

# 物联网 支撑技术

张德干 著



科学出版社

# 物联网支撑技术

张德干 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

物联网是下一代 Internet 的重要组成部分,有助于实现任何时刻、任何地点、任何人、任何物体之间的互联,提供普适服务。它为普适计算和云计算提供有力的支持。物联网应用的普及会极大地提高人们的工作效率和生活质量。物联网可分为感知层、网络层、应用层三层。物联网的关键技术涉及感知层、网络层、应用层中的多个方面,本书阐述的是物联网支撑技术,它主要包括基于有限状态机的 USB 输出流控制协议、无线传感器网络一系列技术、基于位置的感知计算技术、网络自适应控制技术、基于语义的服务发现技术、面向物联网应用的无缝迁移技术等。这是物联网技术的一个子集。利用这些支撑技术,可以支持物联网的发展及应用。

本书可供高年级本科生、研究生及教师学习和参考,也适合从事物联网及其相关领域的科研和工程开发技术人员阅读、参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

物联网支撑技术/张德干著. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-032209-8

I. 物… II. 张… III. ①互连网络-应用 ②智能技术-应用  
IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 175292 号

责任编辑:张艳芬 / 责任校对:陈玉凤  
责任印制:赵 博 / 封面设计:鑫联必升

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

海德印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2011 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 9 月第一次印刷 印张: 13 1/4

印数: 1—2 500 字数: 252 000

**定价: 55.00 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

物联网是下一代 Internet 的重要组成部分,它有助于实现任何时刻、任何地点、任何人、任何物体之间的互联,提供普适服务。它对普适计算和云计算提供了有力的支持。物联网将服务对象从人扩展到物,深入社会的各个方面,应用的领域十分广泛。物联网应用的普及将会极大地提高人们的工作效率和生活质量。

物联网与普适计算和云计算一样,其发展也是一个不断演进的过程。物联网的体系结构可粗略地分为感知层、网络层、应用层三层。针对每一层,目前还有许多不同方面的关键技术需要研究、开发和实现。物联网的支撑技术涉及上述三层的多个方面。本书主要阐述了与如下几个方面相关的技术:基于有限状态机的 USB 输出流控制协议、无线传感器网络一系列技术、基于位置的感知计算技术、网络自适应控制技术、基于语义的服务发现技术、面向物联网应用的无缝迁移技术等。

本书得到了国家 863 计划项目(No. 2007AA01Z188)、国家自然科学基金面上项目(No. 60773073 & 61001174)、教育部新世纪优秀人才计划项目(No. NCET-09-0895)、教育部科技计划重点项目(No. 208010)、天津市自然科学基金项目(No. 10JCYBJC00500)、天津理工大学计算机与通信工程学院“智能计算及软件新技术”天津市重点实验室和“计算机视觉与系统”省部共建教育部重点实验室相关基金的资助。

本书由郑刚教授和宁红云教授审阅。

本书在撰写过程中,多位教授和专家学者提出了建设性意见,同时得到了韩静等同事,陈绪延、刘微微、李超、王园园、康学净、戴文博、程英、王冬、胡玉霞、刘朝敬、梁彦娉等研究生的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

书中不当之处,真诚欢迎各位专家、读者批评指正。

作 者

2011 年 5 月

# 目 录

## 前言

|   |    |
|---|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....                     | 1  |
| 1.1 物联网概述 .....                           | 1  |
| 1.2 射频识别技术 .....                          | 2  |
| 1.3 传感器 .....                             | 5  |
| 1.4 传感器网络 .....                           | 7  |
| 1.5 Ad Hoc 网络 .....                       | 9  |
| 1.6 无线局域网 .....                           | 10 |
| 1.7 无线广域网 .....                           | 11 |
| 1.8 物联网的发展与应用 .....                       | 12 |
| <b>第 2 章 USB 输出流控制协议</b> .....            | 13 |
| 2.1 概述 .....                              | 13 |
| 2.2 基本原理 .....                            | 14 |
| 2.3 USB 协议数据包结构 .....                     | 15 |
| 2.4 USB 输出流控制协议设计原理 .....                 | 18 |
| 2.5 仿真及结果分析 .....                         | 23 |
| 2.6 本章小结 .....                            | 24 |
| <b>第 3 章 WSN 拓扑加权演化机制</b> .....           | 25 |
| 3.1 概述 .....                              | 25 |
| 3.2 复杂网络基础理论 .....                        | 26 |
| 3.3 BBV 加权网络模型和局域世界理论 .....               | 27 |
| 3.4 基于局域世界和加权演化的不均匀成簇机制 .....             | 29 |
| 3.4.1 网络模型的建立 .....                       | 29 |
| 3.4.2 拓扑演化机制 .....                        | 31 |
| 3.4.3 节点强度、节点度和边权重分布的求解 .....             | 33 |
| 3.5 本章小结 .....                            | 36 |
| <b>第 4 章 基于可靠性和相关性的传感器网络 MAC 协议</b> ..... | 37 |
| 4.1 简介 .....                              | 37 |
| 4.2 相关研究 .....                            | 37 |
| 4.3 相关理论基础及问题分析 .....                     | 38 |

|              |                         |           |
|--------------|-------------------------|-----------|
| 4.4          | New-MAC 协议的设计           | 42        |
| 4.5          | 冲突避免方法的设计               | 44        |
| 4.6          | New-MAC 协议的核心思想分析       | 45        |
| 4.7          | 仿真实验                    | 45        |
| 4.8          | 本章小结                    | 47        |
| <b>第 5 章</b> | <b>球坐标系下非线性小波收缩去噪方法</b> | <b>48</b> |
| 5.1          | 概述                      | 48        |
| 5.2          | 基础理论                    | 49        |
| 5.2.1        | 小波理论                    | 49        |
| 5.2.2        | 小波收缩基本算法                | 49        |
| 5.2.3        | 球坐标系下小波收缩基本算法           | 50        |
| 5.3          | 一种新的基于 Besove 空间范数的收缩阈值 | 50        |
| 5.3.1        | 传统收缩阈值及其不足              | 50        |
| 5.3.2        | 改进的基于 Besove 空间范数的收缩阈值  | 51        |
| 5.4          | 一种新的球坐标系下的曲线收缩函数        | 54        |
| 5.4.1        | 传统的收缩函数                 | 54        |
| 5.4.2        | 改进的曲线收缩函数               | 54        |
| 5.5          | 新算法设计                   | 55        |
| 5.6          | 仿真实验                    | 57        |
| 5.7          | 本章小结                    | 62        |
| <b>第 6 章</b> | <b>基于位置的感知计算技术</b>      | <b>63</b> |
| 6.1          | 概述                      | 63        |
| 6.2          | 基于位置感知计算服务的特征           | 65        |
| 6.3          | 基于位置感知计算服务的关键技术         | 66        |
| 6.4          | 基于位置感知计算服务的应用方式         | 67        |
| 6.5          | 定位方法                    | 69        |
| 6.5.1        | 简介                      | 69        |
| 6.5.2        | 定位技术分析                  | 70        |
| 6.5.3        | 定位算法                    | 71        |
| 6.5.4        | 定位方法的适用范围               | 74        |
| 6.6          | 感知策略                    | 75        |
| 6.7          | 一种基于位置的感知计算原型系统         | 77        |
| 6.8          | 系统运行测试                  | 82        |
| 6.9          | 本章小结                    | 84        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第 7 章 面向 LBS 的服务匹配方法</b> ..... | 85  |
| 7.1 概述 .....                      | 85  |
| 7.2 现有服务发现协议存在问题的分析 .....         | 85  |
| 7.3 服务匹配算法的设计 .....               | 87  |
| 7.3.1 弹性匹配算法 .....                | 87  |
| 7.3.2 新服务匹配算法的设计 .....            | 88  |
| 7.4 服务匹配算法的具体描述 .....             | 91  |
| 7.5 实例应用分析 .....                  | 93  |
| 7.6 本章小结 .....                    | 96  |
| <b>第 8 章 网络传输自适应控制方法</b> .....    | 97  |
| 8.1 概述 .....                      | 97  |
| 8.2 网络拥塞现象分析 .....                | 98  |
| 8.3 随机早期检测控制策略 .....              | 101 |
| 8.3.1 RED 算法分析 .....              | 102 |
| 8.3.2 RED 衍生算法 .....              | 103 |
| 8.4 自适应控制算法改进策略 .....             | 109 |
| 8.4.1 基于升半正态分布的控制算法 .....         | 109 |
| 8.4.2 升半正态分布研究 .....              | 111 |
| 8.4.3 DARED 算法 .....              | 113 |
| 8.5 改进算法的仿真及性能分析 .....            | 114 |
| 8.5.1 网络模拟环境设置 .....              | 115 |
| 8.5.2 仿真及性能分析 .....               | 115 |
| 8.6 DARED 算法在物联网环境下的应用测试 .....    | 123 |
| 8.7 本章小结 .....                    | 125 |
| <b>第 9 章 基于语义的服务发现策略</b> .....    | 126 |
| 9.1 简介 .....                      | 126 |
| 9.2 现有的服务发现技术 .....               | 126 |
| 9.2.1 UPnP .....                  | 126 |
| 9.2.2 Salutation .....            | 128 |
| 9.2.3 Jini 技术 .....               | 130 |
| 9.2.4 SLP .....                   | 131 |
| 9.2.5 SDP .....                   | 133 |
| 9.2.6 基于语义的服务发现技术 .....           | 133 |
| 9.3 语义 Web .....                  | 134 |
| 9.4 基于语义的服务描述 .....               | 139 |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 9.5           | 基于语义的服务匹配及服务选择        | 143        |
| 9.5.1         | Service Category 匹配   | 144        |
| 9.5.2         | Input 和 Output 匹配     | 145        |
| 9.5.3         | QoS 匹配                | 146        |
| 9.5.4         | QoS 本体                | 147        |
| 9.5.5         | QoS 匹配模型              | 150        |
| 9.6           | 服务发现模型的设计             | 150        |
| 9.6.1         | 服务发现模型的层次             | 150        |
| 9.6.2         | 服务发现模型的功能模块           | 151        |
| 9.6.3         | 服务发现模型的流程设计           | 153        |
| 9.7           | 基于语义的服务发现模型的实现        | 153        |
| 9.7.1         | 构建服务领域本体              | 154        |
| 9.7.2         | 算法描述                  | 154        |
| 9.7.3         | 测试及分析                 | 155        |
| 9.8           | 本章小结                  | 159        |
| <b>第 10 章</b> | <b>面向物联网应用的无缝迁移技术</b> | <b>160</b> |
| 10.1          | 概述                    | 160        |
| 10.2          | 面向物联网应用的媒体无缝迁移基础技术    | 161        |
| 10.2.1        | 基于 RFID 迁移技术          | 162        |
| 10.2.2        | 基于无线传感器网络迁移技术         | 163        |
| 10.2.3        | 基于移动通信网迁移技术           | 164        |
| 10.2.4        | 基于 Ad Hoc 网迁移技术       | 165        |
| 10.2.5        | 基于有线网迁移技术             | 165        |
| 10.3          | 媒体无缝迁移方法原理            | 166        |
| 10.3.1        | Ajax 无缝迁移原理           | 166        |
| 10.3.2        | Comet 无缝迁移原理          | 167        |
| 10.3.3        | JMF 控制原理              | 168        |
| 10.3.4        | ActiveMovie 控制原理      | 169        |
| 10.4          | 媒体无缝迁移方法的设计           | 170        |
| 10.4.1        | 基于网络传输控制的设计           | 170        |
| 10.4.2        | 基于小块文件迁移的设计           | 171        |
| 10.4.3        | 基于音视频关键帧迁移的设计         | 172        |
| 10.4.4        | 基于 QoS 的设计            | 173        |
| 10.4.5        | 基于媒体迁移失效恢复策略的设计       | 175        |
| 10.4.6        | 基于 Web 播放模块的设计        | 176        |



---

|             |                              |     |
|-------------|------------------------------|-----|
| 10.5        | 媒体无缝迁移方法的实现 .....            | 177 |
| 10.5.1      | 基于 B/S 架构的流媒体无缝迁移实现 .....    | 177 |
| 10.5.2      | 基于 P2P 架构的流媒体无缝迁移策略的实现 ..... | 181 |
| 10.5.3      | 基于 C/S 架构的流媒体无缝迁移策略的实现 ..... | 182 |
| 10.6        | 应用测试 .....                   | 182 |
| 10.6.1      | 应用简介 .....                   | 182 |
| 10.6.2      | 基于 B/S 架构的媒体无缝迁移效果 .....     | 184 |
| 10.6.3      | 基于 P2P 架构的媒体无缝迁移效果 .....     | 187 |
| 10.6.4      | 基于 C/S 架构的流媒体无缝迁移效果 .....    | 188 |
| 10.7        | 基于数据采集的效果比对图 .....           | 189 |
| 10.8        | 本章小结 .....                   | 191 |
| <b>参考文献</b> | .....                        | 192 |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 物联网概述

伴随着计算、通信和数字媒体等技术的发展和进一步融合,互联手段有了质的突破,人们对网络提出了新的要求,物联网(Internet of things)作为一种新兴网络角色被人们所关注。

2005年,由国际电信联盟(ITU)正式提出了物联网的概念。其定义被描述为:物联网是物与物之间连接而形成的互联网。这包含了两层含义:物联网是以互联网为基础,它是 Internet 的一种扩展(expand)或扩充(extend);用户端之间的对话(talk)不仅仅是单纯的人与人之间、人与物之间,而是任何两个物品之间。物联网中的用户终端相互之间可以进行信息的对话、迁移(migrate)和共享(share),这便意味着世界上的任何两个物体均可以通过物联网主动地进行并实现信息交换(exchange)。

物联网是下一代 Internet 的重要组成部分,它有助于实现任何时刻、任何地点、任何人、任何物体之间的互联,提供普适服务。物联网连接的是现实的物理世界,实现的是物与物、人与物、人与自然之间的交互对话。物联网中的“物”一般都具有标识、物理属性和实质上的个性,使用基于标准的和可互操作的通信接口,实现与信息网络的无缝融合。

物联网的体系结构可粗略地分为感知层、网络层和应用层。其中,射频识别(RFID)、传感器及传感器网络属于感知层,主要解决信息的感知与采集,是物联网的核心基础设施。物联网以互联网为平台,将射频标签、传感器、传感器网络等具有感知功能的信息网络整合起来,实现人类社会与物理世界的信息沟通。移动通信网、互联网及其他专网属于网络层,主要将感知到的信息无障碍地、高可靠性地、高安全性地传送。应用支撑平台和应用服务系统属于应用层,主要用于支撑跨领域、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通的功能,以实现包括智能指挥、智能医疗、智能控制、智能家居、智能交通、智能电力、智能物流等各行业应用。

基于国内外相关的技术资料,下面就物联网感知层、网络层、应用层中涉及的部分关键技术做一简单介绍。

## 1.2 射频识别技术

要实现物与物、物与人之间的对话交互,物就得跟人一样需要一个合法的身份,要实现物理世界物体身份的合法化,RFID 技术是关键,其射频标签具有唯一的电子产品编码,可作为现实生活中物体的“身份证”来对物体进行区分识别。

RFID 是 20 世纪 90 年代兴起的一种非接触式的自动识别技术,识别过程无需人工干预,利用射频信号通过空间耦合实现信息的无接触传递,并通过所传递信息达到识别的目的。RFID 可工作于各种恶劣环境,可识别高速运动的物体,并可以同时识别多个物体,操作快捷方便。

一个完整的 RFID 系统主要包括三部分:标签、读写器及应用控制系统(通常为计算机网络系统),如图 1-1 所示。读写器发出一定频率的射频信号,当电子标签进入读写器工作区域的磁场时,被读写器激活以射频信号的形式将自身所携带的编码信息发送出去,读写器接收到信息传送给计算机网络系统,计算机系统根据一定的运算判断该信息的合法性等,根据所携带信息的不同做出相应的判断和控制,从而完成一次识别的全过程。

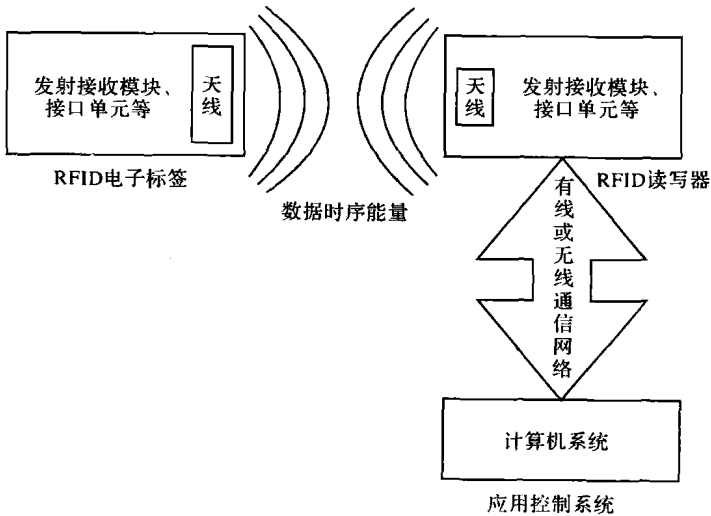


图 1-1 RFID 系统框图

标签通常由耦合元件(天线)和微电子芯片组成,每个标签具有唯一的电子产品编码,该编码即可识别标签唯一的身份证 ID 号。标签附着在物体上用来标识目标对象,不受环境影响,寿命较长。一般情况下,标签具有只读功能,但有时候根据应用场合的不同标签也可被写入,但是其 ID 号是始终不变的。按能量的供

应方式,标签可分为有源标签与无源标签,无源标签自己没有电源,能量需要从读写器发出的电磁场中取得,有源标签包含一个电池,提供标签所需要的部分或全部能量。按工作频率,标签可分为低频标签、高频标签和超高频标签。根据应用场合的不同,标签采取不同的封装方式,如智能标签等。

读写器是读取标签的设备,一个典型的读写器通常由控制系统、高频模块(发送器和接收器)、耦合元件(天线)和接口单元组成,可设计为手持式或固定式。

控制系统与应用系统进行通信,执行计算机系统软件发过来的命令,控制着读写器与标签的通信过程。

RFID中读写器与标签之间主要是以能量感应为基础通过一定的时序方式来实现数据交换的,能量感应方式大致可以分为感应耦合(inductive coupling)和反向散射耦合(backscatter coupling)两种。感应耦合通常采用变压器模型,通过空间高频交变的磁场实现耦合,依据的是电磁感应定律,一般中、低频的短距离RFID系统采用这种能量耦合方式。反向散射耦合采用雷达原理模型,读写器发射出去电磁波,碰到目标标签后反射,同时携带目标标签信息返回,依据的是电磁波的空间传播规律,一般高频、微波工作的远距离RFID系统采用这种能量耦合方式。

RFID系统工作时,读写器通过天线发射一定频率的射频信号,当无源(或被动)标签进入读写器工作区域时由于产生感应电流而被激活,凭借感应电流获得的能量将存储在标签中的产品信息通过标签内置的天线发送出去,而有源(或主动)标签则始终处于激活、主动工作状态,主动发送出某一频率的射频信号,读写器接收射频信号,读取信息并解码后将信息送至计算机系统,计算机系统根据一定的逻辑运算判断该射频标签的合法性,针对不同的设定做出相应的处理和

控制。

RFID系统有以下三种基本工作方式:全双工(full duplex)、半双工(half duplex)及时序(SEQ)。全双工RFID系统中,电子标签与读写器在同一时刻可以相互传送信息,半双工RFID系统电子标签和读写器也可以双向传送信息,但同一时刻只能向一个方向传送,这两种工作方式都是读写器发射电磁波,电子标签做出一定的回应。时序工作方法则是读写器辐射出的电磁场短时间、周期性地断开,电子标签识别这些间隔,利用这些间隔实现电子标签与读写器之间的数据传输,是一种典型的雷达工作方式。

对于一个RFID系统,其使用频率决定整个系统的主要性能,使用频率不同,读写器与标签之间能量耦合方式不同,读写距离以及数据传输速率和抗干扰性等不同,读写器及标签实现的难易程度及设备的成本也不同。RFID系统工作所占据的频率应位于ISM波段之中。按其工作频率不同,可分为低频、中高频、超高频RFID系统。

RFID系统读写器发送射频信号的频率基本上划分为三个范围:低频(30kHz~

3MHz)、中高频(3~300MHz)、超高频(300MHz~3GHz)、微波(大于 33GHz)。

低频 RFID 典型的工作频率为 125~134kHz,该频率主要通过电感耦合方式进行工作,标签一般为无源标签,除了金属材料外,该频率波长一般能够穿透任意材料的物品而不降低它的读取距离,读取距离一般小于 1m。工作在低频的 RFID 在全球没有任何特殊的许可限制,适合近距离、低速、数据量要求较少的识别应用。相对于其他频段的 RFID 产品,该频段的数据传输速率较慢,标签价格较贵。低频 RFID 主要应用于动物识别、汽车防盗、马拉松赛跑系统、门禁和安全管理系统等。

高频 RFID 典型的工作频率为 13.56MHz,系统主要通过电感耦合进行工作,与低频相比,标签天线绕制圈数较少,价格相对便宜一些,标签一般也采用无源标签。除金属材料外,该频率的波长可以穿透绝大多数材料,但是往往会降低读取距离。该频率与低频一样,在全球都得到认可而没有特殊限制。高频 RFID 系统一般具有防冲撞特性,可以同时读取多个电子标签,数据传输速率也要比低频快,价格也不是很贵。

超高频 RFID 典型的工作频率为 860~960MHz。超高频 RFID 的波长不能穿过很多材料,特别是灰尘、雾等悬浮颗粒物质。该频段 RFID 有着很好的读写距离,有着很高的数据传输速率,能够在很短的时间内读取大量的电子标签,广泛应用于物流管理,生产自动化管理,航空、铁路包裹管理,集装箱管理,移动车辆识别等。

RFID 中间件是连接 RFID 读写器与企业应用程序的纽带,应用程序通过中间件提供的一组通用程序接口就可以连接到读写器,读取 RFID 电子标签的内容,这样一来无需改动现有应用系统即可与各种各样的 RFID 阅读器相连,即使阅读器种类改变或存储电子标签有用信息的应用程序改变,应用系统程序无需修改也能处理并获取所需信息,这样能够降低设备及应用程序架构维护的复杂性,推动 RFID 技术的广泛应用。

由于 RFID 电子标签中可以存储规范而具有互用性的信息,通过无线通信技术可将 RFID 中存储的信息自动地采集到计算机系统中进行处理,实现物品的识别,进一步通过计算机系统可实现信息的交换和共享,实现对物品的透明管理,这使得 RFID 技术在各行各业都有着非常广泛的应用。

不同频段的 RFID 技术依其不同特性在物流仓储、商业零售、工业制造、服装行业、医疗管理、交通管理、食品安全、动物识别、图书管理、航空管理、军事管理、煤矿安全等领域有着非常广泛的应用,是一项非常有发展潜力的自动识别技术。例如,利用低频段 RFID 技术可以动态地收集食品生产、加工、运输等各个环节中的因素,完成食品从源头到最终的控制,强化食品的安全管理。13.56MHz 高频 RFID 技术广泛应用于电子票证及防伪。超高频 RFID 也广泛用于航空铁路包裹

的管理,采用 RFID 技术来加强对行李的追踪、分配和运输,能够大大地提高行李的安全管理。RFID 广泛应用于物流领域,如在港口集装箱物流中。RFID 技术广泛应用于交通行业,如在高速路车辆自动识别不停车收费系统、公交车辆进出站管理系统、停车场无人收费系统中,RFID 技术均有着非常广泛的应用。

### 1.3 传 感 器

要让物品开口说话,要让人听得懂物品说话,看得懂物品的动作,传感器及传感器网络是关键。传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测和感受到的信息按照一定的规律变换为所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储等控制要求。而传感器网络是由大量部署在一定监测区域的微型传感器节点构成,能够感知、采集和处理网络所覆盖区域中感知对象的各种信息,并将处理后的信息传递给用户。

传感器是将外界的信息以某种规律转换成可用信号的器件,一般包括信号检测器和信号处理器两部分。伴随着微电子技术、半导体技术和生物技术的发展,现代传感器朝着多功能化、集成化、智能化、数字化、网络化的方向发展。

按照不同的方法传感器可分为不同的类型。

(1) 按照工作原理可分为物理传感器和化学传感器两大类。

物理传感器的工作原理是物理效应,诸如压电效应、磁致伸缩现象、离化、极化、热电、光电、磁电等效应,被测信号的微小变化都将转换成电信号。

化学传感器的工作原理是化学吸附,电化学反应等为因果关系的现象,被测信号量的微小变换也能转换成电信号。

(2) 按照有无源可分为有源传感器和无源传感器两大类。

有源传感器能将一种能量形式直接转换成另一种能量形式,而不需要外接的能源或激励源。无源传感器不能直接转换成能量形式,但它能控制从另一输入输入的能量或激励源。

(3) 按用途分为压力敏传感器、位置传感器、能耗传感器、速度传感器、热敏传感器、震动传感器、气敏传感器和视频传感器等。

(4) 按输出信号可分为模拟传感器(将被测信号的非电学信号转换成模拟电信号)和数字传感器(将被测信号的非电学信号转换成数字输出信号)。

衡量传感器的性能主要有以下四个指标。

(1) 传感器的线性度:传感器的实际静态特性输出是曲线而非直线。在实际工作中,为使仪表具有均匀刻度的读数,常用一条拟合直线近似地代表实际的特性曲线,线性度就是这个近似程度的一个性能指标。拟合直线的选取方法有:将零输入和满量程输入点相连或将与特性曲线上各点偏差的平方和为最小的理论

直线作为拟合直线,即最小二乘法拟合直线。

(2) 传感器的静态特性:是指针对静态的输入信号,传感器的输出量与输入量之间具有的相互关系。因为输入量和输出量与时间无关,所以传感器的静态特性可用一个不含时间变量的代数方程描述,或以输入量为横坐标,与其对应的输出量为纵坐标的特性曲线来描述。表征传感器静态特性的主要参数为线性度、灵敏度、分辨力和迟滞等。

(3) 传感器的动态特性:是指传感器在输入变化时输出的特性。在实际工作中,传感器的动态特性常用它对某些标准输入信号的响应表示,常用的标准输入信号有阶跃信号和正弦信号两种,所以传感器的动态特性也常用阶跃响应和频率响应表示。

(4) 传感器的灵敏度:是指传感器自稳态工作下输出量变化对输入量变化的比值。它是输出-输入特性曲线的斜率。

智能传感器是物联网中必不可少的重要组成部分。智能传感器的特性如精度、稳定性、可靠性、抗干扰能力、环境适应性、功耗、成本等性能,直接影响物联网性能的优劣和大规模的推广、应用。下面说明一下智能传感器在不同领域中的应用情况。

(1) 在工业制造领域中的应用。智能传感器在工业制造中的应用十分广泛而且十分成熟。例如,温度传感器、湿度传感器在工业制造中通过有线宽带或 3G 无线网络,将各地的温度、湿度信息上传到温湿数据增值服务平台,为客户提供及时的数据,以便及时报警和处理。

(2) 在基础设施领域中的应用。智能传感器应用于路灯节能管理及消防栓、热答力管线、井盖等的检测管理。例如,光敏传感器可应用于路灯监控应用,从而提高亮灯率,节约能源,减少电费支出,同时可检测每盏路灯、每个路段的工作状态,从而减少灯的维护成本和巡检人员的工作量,进而提高工作效率和管理水平。

(3) 在能源控制领域中的应用。能源行业包括石油、天然气、煤炭、电力、水利、太阳能、核能等,将智能传感器应用于能源领域,可以减少野外作业,提高巡检效率,实时监控,减少事故及损失,实现透明化管理,提高准确性与时效性。例如,功率传感器、电力传感器、压力传感器、温度传感器应用于油井远程监控,以方便油田企业对生产现场进行实时监控,从而达到提高生产效率、节约成本的目的。

(4) 在交通领域中的应用。作为物联网产业链中的重要组成部分,传感器逐渐被广泛应用于新一代智能交通系统等需要数据采集与检测的相关领域,从而为城市交通带来一次全新的升级。传感器可以实时采集道路、基础设施、气象等多种实时数据,为道路规划管理提供第一手资料,达到真正意义上的感知道路,从而对各种交通工具进行监控、调度和管理。例如,视频传感器、音频传感器应用于出租、公交、长途的汽车运输业,以便进行车辆调度管理。

(5) 在安防领域中的应用。物联网安防应用是指终端产品具有智能化、一体化,能够连接多种无线传感器,能够通过互联网传输报警图像和信息,同时具有网络平台监控报警服务功能的安防系统。例如,采用微波、红外、磁电震动等方式和光纤传感技术对机场、港口、军事基地、博物馆、大厦等重点监控的目标周围,实现对外界入侵信号的报警、识别及定位,并结合其他安防措施,最大限度地提高安全等级和强化处理突发事件的能力,满足日益增长的公告安全需求。

## 1.4 传感器网络

传感器网络(WSN)是由一组传感器按照一定方式构成的有线或无线网络,目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖地理区域中感知对象的信息,对其进行处理并传输给观察者。它综合了传感技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和通信(有线/无线)技术。

无线传感器网络利用微集成化的微型传感器协作地实现感知、采集和监控对象或环境的信息,用微处理器对信息进行处理,并通过自组织无线通信网络以多跳中继的方式传送,将网络化信息获取和信息融合技术相结合,使终端用户得到需要的信息。它是新兴的下一代传感器网络,是一种独立出现的计算机网络。它的基本单位是节点,这些节点集成了传感器、微处理器、无线接口和电源四个模块。

无线传感器网络的特征包括分布性、自组织性、动态性等。分布性是指网络中没有严格的控制中心,所有的节点地位平等,节点之间通过分布式的算法来协调彼此的行为,是一个对等式的网络。自组织性是指通常网络所处的物理环境及网络自身有许多不可预测的因素,这就要求节点有自组织能力,无需人工干预和其他预置的网络设施,可以在任何时刻、任何地方快速地展开并自动组网,自动进行配置和管理,通过适当的网络协议和算法自动转发检测数据。动态性是指网络系统能够适应拓扑的变化,具有动态可重构的性能。

无线传感器网络可应用在各个领域,如工农业、军事、环境、医疗、家居等。

自组织、微型化和对外部世界的感知能力,决定了无线传感网络在工农业领域大有作为,包括车辆跟踪、机械故障诊断和建筑物状态检测等。

无线传感器网络具有可快速部署、自组织、隐蔽性强和高容错性等特点,因此能够实现对敌军地形和兵力布防及装备的实时监控、定位攻击目标、战场评估、核攻击和生物化学攻击的检测和搜索等功能。

无线传感网络具有部署简单、布置密集、成本低和无需现场维护等优点,它为环境科学研究的数据获取提供了方便,因而广泛应用于气象和地理研究、自然和人为灾害监测、农作物灌溉情况监控、土壤空气变更感知等。

无线传感网络所具备的自组织、微型化和对周围区域的感知能力等特点,决



定了它在监测人体生理数据、健康状况、医疗药物管理和远程医疗等方面可以发挥出色的作用,因而在医疗领域有着广泛的应用前景。

无线传感器网络的结构包括传感器节点(sensor node)、汇聚节点(sink node)和管理站(manager station)。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,传感器节点获取的数据沿着其他传感器节点逐渐地进行传输,在传输过程中可能被多个节点处理,经过多跳后路由到汇聚节点,最后通过互联网或卫星到达管理站。用户通过管理站对传感器网络进行配置和管理,发布监测任务及收集监测数据。

传感器节点是传感器内部集成了微控制器或微处理器,使其能够在现场对采集到的原始传感器信息进行必要的处理,如信号放大、调理、A/D转换等,最后转换成某种标准的数据格式并通过现有的标准通信协议发送给用户。它的存储能力比较弱,需电池供电。汇聚节点的处理能力、存储能力和通信能力相对较强,它连接传感器网络与互联网等外部网络,实现两种协议栈之间的通信协议转换,同时发布管理节点的检测任务,并将收集的数据转发到外部网络。

传感器网络体系结构由五部分组成:物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层。

物理层以传感器集合为核心,包括每个传感器的软硬件资源,负责感知数据的收集,并对收集的数据进行采样、信号的发送和接收、信号的调制解调等。

数据链路层负责接入控制和建立网络节点之间可靠通信链路,为其他节点提供可靠的通信信道。

网络层以通信网为核心,负责传感器与传感器,观察者与传感器之间的通信,支持多传感器协作完成大型感知任务。由于传感器节点能源的限制,其计算、存储和通信能力十分有限,每个节点只能获得局部网络的信息,因而节点上所运行的网络通信协议不能太复杂,同时,无线传感网络拓扑结构和外界环境的不断变化,对网络通信协议提出了更高的要求。

传输层负责数据流的传输控制。

应用层为用户能够在基础层、网络层和数据链路层、处理层的基础上开发各种传感器网络应用软件提供有效的软件开发环境和软件工具。

对于无线传感器网络而言,没有位置标定的信息采集、处理和传输是没有实际意义的。例如,目标检测与跟踪、基于位置信息的路由、智能交通、物流管理等许多应用都要求网络节点提供自身的位置,这都需要GPS定位系统和协同过程中利用位置信息完成应用要求。另一方面,准确的位置信息、较低的能量消耗、GPS定位系统的协调最优化又可以为无线传感网络应用的协议栈建设提供有力支撑。