DOI:10.20033/j.1003-7241.(2025)01-0089-03.

电力物联接入网虚拟资源的映射算法

王雅芳，蒋安杰，朱祥昱，张雨蓓

（国网浙江省电力有限公司绍兴市上虞区供电公司，浙江 杭州 312300）

摘 要：为维持电力物联网的稳定运行，提出一套以负载均衡为目标的网虚拟资源映射算法。通过该算法为主链路分配辅助链路，在遇到网络故障的情况下将进行主、辅路切换。基于负载均衡的网虚拟资源映射算法可实现主、辅路的共同映射，在节约网络资源的基础上实现主、辅路网络通信资源的优化分配，将映射过程中所出现的网络资源浪费问题控制在较低水平。

关键词：电力物联网；虚拟资源；映射模型；负载均衡

中图分类号：TP393 文献标识码：A 文章编号：1003-7241(2025)01-0089-03

Virtual Resource Mapping Algorithm for Power IOT Access Network

WANG Ya-fang, JIANG An-jie, ZHU Xiang-yu, ZHANG Yu-bei

(State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Shaoxing Shangyu District Power Supply Company, Hangzhou 312300 China)

Abstract: In order to maintain the stable operation of the power Internet of things, a set of network virtual resource mapping algorithm aiming at load balancing is proposed in this study. Through this algorithm, auxiliary links are allocated for the main link. In case of network failure, the main and auxiliary links is switched. The network virtual resource mapping algorithm based on load balancing can realize the common mapping of the main and auxiliary roads, optimize the allocation of the network communication resources of the main and auxiliary roads on the basis of saving network resources, and control the waste of network resources in the mapping process at a low level.

Keywords: power internet of things; virtual resources; mapping model; load balancing

0 引言

随着我国电力系统智能化水平的不断提升，电力物联网在电力网络管理工作中的应用越来越广泛，电力资源的分布特性日益复杂[1]。Wi-Fi网络作为一种高效、稳定的通信技术可以充分发挥光纤网络高可靠性、高带宽的优势，同时具有应用成本低廉、可以灵活移动等特性，能够为电力物联接入网的稳定运行提供定制化服务[2-3]。因此，本次研究在现有Wi-Fi技术的基础上，引入基于负载均衡的网络虚拟资源映射算法，在网络主路出现故障的情况下进行线路切换操作，进而降低网络故障对电力业务所造成的负面影响。

1 电力物联接入网系统介绍

1.1 系统模型

本次研究于电力物联接入网末端引入Wi-Fi接入网络，所建立的虚拟网络资源映射模型由服务层、虚拟网络提供层和基础设施层三部分所组成，具体结构如图1所示。

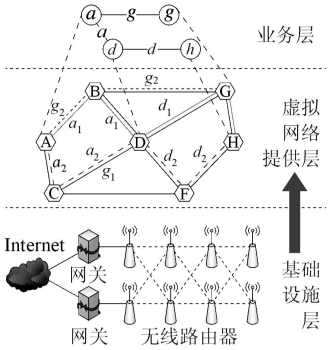


图1 虚拟网络资源映射模型

在图1中，基础设施层主要包括无线通信设备以及光通信设施等，是电力物联接入网的基础物理设施；服务层负责实现电力物联接入网与用户之间的信息交互，并根据用户请求来分配网络资源；虚拟网络资源层负责记录物理网络的链路参数与资源节点数据，并以数字化的形式对基础网络设施加以描述。

1.2 问题描述

本次研究通过无向带权图$G^V=(N^V,L^V,B_L(x),B_{LMax}(x))$来建立虚拟网络资源层的网络拓扑，其中$B_{LMax}(x)$为链路程总带宽，$B_L(x)$为链路程剩余带宽，$L^V$为虚拟网络资源层链路的集合，$N^V$为虚拟网络资源层中节点的集合。在此

*基金项目：国网浙江省电力有限公司绍兴供电公司2021年度科学技术研究项目（B311SX21000C）

收稿日期：2023-10-08

基础上，通过$G^S=(N^S,L^S,b(x))$来对虚拟网络请求加以描述，其中$b(x)$为虚拟请求带宽，L^S为虚拟网络请求链路的集合，N^S为虚拟网络请求节点的集合。

1.3 映射模型

1.3.1 节点映射

为了将满足条件的物理节点分配给相应的虚拟节点，需要建立一个专门的虚拟网络节点映射，该映射可描述为：

$$N^S \rightarrow N^V \tag{1}$$

为了使物理节点与虚拟节点维持一一对应的关系，需要设置如下约束：

$$\forall n_i^S = \forall n_u^V, \forall \xi_i = \{0,1\} \tag{2}$$

在$\xi_i=1$的情况下，虚拟节点n_u^v将被映射至物理节点n_i^s。

1.3.2 主路映射

本次研究以负载均衡为目标建立主路映射，以维持网络负载在资源分配过程中的平衡性，电力物联接入网的负载均衡度与负载方差成反比，其目标函数具体如下[4-5]：

$$V\text{-}Variance = \frac{\sum_{l \in E^V} \delta(l)\left(R^L(l) - E\left(R^L(l)\right)\right)^2}{\sum_{l \in L^V} \delta(l)} \tag{3}$$

式(3)中，V为电力物联接入网在虚拟请求映射到虚拟网络资源层后的负载方差，并且虚拟链路l在$\delta(l)=1$的情况下将被映射到该虚拟网络的资源层路径；$E(R^L(l))$为链路负载率$R^L(l)$的均值，该值计算方法如下：

$$R^L(l) = \frac{B_{LMax}(l) - B_L(l)}{B_{LMax}(l)} \tag{4}$$

式(4)中，$B_L(l)$代表链路剩余带宽；$B_{Lmax}(l)$为链路的最大带宽。其中$B_L(l)$的计算方法如下：

$$B_L(l) = B'_L(l) - b(m) \tag{5}$$

式(5)中，$b(m)$为请求需求带宽，$B'_L(l)$为完成映射之前的链路剩余带宽。

在映射过程中，由于链路的剩余带宽应当始终大于各链路映射的虚拟请求带宽之和，即维持$\Sigma\, b(l) < B_L(l)$，因此设置如下约束条件[6-8]：

$$\sum_{m \in E^S} \varphi_m(l) b(m) \le (\alpha+\beta) \cdot R'_E(l), \forall l \in E^V \tag{6}$$

在链路有主路映射的情况下，式(6)中$a=1$；在链路无主路映射的情况下，则$\alpha+\beta=1$，$\beta=1$。

由于虚拟请求通常需要考虑时延要求，因此需要根据虚拟请求的跳数限制来确定映射主辅路长度，路径长度约束如下：

$$length(l) \le L(l) \tag{7}$$

式(7)中，$L(l)$代表虚拟请求所容忍最大跳数，length(l)代表物理路径长度，路径长度即虚拟请求的跳数，请求时延与跳数成正比[9-10]。

结合以上内容，可以通过式(8)来描述主路映射的数学模型。

$$\begin{aligned} &MAX: B \\ &s.t.\ C1, C3, C4, C5 \end{aligned} \tag{8}$$

1.4 基于负载均衡的Wi-Fi接入网可靠映射算法

本次研究从电力物联接入网常规特性的角度出发，建立了一套基于负载均衡的虚拟资源映射算法。实现网络负载均衡是该算法的主要思想，即通过虚拟资源映射的方式实现对于网络虚拟资源的动态分配，在灵活调用网络资源的基础上维持设备运行的可靠性。在主链路出现故障的情况下为电力物联网硬件设备提供辅路通信资源，确保电力物联网维持有效运行，具体算法流程如图2所示。

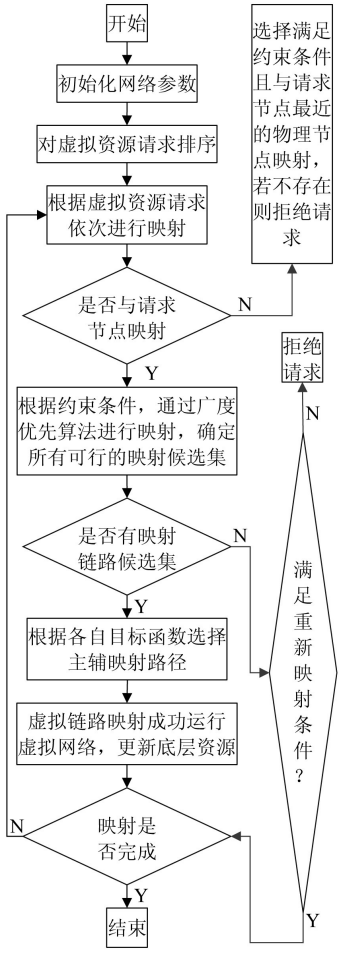


图2 虚拟资源映射算法流程

2 仿真实验

2.1 实验环境

本次研究在模拟Wi-Fi网络资源的基础上设定了一

个具有30条链路的Wi-Fi网络环境，其中包含20个节点并提供多项网络服务，可实现自动化配电以及通信保护等操作。在该环节的实验工作中，可根据既定比例来衍生出多种业务请求，进而通过链路负载率指标对映射算法的有效性进行评价。

2.2 实验结果

为初步判断本文所提映射算法的泛用性，额外加入选择最优路径的贪婪算法(GA)和保证业务时延需求的最短路径算法(SPRMA)一同进行测试，与基于负载均衡的映射算法(LRMA)进行对比，测试结果如图3所示。

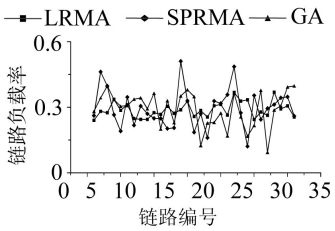


图3 链路负载率

经实验研究发现，LRMA算法的链路负载率始终维持在0.3左右，SPRMA算法和GA算法的链路负载率浮动相对较大。出现该状况的原因主要在于，LRMA算法从负载均衡的角度出发，在充分考虑网络底层资源的基础上完成映射，在持续增加请求次数的过程中可以维持链路负载的相对均衡，使得链路负载率在网络资源不足的情况下依然能够保持平稳；SPRMA算法则以最短路径为目标，在请求数量较多的情况下会多次映射链路数据较多的节点，致使网络负载失衡。

3 结束语

本次研究结合网络虚拟化技术和Wi-Fi接入网络的一般特性，以负载均衡为目标，提出了一套为Wi-Fi接入网络定制的虚拟资源映射算法，具体阐述了映射模型的数据处理方法以及虚拟资源映射算法的运行流程。经实验研究发现，本次研究所提出的映射算法相较于SPRMA算法和GA算法更加有助于维持链路负载率的相对平稳，避免电力物联接入网在用户请求较多的情况下出现网络负载失衡问题，维持网络的稳定运行。

参考文献：

[1] 彭雪梅，黄建军.基于机器学习技术的光网络资源动态分配研究[J].激光杂志，2022，43(7)：144-145.

[2] 吴茜，李尧辉，朱青仑.基于HMM-Viterbi的通信网络资源数据处理方法及应用[J].移动通信，2022，46(2)：89-90.

[3] 程雅琼.基于遗传算法的网络资源数据挖掘技术[J].信息与电脑(理论版)，2022，34(2)：42-43.

[4] 崔雅君，李华，阮宏玮，许彤，王显荣.用户QoS与网络资源感知的服务功能链部署方法[J].小型微型计算机系统，2021，42(9)：193-194.

[5] 钱会.基于用户QoS的网络资源分配策略研究[J].移动通信，2021，45(2)：124-125.

[6] Mellit Adel，Kalogirou Soteris.Artificial intelligence and internet of things to improve efficacy of diagnosis and remote sensing of solar photovoltaic systems：Challenges，recommendations and future directions[J].Renewable and Sustainable Energy Reviews，2021，143(9)：141-142.

[7] 贾晓霞.Lucene的网络资源索引信息动态检索系统设计[J].微型电脑应用，2021，37(1)：55-56.

[8] 刘雄.基于RBAC模型的计算机网络资源共享系统[J].电子技术，2020，49(10)：20-21.

[9] Mo Lijuan.Adum3210 chip based design of the control system of water lifting irrigation based on the internet of things[J].Microprocessors and Microsystems，2021，82(17)：39-40.

[10] 张俊洲.基于数学模型的网络资源数据传输效率仿真分析[J].中国新通信，2020，22(1)：77-78.

[11] 杨国强.三维角度域干扰下车载网络资源分配可靠性研究[J].环境技术，2019，37(6)：169-170.

作者简介：王雅芳(1990-)，女，本科，工程师，研究方向：信息通信。