

基于 ZigBee 和 GPRS 的管道监测网络设计

马小强, 张春业, 张 波, 杨士强

(山东大学信息科学与工程学院, 济南 250100)

摘 要: 介绍管道监测无线数据传输网络的应用背景、总体组成和特点, 给出一种基于 ZigBee 网络与 GPRS 网络相结合实现管道监测无线数据传输网络的应用设计, 包括单片机、ZigBee 和 GPRS 融合的硬件与软件设计, 总结该设计方案的技术应用优势, 分析其实验结果。
关键词: 管道监测; 网络节点; 无线数据传输网络

Design of Pipeline Monitor Network Based on ZigBee and GPRS

MA Xiao-qiang, ZHANG Chun-ye, ZHANG Bo, YANG Shi-qiang

(College of Information Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250100)

【Abstract】 This paper introduces the application background, overall composition and characteristics of wireless data transmission network used for pipeline monitor, gives the application designs of wireless data transmission network used for pipeline monitor based on ZigBee network and GPRS network, including hardware and software design of SCM, ZigBee and GPRS, also technical application superiority of this design proposal, and analyses experimental results of the application.

【Key words】 pipeline monitor; network node; wireless data transmission network

1 概述

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成, 具有传感器节点密度高、网络拓扑变化频繁以及节点的功率、计算能力和数据存储能力有限等特点。通过无线通信技术自组织构成网络系统, 协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息, 并发送给观察者。传感器网络、塑料电子学和仿生人体器官被称为全球未来的三大高科技^[1]。

近年来针对输油、输气和热力管道的打孔盗油、盗气现象非常严重, 各管道储运部门投入大量的人力物力进行管道的安全保障维护工作, 很多储运公司都布置了大量的管道巡线人员, 但是人工的巡线方式并不能有效保证管网的安全。因此, 对于管道的储运公司来讲, 采用经济合理的方案布置 24 小时全天候的输油管道监控系统, 才能够对管网的安全给予有效的技术支持, 从而减少损失。

本文利用 ZigBee 技术实现无线组网, 它是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术, 将各个管道监测点构成测量网络, 通过 ZigBee 网络中心节点以 GPRS 方式与监控中心通信, 从而构建一个基于 ZigBee 和 GPRS 的远程数据传输通信的管道监控系统。

2 管道监测无线数据传输网络总体组成和特点

依据管道监测系统的通信技术要求, 结合 ZigBee 技术特点和优势, 采用 ZigBee 技术与 GPRS 相结合的无线数据传输系统实现管道远程监测是一个非常理想的无线数据通信解决方案。监控点布置在管道通过的途径上, 每隔一段距离布置一个监控点, 采集管道中的压力、流量、温度等参数, 然后监控点通过 ZigBee 无线网络将采集到的数据传到 ZigBee 中心节点, 中心节点的数据通过 GPRS 上传到监控中心, 由监控中心负责分析记录数据, 判断哪一段管道发生

了泄漏, 通知管理人员进行处理。所构建的 ZigBee 网络线型发散的网路拓扑, 可以根据实际的组网需要设计合理的网路结构。监控系统的结构如图 1 所示。系统由 3 个部分组成。

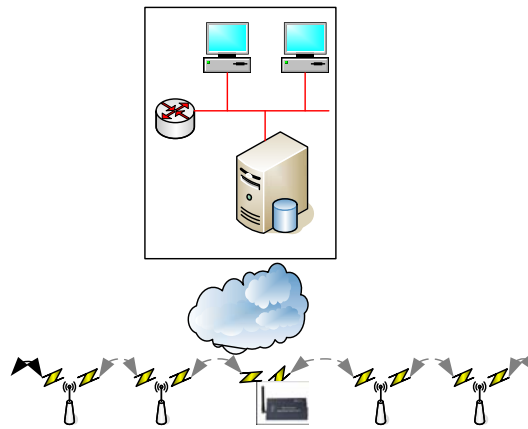


图 1 管道监测无线数据传输网络系统结构

(1) ZigBee 无线传感器网络。主要由分布在监测区域的各种流量计和压力计等传感器与 ZigBee 无线模块组成 ZigBee 终端节点, 并以星型或网型拓扑结构构成监控网络^[2]。

(2) GPRS 网络。GPRS 网络是 2.5 代移动通信系统, 是 GSM 向 3G 过渡的桥梁。它的基本功能是在移动终端与 Internet 网络的路由器之间传递分组数据。它使用分组交换技

作者简介: 马小强(1982—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 无线网络, 802.16 系统 QoS 机制; 张春业, 副教授; 张 波、杨士强, 硕士研究生

收稿日期: 2009-08-25 **E-mail:** maxiaoqiang2560731@163.com

术,能兼容 GSM,并在网络上高速传送数据^[3]。ZigBee 网络采集到的管道监测数据通过 GPRS 网络上传到 Internet,实现数据的远距离传输。

(3)监测中心系统。用一个 GPRS 模块通过 RS232 与计算机连接,通过软件处理和存储采集到的管道监测数据并进行分析汇总。

该系统有如下特点:(1)ZigBee 网络面向的是短距离通信,而 GPRS 网络面向的是远距离通信,两者能够优势互补,实现长距离范围内的管道监测。(2)ZigBee 使用免费通信频段,单个节点成本低,一个 ZigBee 网络内只有网络协调器与 GPRS 连接,节省了 GPRS 的硬件成本,使整个系统的成本较低。(3)ZigBee 的功耗较低,传感器节点的大部分时间都处于休眠状态,只有在数据传输时才唤醒,可由电池供电,这能够让各监测传感器节点工作在野外无供电状况下^[4]。

3 管道监测无线数据传输网络系统硬件设计实现

3.1 ZigBee 网络节点的硬件实现

(1)射频收发器 CC2431

CC2431 是 Chipcon 公司继 CC2430 之后推出的一种带硬件定位引擎的 2.4 GHz 射频系统,符合 ZigBee/IEEE 802.15.4 技术,适用于各种 ZigBee 相关的无线网络节点,包括调谐器、路由器和终端设备等。它有以下几个特点^[5]: 1)采用 802.15.4/ZigBee 标准网络,可靠性大幅度提高; 2)完善的 MAC 防冲突机制,可以实现几十/几百/几千的节点同时无线实时定位; 3)容易实现多个无线定位网络的无线连接; 4)非常高的实时定位精度。

(2)MSP430F1612 单片机

MSP430F1612 单片机是一种超低功耗的混合信号控制器,有正常工作模式(AM)和 4 种低功耗工作模式(LPM1, LPM2, LPM3, LPM4),可以方便地在各种工作模式之间切换。同时, MSP430F1612 具有非常高的集成度,单片集成了多通道 12 bit 的 A/D 转换、片内精密比较器、斜边 A/D 转换等。

(3)CC2431 与 MSP430F1612 的接口电路

CC2431 与 MSP430F1612 单片机的接口电路如图 2 所示。

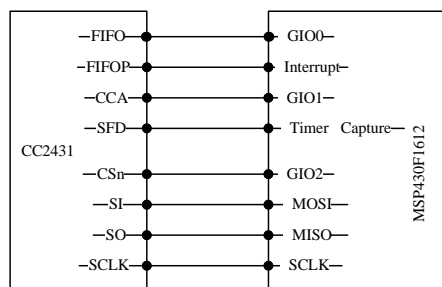


图 2 CC2431 与单片机的接口电路

CC2431 通过 4 条 SPI 总线设置芯片的工作模式,可实现缓存数据、状态寄存器的读/写等功能。管脚 FIFO, FIFOP, CCA, SFD 分别用于设置发射/接收缓存器、控制清除通道估计和时钟/定时信息的输入。在数据传输过程中, CSn 引脚必须始终保持低电平。

(4)硬件结构

传感器网络节点主要由传感单元、电源模块、处理器单元和通信单元组成,执行数据采集、信号监测和信息传送的任务。图 3 给出了典型无线传感器节点的结构^[6]。ZigBee 网络节点的硬件结构如图 4 所示,该硬件平台是基于 MSP430F1612 的 ZigBee 协议开发的应用系统,采用压力传

感器、流量传感器、温度传感器等传感器分别实现对管道中的压力、流量、温度等信息的监测与传输。

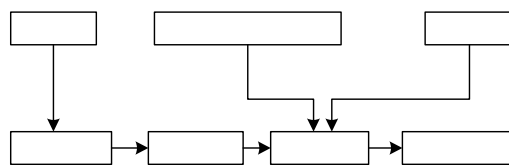


图 3 典型无线传感器节点结构

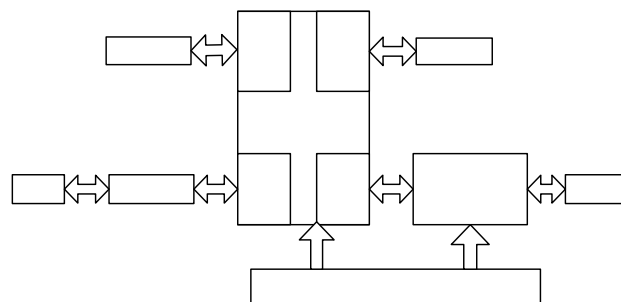


图 4 ZigBee 无线传感器节点硬件结构

3.2 GPRS 模块的设计

本设计使用的 GPRS 模块是 Simens 的 MC35i。MC35i 支持 GSM900/GSM1800 双频和 GRPS Class8/ClassB,体积小、功耗低,能提供数据、语音、短信等功能。GPRS 模块通过 9 针的串行口与监控系统主机连接,非常简单。

4 管道监测无线数据传输网络系统软件设计实现

监控中心系统的软件架构采用基于面向 TCP/IP 协议的 Socket 通信机制的 C/S 结构,结合 Access 小型数据库,采用 C#编写。GPRS 模块软件主要实现了 GPRS 模块的数据收发、ZigBee 模块传感器节点(sensor point)的数据采集及发送、路由节点与 GPRS 模块之间的数据通信。

4.1 监控中心系统软件

监控中心系统软件建立在微软的 .Net 平台上。借助 .Net 实现了监控软件的平台无关性,使该系统具有极大的伸缩性。监控软件的结构如图 5 所示。

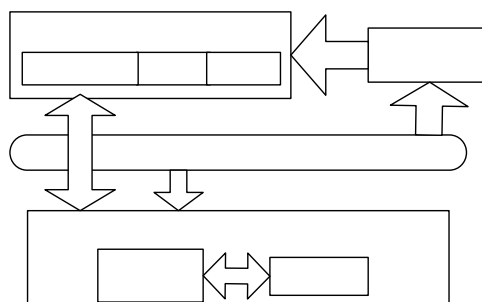


图 5 监控系统软件结构

整个监控系统主要由数据库管理服务器、数据处理服务器及系统管理服务器 3 个部分组成。数据库管理服务器包括数据库服务器和数据库,数据库服务器负责各个模块与数据库的交互,使数据库对其他模块透明,数据库用于存储数据。数据处理服务器负责解析接收的数据,然后将其送往系统管理服务器。系统管理服务器主要负责与用户交互,使用户能够根据需要配置整个系统,按需求显示监控数据,查询历史数据等。

4.2 GPRS 模块软件

GPRS 模块软件主要是对 GPRS 模块进行编程。Wavecom

的 OpenAT 开发环境是人们熟悉的 VC 6.0 开发环境,使用 C 语言开发。程序中要注意的是对共享数据缓冲区的并发访问问题。有很多方法处理这类问题,在此不再详加说明。

对于无线传感器网络中的各个节点,本系统采用了 IAR 编译环境进行开发。对于传感器节点,程序中主要实现传感数据的定时采集、A/D 运算、定时发送、定时休眠,对于路由节点(router)及中心节点,主要实现了数据的转发及路由功能。根据需要,路由节点及协调器节点亦可以进行传感数据的采集,因此,其可以实现传感器节点的功能。在中心节点与 GPRS 的数据交互中,双方都应该遵循约定好的报文格式,以便监控中心系统更好地解析报文^[7]。

5 ZigBee技术方案应用优势

从数据传输角度划分,目前的管道监测系统可分为有线、无线两大类,这 2 类抄表系统各有其适用的应用领域,但就抄表系统的投资、建设、维护等方面而言,无线数据传输系统显然具有更大的优势。

目前市场上的无线通信系统大致可分为基于无线数传模块、基于 GPRS/CDMA 数字蜂窝网络、或者是两者结合等几种方式,ZigBee, GPRS/CDMA, WLAN 与光纤/电缆特性比较如表 1 所示。

表 1 ZigBee, GPRS/CDMA, WLAN 与光纤/电缆特性比较

比较项目	ZigBee	GPRS/CDMA	WLAN	光纤/电缆
网络使用	2.4 Gb/s 免费频段,无使用费	需要使用费	免费频段,无使用费	有线方
设备功耗	极低	高	高	高
网络规模	很大	很小	较大	很小
传输距离	≤ 1 000 m	远距离	≤ 50 m	远
传输带宽	最大 256 Kb/s	128 Kb/s	11 Mb/s	大
技术优点	成本低,功耗低,网络容量大,网络安全性高	覆盖范围广,适合远距离传输	数据速率大	建设成本很高

6 实验结果分析

在实际系统研制中,构造了一个有 100 个节点的小型管道无线网络。无线传感器节点在硬件组成上采用基于 Chipcon CC2431 ZigBee 模块进行通信,以低功耗 MSP430F1612 单片机为核心。传感器节点定时发送数据给自己的路由节点,节点发送完数据后便进入休眠状态。数据经过一系列路由后发送至 GPRS 模块,GPRS 模块再将数据发送至 Server 端。

实验得到的结果如下:

(1)采用这种模式建立的无线传感器网络具有较好的稳定性和较高的通信效率。

(2)在网络不繁忙、网络质量较好且发送的数据量小于

1 KB 时,GPRS 数据通信延时为 6 s~8 s。如每次发送的数据量越大,延时越明显,且网络质量对延时有很大影响。如果每次发送的数据超出了 GPRS 模块的发送缓冲,则会造成数据包的丢失,甚至引起 GPRS 模块自动复位。本系统选择 Simens 的 MC35iGPRS 模块的发送缓冲是 3 KB,因此,在程序设计中需要采取流量控制策略。

(3)对于一个 100 个节点的无线传感器网络,数据延时小于 9 s,随着网络的增大和 ZigBee 信号的增强,延时都有较明显的增加。因此,在布网过程中需要找到网络容量与延时的平衡点。

7 结束语

本文以单片机、ZigBee 及 GPRS 技术为核心实现了管道监测无线数据传输网络的应用设计,设计中综合应用了通信、数据网络、自动控制、自动检测等领域的相关技术,使该系统有较强的稳定性、可靠性和实用性。ZigBee 与 GPRS 技术的综合使用实现了功能互补,可以对河道水文监测、湖泊水库监测、沿海潮汐潮位监测、室内温度监测等系统的设计起到借鉴作用。因此,ZigBee 技术与 GPRS 技术相融合的无线通信网络的应用设计具有广阔的发展空间和市场应用前景。

参考文献

- [1] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [2] Lee Jin-Shyan, Huang Yang-Chih. ITRI ZBnode: A ZigBee/IEEE 802.15.4 Platform for Wireless Sensor Networks[C]//Proc. of 2006 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Taipei, Taiwan, China: IEEE Press, 2006.
- [3] Bates R J. 通用分组无线业务(GPRS)技术与应用[M]. 朱洪波,译. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [4] Kinney P. ZigBee Technology: Wireless Control That Simply Works. [DB/OL]. (2004-08-30). <http://www.hometoys.com/htinews/oct03/article2.es/kinney/zigbee.htm>.
- [5] 施汝杰,高佩君,田佳音,等. ZigBee 网络节点基带处理器的设计与实现[J]. 计算机工程,2008,34(9): 219-221.
- [6] ZigBee Alliance. ZigBee Specification Version 1.0[EB/OL]. (2005-09-05). <http://www.ZigBee.org>.
- [7] 刘瑞霞,李春杰,郭强,等. 基于 ZigBee 网状网络的分簇路由协议[J]. 计算机工程,2009,35(2): 161-163.

编辑 张正兴

(上接第 127 页)

网络管理资源得到更合理的分配和利用。虽然在数据包传输成功率方面并没有提高,但在传输时延方面有明显的改进。

5 结束语

本文在分析 HMIPv6 协议的基础上,比较了移动 IP 切换方案的性能,并提出一种分布式 MAP 管理方案。这种方案既发挥了分层移动 IP 切换协议中域内切换的优势,又保持了移动 IP 组网的灵活性,从一定程度上避免了因中心节点发生故障引起整个网络瘫痪的恶劣情况,同时对域间切换准则作了调整,减少了因 MAP 层次过多而带来的较大的传输时延以及 MAP 动态分配带来的频繁切换,从而更好地支持实时

数据流业务。

参考文献

- [1] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6[S]. RFC 3775, 2004-06.
- [2] Koodli R. Fast Handovers for Mobile IPv6[S]. RFC 4068, 2005-07.
- [3] Soliman H, Castelluccia C, Malki K, et al. Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management(HMIPv6)[S]. RFC 4140, 2005-08.
- [4] Song Jian, Zhang Baojie. An Improved Fast Handover Algorithm Based on HMIPv6[C]//Proceedings of ICCGI'07. [S. l.]: IEEE Press, 2006.
- [5] 乔红麟,马跃. MIPv6 与 FMIPv6 切换性能分析与优化[J].

