

## 低压电力无线集抄系统数据传输路由算法研究

于飞<sup>1</sup>, 胡继珍<sup>1,2</sup>, 张超<sup>1</sup>, 庄克玉<sup>1</sup>, 张跃<sup>1</sup>

(1. 青岛科技大学自动化与电子工程学院, 山东 青岛 266042;  
2. 河南许继仪表有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 近距离无线网络在无线抄表系统中有很多的应用, 低功率无线抄表系统正逐渐成为低压电力无线集抄系统的解决方案。首先讨论了无线集抄系统的架构, 然后提出了一个可用于无线抄表数据传输的路由算法, 并在网络仿真工具 Omnet++ 环境下实现了对该路由协议的模拟仿真, 结果表明该协议能够满足无线抄表系统数据传输路径选择的需要。

**关键词:** 低压无线抄表; 路由算法; omnet++ 仿真

### Research of data transfer routing for low power customers wireless meter reading system

YU Fei<sup>1</sup>, HU Ji-zhen<sup>1,2</sup>, ZHANG Chao<sup>1</sup>, ZHUANG Ke-yu<sup>1</sup>, ZHANG Yue<sup>1</sup>

(1. College of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China;  
2. XJ Metering Co. Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Near field wireless network has wide applications on wireless meter reading system(WMRS), the low power WMRS is becoming the solution to low voltage WMRS gradually. The paper firstly discusses the structure of the WMR and then proposes an routing protocol which can be used in WMR, and also implements the simulation of the protocol in the environment of network simulation tool Omnet++. The result indicates that this protocol can satisfy the need of routing in WMR's data transmission.

**Key words:** low voltage WMR; routing algorithm; Omnet++ simulation

中图分类号: TP274; TM76 文献标识码: A

文章编号: 1674-3415(2010)01-0066-04

## 0 引言

在电力系统的信息化过程中, 户表数据的自动抄送具有十分重要的意义, 目前我国对低压电力集抄系统的需求很大。从数据传输角度划分, 集抄系统可分为有线、无线两大类, 主要的抄收方案有: RS485 专线集抄系统; 低压电力载波集抄系统; RS485 总线、低压电力载波混合集抄系统; RS485 总线、低功率无线通道混合集抄系统。所谓无线抄表就是指采用无线通信技术和计算机网络等技术自动读取和处理表计数据<sup>[1]</sup>。这两大类抄表系统各有其适用的应用领域, 但就抄表系统的投资、建设、维护等几方面而言, 无线抄表系统显然具有更大优势。综观国内外无线抄表产品, 除 2006 年法国公司在东欧建立的首个大规模抄表系统外, 还没有其他系统可以大规模应用于居民小区, 大部分只是前期试点, 部分产品还没有应用在实际生活中<sup>[2]</sup>。

无线抄表系统不但要完成新的数据采集, 而且还要保证数据的可靠性。所以通信过程的可靠性和有效性是整个抄表系统的重要质量指标, 关系到系

统能否可靠运行。本文分析了无线抄表系统的结构, 提出了一个可用于表计数据传输的路由, 并对该路由进行了仿真。

## 1 低压电力无线抄表系统的整体结构

某公司致力于电能计量自动化系统的开发, 该公司现有的电力载波远程集抄系统有两种方案: (1) 全载波方案, 系统整体由后台软件、集中器和表计几个部分组成。(2) 半载波方案, 系统整体由后台软件、集中器、现场采集终端和表计几个部分组成。集中器上行与后台通信, 通道方式包括: GPRS/CDMA、电话线、GSM 等多种方式。方案 1 中的集中器下行与表计通信, 通道方式主要采用低压电力载波进行数据传输。方案 2 中的集中器下行与采集终端通信, 通道方式采用低压电力载波方式; 采集终端和表计通信通道采用 RS485 方式。图 1 为国家标准 DL/T 698-1999 中规定的低压电力用户集中抄表系统结构<sup>[3]</sup>。

低功率无线抄表系统与电力载波抄表系统具有相似的系统架构: 集中器的上行通道都采用拨号网/

专用网/GPRS/CDMA 等网络实现电表数据的远程传输,采集器的下行通道采用 RS485 总线实现电表数据的读取。它们的区别在于集中器的下行信道和采集器的上行信道的不同,电力载波抄表系统以电力线为信道载体传输数据,而无线抄表系统则以无线信道传输数据。

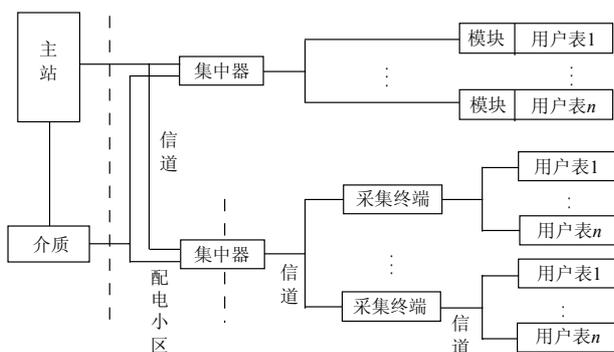


图 1 低压电力用户集中抄表系统结构示意图

Fig.1 Structure of LV customers meter reading system

本文中,拟在集中器、现场采集终端、表计中分别集成无线数据收发模块,将电表数据采集的电力载波方案改成无线通道方案。这样,与两种电力载波集抄系统相应的无线抄表系统则可以被称为全无线抄表系统和半无线抄表系统。通常在一个小区中使用星型网络即可形成一个由中心节点(集中器)和多个终端节点(表计或现场采集终端)组成的无线抄表网络。考虑到小区内有的终端节点离中心节点较远,数据传输可靠性低,因此采用网状网络。多个终端节点组成无线自组网络,将采集到的数据以多跳的方式发送到中心节点中,由中心节点实现数据存储和远程传送。

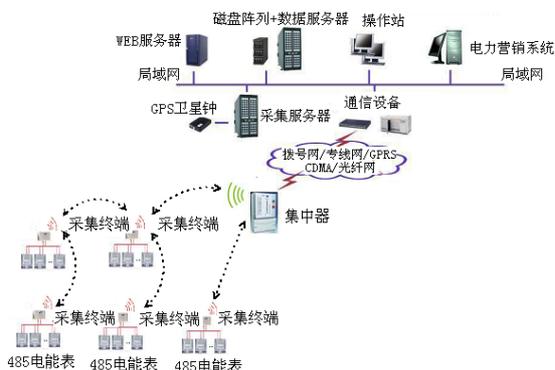


图 2 低压电力无线抄表系统结构

Fig.2 Structure of LV customers wireless meter reading system

## 2 用于低压电力无线集抄数据传输的路由算法设计

### 2.1 路由算法的设计目标

路由算法的设计通常具有以下要求<sup>[4]</sup>:

**优化:** 优化指路由算法选择最佳路径的能力,根据 metric 的值和权值来计算。例如有一种路由算法可能使用跳数和延迟,但可能延迟的权值要大些。

**简单、低耗:** 路由协议必须高效地提供其功能,尽量减少软件和应用的开销。

**健壮、稳定:** 路由算法必须健壮,即在出现不正常或不可预见的情况下必须仍能正常处理。最好的路由算法通常是那些经过了时间考验,证实在各种网络条件下都很稳定的算法。

**快速聚合:** 当某网络事件使路径断掉或不可用时,路由器通过网络分发路由更新信息,促使最佳路径的重新计算,最终使所有路由器达成一致。

**灵活性:** 即它们应该迅速、准确地适应各种网络环境。

与传统无线网络不同的是,对于电力抄表系统来讲,数据采集节点的位置是固定的,因此不具有移动性。节点的电源供电可以通过在用户仪表中的电源模块供电实现,能量因素并不是网络的制约因素。因此如何选择高效的传输路径和提高数据的可靠传输至关重要。

由于无线通信距离和穿墙性因素的制约,集中器并不能与所有的数据采集模块直接通信,如何使集中器智能、高效、准确地抄取所有用户表的信息是本节主要解决的问题。因为路由算法直接决定数据如何中继和路由,而路径的选取直接影响表的工作时间,进而影响功耗。数据源端到集中器端的路径最短、最便捷以及网络结构越简单越好是无线抄表路由协议的设计思想。

近距离无线网络在无线抄表系统中有很多的应用,如蓝牙、Zigbee、Wavenis 和 Wi-Fi<sup>[5]</sup>等,各种网络协议在实际应用中都有自己的优缺点。目前国际上各种协议标准还没有形成具有优势和可靠的解决方案,各种方案都处于完善和推广阶段。本文针对无线抄表传输数据的要求,设计了数据采集路由算法。

### 2.2 算法过程描述

本路由算法包括两个过程:数据源端到集中器端最小跳数路由的建立和数据的传输。每个节点中保存 NeighborLow 和 NeighborHigh 两个数组,NeighborLow 用来记录跳数比本节点跳数小 1 的邻居节点集合,NeighborHigh 用来记录跳数比本节点跳数大 1 的邻居节点集合。在数据包转发之前,先根据邻居节点的跳数信息来选择合适的转发节点。

最小跳数路由的建立过程如下:

第一步：中心节点及各终端节点布置好后，自检进入等待状态。中心节点产生一个数据包 interest，interest 包中定义一个最小跳数段 MHC (Minimum Hops Count) 用来保存节点到中心的最小跳数信息，其中的 MHC=0。

第二步：由中心节点发起建立各个终端节点到中心节点的最小跳数场并保存邻居节点信息。中心节点将 interest 包注入到网络中，interest 包采用洪泛的方式在网络中传播，来建立最小跳数场。当节点 B 收到来自 A 的 interest 包后，将 B 的 MHC 和 interest 包中的 MHC 进行比较，然后进行如下处理：

1) 如果 interest 包中的 MHC+1 小于 B 的 MHC，则清空 B 的 NeighborLow 和 NeighborHigh，将 interest 包中 MHC+1 作为自己的 MHC，并将 A 加入自己的 NeighborLow，然后转 2)；如果 interest 包中的 MHC+1 等于 B 的 MHC。则直接将 A 加入自己的 NeighborLow，转 2)；如果 interest 包中的 MHC-1 等于 B 的 MHC，则将 A 加入自己的 NeighborHigh，然后丢弃该 interest 包；如果 interest 包中的 MHC-1 大于 B 的 MHC，则直接丢弃该 interest 包。

2) B 向其邻居节点广播新消息，消息当前 MHC 为 B 的新 MHC 值。

最小跳数场建立的流程如图 3 所示。

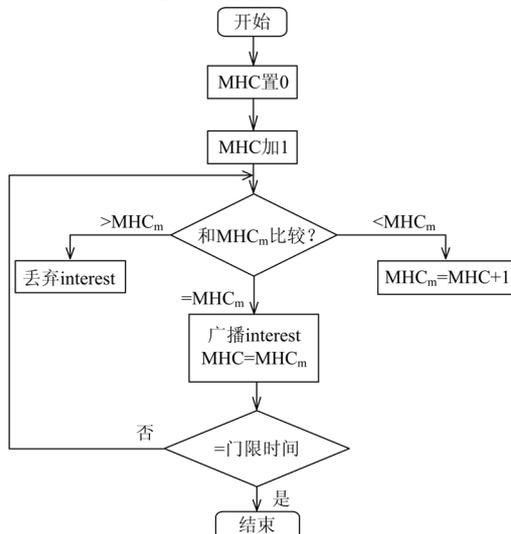


图 3 最小跳数路由建立过程

Fig.3 The process to establish the MHC

图 3 中，MHC<sub>m</sub> 表示任意节点 B 到中心节点的最小跳数信息。

经过以上过程，每个终端节点都获得了到中心节点的最小跳数，并保存了一个跳数等于当前节点跳数-1的NeighborLow 节点集和一个跳数等于当前

跳数+1 的 NeighborHigh 节点集。这样每个节点都建立了到中心节点的多条最小跳路径，为数据包的路由传送做好了准备。当中心节点向要求终端各节点传送数据时，它首先检查缓存中是否存在终端节点到中心节点的有效路由。如果存在，则直接使用，否则启动路由建立过程。

### 3 路由算法的建模及仿真

通过仿真试验建立无线网络的模型，验证该算法在路径选择上的有效性。仿真工具采用 Omnet++ 3.3p1，网络的覆盖面积为 500 m×600 m，网络的节点数目为 9 个，节点的最大传输距离为 200 m，假设节点的分布相对均匀。建立如下模型，系统中 node[0] 为中心节点，其他节点为数据源节点，在仿真中，中心通过多次 interest 消息建立路径，为每个终端节点建立最短路径。

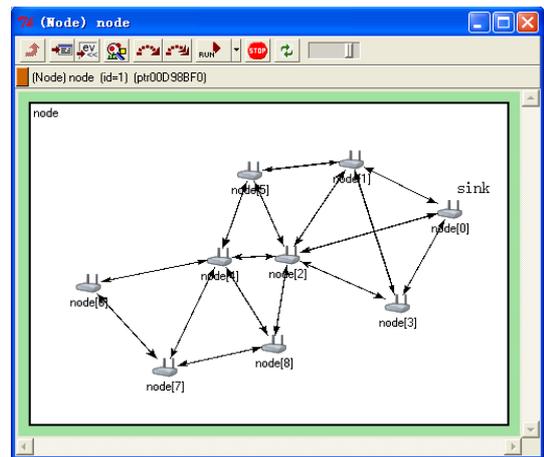


图 4 无线网络中节点的分布

Fig.4 Distribution of nodes in wireless network

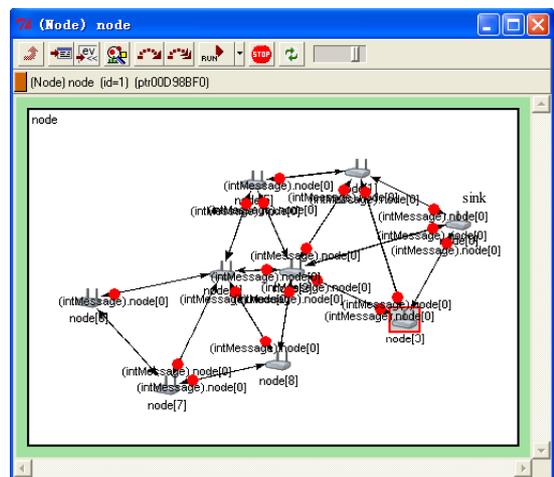


图 5 数据传输路径的建立

Fig.5 Establishment of the data transfer path

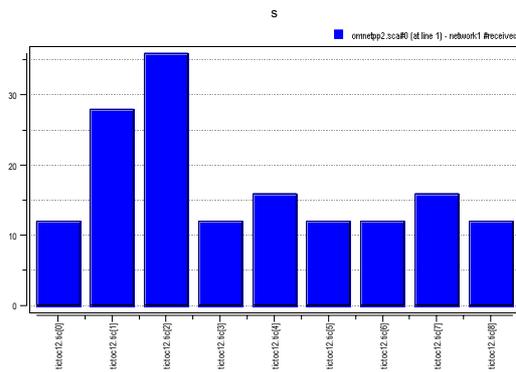


图 6 路径建立过程中各节点收到的数据包数

Fig.6 Packets each node received when establishing the path

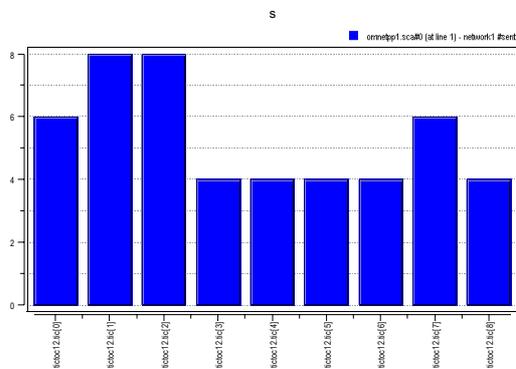


图 7 路径建立过程中各节点发出的数据包数

Fig.7 Packets each node sent when establishing the path

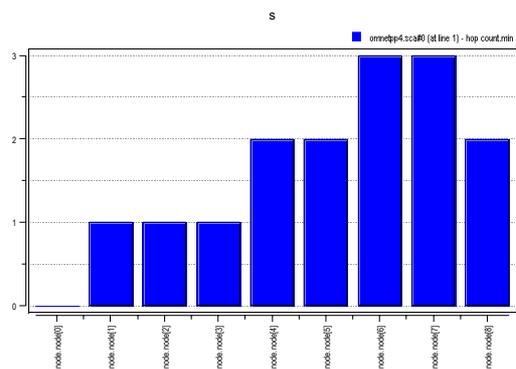


图 8 各节点到达中心节点的最小跳数

Fig.8 MHC between each node and center node

图 4 为无线网络的拓扑结构, 图 5 中, 中心节点向每个终端节点发出 interest 包, 包在网络中以洪泛的方式传送。由图 8 可以看出, 在不考虑节点失效的情况下该算法能够正确地获取各终端到中心节点的最小跳数。各节点获取最小跳数路由, 使得数据可以沿着最优路径快速高效地传送到中心节点中。

## 4 结束语

本文介绍了无线集抄系统的结构, 给出了一个可用于低压电力集抄系统数据无线传输的基于最小跳数的路由算法, 并对该算法进行了仿真。仿真证明该算法可以很好地选择数据传输的最小路径。但对路由算法的维护和数据传输的可靠性还有待进一步的研究。

## 参考文献

- [1] 周志洪. 基于嵌入式网络技术的网络化自动抄表系统的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.  
ZHOU Zhi-hong. Research on Embedded Network based Networked Automatic Meter Reading System[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005.
- [2] 陈立万, 汪宋良. 无线抄表系统低功耗控制电路的设计与实现[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2008, 31(8): 1198-1203.  
CHEN Li-wan, WANG Song-liang. Design and Implementation of the Low Power Control Circuit in the Wireless Gas-reading System[J]. Journal of Hefei University of Technology, 2008, 31(8): 1198-1203.
- [3] DL/T 698-1999, 低压电力用户集中抄表系统技术条件[S].  
DL/T 698-1999, Automatic Meter Reading for LV Customer[S].
- [4] <http://baike.baidu.com/view/2276401> [EB/OL].
- [5] 王毅. 无线局域网 802.11 探讨[J]. 电子产品世界, 2002, (12): 11-12.  
WANG Yi. An Overview of 802.11[J]. Electronic & Computer Design World, 2002, (12): 11-12.
- [6] Intanagonwiwatc, Govindan R, Estrin D, et al. Directed Diffusion of Wireless Sensor Networking [J]. IEEE Trans Networking, 2003, 11(1): 2-15.
- [7] 彭刚, 曹元大, 等. 无线传感器网络基于数据汇聚的路由[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(12): 12-14.  
PENG Gang, CAO Yuan-da, et al. Routing of Data Aggregation for Wireless Sensor Networks[J]. Computer Engineering and Applications, 2005, 41(12): 12-14.
- [8] 赵忠彪, 张元敏, 高荣. 握手式通信协议在远程抄表系统中的应用[J]. 继电器, 2008, 36(8): 76-78, 82.  
ZHAO Zhong-biao, ZHANG Yuan-min, GAO Rong. Study on Handshaking Serial Communication Protocol for Remote Reading Meter System[J]. Relay, 2008, 36(8): 76-78, 82.
- [9] Andras VARGA. OMNET++ Discrete Event Simulation System Version 3.2 User Manual[Z]. 2006.

收稿日期: 2009-02-07; 修回日期: 2009-04-10

作者简介:

于飞 (1960-) 男, 教授, 研究方向为计算机控制, 故障诊断; E-mail: yuffqd@163.com

胡继珍 (1983-) 男, 硕士研究生, 研究方向为低压电力无线集抄技术;

庄克玉 (1975-) 男, 讲师, 研究方向为计算机网络、检测技术。