

# VxWorks 下多 Agent 现场总线测控系统设计

孙筱川, 赵敏, 顾伟, 胡中华

(南京航空航天大学自动化学院, 江苏南京 210016)

**摘要:**针对日益复杂的工业环境,设计了一种基于多 Agent 理论的现场总线测控系统。根据软件功能和硬件结构将系统划分成多个 Agent,形成一种基于中心控制体的分布式结构。结合实时操作系统 VxWorks,使得多 Agent 不但能够独立、自主地感知环境,做出决策,而且能够通过相互的协调、合作完成复杂的任务。构成了一个具有实时性、智能性、系统重构能力、容错能力、快速反应能力、可靠性高的分布式现场总线测控系统。

**关键词:**多 Agent; VxWorks; 现场总线; 测控系统

**中图分类号:** TP31

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)06-0194-03

## Design of Multi-Agent Field Bus Measuring and Controlling System Based on VxWorks

SUN Xiao-chuan, ZHAO Min, GU Wei, HU Zhong-hua

(School of Automation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** Directing towards complex industrial environment, presents a kind of field bus measuring and controlling system. The system is divided into several agent according to its software function and hardware structure, and constructs a kind of distributed structure based on central control unit. This system combines with real time operating system VxWorks, so multi-agent can not only recognize events and make decision individually, but also cooperate with other agents to accomplish a complex task. In a word, it constructs a distributed field bus measuring and controlling system with the characteristics of real time, smart, reconstruction, fault-tolerant, rapid response and high reliability.

**Key words:** multi-agent; VxWorks; field bus; measuring and controlling system

## 0 引言

随着工业现场环境的日益复杂化,出现了现场总线测控系统。它的出现促进了现场设备的数字化和网络化,使测控系统具备了高度的开放性、分散性、智能性和集成性。但是现场总线测控系统的可靠性是通过单个测控节点的可靠性和核心部件的冗余来实现的,往往由于个别节点的故障导致这个系统不能正常工作。各测控节点缺乏自适应性和主动性,当系统的规模较大,采集的信号种类较多时,单一的系统控制处理往往不能及时响应外部环境的变化,从而使某些关键的信息不能得到实时有效的处理,导致产生严重的后果。因此需要建立具有实时性、智能性、系统重构能力、容错能力和快速反应能力的网络化测控系统。基于以上情况,提出了一种基于 VxWorks 实时操作系统

和多 Agent 理论的分布式现场总线测控系统。在该系统中,每个测控节点被构造成具有自主性和自适应能力的 Agent,通过多个 Agent 之间的协调合作来提高整个系统的可靠性、稳定性和工作效率。

## 1 Agent 和多 Agent 体系结构介绍

在人工智能学科中,Agent 理解为有一定智能行为的主体。在目前的计算机领域里,Agent 是指一种封装在特定软、硬件环境中的计算单元,它能独立、自主地感知环境,代表使用者自治地完成一系列任务<sup>[1]</sup>。

多 Agent 系统(Multi-Agent System, MAS)是由多个 Agent 形成的松散耦合网络系统。这些 Agent 在物理上或逻辑上是分散的,其行为是自治的,它们为了共同完成某个任务而连接起来,通过交互与合作实现复杂问题的求解<sup>[2]</sup>。多 Agent 系统特别适用于那些能根据空间、时间或功能进行分解和划分的应用问题。

在这些应用中引入多 Agent 系统带来以下优点:

①处理的并行化,系统的运行速度将加快;

收稿日期:2008-09-26;修回日期:2008-12-26

作者简介:孙筱川(1983-),男,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向为计算机测控、嵌入式系统;赵敏,教授,博士生导师,研究方向为计算机测控和小卫星星务系统。

②某一个 Agent 出错不会影响整个系统的运行, 因此, 系统具有较高的可靠性;

③数据采集、处理和控制在紧密结合, 系统具有较快的反应速度。

在工业控制这一特殊领域中, 一方面, 功能模块具有较强的独立性和松散的耦合性, 适合采用相对集中的管理; 另一方面, 系统的设计要求高度的安全性、鲁棒性, 避免个别 Agent 承担过重的负荷, 适合采用各个 Agent 智能性比较均衡的系统。综上, 文中设计的多 Agent 体系结构如图 1 所示。该系统是一种具有自适应性的多 Agent 系统, 由于任务的不同分解与分配以及其它不可预测因素的出现, 使得系统能够随时改变组织结构, 实现动态重构<sup>[3]</sup>。而任务一旦结束, 临时组建的多 Agent 系统则立即解散。图 1 从系统的组成结构和通信方式定义了该多 Agent 系统的模型。在此系统中, 管理 Agent 是最重要的 Agent, 它负责将一个复杂任务按功能分解为各个子 Agent, 并负责子 Agent 的调度。

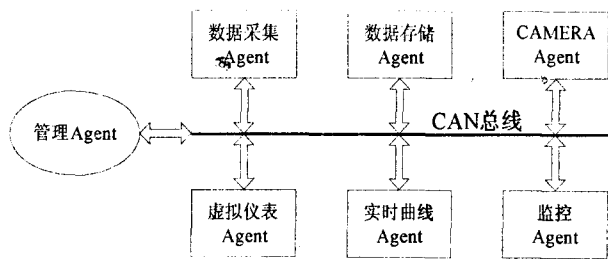


图 1 系统的多 Agent 体系结构

## 2 多 Agent 现场总线测控系统的设计

### 2.1 多 Agent 体系结构在 VxWorks 下的实现

美国风河公司的 VxWorks 操作系统是微内核结构的多任务实时操作系统, 它采用了中断驱动和基于优先级的抢占式任务调度方式, 拥有丰富的任务间通信机制, 是目前最优秀的实时多任务嵌入式操作系统之一。

多 Agent 系统之所以构建在 VxWorks 操作系统上的原因有以下三点:

① VxWorks 具有良好的实时性和快速反应能力, 满足复杂的工业控制处理任务的实时调度需求。

② VxWorks 操作系统采用微内核, 占用的空间很小, 适合对资源要求严格的工业控制领域。

③ VxWorks 具有灵活的多任务调度策略和丰富的任务间通信机制, 且支持 C++ 语言, 适合 Agent 设计。

虽然 VxWorks 本身有上述优点, 但是要将其在现场总线测控系统中体现出来并不容易。对于经验不足

的程序员开发出的 VxWorks 应用程序可能或多或少的存在这样那样的问题, 如内存泄漏、堆栈溢出等问题。尤其是内存泄漏, 程序可能运行了几个星期甚至几个月后才将内存耗尽, 从而导致系统崩溃, 这在高可靠性的工业控制领域是不允许的, 在 VxWorks 中引入 Agent 后可以利用其沙盒特性有效地解决上述问题<sup>[4]</sup>, 故 Agent 和 VxWorks 二者可以互补。

Agent 是一个智能化的实体, 具有主动性和自主性。一个复杂任务分解后的子任务将被映射成 Agent, 每个 Agent 是一个独立的线程, 代表一个独立的、并行执行的任务, 故要在 VxWorks 中实现 Agent 必须将面向对象概念和 VxWorks 的多任务机制相结合。在 C++ 面向对象程序设计中, 对象是一个被动的实体, 其行为是指由消息去调用对应的方法, 完成方法所规定的动作, 对象本身没有主动性和自主性。所以对对象侧重于对实体静态特征的描述, 缺乏动态行为描述。而 VxWorks 中的任务对应于线程, 是 CPU 调度和分派的基本单位, 可以动态地创建与删除, 并且 VxWorks 具有灵活的任务调度机制和丰富的任务间通信机制, 这就为实现多 Agent 系统的动态行为提供了良好的运行平台。本设计采用对象 + 线程的方式实现 Agent, 用对象描述 Agent 的静态特性, 用任务(线程)描述 Agent 的动态行为<sup>[5-7]</sup>。

在具体实现中, Agent 是构建在 VxWorks 的任务基础之上的。VxWorks 中的任务就是一个线程, 而线程间是共享资源的, 故当 VxWorks 中的一个任务出错可能会导致整个系统的崩溃。例如在运行一个新开发的任务时, 经常会遇到页错误(Page Fault), 严重的甚至会导致死机或重启。Agent 继承了 VxWorks 任务的优点并在此基础上又有所发展, Agent 引入了沙盒(sandbox)特性, 即每个 Agent 运行在沙盒之上, 位于一个独立的内存空间里。当沙盒上的 Agent 出错之后, 并不会影响到系统的其它 Agent, 系统仍能够正常运行。这为整个测控系统的可靠性提供了强有力的保障。

### 2.2 测控系统的具体设计

系统的测控节点采用稳定可靠的 PC104 嵌入式计算机, 可以根据各个节点的要求采用不同的 CPU 以及不同的扩展模块。节点之间采用 CAN 总线进行通信, 只需在每个节点计算机上加一块 PC104-CAN 扩展板即可, 整个测控系统的硬件框图如图 2 所示。PC104 计算机上移植 VxWorks 操作系统, 以便从软件上保证系统的实时性和可靠性。

文中的设计中测控节点分为两种: 一种是需要带 GUI 显示功能的节点, 其上主要分配显示 Agent, 包括

实时曲线 Agent 和虚拟仪表 Agent,负责对由数据采集 Agent 采集到的数据进行初步处理后,通过实时曲线和虚拟仪表等方式显示到屏幕上,从而对被测对象的状态进行直观的分析。此节点上 CPU 采用 AMD Geode,这种 CPU 可以与配套的显示芯片 CT69000 使用,VxWorks 的 windml 对 CT69000 显示芯片有着良好的支持,因 windml 是一套与底层硬件紧密相关的多媒体库,所以在图形用户界面的实现上具有非常大的灵活性。将 GUI 构建在 Agent 的框架之上不仅极大地提高了整个测控系统的稳定性和可靠性(沙盒特性),而且可直接利用 Agent 提供的通信功能获取数据采集 Agent 采集到的数据,从而提高了开发效率。

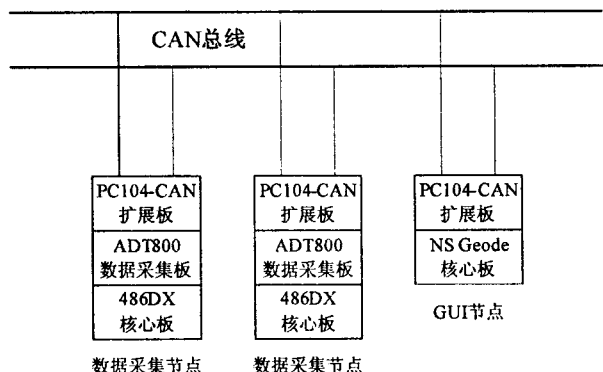


图 2 系统硬件框图

本系统实现的实时曲线 Agent 和虚拟仪表 Agent 分别如图 3 和图 4 所示。

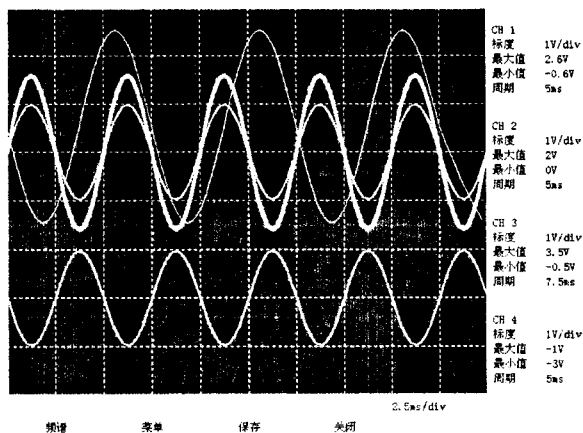


图 3 实时曲线 Agent

另一种是数据采集节点,其上主要驻留数据采集 Agent,它的主要功能是接收来自显示 Agent(实时曲线 Agent 或虚拟仪表 Agent)的请求和向显示 Agent 发送采集到的数据,供显示 Agent 处理。数据采集节点核心模块的 CPU 采用 386 或 486,数据采集模块采用盛博公司的 ADT800。ADT800 是一个基于 PC104 的扩展板,其主要功能是数据采集。通过 PC104 总线,可将其与 PC104 嵌入式系统构成一个高性能的数据采

集与控制系统<sup>[8]</sup>。笔者为了方便在 VxWorks 下对 ADT800 模块进行操作,开发了 ADT800 模块的驱动程序,将 16 路模数转换,4 路模拟输出,24 路 I/O 口,多种采集触发和数据传输方式,以及丰富的定时功能都封装到了驱动里。因此,在开发数据采集 Agent 程序时,并不需要关心 ADT800 的寄存器操作与配置,也无需去自己处理 VxWorks 的中断。安装驱动,创建设备后,即可通过 IO 系统接口对 ADT800 进行操作。

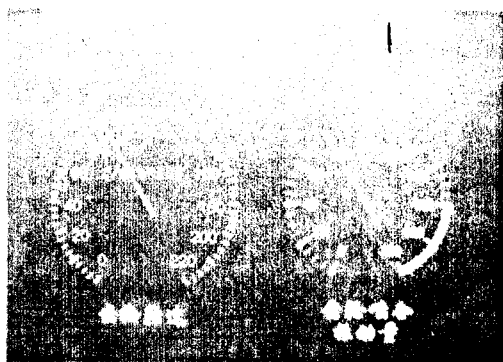


图 4 虚拟仪表 Agent

由于数据采集 Agent 和显示 Agent 位于不同的节点计算机上,节点之间通过 CAN 总线相连。为了方便不同节点计算机上的 Agent 之间的通信,开发了 PC104-CAN 的驱动,在 Agent 程序中只要调用 IO 系统接口对 CAN 通讯接口进行操作,就能够实现 Agent 之间的通信。因而,无论是数据采集 Agent 将采集到的数据送给显示 Agent 显示,还是显示 Agent 向数据采集 Agent 发送请求都非常容易实现。一旦管理 Agent 将任务源分解为子 Agent 后,各个 Agent 相互协同合作,整个测控系统就能有条不紊的运行。测控系统的工作原理如图 5 所示。

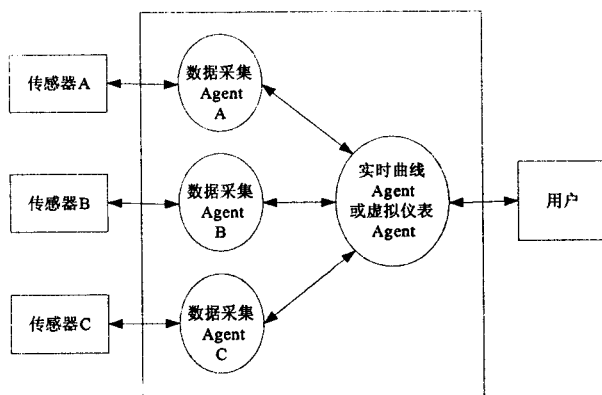


图 5 测控系统工作原理图

综上所述:分布式测控系统与以往的主辅热备份式系统相比,提高了计算机的利用率,又可以节约某些计算机资源,并且具有并行处理能力,使系统具有更高

启动媒体播放器,通知应用程序启动自己的应用界面)。然后该应用服务程序通过会话管理模块调用底层协议通信模块,根据应用服务的访问信息创建对应的服务会话接收应用服务数据。如果是流媒体服务,则将媒体数据信息交由媒体处理模块处理后在媒体播放器展现;如果是特定的通知应用,则经通知消息处理后分发给该通知应用程序使用。如果该通知应用存在交互动作,用户能够通过 HTTP 模块同服务端进行交互操作(如图 6 所示)。

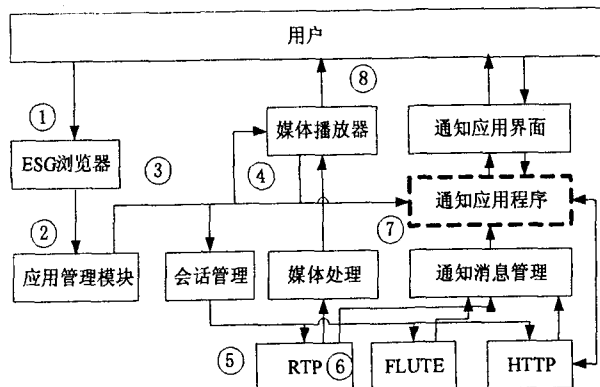


图 6 ESG 交互与应用服务启动

### 3 结束语

随着 DVB-IPDC 的推广,基于该框架的移动多媒体业务应用必将得到广泛发展。笔者在 DVB-IPDC 技术框架的基础上,提出了一个移动多媒体终端的设计与实现方案,并对实现过程中的关键问题和相关技术方法作了一定探讨,目前已经初步完成了一个

基于上述方案的原型系统。下一步的工作是在该原型系统的基础上,进一步优化业务流程处理,进行平台移植测试。

### 参考文献:

- [1] 高 鹏,李薰春,谢锦辉.移动多媒体广播技术发展综述[J].广播与电视技术,2006(3):63-65.
- [2] Kornfeld M, May G. DVB-H and IP Datacast: Broadcast to Handheld Devices[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2007, 53(1):161-170.
- [3] DVB CBMS. IP Datacast over DVB-H: Notification Framework[S]. ETSI TS102 832, 2008.
- [4] 杨 晨,王 慧,唐晓晨,等.移动多媒体广播中电子业务指南的生成与解析[J].电视技术,2007(31):37-39.
- [5] 任中方,张 华,闫明松,等.MVC 模式研究的综述[J].计算机应用研究,2004(10):1-5.
- [6] 蔡 倩,谷建华,倪红波,等.基于数字电视中间件的媒体播放器研究与实现[J].计算机应用,2007(3):737-739.
- [7] 崔 莉,王 敏,吉 逸.流媒体同步机制研究[J].计算机应用研究,2005(1):73-75.
- [8] 逢 栋,姜昌金.流媒体技术及其开发方法[J].计算机技术与发展,2006,16(2):145-147.
- [9] Leroux P, Verstraete V, de Turck F, et al. Synchronized Interactive Services for Mobile Devices over IPDC/DVB-H and UMTS[C]//in: 2007 2nd IEEE/IFIP International Workshop on Broadband Convergence Networks. Munich: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2007:1-12.
- [10] 徐小良,汪乐宇,周 泓.有限状态机的一种实现框架[J].工程设计学报,2003(10):251-255.

(上接第 196 页)

的可扩展性和灵活性。同时,节点计算机互为备用,某个节点计算机出现故障时,管理 Agent 可以迅速地将其处理的任务转移到其它节点计算机上,系统的稳定性得到很大提高。

### 3 结束语

文中结合 CAN 总线技术和分布式人工智能技术给出了测控系统的多 Agent 结构,并基于 VxWorks 实时操作系统构建了该多 Agent 测控系统。系统具有可靠性和稳定性好、智能化程度高等特点。实践证明此系统有传统的测控系统无法比拟的优点,非常适合当前日益复杂的工业现场环境的需求。

### 参考文献:

- [1] 李 薇,张凤鸣.多 Agent 技术研究与实现[J].微计算机信息,2006,22(8):292-295.

- [2] 顾佳伟.一种基于自适应复制的多 Agent 容错模型[J].计算机技术与发展,2007,17(8):141-143.
- [3] 朱志强,王建元,王 芳.基于 Agent 的核心计算机操作机制研究[J].计算机技术与发展,2007,17(7):8-11.
- [4] Princeton Satellite Systems, Inc. ObjectAgent V3.1 User's Guide[M]. Princeton, New Jersey: Princeton Satellite Systems, Inc, 2003.
- [5] 张晓光,代树武.基于多 Agent 的航天自主运行系统[J].计算机工程,2008,34(6):243-245.
- [6] Eugenio O, Klaus F. Multi-agent system: which research for which applications[J]. Robotics and Autonomous Systems, 1999, 27:91-106.
- [7] Wooldridge M J, Jennings N R. Intelligent agents: theory and practice[J]. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115-152.
- [8] 张 军.基于 vxworks 实时操作系统的串口通信程序设计与实现[J].微计算机信息,2006,22(2-2):98-99.