

基于无线传感器网络的空间数据采集 综合实验设计

吴 坚 张 伟 马世娅

(同济大学 上海 201804)

在国家大力发展物联网及其相关产业、各高等院校普遍开设物联网和传感网课程、同济大学重点发展智能感知和智慧城市大背景下，同济大学电信学院先期面向本科生开设了《传感器网络与系统》专业课，直接服务于社会需要和国家需求，适用面广。本文根据该课程设计并实现了一种基于传感器网络的空间数据采集综合实验设计方法，采用课上交流课下实验的形式，以应用为导引，激发学生的自主性和创造性，强调综合性、集成性。并通过实际中暴露出来的问题进一步反馈到实验设计中，如此循环反复，使学生充分理解这样一个系统的优点、缺点、技术挑战和解决对策。

一、实验硬件平台介绍

实验硬件平台采用同济大学 OpenWSN 小组自主研发设计的无线传感器结点（以下简称结点）。整个结点已经是一个完整的微型无线传感器，已经包含了天线、MCU、收发器等，只需接上电池即可工作，但是不含传感器和敏感变换元件。

结点主 MCU 采用 stm32f103c8t6，VDD = 2.0-3.6V。收发器采用 TI 公司 cc2520。cc2520 是符合 ZigBee 技术的具有高集成度的无线射频收发器件，cc2520 芯片的 PHY 与 MAC 层协议符合 IEEE 802.15.4 标准。

STM32F103 采用内部 RC 振荡器提供 CLK，同时目标板上也提供了 1 个 32768 Hz 晶振，连接到 STM32F103 的 Pin3 和 Pin4。

目标板上包含 1 个 LED，连接到 STM32F103 的 Pin 29(PA8/USART1CK/MCO/LCD_COM0)。

收发器 cc2520 的 SPI 通信端口连接到 MCU 的 PB 端口，并需要利用其中的 SPI2。

cc2520 的/RESET 连接到 MCU 的 Pin19 (PB1)，可由其控制。

cc2520 的 VREG_EN 连接到 MCU 的 Pin 41 (PB5)，可由其控制。

cc2520 的 GPIO0 连接到 MCU 的 Pin 18 (PB0/ADC)。

cc2520 的 GPIO1 空，未使用。

cc2520 的 GPIO2 连接到 MCU 的 Pin5，一般不用。

cc2520 的 GPIO3 连接到 MCU 的 Pin45

【作者简介】吴坚，同济大学电信学院实验中心高级工程师。

(PB8/TIM4CH3/I2C1SCL/LCD_S16/TIM10CH1)。

cc2520 的 GPIO3 连接到 MCU 的 Pin46 (PB9/TIM4CH4/I2C1SDA/LCD_COM3/TIM11_CH1)。

cc2520 的 GPIO3 连接到 MCU 的 Pin21 (PB10/I2CSCL/USART3TX/LCD_S10)。

GPIO0-GPIO3 的功能需要从 MCU 发控制字给 cc2520 进行功能重定义。具体请参考 cc2520 datasheet。

硬件实验板 1 块, 含根据项目需要选择的传感变换元件, 例如微型 MIC, 光敏电阻等,

LED2-3 个, 用于显示。

J-Link 仿真器 1 个, 用于 ARM 芯片的编程和调试。

UART 扩展模块, 连接 MCU 的 UART 引脚, 并进行电平变换, 使其可以与计算机直接连接。

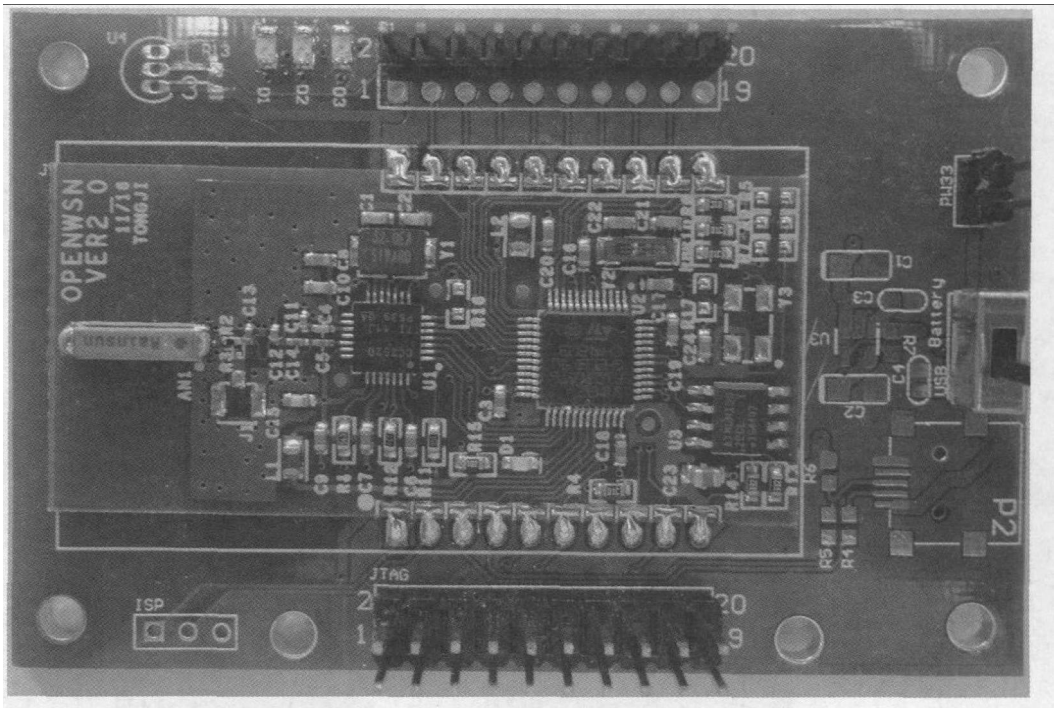


图 1: 无线传感器结点实物图

二、实验软件设计环境

本实验软件设计采用了开源传感器网络平台 OpenWSN。同济大学 OpenWSN 开发了传感器网络基础软件平台并开源发布, 这是我国最早开源发布的传感器网络软件包, 包含收发器驱动、媒介访问控制协议、简单路由协议、简单网关、网络监测等功能, 并

包含无线数据收集演示、无线灯光控制演示等 30 余个例子。

OpenWSN 为无线传感器网络应用的开发提供一套基础平台，包括传感器网络操作系统，传感器网络中间件，传感器网络开发接口，以及部分测试工具。目前的工作主要集中在传感器网络操作系统，包括硬件抽象层、事件调度器、应用程序开发框架、调试和输入输出支持、协议栈等。特别适合开发针对特定应用的专用系统，例如深度嵌入系统、对性能要求的系统等。

OpenWSN 规定必须采用 ANSI/ISO C 语法规则，以保证能够最大限度的在不同厂家的硬件平台上经编译后即可运行。但是，OpenWSN 的模块化结构使其同样可称为良好的研究平台进行功能性扩展和新想法的实验。

OpenWSN 采用严格的分层设计，同 TinyOS 一样提供了非剥夺式事件调度内核，并提供了基于可编程服务模式的应用程序框架简化开发，可与其它 C 程序库或 RTOS（如 uCOS 或 uClinux）无缝配合使用，也可单独使用。

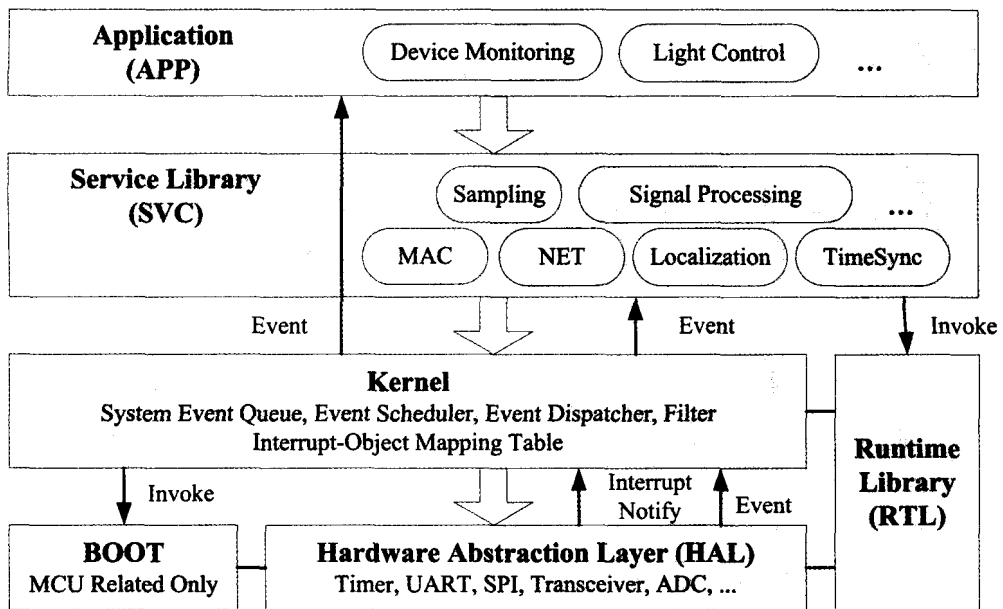


图 2: OpenWSN 平台的内部架构

OpenWSN 基础软件平台采用服务组件架构 (SCA, service component architecture)，且从最高层应用开发到最低层硬件接口都遵循相同的组件化结构，甚至内核也可以放弃不用或者仅使用系统事件队列等部分功能，可以有效降低整个系统的学习曲线。在常见软件架构中，组件是指具有相对独立功能的模块，OpenWSN 采用术语服务组件则是为了强调两点：一是其中的许多组件可作为系统任务以 server 方式对外提供服务，这些组件主要存在于 SVC 层中；二是许多组件即使不以 server 方式运行，在接口设计上也大

多采取被动工作，即被动的等待其它组件调用提供服务，而不是主动调用其它组件。这种方式使得绝大部分组件间的依赖关键简化为上下层的单向关系，消除了组件间的循环依赖，简化了后期基于组件的应用程序组装过程。

三、实验项目内容选择

首先教师提出几个实验项目，让同学们选择其中一个作为实验内容。例如以下几个实验项目：

实验项目一：能源监测与优化

假设有一个小区，包含 100 家住户和有关基础设施（电力传输、照明、排污、动力等），设计开发一套小区能耗监测系统，并给出能耗优化建议。实验设计报告应包括：

- 测量指标：电流，电压，光照，温度
- 根据测量指标选择传感器和设计测量电路
- 设计电子开关
- 集成测量电路、MCU 模块和电路、射频通信电路、电子开关、电源电路成为一个完整的无线测量点
- 设计并开发各硬件模块（如传感器和检测电路）的驱动软件
- 设计并实现 MAC 层通信协议
- 设计并实现 NET 层通信协议
- 设计并实现 gateway（嵌入式平台部分），实现数据收集
- 设计并实现 gateway（PC 平台部分），实现数据存储
- 设计计算机上运行的数据能耗显示
- 设计能耗优化控制策略。整个系统要能低功耗运行

实验要求：

- 设计并开发电流、电压测量电路和结点硬件
- 具有切断电源供给能力的结点硬件
- 远程控制电源开关
- 软件部分可与其他 team 协作，借用其他组的进展
- 时间同步

实验项目二：风力发电场监测

假设有一个风电发电厂，面积 5 平方公里，无人值守，要设计一套装备健康监测系统，能够在城市里的监控中心总部随时观察任一装备的工作状态，并在工作异常时给出预警。实验设计报告应包括：

- 观测指标：多维振动，电流，电压，温度，光照，风向，风速
- 其它内容同实验项目一

实验要求:

- 能量收集
- 多维振动测量
- 风向和风速测量
- 远程数据传输功能
- 异常状态的提取
- 时间同步

实验项目三: 夏日上海的温湿度监测

以夏日的上海为例, 监测各个区域的环境参数, 为气象、电力等调控提供数据支持监测。实验设计报告应包括:

- 观测指标: 温度, 湿度, 光照, 风向, 风速, 空气悬浮物
- 其它内容同实验项目一

实验要求:

- 温湿度测量
- 精确的光照度测量
- 噪音测量
- 空气悬浮物测量
- 利用 GPS 读取数据
- 结合地理位置 location 的二维 / 三维数据可视化

实验项目四: 生理体征和症状监测与应急

监测病人的生理体征, 并在异常时自动发送给医生或救助中心。实验设计报告应包括:

- 观测指标: 体温, 血压, 脉搏, 心跳, 心电 EEG, 心音, 肺音
- 其它内容同实验项目一

实验要求:

- 非接触测量脉搏、心跳测量
- 微弱信号测量
- 微型化
- 时间同步
- 及时报警
- 多通道同步测量

选定其中一个实验项目后, 学生通过查阅资料, 了解不同功能的传感器特性, 通过比较, 比如精度, 功耗, 工作条件, 价格, 以及其他 (包括测量范围, 尺寸, 工作封装特性), 选择合适的传感器型号并提交给教师。通过教师确认通过后, 学生进行硬件节

点方案设计、制作、单节点软件编程调试以及多节点间相互通信软件编程调试，并解决实验过程碰到的问题，得出实验结果，对实验结果数据进行分析处理。教师对学生的实验过程和实验分析结果进行考核。

四、结语

无线传感器网络是国家物联网战略的核心支撑技术，指的是将各种信息传感设备通过无线网络结合起来而形成的一个巨大的低功耗感知网络，并通过适当的信息处理实现智能感知，代表了信息学科的重要发展方向，也是学生培养的目标。该项目的建设将让学生深刻领悟无线传感器网络工作原理，并能自主完成系统的分析与设计，真正学有所获，加深从器件到系统的理解，提高设计能力和解决问题的能力。

本实验通过将多种传感器（震动、语音、温度等）与现有平台相集成，可以完整的实现从检测—传输—分析—执行—反馈的通路，综合性强，学生发挥空间大，可以全面展示和综合利用这个领域的几乎所有技术，对学生锻炼十分全面。

（本文获同济大学实验教学改革专项基金支持，编号：同实 2010171—29）