

данных. Оптическое волокно устойчиво к ЭМИ, позволяет прокладку на расстояние свыше 100 м и повышает надежность передачи данных.

4. Поддержка Power over Ethernet (PoE, IEEE802.3af) — это технология передачи электропитания по витой паре совместно с данными. Уже сейчас практически у всех вендоров заявлены модели коммутаторов с поддержкой PoE, и есть все основания рассчитывать, что данное направление будет активно развиваться.

5. Выпуск новых моделей оборудования для соответствия новым промышленным стандартам. Прогресс не стоит на месте, новые стандарты предъявляют и новые требования к оборудованию, как пример можно упомянуть IEC 61850-3 и IEEE 1613, соответствие которому вынуждает производителей дополнительно выпускать оборудование для монтажа в 19" стойку, например, новая модель Hirschmann MACH1000, разработанная специально для электроподстанций.

6. Активное появление на рынке производителей из Азии и Дальнего Востока. Уже в настоящее время в этих

регионах появилось множество мелких производителей, выпускающих Industrial Ethernet оборудование. Правда, в данный момент за небольшим исключением качество этих изделий не позволяет использовать их в серьезных проектах, в частности, из-за того, что большая часть оборудования работает только при положительных температурах и имеет сомнительные технические характеристики, однако в ближайшие несколько лет изделия из Азии займут серьезные позиции на рынке бюджетных решений.

7. Появление единого стандарта на кольцевое резервирование. В Азии отмечено появление производителей, не скованных юридическими и патентными правилами. Они уже сейчас начали выпускать экземпляры коммутаторов, которые могут работать в кольце, построенном на оборудовании другого вендора. В дальнейшем это заставит ведущих разработчиков либо сделать свои технологии резервирования общедоступными, или же разработать единый стандарт промышленного резервирования со звучным названием.

Контактный телефон (495) 9-888-401.

[Http://www.symbol-avtomatika.ru](http://www.symbol-avtomatika.ru) E-mail: [Info@symbol-avtomatika.ru](mailto:Info@symbol-avtomatika.ru)

## Взгляд на INDUSTRIAL ETHERNET

А.Ю. Молчанов (ООО "АКОМ")

*Кратко рассматривается понятие "Industrial Ethernet" со стороны логической реализации процесса взаимодействия сетевых устройств. Представлены сетевые устройства компании Anybus с интерфейсами Industrial Ethernet.*

Успешно завоевав мир офисной автоматизации, Ethernet и TCP/IP начали наступление на распределенные системы управления производством. В качестве основного "оружия" при этом используется заманчивая идея "бесшовного" соединения всех уровней классической пирамиды автоматизации: от уровня автоматизации ТП до уровня управления предприятием. Реализация этой идеи потребовала серьезной адаптации Ethernet, особенно в плане поддержки РВ. 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, которые и получили общее название "Industrial Ethernet".

### OSI – модель взаимодействия открытых систем

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. Используя модель OSI, рассмотрим процесс формирования фреймов Ethernet (пакетов данных).

Прежде чем пользовательские данные из Приложения 1 (рис. 1) можно будет послать через Ethernet к

Приложению 2, 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 — Приложение 2. Такой процесс подобен отлаженному конвейеру и требует четкого описания логического взаимодействия между уровнями.

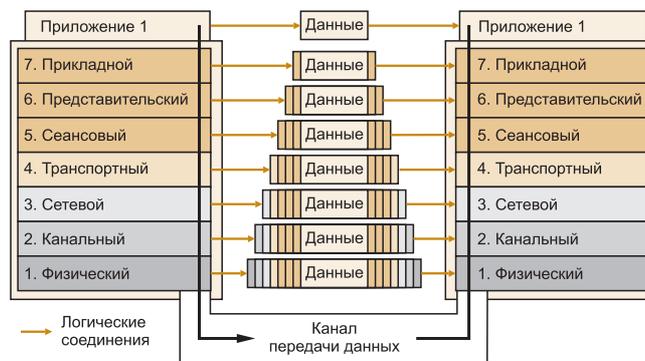


Рис. 1

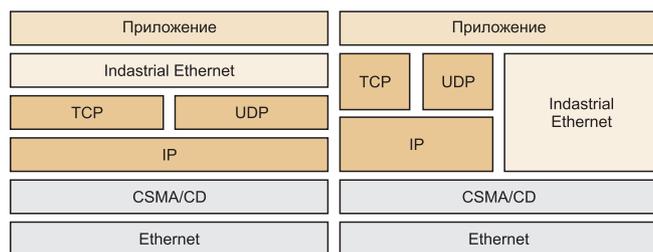


Рис. 2

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, то есть протоколы IP и TCP/UDP (рис. 2).

**Уровень 1 (физический)** описывает метод последовательной (бит за битом) передачи данных через определенную физическую среду. Применительно к стандарту IEEE 802.3 стандартный фрейм Ethernet должен выглядеть, как показано на рис. 3.

**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 для Ethernet через механизм CSMA/CD<sup>1</sup>, что приводит к неизбежному 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

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

Рис. 3. Стандартный фрейм Ethernet,

где Preamble – преамбула, используется для синхронизации приемного устройства; 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)

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 установки, 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 дейтаграммный протокол) создан в противовес TCP и используется в случаях, когда первоочередным фактором становится скорость, а не надежность передачи данных.

**Уровни 5 – 7 (сеансовый, представительский, прикладной)** 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, так же 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 Powerlink, Profinet, SERCOS расширяют и частично замещают еще и уровни 3 и 4 (рис. 2).

Многие организации в настоящее время уже разработали и продвигают на рынок автоматизации протоколы прикладного уровня для промышленного использования Ethernet. Наиболее известны следующие реализации концепции Industrial Ethernet: EtherNet/IP (ODVA), Profinet (PNO), Modbus-TCP (Modbus-IDA User Group) и EtherCAT (EtherCAT Technology Group). Кратко рассмотрим особенности данных протоколов.

<sup>1</sup> CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий) – это метод управления доступом к среде передачи данных в Ethernet, устанавливающий следующий порядок передачи: перед началом передачи блока данных станция должна проверить состояние канала и, если он свободен, начать передачу. В процессе передачи станция "прослушивает" сеть для обнаружения конфликтов. В случае конфликта (два узла сети одновременно пытаются занять канал) станция, обнаружившая его, выдает специальный сигнал, по которому обе станции одновременно прекращают передачу. Принимающая станция уничтожает частично принятые пакеты. Все рабочие станции выжидают случайное время, прежде чем предпринять новую попытку передачи. Каждая станция принимает все поступающие сообщения, но оставляет только те, которые адресованы ей.

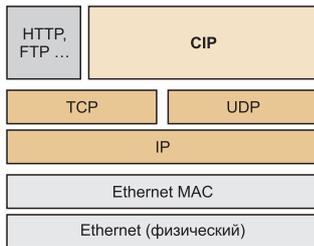


Рис. 4

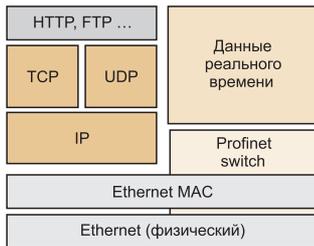


Рис. 5

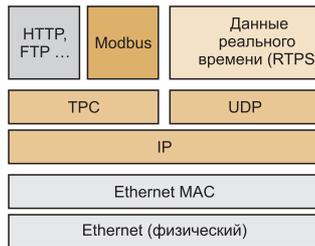


Рис. 6

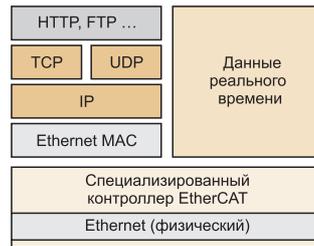


Рис. 7

### EtherNet/IP

EtherNet/IP базируется на протоколах Ethernet TCP/UDP/IP и расширяет коммуникационный стек для применения в промышленной автоматизации (рис. 4). 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 г. на основе коммуникационного протокола CIP (Common Interface Protocol), который используется также в сетях ControlNet и DeviceNet.

EtherNet/IP, в дополнение к типичным функциям протоколов HTTP, FTP, SMTP и SNMP, 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 доставка циклических данных управления осуществляется через стек UDP. CIPsync является расширением коммуникационного протокола CIP и реализует механизмы синхронизации времени в распределенных системах на основе стандарта IEEE-1588.

Для упрощения настройки сети EtherNet/IP большинство стандартных устройств автоматики имеют в комплекте заранее определенные конфигурационные файлы (EDS).

### PROFINET

PROFINET V2 (RT) обеспечивает два механизма связи через Ethernet: для передачи некритичных ко времени данных используется TCP/IP/UDP, а РВ обеспечивается на втором канале специальным протоколом (рис. 5). Этот протокол РВ "перепрыгивает" через уровни 3 и 4 (TCP/IP/UDP), 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 масштабе РВ данные должны иметь высший (седьмой) приоритет.

PROFINET V3 (IRT) использует уже 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 коммутаторов Ethernet/PROFINET V3 switch.

### Modbus-TCP

Достаточно недавно образованная группа Modbus-IDA предлагает свою архитектуру для распределенных систем управления, используя всем известный протокол Modbus как основу структуры сообщений. Протокол Modbus-TCP был разработан компанией Schneider Electric еще до образования группы Modbus-IDA и по сути являлся первой удачной реализацией концепции Industrial Ethernet.

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.

Передача данных в РВ (технология RTPS – Realtime Publisher Subscriber) 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 (диагностика, параметризация, загрузка программ и т.п.) при помощи стандартных протоколов HTTP, FTP и SNMP (рис. 6).

### EtherCAT

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) – концепция автоматизации на основе Ethernet, разработанная немецкой компанией Beckhoff. Сеть имеет замкнутую последовательную структуру с единственным ведущим устройством. 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 РВ. В EtherCAT реализованы механизмы синхронизации на основе стандарта IEEE 1588 (рис. 7). Некритичные ко времени данные и данные от стандартных Ethernet TCP/IP устройств передаются во временных промежутках между передачами данных в РВ.

В таблице представлены сводные технические характеристики рассмотренных протоколов.

Таблица. Технические характеристики протоколов

Протокол Industrial Ethernet	На основе Fieldbus	Использование TCP/IP при передаче данных "реального времени"	Метод обеспечения PB
EtherNet/IP	DeviceNet, ControlNet	–	Цикл 10...100 мс
PROFINET	PROFIBUS (Interbus, Hart)	50..100%	RT: приоритет IRT: Profinet switch
Modbus-TCP	Modbus	–	Цикл 20...100 мс
EtherCAT	–	1...10%	Протокол, специализированный контроллер EtherCAT

### Сетевые устройства Anybus с интерфейсами Industrial Ethernet

Anybus – это торговая марка шведской компании HMS Industrial Networks, которая уже почти 20 лет специализируется исключительно на разработке и производстве устройств для работы с различными промышленными сетями (в том числе и с сетями класса Industrial Ethernet).

Под торговой маркой Anybus выпускаются несколько больших групп продукции (рис. 8):

- сетевые шлюзы Anybus-Com и Anybus-X (объединение промышленных сетей разных типов, подключение к этим сетям устройств с интерфейсами RS-232/485);
- сетевые карты Anybus-PCI (подключение к промышленным сетям компьютерных систем с шиной PCI);
- встраиваемые коммуникационные модули и микросхемы (для производителей приборной продукции).



Рис. 8

Каждая из этих групп заслуживает отдельного подробного описания, но это не попадает под формат данной статьи. Мы остановимся на том факте, что в каждой из этих групп реализована поддержка сетей класса Industrial Ethernet, а именно следующих интерфейсов: Modbus TCP Server/Slave; Ethernet/IP Scanner/Master; Ethernet/IP Adapter/Slave; Profinet IO Device/Slave; EtherCAT.

Рассмотрим функциональные возможности устройств Anybus со стороны этих Ethernet-интерфейсов. Особо подчеркнем, что это общие возможности для всех устройств Anybus, начиная с микросхем и заканчивая шлюзами.

Кроме выполнения основной задачи по передаче данных с использованием промышленных протоколов, устройства Anybus позволяют использовать весь спектр так называемых ИТ-функций, предоставляемых непосредственно технологией Ethernet.

**Встроенный динамический HTTP Web-сервер.** Устройства Anybus Ethernet имеют встроенный Web-сер-

вер. Все Web-страницы, доступные через этот Web-сервер, размещаются непосредственно в файловой области коммуникационного модуля данного устройства. Обеспечивается поддержка SSI и Java сценариев, что дает возможность динамически обновлять данные на Web-страницах и записывать данные в устройство. Для упрощения процесса создания индивидуальных Web-страниц предлагается специальная утилита WebTool.

**Файловая система (Flash disk).** Для пользователя полностью доступен встроенный Flash-диск, который может хранить наборы заранее подготовленных e-mail сообщений, Web-страницы пользователя, документацию на устройство и прочую дополнительную информацию. Все эти данные, включая Web-страницы, могут быть загружены через встроенный FTP-сервер.

**Электронная почта (E-mail SMTP).** Данная функция предоставляет возможность устройству высылать e-mail сообщения при каких либо событиях (значениях сетевых переменных). В файловой системе может храниться до 20 заранее определенных e-mail сообщений и, дополнительно, любые сообщения могут быть переданы через внутренний интерфейс.

**Безопасность.** Файловая система Anybus имеет два уровня доступа: "Администратор" и "Пользователь". При установке уровня "Администратор" доступ к выбранным файлам будет происходить через ввод пароля и данные файлы не будут видны при входе с уровнем "Пользователь". Также можно задать набор IP адресов, для которых будет разрешена связь, запросы от устройств с другими IP адресами будут игнорироваться.

**Конфигурация устройства** (в том числе IP адрес) может быть изменена различными способами:

- через встроенные в устройство DIP микропереключатели, Web-страницу конфигурации;
- с использованием специальных Mailbox команд, DHCP/BOOTP (удаленно по сети), NCP (при помощи утилиты Anybus IP-Config), ARP (из DOS, Unix систем).

**Web Tool** – это программная утилита для автоматизированного создания индивидуальных Web-страниц с определяемым пользователем содержанием, диагностическими функциями и графической визуализацией состояния оборудования или протекания ТП.

Создаваемые при помощи WebTool страницы загружаются во Flash-диск устройств Anybus с интерфейсом Ethernet (шлюзы, встраиваемые модули) и далее доступ к отображаемым данным может обеспечиваться с любого ПК через сеть Ethernet/Internet при помощи обычного Internet-браузера (например, IE из состава Windows).

Пользовательские Web-страницы создаются в стиле SCADA-систем, то есть при помощи специального редактора объектов с поддержкой графики, анимации и с большой библиотекой готовых объектов. При этом от пользователя совершенно не требуется навыков Web-программирования – содержимое страниц будет генерироваться автоматически. На рис. 9 представлен пример создания графического элемента (как в простейших графических редакторах типа Paint).



Рис. 9

Изменение значения переменной может отображаться в цифровом виде, в виде графических шкал и барграфов или в виде изменения вида и цвета соответствующего объекта (анимация). В конечном виде проект страницы из программы WebTool может выглядеть, как на рис. 10.

После загрузки проекта в устройство Anybus, с любого удаленного компьютера при помощи стандартного браузера можно следить за процессом в РВ – для этого нужно набрать соответствующий сетевой адрес. В окне браузера появится динамическая картинка – будет работать анимация и автоматически обновляться значения параметров в соответствии со значениями сетевых переменных шлюза.

#### В качестве заключения

Лет 10 назад широко обсуждалась возможность признания одной из полевых шин в качестве единого стандарта для применения в АСУТП. За это право "сражались" DeviceNet, Profibus, Interbus и другие протоколы, с надеждой на это разрабатывалась шина Fieldbus Foundation.

Сейчас та же история повторяется и с Industrial Ethernet, хотя уже и без былого накала страстей. Думается, что все закончиться так же, как и с полевыми шинами: не будет никакого единого стандарта. Нет таких интерфейсов и протоколов, которые одинаково хорошо удовлетворяли бы всем требованиям. К тому же большое влияние оказывают географические и исторические факторы. Modbus-TCP распространен во

всем мире и имеет в настоящее время наибольшее число работающих узлов, так как он был одним из первых протоколов Industrial Ethernet на рынке. На североамериканском рынке компания Rockwell Automation предпринимает огромные усилия по продвижению Ethernet/IP, а Emerson развивает Fieldbus Foundation HSE. В Европе лидирует Siemens со своей очень перспективной по возможностям сетью Profinet. В России и странах Азии нет пока единого лиде-

ра, и все типы сетей находят применение.

Международная Электротехническая Комиссия (IEC) в 2007 г. определила новый перечень стандартов сетей, рекомендуемых для использования в задачах управления производственным процессом. Документ IEC-61158 в редакции 2007 г. описывает уже 18 различных типов промышленных сетей, которые признаются международными стандартами. В этот перечень входят и сети типа Fieldbus (полевая шина) и сети класса Industrial Ethernet: Profibus, Profinet, Fieldbus Foundation, Modbus, DeviceNet, ControlNet, EtherNet/IP, EtherCAT, Powerlink, HART, P-Net, WorldFIP, Interbus, CC-Link, VNETIP, TLNET, EPA, Sercos.

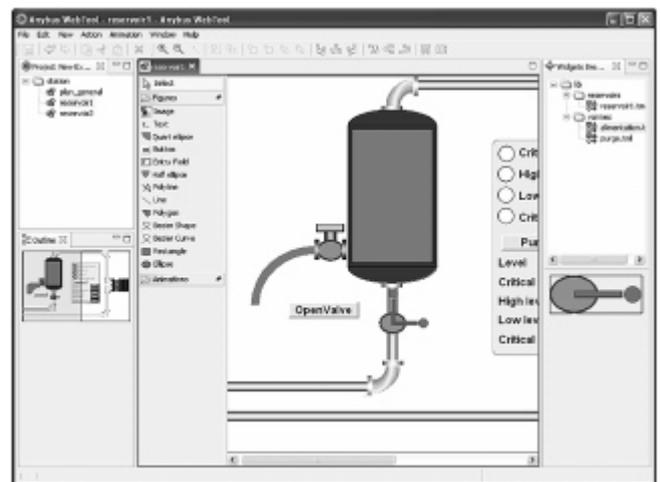


Рис. 10

*Молчанов Алексей Юрьевич – ген. директор ООО "АКОМ".*

*Контактный телефон (351) 795-23-29. <http://www.industrialnets.ru>*

#### Многоядерность приходит в промышленные серверы

Компания FASTWEL, известный производитель вычислительных систем для промышленного применения, сообщает о начале производства серверов марки FASTWEL AdvantiX на базе многоядерных процессоров Intel Xeon E5310. На сегодняшний день на рынке серверов для промышленного применения уже доступна продукция, содержащая четыре вычислительных ядра в одном микропроцессоре. Это положительно сказывается на производительности всей системы при многозадачном режиме работы, при обработке в РВ данных от большого числа источников в составе АСУТП, а также при обсчете сложных трехмерных сцен.

Благодаря применению самых современных технологий энергосбережения новые процессоры выделяют меньшее количество тепла по сравнению с предшественниками, что благоприятно сказывается на терморегиме внутри корпуса изделий.

Новыми процессорами оснащаются три модели FASTWEL AdvantiX: высокопроизводительный 1U-промышленный сервер IS-1U-SYS10, 2U-промышленный сервер с повышенной функциональностью IS-2U-SYS7 и универсальный промышленный сервер IS-4U-SYS5.

*[Http://www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)*