

无线传感网节点群的远程控制研究

李元熙^{1,2}

(1. 江苏省无线传感系统应用工程技术研究开发中心, 江苏 无锡 214153;

2. 无锡商业职业技术学院 电子工程系, 江苏 无锡 214153)

摘要: 随着通信技术、嵌入式技术和传感器技术的飞速发展, 传感器网络由于具备自组织性、协作性和动态组网变化等特点, 在经济生活各方面应用广泛; 但目前商用传感网络多为有线的局域网连接, 对一些离散型的节点适用性不强, 特别是在一些需要远程接入的控制场合就很难实现; 针对上述不足, 提出了一种基于无线网络与 GPRS 网络相结合的无线传感网节点群远程控制方式; 离散型终端节点通过 433 MHz 频段组成无线传感网络, 经过本地嵌入式中心节点实现与 GPRS 网络的异网连接, 进而通过手持式终端实现远程监控; 实验系统比较了节点群在不同气候条件下数据传输的距离与可靠性, 结果表明系统能实现上述两种无线网络的异网数据交换, 有效地解决了传感网节点群的远程控制等问题。

关键词: 无线传感网; 嵌入式节点; 远程控制

Research of Remote Control of Node Cluster in Wireless Sensor Network

Li Yuanxi^{1,2}

(1. Jiangsu Research and Development Center of Application Technology for Wireless Sensing System, Wuxi 214153, China;

2. Dept. of Electronics Engineering, Wuxi Institute of Commerce, Wuxi 214153, China)

Abstract: With the rapid development of communication technology, embedded technology and sensor technology, the sensor network is widely used in many aspects of economic life due to its self-organization, collaboration and dynamic network changes characteristics. But most commercial sensor networks are wired LAN connection, so for some discrete nodes the applicability is not strong, especially in some remote access control required situations, it is difficult to achieve. In response to these deficiencies, a remote control mode of wireless network nodes cluster, based on the combination of GPRS network is proposed. Discrete terminal nodes in 433 MHz compose wireless sensor network and implement different network connections with GPRS network through a embedded local central node, and then get remote monitoring via the handheld terminal. System experiments compare the data transmission distance and reliability of nodes in different climate conditions, and the results show that the system can achieve different network data exchange in these kinds of wireless network, and solve the problems of remote control in sensor network nodes cluster effectively.

Key words: wireless sensor network; embedded node; remote control

0 引言

无线传感器网络是由大量被部署在待测区域中的嵌入式传感器节点组成, 是一种分布式、自组织的网络^[1]。目前常用的无线组网技术有 Zigbee、WIFI 等, 但由于其频段较高、穿透性能不强、需要中续连接等缺陷, 使用场合受到了一定的限制, 同时由于传感器网络多为局域网, 对于一些需要远程控制的场合使用就无法实现, 所以研究一种无线传感网接入与远程数据传输的方就显得十分重要。

1 传感网络无线接入模型设计

传感网络无线接入模型由图 1 所示, 它是一种 433 MHz 无线局域网与 GPRS 网络混合的模型。该模型中的网络终端节点通过传感器、信号调理电路与嵌入式处理器相连, 并由微功率射频模块组成星型网络。网络中心节点通过射频模块接入传感器局域网络负责全网节点数据的搜集和处理, 并由 GPRS 模块接入公用移动通信网, 实现异网数据的交互。用户可通

过手机终端的 SMS 应用实现对中心节点的数据访问, 进而远程控制无线传感局域网内任一节点。在本模型中, 无线传感网节点通过设定 2 字节地址实现 2^{16} 个节点的组网。

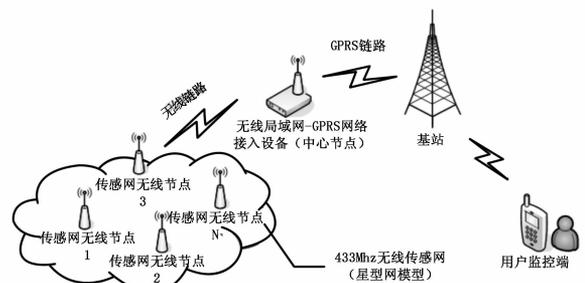


图 1 传感网络无线接入模型

2 节点硬件设计

传感器网络节点由终端节点和中心节点组成。终端节点由传感器、信号调理电路、嵌入式处理器、微功率射频模块组成; 中心节点由 GPRS 模块、微功率射频模块、嵌入式处理器、存储器和显示模块组成。考虑到传感网络构建成本因素, 终端节点可以选择廉价的 STM8 处理器芯片, 而中心节点笔者选取了飞思卡尔嵌入式处理器 Kinetis-K10 以加强节点在网络中的处理能力。本文将着重介绍中心节点的设计, 而终端

收稿日期: 2013-12-31; 修回日期: 2014-02-18。

基金项目: 江苏省农机科研启动基金资助项目(gxz08006)。

作者简介: 李元熙(1979-), 男, 江苏无锡人, 硕士, 讲师, 主要从事电子系统、嵌入式应用技术方向的研究。

传感节点可按设计需求选择不同的模拟或数字式传感器并配备相应的信号调理电路以满足处理器需求。

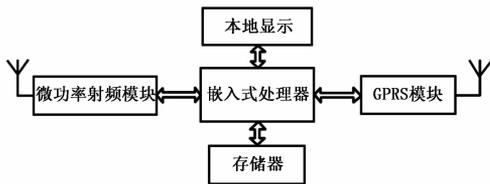


图 2 中心节点硬件结构

2.1 飞思卡尔 Kinetis—K10 嵌入式微控制器

Kinetis 是飞思卡尔公司基于 ARM Cortex—M4 研发的具有超强可扩展性的低功耗、混合信号嵌入式控制器，其提供了丰富的互连接口。K10 微控制器系列是 Kinetis 的入门级产品，笔者在设计时选用了型号为 MK10X32VFM50 器件，它具有 32 位的 ARM Cortex—M4 内核、50M 主频、32KB 闪存，包含了丰富的模拟、通信、定时和控制外设。该嵌入式处理器性能稳定、功能强大且支持多种操作系统，能适应于下连传感网络大数据量的处理场合。

本文中微控制器通过 2 个 SCI 接口分别与射频模块和 GPRS 模块连接进行数据交换，通过 SPI 总线接口与 FLASH 存储器连接并通过 GPIO 与液晶显示器连接。

2.2 微功率射频模块

在组建无线传感网络时，考虑到节点间传输距离和功耗等问题，笔者采用了 433 MHz 的射频模块 UTC—4432B1。该模块是高度集成超低功耗半双工微功率无线数据传输模块，工作电压 3.3 V，片上集成 STM8L101 处理器，采用 SI4432—B1 射频芯片，使用 ISM 频段可工作在 430~450 MHz 频段范围内，最大输出功率可以达到 +20 dBm，这在一定程度上满足了射频信号放大的要求能提供较远的传输距离。同时该模块具备 CRC 校验使抗干扰和灵敏度都大大提高，提供多个频道的选择，可修改发射功率、射频速率等各种参数。与嵌入式微控制器连接时采用 SCI 接口，TTL 电平传输数据，并通过 2 个的 GPIO 端口连接 SET_A 和 SET_B 引脚设置工作模式，具体如图 3 所示。

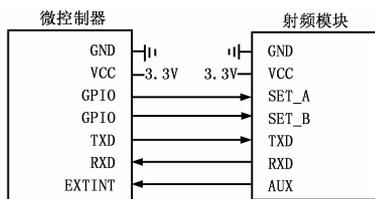


图 3 射频模块与微控制器连接示意图

2.3 GPRS 模块

中心节点接入 GPRS 网络时选取华为 GTM900C 模块，该模块是一款双频段 GPRS/GSM 无线模块，支持标准 AT 指令及增强 AT 指令，能提供丰富的语音与数据业务功能，模块与外电路连接时使用 40 引脚的 ZIF（零阻力插座）连接器，使用标准 UART 形式传输数据，并连接标准 SIM 卡电路。ZIF 连接器有 40 个引脚可以划分为 5 类，即电源、数据接口、SIM 卡、音频接口和控制，如表 1 所示。

在与微控制器进行数据传输时，ZIF 连接器使用数据接口的 RXD0、TXD0 引脚，波特率设为 19200。模块启动控制引脚 IGT 与微控制器的一个 GPIO 连接，当系统不接入 GPRS 网

络时可通过该引脚关闭模块进入低功耗模式。

表 1 ZIF 连接器引脚分类

引脚	功能
1~5、30	电源与备用电源
6~10	地
11~13	调试引脚
16~23	数据接口引脚
24~29	SIM 卡引脚
33~40	音频接口引脚
14、15、31、32	控制引脚

模块使用外接式 SIM 卡，ZIF 连接器接口的 24~29 引脚用于连接 SIM 卡电路，SIM 卡阅读器上的 RESET、CLK、IO、VCC 和 GND 与 GTM900C 模块 ZIF 的对应引脚直接相连。

2.4 电源电路设计

电源电路是系统中非常关键的一部分，在系统对电源要求比较严格的是 GPRS 模块，由于它的工作模式是“突发”的，即在很短时隙内电流很大而平均电流却不大，连接的高频无线系统又对电源扰动极敏感，这就要求使用快速调整率的电源变换系统^[3]，同时使用滤波，引线粗而短，以降低线路电阻的影响。使用时 GPRS 模块工作电压为 3.3~4.8 V（推荐工作电压为 3.8 V），因而笔者使用 LM2576 开关型集成稳压器来完成电源电路的设计，通过芯片的 ADJ 引脚及其反馈电路实现电压可调输出且能满足峰值电流要求，电路如图 4 所示。

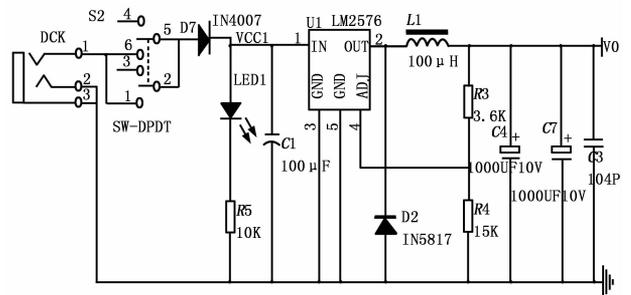


图 4 电源电路设计图

2.5 电平匹配电路设计

本文中电路涉及到多种电压数值，为了保证各器件正常工作，数据稳定有效就必须要对不同的电平标准设计转换电路，实现电平匹配。

微控制器 K10 供电是 1.7~3.6 V，但很多外设是 5 V 供电。K10 的 GPIO 可以耐受 5 V 电压，因此当 5 V 的外设输出高电平信号时 K10 能正常接收。在 3.3 V 下 K10 低电平输入上阈值是 1.16 V，标准 TTL 与 5 V 供电的 CMOS 输出低电平皆低于该值可直接相连，但在有噪声时容易误触发，因而通过电阻分压的形式来解决。

同时，K10 向外设输出低电平信号时电压比 5 V 外设所需的要低，可直接连接。但在 3.3 V 下 K10 输出高电平下限是 2.8 V，标准 TTL 输入高电平下限值是 2 V，5 V 供电的 CMOS 输入高电平下限值是 3.5 V，因而 K10 和 TTL 电平的外设通信会容易受到噪声干扰，而与 CMOS 电平的外设就无法正常通信必须进行电平转换。在转换电路中最简单的就是通过三极管来实现，但本文中笔者使用了专用的电平转换芯片 MAX3373 来完成高速信号的双向数据电平转换。

3 系统软件设计

系统软件设计主要分为终端传感节点软件设计和中心节点软件设计。

3.1 传感网终端节点软件设计

传感节点将采集得到的传感器数据暂存在微控制器的 Flash 中，通过定时发送的形式由 SCI 接口将数据送至射频模块发送，同时监测是否有数据到达，使用中断方式将网络送达的数据接收并解析出控制指令后执行，具体程序流程如图 5 所示。

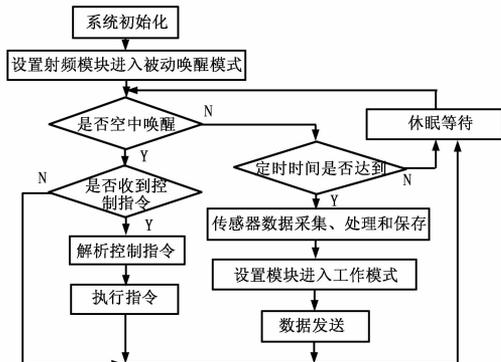


图 5 传感网终端节点程序流程

3.2 中心节点软件

中心节点是一个异网数据转换装置，其软件主要完成无线网络数据与 GPRS 网络 SMS 数据间的转换。程序初始化后通过一个 SCI 中断接收传感网各节点的数据，解析出节点号和数据内容在本地显示相应信息，并通过另外一个 SCI 接口将数据送入 GPRS 模块，利用移动通信网络将该传感网节点数据传送至用户手机监控终端显示。同时用户手机终端也可以通过短消息形式发控制指令，利用通过移动网络传给中心节点，再由中心节点转发给对应传感网节点执行动作，其程序软件流程如图 6 所示。

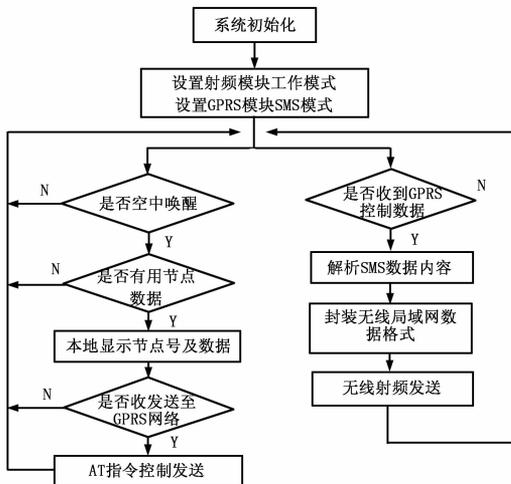


图 6 中心节点程序流程

3.3 数据格式设计

本系统中节点数据需要在无线局域网和 GPRS 网络中实现交互，故在两种异网数据格式转换时，为了简化数据分解和重组过程笔者使用统一的自定义数据结构。从终端传感节点上取得的数据直接放在 Frame 结构体的 sensor_node[] 成员中，并统一数据长度为 4 个字节，封装 SMS 数据的过程就是填充

Frame 结构体中其他成员的过程；从 GPRS 网络上收到的数据放入结构体对应成员中，那么对节点的控制信息也可以直接包含在成员中。

```

struct Frame
{
    struct GPRS_SMS message;
    struct node sensor_node[ node_number ];
    unsigned char flag;
};

struct node
{
    unsigned char DstID[ 2 ];
    unsigned char SrcID[ 2 ];
    unsigned char data[ 4 ];
};

struct GPRS_SMS
{
    unsigned char DstTelnumber[ 12 ];
    unsigned char SrcTelnumber[ 12 ];
    unsigned char control[ 2 ];
    unsigned char node_num[ 2 ];
};
  
```

4 实验与分析

实验系统主要比较节点群在不同气候条件下数据传输的距离与可靠性，但由于系统涉及了两种不同的网络，其中移动通信网的通信质量与范围由运营商确定，故本文中的实验主要针对 433 MHz 的无线局域网。实验时笔者分别在晴、小雨和大雨 3 种不同气候条件下使用 IPEX 天线测试，在开阔场地、低传输率条件下节点在晴天最大通信距离可达 800 m 左右，不同气候条件下距离差值并不明显，最大差值也只有 60 m，可见该网络气候适应性较强。在信号穿透力方面，最大发射功率 20 dbm 模式下，无线信号能够穿透 4 堵 25 cm 厚的混凝土墙，能满足大多数场合使用，但在实际组网时考虑到功耗，笔者使用空中唤醒和低功耗模式，降低模块平均功率以获得每个节点电池的最大使用寿命。在传输可靠性方面，笔者先后使用 4 800、9 600、19 200、115 200 bps 等不同的速率传输数据，其误码率都为 0。系统级测试时使用中国移动的通信网络，手机接收无线网络中温度节点的数值，结果表明系统能实现上述两种无线网络的异网数据交换。

5 结束语

系统使用 433 MHz 无线网络与 GPRS 网络相结合的方式组建传感网节点群，实现了无线局域网与移动通信网络的无缝连接，在测试时通过手机 SMS 服务正常接收传感网中任一节点的数据并加以控制。目前该技术已应用于居民小区太阳能集中供热系统的测试，并适用于广域条件下的环境生态监测。

参考文献：

- [1] 孙利民. 无线传感器网络 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 易飞, 余刚, 何凌. GPRS 网络信令实例详解 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [3] 冀常鹏. AVR 单片机 GSM/GPRS 应用技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
- [4] 卢伟, 潘炼. 智能楼宇无线抄表系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (5): 1439-1441.
- [5] 张璘, 陶琳, 袁江南, 等. 基于 GSM 网络的远程温湿度监测系统研究及实现 [J]. 电子技术应用, 2012, 38 (6): 93-96.