

# 传感器网络及其操作系统

李丽娜\* 廖明宏\*\*

**摘 要** 介绍传感器网络的特点、网络配置和操作系统等几方面内容,指出存在主要问题,以便更好地开展相关研究工作。

**关键词** 传感器网络 网络配置 操作系统

## Sensor Network and Its Operating System

Li Lina Liao Minghong

**Abstract** The characters, networks deployment and operating system are introduced in this paper, and some main problems are also presented, which can help to do further research work in sensor networks.

**Keyword** Sensor Network Network Deployment Operating System

微电子机械技术的进步促进了小尺寸、低能源设备的发展。这些设备将可重编程的计算机与无线通讯技术相结合,形成了嵌入的分布式计算。移动无线智能机器人、电器网络和传感器网络都属于这方面的应用<sup>[1]</sup>。其中,传感器网络(Sensor Network)备受关注。

传感器网络是由形体小、代价低的传感器节点组成的网络,其中的每一个传感器节点集成了传感器、无线收发装置、少量存储器和微处理器,具有通信、感应和数据处理能力,负责搜集和发布环境数据信息,节点之间使用无线通信,传感器网络的最终目标是通过大量底层的片上传感器之间的协作来搜索数据以获得有关周边环境的信息,并在此基础上做出决策。可以用在行军作战、环境气候研究、人体健康情况监控和未来信息家电等应用中<sup>[2][3]</sup>,可以说传感器网络将来会遍布于我们生活的角角落落,故而,有人称之为图钉计算(Pushpin Computing)<sup>[4]</sup>。从这个意义上说,传感器网络是同属于普式计算和嵌入式分布计算范畴。

从功能上看,传感器网络的大致工作过程如下<sup>[4]</sup>:在最底层,单个传感器节点从片上的多个不同的感应器上收集数据,收到的数据可能会在本地节点,也可能根据网络的自动配置方式传到一个预先配置的节点上进行简单的处理之后产生一个事件(event),然后这些中间结果在更高一层的处理中心进行集成/整合,从而用户得到他所需的知识以便于决策。由于节点发射信号范围小,数据信息在节点之间的传输是通过中间节点的转发来完成的。

### 1 传感器网络的特点

传感器网络一方面具有无线网络的特点,另一方面具有自己的特点。为了便于后面的分析,在此给出传感器网络和传统网络(不仅限于无线网络)相比的特点:

(1) 资源有限。主要表现在节点通讯网络带宽窄、各节

点处理能力低、存储空间小、电源持续时间短等方面。由于在传感器网络中使用无线技术进行通信,使其通讯带宽有限。此外,出于代价方面的考虑,每一个节点不能使用高处理能力的微处理器,存储空间也不能太大,最后,节点电源也非常有限。因此,工作在传感器网络之上的路由算法、数据处理和其它软件在设计时应尽量使能源消耗最少。

(2) 工作条件恶劣。传感器网络一般都要密集散布于所要观察的目标周围,如战场、鸟类栖息区等<sup>[6]</sup>。在散发过程中可以通过飞机空投、大炮发射或少量人工配制。这些情况导致节点随时都会有被损坏的可能,或者是人为的,或者是自然损坏。这些环境的不可靠导致了不可靠的网络连接,增加了数据出错的可能性。因此这就要求系统具有鲁棒性,错误诊断和容错功能。

(3) 高度自主性。传感器节点在散布之后就处于无人干预的状态。在初始化时,系统需要按着预定的算法形成预期的拓扑结构(如等级式拓扑),此后节点之间定期或不定期地交换信息,当一些节点被破坏或有新的节点加入时,系统应能重新配置。这就要求系统无论在初始化、工作中还是重新分布后都能够在无人干预的情况下完成自组织、自动配置和重新配置过程,具有高度的自主性。

(4) 以数据为中心(Data-centric)。在传感器网络中,单个传感器节点已经失去了它自己的个体特征,数据比搜索数据的传感器节点的位置更为重要。用户只对数据信息感兴趣,而不会太关心数据从哪个节点来的。以数据为中心的抽象方法要求对数据进行命名,使用名字而不是网络地址进行访问数据<sup>[7]</sup>。

此外,传感器网络还具有节点量大、产生的数据多、传感器类型多样等特点。这些特点对系统也会产生很大的影响,如传感器使用无线通讯将一位数据发送 100 米远,相当于执行 3000 个指令所消耗的能源<sup>[9]</sup>,这就需要在通讯和计

基金项目:哈尔滨工业大学校基金(HIT2002.74)

收稿日期:2005-06-10

\* 李丽娜 哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院硕士研究生(哈尔滨 150001),研究方向:无线传感器网络。

\*\* 廖明宏 哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院博士、教授、博士生导师,研究方向:新型操作系统,实时与嵌入式计算,对等计算。

算之间作个折衷,网络应该负责对数据进行过滤或者整合,从而减少不必要的数据传输。从上面分析来看,这些特点对工作在传感器网络中的操作系统的设计提出了新的挑战。

## 2 传感器网络配置

网络的配置与具体应用有关,因此,不同的应用可能导致截然不同的网络拓扑。下面就传感器网络配置进行简单的分类。根据系统的大小、传感器的数量、传感器到有线设施的距离和传感器节点的分布可以将传感器网络分为以下几种<sup>[1]</sup>。

(1)无路由系统 (No-propagating systems):在这种系统中,传感器节点不负责路由功能,传感器节点和有线设施距离很近 (One Hop),而这些有线设施才是主要的连接单元。传感器发现数据并报告给有线设施,由它们来完成路由功能。节点一般由人工放置,如图 (a)所示。

(2)确定路由系统 (Deterministic routing systems):在这种系统中,无线和有线设施都进行路由。传感器节点通过中间的一些节点将信息路由到有线设施中,这种路由是确定的,并且可手工配置。如在家庭网络系统中,传感器节点处于预定位置,通过预先定义的路由进行路由信息。如图 1 (b)所示。

(3)自组织系统 (Self-configurable system) 这种系统中个别节点和有线设施连接,其他节点都需要自组织形成网络拓扑,自己负责路由信息,在其生命周期中可能需要重新组织,如图 2 所示。图中的特殊节点就是用来搜集温度、图像等数据的节点,路由节点负责路由或数据分发。Sink 节点是用来和外界网络相联的节点,它比一般的节点具有更多的存储和处理能力。在一些应用中,也可以把这些节点同等对待<sup>[5,12,13]</sup>。

本文只讨论第三类传感器网络。由于这类传感器无人看管,因此一般每个节点可能要经过配置、触发、本地组织、全局组织和重新组织阶段<sup>[3,11]</sup>。在配置阶段,节点通过某种方式放置到目的地,然后每个节点都需要根据外界环境信息 (如光照)或触发事件 (如配置车发出信号)隐含地或明确地激活自身。激活之后,每个节点应当进行一些检查,察看自身是否状态良好,本次激活是否正确等等。在节点可以正常工作之后,每个节点发出信号告诉邻居自己的存在。进行邻居发现并更新邻居信息。根据应用的要求和网络的特点,分布于某一区域的节点之间可能要按照预先选择的组簇 (Cluster)算法组织成簇,这就是本地化组织阶段。最后的阶段就是建立一个全局通讯网络。最基本的要求是要为每个节点都能提供到能将数据上传给外部系统的路由。当网络创建完毕之后,初始化过程就结束了,传感器网络应用程序就可以开始工作,底层网络协议转变成网络维护状态,在探测到错误时网络可能要重新组织。

## 3 传感器网络操作系统

传感器操作系统是传感器网络中的关键技术,是管理

和操作设备的系统软件支持。这种操作系统依然扮演着传

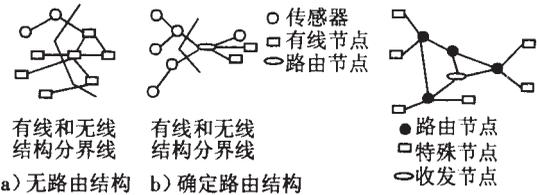


图 1 无路由结构和确定路由结构

图 2 自组织结构: 负责管理系统中的软硬资源,为用户提供应用开发和运行的平台。我们认为,传感器网络操作系统具有嵌入式操作系统的特点,此外它是与特定应用相关的操作系统,其运行环境及处理问题出发点的特殊性给操作系统的设计和开发提出不同的要求。尽管传感器网络也在嵌入式操作系统如 QNX 和 VxWorks 主要是面向嵌入式 PC,其内核代码所占空间远超过传感器网络所能提供的空间。另一方面,虽然也有一些非常小的嵌入式操作系统如 pOSEK,但是这些操作系统主要是用于控制 (控制对硬件资源的访问),而不是以数据流为中心 (Dataflow-centric)。

### 3.1 若干典型操作系统

TinyOS<sup>[8]</sup>采用了组件结构,它是一个基于事件的系统,其设计的主要目标是代码量少、耗能量少、并发性高、鲁棒性好,可以适应不同的应用。完整的系统由一个调度器和一些组件组成。组件由下向上可分为硬件抽象组件、综合硬件组件和高层软件组件,高层组件向底层组件发出命令,底层组件向高层组件报告事件。调度器具有两层结构,第一层维护着命令和事件,它主要是在硬件中断发生时对组件的状态进行处理,第二层维护着任务 (负责各种计算),只有当组件状态维护工作完成后,任务才能被调度。TinyOS 的组件层次结构就如同一个网络协议栈,底层的组件负责接收和发送最原始的数据位,而高层的组件对这些位数据进行编码、解码,更高层的组件则负责数据打包、路由和传输数据。

MagnetOS<sup>[10]</sup>采用了与 TinyOS 完全不同的方法。该系统主要是为了解决自主网络中的能源管理和应用程序透明地适应外界变化问题的。为此,MagnetOS 通过实现一个虚拟机为用户提供单一系统映像,将应用程序透明地分割成组件,动态地找到组件的最佳放置节点。来减少能量消耗,增加系统的寿命。

Berth[14]是一个传感器网络操作系统。该操作系统是基于 Cygnal 8051-core 处理器设计。系统包括进程片断管理子系统、公告板子系统、邻居察看子系统和网络子系统,并且在系统之上提出了一个基于移动代理框架的编程模型,进程片断就是一个移动代理,它是用公告板系统和其它代理通信,通过邻居察看完成不同设备之间的通信。系统为程序片断提供了控制自己执行和从向公告板读取发布信息的系统调用。

### 3.2 主要研究问题

从以上对传感器网络的分析和对现有的传感器网络操

(下转第 11 页)

```
XLApp.Caption := '教学信息汇总表' //定义 Excel 标题栏
end;
Screen.Cursor := crDefault;
VarClear( XLApp ) //清空 XLApp 变量
end;
```

### 3 结束语

利用 ADO 技术结合 Access 数据库,采用本文所述方法,可以在 delphi 环境下快速方便的开发小型数据库应用

(上接第 8 页)

作系统的研究我们可以看出,传感器网络操作系统需要研究以下一些问题(不仅限于这些):

(1)资源管理。在传感器网络中,资源管理的最重要部分是电源管理。此外,网络带宽、存储和处理资源都非常有限。为了提高系统的寿命,需要研究如何合理地操作才能最大限度地利用数量不多的电源。存储资源的有限,需要操作系统尽可能地小。

(2)体系结构。由于环境的变化,传统操作系统的体系结构或许不能很好地适合传感器网络。因此应当研究什么样的体系结构才能更好地适合传感器网络。TinyOS 将每个节点看成一个系统,节点之间通过通信在一定程度上进行合作,这种结构类似于 P2P 系统,各节点基本上自立为政。MagentOS 将整个网络看作一个大的系统,为程序员提供单一系统映像,程序的组件可以自动地迁移,无需人工干预。尽管体系结构可以有多种,但是一定要能够在有限的资源之上满足可扩展性和适应性。

(3)网络协议。网络协议在传统网络中是个研究重点,在传感器网络中依然是个重点。在传感器网络中的网络协议需要考虑资源的短缺、无线通信的特点。如传统网络中的冲突检测不适合传感器网络中的无线通讯,而基于 IP 的协议不能很好地用于以数据为中心的传感器网络中。

(4)路由算法。传感器网络是一种 ad hoc 网络,已经有很多 ad hoc 路由算法,这类路由算法不适用于传感器网络,路由算法是由操作系统还是由应用程序实现也是一个可选择的问题。用程序来完成更加灵活,更符合实际应用,但是操作系统也可以以组件的方式来提供多种路由算法供程序选用。

尽管随着传感器网络研究的深入,会出现一些新的体系结构和编程模式,但是每一个新的类别都沿着其祖辈的发展模式。

### 4 结束语

传感器网络涉及到微电子、无线通信、嵌入式技术、信息处理和决策支持等多种领域的学科,传感器网络的研究正在受到越来越多学者的关注。从传感器网络的基本概念、网络配置及其操作系统的介绍出发,指出目前传感器网络存在的主要问题,对传感器网络的研究将会有一定的指导

系统。该方法使得开发人员可以更多的关注界面设计,只要编写少量代码,即可实现基本的应用功能。

### 参 考 文 献

- 1 Marco Cantu. Delphi5 从入门到精通 [M]. 北京:电子工业出版社,2000.403-404.
- 2 把 DBGrid 导出到 Excel 表格 支持多 Sheet [EB/OL]. [http://www.delphifans.com/infoView/Article\\_74.html](http://www.delphifans.com/infoView/Article_74.html) 2004-10-29.

### 参 考 文 献

- 1 C.Jaikao et al. Management of Embedded Distributed Computing. In Proceedings of The 11th IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management (DSOM 2000), Austin, Texas, USA, December 2000.
- 2 I.F.Akyildiz, et al. Wireless sensor networks: a survey. Computer Networks, Vol. 38 (2002), No. 4, pp 395-398.
- 3 Craig Ulmer, et al. Wireless Distributed Sensor Networks for In-Situ Exploration of Mars. Work in progress for NASA Technical Report.
- 4 Hairong Ai, et al. Distributed Sensor Networks - A Review of Recent Research. Journal of the Frankon Institute 338 (2001), pp 656
- 5 D.Estrin, R.Govindan, J.Heidemann and S.Kumar, "Next century challenges Scalable coordination in sensor networks", Proc. ACM/IEEE international Conference on Mobile Computing and Networks, 1999.
- 6 A.Mainwaring, J.Polastre, R.Szewczyk, D.Culler, and J.Ander-son, Wireless sensor networks for habitat monitoring., ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, WSNA '02 (Atlanta, GA), September 2002.
- 7 John Heidemann, Fabio Silva, Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, and Deepak Ganesan. Building efficient wireless sensor networks with low-level naming. In Proceedings of the Symposium on Operating Systems Principles, pages 146-159, Chateau Lake Louise, Banff, Alberta, Canada, Oct. 2001, ACM.
- 8 J.Hill, R.Szewczyk, A.Woo, S.Hollar, D.Culler, and K.Pister. System Architecture Directions for Networked Sensors. In Proceedings of the International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, 2000.
- 9 J.Pottie and W.J.Kaiser, "Embedding the internet wireless integrated network sensors," Communications of the ACM, vol. 43, no. 5, pp 51-58, May 2000