

嵌入式无线传感器网络网关节点的设计与实现*

杨奎武

(信息工程大学 电子技术学院, 郑州 450004)

摘要: 无线传感器网络是新一代的传感器网络, 具有非常广泛的应用前景。本文在对无线传感器网络体系结构、网关(Sink)节点的特点、功能分析的基础上, 给出了无线传感器网络 Sink 节点的软硬件设计与实现方案。Sink 节点以低功耗嵌入式处理器 AR91R4008 为核心, $\mu\text{C}/\text{os-II}$ 为嵌入式实时操作系统, 配以内置 TCP/IP 协议的 GPRS 模块作为网络数据出口以及 TR3000 无线收发模块, 可以实现高速的数据采集和可靠的数据传送, 能够较好地达到低功耗和实时性的要求, 最后给出实测结果。

关键词: 嵌入式操作系统, 无线传感器网络, GPRS

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2007)03-0054-03

Design and Implementation Gateway Based on GPRS Model in Wireless Sensor Networks

YANG Kui-wu

(Electronic Technology Institute, Information Engineering University, Zhengzhou 450004, China)

Abstract: Wireless sensor network is the new generation sensor network, which has an extensive application and bright foreground. Design and realization scheme of sink node in wireless sensor networks are proposed based on the introduction of its system structure, characteristics and function. The low-consumption embedded CPU-AR91R4008 is the core of sink node, which has the $\mu\text{C}/\text{os-II}$ embedded operation system, the interface of GPRS model with TCP/IP and wireless transfer TR3000. It can collect and transmit data reliably at high speed. The system meets the needs of low-power and real-time. At last, we put forward the result of the test.

Key words: embedded OS, wireless sensor network, GPRS

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是新一代的传感器网络, 具有非常广泛的应用前景, 其应用已经由军事领域扩展到反恐、防爆、环境监测、医疗健康、工业控制等众多生活领域, 并且能够完成传统系统无法完成的任务。随着无线通信、集成电路和微电机系统等技术的发展使得大规模生产体积小、成本低、处理能力强的传感器节点成为可能, 因此近些年无线传感器网络成为国内外研究的热点。

本文从实现角度对无线传感器网络网关进行了研究, 提出了基于通用无线分组交换业务(General Packet Radio Service, GPRS)模块的网关实现方案, 并给出部分系统调试结果。

1 传感器网络体系结构

传感器网络结构如图 1 所示^[1], 传感器网络系统通常包括传感器节点(Sensor Node)、网关节点

(Sink Node)和监控中心组成。大量的传感器节点部署在监测区域, 通过自组织方式构成网络。传感器节点监测到的数据沿着其他传感器节点逐跳地进行传输, 数据经过多跳后路由到网关节点, 网关节点在对数据进行分析、融合等处理后通过有线或者无线的方式将数据送入监控中心。用户通过监控中心对传感器网络进行配置和管理, 发布监测任务以及收集监测数据。

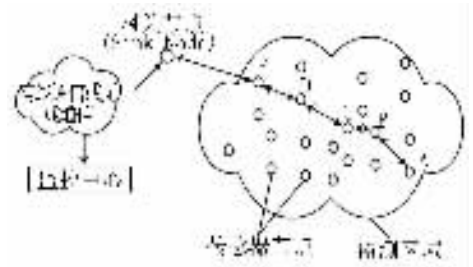


图 1 传感器网络结构

* 收稿日期 2007-04-20

作者简介: 杨奎武(1978-), 男, 吉林辽源人, 讲师, 研究方向为传感器网络和第三代无线通信系统。

2 网关节点的特点及功能

传感器网络由大量节点构成,且通常部署在恶劣环境,甚至是敌对环境当中,所以传感器节点通过更换电池的方式来补充能量是不现实的,如何高效使用能量来最大化网络生命周期是传感器网络面临的首要挑战,因此传感器网络节点设计的原则是:低功耗、低成本、高效能。而与普通网络节点相比 Sink 节点作为网络的出口,所要处理的数据量大,因此要求节点具有高计算能力、高速度、大存储量和较远的传输距离。在一般情况下为了满足网络要求 Sink 节点应当具有充足的能量供给,但在特殊环境中(比如战场)充足的能源供给往往是不能实现的,因此也需要对 Sink 节点进行低功耗设计。

Sink 节点在完成不同网络间协议转换的同时还要对传感器网络进行管理和设置,因此 Sink 节点具有的功能概括起来有以下几点^[2] (1) 扫描并选定物理信道,分配无线传感器网络内的网络地址,初始化网络设置 (2) 配合网络所采用的 MAC 算法和路由协议,协助其他网络节点建立路由 (3) 完成不同网络之间的协议转换 (4) 接收普通节点数据,对数据进行分析、融合等处理 (5) 接受监控中心的控制指令,完成用户需要;

3 网关接入方式选择

Sink 节点可以采用有线或者无线的方式与监控中心相连,具体方法与实际情况有关。对于无线方式而言一般有 GSM 接入方式、GPRS 接入方式、WLAN 接入方式和卫星接入方式等。综合考虑网络接入速率、可靠性、网络覆盖范围以及实现的难易程度、成本等各方面的因素,本设计中 Sink 节点采用 GPRS 接入方式。因为 GPRS 网络下行速率可以达到近 120 kbps 的高速率,同时具有覆盖广泛、成本低、可靠性高的特点,能够很好地满足无线传感器网络的实际设计需要。

4 网关节点硬件设计

网关节点的硬件部分主要由中央处理单元、存储单元、射频收发模块、GPRS 通信模块和数据采集模块组成,如图 2 所示。

4.1 中央处理单元

网关的中央处理单元主要用来采集和处理从传

感器节点送来的数据,并且完成对网络的控制功能。为了达到高性能、低功耗的目的,设计中采用 Atmel 公司的 AT91 系列 ARM 处理器 AT91R40008^[3],处理器基于 ARM7TDMI 内核,内含高性能 32 位 RISC 处理器、16 位高集成度指令集、256KB 片上 SRAM、可编程外部总线接口、32 个可编程 I/O 口、2 个 USART、可编程看门狗定时器、主时钟电路和 DRAM 时序控制电路。值得一提的是该处理器配有高级节能电路,空闲模式下内核最低能耗只有 0.06 mW/MHZ,USART 接口只有 27.8 μ W/MHZ^[4]。即便在不能更换电池的条件下也能够使得网关节点长时间工作,从而延长网络生存期。

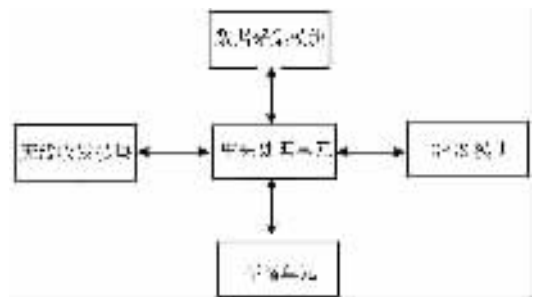


图2 网关节点组成

4.2 GPRS 通信模块

为了能够将网络中的数据及时可靠地送入监控中心,设计采用 GPRS 接入方式,该方式具有永远在线、快速登陆、按流量计费等优势。实际中采用 Simcom 公司的 SIM100 GPRS 通信模块。该模块支持两种操作模式:一种是电路交换数据模式 CSD,支持语音、SMS 和 FAX 等业务;一种是分组交换模式 GPRS,采用多时隙,支持 CS1 ~ CS4 编码。两者最大的区别是 GPRS 传输数据不需要再拨号。模式的选择通过 AT 指令完成。

SIM100 模块一个重要特点就是内置 TCP/IP 协议,用户不必自己编写或者利用操作系统加入协议。这一特点降低了系统开发难度,缩短了开发周期。

4.3 无线收发模块

结合无线传感器网络数据传输速率不高及传输距离要求严格的特点,选用 RFM 公司的 TR3000^[5]来实现无线收发模块的功能。TR3000 是工作在 433.92 MHz 上的单频点无线 RF 收发器,功耗低、性能稳定,最高通信速率可达 115.2 kbps,通信半径可达 100 m,在短距离通信中非常适用。TR3000 有两种调制模式可选:开关键控 OOK 和幅移键控 ASK。设计过程中可以根据通信速率进行模式的选择。图 3 给出的是在 ASK 模式下 TR3000 电路图,

该模式下最高通信速率可以达到 115.2 kbps。

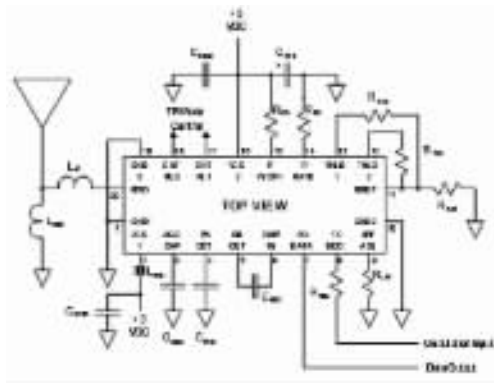


图 3 ASK 配置电路图

4.4 数据采集模块

为了充分利用中央处理单元的高性能,网关节点设计增加了数据采集模块。数据采集模块由温湿度传感器 SHT71^[6]和光强传感器 CL9P4L 组成。SHT71 是一款全校准数字输出传感器,可以提供温度范围是 -40 °C ~ 120 °C,分辨率 14 bit,湿度范围是 0 ~ 100% RH,分辨率 12 bit。其中温度 $TEMP = D1 + D2 \times SO_T$;湿度 $HUM = C1 + C2 \times SO_{RH} + C3 \times SO_{RH}^2$ 。具体参数参看表 1。CL9P4L 实际上就是光电二极管,可将光强度的变化转换为电阻值的变化。

表 1 温湿度传感器各参数值

SO_T	D1	D2	SO_{RH}	C1	C2	C3
14bit	-39.6	0.01	12bit	-4	0.040 5	-2.8×10^{-6}
12bit	-39.6	0.04	8bit	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

5 网关节点软件设计

网关节点软件主要完成的功能是管理传感器节点送来的数据,对数据进行处理和数据融合后经过 TCP/IP 功能模块封装打包后由 GPRS 通信模块发送到监控中心,它主要由 GPRS 通信软件、RF 通信软件以及任务管理软件组成。考虑到实现的难易程度,笔者采用开源的嵌入式实时操作系统 uC/os-II, TCP/IP 协议利用 AT 指令在 GPRS 模块中完成。

5.1 嵌入式实时操作系统 uC/os-II 分析

uC/os-II 是一种免费开源的嵌入式实时操作系统,具有代码公开、结构清晰、移植性好、可裁减、可固化等优点。其内核属于抢占式,最多可以处理 60 个任务,每个任务相对独立,都有超时函数,时间用完后交出 MCU 使用权。uC/os-II 的结构以及它与硬件的关系如图 4 所示。

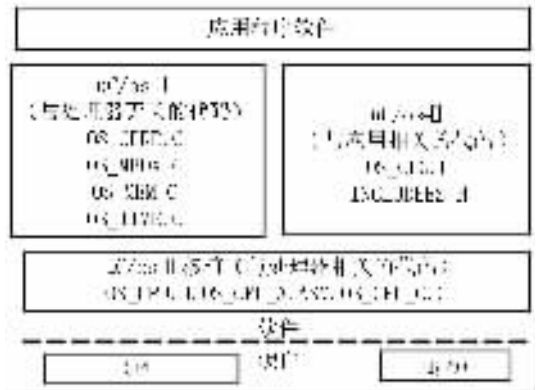


图 4 uC/os-II 的硬件和软件体系结构

uC/os-II 是一个开源的操作系统,与实时的商业操作系统相比缺少应用部分,比如说 TCP/IP 软件库。一般来说实现 TCP/IP 功能可以利用开源的小型 TCP/IP 协议栈 uIP,由于本系统采用内嵌 TCP/IP 协议栈的 SIM1000 GPRS 通信模块,只需要利用 AT 指令进行设置就可以。

5.2 建立 GPRS 连接

微处理器通过向 GPRS 模块发送 AT 指令即可完成连接。连接的初始设置如下。

(1) 设置通信波特率。使用 AT + IPR = 115 200 命令将模块波特率设置为 115 200 bps。(2) 设置接入网关。通过“AT + CGDCONT = 1”、“IP”、“CM-NET”命令,设置 GPRS 接入网关为移动公司。(3) 设置终端类别。通过 AT + CGCLASS = “B”设置终端类别为 B。(4) 测试 GPRS 服务是否开通。使用“AT + CGACT = 1”命令激活 GPRS 功能。如果返回 OK,则成功。

以下是利用 TCP 建立连接的例子。

```
命令 AT + CIPSTART = " TCP "; 132. 153. 24. 8 "; 2020 ( 连接 SERVER )
返回 OK ;
命令 AT + CIPSEND > HELLO ! ( 向 SERVER 发送数据' HELLO !' )
返回 OK
命令 AT + CIPCLOSE ( 关闭连接 )
返回 OK
命令 AT + CIPSHUT ( 关闭移动场景 )
返回 OK。
```

6 实验结果

图 5 是网关节点温度传感器在感受人体触摸过 (下转第 88 页)