

# 校园网程控交换机连网故障断点检测技术研究

施建

(武汉生物工程学院, 信息化建设与管理中心, 武汉 430015)

**摘要:** 当前校园网程控交换机连网故障断点检测技术检测准确率较低、误警率高, 也无法实现对故障断点区域的精确定位, 提出一种基于节点信誉感知模型的连网故障断点检测技术研究; 依据校园网的网络层次结构布局, 构建节点之间的信誉感知模型, 以提取节点故障区域特征信息, 基于小波算法对感知信誉数据进行预处理; 为提高算法的稳定性, 对邻近节点之间的健康程度进行分析, 以最终实现对校园网程控交换机连网故障断点的精确定位与检测; 仿真实验数据表明, 提出的断点故障检测技术在节点感知故障率为 0.6 的条件下, 仍可获得 86.32% 的检测率。

**关键词:** 校园网; 程控交换机; 信誉感知; 小波算法

## Research on Fault Detection Technology for Campus Network Program—controlled Switches

Shi Jian

(Information Construction and Management Center, Wuhan Institute of Biological Engineering, Wuhan 430015, China)

**Abstract:** At present, the detection technology of network fault breakpoint detection in the program control switch of the campus network is low, the false alarm rate is high, and the accurate location of the fault breakpoint area can not be realized, and a network fault breakpoint detection technology based on the node reputation perception model is proposed. According to the network hierarchy layout of the campus network, the credit perception model between nodes is built to extract the feature information of the node fault region, and the perceived reputation data is preprocessed based on the wavelet algorithm. In order to improve the stability of the algorithm, the health degree of the adjacent nodes is analyzed, so as to achieve the accurate location and detection of the breakpoints of the network program control switches in the campus network. The simulation data show that the proposed breakpoint fault detection technology still achieves 86.32% detection rate under the condition that the node sense failure rate is 0.6.

**Keywords:** campus network; program—controlled switchboard; reputation perception; wavelet algorithm

### 0 引言

校园网是国内 Internet 的前沿阵地, 目前我国许多高等院校都已经具有或正在建设属于本校独立使用的校园网络<sup>[1]</sup>。由于我国的高等院校发展速度惊人, 在校人数逐年增加, 此外科技和网络技术的进步也使高校教育、教学乃至师生的日常生活都离不开网络。一些高校位于城市的热点区域不具备布线的条件, 高校也倾向于选择更具性价比的网络接入方式, 一些教学场所, 如图书馆、体育场、阅览室等区域独立布线的成本也较高, 因此许多高校借助程控交换机构建无线网络<sup>[2]</sup>。程控交换机的连网管理对于整体校园网络而言至关重要, 能够提供与周围网络环境相匹配的数据资源, 但随着校园网拓扑结构复杂程度的不断提高, 程控交换机连网发生断点故障的概率逐渐增大。校园网程控交换机一旦断网, 会给高校的教育、教学活动带来严重的影响, 因此如何预防降低发生断点故障的风险, 及在发生断网事件后及时识别出故障断点位置, 成为当前校园网领域研究的热点问题。目前, 针对校园网程控交换

机连网故障断点检测技术, 如贝叶斯事件检测技术<sup>[3-4]</sup>检测误警率过高, 提升了检测成本; 而基于中值策略的技术<sup>[5-6]</sup>检测耗时长, 难以获得令人满意的综合检测率。为此文章基于节点感知理论设计了一种节点信誉感知校园网程控交换及连网故障断点检测技术研究, 通过校园网节点感知模型的构建及小波算法的感知数据处理, 实现对断点位置的精确定位和检测。

### 1 基于节点信誉感知的连网故障断点检测技术研究

#### 1.1 节点信誉感知模型

校园网程控交换机连网断点故障的排查与检测处理, 包括纠正性检测和预防性维护两个类别, 校园网络相对于传统无线传感网络更为复杂。校园网程控交换机的布网主要由网络内的多个感知节点组合而成, 感知节点还具备抽查和监控的功能, 可以采集到网络布控半径内的故障信息, 终端传感器装置将采集到的断点故障信息, 通过校园网程控交换系统返回到上位机数据分析中心, 进行进一步的分析和检测, 并采取必要的应急措施或在网络区域内布置临时节点, 以免造成更大的通信中断损失。当校园网程控交换机出现故障时, 会产生相应的故障信号, 通过节点信誉感知模型, 首先可以在最短时间内识别出故障点的精确

收稿日期: 2018-07-03; 修回日期: 2018-08-13。

作者简介: 施建(1980-), 男, 湖北武汉人, 讲师, 主要从事计算机及网络技术方向的研究。

位置，进而在排除故障的根源，及是否还存在潜在的风险，校园网络程控交换系统的空间拓扑结构图，如图 1 所示。

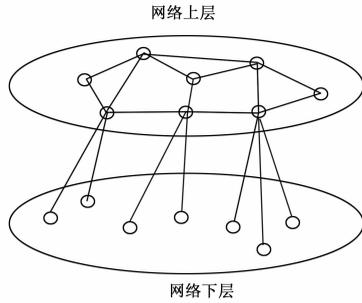


图 1 校园网拓扑结构简图

假定大量的校园网节点都被布置在同质的应用环境中，且都能够覆盖于相同的通信范围，校园网程序交换机连网结构表示为  $N(P, E)$ ，其中  $P$  为节点集合  $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ ， $E$  为通信边集合。校园网络中的节点部署越密集对于网络连接的故障检测效率就会越高，但同时也浪费过多的资源。基于迪克雷分布来描述节点之间的信任程度，并构建节点信誉感知模型。迪克雷分布理论可以用来描述节点的健康状况<sup>[7]</sup>，并基于节点的感知特定完成对校园网程控交换机故障断点的定位与检测。节点集合  $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  中每个工作节点的健康状况等级表示为  $\{h_1, h_2, \dots, h_k\}$ ，共分为  $k$  个等级，而校园网络交换机联网的健康状况也服从相应的概率分布  $\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ 。校园网络内任一节点的信誉度可以通过对故障随机变量  $x_i$  的取值来判定， $x_i$  在有限的居于空间内呈现出一种动态的分布，其取值改变也会决定节点信誉度的改变，其中校园网络程控交换机组网感知模型可以表示为：

$$g(h) = \frac{\prod (\sum_{j=1}^n h \cdot p)^2}{\prod p(h_i)} \cdot p \cdot \lambda \quad (1)$$

而校园网拓扑结构内的节点感知信誉度期望值  $E[p(h_i)]$  表示为：

$$E[p(h_i)] = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n h \cdot p}}{\lambda/2} \quad (2)$$

其中： $\lambda$  为校园网程控交换及联网系统的可变参数。基于校园网节点信誉感知检测技术，包括感知模型的建立，故障点区域特征信息的提取与采集。校园网络的簇节点可以视为一个检测模块，簇头节点<sup>[8-9]</sup>是整簇的核心，负责采集本簇内的故障信息，检测模块会根据采集信号内所包含的具体信息，来评测和衡量故障节点的准确位置及健康程度。故障节点位置的信息测量需要多次完成，以提高算法的性能。采集的信誉值并不是一个不变的常量，而是一个处于动态范围内的变量，因此需要进行校园网内程控交换机连网的故障信息的多次迭代寻优，这样统计出的节点健康值更为准确。基于统计结果对比整个校园网拓扑结构内的其他节点，识别出其他的节点是否存在异常，以减少多

次检测高成本测风险。簇内信息采集完毕之后，以簇为单位将获取的校园网程控交换机连网故障信息汇总与簇头节点，在经由簇头节点上传至核心处理模块。

基于校园网节点信誉感知模型采集的交换机连网故障信息属于原始信号，包含大量的噪声干扰和冗余信息，不能够直接使用，需要经过预处理和后续的加工。本文基于小波变换方式对节点信誉感知模型中的感知数据进行预处理后，再从中获取到有价值的故障检测信号，实现对校园网程控交换机连网故障点的准确定位检测。

### 1.2 小波变换感知数据预处理

校园网由于使用的人数众多，网络负载面临着巨大的压力和考验，程控交换机连网过程中节点信誉感知模型采集到的原始信号包含干扰信息。这是由于在无线传感网络的设计和部署中，具有易受到外界干扰的缺点，因此需要对这些故障特征信息进行预处理，去除噪声和电磁波干扰以准确地实现对故障点的定位。小波变换是处理网络信号重构问题和降噪问题的有效方法之一，在基于感知模型对校园网程控交换系统连网故障问题定位和检测中，小波变换算法能够起到积极的作用。小波变换是一种能够兼顾时间维度和频率维度的信息处理方法，小波变换的基本表达如下：

$$Wf(x, y) = |a|^{-1} \int f(t) \xi\left(\frac{t-y}{x}\right) dt \quad (3)$$

其中： $\xi(t)$  小波变换基函数、 $W$  模型系数、 $\xi(t)$  满足如下条件：

$$\int \xi(t) dt = 0 \quad (4)$$

利用节点信誉感知模型对原始信号处理时，也可以采用卷积的形式进行表达：

$$\begin{cases} Wf(s, x) = f(x) \otimes \xi_s(x) \\ \xi_s(x) = \frac{1}{s} \otimes \xi\left(\frac{x}{s}\right) \end{cases} \quad (5)$$

节点感知模型采集的原始含噪校园网数据程控交换机连网故障断点信息  $g(x)$  表示为：

$$g(x) = f(x(t)) = \begin{cases} s(i) = f(i) + k(i) + n(i) \\ s(i+1) = f(i+1) + k(i+1) + n(i+1) \\ \dots \\ s(j-1) = f(j-1) + k(j-1) + n(j-1) \\ s(j) = f(j) + k(j) + n(j) \end{cases} \quad (6)$$

其中： $g(x)$  为程控交换机连网故障信息函数、 $k(x)$  为异常函数、 $n(x)$  为噪声函数，最后基于小波变换更新函数可以最大限度地保留校园网络故障点的信号特征信息：

$$Wf(s, x) = s * \frac{df(x)}{\xi_s(x)} g(x) \quad (7)$$

校园网程控交换机连网故障数据经过小波变换处理后，能够显示出更多的细节特征，而节点数据感知模型就可以通过局部极大值方式实现，对故障点的精确度定位和检测。由于在采集故障数据的过程中，有价值的信号会湮没在峰值信号当中，基于小波变换算法处理后不会滤除掉全部的

信息，而使故障信号特征得到了保留。

### 1.3 基于节点信誉感知连网故障断点检测的实现

经过小波变换的预处理，感知信誉数据节点上传到簇首节点的故障信息，已经不再包含外界的噪声和电磁干扰，节点信誉感知模型会将预处理后的校园网程控交换机连网故障断点特征，转化为空间向量模型，以方便将多维数据映射中的属性相低维空间传递。在实际的校园网程控交换机故障检测中，不同的监控区域和节点簇的参数设置与控制也存在显著的差异，这些不同的簇结构组成了整个校园网络。在实际的故障检测活动，基于节点信誉感知模型能够借助空间向量传递的理念，将网络范围内全部感知模块结合成为一个有机整体，以提高整个网络监控及故障检测的性能，最后再通过向量运算的方式实现对故障断点的精确定位。空间向量模型能够区分不同故障向量之间重要程度和分布规律，因为每一种连网故障向量之间又具有不同的特征，当前故障定位算法在故障定位中需要将故障信息与当前数据采集节点的状态进行对比，算法复杂、误差率很高，同时也浪费了大量的信道资源和网络资源。而节点信誉感知模型是通过一种多层次传递的方式实现故障信息的精确定位和检测。不同空间向量在大小、方向等方面存在显著差异，而模型的簇头节点能够对校园网故障信息进行初步的筛选和识别，节省了大量的网络资源，也能够起到提高校园网络程控交换网络故障断点综合检测速度的作用。

节点信誉感知模型中的信誉更新模块，是模型的重要组成部分，节点信誉值的迭代更新，使观测者能够及时地观测出节点的健康状况，以及节点半径范围内是否存在连网故障风险。假设出现了断点故障迹象，那么节点的健康度就会受到影响，通过这种方式也就实现了对故障断点信息的事前预警。基于节点信誉感知模型的故障检测算法，还同时采用了邻近节点之间健康度互测的方式，进一步确定节点的健康状况，如果互测得到的结果与簇首节点感知算法得到的结果一致，那么就可以确定故障区域的中心节点，锁定故障点的半径范围，如果检测结果不一致需要重新测试。

设节点  $P_i$  和  $P_j$  是一组邻近节点，若  $x'_i$  和  $x'_j$  分别为节点在其半径范围内采集到的数据，此时两个节点之间节点信誉感知模型获取到的测试结果  $c_{ij}$  表示如下：

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if}(d'_{ij} > 0, d''_{ij} > 0) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} d'_{ij} = x'_i - x'_j \\ d''_{ij} = x''_i - x''_j \\ \Delta d_{ij} = d'_{ij} - d''_{ij} \end{cases} \quad (9)$$

其中： $d'_{ij}$  和  $d''_{ij}$  分别为节点  $P_i$  和  $P_j$  之间的绝对距离和相对距离，如果设  $k_i$  为测试值为 1 的数量，此时依据测试结果就能够识别出，校园网络程控交换机连网的邻近节点是否存在故障或潜在的故障风险，这种风险状态用变量  $\chi_i$  表示：

$$\chi_i = \begin{cases} N, & \text{if}\left(k > \frac{\text{num}(P_i)}{2}\right) \\ Y, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

其中： $Y$  表示校园网络的程控交换机连网正常， $N$  则表示在节点  $P_i$  和  $P_j$  内，或在其覆盖半径内都存在故障断点。对于校园网络中的任意一个节点而言，故障的诊断和检测需要经过多次迭代求解后才能够判定，邻居节点之间的检测结果，需要与簇内的节点检测结果相一致，如果出现矛盾现象需要重新地进行故障诊断与测试，以保证检测结果的客观性和真实性，设节点最终状态为  $F\chi_i$ ：

$$F\chi_i = GDif\left[\left(\zeta'_i - y'_i\right) \geq \frac{\text{num}(P_i)}{2}\right] \quad (11)$$

其中： $GD$  表示检测节点的状态正常， $\zeta'_i$  表示节点测试值为 0 的个数， $y'_i$  表示节点测试值为 1 的个数，基于公式 (11) 可以准确确定出校园网程控交换机连网故障点位置及程度。本文提出了一种基于节点信誉感知的校园网程控交换机连网故障断点检测技术研究，构建了节点信誉感知模型，提取校园网范围内的节点感知信息。基于小波变换算法滤除程控交换及连网中产生的电磁干扰，利用簇首节点和普通节点之间的空间位置关系，确定故障点的初步位置和状态，并对信誉模块进行更新。再基于相近的邻居节点互相测试健康度，分别进行故障风险评估，基于当前节点的状态识别出与其相近的邻居节点及其半径范围内是否存在故障，准确定位故障点，提高检测能力。

## 2 仿真实验

为了验证校园网程控交换机连网故障断点检测技术的有效性，本文基于 Matlab 软件模拟校园网程控交换及连网环境，进行了一组仿真实验设计，以验证文中提出的节点信誉感知技术的实际应用效果。为了更为直观的显示仿真效果，采用了实验结果对比的方式，仿真实验中选定的对比检测技术为贝叶斯检测。实验在  $50 \times 50$  的仿真区域内随机布置了 90 个节点，以保证检测结果的稳定性和真实性。

### 2.1 检测衡量指标的确定

本文选定的校园网程控交换机连网故障断点检测的衡量指标，分别为连网故障断点检测准确率  $FDA$  和连网故障断点检测误警率  $FAR$ 。其中  $FDA$  指标定义为算法在故障节点及其半径范围内检测出的连网故障次数  $N_A$ ，与真实故障次数  $N_T$  的比值：

$$FDA = \frac{N_A}{N_T} \times 100\% \quad (12)$$

而  $FAR$  指标是指被错误判定为断点故障的次数  $N_F$ ，与真实故障次数  $N_T$  的比值：

$$FAR = \frac{N_F}{N_T} \times 100\% \quad (13)$$

### 2.2 实验方法及步骤

本次仿真实验采用两种技术相对比的方式，将所提出的基于节点信誉感知的校园网程控交换机连网节点故障检测技术与贝叶斯经典检测技术进行对比分析。分别对两种不同技术的连网故障断点检测准确率  $FDA$  和连网故障断点检测误警率  $FAR$  进行测试，最终采用所提技术对布局范围内故障节点识别情况进行测试，实验步骤如下：

1) 采用所提检测技术和贝叶斯经典检测技术对连网故

障断点检测准确率 FDA 进行测试，得到两种不同技术的连网断点故障准确率 (%) 对比测试结果如图 2 所示；

2) 采用所提检测技术和贝叶斯经典检测技术对连网故障断点检测误警率 FAR 进行测试，得到两种不同技术的连网故障断点检测误警率 (%) 对比测试结果如图 3 所示；

3) 采用所提技术进行布局范围内故障节点识别情况的测试，已验证所提检测技术的有效性。

### 2.3 实验结果与分析

首先将本文设计的基于节点信誉感知的校园网程控交换机连网节点故障检测技术与贝叶斯经典检测技术进行对比分析，FDA 和 FAR 两个评价指标的对比结果如图 2 和图 3 所示。

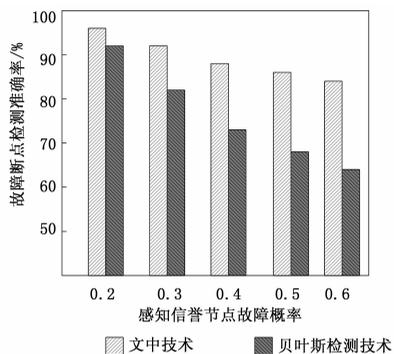


图 2 连网断点故障准确率对比

由图 2 在不同的感知信誉节点故障率水平下的断点故障检测率变化可知，当故障率降至 0.4 时贝叶斯检测技术的准确率出现的较大幅度的降低。出现这种情况的原因是传统检测基础对于节点之间状态变化感知较为敏感，当故障率提高时传统技术无法进行准确的识别与检测。而反观本文提出技术随着感知信誉节点故障率的提高，检测率也出现了一定程度的降低，但仍处于可控的范围之内，变化较为平稳。当节点感知故障率达到 0.6 时，传统贝叶斯技术的检测准确率已经降至 65.25%，而本文提出技术仍能够达到 86.32%。

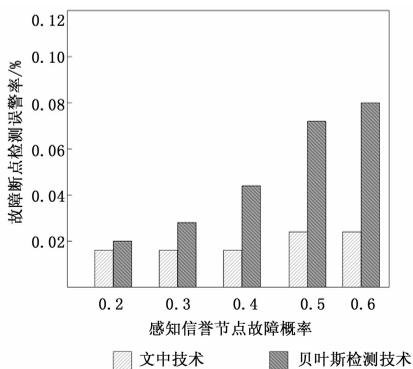


图 3 连网故障断点检测误警率

在故障节点检测误警率的表现方面，本文提出技术更为稳定，当感知信誉节点故障不超过 0.4 时，误警率都低于 0.02；当感知信誉节点故障超过 0.4 时，误警率略有

提高但没有超过 0.03；而贝叶斯检测技术在连网断点故障检测误警率方面表现较差，最高超过的 0.08，浪费了过多的网络资源，提高了综合检测成本。此时观测在整个校园网布局区域内的节点误判情况，如图 5 所示，文中基于信誉感知模型的检测技术识别出了全部的 4 个故障节点：

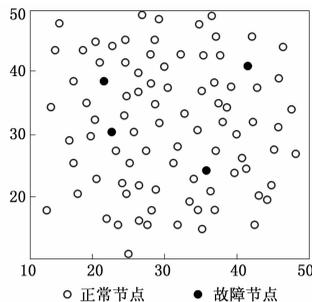


图 4 布局范围内故障节点识别情况

综上所述，仿真实验数据表明本文提出的基于节点信誉感知模型的检测技术，在校园网程控交换机连网断点故障准确率和检测误警率方面，相对于传统贝叶斯检测技术都具有显著优势，能够准确地检测出出布网区域内的故障点。

### 3 结束语

由于校园网的网络层次结构较为复杂，使用人数众多，越来越多高校的教学活动都依赖于校园网，校园网的程控交换机系统往往承受着较大的网络负载压力，存在较大的故障断点风险。本文针对传统校园网络交换机连网故障断点检测过程中数据处理能力不足、检测率低、误警率高的缺点，从多个视角进行程控交换机连网断点风险分析和考虑。利用节点之间的空间信誉感知特征，构建网络故障断点检测模型，并基于小波算法去除噪声和电磁干扰，凭借簇首节点与普通节点、及邻居节点之间的感知效应，准确识别出连网故障断点的区域位置，及判断出目标区域是否存在风险，提高对校园网络程控交换系统断点故障的检测能力，保证校园网的安全稳定运行。

#### 参考文献：

- [1] 公绪晓, 尚 群, 付中南, 等. 校园网流量多维度行为分析及优化 [J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2016, 44 (z1): 131-137.
- [2] 臧运娟. 无线网络流量预测综述 [J]. 电子设计工程, 2017, 25 (4): 150-153.
- [3] 张国印, 曲家兴, 李晓光. 基于贝叶斯网络的 Android 恶意行为检测方法 [J]. 计算机工程与应用, 2016, 52 (17): 16-23.
- [4] 孙栓柱, 宋 蓓, 李春岩, 等. 一种基于贝叶斯后验的异常值在线检测及置信度评估算法 [J]. 中国科学技术大学学报, 2017, 47 (8): 644-652.
- [5] 马春来, 单 洪, 马 涛. 一种基于簇中心点自动选择策略的密度峰值聚类算法 [J]. 计算机科学, 2016, 43 (7): 255-258.
- [6] 苏育挺, 张天娇, 张 静, 等. 基于局部二值模式的中值滤波检测算法 [J]. 计算机应用研究, 2016 (1): 258-261.