

# 基于 DSP 与 LonWorks 的分布式数据采集系统

颜秋容<sup>1</sup>, 刘远进<sup>2</sup>, 尹建国<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 武汉 430074; 2. 湖南省邵阳电业局, 邵阳 422000)

**摘要:**现代测控系统应能适应复杂的监控环境,且实时性好、通信量大。该文提出一种基于 DSP 与 LonWorks 网络的分布式数据采集与状态监测系统。系统采用灵活的拓扑结构,可选用多种传输介质;基于 DSP 的 LON 节点具有很强的数据采集、处理和分析能力;网络通信采用面向对象的设计方法,通信协议中采用可预测的冲突避免算法,满足大通信量和高实时性要求,并详细描述了系统的硬件结构与软件实现。

**关键词:** LonWorks; DSP; 数据采集; 状态监测

## Distributed Data Acquisition System Based on DSP and LonWorks

YAN Qiu-rong<sup>1</sup>, LIU Yuan-jin<sup>2</sup>, YIN Jian-guo<sup>2</sup>

(1. College of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074;

2. Shaoyang Power Supply Company of Hunan Province, Shaoyang 422000)

**【Abstract】** Modern network based data acquisition and condition-based monitor system should be with large communication capacity, good real-time and adaptiveness to the complicated environment. A distributed data acquisition and condition monitor system based on DSP and LonWorks is proposed. Its intelligent DSP-based nodes are powerful in data acquisition, handling and analysis. The network communication is programmed by object-oriented technique with the protocol of collision-predictable algorithm to guarantee large communication capacity and good real-time. Its hardware and software architectures are described in detail.

**【Key words】** LonWorks; DSP; data acquisition; condition-based monitor

### 1 概述

网络技术使系统具有较强的通信能力与远方控制能力,在工业自动化中的应用越来越受到重视。传统测控网络难以适应日益复杂的监控环境,存在大通信量和高实时性之间的矛盾。LonWorks测控网络以其优秀的分布处理能力、开放性、互操作性、多媒介适应能力以及多网络拓扑结构等特点,适应了未来发展对测控网络的要求<sup>[1,2]</sup>。与其他网络相比,LonWorks具有以下优点<sup>[2-4]</sup>:

(1)比其他现场总线支持更多的传输介质。LonWorks 支持双绞线、光纤、电力线、同轴电缆、微波、红外线等 6 种通信介质,且可以在同一网络中混合使用,这正符合电力测控系统的要求。

(2)LonWorks 有较高的通信速率。CAN 总线在 1Mb/s 的传输率下的最大通信距离只有 40m, LonWorks 在 1.25Mb/s 传输率下的最大通信距离为 500m; PROFIBUS-PA 在传输速率为 31.25Kb/s 时最大通信距离为 1 900m, LonWorks 在 78Kb/s 传输速率下的最大通信距离为 2 700m。虽然 LonWorks 的最高传输速率低于 PROFIBUS-DP 总线,但后者为主从模式,主站、从站的开发与配置非常复杂,软件的开发周期长。

(3) Neuron 芯片作为 LonWorks 技术的基本元件同时具备通信与控制功能,并且固化了 ISO/OSI 的全部 7 层通信协议及 34 种常见的 I/O 控制对象,网络通信的设计简化成参数设置,不仅能节省大量的设计工作量,还增加了通信的可靠性。

(4)LonWorks 的通信协议(LonTalk 协议)的 MAC 子层采用可预测的 CSMA 冲突避免算法<sup>[5]</sup>,使得网络即使在过载的情况下,仍可达到最大通信量,不至于发生因冲突过多导致网

络吞吐量急剧下降的现象。

正是因为这些优点,LonWorks 在工业控制、交通运输、智能建筑、家庭自动化等方面得到了广泛应用。本文选用 LonWorks 构成现场总线网络,实现对电力变压器的数据采集和在线状态监测。变压器这类监测对象的监测变量较多,有电压、电流、温度、振动等,而且需要现地处理,如计算电压、电流有效值及其各次谐波,振动信号的小波分析,然后上传。但 LON 网络的基本节点因 Neuron 芯片的 I/O 引脚的限制,导致通用 LON 节点采集能力有限,为此,本文开发出基于 DSP VC33 的智能 LON 节点,DSP 与神经元芯片 Neuron 采用并口通信<sup>[2,6,7]</sup>。这种节点继承了 DSP 的特点,数据采集、处理能力较强,与 LON 网络的通信能力强,使得分布式数据采集系统功能强大。

### 2 分布式数据采集与监测系统的硬件构成

分布式数据采集与监测系统由多个节点构成,每个节点独立完成自己的数据采集和分析任务,节点之间通过 LON 总线进行通信。节点分为 2 种:通用 LON 节点和 DSP-based LON 节点。网络的传输介质为双绞线,结构为双端总线形式。网络中还有一个 PC 工作站,通过通信卡与网络相连,工作站通过 OPC(OLE for process control)技术,方便地与节点进行数据交换,并完成分类、存储、状态显示、故障诊断等任务。

**基金项目:**湖北省科技攻关计划基金资助项目(2003AA101C04)

**作者简介:**颜秋容(1964 -),女,博士、副教授,主研方向:智能检测,电能质量监控;刘远进,硕士、工程师;尹建国,硕士、高级工程师

**收稿日期:**2007-01-25 **E-mail:** yan\_qiurong@sina.com

系统的网络结构如图 1 所示。

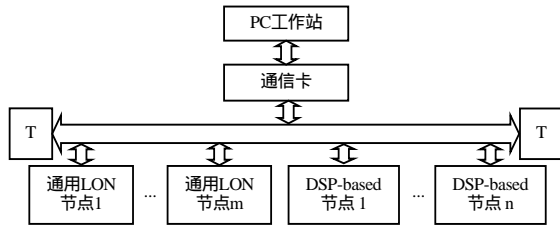


图 1 分布式数据采集与监测系统的网络结构

通用 LON 节点由神经元芯片 Neuron 和收发器构成。神经元芯片是一个“芯片上系统 (system on chip, SoC)”，内部有 3 个 8 位的 CPU，11 个 I/O 引脚，通过这些 I/O 可以引脚直接采集数据。当采集的信号较少时，这种节点已经够用。

对于电力变压器这类监测对象，采集信息量大、实时性要求高、控制环节复杂，单独由神经元芯片组成的节点很难胜任。本文采用 host-based 方式，神经元芯片作为另一微处理器 (host) 的协处理器 (coprocessor)，主要负责节点之间的通信和数据的转发，信号采集与分析由 host 构成的系统完成。这里的 host 采用高性能的 32 位浮点 DSP VC33 作为处理器，这种节点称为 DSP-based LON 节点。DSP 有高速的数据采集能力和强大的运算能力，再加上 Neuron 芯片对通信的支持，使得这种节点功能更强大。

DSP-based 节点的结构如图 2。通过 DSP VC33 采集的数据主要包括 8 路模拟量输入和多路数字量输入，考虑到一定的通用性，输出信号还包括模拟量和数字量，可实现设备的远方操作和控制。这种节点比通用 LON 节点的采集能力强得多。DSP 对采集的电压、电流等变量进行滤波、FFT 变换、谐波分析，对振动信号则进行小波分析，并将相关特征量上传，从而实现了对电力变压器的数据采集和在线状态监测。普通 LON 节点无法与之相比。

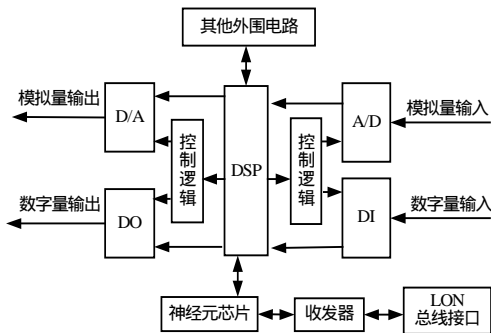


图 2 DSP-based LON 节点结构

### 3 通信过程的实现

分布式数据采集与控制系统的通信可分为 2 个层面：(1) 节点间的通信；(2) DSP-based 节点内部的通信，即 DSP 与神经元芯片之间的通信。

#### 3.1 节点间的通信

神经元芯片有一个多功能通信端口，有 5 个引脚可以配置 3 种工作方式（单端方式、差分方式、特殊应用方式），与不同的收发器相连，收发器则连接到 LON 总线上。本文的分布式数据采集与控制系统将通信端口配置为差分工作方式，使用 FTT10A 双绞线收发器。这种工作方式抗干扰能力强，通信速率为 78Kb/s。若想使用更高的通信速率，可选择其他收发器。由于 LonTalk 通信协议固化在神经元芯片里，因此

通信在应用程序中非常易于实现。神经元芯片的应用程序用 Neuron C 语言编写，Echleon 公司提供编辑、编译及配置环境。节点之间的通信采用了 2 种方式：网络变量方式和显式消息方式。LON 节点使用前一种方式，DSP-based 节点采用后一种方式。

LonTalk 协议的革新体现在网络变量 (network variable, NV) 上。网络变量可以是任何数据项（电压，电流，振动，温度、风扇压力等），它们是一个节点应用程序期望从网络上其他节点得到的数据（输入 NV）或期望提供给其他节点的数据（输出 NV）。节点应用程序根本不需要知道 NV 来自何处或输出到何处，应用程序的 NV 变化时，它只是把这个新值写到某个特定的存储单元。在网络设计和安装期间会发生一个“捆绑”过程，通过这个过程来配置 LonTalk 固件，以确定网上要求 NV 的节点的逻辑地址，然后当 NV 改变时，网络会汇集和发送适当的包到这些节点。类似地，当 LonTalk 固件收到它的应用程序所需的输入 NV 的更新值时，就把它放在一个特定的存储单元，应用程序知道在这个单元总能找到最新的数据。这样，捆绑过程就是将一个节点的输出 NV 与另外的一个或多个节点的输入 NV 之间建立逻辑连接，连接可以想象为“虚拟线路”。有了网络变量，通信过程变得非常简单，在网络设计时只须定义网络变量并且做好捆绑即可。

由于每个网络变量的数据长度一经确定就不能改变，且最多只有 31B，因此它的使用范围受到了限制。为此，Neuron C 提供了显式消息这一数据类型，其数据长度可变，最长可达 228B，通过请求/响应机制实现数据交换。某个节点发出请求消息能调动另一个节点作出相应的响应，实现远程过程调用。但与网络变量相比，显式消息实现节点之间信息的交换更为复杂，通过编程在应用程序中生成、发送和接收显式消息，因此，编程人员必须深入了解更底层的知识，例如分配消息缓存区、节点寻址、请求/响应及消息重发处理等。节点使用消息标签 (msg\_tag) 发送和接收显式消息。消息标签可以看作一个节点的通信 I/O 口，每个节点有一默认的输入消息标签。同网络变量一样，必须在网络安装时建立输入和输出消息标签之间的连接，消息才能被发送至正确的节点，接收节点才能接收其应接收的消息。

#### 3.2 DSP 与神经元芯片的通信

神经元芯片的操作系统中定义了一种并口对象，本文在应用程序中通过使用并口对象，实现神经元芯片 Neuron 与 DSP VC33 芯片的并行通信，并行口的速率可达 3.3Mb/s。并行 I/O 对象使用所有的 11 个 I/O 引脚，其中，I/O0~I/O7 是双向数据线，I/O8~I/O10 是三位控制线。并口的工作方式有 3 种，即 Master、Slave-A 和 Slave-B。Master、Slave-A 方式主要用于神经元芯片之间的通信，Slave-B 方式用于神经元芯片与其他微处理器之间通信，所以，本文采用 Slave-B 方式。在此模式中，将神经元芯片 Neuron 作为从机 (slave)，微处理器 VC33 作为主机 (master)，主机和从机之间的数据传输通过虚拟的写令牌传递协议来实现。主机和从机交替地获得写令牌，拥有写令牌的一方既可以写数据（不超过 255B），也可以不写任何数据而传送一个空令牌。传送的数据遵从一定的格式，即在要传送的数据前面加上命令码和所传数据的长度，命令码有 4 种：CMD\_XFER (01H，写数据)，CMD\_NULL (00H，传递空令牌)，CMD\_RESYNC (5AH，要求从机同步)，CMD\_ACKSYNC (07H，确认同步)。最后以 OEM (00H) 字节结束。

在通信之前,主机和从机之间先建立握手信号,即 HS 信号有效(由神经元芯片的固件自动实现),然后,主机再送一个 CMD\_RESYNC 命令要求从机同步。从机接收到这个信号后发送 CMD\_ACKSYNC 以表示同步完成。此后,写令牌就在主机和从机之间无限地交替传递,拥有写令牌的一方可以向数据总线上写数据,即主机可以往从机写数据,从机也可以将数据传给主机。

#### 4 结束语

基于 DSP 与 LonWorks 技术的分布式数据采集与监测系统具有灵活的拓扑结构,支持多种传输介质具有较高的传输速率。开发的 VC33 DSP-based Neuron 节点,具有很强的数据采集能力和分析能力,也可实现远方操作和控制。LonWorks 网络保证了数据传输的正确性和实时性。这种分布式数据采集与控制系统抗干扰能力强,能够适应多种环境,不仅适用于变压器群的状态监测,也可推广应用到其他需要实时处理大量复杂信息的场合。

(上接第 245 页)

该系统支持不同操作系统、不同浏览器用户的并发访问,客户端无须下载插件或控件,完全实现瘦客户端。在进程管理方面,用尽量少的服务进程处理尽量多的请求,减少进程的启动和终止次数;在安全性方面将客户端与数据库和接口隔离起来,客户端无权直接访问数据库和接口适配器,有利于安全管理,有效防止了恶意攻击;利用中间件的特点来选择路由、平衡负载,提高了整个系统的性能;利用中间件实现应用远程服务和本地进程间的通信,以实现多进程的服务模型。

#### 6 结语

本文将上海市超限高层建筑工程实例的抗震设计数据进行统一的网络化和标准化改造,融合规范和专家抗震设计经验,建设了相应的数据库,初步形成了一套基于 J2EE 的 WebGIS 的信息资源共享数据库,实现了多源信息的有机集成和动态关联。该系统满足客户端多用户的并发访问,可提供良好的信息共享服务,并将 J2EE 和 Matlab 有机地结合起来,通过集成 Matlab,利用其强大的数值计算能力,进行模

(上接第 250 页)

#### 5 组网结果分析

本文提出的带有扰动项的改进粒子群算法(PSO-DT)通过改变现有 PSO 的速度更新公式,从而有效地改善了现有算法易陷入局部最优的缺陷,分析表明,PSO-DT 和现有 PSO 有相同的收敛性,改进的 PSO-DT 算法与现有 PSO 算法相比在计算时间与高维复杂函数的优化性能有较大改善。

在本文的例子中,在规格  $100 \times 100$  共 10 000 个网格点范围内搜索,粒子群算法使用 60 个粒子,最大迭代次数为 600,最多需要计算适应度值的次数是  $60 \times 600 = 36000$  次。与唯一确保得到最优解的遍历法相比,遍历法需要计算适应度的次数为  $C_{10000}^3 \approx 1.67 \times 10^{11}$ ,可见 PSO-DT 算法处理规模越大的问题,效率的提高就越明显。对 4 部及 4 部以上雷达的情况,遍历法计算适应度的次数为  $C_{10000}^k$  ( $k$  为雷达的数量),更能体现算法在效率上的优越性。

多雷达组网仿真结果表明,采用 PSO-DT 进行多雷达优化组网能满足组网要求。

#### 参考文献

- 1 Mahalik N G P, Lee S K. A Study on Production Line Automation with LonWorks Control Networks[J]. Computer Standards and Interfaces, 2002, 24(1): 21-27.
- 2 杨育红. LON 网络控制技术与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.
- 3 崔振兵, 曾碧. 基于 LON 网节点的远程监控系统[J]. 计算机工程, 2003, 29(18): 172-173.
- 4 李德华, 许立梓, 李文国. 一种基于 LonWorks 技术的楼宇自动化系统的设计与实现[J]. 计算机工程, 2002, 28(9): 225-226.
- 5 Takagi H, Kleinrock L. Through Put Analysis for Persistent CSMA Systems[J]. IEEE Transactions on Industry Application, 1985, 33(7).
- 6 陈岚, 张泰山, 彭可, 等. 多处理器结构的 LonWorks 网络智能控制器设计与实现[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(12).
- 7 颜秋容, 刘欣, 水云龙, 等. 基于虚拟仪器技术的变压器状态监测系统[J]. 高压技术, 2005, 31(8): 39-41.

糊推理分析。本文基于 J2EE 的多层分布式 WebGIS, 具有良好的可移植性和推广性, 对于 J2EE 与 Matlab 的协同开发也有一定的参考价值。

#### 参考文献

- 1 吴小锋, 张新长, 张润朋. 基于 GeoMedia WebMap 的 WebGIS 研究与开发[J]. 计算机应用研究, 2002, 19(7): 112.
- 2 张胜, 康志伟. 基于 .NET 技术的 WebGIS 系统的设计与实现[J]. 计算机工程, 2006, 32(15): 106-108.
- 3 向艳, 王洪元. 基于模糊推理模型的专家系统的应用[J]. 计算机工程, 2005, 31(10): 180.
- 4 谭克艰, 曹晖, 毛沂. 建筑体型抗震性能模糊评判专家系统[J]. 重庆建筑大学学报, 1997, 19(6): 108-110.
- 5 朱元青, 周海清, 陈正汉. 厦门深基坑支护智能选型专家系统知识[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(5): 867-870.
- 6 郝雪颜, 须德, 范莹数. JSP 环境下基于 Matlab 引擎的数据可视化方法[J]. 2004, 40(11): 110-112.

#### 参考文献

- 1 Shi Y, Eberhart R C. A Modified Particle Swarm Optimiser[C]//Proc. of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Anchorage, Alaska. 1998-05.
- 2 Stacey A, Jancic M, Grundy I. Particle Swarm Optimization with Mutation[C]//Proc. of 2003 Evolutionary Computation Conference. 2003.
- 3 Clerc M. The Swarm and the Queen: Towards a Deterministic and Adaptive Particle Swarm Optimization[C]//Proceedings of CEC'99. 1999-07.
- 4 Løvbjerg M, Rasmussen T K, Krink T. Hybrid Particle Swarm Optimiser with Breeding and Subpopulations[C]//Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference. 2001-07.
- 5 Shi Y, Eberhart R C. Empirical Study of Particle Swarm Optimization[C]//Proc. of the 1999 Congress of Evolutionary Computation. 1999.

