

当前工业控制机技术的几个热点问题

魏庆福 中国航天科工集团公司

Abstract

This article discuss the present situation of industrialization and technical development of industrial control computer, including FCS,IPC,integrated management and control,industrial Ethernet,CompactPCI and self-determinative knowledge property right embedded system.

Keywords:industrial control computer,FieldBus,FCS,DCS,IPC,Ethernet,CompactPCI,embedded,Linux

摘 要

本文阐述了工业控制机当前的产业状况和技术发展中几个热点问题,包括 FCS、IPC、管控一体化、工业以太网、CompactPCI,以及开发应用自主知识产权的嵌入式系统等。

关键词:工业控制机,现场总线,FCS,DCS,IPC,以太网,CompactPCI,嵌入式,Linux

1 工业控制机的发展状况和“十五”奋斗目标

用信息化带动工业化,用高新技术提升传统产业,这是我国的大政方针。自 1983 年工业控制计算机列入国家计算机系列型谱和发展规划以来,在国家的大力支持下,经过全国工控机同行们的共同努力,我国工控机事业获得了迅速发展,在工业控制机开发和产业化及其推广应用方面已取得长足进步。许多工控技术和产品已经成熟,在各领域获得成功应用,有的已可与国外或境外产品进行竞争,特别是在 DCS、IPC 以及某些嵌入式控制装置方面硕果累累。

和利时、浙大中控、新华、威盛等公司的 DCS 系列产品已进入许多大型工程,甚至出口国外,据化工行业统计,国产 DCS 已占有 50% 左右的市场份额;研祥等单位 IPC 产品的势头很强劲;盛博的嵌入式产品已进入国际市场,成为西门子、阿尔斯通等欧洲公司的配套产品;航天测控公司的 VXI、PXI 产品已成为国防工业中的重点地面测控产品;康拓公司的新一代 CompactPCI 系列产品已经开发成功。此外,近两年来,国外的同行又有新的面孔出现在国内市场,而我国台湾的同行中,除了研华、磐仪等之外,新近,凌华科技集团的 CompactPCI、PXI 系列产品出现在大陆市场;在现场总线的研发和应用方面,国内也有大的进展,FF、Profibus、LonWorks、CAN 等都有许多成果和成功应用的范例,工业以太网的研发也取得了很大进展;工业管控软件的研发和应用也有不错的成果……

近年来,国际上 FCS、DCS、PLC、IPC、NC 以及各类嵌入式控制装置正处在快速发展之中,而我国的发展速度更位居于世界前列。据统计,2000 年世界上工业控制计算机市场达到 300-400 亿美元,并以每年 10-15% 的速度增长;同期,我国工控机的市场规模约

200 亿人民币。

信息产业“十五”规划中,工业控制机产业将达到年产值 1000 亿元。发展重点是:适应改造传统产业的需求,大力推进 PLC、嵌入式工业计算机的产业化生产,重点开发生产有自主知识产权的 DCS、FCS,使国产品牌达到 50% 以上的市场份额。国家经贸委仪器仪表“十五”规划中,在电力、冶金、石化、环保、交通、建筑等领域都提出了相应目标,对工控机的需求很大,市场十分广阔。“十五”期间,我国自动化主控系统仍将以 DCS 和 IPC 为主,大型 DCS 以国外产品为主的状况近期还会有大变化;PLC 和基于 IPC 的 DCS 以及工业控制装置在中小工程应用中将占据主导地位。

2 工业控制系统的三大变革

自动化技术正经历重大变革,我们的工作实质上是围绕这种变革进行的。主要方面是:现场总线和现场总线控制系统 FCS;PC-based 工业控制计算机;管控一体化系统集成技术。

2.1 关于 FCS

由于现场总线技术的发展,新一代的现场总线控制系统 FCS 正走向实用化,这是自动化技术的一个重要热点,它将给自动化技术带来一次深刻的革命。FCS 的关键要点是:FCS 的基础是数字化智能化现场装置;FCS 的核心是现场总线协议,即总线标准;FCS 的本质是信息处理的现场化和网络化。

FCS 是从两个方面发展而来的,一是 PLC,二是 DCS。在 FCS 走向实用化之后,必然会影响到 PLC 和 DCS 的前景。专家们认为,FCS 将与 DCS 逐步融合,FCS 将会最后取代 DCS,但是,将会有有一个很长的历史过程;而 PLC 在顺序控制方面有独特优势,作为一个站挂在线总线上,可以充分发挥 PLC 在处理开关量方

面的优势,因此,今后将以能遵循现场总线通信协议的 PLC 或能与 FCS 通信交换信息的 PLC 为优选对象。

2.2 关于 IPC

工业 PC 自 20 世纪 90 年代初进入工业自动化以来,正势不可挡地进入各领域,获得了广泛应用。究其原因,在于 PC 机的开放性,它具有丰富的硬件资源、软件资源和人力资源,既得到广大工程技术人员的支持,也为广大人群所熟悉,这是 IPC 热的基础。PC-based (包括嵌入式 PC) 控制系统,正以 20% 以上的速率增长,远远超出了 DCS、PLC。值得注意的是,各大 PLC 制造商已接受了 IPC 的技术路线,PLC 有 IPC 的趋势。不仅如此,DCS、NC 也都有 IPC 化的趋势。PC-based 控制技术将成为本世纪初自动化界的主流技术之一。

今后在相当长的一段时间内,FCS、DCS、PLC、IPC、NC 将会相互补充,相互促进,但 IPC 的优势会更突出,其应用范围将迅速扩大到全部自动化领域。预计,到 2005 年,PC-based 工业控制机将占市场份额 50% 以上。

我国 IPC 市场(包括嵌入式控制器)十分活跃,和国际市场一样,IPC 增长速度也是最快的,这是因为 IPC 能提供非常丰富的开放的硬件和软件平台,价格低廉,易于与其它信息技术集成。

我国 IPC 厂商很多,主要有研祥、研华、凌华、磐仪、康泰克、康拓等等,在 FCS、DCS、PLC、IPC、NC 几大类之中,IPC 的国产化是最高的,估计在不久,和 PC 机一样,IPC 将主要是国产化产品的天下,特别是大陆产品。

2.3 管控一体化系统集成系统与软件

随着 Internet 技术深入到企业管理和控制之中,控制系统与管理系统的结合成为必然,这使得工业自动化界渴望已久的管控一体化、工业企业信息化、基于网络的自动化的目标成为可能。管控一体化可以使企业选择到真正符合新经济时代的最佳解决方案,从而提高企业的生产效率,增强市场竞争能力。

这就必须发展管控一体化的系统集成技术和系统。因此,自动化技术进入了一个新时代,其方向是,通过以太网和 Web 技术实现开放型分布式智能系统,基于以太网和 TCP/IP 协议的技术标准,提供模块化、分布式、可重用的自动化方案。其中,主要的方面是发展基于网络的工程化工业控制与管理软件。

企业信息集成系统三层结构的中间层的应用软件系统,称之为工厂软件,包括实时数据库、历史数据库、数据发布、数据挖掘、模型计算、过程仿真、配方设计、运行优化、参数检测、偏差分析和故障诊断等内容。它向下可以为控制软件提供智能决策,向上可以为管理软件提供有价值的数据。工厂软件系统的基础内容就

是实时分布式数据库系统。工厂软件建立在实时数据库和关系数据库之上,定位在 Internet/Web 应用网络环境之上,由此,实现管控一体化。

国家科技部 2001 年 9 月发布“过程自动化系统”专题中,将实时数据集成技术与过程控制技术、过程优化技术和流程工业生产计划与动态调度技术列为主要方向。而两项重点课题之一是:实时数据库及监控系统。其研究目标是:流程工业综合自动化的数据集成、大中型实时数据库及监控系统等核心技术,支持多种 DCS、PLC、测控系统的实时数据库及监控系统。主要指标及要求之一是,支持主流 DCS、FCS、数据采集设备的双向数据传输,提供 OPC 接口。

3 关于工业以太网

1999 年工控机南京年会上,笔者在“现场总线技术已进入战国时代”的报告中,阐述了“异军突起,以太网进军工业自动化”的观点,与会同行们曾热烈讨论。三年过去了,工业以太网技术已经取得了很大进展,成为现场总线中的主流技术和焦点,国际上有多组织在从事其标准化工作。我国在工业以太网方面起步不晚,特别是浙大中控等单位已做了大量工作,取得了阶段性成果,开发出基于以太网技术的现场通信模块和部分现场设备原型,在国内首先提出了 EPA 网络通信技术,在工业以太网的部分关键技术(如实时性、总线供电、远距离传输)等方面做出了出色成果。

上述专题的两项重点课题之二是:基于高速以太网技术的现场总线控制设备,其研究目标是:研究应用于工业控制现场的高速以太网关键技术,包括以太网通信实时性、总线供电、本质安全、可互操作性、远距离传输、抗干扰性和可靠性等。并研究开发基于以太网技术的现场设备、网络化控制系统和相应的系统软件。

以太网技术是未来控制网络的最佳解决方案,以太网一直延伸到企业现场设备控制层(即一网到底)是控制网络发展的必然趋势。这已是许多专家的共识,施耐德的透明工厂是典型范例。然而,在和同行的交流中,感到有几个问题需要讨论:

1) 工业以太网不是仅仅指只有物理层和链路层的 Ethernet,而是指基于 Internet 技术的以太网,即 Ethernet+TCP/UDP/IP+应用层,这里,在传输层采用 UDP 比 TCP 协议更能满足实时性的要求;

2) 不少文献上有如下说法:采用带有冲突检测的载波侦听多路访问协议(CSMA/CD),以太网被认为是一种非确定性的网络,其实时性、确定性不好。但以太网发展到今天的交换式以太网时,该问题已经得到解决。对于上述问题如何解释呢?

其一,文献[3]中用数据做了解释:在 100M 时,

一个时间槽 slotTime=4.88 微秒,在负载较轻时,冲突次数不会超过 5 次,这样,由于冲突产生的延迟时间可以控制在 156 微秒之内。因此可以认为,在轻负载运行下,以太网可以满足实时性要求,不确定性的冲突造成的冲突回退往往并不会产生过大的延迟时间。

其二,以太网在负载达 40%以上时才会有明显的冲突,典型工业控制的负载为:10M,5%;100M,0.5%。因此,冲突的概率很小,上述设定的冲突次数为 5 的条件实际上是非常保守的。

其三,所谓交换式以太网,可以将一个较大的网络分隔成为各个相对独立的冲突域,冲突只能在一个相对较小的区域内发生,从而大大减少冲突发生的概率。

3) 工业以太网的第 1-4 层已经确定,当前的研究工作主要在两个方面,一是应用层不同协议的封装,当前国际上几个组织联合起来,试图解决互操作性问题,我国也在这方面做工作,希望是开放式的,以便解决与国际上工业以太网的互操作性问题;二是如何适应工业环境问题,这里有许多工作可做。

4 新一代工业计算机总线 CompactPCI

前文所述 IPC 工控机是在 PC 机的基础上,在机箱、结构等方面作适当改造,保留了 PCI-ISA 总线的有源底板,开发和扩充了系列工业 I/O 模板而构成。1993 年以来,由于 PCI 总线的开放性、高性能、低成本、通用操作系统等方面的优势,得到迅速的普及和发展。但是,这种 PCI-ISA 底板总线的工业控制计算机尚有不足,还难以用于有苛刻要求和高性能的场合。为此,主要由原来事 STD 总线工控机的厂商,如 Ziatech、Pro-Log 等,以及 Intel,在 PICMG(PCI 工业计算机制造商协会)支持下,制定 PCI-ISA 总线的无源底板标准和处理器板标准,即 CompactPCI。其出发点在于,改造 PCI 标准,使其成为无源底板总线的结构。

CompactPCI 是一种新的开放式工业计算机标准,是 PCI 总线技术和成熟的欧式卡组装技术的结合。采用 CompactPCI 既能吸收 PC 机最新的技术成果,又具有满足通信和工业实时应用所必需的更坚固、更可靠、模块化、易使用、易维护的优点。在成本上,其产品往往低于同等功能的 VME 产品,但略高于通常的 IPC 产品。已经发布了 CompactPCI 规范 2.0R3.0 版。

CompactPCI 最具吸引力的特点是热插拔(hot swap)。这意味着一个模板能够在不切断电源的情况下从机箱内拔出或插入,依靠先进的软件,系统能够自动调整配置。热插拔一直是电信应用的要求,也为每一个工业自动化系统所渴求。

CompactPCI 的热插拔的实现是:在结构上采用三种不同长度的引脚插针,使得模板插入或拔出时,电

源和接地、PCI 总线信号、热插拔启动信号按序进行;采用总线隔离装置和电源的软启动;在软件上,操作系统要具有即插即用功能。PICMG 与微软公司合作,使得 WindowsNT5.0 具有此功能。热插拔是一个热门课题,也是一个复杂的问题,许多 PICMG 成员单位作出了巨大努力,PICMG 在原版本基础上,经过不断完善,于 2001 年 1 月发布了多计算 2.14R1.0 版和热插拔规范 2.12R2.0 版;2002 年 1 月发布了热插拔基础结构接口规范 2.12R2.0 版;此前还发布了电源接口、系统管理、计算机电话等规范。为了满足下一代通信市场的需求,能够与 Intel 的下一代 CPU 总线技术兼容,今年 5 月又发布了星型光纤规范。CompactPCI 工业计算机总线技术,从结构、硬件、软件、管理诸方面趋于成熟,采用 CompactPCI 总线标准的工业计算机产品已经广泛应用于电信、工业实时控制以及国防工业之中,当前热门的刀片式服务器即采用 CompactPCI 总线。

中国计算机行业协会工业计算机分会(PICMG/P.R.C)作为 PICMG 的执行委员,组织专家已经将 CompactPCI 规范翻译成中文发布,以推动我国工业计算机的发展。

随着计算机技术的发展,自动化测试设备(ATE)发生了质的变化,出现了所谓的“虚拟仪器”。当前,主要采用 VXI、PXI 两种总线型虚拟仪器。基于 VXI、PXI 总线的虚拟仪器仅需几块模拟和数字 I/O 板的硬件开销,通过计算机软件即可完成各种仪器的功能。它集中了智能仪器、个人仪器和自动化测试系统的特长。

随着 CompactPCI 总线日趋成熟,基于 CompactPCI 的虚拟仪器应运而生,即 PXI,它具有比 VXI 更高的总线带宽,资源更丰富,在相同功能的条件下,价格往往只有 VXI 系统的一半。因此,PXI 系列产品具有更强劲的发展势头,而 VXI 则具有先入为主的优势。

国家科技部发布的 2002 年“科技型中小企业创新基金若干重点项目指南”指出:“虚拟仪器具有价格比高、操作简单方便、可靠性高等特点,市场前景巨大;构建以 VXI、PXI 等先进总线为基础的通用测试平台,满足产品开发、生产和维修的需要具有重要的意义。”在自动化测试技术和设备方面,同行们也将大有可为。其中,PXI 系统尤其值得关注。

5 嵌入式系统的技术发展和我们的机遇

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可剪裁,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等要求的专用计算机系统。嵌入式系统是集软件、硬件于一体的高可靠性系统。其软件除操作系统外,还需固化的应用软件;硬件除 CPU 外,还需有外围电路支持。通用和嵌入式 CPU、微控制器、DSP

以及单片系统(SOC)已构成嵌入式系统硬件的基础。

嵌入式系统已经广泛地渗透到人们的工作、生活之中,从家用电器、手持通讯设备、信息终端、仪器仪表、汽车、航天航空、军事装备、制造工业、过程控制等等,无不是嵌入式系统的应用领域。据美国嵌入式系统专业杂志 RTC 报道,21 世纪初的 10 年中,全球嵌入式系统市场需求量具有比 PC 市场大 10 至 100 倍的商机。嵌入式系统无所不在、无时不在,可应用于人类生活与工作的各个领域。未来学家尼葛洛庞蒂曾预言,嵌入式智能设备将是 PC 和因特网之后最伟大的发明。

嵌入式系统的出现至今已经有 30 多年的历史,近几年来,计算机、通信、消费电子的一体化趋势日益明显,嵌入式技术已成为一个研究热点。嵌入式系统已发展到以 Internet 为标志的嵌入式系统,正在迅速发展。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外,但随着 Internet 的发展以及与信息家电、工业控制技术结合日益密切,两者的结合将代表嵌入式系统的未来。

嵌入式系统技术日益完善,32 位微处理器,即 X86CPU 和嵌入式 CPU (ARM、MIPS、SH 三大类)以及 DSP、单片系统 SOC,在嵌入式系统中占主导地位;嵌入式操作系统已经从简单走向成熟(如 Vx-Works、PSOS、VRTX、Nucleus、WinCE、QNX、Linux),嵌入式系统与网络、Internet 结合日益密切。其中,嵌入式 Linux 在消费电子设备中得到广泛应用。由 32 位嵌入式 CPU 与嵌入式 Linux 相结合,在信息终端、家用电器、工业控制等方面将大有可为。

目前,PC 机的架构为 Wintel 所控制、垄断,即由 INTEL 的 CPU+微软的 Windows 主宰了产业。在该领域,我们没有主动权,缺乏创新空间,充其量只是 PC 机组装和计算机系统集成等,自己的软件产品和出口软件也很少。

我国在嵌入式 CPU 方面最近取得了很大进展,“龙芯”和方舟 CPU 的研制成功是一件很有意义的大事。嵌入式系统,由于需求千变万化,没有统一的架构,可以不受控制,软硬件需要各种各样的组合,技术密集,市场容量大,可有无数的创新空间。

嵌入式 CPU+嵌入式 OS+关键应用=嵌入式系统的核心技术。

主要原因是:①计算环境从 PC 为中心转变为以网络为中心,涌现了各种新的信息设备(IA),不必与 PC 兼容;②应用软件逐步从 PC 移到网上,不必与 Windows 兼容;③浏览器取代 Windows 成为主要的用户界面;④基于 Linux 的 OS 很适合各种 IA;⑤跨平台语言 JAVA 被普遍采用。

综上所述,在 PC 机上要脱离 Windows 很难,离

开了 PC 机,特别是在网上,就可以有所作为。其中,被 Linux 看好;在 IA 领域,各种嵌入式 Linux 有很好的前景;Linux 将成为我国未来主要 OS 之一。

近年来,我国在开发嵌入式 CPU 方面有一系列有利条件:①市场:嵌入式 CPU 可应用于各种领域,包括信息家电、网络设备、工业仪器仪表等等,其市场容量将远远超过 PC 产业。②技术:可允许多种结构,可有自己的创新结构;可购买 IP 知识产权模块,自行裁剪和组合,设计自己的 CPU;有 Linux 和其它 OS 作为支持,不必依赖 Windows。

北京中芯微系统公司开发成功高性能嵌入式处理器方舟二号,主要技术特点如下:32 位 RISC CPU,时钟频率 266MHz,2x8kB cache,片上集成了 EMI 存储器控制器,PCI 总线控制器,中断处理器,DMA 控制器,2 个串口,2 个 USB 接口,1 个 IC 卡控制器,1 个以太网控制器,RTC,定时器,Watchdog 等,且低功耗,是高集成度的 SOC 芯片,支持 Linux。

中科院计算所的“龙芯”是另一款国产芯片,32 位,266M 钟频,其指令系统与 MIPS 芯片兼容,支持 VxWorks、Linux 操作系统,工作温度为-35~70℃,可以满足军工和工业环境的应用要求。

“龙芯”和方舟的 32 位嵌入式 CPU 有广泛的支持并批量生产,有很好的应用前景。再配以嵌入式 Linux 操作系统,将有可能作为国产嵌入式系统的一种很好的选择,可在信息终端、家用电器、工业控制、军工装备中应用,可以在 IA 领域用自己的核心技术有所作为!

致谢:本文写作过程中,段明祥先生提供了宝贵资料和意见。

参考文献

- 1 徐甫荣.PLC、DCS、FCS 三大控制系统的特点和差异.PLC&FA,2002(9)
- 2 刘晨吉,冯冬芹,储健.关于现场总线技术发展的思考.自动化博览,2002
- 3 陈嘉,尔桂花.自动化系统底层通信网络的以太网实现.自动化博览,2002
- 4 冷杉.ISA2001 的工厂软件技术.自动化仪表,2002(1)
- 5 James Truchard.虚拟仪器的未来.测控技术,2002(9)
- 6 唐怀斌,孙兰岚,孙怀义.“十五”工业自动化仪表产品结构调整问题.工业控制计算机,2001(9)
- 7 魏庆福,郑文波.嵌入式系统的技术发展和我们的机遇.自动化博览,2002(4)
- 8 机电一体化技术手册(上).Vol 1 第 2 版.机械工业出版社,1999
- 9 蔡希林,曲非非.PLC 的发展.微计算机信息,2002(9)
- 10 李勤,党选举,向荣.基于 COM 的 OPC 技术的研究和实现.微计算机信息,2002(8)