

# The Research of Lifetime Optimization in Wireless Sensor Networks

Yiwen Sun<sup>1</sup>, Zhansheng Chen<sup>1,2\*</sup>, Zijun Chen<sup>1</sup>, Jun Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Applied and Technology, Beijing Union University, Beijing

<sup>2</sup>School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing

Email: \*[ldtchenzs@buu.edu.cn](mailto:ldtchenzs@buu.edu.cn)

Received: Nov. 7<sup>th</sup>, 2014; revised: Dec. 10<sup>th</sup>, 2014; accepted: Dec. 17<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

The paper introduces and analyzes some recent researches of routing protocols for wireless sensor networks, states the characters of WSNs and the classification of routing protocols, mainly introduces the hierarchical routing protocol based on cluster and wireless sensor network data collection method based on compression perception and finally outlooks WSN data aggregation development trends.

## Keywords

Wireless Sensor Networks, Routing Protocol, Data Aggregation, Compressed Sensing

---

# 无线传感器网络生命期优化的研究

孙一文<sup>1</sup>, 陈战胜<sup>1,2\*</sup>, 陈子君<sup>1</sup>, 王 俊<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北京联合大学应用科技学院, 北京

<sup>2</sup>北京交通大学计算机与信息技术学院, 北京

Email: \*[ldtchenzs@buu.edu.cn](mailto:ldtchenzs@buu.edu.cn)

收稿日期: 2014年11月7日; 修回日期: 2014年12月10日; 录用日期: 2014年12月17日

---

\*通讯作者。

## 摘要

本文对近年来无线传感器网络数据收集的研究成果进行归纳、分析,介绍了无线传感器网络的特点,路由协议的分类,重点介绍了基于簇的层次式路由协议和基于压缩感知的无线传感器网络数据收集方法,最后展望了未来无线传感器网络数据收集研究方法的发展趋势。

## 关键词

无线传感器网络, 路由协议, 数据收集, 压缩感知

## 1. 引言

无线传感器网络(Wireless sensor network, 简称 WSN)是一种由众多具备一定运算、存储和无线通信能力的体积小、资源受限的传感器节点构成的网络,其最初设想由美国军方于 1978 年提出。它能够通过众多的传感器节点相互协作自组织成网络,实时监测感知、采集部署区域内各种监测对象的信息,并对信息进行处理、融合,以无线通信方式直接或间接地发送给需要这些信息的观察者[1]。无线传感器网络在医疗卫生、环境监测、军事、空间探索及商业等领域得到了广泛应用。作为物联网技术的神经末梢,被我国列入了长期科技发展规划中,也被认为是 21 世纪最重要的技术之一。

与其它信息网络明显不同的是, WSN 呈现出规模大、资源有限、自组织成网、动态性强且与具体应用密切相关的特点。本文就 WSN 数据收集的研究,归纳整理了 WSN 路由协议的研究现状和基于数据压缩感知的数据收集的研究,重点介绍了基于簇的层次路由协议,指出了未来 WSN 生命期优化的研究发展趋势。

## 2. 无线传感器网络结构及特点

无线传感器网络主要由 Sink 节点和众多传感器节点组成,传感器节点将感知采集的信息借由设计的路由协议转发汇集到 Sink 节点,如图 1 所示。

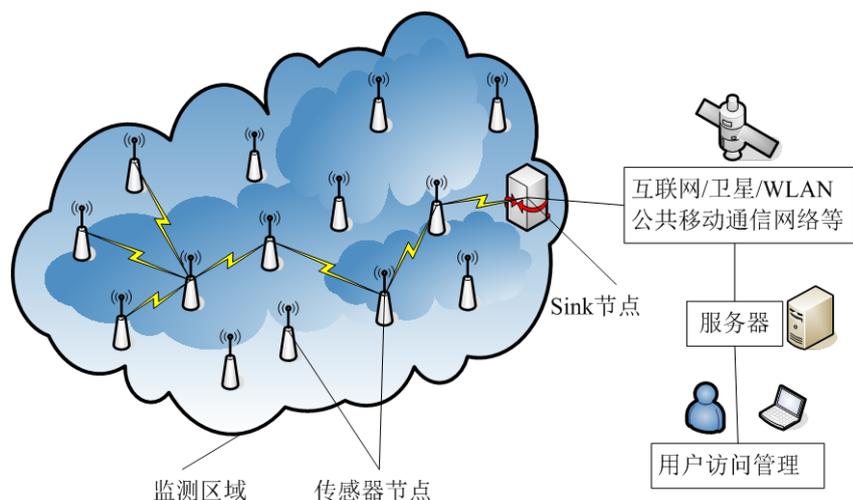


Figure 1. The structure of wireless sensor network  
图 1. 无线传感器网络结构

无线传感器网络路由协议与传统的蜂窝网络、Ad Hoc 网络有很大区别,这是由 WSN 的特点决定的:

- 1) 传感器节点资源受限,表现在能量、存储和运算等方面;
- 2) Sink 节点位置固定且远离监测区域,具有强大的资源,包括可持续供电。
- 3) 传感器节点需将感知采集的数据经过融合,借由路由通过无线通信方式转发给 Sink 节点。
- 4) 节点部署后,位置基本不会发生变化,网络拓扑结构一般不会改变,但也可以存在少量移动节点。
- 5) 可以存在异构节点,普通节点能量一定且有限。
- 6) 传感器节点部署紧密,采集信息与相邻节点具有高相关性,高度数据冗余,常采用数据融合降低通信量。

因此,在设计无线传感器网络路由协议时,通常会考虑 WSN 的诸多特性,在有效降低节点能耗的同时大大提高网络的生命期。

### 3. WSN 路由协议研究现状

为了有效延长 WSN 生命时间,目前国内大部分学者主要集中在无线传感器网络路由协议设计方面,在保证数据采集并可靠传输的基础上,通过设计能量高效的路由协议,旨在降低节点能耗并提升节点间能耗均衡性,达到有效延长 WSN 网络生命期的目标。根据目前 WSN 路由协议的实现特点,本文简要介绍 WSN 路由协议的分类,重点介绍基于簇的 WSN 层次路由协议。

由于 WSN 路由协议与具体应用高度相关,单一路由协议无法满足多种多样的应用需求。文中介绍从网络结构、路由建立时机等不同角度划分的路由协议分类,具体如图 2 所示。

#### 3.1. 平面路由协议与层次路由协议

按照网络结构划分,可以分为平面路由协议和层次路由协议。在平面路由协议中,所有节点地位平等,能力相同,协议鲁棒性好,但是数据转发跳数多,可扩展性相对较差,适合于小规模网络。平面协议的主要代表有 SPIN [2], DD [3]等。层次路由协议的主要思想是将 WSN 网络划分成不同的簇,簇内节点仅仅与簇首节点通信,待簇首节点将簇内数据收集、融合后,或直接发送给 Sink 节点,或簇首间协作采用多跳方式间接发送到 Sink 节点。层次型路由协议的优点在于可扩展性好,适合规模相对较大的网络。缺点在于簇的维护带来不小的系统开销,并且簇首的分布均衡性对网络性能影响很大。典型代表协议有 LEACH [4], TEEN [5]和 PEGASIS [6]。

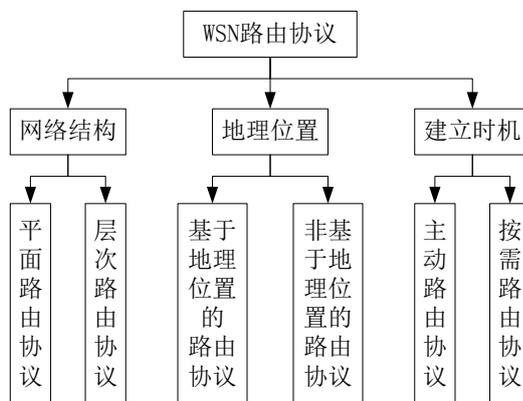


Figure 2. The classification of wireless sensor network routing protocol

图 2. 无线传感器网络路由协议分类

其中, LEACH 协议是最早提出的层次路由协议, 其主体思想是以“轮”为单位进行簇的成立与簇的稳定运行两个阶段。每轮开始按照指定概率随机产生多个簇首, 选举出的簇首在监测区域内广播成簇信息, 所有节点采用临近原则选择加入某个簇, 在簇成立后, 成员节点将采集信息发送给各自簇首, 簇首进行数据融合后转发给 Sink 节点, 既有效降低了数据通信量又缩短了单跳的传输距离, 大大延长了 WSN 网络生命期。其不足之处在于随机产生簇首可能导致簇首分布不均衡, 使得远离 Sink 节点的簇首过早死亡, 并且依靠随机概率进行簇首选举而不考虑节点剩余能量, 造成剩余能量小的节点当选簇首, 但转发数据时由于能量因素无法转发, 从而造成整个簇的数据丢失。

TEEN [5]协议由 Manjeshwar 等人提出, 其主旨思想是通过引入用户自定义的绝对阈值和相对阈值作为成簇算法的核心, 决定节点感知的数据是否发送, 适用于监视突发事件和事件敏感地区, 但不适用于周期性上报数据的应用领域。

PEGASIS [6]协议利用贪婪算法将所有传感器节点连接成一条链, 选取链上的一个传感器节点作为簇首, 待簇首两侧的数据都发送至其后, 进行数据融合后将其传输给 Sink 节点。其优点是数据转发距离做到了极致。但其致命缺点是一旦簇首失效, 将会导致全网瘫痪。此外, 最远端节点数据需要经过多个中间节点会引发较大时延, 不适合实时性较高的环境。

### 3.2. 基于地理位置信息的路由协议

对于抢险救灾, 森林火灾监控, 跟踪特点目标等具体应用, 需要知道传感器节点的具体位置。基于地理位置信息的路由协议就是针对这种具体应用而产生的, 在设计路由协议时充分利用传感器节点的位置信息进行计算, 代表有无信标地理路由协议[7]等。

### 3.3. 基于路由建立时机的路由协议

根据路由建立时机, 可以分为主动路由协议和按需路由协议。主动路由协议是在发送数据之前就已经获悉到达目的节点的路径, 如 PEGASIS [8]协议就属于该类型。该类路由协议在网络初期就建立路由, 需要定时维护路由, 系统开销大; 优点是节点感知数据发送时, 系统响应速度快, 延迟小。按需路由协议则仅仅在需要发送数据时才开始寻找路径, 路由维护系统开销小, 但是数据发送延迟大, 如 AODV-EALB [9]就属于该类协议。

## 4. 层次路由协议的最新研究成果

近年来的 MHC [10]、GROUP 改进协议[11]、多跳 M-ELBC [12]、EEDRCP [13]、UCDP [14]等协议都是在 LEACH [4]协议基础上衍生而来的。

MHC [10]协议以 LEACH 为基础, 提出将无线传感器网络节点分为普通节点, 一级簇头节点、二级簇头节点和 Sink 节点四种类型节点, 根据簇头间平均跳数、簇头能耗等因素选举出第一级簇头节点, 利用通信能耗、节点能耗以及跳数作为启发因子, 寻找一级簇头到二级簇头间的最佳路径, 并基于 NS2 平台对 MHC 路由协议进行仿真, 结果表明能够有效降低节点的平均能耗, 延长网络生命期。

GROUP 改进协议[11]针对栅格状分簇协议中簇头分布不均匀, 数据传输路径非最佳的缺点进行改进, 设计一种基于距离比较趋零法的栅格分簇无线传感器路由协议, 采用能量优先的簇头轮换机制和簇内节点能耗均衡的策略, 并对改进协议进行仿真, 结果表明改进协议在能量开销和路由延迟方面优于 GROUP 协议, 并在大规模节点情况下性能更优。

多跳 M-ELBC [12]算法在簇首选举中引入能量等级概念, 并考虑 Sink 节点位置的影响, 动态调节簇首选举中各因素的权重, 有效保证簇首的合理分布, 仿真表明能够有效推迟首个节点的失效时间, 大大

的延长网络的生命期。其不足在于引入的 AP 算法运行迭代次数多，系统开销较大。

EEDRCP [13]协议在簇首选举中引入剩余能量参数，借鉴平面拓扑、层次拓扑和基于地理位置信息的优点形成混合型拓扑类型，变单轮成簇为双轮成簇，提出了 EEDRCP 时间轴模型，改进了簇首选举算法，提出了单跳和两跳相结合的路由策略，能够有效提交网络能效，不足在于仿真阶段未考虑大规模监测场景时协议的性能。

UCDP [14]协议针对节点负载不均而形成的“热区”现象，提出了基于动态分区负载均衡的分布式成簇路由协议，通过合理化动态分区，使距离基站较近的区面积较小，减少需要承担转发任务节点的区内通信开销，同时综合考虑距离因子和剩余能量因子进行区内的非均匀成簇，簇首协作完成路由，实验表明协议稳定性较好，生命期有效延长。

## 5. WSN 生命期优化的进一步研究

在前面分析的 WSN 路由协议中，几乎所有的协议都重在考虑如何有效提高节点的能耗利用率，而忽视了其他因素的考虑，例如如何有效降低数据的冗余度等因素。近年来，基于压缩感知的 WSNs 生命周期的研究得到相关学者的关注。陈正宇[6]等人针对事件驱动的 WSNs 数据收集查询的应用需求，基于压缩感知数据收集技术与数据收集树相混合，设计出一种长生命周期数据收集方法，仿真实验表明能够显著提高网络能量效率，延长 WSNs 生命周期。吴大鹏[15]等人提出一种适用于大规模无线传感器网络的协作压缩感知策略，利用各个节点的能量消耗状态以及节点之间协作工作的方式选择稀疏基，借用数据字典增大数据表示的稀疏度，能够有效增强数据传输的鲁棒性，达到全局降低能耗，延长网络生命时间，同时极大的改善了数据恢复的准确性。

此外，随着无线传感器网络从同构型向异构型发展的同时，WSN 协议也加大了节点间协作的方向发展，比如可以考虑用多 Agent 系统模型来考虑传感器节点之间的协作问题。多 Agent 系统(Multi-agent System) [16]是一种分布式并发系统，由多个 Agent 组成具有分布性、自治性和自适应性，具有协作推理能力，多个 Agent 之间通过协作可以解决大规模复杂问题。

## 6. 结束语

无线传感器网络数据采集及其生命期优化的最新研究成果表明，大多数研究学者集中于 WSNs 路由协议的设计，研究方法大多数基于 LEACH 协议，重点在于如何更加有效的形成均匀簇并设计高效的簇间路由转发策略上。此外，基于压缩感知的 WSNs 数据收集在近几年得到了快速发展，值得关注。此外，由于 WSNs 路由协议与具体应用密切相关，众多研究学者优先考虑因素不同使得有些协议适用于小型网络，有些则扩展性较强。

本文重点介绍了近年来 WSNs 层次路由协议的研究成果，提出了未来 WSNs 数据收集的研究方向和发展趋势。

## 项目支持

北京联合大学“启明星”大学生科技创新项目(12222994701, 12222994501)，北京联合大学新起点计划项目资助(zk10201303)，北京市职业院校教师素质提高工程资助项目(京教财[2012]21 号)。

## 参考文献 (References)

- [1] 李建中, 高宏 (2008) 无线传感器网络的研究进展. *计算机研究与发展*, 1, 1-15.
- [2] Heinzelman, W.R., Kulik, J. and Balakrishnan, H. (1999) Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks. *The 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, Wash-

ington DC, 15-20 August 1999, 174- 185.

- [3] Intanagonwiwat, C., Govindan, R. and Estrin, D. (2000) Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks. *The 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 56-67.
- [4] Heinzelman, W.R., Chandrakasan, A. and Balakrishnan, H. (2000) Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In: *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE Computer Society, San Francisco, 3005-3014.
- [5] Manjeshwar, A. and Agrawal, D.P. (2000) TEEN: A routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks. *Proceedings of 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium*, San Francisco, 23-27 April 2000, 2009-2015.
- [6] 陈正宇, 杨庚, 陈蕾, 周强 (2014) 基于压缩感知的 WSNs 长生命周期数据收集方法. *电子与信息学报*, **10**, 2343-2349.
- [7] 黄超, 王国利 (2014) 无线传感器网络无信标地理路由研究. *小型微型计算机系统*, **7**, 1509-1514.
- [8] Lindsey, S. and Raghavendra, C.S. (2002) PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems. *Proceedings of the IEEE Aerospace Conference Montana: IEEE Aerospace and Electronic Systems Society*, **3**, 1125-1130. <http://ceng.usc.edu/~raghu/pegasisrev.pdf>
- [9] 邬春学, 刘易 (2012) 基于能量感知的 WSN 按需多径路由协议. *计算机工程*, **9**, 58-61.
- [10] 吴迪, 钟汉, 张金波等 (2014) 一种无线传感器网络多级异构分簇路由协议. *计算机测量与控制*, **7**, 2206-2209.
- [11] 吕军, 孙微涛, 李彤 (2014) 基于栅格分簇的无线传感器网络路由协议. *计算机工程*, **2**, 97-101.
- [12] 李朋飞, 李志华, 尹熙等 (2014) 基于能量等级的分簇拓扑控制算法. *计算机科学*, **3**, 96-99.
- [13] 陈庆章, 赵小敏, 陈晓莹 (2010) 提高无线传感器网络能效的双轮成簇协议设计. *软件学报*, **11**, 2933-2943.
- [14] 孙彦清, 彭舰, 刘唐, 陈晓海 (2014) 基于动态分区的无线传感器网络非均匀成簇路由协议. *通信学报*, **1**, 198-206.
- [15] 吴大鹏, 孙青文, 唐季超, 王汝言 (2012) 能量有效的无线传感器网络协作压缩感知机制. *电子与信息学报*, **11**, 2687-2693.
- [16] Pechoucek, M. and Marik, V. (2008) Industrial deployment of multi-agent technologies: Review and selected case studies. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, **17**, 397-431.