



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**РЕДАКЦИОННЫЙ
С О В Е Т**

**Председатель
Л.А. ПУЧКОВ**

**Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС**

**Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ**

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

В.В. КУРЕХИН

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОНИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**директор МГГУ,
чл.-корр. РАН**

**директор
Издательства МГГУ.**

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик РАН

профессор

академик РАН

академик РАН

ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Ю.П. Страшун

**ОСНОВЫ
СЕТЕВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ
И УПРАВЛЕНИЯ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления подготовки дипломированных специалистов «Электротехника, электромеханика и электротехнологии»

МОСКВА

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**



2 0 0 3

УДК 621.39
ББК 32.965
С 83

Рецензенты:

Проф., д-р техн. наук, зав. кафедрой «Информационные технологии» *А.В. Шаронов*
(Московский авиационный институт)
Канд. техн. наук, ст. научный сотрудник *Е.А. Дубовик*
(ОАО «ИНЭУМ»)

Страшун Ю.П.

С 83

Основы сетевых технологий для автоматизации и управления: Учеб. пособие. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. — 111 с.: ил.

ISBN 5-7418-0255-9

Изложены основы сетевых технологий для автоматизации и управления, которые используются при комплексировании (системной интеграции) ИАСУ и программируемых логических контроллеров (ПЛК). Приведены основные разновидности локальных сетей в составе ИАСУ и их топологии. Даны определения фундаментальных понятий. Проанализированы средства межсетевое обмена информацией. Описаны методы упорядоченного доступа терминалов сети к среде передачи: централизованный и децентрализованный. Также анализируются стохастические сети (на примере ЛС Ethernet). Рассмотрены локальные промышленные сети (для автоматизации производства и для автоматизации процесса), локальные производственно-диспетчерские, а также локальные административно-технические сети. Показана целесообразность применения локальных сетей с использованием универсальных сетевых технологий.

Ю.П. Страшун — канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика и управление в технических системах» Московского государственного горного университета.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления подготовки дипломированных специалистов «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». Может представлять определенный интерес для проектировщиков и системных интеграторов ИАСУ и ПЛК.

УДК 621.39
ББК 32.965

ISBN 5-7418-0255-9

© Ю.П. Страшун, 2003

© Издательство МГГУ, 2003

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2003

Под сетевыми технологиями понимаются научные описания способов обмена информацией между терминалами (узлами) сети в виде сигналов, передаваемых в различных средах (электрический провод, оптическое волокно, эфир и т. д.). Рассмотрение сетевых технологий в учебном пособии ограничивается локальной сетью (ЛС) предприятия. Анализ локальных промышленных сетей (ЛПС) дан в [3]. Технологии корпоративных сетей подробно освещены в [5]. Терминалами ЛС в составе ИАСУ* предприятия могут быть:

- датчики (источники) непрерывных и дискретных сигналов;
- исполнительные механизмы;
- «полевые» устройства и приборы (FD);
- программируемые логические контроллеры (PLC);
- станции удаленного и распределенного** ввода/вывода;
- станции оператора-технолога, инженера, диспетчера и т. п.;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) административно-технического персонала;
- серверы.

Характеристики упомянутых терминалов и проблемы их системной интеграции детально анализируются в [9].

Сетевые технологии для автоматизации рассматриваются в контексте выполнения процедур, требующих минимального участия человека (например, централизованное задание уставок регуляторам, контроль за состоянием датчиков и исполнительных механизмов, централизованное логическое, в том числе последовательное, управление и т. п.).

Сетевые технологии для управления нацелены на выполнение процедур, требующих существенного участия человека и

* ИАСУ — интегрированная автоматизированная система управления, состоящая из АСУТП и АСУП.

** Станции распределенного ввода/вывода имеют интегрированные функции приобретения данных, безопасного управления и, в частности, выполняют функции автоматического регулирования, обработки данных и т. п.

оперативного принятия ответственных решений (например, контроль за качеством выпускаемой продукции, за расходом ресурсов производства с принятием решений об их перераспределении или оптимизации использования, за достижением определенной нормы рентабельности производства и т. п.).

Во всех упомянутых случаях необходим супервизорный контроль (от англ. supervise — контролировать, надсматривать). Меняется только значимость и число ступеней контроля.

Естественным развитием сетевых технологий для управления является обеспечение выхода в сеть Интернет для контроля над производственными процессами на значительных расстояниях и получения соответствующей информации.

Использование сетевых технологий в ИАСУ базируется на растущей потребности в распределенном интеллекте для обеспечения высокой производительности, надежности и живучести системы в целом.

Физически локальная сеть в ИАСУ представляет собой систему линий передачи (проводных и беспроводных) в определенном пространстве (от долей километра до десятков километров) с подключенным к ним интерфейсным* оборудованием.

В ИАСУ применяются три основных вида интерфейсов:

- интерфейс между отдельными видами оборудования (ММІ) (machine — machine interface — интерфейс машина — машина);
- интерфейс между оборудованием и человеком (НМІ) (human — machine interface — интерфейс человек — машина);
- интерфейс между людьми (ННІ) (human — human interface — интерфейс человек — человек).

В частности, для организации ММІ используются ЛС на основе стандартизованных в международном масштабе интерфейсов. Например, Ethernet (ISO 8.802.3) [10], Fieldbus (IEC 61158) [20], Profibus (EN 50170) [18], Bitbus (IEEE 1118) [19] и т. д.

НМІ выполняется на основе панелей и мониторов в составе станций визуализации (оператора-технолога, инженера, диспетчера производственного процесса и т. п.).

* Интерфейс -- граница разделения сред, сопряжение, стык (подробное определение дано в гл. 2).

НИИ представлен мониторами в составе АРМ административно-технического персонала, а также средствами телекоммуникаций.

Современной тенденцией развития сетевых технологий является расчленение таких терминалов сети, как IBM PC и программируемые логические контроллеры (ПЛК), на набор субтерминалов, между которыми осуществляется интерфейсный обмен по сети SAN*. Характерной особенностью SAN является то, что ее архитектура не зависит от операционной системы головного компьютера или микроконтроллера.

Применительно к IBM PC SAN базируется на однородных технических средствах, таких как коммутаторы (switches) (см. гл. 2). Последние по аналогии с железнодорожными сетями, по существу, являются стрелками, переключающими сегменты сети. Субтерминалами в IBM PC являются микропроцессоры, подсистемы памяти, RAID-подсистемы, жесткие и гибкие диски, консоли и, конечно, подсистемы ввода/вывода информации.

На основе рассматриваемой концепции, в частности, обеспечивается высокоскоростная связь в конфигурациях серверов в ИАСУ. Эта концепция называется Infiniband** [23]. Она позволяет исключить узкое место по быстродействию в IBM PC — параллельную системную шину — и создать радиальную, масштабируемую инфраструктуру, в которой обеспечиваются установка и удаление компонентов без отключения источников питания («hot-plug» и «hot-remove»).

Безызбыточное комплексирование ПЛК требует использования в нем одно- и двухканальных субтерминалов в виде микромодулей аналогового и дискретного ввода/вывода, объединяемых внутри ПЛК с помощью SAN на основе последовательных магистральных или радиальных шин взамен традиционно применяемого параллельного интерфейса (например, ISA, PCI и т. п.). В терминах сетевых технологий при использовании радиальных шин ПЛК, по существу, является концентратором (hub), к которому подключаются микромодули ввода/вывода.

Эволюция сетевых технологий для автоматизации и управления в течение 1980—2001 гг. заключалась в переходе от непосредственного присоединения средств связи с объектом (ССО) к го-

* SAN — System area network (системная сеть).

** Infiniband — бесконечная полоса частот (широкополосность).

ловной ЭВМ (host-computer) к непосредственному присоединению ССО к микроконтроллеру в составе ПЛК, который, в свою очередь, связан через сетевой интерфейс с головной ЭВМ. При этом также используется непосредственное присоединение к головной ЭВМ.

После принятия в 1984 г. стандарта ISO* «Системы обработки информации. Взаимосвязи в открытой системе. Базовая эталонная модель» начался интенсивный переход к открытым ИАСУ на основе 7-уровневой сетевой модели. Идея многоуровневого открытого соединения состояла в создании модели, в рамках которой могут быть использованы уже существующие протоколы.

В 90-х годах в связи с тем, что существенная распределенность в пространстве объектов, охватываемых АСУТП, стала нормой, а также тенденцией удешевления СВТ, сетевые средства начинают доминировать по стоимости над средствами вычислительной техники (СВТ). Основой СВТ становятся относительно дешевые персональные ЭВМ, а также одноплатные микроконтроллеры и микроРС на базе СБИС для встроеного применения [12, 13]. На основе последних комплексуются ПЛК, а также станции удаленного и распределенного ввода/вывода.

Развитие концепции супервизорного управления обусловило необходимость интеграции ПЛК и упомянутых станций в открытую ИАСУ на базе сетевых технологий и в конечном счете появление ЛПС. Увеличение числа ступеней супервизорного управления в связи с усложнением решаемых задач в АСУ, использование наряду со станцией оператора (OS) станций визуализации для технолога, инженера-проектанта (ES), диспетчера и других станций привели к необходимости развертывания в ряде случаев отдельной локальной производственно-диспетчерской сети (ЛПДС). Одновременно получили широкое развитие локальные административно-технические сети (ЛАТС) на основе IBM PC-совместимых компьютеров, связывающих АРМ управленческих и инженерно-технических работников. При комплексировании ЛАТС используется современный подход фирмы IBM Corp., называемый APPN/HPR, который означает переход от концепции равнозначных АРМ к системе АРМ по типу «клиент — сервер», реализующей преимущества высокоскоростных сетей [15].

* ISO — международная организация по стандартизации.

В настоящее время применение нижеперечисленных однотипных технических и программных средств, концепций на всех ступенях иерархии АСУТП и АСУП, в том числе сетевых средств, делает искусственным разделение АСУ на АСУТП и АСУП и позволяет перейти к интегрированным АСУ — ИАСУ на основе сетевых технологий.

К основным однотипным техническим и программным средствам, концепциям относятся:

- сетевая технология Ethernet;
- сетевые концепции «клиент — сервер», «издатель — подписчик»;
- технологии IBM PC (обычное и промышленное исполнение) и IBM PC-совместимых средств для встроенных применений;
- единое развитое ПО IBM PC;
- однотипная элементарно-конструктивная база (с использованием естественной конвекции без вентилятора) — ИМС КМОП-технологии, элементов конструкции «Евромеханика» с вертикальным расположением печатных плат;
- единые принципы автоматической сетевой коммутации и маршрутизации, позволяющие эффективно связать ЛПС, ЛПДС и ЛАТС.

В настоящее время открытость ИАСУ понимается шире — это не только возможность ее создания на основе совместимых аппаратно-программных средств различных фирм-изготовителей, но и гарантия выхода ИАСУ в корпоративные сети, в частности с использованием современных средств телекоммуникаций (Интернет, на базе стандарта GSM и т. п.).

В отечественной практике АСУТП компенсируют на основе управляющих вычислительных комплексов (УВК), ИАСУ — на основе программно-технических комплексов (ПТК). Эволюция сетевых технологий в рамках УВК и ПТК может быть прослежена на опыте разработки в России семейства микроЭВМ СМ 1800, технические возможности которых приведены в табл. 1 [8].

В целом табл. 1 можно прокомментировать следующим образом:

- прослеживается переход от сетевых технологий «точка к точке» (point to point) на основе RS-232 и «токовой петли» к сетевым технологиям «многоточка» (на базе RS-422, RS-485) и Ethernet, в том числе на основе волоконно-оптических линий

Показатели	СМ 1803/1804	СМ 1810/1814	СМ 1810 (развитие)	СМ 1820М
Годы выпуска	1978—1979	1982—1987	1990—1993	1998
Характеристика присоединения ССО:	Подсистема и модули ввода/вывода аналоговых сигналов высокого уровня, модули ввода/вывода дискретных сигналов в составе микроЭВМ	Аналогично СМ 1803/1804	Аналогично СМ 1803/1804	В СМ 1820МНУ (объем ОЗУ — 16—256 Мбайт, FLASH ЗУ — 4—8 Мбайт); непосредственный выход модулей ССО на интерфейс СРС1, а также на параллельный интерфейс СМ 1820М-ИЗ. СМ 1820МНУ выходит в сеть Ethernet 10/100 Мбит/с, позволяя создать иерархическую систему вместе с СМ 1820МВУ
с непосредственным присоединением ССО к интеллектуальному устройству ввода/вывода, выходящему на интерфейс головной ЭВМ	Нет	Устройство микропроцессорное дискретного ввода/вывода (УМДВВ) СМ 1810.9308 (ОЗУ — 2 кбайт)	Нет	Нет

с непосредственным присоединением ССО к микроконтроллеру в составе ПЛК, связанному через сетевой интерфейс с головной ЭВМ	Нет	Нет	Сетевой интерфейс «многоточка»-Bitbus (через сетевые карты и повторители Bitbus)	<p>Настенный промышленный контроллер СМ 1820М КП/КПМ (на базе одноплатного микроконтроллера 386EX с ОЗУ --- 1(2) Мбайт. FLASH ЗУ — 1(2) Мбайт или 60X0 Octagon systems), связанный с головной ЭВМ (СМ 1820МНУ);</p> <p>«многоточкой» на перевитой паре проводов со специализированным протоколом по RS-485;</p> <p>«многотонкой» на базе ВОЛС по RS-422 (длина сегмента 1—3 км);</p> <p>по сети Ethernet (скорость передачи 10/100 Мбит/с) на основе ВОЛС и коаксиального кабеля;</p> <p>по сети RS-232</p>
со средствами визуализации	Монитор СМ 7238 через ИРПС (RS-232) на расстоянии 500 м от головной ЭВМ	Аналогично СМ 1803/1804	В рамках СМ 1810	<p>ПУ с монитором, принтером и клавиатурой в рамках СМ 1820МВУ (клавиатура на расстоянии не выносится)</p>
Применение стандартных конструкций	Нет	Нет	Нет	«Евромеханика» + стандартные конструкции фирмы Octagon systems