

基于 TDMA 的无线传感器网络 MAC 协议的研究

蔡玲玲, 施海彬

(厦门大学 福建 厦门 361005)

【摘要】: 描述了设计 WSNs 的 MAC 协议应该考虑的问题, 对无线传感器网络中一些典型的以及新提出的基于 TDMA 的 MAC 层协议进行分析和讨论, 对其进行比对、分析, 最后提出了对将来设计 MAC 协议的方向和建议。

【关键词】: 无线传感器网络, 媒质访问控制协议, 时分复用

0、引言

无线通信技术和大量廉价的低功率微处理器、射频集成电路的生产, 使无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSNs) 成为当今信息领域新的研究热点之一。WSNs 是由部署大量在监测区域内的廉价微型传感器节点通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统, 它能够协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息, 然后发送给观察者。

由于传感器节点靠电池提供能量, 数目庞大, 加上部署区域环境复杂, 有些甚至在人员难以到达的地方, 通过更换传感器节点电池的方式来补充能量难以实现, 因此, 能量效率便成了 WSNs 设计中最重要的问题之一。

媒体介质访问控制 (Medium Access Control, MAC) 协议处于 WSNs 协议的底层部分, 主要负责在传感器节点之间分配无线信道资源, 决定了无线通信的使用方式, 因此, 合理优化地设计 MAC 协议, 是降低网络能耗、延长网络寿命、保证无线传感器网络高效通信的有效方法之一。

近年来, 研究人员提出了众多专用于 WSNs 的 MAC 协议, 其中一类是基于时分复用 (Time Division Multiple Access, TDMA) 的 MAC 协议。本文将集中对典型的 TDMA 协议以及近年来新提出的一些 TDMA 协议进行分析和讨论。

2、典型的 TDMA 协议

2.1 SMACS 协议和 EAR 算法

自组织媒质访问控制 (Self-Organizing Medium Access Control for Sensor networks, SMACS) 协议^[1]是一个使节点无需任何全局或局部主节点, 就能发现邻居节点并建立传输-接收调度表的分布式协议。虽然各子网内邻节点通信需要时间同步, 但全网并不需要同步。窃听与记录 (Eavesdrop-And-Register, EAR) 算法作为 SMACS 协议的补充, 用来为静止和移动的节点提供不间断的服务。

2.2 LEACH 协议

低功耗自适应集簇分层型 (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy, LEACH) 协议^[2]的基本思想是以循环的方式随机选择簇首节点, 由簇首负责安排本簇内的时隙分配, 簇内节点把数据传给簇首, 由簇首负责把数据到汇聚节点, 从而将整个网络的能量负载平均分配到每个传感器节点中, 达到降低网络能源消耗、提高网络整体生存时间的目的。

2.3 TRAMA 协议

流量自适应媒体介质访问 (Traffic Adaptive Medium Access, TRAMA) 协议^[3]是一个高效、无冲突的信道访问协议。它允许节点在没有传输或接收时转到低功率的空闲状态, 并通过保证单播、多播和广播传输中的无冲突降低了能耗。它将时间分成时隙, 使用一个基于每个节点流量信息的分布式选举算法来决定哪个节点可以在特定时隙上传输。由此提高了网络的吞吐量和公平性, 克服了基于 TDMA 的 MAC 协议扩展性差的不足, 并能有效地避免了隐藏终端引起的竞争。

3、近年来提出的 TDMA 协议

3.1 LEMMA 协议

时延-能耗最小化媒体接入 (Latency-Energy Minimization

Medium Access, LEMMA) 协议^[4]将时隙的分配与重分配决定交由节点直接感知到的链路质量来决定, 因此能够适应不同的网络拓扑。在 LEMMA 的 TDMA 帧中, 时隙 0 是一个用于信号发送的随机存取的时隙, 其它时隙可以动态地分配给 WSN 的节点用于数据传输。每个节点保持一个时隙占有表, 表中所有时隙的初始状态都为空闲。在时隙分配阶段, 每个有数据传送的时隙都被假定分为一些大小一定的分配核对窗口, 节点将在其中竞争时隙。仿真结果表明, 与深度优先的集中式时隙分配算法相比, 该算法的运行速度有明显的优势, 但在起始的网络建立阶段, 能量的消耗也较大。

3.2 DTS TDM-FDM 协议

动态时间戳自适应时分-频分多路复用 (Dynamic Timestamp Self-adjusting TDM-FDM) 协议^[5]结合了 TDMA 和 FDMA, 簇内通过 TDMA 最小化能耗, 簇间通过 FDMA 拓展网络规模, 降低了时间同步的开销, 克服了时隙有限、网络规模小以及能耗高的问题。在该协议中, 不同簇中的节点并行地使用各自的频率与其簇头进行通信, 避免了簇间的碰撞。在一个簇内, 所有的节点同步地进行数据采集, 避免了不同节点间的传输碰撞, 减低了有数据丢失产生的重传损失。实验结果表明, 与传统的 TDMA 协议相比, 该协议能延长约 14% 的网络寿命, 并能够保证网络的有效性、精确性、健壮性和可靠性。

3.3 RRMAC 协议

文献 [6] 提出一种实时可靠的 MAC 协议 (Real time and Reliable MAC, RRMAC)。它是一个能保证硬实时和可靠通信的基于多跳汇聚传输网络的 TDMA 方案。它通过避免数据包碰撞来达到降低端到端传输延迟的目的; 通过时延确认使网络中的时隙可得到重复利用, 缩短了超帧的持续时间和端到端的延迟。在 RRMAC 协议中, 超帧的结构是灵活可变的, 当所有的传感器或 sink 节点不需要实时可靠的数据传输是, 超帧可以只包含一个信标帧性能测试表明, RRMAC 在数据包投递的成功率和能量消耗上, 均优于 IEEE802.15.4。

3.4 TPAI 协议

文献 [7] 介绍了一种避免簇间干扰的基于 TDMA 的协议 (TDMA-based Protocol for Avoiding Inter-cluster interference)。它的基本思想是, 在簇组织开始时, 每个簇头保持监听它的每个邻簇节点的数据包, 并创建一个邻簇成员表, 然后将该簇区域中的邻簇成员反馈给它们的邻簇头。这样一来, 当簇头创建 TDMA 调度表时, 就可以避开邻节点的时隙。当网络变成平稳状态时, 簇头间相互交换数据, 通过多跳算法将数据上传至 Sink 节点。

3.5 LASA 协议

低能量自适应时隙分配 (Low-energy Adaptive Slot Allocation, LASA) 协议^[8]旨在减少无数据传输或接收时节点仍不必要地保持活动状态的时间。它的主要内容是, 在建立阶段结束前, 簇头应识别完该簇的所有成员节点, 并收集各个节点在下一帧需要传输的字节数, 然后在接下来稳定阶段, 计算出新的分配调度。最后, 为了避免簇间干扰, 由簇头从扩频码列表中随机选择一个作为簇间通信码, 使各个簇之间使用不同的 CDMA 进行通信。结果表明, 与传统的静态时隙分配的 TDMA (下转第 89 页)

仓库建设的质量。在数据仓库建设过程中包括以下步骤:

4.3.1 业务需求分析

业务需求分析是数据仓库建设的基础。在这个阶段需要设定可达到的目标,并明确所有的需求;确定主题和数据源。

主题的抽取应该按照分析的要求来确定。综合学校各部门中招生、教学、就业、科研、后勤等宏观分析领域涉及的各种分析对象,可以得到一系列的主题,例如学校招生、学生就业、教师教学、专业发展等。然后根据不同的主题选取所使用的数据源,包括招生数据、教务数据、就业数据、社会人才需求数据、教师数据、专业发展数据等。可以根据学校的自身情况先建立部门级数据集市(Data Mart),然后发展成企业级数据仓库(Data Warehouse);也可以直接建立企业级的数据仓库。

4.3.2 逻辑模型设计

逻辑模型设计主要是指数据仓库的逻辑表现形式。根据高校业务需求分析,确定数据仓库主题,既要确定事实表的粒度和必要的维,又要确定维的属性。设计时采用星型多维模型,这种数据模型直观且简化了数据结构,有助于提高查询的性能。数据仓库中的每一个主题对应于一个星型模型结构,由事实表和若干维表组成,并按不同的粒度来存储数据。

4.3.3 物理模型设计

物理模型设计主要包括数据仓库物理模型实现和硬件平台配置。这里重点考虑存储策略和索引技术,所有表的存放都要充分利用并行处理技术和多线程技术,以此来提高数据仓库性能。在数据仓库环境下,主要使用位图索引和联合索引,加快今后查询的速度,同时还可以建立很多汇总表和视图。

4.3.4 数据抽取

数据抽取是数据进入仓库的入口。由于数据仓库是一个独立的数据环境,它需要通过抽取过程将数据从联机事务处理系统、外部数据源、脱机的数据存储介质中导入到数据仓库。数据抽取在技术上主要涉及互连、复制、增量、转换、调度和监控等几个方面。数据仓库的数据并不要求与高校联事务处理系统保持实时的同步,数据抽取定时进行,为每个主题设置抽取的时间,并且根据实际情况设置多个抽取操作相互的顺序,以上因素和抽取的成败对数据仓库中信息的有效性至关重要。

4.3.5 数据仓库元数据的管理

元数据是关于数据的数据。元数据涉及到数据仓库构造、

运行、维护的整个生命周期。按照元数据的使用情况和面向对象的不同,可以将元数据分为业务元数据、技术元数据。业务元数据用业务名称、定义、描述和别名来表示数据仓库和业务系统中的各种属性,直接供系统使用人员使用。技术元数据描述了数据源、数据转换、抽取过程、加载策略以及目标数据库的定义等。在实际应用中业务元数据和技术元数据是相互参照和关联的,对业务元数据的全面了解、描述、表达能够推动数据仓库的应用。对系统中的技术元数据的获取、描述、应用,能够使数据及时、正确地得到应用和维护。

4.3.6 决策支持系统的分析工具

高校管理者进行开发决策使用的工具操作要简单,但提供的功能则要非常强大。开发用于决策支持系统的分析工具——查询工具、分析工具、C/S工具、OLAP工具及各种数据挖掘工具,通过分析工具实现决策需求。

高校数据仓库建设不能一蹴而就,要长时间的维护。除了为已存在的主题定期抽取数据,保持决策分析的有效性外,还要根据学校需求添加新的主题,并重复以上操作。长此以往,才能逐步建设起完善的高校联机事务分析系统。

5、结束语

高校数字化建设不仅包括高校联机事务处理系统(OLTP),也包括高校联机事务分析系统(OLAP)。在高校联机事务处理系统日趋完善的情况下,事务分析系统的建设尤为重要。本文提出的在已有的数据库的基础之上建立用于高校决策的数据仓库和高校数据仓库建设的思路,在个别高校已经得到了验证。可预见在不久的将来,将数据仓库与决策分析工具应用于高校教育管理,无疑可以辅助高校管理者决策,从而提高学校的竞争力,为学校在强手如林的高校中占据有利地位。

参考文献:

- 1.陈国旗;数据仓库在高校会计分析中的应用;中国管理信息化;2007年1月第10卷第1期
- 2.于宁,王行言;高校教学决策支持系统数据仓库的研究与实践;计算机工程与设计;2006年10月第27卷第20期
- 3.何利平;数据仓库与数据挖掘技术在高校决策中的应用;系统工程;2006年6月第24卷第6期

(上接第40页)

方案相比,该方案的性能更加优越,尤其是在通信量波动较大时。

5、结论

本文对一些典型的以及近几年新提出的基于TDMA的MAC层协议进行分析和讨论。经过分析可以看出,选择TDMA所带来的能量节省是显而易见的,并且在解决节点间的干扰问题以及避免碰撞和重传方面的效果也较好。但缺点也很明显,如需要精度较高的时间同步,对网络流量以及拓扑结构的改变适应能力较差等。并且,目前大多数的基于TDMA的MAC协议对于实际的WSNs应用都是不切实际的,因此将来的研究仍要与WSN的特性和实际应用的需求联系起来,设法找出各性能之间的平衡,最终达到优化的目的。

参考文献:

- 1.Shih E,Cho S,Ickes N,et al.A Physical layer driven protocol and algorithm design for energy-efficient wireless sensor networks [C]. Proceedings of the ACM MobiCom 2001. Rome:ACM Press,2001:272~286.
- 2.Heinzelman W.B,Chandrakasan A.P, Balakrishnan H. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks [J].IEEE Transactions on Wireless Communications.2002,1 (4):660-670.
- 3.Rajendran V,Obraczka K,Garcia-Luna-Aceves J.J.Energy-efficient,collision-free medium access control for wireless sensor networks [C].The First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems.Los Angeles,USA:ACM Press,2003:181-192.

ACM Press,2003:181-192.

3.Rajendran V,Obraczka K,Garcia-Luna-Aceves J.J.Energy-efficient,collision-free medium access control for wireless sensor networks [C].The First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems.Los Angeles, USA:ACM Press,2003:181-192.

4.Nunes M, Grilo A,Macedo M.Interference-Free TDMA Slot Allocation in Wireless Sensor Networks.Local Computer Networks, 2007. LCN 2007. 32nd IEEE Conference on 15-18 Oct. 2007 Page(s):239 - 241.

5.Wan Yadong,Wang Qin,Zhang Xiaotong,Xu Jinwu,Geng Lei,Li Lei,Wang Ruofei.A Hybrid TDM-FDM MAC Protocol for Wireless Sensor Network Using Timestamp Self-Adjusting Synchronization Mechanism. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. International Conference on 21-25 Sept. 2007 Page (s): 2705-2709.

6.Jungsook Kim,Jaehan Lim,Pelczar C,Byungtae Jang.RRMAC: A sensor network MAC for real time and reliable packet transmission.Consumer Electronics,2008.ISCE 2008.IEEE International Symposium on 14-16 April 2008 Page(s):1-4.

7.Xiong Zhuang,Yongming Yang,Wei Ding. A TDMA-based protocol and implementation for avoiding inter-cluster interference of wireless sensor network.Industrial Technology, 2009. ICIT 2009.IEEE International Conference on 10-13 Feb. 2009 Page(s):1-6.

8.Hussain S,Zahmati A.S.,Fernando X.LASA:Low-energy adaptive slot allocation scheduling algorithm for WSN.Sarnoff Symposium, 2009. SARNOFF '09. IEEE March 30 2009-April 1 2009 Page(s):1-6