

基于 LonWorks 技术的变电站综合自动系统的通信技术^①

周羽生 竺 伟

(长沙电力学院电力工程系 长沙 410077) (湖南大学电气与信息工程学院 长沙 410082)

周有庆

THE COMMUNICATION TECHNOLOGY OF THE INTEGRATED SUBSTATION AUTOMATION SYSTEM BASED ON LONWORKS TECHNOLOGY

Zhou Yusheng Zhu Wei

(Changsha University of Electric Power, Changsha, 410077)

Zhou Youqing

(Hunan University, Changsha, 410082)

ABSTRACT The system structure and technical feature of LonWorks are introduced. The field bus design solution applying LonWorks technology for the integrated substation automation system is presented. The Communication technology of LON is studied, when nodes of LON are more than eleven, the Communication solution of integrating superior affairs being equalized and circle asking is derived, It's Credible Communication.

Key Words Integrated substation automation, field bus, neuron Chip, Credible Communication

摘要 本文介绍了 LonWorks 技术的系统结构和技术特点,论述了变电站综合自动化系统现场总线应用 LonWorks 技术的设计方法。通过对网络可靠通信问题进行研究,得出了在网络节点负载较重的情况下,采用优先级对等和轮询相结合的通信方式,可较好地降低网络通信出错率,提高对紧急事件的响应速度。

关键词 变电站自动化 现场总线 神经元芯片 可靠通信

1 引言

LON(Local Operating Networks) 总线是美国 Echelon 公司 1991 年推出的局域操作网络,为集散式监控系统提供了很强的实现手段。LonWorks 使用的开放式通信协议 LonTalk 为设备之间交换控制状态信息建立一个通用的标准,使以往彼此孤立的系统的产品融为一体,形成一个网络控制系统,具体实现采用网络变量形式,网络变量使节点之间的数据传递只是通过各个网络变量的互相连接便可完成。又由于硬件芯片神经元芯片(neuron chip)

的支持,实现了实时性和接口的直观、简洁的现场总线的应用要求。

2 LonWorks 技术的系统结构和技术特点

LON 现场控制网络包括现场控制节点——这些节点可以是直接采用神经元芯片作为通信处理器和测控处理器,也可以是基于神经元芯片的 Host Base 节点、通信介质和通信协议。LonWorks 技术是集成这样一个 LON 网络的完整的开发平台。

LonWorks 技术包括以下几个组成部分:

- (1) LonWorks 节点和路由器
- (2) LonTalk 协议
- (3) LonWorks 收发器
- (4) LonWorks 网络和节点开发工具

2.1 LonWorks 节点

一个典型的现场控制节点主要包含以下几部分功能块:应用 CPU、I/O 处理单元、通信处理器、收发器和电源。

以神经元芯片为核心的控制节点

神经元芯片是一组复杂的 VLSI 器件,通过独具特色的硬件、固件相结合的技术,使一个神经元芯片几乎包含一个现场节点的大部分功能块——应用 CPU、I/O 处理单元、通信处理器。因此一个神经元芯片加上收发器便可构成一个典型的现场控制节点。图 1 为一个神经元节点的结构框图。

^① 本文 2002 年 4 月 28 日收到

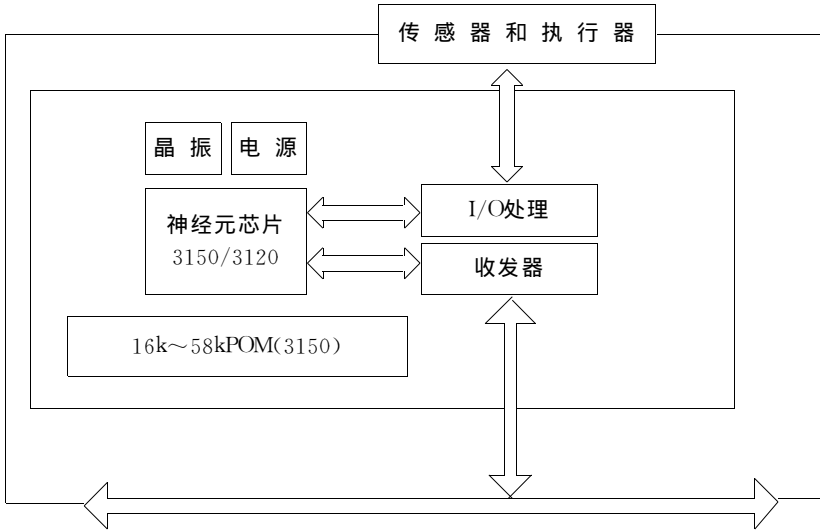


图1 神经元节点的结构框图

采用 MIP 结构的控制节点

然而,神经元芯片毕竟是 8 位总线,目前只支持最高主频是 10 MHz,因此它所能完成的功能也十分有限。对于一些复杂的控制,显得力不从心,采用 Host Base 结构(如 Intel 486 或以上)构成宿主节点的控制终端,是解决这一矛盾的很好方法,将神经元芯片作为通信协议处理器,用高级主机的资源来完成复杂的测控功能。图 2 为一个典型的 Host Base 的结构框图。

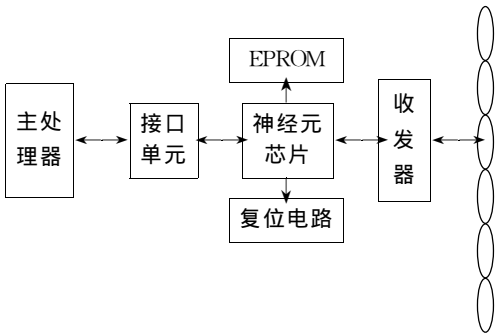


图2 Host Base节点的结构框图

2.2 路由器

路由器在 LonWorks 技术是一个主要的部分,这也是其他现场总线所不具备的,也正是由于路由器的使用,使 LON 总线突破传统的现场总线的限制——不受通信介质、通信距离、通信速率的限制。在 LonWorks 技术中,路由器包括以下几种:中继器、桥接器、路由器。图 3 采用 RTR - 10 路由器

模块构成的路由器框图。

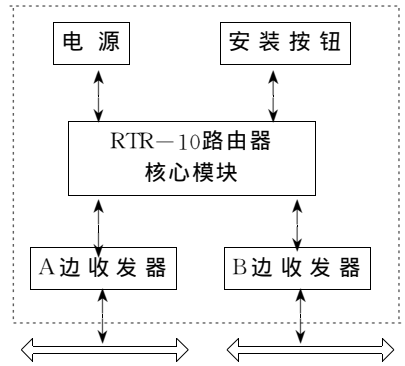


图3 RTR-10路由器模块构成的路由框图

2.3 网络管理

在 LON 总线中,需要一个网络管理工具,这也是 LON 总线和其他总线所不同的地方。当单个节点建成以后,节点之间需要互相通信,这就需要一个网络工具为网络上的节点分配逻辑地址,同时也需要将每个节点的网络变量和显示报文连接起来;一旦网络系统建成正常运行后,还需对其进行维护;对一个网络系统还需要有上位机能够随时了解该网络的所有节点网络变量和显示报文的变化情况。网络管理的主要功能有三方面:网络安装、网络维护和网络监控。

通过节点、路由器和网络管理这三部分有机的结合可以构成一个带有多介质、完整的网络系统。在一些资料中称 LON 不再是现场总线而是现场网络。图 4 是采用 LON 总线构成的一个现场网络。

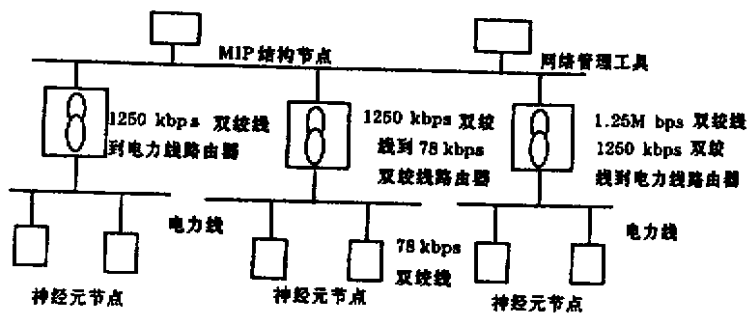


图 4 采用 LON 总线构成的现场网络

2.4 LON 总线技术特点

(1) 拥有三个处理单元的神经元芯片(Neuron 芯片)——一个用于链路层的控制,一个用于网络层的控制,另一个用于用户的应用程序,还包含 11 个 I/O 口,这样在一个神经元芯片上就能完成网络控制功能。

(2) LonTalk 是 Lon 总线通信协议,支持 ISO 的 OSI 系统的七层网络协议,提供了一个固化在神经元芯片的网络操作系统。

(3) 支持多种通信介质(双绞线、电力线、电源线、光纤、无线、红外等)和它们的互连;

(4) 改善了 CSMA, LONWORKS 称之为 Predictive P - Persistent CSMA。这样,在网络负载很重时,不会导致网络瘫痪。

(5) 网络通信采用了面向对象的设计方法, LONWORKS 技术称之为“网络变量”。使网络通信的设计简化为参数设置。这样,不但节省了大量的设计工作量,同时增加了通信的可靠性。

(6) LONWORKS 技术的通信的每帧有效字节数可以从 0 到 228 个字节,通信速度可达

1.25 Mbps(有效距离 130 m),直接通信距离可达 2700 m(双绞线,78 kbps),在一个域网中最多可以有 32,385 个节点(255 个子网 × 127 节点)。

(7) 提供给使用者一个完整的开发平台,包括现场调试工具 LonBuilder,协议分析、网络开发语言 NeuronC 等。

3 变电站综合自动化装置应用 Lonworks 技术的设计方法

3.1 工程结构

一个变电站自动化系统共有多个间隔单元机箱,一台变电站主控机(如 P450, Windows95 平台),采用 LON 总线作为现场总线,上位机采用客户/服务器的结构,要求现场节点(间隔单元)能不依赖上位机独立实现保护、监控功能,且在上位机请求下实时地将采集来的数据送至上位机;上位机可将一些重要的需要保存的数据通过 SOE 报警备案,同时也可将一些控制参数下传,实现对各节点的集中监控。整个工程示意图如图 5:

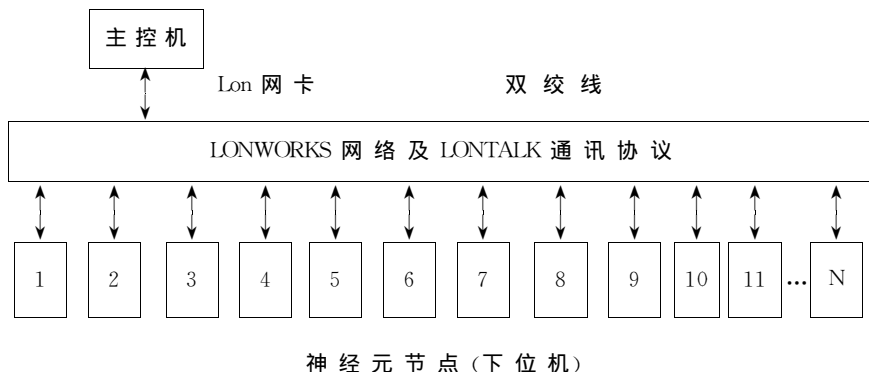


图5 仿真变电站Lonworks现场总线工程示意图

3.2 前端硬件接口设计

3.2.1 通信介质:双绞线

3.2.2 下位机收发器的选择

对双绞线的支持主要有三类收发器:直接驱动、EIA-485 和变压器耦合,选用变压器耦合接口能满足系统的高性能,高共模隔离以及同时具有噪声隔离作用,变压器耦合的收发器很多,使用最为广泛的收发器是 FTT-10 自由拓扑收发器。FTT-10 收发器支持没有极性,自由拓扑的互连方式。采用总线拓扑,节点收发器包含一个线路接收和发送控制,通过带屏蔽的双绞线互连一起,有效地防止线路反射和进行可靠通信,且通信速率为 78 kbps,通信距离可达 2700 m,节点数 64,极大地方便现场网络布线,(值得注意,对于总线拓扑,节点和总线距离不能超过 1 m)。

3.2.3 现场节点

现场节点采用基于神经元芯片(Neuron3150)的(Neuron-Based)的节点,由于神经元芯片内部有 2 kRAM 和 11 个 I/O,从而使每一路的成本降低。现场节点与下位机的通信接口组成如图 6 所示,其中 Neuron3150 为核心芯片,驻机程序用 Neuron C 语言编写,完成神经元芯片与主机的接口。

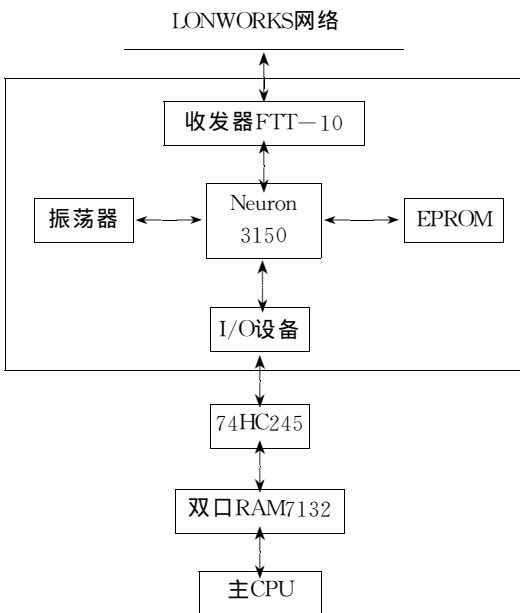


图6 基于神经元芯片的现场节点框图

3.2.4 工控机与网络接口卡

上位监控主机与网络接口选用北京埃施朗公司的 PCLTA-10/FTT-10 网络接口卡,该卡是一种用 ISA 总线桌面 PC 机与完整的 FTT-10 自由拓扑收发器的单通道即插即用的网络接口,用于 Windows 的 LNS,支持 LONWORKS 网络服务结

构的高效网络接口。在动态数据交换服务器(Lonmanager sever DDE)中,通过 PC 卡网络适配器 PCLTA(PC LonTALK Adeaptor)和 LON 网交换数据。

3.2.5 时钟模块

采用 DS12887 实时时钟芯片,将 3150 芯片的 11 个 I/O 口变成多总线(MUXBUS),通过数据和地址复用技术,与 DS12887 互联。

3.3 网络管理

基于 Echelon 公司的最新产品网络服务器 LNS 开发了一套集网络安装、维护和监控网络于一体的网络管理工具——Lonworks manage Tools(LNMT),该软件是在 Windows95 的环境下全 32 位编程采用客户/服务的方式,网络上任意一个网络服务器接口(NSI)节点都可以通过它对网络进行管理,使网络有很好的灵活性。

3.3.1 网络安装

LNMT 通过 Service pin 或手动方式设定设备网络地址,然后将网络变量互连起来,并可以设置发送无响应、(UNACKD)、非应答重复发送(UNACKD-RPT)、请求/响应方式(REQUEST/RESPONSE)应答方式(ACKD)四种方式。

3.3.2 网络维护

系统维护主要包括两方面:维护和修理,维护主要是在系统正常运行的状况下,增加删除节点设备,以及改变网络变量显示报文的内部连接。网络修理,它是一个错误设备的检测和替换的过程,由于采用动态分配网络地址的分布,使替换设备容易,只需从数据库中提取旧设备的网络信息下载到新设备上即可,而不必修改网络上的其它设备。

3.3.3 网络监控

LNS 的数据服务可查看网络所有应用节点的信息管理,使得对变电站各个控制回路点的电量信息的监视界面非常友好。但在允许节点操作之前,需在数据服务连接初始化时,需要网络服务器(NSS, Network serials server)关于应用点的配置信息和网络变量、显示报文等。即如对开关量、模拟量、数字量、告警信息、节点配置与管理等参数进行设置。

3.4 数据库

采用动态数据服务器 DDE,使得与 DDE 兼容的 Microsoft Windows 应用程序具备监视和控制

Lonworks 网络的能力,且无需编程,用户只需在 Windows 下调用。DDE 定义了 Microsoft Windows 应用程序与其它部分共享信息资源的标准方法。它使得在 Lonworks 网络上增加图表化用户界面变得容易,不仅可以观察而且可以改变网络变量值和应用报文,这样通过上位机的界面修改下位机运行参数整定值等非常直观。

4 关于网络可靠通信问题的研究

关于下位机和上位机的通信方式,要求数据绝对可靠传输,或者对于不成功传送返回不成功标

志,因此采用请求 / 响应方式来保障数据可靠传送。

4.1 完全采用对等通信出现的问题

请求 / 响应的通信方式。对该方式的通信进行了测试,78 kbps 不带碰撞检测,每包报文长度是 200 个字节。通信方式是一个上位机主站,其他是从站,主站不断接收从站发送的报文,同时也向从站发送信息,网络所有节点的发送都是自由发送(每分钟报文统计,注意请求报文的数据帧长度为 209 字节,应答为 11 字节)。表 1 为测试结果。

表 1

下位机节点数目	带宽利用率	有效传送报文数	网络出错率	请求数	应答数
1	50%	800	0	800	800
2	70%	1200	0	1200	1200
3	78%	1500	0.63%	1500	1500
4	83%	1674	1.23%	1678	1674
8	85%	1700	1.33%	1699	1700
11	87%	1285	1.4915%	1730	1285
12	93%	1173	2.8%	1850	1173
13	93%	1056	2.8372%	1850	1056
15	93%	857	2.8434%	1854	857
16	93%	829	2.8452%	1849	829
18	93%	691	2.8144%	1864	691
32	97%	240	3.11%	1940	240

从表 1 中可以看出,采用请求 / 响应的对等方式通信在节点多、重负载的情况下,网络的带宽利用率是非常好的,在更多的节点加入时一直保持在 93% 左右,这一点也证明了 LON 总线在 MAC 子层带预测的 P — 坚持 CSMA 算法能很好地解决 CSMA 算法的不足。然而,在节点较多的情况下,真正提供给应用层的报文数目却急剧下降,例如在 12 个节点时,虽然带宽的利用率已达 93% 左右,而真正在应用层可以使用的报文却只有 1173 包。当节点数为 32 时,应用层可以使用的报文却只有 240 包,只占所有报文的 1/10,效率可以说是非常低的。应答方式的测试表明结果和请求 / 响应方式是一样的。而只有在非应答方式下,通信效率较高,但该方式是不可靠方式;采用非应答重发方式,由于所有报文多重发送,其效率并不高。

4.2 采用优先级对等和轮询相结合的通信方式

基于此,如果在网络节点数较多的情况下,采用优先级对等和轮询相结合的通信方式,较好地解决了以上所述的问题。对于从站,一般的状态信息

不再主动地向主站发送,而只是将数据放在发送缓冲区,没有从站与主站竞争,这和从站的个数增加无关,这样可以改善因从站站点增多而使网络的有效传输下降的问题。但随之而来的是网络的实时性有所下降,因此对于紧急事务的处理,我们采用优先级报文进行发送,这样可以使其在很短的时间得到响应(70 ms 内一定能将数据发送到网络)。由于紧急事务出现概率较小,所以并不影响网络正常状态轮询。

5 结论

应用 LonWroks 现场总线技术,满足了变电站综合自动化系统的分布性、开放性和可扩充性要求,在网络节点负载较轻时,访问延时最小化,在网络负载较重时,采用优先级对等和轮询相结合的通信方式,冲突概率最小化,提高了继电保护、自动控制及监控等的实时性和可靠性。

caused by source impedances in power systems. IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference, 1997, 1:351~355

- 2 孙元章,王志芳,卢强. 静止无功补偿器对电压稳定的影响. 中国电机工程学报, 1997, (6): 373~376
- 3 Y Mitani, G Matushiro, K Tsuji. Loop power flow control to minimize power losses and augment voltage stability. Proc. of the IEEE PES Winter Meeting, 1999: 719~724
- 4 Glauco N Taranto, Jaw-Kuen Shiau, Joe H Chow, et al. A robust decentralized control design for damping controllers in FACTS applications. Proceedings of IEEE Conference on control applications, 1995: 233~238
- 5 H F Wang, F J Swift, M Li. A unified model for the analysis of FACTS devices in damping power system oscillations part II: multi-machine power systems. IEEE Transactions on Power Delivery, 1998, 13(4): 1355~1362
- 6 Marija D Ilic, Xiaojun Liu, Jeffrey W Chapman. Control of the inter-area dynamics using FACTS technologies

in large electric power systems. Proceedings of the 32nd Conference on Decision and Control, 1993: 2370~2376

- 7 R Mihalic, P Zunko, D Povh. Improvement of transient stability using unified power flow controller. IEEE Transactions on Power Delivery, 1996, 11(1): 485~492
- 8 M H Baker, R J Trow. New FACTS controllers and how to access them. Proceedings of APSCOM-97, 1997: 42~47
- 9 Johan H R Enslin, Jian Zhao, Rene Spee. Operation of the Unified Power Flow Controller as harmonic isolator. IEEE Transactions on Power Electronics, 1996, 11(6): 776~784
- 10 Jan Ove Gjerde, Roger Floro, Terje Gjengedal. Use of HVDC and FACTS-components for enhancement of power system stability. Proceedings of the Mediterranean Electrotechnical Conference, 1996: 802~808
- 11 Xiaoxin Zhou, Jianbo Guo, Jun Jiang, et al. Analysis and control of Yimin-Fengtun 500kV TCSC system. Electric Power Systems Research, 46: 157~168

(上接第 57 页)

安装调试, 2000 年 2 月正式并网发电, 运行实践表明, 系统的各项性能指标达到用户要求, 稳定可靠。本系统方案可为解决同等规模的热电厂计算机监控参考。

6 参考文献

- 1 钱清泉. 电气化铁道远动技术. 北京: 中国铁道出版社, 1990

(上接第 68 页)

6 参考文献

- 1 阳宪惠, 徐用懋, 魏庆福. 现场总线技术及其应用. 北京: 清华大学出版社, 1999

- 2 张明锐, 王为, 毛明平. 新型变电站综合自动化的实现方案. 继电器, 2001, 29(7): 29~30
- 3 张明锐, 王为. 上海市地铁共和新路高架工程电力监控系统方案探讨. 城市轨道交通研究, 2001, 14(3): 57~60
- 4 Wonderware Factory Suit NetDDE User Guide. 1996
- 5 魏璇, 刘玉忠, 刘沛. 一种全分布式变电站自动化通信系统的实现. 电力系统自动化, 1999, 23(13): 54~56

- 2 潘莹玉. 现场总线技术与变电站综合自动化系统. 电力自动化设备, 1998, 18(4): 51~55
- 3 Bradshaw A T. Field bus foundation or foundation field. Honey well Journal, 1997(6): 117~189.