

# 基于无线传感器网络的温湿度数据采集平台分析

苏 杨 杨志军 丁阳洋 康立富  
(云南大学信息学院 昆明 650091)

**摘 要:**为了能够实时、高效的采集环境中的温湿度数据,采用了一个以 TinyOS 为依托的无线传感网络数据采集平台,使用 cc2538cb 作为传感器节点,运用了 blip 协议初步完成了对温湿度监测应用程序的开发,实现了点对点通信,并且以轮询服务的机制作为基础,开发了点对多点的通信。实验过程中,通过将多个传感器节点置于不同的实验环境中,根据各节点在不同环境中采集数据的情况,证明了此种设计方法能够应对环境因素多变化的情形,能够成功的完成对环境中温湿度数据的采集,也避免了数据在传输过程中发生丢失的情况。

**关键词:** TinyOS; cc2538cb 节点; 环境监测; blip 协议

**中图分类号:** TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50

## Analysis of temperature and humidity data acquisition platform based on wireless sensor network

Su Yang Yang Zhijun Ding Yangyang Kang Lifu

(School of information Science and Technology, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** In order to real-time and efficient collection of temperature and humidity data in the environment, this paper uses a TinyOS-based wireless sensor network data acquisition platform, the use of cc2538cb as a sensor node, the use of the blip protocol initially complete the application of temperature and humidity monitoring program development, to achieve the point-to-point communication, and the use of polling service as a basis for the development of point-to-multi-point communication. In the experiment process, by placing multiple sensor nodes in different experimental environments, according to the situation that each node collects data in different environments, it is proved that this kind of design method can cope with the change of environmental factors, and can successfully complete the collection of temperature and humidity data in the environment also avoid the loss of data during transmission.

**Keywords:** TinyOS; cc2538cb node; environmental monitoring; blip protocol

### 0 引 言

无线传感器网络作为下一代的传感器网络<sup>[1-2]</sup>,在人们的各个领域和生产活动都有着广阔应用前景。通过在环境中布置大量的传感器节点,可以采集温度、湿度等众多物理数据,可以将物理世界的模拟环境进行数字化<sup>[3]</sup>,让人们直观的了解到所生活的环境正在发生哪些细微的变化。随着我国经济的飞快发展,环境污染的情形变得越来越严重,比如水资源污染、大气污染等,已经威胁到了人们的健康生活。但是目前我国对环境监测的信息化程度还远远不够,根本无法满足急需的环境保护与发展的需要。环境数据化、信息化,使各个地方的人们能够共享数据是未来环境保护与发展的重要方向。

在环境监测方面,温度和湿度是两个至关重要的参数指标<sup>[4]</sup>,也主要分析了温湿度的采集方法,以 TinyOS 作为嵌入式操作系统,编写了底层的驱动程序,实现了环境数据的采集。

### 1 典型的无线传感器网络的结构

传统的无线传感器网络架构<sup>[5-6]</sup>如图 1 所示。在无线传感器网络中,需要将大量的传感器节点部署在监测区域中,能够以自组网的形式构成一个小型的网络,当传感器节点采集到数据之后,可以通过其他的节点,选择一条最短路径逐跳进行传输,最后数据将会传送到汇聚节点。如果汇聚节点与用户距离比较远时,可以经过 GSM、GPRS、卫星等途径汇聚于网络服务器。这样用户就可以通过浏

览器、手机等多种方式,随时随地的观察到所监测区域的环境变化情况。

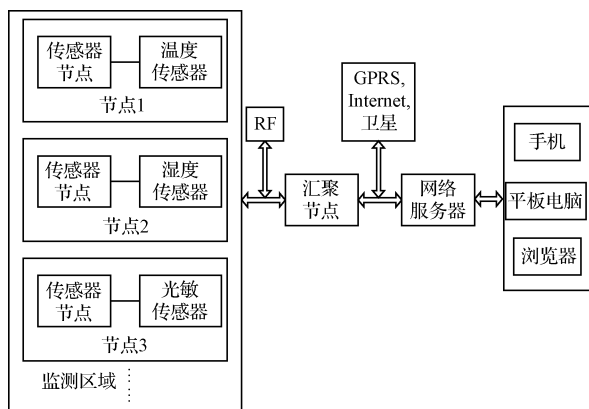


图1 无线传感器网络结构

## 2 系统的软件平台

### 2.1 系统软件平台的实现

由加州伯克利分校根据无线传感器网络的特点专门为其设计并实现的 TinyOS 嵌入式操作系统<sup>[7-8]</sup> 基于事件驱动机制,具有鲁棒性强、可移植性强、占用资源量少、高并发性等特点,能够非常好的满足具体应用的需要。展现了强大的技术优势,采用了组件化的编程思想,同时满足了上层应用的开发,也便于程序的快速执行。除此之外,能够将一个耗时的操作分阶段进行执行,以此来获得很高的执行效率实现了运用任务和事件并发的执行模式。

### 2.2 nesC 语言

TinyOS 最初是用 C 语言和汇编语言编写的<sup>[9-10]</sup>,但是在研究人员不断地深入研究中发现了 C 语言无法满足传感器操作系统的开发。于是科研人员以 C 语言为基础进行了相应的扩展,把组件化的思想和基于事件驱动的执行模型结合了起来,衍生出了支持组件化的 nesC(C language for network embedded systems) 编程语言。因为 nesC 语言是根据 C 语言来设计的,所以能够支持 C 语言的所有特性,而且 JAVA 的一些程序设计思想也得到了很好的体现。NesC<sup>[11-13]</sup> 有着以下 3 大概念:

1) components,也就是组件,与 C 语言相比,能完成一个功能模块的 C 文件的集合;

2) interface,接口,用于组件连接声明的文件,类比 C 语言的 .h 文件,进行函数方法,返回事件的声明;

3) wire, nesC 编译器将各个组件最终 link 起来形成一个 C 文件,称之为 wire,类比 C 语言其本质就是预编译。

## 3 系统的硬件平台

### 3.1 节点的选择

选择 cc2538cb 作为传感器节点,该节点采用了 TI 公司出品的 cc2538 芯片,基于 ARM Cortex-M3 架构,内部

资源丰富,性能强劲,能很好地支持最新的 TinyOS 版本。cc2538cb 节点在低功耗特性方面相比 TelosB 节点虽然是略显不足的,但在 RAM 的内存方面,TelosB 节点所使用的 cc2420 芯片的 RAM 仅仅只有 10 K 大小,而 cc2538cb 节点的 RAM 内存却达到了 32 K,所以在使用 cc2538cb 节点时不用去担心 RAM 的存取空间不够用。同样,cc2420 的射频特性与 cc2538 相比还是有点捉襟见肘,除此之外,cc2538cb 节点的价格要便宜很多,完全可以满足本文的设计要求。

### 3.2 cc2538cb 节点的结构

cc2538cb 节点在设计过程中预留了 10 个 I/O 口,从左到右分别为: GND、PD1、PD0、PA7、PA6、PA5、PA4、PA3、PA2、VDD,此间的间距为 2.00 mm。

CC2538 的 I/O 口可以根据软件编程指定功能,如 UART、SPI、I2C、SSI、ADC、输入、输出等,灵活度高。cc2538cb 节点没有焊接传感器,但在使用过程中可以运用预留的 I/O 口来完成传感器的接入或其他芯片的总线通信。

cc2538cb 节点采用 PL2303 USB 转串芯片而不是直接使用 2538 的 USB 功能。在于驱动对于虚拟机 Linux/Ubuntu,Android 等是免驱动的,能够更加简单快速的使用 Linux/Android。

## 4 无线收发数据

### 4.1 Blip 协议在 cc2538cb 上的实现

根据 TinyOS<sup>[12]</sup> 官方所给的例程,此例程测试了 blip 基本的本地链路通信功能,验证了射频模式能够正常运行,地址解析能够正确的进行,同时也证明了 64 位的寻址方式是正确的。在例程的测试中最少需要两个传感器节点,但是不用担心节点号的设置,因为只能使用 64 位的地址模式。每秒钟每个节点会将一个数据包(其中包含了一个 echo 请求)发送到本地链路组播的所有节点组(ff02::1),每当这种情况发生时,Led0 就会进行翻转。源地址是节点的本地链路派生的单播地址,从 EUI-64 中来。所有的节点收到 echo 请求后就会翻转 Led1,会用一个单播数据包对发送 echo 请求的那一方进行回复,然后节点在其发送 echo 请求之后会收到一个回复,此时就会翻转 Led2。为了让此例程能够在所搭建的编译环境中运行,需要在例程的 makefile 文件中加入 include \$(MAKERULES),这样可以让其识别编译环境。测试中用了两个传感器节点,其中一个的节点号为 1,另一个的节点号取为 2,使用 make cc2538cb blip id. 1 和 make cc2538cb blip id. 2 命令分别对该例程进行编译,编译之后将会生成一个 .bin 文件,接着把两个命令执行后各自生成的 .bin 文件分别烧写到两个传感器节点中。因为 cc2538cb 节点设计中加入了转串口模块,这样就可以将传感器节点直接与 PC 机进行相连,然后通过串口助手软件观察数据的采集情况。

#### 4.2 运用 Blip 协议实现数据采集

选择了 TinyOS 的核心协议栈 blip 来进行数据的发送, blip 最重要的作用是实现了 ZigBee(IEEE802.15.4)到 6LowPAN 的桥接功能。节点程序主要用到的组件有 main 组件, led 灯组件 LedC, 时钟组件 TimeC, IPStackC 组件, 还有 StaticIPAddressTosIdC 和 UdpSocket 组件, 组件之间的连接关系如图 2 所示。

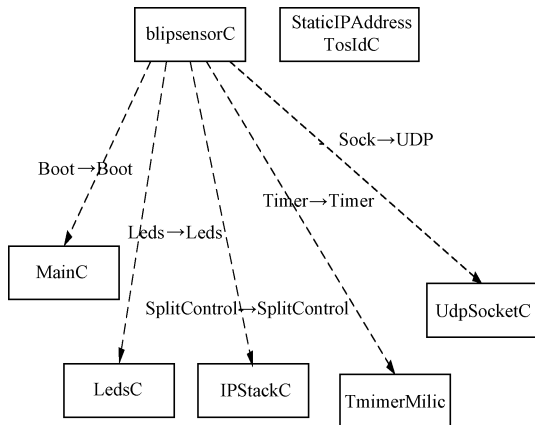


图 2 组件的连接关系

通过 cc2538cb 节点预留的 I/O 口来连接传感器, 选用 dht11 传感器来测量环境中的温湿度, 将传感器的 VDD 引脚与 I/O 口的 VDD 相连, GND 引脚与 I/O 口的 GND 相连, DATA 引脚与 I/O 口的 PA5 相连, 然后将 NC 引脚悬空。接下来, 在 TinyOS 的编译环境中加入 dht11 的驱动, 将 dht11 目录拷贝到 tinyos-main-release\_tinyos\_2\_1\_2\tos\chips\cc2538 下, 其中 dht11 目录包含了 dht11.c 和 dht11.h 文件, 然后修改 tinyos-main-release\_tinyos\_2\_1\_2\tos\platforms\cc2538cb 下的 .platform 文件增加路径 %T/chips/cc2538/dht11, 修改 tinyos-main-release\_tinyos\_2\_1\_2\support\make\cc2538cb 下的 cc2538cb.rules 文件, 最后在 EXTRA\_MODULES += ... 后面加入 EXTRA\_MODULES += MYM(CHIP\_DIR)/dht11/dht11.c, 这样就可直接读取 dht11 的数据。所以, 在节点的程序设计中加入读取传感器数据的代码, 启动事件, 每隔 2 s 读取一次传感器的数据, 将读取的数据存入预先定义的 m\_data 结构体中, 然后可以调用 Sock.sendto() 函数来进行数据包的发送当 Sock 接口收到数据包之后, 将由 Sock.recvfrom() 函数来负责对数据包进行接收和理。

汇聚节点在收集数据之后, 可以通过电脑观察温湿度数据的采集情况, 如图 3 所示。

#### 4.3 使用轮询的机制实现点对多点的通信

在实验的过程中使用 5 个 cc2538cb 节点进行实验, 将节点 1 设置为汇聚节点, 负责对其他多个节点进行服务, 其他 4 个节点则作为子节点, 节点号分别设置为 2, 3, 4, 5。当节点 2 收到来自节点 1 的命令 CMD\_ECHO 时, 节点 2 就会被唤醒, 然后对节点 1 发送 10 个数据包, 数据发送完

```
Frag pool size: 12
SendInfo pool size: 3
SendEntry pool size: 12
Forward queue length: 0
heap region start: 200004a0 length: 1500 used: 0
IPProtocolsP: Sending IPv6 Packet
  source: fe80::212:6d4c:4f00:1
  dest: ff02::1
IPNeighborDiscovery: Converting to 15.4 addresses
  source: IEEE154_ADDR_EXT: 0:12:6d:4c:4f:0:0:1
  dest: IEEE154_ADDR_SHORT: 0xffff
  fragment length: 78 offset: 61
  fragment length: 0 offset: 61
  sendDone: was not delivered! (0 tries)
UDP - IP.recv: len: 21 (21, 21) srcport: 10210 dstport: 10210
rx_cksum: 0xc11a my_cksum: 0xc11a
TestLinkLocalC: rcv from: fe80::212:6d4c:4f00:2
湿度: 24%RH 温度: 21°C
TestLinkLocalC: reply seqno: 15
IPProtocolsP: Sending IPv6 Packet
  source: fe80::212:6d4c:4f00:1
  dest: ff02::1
IPNeighborDiscovery: Converting to 15.4 addresses
  source: IEEE154_ADDR_EXT: 0:12:6d:4c:4f:0:0:1
  dest: IEEE154_ADDR_SHORT: 0xffff
  fragment length: 78 offset: 61
  fragment length: 0 offset: 61
  sendDone: was not delivered! (0 tries)
UDP - IP.recv: len: 21 (21, 21) srcport: 10210 dstport: 10210
rx_cksum: 0xc01a my_cksum: 0xc01a
TestLinkLocalC: rcv from: fe80::212:6d4c:4f00:2
湿度: 25%RH 温度: 21°C
TestLinkLocalC: reply seqno: 16
```

图 3 汇聚节点接收数据

成之后节点 2 就会进行睡眠, 等待下一次服务。同理, 节点 1 对节点 3, 4, 5 进行服务, 同样也是经历了从唤醒, 接受服务, 再到睡眠的过程。当 4 个子节点接受完服务之后, 就会进行下一次循环, 一直进行着 2→3→4→5→2... 这样的过程。轮询机制的引入<sup>[14-15]</sup>, 把无线传感器网络的多跳通信方式, 变成了单跳的轮询访问方式, 避免了常见的随机多址协议中因碰撞带来的能量损耗, 保证数据业务的服务质量。汇聚节点服务过程如图 4 所示。

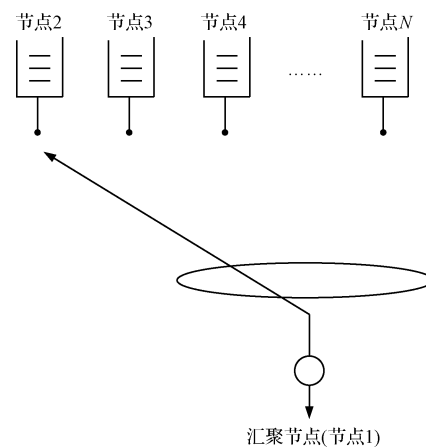


图 4 轮询系统

在一次循环结束以后 4 子节点采集的数据情况如表 1 所示。

由表 1 记录的实验数据可知, 放置在不同环境中的 cc2538cb 节点能够成功的采集环境中的温湿度数据, 通过分析节点采集的数据并与正常温度形成对比, 即刻可以知道节点所放置区域环境的变化情况, 由此可以说明该设计方案的可行性, 并可以将其应用于环境的监测。如果监测

表1 子节点采集数据的情况

节点 2(置于室内)		节点 3(置于室内)		节点 4(置于温暖处)		节点 5(置于阴凉处)	
温度/℃	湿度/RH/%	温度/℃	湿度/RH/%	温度/℃	湿度/RH/%	温度/℃	湿度/RH/%
21	24	21	24	25	17	17	28
21	24	22	24	25	15	18	29
21	25	22	25	25	15	18	29
21	25	21	25	25	16	18	29
22	25	21	24	26	16	18	30
22	24	21	24	26	18	17	30
22	26	21	24	26	18	16	28
21	24	22	24	26	17	17	28
21	24	22	24	26	17	17	28
21	24	21	25	26	17	17	29

环境发生剧烈变化,或者是发生火灾时,可以通过该平台观察到温度、湿度会出现不正常变化,这样相关人员就能立即采取相应的措施对其进行保护和改善。

### 5 结 论

无线传感网络<sup>[15]</sup>有着广泛的应用前景,本文开发的无线温湿度采集平台,很好的体现了无线传感网络的灵活性和可扩展性的特点。用 TinyOS 这个系统平台开发了一套可以实时应用的操作系统架构,将 blip 协议栈运用在了温湿度数据的程序设计中,也很好的体现了 ZigBee 到 6LoWPAN 的转变。

该平台可以很容易的扩展为其他的应用系统,为进一步实现环境数据的采集和信息的共享垫定了坚实的基础。本文所设计的方案还是存在许多的不足,只是设计了在汇聚节点与 PC 机直接相连去单一的实时观察数据。在未来的工作中还需要进一步拓展比如在汇聚节点到 PC 机之间设置一个数据库,并通过数据库查询历史数据,而不是单一的实时监控。

### 参 考 文 献

[1] 王亚平,张宝华,董丽. 基于 WSN 与 TinyOS 技术的智能温室监控系统设计[J]. 江苏农业科,2014,42(8): 408-410,418.

[2] 李远英,王正万. 基于 ZigBee 技术的无线传感数据采集网络研究与应用[J]. 通信技术,2015,29(2):29-20.

[3] 李丽娜,王越,郭永强,等. 基于 ZigBee 的多点温湿度监测系统设计[J]. 辽宁大学学报,2017,44(1):25-28.

[4] 姜久超,郭玉霞,王红艳,等. 基于 C8051F040 的 CAN 总线温湿度数据采集系统设计[J]. 电子设计工程,2015,23(19):30-33.

[5] 李美花,卫平,王颖,等. 微传感器阵列多通道数据采集和处理系统[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(2):311-317.

[6] 张紫谦,袁卫声,梁凯. 基于 Android 终端的物联网家居环境监测系统设计[J]. 测控技术,2016,35(2):108-111.

[7] 杨立华,李永忠,周俊. 基于 TinyOS 的智能家居系统设计与实现[J]. 电子设计工程,2015,23(15):109-111.

[8] 李春萍,陈新. 基于 TinyOS 与嵌入式技术的智能家居控制系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2016,16(1): 22-25.

[9] 段培永,宁晨光,徐丽平,等. 基于 TinyOS 的无线传感网络温湿度采集系统[J]. 计算机系统应用,2014, 23(8):53-57.

[10] 翟祥伟,吴蒙. 基于 TinyOS 的无线传感器网络节点设计与实现[J]. 电视技术,2015,9(3):57-60.

[11] 田广东,叶鑫. 基于 Contiki 的 6LoWPAN 边界路由器的设计[J]. 电子技术应用,2016,42(3):61-70.

[12] 高承志,许道峰,何纬. 基于 CC2530 和 TinyOS 的无线通信 MAC 协议实现[J]. 信息化研究,2015,41(5): 18-21.

[13] 陈德富,陶正苏,周迪. 基才 TinyOS 的 CC2430 无线数据收发设计[J]. 电子设计工程,2010,18(3):94-96.

[14] 侯维岩,刘晓剑,庞中强. 基于 HTML5 和多协议网关的智能家居控制系统[J]. 国外电子测量技术,2016, 35(5):91-95.

[15] 徐新黎,皇甫晓洁,王万良,等. 基于无线充电的 Sink 轨迹固定 WSN 路由算法[J]. 仪器仪表学报,2016, 37(3):570-578.

### 作 者 简 介

苏杨,1992 年出生,硕士研究生,主要研究方向为无线传感器网络和轮询协议的研究。

E-mail:242600114@qq.com

杨志军,1968 年出生,高级工程师,云南省教育厅教科院副院长,主要研究方向为计算机通信与网络、无线通信和轮询系统。