

文章编号:1000-582X(2005)09-0057-04

无线传感器网络中的数据库技术*

李相枢, 王 瑶

(重庆大学 计算机学院, 重庆 400030)

摘要:无线传感器网络作为计算、通信和传感器这3项技术相结合的产物,目前成为计算机科学领域一个活跃的研究分支.结合近年来国外的研究成果,着重从数据管理方面介绍了无线传感器网络的研究现状.致力于实现一个高性能的以数据为中心的网络系统,为观察者或用户提供一个有效的感知数据库管理的处理系统,并分别就数据模型和查询处理这两个数据库中的关键问题提出了有效的解决方案.

关键词:无线传感器网络;数据库;数据模型;查询处理

中图分类号:TP392; TP393.07

文献标识码:A

2002年英特尔公司发布了“基于微型传感器网络的新型计算发展规划”,今后,英特尔将致力于微型传感器网络在预防医学、环境检测、森林灭火乃至海底板块调查、行星探查等领域的应用.英特尔研究中心伯克利实验室和大西洋学院的研究人员计划部署和使用无线传感器网络来研究岛上环境.这些传感器由温度、湿度、气压等芯片和红外线传感器组成,科学家们使用这些设备可以在不干扰野生动植物正常生活的情况下监视它们及其生存环境.无线传感器网络(Wireless Sensor Networks,简称WSNs)正是计算、通信和传感器这3项技术相结合的产物,目前成为计算机科学领域一个活跃的研究分支^[1-2].

1 无线传感器网络的结构和特点

1.1 节点组成

无线传感器网络由多个功能相同或不同的无线传感器节点组成.每个传感器节点由数据采集模块(传感器、A/D转换器)、数据处理和控制模块(微处理器、存储器)、通信模块(无线收发器)和供电模块(电池,DC/DC能量转换器)等组成(如图1所示).这些节点以集成方式设置在被测对象内部或附近,通常尺寸很小,具有低成本、低功耗、多功能等特点.节点在网络中可以充当数据采集者,数据中转站或类头节点(cluster-head node)的角色.作为数据采集者,数据采集模块收

集周围环境的数据(如温度、湿度),通过通信路由协议直接或间接将数据传输给远方基站或汇节点;作为数据中转站,节点除了完成采集任务外,还要接收邻居节点的数据,将其转发给距离基站更近的邻居节点或者直接转发到基站或汇节点;作为类头节点负责收集该类内所有节点采集的数据,经数据聚集后,发送到基站或汇节点.

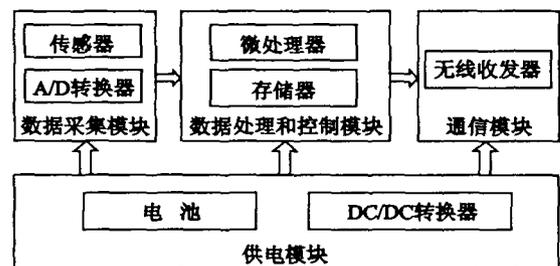


图1 传感器节点结构框图

1.2 网络体系结构

无线传感器网络与传统的无线网络(如WLAN和蜂窝移动电话网络)有着不同的设计目标,后者在高度移动的环境中通过优化路由和资源管理策略最大化带宽的利用率,同时为用户提供一定的服务质量保证.典型的传感器网络结构如图2所示.这个网络由传感器节点、接收发送器、因特网或通信卫星、任务管理节点等部分构成.传感器节点散布在指定的感知区域内,每个节点都可以收集数据,并通过“多跳”路由方式把

* 收稿日期:2005-04-15

作者简介:李相枢(1943-),男,四川广安人,重庆大学研究员,主要研究方向为数据库应用系统、软件重用技术.

数据传送到接收发送器.接收发送器也可以用同样的方式将信息发送给各节点.接收发送器直接与因特网或通信卫星相连,通过因特网或通信卫星实现任务管理节点(即观察者)与传感器之间的通信.在无线传感器网络中,除了少数节点需要移动以外,大部分节点都是静止的.在无线传感器网络的研究初期,人们一度认为成熟的 Internet 技术加上 Ad-hoc 路由机制对传感器网络的设计是足够充分的,但深入的研究表明:传感器网络有着与传统网络明显不同的技术要求.前者以数据为中心,后者以传输数据为目的.为了适应广泛的应用程序,传统网络的设计遵循“端到端”的边缘论思想,强调将一切与功能相关的处理都放在网络的端系统上,中间节点仅仅负责数据分组的转发,对于传感器网络,这未必是一种合理的选择.一些为自组织的 Ad-hoc 网络设计的协议和算法未必适合传感器网络的特点和应用的要求.节点标识(如地址等)的作用在传感器网络中就显得不是十分重要,因为应用程序不怎么关心单节点上的信息,中间节点上与具体应用相关的数据处理和缓存也显得很有必要^[3].

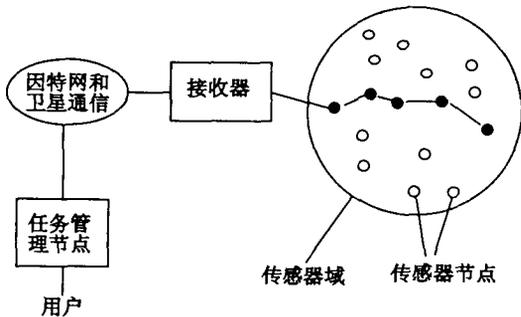


图2 典型的传感器网络结构

对于一个传感器网络来说,其节点由它的空间位置和传感器类型来共同确定,而且,传感器网络具有更好的容错性、实时性和对环境变化的自适应能力.此外,与传统传感器和传统测控系统相比,无线传感器网络具有明显的优势:它采用点对多点的无线连接,从而可大大减少电缆连线;在传感器节点端合并了模拟信号调理、数字信号处理和网络通信功能,使得节点具有自检功能;同时,系统性能与可靠性将明显提升,而成本明显减少.

2 感知数据库管理

2.1 数据管理与处理是传感器网络的核心技术

基于无线传感器网络的任何应用系统都离不开感知数据的管理和处理技术,不言而喻,感知网数据管理和处理技术是确定感知网可用性和有效性的关键技术,关系到感知网的成败,对于观察者来说,传感器网络的核心是感知数据,而不是网络硬件,观察者感知兴

趣的是传感器产生的数据,而不是传感器本身.观察者不会提出这样的查询:从 A 节点到 B 节点的连接是如何实现的?他们经常会提出如下的查询:网络覆盖区域中哪些地区出现毒气?在传感器网络中,传感器节点不需要地址之类的标识,观察者不会提出查询:地址为 27 的传感器的温度是多少?他们感兴趣的查询是:某个地理位置的温度是多少?综上所述,传感器网络是一种以数据为中心的网络.

以数据为中心的无线传感器网络的基本思想是,把传感器视为感知数据流或感知数据源,把传感器视为感知数据空间或感知数据库,把数据管理和处理作为网络的应用目标.传感器网络以数据为中心的特点使得其设计方法不同于其他计算机网络,传感器网络的设计必须以感知数据管理和处理为中心,把数据库技术和网络技术紧密结合,从逻辑概念和软、硬件技术两个方面实现一个高性能的以数据为中心的网络系统,为观察者或用户提供一个有效的感知数据空间或感知数据库管理的处理系统,使用户如同使用通常的数据库管理系统和数据处理系统一样自如地在传感器网络上进行感知数据的管理和处理^[4].

显然,感知数据管理和处理技术的研究是一项实现高效率传感器网络的重要和关键的任务.遗憾的是,到目前为止,感知数据管理和处理技术的研究还不多,还有大量的问题需要解决.

针对这些问题,笔者从数据模型和查询处理这两个数据库中的关键问题分别提出了解决的方案.

2.2 数据模型

一个传感器网络包含大量的传感器节点.独立的传感器节点通过无线通讯接口相互连接,这些节点的计算和存储能力都很有限,每个节点都有一个用于计算的中央处理单元和一个小容量的用于保存程序代码以及数据的存储单元,必须根据传感器网络的特点采用适合的数据模型.

目前最常用的就是关系数据模型.每个节点产生一个或多个元组,例如一个温度传感器可能会产生这样一个元组: < nodelocation, timestamp, temperature >.每个元组包含了它是来自于哪个节点的键值,这里的 nodelocation 就是键值.一组传感器上收集到的一系列相同类型的元组构成了一个集合.用数据库的术语来说,这个集合就构成了一个关系表,该表可通过这组传感器来水平划分.

依照惯例来讲,关系数据库系统中关系表是存储在磁盘上的,但是上面提到的在传感器网络中的关系表只是虚表,它们是由传感器网络产生的数据关系视图.对虚表的访问可以自动转换成对每个相关传感器

节点的数据收集操作.

2.3 查询处理技术

现有的传感器网络主要是收集数据并且将数据传送到一个中央前端,数据聚集和储存在此用于脱机查询和分析.在本地的计算工作比通讯工作要相对简单一些,所以说可以将部分的计算工作放到网络中去进行,这样可以节省要消耗的能量.

笔者提出一个分布式网络体系结构用于支持数据的聚集和复杂的网内计算工作.在每个传感器节点上都有一个新的查询代理层,与路由层和应用层进行交互.在网关节点设置一个查询优化器,利用其在得到一个查询命令时产生分布式查询过程计划,该计划包含传感器节点之间的数据流以及每个传感器节点确切的计算计划.接着将该计划传播到所有相关的节点并且同步进行.

在无线传感器网络中进行查询时间是比较长的,所以说在一个查询的生命周期里感知数据是会随时间发生变化的,它们并非存储于一个数据库服务器中,这与关系数据库中的数据是截然不同的.例如一个长时间的查询 Q 用于每隔 t 秒钟监视一个实验室的平均温度,如果实验室的平均温度超过一个事先定义的阈值由查询 Q 可以得知.首先,查询优化器会将查询进行优化,假定查询 Q 是网络中惟一执行的查询,查询优化器将会产生一个新的查询计划 QP .查询计划 QP 将指明如何决定该查询的计算平均温度的头节点,头节点应该是一个固定的有着持续的能源支持的传感器节点,或者是一个由分布式头节点选择算法随机选择的节点.查询计划 QP 为查询区域里的头节点和其他节点分别给出一种计算方法.

图 3 表示出参与查询的非头节点的查询方法.每个非头节点都有一个扫描操作单元,每隔一定的时间就会读取节点上的感知数据并将其传送到头节点,除此之外还包括一个从其他节点聚集数据的聚集操作.

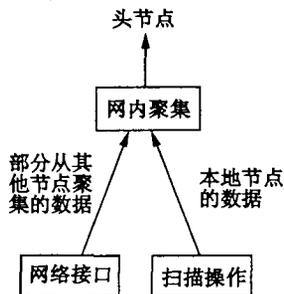


图 3 非头节点的查询方案

图 4 表示出头节点的查询方法,其中包含了一个计算平均值的 AVG 操作和一个检查查询结果是否超过规定阈值的 SELECT 操作.

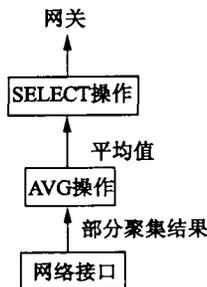


图 4 头节点上的查询方案

康奈尔大学在感知数据查询处理技术方面开展的研究工作较多.他们研制了一个测试感知数据查询技术性能的 COUGAR 系统^[5-6],提出了在传感器网络上计算聚集函数的容错和可扩展算法,并探索了把传感器网络表示为数据库的思想,探讨了如何把分布式查询处理技术应用于感知数据查询的处理.

3 结束语

无线传感器网络是新兴的通信应用网络,其应用可以涉及到人类生活和社会活动的所有领域.在特殊领域,它有着传统技术不可比拟的优势,同时也必将开辟出不少新颖而有价值的商业应用.因此,无线传感器网络将是未来的一个无孔不入的十分庞大的网络,需要各种技术支撑.笔者归纳和总结了已有的研究,着重讨论了与无线传感器网络相关的数据库技术问题,并对一些可能的研究方向进行了简要的阐述,期望能借此推动人们对感知数据管理这一新兴技术的关注与研究.

参考文献:

- [1] AKYILDIZ L F, SU W L, SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. A Survey on Sensor Networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102 - 114.
- [2] GUIBAS L J. Sensing Tracking and Reasoning with Relations[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2002, 19(2): 73 - 85.
- [3] AKYILDIZ I F. Wireless Sensor Networks: a Survey[J]. ACM Computer Networks, 2002, 4(3): 186 - 197.
- [4] HELLERSTEIN J M, FRANKLIN J M, CHANDRASEKARAN S. Adaptive Query Processing: Technology in Evolution [J]. IEEE Data Engineering Bulletin, 2000, 23(2): 7 - 18.
- [5] 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(3): 65 - 72.
- [6] 李初民, 吴中福, 王康. 网络管理的新趋势——基于 Web 的网络管理[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 1999, 22(5): 118 - 127.

Database Technology in Wireless Sensor Networks

LI Xiang-shu, WANG Yao

(College of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: As a result of combination of microsensor technology, low power computing and wireless networking, wireless sensor networks become an active branch in scientific territory of computer science at the moment. The recent research work on data management of wireless sensor networks is mainly introduced. In order to achieve high performance of the data-center network system, and supply an effective sensor database administration processing system in the interest of observing person or consumer, Separately proposed valid settlement schemes for the two key problems in database technology: data model and query processing.

Key words: wireless sensor networks; database; data model; query process

(编辑 张 革)

(上接第 47 页)

Numerical Analysis of Diffusion Characteristic in the Proton Exchange Membrane Fuel Cell

LIU Fu-li, XIN Ming-dao, LI Long-jian

(Institute of Engineering Thermophysics, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: A two-dimension, steady-state, multi-component transport model is presented to investigate the cathode performance of a proton exchange membrane fuel cell with an interdigitated gas distributor. Darcy law is used to describe the flow in the porous media. Subsequently, the model is applied to predict the pressure, velocity and mass fraction distributions in the electrode and explore the effect of the change of differential pressure between the inlet and the outlet, electrode thickness and rib width on the performance of fuel cell. The results show that: current density creases with the higher differential pressure between the inlet and outlet, but the increment is diminishing; electrode thickness has an optimum value which depends on the electrode morphology and the gas distributor design parameters; using narrower electrode rib can improve the performance of fuel cell.

Key words: fuel cell; proton exchange membrane; interdigitated flow fields; numerical simulation; CFD

(编辑 陈移峰)