

蓝牙/ZigBee 无线网络传输系统的设计与实现

樊锐,李茹,王绩一

(内蒙古大学 计算机学院,内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要:针对现实环境中突发性灾难发生时通信基础设施易遭到破坏的问题,在综合分析蓝牙和 ZigBee 无线网络特点的基础上,文中提出了一种基于突发性灾难环境的蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统设计与实现的方法。拥有蓝牙设备的用户较普遍但蓝牙的传输范围有限,而 ZigBee 设备小而轻便,可快速大范围部署,因此当自然灾害发生时,可以将灾区分散的蓝牙设备同灾前预先部署或灾后大范围抛洒部署的 ZigBee 通信网络相结合,快速组建一个满足灾后救援人员需要的灾难应急救援网络。作为现有通信系统的补充,在基础骨干设施还没有搭建起来之前,满足灾难区域的通信需求,辅助救援工作。整个系统已在实际的蓝牙/ZigBee 异构网络环境下进行测试,最终的实验结果表明蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统能够在蓝牙和 ZigBee 网络之间快速有效地传输数据,从而达到多个相距较远的蓝牙设备通过 ZigBee 数据链路实现通信的目的。

关键词:灾难救援;蓝牙;ZigBee;异构无线网络

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)01-0209-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.01.051

Design and Implementation of Bluetooth/ZigBee Wireless Networks Transmission System

FAN Rui, LI Ru, WANG Ji-yi

(College of Computer, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China)

Abstract: For the reason that the communication infrastructures are easily to be destructed when the unexpected disaster suddenly happens in the practical environment, on the basis of comprehensive analyzing the characteristics of Bluetooth and ZigBee wireless networks, present a method of the design and implementation of Bluetooth and ZigBee heterogeneous wireless networks transmission system which is based on the sudden disaster environment. According to the characteristics that users with Bluetooth devices are more common but its limited transmission range of Bluetooth and ZigBee devices are small and lightweight, rapid large-scale deployed, when a sudden natural disaster occurs, in disaster areas quickly build a disaster emergency rescue networks meet the needs of disaster relief workers, through combining the scattered Bluetooth communication networks with the ZigBee communication networks, which are pre-deployment before disaster or large-scale shed deployment after disaster. As a supplement of the existing communication systems before the basis backbone facilities have not yet been built up, this kind of rescue networks could meet the communication needs and assist the rescue work in the disaster region. The whole system has been tested in the actual Bluetooth/ZigBee heterogeneous wireless networks, and the final experimental results show that the heterogeneous wireless networks transmission system designed could quickly and efficiently transfer data between Bluetooth and ZigBee networks, so as to achieve the purpose that many more Bluetooth devices far away from each other could communicate through ZigBee communication networks.

Key words: disaster relief; Bluetooth; ZigBee; heterogeneous wireless networks

0 引言

目前,主要的通信都依赖基础通信设施,在突然发生灾难时,基础通信设施很容易遭到破坏,所以通常意义上的应急联动系统不再适用于突发灾难事件的环境

中。在突发灾难事件中,当基础通信设施已被破坏,处于灾难救援现场的被困人员不能向外传递求救信号;参与指挥或救援的各部门人员在到达该区域时,也不能相互通信,影响到各部门之间的相互协调,最终不能使指挥或救援工作顺利展开。所以在突发灾难事件的环境中,建立一个应急网络通信系统成为不可缺少的基础性工作。

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks)是一种无基础设施、自组织、抗毁性强的移动通信网络。无

收稿日期:2012-05-15;修回日期:2012-08-20

基金项目:内蒙古自治区科技计划项目(20090512)

作者简介:樊锐(1986-),男,硕士研究生,CCF会员,主要研究方向为无线传感器网络;李茹,教授,主要研究领域为计算机网络。

线传感器网络作为一种新型无线网络,具有广阔的应用前景,正成为国际上近年来研究热点^[1,2]。应急救援作为无线传感器网络应用的重要领域,正被越来越多的研究人员所重视。目前,在无线传感器网络的无线通信方面可以采用的主要有红外、蓝牙(Bluetooth)、超宽带(UWB, Ultra-Wideband)、WiFi 和 ZigBee 等技术。其中,红外技术易受遮挡,可移动性差,无法灵活构建网络;蓝牙技术协议复杂、开发成本高、功耗大;WiFi 技术成本高、功耗大、安全性能低^[3,4];只有 ZigBee 技术在功耗、可靠性和成本上有着独特的优越性,逐渐显示了发展潜力。

ZigBee 技术是一种短距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通信技术,其协议栈支持点对点、星状、网状(Mesh)多种网络拓扑结构,是一组基于 IEEE802.15.4 无线标准研制开发的关于组网、安全和应用软件方面的通信技术。作为新兴的无线网络技术,因其低功耗(仅依靠两节干电池便可以提供六个月到一年的供电)和低成本(一个普通 Zigbee 设备成本不超过五美元)等优点使其可通过人工布置或飞机抛洒等方式大范围部署在整个通信区域中,并可维持长时间通信^[5]。两个 ZigBee 节点之间一般有几十米的覆盖范围,而且还可以增加路由节点扩展覆盖范围(最大可以扩展到 65535 个节点^[6]),传感器节点可自由灵活地加入和离开网络,ZigBee 协议的传输速率为 250kbps,可以满足大范围数据传输量不大的传输^[7]。

在当今移动无线通信设备中,具有蓝牙功能的设备如手机、笔记本电脑、无线耳机、PDA 等已是常见之物。而今,纵观手机市场,几乎 70% 的手机都具有蓝牙功能,但由于蓝牙设备的通信距离限制(一般大约为 10 米),使得蓝牙通信仅能在小范围内起作用^[7~9]。

基于蓝牙功能设备的普及性和 ZigBee 设备节点的可快速大范围覆盖等特点^[8,9],当突发情况发生时,可将灾区零散的蓝牙通信网络同灾前预先部署和灾后大范围抛洒部署的 ZigBee 通信网络相结合,快速组建一个满足灾后救援人员需要的灾难应急救援网络。作为现有通信系统的补充,在基础骨干设施还没有搭建起来之前,完成通信任务,辅助救援工作。但由于蓝牙和 ZigBee 是两种不同的协议标准,蓝牙设备不可能与 ZigBee 设备直接通信。因此研究开发一个基于蓝牙/ZigBee 的异构无线网络传输系统就成为研究应急救援系统的重要方面。

1 应急通信网络国内外研究现状

大量事实表明,在突如其来的紧急突发事件面前,现有的通信网络往往无法满足应急场合的特殊通信需

求,如何快速组建可靠、高效、健壮的适应各类用户群体的应急通信网络已成为业界迫切需要解决的重大课题。

长期以来,世界上许多国家高度重视应急通信网络的研究和开发工作,尤其是欧美发达国家和亚洲的日本。美国从 20 世纪 70 年代就开始建设最低限度应急通信网,用于确保美国当局应对紧急事件的指挥调度。

“911 事件”之后,美国投入巨资建设与因特网物理隔离的政府专网,推行通信优先服务计划并利用 FSO (Free Space Optics, 即自由空间光通信)、WiFi (Wireless Fidelity, 即无线宽带)和 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, 即全球微波互联接入)等通信新技术来提高应急通信保障能力。深受震灾之苦的日本目前已建立起较为完善的防灾通信网络体系,如中央防灾无线网、防灾互连通信网等^[10~12]。此外,国内许多企业也在积极研发应急通信相关产品,如中兴的 GT800、华为的 GOTA 和中科院浩瀚讯无线技术公司的 MIWAVE 等^[13]。

与西方发达国家相比,我国的应急通信技术手段相对落后。当前国内应急通信主要依托现有通信设施(包括公共通信网和公众传媒网),并在基础设施受损或不能满足通信需求时借助卫星、短波和专用集群通信系统来提供应急通信保障^[12,13]。因此,现阶段包括卫星和集群通信系统在内的应急通信系统已不能满足复杂多样的应急环境下为各类用户群体提供快速、可靠、健壮的通信服务保障的要求,必须引入新的技术手段和方法。

此外,由于不同的应急情况下不同用户群体对应急通信的需求有很大不同,必须综合利用各种适用的网络组织方式和通信技术手段。无线自组网具有无中心、自组织和多跳路由等特点,无需依赖预设的通信基础设施就可以快速自动组网,具有很强的健壮性,特别适合用于应急通信场合^[10~13]。

研究使用基于蓝牙和 ZigBee 异构无线自组网技术构建应急通信系统,并研究基于该技术开展的应用模式,对推动应急通信网络的广泛部署具有十分重要的意义。

2 异构无线网络传输系统设计架构

文中设计的异构无线网络传输系统将 ZigBee 作为一种通用目的数据包传输网络,既可以实现普通传感器的信息采集功能,又可以转发蓝牙网络传送的消息或文件,这样,带有蓝牙接口的手机或 PDA 将作为消息或文件的发送端和接收端进行信息交换,系统总体拓扑图如图 1 所示。

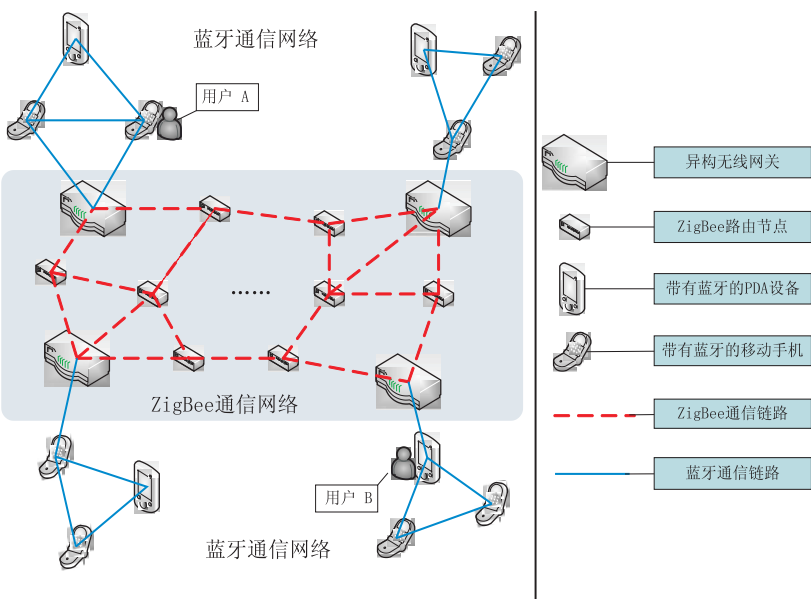


图1 异构无线网络传输系统的拓扑图

总体来说,因为蓝牙通信网络的覆盖范围较小,因此使用 ZigBee 通信网络作为通用目的的数据包传输网络,将分隔较远、互相之间不能够直接通信的多种蓝牙设备(如图1中的 PDA 或移动电话)连接起来,从而达到他们之间的连接通信。

例如,在图1中所展示的模拟灾难环境中,用户 A 可以利用蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统,使自己的蓝牙设备与相隔较远处的另一个使用蓝牙设备的用户 B 建立连接,从而实现他们之间的数据交互,传递求救或救援信息。

因此,在设计异构无线网络传输系统时需要设计实现一个蓝牙/ZigBee 网关,使蓝牙和 ZigBee 两种设备之间能顺利流畅地实现通信^[14]。

3 异构无线网络传输系统网关的基本设计原理和实现

3.1 设计原理

网关是一种充当转换重任的计算机系统或设备,是连接不同网络的软件和硬件的结合体。在使用不同通信协议、数据格式或语言甚至体系完全不同的两种系统之间,网关是一个翻译器;通过重新封装数据信息以使它们能被另一个系统读取,以适应目的系统的需求^[15,16]。

异构无线网关实现对蓝牙和 ZigBee 两种通信协议进行转换,对蓝牙设备来说,它充当了蓝牙和 ZigBee 他们之间的通信接口,从用户角度来看它是透明的。其协议结构图如图2。

蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统的网关是具有识别蓝牙和 ZigBee 两种不同通信技术的双协议栈

设备,不仅可以单独和蓝牙或 ZigBee 设备进行通信,而且也可以为不能够直接通信的蓝牙与 ZigBee 设备提供协议转换,进而实现这两种异构网络的互联互通。

因此,网关中包含了蓝牙模块和 ZigBee 模块,而且模块之间依赖管理层搭建的通道实现互通。总体来说,网关管理层是主要负责蓝牙和 ZigBee 设备的初始化、配置、连接和管理数据分组的封装和拆封处理过程,以及实现蓝牙模块和 ZigBee 模块共存的管理实体。异构网络将会依赖网关进行协议转换,即进行数据包的重新封装,才能实现不同设备的互通。

具体的说,在蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统的网关中,网关首先需要从源端接收到的分组中取得目的接收设备,并去掉原协议头部,其中对于那些超过 MTU(Maximum Transfer Unit,最大传输单元)的分组会进行分段和重组的过程;然后依照目的设备地址添加另一种协议头部拼装成新分组,之后再从发送模块发送到目的端。

在图3中,描述了双协议栈的异构网关对数据分组的处理流程。



图2 蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统的协议结构图

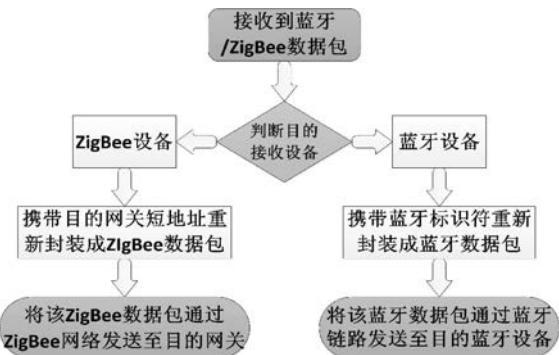


图3 异构网络传输系统网关对接收数据包的处理流程

3.2 设计实现

在 ZigBee 网络中,传输的最大数据包是 127 字节,ZigBee 数据包帧格式^[6]主要包括物理层(PHY 层)报头、媒体介入层(MAC 层)报头、网络层(NWK 层)报头、应用支持子层(APS 层)报头、负载(PAYLOAD)和数据帧校验和(FCS)。

在 ZigBee 数据包中,PHY 层报头占 6 字节数据,MAC 层报头占 23 字节数据,NWK 层报头占 8 字节数据,APS 层报头占 7 字节数据,FCS 占 2 字节数据。这样,在 ZigBee 网络中实际能传输的最大负载(PAYLOAD)为 81 字节的数据。因此,文中规定在 ZigBee 数据链路中发送的最大数据负载为 81 字节的 ZigBee 数据包。

通过分析 ZigBee 协议栈的 API 和阅读 TI Z-Stack 协议栈的源码程序,发现在 ZigBee 协议栈函数中有可以从串口读取和写入一定长度字节数组的 HalUARTRead() 函数和 HalUARTWrite() 函数,以及通过 ZigBee 自组织网络发送字节数组的 SendData() 函数,这样就可以使用这些函数来完成网关功能的设计。

按照网关的总体功能,采用模块化的设计方式,将整体分为蓝牙模块和 ZigBee 模块,接下来将详细介绍设计方案中所涉及的不同模块。

整个蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统的设计模型如图 4 所示:

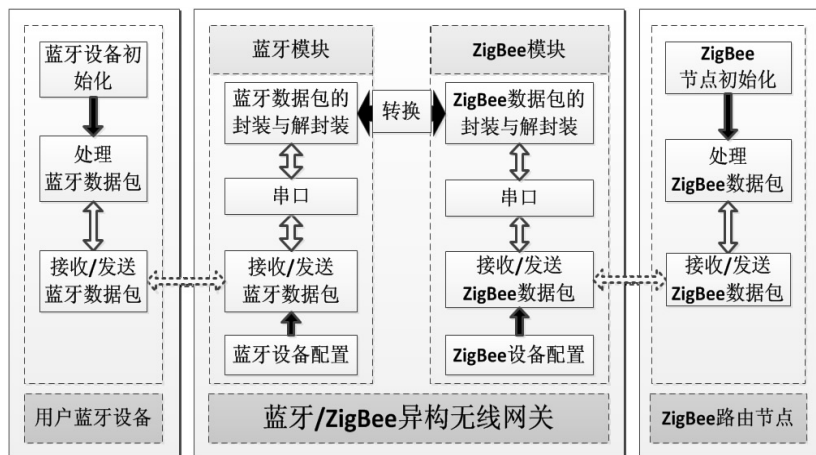


图 4 异构无线网络传输系统的设计模型

在图 4 中,中间的蓝牙/ZigBee 异构无线网关作为文中设计和实现的重点,异构无线网关连接了两侧的用户蓝牙设备和 ZigBee 路由节点。在异构无线网关内部,分为蓝牙模块和 ZigBee 模块,分别负责设备的配置、数据包的接收与发送、以及数据包的封装与解封,他们与外部设备的数据传输都通过各自的无线通信接口。

左侧作为用户蓝牙设备,可以通过蓝牙无线通信接口与异构无线网关的蓝牙模块进行连接通信;

右侧的 ZigBee 路由节点同样通过无线通信接口

与异构无线网关的 ZigBee 模块进行连接通信。

异构无线网关的处理方法是:

1) 对从用户蓝牙设备发送到 ZigBee 设备的数据来说,网关的蓝牙模块在接收到该数据包后,从串口^[17]提交给高层,去掉蓝牙的头部,将数据部分转交给 ZigBee 模块;ZigBee 模块在数据部分前面添加 ZigBee 头部重新封装成 ZigBee 数据包后,从串口传递给 ZigBee 无线发送接口。

2) 同样的,对于从 ZigBee 设备发送到用户蓝牙设备的数据来说,数据包的处理过程正好相反。

4 实验测试与结果

4.1 开发环境与设备

在进行程序时,软件开发环境主要基于 eclipse-SDK-3.6.2-win32,Java Development Kit 版本为 JDK-6u14-windows-i586; ZigBee 设备为 WXL C51RF-3-PK 无线 ZigBee 网络开发平台 V6.11 + TI Chipcon CC2430 核心芯片,开发环境为 IAR EW8051 Embedded Workbench;蓝牙适配器为 mini USB Bluetooth Dongle (主控芯片基于 CSR Bluetooth 2.1+EDR 标准)。基于 Java 语言设计开发的异构无线网络传输系统的网关程序主要运行在具有蓝牙和 ZigBee 设备的 IBM X60 笔记本电脑上。

4.2 实验搭建与测试

按照图 5 所示的网络拓扑结构,在校园内搭建了模拟灾难环境的蓝牙/ZigBee 异构无线网络,并且对传输系统的数据传输功能进行传输测试。

经过多次测试,得到以下实验结果:

第一,两个 ZigBee 设备间最大通信距离为 130.5m。两个蓝牙设备间最大通信距离为 38.3m,当蓝牙设备之间的距离超过该最大通信距离时将无法通信。

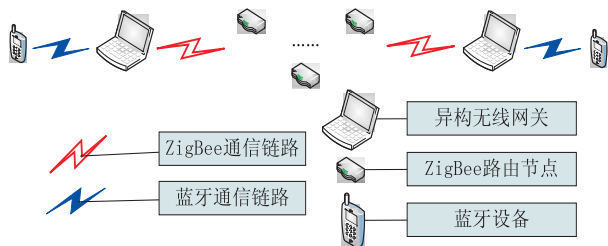


图 5 异构无线网络传输系统实验测试网络拓扑图

第二,按照图 5 所示搭建的网络拓扑结构,并且蓝牙设备与网关之间的距离都是以蓝牙最大通信距离部

署的(这里分不同情形部署了多个 ZigBee 路由节点,实际环境中可以部署更多 ZigBee 路由节点,从而可以使通信网络的覆盖范围进一步扩大)。测得两个建立连接的蓝牙设备之间的平均回环时间(RTT, Round-Trip Time),如表 1 所示。

表 1 异构无线网络传输系统通信测试
(通信回环时间 RTT)

No. 类型	1	2	3	4	5	6
蓝牙设备间实际距离	38 米	100 米	200 米	300 米	500 米	1000 米
使用文中设计的异构无线传输系统	—	√	√	√	√	√
平均 RTT(毫秒)	26.298	157.812	241.949	361.925	596.057	1184.019

从表 1 中可以看出,随着蓝牙设备之间的距离逐渐增大,使用设计的蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统,他们依然可以进行连接通信,达到了最初的设计目标。因此,可以有理由地认为,在实际通信时可以有效地依赖设计实现的蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统,使蓝牙设备的通信距离进一步扩大,并将其作为现有通信系统的补充,在基础骨干设施还没有搭建起来之前,满足灾难区域的通信需求,辅助救援工作。

5 结束语

文中详细阐述了蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统的设计与实现,它不仅适用于灾难救援环境,也适用于智能家居、工业、农业等领域。系统中实现的蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统不仅能实现两个远程蓝牙设备的通信,而且实现了蓝牙节点和 ZigBee 节点的通信,达到蓝牙和 ZigBee 无线网络的互联互通。文中将 ZigBee 网络作为数据传输网络而不是数据采集网络,并模拟了灾难环境中的实际通信情形,开拓了蓝牙和 ZigBee 在现实环境中的应用范围。

由于文中在设计和实现蓝牙/ZigBee 异构无线网络传输系统时,将主要工作放在了传输系统的消息和文件传输上。对于设备间的单播问题,本传输系统只实现了蓝牙与 ZigBee 设备间小范围内的单播传输,因此对于未来大规模异构网络中存在的单播问题,还有待进一步的深入研究。而且在未来设计时,也需要在 ZigBee 网络中加入能量管理,使设计的异构无线网络

传输系统中的 ZigBee 通信网络的寿命更长久。

参考文献:

[1] 崔莉,鞠海玲,苗勇. 无线传感器网络研究进展[J]. 计算机研究与发展,2005(1):163-174.

[2] Mainwaring A, Culler D, Polastre J, et al. Wireless sensor networks for habitat monitoring[C]//Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications. [s. l.]: ACM Press, 2002:88-97.

[3] 孙亨,杨永田,李立宏. 无线传感器网络技术发展现状[J]. 电子技术应用,2005(6):1-5.

[4] 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(10):1717-1727.

[5] 王锐华,于全. 浅析 ZigBee 技术[J]. 电视技术,2004(6):33-35.

[6] ZigBee Specification[S]. [s. l.]: ZigBee Alliance, 2008.

[7] 金纯,蒋小宇,罗祖秋. ZigBee 与蓝牙的分析与比较[J]. 信息技术与标准化,2004(6):17-20.

[8] 钱志鸿,杨帆,周求湛. 蓝牙技术原理、开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.

[9] 王锐华,于全,益晓新. ZigBee 与 Bluetooth 的比较及共存分析[J]. 测控技术,2005,24(6):50-52.

[10] 李文峰,韩晓冰. 现代应急通信技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.

[11] 高岩. 通信行业应急通信保障预案体系探讨[J]. 通信世界,2005(39):12-16.

[12] 杨然,门汝静. 国外应急通信历经考验走向成熟[J]. 世界电信,2008(6):16-20.

[13] 王海涛. 应急通信发展现状和技术手段分析[J]. 电力系统通信,2011,32(2):1-6.

[14] Krasteva R, Boneva A, Georchev V, et al. Application of Wireless Protocols Bluetooth and ZigBee in Telemetry System Development[J]. Bulgarian Academy of Sciences Problems of Engineering, Cybernetics, and Robotics, 2005, 55:30-38.

[15] 金纯. 蓝牙 ZigBee 网关[P]. 中国:CN1925469A, 2007-03-07.

[16] Lou Guohuan, Cai Haiting, Li Shujie. Research and implementation of ARM-based fieldbus protocol conversion method[C]//2010 International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering. [s. l.]: [s. n.], 2010:260-262.

[17] 宁双龙,孟利民. 无线协议转换系统中虚拟串口的设计与应用[J]. 杭州电子科技大学学报,2009,29(5):83-86.

蓝牙/ ZigBee 无线网络传输系统的设计与实现

作者: [樊锐](#), [李茹](#), [王绩一](#)
作者单位: [内蒙古大学 计算机学院, 内蒙古 呼和浩特 010021](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201301053.aspx