



Взгляд сверху на Industrial Ethernet

Успешно завоевав мир офисной автоматизации, Ethernet и TCP/IP начали наступление на распределенные системы управления производством

В качестве основного "оружия" Ethernet в промышленности использует заманчивую идею "бесшовного" соединения всех уровней классической пирамиды автоматизации: от уровня автоматизации технологических процессов до уровня управления предприятием. Реализация этой идеи потребовала серьезной адаптации Ethernet, особенно в плане поддержки реального времени. Недетерминированные протоколы связи типа HTTP и FTP, конечно, обеспечивают универсальность и удобство использования, но для применения в промышленности все же пришлось разрабатывать на основе Ethernet специальные прикладные протоколы.

Модель взаимодействия открытых систем - OSI

Модель OSI (Open System Interconnection) схематично описывает и стандартизирует связи между различными устройствами в сетевой архитектуре. Модель OSI определяет семь уровней сетевого взаимодействия систем, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень и каким образом будет обеспечиваться взаимодействие с более высоким уровнем.

Прежде чем пользовательские данные из Приложения 1 можно будет послать через Ethernet, эти данные

последовательно проходят через весь коммуникационный стек от верхнего до самого нижнего уровня. При этом происходит формирование конечного пакета для передачи (инкапсуляция) - при формировании фрейма (пакета) в соответствии с требованиями текущего уровня в него внедряется фрейм из более высокого уровня. Таким образом данные, дошедшие до самого нижнего уровня (физическая среда передачи), передаются во вторую систему, где происходит обратный процесс последовательной передачи полученных данных на верхние уровни до пункта назначения - Приложения 2. Такой процесс подобен отлаженному конвейеру и требует четкого описания логического взаимодействия между уровнями.

В Ethernet, согласно стандарту IEEE 802.1-3, реализованы уровни 1 и 2 модели OSI. Поддержку третьего, сетевого, уровня обеспечивает накладываемый на Ethernet протокол IP (Internet Protocol), а транспортные протоколы TCP и UDP соответствуют Уровню 4. Уровни 5-7 реализованы в прикладных протоколах FTP, Telnet, SMTP, SNMP и в рассматриваемых далее специфических протоколах для промышленной автоматизации (Industrial Ethernet). Надо отметить, что протоколы Industrial Ethernet в некоторых приложениях могут замещать или дополнять собой Уровни 3 и 4 (IP и TCP/UDP).

Уровень 1 (физический) описывает метод последовательной, бит за битом, передачи данных через физическую среду. Применительно к стандарту IEEE 802.3, фрейм Ethernet должен выглядеть следующим образом:

Preamble	8 байт
Destination	6 байт
Source	6 байт
Type Field	2 байта
Data Field	46 - 1500 байт
Check	4 байта

■ Preamble - преамбула, используется для синхронизации приемного устройства и индицирует начало фрейма Ethernet;

■ Destination - адрес получателя;

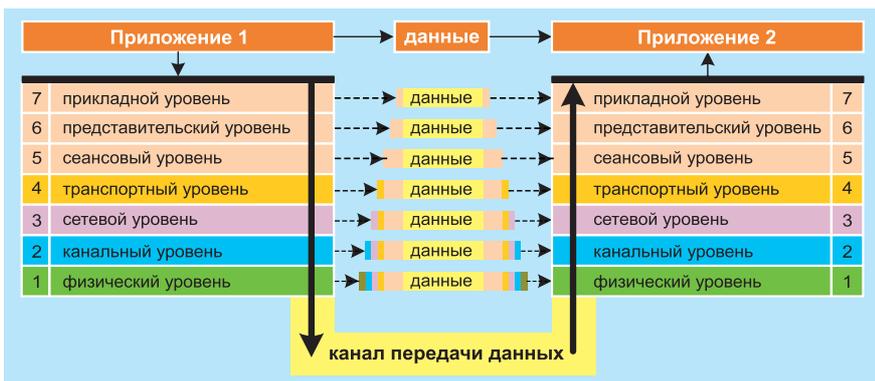
■ Source - адрес отправителя;

■ Type Field - тип протокола высокого уровня (например, TCP/IP);

■ Data Field - передаваемые данные;

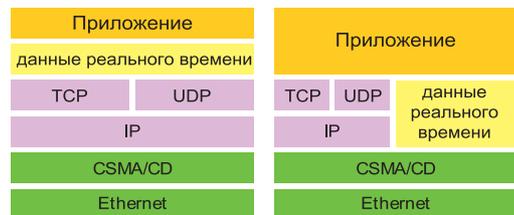
■ Check - контрольная сумма (CRC).

Уровень 2 (канальный) повышает надежность передачи данных через физический уровень, упаковывая данные в стандартные фреймы с добавлением адресной информации и контрольной суммы (обнаружение ошибок). Доступ к физической среде передачи согласно IEEE 802.3 осуществляется через механизм CSMA/CD, что приводит к неизбежным коллизиям при одновременном начале передачи несколькими устройствами. Канальный уровень позволяет решить эту проблему, обеспечивая распределение прав доступа сетевых устройств. Это реализовано в Ethernet-коммутаторах (Switched Ethernet technology), в которых на основании данных канального уровня все входящие данные автоматически проверяются на целостность и соответствие контрольной сумме (CRC) и при положительном результате перенаправляются только на тот порт, к которому подключен приемник данных.



Уровень 3 (сетевой) обеспечивает обмен сообщениями между различными сетями, используя в качестве инструмента протокол IP (применительно к Ethernet). Данные, получаемые из транспортного уровня, инкапсулируются во фрейм сетевого уровня с заголовками IP и передаются на канальный уровень для сегментации и дальнейшей передачи. Действующая в настоящее время версия 4 протокола IP (IPv4) использует диапазон адресов до 32 бит, а версия IPv6 расширяет адресное пространство до 128 бит.

Уровень 4 (транспортный) обеспечивает передачу данных с заданным уровнем надежности. Поддержка этого уровня реализована в протоколах TCP и UDP. TCP (Transmission Control Protocol - протокол управления передачей) представляет собой развитый протокол со средствами установления, подтверждения и завершения соединения, со средствами обнаружения и коррекции ошибок. Высокая надежность передачи данных достигается ценой дополнительных временных задержек и увеличения объема передаваемой информации. UDP (User Datagram Protocol - пользовательский дэйтаграммный протокол) создан в противовес TCP и используется в случаях, когда первоочередным фактором становится скорость, а не надежность передачи данных.



Уровни 5..7 отвечают за конечную интерпретацию передаваемых пользовательских данных. В качестве примера из мира офисной автоматизации можно привести протоколы FTP и HTTP. Протоколы, относящиеся к категории Industrial Ethernet, также используют эти уровни, но различными способами, что делает их несовместимыми. Так протоколы Modbus/TCP, EtherNet/IP, CIPsync, JetSync располагаются строго над Уровнем 4 модели OSI, а протоколы ETHERNET Powerlink, PROFINet, SERCOS расширяют и частично замещают еще и Уровни 3 и 4.

EtherNet/IP

EtherNet/IP базируется на протоколах Ethernet TCP и UDP IP и расширяет коммуникационный стек для

применения в промышленной автоматизации. Вторая часть названия "IP" означает "Industrial Protocol" (Промышленный протокол). Протокол Ethernet/IP (Industrial Ethernet Protocol) был разработан группой ODVA при активном участии компании Rockwell Automation в конце 2000 года на основе коммуникационного протокола CIP (Common Interface Protocol), который используется также в сетях ControlNet и DeviceNet. Спецификация EtherNet/IP является общедоступной и распространяется бесплатно. В дополнение к типичным функциям протоколов HTTP, FTP, SMTP и SNMP, EtherNet/IP обеспечивает передачу критичных ко времени доставки данных между управляющим устройством и устройствами ввода/вывода.



Надежность передачи некритичных ко времени данных (конфигурации, загрузка/выгрузка программ) обеспечивается стеком TCP, а критичная ко времени доставки циклических данных управления будет осуществлена через стек UDP. Для упрощения настройки сети EtherNet/IP большинство стандартных устройств автоматизации имеют в комплекте заранее определенные конфигурационные файлы (EDS).

CIPsync является расширением коммуникационного протокола CIP и реализует механизмы синхронизации времени в распределенных системах на основе стандарта IEEE 1588.

PROFINET

Первая версия PROFINET использовала Ethernet для некритичной ко времени связи между устройствами верхнего уровня и Profibus-DP устройствами полевого уровня. Взаимодействие с Profibus-DP осуществлялось при этом достаточно просто при помощи встроенного в стек PROXY. Вторая версия PROFINET обеспечивает два механизма связи через Ether-

net: для передачи некритичных ко времени данных используется TCP/IP, а реальное время обеспечивается на втором канале специальным протоколом. Этот протокол реального времени "перепрыгивает" через Уровни 3 и 4, преобразуя длину передаваемых данных для достижения детерминированности. Кроме этого, для оптимизации связи всем посылкам данных в PROFINET присваиваются приоритеты согласно IEEE 802.1p. Для связи в реальном масштабе времени данные должны иметь высший (седьмой) приоритет.

PROFINET V3 (IRT) использует аппаратные средства для создания быстрого канала с еще большей производительностью. Обеспечивается соответствие требованиям IRT (Isochronous Real-Time) стандарта IEEE-1588. PROFINET V3 используется в основном в системах управления перемещением с применением специальных Ethernet/PROFINET V3 коммутаторов.

ETHERNET Powerlink

В ETHERNET Powerlink стеки TCP/IP и UDP/IP (Уровни 3 и 4) расширены стеком Powerlink. На основе стеков TCP, UDP и Powerlink осуществляется как асинхронная передача некритичных ко времени данных, так и быстрая, изохронная передача циклических данных.

Стек Powerlink полностью управляет трафиком данных в сети для обеспечения работы в реальном масштабе времени. Для этого используется технология SCNM (Slot Communication Network Management), которая для каждой станции в сети определяет временной интервал и строгие права для передачи данных. В каждый такой временной интервал только одна станция имеет полный доступ к сети, что позволяет избежать коллизий и обеспечить детерминированность в работе. В дополнение к этим индивидуальным интервалам



(7) прикладной (6) представительский (5) сеансовый (4) транспортный	Приложение	
(3) сетевой	асинхр.	цикл.
	TCP	UDP
	IP	PowerLink
(2) канальный	CSMA/CD	
(1) физический	Ethernet	

времени для изохронной передачи данных, SCNM обеспечивает общие интервалы времени для асинхронной передачи данных.

В сотрудничестве с группой CiA (CAN in Automation) разработано расширение Powerlink v.2 с использованием профилей устройств CANopen.

Powerlink v.3 включает механизмы синхронизации времени, основанные на стандарте IEEE 1588.

Modbus/TCP - IDA

Группа Modbus-IDA предлагает архитектуру IDA для распределенных систем управления, используя Modbus в качестве структуры сообщений. Modbus-TCP - это симбиоз стандартного протокола Modbus и протокола Ethernet-TCP/IP как средства передачи данных. В результате получился простой, структурированный, открытый протокол передачи для сетей Master-Slave. Все три протокола из семейства Modbus (Modbus RTU, Modbus Plus и Modbus-TCP) используют один прикладной протокол, что позволяет обеспечить их совместимость на уровне обработки пользовательских данных.

IDA это не только протоколы на основе Modbus, это целая архитектура, объединяющая методы построения различных систем автоматизации с распределенным интеллектом и описывающая как структуру системы управления в целом, так и интерфейсы устройств и программного обеспечения в частности. Это обеспечивает вертикальную и горизонтальную интеграцию всех уровней автоматизации с широким использованием web-технологий.

Передача данных в реальном времени обеспечивается использованием стека IDA, являющегося надстройкой над TCP/UDP и основанного на протоколе Modbus. Передача некритичных ко времени данных, и поддержка web-технологий происходит через стек TCP/IP. Предусмотрена возможность удаленного управления устройствами и системами (диагнос-

тика, параметризация, загрузка программ и т.п.) при помощи стандартных протоколов HTTP, FTP и SNMP.

EtherCAT

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) - концепция автоматизации на основе Ethernet, разработанная немецкой компанией Beckhoff. Главным отличием этой технологии является обработка фреймов Ethernet "на лету": каждый модуль в сети одновременно с получением адресуемых ему данных транслирует фрейм следующему модулю. При передаче выходные данные аналогичным образом вставляются в ретранслируемый фрейм. Таким образом, каждый модуль в сети дает задержку всего в несколько наносекунд, обеспечивая системе в целом поддержку реального времени. Некритичные ко времени данные передаются во временных промежутках между передачами данных в реальном времени. В EtherCAT реализованы механизмы синхронизации на основе стандарта IEEE 1588. Малое время задержки при передаче данных позволяет применять EtherCAT в системах управления перемещением.

SERCOS-III

SERCOS (SErial Real-Time Communication System) - это цифровой интерфейс, оптимизированный для связи между контроллером и преобразователями частоты и использующий оптоволоконное кольцо. Разработан в первоначальном виде группой компаний еще в конце 80-х годов прошлого века. Работа в реальном времени достигается при помощи механизма TDMA (Time Division Multiplex Access) - Мультиплексный Доступ с Временным Уплотнением. SERCOS-III является последней версией этого интерфейса и базируется на Ethernet.

Foundation Fieldbus HSE

При разработке стандарта Foundation Fieldbus пытались полностью опираться на модель OSI, но, в конце концов, из соображений качества функционирования модель была изменена: уровень 2 был заменен на уровень Согласования данных собственной разработки, уровни 3-6 были исключены и разработан восьмой уровень, названный Пользовательским. Пользовательский уровень включает функциональные блоки, ко-

торые являются стандартизованными пакетами функций управления (например, блок аналогового входного сигнала, ПИД-регулирования и т.п.). Данные функциональные блоки должны отвечать требованиям широкой гаммы разнообразного оборудования различных производителей, а не конкретному типу устройств. Для передачи своих уникальных свойств и данных в систему, подключаемые устройства используют программное "описание устройства" (Device Description - DD). Это обеспечивает простоту добавления новых устройств в систему по принципу "plug-and-play".

Второй отличительной чертой технологии Foundation Fieldbus является обеспечение одноранговой связи между полевыми устройствами. При одноранговой связи каждое устройство, подключенное к шине, может обмениваться информацией с другими устройствами на этой шине напрямую, т.е. без необходимости передачи сигналов через систему управления.

В 2000 году был разработан вариант Foundation Fieldbus HSE (High-Speed Ethernet). Основные особенности: базируется на Ethernet, скорость передачи данных 100 Мбод, поддержка реального времени, совместимость со всем коммерческим оборудованием Ethernet, использование протоколов Internet (FTP, HTTP, SMTP, SNMP и UDP), возможность связи с сетью FF H1 без обращения к главной системе.

SafeEthernet

Разработка немецкой компании HIMA на основе Ethernet с поддержкой протоколов Internet. В соответствии с профилем компании и как видно из названия, данный протокол оптимизирован для использования в системах обеспечения безопасности.

И чем дальше, тем больше будет этих Ethernet-ов для необычных применений.

Материал подготовлен сотрудниками фирмы АКОМ, г.Челябинск, Россия



КОНТАКТЫ:

т/ф: (107-3512) 95-2329

e-mail: acom@industrialnets.ru