

ВВЕДЕНИЕ

Обсуждение характеристик, возможностей и областей применения промышленных (полевых) сетевых протоколов остается актуальным среди производителей и потребителей оборудования для промышленной автоматизации. С середины 80-х годов прошлого века предпринимались попытки выработать единый стандарт полевой шины (fieldbus), устанавливающий требования к открытому цифровому протоколу обмена, который бы обеспечивал возможность взаимодействия контроллеров, устройств связи с объектом, датчиков и исполнительных механизмов разных производителей. Но время показало, что единого решения не существует. При автоматизации производства на разных уровнях управления применяются разные сети, обеспечивающие передачу данных. Это полевые сети для управления ТП, цифровой промышленный HART-протокол передачи данных, Industrial Ethernet, беспроводная связь. При этом все существующие протоколы передачи данных характеризуются плюсами и минусами, имеют свои области применения.

Справедливости ради необходимо отметить, что наибольшей популярностью у наших авторов в этом номере пользуется тема Industrial Ethernet и протоколы беспроводной связи.

Далее, в настоящем номере журнала рассмотрим:

- краткий обзор наиболее популярных в России сетевых стандартов, предназначенных для работы на технологическом уровне: Profibus DP/PA, CANopen, DeviceNet, SDS, Interbus-S, AS-Interface, Modbus, CC-Link, FOUNDATION Fieldbus, HART (авт. Аристова Н. И.);
- варианты применения Industrial Ethernet для нужд промышленной автоматизации (авт. Лопухов И. В.; Кухаренко С. Ю.; Крюков О. В.; «Шнейдер Электрик»);
- беспроводные решения (авт. Баскаков С. С., Яманов А. Д. и др.);
- цифровую технологию управления освещением в зданиях DALI (авт. А. В. Барбот);
- вопросы применения коммуникационных протоколов передачи данных (авт. А. А. Турутин).

И СНОВА О ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЯХ

Н.И. Аристова (Журнал «Автоматизация в промышленности»)

Приводится краткий обзор наиболее популярных в России сетевых стандартов, предназначенных для работы на технологическом уровне: Profibus DP/PA, CANopen, DeviceNet, SDS, Interbus-S, AS-Interface, Modbus, CC-Link, FOUNDATION Fieldbus, HART, включающий технические характеристики протоколов, их преимущества и недостатки, области применения.

Ключевые слова: сетевые стандарты, промышленная сеть, скорость передачи данных, открытость, витая пара, оптоволокно.

Промышленные сети – значимый сегмент рынка промышленной автоматизации, где представлены интересы крупнейших корпораций, создаются и внедряются самые передовые технологии, ведется конкурентная борьба стандартов, появляются новые участники и стараются развиваться старые. Промышленная сеть – это среда передачи данных, которая должна отвечать множеству разнообразных, зачастую противоречивых требований (производительность, предсказуемость времени доставки информации, помехоустойчивость, доступность и простота организации физического канала передачи данных, минимальная стоимость устройств аппаратной реализации, диагностика и самовосстановление в случае возникновения нештатных ситуаций и т.д.). Кроме того, промышленная сеть – это набор стандартных протоколов обмена данными, позволяющих связать воедино оборудование различных производителей, а также

обеспечить взаимодействие нижнего и верхнего уровней АСУ. Наконец, промышленная сеть – это образ мысли инженера, определяющий конфигурацию и принципы построения системы. От выбора сетевой архитектуры зависит будущее системы: срок ее жизни, способность к развитию и масштабированию [1].

Сегодня на рынке промышленных сетей существует несколько десятков открытых протоколов – HART, Foundation Fieldbus, Profibus, Interbus, CAN, AS-i и др. Так как не существует одной совершенной технологии, всегда будет несколько возможных решений. Сравнение технологий неизбежно, особенно при попытке выбрать подходящее для конкретного производства решение. Коммуникационные стандарты для промышленных предприятий не могут быть созданы по принципу "один для всех". Каждый из них – это лишь инструмент, который имеет свои области применения. Таким образом, можно полагать, что про-

мышленная сеть — это один большой компромисс. И от того, как расставлены акценты в этом компромиссе, зависит успешность решения задач [1].

Кратко рассмотрим наиболее популярные в России цифровые протоколы передачи данных нижнего уровня автоматизации.

Profibus DP/PA

Profibus DP/PA — один из наиболее распространенных открытых стандартов сетей технологического уровня. Фирма-разработчик — Siemens. Имеется три разновидности архитектуры: DP (ведущий/ведомый), FMS (одноранговая сеть нескольких ведущих, возможно, со своими ведомыми), PA (версия DP, адаптированная для подключения ведомых устройств через искроподавительные барьеры). Топология: линия, звезда, кольцо. Начало применения — 1989 г., утверждение стандарта — 1994...1995 гг. Регулирующие стандарты: EN 50170/DIN 19245, IEC 1158-2 (PA). Носитель сигнала — витая пара или оптоволокно. Протокол на физическом уровне — RS-485. Число адресуемых узлов до 127 ед., адресация фиксированная. Скорость передачи от 9600 бод до 12 Мбод (PA — 31,25 Кбод). Длина линии 0,1 ...24 км (по оптическим линиям с промежуточными усилителями).

Типичные приложения Profibus: задачи диспетчерского управления процессами и другие проекты, требующие управления интеллектуальными подсистемами, разбросанными по большой площади.

Преимущества: высокая скорость передачи больших объемов данных; предоставление средств решения практически для любой задачи промышленной автоматизации благодаря совокупности версий DP, PA и FMS; открытость протокола и широкий выбор периферийного оборудования от OEM-производителей. Недостатки: слишком длинный заголовок пакета, делающий нерациональной передачу малых объемов данных; отсутствие возможности передачи питания по сетевому кабелю, относительно высокая стоимость [2].

CAN

CAN (Controller Area Network) — арбитражный протокол нижнего уровня (системы команд микропроцессора), созданный компанией Bosch в начале 1980-х гг. для обеспечения надежности коммуникации между датчиками и исполнительными механизмами в автомобилях. Для использования CAN протокола в реальных задачах необходимо создать дополнительный программный уровень, который представляют собой DeviceNet, CANopen и другие подобные сетевые пакеты.

Преимущества: возможность работы в режиме жесткого РВ, простота реализации и минимальные затраты на использование, высокая устойчивость к помехам, арбитраж доступа к сети без потерь пропускной способности, надежный контроль ошибок передачи и приема, возможность поддержки разнотипных физических сред передачи данных.

Общие недостатки всех базирующихся на CAN протоколов: ограниченные показатели пропуск-

ной способности, ограниченный размер сообщения и небольшая максимальная длина линии.

CANopen — открытый сетевой протокол верхнего уровня. Начало применения — 1993 г., спецификация утверждена общественной организацией CAN in Automation. Носитель сигнала — витая пара, оптоволокно (физически CAN допускает даже использование линий электропередач). Имеется возможность передачи питания по кабелю. На физическом уровне используется протокол CAN. Число адресуемых узлов — до 64 ед. Скорость передачи — 125 ...1000 Кбод. Длина линии — 30 (1 Мбод)...500 (125 Кбод) метров (CAN сам по себе допускает длину линии до 5 км, но скорость при этом падает до 9600 бод). Размер данных — 8 слов (байт) от одного узла за один сеанс связи при суммарной длине служебных полей 44/64 бит. Формат сеанса: запрос-ответ, периодическая посылка, посылка по изменению состояния, цикл опроса и др.

Преимущества: приспособленность к управлению высокоскоростными устройствами при повышенных требованиях к надежности, наличие эффективных средств обнаружения ошибок на физическом уровне, исключительно высокая помехоустойчивость, эффективное использование пропускающей способности линии, возможность передачи питания по сети.

Находит применение в компактных машинах и автоматизированных линиях (сборочные, упаковочные, сварочные автоматы и подобное) для решения таких задач, как управление перемещением и позиционирование, управление пневмоклапанами и интеллектуальными датчиками, чтение полоскового кода и связь с операторской панелью.

DeviceNet — американские промышленные версии CAN-сети. Более ранняя разработка — SDS, разработчик — Honeywell, начало разработки — 1989 г., стандарт описан в спецификации разработчика в соответствии с ISO 11989, утвержден МЭК в 1994 г. Более поздняя версия — DeviceNet, разработчик Allen-Bradley. По своим техническим и потребительским характеристикам практически не отличаются от CANopen.

Достоинством DeviceNet являются невысокая стоимость, простота установки, эффективное использование пропускной способности, возможность изменения конфигурации без выключения системы и подача питающего напряжения по сетевому кабелю. К недостаткам относятся ограниченные размер сообщений и длина соединения [2].

Interbus-S

Interbus-S разработан фирмой Phoenix Contact (Германия). Коммерческое применение с 1984 г. Имеет оригинальную топологию "кольцевой регистр сдвига", при которой каждое включенное в сеть устройство имеет динамический адрес, рекурсивно вычисляемый на каждом шаге управляющей программы. Максимальное число узлов — 256 ед. (однако каждый из узлов в свою очередь может быть Interbus-сегментом или сетью удаленной периферии более низкого ранга). Физический носитель — витая пара, оптоволокно,

беспроводной ИК-канал. Длина сегмента – до 400 м, сети в целом – до 12,8 км. Скорость передачи данных 500 Кбод. Размер сообщения до 512 байт от одного устройства (узла) при неограниченном размере пакета. Формат диалога – циклический опрос входов/выходов и РСР-канал для передачи данных. Стандарты DIN 19258, EN 50254.

Область применения: быстродействующие автоматизированные механические узлы, объединенные единым технологическим процессом (например, конвейерные линии с роботизированными рабочими местами).

Достоинства: автоматическая адресация сильно упрощает задачу интегратора, расширенные возможности диагностики, короткий заголовок пакета, эффективное использование пропускной способности физического канала, подача напряжения питания (для устройств ввода) по сетевому кабелю. Основные недостатки: сбой любого соединения приводит к откату всей сети, а также ограниченные возможности по передаче данных большого объема [2].

AS-Interface

AS-Interface – самая простая и дешевая сеть базового технологического уровня (уровень датчиков и исполнительных устройств), предназначенная для передачи преимущественно дискретных сигналов. Стандарт разработан организацией AS-I Consortium в 1993 г. Архитектура: ведущий/ведомый (до 31 ведомых на одного ведущего, топология – линия, кольцо, звезда). Адреса фиксированные, определяются при конфигурировании мастера или вручную с помощью специальной машинки-программатора адресов. Длина линии – до 100 м, с повторителями – до 300 м. Скорость передачи данных – 167 Кбод. Размер посылки – 8 бит (4 входа/выхода) за один сеанс связи с одним узлом. Режим диалога – стробирование (периодическая посылка). Основная привлекательность этого стандарта заключается в исключительной простоте монтажа и конфигурирования. Физическим носителем сигнала в AS-I является плоский двухпроводной кабель, одновременно используемый для передачи питания =24 В. Подключение ведомых устройств к этому кабелю осуществляется без инструмента по технологии "зажим с прорезанием изоляции".

Основными достоинствами данного протокола являются простота, дешевизна, высокое быстродействие, простое подключение и подача питающего напряжения по сетевому кабелю.

К недостаткам можно отнести ограниченные размеры сети и малые возможности для объединения устройств аналогового ввода/вывода.

Областью применения являются быстродействующие компактные механические устройства типа сборочных или упаковочных автоматов, действующие автономно под управлением собственного контроллера или в составе автоматического цеха, в последнем случае подключенные к технологическим сетям высшего уровня через соответствующие шлюзы или мастер-модули [2].

Modbus

Modbus открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Разработан в 1979 г. фирмой Modicon (ныне Schneider Electric) для объединения в сеть ПЛК. Протокол удовлетворяет стандарту EN1434-3 и представляет собой ПО уровня приложений, базирующееся на TCP/IP, то есть разновидность протокола файлового обмена (по аналогии с http, ftp и т.д.). Никакого специального оборудования для обмена между Modbus уровня приложений и Ethernet-портами не требуется, для этого в стеке протоколов TCP/IP имеется зарезервированный порт 502. Modbus выступает в данном случае в качестве программной надстройки, объединяющей в единую сеть разнородные локальные сегменты по технологии "клиент-сервер". Эти сегменты могут использоваться для подключения к сети порты TCP/IP и RS-232/485. Спецификация Modbus RTU/ASCII для портов RS-232/485 также является открытой, дополнительное оборудование не требуется.

Кроме открытого протокола Modbus, существует еще Modbus Plus – шина удаленной периферии полевого уровня для непосредственного объединения исполнительных устройств и низовых контроллеров. Протокол Modbus Plus является закрытым (принадлежит Schneider Electric), для его использования требуется лицензия и специальное оборудование. Характеризуется высокой скоростью передачи данных – до 1 Мбод [3].

CC-Link

CC-Link – семейство промышленных сетей (CC-Link, CC-Link LT, CC-Link Safety, CC-Link IE), созданных при участии корпорации Mitsubishi Electric в 1997 г. С 2000 г. сеть позиционируется как открытая. В настоящее время развитием этого семейства сетей занимается международный консорциум CC-Link Partner Association (CLPA). Регулирующие стандарты IEC 61158 и 61784, ISO 15745-5. Обмен данными требует стандартизованного экранированного кабеля типа витая пара (3-проводная шина, 2-проводный кабель питания и экран). Протокол на физическом уровне – RS-485. Возможные топологии: шинная, ветвь, звезда. Максимальная протяженность сегмента шины составляет 1200 м (при максимальной скорости 156 Кбит/с). При помощи повторителей сеть может быть расширена до 13,2 км. Чем короче длина шины, тем выше достижимая скорость передачи данных, вплоть до 10 Мбит/с. Время цикла <3,9 мс.

Сеть позволяет осуществлять обмен цифровыми и аналоговыми данными. Кроме циклической передачи слов данных CC-Link также управляют и передачей сообщений. Это обеспечивает обмен данными с логическими устройствами, такими как устройства отображения, устройства считывания штрихового кода, измерительные устройства, ПК и ПЛК.

Преимущества: постоянная пропускная способность даже при обработке больших объемов информации; обработка данных стоп кадра для надежного

управления в режиме реального времени; функциональная система диагностики и параметрирования; возможность подключения и отключения сетевых станций (до 64 ед.) во время работы; функции резервирования (www.mitsubishielectric.com).

FOUNDATION Fieldbus H1

FOUNDATION Fieldbus – стандарт промышленной сети, разработанный в 1996 г. в результате сотрудничества двух ассоциаций InterOperable Systems Project и WorldFIP (США). Целью проведенных исследований стало создание спецификации технологической полевой шины для задач уровня диспетчерского управления процессами, обладающей свойством абсолютной надежности. В результате получился сложный объектно-ориентированный протокол H1, использующий многочисленные форматы пересылки данных и позволяющий контроллеру надежно распознавать подключенные к шине устройства самой разнообразной конфигурации. В состав ПО шины FOUNDATION Fieldbus входит планировщик, гарантирующий точно указанное время прохождения и интерпретации каждого пакета данных. Физически протокол H1 использует двухпроводную линию, аналогичную используемой для передачи аналогового сигнала 4...20 мА, что позволяет изящно решать проблему искробезопасного подключения удаленной периферии. Скорость передачи данных по такой линии составляет 31,25 Кбод, максимальная длина линии до 1900 м. Разработкой и продвижением стандарта FOUNDATION Fieldbus занимается общественная организация Fieldbus FOUNDATION.

К достоинствам протокола относятся внутренняя безопасность, передача питания по сети, интегрированный подход для уровней устройств автоматики и общезаводского оборудования.

Недостатки: сложность ПО, затрудняющая поиск и устранение конкретных ошибок и, как следствие, ограниченный набор совместимых устройств. В основном эту идеологию поддерживает фирма Emerson Process Management.

FOUNDATION Fieldbus HSE (High Speed Ethernet) – развитие протокола H1 под технологию высокоскоростной сети Ethernet. Скорость передачи данных нового стандарта – до 100 Мбод, размер сети – до 240 узлов на сегмент при 65 тыс. доступных сегментов. Используется для соединения входов/выходов подсистем, хост-систем, шлюзов и полевых устройств с помощью стандартного кабеля Ethernet. Данная реализация интерфейса в настоящее время не обеспечивают питание по кабелю, хотя ведутся работы по решению этой проблемы [4].

HART

HART – протокол первичной связи с интеллектуальными периферийными датчиками, позволяющий одновременно по одной и той же двухпроводной линии передавать аналоговый сигнал 4...20 мА и цифровую информацию. Протокол HART разработан фирмой Rosemount в середине 80-х гг. XX века.

Афоризмы – это интерфейсы, по которым передается оценка и понимание.

Перлис Алан

HART построен по принципу "ведущий/ведомый", то есть полевое устройство отвечает по запросу системы. Протокол допускает наличие двух управляющих устройств: ПК управляющей системы и коммутатора. Существует два режима работы датчиков, поддерживающих обмен данными по HART-протоколу. В режиме передачи цифровой информации одновременно с аналоговым сигналом датчик обычно работает в аналоговых АСУТП, а обмен по HART-протоколу осуществляется посредством портативного контроллера – HART-коммуникатора или компьютера. При этом можно удаленно (до 3000 м) осуществлять полную настройку и конфигурирование датчика. В многоточечном режиме датчик передает и получает информацию только в цифровом виде. Аналоговый выход автоматически фиксируется на минимальном значении (только питание устройства – 4 мА). Информация о переменных процесса считывается по HART-протоколу. К одной паре проводов может быть подключено до 15 датчиков.

В качестве среды передачи сигнала используется кабель типа экранированная витая пара. В опасных зонах могут быть использованы барьеры искробезопасности, которые пропускают HART-сигнал.

В HART-протоколе максимальная длина кабеля связана с эквивалентным сопротивлением сети и максимально допустимой емкостью системы. Например, в системе с 10 моноканальными датчиками все подсоединенные устройства с общей емкостью 0,255 мкФ (10 x 25000 пФ + 5000 пФ) допускают емкость кабеля всего 0,005 мкФ. В этом случае допустимая длина кабеля должна быть 25...75 м в зависимости от типа кабеля.

Для передачи цифровой информации HART-протокол использует принцип частотной модуляции.

Двоичные значения передаются со скоростью обмена данными 1200 Бод. Для представления двоичных 1 и 0 используются две разные частоты (1200 Гц и 2200 Гц соответственно). HART-протокол позволяет управляющей системе получить от полевого устройства 2...4 цифровых сообщения в секунду.

Преимущества: высокая помехозащищенность, простота реализации и низкая стоимость монтажа, возможность использования аналогового и цифрового сигнала. Недостатки: низкие скорости передачи данных 1,2 Кбит/с [5].

Таким образом, на сегодняшний день на рынке представлено множество различных типов цифровых промышленных сетей, применяемых в системах автоматизации. Они различаются между собой по техническим, эксплуатационным и стоимостным показателям. Благодаря разнообразию цифровых интерфейсов

инженеры могут выбрать решение, оптимально подходящее для нужд конкретного производства.

В представленном кратком обзоре не рассматриваются особенности беспроводной передачи данных, а также Industrial Ethernet. Эти технологии будут представлены в следующем номере журнала.

Список литературы

1. Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Современные технологии автоматизации. 2000. №4.

Аристова Наталья Игоревна — канд. техн. наук, главный редактор журнала «Автоматизация в промышленности». Контактный телефон (495) 334-91-30. E-mail: avtprom@ipu.ru

2. Егоров Е.В. О промышленных сетях — без формул и диаграмм // Автоматизация в промышленности. 2003. №11.
3. Страшун Ю.П. Промышленные сети на основе «полевых» шин и перспективы их развития // Промышленные сети и системы. 2011. №1.
4. Кангин В.В., Козлов В.Н. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры. Изд. БИНОМ. 2010.
5. Корнова Т.П. HART-протокол и другие коммуникационные технологии, применяемые в России // Автоматизация в промышленности. 2004. №8.

СРЕДЫ И ПРОТОКОЛЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ

И.В. Попухов (Компания ПРОСОФТ)

Рассматриваются положительные и отрицательные стороны сред, используемых для передачи данных. Перечислены основные стандарты сетей Ethernet для оптической и медной среды, рассмотрен новый стандарт беспроводной связи. В заключение кратко раскрываются проблемы применения Ethernet в промышленных сетях реального времени.

Ключевые слова: беспроводная связь, Ethernet, протокол, среда передачи данных, коммутатор, удлинитель, точка доступа, реальное время, быстродействие.

Введение

Следует сразу разграничить понятия среды и протокола. Искусственная среда передачи данных — это физическая субстанция, в которой происходит передача сигналов по определенному протоколу или просто правилу. В промышленности наиболее часто используют медную среду (любой медный сигнальный кабель: плоский, витой и пр.), оптическую среду (оптический кабель одномодовый или многомодовый), беспроводную среду для радиопередачи (промышленный Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee и пр.). Крайне редко встречаются экзотические методы передачи с использованием инфракрасного света и лазера, их скорее тоже можно отнести к беспроводной среде.

Теоретически существует еще углеродная среда, но она сейчас используется для передачи данных исключительно внутри устройства.

Ethernet в медной и оптических средах

Тот или иной протокол передачи данных может быть разработан специально под конкретную среду передачи данных, а может и существовать в нескольких средах. Например, протоколы беспроводного Ethernet IEEE 802.11 спроектированы специально для беспроводной среды и содержат массу механизмов регулирования обмена данных, необходимых исключительно при радиопередаче. Воздушную среду практически нельзя изолировать, при этом в физической досягаемости могут существовать устройства, передающие в одном частотном диапазоне (например, 2,4 ГГц), но по разным стандартам и с разными скоростями. Многие протоколы встречаются одновременно в оптической и медных средах: RS-485, Profibus.

К известным «универсалам» можно отнести Ethernet, который равно существует как в медной среде (витая пара), так и в оптической (многомодовый и одномодовый кабель). Передача Ethernet по разным средам с разной скоростью и параметрами описана в целом списке стандартов семейства IEEE 802.3.

Перечислим лишь стандарты, наиболее используемые в промышленном Ethernet в настоящее время:

- 100BASE-TX, стандарт IEEE 802.3u — развитие стандарта 10BASE-T, использует кабель типа витая пара категории 5, фактически используются только две неэкранированные пары проводников, для полудуплексного режима предел дальности составляет 100 м. Для полного дуплекса возникновение коллизии не грозит, но электрически > 130...140 м преодолеть не получится;

- 100BASE-FX — стандарт, использующий многомодовое оптическое волокно 50/125 и 62,5/125 нм и длину волны 1310 нм. Используется две оптических жилы для приема и передачи. Максимальная длина сегмента — 2 км. При использовании одномодового оптического кабеля максимальная длина достигает 10...75 км в зависимости от мощности оптического передатчика и затухания в кабеле;

- 100BASE-FX WDM, иногда обозначается 100BASE-BX — стандарт, использующий единственное одномодовое волокно для передачи в полном дуплексе. Максимальная длина ограничена только величиной затухания в волоконно-оптическом кабеле и мощностью передатчиков. Обычно составляет до 40 км. Интерфейсы бывают двух видов, отличаются длиной волны передатчика и маркируются либо цифрами (длина волны), либо одной латинской бук-