

一个传感器网络结点 EOS 的设计与实现

苏威积¹ 张文波^{1,2} 徐 野¹ 赵 海¹

(东北大学信息科学与工程学院 嵌入式技术实验室 辽宁省重点实验室 沈阳 110004)¹

(沈阳工业学院信息科学与工程分院 沈阳 110168)²

摘要 近年来,嵌入式技术和无线网络的发展给无线传感器网络的实现提供了可能性。然而,传感器网络的结点是基于嵌入式设备的计算机系统,该系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求。因此,设计一种针对无线传感器网络结点的通用操作系统内核是当今该领域亟待解决的问题。本文首先分析了传感器网络结点任务的特殊性和多样性,在此基础上提出了一种针对传感器网络结点的通用实时嵌入式操作系统(SNNEOS),阐述了该操作系统的系统构架、内核中断的管理和通信子系统的实现方式,论述了传感器网络结点操作系统关键问题。

关键词 传感器网络,嵌入式技术,操作系统,实时

The Design and Realization of Senor Networks Node EOS

SU Wei-Ji¹ ZHANG Wen-Bo^{1,2} XU Ye¹ ZHAO Hai¹

(Embedded Technology Lab, Key Lab School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)¹

(School of Information Science & Engineering, Shenyang Institute of Technology, Shenyang 110168)²

Abstract In the recent year, development of embedded technology and wireless networks provides probability to realization of sensor networks. The nodes of sensor networks is a computer system based on embedded devices whose request is strict with function, reliability, cost, volume, power. So to design a kind of kernel of operating system aiming at sensor networks node is an urgent problem in the field. In this paper, particularity and diversity of tasks of sensor networks node was analyzed at first, and then a common real-time operating system kernel of sensor networks node (SNNEOS) was put forward. At last, its some key problems such as its structure, its management of kernel interrupt and its communications subsystem were discussed.

Keywords Sensor networks, Embedded technology, Operating system, Real-time

1 引言

麻省理工学院的《技术评论》杂志(Technology Review)评出的对人类未来生活产生深远影响的十大新兴技术^[1]中,无线传感器网络位于这十种新技术之首^[2,3]。

传感器网络又称为无线传感器网络,作为一种具有传感能力的无线网络,它综合了传感器技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和无线通信技术,能够协作地实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息,并对这些数据进行处理,获得详尽而准确的信息,传送到需要这些信息的用户。

传感器网络是一种由大量传感器结点以自组网络方式构成的无线网络,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖地理区域中感知对象的信息^[4,5],并对这些数据进行处理后传送到需要这些信息的用户。网络一般由数百个甚至上千个传感器结点(Sensor Node)组成,传感器结点收集数据,对数据实行在网计算(Computing in net)或融合(Data fusion)后,传输给用户结点进行再处理^[6,8]。

传感器网络结点是嵌入式设备,具有多任务处理能力,因此设计传感器网络结点操作系统是必不可少的。作为嵌入式设备的传感器网络结点,它是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、功耗严格要求的专用计算机系统。它主要由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及专用应用软件等部分组成。近年来,有很多关于移动性方面问题的研究,尤其是嵌入式技术和无线网络的发展,给无线传感器网络的实现提供了可能

性。然而,由于传感器网络功能的复杂性、应用的特殊性,应用于网络结点上的操作系统仍然是一个急待解决的问题。

2 传感器网络结点任务的特点及分类

传感器网络结点的主要工作是感知、采集、处理和传递其周围网络覆盖的地理区域中感知对象的信息^[4,5]。传感器网络结点具有以下特点:

(1)能源有限。传感器网络结点以蓄电池为供电单元,并且在野外作业,更换蓄电池和对蓄电池充电实际上存在困难,因此必须以节约能耗为前提。

(2)计算能力有限。传感器网络结点的计算单元是嵌入式芯片,其计算能力较通用计算机相差很远。

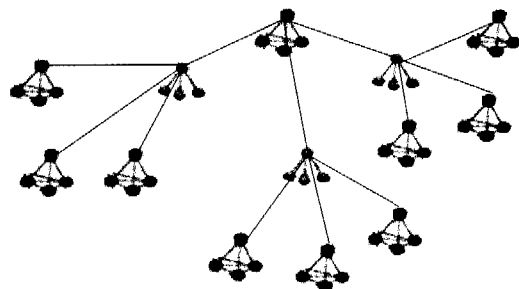


图1 传感器网络的拓扑结构

(3)计算任务的多样性。对不同传感器终端的响应优先级不同、对异质信息的融合、对上级结点命令事件的响应、对融合后的信息的传输等等,构成了传感器网络结点计算任务的多样性。

(4)任务调度的复杂性。传感器结点处理的任务既包括实时任务,又包括非实时任务。

传感器网络结点处理的任务按其响应的要求,分为实时任务和非实时任务。通常,感知、采集任务和向上级结点命令的响应属于实时任务,而对采集来的信息进行融合处理与传递属于非实时任务。

因此决定了无线传感器网络结点的操作系统是实时的多任务操作系统。

3 传感器结点操作系统 SNNEOS

3.1 传感器网络结点操作系统体系结构

传感器网络结点操作系统 SNNEOS(Sensor Node Embedded Operating System),是被动地响应外界发生的各种事件,而不是主动地去“查询”,其目的是缩短处理器时间,节省能源消耗。SNNEOS采用事件驱动编程的方法,提高了运行效率,降低了事件处理之间的耦合,使程序流程更加清晰,从而大大提高开发效率。

SNNEOS系统对外部事件的响应是通过中断来处理的,其中断的处理方式,直接影响到系统的实时性能。

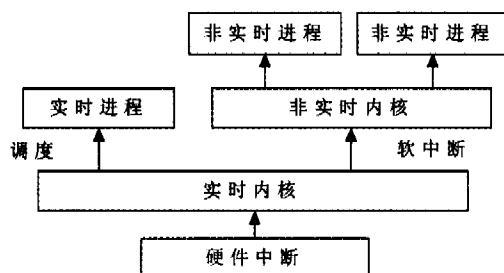


图2 SNNEOS系统结构

SNNEOS有两种中断:硬中断和软中断。软中断是内核中断,它的优点在于可无限地使用内核系统调用。硬中断是对外部事件响应的中断。SNNEOS通过一个高效的、可抢先的实时调度核心来全面接管中断。借鉴 RTLinux 的思想,SNNEOS 并把非实时内核作为其实时内核的一个优先级最低的进程运行。当有实时任务需要处理时,SNNEOS 运行实时任务;无实时任务时,SNNEOS 运行非实时进程。其系统结构见图2。

实践表明,这种方法的优势在于实时和非实时线程的分离。从而,关键的实时任务会在固定的 RTOS 环境下运行,不受普通 SNNEOS 内核的影响。

3.2 内核的中断管理模式

为了方便对中断的处理,SNNEOS 系统内核集中管理中断的处理函数,提供统一的系统调用接口。系统的实时内核中断与非实时内核中断分别采用两种不同处理模式。

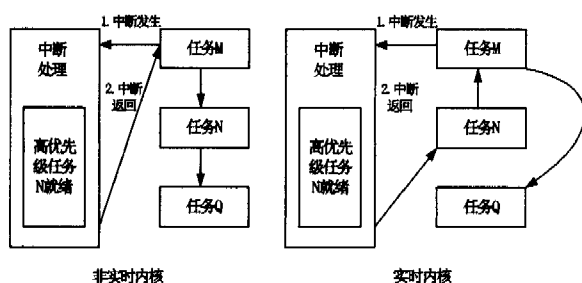


图3 非实时内核中断和实时内核中断的处理模式

在非实时内核中断处理模式中,当在中断处理过程中有高优先级任务就绪时,不会立即切换到高优先级的任务,必须等待此中断处理完成后返回到被中断的任务中,等待被中断的任务执行完后,再切换到高优先级任务。在实时内核中断处理模式中,如果有高优先级任务就绪时,则立刻切换到高优先级的任务。如图3。

3.3 通信子系统的实现方式

SNNEOS 通信协议栈处理模式采用分层处理模式,包括物理层、链路层、网络层、传输层。

链路层采用 802.11b 协议,网络层和传输层采用 TCP/IP 协议。SNNEOS 通信子系统的协议栈每一层是一个单独进程,链路层是一个进程,IP 层是一个进程,TCP 层是一个进程。这样的好处是网络协议的每一层都非常清晰,代码的调试和理解都非常容易。

但是这样的解决方式也有一定的不足之处,即数据跨层传递时会引起上下文切换(context switch)。对于接收一个 TCP 报文,要引起 3 次上下文切换:从网卡驱动程序到链路层进程,从链路层进程到 IP 层进程,从 IP 层进程到 TCP 进程。对于 SNNEOS 操作系统来说,任务切换不但浪费了一定的 CPU 处理时间,过频的上下文切换还增加了能量的消耗。

结论 本文主要是通过对传感器网络任务的特点和分类进行分析。通过对 SNNEOS 的系统结构、中断处理方式、通信子系统的实现方式的描述,系统地阐述了 SNNEOS 设计和实现的基本思想。

SNNEOS 采用的事件驱动方式响应外界请求,避免了处理器轮循,节省了能源消耗,满足了传感器网络资源有限要求。我们通过实时内核与非实时内核的方式,将实时任务与非实时任务分离,从而使 SNNEOS 能对关键的实时任务进行及时响应,在完成中断响应后,再通过调入非实时内核对常规任务进行处理。这有效地解决了传感器网络对感知、采集对象信息等实时任务的要求与融合信息、传输融合结果之间对处理器争夺的矛盾。通信子系统中采用分层处理方式,每一层单独创建一个进程,使 SNNEOS 的实现更加地清晰和容易。

随着传感器结点处理能力的增强和传感器网络的多样化应用,SNNEOS 定会在今后的传感器结点操作系统的设计起到积极的影响,但 SNNEOS 自身不足之处也需要不断完善。

参考文献

- 1 任丰原,黄海宁,林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报,2003,14(7):1282~1290
- 2 李建中,李金宝,石胜飞. 传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J]. 软件学报,2003,14(10):1717~1727
- 3 Ten emerging technologies that will change the world. Technology Review,2003,106(1):22~49. <http://www.techreview.com/articles/emerging0203.asp>
- 4 Krishnan K R, Neidhardt A L, Erramilli A. Scaling Analysis in Traffic Management of Self-similar Processes[A]. In: Proceedings of ITC-15[C],1997,2:1087~1096
- 5 Yao Y, Gehrke J. The cougar approach to in-network query processing in sensor networks[J]. SIGMOD Record,2002,31(3):918
- 6 Elson J. Time synchronization services for wireless sensor networks[A]. In: Kumar Ved. Proceedings of the 15th International Parallel & Distributed Processing Symposium[C]. Los Alamitos: IEEE Computer Press,2001. 1965~1970
- 7 Madden S R, Szewczyk R, Franklin M J, et al. Supporting aggregate queries over ad-hoc wireless sensor networks[A]. In: Kindberg Ted. Proceedings of the Workshop on Mobile Computing and Systems Applications[C]. Los Alamitos: IEEE Computer Press,2002. 49~58
- 8 Sinha P, Sivakumar R, Bharghavan V. MCEDAR: Multicast Core Extraction Distributed Ad-Hoc Routing[A]. The Wireless Communications and Networking Conference[C], New Orleans, LA, September 1999