

АНАЛИЗ РЕАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ И ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

М. Г. Марков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. С. Захаренко

При выполнении проектов автоматизации технологических процессов одной из важных задач является выбор промышленной сети и протокола передачи данных для обеспечения обмена информацией между датчиками, исполнительными устройствами, программируемыми логическими контроллерами и промышленными компьютерами. Одним из важнейших показателей, на основе которых производится выбор, является пропускная способность сети. В технической литературе имеется информация о различных сетях, но отсутствуют показатели реальной пропускной способности с учетом потерь на служебную информацию (заголовки пакетов данных, поля контроля четности и т. д.). Таким образом целью данной работы является сбор, систематизация и сравнительный анализ информации по основным промышленным сетям и протоколам передачи данных. В особенности анализ реальной пропускной способности с учетом потерь на служебную информацию.

CANopen – открытый сетевой протокол верхнего уровня для подключения встраиваемых устройств в бортовых транспортных и промышленных сетях. В качестве сетевого и транспортного уровня используется протокол реального времени CAN.

Применяется шина до 1000 м без использования повторителя. Следует отметить, что длина линий связи и ответвлений влияет на максимальную скорость. Например, при 1000 м можно достичь скорости порядка 10 кбит/с.

Доступны скорости 10, 20, 50, 125, 250, 500, 800 кбит/с, 1 Мбит/с (при длине линии не более 40 м). При этом поддержка узлами скорости 20 кбит/с является обязательной.

Структура фрейма данных показана на рис. 1.

Начало фрейма	Поле арбитража	Поле контроля	Поле данных	Поле CRC	Поле уведомления / конец фрейма
1 бит	от 12 до 30 бит	1	8–64 бита	15 бит	1 бит

Рис. 1. Структура фрейма данных CANopen

Таким образом доля полезной информации может составлять от 21 до 65 %.

Типичные области применения: в основном в системах управления перемещением, в сборочных, сварочных и транспортировочных агрегатах. Используется для однокабельного соединения многовходовых блоков датчиков, интеллектуальных датчиков, пневматических вентилях, считывателей штрих-кодов, приводов и операторских пультов.

DeviceNet – протокол для промышленной сети CAN. Используется для связи датчиков, исполнительных механизмов и программируемых логических контроллеров между собой. Открытый стандарт. Широко применяется на транспорте, в машиностроении и промышленности. Достаточно широко распространен в России. DeviceNet является протоколом верхнего уровня разработан в 1994 г. компанией

Rockwell Automation. Сеть имеет шинную топологию. Допускает «горячее» подключение и отключение модулей. DeviceNet поддерживает скорости 125, 250 и 500 кбит/с. Скорость зависит от длины кабеля и его типа (максимально до 500 м). Типичная длина кабеля – 100 м. Для кабеля длиной 380 м скорость – 125 кбит/с, для 75 м – 500 кбит/с. Структура фрейма данных показана на рис. 2.

Начало фрейма	Идентификатор	RTR Bit	Поле контроля	Поле данных	CRC Sequence	CRC Delimiter	Acknowledge	Ack Delimiter	Конец фрейма	Interframe Space
1 бит	11 бит	1 бит	6 бит	8–64 бит	15 бит	1 бит	1 бит	1 бит	7 бит	2 бита

Рис. 2. Структура фрейма данных DeviceNet

Таким образом доля полезной информации может составлять от 14 до 60 %.

Типичные области применения: служит для объединения в единую систему устройств промышленной автоматики, таких как фотодатчики, термодатчики, считыватели штрихкодов, элементы ЧМИ (человеко-машинного интерфейса), с управляющими устройствами (компьютерами, ПЛК).

EtherCAT – промышленная шина на базе Ethernet, впервые представленная для использования в производстве полупроводниковых приборов в 2004 г. Она стандартизована такими ассоциациями, как SEMI, IEC и ISO. Функциональный принцип протокола устройств EtherCAT существенно отличает эту технологию от других, базирующихся на Ethernet-решениях. В технологии EtherCAT не используется такой режим, в котором пакет Ethernet сначала принимается, затем интерпретируется и формируется ответный пакет от устройства ввода/вывода, содержащий данные технологического процесса. Все данные обрабатываются «на лету». Пакеты «запросы» и «ответы» содержат данные для (от) нескольких подчиненных устройств.

Сети EtherCAT не имеют практических ограничений на топологию – они могут иметь линейную, звездообразную, древовидную, резервированную кольцевую топологию или даже представлять собой комбинацию всего вышеперечисленного и позволяют использовать до 65 535 узлов на сегмент. Если расстояния между двумя узлами спецификации 100BaseTX, равного 100 м, недостаточно, то его можно увеличить до 2 км за счет волоконно-оптических кабелей.

Типичное время цикла EtherCAT составляет 50–250 мкс, в то время как в традиционных промышленных шинах на каждое обновление требуется 5–15 мс, т. е. традиционные промышленные шины работают медленнее от 20 до 300 раз. Структура фрейма данных показана на рис. 3.

MAC Header	Data	CRC Checksum
14 байт	46–1500 байт	4 байт

Рис. 3. Структура фрейма данных EtherCAT

Таким образом доля полезной информации может составлять от 71 до 98 %.

Типичные области применения: производство полупроводников, обработка металлов давлением, упаковка, литье под давлением, сборочные системы, печатные машины, робототехника.

EtherNet/IP – это один из трех открытых сетевых стандартов (DeviceNet™, ControlNet™ и Ethernet/IP™), которые используют общий прикладной уровень – «Common Industrial Protocol» (CIP™). Этот общий прикладной уровень и открытые программные и аппаратные интерфейсы обеспечивают универсальное соединение компонент автоматизации от уровня полевой шины, через уровень управления до уровня предприятия. Важнейшей особенностью сети EtherNet/IP является использование стандартного немодифицированного протокола Ethernet (IEEE 802.3), в котором протокол CIP накладывается на стандартные протоколы TCP/IP и UDP, являясь дополнением к типичным функциям протоколов HTTP, FTP, SMTP и SNMP.

EtherNet/IP поддерживает скорости передачи данных 10 Мбит/с и 100 Мбит/с. Обычно строится топология «звезда» используя подходящие (управляемые) коммутаторы. Число устройств подключенных к сети EtherNet/IP, зависит только от пространства доступных IP адресов. Структура фрейма данных такая же, как у EtherCAT.

Таким образом доля полезной информации может составлять от 71 до 98 %.

Типичные области применения: автоматизация зданий, цехов и в областях, не требующих высокой надежности.

Modbus – открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. Может использоваться для передачи данных через последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP (Modbus TCP).

Протокол Modbus имеет два режима передачи: RTU (Remote Terminal Unit – «удаленное терминальное устройство») и ASCII. Стандарт предусматривает, что режим RTU в протоколе Modbus должен присутствовать обязательно, а режим ASCII является опциональным. Пользователь может выбирать любой из них, но все модули, включенные в сеть Modbus, должны иметь один и тот же режим передачи. Структура фрейма данных показана на рис. 4.

Адрес	Код функции	Данные	Контрольная сумма
1 байт	1 байт	8–2 байт	2 байт

Рис. 4. Структура фрейма данных Modbus

Таким образом доля полезной информации может составлять от 67 до 98,5 %.

Типичные области применения: стал стандартом де-факто в промышленности и широко применяется для организации связи промышленного электронного оборудования. Протокол Modbus разработан для использования в программируемых логических контроллерах, таких, как управление несложными типами электроприводов.

Profibus (Process Field Bus) – открытая промышленная сеть, прототип которой был разработан компанией Siemens AG для своих промышленных контроллеров Simatic. На основе этого прототипа Организация пользователей Profibus разработала международные стандарты, принятые затем некоторыми национальными комитетами по стандартизации. Очень широко распространена в Европе, особенно в машиностроении и управлении промышленным оборудованием. Сеть Profibus – это комплексное понятие, она основывается на нескольких стандартах и протоколах. Сеть отвечает требованиям международных стандартов IEC 61158 и EN 50170. Поддержкой, стандартизацией и развитием сетей стандарта Profibus занимается Profibus Network Organization (PNO). Структура фрейма данных показана на рис. 5.

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU	FCS	ED
9 байт									2–244 байта	2 байта	

Рис. 5. Структура фрейма данных Profibus

Таким образом доля полезной информации может составлять от 42 до 96 %.

Типичные области применения: сеть общего назначения для автоматизации широкого круга отраслей промышленного производства. Особенность – несколько ведущих устройств.

PROFINet (Profibus + Ethernet) – является одним из современных стандартов (IEC 61158 и IEC 61784), который обеспечивает простую интеграцию устройств Profibus, ASI и Interbus с промышленным Ethernet. Протокол ProfiNet разработан Profibus International на базе Ethernet как совместимый с протоколом Profibus, поддерживаемым компанией Siemens. PROFINet реализует концепцию открытой компонентной архитектуры для построения распределенных автоматизированных систем, от уровня устройств ввода/вывода до уровня руководства предприятия, обеспечивающая тесную интеграцию в единую информационную структуру подсистем на базе других промышленных шин (fieldbus). Технология PROFINet обеспечивает также открытую платформу для систем управления производством (MES). Структура фрейма данных показана на рис. 6.

Преамбула	Флаг начала	Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип	Данные	CRC
7 байт	1 байт	6 байт	6 байт	2 байта	46–1500 байт	4 байта

Рис. 6. Структура фрейма данных ProfiNet

Таким образом доля полезной информации может составлять от 63 до 98 %.

Типичные области применения: сеть общего назначения для распределенных систем автоматизации широкого круга отраслей промышленного производства. Системы PROFINet интегрируют промышленные сети PROFIBUS, обеспечивая, таким образом, защиту инвестиций в существующие системы. Кроме того, в них могут интегрироваться сети на базе других промышленных шин (fieldbus).