

无线传感网中基于 LEACH 的节能方案

单剑锋¹, 陈宇¹, 宋晓涛²

(1. 南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003;

2. 太原理工大学 计算机科学与技术学院, 山西 太原 030024)

摘要: 节能技术是目前无线传感网研究的热点问题。文中基于 LEACH 提出了一个新的无线传感网的节能方案 MIMO-LEACH。在方案中, 簇与簇之间, 簇与源节点之间传递信息是通过 MIMO 协作通信来完成的。与传统现有的方案相比, 文中设计提出的方案的区别在于: 在无线传感网选择簇头节点和协作节点的过程中, 每个节点的位置和剩余能量都会被考虑进来。综合信道情况和目标分组差错率等多种因素, 将最终确定参与协作通信的节点个数。将 MIMO-LEACH 与传统方案比较后发现, 新方案在节能方面有所提高。

关键词: 无线传感网; MIMO; LEACH 协议

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)06-0215-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.06.053

Energy Efficient Scheme Based on LEACH in WSN

SHAN Jian-feng¹, CHEN Yu¹, SONG Xiao-tao²

(1. College of Electronic Science and Engineering, Nanjing University of Posts and

Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. School of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Energy efficient technology is the hot problem in the wireless sensor network. Based on LEACH put forward a new wireless sensor network energy efficient scheme which called MIMO-LEACH. In the scheme, between the clusters, source node and cluster, information is completed by MIMO cooperative communication. Compared with the traditional existing solutions, the difference between this scheme and the traditional scheme is: When selecting head node and collaboration node the residual energy will be considered. Combined channel situation and PER, will ultimately determine the node number which participate in collaborative communication. Found that the new scheme has improved energy efficiency.

Key words: wireless sensor network; MIMO; LEACH

0 引言

无线传感网络中所有的节点的能量来源均是电池, 很多情况下更换电池是很困难的^[1]。MIMO (Multi-Input-Multi-Output) 即多输入多输出方案基于天线可接收不同衰落信道的信息, 可大大减少传递信息过程中的能量消耗。但是, 由于节点体积小无法安装多个天线, 文献[2]提出如果传输距离足够大, 协作通信可以大大地减少总的能量消耗, 文献[3]中最早提出了一种方案, 可以将每个节点分别看作一根天线, 通过不同的组网方式虚拟地构造出一个 MIMO 网络, 从而达到把 MIMO 技术运用到无线传感网中的目的。

文献[4]最早进行了节能协作通信方案的研究。

文献[5]在无线传感网的能量消耗研究中使用了空时分组码, 通过一系列的研究提出协作通信比传统的直接通信要更加节能。

LEACH 是无线传感网中一种典型的路由方案。文献[6]研究表明 LEACH 不考虑头节点的剩余能量, 传输能耗过大。文献[7]研究表明现有 LEACH 协议不适合长距离传输。文献[8]讨论了改变簇头分布对于能量消耗的影响。文献[9]提出了现有 LEACH 协议若进行多跳传输会消耗更多的能量。在文献[10]中, 作者在对无线传感网的研究中将 LEACH 方案和 MIMO 方案相结合, 在进行了簇的形成和头节点的产生的研究之后, 结果证明 LEACH 可以很好地支持协

收稿日期: 2013-07-03

修回日期: 2013-10-18

网络出版时间: 2014-02-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61071089)

作者简介: 单剑锋(1967-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为智能信息处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140211.1448.007.html>

作通信。文献[11]讨论了多跳传输中加入 MIMO 的可能性。文献[12]讨论了一种基于 MIMO 的节能新方案。

文中通过综合考虑传递信息过程中的能量消耗和电路本身的能量消耗提出了一种新的方案, MIMO-LEACH, 这种基于 LEACH 的新方案可以优化簇间和簇内的能量消耗, 从而减少了整个无线传感网的能量消耗。

1 方案模型

该方案中假设了一个由许多个节点组成的无线传感网络, 如图 1 所示, 整个无线传感网覆盖的区域被分成若干个小簇, 所有节点均只包含有一个天线。同时, 每个簇内的节点均可以进行单跳传输和接收。假设簇内节点间的距离远小于簇与簇, 簇与源节点间的距离。

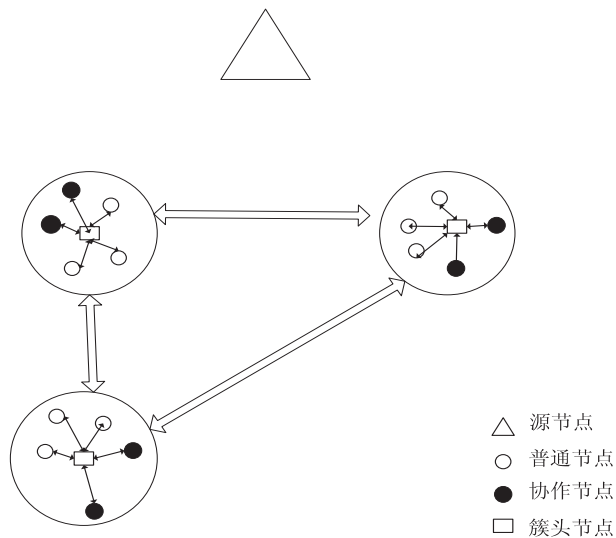


图 1 方案模型

该方案中, 源节点启动整个网络进行传输, 在网络激活之后将一个完整的传输过程称为一个循环。一个完整的循环包括三个步骤: 头节点的产生, 协作节点的选择和数据传输。

1) 头节点的产生。

在无线传感网中, 头节点在第一次循环的时候是由源节点指定的。在接下来的循环中, 上一次循环中的头节点选择下一次循环中的头节点。这样就可以避免长时间使用同一个头节点进行簇对源节点的信息传输, 从而平衡各节点间的能量消耗。在提出的新方案中, 候选头节点需要满足两个条件:

(1) 它的剩余能量必须高于一个临界值。

(2) 它的位置要尽可能地靠近簇的中心。

这样一个头节点的选择就可以被公式(1)确定:

$$\min d_x, \text{node } x \in \text{cluster}, E_s(x) > E_{pj} \quad (1)$$

式中, $E_s(x)$ 表示剩余能量; d_x 表示 x 节点距离簇

中心的距离; E_{pj} 表示临界能量值。 E_{pj} 的值可以使用所有节点剩余能量的平均值。

2) 协作节点的选择。

为了在该方案中引进 MIMO, 在每个循环传输开始之前每个簇都会选出 L 个协作节点。在分簇过程中, 每个簇头节点会得到本簇中所有节点的剩余能量值和节点位置, 在满足下列公式条件的节点中随机选择出协作节点:

$$\max \frac{E_s(x)}{d_x^2}, \text{node } x \in \text{cluster} \quad (2)$$

$$d_{\min} \leq d_x \leq d_{\max}$$

$$E_s(x) > E_{pj}$$

式中, d_x 是簇头节点到 x 节点的距离; d_{\min} 和 d_{\max} 分别表示最小和最大距离, 通常最小距离是 0, 最远距离是不超过簇覆盖的范围; $E_s(x)$ 表示剩余能量; E_{pj} 是一个设置的阈值, 这个值通常是所有节点剩余能量的平均数。

3) 数据传输。

通过以上步骤之后, 簇头节点产生一个 TMMA 的时隙表同时广播出去, 所有的节点在规定它传输的时隙段上进行传输。为了节省能量, 所有节点无传输任务时均进入休眠状态。融合数据后, 簇头节点将处理好的数据包传输给协作节点进行 MIMO 传输。

2 协作节点个数

文中选择协作节点的个数需要综合考虑两个方面的因素:

1) 节点个数对于网络传输可靠性的影响。

文献[2-6]研究了 PER 与协作节点个数之间的关系, 结果表明: 协作节点个数越多, 网络可靠性越高。

2) 节点个数对于网络能量消耗的影响。

节点个数与网络能量消耗的关系公式为:

$$\bar{E}_{\text{symbol}} = E_{tl} + E_{cl} + (M + 1)(E_{t2} + E_{cl}) + (N + 1)E_{cr} \quad (3)$$

由此可以确定节点个数与网络能量消耗之间的关系, 通过以上的步骤选出最优的传输节点个数 N 。

3 仿真

仿真假设: 簇的半径是 20 m, 簇间距离是 200 m, 最近簇距离源节点距离是 400 m。在第(1)阶段中, $N_0 = 10^{-10}$ W/Hz, 传输信息的速率是 10 kb/s, 一般等于 10 packet/s。电路本身的能量消耗模型使用文献[2]中提到的模型。

图 2 中反应的是节点个数不同的情况下随着簇内距离的增大能量消耗的变化。由图 2 得在 $N = 10$ 的时

候能量消耗是最大的,在 $N = 3$ 的时候能量消耗达到最优。随着节点的增加总的能量消耗是增加的。

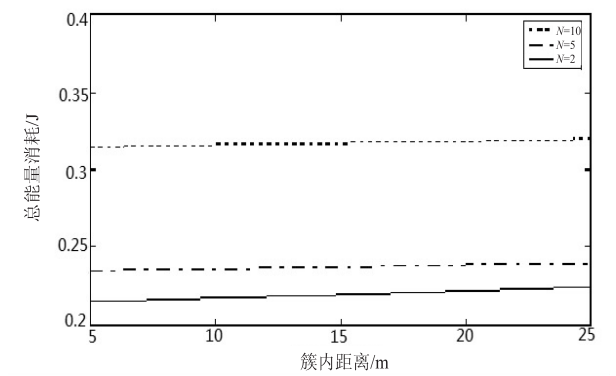


图2 节点数不同时簇内距离与总能量消耗关系

图3中反应的是节点个数不同的情况下随着簇间距离的增大能量消耗的变化。如图在簇间距离是250 m之前 $N = 3$ 的时候能量消耗是最小的, $N = 10$ 的时候能量消耗是最大的。在250 m之后 $N = 5$ 的时候能量消耗是最小的, $N = 10$ 的时候能量消耗是最大的。

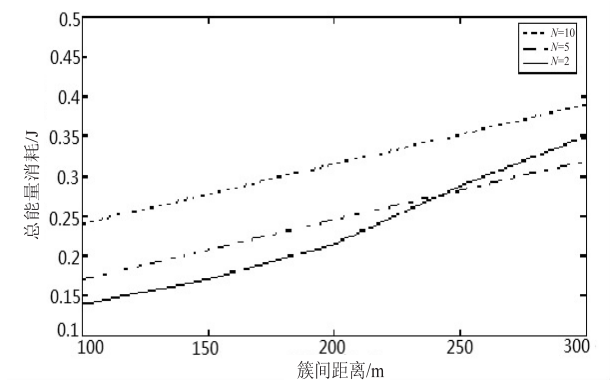


图3 节点数不同时簇间距离与总能量消耗关系

图4中表现的是节点个数与总体能量消耗在 $PER = 0.01$ 的情况下两者之间的关系。在实际情况中,总体的能量消耗总是会随着节点个数的增加而增加,从图中反应的曲线分析可以得到在目标 $PER = 0.01$ 时节点个数选择 $N = 3$ 时总体的能量消耗是最小的。

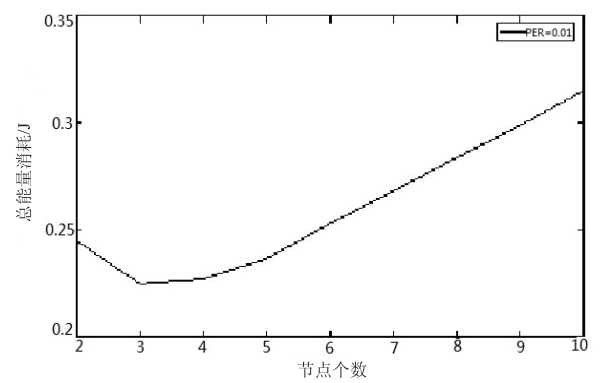


图4 不同节点数在 $PER = 0.01$ 时与总能量消耗关系

实际应用中 $PER = 0.01$ 就能达到满意的用户体验。这种情况下最佳节点的个数可以确定是 $N = 3$,即

协作节点个数为 $L = 2$;发送能量仿真中设置为 50 nJ/bit;接收能量仿真中设置为 50 nJ/bit;参与的总节点个数为 100 个;频率为 2.5 GHz。代入设定好的 LEACH 程序。

最终结果如表1所示,每个节点的能量大体都是相同的,FND代表第一个节点能量耗完时网络所经历的循环次数,HND表示一半节点能量耗完时网络所经历的循环次数,LND表示最后一个节点能量耗完时网络所经历的循环次数,通过表1可以看出文中提出的方案 MIMO-LEACH 在延长网络使用寿命上比之前的研究方案有了较大的提高。

表1 不同方案之间的比较

	FND	HND	LND
LEACH	495	785	994
EE-LEACH	825	998	1 225
LEACH-MIMO	723	979	1 123
MIMO-LEACH	958	1125	1 425

4 结束语

将 MIMO 运用到 LEACH 中是一个全新的领域,在国内外学者的研究中虽然提出了运用多个节点综合传输的概念,但是并没有提出究竟是选择几个协作节点,文中介绍了一种新的方案可以较好地解决这一问题。同时,文中还将节点的位置和每个节点的剩余能量都综合考虑了进来,这样不仅能够保证最大化地利用每个节点的能量而且可以平衡不同节点间的能量消耗,大大延长了无线传感网络的使用寿命。

参考文献:

[1] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. A survey on sensor networks [J]. IEEE Communication Magazine, 2002, 40(8):102-114.

[2] Cui S, Goldsmith A J, Bahai A. Energy-efficiency of MIMO and cooperative MIMO in sensor networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 2004, 22(6):1089-1098.

[3] Laneman J N, Tse D N C, Wornell G W. Cooperative diversity in wireless networks; Efficient protocols and outage behavior[J]. IEEE Trans on Information Theory, 2004, 50(12):3062-3080.

[4] Cui S, Goldsmith A. Cross-layer design of energy-constrained networks using cooperative MIMO techniques[J]. Signal Processing, 2006, 86(8):1804-1814.

[5] Dohler M, Li Y, Vucetic B, et al. Performance analysis of distributed space-time block-encoded sensor networks[J]. IEEE Trans on Vehicular Technology, 2006, 55(6):1776-

为在这种情况下阴影衰落和多径衰落均较小,与事实相符;郊区环境 BER 性能比城市环境差,一般而言城市区域多径衰落较明显,使得比郊区环境下 BER 性能差,在 LMS 信道下却相反,说明郊区环境的阴影衰落对 BER 性能影响较城市区域的多径衰落更大。

4 结束语

文中提出的四状态 LMS 信道宽带模型,便于仿真实现,以此仿真研究了 OFDM 在该信道下的 BER 性能表现。通过将 OFDM 在 AWGN 和 Rayleigh 多径信道下的仿真结果与理论值比较,得出 OFDM 系统仿真方法,特别是信道均衡的仿真方法的正确性。OFDM 在 LMS 信道下的仿真结果表明,与窄带状态相比,宽带状态下的 BER 性能较差,可由宽带状态下多径衰落较明显解释;不同环境下的 BER 性能差距亦较大。

综上所述可将该模型应用于卫星宽带通信的研究分析。但仿真中使用的参数来自经典文献数据,而该类数据均以国外的测量结果为依据,如果需要研究覆盖我国的卫星通信系统,首先应获取适合我国典型环境的卫星信道模型参数,即必须针对我国的环境做具体测量。

参考文献:

- [1] 张展,张晓林,胡建平,等.星地链路高速数传系统的研究[J].载人航天,2012,18(3):72-78.
- [2] 马 上,胡剑浩,王 剑.基于三状态 Markov 链的卫星信道模拟器设计与实现[J].系统仿真学报,2007,19(17):3961-3965.
- [3] 刘 晨.数字移动多媒体标准 DVB_SH 浅析[J].信息技术

术,2010(12):122-124.

- [4] 连 飞,门爱东.移动电视标准 DVB-SH 与 3G 的融合构想[J].软件,2011,32(10):84-85.
- [5] Tranter W H,Shanmugan K S,Rappaport T S,et al. Principles of communication systems simulation with wireless applications [M]. New Jersey:Prentice Hall,2004.
- [6] Proakis J G. Digital communications [M]. 5th ed. New York: McGraw-Hill,2008.
- [7] Jeruchim M C,Balaban P,Shanmugan K S. Simulation of communication systems [M]. 2nd ed. New York:Kluwer,2002.
- [8] Cho Y,Kang C,Kim J,et al. MIMO-OFDM wireless communications with MATLAB [M]. Singapore:Wiley-IEEE Press,2010.
- [9] RTS/JTC-DVB-307,DVB-SH implementation guidelines [S/OL]. 2011. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102500_102599/102584/01.03.01_60/ts_102584v010301p.pdf.
- [10] 高电波,戴逸松.卫星移动通信信道模型研究及仿真分析[J].电波科学学报,2001,16(4):508-512.
- [11] 严 艳,张其善,常 青,等. Lutz 卫星信道模型的分析及实现[J].遥测遥控,2007,28(6):11-15.
- [12] 杨明川.卫星移动信道衰落特性模拟研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- [13] Fontan F P,Vazquez-Castro M,Cabado C E,et al. Statistical modeling of the LMS channel[J]. IEEE Transactions on VT,2001,50(6):1549-1567.
- [14] 佟学俭,罗 涛. OFDM 移动通信技术原理与应用 [M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [15] 夏 昊,沈元隆.移动无线信道仿真分析[J].计算机技术与发展,2011,21(8):217-219.
- [16] Molisch A F. Wireless communications [M]. 2nd ed. New York:Wiley,2011.

(上接第 217 页)

- 1789.
- [6] Heinzelman W B,Chandrakasan A P,Balakrishnan H. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications,2002,1(4):660-670.
- [7] Gou H,Yoo Y. An energy balancing LEACH algorithm for wireless sensor networks[C]//Proc of international conference on information technology. [s. l.]:IEEE Press,2010:822-827.
- [8] Li X,Li N,Chen L,et al. An improved LEACH for clustering protocols in wireless sensor networks[C]//Proc of international conference on measuring technology and mechatronics automation. [s. l.]:IEEE Press,2010:496-499.
- [9] Omer F M,Basit D A,Asadullah S G. Multi-hop routing with

low energy adaptive clustering hierarchy [C]//Proc of international conference on sensor technologies and applications. [s. l.]:IEEE Press,2010:262-268.

- [10] Li X,Chen M,Liu W. Application of STBC-encoded cooperative transmissions in wireless sensor networks[J]. IEEE Signal Processing Letters,2005,12(2):134-137.
- [11] Liu Q,Zhou S,Giannakis G B. Cross-layer combining of adaptive modulation and coding with truncated ARQ over wireless links[J]. IEEE Trans on Wireless Communication,2004,3(5):1746-1755.
- [12] Heinzelman W R,Chandrakasan A,Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks[C]//Proc of Hawaii international conference on system sciences. [s. l.]:IEEE Press,2000:1-10.

无线传感网中基于LEACH的节能方案

作者:

单剑锋, 陈宇, 宋晓涛, SHAN Jian-feng, CHEN Yu, SONG Xiao-tao

作者单位:

单剑锋, 陈宇, SHAN Jian-feng, CHEN Yu(南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京, 210003), 宋晓涛, SONG Xiao-tao(太原理工大学 计算机科学与技术学院, 山西 太原, 030024)

刊名:

计算机技术与发展 

英文刊名:

Computer Technology and Development

年, 卷(期):

2014(6)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201406053.aspx