

# 面向工业自动化的网络体系

广东工业大学自动化学院 (广州 510090) 谢凌广

【摘要】 本文详细介绍罗克韦尔自动化三层网络体系(RNA)的结构特点,并在对各层通信原理、协议分析的基础上,描述了面向工业自动化体系的网络软件平台,最后对未来工业网络体系的发展前景作了展望。

【关键词】 以太网 ControlNet DeviceNet RNA

## 一、前言

在工业自动化领域,传统的控制系统经历了继基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统和集散控制系统 DCS 的发展历程。近年来,随着控制、计算机、通信、网络等技术的发展,信息交换沟通的领域正在迅速覆盖从工厂的现场设备层到控制、管理的各个层次,今天的制造商需要依靠先进的工业网络技术迅速有效地收集和传送现场的生产和管理数据。在这一领域,罗克韦尔自动化公司推出了世界领先的符合微软公司提出的面向工业自动化的分布式网络结构 RNA(Rock Well Network Architecture),如图 1 所示,由 DeviceNet(设备层)、ControlNet(控制和自动化层)和 EtherNet(信息层)组成。以太网连接数据高速公路和厂区设备通信网络,执行 TCP/IP 协议。它利用罗克韦尔和微软公司的成熟技术和数据库实现系统信息的集成,在信息层已经组成可以通过以太网 TCP/IP 协议,连通 PLC-5 可编程序控制器、网关、人机接口和软件至信息系统。通过以太网与互联网连接,组成全球制造自动化网络,实现微软公司提出的面向工业制造自动化的分布式网络结构(Distributed Network Architecture)。

## 二、罗克韦尔工业自动化网络体系结构

罗克韦尔公司是世界著名的电子控制和通讯公司,在工业自动化、航空电子及通讯和电子商务等领域处于全球领先地位。罗克韦尔自动化为用户提供了覆盖从车间级设备的控制到企业级生产控制和信息管理的全方位的工业网络解决方案——网络集成自动化为基础的企业信息系统。基于微软分布式网络体系结构

(DNA)的罗克韦尔工业自动化网络体系(RNA)中,如图 1 所示,使用以太网工业协议(EthernetIP)作为其信息网络,为上层网络计算机系统提供读取工厂数据的途径。同样作为国际标准(IEC61558)的控制网(ControlNet),可满足实时、高产量应用系统的控制要求。设备网(DeviceNet)属工业设备层的网络,提供简单工业设备(如传感器和激励器)与高层设备(如 PLC 控制器和计算机)之间的连接。

### 1 以太网

这一层采用符合公共标准 TCP/IP 协议的以太网。它提供上层计算机系统通过以太网访问车间级的数据,主要为了全厂范围控制系统的数据汇集和监视。特点是数据量大而实时性要求不高,传输速率为 10Mbps。它的开放性协议使得各种主计算机和不同厂商的 PLC 可以互连,在必要时也可以进行一些控制和协调。以太网 Ethernet 是最广泛使用的网络标准(IEEE802.3),它早已成为商业管理网络的首要选择,用于工厂的数据采集和程序的修改。以太网网络能通过网关与控制网络连通,将控制层的实时数据和通讯数据集成到 HP、DEC、SUN、IBM 或 PC 主机系统,减小系统集成的时间和费用。

### 2 ControlNet

这一层包括 ControlNet(控制网),DH+ 网络,DH485

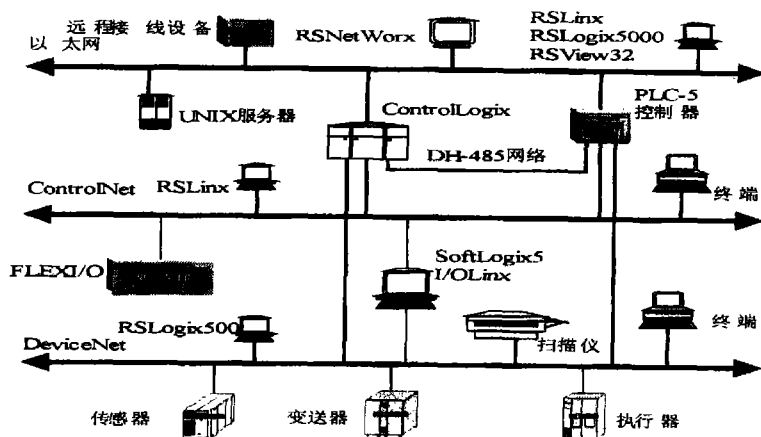


图 1 罗克韦尔工业自动化网络体系(RNA)

网络和远程 I/O 网络,它在各个 PLC 之间及其与各智能化设备之间,进行控制数据的交换、控制的协调、网上编程和程序维护、远程设备维护和查、排错误,也可以连接各种人机界面产品进行监控。控制网(ControlNet)基于生产者/客户通信新模式,用于 PLC 与计算机之间的通信网络。它可连接拖动装置、串并行设备、工业 PC、人机界面等。它还可以沟通逻辑控制和过程控制系统。数据传输速率为 5Mbps,可寻址节点为 99 个,同轴电缆传输距离为 3km,光纤传输距离为 30km,它支持冗余结构。ControlNet 网络是符合 IEC61158 Type 2 标准的一种高速确定性网络,用于对时间有苛刻要求的应用场合的信息传输。它为对等通信提供实时控制和报文传送服务。它作为控制器和 I/O 设备之间的一条高速通信链路,综合了现有的远程 I/O 和 DH+ 链路的能力。对于网络的介质存取,是通过时间限制存取算法来控制,即用并行时域多路存取(Concurrent Timed Domain Multiple Access,即 CTDMA)方法,来控制各个节点在网络刷新时间(NUT)内传送信息的机会。

### 3 DeviceNet

这一层采用设备网 DeviceNet,它将低层设备直接联接到车间控制器上。这种连接无需通过 I/O 模块,既可用方便而快速的链路采集各种各样的、来自不同厂商的、距离远近不同的现场设备(如传感器、驱动器等)的数据,对其进行配置和监视。设备网 DeviceNet 基于 CAN 总线技术(CAN 属于总线式串行通信网络,与其它通信总线相比,CAN 总线的数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性),用于 PLC 与现场设备之间的通信网络。它可连接开关、拖动装置、固态过载保护装置、条形码阅读器、I/O 和人机界面等,传输速率为 125-500kbps,同轴电缆传输距离为 500m。设备网网络是符合国际工业标准 IEC62026 的开放网络,将底层的设备直接和车间级控制器相连,而无需通过硬线将它们与 I/O 模块连接。世界范围有 150 多个销售商积极支持开放式设备网销售者协会(ODVA)基于 CAN 技术的网络。这种 64 个节点、多支路的网络,允许用一根电缆去连接 500m 以内的设备、并远至用户的可编程控制器。总之所有这一切可以减少导线的费用并方便安装。

## 三、罗克韦尔自动化网络通信协议

罗克韦尔自动化工业控制网络按照功能划分共有 3 层,主要涉及到 3 种通信协议:

### 1 EtherNet(TCP/IP)

以太网(Ethernet)是目前最流行的一种总线型网络结构。这种网络的概念最早是在 60 年代由夏威夷大学

《电气自动化》2001 年第 5 期

提出的。以太网是以总线或星型总线为基础的一种技术,利用基带信号传输,执行 TCP/IP 协议。以太网的传输媒体是无源媒体,这意味着将由计算机驱动信号通过网络传输。以太网采用介质访问控制协议(MAC)的通信标准,即 CSMA/CD(载波监听多路访问/冲突检测协议)。当网上任一站点在传送数据前,先检测是否已有数据在介质上传送,若有,则等待对方送完后才能送出。数据送出后,在传送的过程中不断检测是否与其它站点送出的数据发生碰撞,若发生碰撞,须等待一段时间后重新发送。当在两个或更多的节点间检测到冲突时,发送节点就会停止传送并等待一个随机的时间后,重新尝试传送。由于介质访问负载轻,以太网使用一种简单的算法操作网络,在网络负载轻时几乎没有时延。与令牌环或令牌总线协议比,以太网访问信道不需要通信带宽。标准的以太网支持 10Mbps 的数据传输率,也支持 1Gbps,Rockwell Automation 通信网络采用的是 10Mbps (10Base2)的以太网。与控制系统相关的以太网的主要缺点是它不支持任何报文的优先权,介质访问时间是非确定性的。最糟的情况下,延迟没有边界。在网络负载重的时候,报文冲突是主要的问题,因为这会影响数据的吞吐和时延。以太网中标准的二进制指数后退算法(BEB)的截获效应会导致不公平的竞争,这会降低系统的实质性能。BEB 算法中,经过一系列冲突,报文可能会被丢弃,因此,并不能保证端对端的通信,有可能出现传输失败或报文丢失。由于有效帧有最小长度限制,以太网使用大报文发送小量数据,因此,在相同的数据传输率下,以太网发送同样的数据要占用更多的时间。

### 2 ControlNet(令牌总线)

控制网网络是一种对于信息传送有苛刻要求的、高速确定性网络。同时,它允许传送无时间苛求的报文数据,但不会对有时间苛求的数据造成冲击。它为对等通信提供实时控制和报文传送服务。作为控制器和 I/O 设备之间的一条高速通信链路,它综合了现有的远程 I/O 和 DH+ 的功能。控制网能与各种设备连接,包括个人计算机、控制器、操作员界面、拖动装置以及其它与控制网相连接的设备。控制网网络是一个与地隔离的同轴式光纤电缆网络。一条链路上可包含有 99 个节点(地址范围为 1—99)。传送对时间有苛刻要求的控制信息。数据传输率为 5Mb/s。控制网以总线技术为基础,可使用中继器来构成树状和星型拓扑结构距离可达 30km(使用中继器距离可更长)。为增加网络的可靠性,控制网支持冗余结构,即在控制网节点之间布置第二根通信电缆,当第一根通信电缆失效时,这附加的第二根通信电缆即可提供后备。

·计算机网络与通信· 33

控制网是基于开放网络技术的一种新发明的解决方案——生产者/客户(Producer/Consumer)模式。生产者/客户模式允许网络上的所有节点,同时从单个的数据源存取相同的数据。这种模式最主要的特点是提供了下述功能:更强的系统功能;提高了效率,以为数据的发送与客户数量无关精确的同步化,因为数据同时到达每个节点。生产者/客户网络模式的数据包中没有明确的目的地,数据在网上提供时只带了一个标识符(CID),从网上取用数据时也是靠一个连接标识符,节点通过编程软件组态和编程,以提供或取用数据,所提供的数据可以有多个取用者,数据包形式如图2所示。

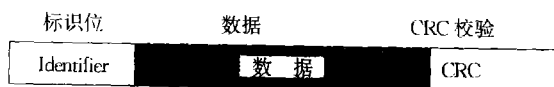


图2 ControlNet 数据包格式

这种模式的特点是:

- 多个节点能够从单个生产者(数据源)接收相同的数据。
- 节点能够同步化(多信道广播)。
- 优化的带宽潜力能用于增强系统功能。
- 使用同一网络进行编程和 I/O 信息传送。

因此这种基于生产者/客户模式网络的优点是:提高了效率,数据一旦发送数据,多个节点就能够同时接收数据,报问是通过目录来识别的;精确的同步化,更多的设备能够加到网络上,但不需要增加网络的通信量,并且所有节点的数据同时到达。这种生产者/客户模式的网络支持主/从、多主或对等通信结构以及它们的混合结构。控制网链最重要的功能是传送对时间有苛刻要求的控制信息(即 I/O 状态和控制互锁);其它信息(无时间苛求的信息,如程序的装载和下载)也能传送。但因为控制网独特的时间限制算法,它们不会影响对时间苛求信息的传送。

### 3 DeviceNet(CAN 总线)

DeviceNet 通信连接是建立在面向广播的通信协议——控制器局域网(CAN)之上的,融合了 CAN(控制器局域网)规范的定义。

通信协议特点:

- 点对点数据交换,任何 DeviceNet 产品都可以生产和消费报文
- 将主/从操作定义为点对点的子集
- DeviceNet 产品可用作客户或服务器,或具有双重身份
- 一个 DeviceNet 网络最多可有 64 个介质访问控制标识符或 MAC ID(节点地址)。每个节点可以接受无限

34 · 计算机网络与通信 ·

多个 I/O。

CAN 定义了四种类型的帧:数据帧、远程帧、超载帧、出错帧。DeviceNet 使用数据帧传送数据。远程帧在 DeviceNet 中没有被使用,超载帧和出错帧则用于例外情况的处理。数据帧的格式如图3所示。

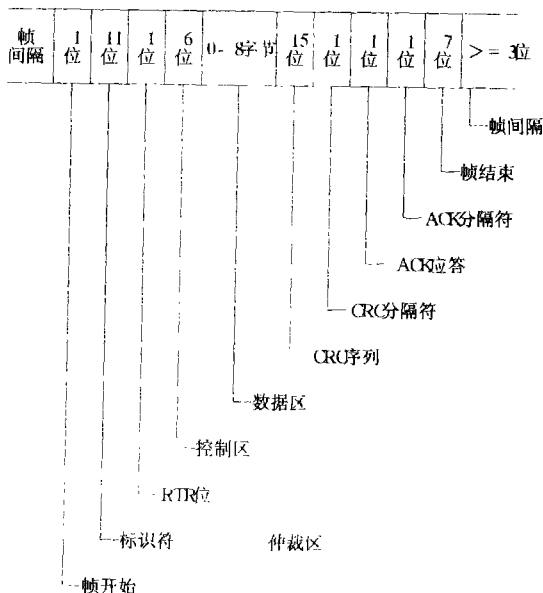


图3 CAN 数据帧

DeviceNet 定义了两种不同类型的报文,称作 I/O 报文和显示报文。

I/O 报文适用于实时性高求较高和面向控制的数据。I/O 报文为一个生产应用和一个或多个消费应用之间提供适当的专用的通信路径,通常使用优先级较高的标识符,通过一点或多点连接进行报文交换,其格式如图4所示。I/O 报文的 8 字节数据区不包含任何与协议有关的位,只有当 I/O 报文为大报文经过分割后形成的 I/O 报文片段时,数据中有一位由报文分割协议使用。报文的含义由连接 ID(CAN 标识符)指示,在 I/O 报文利用连接标识符进行发送之前,报文的发送和接收设备都必须先进行配置。配置的内容包括源和目的对象的属性,以及数据产生者和消费者的地址。

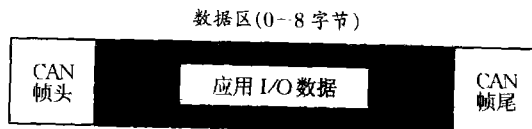


图4 I/O 报文的格式

显示报文则适用于两个设备间多用途的点对点报文传递,是典型的请求—响应网络通信方式,常用于节点的配置、问题诊断等,格式如图5所示。显示报文通常使用优先级较低的连接标识符,并且该报文的相关报

《电气自动化》2001 年第 5 期

文包含在显示报文数据帧的数据区中,包括要执行的服务和相关对象的属性和地址。

数据区(0~8字节)

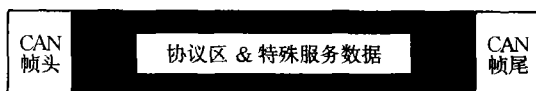


图 5 显示报文的格式

DeviceNet 位长度大于 8 字节的报文提供了分段服务。大的 I/O 报文可以分为任意多的标准 I/O 报文。分段服务为 DeviceNet 提供了更多的可扩展性和兼容性,保证了将来更加复杂、更智能化的设备可以加入到 DeviceNet 网络上。DeviceNet 面向对象的设计和编址方式可以在不改变基本协议和连接模型的基础上其能力得到无限制的扩展。

#### 四、罗克韦尔自动化网络驱动及其开发平台

为了实现复杂的控制和管理功能,一个庞大的网络离不开一套功能强大的软件系统的支持。罗克韦尔的硬件设施,包括网络、控制器和各种终端设备是由一组叫做 Rockwell Software 的软件来驱动和管理的。

##### 1 网络驱动平台 RSLinx

RSLinx 运行于 Windows9x 和 WindowsNT 环境下,它为工厂级的通信提供了全方位的解决方案。它强大的 DDE(动态数据交换)接口使得微处理器与不同类型的其它 Rockwell Software、人机界面和应用程序可以方便的通信。

网络平台共有 7 种通信方式,RSLinx 可以对这 7 种通信方式分别组态,经过组态并驱动的网络,其网络上的设备便可以树形图的方式呈现在软件窗口中,用户可对网络上的设备一目了然。当系统中的各种网络被驱动起来以后,整个网络通信才被激活,基于各种网络的软件和才能运作起来,它们通过 DDE(动态数据交换)接口与 RSLinx 交换数据,实际上 RSLinx 完成的是软件系统底层通信的任务,其他的网络组态软件(RSNetworkx for ControlNet、RSNetworkx for DeviceNet)和开发平台(RSLogix5、RSLogix500、Rsvision32、PanelBuilder 等)的通信任务都是通过 RSLinx 的 DDE(动态数据交换)接口来实现的。

##### 2. RSNetworkx for ControlNet

RSNetworkx for ControlNet 是控制网的组态软件,它可以对控制网进行在线的组态,对网络上的设备进行配置和管理,并可将配置结果作为工程文件保存下来,作为其他相关软件识别控制网组态信息的渠道。

##### 3 RSNetworkx for DeviceNet

《电气自动化》2001 年第 5 期

RSNetworkx for DeviceNet 是设备网的组态软件,通过 RSNetworkx for DeviceNet 可以对设备网上的设备进行在线的配置,和设备的添加和删除,以及建立控制器和执行设备之间的扫描关系来确定设备和可编程控制器之间的数据交换内容,是组态底层控制关系的强有力工具。

##### 4 开发平台

RSLogix5 是 PLC-5 可编程控制器的编程环境,RSLogix500 是 SLC 系列可编程控制器和 MicroLogix 1000 和 MicroLogix 1500 可编程控制器的编程环境,Rsvision 32 是工业自动化组态软件,在 Windows NT 的环境中提供监视、控制和数据采集功能,是第一个将 Active X™技术嵌入画面显示的软件包,具有 MMI(Man-Machine Interface)功能,提供面向对象的动画图形,开放的数据库格式、dbf 历史数据储存、增强的趋势分析、报警、引导的标签创建和事件探测的能力,可以组态美观实用的上位机人机界面监控程序,PanelBuilder 是人机界面产品 PanelView 的监控程序开发平台。

#### 五、结束语

随着控制、计算机、通信、网络技术的发展,信息交换沟通的领域正在迅速覆盖从工厂的现场设备层到控制、管理的各个层次,从工段、车间、工厂、企业到世界各地的市场。信息技术的飞速发展,导致了自动化系统结构的变革,而逐步形成以网络集成自动化系统为基础的企业信息系统。未来工业自动化网络的作用是满足企业不同层次信息交换的需求,它是制造过程的命脉所在。由于以太网、控制网和设备网均为开放技术,而且都属国际标准,因而使用 RNA 平台的用户可以从多家供货商挑选性能价格最合适的设备,不必拘泥于某一家或几家的产品,从而大大增加了用户选择产品的灵活性。目前世界制造业正走向 E-制造时代,RNA 可以帮助企业迈进 E-制造时代。只要结合了适当的软件如罗克韦尔自动化的 RView32,生产车间便能与经理办公室甚至董事会完美连接。通过因特网,工厂的制造网络便可以受到来自工厂、总经理办公室甚至客户或者供应商总部的监测、控制和调整。

#### 参 考 文 献

- [1] Feng-Li Lian, James R. Moyn, and Dawn M. Tilbury Performance Evaluation of Control Networks: Ethernet, ControlNet, and DeviceNet Control Systems Magazine 1999, 11
- [2] ControlNet 技术概要. 罗克韦尔自动化全球标准与贸易部中国分部编
- [3] DeviceNet 技术概要. 罗克韦尔自动化全球标准与贸易部中国分部编
- [4] 可编程序控制器系统. 浙江大学罗克韦尔自动化技术中心编. 浙江大学出版社, 1999

·计算机网络与通信· 35

# ELECTRICAL AUTOMATION

ISSN 1000-3886 CODEN DIZIE6

Vol. 23 No. 5

Sept. 2001

A Bimonthly

Electrical Automation Editorial Board

ELECTRICAL AUTOMATION Publication Agency

Address: 360 Mengzi Road Shanghai China, Postcode: 200023

## CONTENTS AND ABSTRACTS (Partial)

### ELECTRIC DRIVE & AUTOMATIC CONTROL

**Research on the Intelligent Electric Motor SR System with Compound Fuzzy Control** ..... Zhang Zhiyuan, et al( 4 )

This paper introduces the construction of electric motor SR system realized by fuzzy control technology, presents the control strategy and algorithm of compound fuzzy controller, Experimental result shows that this system has good performances.

**An Induction Motor Direct Torque Control System with Fuzzy slide Mode Control** ..... Shi Baohua( 7 )

This paper gives the control method of fuzzy slide mode control for direct torque control of induction motor integrating with the theory of slide mode control and fuzzy control. Simulation results demonstrate that this system has the performances of rapid response and strong robustness, and needs no precise system model.

**The Theory and Realization of Leading  $60^\circ$ - $\gamma$  Commutation in Brushless DC Motor Control System without position Sensor**

..... Wei Min, et al( 9 )

A new theory and method of leading  $60^\circ$ - $\gamma$  Commutation to realize commutation control in sensorless and brushless DC motor control system is discussed in the paper. The method not only improves the reliability and stability of control system, but also extends the SR range of brushless DC motor. Experimental result proves that this method is correct and practical.

**A PWM DC SR System Controlled by 8098** ..... Wen Mengli, et al(12)

**High-speed Cutting Servo Control with Adaptive Ability** ..... Zhang Gao yue, et al(14)

**Application of SIMENS 6RA70 Serial Full-digital DC SR Apparatus in Main Electric Driving System of 2800 Rolling Mill**

..... Liu Qingsong, et al(16)

**Research on High-power IGCT-PWM Inverter with Fault Self-diagnosis System** ..... Cao yong, et al(19)

This paper presents a high-power inverter based on IGCT and voltage space vector PWM. The basic principle and new technology of novel high-power integrated gate commutated thyristor(IGCT), voltage space vector pulse width modulation(SVPWM) algorithms and fault self-diagnosis system are analysed in detail. The inverter is very suitable for high-power industry applications.

### SOFT-SWITCH AND POWER SUPPLY TECHNIQS

**Research on Resonant DC-link Inverter** ..... Wu Baofang, et al(22)

The  $L_r$  and  $C_r$  of resonant circuit is controlled by MSPWM. A series of quasi-sinusoidal pulses are obtained in half modulation cycle. Its envelop forms half sinusoidal wave. These half sinusoidal waves are converted to complete sine waves by cycloconverter. After filtering, smooth sine waves are obtained. The voltage link of the inverter is used to stabilize the voltage output and the current link is used to adjust the frequency of the carrier, there by sufficient power can be obtained by load. The main switch of resonant DC link has favorable soft-switch characteristics. The power switch of the cycloconverter is ZVS. In this paper, the working principle of the inverter is analysed in detail, and the simulation and experimental results are given.

**The Improvement of H Mode Floating Chopper in Magnetic-floating Train** ..... Yao Weifeng(25)

**Design of a New-type Direct AC-AC Converter** ..... Wan Heng, et al(28)

A new type of AC-AC direct converter is designed and realized to counter the weakness of current AC-AC converter. The prospect of application is discussed in the paper.

### COMPUTER NETWORK AND COMMUNICATIONS

**Network Architecture for Industrial Automation** ..... Xie Lingguang(32)

This paper introduces the characteristics of RockWell network architecture in detail and describes the network software kit for industrial automation based on the analysis of each layer's communication principle and protocol. The future development of industrial network architecture are presented in the end.

**PLC Remote Supervisor Based on Internet** ..... Wang Xiaoguang, et al(36)

This paper introduces the PLC remote supervisory technology based on internet. The remote communication is realized by MODEM and telephone circuits. This system adopts B/S architecture. The method is easy and the price is cheap. At last, some programs are given in the paper.

**Serial Communication with DSP by Using MSComm Control** ..... Wu Haijie, et al(39)

Using MSComm control in Visual Basic developing platform, the binary mode serial communication between PC and DSP is discussed in the paper. An application example is presented.

**Realization of Communication between PLC and Microcomputer in Ethernet** ..... Xiao Hailiang, et al(41)

This paper introduces the interface of microcomputer and Ethernet communication module of Mitsubishi A serial PLC, and proposes the method to realize communication with TCP/IP protocol. The Client/Server communication programs are given according to my practical experiences.

**Serial Communication between S7-200 Series PLC and PC** ..... Wu yang, et al(44)

This paper gives a communication method between PLC and PC, and introduces the working principle and program flowchart. This method is successfully used in CaO control system and it can be used in the communications between other controllers and computers.

**LonWorks Node Observation Based on Internet** ..... Huang Tianshu, et al(46)

This paper introduces the principle of reading LonWorks network data by DDE server. The method to measure LonWorks data from internet by Winsock control is also introduced.

**Isolate RS485 Relay and its Design** ..... Yin Zhengqi (48)

**Integrated Management of Burden and Packing System Realized by Configuration Software** ..... Xiong Zhongyin (51)

## FIELD BUS CONTROL

**Design and Realization of General Fuzzy Controller Based on LonWorks Fieldbus** ..... Gong Zhigang, et al(53)

This paper introduces the design and realization of single-input and single-output fuzzy control system based on LonWorks fieldbus. This system combines fuzzy control with fieldbus technique, allows the users to edit fuzzy control rules and select membership functions online. This system is universal in certain extent.

**Construction of Data Acquisition Platform of Locomotive with CAN Bus** ..... Ding Xuewen, et al(56)

This paper describes the design of data acquisition system with CAN bus. As the smallest architecture of CAN network communication node, it is composed of SJA1000, AT89C51, PCA82C250 and X25045. The initializing program of SJA1000 is given. At last, the application result is introduced.

## MICROCOMPUTER APPLICATIONS

**Application of Multithread Technique in Switch Cabinet Electric Detection Computer Control System** .....

..... Wang Hanli, et al(59)

**Development of Hotel Information Management Network** ..... Shen Ru huang(62)

## PLC APPLICATIONS

**A Simple Synchronous Method of VF SR System Based on PLC** ..... Zhang Liang, et al(65)

This paper introduces a simple synchronous system composed of PLC and frequency converter. The system composition, working principle are explained in detail. The software programming and several problems that should be noticed are provided.

**Design of I/O Interface Circuit and software of PLC supervisory System** ..... Cai Qizhang, et al(67)

## FAULT DIAGNOSIS AND FAULT-TOLERANT CONTROL

**Fault Judging Method and its Implementation in Coal Transporting Control System Based on PLC Network** .....

..... Ying Li, et al(69)

**DCS Fault-tolerant control Based on RBFN Fault Detection** ..... Chu Jianxin, et al(71)

Real-time fault detection and control rule reconstruction are the main problems to be solved in DCS fault-tolerant control. In this paper, the real-time segmental reconstruction of DCS control rules is realized by configuring FDD in DCS based on RBFN and retrieving fault cases of fault-tolerance. This scheme is successfully applied in coal transpotting system.