

文章编号: 2095-4980(2016)06-0943-05

一种无线多媒体传感器网络路径最优路由算法

屈正庚

(商洛学院 数学与计算机应用学院, 陕西 商洛 726000)

摘 要: 介绍了无线多媒体传感网络(WMSN)路由的设计原则与策略, 描述了路径最优的基本原理, 最后从最优路径的选择、信息转发策略、节点能量消耗 3 个方面考虑, 设计出路径最优路由算法。该算法与蚁群算法进行比较, 实验结果表明, 该算法在节点能量消耗、信息传送速度上都优于蚁群算法, 尤其传速率提高了 30%左右。

关键词: 无线多媒体传感器网络; 路由算法; 最优路径; 能量消耗

中图分类号: TN926; TP393

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201606.0943

A path optimal routing algorithm for Wireless Multimedia Sensor Network

QU Zhenggeng

(School of Mathematics and Computer Application, Shangluo University, Shangluo Shannxi 726000, China)

Abstract: The Wireless Multimedia Sensor Networks(WMSN) routing design principles and strategies are introduced. The basic principles of optimal path are described. From the aspects of selecting the optimal path, the information forwarding strategy, energy consumption of nodes, the optimal path routing algorithm is designed. The experimental results show that the proposed algorithm is superior to the ant colony algorithm at energy consumption of the nodes, and the speed of information transfer. In particular, the pass rate increases by about 30%.

Keywords: Wireless Multimedia Sensor Networks; routing algorithm; optimal path; energy consumption

计算机技术、网络技术、无线通信技术的快速发展, 推动了无线传感器的产生, 在一个很小的体积内进行信息收集、数据处理。无线传感器网络(WSN)就是利用大量的传感器节点, 通过无线通信设备感知网络系统中一些信息, 并把感知到的信息传送给用户, 满足用户需求。

随着计算机硬件设备不断提高与完善, 用户需要收集的信息不仅仅是文字、图像, 更需要动画、视频、声音等丰富多彩的多种媒体。所以无线多媒体传感器网络(WMSN)诞生了, 它与传统的无线传感网络相比, 能够更加精确地感知周围环境, 更加仔细地传送数据^[1-2]。WMSN 是 WSN 的深化与发展, 具有相同的自组性、协同性、多跳性、超大规模性、资源优化性、能量稳定性, 但是也有自身独特的特点:

- 1) 服务质量很高: WSN 在设计路由时只需考虑能量消耗很小就可以, 而 WMSN 还需要实时性、同步性。
- 2) 能量消耗很大: WSN 的能量主要消耗在信息发送上, 而 WMSN 需要使用在信息收集与整合上。
- 3) 处理信息繁重: WSN 中节点主要解决简单的算术与逻辑运算, 而 WMSN 需要更进一步对视频压缩与编码, 声音变换与校正等。
- 4) 应用领域广泛: WSN 感知的信息有限, 适用于环境简单的一些场所, WMSN 能够感知多样化媒体, 准确地对目标信息定位、跟踪。

目前常见的有无线传感器网络 AODV(Adhoc On-Demand Distance Vector)路由协议改进方案, 通过改进路由请求命令协议帧, 使节点的剩余能量值参与到路径中, 优化 RREQ 洪泛传播。但该算法是基于单路径数据传输, 没有考虑节点的负载状况, 节点容易产生拥塞, 导致数据包的重传或数据丢失的情况。蚁群优化的路由算法 ARAWSN(ACO-Based Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks)在定向扩散协议的基础上, 通过搜寻蚂蚁, 以广播的方式在网络中扩散建立起源节点到目的节点的多条路径的路由表。利用蚁群算法的转移概率方式来进行

路径的选择,从而平衡网络中节点能量的消耗。该算法建立了所有到目的节点的路径,存在很大的冗余,影响网络的实时性,且在路由建立过程中采用洪泛的方式导致网络的路由开销比较大。

基于上述原因及多媒体传感网络自身的特点,传统的 WSN 路由算法无法满足 WMSN 的信息收集、处理与整合。本文通过优化传输路径的方式,设计了一种能较好地满足 WMSN 的路由算法,使节点能量消耗最小化,延长网络周期。

1 WMSN 路由算法设计原则与策略

1.1 设计原则

在 WMSN 中,一个好的路由算法需要以下几条原则^[3-5]:

- 1) 把网络的服务质量放在首要位置。
- 2) 保证质量的前提下,需要考虑能量消耗最小化,延长网络生命力。
- 3) 尽量采用无状态路由,或者局部路由方式进行跳变路由选择策略,保证信息传送的实时性与同步性,进一步适应不同网络拓扑结构。

1.2 采用策略

在 WMSN 中,设计无线路由有一些基本的策略需要使用,具体情况如下:

1) 数据传送方式。常见的数据传送方式有基于查询、事件驱动、连续工作 3 种数据传送方式,但连续工作的数据传送方式不管是否有事件监测与跟踪,都以稳定的速度向总节点发送消息,能量消耗非常大,不适合在 WMSN 中使用。

2) 多路跳变通信策略。无线传感器网络中,能量消耗基本上与传送路径成 2~4 次方的正比例上升^[6-7]。即在距离为 d 的 2 个节点之间传送 k 比特的数据时,需要消耗能量为 $E_T(k,d)=kE_{amp}d^r$, E_{amp} 表示发送一个比特数据耗能, r 表示路径系数,范围在 2~4 之间。

3) 节点间局部通信与数据整合策略。在 WMSN 中,很多媒体信息具有一定的方向性,传送数据的时空相关性比较弱,使得数据融合度很低,造成每个节点能量消耗很快,降低了网路的利用率。

2 路径优化模型

无线传感器网络主要的功能就是通过节点向总基站报告在检测范围发生了某种事件的信息。但是每个节点能量有限,在有限能量的情况下转发信息量最大化,就需要寻求出一条最短路径传送信息。用这样一个图来描述无线多媒体传感器网络节点传送信息的过程,如图 1 所示。

假设节点 A,B,C,D,E 和 F 的初始能量为 10,发送一个消息消耗能量为 1,接收一个消息消耗能量为 0.5。现有这样 2 个消息(A,C)和(B,D)需要在此网络中传送,目标节点都可以成功接收到相应的消息^[8]。存在以下几种传送消息的路径供参考:

- 1) 最优传送方式。节点 A 通过 ABC 传输,节点 B 通过 BCD 传输,平均能量消耗为 3。
- 2) 最差传送方式。节点 A 通过 AEFDC 或者 AFEDC 传输,节点 B 通过 BAEFD 或者 BAFED 传输,平均能量消耗为 6。
- 3) 良好传送方式。节点 A 通过 AEDC 或者 AFDC 传输,节点 B 通过 BAED 或者 BAFD 传输,平均能量消耗为 4.5。

在这个网络中,取得良好效果正好是最优与最差之和的平均值。无论信息按照怎样的顺序出现,本着信息传递过程中能量耗损最优状态下,向终节点传送最多信息,延长网络生命力。

3 最优路径路由算法过程

最优路径算法基本思想是:以最小的代价、最短的路径、最快的速度传送多媒体信息,降低每个节点的能量消耗,延长无线传感网络生命周期,实现资源利用率最大化^[9-11]。

该算法主要包括 3 个方面的内容: a) 相邻节点路径选择; b) 最短路径转发策略; c) 节点能量均衡。

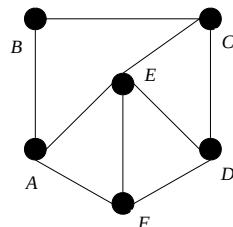


Fig.1 Information structure
图1 信息传递结构图

3.1 路径选择

假设任意一个节点 i , $N(i)$ 表示与节点 i 能够直接传送信息的邻居节点集合, 节点 i 与邻居节点之间的距离用 $d(i,j)$ 来表示, $j \in N(i)$ 。信息起源节点和终止节点分别用 S 和 D 来表示, $L(s,d)$ 来表示源节点到终止节点的路径长度。

经过节点 i 向终止节点 D 发送信息, 计算出节点 i 的每个邻居节点的距离值: $L(i,j)=d(i,d)-d(j-d)$, $j \in N(i)$ 。

整个路径长度为 $L(s,d)=\min L(i,j)$ 。如果 $L(s,d)$ 不大于零, 则无意义, 此路径是阻塞。如果 $L(s,d)$ 等于整个网络中所有节点之间距离之和, 则此路径是最差, 直接放弃。

在无线多媒体传感器网络中, 节点数目非常多的情况下, 尽可能选择经过节点数最少的路径作为传送信息的通道。具体选择方法如下:

- 1) 将节点 i 的传送区域划分成 n 个扇区。以 i 为圆心, 以 d 为半径画圆, 平均分为 n 等份, 则第 k 个扇区的角度为 $2\pi k/n - 2\pi(k+1)/n$, k 在 0 到 n 之间。
- 2) 计算出各个扇区中 $N(i)$ 的距离, $T(i,k)=\max d(i,k)$ 。
- 3) 对每个扇区内计算出的最大路径值与节点 i 的邻居节点值进行比较, 如果 $T(i,k) \geq L(i,j)$, 则在此扇区内寻找下一个节点。如果 $T(i,k) < L(i,j)$, 则放弃此路径, 重新选择新节点。

3.2 最优路径转发策略

当节点 i 接收到发往终止节点的信息时, 采用最优路径选择方式从 $N(i)$ 中选择一个节点作为信息转发到下一个节点。具体转发策略如下:

- 1) 如果节点 i 正好是终止节点, 则信息直接传送, 此路径是最优的。
- 2) 如果终止节点 D 刚好处在节点 i 的邻居节点 $N(i)$ 集合中, 即 $D \in N(i)$, 则 i 直接将信息传递给 D , 任务完成。
- 3) 如果上述条件都无法满足, 对于 $N(i)$ 集合中任意节点, 根据邻居节点的距离值进行计算, $L(i,d)=d(i,d)-\min T(i,k,d)$, 其中 $T(i,k,d)$ 表示节点 i 在第 k 个扇区内的节点到终止节点的距离, 在这 k 个扇区内寻找出最小值^[12]。 $T(i,k,d)=[T(i,k)\sin(2\pi k/n)]^2+(d(i,d)-T(i,k)\cos[2\pi k/n])^2]^{1/2}$ 。

3.3 节点能量消耗均衡

在无线多媒体传感器网络中, 存在大量信息需要传送, 同一个节点在一定时间段内被多次使用, 会引起此节点能量急剧下降, 造成网络生命周期缩短, 网络利用率降低。

对于这个问题, 在考虑选择路径最优时, 需进一步考虑跳转节点能量均衡性, 随时观察每个节点当前能量使用情况和剩余情况。本文主要通过源节点和终止节点分析传送路径过程中所有节点的能量消耗, 每当一个节点传递一次信息, 将在此节点记录表中进行登记, 节点 i 传送信息的次数用 $P(i)$ 来表示^[13]。节点 i 经过 $P(i)$ 次后, 消耗的能量为 $E(i)=(kE_{\text{amp}}d'+kE_{\text{amp}}d^{1/r})P(i)$ 。剩余能量 $Q(i)=E_{\text{max}}-E(i)/E_{\text{max}}$ 。

如果 $Q(i)$ 的值越大, 则此节点可以继续转发信息, 如果 $Q(i)$ 的值越小, 则从此以后就得远离, 放弃此条路径, 重新寻找路径。

结合图 1 对路径最优路由算法的性能与原理进行分析, 继续分 3 种情况进行探讨。

1) 消息 (A,C) 出现在消息 (B,D) 之前。 (A,C) 有 2 个转发节点 B 和 E 供它选择, 不管选择 B 还是 E 节点, 能量消耗均为 2, (B,D) 发送只有一条最短路径, 经过 C 节点, 能量消耗也为 2。整个过程就是 B 节点耗能最大, 为 2.5, 低于平均值。

2) 消息 (B,D) 出现在消息 (A,C) 之前。 (B,D) 发送只有一条最短路径, 经过 C 节点, 能量消耗为 2。 (A,C) 有 2 个转发节点 B 和 E 供它选择, 这时考虑到能量均衡, 此时选择 E 节点最为合适, 能量消耗均为 2, 整个过程 C 节点耗能最大, 为 2。

3) 消息 (A,C) 和消息 (B,D) 同时出现。不管哪个消息都要增加一个节点跳转, 能量消耗的最大值为 3, 也低于平均值, 处于最优路径状态下工作。

由此可见, 不管这 2 个消息按照怎样的顺序出现, 能量消耗基本上都小于等于良好状态, 达到了网络传送实时性的作用和生命周期延长性的能力。

4 实验结果分析

在一个边长为 200 单位长度的正方形区域内, 均匀分布 100 个传感器节点, 每个节点能量初始值相同, 为 2 000 mA·h, 发送消息消耗能量是总能量的千分之一, 接收消息消耗能量是发送消息消耗能量的百分之一, 每隔

60 s 从中随机选择 2 个节点作为源点与终点进行信息传输。

蚁群算法作为一种新的仿生优化算法,具有分布计算、信息正反馈和启发式搜索等特点。在 NS-2 系统中,对路径最优路由算法进行验证,并与蚁群路由算法作对比^[14-15]。蚁群路由算法的思想是蚁群在觅食或者回窝时,会在经过路上留下激素,其他蚂蚁会受到激素的影响,每当蚂蚁选择下一步时,激素越多,路径被选择的可能性越大,经过一段时间,较短的路上经过的蚂蚁越多,激素也越多,如此循环,找出最优路径。对这 2 种算法主要从信息传送时间、节点能量耗损、无线多媒体传感器网络利用率 3 方面做详细对比,具体情况如图 2~图 4 所示。

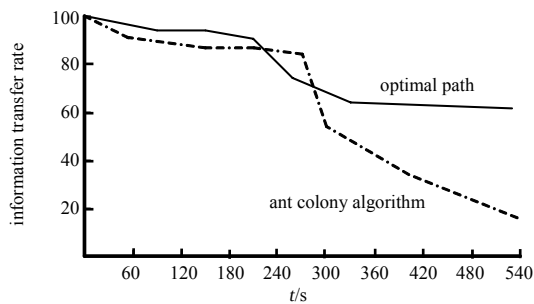


Fig.2 Information transmission speed at different time

图2 不同时间内信息传输速度

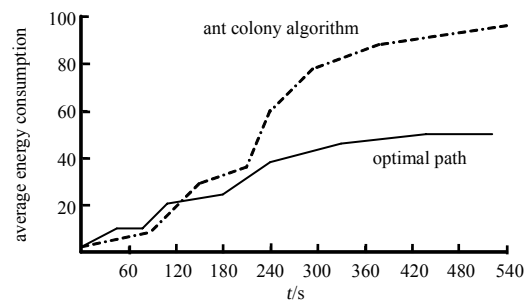


Fig.3 Energy consumption of network node at different time

图3 不同时间内网络节点能量消耗

针对上述状态进行具体分析,图2中,随着信息量的增加,时间的推移,信息传送速度会慢慢降低,路径最优算法经过300 s后基本上趋于平稳的速率工作,而蚁群算法还在大幅度减速。图3中,伴随信息量增加,时间延长,节点能量耗损也在增大,路径最优算法耗能缓和,400 s以后基本稳定,而蚁群算法耗能很快,是路径最优算法的2倍。图4中,随着时间和信息同时增多,传送路径也在延长,蚁群算法延长路径的速度快,而路径最优算法在360 s后基本在固定长度的路线上传输信息。

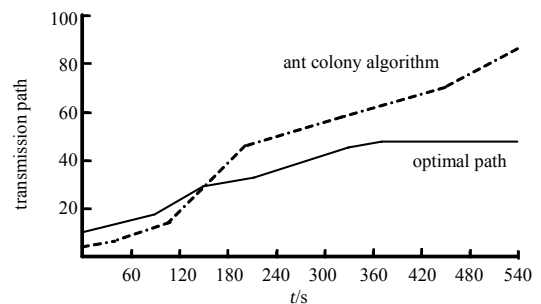


Fig.4 Information transmission path at different time

图4 不同时间内信息传输路径

5 结论

无线传感器节点是一种信息存储、信息加工与整合、信息传递、能量有限的设备。所以在设计多媒体传感器路由算法时不仅要考虑节点耗能情况,同时还要进一步考虑均衡负载情况。无线多媒体传感器网络有自身一些特有的属性,需要保证服务质量,缩减节点能量,传送信息同步与实时性等,以这些特点为目标,本文提出了路径最优的路由算法,与蚁群算法进行比较,降低了能量消耗,延长了网络生命周期,提高了资源利用率,达到了信息传送实时性的效果。

参考文献:

- [1] 曹啸,王汝传,黄海平. 无线多媒体传感器网络视频流多路径路由算法[J]. 软件学报, 2012,23(1):108-121. (CAO Xiao, WANG Ruchuan, HUANG Haiping. Multi-path routing algorithm for video stream in Wireless Multimedia Sensor Networks[J]. Journal of Software, 2012,23(1):108-121.)
- [2] 熊哲源,樊晓平,刘少强. 一种适用于多媒体传感器网络的图像拼接算法[J]. 计算机应用研究, 2012,29(5):1970-1974. (XIONG Zheyuan, FAN Xiaoping, LIU Shaoqiang. Image mosaicking algorithm for Wireless Multimedia Sensor Networks[J]. Application Research of Computers, 2012,29(5):1970-1974.)
- [3] 陆克中,江钊,毛睿. 基于蜂窝结构的传感器网络覆盖问题求解算法[J]. 计算机研究与发展, 2012,49(8):1632-1640. (LU Kezhong, JIANG Zhao, MAO Rui. An algorithm for the cover problem based on cellular structure in Wireless Sensor Networks[J]. Journal of Computer Research and Development, 2012,49(8):1632-1640.)
- [4] 毕俊蕾,李致远. 使用蚁群优化的WMSN负载均衡路由方案[J]. 计算机工程与应用, 2011,47(18):80-84. (BI Junlei, LI Zhiyuan. Load balancing routing scheme for Wireless Multimedia Sensor Networks using ant colony optimization[J]. Computer Engineering and Applications, 2011,47(18):80-84.)

- [5] 蒋畅江,石为人,向敏. 能耗均衡的无线传感器网络两级路由协议[J]. 计算机应用研究, 2010,27(3):1142-1145. (JIANG Changjiang,SHI Weiren,XIANG Min. Energy balance clustering routing protocol of two-layer hierarchy for Wireless Sensor Networks[J]. Application Research of Computers, 2010,27(3):1142-1145.)
- [6] 邓达,周激流,林锋. 基于蚁群算法的无线多媒体传感器网络路由研究[J]. 北京理工大学学报, 2011,31(4):456-461. (DENG Da,ZHOU Jiliu,LIN Feng. Research into WMSN routing algorithm based on ant colony optimization[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2011,31(4):456-461.)
- [7] 蒋一波,王万良,陈伟杰. 视频传感器网络中无盲区监视优化[J]. 软件学报, 2012,23(2):310-322. (JIANG Yibo,WANG Wanliang,CHEN Weijie. Coverage optimization of occlusion-free surveillance for Video Sensor Networks[J]. Journal of Software, 2012,23(2):310-322.)
- [8] 周灵,王建新. 无线多媒体传感器网络路由协议研究[J]. 电子学报, 2011,39(1):149-157. (ZHOU Ling,WANG Jianxin. Research on routing protocol in Wireless Multimedia Sensor Networks[J]. Acta Electronica Sinica, 2011,39(1):149-157.)
- [9] 柯宗武,陈年生. 无线多媒体传感器网络蚁群路由算法研究[J]. 计算机研究与发展, 2010,47(2):156-161. (KE Zhongwu, CHEN Niansheng. An ant colony routing algorithm for Wireless Multimedia Sensor Networks[J]. Journal of Computer Research and Development, 2010,47(2):156-161.)
- [10] 衷柳生,程良伦. 基于区分服务的无线多媒体传感器网络QoS路由协议[J]. 计算机应用研究, 2010,27(11):4218-4222. (ZHONG Liusheng,CHENG Lianglun. QoS routing protocol for WMSNs based on differentiated services[J]. Application Research of Computers, 2010,27(11):4218-4222.)
- [11] OZTARAK H,AKKAYA K,YAZICI A. Lightweight object localization with a single camera in wireless multimedia sensor networks[C]// IEEE Global Telecommunications Conference. Honolulu,HI,USA:[s.n.], 2009:1-6.
- [12] ALMALKAWI I T,ZAPATA M G,AIKARAKI J N,et al. Wireless multimedia sensor networks:current trends and future directions[J]. Sensors, 2010,10(7):6662-6717.
- [13] KANDRIS D,TSAGKAROPOULOS M,POLITIS I,et al. Energy efficient and perceived QoS aware video routing over wireless multimedia sensor networks[J]. Ad Hoc Networks, 2011,9(4):591-607.
- [14] DAI R,WANG P,AKYIDIZ I F. Correlation-aware QoS routing for wireless video sensor networks[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2010,14(5):1-5.
- [15] COBO L,QUINTERO A,PIERRE S. Ant-based routing for wireless multimedia sensor networks using multiple QoS metrics[J]. Computer Networks, 2010,54(17):2991-3010.

作者简介:



屈正庚(1982-),男,陕西省西乡县人,硕士,副教授,主要研究方向为协同设计与网络控制.email: quzhengeng@163.com.