

基于蓝牙的移动数据采集处理系统的设计与实现^{*}

何 戟^{1,2}, 李孝安¹, 段渭军², 张 倩^{1,2}, 张 萌³

(1. 西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710072; 2. 西北工业大学 宽带网络研究所, 陕西 西安 710072; 3. 德州学院 计算机系, 山东 德州 253000)

摘 要: 针对传统有线数据采集系统的不足, 提出了一种基于蓝牙的移动数据采集处理系统的实现方案。对其体系结构、工作原理进行了论述, 重点讨论了系统实现中的蓝牙模块与 Sink 网关连接、蓝牙通信的建立、蓝牙通信的自动收发数据、整数高低字节的转换及数据共享等技术。系统具有极大的便携性、移动性、灵活性和可扩展性。

关键词: 数据采集处理; 蓝牙; 无线通信

中图法分类号: TP393 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2006)11-0196-03

Design and Implementation of Mobile Data Collecting and Processing System Based on Bluetooth Technology

HE Ji^{1,2}, LI Xiao-an¹, DUAN Wei-jun², ZHANG Qian^{1,2}, ZHANG Meng³

(1. College of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shanxi 710072, China; 2. Institute of Broadband Network, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shanxi 710072, China; 3. Dept. of Computer, Dezhou University, Dezhou Shandong 253000, China)

Abstract: Aiming at the shortage of traditional data collecting system, a solution of mobile data collecting and processing system based on bluetooth technology is put forward. The architecture and working principles of the system are discussed, focusing on key technologies such as the connection of bluetooth module and Sink gateway, the establishment of bluetooth communication, automatic sending and receiving data of bluetooth communication, the conversion of high byte and low byte of integer, data share. The system has the characters of portability, flexibility and expansibility.

Key words: Data Collecting and Processing; Bluetooth; Wireless Communication

在现有的数据采集系统中, 设备采集的数据大多通过串口电缆(RS-232/RS-485) 传送到 PC 上或通过串口联网服务器传到局域网上^[1]。如果采集设备较多, 那么设备间的连接需要大量电缆, 这就会给操作带来极大的不便^[2]; 另外, 对于临时性的设备通信, 传统的有线连接也很不方便。因此希望能有一种低成本、高可靠性的无线传输方案来代替传统的有线方式, 而蓝牙作为一种电缆替代技术, 可以方便地实现设备之间的无线连接, 具有低成本、低功耗、高速率、抗干扰能力强、组网灵活等特点, 是实现无线数据采集系统的理想选择^[3,4]。

本文以蓝牙技术为基础, 提出了一种基于蓝牙技术的移动数据采集处理系统设计和实现方案。系统采用蓝牙无线通信技术, 通过在原有数据采集系统的 Sink 串行网关上集成蓝牙模块, 从而实现了数据采集节点与终端设备间的无线数据传输。同时, 系统还采用移动终端设备来代替传统的 PC 机, 结合了蓝牙技术及移动设备的优点, 具有极大的便携性、移动性、灵活性和可扩展性^[2]。

1 系统结构与工作原理

1.1 系统结构

基于蓝牙的移动数据采集处理系统由数据采集节点、集

成蓝牙模块的 Sink 网关和移动终端设备组成, 如图 1 所示。数据采集节点之间及数据采集节点与 Sink 网关之间, 通过 FSK(Frequency Shift Keying, 频移键控) 进行无线通信, Sink 网关与移动终端设备之间以蓝牙方式进行无线通信, 这样就形成了一个分布式无线通信网络^[5]。其中数据采集节点集成了传感器、微处理器、无线接口和电源四个模块, 分别负责数据采集、数据处理、数据传输和供电^[6]。节点借助于内置的形式多样的传感器测量所在周边环境中的热、红外、声纳、雷达和地震波信号, 从而获得包括温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分、移动物体的大小、速度和方向等众多数据信息, 并将所获得的数据信息传送给 Sink 网关^[7]。Sink 网关负责对数据采集节点进行管理, 并在数据采集节点和移动终端设备之间进行中继通信, 转发数据采集节点采集的数据信息以及移动终端对数据采集节点的控制信息。移动终端设备与 Sink 网关构成微微网, 并作为微微网的主设备, 负责对 Sink 网关进行管理, 接收 Sink 网关转发的节点采集数据信息, 并对这些数据信息进行分析、处理和显示, 同时还负责向数据采集节点发送控制信息。系统中数据采集节点与 Sink 网关之间的无线通信是通过 CC1000 通信芯片来实现的^[5]。Sink 网关与移动终端设备之间的无线通信是通过蓝牙模块 BCM-05 来实现的。

1.2 工作原理

数据采集节点散布在指定的感知区域内。这些节点通过

自组织方式构成网络,以协作的方式感知、采集网络覆盖区域中特定的信息,可以实现在任意时间对任意地点信息的采集。数据采集节点在采集数据信息后通过多跳路由方式将这些数据信息传送给 Sink 网关^[6]。Sink 网关在接收到数据采集节点的数据信息后就通过蓝牙模块将这些数据信息转发给移动终端设备,最后由移动终端设备对数据采集节点采集的数据信息进行集中分析、处理。当移动终端设备向数据采集节点发送控制信息时,首先通过蓝牙端口将控制信息发送给 Sink 网关,然后由 Sink 网关向所有数据采集节点进行广播,数据采集节点在接收到控制信息后便作出相应的动作。

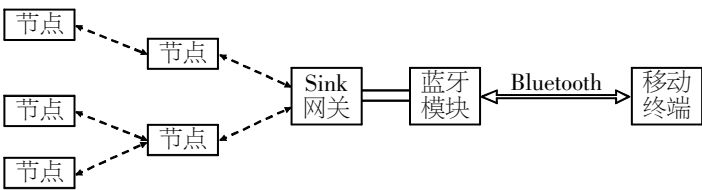


图 1 系统结构示意图

2 系统实现相关技术

2.1 蓝牙模块与 Sink 网关的连接

BCM-05 是英国 CSR 公司生产的基于 BlueCore2- External 蓝牙芯片的 Class 1 蓝牙模块。该模块提供了标准的 UART, USB, PIO, PCM 接口和编程接口,而 Sink 网关只提供了九针 RS-232 串口。所以在系统中采用将蓝牙模块通过 UART 接口与 Sink 网关的 RS-232 串口连接来实现蓝牙模块与 Sink 网关的连接。

由于 RS-232 电平与 UART 的 TTL 电平不兼容,所以 UART 接口与 RS-232 串口相连必须经过电平转换。系统采用 MAX3232 芯片来完成 UART 接口与九针串口之间的电平转换。按照 Null Modem 连接方式,BCM-05 模块上的数据发送引脚 UART_TX 通过 MAX3232 芯片上的 D2 引脚组与 Sink 网关串口的数据接收引脚 RXD 相连;数据接收引脚 UART_RX 通过 MAX3232 芯片上的 R2 引脚组与 Sink 网关串口的数据发送引脚 TXD 相连。图 2 是 BCM-05 蓝牙模块与 Sink 网关连接的部分电路原理图。

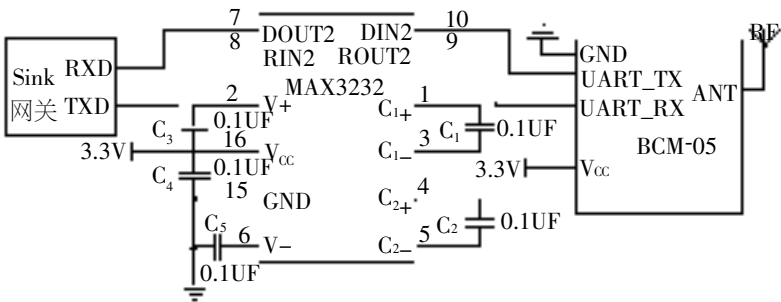


图 2 BCM-05 与 Sink 网关连接部分电路原理图

2.2 蓝牙通信的建立

在系统中,移动终端设备是 HP iPAQ 2210 掌上电脑,操作系统是 Windows CE。在 Win32 下串行通信口是作为文件的方式来进行操作的,而 HP iPAQ 2210 的蓝牙设备使用了虚拟串口,使用时文件名为“COM8”,所以可以将蓝牙设备作为文件进行操作。系统中程序利用 Windows API 函数实现对蓝牙设备的操作,操作的一般步骤如下:

- (1) 打开蓝牙端口。使用 CreateFile() 函数,返回一句柄。
- (2) 设置蓝牙端口参数。使用 SetCommState() 函数,其中

只需改动 DCB(Device Control Block) 中有意义的几个参数即可。

(3) 对蓝牙端口进行读写。使用 ReadFile() 进行蓝牙端口读数据,使用 WriteFile() 进行蓝牙端口写数据。

(4) 关闭蓝牙端口。使用 CloseHandle(打开蓝牙端口时返回的句柄) 函数。

另外,Windows CE 还内置了 Widcomm 蓝牙协议栈。要想充分利用 HP iPAQ 2210 内置的蓝牙功能,应用程序必须访问 Widcomm 蓝牙协议栈。因此,在程序中还使用了 BTAccess 类库。BTAccess 是一个专为掌上电脑 Windows CE 环境而编写的访问内置 Widcomm 蓝牙协议栈的 C++ 类库,它提供许多类和函数来控制蓝牙操作。

蓝牙通信建立的过程是首先对 HP iPAQ 2210 的内置蓝牙设备进行一系列的初始化,包括通信端口的选择(在这里选择的是 COM8 虚拟串口,所以还有波特率等串口参数的选取),传输层的建立等;接着对附近的蓝牙设备进行查询,获取其设备地址,向选取的蓝牙设备发出通信连接请求,通过鉴权等过程建立连接。蓝牙通信建立的流程如图 3 所示。

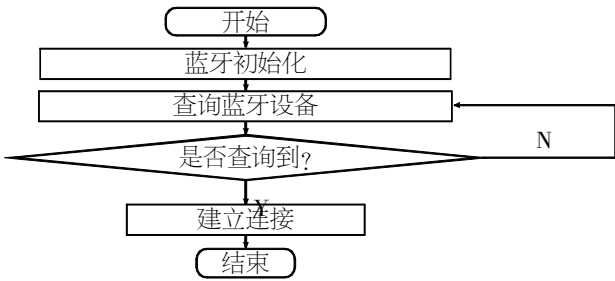


图 3 蓝牙通信建立流程

2.3 蓝牙通信的自动收发数据

虽然利用 Windows API 函数能够实现简单的数据收发操作,但还不能自动收发数据。为了达到蓝牙通信中自动收发的目的,有两种方法可以实现。一种方法是利用定时器 Timer 或是 Do ... While 循环不断地发出信号询问设备,要求设备返回计算机所要求的信息;另一种方法是利用多线程技术,除了主线程之外,再开一个监听数据线程时刻监听接收来的数据。

系统采用的是第二种多线程方法来实现蓝牙通信的自动收发数据。主线程负责向各数据采集节点发送控制信息。由于控制信息不需要连续发送,所以主线程只是在需要的时候才向蓝牙端口发送数据。主线程启动的辅助线程(接收数据线程) 负责接收 Sink 网关转发的各数据采集节点的数据信息。接收数据线程一旦启动就会时刻监听蓝牙端口。每当有数据到达蓝牙端口,就会触发事件通知接收数据线程,这时接收数据线程就会从蓝牙端口读取数据并将其存入数据缓冲区中。当数据缓冲区接收到一个完整的数据包时,它就会把数据包传送给数据处理应用程序。

2.4 关键技术

(1) 整数高低字节的转换

数据采集节点在定义 32 位整型和 16 位整型数值时,都是低位字节在前。在移动终端设备中,这两种类型的数值都被定义为高位字节在前。例如,定义 int a = 1; short b = 1, 则 a, b 在数据采集节点中的存储为 a: 01 00 00 00, b: 01 00, 而 a, b 在移

动终端设备中的存储为 a: 00 00 00 01, b: 00 01。所以在移动终端设备中就必须对采集数据的高低字节进行转换, 否则, 虽然能正确接收数据, 但解析出来的数值已经改变。

系统中程序通过一个字节转换函数来实现整数高低字节的转换。下面以 32 位整型数值为例, 说明字节转换函数的实现原理。在字节转换函数中, 定义了一个指向无符号字符型数值的指针变量和两个无符号字符型临时变量。首先让指针指向要转换的 32 位整数的首地址; 接着通过指针依次取出其首字节和二字节的值并分别赋给临时变量; 然后将要转换整数的尾字节和三字节的值分别赋给首字节和二字节; 最后把临时变量的值分别赋给尾字节和三字节, 即完成了 32 位整数的高低字节转换。

(2) 数据共享

如果能够实时观察到系统的数据采集情况, 对于了解系统的工作状态以便作出相应的调整, 将是非常有实际意义的, 这就需要数据采集与显示同步。利用多线程技术, 把数据采集与显示放到不同的线程中实现, 只须解决两者间的协调同步, 就可以满足数据采集与显示的实时同步。在系统中, 数据采集是由接收数据线程实现的, 而显示是在主线程中实现的, 两者通过全局数据对象进行数据的共享。

数据采集线程将采集数据放到共享数据缓冲区中, 而显示操作从共享数据缓冲区取出数据进行显示。为了解决数据采集与显示的实时同步, 必须首先解决两线程间的数据共享问题。在程序中声明了一个全局数据对象, 作为采集存储操作和显示取数操作共同作用的全局对象, 同时使用临界区作为两线程间共享全局数据时的同步对象。利用 C++ 类封装所需的共享数据缓冲区, 向共享缓冲区写数据和从共享缓冲区提取数据等操作, 同时封装同步对象, 以解决全局数据对象在数据存储与提取数据两种操作上的相互协调问题。

3 测试结果

(1) 在系统测试中, HP iPAQ 2210 采用内置蓝牙模块时, 其与 Sink 网关的传输距离为 10 m; HP iPAQ 2210 采用外置的 BCM-05 蓝牙模块时, 其与 Sink 网关的传输距离可达到 100 m。

(2) 系统通信速率为 57.6 kbps, 这是受 Sink 网关接口速率限制的原因。当采集节点数据发送间隔时间为 100 ms 时, 测试中没有出现丢包; 当数据发送时间间隔缩短为 50 ms 时, 测试中出现一定的丢包, 但不影响系统的正常工作。

(3) 系统能够正确地显示整个网络的拓扑结构及各采集节点的实时温度, 温度数据曲线能够正确反映温度变化的情况。表 1 是几次测试中测温装置测量的温度数据与系统采集的温度数据的对比。图 4 是移动数据采集处理系统界面上显示的温度数据变化曲线图。

测试结果表明系统能够满足实际工作需求。

表 1 移动数据采集处理系统与测温装置的测量结果对比

项目 \ 序号	1	2	3	4	5
采集系统测量温度	27.8	29.7	32.4	35.5	37.1
测温装置测量温度	27.7	29.9	32.5	35.4	36.9

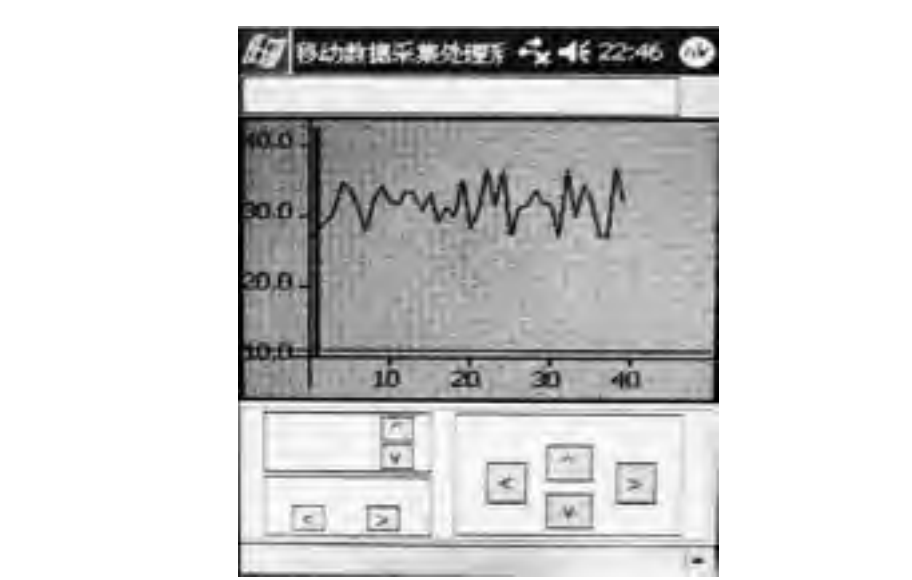


图 4 温度数据曲线图

4 结束语

系统利用蓝牙技术完成了数据采集节点与移动终端设备之间的短距离无线数据传输。该系统充分考虑了蓝牙技术的优势, 系统组网灵活简便、可靠性强、软件设计合理、效率高, 并能重复和移动使用, 克服了有线方式的连线烦琐、安装复杂和维护困难等缺点。系统可以广泛应用到各种短距离无线数据采集场所, 如工业现场控制、智能家居和楼宇自动化等系统中的数据采集以及其他很多不适宜布线的场所。在进一步的开发中, 我们将致力于实现 Sink 网关通过蓝牙模块的局域网接入 (LANAccess) 及 Internet 接入, 从而实现对移动数据采集处理系统的远程扩展。

参考文献:

[1] anait Vlad-Mihai, Mircea Mihail-Catalin, Pircalabu Tiberius, *et al.* Wireless Distributed System for Data Acquisition and Control[C]. Proceedings of the IASTED International Conference on Modeling and Simulation, Proceedings of the 15th IASTED International Conference on Modeling and Simulation, 2004. 307-312.

[2] Mehta Vipin, El Zarki Magda. A Bluetooth Based Sensor Network for Civil Infrastructure Health Monitoring[J]. Wireless Networks, 2004, 10(7): 401-412.

[3] Sawant Hemjit, Tan Jindong, Yang Qingyan, *et al.* Using Bluetooth and Sensor Networks for Intelligent Transportation Systems[C]. IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, Proceedings of the 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2004. 767-772.

[4] 金纯, 许光晨, 孙睿. 蓝牙技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.

[5] Thaddeus RF Fulford-Jones, Gu-Yeon Wei, Matt Welsh. A Portable, Low-Power, Wireless Two-Lead EKG System[C]. CA, USA: Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2004.

[6] Ian F Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, *et al.* A Survey on Sensor Networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102-114.

[7] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报, 2003, 14(2): 1148-1157.

作者简介:

何戟(1981-), 男, 广西人, 硕士研究生, 主要研究方向为移动计算、蓝牙通信及无线传感器网络; 李孝安(1965-), 男, 陕西人, 副教授, 博士, 主要研究方向为计算智能、机器学习、多智能体系统及实时智能系统等; 段渭军(1962-), 男, 陕西人, 高工, 博士, 主要研究方向为流媒体、无线通信等; 张倩(1980-), 女, 陕西人, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机网络; 张萌(1980-), 女, 山东人, 助教, 主要研究方向为人工智能及其应用、中文信息处理与自然语言理解。