порядок в радиоэфире и избежать создания помех другим беспроводным устройствам. Поэтому все чаще взоры сотрудников научных лабораторий направлены на различные цифровые методы, например, помехозащищенного кодирования, которые позволяют добиться хороших результатов по покрытию зоны без существенного увеличения мощностей сигналов.



Стационарная радиосеть в зависимости от требований конкретного приложения может иметь архитектуру типа «звезда», «дерево», либо «цепь» (рис. 1).

Давайте подытожим сказанное и суммируем достоинства и недостатки проводных и стационарных радиосетей (рис. 2). Очевидно, что проводные сети могут обеспечить существенно более высокие скорости передачи информации, они обладают хорошей помехозащищенностью, что, в свою очередь, делает их более надежными в сравнении с беспроводными радиосетями. С другой стороны, проводным сетям явно не достает гибкости беспроводных, а их масштабируемость относительно низка. И, наконец, самый главный аргумент — это высокие затраты на внедрение и эксплуатацию проводной сети. Преимущества одной альтернативы являются недостатками второй, но хотелось бы отметить особо такие характерные черты беспроводных стационарных радиосетей, как низкие скорости обмена и, соответственно, объемы передаваемых данных, сложность проектирования и необходимость обязательной сертификации. Что касается объемов и скоростей обмена, то эти факторы применительно к системам телеметрии считать значимыми не приходится, поскольку телеметрические данные имеют небольшой объем и, кроме того, период обновления также может быть достаточно велик. О сложности проектирования радиосетей говорилось выше в контексте множества проблем, связанных с распространением радиоволн, однако, используя хорошо отработанные модели и решения, а также снижая скорости обмена данными, можно повысить дальность действия и помехозащищенность канала связи. Что касается надежности, то вопрос о том, что надежнее — проводные или беспроводные сети, нетривиален и является спорным. С одной стороны, на надежность беспроводных сетей сильно влияет помеховая обстановка, рельеф местности и погодные условия, а с другой — среда распространения радиосетей гораздо надежнее, чем проводных, ибо не может быть подвергнута естественным или преднамеренным механическим разрушениям. В результате, использование беспроводных сетей является правильным выбором в случае, если их надежность и пропускная способность удовлетворяют требованиям существующего приложения. Меньшие затраты в сравнении с проводными сетями в этом случае играют ключевую роль, влияющую на принятие решения.

Как правило, стационарная радиосеть имеет следующие элементы: источник данных, которым может быть набор датчиков на удаленном объекте и удаленный терминал, который соединяется с радиомодемом.

Основным элементом аппаратного обеспечения стационарных радиосетей являются радиомодемы. Радиомодем предназначен для преобразования цифровых данных с объекта в аналоговый сигнал. Он передается на диспетчерский пункт, где принимается другим радиомодемом, который осуществляет восстановление переданного сигнала в цифровой форме. Исходя из назначения и архитектуры системы, требования к радиомодемам для рассматриваемых стационарных радиосетей можно представить следующим образом:

- прозрачность работы (используется протокол верхнего уровня, упрощающий интеграцию с



АСУ ТП и обеспечивающий сопряжение с различными типами оборудования);

- достаточно высокая пропускная способность;
- малое время доступа к радиоканалу;
- поддержка дуплексного режима работы базовой станции;
- наличие средств удаленной диагностики и настройки.

Рассмотрим наиболее популярное в России аппаратное обеспечение для построения стационарных радиосетей: радиомодемы, приемопередающие модули, приемопередатчики, асинхронные/синхронные радиомодемы. Свой обзор начнем с внешнего радиомодема DL-3282, разработанного специально для использования в SCADA-системах (рис. 3). Он предназначен для применения в низкоскоростных радиосетях сбора данных и используется совместно с внешней радиостанцией УКВ-диапазона, поддерживает множество промышленных протоколов, включая ModBus. Радиомодем совместим с любыми приемопередатчиками семейств COR™ и RNet™. Устройство имеет небольшие габаритные размеры (таблица 1), работает на скоростях 300 или 1200 бит/с, совместимо с протоколами Bell-103 и Bell-202, способен работать как в симплексном, так и в дуплексном режиме, управление потоком осуществляется при помощи сигналов RTS/CTS.

В таблице 2 приведены возможные рабочие режимы радиомодема DL-3282, переключение между которыми осуществляется при помощи DIP-переключателя. Наряду с небольшими габаритами этого радиомодема можно также отметить наличие внутренних светодиодов, позволяющих проводить оперативную диагностику неисправностей. Зеленый мигающий светодиод индицирует наличие напряжения питания и рабочий режим модема, а непрерывное свечение



Рис. 3.



Рис. 4.



Рис. 5.

красного светодиода соответствует передаче данных. Удобной также является защищенная от внешних воздействий конструкция прибора (рис. 3).

Назначение выводов в разъемах для подключения радиомодема DL-3282 к трансиверам COR™ и Rnet™ приведено в таблицах 3 и 4 соответственно.

Не меньший интерес для разработчиков представляют телеметрические приемопередающие модули (трансиверы) — встраиваемые модули, которые могут быть легко использованы при разработке аппаратуры более высокого уровня. Примером устройства этого класса являются модули DM-3412/3422/3492 (рис 4). Они удовлетворяют требованиям Европейского института телекоммуникационных стандартов (ETSI). Для УКВ-диапазонов и 900 МГц модули поддерживают частотные сетки 25 кГц, 12,5 Гц и 6,25 кГц, а ОВЧ-версии модуля имеют шаг сетки 30 кГц, 15 кГц и 7,5 кГц. Кроме того, производитель сообщает, что доступны также европейские сетки частот. Основные технические характеристики модулей этого семейства приведены в таблице 5. Среди основных отличительных особенностей этих приемопередающих модулей следует отметить высокую стабильность частоты, малую групповую задержку, минимальный шум в боковой полосе частот. Кроме того, модули имеют возможность программного управления

Т а б л и ц а 1. Основные технические характеристики радиомодема DL-3282

Габаритные размеры, мм	120,7×73,7×31,4
Рабочее напряжение, В	7...16
Потребляемый ток, макс., мА	50
Диапазон рабочих температур, °С	-30...+60
Интерфейс	EIA RS-232, разъем DB-25M
Задержка RTS/CTS, мс	30/60/80/240, настраиваемая
Скорость обмена данными, бит/с	300/1200
Интерфейс с трансивером COR™	10-штырьковый 3М разъем типа 3325
Интерфейс с трансивером RNet™	DE-15
Вид модуляции	ЧМ с минимальным сдвигом (FSK)
Режим обмена данными	Асинхронный, «прозрачный»
Количество возможных ошибок	Менее 1×10^{-6} при соотношении «сигнал/шум» 18 дБ (девиация 3,3 кГц, шаг сетки 25 кГц)

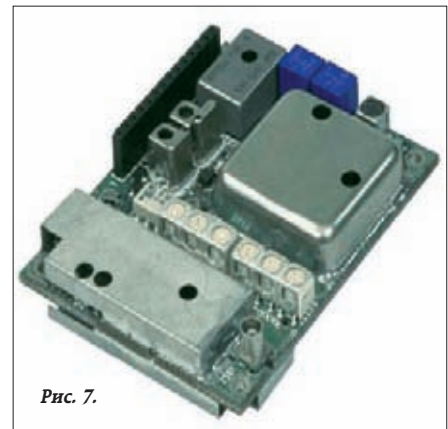


Рис. 7.

Т а б л и ц а 2. Режимы работы радиомодема DL-3282

Протокол	Скорость, бит/с	Режим работы	Частота передачи				Ответный тон, Гц
			Лог. ноль (TX), Гц	Лог. единица (TX), Гц	Лог. ноль (RX), Гц	Лог. единица (RX), Гц	
Bell-103 (orig)	300	дуплекс	1070	1270	2025	2225	—
Bell-103 (ans)	300	дуплекс	2025	2225	1070	1270	2225
Bell-202	1200	полудуплекс	2200	1200	2200	1200	2025
Bell-202	1200	дуплекс	2200	1200	2200	1200	2025
Bell-202 Equal	1200	полудуплекс	2200	1200	2200	1200	2025

Т а б л и ц а 3. Назначение выводов в разьеме подключения к трансиверу COR™

№	Назначение вывода	№	Назначение вывода
1	Wideband Out	6	Keyline (активный низкий)
2	Wideband In	7	Carrier Detect
3	NC	8	выход FSK
4	NC	9	GND
5	B+	10	вход FSK

Т а б л и ц а 4. Назначение выводов в разьеме подключения к трансиверу RNet™

№	Назначение вывода	№	Назначение вывода
1	Squelch In	9	Vcc (13 V)
2	PTT Out	10	Subaudio Data
3	GND	11	Tx/_ Rx In
4	Tx Wideband Data (filtered)	12	ARQ Out
5	Tx Data (unfiltered)	13	GND
6	Intercept/Busy In	14	Rx Wideband Data (filtered)
7	Tx Mute Out	15	Rx Data (unfiltered)
8	Vcc (13 V)		



Рис. 8.

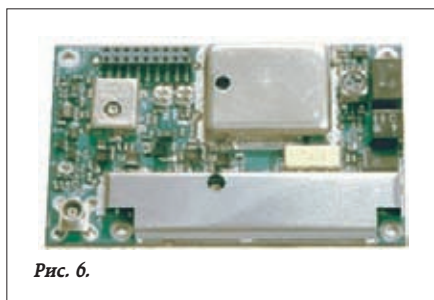


Рис. 6.

выходной мощностью. Для обеспечения теплоотвода имеется встроенный радиатор. Другим интересным модулем этого класса является DM-3464 (рис. 5). Как и DM-34xx, он представляет собой встраиваемый узкополосный приемопередатчик, предназначенный для использования в составе собственных изделий. DM-3464 удовлетворяет требованиям Федеральной комиссии по связи США. Имеет шаг сетки радиочастот, позволяющий более эффективно использовать радиочастотный ресурс. Классическая компоновка и высококачественная элемент-

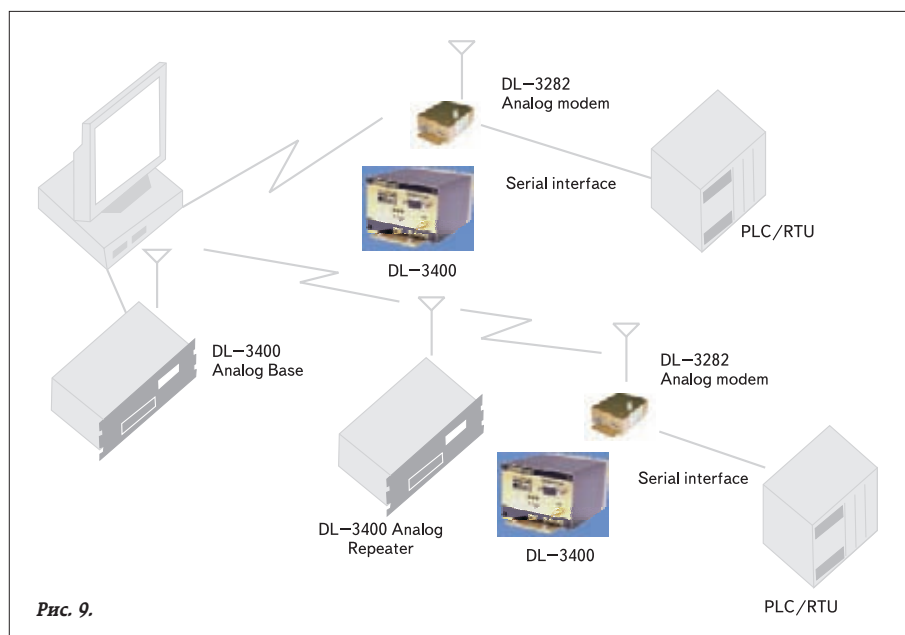


Рис. 9.

Т а б л и ц а 5. Технические параметры приемопередающего семейства модулей DM-3412/DM-3422/DM-3492

Модель	DM-3412	DM-3422	DM-3492
Диапазон рабочих частот, МГц	380...512	132...174	928...960
Управление частотой	Синтезатор частот		
Разрешение по частоте	5/6,25/10	5/6,25/7,5	6,25
Режим работы	Симплекс/Полудуплекс		
Номинальное рабочее напряжение питания, В	+13,3		
Стабилизированное напряжение, В	+5,5, +9,6		
Диапазон рабочих температур, °С	-30...+60		
Вход/Выход РЧ	SMA (мама)		
Интерфейс данных	14-штырьковый разъем		
Габаритные размеры, мм	116,4×82,6×56,2		
Вес, г	374,7	374,4	378,5
Приемник			
Входной РЧ импеданс, Ом	50		
Стабильность частоты, ppm	1,5	2,5	1,5
Скорость реакции ресивера, макс., мс	7		
Избирательность	75 дБ/25 кГц 65 дБ/12,5 кГц	75 дБ/30 кГц 65 дБ/15 кГц	65 дБ/25 кГц 60 дБ/12,5 кГц
Нелинейные искажения, дБ	75		70
Подавление помех по зеркальному каналу, дБ	75		70
Фон ЧМ (псифометрически взвешенный шум)	-48 дБ @ 25 кГц		-40 дБ @ 25 кГц
Чувствительность	0,35 мкВ при отношении сигнал/шум 12 дБ		
Потребляемый ток, мА	75		
Звуковые искажения	3%		
Звуковой выход, эффективное, мВ	150		
Звуковое напряжение, В	2,5		
Речевой ответ	1 дБ от ДС до 5 кГц		
Минимальный импеданс нагрузки, кОм	10		
Диапазон RSSI	0,9...2,4 В выход от -120 до +60 дБм		
Transmitter			
Ширина полосы пропускания	20 МГц 450...470 без настройки 16 МГц во всех других диапазонах	132...150 МГц 150...174 МГц	928...960 МГц
Выходная РЧ мощность при 13,6 В, Вт	Регулируемая 1...5		
Выходной РЧ импеданс, Ом	50		
Рабочий цикл	50%, 30 с максимальное время передачи		
Скорость реакции, макс., мс	7		
Стабильность частоты, ppm	1,5	2,5	1,5
Побочные и гармонические излучения	-37 дБм (-75 дБс)	-26 дБм (-63 дБс)	-38 дБм (-75 дБс)
Фон ЧМ (псифометрически взвешенный шум), дБ	-50		
Ток потребления	2000 мА @ 5,0 Вт		
Модуляционные искажения	< 3%		
Входной импеданс модулятора, кОм	> 40		
Чувствительность модулятора, В	1,8		

ная база обеспечивают высокую надежность и технические характеристики изделия. Из других преимуществ этого устройства следует отметить малую групповую задержку, синтезатор с малым временем реакции, минимальный шум в боковой полосе частот. Удачная компоновка модуля обеспечила его малые габаритные размеры. Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 6.

Трансивер DM-3473 (рис. 6) представляет собой малогабаритный встраиваемый узкополосный приемопередатчик, предназначенный для использования в составе изделий более высокого уровня. Это один из самых малогабаритных приемопередатчиков в своем классе. Он удовлетворяет требованиям Федеральной комиссии по связи США, промышленным стандартам Канады

и Европейского института телекоммуникационных стандартов, включая ETSI 300.320. Трансивер имеет шаг сетки радиочастот, позволяющий более эффективно использовать радиочастотный ресурс. Длина и ширина соответствуют размерам пластиковой карты. Основные технические характеристики трансивера сведены в таблицу 7.

И, наконец, последним устройством, относящимся к классу встраиваемых модулей приемопередатчиков, который мы рассмотрим, будет трансивер DM-3474 (рис. 7). Устройство представляет собой малогабаритный встраиваемый узкополосный приемопередатчик, удовлетворяющий требованиям Федеральной комиссии по связи США и Европейского института телекоммуникационных стандартов, включая ETSI 300.113. Трансивер имеет шаг сетки радиочас-

тот, позволяющий более эффективно использовать радиочастотный ресурс. Высококачественная элементная база обеспечивает высокую надежность и технические характеристики изделия. Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 8.

Еще одним важным элементом аппаратуры для организации стационарных радиосетей являются приемопередатчики. Мы рассмотрим два наиболее ярких представителя этого класса устройств: приемопередатчики DL-3400 и Rnet JSLM, которые можно приобрести в России. Первый из них (рис. 8) представляет собой аналоговый восьмиканальный приемопередатчик общего назначения с индивидуальной настройкой каждого канала. Он оптимизирован для передачи телеметрической информации в радиосетях сбора данных и имеет два режима энергосбережения: спящий режим (sleep mode) и режим «холодный старт» (cold start). В первом режиме потребляемый ток не превышает 8 мА, и приемопередатчик переводится в рабочее состояние в течение 13 мс. Во втором режиме питание периодически отключается, а перевод приемопередатчика в рабочее состояние занимает не более 30 мс. В этом режиме устройство автоматически с заданной периодичностью проверяет состояние радиоканала. Встроенная функция удаленной диагностики позволяет в реальном масштабе времени контролировать такие параметры приемопередатчика, как мощность прямой и обратной волны, напряжение, ток, модуляционное искажение, температуру и др. Интерфейс позволяет подключать внешние модемы со скоростями передачи 1200–19200 бит/с. Основные технические параметры DL-3400 приведены в таблице 9, а место приемопередатчика в общей системе телеметрии показано на рис. 9.

Второй прибор — приемопередатчик RNet JSLM — малогабаритный аналоговый восьмиканальный приемопередатчик общего назначения с малым временем реакции (рис. 10). Он оптимизирован для передачи телеметрической информации в радиосетях сбора данных, совместно с ранее выпускавшимися приемопередатчиками семейства RNet, имевшими синтезатор или кварцевый генератор. Интересно отметить, что устройства семейства RNet побывали на Марсе, где применялись в системе передачи данных между посадочной платформой и марсоходом в ходе первой американской экспедиции на эту планету. Интерфейс позволяет подключать внешние модемы со скоростями передачи 1200–9600 бит/с. Устройство имеет удобное крепление для монтажа на DIN-рельс. Его характеристики (таблица 10) во многом схожи с первым рассмотренным прибором этой серии.



Рис. 10.

Следующим классом приборов, который мы рассмотрим, будут асинхронные радиомодемы со встроенным трансивером. Радиомодем T-96SR (T-96SR/F) (рис. 11) представляет собой «прозрачное» устройство реального времени. Для обмена данными не требуется специального протокола обмена, данные передаются в радиоканал в той последовательности, в которой были приняты радиомодемом от контроллера, терминала или компьютера по интерфейсу RS-232 без искажений и дополнительной обработки (т.н. «прозрачный» режим работы). Радиомодем предназначен для построения современных радиосетей сбора данных и удаленного управления стационарными объектами, имеет встроенный специализированный приемопередатчик с малым временем доступа к радиоканалу. Обеспечивает асинхронный обмен данными на скоростях 19 200, или 9600 бит/с в каналах с шагом сетки радиочастот 25 или 12,5 кГц. Прибор поддерживает работу основных промышленных протоколов, включая ModBus и DNP 3.0. Имеющиеся настройки позволяют формировать цифровой ретранслятор из двух радиомодемов. Кроме перечисленного, радиомодем T-96SR имеет встроенную функцию удаленной диагностики. Радиомодем T-Base (T-Base/R и T-Base/HA) — асинхронный «прозрачный» радиомодем реального времени (рис. 12). Предназначен для построения радиосетей телеметрии и удаленного управления стационарными объектами совместно с радиомодемами T-96SR и семейства RNet в качестве полудуплексной/дуплексной базовой станции или дуплексного ретранслятора. Имеет встроенный специализированный приемник и передатчик с малым временем доступа к радиоканалу. Обеспечивает обмен данными на скоростях 19 200 или 9600 бит/с. Поддерживает работу основных промышленных протоколов, включая ModBus. Имеет встроенную функцию удаленной диагностики. Прибор совместим с оборудованием семейств RNet и COR, разработанным в соответствии с требованиями стандарта DI-OS (Dataradio interoperability standard), имеет встроенную функцию удаленной диагностики. Радиомодем монтируется в стандартный шкаф или стойку размером 19". Технические характеристики устройства представлены в таблице 12.

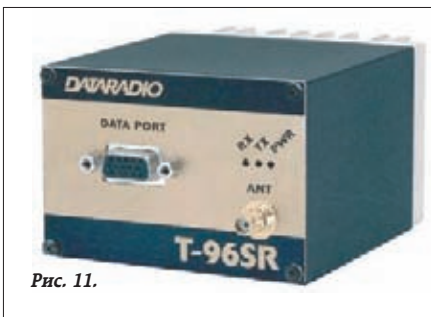


Рис. 11.



Рис. 12.

Т а б л и ц а 6. Технические характеристики приемопередающего модуля DM-3464

Модель	DM-3464
Общие характеристики	
Диапазон частот	132...174 МГц
Шаг сетки частот	12,5 или 25 кГц
Потребляемый ток:	
Передача при 13,3 В	1300 мА (макс.)
Прием при 13,3 В	60 мА (ном.)
Рабочее напряжение	7,5 В (ном.)
Рабочая температура	-30...60 °С
Габаритные размеры	7,19 x 5,56 x 1,63 см
Масса	65 г
Приемник	
Стабильность частоты	2,5 ppm
Чувствительность	0,35 мкВ для соотношения сигнал/шум 12 дБ
Полоса пропускания без подстройки	6 МГц
Избирательность	70 дБ @ 25 кГц, 60 дБ @ 12,5 кГц
Время реакции приемника	7 мс
Передатчик	
Полоса пропускания без подстройки	18,24 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	2 Вт
Рабочий цикл	50% @ 2 Вт, 60 с макс. время передачи
Стабильность частоты	2,5 ppm
Время реакции передатчика	<7 мс

Т а б л и ц а 7. Основные технические характеристики трансивера DM-3473

Модель	DM-3473
Общие характеристики	
Диапазон частот	403...434, 450...470 МГц
Шаг сетки частот	12,5 или 25 кГц
Ток нагрузки:	
Передача при 13,3 В	1500 мА (макс.)
Прием при 13,3 В	60 мА (макс.)
Рабочее напряжение	6...9 В
Рабочая температура	-30...+60 °С
Габаритные размеры	7,19 x 4,45 x 1,14 см
Масса	36 г
Приемник	
Стабильность частоты	1,5 ppm
Чувствительность	-116 дБм
Полоса пропускания без подстройки	30 МГц
Избирательность	60 дБ @ 25 кГц, 50 дБ @ 12,5 кГц
Время реакции приемника	7 мс
Передатчик	
Полоса пропускания без подстройки	30 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	2 Вт
Рабочий цикл	50% @ 2 Вт, 30 с макс. время передачи
Стабильность частоты	1,5 ppm
Время реакции передатчика	<7 мс

Радиомодем T-Base/HA (high-availability) представляет собой версию базового радиомодема T-Base с повышенной отказоустойчивостью, которая достигается за счет полного резервирования всех компонентов. Он предназначен для использования в соответствующих приложениях, не допускающих даже кратковременного отключения базовой станции, для передачи телеметрической информации и управления телемеханическими устройствами. Встроенные

средства диагностики позволяют автоматически выдавать оператору сигналы тревоги в случае выхода из строя передатчика, приемника или блока питания и производить переключение на резервное устройство.

Краткая характеристика:

- Дуплексная или полудуплексная базовая станция или дуплексный ретранслятор
- Высокая скорость обмена данными и пропускная способность

Т а б л и ц а 8. Технические характеристики приемопередающего модуля DM-3474

Модель	DM-3474
Общие характеристики	
Диапазон частот	380...512 МГц
Шаг сетки частот	12,5/20/25 кГц
Ток нагрузки:	
Передача при 13,3 В	900 мА (макс.)
Прием при 13,3 В	60 мА (макс.)
Рабочее напряжение	7,8 В (ном.)
Рабочая температура	-30...+60 °С
Габаритные размеры	7,19×5,56×1,63 см
Масса	65 г
Приемник	
Стабильность частоты	1,5 ppm
Чувствительность	-116 дБм
Полоса пропускания без подстройки	16 МГц
Избирательность	70 дБ @ 20 и 25 кГц, 60 дБ @ 12,5 кГц
Время реакции приемника	7 мс
Передатчик	
Полоса пропускания без подстройки	16 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	2 Вт
Рабочий цикл	50% @ 2 Вт, 30 с макс. время передачи
Стабильность частоты	1,5 ppm
Время реакции передатчика	<7 мс

Т а б л и ц а 9. Технические характеристики приемопередатчика DL-3400

Модель	DL-3400		
Общие характеристики			
	УВЧ	ОВЧ	900 МГц
Диапазон частот	380...512 МГц	132...174 МГц	928...960 МГц
Шаг сетки частот	12,5 или 25 кГц	12,5 или 25 кГц	12,5 или 25 кГц
Ток нагрузки:			
Передача при 13,3 В	2000 мА		
Прием при 13,3 В	100 мА		
Рабочее напряжение	10...16 В		
Рабочая температура	-30...+60 °С		
Габаритные размеры	10,7×8,3×5,5 см		
Последовательный интерфейс	RS-232, разъем DB9		
Приемник			
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	1,5 ppm
Чувствительность	0,35 мкВ для соотношения сигнал/шум 12 дБ		
Избирательность	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	65 дБ @ 25 кГц 60 дБ @ 12,5 кГц
Время реакции приемника	<7 мс		
Передатчик			
Полоса пропускания без подстройки	450...470: 20 МГц другие: 16 МГц	132...150: 18 МГц 150...174: 24 МГц	928...960: 32 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	Настраиваемая 1...5 Вт		
Рабочий цикл	50% @ 5 Вт, 30 с макс. время передачи		
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	
Время атаки передатчика	<7 мс		

Радиомодем Integra-TR (Integra-TR/F) (рис. 13, таблица 14) — асинхронный радиомодем реального времени, не требующий сложной настройки. Для обмена данными применяется любой внешний протокол обмена, данные передаются в радиоканал в той последовательности, в которой были приняты радиомодемом от контроллера, терминала или компьютера по интерфейсу RS-232 без искажений и дополнительной обработки. Обеспечивает отсечку посторонних данных (dribble bits) при передаче в радиоканале. Функция адресации CWID и поддержка режима многостанционного доступа с контролем несущей CSMA (carrier-sense multiple access) позволяют свести к минимуму повторную передачу и взаимные помехи в канале. Он предназначен для построения современных радиосетей сбора данных и удаленного управления стационарными объектами. Имеет встроенный специализированный приемопередатчик с малым временем доступа к радиоканалу. Обеспечивает асинхронный обмен данными на скоростях 19 200, 9600 или 4800 бит/с в каналах с шагом сетки радиочастот 25, 12,5 или 6,25 кГц. Поддерживает работу практически всех основных промышленных протоколов. Встроенная функция удаленной диагностики позволяет в оперативном режиме контролировать состояние устройства (наличие питания, температуру, напряжение, мощность сигнала, наличие соединения с антенно-фидерным устройством). Поддерживает работу в режиме DOX (data-activated transmit), не требующем использования сигнала RTS для управления потоком данных: передача инициируется поступлением данных на порт радиомодема. Поддерживает управление сигналом CTS в случаях, когда скорость передачи данных от терминального устройства превышает скорость обмена данными в радиоканале. Имеет три режима сбережения энергии (пониженного потребления) для объектов, на которых применяется

- Высокая отказоустойчивость:
 - два независимых приемника и передатчика;
 - встроенный управляющий контроллер, обеспечивающий автоматическое переключение на резервное устройство в случае аварии;
 - аудио и визуальные средства сигнализации.
 - Программная настройка выходной мощности
 - Удаленная диагностика
 - Совместимость с радиомодемами T-96SR
 - Установка в 19"-шкаф.

Т а б л и ц а 10. Основные технические характеристики приемопередатчика RNet JSLM

Модель		RNet JSLM	
Общие характеристики			
	УВЧ	ОВЧ	
Диапазон частот	406...430, 450...470 МГц	132...174 МГц	
Шаг сетки частот	6,5 или 10 кГц	5; 6,25; 7,5 (132...150 МГц) 2,5 кГц (150-170 МГц)	
Ток нагрузки:			
Передача при 13,3 В	1500 мА (макс.)		
Прием при 13,3 В	95 мА		
Рабочее напряжение	6...15 В		
Рабочая температура	-30...+60 °С		
Габаритные размеры	75,0×62,5×25,0 см		
Интерфейс	RS-232		
Приемник			
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	
Чувствительность	-116 дБ для соотношения сигнал/шум 12 дБ		
Избирательность	70 дБ @ 25 кГц, 60 дБ @ 12,5 кГц		
Время реакции приемника	<7 мс		
Передатчик			
Полоса пропускания без подстройки	406...430: 24 МГц; 450...470: 20 МГц	132...150: 18 МГц; 150...174: 24 МГц	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	Настраиваемая 1...4 Вт		
Рабочий цикл	50% @ 4 Вт, 5 с макс. время передачи		
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	
Время атаки передатчика	<7 мс		

Т а б л и ц а 11. Параметры асинхронного радиомодема T-96SR

Модель		T-96SR		
Общие характеристики				
	УВЧ	ОВЧ	900 МГц	
Диапазон частот	380...512 МГц	132...174 МГц	928...960 МГц	
Шаг сетки частот	12,5 или 25 кГц	12,5 или 25 кГц	12,5 или 25 кГц	
Ток нагрузки:				
Передача при 13,3 В	1800 мА	1600 мА	2300 мА	
Прием при 13,3 В	125 мА	120 мА	135 мА	
Рабочее напряжение	10... 16 В			
Рабочая температура	-30...+60 °С			
Габаритные размеры	10,7×8,3×5,5 см			
Рабочий режим	Симплекс или полудуплекс			
Приемник				
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	1,5 ppm	
Чувствительность	0,35 мкВ для соотношения сигнал/шум 12 дБ			
Избирательность	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	72 дБ @ 25 кГц 63 дБ @ 12,5 кГц	
Время реакции передатчика	<7 мс			
Передатчик				
Полоса пропускания без подстройки	450...470: 20 МГц другие: 16 МГц	132...150: 18 МГц 150-174: 24 МГц	928...960: 32 МГц	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	Настраиваемая 1...5 Вт			
Рабочий цикл	50% @ 5 Вт, 30 с макс. время передачи			
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm		
Модем				
Скорость	4800, 9600 или 19 200 (25 кГц)			
Управление	RTS-CTS (задержка до 30 мс при работе в режиме ретранслятора)			
Вид модуляции	DRCMSK			

питание от аккумуляторов или солнечных батарей: режим ожидания (sleep mode), экономичный режим (suspend mode) и режим изменяемой выходной мощности (variable output power mode). В первых двух режимах энергопотребление составляет не более 15 мА. Перевод радиомодема

из режима ожидания в рабочий режим занимает не более 100 мс без потери данных. В режиме ожидания радиомодем автоматически с заданной периодичностью проверяет состояние радиоканала. Имеет два последовательных порта: для передачи данных и настройки.

Еще один модем из этого семейства — асинхронный радиомодем Integra-H — представляет собой не требующее сложной настройки «прозрачное» устройство для работы на открытых (для США и Канады) радиочастотах по принципу скачкообразного изменения частоты в диапазоне 902-928 МГц (рис. 14, таблица 15). Для обмена данными не требуется специального протокола обмена. Они передаются в радиоканал в той последовательности, в которой были приняты радиомодемом от контроллера, терминала или компьютера по интерфейсу RS-232 без искажений и дополнительной обработки. Модем обеспечивает отсечку посторонних данных при передаче в радиоканале. Предназначен для построения современных радиосетей сбора данных и удаленного управления стационарными объектами. Имеет встроенный специализированный маломощный приемопередатчик с малым временем доступа к радиоканалу. Обеспечивает асинхронный обмен данными на скоростях 9600–25 600 бит/с. Поддерживает работу практически всех основных промышленных протоколов. Встроенная функция удаленной диагностики позволяет в реальном масштабе времени контролировать состояние устройства (наличие питания, температуру, напряжение, мощность сигнала, наличие соединения с антенно-фидерными устройствами). Поддерживает работу в режиме DOX и управление сигналом RTS. Имеет два режима сбережения энергии (пониженного потребления) для объектов, на которых применяется питание от аккумуляторов или солнечных батарей: режим ожидания и режим изменяемой выходной мощности. В режиме ожидания энергопотребление составляет не более 20 мА. Имеет два последовательных порта: для передачи данных и настройки.

Другой радиомодем SSM-100 (SSM-100/F), уже синхронный, представляет собой «прозрачное» устройство реального времени, для обмена данными не требуется специального протокола обмена, данные передаются в радиоканал в той последовательности, в которой были приняты по интерфейсу RS-232 без дополнительной обработки. Он предназначен для построения радиосетей сбора данных и управления удаленными стационарными объектами, имеет встроенный специализированный приемопередатчик с малым временем доступа к радиоканалу, обеспечивает обмен данными на скоростях 19 200 или 9600 бит/с в каналах с шагом сетки радиочастот 25 или 12,5 кГц (15 и 30 кГц для поддиапазона 132-174 МГц). Поддерживает работу основных промышленных синхронных протоколов, а имеющиеся настройки позволяют формировать цифровой ретранслятор из двух радиомодемов. Имеет встроенную функцию удаленной диагностики. Краткая сводка характеристик приведена в таблице 13.

Кроме перечисленных устройств, при проектировании беспроводных систем телеметрии незаменимыми могут оказаться преобразователи протоколов и интерфейсов, различные связные контроллеры, которые обеспечивают сопряжение нескольких устройств по интерфейсам RS-232 и RS485, маршрутизацию данных и реализацию различных схем дублирования аппаратуры. Они, как правило, позволяют реализовывать функции удаленной диагностики и управления радиомодемами.

Т а б л и ц а 12. Технические характеристики радиомодема T-Base/R

Модель	T-Base/R		
Общие характеристики			
	ОВЧ	УВЧ	900 МГц
Рабочий диапазон:			
Без дуплексера	132...174 МГц	403...512 МГц	928...960 МГц
С дуплексером	148...174 МГц	406...512 МГц	928...960 МГц
Количество каналов	8		
Габаритные размеры	13,1×47,5×23,1 см		
Приемник			
Чувствительность	<0,35 мкВ при соотношении сигнал/шум 12 дБ		
Потр. мощность (12 В)	300 мА (200 мА полудуплекс)		
Передатчик			
Полоса рабочих частот	132...150: 18 МГц 150...174: 24 МГц	450...470: 20 МГц Другие: 16 МГц	928...960: 32 МГц
Выходная мощность	1...5 Вт без дуплексера; 0,7...3,5 Вт с дуплексером		
Время реакции	<7 мс		
Потр. мощность (12 В)	1,8 А	2,0 А	2,5 А
Модем			
Режим работы	Полудуплекс (базовая станция), дуплекс (базовая станция и ретранслятор)		
Скорость обмена данными	4800, 9600 или 19200 бит/с		
Модуляция	DRCMSK		
Задержка RTS/CTS	30 мс (при отключенном режиме диагностики)		
Диагностика			
Удаленные объекты	RSSI, показатель качества принимаемого сигнала, питающее напряжение, мощность прямого и отраженного сигнала (только для удаленных объектов, работающих с выходной мощностью 5 Вт), температура		

Т а б л и ц а 13. Технические характеристики радиомодема SSM-100

Модель	SSM-100		
Общие характеристики			
	УВЧ	ОВЧ	900 МГц
Диапазон частот	380-512 МГц	132-174 МГц	928-960 МГц
Шаг сетки частот	12,5 или 25 кГц	15 или 30 кГц	12,5 или 25 кГц
Ток нагрузки:			
Передача при 13,3 В	1800 мА	1600 мА	2300 мА
Прием при 13,3 В	125 мА	120 мА	135 мА
Рабочее напряжение	10-16 VDC		
Рабочая температура	-30 до +60 °С		
Габаритные размеры	10,7×8,3×5,5 см		
Рабочий режим	Симплекс или полудуплекс		
Приемник			
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	1,5 ppm
Чувствительность	0.35 мкВ для соотношения сигнал/шум 12 дБ		
Избирательность	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	72 дБ @ 25 кГц 63 дБ @ 12,5 кГц
Время атаки передатчика	<7 мс		
Передатчик			
Полоса пропускания без подстройки	450-470: 20 МГц; другие: 16 МГц	132-150: 18 МГц; 150-174: 24 МГц	928-960: 32 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	Настраиваемая 1-5 Вт		
Рабочий цикл	50% @ 5 Вт 30 с макс. время передачи		
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	
Модем			
Скорость	4800, 9600 или 19 200 (25 кГц)		
Управление	RTS-CTS (задержка до 40 мс при работе в режиме ретранслятора)		
Вид модуляции	DRCMSK		

Т а б л и ц а 14. Технические характеристики радиомодема Integra-TR

Модель	Integra-TR		
Общие характеристики			
	УВЧ	ОВЧ	900 МГц
Диапазон частот	380-512 МГц	132-174 МГц	928-960 МГц
Шаг сетки частот	6,25; 12,5; 25 кГц	6,25; 12,5; 25 кГц	6,25; 12,5; 25 кГц
Ток нагрузки:			
Передача	1800 мА	1800 мА	1800 мА
Прием	125 мА	125 мА	125 мА
Режим сбережения	15 мА	15 мА	15 мА
Рабочее напряжение	10 - 16 VDC		
Рабочая температура	-30 до +60 °С		
Габаритные размеры	10,7×8,3×5,5 см		
Рабочий режим	Симплекс или полудуплекс		
Приемник			
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	1,5 ppm
Чувствительность	0.35 μ V для соотношения сигнал/шум 12 дБ		
Избирательность	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	75 дБ @ 25 кГц 65 дБ @ 12,5 кГц	72 дБ @ 25 кГц 63 дБ @ 12,5 кГц
Время атаки передатчика	<7 мс		
Передатчик			
Полоса пропускания без подстройки	450-470: 20 МГц Другие поддиапазоны: 16 МГц	132-150: 18 МГц 150-174: 24 МГц	928-960: 32 МГц
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	Настраиваемая 1-5 Вт		
Рабочий цикл	50% @ 5 Вт, 30 с макс. время передачи		
Стабильность частоты	1,5 ppm	2,5 ppm	1,5 ppm
Модем			
Скорость	2400, 4800, 9600 или 19 200 (25 кГц)		
Управление	RTS-CTS (задержка 4 мс), DOX		
Вид модуляции	DRCMSK		



Рис. 13.



Рис. 14.

Еще одним незаменимым прибором в беспроводных системах сбора данных может оказаться HiPR-900, не требующий лицензии (в США и Канаде) IP/Ethernet модуль связи производства компании Dataradio, работающий в диапазоне частот 902...928 МГц. Он обеспечивает надежную связь на больших дистанциях. При использовании HiPR-900 вы можете расширить вашу IP-сеть для использования в мобильных промышленных системах сбора данных и SCADA-приложениях. Скорость передачи может настраиваться; максимальное ее значение составляет 512 кбит/с, что довольно много для беспроводной системы. Благодаря высокой скорости передачи данных этот прибор может использоваться для передачи видео или другого интенсивного трафика. HiPR-900 может быть использован либо как точка доступа, либо как удаленная точка. Кроме того, каждый модуль может быть сконфигурирован либо как мост, либо как маршрутизатор. Использование режима моста позволяет существенно сократить время развертывания сети. Режим же маршрутизатора дает дополнительные возможности по настройке структуры сети и, кроме того, позволяет увеличить эффективность и надежность передачи критически важных данных. Широкий диапазон рабочих температур (-30...+60 °С) также расширяет область применения HiPR-900 и обеспечивает его использование без дополнительного термостатирования в большинстве приложений для автоматизации производственных процессов. Итак, рассмотрены основные принципы построения стационарных радиосетей, а также дан краткий обзор основных аппаратных средств, необходимых для их реализации. **Б**

Т а б л и ц а 15. Основные параметры радиомодема Integra-H

Модель	Integra-H	
Общие характеристики		
Диапазон частот	902-928 МГц	
Метод доступа	Автоматическое скачкообразное изменение частоты (СИЧ)	
Полоса частот	26 МГц	
Ток нагрузки:		
Передача при 13,3 В	200 мА	
Прием при 13,3 В	650 мА	
Режим сбережения	20 мА	
Рабочее напряжение	10 - 16 В постоянного тока	
Рабочая температура	-30 до +60 °С	
Габаритные размеры	12,1×11,4×5,6 см	
Рабочий режим	Симплекс	
Приемник		
Стабильность частоты	1,5 ppm	
Вероятность ошибки (BER)	1 x 10 ⁻⁶ (19200 бит/с: -100 дБм; 9600 бит/с: -104 дБм)	
Избирательность	75 дБ	
Передатчик		
Выходная мощность при напряжении 13,6 В	Настраиваемая 0,1-1 Вт	
Рабочий цикл	100%	
Стабильность частоты	1,5 ppm	
Модем		
Скорость в радиоканале	9600-25 600 бит/с	
Скорость по порту	300-1920 бит/с	
Управление	RTS-CTS, DOX	
Время задержки	< 1 мс (DOX); 4 мс (RTS/CTS)	