

# WSN 与 RFID 技术的融合研究

李 斌, 李文锋

(武汉理工大学物流工程学院, 武汉 430063)

**摘 要:** 无线传感器网络和无线射频识别技术通过 IEEE802.15.4 标准和 ZigBee 协议结合起来组成 WSID 网络, 相对于现有的无线传感器网络与主动 RFID, 在通信距离、时钟同步、定位跟踪以及数据融合等方面均有较大的改善和提高, 根据此类系统的应用特点, 提出基于面向服务架构和 XML Web Services 的软件平台的体系结构, 具有良好的开放性, 使系统的利用率和可重复使用性大大提高。

**关键词:** 无线传感器网络; 无线射频识别; ZigBee 协议; 面向服务的结构; Web 服务

## Research on Integration of WSN and RFID Technology

LI Bin, LI Wen-feng

(Department of Logistic Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063)

**【Abstract】** Wireless Sensor Network(WSN) changes human being and the nature interactive mode, and radio frequency identification puts up the bridge between the physics world and current information system. If WSN and RFID and connect with IEEE802.15.4 and ZigBee, people will get WSID network, that has great improvement in the respect of communication distance, clock synchronism, localization and data aggregation, etc. relative to available WSN and RFID. The paper brings forward the software platform architecture based on Service-Oriented Architecture(SOA) and XML Web Services according to the applied characteristic of the omnibus system.

**【Key words】** Wireless Sensor Network(WSN); Radio Frequency Identification(RFID); ZigBee; service-oriented architecture; Web services

### 1 物理与信息世界的融合

无线传感器网络(WSN)是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成, 通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统, 其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息, 并发送给观察者。Internet 构成了逻辑上的信息世界, 改变了人与人之间的沟通方式, 而无线传感器网络则将逻辑上的信息世界与客观上的物理世界融合在一起, 改变了人类与自然界的交互方式<sup>[1]</sup>。

无线射频识别技术(RFID)是一种非接触的自动识别技术, 其基本原理是利用射频信号和空间耦合(电感或电磁耦合)传输特性, 实现对被识别物品的自动识别。射频识别系统一般由 2 个部分组成, 即电子标签(tag)和阅读器(reader)。在 RFID 的实际应用中, 电子标签附着在被识别的物体上(表面或内部), 当带有电子标签的被识别物品通过其可识别范围时, 阅读器自动以无接触的方式将电子标签中的约定识别信息取出来, 从而实现自动识别物品或者自动收集物品标志信息的功能<sup>[2]</sup>。RFID 是将物理世界与现有 IT 系统联系起来的桥梁, 根据其射频卡的数据调制方式, 可分为主动式和被动式 2 种。

WSN 获取物理世界的数据, RFID 搭建起物理世界与信息世界的桥梁, 将两者进行有机结合, 可以将物理世界与现有的信息世界进行良好的融合, 从根本上改变现有的 IT 系统。本文探讨的重点是如何将两者结合起来和成功结合以后对现有系统将会有哪些改善以及如何构建其软件系统。

### 2 WSN 与 RFID 的互通

目前 RFID 的抗干扰性较差, 而且有效距离较短, 通常小于 10 m。采用主动 RFID 后, 标签内部带电池, 主动发射信号, 阅读器可以不发射功率, 可同时识别多个目标系统,

能对 100 km/h 的高速移动目标识别, 识别范围 1 m ~ 30 m 可调, 但其距离仍然有限, 这对 RFID 的应用是一个极大的限制。以 ZigBee 协议为纽带, 将 WSN 同 RFID 有机的结合起来, 形成 WSID 网络, 将有极其广阔的应用前景。

#### 2.1 IEEE 802.15.4 标准

IEEE 802.15.4 网络协议栈基于开放系统互连模型(OSI), 每一层都实现一部分通信功能, 并向高层提供服务。IEEE 802.15.4 标准只定义了 PHY 层和数据链路层的 MAC 子层。PHY 层由射频收发器以及底层的控制模块构成。MAC 子层为高层访问物理信道提供点到点通信的服务接口。IEEE 802.15.4 协议的网络拓扑结构有 3 种类型: 星型结构, 网格状结构和簇状结构, 如图 1 所示。其中网格状结构和簇状结构属于点对点的结构。

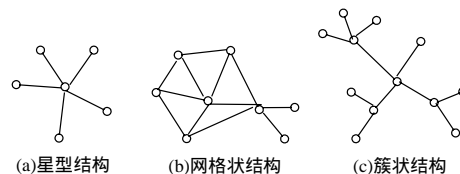


图 1 IEEE 802.15.4 的网络拓扑类型

IEEE 802.15.4 定义了 2 个物理层标准, 分别是 2.4 GHz 物理层和 868/915 MHz 物理层。两个物理层都基于直接序列扩频(DSSS), 使用相同的物理层数据包格式, 区别在于工作

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60475031); 湖北省青年杰出人才基金资助项目(2005ABB021)

**作者简介:** 李 斌(1979 - ), 男, 博士研究生, 主研方向: 智能制造与控制, 软件工程; 李文锋, 教授、博士

**收稿日期:** 2007-05-30 **E-mail:** whutmse2006@sina.com

频率、调制技术、扩频码片长度和传输速率。其中 2.4 GHz 频段为全球统一的无须申请的ISM频段，有助于ZigBee设备的推广和生产成本的降低<sup>[3]</sup>。

2.2 ZigBee 协议

ZigBee 技术作为无线传感器网络的主要支撑技术得到人们广泛的关注。ZigBee 协议栈由高层应用规范、应用汇聚层、网络层、数据链路层和物理层组成，网络层以上的协议由 ZigBee 联盟负责，物理层和媒体访问控制(MAC)层采用 IEEE802.15.4 标准。ZigBee 协议的网络层采用基于 Ad Hoc 技术的路由协议，除了包含通用的网络层功能外，还与底层的 IEEE 802.15.4 标准同样省电。另外，还同时实现了网络的自组织和自维护，最大程度地方便消费者，降低网络的维护成本。应用汇聚层则把不同的应用映射到 ZigBee 网络上，主要包括安全属性设置和多个业务数据流的汇聚等功能。整个协议的设计使得 ZigBee 技术具有数据传输速率低、功耗低、成本低等特点，也就使得具体的实现要求很低，从而更加适合于工业监控系统、传感器网络、家庭监控系统、安全系统等应用。整个 ZigBee 协议栈的结构如图 2 所示。

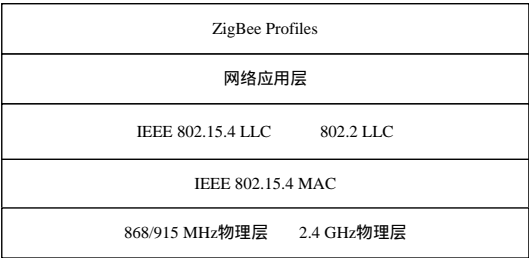


图 2 ZigBee 协议栈

2.3 互通方案

目前 RFID 标签和阅读器之间的通信协议和频率较为复杂多样，但其中 IEEE 802.15.4 标准和 2.4 GHz 的频率对于主动 RFID 最受欢迎。2.4 GHz 频率非常适合于应用到实时定位系统中，同时它在主动 RFID 的 ZigBee、WiFi 和蓝牙技术中的杠杆作用近来也愈加重要；而在无线传感器网络方面，ZigBee 协议优势明显，因此，在设计互通方案时，IEEE 802.15.4 标准和 ZigBee 协议是首选的协议标准，2.4 GHz 是采用的通信频率。上述标准和通信频率构成了 WSN 和 RFID 互通方案的核心。基于 WSN 与 RFID 的 IT 系统如图 3 所示。

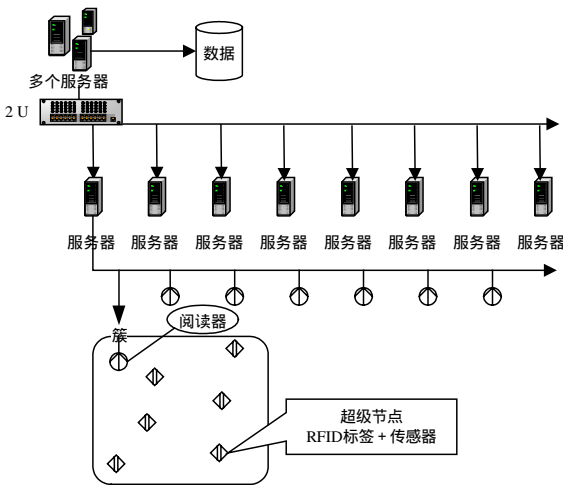


图 3 基于 WSN 与 RFID 的 IT 系统

在无线传感器网络和 RFID 的融合应用中，无论是 RFID 标签 + 传感器的节点还是 RFID 阅读器，都是 IEEE 802.15.4

网络中的全功能设备，它们随机组成点对点网络，相互之间进行通信，原来 RFID 标签(被动)和阅读器之间的主从关系将转换为对等关系。阅读器和节点的通信部分都基于支持 IEEE 802.15.4 的无线收发芯片，阅读器由于其位置相对固定，其能量可以获得较为充分的保证，可以充当定位时的信标节点，数据融合和数据管理也可以在上面进行，阅读器可以使用有线方式连接成局域网，将其收集并经过初步融合的信息传递给中间件服务器，最后交由应用服务器进行监测、跟踪以及数据挖掘等具体应用，全面实现物理世界与信息世界的融合，其具体结构见图 3。

3 引入 RFID 对 WSN 的改进

3.1 时钟同步

在分布式系统中，不同的节点都有自己的本地时钟。由于不同的节点的晶体振荡器频率存在偏差，以及温度变化和电磁波干扰等，即使在某个时刻所有节点都达到时间同步，它们的时间也会逐渐出现偏差，而分布式系统的协同工作需要节点间的时间同步；另一方面，传感器网络中节点代价不能太高，节点的微小体积不能安装除本地振荡器和无线通信模块外更多的用于同步的器件，因此，在无线传感器网络中完成节点间的时间同步时一直面临诸多困难与挑战。

将 RFID 与 WSN 进行融合，可以充分利用阅读器较一般节点强大得多的处理能力，阅读器每隔一段时间对其范围内的节点(移动或静止)广播相应的时间同步信号，以使其区域内的节点达到同步，相对于以往传感器网络的同步机制，这种方法在扩展性、稳定性、鲁棒性、收敛性和能量感知等方面均有不可比拟的优势，而且这种同步方案使得传感器网络在众多不同应用中拥有了一个相对统一的时间同步机制；而阅读器之间见图 3，使用有线网络连接，完全可以采用传统的网络时间协议(Network Time Protocol, NTP)来达到较高同步的精度，以使整个网络拥有一个良好的时间同步基准。

3.2 定位跟踪

在传感器网络中，位置信息对传感器网络的监测活动至关重要，事件发生的位置或获取信息的节点位置是传感器节点监测消息中所包含的重要信息，没有位置信息的监测消息往往毫无意义。目前在传感器网络节点定位技术中，根据节点是否已知自身的位置，把传感器节点分为信标节点(beacon node)和未知节点(unknown node)。信标节点在网络节点中所占的比例很小，可以通过携带 GPS 定位设备等手段获得自身的精确位置。信标节点是未知节点定位的参考点。除了信标节点外，其他传感器节点就是未知节点，它们通过信标节点的位置信息来确定自身位置<sup>[4]</sup>。

RFID 的融入为人与节点的空间定位与跟踪服务提供了一种新的解决方案。阅读器位置相对固定，可以预先探知，作为信标节点，然后利用标签对物体的唯一标识特性，依据读写器与安装在物体上的标签之间射频通信的信号强度来测量物品的空间位置。依据 RFID 的特性，系统可以在几毫秒内得到厘米级定位精度的信息，且其传输范围大，成本低，节点定位通信开销小，能量高效且健壮性强。

RFID 技术与传感器网络技术结合，较传统解决方案，在定位跟踪方面有诸多优势。传感器网络一般不关心节点的位置，因此，对节点一般都不采用全局标识，而 RFID 技术对节点的标示有着得天独厚的优势，将两者结合共同组成网络可以相互弥补对方的缺陷，既可以将网络的主要精力集中到数据上，当需要具体的考虑到某个具体节点的信息的时候，

也可以利用 RFID 的标识功能轻松地找到节点的位置,这一切为新的应用奠定了良好的基础,因为基于位置的服务将会是未来发展的一个热点。

### 3.3 数据融合

传感器网络的基本功能是收集并返回其传感器节点所在监测区域的信息。传感器网络节点的资源十分有限,在收集信息的过程中采用各个节点单独传送数据到汇聚节点的方法是不合适的,因为这样必然会造成浪费通信带宽和能量以及降低信息收集的效率等问题,而且在很多的传感器应用中,许多时候只关心监测结果,并不需要收到大量的原始数据,数据融合(data aggregation)是实现此目的的重要手段。

在无线传感器网络节点中引入 RFID 主动标签后,整个网络的拓扑结构为一个典型的簇状结构。如图 3 所示,阅读器将成为网络中的汇聚节点,连接传感器网络与 Internet 等外部网络。汇聚节点(阅读器)在收集数据时通过反向组播树的形式从分散的传感器节点逐步将监测数据汇集起来,并在此过程中形成数据融合树(aggregation tree)。由于节点执行指令时消耗的能量远少于传送数据,那么在一个扫描周期内,汇聚节点首先选择数据融合树中的少数节点唤醒(选择算法的原则务必保证在若干个周期内扫描到全部的节点,且每次扫描能较为全面地反映该阅读器监测区域内的情况),与它们通信,获取相关数据并在本地进行数据融合处理后,唤醒数据融合树中的其他节点并发送该数据,各个节点将此数据与本地数据进行比较,如有较大差异,则向汇聚节点发送数据,否则再度进入睡眠状态。因为每个周期内通信的节点及数据量并不大,所以网络中的路由方式采取以地址为中心的路由(Address-Centric routing, AC 路由),每个源节点沿着到汇聚节点的最短路径转发数据。

## 4 系统的体系结构

在将无线传感器网络与无线射频识别技术进行了有机融合以后,便能够对客观的物理世界有精确的把握,并通过 IEEE802.15.4 和 ZigBee 协议将数据传送到汇聚节点(阅读器),到此前端的数据收集工作基本结束,真实的数据开始进入信息世界。数据通过服务总线传送到业务逻辑层(一般用中间件或 Web Services 实现)进行处理,将处理后的数据存入数据库中或传送给相应的应用。虽然目前硬件的成本一直在下降,但在某个环境中部署多个 RFID + 传感器的节点仍然具有相当的成本;在某些典型环境中,如大楼或车间内,更是有希望可以将这些节点作为建筑的基础设施进行安装和更换,如何最大化利用这些硬件设备是构建软件系统时要考虑的首要问题;另一方面,各种基于 WSN 和 RFID 应用的需求差异巨大,业务流程变换频率较快,有鉴于此,本文提出基于 SOA 和 Web Services 的开放服务平台架构。

### 4.1 SOA 与 Web Services

面向服务架构(Service-Oriented Architecture, SOA)是一个组件模型,它将应用程序的不同功能单元(称为服务)通过这些服务之间定义良好的接口和契约联系起来。接口采用中立的方式进行定义,独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言。SOA 可以根据需求通过网络对松散耦合的粗粒度应用组件进行分布式部署、组合和使用。

SOA 的实现方式不止一种,用 Web Services 作为实现 SOA 的技术平台具有其他方式不可比拟的优势:Web Services 是广

泛普及的、简单的和平台独立的。Web Services 为 IT 系统提供了与万维网同样层次的抽象,从而有利于开发人员快速简捷地实现 IT 系统<sup>[5]</sup>。

### 4.2 软件平台体系结构

系统的软件平台体系结构如图 4 所示,完全基于 SOA 架构。整个系统不仅将物理世界与计算机世界有机地联系在一起,还将网络边缘的硬件、嵌入式软件及中间件与企业系统连接起来,使得由分布物理事件所形成的数据能够传递到现有的企业或监控系统中,从而改进并提高了现有系统业务流程的集成与整合,给系统业务的重构带来了稳定高效灵活的解决方案,从根本上改变了目前信息系统难以随需而变的困境。整个平台使得传感器网络和 RFID 设备对用户高度透明,并提供对外高度抽象的设备接口和数据接口,具有良好的开放性。这一切使得对系统软硬件的投资可以在各种实际应用中获得最大化的收益,系统的利用率和可重复使用性将大大提高。

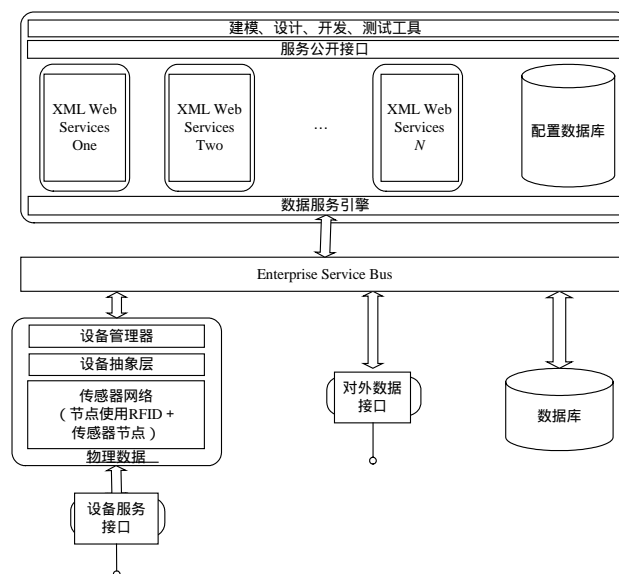


图 4 基于 WSN 与 RFID 系统的体系结构

## 5 结束语

SOA 可以看作是 B/S 模型、XML/Web Services 技术之后的自然延伸,它能够帮助人们从新的高度理解企业级架构中的各种组件的开发、部署形式。将三者进行有机结合,可从根本上改变现有 IT 系统构建中诸多困难,使开发人员可以从容地面对物理世界和企业业务频繁的变化。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] Finkenzeller K. 射频识别技术[M]. 陈大才, 译. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [3] 刘元安, 叶靓, 邵谦明, 等. 无线传感器网络与 TCP/IP 网络的融合[J]. 北京邮电大学学报, 2006, 29(6): 1-4.
- [4] 王福豹, 史龙, 任丰原. 无线传感器网络中的自身定位系统和算法[J]. 软件学报, 2005, 16(5): 857-868.
- [5] Newcomer E. Understanding SOA with Web Services[M]. Boston, USA: Addison-Wesley Professional, 2004.