

мы реализовать различные архитектуры. Коммутатор имеет до двух оптических портов 100BaseFx и до восьми обычных 100BaseTx, а также RS-232 – для подключения консоли. Наиболее простая из реализуемых им топологий – кольцо (рис. 7).

Чтобы логически кольцо выглядело шиной, один из сегментов находится в отключенном ("резервном") состоянии. При разрыве любого из действующих сегментов, резервный переходит в рабочее состояние, и связь автоматически восстанавливается менее чем за 300 мс. Не всегда на объекте бывает удобно соединить все коммутаторы в одно единственное кольцо. ED6008 позволяет разбить сеть на любое количество колец, сохранив ее отказоустойчивость (рис. 8).

В ряде случаев требование резервирования распространяется не только на сеть, но и на устройства. При этом, обычно каждый процессор резервированного устройства имеет отдельный порт Ethernet и может быть подключен к отдельному отказоустойчивому кольцу (рис. 9).

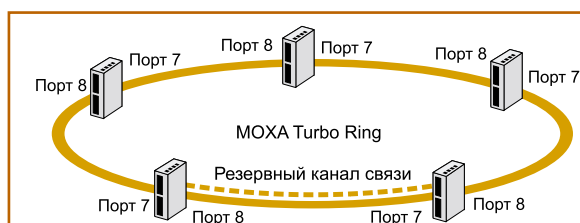


Рис. 7. Отказоустойчивое кольцо Turbo Ring

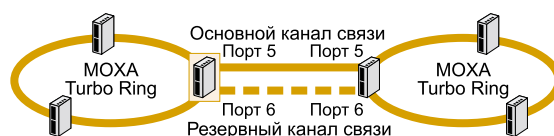


Рис. 8. Резервирование связи между отказоустойчивыми кольцами

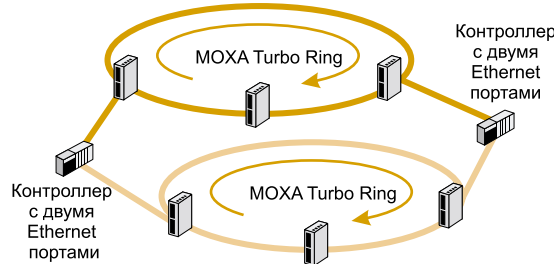


Рис. 9. Полностью резервированная система

Кроме широких возможностей по созданию различных вариантов отказоустойчивых сетевых архитектур, другие характеристики ED6008 явно указывают на его

предназначение для самых тяжелых промышленных условий: монтаж на DIN-рельс; рабочая температура $-40...75\text{ }^{\circ}\text{C}$; реле отказа, 2 дискретных входа = 24В; управление через Web, SNMP – OPC-сервер; резервированное питание = 24В.

Выбор поставщика

Основные производители поставляемого в Россию оборудования, описанного в статье, – Мох, Advantech, ICP DAS, Hirshmann, SIXNET, VScom, Kron. Большинство из них (включая и тайваньские фирмы) имеют статус общемировых брендов. Компания ИнСАТ приложила усилия к тому, чтобы предоставить заказчикам продукты от всех основных поставщиков и тем самым обеспечить

максимальный выбор – начиная с экономичных, но надежных решений от менее известных фирм, и заканчивая наиболее раскрученными марками.

Линке Сергей Андреевич – менеджер по коммуникационному оборудованию компании ИнСАТ.

Контактные телефоны: (095) 195-31-47, 195-69-92.

E-mail: linke@insat.ru Http://www.insat.ru

Радиодлинители входов/выходов – изящество простых решений

Е.В. Егоров (ООО "ЭФО")

Сформулированы преимущества и перспективы применения технологии Wireless I/O на удаленных промышленных объектах. Приводятся технические характеристики устройств данного класса, предлагаемых компанией Phoenix Contact.

Рассмотрим внешне простую задачу. Допустим, на некоем предприятии есть компрессорный цех, обеспечивающий циркуляцию хладагента в основном технологическом оборудовании. Предприятие новое, цех современный, управление им полностью автоматическое, мощность управляющей машины в видах будущих модернизаций производства установлена с большим запасом, состояние оборудования выводится на красивый диспетчерский АРМ на базе РС. И вот на предприятии запускают новое производство, и появляется еще два компрессора, которые надо включить в общую диспетчерскую систему. Казалось бы, что проще – свободных слотов в корзине управляющего контроллера достаточ-

но, покупаем дополнительный модуль входов/выходов, вносим небольшие изменения в программу, подключаем сигнальные кабели к клеммам и... не тут-то было. Потому, что новая компрессорная находится в противоположном углу промплощадки, и подключение к центральной управляющей машине сигналов от одной термомпары, манометра и трех контакторов превращается в сложнейшую строительную-монтажную задачу.

Столкнувшийся сегодня с подобной проблемой эксплуатационник или системный интегратор с удивлением обнаружит отсутствие простых и недорогих в реализации решений. Хорошо, если возможность появления территориально удаленного оборудования предусмотрена про-

ектом изначально и имеются хотя бы заранее заложенные каналы для прокладки сигнального кабеля или витой пары. А если нет, как это обычно и бывает? Начинаем обследование имеющихся коммунальных сетей по полной программе на предмет выявления технической возможности, тащим кабель через канализационный коллектор или вообще копаем новую траншею, ради чего приходится на сутки отключить на всем предприятии подачу воды и прервать работу железнодорожной ветки? Есть, конечно, альтернатива: устраиваем связь по выделенному радиоканалу. Покупаем два радиомодема — по одному с каждой стороны, вновь установленное оборудование понадобится еще оснастить контроллером с СОМ-портом потому, что сам по себе модем показаний манометра читать не умеет. Все это конфигурируем и программируем. Потом пишем письмо в соответствующие Госорганы о разрешении на использование канала связи и 3 мес. ждем положительного ответа, а потом все это не работает потому, что помехи, возникающие при включении 150 кВт двигателей насосов расположенной рядом канализационной станции, дают любой сигнал. При виде таких проблем в реальной жизни в большинстве случаев просто плюют и устраивают на удаленном производственном посту локальный щит управления, никак не связанный с АСУ производством в целом. Можно и так, но идеологически это неправильно, потому что, когда производственный процесс разваливается на набор никак не связанных между собой технологических циклов, об эффективности управления приходится забыть.

За всем этим возникает мысль: вот бы сделать такую недорогую штуку, которая просто преобразовывала бы сигнал, скажем, стандартного токового выхода 4...20 мА в нечто, пригодное для передачи по радиоканалу. А с другой стороны этого канала стоял бы "симметричный" преобразователь, который превращал бы этот радиосигнал обратно в 4...20 мА (или вообще сразу в последовательность битов для внутренней шины контроллера). При этом наша гипотетическая "штука":

- не должна быть завязана на какие-то конкретные стандарты вычислительных сетей или полевых шин;
- должна работать по принципу "plug-n-play", то есть не требовать драйверов и конфигураторов;
- желательно должна работать в диапазоне частот и мощностей, не требующем специальных разрешений на применение;
- должна обеспечивать высокий уровень помехоустойчивости;
- и, при всем этом, должна быть дешевле комплекта "радиомодем +

контроллер + программирование + разрешение на применение".

Может показаться странным, но за всеобщим увлечением последних лет сетевой идеологией и всевозможным блютузом подобные устройства начали появляться только в последнее время. В англоязычной литературе устройства этого класса и соответствующая идеология получили наименование Wireless I/O (рис.1). Насколько известно автору, устоявшегося русскоязычного термина для перевода пока нет, а наиболее подходящим по сути кажется вариант "радиодлинитель входов/выходов" (по аналогии с радиодлинителем телефонных линий), который и использован в заглавии статьи.

Идеологические основы

Итак, рассмотрим перспективы применения устройств, предназначенных для прямого преобразования показаний объектных датчиков (как аналоговых, так и дискретных) в радиосигнал с последующим приемом и интерпретацией этого сигнала процессором управляющей машины, а также для обратного процесса передачи по радиоканалу управляющих воздействий. В последнее время подобные устройства все шире применяются за рубежом при выполнении проектов расширения и модернизации производств [1]. В основном подобные устройства пока используются в системах сбора данных, однако есть и примеры применения для организации автоматического управления объектом в РВ.

Ограничения применимости идеологии радиодлинителей в задачах управления в РВ связаны в основном с ограниченностью полосы пропускания радиоканала. Этот фактор обуславливает достаточно невысокий верхний предел как для скорости обмена данными — что ограничивает возможность управления быстрыми процессами в РВ, так и для числа сигналов, "обслуживаемых" одним удлинителем. Поэтому при увеличении числа точек сбора информации использование "сетевых" разновидностей беспроводных коммуникаций становится более выгодным экономически. Кроме этого физического ограничения, есть еще психологическое: само слово "беспроводной канал" зачастую отпугивает инженера-практика, так как он сразу начинает думать о мучительной борьбе с помехами и возможной цене сбоя в реальной системе. Понимание того, что современные средства позволяют легко решить эту проблему, требует времени.

Системы сбора данных на базе радиодлинителей входов/выходов сегодня предлага-

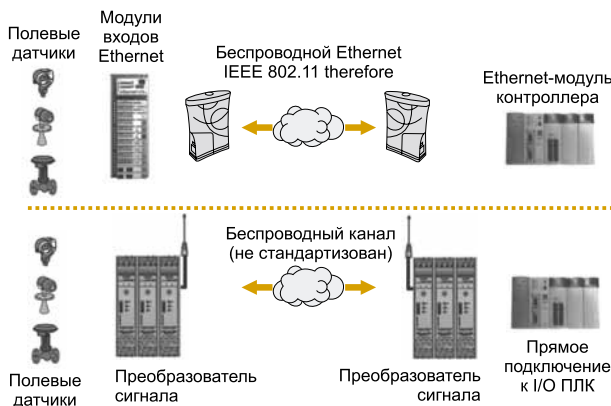


Рис. 1. Wireless I/O – это не сеть, а просто повторитель сигналов, которые от датчиков поступают непосредственно на аналоговые или дискретные входы контроллера, только не по кабелю, а побывав в эфире. Нет необходимости что-либо ни адресовать, ни программировать, просто подключаем модуль радиодлинителя

гаются многими производителями. Для того, чтобы психологически облегчить пользователю восприятие идеологии Wireless I/O, некоторые из них, как, например, Accutech и Honeywell, предлагают сложные многофункциональные системы со встроенными датчиками физических величин, расширениями для ввода/вывода аналоговых сигналов, беспроводными линиями интерфейсов RS-232/485 Modbus. Правда, системы эти сами относятся уже скорее к классу специализированных беспроводных сетей закрытой архитектуры, а основное преимущество Wireless I/O — простота в использовании и универсальность — при этом теряется. Ряд производителей активно разрабатывает именно такие простые системы радиодлинителей универсального применения. Одним из лидеров среди производителей подобного оборудования является известная фирма Phoenix Contact.

Радиодлинители входов/выходов от Phoenix Contact

Разработки устройств обсуждаемого класса были начаты американским подразделением Phoenix Contact в сотрудничестве с фирмой Omnex Control Systems около двух лет назад. Задачей было создание устройств, которые позволяли бы обслуживающему персоналу предприятий осуществить беспроводное подключение одного-двух удаленных постов ввода/вывода к центральному управляющему процессору по мере возникновения реальной потребности, не ввязываясь в дорогостоящие проекты устройства или модернизации локальных сетей технологического уровня. Основной проблемой при реализации этой задачи стало обеспечение помехоустойчивости канала связи. Решение проблемы оказалось возможным на пути использования технологии параллельной передачи на псевдослучайно-переменной частоте (frequency-hopping spread spectrum, FHSS), значительный вклад в разработку которой внесли специалисты Phoenix Contact. Партнерами разработана технология обмена данными, получившая название MCR-RAD (Measurement Control Regulation — Radio Analog Digital). Легко видеть, что в названии зашифрованы все функции новой системы — измерение, контроль и регулирование дискретных сигналов и аналоговых уставок по радиоканалу. В рамках этого протокола данные передаются малыми пакетами по 16...18 бит на скорости 96 кБод, при этом мощность несущего сигнала составляет до 1 Вт (максимум, допустимый законодательством США для устройств, работающих без оформления разрешений). Модули радиодлинителей рассчитаны на работу в диапазонах час-

тот 900 МГц...2,5 ГГц. Первыми были разработаны модули семейства RAD-UD (unidirectional) для односторонней передачи одного аналогового или дискретного сигнала. Рынок хорошо принял эти устройства, и вскоре появилось продолжение — семейство RAD-BD (bidirectional) для двустороннего обмена данными о состоянии до 33 аналоговых и/или до 66 дискретных каналов ввода/вывода. Одновременно были разработаны и с января 2004 года предложены рынку устройства группы RAD-DS (data series), предназначенные для использования в роли локальных станций-концентраторов удаленной периферии с беспроводным подключением к мастер-контроллеру. Эти станции поддерживают протокол Modbus и при включении в сеть автоматически распознаются мастером в качестве ведомого устройства. Устройства предназначены в основном для построения беспроводных технологических сетей на вновь вводимых объектах, полностью идентичных по архитектуре и способу конфигурирования классическим сетям стандарта Modbus. Однако, для некоторых пользователей особо ценной может показаться предоставляемая этими устройствами возможность расширения имеющейся технологической сети стандарта Modbus без внесения каких бы то ни было изменений в уже существующую технологическую сеть (рис. 2, 3).

В качестве примера применения систем от Phoenix Contact в [1] приводится отзыв администрации склада ГСМ Marathon Ashland в штате Кентукки. Необходимо было увязать в единую диспетчерскую сеть системы управления двумя парками емкостей, находящимися на расстоянии около 2 км. До принятия решения о модернизации связь осуществлялась с помощью обычных радиомодемов, и в результате воздействия помех 5-6 раз за смену происходили "зависания" диспетчерской системы продолжительностью 30-40 секунд. Поскольку емкости парков постоянно находились "в работе", потеря контроля даже на такой срок часто приводила к аварийным ситуациям и потерям товарного продукта. При проведении модернизации хотели сначала организовать обычный канал связи по медному кабелю, но в последний момент все-таки решили испробовать новую беспроводную технологию от Phoenix. Результат превзошел ожидания: даже без замены приемопередающих антенн в течение 3 мес. работы новой системы не было зарегистрировано ни одного сбоя. Экономия от внедрения радиоканала нового стандарта сравнительно с решением проблемы "проводным" способом составила около 80 тыс. долл. США.



Рис. 2. Все семейство модулей Wireless I/O от Phoenix Contact в сборе



Рис. 3. Комплект модулей приемопередатчиков Wireless I/O для двустороннего обмена данными в диапазоне 2400 МГц

Сходные отзывы поступают и по результатам внедрений систем в других областях [2]. Широкое применение идеология Wireless I/O находит на объектах коммунального хозяйства при автоматизации узлов водопроводных и канализационных сетей, когда прокладка кабельных линий для организации связи по "стандартным" технологиям невозможна без серьезного нарушения функционирования окружающей инфраструктуры. Применение для решения этих задач беспроводных удлинителей сигнальных каналов позволяет сэкономить огромные средства на общестроительных работах.

Борьба с помехами

Как легко понять, ключевым требованием для всех технологий построения беспроводных промышленных сетей является помехоустойчивость.

На сегодняшний день требования помехоустойчивости, предъявляемые к системам класса Wireless I/O, успешно решаются с помощью упомянутой выше технологии параллельной передачи в спектре частот — так автор осмелится перевести используемый в англоязычной литературе термин *spread spectrum*. В литературе описывается [3] два метода реализации этой технологии.

Первый — *direct sequence spread spectrum*, *DSSS* — может быть грубо описан следующим образом. Спектрально узкий полезный сигнал подвергается перед передачей преобразованию согласно определенному "базовому коду" по аналогии с преобразованием Фурье, в результате чего его мощность "размазывается" (*spread*) по некоторому достаточно широкому диапазону частот, в котором и идет передача. После приема сигнал восстанавливается к исходному виду обратным преобразованием. При этом, если в процессе передачи на сигнал наложилась мощная узкополосная помеха, то после приема и однократного преобразования Фурье на выходе она превратится в некоторый размазанный по широкому спектру частот слабый фон, от которого восстановленный к исходному виду мощный узкополосный сигнал легко отфильтровать. Этот метод хорош относительной технологической простотой реализации и высокой скоростью, но плох ограниченностью диапазонов частоты и мощности помех, от которых он позволяет избавиться, а также отсутствием возможности надежного контроля качества передачи смыслового сигнала, что в системах автоматического управления реального времени совершенно недопустимо.

Второй метод реализации технологии *spread spectrum*, разработанный специально для систем реального времени — *frequency hopping spread spectrum*, *FHSS*, используемый в том числе и в радиоудлинительных системах фирмы *Phoenix Contact*. Суть этого метода в том, что передача короткого информативного пакета осуществляется последовательно на разных частотах, псевдослучайно меняющихся (*hopping*) в пределах используемого диапазона (например,

902...928 МГц). Если по одной из частот пришла в процессе передачи помеха, то форма сигнала на этой частоте перестает удовлетворять стандартному формату, и имеющийся в составе приемника анализатор диагностирует ошибку, после чего поступивший пакет игнорируется и происходит повторный запрос на передачу данных. Этот метод медленнее первого, но значительно надежнее, поскольку для полного блокирования канала здесь требуется равномерно мощная помеха во всем диапазоне используемых частот, что маловероятно.

Будущий стандарт

До сего момента основными проблемами пользователей радиоудлинительных устройств являются обеспечение помехоустойчивости радиоканала, защиты данных и расширяемости систем. Скоро к ним может добавиться и еще одна — обеспечение эфирной совместимости самих радиоудлинительных устройств. До сих пор, пока число внедрений подобных систем на одном предприятии не превышает десятка, эта проблема стоит не очень остро. Однако уже к 2010 г. ожидается увеличение числа внедрений до сотен устройств на одном предприятии и они начнут мешать друг другу, что называется, "в полный рост".

Работы в этом направлении ведутся уже сейчас. В основном избавление видится на пути создания для беспроводных устройств жестко структурированных протоколов обмена информацией, аналогичных тем, которые используются в технологических сетях. Кроме того, большой резерв сокращения эфирного трафика кроется в переходе от ныне применяемой постоянной связи к принципу "связь по изменению состояния". Правда, необходимо отметить, что реализация этого резерва приведет к немалому усложнению архитектуры сети, поскольку потребует выхода за пределы простой и понятной парадигмы "беспроводного удлинителя". Но здесь уже придется выбирать, что важнее в конкретных условиях.

Кроме того, в ближайшие 5...10 лет ожидается разработка открытых стандартов для устройств обсуждаемого класса, что позволит избежать проблем, связанных с несовместимостью оборудования разных производителей. Разработка открытых стандартов позволит также естественным образом интегрировать локальные технологические радиоканалы в существующие беспроводные сети общего пользования (например, сотовые телефонные сети), что предоставит новые возможности и удобства создателям и пользователям АСУ предприятиями.

Список литературы

1. *Jim Montague* — *The Wireless I/O World*, Control Engineering, February 1, 2004.
2. *Davis Mathews* — *Radio Waves*, InTech, July 2003.
3. *Технические материалы* фирмы *Phoenix Contact* в сети Internet: <http://www.phoenixcon.com/wireless/wirelessselect/Radioarticle-2.pdf>

Егоров Евгений Валентинович — канд. физ.-мат. наук, начальник отдела промышленной автоматизации ООО "ЭФО".

Контактный телефон (812) 331-09-64.

Email: eve@efo.ru