



Ethernet и промышленные сети

А.А. Сахнюк, ХОЛИТ Дэйта Системс", Киев

Несомненно, Ethernet и протокол TCP/IP находят все более широкое применение в сфере промышленной автоматизации. Такие достоинства как быстрый Ethernet, коммутация пакетов и режим полного дуплекса превратили старый добрый Ethernet в мощную и привлекательную систему коммуникации для применения в промышленном производстве. Для окончательного прорыва осталось только принять спецификацию на стандартный протокол для промышленной автоматизации.

мышленного Ethernet была создана организация Industrial Automation Open Network Alliance (IAONA).

Роль стандартизации

Под эгидой IAONA группы с различными интересами пытаются минимизировать различия между разными сетями промышленного Ethernet. Согласующий комитет образовался из команд ODVA (представляет Ethernet/IP) и из IDA group (технология IDA) и согласовал общие положения для

улучшения коммуникационной технологии на основе Ethernet-TCP/IP. Участники признали, что будут существовать различные протоколы связи реального времени, но согласились изучать и разрабатывать различные расширения существующих стандартов вместе. Первым результатом было общее руководство по инсталляции систем и ка-

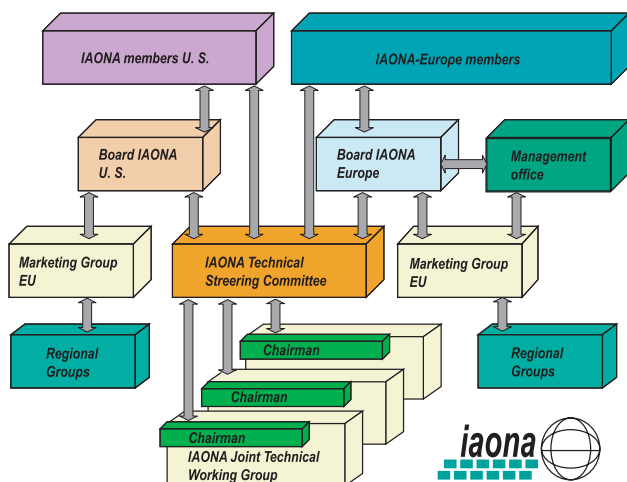
дены на Уровне 7 для некритичных по времени функций. Это такие общепризнанные стандарты как протокол гипертекстовой передачи HTTP, протокол передачи файлов FTP и протокол для управления устройствами сети SNMP. По сравнению с офисными, промышленные приложения работают в более жестком реальном времени, когда одна минута может быть равна вечности. Сообщения должны передаваться быстро, ошибки определяться без задержек и повторов. Для этого необходим специальный уровень обработки, который буферизирует входные данные пока не будет прочтено все сообщение, которое затем передается приложению. Не существует единого стандарта для передачи сообщений приложениями: Telnet, FTP, email или WWW - каждое делает это по-своему. Почти невозможно построить распределенную систему управления, использующую устройства, отсылающие друг другу электронную почту или Web-странички. Нужен протокол, позволяющий использовать TCP/IP и не заботиться о деталях. Такой протокол есть, это протокол полевой шины. Возможны две реализации, когда полевая шина работает поверх TCP/IP и когда TCP/IP работает поверх полевой шины.

Рассмотрим совместно стеки протоколов полевых шин и TCP/IP. Полевая шина имеет несколько функциональных уровней:

- среду передачи (кабельную проводку);
- протокол доступа, регулирующий доступ к среде;
- транспортный протокол, детектирующий и исправляющий ошибки;
- протокол приложений;
- профили приложений, описывающие как использовать сеть

Система - это нечто большее, чем сумма составляющих. Обратите внимание на то, что для обеспечения взаимодействия между контроллера-

Структура организации Industrial Automation Open Networking Allians (IAONA)



Сейчас много организаций усиленно работают над разработкой своих спецификаций протокола для промышленного Ethernet. Вот основные из них:

- EtherNet/IP от ODVA
- ProfiNet от PNO
- Modbus-TCP от Modbus/IDA group
- Foundation Fieldbus от FF
- Interbus on Ethernet от Interbus club
- Open Modbus от Modeconnect

Все эти протоколы несовместимы и не могут взаимодействовать друг с другом. Для согласования и координации работ по развитию стандартов про-

мышленной проводке для производственных условий.

Общие свойства

Несмотря на различные подходы на 7 уровне модели OSI, все концепции имеют общую основу. Эта общая составляющая включает такие хорошо проработанные стандарты для уровней 1-4 как технология передачи данных Ethernet IEEE 802.xx (Уровень 1), метод доступа к среде передачи (CSMA/CD), межсетевой протокол IP (Уровень 3), протоколы TCP и UDP (Уровень 4). Дополнительно общие элементы технологии могут быть най-

| | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|--------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|-----|---------------------------|
| TP, FO, Coax | TP, FO, Coax | TP, FO, Coax | | RS-485, FO, Ex-i | | TP, FO, Coax | | RS-485, FO, Ex-i |
| CSMA/CD | CSMA/CD | CSMA/CD | | Tokenbus, master/slave | | CSMA/CD | | Tokenbus, master/slave |
| | TCP/IP | TCP/IP | + | FDL | = | TCP/IP | или | TCP/IP |
| | | HTTP | | FMS, DP, PA | | FMS, DP, PA | | HTTP |
| | | WWW странички | | PLC, система безопасности | | PLC, система безопасности | | WWW странички |
| Только Ethernet | Включая TCP/IP | С приложениями WWW | | Протокол Profibus | | Profibus, TCP, Ethernet | | TCP + Приложения Profibus |

ми недостаточно только Ethernet и TCP/IP. На рисунке изображен пример комбинации стеков Ethernet, TCP/IP, Web-протоколов со стеками Profibus. Из этого слияния вытекают два возможных решения размещения одного протокола поверх другого. Подобные идеи работают при слиянии Ethernet с другими полевыми шинами.

Различия

Различия подходов заключаются в архитектуре системы взаимодействия, протоколах, используемых промышленными приложениями на 7 Уровне, моделях объектов и моделях для конфигурирования систем. Можно выделить три подхода: системы, работающие по принципу инкапсуляции; системы использующие шлюзы и прокси-сервера; и системы, поддерживающие концепцию распределенной автоматизации.

Технология инкапсуляции

Термин инкапсуляция описывает упаковку (встраивание) кадра сообщения в TCP или UDP контейнер. Типичный пример такого подхода это Ethernet/IP, разработанный компанией Rockwell Automation и ODVA, High Speed Ethernet (HSE) от Fieldbus Foundation и Modbus-TCP/IP от Modconnect. Сообщение с полевой шины встраивается как "пользовательские данные" в кадр TCP/UDP перед отправкой его по сети Ethernet. Достоинство такого подхода в том, что преимущества Ethernet как высокопроизводительной и хорошо масштабируемой среды передачи данных хорошо сочетаются с уже существующими решениями различных полевых шин без необходимости изменения всей идеологии передачи информации и технических средств. Другое преимущество в том, что для достижения соответствия спецификации не нужны длительные разработки. Первые коммерческие изделия сразу можно использовать на производстве, поскольку легко обеспечить совместимость

сверху вниз с уже существующими протоколами промышленных сетей. Согласно этой концепции Ethernet следует рассматривать в качестве технологии передачи данных, используемой как альтернативу или совместно с имеющимися на предприятии сетями DeviceNet, ControlNet, Modbus или Foundation Fieldbus H1.

Ethernet/IP

Протокол Industrial Ethernet использует в своей работе Control & Information Protocol (CIP), хорошо известный в сетях ControlNet и DeviceNet. Последний обеспечивает большое количество стандартных служб для доступа к данным и управления устройствами посредством так называемых "явных" и "неявных" сообщений.

Пакеты данных протокола должны быть инкапсулированы перед пересылкой, к ним также добавляется заголовок сообщения, зависящий от запрашиваемого качества обслуживания. Заголовок определяет значимость передаваемых данных для соответствующего обслуживающего протокола на приемной стороне. Пакеты CIP протокола, передаваемые по сети Ethernet, имеют специальный заголовок Ethernet, заголовок IP, заго-

ловок TCP и заголовок встраиваемого сообщения, содержащий специальные поля с управляющей информацией, информацией о формате и статусе сообщения, информацию о синхронизации. Это позволяет передавать пакеты CIP протокола по TCP или UDP и быть уверенным, что они будут декодированы на приемной стороне.

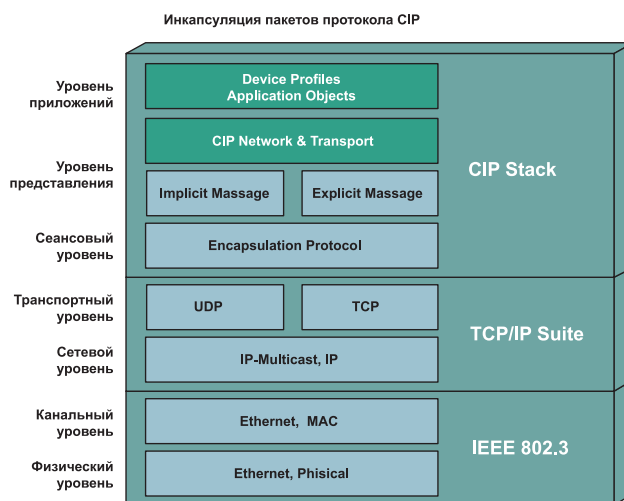
Недостатком инкапсуляции является снижения эффективности протокола, т.к. длина заголовков кадров Ethernet значительно превышает величину пользовательских данных. Инкапсуляция лучше подходит для пересылки больших порций данных, чем отдельных слов (т.е. данных ввода-вывода).

Modbus/TCP

Modbus был разработан Modicon/Schneider Group и на сегодня является наиболее популярным протоколом, встраиваемым в кадры TCP/IP поверх Ethernet. При этом протокол не претерпевает никаких изменений, но изменения касаются скорости, с которыми посылаются сообщения для выполнения требований реального вре-



мени в промышленных приложениях. Modbus/TCP просто встраивает кадры Modbus в пакеты TCP. Такая транзакция является ориентированной на соединение, что предполагает ответ на каждое сообщение. Процедура запрос/ответ полностью соответствует природе Modbus с обменом между устройствами типа ведущий/ведомый и хорошо согласуется с технологией коммутируемого Ethernet. Использование Modbus внутри кадров TCP обеспечивает полностью масштабируемое решение от десятков до десяти тысяч узлов. Это также позволяет использовать для управления встраиваемые Web-странички через интрасеть предприятия и достигать большей "дружественности" оборудования.

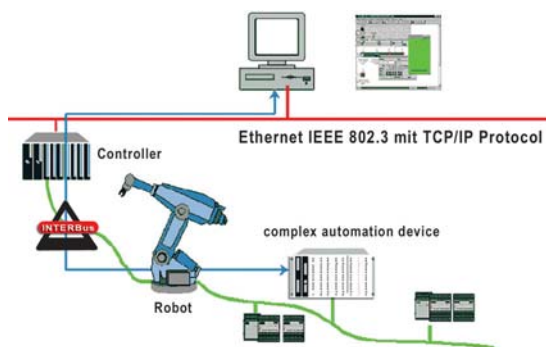


Interbus

Другая интересная концепция предложена разработчиками Interbus Club. Вместо того чтобы помещать сообщения Interbus в контейнер данных TCP/IP, они решили встраивать кадры TCP/IP в параметрический канал шины Interbus. Передача данных по шине и канал быстрой обработки данных остались без изменений.

Но поскольку ширина параметрического канала составляет всего несколько слов, пришлось разбивать каждый кадр TCP/IP на большое количество маленьких пакетов. Эти фрагменты собираются на приемной стороне и по ним воссоздается оригинальный кадр TCP/IP. Т.к. только одна порция данных может быть передана за один цикл ввода/вывода (8 байт за 2 мс), производительность канала заметно падает.

При стандартной скорости передачи Interbus в 500 кбит/с скорость передачи по TCP/IP приблизительно эквивалентна скорости модема на 14,4 кбит/с. Если использовать Interbus на скорости 2 Мбит/с, то скорость по TCP/IP будет соответствовать ISDN соединению.



Ключевое преимущество в том, что новые станции, использующие TCP/IP канал передачи параметрических данных, могут подключаться в уже существующую сеть как стандартные Interbus-устройства без взаимного влияния. Соединение TCP/IP используется только для передачи программ, а взаимодействие в реальном времени все-таки осуществляется хорошо проверенным старым способом.

Поскольку Ethernet имеет минимальную длину сообщения в 64 байта (512 бит) и преамбулу в 64 бита, это оказывается "убийственным" для модуля ввода-вывода с 16-битными сообщениями. Из этих 64 байт 18 используются собственно Ethernet (заголовков сообщения) и 40 байт уходят на заголовок кадра TCP/IP. Для данных пользователя остается лишь 6 байт.

Если мы хотим построить сеть с шестью узлами 16-битного ввода/вывода результирующий сетевой трафик составит $6 \times 2 \times (512 + 64) = 6912$ бит. Что соответствует времени цикла 0,69 мс при скорости 10 Мбит/с.

Теперь предположим, что хотим использовать CAN-интерфейс вместо Ethernet, поскольку его избыточность всего 47 бит и не ограничена минимальная длина сообщения. Длина сообщения рассматриваемой системы ввода/вывода составит $6 \times 2 \times (512 + 64) = 756$ бит. Это в 9 раз эффективнее Ethernet. Но поскольку для CAN скорость обмена составит всего 1Мбит/с при длине до 25 м, требуемое время цикла будет 0,76 мс, что на 10% больше чем у решения на Ethernet.

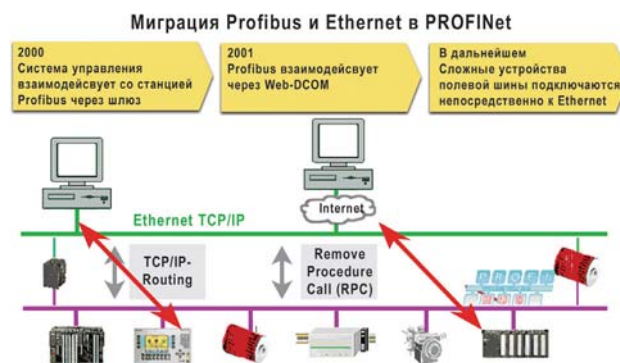
Приведенные примеры предполагают 100% загрузку сети, что нереально для систем удаленного ввода/вывода. Программные задержки также могут влиять на производительность. На сайте о Modbus/TCP приведен пример программно-аппаратной реализации аналогичной системы с шестью узлами и временем цикла опроса 1,9мс. Поскольку сетевые сообщения занимают 0,69мс, то остальные 1,21мс являются программной задержкой. Её величину следует учитывать при модернизации. Для сети 100Мбит/с время цикла будет равно $0,69/10 + 1,21 = 1,28$ мс. Всего лишь 48% снижение при ускорении сети в 10 раз!

Не каждую полевую шину можно приспособить для эффективного использования TCP/IP. Например, CAN и ASI. Они сильно оптимизированы для ввода/вывода, что видно из размера данных, передаваемых в одном сетевом сообщении - 4 бит у ASI и 8 байт у CAN. По ASI-интерфейсу также передается питание и использование TCP/IP окажется неэффективным.

Для подключения к подобным шинам через Ethernet специалисты рекомендуют использовать специальные "шлюзы", которые поддерживают электрические характеристики сети и обеспечивают эффективную трансляцию протоколов.

Концепция шлюзов

Основная идея заключается в интеграции сегментов стандартных полевых шин с сегментами сети Ethernet.

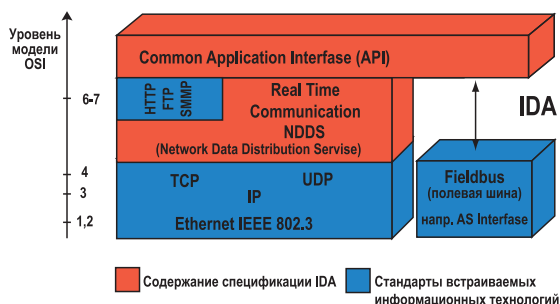


Это реализуется через технологию шлюзов или прокси-серверов. Главное достоинство в том, что существующие полевые шины могут быть использованы и в далеком будущем. Недостатком является образование гетерогенных сетей, имеющих сложную конфигурацию и ограниченное быстродействие в реальном времени. Например, в сети ProfiNet реализованы через Ethernet только некритичные по времени функции управления, а для взаимодействия с существующими сетями реального времени Profibus используются специальные шлюзы.

Системы для распределенной автоматизации

Другая категория промышленных сетей поддерживает новую концепцию автоматизации Interface for Distributed Automation (IDA) и предназначена для взаимодействия между устройствами с распределенным интеллектом.

При этом управляющее приложение рассредотачивается по нескольким децентрализованным контроллерам, подключаемым через промышленный Ethernet. IDA использует для обмена данными протокол реального времени RTPS, разработанный для Уровней 4-7 модели OSI, опираясь на технологию "издатель/подписчик". Приложения публикуют свою информацию используя широковещательные и многоцелевые сообщения и подписывают необходимые им данные через сеть. Функции протокола RTPS обеспечиваются системой NDDS (Network Distributed Data Service), тщательно оптимизированной для передачи данных в реальном



цированными изготовителями оборудования, которые производят коммуникационные интерфейсные устройства для различных промышленных сетей.

Взгляд со стороны конечного пользователя

Учитывая состояние рынка распространенных промышленных сетей, у потребителей есть хороший повод для оптимизма, потому что промышленные сети на основе Ethernet используют одну и ту же технологию передачи данных. А это решающее преимущество по сравнению с большим числом технологий передачи данных в различных полевых шинах. Однако поверх единого физического уровня смогут работать несколько различных, не взаимодействующих между собой протоколов промышленного Ethernet.

На сегодня промышленный Ethernet не сможет заменить традиционные полевые шины. Взамен эта технология предлагает новые приложения и будет поддерживать миграцию в направлении распределенного интел-

лекта в автоматизации.

Применение промышленного Ethernet обещает значительные преимущества, позволяющие гармонизировать информационную инфраструктуру предприятия и снизить общую стоимость обслуживания сети. Но возникает ряд вопросов, требующих обязательного решения. Прежде всего это вопросы безопасности и контроля доступа. Риски можно минимизировать при планировании структуры сети, применяя протоколы и дополнительные устройства, повышающие надежность и устойчивость сети. Рассмотрение этих и других вопросов предполагается продолжить в следующей статье.

Статья написана с использованием материалов компании HMS Industrial Networks (www.hms-networks.com) и сайта ethernet.industrial-networking.com.

времени через Ethernet TCP/UDP/IP, которая доступна как отдельный коммерческий продукт для нескольких операционных систем.

Взгляд со стороны производителя

Для достижения успеха на международном рынке производители оборудования должны применять в своих устройствах все имеющиеся подходы.

Хотя на Уровнях 1-4 существуют общие функции, протоколы обмена и модели систем значительно отличаются. Внедрение различных стандартов во все устройства потребует огромных усилий от разработчиков. Подходящая стратегия заключается в партнерских отношениях с квалифи-



КОНТАКТЫ:

т. 241-8739, 241-6754

e-mail: info@holit.com.ua

ЦЕНТР ТЕХНІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ "ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ"

www.energo.net.ua

Журнал
"Электрические сети и системы"

г. Киев, ул. Льва Толстого, 59, оф 111
тел.: (044) 220-80-07, 249-16-46