

基于阶梯算法的双模异构通信的研究与设计

近年来微功率无线通信和电力线窄带载波通信作为电力行业的两种主流的通信技术，得到了广泛的推广与应用。双模异构通信技术的出现，一方面继承了微功率无线通信的高速、组网灵活等优点，另一方面充分利用了载波通信特性兼容老的通信方式，进而使得双模异构通信成为前瞻的技术，得到了广泛关注。提出双模异构采用的阶梯算法作为微功率无线通信和电力线窄带载波通信的核心机制及路由算法，实现了双模异构网络通信的稳定性、通信链路的鲁棒性。

李琮琮¹ 杜 艳¹ 范学忠² 郑 磊¹ 于 超¹/1.国网山东省电力公司电力科学研究院 2.国网济南市历城区供电公司



李琮琮/工程师

近年来微功率无线通信和电力线窄带载波通信作为电力行业两种主流的通信技术，得到了广泛的推广与应用。然而微功率无线通信存在易受空中环境和天气环境的影响存在抗干扰性差和传输不稳定等缺点，由于电力线窄带载波通信的脉冲受到干扰、高噪声和高削弱性，使得其通信的稳定性受到很大影响。为了弥补两种通信方式不足和通信盲区，将微功率无线通信与窄带载波通信技术整合到同一功能单元中就能完美地解决上述问题。因此，开发和研制双模异构通信具有重大意义。

在双模异构通信中，对微功率无线通信与窄带载波通信模式进行选择的路由算法尤其重要。目前，研究者针对通信行业的异构网络提出了四类垂直切换判别算法：①类似蜂窝系统中的水平切换，根据用户接收到各个网络信号的强度为基准进行切换；②采用模糊控制算法，结合用户特性和网络性能作出垂直判决；③根据用户业务类型、用户移动性等用户特性以及网络特性进行垂直

切换；④代价函数法，该类算法根据网络带宽、连接延时、用户接收信号强度及用户费用等性能指标设定目标代价函数，通过优化目标函数确定垂直切换的必要性及最佳切换的目标网络。然而研究者对用电信息采集系统中关于微功率无线通信与电力线窄带载波通信模式切换的算法还未作深入研究，本文提出的阶梯算法能够安全、可靠地实现两种通信模式的共存与切换，以便有效提高电力用户用电信息采集系统的稳定性、可靠性和可扩展性，对实现“全覆盖、全采集、全费控”目标具有重要意义。

双模异构通信

双模异构通信是将电力线窄带载波通信和微功率无线通信两种常用的通信方式结合起来，采用单芯片双模的技术，一方面增加了通信可能成功的途径和提升路由的效率，即由传统的微功率无线通信或电力线窄带载波通信的单一模式改为两种通信模式的结合；另一方面充分发挥了电力线窄带载波通信和微功率无线通信两种信道的优点。两种模式相结合使抄表的覆盖范围最大化，同时保证了在窄带载波孤岛情况下能够采集到电能表数据，从而大幅度提升电力用户用电信息采集系统的通信质量。

1. 工作原理

(1) 用电信息采集系统

电力用户用电信息采集系统是通过配电变压器和终端用户的用电数据的采集和分析，实现用电监控、推行阶梯定价、负荷管理及线损分析，最终达到

关键词/Keywords

双模异构通信 ·
微功率无线通信 ·
电力线窄带载波通信 ·
阶梯算法 ·
智能电网 ·
接收信号强度指示 ·

自动抄表、错峰用电、用电检查、负荷预测和节约用电成本等目的，其系统图如图1所示。

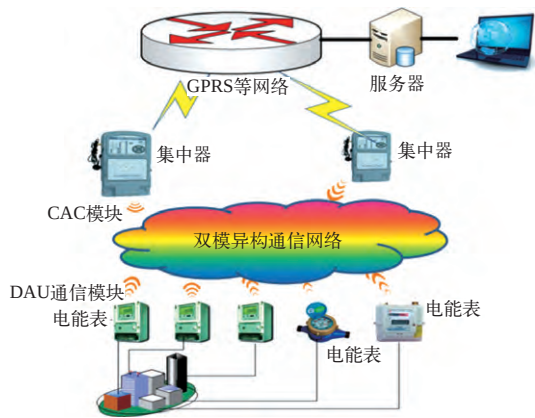


图1 电力用户用电信息采集系统

该系统主要包括：主站系统、通信信道和采集设备三层结构。本文中主要研究通信信道，即集中器到电能表中间的双模异构通信网络。

(2) 双模异构通信原理

双模异构通信技术是微功率无线通信技术和电力线窄带载波通信技术的混合技术，如图2所示，即电力用户用电信息采集系统中本地通信方式采用微功率无线通信和电力线窄带载波通信。双模异构

通信技术对两种技术的优缺点进行了互补，取长补短，实现了最优性能的通信，也实现了台区定位、无档案组网和无线载波混合路由抄表等新特性。几种通信方式的比较如下表所示。



图2 双模异构通信框架

表 几种通信方式的比较

瓶颈或影响	微功率无线	电力线窄带载波	双模异构
线路容限负载	✓	×	×
线路阻抗变化	✓	×	×
随机噪声	✓	×	×
时效依赖性	✓	×	×
建筑物	×	✓	×
屏蔽	×	✓	×
同频干扰	✓	✓	✓

2. 抄表方案

双模异构抄表方案既适用于智能电表，又兼容普通RS 485总线的电能表，如图3所示。

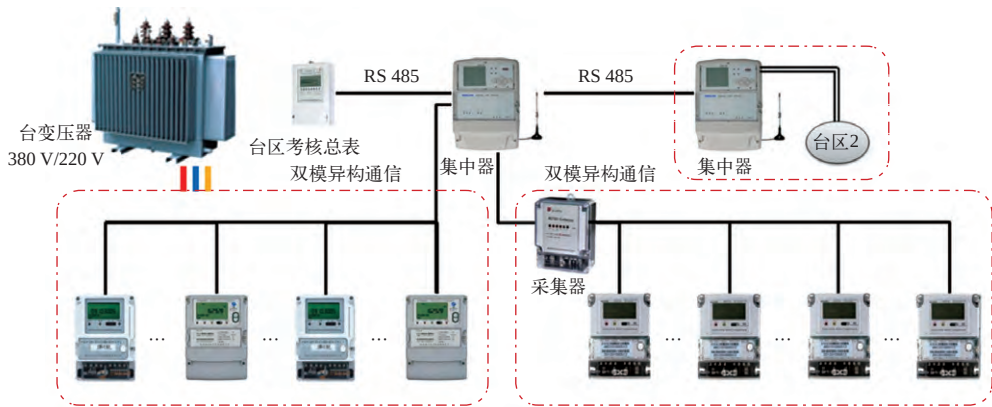


图3 双模异构抄表方案

3. 组网流程

在电力用户用电信息采集系统中新建立一个新网络称为组网，通过组网流程实现本地通信网络的建立，进而实现用电信息数据的采集，如图4所示。

阶梯算法

在双模异构通信网络中，通过收集到的场强

表，按照路由算法确定微功率无线或电力线窄带载波的通信方式，并建立路由信息表。该过程直接影响组网流程和子节点信息的配置，也影响电力用户用电信息采集系统的性能。因此，算法在双模异构通信中非常重要。本文中主要研究阶梯算法。

1. 阶梯算法原理

在双模异构通信中，电能表等采集设备处于

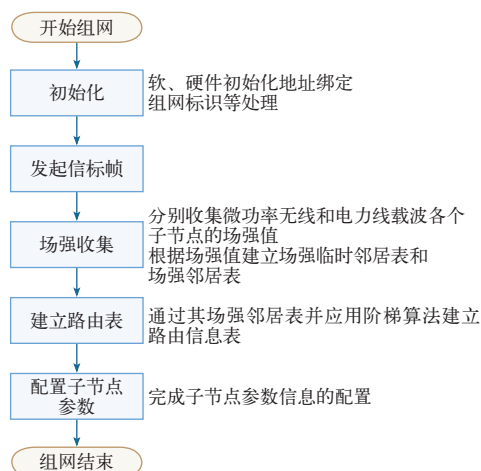


图4 组网流程示意图

微功率无线通信和电力线窄带载波通信双通信模式的选择时，模式的优先级选择就成了用户需要解决的一个重要问题。以电能表等采集设备端为主导的模式选择方案中，RSSI是决定用户所选模式的重要标准，RSSI一般反应的是链路质量，用户会选择RSSI最大的网络模式进行接入。而在电能表等采集设备端为主导的网络模式选择方案中，通信场强强度均衡则成了模式选择的重要指标。

为了便于电能表等采集设备在进行模式选择时能够综合考虑通信模式的状况和现场通信环境，本文将模式的选择转化为多目标决策问题，建立多目标决策模型，其中采集设备为决策者，可选的通信模式为备选方案，根据不同现场状况和用户偏爱选择等得出通信模式的效用值作为判决指标，最终的目标是选择性能最优的模式进行通信。用电信息采集系统中通信模式模型如下

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\} \quad (1)$$

$$S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\} \quad (2)$$

式中， X 为 m 个可用通信模式集合； S 为 n 个判决指标集合，及影响通信模式选择的参数列表。

根据通信模式模型和本文研究的内容， $m=2$ ，即微功率无线通信模式和电力线载波通信模式；同时根据在现场大量的实验数据和经验，影响两种通信模式选择的因素主要为现场通信状况和两种通信模式的优先级问题，采集设备收集临

界点的场强值可以直观地反映两种通信模式对现场状况的适用程度，其次，根据微功率无线通信较电力线载波通信具有传送速率高、性能稳定等优点，因此设定微功率无线通信优先级高于电力线载波通信技术。本文采用的多目标决策示意图如图5所示。

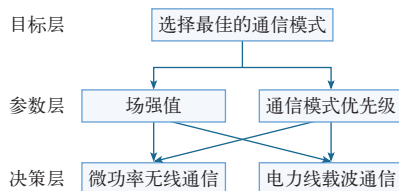


图5 多目标决策示意图

在多目标决策模式中，根据场强值采用阶梯算法实现通信模式的选择。阶梯算法中根据场强值设定三级阶梯值，根据设定的阶梯值实现通信模式的选择。微功率无线的三级场强值分别为5 dbm、2 dbm和0 dbm，电力线载波的二级场强，第一级场强值为8 dbm、第二级场强值为5 dbm和0 dbm。在阶梯算法中设定微功率无线的优先级高于电力线载波，故在三级场强值选择时，优先选择微功率无线通信。阶梯算法的流程图如图6所示，先判断节点的微功率无线场强值是否大于5 dbm，若大于5 dbm则选择微功率无线通信，反之判断节点载波场强值是否大于8 dbm，若大于8 dbm则选择电力线载波通信，若小于8 dbm则进入阶梯算法中第二阶梯进行选择；同样先判断节点的微功率无线场强值是否大于2 dbm，若大于2 dbm则选择微功率无线通信，反之判断节点载波场强值是否大于5 dbm，若大于5 dbm则选择电力线载波通信，若小于5 dbm则判断节点载波场强值是否大于0，若大于0选择电力线载波通信，反之进入阶梯算法中第三阶梯进行选择；在第三阶梯中，微功率无线场强值设为0，即表示在网的节点均可以选择微功率无线进行通信，符合微功率无线通信优先级高的特性。

2. 阶梯算法应用

本文中的阶梯算法应用于电信息采集系统中组网流程中，当组网完成信标广播及场强收集

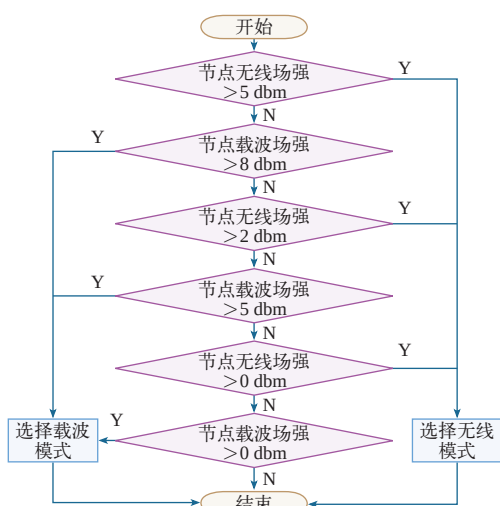


图6 阶梯算法示意图

后，应用阶梯算法实现微功率无线和电力线载波网络的构建，如图7所示。首先根据微功率无线场强值为5 dbm进行判断完成微功率无线第一级短板路由，根据电力线载波场强值为8 dbm进行判断完成载波的第一级短板路由；然后根据微功率无线场强值为2 dbm进行判断完成微功率无线第二级短板路由，根据电力线载波场强值为5 dbm、0 dbm进行判断完成载波的第二级短板路由；最后将微功率无线的场强值设定为0的最低标准，将所有接收到信标帧的节点均采用微功率无线通信。

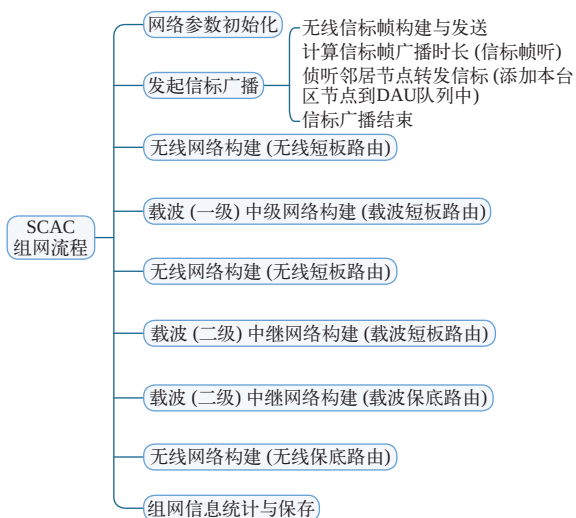


图7 阶梯算法在组网中的应用

3. 阶梯算法优点

阶梯算法以采集设备场强值作为通信模式选择的依据，场强值能够最为直接地反映现场环境通信性能的指标，使得通信模式的选择更加科学；阶梯算法通过设定微功率无线通信高优先级的特性，确保双模异构通信实现了微功率无线通信速率高和性能稳定的特点；阶梯算法中合理地选择各个阶梯的场强值，既能有效地选择通信模式，又考虑到将若场强节点入网的需求，使得组网性能更加优异。

结束语

通过将微功率无线通信和电力线窄带载波通信进行融合，实现了双模异构的通信，继承了两种通信的优点，又克服了不足，使得电力用户用电信息采集系统的通信得到大大提升。本文应用阶梯算法实现对两种通信的选择，依据优先微功率无线通信，同时采用三级阶梯算法实现多目标模式的选择，使得通信最优。

参考文献

- [1] 孙莉, 周力, 欧钢, 等. 小型多馈源宽频微带天线分析与设计 [J]. 微波学报, 2007, 23 (6) : 44-47.
- [2] Liu Z D, Hall P S, Wake D. Dual frequency planner inverted-F antenna [J]. IEEE Transactions Antenna Propagat, 1997, 45 (10) : 1451-1458.
- [3] 张钧. 微带天线理论与工程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1988.
- [4] 陶军, 吴清亮, 吴强. 基于合作竞价博弈的网络资源分配算法的应用研究 [J]. 电子学报, 2006, 34 (2) : 241-246.
- [5] 梁立涛, 纪阳, 张平. 基于模糊层次分析法的异构系统网络选择算法 [J]. 北京邮电大学学报, 2007, 30 (2) : 71-75.

(收稿日期: 2015-05-06) EA