

вания более простой распределенной схемы подключения (вместо централизованной) и обладают повышенной надежностью по сравнению с аналогами коммерческого (офисного) Ethernet. Промышленные требования по степени защиты (например, NEMA 4x или IP67 и выше), предъявляемые к аппаратуре Ethernet, предусматривают способность оборудования выдерживать экстремальные значения температур (в пределах $-40...85$ °С) и даже воздействие жидкости и пыли, сохраняя надежную работоспособность в течение нескольких лет.

Чтобы исключить наибольшую долю дополнительных затрат на защитные оболочки кабелей Ethernet, предохраняющие от повреждений и обеспечивающие монтаж их в 19-дюймовые стойки, используются ударопрочные пластмассы и резиновые материалы Tyco Electronics. Кроме воздействия экстремальных температур аппаратура промышленных сетей Ethernet выдерживает скачки напряжений питания (IEEE-472), сильной вибрации (IEC 68-2-6), а также в опасных зонах (UL 1604, CSA C22.2/213 (Class 1, Div.2)). Отнесение промышленных коммутаторов Ethernet к классу Class 1, Div.2 позволяет эксплуатировать их в опасных зонах при наличии легковоспламеняющихся газов или частиц, в частности, в нефтегазовой, полу-

проводниковой, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей отраслях.

В 2006 г. доля продукции для сетей Ethernet составила 76% общего рынка товаров для промышленной автоматизации, а к 2012 г. доля сетевых и шинных технологий Ethernet возросла до 81% рынка объемом более 1 млрд. долл. США. Это обусловлено еще и тем, что системы промышленного Ethernet доступны обслуживающему персоналу и рассчитаны на минимальную поддержку с применением простых инструментальных средств и использованием интерфейса для просмотра данных либо конфигурации, аналогично Web-браузеру. В этом случае заводской персонал сможет обслуживать и контролировать систему самостоятельно, не обращаясь к помощи ИТ-специалистов.

Список литературы

1. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций. Монография/ Под ред. О.В. Крюкова – Н. Новгород, Вектор ТиС. Т.1. 2010.
2. Крюков О.В. Электрооборудование и автоматизация комплекса КНС // Автоматизация в промышленности. 2011. №12.
3. Крюков О.В. АСУ водооборотными системами с градирнями // Автоматизация в промышленности. 2012. №8.

Крюков Олег Викторович – канд. техн. наук, доцент, гл. специалист ОАО «Газпрогазцентр».

Контактный телефон (831) 428-25-84.

[http:// www.gunprogazcenter.pф](http://www.gunprogazcenter.pф) E-mail: o.kryukov@ggc.nnov.ru

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕТРИИ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

С.С. Баскаков (Компания МешПоджик)

Описана беспроводная система мониторинга ML-SM, показаны ее ключевые особенности и преимущества, приведены некоторые варианты использования для решения различных прикладных задач. На примере системы ML-SM продемонстрированы возможности построения современных беспроводных систем телеметрии на базе беспроводных сенсорных сетей, а также указаны основные их ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании беспроводных систем сбора данных подобного типа.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, беспроводные датчики, системы телеметрии, мониторинга и распределенного сбора данных.

Введение

Технологии беспроводной связи постоянно развиваются в самых различных направлениях, улучшаются их технические характеристики (скорость передачи данных, помехоустойчивость, энергопотребление элементной базы и т.д.) и расширяется диапазон их применения. За последние 10...20 лет одним из наиболее ярких проявлений этого прогресса является появление относительно нового класса беспроводных сетей передачи информации – беспроводных сенсорных сетей (БСС).

Сенсорными сетями называют беспроводные многоячейковые (mesh) сети с низкой скоростью передачи данных и сверхнизким энергопотреблением, основное назначение которых заключается в сборе показаний от распределенных в пространстве датчиков. Области применения БСС: автоматизация зда-

ний, промышленная автоматика, безопасность и оборона, здравоохранение, сельское хозяйство и т.д.

Главными особенностями БСС являются самоорганизация и адаптивность к условиям эксплуатации, поэтому требуются минимальные затраты при развертывании такой сети на объекте и при последующем ее сопровождении в процессе функционирования.

Поддержка многоячейковой топологии и способность узлов в случае необходимости ретранслировать сообщения других устройств обеспечивает значительную площадь покрытия системы при малой мощности передатчиков и устойчивость сети к отказу отдельных узлов или беспроводных соединений по различным причинам (появление помех или препятствий, физическое повреждение или перемещение узла и т.д.), что позволяет эксплуатировать сеть в зданиях и на промышленных объектах с неблаго-

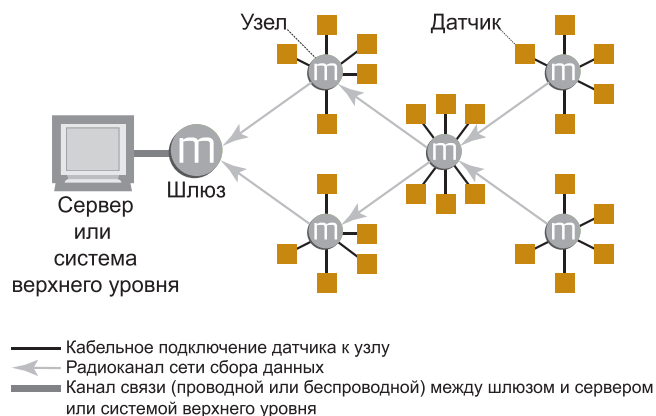


Рис. 1. Общая схема беспроводной системы мониторинга ML-SM

приятными условиями распространения радиоволн. При этом узлы самостоятельно определяют оптимальные маршруты доставки данных и корректируют их в режиме РВ при изменении топологии сети.

Аппаратное обеспечение беспроводных узлов и протоколы сетевого взаимодействия между ними оптимизированы по энергопотреблению для достижения длительного срока эксплуатации системы при автономных источниках питания (батареи, аккумуляторы и т. п.). В зависимости от режима работы время жизни узла может достигать нескольких лет.

Таким образом, решения на базе беспроводных сенсорных сетей имеют следующие преимущества по сравнению с проводными системами:

- отсутствие необходимости в прокладке кабелей для электропитания и передачи данных;
- низкая стоимость монтажа, пуско-наладки и технического обслуживания системы;
- минимальные ограничения по размещению беспроводных устройств;
- возможность внедрения и модификации сети на эксплуатируемом объекте при минимальном вмешательстве в процесс его функционирования;
- надежность и отказоустойчивость всей системы в целом при нарушении отдельных соединений между узлами или выходе некоторых узлов из строя.

Несколько лет назад в статье [1] уже было сказано об особенностях БСС с практической точки зрения, но за прошедшее с тех пор время многое изменилось. Во-первых, принят стандарт ISA 100.11a, который наряду со стандартом WirelessHART предназначен для создания БСС в области автоматизации промышленного производства. Во-вторых, на российском рынке появились импортные и отечественные решения для построения БСС различного назначения. И, наконец, самое важное – со стороны специалистов,

в том числе и по автоматизации в промышленности, возрастает интерес к технологиям БСС, поскольку их применение позволяет решать задачи, в которых использование традиционных проводных каналов связи ограничено или невозможно по техническим, экономическим или организационным причинам.

В данной статье описана отечественная беспроводная система мониторинга ML-SM, показаны основные ее особенности и отличия от существующих аналогов, а также приведены примеры приложений. Эта информация позволит потенциальным потребителям подобных систем телеметрии составить более точное представление о целесообразности использования БСС в своих задачах по сбору данных.

Принцип действия и основные особенности

Назначение системы ML-SM – создание беспроводных радиочастотных сетей сбора данных от распределенных в пространстве датчиков и обработки телеметрической информации.

Система ML-SM представляет собой беспроводную сенсорную сеть, состоящую из множества распределенных в пространстве беспроводных узлов ML-SM-N, к каждому из которых подключены внешние датчики через соответствующие модули сопряжения ML-SM-Sx, одного беспроводного шлюза ML-SM-G и сервера на базе ПК (рис. 1).

В соответствии с периодом, заданным в настройках системы, беспроводной узел ML-SM-N автоматически выполняет нормализацию, фильтрацию, аналого-цифровое преобразование и первичную обработку сигналов с подключенных к нему внешних датчиков, а также диагностику возможных неисправностей (в частности, обрыв контакта или короткое замыкание в соединениях датчиков). Далее, полученные значения отправляются в виде пакета с цифровыми данными по радиоканалу беспроводному шлюзу ML-SM-G. В стандартном варианте период опроса датчиков может быть 5 с...1 ч, то есть система ML-SM ориентирована на контроль медленно меняющихся параметров, но в дальнейшем планируется ее развитие для поддержки динамических измерений с временной синхронизацией пространственно-распределенных узлов, что необходимо, например, в системах телеметрии с корреляционным анализом.

В большинстве аналогичных беспроводных решений предполагается использование либо специализированных беспроводных датчиков различных физических величин (например, продукция компаний Emerson, Yokogawa и Honeywell), либо набора беспроводных адаптеров для произвольных внешних датчиков (например, оборудование компаний MicroStrain, Wireless Sensors и BeanAir). Недостаток первого



Рис. 2. Беспроводной узел ML-SM-N

Таблица 1. Совместимые типы датчиков

Модуль сопряжения	Тип датчика	Число каналов, ед.
ML-SM-SB	тензорезистивные датчики	1
ML-SM-SP	потенциометрические датчики	4
ML-SM-STC	термоэлектрические преобразователи температуры (термопары)	2
ML-SM-S1W	датчики с цифровым выходом 1-Wire и I2C/SHTx	16
ML-SM-SVA	датчики с аналоговым выходом по напряжению ± 10 В или току 0...20 мА	3

подхода заключается в узкой номенклатуре выпускаемых беспроводных датчиков и их высокой стоимости. Во втором случае каждая модель беспроводного адаптера ориентирована на определенный вид выходного сигнала датчика (например, токовый выход 4...20 мА), поэтому один беспроводной узел не может обслуживать группу близко расположенных разнотипных датчиков.

В отличие от описанных выше вариантов беспроводной узел ML-SM-N (рис. 2) имеет универсальную модульную конструкцию. В минимальной комплектации узел не обслуживает датчики, а только ретранслирует пакеты от других узлов для обеспечения надежного покрытия радиосвязью по всей территории развертывания БСС. В максимальной комплектации в беспроводной узел ML-SM-N может быть установлено до 4 мезонинных модулей сопряжения ML-SM-Sx (рис. 3), к каждому из которых возможно подключение 1...16 датчиков. Номенклатура совместимых датчиков достаточно обширна (табл. 1) и может быть увеличена путем разработки соответствующих модулей сопряжения.

При этом модули сопряжения могут быть установлены в любом порядке, а также возможны произвольные комбинации модулей различного типа в составе одного узла. Таким образом, каждый беспроводной узел ML-SM-N является многоканальной (до 64 каналов) измерительной системой с гибкой конфигурацией, которую может изменять обслуживающий персонал в полевых условиях. В результате обеспечиваются следующие преимущества:

- модульный принцип комплектации беспроводных узлов позволяет на этапе проектирования системы телеметрии подобрать наиболее оптимальный по стоимости и техническим характеристикам набор оборудования в зависимости от типов и мест размещения датчиков;

- возможность замены или добавления модулей сопряжения в процессе эксплуатации снижает затраты на модернизацию системы или изменение ее функций;

- обслуживание каждым узлом нескольких датчиков (в том числе разнотипных) снижает стоимость



Рис. 3. Модуль сопряжения ML-SM-STC

оборудования сбора данных в пересчете на одну точку измерения (контроля).

Для организации беспроводной сети из множества узлов ML-SM-N и шлюза ML-SM-G используется собственный стек сетевых протоколов MeshLogic, который имеет ряд преимуществ относительно как других проприетарных платформ (например, SmartMesh от Linear Technology, MeshScape от Millennium Net и SensiNet от Wireless Sensors), так и отраслевых стандартов ZigBee, WirelessHART и ISA 100.11a. Маломощные приемопередатчики стандарта IEEE 802.15.4 нелицензируемого диапазона частот 2400...2483,5 МГц обеспечивают дальность связи между соседними узлами до нескольких сотен метров в зависимости от условий распространения радиоволн (открытое пространство, внутри помещений и т.д.). Однако за счет того, что БСС имеет многоячеювую топологию, в которой каждый узел способен в случае необходимости ретранслировать пакеты для их доставки шлюзу, возможно построение распределенных систем со значительной площадью покрытия. При этом беспроводные узлы автоматически выполняют поиск маршрутов доставки пакетов данных как при первоначальном развертывании сети, так и при проблемах с радиосвязью или перемещении отдельных узлов, их выключении для технического обслуживания или выходе из строя. Такая самоорганизация сети обеспечивает повышенную надежность системы сбора информации по сравнению с проводными решениями и упрощает процедуру ее установки.

В составе любой БСС есть шлюз, который является промежуточным элементом между беспроводной сетью сбора данных и системами верхнего уровня, для взаимодействия с которыми могут использоваться различные проводные и беспроводные интерфейсы (RS-232/485, Ethernet, USB, Wi-Fi, GSM/GPRS и т.д.) и стандартизованные протоколы обмена данными (например Modbus). В представленной системе функция беспроводного шлюза ML-SM-G (рис. 4) заключается в передаче беспроводным узлам ML-SM-N параметров режима работы (в частности, период измерения), в приеме от них телеметрической информации и ее накоплении в энергонезависимой памяти с метками времени



Рис. 4. Беспроводной шлюз ML-SM-G

и другой служебной информацией для однозначного последующего восстановления собранных данных из архива. То есть в простейшем случае шлюз выполняет функцию автономного регистратора показаний распределенных в пространстве датчиков.

Далее, с помощью специального ПО (рис. 5) информация из шлюза может быть через локальное или удаленное (например, через сеть сотовой связи) соединение загружена на сервер или АРМ диспетчера для обработки, отображения и экспорта в различных форматах. Если же беспроводная система телеметрии ML-SM должна быть интегрирована в состав вышестоящей системы, то на шлюзе ML-SM-G используется последовательный интерфейс RS-485 с поддержкой стандартного промышленного протокола Modbus RTU.

Области применения

Беспроводная система мониторинга ML-SM может использоваться как отдельный аппаратно-программный комплекс телеметрии для исследований и испытаний, так и в составе различных автоматизированных и информационно-измерительных систем для решения прикладных задач, связанных с распределенным сбором данных. Приведем некоторые примеры приложений из строительной и энергетической отраслей.

Системы мониторинга в области строительства

Задача обеспечения комплексной безопасности строительных сооружений становится все более актуальной, так как возрастает число возводимых объектов с уникальной конструкцией (высотные и большепролетные здания, спортивные сооружения, мосты, дамбы и т.п.), но при этом часто имеют место недочеты при инженерных изысканиях, ошибки при про-

ектировании, низкое качество строительных материалов, нарушение технологии производства работ, ухудшение параметров конструкций, в том числе из-за износа и коррозии, ухудшение свойств материалов, а также различные катастрофические внешние воздействия (землетрясения, наводнения и т.п.). Одним из элементов на пути решения этой задачи является мониторинг технического состояния зданий и сооружений с целью своевременного обнаружения дефектов и принятия мер по их устранению, чтобы избежать человеческих жертв, материального и морального ущерба.

В мировой практике намечается тенденция более широкого использования БСС в системах строительного мониторинга, поскольку их применение значительно сокращает затраты времени и средств на монтаж, пуско-наладку и последующее техническое сопровождение, а также облегчает решение задач климатической и антивандальной защиты. Кроме того, целесообразно использование беспроводных технических средств телеметрии для оценки состояния зданий, представляющих архитектурную и историческую ценность.

В настоящее время имеется опыт успешного использования системы ML-SM в области обеспечения безопасности строительных сооружений – для статического (период измерений >1 мин) непрерывного контроля напряженно-деформированного состояния и структурной целостности строительных конструкций, а также параметров окружающей среды [2]. Как правило, в подобных системах используются следующие типы датчиков: тензорезистивные датчики для измерения механической деформации, потенциометрические датчики раскрытия трещин, инклинометры, а также цифровые комбинированные датчики температуры и относительной влажности.

Кроме того, возможность удаленного доступа к шлюзу ML-SM-G по различным каналам связи позволяет осуществлять мониторинг строительных объектов, находящихся в различных частях города, разных городах или даже странах, без необходимости периодического выезда квалифицированных специалистов на объект. Следовательно, сокращаются общие затраты на обслуживание системы, а оперативность контроля повышается.

Беспроводные системы сбора данных эффективны также в составе временных средств контроля на отдельных этапах строительных работ. Например, система ML-SM используется для наблюдения в режиме РВ за распределением температурных полей в бетонном массиве при твердении [3]. Мониторинг тепловыде-

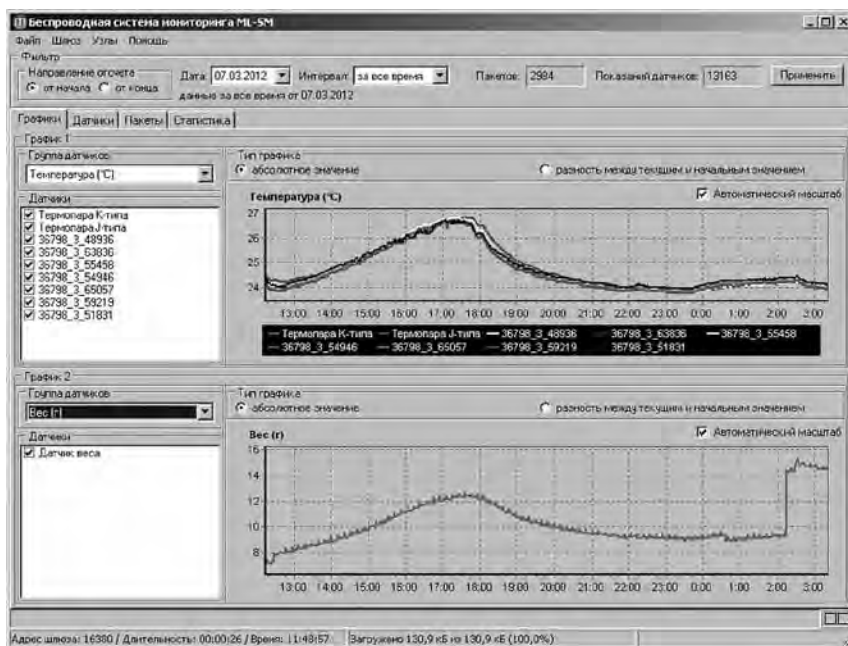


Рис. 5. Программное обеспечение ML-SM

ления бетона и температурно-влажностного режима окружающей среды на стадии интенсивной гидратации позволяет оперативно контролировать качество бетонных работ и более точно прогнозировать дальнейшие эксплуатационные свойства конструкции. Поскольку в данном случае процесс наблюдения длится 1...7 сут. в зависимости от используемого бетона, применять проводные системы телеметрии нецелесообразно из-за существенно больших затрат времени и материалов на установку и демонтаж оборудования, к тому же проведение этих работ затруднено во время активной фазы возведения сооружения.

Системы мониторинга в области электроэнергетики

Примером использования решений MeshLogic в энергетической отрасли является беспроводная система измерения температуры фазных проводов и грозотроса в составе автоматизированного комплекса контроля гололедообразования и плавки льда на высоковольтных воздушных линиях электропередач.

Из-за климатических особенностей в ряде регионов нашей страны такие системы крайне актуальны для обеспечения надежного электроснабжения, поскольку позволяют своевременно обнаружить критическую гололедную нагрузку на проводах и принять меры по ее устранению, снижая риски обрыва проводов и обрушения опор ЛЭП. Но в процессе плавки гололеда необходимо выполнять мониторинг температуры проводов, чтобы исключить деградацию их физических свойств из-за перегрева. Эта задача была решена применением беспроводных датчиков температуры, которые монтируются непосредственно на фазные провода и грозотрос, сокращая затраты на установку системы и обеспечивая полную гальваническую изоляцию между датчиками и полевым контроллером, расположенным на опоре.

Особенности проектирования

Очевидно, что помимо перечисленных выше преимуществ БСС имеют и свои ограничения, которые следует принимать во внимание при проектировании систем телеметрии на их основе. Рассмотрим некоторые из них.

Энергопотребление датчиков

В большинстве приложений БСС требуется работа узлов от автономных источников электропитания в течение длительного времени (вплоть до нескольких лет), поэтому узлы обеспечивают питание как внутренних элементов, так и выносных датчиков в импульсном режиме, то есть они большую часть времени находятся в режиме пониженного энергопотребления и подают питание на отдельные компоненты только в моменты возникновения необходимости.

В беспроводных узлах ML-SM-N основным источником питания являются встроенные Li/SOCL2-батареи (4 ед. типоразмера AA), но возможно и подключение внешней батареи (или аккумуля-

лятора) большей емкости или стационарного блока питания. Для питания внешних датчиков узлом формируется либо фиксированное напряжение 3 В, либо регулируемое напряжение 4...38 В при нагрузочной способности на каждый модуль сопряжения 1 Вт, что позволяет обслуживать в импульсном режиме даже сильнопотребляющие датчики.

Однако для некоторых моделей датчиков подобный вариант электропитания неприменим из-за их большой инерционности и длительного (сопоставимого с периодом измерения) выхода на режим после включения. При этом потребляемая мощность таких датчиков может достигать нескольких ватт, поэтому потребуется внешний стационарный источник питания, что накладывает ограничения на места установки беспроводных узлов.

Следовательно, при проектировании беспроводных систем телеметрии нужно учитывать особенности электропитания предполагаемых к использованию датчиков, отдавая предпочтение тем из них, которые допускают импульсный режим питания, при прочих равных характеристиках (диапазон измерения, точность и т.д.).

Срок службы элементов питания

Срок службы элементов питания беспроводных узлов – один из наиболее важных параметров для большинства применений БСС, поскольку от него во многом зависит техническая и экономическая целесообразность внедрения подобных решений. Следовательно, необходимо на этапе проектирования беспроводной системы телеметрии оценить среднее значение потребляемой мощности узлов при различных вариантах конфигурации оборудования и режимов измерения.

Вклад непосредственно датчиков в энергопотребление узла достаточно просто определить, зная их потребление в активном режиме и задав период и длительность опроса в соответствии с требованиями прикладной задачи. Сложность заключается в расчете энергозатрат на передачу и прием данных по радиоканалу, так как они зависят от характеристик приемопередатчиков, особенностей стека сетевых протоколов (в частности, от метода множественного доступа к среде и протокола маршрутизации пакетов), а также общего объема передаваемого и принимаемого узлом сетевого трафика. При этом следует учитывать не только исходящий поток собственного трафика узла, который зависит от числа подключенных к нему датчиков и режима их опроса, но и пакеты данных, которые узел принимает и передает, выполняя функцию ретранслятора в распределенной сети. Следовательно, среднее энергопотребление беспроводного узла значительно зависит от выбранной архитектуры системы телеметрии и от его положения в топологии сети. Очевидно, наибольшую сетевую нагрузку испытывают узлы, находящиеся около шлюза, поэтому целесообразно принятие следующих мер:

- положение шлюза в топологии сети выбирается таким образом, чтобы его окружало как можно большее число узлов;
- ближайшие к шлюзу узлы оснащаются элементами питания большей емкости или стационарными источниками питания;
- установка в сети нескольких шлюзов для более равномерного распределения сетевого трафика между узлами и повышения надежности системы сбора (например, в системе ML-SM может быть 1...4 шлюзов).

Как правило, автономное электропитание беспроводных узлов осуществляется от химических источников тока (батареи или аккумуляторы) с известной емкостью, поэтому, вычислив среднюю мощность потребления узла, можно оценить срок службы элементов питания до их замены. В качестве дополнительного или альтернативного источника может использоваться солнечная энергия, электромагнитное излучение, механическая вибрация, акустический шум, термоэлектрические модули и т.п., но эти варианты мало распространены из-за того, что доступны только в определенных условиях эксплуатации и/или преобразователи этих видов энергии в электрическую относительно дороги.

К сожалению, на практике оценка срока службы элементов питания осложняется тем, что большинство производителей решений для построения БСС либо вообще не имеют (по крайней мере, в открытом доступе) методик расчета энергопотребления беспроводных узлов в зависимости от перечисленных выше факторов, либо приводят значения только для простейших режимов работы и без учета затрат на маршрутизацию пакетов. Однако для беспроводных узлов MeshLogic разработана математическая модель энергопотребления, которая учитывает особенности их аппаратной реализации и сетевого стека. С помощью данной модели возможно на этапе проектирования системы телеметрии ML-SM оценивать срок службы элементов питания узлов при различных значениях периода измерения и топологии сети, выбирая наиболее оптимальный вариант решения поставленной задачи.

Дальность и надежность радиосвязи

В БСС для передачи данных применяются радиочастотные приемопередатчики с малой выходной мощностью, поэтому дальность радиосвязи небольшая — порядка десятков или сотен метров в зависимости от множества факторов. Однако способность узлов ретранслировать сообщения позволяет обеспечить значительную площадь покрытия беспроводной сети.

Очень часто возникает желание увеличить мощность передатчиков для достижения максимальной возможной дальности радиосвязи между соседними узлами, чтобы уменьшить число ретрансляторов, необходимых для надежного покрытия заданной территории или здания. Но при этом следует учитывать следующие обстоятельства.

Таблица 2. Максимальная допустимая мощность передатчиков

Максимальная ЭИИМ, мВт	Условия использования
10	Нет ограничений
50	Для применения внутри закрытых помещений
100	Допускается применение вне закрытых помещений только для целей сбора информации телеметрии в составе автоматизированных систем контроля и учета ресурсов или систем охраны

Во-первых, с увеличением излучаемой мощности возрастает потребляемый ток в режиме передачи, и, следовательно, сокращается срок службы элементов питания. Учитывая, что даже в идеальном случае (вдоль линии прямой видимости) радиосигнал затухает пропорционально квадрату расстояния, становится понятно, что в сложных условиях распространения радиоволн повышать мощность передатчиков неэффективно с точки зрения энергопотребления, а более целесообразно устанавливать дополнительные ретрансляторы.

Во-вторых, существуют ограничения государственных регулирующих органов на максимальную мощность передатчиков для различных диапазонов частот и условий использования. Например, в беспроводной системе мониторинга ML-SM, как и в подавляющем большинстве аналогичных решений для построения БСС, применяются приемопередатчики стандарта IEEE 802.15.4 частотного диапазона 2,4 ГГц. Согласно действующим в РФ нормативным документам (решения ГКРЧ № 07-20-03-001 от 7 мая 2007 г. и № 11-13-07-1 от 20 декабря 2011 г. и постановления Правительства РФ № 539 от 12 октября 2004 г. и № 837 от 13 октября 2011 г.) для использования подобных устройств не требуется оформление отдельных решений ГКРЧ, разрешений на использование радиочастот и регистрация данных радиоэлектронных средств при условии, что эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (ЭИИМ) не превышает указанные в табл. 2 значения.

При некоторых вариантах архитектуры системы телеметрии (например, в системах мониторинга трубопроводов, мостов, дамб и других протяженных объектов сеть имеет топологию «линейная цепь») возможно использование направленных антенн для увеличения дальности радиосвязи, но отметим, что это даст выигрывать только при приеме радиосигналов, так как нормативами ограничена именно ЭИИМ, то есть мощность передатчика с учетом коэффициента усиления антенны. Тем не менее, в этом случае дальность связи может достигать нескольких километров.

Помимо дальности радиосвязи часто поднимается вопрос о ее надежности, поскольку предубеждение о принципиально меньшей надежности беспроводных решений по сравнению с проводными каналами связи во многом сдерживает применение БСС, особенно в области промышленной автоматизации. Однако при грамотном проектировании БСС каждый узел сети имеет несколько соседних, то есть в системе

имеет место избыточность каналов связи, что в сочетании со способностью узлов самостоятельно автоматически определять альтернативные пути доставки информации в обход поврежденных элементов сети обеспечивает высокий уровень надежности и отказоустойчивости, в некоторых случаях превышающий показатели аналогичных проводных решений.

Заключение

Описанная беспроводная система мониторинга ML-SM является эффективным средством решения различных прикладных задач, связанных со сбором информации с распределенных в пространстве датчиков. Основными ее преимуществами являются:

- гибкость конфигурации при установке датчиков и узлов;
- совместимость с широкой номенклатурой датчиков, выпускаемых серийно различными производителями;
- снижение трудозатрат на монтаж, пуско-наладку и сопровождение;
- простота модификации и наращивания системы;
- высокая отказоустойчивость в условиях возможного выхода из строя датчиков или узлов;
- длительный срок службы элементов питания узлов за счет автоматического перехода узлов в «спящий» режим.

*Баскаков Сергей Сергеевич — канд. техн. наук, ген. директор компании MeshЛоджик.
Контактный телефон (495) 920-20-80.
E-mail: baskakov@meshlogic.ru*

Модульная многоканальная конструкция беспроводных узлов ML-SM-N позволяет значительно снизить как первоначальные капитальные вложения в проект реализации беспроводной системы телеметрии, так и затраты при возможной модернизации системы в процессе эксплуатации. Если при этом прогнозируемый экономический эффект от внедрения беспроводной системы мониторинга ML-SM и аналогичного проводного или беспроводного решения равны, то предлагаемый подход позволяет значительно снизить срок окупаемости проекта, что особенно важно в текущей экономической ситуации [4].

Список литературы

1. Баскаков С.С. Беспроводные сенсорные сети: вопросы и ответы//Автоматизация в промышленности. 2008. № 4.
2. Баскаков С.С. Беспроводная система мониторинга состояния строительных конструкций//Беспроводные технологии. 2010. № 3.
3. Адамцевич А.О. Технология калориметрического контроля для прогнозирования эксплуатационных свойств бетонов на стадии интенсивной гидратации//Сб. докладов IV Междунар. научно-практич. конф. НТТМ-2012. Москва. 2012.
4. Ицкович Э.Л. Малобюджетная автоматизация производства в условиях кризиса//Автоматизация в промышленности. 2010. № 3.

БЕСПРОВОДНЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ZIGBEE ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А.Д. Яманов, Д.А. Алевский, А.Е. Плеханов (ООО «Аналитик-ТС»)

Рассмотрены особенности отказа от кабельных линий связи в пользу локальных беспроводных сетей передачи данных в АСУ. Вопросы «стыковки» беспроводных каналов с объектами АСУ и управляющим терминалом раскрыты на примере решений компании «Аналитик-ТС» (AnCom).

Ключевые слова: ZigBee, модем, беспроводная связь, автоматизация, система, управление, передача данных.

Отказ от проводных каналов связи

Немалая часть проблем при развертывании, модернизации или перемещении производственных площадок в АСУ связана с прокладкой и дальнейшей эксплуатацией проводных каналов связи между контроллерами, датчиками, измерительными приборами и управляющим терминалом. Чрезмерные затраты и ошибки при прокладке кабеля между многочисленными объектами АСУ, трудоемкие и путаные разводки и кроссировки, обслуживание и устранение обрывов, сложно-



Рис. 1. ZigBee Pro модем AnCom RZ/B: крепление на DIN-рейку, диапазон температур -40...70°С

сти при согласовании земляных работ и их проведении, непреодолимые препятствия, использование в системе «дрейфующих» передвижных/временных либо просто высоких установок, перепрокладка сетей при переезде или модернизации... Прибавьте к этому специфические сложности при прокладке кабельных линий связи, собственные особенности каждой конкретной АСУ, находящейся в зависимости от проводов.

Кроме того, некоторые ситуации попросту не предполагают проведения кабельных работ, например, в силу особенностей кон-