

无线传感器网络移动 Sink 网关系统的设计与实现*

段渭军, 何 戟, 张 倩

(西北工业大学 宽带网络研究所, 陕西 西安 710072)

摘 要: 针对无线传感器网络传统 Sink 网关的不足, 提出了一种基于 PDA 的移动 Sink 网关系统的设计与实现方案, 对其设计目标、体系结构和工作原理进行了论述, 重点讨论了 PDA 与 Sink 节点之间的连接, PDA 与 Sink 节点、PDA 与 GPS 接收机及 PDA 与控制终端之间通信的一些关键技术。

关键词: 网关系统; 无线传感器网络; PDA

中图分类号: TP393

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2007)03-0241-03

Design and Implementation of Mobile Sink Gateway System in Wireless Sensor Networks

DUAN Wei-jun, HE Ji, ZHANG Qian

(Institute of Broadband Network, Northwest Polytechnical University, Xi'an Shanxi 710072, China)

Abstract: Aiming at the shortage of traditional Sink gateway of wireless sensor networks, a solution of mobile Sink gateway system based on PDA was put forward. The design object, architecture and working principles of the system were discussed, focusing on key technologies about the connection of PDA and Sink node, data communication between PDA and Sink, PDA and GPS receiver and between PDA and control terminal.

Key words: gateway system; wireless sensor network; PDA(personal digital assistant)

无线传感器网络是由一组稠密布置、随机布设的传感器构成的无线自组织网络, 其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域内感知对象的信息, 并发布给观察者^[1]。

在无线传感器网络中, 传感器节点是通过 Sink 网关与控制终端进行通信及数据交换的^[2]。目前, 传统的 Sink 网关由于采用有线方式与控制终端进行连接而存在较多的限制。相对于无线传感器网络使用方便、受限较小的特点来说, 传统 Sink 网关已经越来越不能适应无线传感器网络应用发展的需要, 其不可避免地要朝着可移动、无线化的方向发展^[3]。本文根据具体应用的需求, 在 WinCE 系列 PDA 的基础上, 结合 WLAN 和蓝牙等无线通信技术, 提出了一种无线传感器网络移动 Sink 网关系统的设计和实现方案。

1 传统 Sink 网关存在的问题

传统的 Sink 网关大多通过串口电缆(RS-232)与 PC 等控制终端相连或通过串口联网服务器与局域网相连, 从而导致传统 Sink 网关在使用范围上要受到电缆长度的制约, 而且在某些场合的应用中也显得十分不方便, 同时由于受到传统 Sink 网关自身资源限制的原因, 其在应用上有以下缺点^[4]:

(1) 移动范围受限

由于 Sink 网关的低速移动可以平衡多数节点之间的流量

载荷, 进而增加数据包的命中率^[3], 在无线传感器网络的大多数应用中, Sink 网关的低速移动非常必要。但传统 Sink 网关是通过有线方式与控制终端相连的, 往往是不可移动的, 即使可移动, 其移动的范围也会由于受到线缆长度的制约而被限制得比较小。

(2) 远程监控困难

对感知区域的远程监控在无线传感器网络的应用中是十分必要的, 特别是在恶劣的环境或者战场环境中, 当人们不能靠近无线传感器网络感知的区域时, 远程监控就显得更为重要了^[5]。但是传统 Sink 网关与控制终端连接的电缆长度有限, 这就要求控制终端与感知区域之间的距离必须非常接近。所以在使用传统 Sink 网关的无线传感器网络中, 通过 Sink 网关对感知区域的远程监控十分困难。

(3) 不能提供基准定位信息

传感器节点的自身定位是无线传感器网络大多数实际应用的基础, 而传感器节点需要以基准定位信息作为标准, 通过自身定位算法来确定其自身的位置^[6]。同时, 对于控制终端也需要知道基准定位信息, 以确定传感器节点是否被正确布设到指定区域。在传统的 Sink 网关中, 由于其自身硬件资源有限, 不具备向传感器节点及控制终端提供基准定位信息的能力, 这就导致传统 Sink 网关在无线传感器网络的实际应用中没有得到具体的应用。

收稿日期: 2005-12-14; 修返日期: 2006-02-16 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60472074); 国防科工委基础科研计划资助项目(K1804060127)

作者简介: 段渭军(1962-), 男, 陕西人, 副教授, 博士, 主要研究方向为流媒体、无线通信等; 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; 张倩(1980-), 女, 陕西人, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机网络。

2 移动 Sink 网关系统设计

2.1 设计目标

根据具体应用的需求, 移动 Sink 网关系统设计的具体目标是:

- (1) 高移动性。移动 Sink 网关系统应便于携带、方便移动、不受线缆束缚。
- (2) 远程监控方便。移动 Sink 网关系统采用无线方式与控制终端进行通信, 这样控制终端能够方便地对感知区域进行监控。
- (3) 能够提供基准定位信息。移动 Sink 网关系统能够通过卫星定位装置获取自身定位信息, 从而向感知区域内的传感器节点及控制终端提供基准定位信息。
- (4) 可扩展性。移动 Sink 网关系统可以通过增加更多的硬件设备来扩展其功能。

2.2 系统结构

根据具体目标, 这里基于 WinCE 系列 PDA、WLAN 技术以及 GPS 卫星定位技术来构建移动 Sink 网关系统。WinCE 系列 PDA 采用 Windows CE 操作系统, 操作方便, 具有强大的处理能力和足够大的内存, 而且它的硬件接口丰富, 扩展性好; WLAN 具有无需物理布线、组网灵活快捷、可移动性强、传输速率高、信号比较稳定等特点, 而且利用 WLAN 技术, 网关还可以通过无线接入点设备(AP) 方便地连入 Internet; GPS 定位精度高、操作简便, 而且能够全天候作业。

移动 Sink 网关系统由 PDA、Sink 节点、GPS 卫星接收机和 WLAN 无线网卡等四部分组成, 如图 1 所示。PDA 是移动 Sink 网关系统的核心部分, 它负责对 Sink 节点、GPS 卫星接收机和 WLAN 无线网卡进行管理, 同时完成对采集数据信息的存储、处理以及转发; Sink 节点负责接收传感器节点采集的数据信息以及向传感器节点发送控制信息; GPS 卫星接收机负责向传感器节点及控制终端提供基准定位信息; WLAN 无线网卡负责 PDA 与控制终端之间的无线通信。

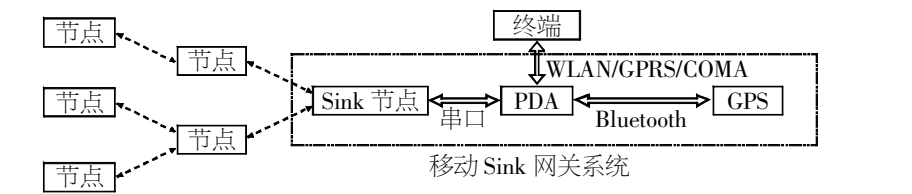


图 1 系统结构示意图

PDA 与 Sink 节点之间通过一个串行口进行数据交换; PDA 从 GPS 卫星接收机获取信息是通过蓝牙端口进行的; PDA 与 WLAN 无线网卡之间的数据交换则是通过 CF 接口实现的。

2.3 工作原理

布设在感知区域内的传感器节点在采集相关数据信息后通过“多跳”路由方式将采集数据信息传送给 Sink 节点^[7], Sink 节点在接收到采集数据信息后通过串口将采集数据信息传递给 PDA, 然后由 PDA 将采集数据信息通过 WLAN 无线网卡发送给控制终端或者由 PDA 对采集数据信息进行分析、处

理。

当控制终端需要向传感器节点发送控制信息时, 首先控制终端通过 WLAN 无线方式将控制信息发送给 PDA, PDA 在接收到控制信息后通过串口将控制信息传递给 Sink 节点; 然后由 Sink 节点向感知区域内的传感器节点进行广播。

当移动 Sink 网关需要向传感器节点或者控制终端发送基准定位信息时, 首先由 PDA 通过蓝牙方式从 GPS 卫星接收机读取自身定位信息; 然后将自身定位信息传递给 Sink 节点, 由 Sink 节点向传感器节点进行广播, 或者通过 WLAN 无线网卡发送给控制终端。

3 系统实现相关技术

3.1 PDA 与 Sink 节点之间的连接

在传统的 Sink 网关中, Sink 节点是通过 51 针扩展接口与节点编程板连接而构成网关的。在移动 Sink 网关系统中, Sink 节点是通过与 PDA 进行连接构成网关的。Sink 节点提供的是标准的 UART 接口, 而 PDA 只提供了 9 针 RS-232 串口。所以在系统中采用将 Sink 节点通过 UART 接口与 PDA 的 RS-232 串口连接来实现 PDA 与 Sink 节点的连接。

由于 RS-232 电平与 UART 的 TTL 电平不兼容, UART 接口与 RS-232 串口相连必须要经过电平转换。系统采用了 MAX3232 芯片来完成 UART 接口与 9 针串口之间的电平转换。按照 Null Modem 连接方式, Sink 节点上的数据发送引脚 UART_TX 通过 MAX3232 芯片上的 D2 引脚组与 PDA 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 PDA 串口的数据发送引脚 TXD 相连。图 2 是 PDA 与 Sink 节点连接的部分电路原理图。

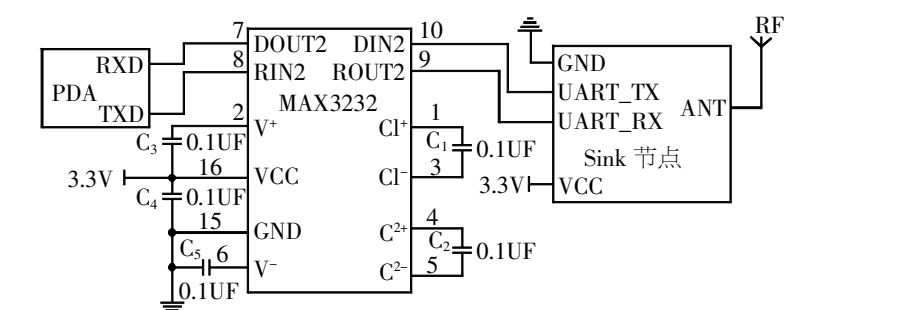


图 2 PDA 与 Sink 节点连接部分电路原理图

3.2 PDA 与 Sink 节点之间的通信

PDA 与 Sink 节点之间是通过串行端口进行通信的。在 Win32 下串行通信口是作为文件的方式来进行操作的, PDA 一般只有一个串口, 其使用时文件名为“COM1”, 这样在系统中就可以利用 Windows API 函数来实现对串口的操作。其操作的一般步骤如下:

- (1) 打开串口, 使用 CreateFile() 函数, 返回一句柄。
- (2) 设置串口参数, 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) 对串行口进行读写, 使用 ReadFile() 进行串口读数据, 使用 WriteFile() 进行串口写数据。
- (4) 关闭串口, 使用 CloseHandle(打开串口时返回的句柄) 函数。

利用 Windows API 函数能够实现串口的简单数据收发操

作,但还不能自动收发数据。为了达到串行通信中自动收发的目的,有两种方法可以实现:①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;②利用多线程技术,除了主线程之外,再开一个监听数据线程,用于时刻监听接收来的数据。

系统采用的是第②种多线程方法来实现串行通信的自动收发数据。主线程负责向各传感器节点转发控制终端的控制信息。由于控制信息无需连续发送,主线程只是在需要时才向串行端口发送数据。主线程启动的辅助线程(接收数据线程)负责接收 Sink 节点转发的各传感器节点的数据信息。接收数据线程一旦启动就会时刻监听串行端口,每当有数据到达串行端口,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串行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。

3.3 PDA 与 GPS 接收机之间的通信

PDA 与 GPS 接收机之间是通过蓝牙端口进行通信的。在 WinCE 系列 PDA 中,蓝牙端口是通过虚拟串口来使用的,这样就可以通过文件的方式来操作蓝牙端口,其使用时文件名为“COM8”。系统程序利用 Windows API 函数来实现对蓝牙端口的操作,其操作步骤与串行通信操作步骤相类似,具体参见第 3.2 节所述。

由于基准定位信息不需要连续发送,只需定时向节点及控制终端发送,系统采用的是轮询的方法来实现移动 Sink 网关对蓝牙 GPS 的自动收发数据。采用定时器 Timer, Interval = 5 000ms。PDA 在定时器的作用下,每隔5 000ms 接收一次 GPS 数据。PDA 首先将 GPS 数据读入缓冲区中,并从中截取一个完整数据包,然后解析数据包提取出自身位置信息,接着向 Sink 节点或控制终端发送定位信息。

GPS 数据格式定义如下:
\$ GPRMC, 204700, A, 3403.868, N, 11709.432, W, 001.9, 336.9, 170698, 013.6, E* 6E

其中,\$ GPRMC 代表 GPS 推荐的最短数据;204700 是 UTC_ TIME 24 小时制的标准时间,按照 h/min/s 的格式;A 或者 VA 表示资料“OK”,V 表示一个警告;3403.868 是纬度值,精确到小数点前 4 位,后 3 位;N 或者 SN 表示北纬,S 表示南纬;11709.432 是经度值,精确到小数点前 5 位,后 3 位;W 或者 EW 表示西经,E 表示东经。

3.4 PDA 与控制终端之间的通信

PDA 与控制终端之间是通过 WLAN 无线方式进行通信的。在通信中,PDA 担任着客户机的角色,控制终端担任着服务器的角色。其原因是:在网络系统中,控制终端处于监听状态,接收 PDA 转发的各传感器节点感知的数据信息;另外,控制终端还负责向 PDA 发送对各传感器节点的控制信息。在 PDA 中,为了实现与控制终端的通信,可以采用面向连接的 TCP Socket 方式或者面向无连接的 UDP Socket 方式。TCP Socket 方式能够提供双向、可靠、有次序、不重复的数据传送;UDP Socket 方式具有占用网络资源少、处理速度快的优点,但

没有可靠、有次序、不重复的保证,数据在传输过程中可能会丢失。

在系统实现中,PDA 采用的是面向连接的 TCP Socket 方式直接与控制终端进行通信,以保证数据的正确性,使得处理更灵活、性能更好。完整的通信程序包含两部分程序,运行在 PDA 上的客户端程序和运行在控制终端上服务器端程序。这里主要讨论 PDA 的客户端程序。由于 Windows CE 操作系统中集成了 TCP/IP 协议,系统软件的实现即为基于套接字的网络编程实现。又由于系统在传输层采用的是面向连接的服务方式,在程序中必须采用面向连接的套接字系统调用。系统程序首先调用 WSAStartup() 函数来与 WinSock 的动态链接库建立关系,然后调用 socket() 函数创建一个用于与控制终端通信的 TCP 套接字,接着调用 connect() 函数与控制终端建立连接。连接建立之后,系统使用这个套接字与控制终端进行通信。在通信中,系统通过调用 send() 函数将传感器节点感知的数据包转发给控制终端,另外通过调用 recv() 函数来实现对控制终端发送的控制信息的接收。

4 结束语

本文全面介绍了移动 Sink 网关系统的组成部分及工作原理,重点介绍了 PDA 与 Sink 节点之间的硬件连接、PDA 与 Sink 节点之间的通信技术、PDA 与 GPS 接收机之间的通信技术以及 PDA 与控制终端之间的通信技术。该网关系统采用 PDA 作为核心设备,可靠性高、便于扩展、维护方便、功能齐备,有着广泛的应用前景。在进一步的开发中,笔者将致力于实现移动 Sink 网关通过 GPRS/CDMA 无线方式与远程控制终端的通信,从而实现对移动 Sink 网关系统的远程扩展。

参考文献:

[1] 李建中,李金宝,石胜飞.传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J]. 软件学报, 2003, **14**(10):1717-1727.

[2] AKKAYA K, YOUNIS M, *et al.* Relocation of gateway for enhanced timeliness in wireless sensor networks: proceedings of the 23rd 2004: IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference[C]. [S. l.]: [s. n.], 2004: 471-476.

[3] AKKAYA K, YOUNIS M, *et al.* Energy-aware routing to a mobile gateway in wireless sensor networks: GLOBECOM IEEE Global Telecommunications Conference[C]. [S. l.]: [s. n.], 2004: 16-21.

[4] VIPIN M, MAGDA E Z. A bluetooth based sensor network for civil infrastructure health monitoring[J]. **Wireless Networks**, 2004, **10**(7): 401-412.

[5] HWANG K I, IN J S, PARK N K, *et al.* A design and implementation of wireless sensor gateway for efficient querying and managing through world wide web[J]. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, 2003, **49**(4): 1090-1097.

[6] 王福豹,史龙,任丰原.无线传感器网络中的自身定位系统和算法[J]. 软件学报, 2005, **16**(5): 857-868.

[7] AKYILDIZ I F, SU W, SANKARASUBRAMANIAM Y, *et al.* A survey on sensor networks[J]. **IEEE Communications Magazine**, 2002, **40**(8): 102-114.