

# 基于蓝牙散射网的无线传感器网络研究

梁艳招,曾夏玲,段志锋,余敏

(江西师范大学 计算机信息工程学院,江西 南昌 330022)

**摘要:**为适应网络拓扑高度变化的无线传感网络,结合国内外蓝牙技术在无线传感器网络中的应用,提出并实现一个新型的基于蓝牙散射网的体系结构模型。蓝牙层使用改进的TPSF算法,通过限制桥节点度数减轻通信负载,并引入新的时间分配机制构建网络。新的体系结构模型不仅能满足传感器网络放置灵活、移动性强、自组织性和可扩展性高的要求,还大大减少了网络通信负载和时延,既能节省成本,又给用户方便的操作接口,具有很大的灵活性、可控性和可靠性。

**关键词:**无线传感器网络;蓝牙;散射网

**中图分类号:**TP393.02

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2008)04-0221-03

## Research on Wireless Sensor Network Based on Bluetooth Scatternet

LIANG Yan-zhao, ZENG Xia-ling, DUAN Zhi-feng, YU Min

(College of Computer and Information Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

**Abstract:** In order to suit a high dynamic topologic wireless sensor network (WSN), summarize the using of bluetooth in WSN at home and abroad, presented and implemented a new WSN model based on bluetooth scatternet. On the base of revised TPSF algorithm, reduced the traffic load by limiting the degree of bridge node of net, and introduced the time slot scheduling mechanism. This new architecture not only accommodates the WSN's requirements of deposit flexible, better mobility, self-organization and expansibility, but also alleviates traffic load and net work delay. It has flexibility, controllability and reliability, saves cost and provides convenient operating interface.

**Key words:** wireless sensor network; bluetooth; scatternet

## 0 引言

无线传感器网络给信息的获取带来了革命性变革,成为目前研究的热点,适合无线传感器网络的通信技术也受到极大的关注。蓝牙技术以抗干扰能力强、通信质量稳定、功耗低、成本低的优点,能方便地集成到各种恶劣环境的设备中<sup>[1,2]</sup>,已被广泛应用于无线传感器网络中。

文献[1]和[3]提出了基于蓝牙匹克网的无线传感器网络,分别在传感器节点与中继点、中间件 sink 节点与移动终端构成蓝牙匹克网,实现了无线传感器和 Internet 的连接。文献[4]在基于蓝牙匹克网的无线传感器网络基础上,引入一种基于信息触发的星型连接网络拓扑,降低了网络的整体功耗。文献[5]设计了在几个房间内部署带蓝牙模块的传感器节点,组成简单

树型散射网,探讨了蓝牙技术应用于传感器网络的可能性。这些基于蓝牙匹克网和树型散射网<sup>[1,5-7]</sup>的无线传感器网络,组网简单,但节点的加入或删除都将极大地影响整个网络的通信,网络动态拓扑变化适应性较差,鲁棒性弱,易在蓝牙根节点或桥节点产生瓶颈,只适用于小范围的传感器网络。

文中提出一种适于网络拓扑高度变化的无线传感器网络结构模型,设计的蓝牙模块布置于 sink 节点和基站内。其中, sink 层采用异步的、完全分布式的算法建立散射网。同时,在 TPSF 蓝牙散射网构建算法的基础上,通过限制桥节点度数减轻通信负载,并引入新的时间分配机制构建网络。新体系结构不仅能满足传感器网络放置灵活、移动性强、自组织性和可扩展性高的要求,还大大减少了网络通信负载,既节省了成本,又给用户提供了方便的操作接口,具有很大的灵活性、可控性和可靠性。

## 1 体系结构模型

基于蓝牙的无线传感网络主要由传感器节点、接收发送器(sink)、Internet 或通信卫星、任务管理节点等

收稿日期:2007-07-12

基金项目:973 前期研究专项(2007CB316505);973 面上项目(2006CB303000)

作者简介:梁艳招(1982-),女,江西吉安人,硕士研究生,研究方向为无线传感器网络、网络计算;余敏,教授,硕士生导师,研究方向为信息安全、网络计算技术。

部分构成。目前的蓝牙模块主要布置在传感节点或可控终端上。在每个节点布置蓝牙模块,不仅耗费大量蓝牙资源,也不适于节点能量有限的无线传感网络。在终端布置,用户无法实时控制,操作不便。可见,它们的应用范围上都存在极大的局限性。文中提出在中间层嵌入蓝牙模块,以散射网方式构建,新增的中间 sink 层体系结构模型,能适应拓扑变化较高的传感网络,既节省资源又方便操作,尤其适用于较大区域范围内信息的传输。文中提出的传感器体系结构模型分为传感器节点层、基于蓝牙 sink 散射网层、基站和用户控制层四层,如图 1 所示。传感器节点负责收集周围环境中的信号,经简单加工后传至蓝牙 sink 层。蓝牙 sink 节点与传感节点以星型方式<sup>[7]</sup>连接,并通过 FSK (Frequency Shift Keying, 频移键控)进行无线通信。信息在蓝牙 sink 散射网层进行谱分析和模式识别,然后发送到基站进行融合、决策等高一级处理,最后传递给控制台。用户通过控制台来存储最终数据和更新数据库,并向基站发送信息实现对传感器节点的监控。其中,增设的基站作为蓝牙 sink 散射网层和控制台的中介,对信息进行集中分析和处理,同时设置时钟机制,每隔  $\Delta t$  时间发送呼叫信号,当达到 7 个从节点时,相互构成匹克网,组成有效连通的传感器网络。

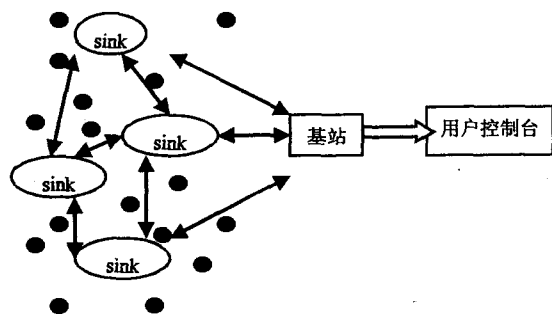


图 1 传感器网络体系结构模型

在体系结构模型的 sink 节点和基站内嵌入蓝牙模块,源信息经过两次过滤(蓝牙 sink 网络层和基站),大大减少了通信负载,既节省成本,又给用户提供了方便的操作接口。蓝牙 sink 节点采用异步、完全分布式的算法建立散射网,能满足传感器网络放置灵活、移动性强、自组织性和可扩展性高的要求。

## 2 蓝牙 sink 层散射网的构建及实现

蓝牙 sink 节点管理并控制传感器节点,并把来自传感器节点的信息进行预融合,以消除冗余。最后通过 sink 散射网发送至基站,另外,它还负责自身蓝牙散射网的构建。

目前提出的各种蓝牙散射网形成算法,数据包的传送必须经过主节点或桥节点,容易产生瓶颈,且每种

算法都具有有限的适用范围<sup>[8,9]</sup>。Yoji Kawamoto 等人提出的蓝牙散射网 TPSF(two-phase scatternet formation)<sup>[8]</sup>建立算法应用广泛,是一种异步的、完全分布式、保持高吞吐量的动态拓扑算法。该算法对节点分布没有任何限制,假设节点是对等的,只要节点在彼此通信范围内就能彼此发现。因此,该算法非常适用于基于蓝牙的无线传感器网络中,因而文中采用 TPSF 算法构建蓝牙 sink 层散射网。

TPSF 算法分为发现邻节点、建立匹克网和连接成散射网三个阶段。但原算法未对桥的度(即桥节点所在匹克网数)进行限制,易增加桥节点负荷,不适用于节点能量受限、拓扑高度变化的无线传感网络。因此通过限制桥节点的度对 TPSF 算法进行改进,并引用动态拓扑变化中的时间机制,与文中提出的体系结构模型结合,重新分配纯节点周期。改进后的算法及散射网建立过程描述如下。

### 2.1 算法改进及散射网的建立

#### 2.1.1 发现邻居节点并交换状态信息

在指定的  $T_0$  时间内,通过查询和查询扫描来发现邻节点信息。节点通过 ID 包( $N_i, R_i, V_i, M_i, U_i$ )<sup>[8]</sup>来交换邻节点信息。每个节点维护一张邻节点信息库 NIB(neighbour information base),初始时,信息库清空。查询和查询扫描时,每个节点更新自己的 NIB,并计算  $N_i$  和  $V_i$  值。

#### 2.1.2 在彼此通信范围内通过选主节点建立匹克网

$T_0$  时间搜索后,如果某个节点的角色  $R_i$  还未定,那么在指定的  $T_1$  时间段内,根据更新后的 ID 和 NIB 信息,符合主节点选取规则的就成为主节点,否则等待其它节点的呼叫,加入到匹克网中确定自己的角色为从节点或桥节点。每个节点在匹克网中的角色确定之后,再根据 NIB 相互交换信息并更新,把自己的状态通知给邻居节点。这避免了一个匹克网中存在多个主节点的可能,消除冗余。若有剩余的节点未确立角色,重复以上步骤加入匹克网。

sink 节点建立的匹克网要和整个体系结构有效集成连通,在基站设立时间脉冲,周期地向邻近的 sink 节点广播“邀请加入呼叫”。但是收到此呼叫信息的有可能是非主节点,此时,从节点根据 ID 识别出基站,返回拒绝加入信息。sink 主节点接到呼叫信息以从节点身份加入基站,再将自己的身份告知邻节点。基站从节点达到 7 个后,暂停发出呼叫信号,保持通信状态,若未满 7 个节点或某节点失效,继续发出邀请加入信息。

#### 2.1.3 匹克网连成可控散射网

主节点通过搜索所有从节点的信息,选取从节点

度数最多(如果度数相等,选取 ID 最小者)的为桥节点。为保证在可控散射网中只有一个桥节点连接两个匹克网,主节点检测到重复的桥节点,则用 LAP 命令删除。散射网建立完成后,主节点把它所有的从节点和桥节点信息发送给其它的邻匹克网,并广播自来邻匹克网的信息给匹克网内的各个节点,再更新信息库。此处保留的信息也为散射网的路由提供了方便。

经过以上三步建立散射网,限制了主节点允许连接的从节点数,减少了匹克网的个数,降低了路由复杂度。为实现有效通讯,匹克网内的从节点设置为休眠模式。主节点只分配各个桥节点一个激活模式 AM (active mode) 地址。其它从节点(称为纯从节点 PS (pure slave))若要通信,发送请求到主节点,连接后返回一个 AM 地址,通信完后又转换为暂停模式。因此,在一个匹克网中,主节点连接的桥节点数限制在 6 个以内,至少留下一个 AM 地址给 PS 节点请求命令。

TPSF 算法构造的散射网具有较少的桥节点和匹克网数,但对桥的度(桥节点所在匹克网个数)未作限制。节点的处理能力有限,易产生瓶颈。另外,在本模型中,为保证接收传感器节点信息的 sink 节点具有有效性,减轻桥节点负载是技术关键。用 NIB 计数控制一个桥节点只能连接三个匹克网,若查询扫描到连接多于三个匹克网,则采取优先原则删除过剩连接。连通后散射网的桥节点通过时分复用的方式把数据从一个匹克网转发到另一个匹克网。

## 2.2 时间分配机制与算法实现

为实现网络拓扑的高度动态变化,在可控散射网算法中引入时间分配机制。每个匹克网定义相同固定的时间周期,并由主节点分为三个周期来控制,分别为纯从节点 PS 周期,桥节点 BR (bridge nodes) 周期和休眠 (Sleep) 周期,一个匹克网的时间周期如图 2 所示。BR 周期由主节点通过桥节点连接,交换时序信息实现匹克网间的同步,维持可控散射网的有效通信。Sleep 周期完成后自动转换到下一个 PS 周期。

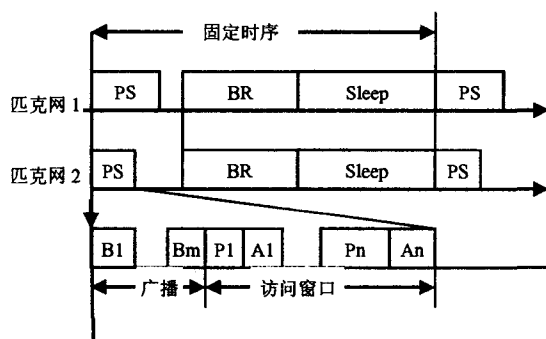


图2 一个匹克网的时序

在 PS 周期内,PS 节点被主节点控制为暂停模式

(PS 周期的长度由匹克网中纯节点数决定),它监听由主节点分配的至少一个连接到匹克网通道窗口的广播信息。当 PS 节点需要和其它节点通信时,它利用通道窗口发送一个请求到主节点,主节点再分配一个 AM 地址给 PS 节点。

Sleep 周期内,在不影响网络通信情况下,易实现节点的加入和删除操作。主节点还可接收新节点的加入,或者分配更多的时间戳进行通讯以及查寻邻节点。桥节点也可查寻邻节点。当纯从节点查寻到新的邻节点时,将有关信息通知主节点,新节点依据建立匹克网的步骤加入到散射网中。当一个主节点离开可控散射网时,将从 NIB 中选取一个新的节点作为主节点。某个桥节点离开可控散射网时,它将通知其主节点,再从它们的 NIB 中另选取一桥节点。

在本模型中,各蓝牙 sink 节点在 PS 周期内除完成以上工作,还接收传感器节点信息并实现对它的控制,充分利用了 sink 节点的空闲时间,节省了资源。

结合文中提出的体系结构模型,在 TPSF 算法的基础上,通过限制桥节点度减轻通信负载,并引入新的时间分配机制,重新分配节点周期。任意节点的加入和删除或节点身份的改变,都不会影响整个网络的通信,能充分利用资源,具有很大的灵活性、可控性和可靠性,支持拓扑高度变化的无线传感网络。

## 3 结 语

基于传感器相关特性和蓝牙固有的低功耗、低成本、使用便捷和电磁污染小等优势,提出一种适用于拓扑结构高度变化的基于蓝牙技术的无线传感器网络。设计的蓝牙模块布置于 sink 节点和基站内,并采用异步的、完全分布式的算法建立散射网。着重阐述了在 TPSF 蓝牙散射网构建算法思想上,限制散射网中桥的度数,并引入时间分配机制,构建蓝牙 sink 散射网。改进后的算法应用到文中提出的体系结构模型中,不仅能满足传感器网络放置灵活、移动性强、自组织性和可扩展性高的要求,还大大减少了网络通信负载,既能节省成本,又能给用户提供方便的操作接口,具有很大的灵活性、可控性和可靠性。为了建立一个更加安全和灵活的基于蓝牙散射网传感器网络,将在数据路由和体系结构各层上做进一步的研究及实验,完善整体性能。

## 参考文献:

- [1] Ferrari P, Flammini A, Marioli D, et al. A bluetooth-based sensor network with Web interface[C] // ITC2003 - Instru-

(下转第 227 页)

根据学生的学习兴趣,对信息进行过滤向学生提供推荐资源。

信息 Agent 的主要功能是主动搜索网上资源,一种途径是直接搜寻 Web 站点,从 Web 页面中获取信息。所涉及的技术在于如何从 HTML 文档中获取信息结构和内容,可以采用基于页面文本分析和知识关系结构的特点得到获取规则,从而达到精确定位的目的<sup>[4]</sup>。也可以采用基于 XML 文档的技术来获取 Web 信息<sup>[2]</sup>。XML 是一种未来的网页构建语言,在互操作性、扩展性、开放性以及知识描述方面具有 HTML 无法比拟的优势,更有利于信息的自动获取和处理。另一种途径是借助于已有的搜索引擎进行信息搜索,这种方式的优点在于不必直接对整个因特网进行搜索,只需与若干搜索引擎连接,获取它们返回的结果就可以了<sup>[5]</sup>。传统搜索引擎大多是纯粹按关键词匹配进行查询,会搜索到大量的冗余信息,对学生造成困扰。信息 Agent 进行过滤信息的筛选,过滤的分析策略要考虑学生的兴趣,比如 J2EE, J2ME 还是 J2SE, JAVA 基础教程还是 JSP, SOCKET 还是 JDBC。建立用户兴趣模型进行信息过滤,从而为用户提供个性化服务。使得信息定位更准确,避免大量关联度低的信息传输到用户端。

## 4 系统设计

系统框架应用 B/W/A/S 多层模式,采用 J2EE 技术开发。参考 J2EE 标准应用模型,充分利用 J2EE 整体的技术框架资源,采用分布式组建结构,其框架结构图如图 3 所示。

(1)表示层:Web 浏览器。

(2)通信层(数据传输层):位于 Web 浏览器与 Web 服务层之间,用于实现系统与用户之间的数据传输,该层采用基于 HTTP 通讯协议的 XML 数据包作为传输标准。

(3)Web 服务层:用于接收从 Web 浏览器传来的

请求并交给底层处理,同时将请求处理结果发送给 Web 浏览器。这些过程主要由 JSP 页面、基于 Web 的 JAVA Applet 以及显示 HTML 页面的 Servlet 组成,该层对数据进行简单逻辑处理,如数据校验、客户端浏览器检验等。

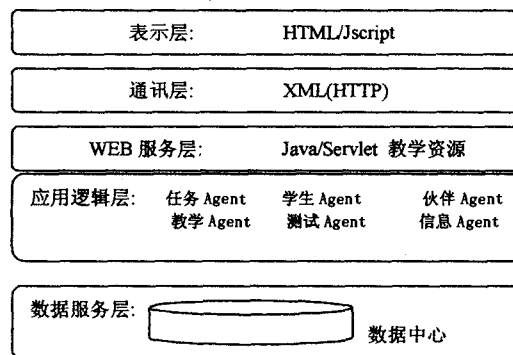


图3 系统框架结构图

(4)应用逻辑层:由应用系统管理模块和该系统应用模块组成,负责处理 Web 服务层传来的请求并进行处理,同时将处理后的请求结果返回给 Web 服务层,将处理结果交给数据服务层进行存储。该层运行于应用服务器中,关于该系统的业务逻辑均封装于 EJB 组件中,应用服务器为 EJB 提供一个优化的执行环境。

(5)数据服务层:数据中心,为应用逻辑层提供数据服务,其主要数据来源为上报的各类数据。

### 参考文献:

- [1] Hubns M N. Agents as Web services[J]. IEEE Internet Computing, 2002, 6(4): 93-95.
- [2] 亢锐,叶青,范全义. 基于 Multil Agent 技术的 Internet 信息挖掘研究[J]. 计算机工程, 2001, 27(2): 107-109.
- [3] 董武绍. 关于基于多 Agent 系统的远程教学模式研究[J]. 电化教育研究, 2001(9): 36-39.
- [4] 张玉林,陈剑. 基于 Agent 的营销经理信息系统分析[J]. 计算机工程与应用, 2003(15): 8-9.
- [5] 沈士,赵林度. Web Services 在中小型企业电子商务上的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(2-3): 140-142.

(上接第 223 页)

- mentation and Measurement Technology Conference. Vail, Co, USA: [s. n.], 2003: 892-897.
- [2] Bluetooth SIG. Specification of the bluetooth system. 2001. (Core Version 1. 2) [EB/OL]. 2003-10 [2004-12]. <http://www.bluetooth.com>.
- [3] 何戟. 蓝牙技术及其在无线传感器网络系统中的应用研究[D]. 西安:西北工业大学, 2006.
- [4] 毛飞,蒋挺,周正,等. 基于蓝牙的无线传感器网络[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(6): 1142-1144.
- [5] 李莉. 一种蓝牙无线传感器网络的实现[J]. 微计算机

信息, 2006, 22(7): 246-248.

- [6] Matthew V C. Improving the Qos of bluetooth through TUP-BO coding[J]. IEEE, 2002, 2: 1057-1061.
- [7] 杨宁,田辉,张平,等. 无线传感器网络拓扑结构研究[J]. 无线电工程, 2006, 26(2): 11-14.
- [8] Kawamoto Y, Wong V W S, Leung V C M. A two-phase scatternet formation protocol for Bluetooth wireless personal area networks[C]// In: proc. IEEE WCNC'03. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2003: 1242-1247.
- [9] 李香,杨孝宗. 一个两步蓝牙散射网形成算法 FBSF[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(2): 211-217.