

# 用于车间智能环境的无线传感网络的智能标签

周 焱

(电子科技大学移动计算中心 成都 610054)

**【摘要】**无线传感网络应用于智能环境,将使智能环境的无线网络传输大量多样性的数据,同时智能环境对其用户了解环境中局部区域状况时的透明性有更高的要求。该文针对这些问题,结合车间智能环境的具体应用实际,提出了一种新型的用于车间智能环境的基于无线传感网络的智能标签,并描述了其软硬件结构。该智能标签软件结构中包含一个应用子层,向上层应用程序提供查询管理、数据管理、定位识别和安全验证的功能接口。

**关键词** 智能环境; 中间件; 智能标签; 无线传感网络

中图分类号 TP918.91

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2010.z1.023

## WSN-Based Smart Badge for Workshop Intelligent Environment

ZHOU Yan

(Mobile Computing Center, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

**Abstract** Wireless sensor networks used in intelligent environment faces problems such as large, heterogeneous data in radio channels and higher transparency requirement of accessing a local area. With these problems above and the reality of workshop intelligent environment applications, this paper presents a novel WSN-based smart badge, and depicts its hardware demands and software architecture, which contains an application sublayer that provides functional interfaces of querying management, data management, localization and identification and security authorization to upper layer applications.

**Key words** intelligent environment; middleware; smart badge; wireless sensor networks

计算机技术和通信技术的飞速发展使得大量计算机,或者说具有计算能力的机器,渐渐融入人们生活之中,并透明地、无缝地参与人们的日常活动。这种被称为“无所不在的计算”环境,或者称为普适计算的环境,感知环境中的变化并进行计算,通过各种交互手段向环境中的人提供各种各样的计算服务<sup>[1]</sup>。

为了提供丰富的计算服务,在实现普适计算的环境时会面临诸如大规模、异构多样性、提供服务的透明性和服务的可扩展性等多种技术问题<sup>[2]</sup>。通常人们使用无线传感网络<sup>[3]</sup>作为获取环境中大量异构多样场景数据的主要手段。但是无线传感网络在实际应用中也存在很多亟待解决的问题,包括硬件资源有限、计算能力不足、电源以及数据融合等<sup>[4]</sup>。将无线传感网络用于布置普适计算的环境,会出现新的问题。本文将针对工厂车间中智能环境的实现,

提出一种新型的无线传感智能标签结构,在满足车间智能环境的应用需求的同时,改善无线传感网络在智能环境应用中的不足。

### 1 基于传感网络的车间智能环境

#### 1.1 研究中面临的问题

过往的研究人员指出,在普适计算环境的实现中将面临诸如协调大量移动计算设备、环境感知人而非人操作环境、服务的可扩展性、处理大量异构多样的传感数据及分析复杂的场景信息等多种问题<sup>[2]</sup>。但是工厂车间的普适计算环境有其更为特殊的需求:

(1) 更为大量的数据。(2) 数据的异构多样性。(3) 感知局部区域环境的变化。(4) 对设备操作和人员的安全性有要求。

在普适计算环境具体实现中,通过构建无线网络来管理环境中的各个计算设备。兼具无线通信、

收稿日期: 2009年11月15日

基金项目: 中加政府间科技合作基金(2009DFA12100); 国家自然科学基金(60674077)

作者简介: 周焱(1985年),男,硕士生,主要从事无线传感网络方面的研究。

感知传感数据和网络化管理的无线传感网络成为了搭建无线智能环境的主要选择之一。将无线传感网络用于构建车间智能环境，将面临新的问题和挑战。(1) 需要解决传输大量的数据所带来的功耗问题和可能的网络阻塞；(2) 如何在无线传感网络内保存和处理异构多样的数据和信息也颇为关键；(3)传统的中心式无线传感网络仅有实现简单数据收集的功能，无法满足人员获知车间智能环境中某一局部区域状态变化的需求<sup>[5]</sup>，要解决这一问题，首先需要用户能够对局部区域进行识别，即将局部网络看作一个整体进行交互，其次需要无线传感网络内能够进行局部的数据交换和对数据的协作处理；(4) 采用身体网络(body area network)提供车间内工程人员的身体状况，需要寻求一种合理的组织形式，协调组织和管理诸如监测工程人员身体状况、人员识别和定位等多种功能组成部分；(5) 针对车间环境中设备的更换和升级所带来的无线传感设备的增加和改变的需求，要给出一个简易的方法快速、局部地部署和配置，保证智能环境持续、稳定地运行。本文将给出一个应用子层结构来合理地解决上述问题。

## 1.2 相关工作

对于普适计算环境实际应用的研究，近些年来研究人员做了很多工作。共同关注的重点主要集中在环境中设备的功耗和提供服务的透明性上。MIT的Oxygen计划<sup>[6]</sup>设想未来的计算像人类呼吸的氧气一样存在于人们生活环境的各个位置。Oxygen通过组建自配置的无线网络N21s，连接用户携带的手持设备和安置在环境中的设备和传感器，完成用户的多种需求。针对环境中的各种硬件设备而言，Oxygen计划主要面临感知、低功耗、对资源的高效利用、设备的移动等技术挑战。Georgia Tech GVU实验室的Aware Home建立了一个可长期运行的、智能交互和服务透明的智能家居环境<sup>[7]</sup>，实现过程中结合了上下文感知，基于计算机视觉、声音追踪以及各种传感技术，感知环境和用户的行为，提供了更为方便智能的交互体验。

针对无线传感网络中数据融合的中间件研究<sup>[8]</sup>，文献[9-10]均提供了一个分布式数据库查询接口，用户可以使用类SQL查询风格的语句查询。两者都通过数据融合的方式减少了通信消耗。文献[9]建立并维护一个扩展树，查询广播到叶子节点，叶子节点根据查询条件决定是否转发到父节点，在父节点进行处理和融合。文献[10]通过把查询分发到各节点最

小化数据搜集和计算带来的能量开销。

## 2 智能标签结构

### 2.1 总体结构

本文通过提出一个完整的“智能标签”结构来解决上文提到的一系列问题。智能标签总体结构分为硬件结构和软件结构两部分，如图1所示。

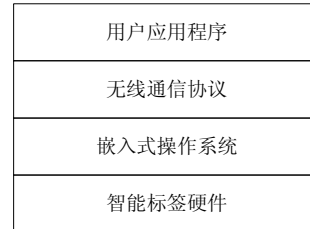


图1 智能标签总体结构

### 2.2 智能标签硬件结构

对智能环境中计算设备的实现，主要集中在RFID和无线传感网络节点两种实现方式。

RFID标签不仅能够快速识别周围的大量RFID设备，而且具有低功耗和价格低廉的优势，为给其带上传感器，使之兼具快速识别和感知环境的功能，是一种比较流行的做法<sup>[11]</sup>。RFID分为被动式RFID和主动式RFID两种，其对比如表1所示。从表1的对照中可以看到，价格低廉的被动式RFID传输距离和储能能力都有限。传输距离的不足导致被动式RFID识别速率较低，不能同时识别多个标签<sup>[12]</sup>。同时，由于被动式RFID标签的能量来自于读写器发射的射频能量，使其无法实时地进行传感数据的采集和存储，无法携带外置存储芯片进行大量传感数据及标签信息的存储。从以上分析可以看出，被动式RFID在车间环境的实际应用中有很大局限性，携带传感器的主动式RFID标签更适合车间智能环境的应用。

表1 主动式RFID和被动式RFID对比

对比项目	主动式RFID	被动式RFID
电源来源	电池提供的能量	读写器发射的射频能量
是否携带电池	是	否
传输距离	达到100 m甚至更多	3 m甚至更少
通信频率	433 MHz/868 MHz/ 915 MHz/2.4 GHz	13.56 MHz
同时读取多个标签的数量	多	少
能否实时获取传感数据	是	否
能否携带外置存储芯片	是	否
能否组成树状网状拓扑	否	否

从表1中可以看出，无论主动式还是被动式RFID，由于缺乏有效的无线通信协议支持，都不具

备组成网状或者树状拓扑结构的能力<sup>[11]</sup>。仅依赖星形网络甚至终端对终端的网络无法满足车间环境内的通信需求。应用802.15.4/Zigbee技术<sup>[13]</sup>组成的无线传感网络可以解决这一问题。通过在主动式RFID标签上实现802.15.4/Zigbee协议,满足车间智能环境多样的组网需求。另外,除了携带传感器的主动式RFID标签,无线传感网络节点也具有应用于车间智能环境的潜力。相对于RFID标签,普通的无线传感节点在识别速率上不具有优势,但是依然能够满足车间环境的应用需求。

车间智能环境中计算设备的硬件需求:(1) 满足基本绕射要求的通信频率。(2) 低功耗的射频传输芯片和处理核。(3) 一定的存储空间。

智能标签硬件结构如图2所示,它分为传感器、无线传输、处理核心和电源4部分。确定智能标签的硬件结构,需要灵活地确定这4个部分的实现方式。

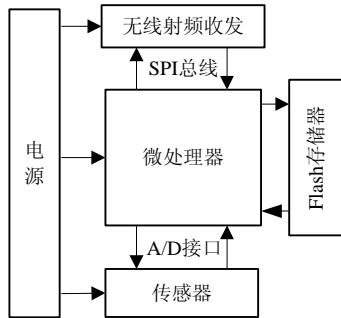


图2 智能标签硬件结构

## 2.3 智能标签软件结构

由于智能标签的运行往往受到有限的硬件资源的限制,所以要求智能标签的软件具有较高的运行和处理效率。为了满足智能标签定位、识别、网内数据协作处理等一系列需求,本文设计了一个运用子层结构来实现各软件功能的合理组织,向用户透明地提供系统调用接口,以查询的方式获得局部网络内部协作处理后的结果。图3为智能标签软件的总体结构。

### 2.3.1 查询模型

传统的无线传感网络在最初部署时就确定了数据收集的方式,对于车间这种具有复杂多样场景信息的环境,对用户提出的新的查询需求进行新的软件部署会花费大量时间和精力。为了改变这种复杂、重复、缺乏灵活性的系统设计方式,提出以数据为中心的方法来改善对无线传感网络中数据的查询。在对传感网络中的数据进行收集和处理时,将整个传感网络视为一个大型的分布式数据库,采用对这个数据库进行查询的方式任意获取局部环境内的各

种传感信息。采用该方式的目的是对传感网络中数据的存取、操作与网络底层实现分离,用户及其应用程序只需关心所要提出的查询和逻辑结构,无需关心传感网络的具体实现细节,释放用户对底层实现机制的依赖性,简化了用户的任务<sup>[14]</sup>。

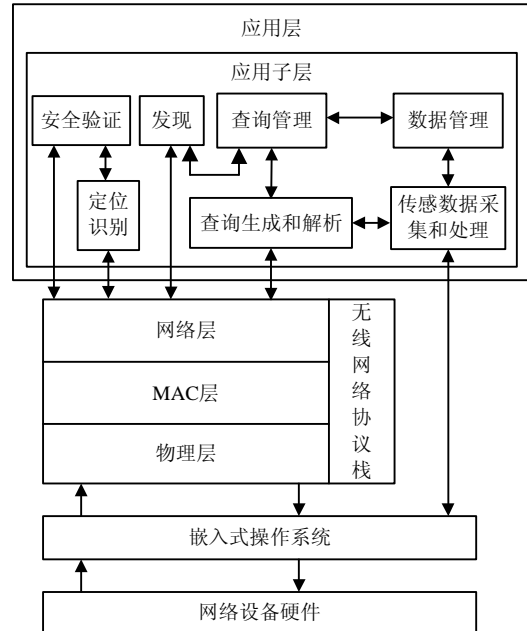


图3 智能标签软件总体结构

本文将类SQL的查询语句输入至局部的传感网络环境以获取相应的信息。如车间中的工程人员在其手持设备上输入如下查询。

```
Select: 温度、振动;
From: 02号设备;
Where: 温度> T 并且振动幅度>A;
Duration: 24 h;
Every: 60 s。
```

该查询将在应用子层被解析,并组成一个查询命令经由无线网络传输至02号设备所在区域的簇头标签。簇头标签接到解析该查询命令后即查找该区域相应的携带不同传感器的智能标签,分别进行传感数据的采集和存储。最后,数据采集的结果会交由簇头标签。对于需要多个智能标签协作完成的查询任务,参与任务的智能标签将会直接把存储的数据汇总至簇头标签,由其进行统一的数据处理。

### 2.3.2 查询管理模块

应用子层中的查询管理模块的主要功能为维护和优化正在被执行的查询队列。其主要工作就是合并多个查询命令,使合并后的传感采样任务能够满足所有需要执行的查询命令。如将每10 s间隔的采样任务和每5 s间隔的采样任务合并为一个采样间隔为

5 s的传感采样任务。但每个查询任务都会存放到查询队列中便于反馈查询结果。通过这种方式对查询队列进行优化，可以在一定程度上提高实时性。

配合查询管理模块完成查询任务的还有发现模块。当进行涉及局部环境中更新了的某个传感器的查询任务时，发现模块会查找到新的传感器，并在该区域的簇头标签中更改该区域的传感器信息，简化了更新网络设备的设置复杂程度。

### 2.3.3 数据管理模块

数据管理模块进行数据存储和处理，其中数据处理包括数据收集和融合。车间环境中的大量场景信息若不加处理地全部进行传输，将极大地增加网络负担。同时由于无线传感网络中设备的能量消耗主要集中在网络数据的收发<sup>[15]</sup>，因此针对局部网络进行数据融合不仅能够有效地减少无线网络内的通信负载，还可以降低网络设备的功耗，从而延长网络设备的生命周期。

智能标签软件结构中的数据融合模块会将保存在数据区中的传感数据以不同的收集依据进行分类、筛选和统计，减少局部网络内数据的传输量。对于采集到和待处理的数据，以二元数组的形式(attribute, value)表示。其中属性一般指传感数据的种类，如温度、湿度和光照等。数据融合模块对接收到的大量数据按其各自属性或值所在的区间进行分类，然后根据查询命令的要求求最大、最小值、以及均值或者曲线拟合等简单的数据统计，并得到结果<sup>[16]</sup>。在簇树型网络拓扑结构中，配合无线通信协议中的时间同步功能，在规定的时槽内将数据收集的结果向父标签反映。

### 2.3.4 定位识别模块

车间环境包括两点定位需求：第一，确定工程人员在哪个机器旁边操作。第二，确定工程人员是否进入了安全警戒区域或者恶劣操作环境。第一点定位需求实际上为识别工程。利用车间环境中安置的大量设备，通过每台设备上的智能标签和携带在工程人员身上的智能标签的相互识别，确定工程人员的工作区域。对于第二点需求，本文在特定区域中布置一定数量的智能标签作为参考标签，通过检测工程人员携带的智能标签(即定位标签)和参考标签之间的通信信号强度RSSI，根据无线信号衰减模型，估算出工程人员的具体位置。

### 2.3.5 安全验证模块

应用子层中的安全验证模块实现两个功能。第一，配合定位识别模块，具体设备或者某些危险区

域将对其附近的工程人员的操作权限进行验证。第二，通过查询工程人员身体网络获得其身体状况，并据此验证该工程人员是否具备进入某个危险区域或者操作某台特殊设备的身体状况条件。

## 3 结束语

本文提出了实现车间智能环境需要面对数据量大和多样性、了解局部区域状况时的透明性、设备操作和人员的安全性问题的挑战。经过比较分析认为携带传感器的主动式RFID标签适合实现车间智能环境的智能标签的硬件结构，并通过智能标签软件结构应用子层中的各个模块解决以上提出的问题。

## 参 考 文 献

- [1] WEISER M. The computer for the 21st century[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 1999, 3(3): 3-11.
- [2] DEBASHIS S, AMITAVA M. Pervasive computing: a paradigm for the 21st century[J]. IEEE Computer Society, 2003, 36(3): 25-31.
- [3] AKYILDIZ I F, SU W, SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. Wireless sensor networks: a survey[J]. Computer Networks, 2002, 38(4): 393-422.
- [4] AKYILDIZ I F, SU W, SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. A survey on sensor networks[J]. IEEE communications magazine, 2002, 40(3): 110-114.
- [5] JUNGL E H, KIM Y P, PARK Y J, et al. A smart sensor overlay network for ubiquitous computing[C]//ICUCT 2006. [S.l.]: LNCS, 2007.
- [6] MIT Computer Science and Artificial Intelligence Lab. MIT Project Oxygen Overview[EB/OL]. [2009-04-21]. <http://www.oxygen.lcs.mit.edu/Overview.html>.
- [7] ESSA I A. Ubiquitous sensing for smart and aware environments: technologies towards the building of an aware home[C]//IEEE Personal Communications. [S.l.]: IEEE, 1999.
- [8] WANG M M, CAO J N, LI J, et al. Middleware for wireless sensor networks: A survey[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2008, 23(3): 305-326.
- [9] BONNET P, GEHRKE J, SESHADRI P. Towards sensor database systems[C]//Proc of the 2nd Int'l Conf on Mobile Data Management. Berlin: Springer-Verlag, 2001: 3-14.
- [10] MADDEN S R, FRANKLIN M J, HELLERSTEIN J M, et al. An acquisitional query processing system for sensor networks[J]. ACM Trans on Database Systems, 2005, 30(1): 122-173.
- [11] ZHANG Lei, WANG Zhi. Integration of RFID into wireless sensor networks: architectures, opportunities and challenging problems[C]//Grid and Cooperative

Computing Workshops. [S.l.]: IEEE, 2006.

[12] QED Systems. Active and passive RFID: two distinct, but complementary, technologies for real-time supply chain visibility[EB/OL]. [2009-04-22]. [http://www.autoid.org/2002\\_Documents/sc31\\_wg4/docs\\_501-520/520\\_18000-7\\_WhitePaper.pdf](http://www.autoid.org/2002_Documents/sc31_wg4/docs_501-520/520_18000-7_WhitePaper.pdf).

[13] ZIGBEE A. Zigbee Specification[EB/OL]. [2009-04-22]. <http://www.zigbee.org/Products/TechnicalDocumentsDownload/tabid/237/Default.aspx>.

[14] 谢磊, 陈力军, 陈道蓄, 等. 无线传感器网络的查询处理机制研究综述[J]. 计算机科学, 2006, 33(9): 45-49.  
XIE Lei, CHEN Li-jun, CHEN Dao-xu, et al. Wireless sensor networks research on the query processing

mechanism[J]. Computer Science, 2006, 33(9): 45-49.

[15] SHNAYDER V, HEMPSTEAD M, CHEN B, et al. Simulating the power consumption of large-scale sensor network applications[C]//ACM SenSys'04. Baltimore Maryland: [s.n.], 2004.

[16] MADDEN S, FRANKLIN M J, HELLERSTEIN J, et al. TAG: a tiny aggregation service for Ad-hoc sensor networks[C]//Proceedings of the Fifth Symposium on Operating Systems Design and implementation. [S.l.]: ACM, 2002.

编辑 税红

### 可穿戴计算研究简介

#### 1. 什么是可穿戴计算

可穿戴计算(WearComp, wearable computing)模式强调以自然的穿戴形式提供计算功能, 弱化机器的概念, 计算系统不是以机器形式出现, “机器”将最终从我们的视线中消失, 计算系统是嵌入在衣物、挎包、腰包、腰带、手表、首饰或其他装饰物等物品中的, 我们体验到的只是“服务”。而这种新的计算模式以弱化“传统计算”为主要任务, 突出增强人的能力(智能、感知能力和体能), 以辅助人为目的, 将使我们产生“计算依赖”, 使我们需要计算就像需要衣物一样。在学术方面, 可穿戴计算可由3种使用模式(持续、增强和介入)与6个属性(非独占性、非限制性、可观性、可控性、环境感知性、交流性)所定义。

#### 2. 研究成果及产品应用概要

当前可穿戴计算系统的应用主要集中在军事、工业等行业。在军事领域, 可穿戴计算机是构建数字化单兵系统的重要核心平台(如美国的陆地勇士计划); 在工业领域, 美国的波音公司和国家航空航天局等都是可穿戴计算研究的先驱和早期采用者。2004年, 欧盟委员会联合来自世界上16个发达国家的42个单位(如微软、西门子、斯柯达、惠普、欧洲宇航防空防务局等)发起成立了世界上最大的民用可穿戴计算项目, 总预算近4 000万欧元。在该项目推动下, 可穿戴计算技术已在汽车制造、医疗、消防、电信、仓储、快递等诸多领域得到了应用和推广。

在产品方面, 可穿戴计算整机和配件产品已投入市场。目前, 美国和日本都已开始生产具有实用价值的可穿戴计算机和专用器件。生产可穿戴计算机的代表厂家有美国的 Xybernaut、Via、Quantum3D 等(如图 1 所示), IBM 也推出了技术展示性样机。目前可穿戴计算专用器件还较少, 主要有美国的 MicroOptical、eMagin、Kaiser、Liteye 和日本的 Sony、Olympus 等生产的头戴显示器, 和 Handykey 等厂商生产的输入装置。在国内, 电子科技大学移动计算中心在国家 863 计划、自然科学基金等项目的资助下, 设计和开发了两代可穿戴计算机(如图 2 所示), 并已在多家重要单位开展了推广应用。



图 1 从左至右依次为 Xybernaut、Via、Quantum3D 等机构推出的可穿戴计算机产品

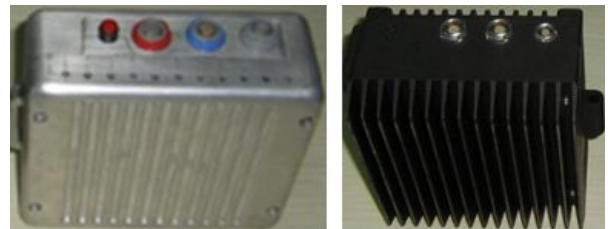


图 2 电子科技大学移动计算中心设计开发的可穿戴计算机主机