车用嵌入式开放系统的软构件研究*

栾鑫颖[1,2], 孙晓民[2]

(1. 湖南大学, 湖南 长沙 410082; 2. 清华大学 计算机系 智能技术与系统国家重点实验室, 北京 100084)

摘　要: 研究适应于嵌入式领域的嵌入式构件是改进嵌入式软件开发方法的重要途径。首先阐述了嵌入式软构件的概念, 对嵌入式软构件进行了深入总结分析, 结合 OSEK 规范设计了车用 OSEK 嵌入式软构件, 并提供了相应的开发支持工具。

关键词: 嵌入式软构件; OSEK; 汽车电子

中图法分类号: TP311　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1001-3695(2006)04-0057-03

Research of Software Component for Open Embedded Automotive Application

LUAN Xin-ying[1,2], SUN Xiao-min[2]

(1. *Hunan University, Changsha Hunan* 410082, *China*; 2. *State Key Laboratory of Intelligent Technology & Systems, Dept. of Computer, Tsinghua University, Beijing* 100084, *China*)

Abstract: Software for embedded system is hard to maintain, update and customize. However, Component-based software engineering would bring a number of advantages to the embedded applications. The characteristics and mechanism of embedded software component are analyzed in detail. The embedded software component based on OSEK standard for automotive and its development tools are presented and discussed.

Key words: Embedded Software Component; OSEK; Automotive Electronics

1　引言

汽车技术、信息技术与嵌入式系统的相互带动, 促进了汽车电子化和数字化技术的迅猛发展, 使汽车制造业逐渐由传统的电动机械系统向依靠大量嵌入式系统来支持其电子控制单元(Electronic Control Units, ECU)的现代模式转变。软件开发平台技术已成为汽车电子技术发展的新热点, 车用软件在整车中所占的比例也越来越高, 而软件设计与研发由于受到车载网络和硬件环境不同的影响, 导致生产效率低、开发成本大、质量也不容易保证。由此可见, 在汽车电子技术迅速发展的今天, 对于结构简单、开发周期短、可靠性高的车用嵌入式软件设计方法的研究具有重大的研究和应用价值。构件技术为我们提供了一种前沿的软件设计思想。构件是一个封装的、规范的、可重用的软件模块, 是组织系统的基本单位。构件结构提供了在分布式环境下的可交互操作性, 它实现了最大程度的代码重用, 并为软件维护和升级奠定了良好的基础, 因而, 构件技术已成为当代软件系统设计与研发的主流技术。尽管嵌入式软件具有多样化、与硬件密切相关等特性, 但面向特定领域的嵌入式软件各组成部分, 仍然有其共有特点和构成要素, 所以采用构件技术能够支持嵌入式应用系统的高效开发。

2　嵌入式软构件

嵌入式系统的特征与需求决定了嵌入式软构件与通用构件在结构、接口、功能和性能等方面有很大差异。嵌入式软构件必须能够充分刻画和适应嵌入式系统的资源有限、实时并发、硬件相关等固有特性, 增强嵌入式系统资源的可配置性和应用功能的可定制性。因此, 嵌入式软构件是实现一定嵌入式系统功能的一组封装的、规范的、可重用的、具有嵌入特性的软件单元, 是组织嵌入式系统的功能单位。嵌入特性是嵌入式软构件设计的关键, 也是与通用构件最根本的区别。

目前, 嵌入式软构件技术还不像通用构件那样成熟, 它除了具有通用构件的封装性、可重用性等特点外, 还对实时性、可靠性和针对软硬件平台的可移植性等都有较高要求。由于嵌入式的硬件相关性和领域专业性的特点, 也使嵌入式软构件的设计和实现更为复杂。但通过对嵌入式软构件技术的分析和研究, 我们得出其如下几个特性:

(1) 嵌入式系统是与硬件相关的。一个嵌入式构件可能是依赖于硬件的, 但所有硬件的依赖关系必须是可配置的, 只有这样, 当修改配置后, 这个模块仍然可以使用。

(2) 嵌入式应用领域相当广泛, 每个领域的需求都千差万别。一种统一构件模型是不适用的, 只有针对具体应用领域才能充分实现构件特性。

(3) 由于嵌入式平台的多样性, 二进制的嵌入式构件技术是不适用的。由于内存等资源的局限和嵌入式系统高效性的特点, 实现构件的动态加载也是不可取的。

(4) 嵌入式系统从单节点发展到网络化, 正进一步贴近现实世界, 与人类的交互更频繁、更复杂, 因此, 对可靠性和安全性均有很高的要求。一旦代码使用不当, 将有可能导致整个系统的崩溃。嵌入式构件是嵌入式软件系统的基本组成单位, 这就要求嵌入式构件有高可靠性, 为整个系统安全运行提供保证。

(5) 由于嵌入式系统中使用的处理器有很多种型号, 而且

收稿日期: 2005-02-03; 修返日期: 2005-04-22

基金项目: 国家“十五”、“863”计划电动汽车重大专项课题(2003AA501111)

操作系统也种类繁多,这些操作系统没有遵循一致的规范。由于嵌入式系统硬件和操作系统的多样性,所以嵌入式构件的可移植性是一个很重要的方面。

基于上述几点特性,本文设计并简单实现了符合 OSEK 规范的车用嵌入式开放系统的软构件。

3 车用嵌入式开放系统的 OSEK 软构件

3.1 OSEK系统简介

为了应付日趋激烈的国际市场竞争势态,设计技术共享、软件重用、构件兼容、维护方便和合作生产是增强行业性产品竞争能力的有效手段。近几年,一些地区和国家的若干行业协会纷纷制定嵌入式产品标准,特别是软件编程接口 API 规范。欧共体汽车产业联盟规定以OSEK(德文: Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug,汽车电子开放式系统及其接口) 规范作为开发汽车嵌入式开放系统的公用平台和应用编程接口。OSEK 规范建立了统一的嵌入式操作系统规范、统一的系统 API 和系统配置方法,这些都为应用程序的可重用性和基于硬件平台的可移植性提供了良好的构架基础。目前 OSEK 规范已经在汽车和航天领域广泛应用,并且 OSEK OS 2.2、OSEK COM 2.3、OSEK NM 2.3 和 OIL 2.3 已经提交 ISO 审议(ISO17356) ,即将成为一个国际标准。

OSEK 系统包含 OSEK OS(OSEK Operating System, OSEK 操作系统) 、OSEK COM(OSEK Communication, OSEK 通信) 和 OSEK NM(OSEK Net Management, OSEK 网络管理) 三部分。OSEK OS 实现了一个小型的多任务实时操作系统及其提供的服务和相应处理机制; OSEK COM 实现了车载网络系统的任务之间包括同一电控单元的任务之间以及不同 ECU 的任务之间的通信机制及相应接口; OSEK NM 实现了车载网络节点的监控管理机制及相应接口。OSEK 系统的三个模块相互依赖、协同工作,但 OSEK COM 和 OSEK NM 也可以独立于 OSEK OS 单独运行,也都提供了 API 供上层应用软件调用。从整体结构看,整个 OSEK 系统是一个模块化强、配置性好的底层组件系统,这为上层构件的建立提供了良好的结构化支持和底层运行环境。

3.2 OSEK嵌入式软构件

OSEK 构件是针对 OSEK 系统应用开发的、主要定位在汽车电子领域的嵌入式软构件。它除了具备其他构件特点外,还具备了以下特点:

(1) 轻量级。构件不涉及不需要的功能,与 OSEK 系统一起编译运行。

(2) 可重用性好。构件粒度适当,易于组合。

(3) 配置性好。完全封装内部实现的同时,向构件使用者(上层应用或其他构件) 提供良好的配置接口。

(4) 可移植性好。跨硬件、嵌入式操作系统平台。

图 1 是 OSEK 嵌入式软构件模型和基于这种嵌入式构件的应用系统的体系结构示意图。本文将从以下几方面详细介绍 OSEK 嵌入式软构件。

3.2.1 构件模型

在构件模型中包含了接口和构件的思想。接口确定了构件和调用者的交互规则,构件则是具体应用的实现者。构件只通过接口与构件外部环境通信,构件之间可以通过接口连接构成新的构件。

OSEK 系统是一个可配置性强的系统,为了适应并加强这种配置性, OSEK 构件接口分为用来实现调用的接口和用来实现配置的接口。调用接口是构件功能集合,配置接口是系统参数。构件只是通过接口与外界交互,其中调用接口要保持相对稳定,只要调用接口不变,构件内部实现的改变就不影响调用构件的原有方式;而配制接口则表现出了构件的多态性,可以通过配置接口来灵活配置构件属性,使其最大限度地达到可配置性。为了保证调用接口的相对稳定,配置接口与调用接口应充分解耦,即通过配置接口配置的构件属性不会引起调用接口的改变。调用接口又分为两种类型: 入接口所在的构件已经实现了此接口的功能,可以向构件外部提供服务; 出接口所在的构件没有实现此接口的功能,构件需要向外部请求此接口的实现。从某种意义上,配置接口也可以看作是特殊的出接口。构件接口设计实现了构件良好的封装性和重用性,并且不受构件实现语言的限制。

综合考虑 OSEK 系统结构和构件粒度等相关因素, OSEK 构件原则上分为硬件相关构件、应用构件和基础构件。OSEK OS 通过向上层应用提供标准 API 和 OIL 配置语言,实现了很好的移植性,它有效分离了底层硬件平台和上层应用平台。这样,与硬件平台相关的功能,如设备驱动、底层通信协议的解析等,由硬件相关构件实现。硬件相关构件为其他构件提供底层支持,是构件重用的基石,可以更换局部硬件相关构件,而其他构件保持不变,整个系统仍能正常运行。应用构件在硬件相关构件和 OSEK 系统的支持下完成某个具体应用服务。基础构件是所有构件的运行基础,为构件运行提供辅助服务,它管理构件生命周期、构件公用资源和构件间简单的通信。基础构件避免了构件资源重用。这样的构件设计充分考虑了构件粒度和跨平台等性能要求,三种 OSEK 构件根据具体应用有机组合,可以使具体应用通过简单配置或更换个别构件达到跨硬件平台和操作系统平台的目的,有效地实现了构件的可移植性和良好的重用性。

为了适应车载分布式网络系统, OSEK 构件间必须有良好的通信机制。OSEK 构件制定了三种不同形式的通信模式: ①简单信号传递可由基础构件的公用资源来完成,如设置统一管理的共享变量等。但这种方式不宜于构件的重用,传递的信息也比较简单,仅适用于关系比较紧密的构件间通信。②在分布式网络上的同一节点的构件通信通过 OSEK COM 的交互层实现,这是构件通信的主要途径。OSEK COM 的交互层可以看作是一条软总线,是一组通用的、标准的集成构件的接口界面,为构件提供了一条虚拟的数据传输线。传输的数据也只在数据的发送方与接收方之间存在,而不是在整个网络上广播。③不同节点上的构件通信可以由 OSEK COM 的外部通信机制实现,交互层要将一个或几个消息填充至指定的交互协议数据单元(I-PDU) ,然后传递给下层,进一步将消息通过总线网络传递到外部构件。

构件、构件接口和构件间通信从构件的实现、构件的表现形式与构件间互操作三方面描述了构件模型,是构件模型基本的重要组成元素。

3.2.2 构件运行环境

如图 1 所示,构件依赖 OSEK OS 实现构件实时性和资源管理能力,并提供所需应用的功能和封装。OSEK OS 作为系统管理的底层支持,通过占先式调度策略、提供警报机制和优化系统运行机制以提高中断响应速度等手段满足了构件的实

时需求。OSEK 构件通过 OSEK OS 标准 API 与其交互,可以在基于 OSEK 规范的任何 RTOS 上运行,可移植性强。构件依赖 OSEK NM,实现本节点和网络上其他节点构件的运行状态收集和反馈,便于隔离系统内运行错误的构件,增强系统的可靠性和动态可配置性。OSEK 构件运行时管理通过在构件中设置状态管理器实现,状态管理器提供系统支持的算法来调节网络,要求 OSEK NM 获取所需的构件状态并决定或者采取措施或者提供返回信息给构件。

3.2.3　构件管理库

OSEK 构件管理库是在分析、设计、执行阶段存储、取回构件。它也是构件配置的主要场所,是嵌入式构件开发重要的共享资源,是基于嵌入软构件技术的嵌入式开发方法的核心。OSEK 构件库存储的两个基本元素是构件描述和构件实体。构件描述清晰明确地告诉用户构件提供的功能、接口和上下文依赖;构件实体是实现构件功能的载体,用户不必知道它是如何实现的,只是在配置时导出构件库进行链接。为了使构件能够独立使用、易于集成,构件的描述与实体应尽可能明确地分开;把构件描述和构件实体分开的另一个原因是考虑到同一个构件描述可以用不同的程序设计语言来实现。构件描述包含构件接口和构件组合规则等所有与构件有关的信息。

构件配置就是根据应用环境的需要,通过对参数的改变使构件表现出个性化的灵活性。OSEK 构件的配置是由构件库通过配置接口来完成,OSEK 构件配置的内容分为两部分: ①对功能参数的配置,这将影响此构件的行为方式,也将影响构件所依赖的硬件资源开销,如数据传输方式等; ②结合用户所使用的硬件需求配置构件的硬件特性,如所使用的任务堆栈大小等。OSEK 构件的配置不仅仅是构件自身的配置,还包括与构件相关的运行环境的配置,如 OSEK OS 对象、OSEK COM 对象、OSEK NM 对象等,所以配置方式分为两种: ①通过 OSEK OIL 语言来配置构件相关的 OSEK 对象,然后通过转换器将其翻译成系统代码; ②通过宏定义和特定数据结构通过构件开发工具实现构件自身的参数配置。

图 2 详细说明了 THECUIDE(清华车用集成开发环境)工具支持下的 OSEK 构件的开发过程。其核心就是构件管理库,通过构件描述器创建构件描述后,构件管理库通过构件描述记录构件所有信息,并提取相关信息自动生成构件接口定义文件和一部分构件配置文件。另一部分配置文件则由 OSEK 集成开发工具中的图形界面 OIL Configurator 工具配置构件中的 OSEK 系统对象,并自动生成系统代码。OSEK 集成开发工具提供构件模板,方便用户对 OSEK 构件的开发和调试。构件通过调试后发布构件,存入构件库。

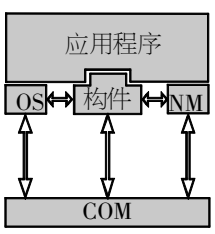

图 1　OSEK 构件应用系统结构示意图

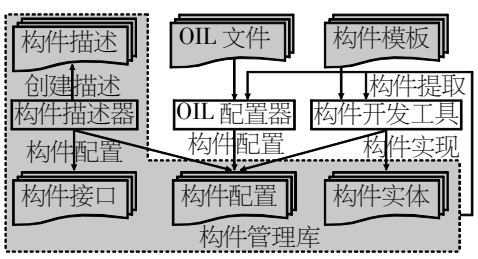

图 2　构件开发流程图

4　应用实例

OSEK 嵌入式构件目前可以在车载网络和车身部件的软件控制上有广泛应用。图 3 示例了 OSEK 构件在车载分布式网络通信中的具体应用。整个通信系统分为三层,分别是应用层、OSEK COM 交互层和网络底层。应用层中应用构件是基于消息传递的事件驱动构件,它负责上层复杂、抽象应用的实现,如发动机或车载控制网络系统。网络上相同节点的构件内和构件间通信通过 OSEK COM 交互层的数据通信机制实现。除此之外,交互层还负责外部通信数据打包发送和网络、本地传送地址的转换工作。联网节点之间的通信则要通过交互层的 I-PDU 通信机制传向网络的最底层,网络底层由硬件相关构件实现。根据车上具体应用网络的不同,底层构件分为 CAN 通信、LIN 通信、J1850 通信等构件。具体的通信构件又分为网络层、数据链路层等。基于具体的通信协议,具体的通信构件实现网络层消息的分段、重组和应答,并为具有不同级别性能特征的节点间的互连提供流量控制(如高速和慢速节点的协调),还实现数据链路层的无应答确认的独立数据包(帧)传送服务和物理硬件的驱动工作。这些协议和硬件相关的底层构件处理因具体通信网络不同而导致的数据通信协议、数据格式和总线系统的差异。整个系统的各层之间有标准的 API 和构件接口连接。

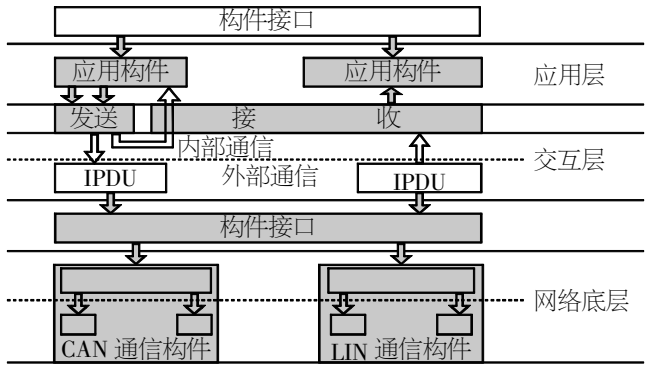

图 3　OSEK 构件应用实例

5　结束语

嵌入式构件是一种前沿的软件设计方法,对整个软件行业的发展有着至关重要的推动作用。随着国内汽车电子市场的竞争日益激烈和 OSEK 软件产品的广泛应用,设计面向汽车电子领域的、遵循 OSEK 规范的行业性嵌入软构件有利于在车用软件产业中形成嵌入式系统开发的规模效益,具有提高系统质量、缩短开发时间、降低开发费用等优势。

参考文献:

[1]　he OSEK/VDX Group. OSEK/VDX Operating System, version 2.2 [EB/OL]. http://www.osek-vdx.org, 2001-09-10/2002-10-15.

[2]　The OSEK/VDX Group. OSEK/VDX Communication, version 3.0.3 [EB/OL]. http://www.osek-vdx.org, 2004-07-20/2004-10-15.

[3]　The OSEK/VDX Group. OSEK/VDX Network Management, version 2.5.3 [EB/OL]. http://www.osek-vdx.org, 2004-07-25/2004-10-15.

[4]　於志文,周兴社,李志刚,等. 基于嵌入软构件的开发技术研究[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(4): 12-14.

[5]　熊光泽,古幼鹏,桑楠. 嵌入式应用软件设计方法学研究综述[J]. 计算机应用, 2004, 24(4): 1-4.

[6]　Muller P O, Stich C, Zeidler C. Component Technology for Embedded Systems[C]. Warsaw: Euromicro Conference, 2001. 64-71.

[7]　Trutmann H O. On Component Reuse in Embedded Systems[C]. Bled, Slovenia: Industrial Electronics, ISIE '99, Proceedings of the IEEE, International Symposium, 1999. 59-64.

作者简介:

栾鑫颖(1980-),男,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式计算机系统和软件工程;孙晓民(1963-),男,副教授,主要研究方向为嵌入式计算机系统、汽车电子和智能控制的应用技术。