

基于 ZigBee 的无线传感网的分群算法

刘拥军, 王晓蔚

(东南大学 计算机科学与工程系, 江苏 南京 210018)

摘 要:无线传感网络(Wireless Sensor Networks, WSNs)是通信、传感、计算机技术结合的产物,已成为当前研究的热点。分群是诸多研究中的重点,针对 WSNs 的特点,提出了一种基于最大连接度算法的传感网络的分群算法,适合 ZigBee 传感网络的异质节点的情况,在网络结构变化时能快速地重新分群,保证网络的稳定、可靠。

关键词:无线传感网; Ad Hoc; ZigBee; 最大连接度分群算法; 分群

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2006)06-0204-03

A Clustering Algorithm in Wireless Sensor Network Based on ZigBee

LIU Yong-jun, WANG Xiao-wei

(Department of Computer Science & Engineering, Southeast University, Nanjing 210018, China)

Abstract: As a result of combination of communication sensor technology and computing, wireless sensor networks has become a hot area of computer science and communication. In this field, the key study is clustering. Described an algorithm based on HCCP. When the topology of networks changed, it can keep in stable and reliable state by re-clustering quickly.

Key words: wireless sensor network; Ad Hoc; ZigBee; HCCP; clustering

0 引言

无线传感网是一种由低成本、低功率、多功能传感节点组成的适应短距离通信的系统,主要用于收集、传播和处理传感信息。它的应用前景非常广泛:在布线和电源供给困难的区域、人员不能到达的区域(受到污染、环境不能被破坏或敌对区域)和一些临时场合(发生自然灾害时,固定通信网络被破坏)等。它不需要固定网络支持,具有快速展开、抗毁性强等特点,可广泛应用于军事、工业、交通、环保等领域,引起了人们广泛关注。传感网的研究目前处于初始阶段,其研究也多是在 Ad Hoc 网络的基础之上,无线传感网的实现一定程度上依赖于 Ad Hoc 技术,根据节点是否移动,可以将无线 Ad Hoc 网络分为传感器网络和移动 Ad Hoc 网络^[1]。但和 Ad Hoc 相比无线传感网许多特点会对设计实现产生约束。如传感网的节点数量比 Ad Hoc 网络多;能源、计算能力及存储空间的约束比 Ad Hoc 网络要严格的多;无线传感网络采用广播方式通信,并且是以数据为中心等。因而无线传感在设计上要在 Ad Hoc 的基础上做一些改进。2000 年 12 月,IEEE 成立了 802.15.4 工作组制定 IEEE802.15.4 协议,该协议的商业名称

为 ZigBee,协议提出了一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术,IEEE1451 工作组也在考虑在此基础上实现传感网络。在现有的研究基础上,需要解决的关键问题是信息道接入和 MAC(Medium Access Control)层协议,动态分群算法和路由技术,基于分布式多传感器的信息融合技术等。在这些技术中,分群技术又是核心内容。

1 分群的必要性

Ad Hoc 网络的结构一般可分为平面结构和分级结构两种,平面结构较为简单,适合中小型网络,当网络规模较大时,网络的控制开销就很大,这时需采用分级结构。基于分群算法的分级网络结构可以大大提高网络的性能,分群在 Ad Hoc 网络的研究中是很重要的一个方面。分群对 PHY 层、MAC 层以及 Network 层的设计都有着直接的影响。分群算法为路由算法提供了一个逻辑拓扑,对于一个大型无线传感网络只有进行合理的分群后,才能给下面的路由算法提供一个逻辑支持^[1]。

在 Ad Hoc 网络的分群算法中,使用较多的是最小 ID 分群算法和最大连接度算法。Ad Hoc 网络是同质节点网络(节点功能对等、能量相同),上述算法也是基于同质节点的。在引言中提到:Ad Hoc 网络和无线传感网络是有区别的,在 Zigbee 标准中,为了提供低成本和低能量消耗的节点,定义了两种类型的物理设备^[2]:精简功能设备(RFD)和全功能设备(FFD)。它们的区别见表 1。

收稿日期:2005-09-19

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK2004067)

作者简介:刘拥军(1972-),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统、无线传感网络;王晓蔚,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机系统结构。

表 1 ZigBee 物理设备

RFD	FFD
不能作为网络协调者	可以作为网络协调者
只能与 FFD 通信	可以和 FFD 或 RFD 通信
小容量的 RAM 或 ROM(4K)	32k ROM 或 RAM

基于 ZigBee 技术的无线传感网络节点的功能是不对等的,只有 FFD 节点才能成为网络的路由节点,它会消耗更多的能量,其成本也会较高,但它有更大的存储容量和计算机能力,因而基于 ZigBee 技术的无线传感网络是一个异质节点网络。针对无线传感网的这样一些特点,必须对现有分群算法进行改进。

2 分群算法描述

文献[3]中提到了一种同质节点 Ad Hoc 网络中的最大连接度分群算法 HCCP(Highest Connected Clustering Protocol),其思想是:任选一节点发送探测信号,收到信号的节点向发送节点返回应答,这样形成一个邻接矩阵:

$$A = [a_{ij}], a_{ij} \in \{0,1\},$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N$$

$V = \{1, 2, \dots, N\}$ 表示 N 个节点的集合

$N_{total}(i)$ 表示节点 i 及其邻节点的集合

$$\text{节点 } i \text{ 的度数 } DN(i) = \left(\sum_{j=1}^N a_{ij} \right) - 1$$

如果第 $k(k \in V)$ 个节点满足:

$$DN(k) = \max_{i \in V} [DN(i)]$$

则节点 k 被选为第 1 个群首 H_1 。

然后从余下的节点中重复上述方法,直到所有节点都有归属的群。

该算法所生成的群数目较少,群首及网关节点也少,网络控制简单,也减少了分组的投递时延^[3]。但这些算法并不能直接用于基于 ZigBee 的无线传感网络。无线传感网中的节点功能不对等,有 FFD 和 RFD 两种节点,分群时群首只能从 FFD 设备中选取^[4]。在网络布置时,考虑网络的健壮性,每个 RFD 节点的一跳范围内,不能只有一个 FFD。多个 FFD 也不能都充当群首。原有的分群算法就不能适应无线传感网的特点,必须对 HCCP 算法改进。由于传感节点一般不移动,只有在节点失效等情况下才会发生拓扑变化,所以传感网络不会在分群上的耗费不在,针对这些情况,在最大连接度算法的基础上,提出一种异质节点传感网的分群策略。

假设在网络初始化时,RFD 节点可通过广播对其一跳范围的所有的 FFD 告知其存在;在算法执行期间拓扑不发生改变。

考虑如图 1 所示结构的传感网络,算法流程图如图 2 所示。

算法描述:

(1)每个 RFD 节点向其一跳 FFD 发送一个控制分组。

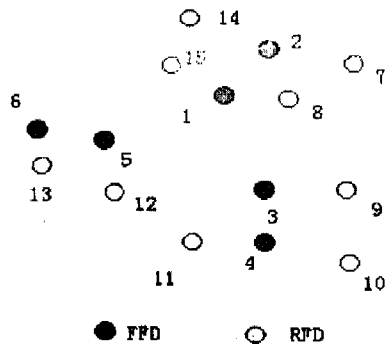


图 1 一个传感网的原始结构

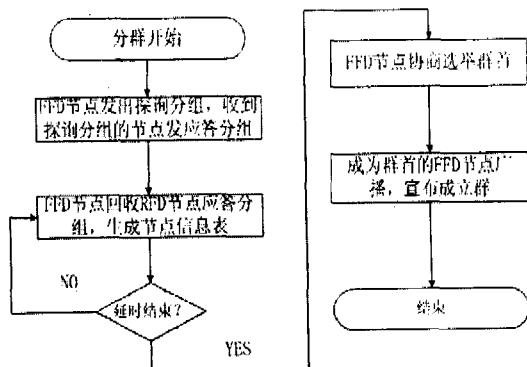


图 2 算法流程图

数据结构为:

```
struct
{
    unsigned short int ID;
    unsigned short int Intensity;
};
```

其中 ID 代表节点的 16 位 IEEE 地址或 8 位的节点地址, intensity 表示节点的信号强度,这个值可以由 FFD 接收到节点信息后由 FFD 计算并填充。

(2)交换节点信息,执行表合并。

FFD 接到其一跳范围内所有的 RFD 节点后,就维护了一张节点信息表,节点 2 的一跳邻节点信息表见表 2。FFD 节点在其一跳范围内互相交换表 2 中的信息。

表 2 FFD 一跳 RFD 节点信息表

ID	Intensity
7	12
8	38
9	8
14	5
15	1

一个 RFD 节点可能和多个 FFD 节点相邻,但它只能属于一个群,合并操作可按如下原则进行:

设参与合并的两表为 $T_i, T_j, T_i \geq T_j$ 则随机选取 i 为主,将两表合并,把 j 表清空,节点 j 作为 RFD 节点使用, j 节点信息定写入 i 表中。

T_i 与 T_j 中的节点没有包含关系,则比较信号强度,将 i 中 Intensity 值大而在 j 中小的节点写入 i 中,同时删除 j 中此节点信息。 j 也按此规则处理。

(3)重复上述步骤,直到所有一跳范围内的 FFD 表信息合并完成。

(4)成为群首的 FFD 节点按节点表向其成员广播分群确认,分群完成。

通过以上步骤,每个 FFD 中都维护着一张节点信息表,由于节点密度布置情况不同,有的 FFD 节点可能会作为 RFD 节点出现。但由于作为 RFD 比较节能,它可以充当备用 FFD,当其附近的充当群首的 FFD 能源耗尽或出现故障前可能发一个控制分组通知这些备用 FFD,来接替它的工作,而原来的群首 FFD 可以变成低能源消耗的 RFD 来继续工作,最大程度地保证了网络的稳定。分群完成后可以获得如图 3 所示的网络拓扑图。

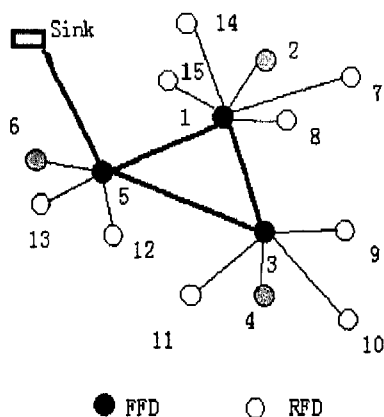


图 3 分群的网络拓扑图

图中,原来的 2,4,6 号 FFD 节点现在变成了变通的 RFD 节点。

3 算法分析

此算法是基于最大连接度的一种算法,使分群的数目较少,群首的数量也较少,使高耗能节点的数量也少,可能

提高系统的寿命。同时分组的传输延时小,提高了系统的实时性。但如 FFD 的布置密度过大的话,该算法在初始时会有较大的耗费来完成分群,各 FFD 要多次交换 RFD 表,不过当分群完成后,由于传感网的移动性能弱,不会引起群结构的剧烈变化,且有多个备用 FFD,它可以在其附近的群首 FFD 失效前全部接收其节点表而快速、用很小的耗费就可能完成群的重新划分。

4 结论

传感网络是一门新的技术,对它的研究多是建立在 Ad Hoc 网络的基础之上,由于传感网络在从军事到民用领域都有很广阔的应用前景,世界各国都在加大研究力度^[5],上面所述分群算法是对基于 ZigBee 技术规范组成的传感网络进行讨论的,它考虑到了异质节点的情形,以及低能源消耗的约束、网络的健壮性等问题,可以很好地适应大规模无线传感网的要求。

参考文献:

- [1] 郑相全. 无线自组网技术实用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] William C. Zigbee: Wireless Control That Simply Works[J]. Craig Program Manager Wireless Communications, 2004, 37: 100-104.
- [3] 郑少仁,王海涛,赵志峰. Ad Hoc 网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [4] Akyildiz I F, Su * W, Sankarasubramaniam Y, et al. Wireless sensor networks: a survey[J]. Computer Networks, 2002, 38: 393-422.
- [5] Savvides A, Han C, Srivastava M. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors[J]. Computer Networks, 2001, 32: 166-179.

(上接第 203 页)

```
hints.ai_socktype = SOCK_STREAM; //指定用字节流
hints.ai_protocol = IPPROTO_TCP; //指定用 TCP 协议
hints.ai_flags = AI_NUMERICHOST; //IP 用数字表示
rc = getaddrinfo("3ffe:3211::1", "5001", &hints,
&res); //解析服务器地址
```

```
s_send = socket(res->ai_family, res->ai_socktype, res->ai_protocol); //创建 socket
```

(2) 连接服务器。

```
connect(s_send, res->ai_addr, res->ai_addrlen);
```

(3) 发送数据。

```
send(s_send, buf, sizeof(buf), 0);
```

(4) 关闭套接字。

```
close(s_send);
```

5 结论

随着 Internet 技术的不断发展,现有的基于 IPv4 的

网络将逐渐向 IPv6 网络过渡,开发支持 IPv6 的网络应用程序的问题会变得越来越重要。文中就此问题做了一些研究,并实现了在 IPv6 协议下采用 TCP 协议的网络通信,对开发基于 IPv6 的网络应用程序会有所帮助。

参考文献:

- [1] Huitema C. 新因特网协议 IPv6(第 2 版)[M]. 陶文星,胡文才译. 北京:清华大学出版社,2000.
- [2] RFC2553. Basic Socket Interface Extensions for IPv6[S]. 1999.
- [3] RFC3493. Basic Socket Interface Extensions for IPv6[S]. 2003.
- [4] RFC2292. Advanced Sockets API for IPv6[S]. 1998.
- [5] Stevens W R. TCP/IP 详解(卷 3)[M]. 胡谷雨等译. 北京:机械工业出版社,2000.