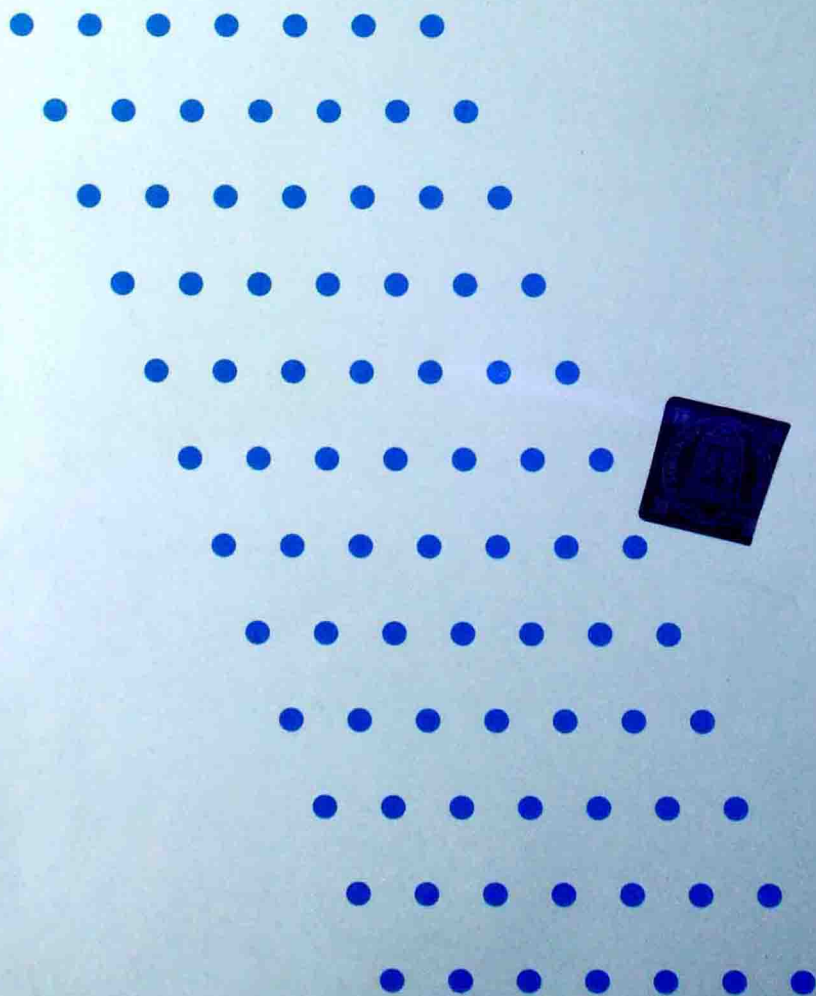
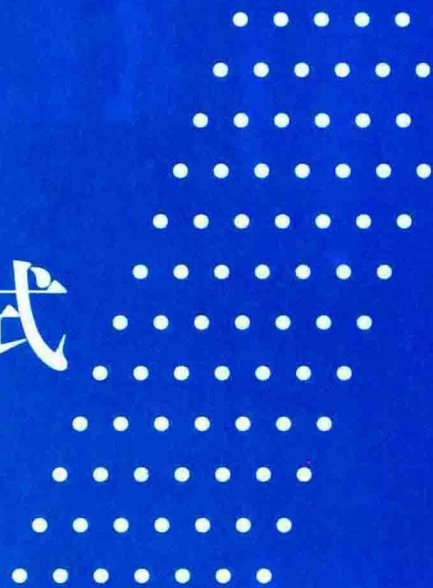


21世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

邱铁 夏锋 周玉 编著

STM32W108嵌入式 无线传感器网络



清华大学出版社

21世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

邱铁 夏锋 周玉 编著

STM32W108嵌入式 无线传感器网络

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是作者根据多年开发和教学实践经验,并融合了当前物联网技术发展的最新动向编著而成的。在内容设计上,本书采取了循序渐进的原则,对物联网技术底层硬件知识进行精心组织,以大量的实例说明技术难点,深入浅出,使物联网技术初学者能够以“ARM Cortex-M3 技术→STM32W108 芯片体系结构→应用开发→综合应用实例”为主线,以阶梯式前进的方式,能够低起点、高效率地学习理论、深入实践,从而为开发物联网技术打下坚实的基础。

本书结构合理、实例丰富,具有很强的实践性和实用性,本书可用作高等学校物联网专业、计算机、电子信息类本科生、研究生进行物联网技术学习的教材或参考书,也可供物联网应用开发的工程技术人员参考和广大的物联网开发爱好者学习使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

STM32W108 嵌入式无线传感器网络/邱铁等编著. —北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

ISBN 978-7-302-34638-8

I. ①S… II. ①邱… III. ①微控制器—无线电通信—传感器 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 290869 号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊



出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:27

字 数:673千字

版 次:2014年5月第1版

印 次:2014年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.50元

产品编号:054289-01

出版说明

嵌入式计算机技术是 21 世纪计算机技术两个重要发展方向之一,其应用领域相当广泛,包括工业控制、消费电子、网络通信、科学研究、军事国防、医疗卫生、航空航天等方方面面。我们今天所熟悉的电子产品几乎都可以找到嵌入式系统的影子,它从各个方面影响着我们的生活。

技术的发展和生产力的提高,离不开人才的培养。目前国内外各高等院校、职业学校和培训机构都涉足了嵌入式技术人才的培养工作,高校及其软件学院和专业的培训机构更是嵌入式领域高端人才培养的前沿阵地。国家有关部门针对专业人才需求大增的现状,也着手开发“国家级”嵌入式技术培训项目。2006 年 6 月底,国家信息技术紧缺人才培养工程(NITE)在北京正式启动,首批设定的 10 个紧缺专业中,嵌入式系统设计与软件开发、软件测试等 IT 课程一同名列其中。嵌入式开发因其广泛的应用领域和巨大的人才缺口,其培训也被列入国家商务部实施服务外包人才培养“千百十工程”,并对符合条件的人才培训项目予以支持。

为了进一步提高国内嵌入式系统课程的教学水平和质量,培养适应社会经济发展需要的、兼具研究能力和工程能力的高质量专业技术人次。在教育部相关教学指导委员会专家的指导和帮助下,清华大学出版社与国内多所重点大学共同对我国嵌入式系统软硬件开发人才培养的课程框架和知识体系,以及实践教学内容进行了深入的研究,并在该基础上形成了“嵌入式系统教学现状分析及核心课程体系研究”、“微型计算机原理与应用技术课程群的研究”、“嵌入式 Linux 课程群建设报告”等多项课程体系的研究报告。

本系列教材是在课程体系的研究基础上总结、完善而成的,力求充分体现科学性、先进性、工程性,突出专业核心课程的教材,兼顾具有专业教学特点的相关基础课程教材,探索具有发展潜力的选修课程教材,满足高校多层次教学的需要。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

(1) 反映嵌入式系统学科的发展和专业教育的改革,适应社会对嵌入式人才的培养需求,教材内容坚持基本理论的扎实和清晰,反映基本理论和原理的综合应用,在其基础上强调工程实践环节,并及时反映教学体系的调整和教学内容的更新。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点。规划教材建设把重点放在专业核心(基础)课程的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现工程型和应用型的专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 支持一纲多本,合理配套。专业核心课和相关基础课的教材要配套,同一门课程可以有多个具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教

学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源的配套。

(5) 依靠专家,择优落实。在制定教材规划时依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的、以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

物联网技术(Internet of Things, IoT)是无线传感器网络、嵌入式控制技术和网络技术的综合体,是近年来应用开发与研究的热点。现在,物联网相关产品已广泛应用到智能感知和监控领域,并开始在环境监测、智能家居、安全监控、一体化智能网络、国防工业、物理信息系统等领域得到全面应用。我们可以预见,基于物联网应用的信息时代已经到来,它正在改变着我们的生产和生活的各个方面。

为了适应物联网技术专业人才培养的需求,国家教育部于2010年设立物联网专业,全国各大高校纷纷设立物联网专业并招生。因此,迫切地需要一本与当前物联网专业发展相适应的教材,本书正是在这一背景下完成的。本书以当前最为流行的基于ARM Cortex-M3核心的32位低功耗处理器STM32W108设计无线组网和控制节点,其性能是当前无线传感器网络芯片中的最高配置。本书力求使复杂问题简单化,为了说明一个问题,可能不惜篇幅,图表并用,并设有实例解析,以便每一个物联网技术开发的初学者都能快速上手,为物联网相关设计打下坚实的基础。

本书的内容安排如下。

- ◆ 嵌入式与物联网技术概述:给出了物联网的整体结构,并对其内部的功能模块单元进行分析,给出了典型的设计方案,并对其关键技术进行了综述。
- ◆ ARM Cortex-M3技术:介绍了ARM Cortex-M3技术架构,对内核模块及最新的Thumb-2高效指令集进行了详细分析。
- ◆ 基于ARM Cortex-M3核心的32位低功耗处理器STM32W108的物联网应用设计:采用意法半导体(ST)芯片STM32W108,对芯片的体系结构、内部存储器与无线射频模块、通用IO接口、中断机制、串行通信接口(UART通信和SPI通信)、AD转换器、802.15.4/ZigBee协议栈接口函数(API接口函数)、STM32W108两节点及多点间通信、多传感器环境参数监测、基于嵌入式实时操作系统 μ COS-II的移植及实时环境监测实例、节点定位方法和大规模节点自组织与移动智能体导航技术进行了详细的分析,并给出具体应用开发实例和解决方案。

本书编写过程中,ARM中国区大学计划部经理时昕博士提供了建设性意见,并在资料授权等方面给予了帮助;研究生罗殿松、闫远、朱骋、晏乐意等翻译了相关的外文资料,并做了很多开发与调试源程序的工作,在此一并表示感谢;感谢大连飞翔科技有限公司技术工程师乔瑞暄、郑凯宇、张玉爽、赵傲阳等提供了大量的技术支持和完备的硬件实验平台。另外,本书的编写参考和引用了国内外同行、专家、学者所撰写的大量文献以及网络技术论坛的精华资料。感谢他们为本书所作的贡献。

物联网技术以飞快的速度向前发展,新的技术成果与应用不断更新。书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者和同行批评指正。书中的问题发送到STM32W@gmail.com会得到及时回复,并再版时更正。

编 者

2013年10月

目 录

第 1 章 嵌入式物联网技术绪论	1
1.1 物联网的组成	1
1.2 无线传感器网络	2
1.2.1 无线传感器网络结构	2
1.2.2 无线传感器网络特点	3
1.3 嵌入式物联网控制技术	5
1.3.1 带有可移动节点的大规模 WSNs 组网技术	5
1.3.2 智能移动体设计	6
1.3.3 嵌入式终端设计	7
1.3.4 无线传感器节点设计	7
1.4 基于 ARM Cortex-M3 核心 ZigBee 技术的优势	8
1.5 思考与练习题	9
第 2 章 ARM Cortex-M3 技术	10
2.1 概述	10
2.2 核心模块	12
2.2.1 内部架构	12
2.2.2 寄存器	14
2.3 指令系统	20
2.3.1 指令列表	20
2.3.2 操作数	23
2.3.3 使用 PC 或 SP 的限制	23
2.3.4 第二操作数的构成	23
2.3.5 移位操作	24
2.3.6 地址对齐	27
2.3.7 相对于程序计数器 PC 的表达式	27
2.3.8 条件执行	27
2.3.9 指令宽度选择	29
2.3.10 存储器访问指令	30
2.3.11 一般数据处理指令	38
2.3.12 乘法和除法指令	46
2.3.13 饱和指令	48
2.3.14 位域指令	49

2.3.15	跳转和控制指令	51
2.3.16	其他指令	56
2.4	软件编程接口	62
2.5	思考与练习题	63
第3章	STM32W108 体系结构	64
3.1	STM32W108 架构	64
3.1.1	片内结构	64
3.1.2	功能单元描述	64
3.2	封装与引脚说明	67
3.2.1	封装	67
3.2.2	引脚说明	67
3.3	思考与练习题	77
第4章	STM32W108 功能模块设计	78
4.1	功能模块概述	78
4.2	电源模块	78
4.2.1	内部稳压电源	78
4.2.2	外部稳压电源	80
4.2.3	外部稳压电源电路设计	80
4.3	复位模块	81
4.3.1	复位原理	81
4.3.2	复位电路设计	84
4.4	时钟管理模块	84
4.4.1	时钟模块总体结构	84
4.4.2	时钟功能模块原理	84
4.5	系统定时器模块	87
4.5.1	看门狗定时器	87
4.5.2	睡眠定时器	88
4.6	电源管理模块	88
4.6.1	唤醒源	88
4.6.2	基本睡眠模式	89
4.6.3	深睡眠选项	90
4.7	思考与练习题	90
第5章	内部存储器与无线射频模块	91
5.1	STM32W108 内部存储空间	91
5.2	Flash 存储器	92
5.3	RAM 数据存储器	92

5.4	STM32W108 射频模块	93
5.4.1	接收模块	93
5.4.2	发送模块	94
5.4.3	集成 MAC 模块	94
5.4.4	随机数发生器	95
5.5	思考与练习题	95
第 6 章	STM32W108 通用 IO 接口	96
6.1	通用 IO 功能描述	96
6.1.1	GPIO 端口	96
6.1.2	配置	97
6.1.3	增强功能	98
6.1.4	复位	98
6.1.5	nBOOTMODE	99
6.1.6	GPIO 模式	99
6.1.7	唤醒监控	100
6.2	通用 IO 配置寄存器	101
6.2.1	端口配置寄存器(低位)(GPIO_PxCFGL)	101
6.2.2	端口配置寄存器(高位)(GPIO_PxCFGH)	102
6.2.3	端口输入数据寄存器(GPIO_PxIN)	102
6.2.4	端口输出数据寄存器(GPIO_PxOUT)	103
6.2.5	端口输出清除寄存器(GPIO_PxCLR)	104
6.2.6	端口输出设置寄存器(GPIO_PxSET)	104
6.2.7	端口唤醒监控寄存器(GPIO_PxWAKE)	105
6.2.8	GPIO 唤醒滤波寄存器(GPIO_WAKEFILT)	106
6.2.9	中断选择寄存器(GPIO_IRQxSEL)	106
6.2.10	GPIO 中断配置寄存器(GPIO_INTCFGx)	107
6.2.11	GPIO 中断标志寄存器(INT_GPIOFLAG)	107
6.2.12	GPIO 调试配置寄存器(GPIO_DBGCFG)	108
6.2.13	GPIO 调试状态寄存器(GPIO_DBGSTAT)	109
6.3	应用实例解析	109
6.3.1	开发环境与硬件说明	109
6.3.2	软件设计与规划	110
6.3.3	LED 控制程序设计	110
6.3.4	测试程序编写	112
6.3.5	测试结果及分析	112
6.4	思考与练习题	113

第 7 章 STM32W108 中断机制	114
7.1 中断控制	114
7.1.1 嵌套向量中断控制器(NVIC)	114
7.1.2 事件管理器	116
7.2 中断配置寄存器	119
7.2.1 顶级置位中断配置寄存器(INT_CFGSET)	119
7.2.2 顶级清除中断配置寄存器(INT_CFGCLR)	120
7.2.3 顶级置位中断挂起寄存器(INT_PENDSET)	120
7.2.4 顶级清除挂起中断标志寄存器(INT_PENDCLR)	121
7.2.5 顶级激活中断寄存器(INT_ACTIVE)	122
7.2.6 顶级丢失中断寄存器(INT_MISS)	123
7.2.7 辅助故障状态寄存器(SCS_AFSR)	124
7.3 应用实例解析	124
7.3.1 开发环境与硬件说明	125
7.3.2 软件设计与规划	125
7.3.3 中断处理程序设计	126
7.3.4 测试程序编写	126
7.3.5 测试结果及分析	128
7.4 思考与练习题	128
第 8 章 STM32W108 串行通信	129
8.1 串行通信控制模块	129
8.1.1 功能描述	129
8.1.2 通信配置	129
8.2 UART	131
8.2.1 UART 模块	131
8.2.2 UART 寄存器	135
8.3 UART 通信应用实例	138
8.3.1 开发环境与硬件平台	138
8.3.2 软件设计与规划	138
8.3.3 测试程序编写	138
8.3.4 测试结果及分析	140
8.4 SPI 模块	142
8.4.1 SPI 主模式	142
8.4.2 SPI 从模式	144
8.4.3 SPI 寄存器	147
8.5 思考与练习题	150

第 9 章 STM32W108 AD 转换器	151
9.1 功能描述	152
9.1.1 配置	152
9.1.2 GPIO 使用	152
9.1.3 参考电压	152
9.1.4 偏置/增益校正	152
9.1.5 DMA	153
9.1.6 ADC 输入	153
9.1.7 模拟电压输入范围	154
9.1.8 采样时间	154
9.1.9 AD 转换	155
9.1.10 校准	156
9.1.11 注意事项	156
9.1.12 中断	157
9.2 ADC 寄存器	157
9.2.1 ADC 配置寄存器(ADC_CFG)	157
9.2.2 ADC 偏移寄存器(ADC_OFFSET)	158
9.2.3 ADC 增益寄存器(ADC_GAIN)	159
9.2.4 ADC DMA 配置寄存器(ADC_DMCFG)	159
9.2.5 ADC DMA 状态寄存器(ADC_DMASTAT)	160
9.2.6 ADC DMA 起始地址寄存器(ADC_DMABEG)	160
9.2.7 ADC DMA 缓冲区大小寄存器(ADC_DMASIZE)	161
9.2.8 ADC DMA 当前地址寄存器(ADC_DMACUR)	161
9.2.9 ADC DMA 计数寄存器(ADC_DMACNT)	162
9.2.10 ADC 中断标志寄存器(INT_ADCFLAG)	162
9.2.11 ADC 中断配置寄存器(INT_ADCCFG)	163
9.3 应用实例解析	163
9.3.1 开发环境与硬件说明	163
9.3.2 软件设计与规划	163
9.3.3 传感器数据采集程序设计	164
9.3.4 测试程序编写	168
9.3.5 测试结果及分析	169
9.4 思考与练习题	170
第 10 章 802.15.4/ZigBee 协议栈接口函数	171
10.1 802.15.4/ZigBee 协议栈	171
10.2 STM32W108 的 802.15.4/ZigBee 协议栈	171
10.3 协议栈接口	173

10.4	启动协议栈实例解析	192
10.4.1	开发工具及协议栈安装	192
10.4.2	工程创建	199
10.4.3	STM32W108 协议栈实例解析	209
10.5	思考与练习题	244
第 11 章	STM32W108 两节点间通信	245
11.1	实例开发环境说明	245
11.2	软件设计与规划	245
11.3	程序设计与实现	246
11.4	测试结果及分析	255
11.5	思考与练习题	256
第 12 章	多节点间通信	257
12.1	实例任务规划	257
12.2	实例开发环境	257
12.3	软件设计与规划	258
12.4	编程与实现	258
12.5	测试结果及分析	267
12.6	思考与练习题	269
第 13 章	多传感器环境参数监测实例	270
13.1	实例开发环境说明	270
13.2	硬件电路设计	270
13.3	软件设计与规划	274
13.4	传感器数据采集程序设计与实现	275
13.4.1	温度传感器	275
13.4.2	温湿度传感器	278
13.4.3	超声波传感器	281
13.4.4	烟雾传感器	283
13.4.5	声音传感器	283
13.4.6	光敏传感器	284
13.5	测试程序编写	284
13.6	实例结果及分析	299
13.7	实例注意事项及说明	300
13.8	思考与练习题	300
第 14 章	μCOS-II 的移植及实时环境监测	301
14.1	开发环境说明	301

14.2	软件设计与规划	301
14.3	工程创建及文件添加	302
14.4	相关源文件更改	304
14.5	测试程序设计	308
14.6	实验结果及分析	312
14.7	思考与练习题	312
第 15 章	无线传感器网络节点定位技术	313
15.1	RSSI 与通信距离	313
15.2	距离计算经验公式的确定	315
15.3	N 次三边质心加权定位法介绍	316
15.4	算法设计	318
15.4.1	符号定义说明	318
15.4.2	数据包的接收保存及实时距离的计算	320
15.4.3	N 次三边质心加权法	321
15.5	定位算法实现	322
15.5.1	软件设计流程	322
15.5.2	经验公式获取程序设计	324
15.5.3	N 次三边质心加权定位程序设计	327
15.6	定位实验及结果分析	342
15.6.1	经验公式确定	342
15.6.2	N 次三边质心加权定位实验	344
15.7	思考与练习题	347
第 16 章	节点自组织与移动智能体导航技术	348
16.1	开发环境与定位方法说明	348
16.2	系统设计	349
16.2.1	相关符号说明	349
16.2.2	总体设计	351
16.2.3	网络模型	351
16.2.4	无线自组网	353
16.2.5	移动节点定位	356
16.2.6	移动智能体导航分析	358
16.2.7	电子罗盘模块工作原理	361
16.2.8	移植智能体导航设计	362
16.3	程序设计与实现	364
16.3.1	大规模自组网程序	376

16.3.2	移动智能体导航程序	391
16.3.3	主函数程序设计	399
16.4	调试与结果分析	412
16.4.1	无线自组织网络	412
16.4.2	移动智能体导航	413
16.5	思考与练习题	415
参考文献		416

第 1 章 嵌入式物联网技术绪论

物联网技术(Internet of Things, IoT)是近年来提出的全智能网络互联智能感知的新概念,它将智能体、智能体控制及智能体之间的通信关系看成一个整体,使物理世界内的可控客体形成了一个真正的全智能系统。物联网技术是一门综合技术,它涵盖了无线传感器网、嵌入式控制技术和传感器技术等多个领域。

1.1 物联网的组成

物联网指的是将任意地方的终端设备,包括智能传感器、移动终端、工业控制系统、智能家居及消费类电子、电力监控系统、智能交通监控设施和农业生产监测系统,通过各种无线或有线的通信网络进行通信,实现无缝互联。因此,无论你在任何时间、任何地点、针对任何终端,都可以进行实时监控、控制和使用。这个定义十分宽广,可以说涵盖了硬件与软件控制的方方面面。

物联网的典型结构框架如图 1.1 所示,其内部包括无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSNs)、无线 Wi-Fi 网络、移动通信网络(3G/4G/LTE)及由无线网关构成的无线网状网络(WMNs)等异构网络单元体。无线传感器网络是一种低功耗的轻型网络,数据传输能力有限,一般采用电池供电,生命周期受到一定的限制,它用于环境监测,通过传感器实时进行数据的采集和感知。无线 Wi-Fi 网络的数据传输能力比较好,而且使用方便,技术比较成熟,但是传输的距离是有限的,对于长距离传输,一般要用多个中继器协作完成,当前短距离数据传输和无线上网应用比较广泛。移动通信网络是当前电信运营商支持的网络,网络覆盖面大,一般不受地域的限制,但是使用时要向网络运营商支付费用。无线传感器网络内部一般需要设置多个汇聚节点,这些汇聚节点负责收集本区域内的感知节点所采集的数据,汇聚后的数据通过 WSNs 网关最终进入物联网基站。对于远距监控,一般采用移动通信网络或无线 Wi-Fi 网络进入物联网基站。所有数据最终要汇聚到物联网总控中心服务器,进行数据监测处理和决策。物联网中的这些异构网络单元可以接入互联网(Internet),将事件或数据传送到远程的监控中心(Monitoring Center)进行处理。

在物联网实际运行过程中,来自异构网络单元中的事件或数据量很大,不可避免地在各个单元发生拥塞,因此会产生排队现象。此时如果出现紧急事件,排队系统不能进行有效的实时调度,就会导致重要的突发事件不能在短时间内得到有效的响应和服务,这些事件就会在局部网络单元中进行排队,进而发生阻塞,使物联网的应急响应能力下降。因此,在设计物联网时,要考虑到每个异构单元的性能。

从图 1.1 中可以看出,移动智能体是非常灵活的,没固定的位置,在这种情况下,组网也是动态的,要求无线传感器网络具有自组织能力。根据移动智能体的位置和路由算法,组成高效的自组织网络,保证移动智能体的实时可控。

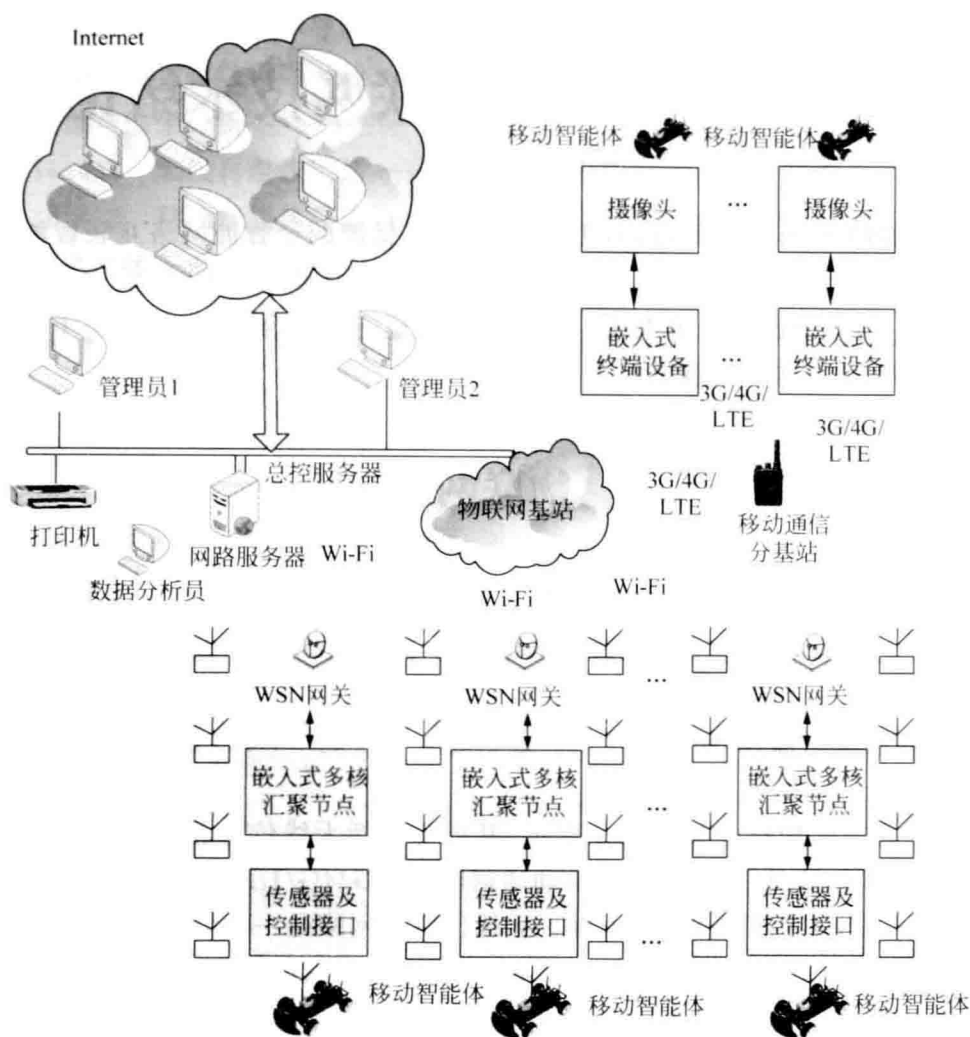


图 1.1 物联网的典型结构框架

1.2 无线传感器网络

无线传感器网络是最近发展起来的新兴前沿技术之一,它融合了传感器感知、微电子、智能控制与计算、无线通信、嵌入式系统等多项技术,属于知识高度集成、多学科交叉的热点研究领域,并引起了国际和国内包括学术、军事、工业等多个部门的广泛关注。通过无线传感器网络中的节点感知周围物理世界,然后对采集到的信息进行分析处理和无线传输,被广泛应用到军事和民用领域。例如可以通过部署在网络中的节点感知获取温度、湿度、压力以及物体的位置等信息,将周围的物理世界与逻辑上的信息世界联系在一起,使人类与自然界的交流更加密切。

1.2.1 无线传感器网络结构

微电子技术、传感器技术、无线通信技术等的飞速发展,促进了无线传感器网络的产生

与发展。WSNs 是由大量的传感器节点通过多跳和自组织的方式构成的无线网络,主要为了协作传感、采集、处理和传输网络覆盖区域内感知对象的监测信息并发送到服务终端。

无线传感器网络包含的基本要素有传感器节点、感知对象、观察者等。图 1.2 所示为典型的传感器网络体系结构,包含传感器节点、目标监测区域、汇聚节点、互联网、管理节点等。在实际应用中,节点部署在目标监测区域周围,自组网并相互协作感知、采集和传输区域信息,将数据传送到网关节点,通过接收器、卫星或者因特网传送到服务器控制端。

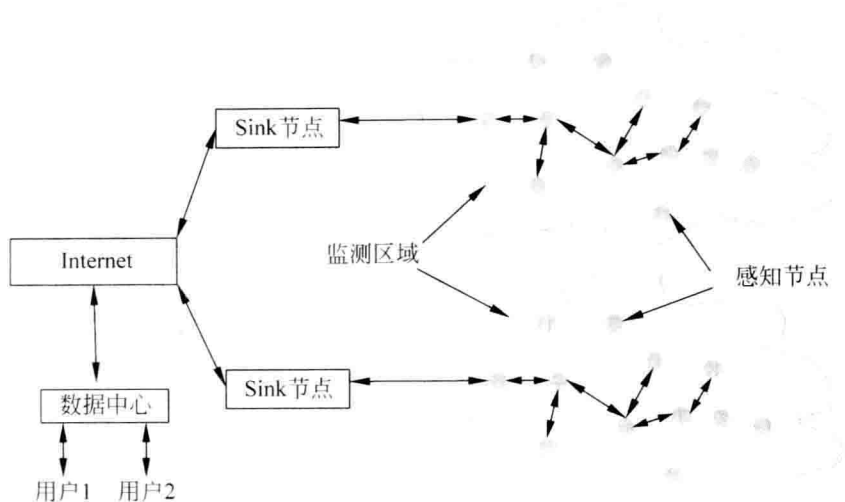


图 1.2 无线传感器网络体系结构

图 1.3 给出了传感器节点的结构,节点由感知传感器模块、微处理器模块、无线通信模块、能量供应模块组成。传感器模块负责信息采集以及数据转换;处理器模块负责存储和处理节点数据;无线通信模块实现节点间的无线通信、信息交换和数据的收发;能量供应模块负责节点能量供应,保证网络正常运行。

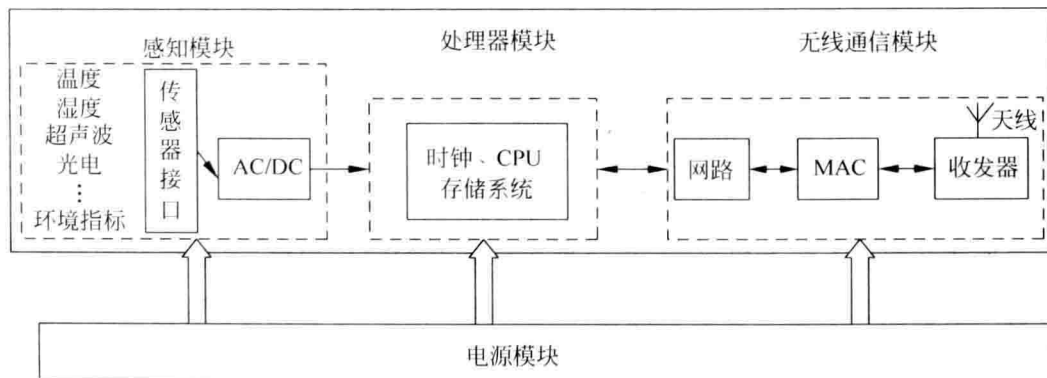


图 1.3 传感器节点

1.2.2 无线传感器网络特点

与目前的无线网络包括蓝牙、无线局域网、Ad-hoc 网络等相比,WSNs 在寻求较高服务质量与带宽的同时,还具有以下特点。