

无线传感器网络的异构性研究

潘巨龙, 闻 育

(中国计量学院 计算机系, 江苏 杭州 310018)



摘 要:随着无线通信技术和微电子技术的快速发展,低成本、高度集成和自组织的无线传感器网络将会逐渐普及。首先总结归纳了无线传感器网络异构性的几种表现形式,如计算能力异构性、节点能量异构性、链路异构性及网络协议异构性,然后介绍了异构无线传感器网络层次网络体系结构和两种适用于无线传感器网络的标准。最后对无线传感器网络的安全问题进行简单探讨。

关键词:无线传感器网络; 层次网络体系结构; 异构传感器网络; 异构性

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1671-654X(2007)02-0124-03

引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, 简称WSN)是当今国际上备受关注、涉及多学科交叉和集成的前沿热点研究领域,它综合了传感技术、嵌入式计算技术、现代网络技术、无线通信技术及分布式信息处理技术等学科知识。

无线传感器网络具有十分广阔的应用前景,在军事国防、城市管理、生物医疗、环境监测、危险区域远程控制等许多领域都有潜在的实用价值,已经引起了许多国家学术界和工业界的高度重视,被认为是对21世纪产生巨大影响力的技术之一^[1]。近年来,国内外一些著名的科研院所和高技术公司均在进行相关研究,并已取得可喜成果。美国加州大学伯克利分校、加州大学洛杉矶分校、麻省理工学院、康乃尔大学、瑞士苏黎世联邦技术学院、美国CROSSBOW公司、INTEL公司和英国Jennic公司等都有相当丰富的研究成果和相关产品。国内如清华大学、中科院软件所、中科院计算所、沈阳自动化所、国防科技大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、电子科技大学和浙江大学等单位也开展了无线传感器网络理论和应用研究。从可以获得的文献资料看,目前我国的WSN研究尚处于起步阶段^[2,3]。

传感器节点可以根据感测能力、计算能力、通信能力和能量等不同而分为不同种类。异构传感器网络(heterogeneous sensor networks)是指由多种不同类型的传感器节点构成的网络;反之,由相同类型传感器节点组成的网络称为同构传感器网络(homogeneous sen-

sor networks)^[4]。早期的传感器网络研究,一般均集中在对同构传感器网络上,即网络内所有节点资源都是一样的,开展的有关低能量网络路由协议和MAC协议等研究,研究的节点类型相对比较单一;而在实际的传感器网络配置和应用时,有时必须要考虑传感器网络的异构性,如大部分传感器网络节点采用电池供电方式,其能量是受限的;而对某些重要节点则用市电电源供电或太阳能可充电电源,这将降低对整个网络的能耗需求,极大地改善整个传感器网络的生命周期。

本文首先介绍传感器网络的几种异构性表现形式、层次网络体系结构和相关协议标准,最后对安全问题进行简单探讨。

1 传感器网络的几种异构性表现形式

根据传感器网络节点的一些特性,我们把传感器网络的异构性总结归纳为以下4个方面:

1) 计算能力异构性

WSN是由一到数个无线Sink网关节点以及为数众多的传感器节点(sensor node)构成的一个网络系统,传感器节点之间以及节点和Sink网关节点之间采用无线方式进行通讯。对于有些特殊应用场景,在为数众多的传感器节点中,再把它分为高级节点(advanced node)和普通节点(normal node)两种^[5],也有资料称高级节点为Backhaul Node^[6]。例如高级节点由32位或16位处理机组成,其相应的内存和FLASH等资源较之普通节点多,其节点功能也要复杂得多(如定位功能或负责通信同步功能等),其耗电量要高于普

通节点. 而普通节点因数量大, 功能要求简单, 可以用低功耗的 8 位或 4 位处理器就足以应付数据检测等简单功能。

2) 节点能量异构性

节点能量异构特征是普遍存在的, 因为不同类型的传感器节点配置不同的初始能量, 即使是同种类型节点构成的传感器网络, 对于多对一的多跳网络传输中, 在 Sink 网关节点附近的节点将消耗更多的能量^[6]。为了延长网络寿命, 在原有节点的基础上布置新的传感器节点, 那么新加入的传感器节点将拥有比老的节点更多的能量^[7]。另一方面, 由于无线通信中暂时链路失败或者区域的地形特点等随机事件的影响, 每个节点不可能均等地使用其能量, 传感器网络也会呈现一种能量异构的特点. 一般而言, 计算能力强的处理器消耗更多能量。

3) 链路异构性

在无线传感器网络中, 链路的传输质量得不到保证, 在多跳的传感器网络中, 每一跳都将降低端到端的传输速率. 异构性(即在普通的节点中加入一些大容量能量和计算能力强的高级节点)可以改善链路的质量, 以及减少数据从普通节点到 Sink 网关节点的平均跳数。

Mark Yarvis 从理论和实际模拟结果上, 详细分析了节点能量的异构性、路径选择和链路异构性以及 SMAC 协议和链路异构性的关系等^[6]。

4) 网络协议异构性

如何在数量众多价格便宜的无线传感器网络节点中, 保持较高的网络性能? INTEL 公司的研究人员在这方面给我们一个很好的思路^[8]: 利用 XScale 等高性能节点终端组成一个网状网络(mesh networks), 用它覆盖整个无线传感器网络, 大量的普通传感器节点和附近的高性能 XScale 节点通信, 数据通信由高速的 802. 11 无线协议负责, 其结构有如普通公路网中增加高速公路网, 可以极大提高车辆的通行能力一样. 经过这样的网络设置后, 带来了网络性能和可靠性的提高, 同时降低了无线传感器网络节点能耗, 其结构见图 1 所示. 在这一混合通信协议模型中, 至少存在两种通信协议, 适用于高性能节点的 802. 11b/a/g 无线协议和适合普通节点的 IEEE 802. 15. 4/ZigBee 协议. 即使是最低速的 802. 11b 协议其网络传输速度可达 11Mbps, 远高于无线传感器网络 IEEE 802. 15. 4/ZigBee 协议最高速的 250Kbps. 它提升了传感器网络的整体通信能力。

但是, 随之也带来各种问题: 如何解决在多种不同的无线通信协议如 802. 11b/a/g 无线协议、Bluetooth 万方数据

和 802. 15. 04/ZigBee 多协议共存问题? 如何解决同频干扰问题? 以及如何整体提高网络的效率等等? 所有这些问题, 都是值得我们进一步深入研究的课题。

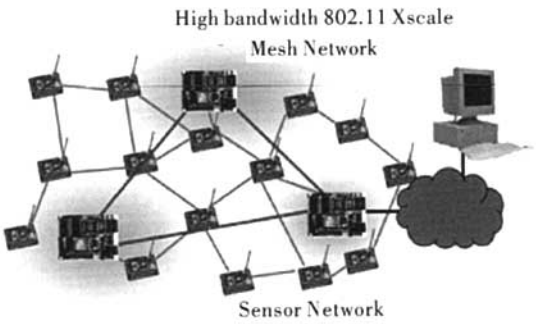


图 1 无线传感器网络中附有支持 802. 11 的 Mesh 网状网络

2 异构传感器网络的层次网络体系结构

在异构无线传感器网络中, 节点被任意散落在被监测区域内, 节点以自组织形式构成网络. 普通节点中测试数据首先传送到高级节点(图 2 中的 Backhaul Node), 这些高级节点被当作是簇头节点, 簇头节点负责数据的聚合(Aggregation)、计算和存储处理等, 需消耗较多的能量, 经簇头处理后的数据通过多跳(Multi-hops)中继方式, 将普通节点监测到的数据传送到 Sink 网关节点, 最终借助 internet 网将整个区域内的数据传送到远程中心进行集中处理。

通过分簇的方式, 减少了普通节点到 Sink 网关节点的通信量, 大大降低了网络整体平均消耗能量, 提高了网络的生命周期. 网络体系结构是网络的协议分层以及网络协议的集合, 是对网络及其部件所应完成功能的定义和描述. 对无线传感器网络来说, 其网络体系结构不同于传统的计算机网络和通信网络^[3]。

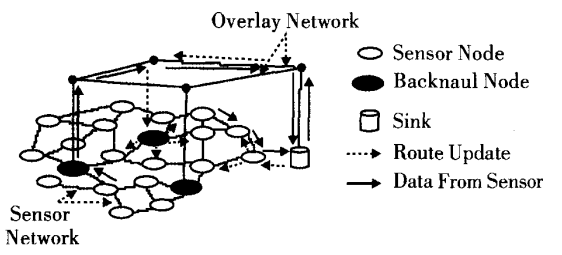


图 2 异构传感器网络的层次体系结构

在图 2 中, 我们把 Backhaul Node 高级节点作为簇头, 高级节点之间形成一个通信网络, 高级节点的主要作用在于数据的聚合和转发, 不关注能量消耗问题, 而注重链路通信质量 QoC 和通信带宽等问题; 把余下的 Sensor Node 作为另一个层次网络, 几个 Sensor Node 和一个 Backhaul Node 形成一个簇, 这样的网络是二级层

次网络体系结构;当然,也可以根据需要,几个 Sensor Node 可按照一定算法(如节点最大剩余能量优先法)推荐一个普通节点作为簇头节点,然后由这些 Sensor Node 形成的簇头再和 Backhaul Node 高级节点进行通信,这样的网络就是多级层次网络体系结构.在实际的网络应用配置时,可根据普通节点密度和到高级节点的通信距离,选择二级层次或多级层次网络体系结构。

3 适用于异构无线传感器网络的相关标准

目前适用于异构无线传感器网络的标准,主要有以下两个^[9]:

1) IEEE 802.15.4/ZigBee Low-Rate Wireless Personal Area Network (WPAN) 协议^[10]

它是由 IEEE 802.15.4 标准的 PHY 和 MAC 层再加上 ZigBee 的网络和应用支持层所组成,其突出特点是网络系统支持低成本、容易实现的、可靠数据传输、短距离操作、极低功耗、各层次安全性等.该标准一出现就引起了业界的广泛重视,短短几年时间内便有上百百家集成电路厂家和运营商等宣布支持 IEEE 802.15.4/ZigBee,并且很快在全球自发成立了若干联盟. IEEE 802.15.4/ZigBee 协议中明确定义了三种拓扑结构:星型结构(Star)、簇状结构(Cluster tree)和网状结构(Mesh).但是,在异构传感器网络中,同时还要解决多种不同特性的短距离无线通信协议如 WLAN、Bluetooth 协议和 802.15.4/ZigBee 多协议共存,实现无线传感器网络内通信协议的异构性.同时,还定义了两种设备类型,即简化功能设备(RFD)和全功能设备(FFD),在计算能力、能源供给和链路协议上都具有明显的异构性。

2) IEEE 1451.5 Wireless Smart Transducer Interface standard^[11]

目前 IEEE 1451.5 标准还在发展中,它尝试去设定一个标准界面,将各种不同的无线通讯协议隐藏而独立于传感器设计,希望能达成可以直接即插即用的智能型无线传感器(smart transducer)的应用.采用 IEEE 1451.5 标准的一个好处是,使得传感器制造商将有机会在一开始就将传感器电子资料表(Transducer Electronic Data Sheet,简称 TEDS)作为标准特性包含在产品内,从而能够在不改变无线传感器网络结构的基础上,方便地实现多种传感信息的获取,这也在节点的底层传感功能上支持了异构性,提高了传感器节点设计的通用性。

4 结论

作为一种短距离低能耗的无线通信网络,无线传感器网络也存在安全问题^[1,3],传统的加密算法需要大量的计算能力,而传感器网络节点资源受限,必须经过改造或重新设计才能应用于无线传感器网络, Hu Fei 在文献[12]中提出了适合传感器网络的安全路由协议、拒绝服务预防以及密钥管理服务的概念,我们可把它应用于异构的传感器网络中;同时,因在异构无线传感器网络中存在不同资源的节点,其相关的安全协议必须考虑节点能量消耗和资源有限这些重要指标。

无线传感器网络是一个很有前途的研究领域,根据其特点在多个通信协议共存等领域可做进一步的深入研究.我们认为在异构传感器网络环境下低能量多协议协同研究和适合异构无线传感器网络的安全机制研究领域,将会取得较多研究成果。

参考文献:

- [1] Akyildiz F, Ian S, Weilian S, Sankarasubramanian Yogesh et al. A Survey on Sensor Networks[J], IEEE Communications Magazine, August 2002, 102-114.
- [2] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报, 2004, 14(7): 1282-1291.
- [3] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005, 5月, 3-25, 59-88.
- [4] Duarte-Melo EJ, Liu M. Analysis of energy consumption and lifetime of heterogeneous wireless sensor networks[C]. In: Wang CH, Lee Y, eds. Proc. of the GLOBECOM 2002. New York: IEEE Press, 2002, 21-25.
- [5] 卿利, 朱清新, 王明文. 异构传感器网络的分布式能量有效成簇算法[J]. 软件学报, 2006, 17(3): 481-489.
- [6] Mark Yarvis, Nandakishore Kushalnagar, Harkirat Singh, Anand Rangarajan, York Liu, and Suresh Singh, Exploiting Heterogeneity in Sensor Networks[C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communication (INFOCOM 2005), Miami, FL, March 2005, (2): 878-890.
- [7] Smaragdakis G, Matta I, Bestavros A. SEP: A stable election protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks[C]. In: Proc. of the Int'l Workshop on SANPA 2004. 2004.
- [8] Krishnamurthy Lakshman, Connect the Physical World to Information Technology: Industrial applications for sensor networks [EB/OL]. Advanced sensing Technologies, Spring 2004 seminar series, <http://asia.stanford.edu/events/Spring04/sensors.html>.

(下转第 130 页)

Analysis and Design for Networks-on-Chip (NoC)

LU Qiang, YAO Fang-wu

(School of Computer, NanJing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: In order to reduce the area and power consumption on processors and to provide scalable and reliable data transport, network-on-chip (NoC) architectures are believed to be the ideal solution. This paper discusses in detail the architectures, topologies and routing strategies, compares Wormhole technology with Hot Potato technology, provides the design methodology for switches, and analyses the prospect of NoC.

Key words: networks-on-chip; architectures; topologies; multiprocessor systems on chips; wormhole; hot potato; switch design

(上接第 126 页)

- [9] Edgar H. Callaway. Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols[M]. Auerbach Publications CRC Press Inc(c) 2003 - 8 - 23 ISBN:0849318238.
- [10] Gutierrez Jose A., Callaway Edgar H. Jr., and Barrett Raymond, IEEE 802. 15. 4 Handbook [M]. New York: IEEE Press. 2003.
- [11] Moore Michael R., Smith Stephen F., and Lee Kang. The next step - wireless IEEE 1451 smart sensor networks[J]. Sensors Mag. 2001, 18(9):35 - 43.
- [12] Hu Fei, Sharma Neeraj K.. Security considerations in ad hoc sensor networks [J]. Ad Hoc Networks, 2005, (3):69 - 89.

A Study of Heterogeneity in Wireless Sensor Networks

PAN Ju-long, WEN Yu

(Department of Computer Science, China Jiliang University, HangZhou, 310018, China)

Abstract: With the rapid technological development in the field of wireless communication and electronics, low-cost, high-integration and self-organization wireless sensor networks will obtain wide application. Firstly, four aspects of heterogeneity in wireless sensor networks are proposed and concluded, such as computational ability, energy supply, link communication and network protocol. Secondly, a hierarchical network architecture and two technical standards are briefly introduced to adapt to the heterogeneity in wireless sensor networks. Finally, the security problems of wireless sensor network are discussed.

Key words: Wireless Sensor Networks; hierarchical network architecture; heterogeneous sensor networks; heterogeneity