

一种基于定位应用的无线传感器网络 MAC 层方案

刘俊, 杨全胜

(东南大学 计算机科学与工程学院, 江苏 南京 211189)

摘 要: 媒体接入控制协议(MAC)是影响无线传感器网络能量效率的重要方面, S-MAC是其中具有代表性的方案。但 S-MAC 无法实现时间调度表的全网同步, 只能形成多个在局部范围内同步的簇, 簇间边界节点相对于内部节点能量消耗要快。针对这一问题提出了一种改进的 MAC 方案, 利用定位应用中所需的节点间距离信息逐步合并各个簇, 消除边界节点, 提高能量效率, 改善网络连通性, 延长网络使用寿命。

关键词: WSN; MAC; 时间调度表; 同步; 定位

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)01-0204-03

An Efficient MAC Scheme Based on Localization for WSN

LIU Jun, YANG Quan-sheng

(Dept. of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: S-MAC is one of the most efficient Media Access Control (MAC) protocols which influence the energy efficiency of WSN significantly. But there is no global synchronization of the schedules in S-MAC. Nodes form clusters, in which the nodes synchronize locally. The energy of boundary nodes between clusters is depleted faster than that of the inner nodes. An improved scheme making full use of RSSI which is available for localization is presented to solve the problem. The global synchronization is achieved, the clusters incorporate and the boundary nodes disappear. The energy efficiency in MAC and the connectivity of networks are improved.

Key words: WSN; MAC; scheme; synchronization; localization

0 引 言

近年来无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)^[1]技术不断发展,其应用范围也不断扩大。作为 WSN 的承载体的无线传感器网络节点^[2]的能量消耗问题是影响节点寿命和网络性能的关键因素。如果有节点的能量消耗殆尽,就有可能影响到网络的覆盖、通信路由、网络的连通性,降低网络的性能。

在无线传感器网络中,媒体接入控制(Medium Access Control, MAC)协议决定了如何在传感器节点之间分配有限的无线通信资源,是影响无线传感器网络能量效率的重要方面。因此,文中的目的就是利用 WSN 定位技术,在 MAC 层寻求可以降低传感器节点功耗的方法。

1 S-MAC 协议的边界节点问题

S-MAC^[3]协议是专为无线传感器网络设计的一种基于竞争机制的方案。其主要思想是将节点的时间分成周期性的包括监听和休眠时间段的帧,在休眠时关闭射频以减少能量消耗。在 S-MAC 中,不同节点的帧的监听时隙开始时间可能不同,帧的时间安排称为时间调度表。相邻节点只有在共同进入监听时段时才能相互通信,因此必须使其时间调度表相互配合。

S-MAC 规定,在每个节点中保存一个时间调度表列表,存储自己和已知相邻节点的时间调度表。列表建立过程如下:

1) 节点进入网络后,首先监听一段时间,如果在此时间内没有收到其他节点的同步信号(SYNC),就自主选择一个调度安排,加入时间调度表列表中,此节点称为时间调度表的创始节点。同时,发送包含此调度安排的同步包。

2) 如该节点在此时间内收到其他节点同步信号,就将自己的时间调度表设成与之相同。

3) 假如节点已经选择了一个调度安排后又收到了其他节点的同步信号,此节点如无邻节点,就放弃原调

收稿日期:2008-04-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60773105)

作者简介:刘俊(1981-),男,江西鄱阳人,硕士研究生,主要研究方向为无线传感器网络、嵌入式系统的研究与应用;杨全胜,硕士生导师,主要研究方向为可重构计算技术的研究、嵌入式系统的研究与应用等。

度,采用新的调度;如已有邻节点,则将新收到的时间调度表加入时间调度表列表中。该节点就成为簇的边界节点,要在每个时间调度表的监听时隙都醒来。

S-MAC 中的同步算法无法在全网范围内形成统一调度安排,节点时间调度表的同步只能在局部进行,从而在网中形成多个具有不同时间调度表的簇。为与邻簇进行通信,在簇间的边界节点上,可能存在多个时间调度表,边界节点在本簇和邻簇时间调度表的监听时段都要醒来,这样边界节点相对其他节点会较少进入休眠,能量消耗要快。当边界节点能量消耗殆尽,整个网络的连通性将受到影响,从而影响网络寿命。

图1中,根据S-MAC的时间调度表维护机制,节点A将会保存从簇B和簇C中收到的两个时间调度表,成为边界节点,它在这两个时间调度表的监听时段都会醒来监听。

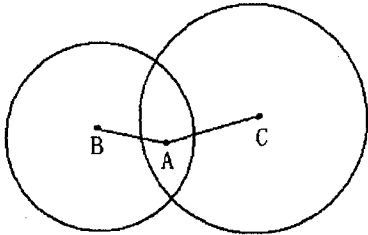


图1 边界节点

2 基于定位应用的改进方案

在实际的无线传感器网络中决定一个给定节点的位置问题,就是定位问题。其中基于测量的定位方法(measurement based approaches)首先测量未知节点到邻居节点的距离,然后在得到其它达三个或三个以上邻居节点的距离后,利用三边测量法、极大似然估计法或Min-max定位法计算该节点的坐标^[4]。而距离是根据接收信号强度指示RSSI(Received Signal Strength Indicator)^[5]进行测量的,已知发射节点的发射信号强度,接收节点根据收到信号的强度,计算出信号的传播损耗,利用距离衰减模型将传输损耗转化为距离。

$$P_r(d) = P_t G_t G_r \lambda^2 / (4\pi)^2 d^2 L$$

上式^[4]中 P_t 为发射机功率; $P_r(d)$ 是在距离 d 处的接收功率; G_t 、 G_r 分别是发射天线和接收天线的增益; d 是距离,单位为米; L 为与传播无关的系统损耗因子; λ 是波长,单位为米。虽然此方法在实际应用中的测距误差较大,但描述几个节点间的距离远近关系还是可行的。

为了解决S-MAC协议中边界节点问题,引入上述测距方法提出一个基于S-MAC协议的改进方案。

其目的是通过合并相邻簇,使整个网络最终拥有一个统一的时间调度表,这样就消除了边界节点,从而解决簇间边界节点能量消耗过快的问题。使用节点与簇的距离为不同的时间调度表确立不同的优先级,并指定远距离优先策略。当某节点收到多个时间调度表时,根据该优先级策略进行取舍,并通过同步包将取舍结果广播出去,邻节点采用同样过程,最终只有一种时间调度表存在下来。根据图1,采用如下步骤来合并簇、消除边界节点,最终获得全网唯一的时间调度表。

1)测量RSSI值,节点A在接受SYNC同步信号帧的过程中测量出RSSI值,并将所测的RSSI值保存到邻居节点列表的RSSI属性中;

2)取舍时间调度表,当节点A发现时间调度表列表中有两个或者两个以上的时间调度表不一致时,将会对时间调度表进行取舍,取舍的优先级标准是自己与簇头之间的距离。边界节点A根据步骤1所测的RSSI值便可知与簇头B和簇头C之间的距离的远近关系,然后根据距离的远近作为取舍的优先级标准,采取远距离优先策略;

3)广播取舍结果,边界节点在取舍时间调度表后将取舍结果广播出去,通知邻居节点更新时间调度表。边界节点A根据步骤2选取相对较远的簇头C的时间调度表后,用簇头B的时间调度表把更新时间调度表信息广播出去,这样包括簇头B在内的簇B内节点中A的邻居节点(采用簇头B的时间调度表)将会收到更新时间调度表信息而更新时间调度表。

之所以采用远距离优先策略,是因为以节点A为圆心,节点A的无线发射距离为半径的圆周内,与簇B的相交范围大于与簇C的相交范围,因此节点A广播更新时间调度表信息时,收到此广播信息的簇头B的跟随节点会比簇头C的多。

簇头B以及它的跟随节点在簇头B的时间调度表监听周期内收到节点A的更新时间调度表信息后,将会更新时间调度表,调整自己的监听周期,而那些没有收到更新时间调度表信息的簇头B的跟随节点,在一段时间内没有收到同步信号帧SYNC后,将会重新执行邻居发现过程而发现已经跟随簇头C时间调度表的簇头B,由此而使得簇B和簇C的时间调度表一致,消除了该区域的边界节点。当A与B、C的距离相等时,A将随机选取一个簇头的时间调度表进行更新。当边界A拥有两个以上的不一致的时间调度表时,将逐个合并,直到一致。

改进后的MAC方案每个节点保存两张表:时间调度表SchedTab(见表1)和邻居列表NeighbList(见表2)。

表 1 时间调度表 SchedTab

SchedId	numNodes	txSync	txData	chkSched	Counter	syncTime
---------	----------	--------	--------	----------	---------	----------

时间调度表用于记录节点发现周围邻居节点所采用的不同时间调度的信息,其中 SchedId 为调度条目序号;numNodes 为采用该调度条目的邻居节点个数;txSync 为发送 SYNC 分组标志;txData 为发送数据分组标志;chkSched 为更新调度条目标志;Counter 为调度周期计数器,记录到下一休眠期的时间;syncTime 为下次发送 SYNC 分组剩余时间的计数器。

表 2 邻居列表 NeighbList

State	NodeId	SchedId	Active	RSSI
-------	--------	---------	--------	------

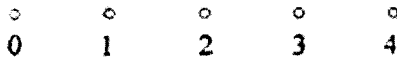
邻居列表反映邻居节点与其采用的休眠时间的对应关系,其中 State 为邻居节点采用的时间调度的状态(反映更新情况);NodeId 为邻居节点 ID;SchedId 为对应邻居节点采用的时间调度在本节点时间调度表中的序号;Active 为该邻居节点的状态;RSSI 为与该邻居节点间的信号强度(此值反映出与该邻居间的距离)。

3 仿真分析

仿真节点的拓扑结构如图 2 所示,节点初始位置如图 2(a)所示,节点分为两组排列在一条直线上,除节点 2 与 3 距离为 400m 外,其他相邻节点为 200m。网络初始化时设定各节点时间调度表的相位各不相同。从 100s 起,节点 3 和 4 以相同速率向 2 的方向移动,直到 120s 时,节点 3 和 2 的距离也为 200m(如图 2(b)所示)。从 200s 开始,以 0 节点为源节点,4 节点为目的节点,增加 CBR 数据流,每 20s 发送一个数据包。



(a) 初始位置



(b) 120s后

图 2 网络拓扑

设置仿真参数:

```
set opt(dutyCycle) 10 //占空比(监听/帧周期):
10%
set opt(guardTime) 0.143 //监听时隙:0.143s
set opt(initialenergy) 50 //初始能量:50W
set opt(receivepower) 0.4 //接收功耗:0.4W
set opt(transmitpower) 0.5 //发送功耗:0.5W
set opt(idlepower) 0.4 //监听功耗:0.4W
set opt(sleeppower) 5.0e-3 //休眠功耗:0.005W
```

set opt(ant) Antenna/OmniAntenna //天线,节点通讯距离为 250m

在 S-MAC 和改进协议下比较节点 2 的能量耗尽时间。在如图 2 所示的模型中进行仿真,得到节点 2 的剩余能量随时间变化的曲线,如图 3 所示。

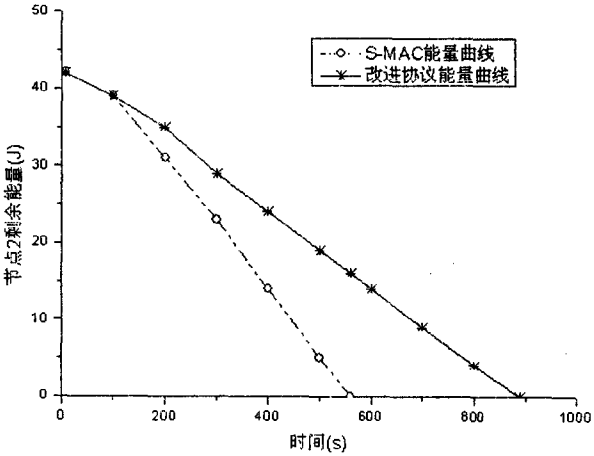


图 3 两种 MAC 下边界节点剩余能量

由图 3 可见,S-MAC 下,节点 2 从 135s 左右开始具有两个时间调度表,因此其能量下降速率比之前快一倍。而改进协议下节点 2 始终只有一个时间调度表,其剩余能量下降速率保持不变。200s 时 CBR 数据流开始,两种情况下能量下降速率都略有增加。S-MAC 中节点 2 率先在 570s 左右能量减为 0。而改进协议中节点直到 890s 时才减为 0。仿真结果表明,改进协议下数据流持续时间比 S-MAC 下要长,网络的连通性要好。

而在其它各相关性能的仿真中,改进协议与 S-MAC 的性能表现一致,由此可见,改进协议在 S-MAC 的基础上没有增加额外开销而消除了边界节点,且实现了全网的同步。

4 结束语

给出了一种利用基于 RSSI 测距的定位应用中的 RSSI 信息改进 S-MAC 协议的方法,通过仿真分析得出改进后的协议消除了 S-MAC 中的边界节点,实现了全网的同步,提高能量效率,改善网络连通性,延长网络使用寿命。

参考文献:

[1] 任丰原,黄海宁,林 闯.无线传感器网络[J].软件学报,2003,14(7):1282-1291.
[2] 吴 键,袁慎芳.无线传感器网络节点的设计和实现[J].仪器仪表学报,2006,27(9):35-78.
[3] Chong Chee-Yee,Kumar S P.Sensor Networks: Evolution,

10 类主要的图片。

使用该系统对一幅示例图片的检索结果如图 3 所示。其中(a)为用户给出的示例图片,(b)~(h)为该系统的检索结果。(b)为与(a)最相似的图片,(c)为次相似,依次类推。

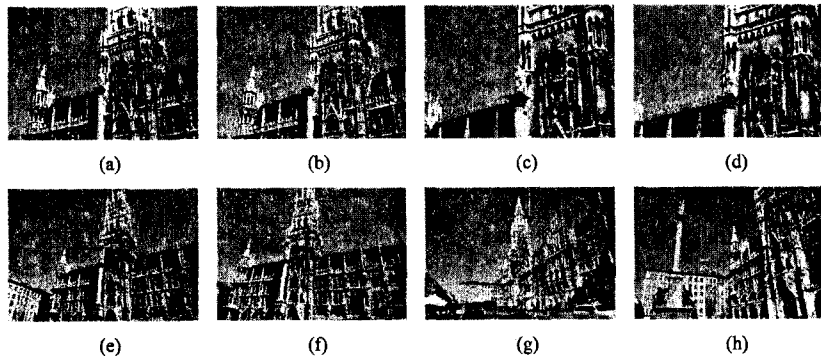


图 3 检索结果

查准率和查全率是衡量基于内容的图像检索系统的性能的两个重要指标。将本系统所用方法与其它方法作比较:颜色直方图(CH)基于颜色的方法,颜色自动相关图(CAC)基于颜色-空间的方法,比较结果如表 2 所示。从表 2 中可以看出,SC-CBIR 方法在平均查准率以及平均速度上都有很大改善。由于预处理中,构造了基于图片颜色特征的相似矩阵,谱聚类根据该相似矩阵将图片库分为若干子图片库,较为相似的图片分到同一子库中。根据示例图片检索其相似图片时,首先找到最相似子库,然后在该子库中寻找相似图片。一方面,很大程度上减少了与示例图片比较的图片数量,缩短了检索时间,因而提高了检索速度;另一方面,由于预处理的划分子库,过滤了与示例图片极不相似的图片,提高了检索准确率。但是由于图片分类的不完美性,在实验中出现了与示例图片相似的某张图片被分到另外一个子库中的情况,影响到图像检索的查全率。在今后的研究中应考虑如何增强图片分类的准确性。

表 2 与其他方法的性能比较

	CH	CAC	SC-CBIR
平均查准率	0.569	0.651	0.823
平均查全率	0.445	0.598	0.566
平均速度(秒)	8.342	13.445	6.231

(上接第 206 页)

Opportunities, and Challenges[J]. Proceedings of the IEEE, 2003, 91(8):1-15.

- [4] 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.

5 结束语

文中提出了将谱聚类应用于图片库预处理的图像检索系统,为了突出一幅图像的主体部分,设计了一种具有重叠部分的图像分块方法,并使用了一种基于 HSI 模型的颜色非均匀量化的方法。实验表明,将谱聚类用于图像检索,极大地缩小了检索范围,提高检索效率及准确度。由聚类算法预处理的图像检索算法,不仅有效而且便捷。

但是要进一步提高该图像检索系统的性能,有两点需要注意:首先,单一特征很难准确地描述图像,需要结合图像的形状、纹理特征;其次,计算机和人对图像感知之间存在着一定的差异,亟需通过引入相关反馈方法,从用户与查询系统的实际交互过程中进行学习,发现并捕捉用户的实际查询意图,并以此修改系统的查询策略,从而得到与用户实际需求尽可能相吻合的查询结果。

参考文献:

- [1] Xing E P, Jordan M I. On semidefinite relaxation for normalized k-cut and connections to spectral clustering[R]. Berkely: University of California, 2003.
- [2] Fiedler M. A property of eigenvectors of non-negative symmetric matrices and its application to graph theory[J]. Czech Math J, 1975, 25(100):619-633.
- [3] Shi J, Malik J. Normalized cuts and image segmentation[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8):888-905.
- [4] Ng A Y, Jordan M I, Weiss Y. On spectral clustering: Analysis and an algorithm[C]//In: Dietterich T G, Becker S, Ghahramani Z. Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). Cambridge: MIT Press, 2002: 849-856.
- [5] LI Xiuqi, CHEN Shu-Ching, SHU Mei-Ling, et al. A Novel Hierarchical Approach to Image Retrieval Using Color and Spatial Information[C]//Proceeding of The Third IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM2002). Hsinchu, Taiwan: IEEE, 2002: 16-18.
- [6] Comaneci D, Ramesh V, Meer P. Kernel-based object tracking[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(5):564-577.

- [5] Chipcon. Cc1000 Single Chip Very Low Power RF Transceiver [EB/OL]. 2005. http://www.chipcon.com/files/CC1000_Data_Sheet_2_1.pdf.