

# LONWORKS 现场总线的通讯协议

## ——LonTalk 协议的功能与结构

郭维钧 王宏宇

(北京工业大学 100022 北京)

**摘 要:**本文介绍了 LONWORKS 现场总线及其所使用的通讯协议——LonTalk 协议的分层结构,并对其功能和结构进行了分析和描述。

**关键词:**现场总线 LONWORKS LonTalk 协议

### 1 现场总线概述

近年来现场控制技术向大型化和分散化发展,为了能方便、安全、经济地完成控制功能,人们日益把注意力集中到现场总线的发展与应用上。

所谓现场总线是介于现场仪表与控制系统和控制室之间的一种全数字化、双向、多变量、多点多站的通信系统。可以说,现场总线把通信总线延伸到了工业现场,允许将各种现场设备(如:变送器、调节器、各种控制器、记录仪、显示器以及 PLC 等)和控制系统之间通过同一总线进行双向多变量数字通讯。

现场总线最突出的一点就是实现了 4~20ma 模拟信号标准向数字网络化转变。

现场总线的发展是大型、分散控制系统的突破性进展。但现在现场总线还没有形成统一的国际标准,可以说,现在现场总线的发展处于诸家争鸣的时代。虽然各有各的标准,但各家的标准在许多方面还是趋于一致的。这表明,在不久的将来形成统一的标准也是可能的。目前较流行的现场总线有多种,比如有:FFBUS (Foundation Field-Bus)、PROFIBUS、CAN-BUS、LONBUS (LONWORKS BUS) 等等。1992 年推出的 LONBUS 可以说是其中的佼佼者。下面将对 LONBUS 作简要的介绍。

### 2 LONWORKS BUS 综述

在 1993 年,美国 Echelon 公司发明了 LONWORKS 这项新技术。它提供了一个开放性很强的、无专利权的低层通信网络——局部

操作网络(LON),通信协作叫作 LonTalk。网络上节点采用神经元芯片,含有 LonTalk 协议的固态软件,使其能可靠地通信。节点可完成各种功能,而且可以多达成千上万个节点,组成各种拓扑结构的网络,和路由器、网络适配器一起完成各种复杂功能,满足各行各业的需求,组成各种系统。各节点是相互独立的,可以做到任何一个节点发生故障时不会影响整个网络工作,从而提高了系统的可靠性和可维护性。又由于系统用了“虚拟主机”结构,即使通信失败,各节点仍有本地存储和处理能力,如使输出保持在一特定值上,所以系统安全性很高。在系统规模大时,可以避免网络通信的冲突和网络速度的局限性。理论上虚拟主机 I/O 系统不存在系统大小的限制,这称为自治服务 I/O 系统,比其它通信系统复杂性低,费用低。另外, LonTalk 通信协议是完整、安全而有效的,符合 ISO/OSI 参考模型的 7 层模型的要求,即含物理层、链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。需要特别强调的是,目前所存的现场总线技术除了 LONWORKS 以外,其它的都只是支持 ISO/OSI 的部分层次,而不是全部。LonTalk 协议采用分级编址方式,即分域、子网、节点 3 级。通信介质可以有双绞线、电源线、无线电和红外传输媒体等多种。在同一网络中,只要针对不同的介质选择相应的发送接收器,信号可以在不同通信介质之间相互传输,通信速率为 78Kbit/s 和 1.2Mbit/s,对应的通信距离为 2000m 和 500m。LONWORKS 技术还提供高效实用的开发工具,可缩短研制和开发周期,所

以它作为一种技术很容易推广。

LONWORKS 的产品一般有 4 类,即神经元芯片、收发器和控制模块、网络接口产品模块、开发平台。

作为 LONWORKS BUS 的通讯协议,概括起来, LonTalk 协议有以下特点:

- 1 高可靠性; 2 支持多种传输媒体; 3 响应时间快; 4 安全; 5 生产成本低; 6 互用性强。

关于以上特点的具体分析在下面功能一节里详述。

### 3 LonTalk 协议的功能

LonTalk 协议符合国际标准化组织(ISO)

制订的开放系统互联(OSI)基准模式,具有完整的 7 层协议。LonTalk 协议具有通用性,适用范围广。LonTalk 协议支持多种媒体,选择合适的收发器,节点之间可以通过任何媒体(双绞线、电源线、无线射频、同轴电缆、光纤等)通讯。LON 网络由不同信道组成,各信道之间通过路由器、网桥或重发器相连。

表 1(见下页)概括了 LONTALK 协议中对应于 OSI 参考模型的七层协议及每层所提供的服务。

一个使用 LONTALK 协议的典型的控制系统如图 1。

概括地说, LonTalk 协议主要具有以下功

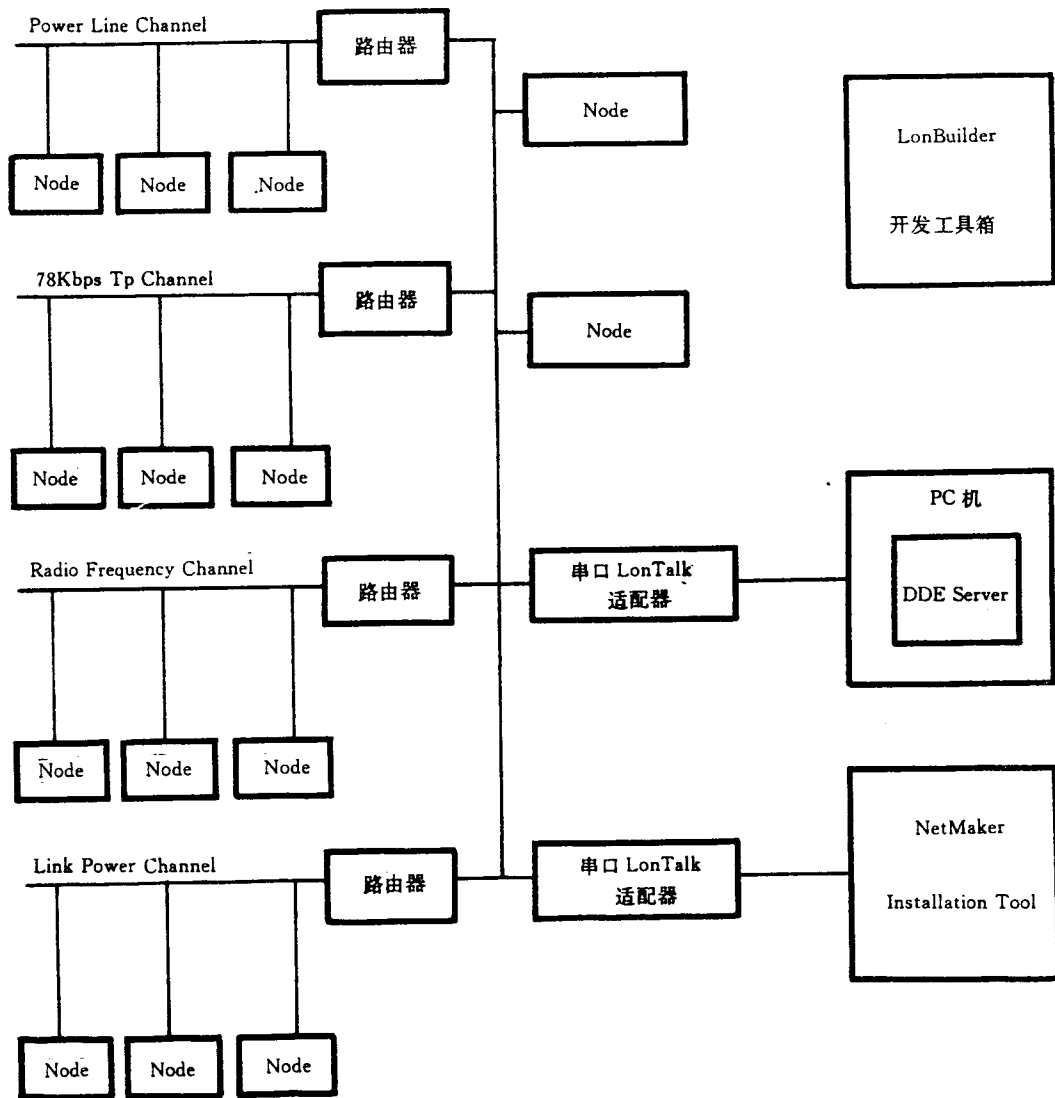


图 1 使用 LONTALK 协议的典型控制系统

表 1 七层协议中各层的情况

层号	OSI 层	目的	提供的服务
7	应用层		标准网络变量类型
6	表示层	数据解释	网络变量发送
5	会话层	远程操作	请求—应答认证网络管理
4	传输层	端到端的可靠性	确认和非确认单一广播和多路发送认证排序;重复检测
3	网络层	目的寻址	寻址路由选择
2	链路层	媒体访问和数据包	数据包、数据编码;CRC 差错检测 CSMA 冲突避免;选择优先级和冲突检测
1	物理层	电子设备内部联接	特定媒体接口和调制方式

能:

- 物理通道管理;
- 命名(naming)、寻址、路径选择;
- 通讯的可靠性和通道带宽的利用率保

证;

- 优先级管理;
- 传输外部框架和数据解释。

#### 1 物理通道管理

LonTalk 协议支持是一种或几种不同的媒体组成的网络。这些媒体包括双绞线、电力线、无线射频、同轴电缆和光导纤维等。不同媒体的传输距离、传输速率、网络拓扑结构以及它们所使用的收发器是不同的。每一个 LON 节点与通道是物理连接的,一个通道的报文的物理形式由媒体决定。例如:一个双绞线通道是一条双绞线,一个 RF 通道是具有特定频率的射频,一个电力线通道是相连的交流电力线。多通道之间由网桥和路由选择器连接。网桥和路由选择器由两个 NEURON CHIP 通过相应的收发器与通道连接。收发器是通道与 NEURON CHIP 之间的接口,数据传输速率依赖于媒体和收发器。LON 包含多种适合不同传输速率和传输距离以及不同流量的收发器。

#### 2 命名、寻址和路径选择

NEURON CHIP 有一个特有的 48-bits 的 ID(标识符)。这个 ID 是一个 NEURON CHIP 的名字,这个名字是终生不变的。因为是特有的,所以可以与其它 NEURON CHIP 相

区别。地址是一个对象或一组对象的特有标识符,与名字不同,地址是可以改变的,路径选择器用这个地址在两个通道之间传输报文。NEURON CHIP 的特有 ID 可作为地址,但它不是唯一的地址形式。由于用 NEURON CHIP 的特有 ID 作为地址,只能一对一的传输,并且每个节点的路径表将变得很庞大,这种形式只用于网络安装和配置阶段,因为此时网络的拓扑形式是未知的。

为了简化路径,LonTalk 协议定义了分级的地址形式,定义了域(domain)、子网和节点地址,这种寻址方式可以寻址整个域、子网或节点。为了有效地对多个分散节点寻址,LonTalk 协议用域地址和组地址定义了另外一种地址形式。这样使节点的更换很简单,只要把要替换的节点地址分配给新节点就可以了,这个网络上的与之相关联的其它任何部分都不需要变动。

#### • 域地址(domain)

它是一个通道或多个通道上的节点的逻辑集合。一个域就是一个实际意义上的网络,通讯只能配置在同一个域中的节点之间进行。一个通道上可以有多个域,所以域地址可以用来隔离在不同网络上的节点。例如,两上用频率相同的 RF(射频)收发器组成的网络,它们的通道是相同的。为防止这两个网络上的节点误操作,应定义两个域地址。每个域用域标识符(ID)来标识。域标识符 ID 可以为 0、1、3 或 6 个字节。域标识符是唯一的。

#### • 子网

一个子网是在同一个域上节点的逻辑集合。一个子网最多可有 127 个节点,一个域中最多有 255 个子网。在子网中不能包含路径选择器,一个节点可以配置在两个域中,但必须属于每个域上的一个子网。

#### • 组(group)

组成一个域上的节点的逻辑集合。与子网不同,分组不需要考虑节点的物理配置。一个组可以包括路径选择器,节点可以同时配置给 15 个组,组地址的长度为一个字节,一个域最多可以有 256 个组。

#### • 特有 ID

在子网/节点寻址方式下,可以通过节点的特有 ID 对节点进行寻址,域特有 ID 寻址。

#### · 地址格式

节点有五种寻址方式。寻址方式决定了地址格式的字节数。每种格式的字节数见下表。在计算整个地址表大小时,应加上域标识符 ID 的长度,域标识符 ID 的范围为 0~6 个字节。

表 2 LonTalk 协议的五种地址格式

地址格式	目的	地址长度 (字节数)
域(子网=0)	所有节点在同一域中	3
域、子网	所有节点	3
域、子网、节点	指定的节点在同一网络中	4
域、组	所有节点在同一组中	3
域、特有 ID	指定节点	9

#### · 网络管理和地址生成

一个 LONWORKS 网络是否要一个网管节点,取决于实际应用的需要。一个网络管理节点具有以下功能:

- A 发现未配置节点和下装网络地址;
- B 停止、启动和复位应用程序;
- C 访问节点通讯统计;
- D 配置路径选择器和网桥;
- E 下装新的应用程序;
- F 析取运行网络的拓扑结构。

在一个开发环境中,网络管理节点的应用相当于 LONBUILDER 开发平台的网络管理器。网络管理器包括定义、配置、装载和控制 LONWORKS 网络。LONBUILDER 协议分析器具有监视、汇集和显示网络通讯流量以及性能统计等功能。LONBUILDER 软件检查节点之间的连接关系,并自动赋给所有的组,以便优化网络流量。

#### · 路径选择器(路由器)和网桥

一个路径选择器(或网桥)是一个特殊的节点,由两个节点组成,可以使报文在两个通道之间传输,共有四种类型的路径选择器。

#### · 转发器(Repeater)

转发器是一个最简单的路径选择器,报文只能前向传输。使用转发器,子网可以包括多通道上的节点,转发器支持信道的延长。

#### · 网桥

一个网桥只能前向传输报文,并可使两个通道上的域匹配。使用网桥使不同通讯媒体的 LON 子网之间以及网段进行连接。

#### · 学习路由器

一个学习路由器在域/子网级监视网络流量,学习网络拓扑结构,用它的知识为两个通道之间的报文选择路径。

#### · 配置路径选择器

和学习路径选择器类似,一个配置路径选择器根据内部路径表为报文在两个通道之间选择路径,内部路径表的内容由网络管理命令指定。

### 3. 通讯服务

A 网络效率(包括反应时间、安全性和可靠性)

反应时间、安全性和可靠性之间是相互关联的。例如,应答方式是最可靠的,但它与非应答方式和非应答重发方式相比需要较大的网络带宽。具有优先权的报文实时发送,对其它报文的发送是不利的。使用文电鉴别方式可使安全性增加,但要传送的报文数量将是非文电鉴别的一倍。

B LonTalk 协议提供的四种可选择的服务

#### · 确认服务(acknowledged)

这是最可靠的服务方式,以这种方式发送的报文,发送者必须收到每个接收节点的确认信号。如果事项定时器溢出还没有收到所有节点的全部确认信号,将重新发送,重发次数和事项定时是可选的。应答信号由 NEURON CHIP 的网络 CPU 产生,而无需中断应用程序。事项 ID 号用于跟踪报文和确认,从而使应用不再接收重复的报文。

#### · 请求/应答方式(request/response)

与确认方式有相同的可靠性,发送者需接收到每个接收节点的应答信号,也有重发次数和事项定时,因为应答可以包含数据,所以适用于远程调用或客户服务器。

· 非确认重发方式(unacknowledged repeated)

比较可靠的方式,报文向一个或一组节点发送多次,而不等待应答信号。这种报文方式适合于向节点数比较多的组进行广播传送。这时如果每个节点都产生应答,网络就会溢出。

- 非确认方式(unacknowledged)

不需等待接收节点的应答信号,它适于对网络的效率要求很高,而网络的带度有限,对于报文的丢失不敏感的应用。

### C 冲突检测

LonTalk 协议的冲突避免的算法是特有的,叫做预测 P-坚持 CSMA (Predictive P-persistence CSMA)。它在保留 CSMA 的优点的同时,克服了它的缺点。它可以保证在过载的情况下网络不会因为冲突而降低吞吐量。当使用支持硬件冲突检测的媒体(如双绞线)时,收发器检测到冲突时, LonTalk 协议可以有选择地取消报文的发送,这就使节点可以马上重新发送被冲突损坏的报文。在确认或请求/应答方式下,如果没有冲突检测,在没有收到应答信号的情况下,就必须等待一个重发周期;在非确认方式下,没有检测到冲突就不再重发。

### D 文电鉴别

协议支持文电鉴别报文,它允许报文的接收者确定报文的发送者是否有权发送,这用于防止未经授权节点对它们的应用。文电鉴别的实现是在节点安装时,分配 48bit 的密钥。对于一个文电报文被一个接收者接收,发送者和接收者要有相同的密钥。密钥与节点的唯一的 ID 不同。

当一个文电报文被发送时,要求发送者提供文电鉴别,接收者每次返回一个随机数,发送者用文电钥匙使用一个约定的算法对这个随机数作变换,再把变换结果传送给接收者,由接收者进行比较后作出应答。具体的过程可见图 2。

### E LonTalk 协议中的定时器

在使用 LonTalk 协议提供的服务之前,需正确设置以下几个定时器:

- 事项定时器(Transaction Timer)
- 重发定时器(Repeat Timer)
- 组接定时器(Group Receive Timer)

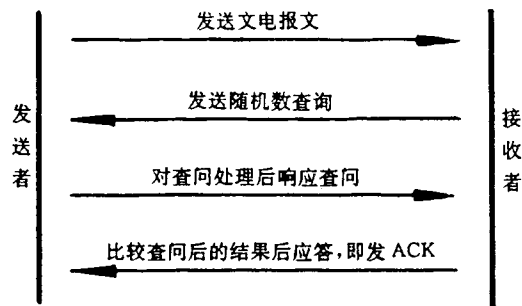


图 2 具体过程

- 非组接收定时器(Non-Group Receive Timer)
- 缓冲器释放定时器(Free-buffer Wait Timer)

在使用确认方式的报文服务时,事项定时器定义在重发之前对确认信号的等待时间,这个时间在报文的地址表中目的地址中定义。如果一个节点在事项定时器溢出之前没有收到确认信号,将重新发送同一报文,重新计数控制重发的次数。

重发定时器用于使用非确认重发报文服务时,要访问的节点数量很大时,确保报文被每个需接收的节点都接收到。因为节点数量很大,如果使用确认方式的报文,服务时的网络中的数据流量会变得很大,而使反应时间变慢,重发次数最多为 15 次。

当一报文到达目标时,接收节点检查报文的源地址和事项 ID。如果在源地址和事项 ID 中都没有发现有效的“接收事项”,就产生了一个新的接收事项。如果因为节点用完了有效事项而不能产生有效事项,报文就会丢失。假设节点能够为报文分配一有效事项记录,节点启动接收定时器,节点根据发送节点的寻址方式选择启动那个接收定时器。如果发送者用组地址寻址,在报文的地址表中有一个组地址的入口地址,接收节点则启动组接收定时器;如果使用其它寻址方式,则节点启动非组接收定时器。

### F 网络管理服务

LonTalk 协议的网络管理服务主要用于节点的安装、节点的配置、卸载软件和网络诊断。

网络管理和诊断的主要报文有 24 种,例如:

• 报文“读存储器”方向是网络管理器节点,目的是读节点的存储单元。

• 报文为“取标准网络变量”,其方向是网络管理器节点,目的是检索标准网络变量表,取节点的标准网络变量表的信息。这个节点的 NEURON CHIP 与装有该节点的标准网络变量信息的微处理器通讯。

这些网络管理信息在一个已配置系统中是在应用层的独立的保护文电鉴别报文,只有网络节点有权申请这些功能。

### G 网络变量

网络变量是 LonTalk 协议中的数据项,它可以是一个数据项或是一个结构。网络变量用关键字 Network 定义,网络变量对在同一个网络中的其它节点是透明的。对输出网络变量进行赋值操作时,就可引起发送事项,定义了相同输入网络变量的其它节点均可收到。各个网络变量的值在一个报文中,除包含正文内容外,还有一部分是传输的外部框架。这部分最大为 229 个字节, LonTalk 协议对这部分并没有特殊的处理,它们可以被看作字节数组,应用程序可以以任意方式对其解释。

LonTalk 协议定义标准网络变量类型 (SNVT) 来实现应用之间的兼容,初始化所有的标准网络变量类型,需要大约 100 个字节。标准网络变量类型定义了变量的单位、数值、范围和分辨率。

### H LonTalk 协议的极限

LonTalk 域标识符 ID 可以是 0、1、3 或 6 个字节,在一个域中的节点的域标识符 ID 的长度必须相同。

- 一个域的子网数最大为 225 个
- 一个子网的最大节点数为 127 个
- 一个域的最大组数为 256 个
- 一个组的最大节点数为 64 (确认服务方式,若用非确认服务方式组的节点数没有限制)

- 一个域的最大节点数为 32385 个
- 一个节点在它所属的域中有一个子网地址和节点地址

- 组成员一定要在同一域中

- 一个节点最多可定义 255 个网络变量
- ### I LONWORKS 节点的限制

- 一个节点最多可属两个域
- 一个基于 NEUROR3150 或 3120 的应用最多可定义 62 个网络变量

- 一个节点最多可以同时属 15 个组
- 所有节点必须能接收 60 个字节的第二层框架

- 所有节点必须能发送 32 个字节的第二层框架

### J 通讯速率

通道可以被设置成不同的数据速率以适应不同的传输距离、吞吐量、功耗要求,能够得到的比特速率有 4.9、9.8、19.5、39.1、78.1、156.3、625 和 1250KB/s。

通道的吞吐量依赖于数据速率、信息包的平均大小和确认信号间隔、优先权及文电鉴别的应用。信息包平均为 10~16 个字节长,依赖于域标识符的长度、寻址模式、一个网络变量更新或显示报文的数据区。

### K LonTalk 寻址的极限

最高层寻址层是域。例如,如果不同的应用网络共用一种媒体(如 RF)实现,可用不同的域标识符使它们完全分开。域标识符长度可以为 0、1、3、或 6 个字节。

第二层寻址层是子网,每个域中可以有多至 255 个子网。一个子网是一个或多个通道上的节点的逻辑分组,一个智能路径选择器工作在这一级,它确定子网的归属,并向前传送信息包。

第三层地址是节点,每个子网最多包含 127 个节点,因此在一个域中最多可包含  $255 \times 127 = 32385$  个节点。任何一个节点可以属于一个或二个域,允许一个节点做为域之间的网关。

节点可以分成组,在一个域中,节点组可以跨越几个子网。组也可以跨越几个通道,在一个域中,最多可以包含 256 个组。对于确认服务,一个组最多可以有 64 个节点;对于非确认服务,一个组中的节点数没有限制。一个节点可以是 15 个组的成员,组寻址减少了发射报文中的作为地址的字节数,并且允许多个节点用在

这个网络上的一个报文接收同一信息包。

另外,每个节点在出厂时都有一个唯一的 48-bit 的 NEUEON CHIP ID(标识)。这个 ID 特别地用在一个网络安装和配置期间,它也可以用做产品的序号。

节点可以被下面五种寻址方式的一种寻址(见表 2)。

#### L 优先权

LonTalk 协议可有选择地提供一个优先级机构,用来提高关键信息包的响应时间。协议允许用户在一个特定的通道上为有优先权的节点指定时间片,在一个通道上的优先权时间片为每一个报文的传输增加时间,在每个用优先级访问的包的结尾。如果在通道上没有任何争用,将得到一特定的带宽。每个优先级时间片为每个报文明事项增加至少 2bit 时间,网络总的开销依赖于晶体振荡器的精度和收发器的需要。例如,LONWORKS 1.25MBps,精度为 0.2% 的晶体振荡器,每个时间片为 30bit 的时间。因为在优先级时间片内媒体不会发生争用,所以具有优先级的节点反应时间比没有优先级的节点短。

### 4 LONTALK 协议的应用体会

我们利用 LONWORKS 开发过《智能楼宇展示系统》,该项目通过建设部鉴定,并列为建设部重点推广项目。另外,我们把该技术应用于

(上接第 63 页)

机。如“机车制动机试验台微机监测系统”、“车轴超声波探伤机检测装置”、“货车超偏载安全监测装置”、“机车电气、热工参数微机检测系统”、“货车滚动轴承压装压力自动监测仪”、“内燃机车水阻试验微机测控系统”、“电话集中机检修、测试、数据微处理系统”、“铁路信号微机在线检测系统”、“铁路信号器材微机综合测试系统”、“信号设备微机监测系统”等一类监测、测试、检测以及监控设施都需要实时打印机记录在案。这些设施仍属初始开发、试验阶段,在局部地区试用而已,有不少设施是直接或间接为保障铁路安全运输生产服务的。因而,不论从

热水锅炉自控系统改造,取得较理想的效果。

在这两次对 LON 技术的应用中,我们深深地体会到,作为一种现场控制技术,LON 无论从控制效果、性能价格比、还是开发的方便性方面都是优秀的。特别是其通信协议 LONTALK 协议,在具体开发过程中,体现出很强的优越性。

- 在编制程序过程中,关于通讯部分,要具体编写的内容很少,因为 LONTALK 的用户层(第七层)提供了一种服务——网络变量。使用该种服务,开发人员可以很方便地完成节点与节点,节点与上位机之间的通讯。只要在程序中把要在节点之间或节点与上位机之间传输的量定义为网络变量,然后把有信息交流的量互相连接即可。

- LONTALK 协议支持多种通讯媒体,而且开发起来也很方便。对于不同的通信媒体,只要选用相应的通讯适配器即可,不用由开发人员直接开发媒体接口以及调制方式等有关的具体通信细节。这一特点,来源于该协议的开放性。

- 提供多种通讯方式,根据可靠性、速率等方面要求,可以灵活选用不同的通讯方式。

- 网络生成、网络管理需要开发人员介入的工作也很少。开发人员只要根据网络的规模、结构定义相应的域、子网、节点等即可。

长远观点或者从战略角度来看,确有广泛推广的必要,这是由于“安全运输”是铁路运输部门永恒的主题所决定的。

由于铁路部门具有点多、线长的特点,上述这些设施如果在全国铁路上广泛使用的话,那么在这些设施上所需要的各式各样的特种打印机数量注定是相当可观的。

这里更值得一提的是,铁路运输部门是一年到头、昼夜 24 小时不间断运行的企业,从而决定了其所使用的各种设备也相应地需要不间断地运行,这就必然会增加设备的损耗,打印机的磨损将更大。不难看出,在这方面打印机潜在市场也是前途无量的。