

LAN/WLAN 集成网络的可靠性评估及预测研究

王 丽¹, 王晓凯²WANG Li¹, WANG Xiao-kai²

1. 晋中学院 物理电子工程学院, 山西 晋中 030600

2. 太原高新技术产业开发区 博士后科研工作站, 太原 030006

1. Department of Physical Electronics Engineering, Jinzhong College, Jinzhong, Shanxi 030600, China

2. Post-doctorate Scientific Research Workstation of Taiyuan High-tech Industry Development Zone, Taiyuan 030006, China

E-mail: 88wzl66@163.com

WANG Li, WANG Xiao-kai. Reliability appraisal and forecast research of LAN/WLAN integration network. *Computer Engineering and Applications*, 2010, 46(4): 95-97.

Abstract: This article takes LAN/WLAN integration network as an example. Firstly, the definition of network reliability has been given based on the service performance and entropy weight double-base method has been carried on the reliable appraisal; Then a reliability forecast model has been established with one kind of improved PSO-BP fusion algorithm; Finally three experiments have been designed by the reliability appraisal data, the simulation result has indicated the superiority in the aspect of reliability forecast precision.

Key words: LAN/WLAN integration network; reliability; appraisal; forecast

摘 要: 以 LAN/WLAN 集成网络为例, 首先从业务性能的角度给出了网络可靠性的定义, 并基于此定义利用熵权双基法对其进行了可靠性评估; 然后利用一种新的改进 PSO-BP 融合算法建立了可靠性预测模型, 并以可靠性评估数据为样本设计了三组实验, 仿真结果证明了该模型在网络可靠性预测精度方面的优越性。

关键词: LAN/WLAN 集成网络; 可靠性; 评估; 预测

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2010.04.030 **文章编号:** 1002-8331(2010)04-0095-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP301.6

在通信网络日趋复杂、综合的情况下, 其可靠性研究已经成为网络管理领域必要进行的课题。目前对网络可靠性仍没有一个统一的定义, 已有的研究也只是从不同的侧面进行^[1-4]。有线/无线局域网(LAN/WLAN)集成网络近年来广泛应用于社会和生活各个领域, 其具有网络规模可扩展性、移动性、节点多样性、拓扑结构多变性等特点, 可以模拟抗震救灾、军事通信等网络, 具有一定的代表性。因此针对 LAN/WLAN 集成网络, 利用熵权双基法对其进行可靠性评估, 并利用改进 PSO-BP 混合算法建立了网络可靠性的预测模型。

1 LAN/WLAN 集成网络可靠性评估

LAN/WLAN 集成网络的状态参数利用测试软件 IxChariot 6.0 进行在线实时测试。网络拓扑如图 1 所示, 其中 IP 地址为 202.207.214.117 的终端作为主控制台 Chariot Console。测得网络状态和性能参数见表 1。

对于终端用户来说, LAN/WLAN 网络应用中最关心的就是网速问题, 系统对用户请求的响应速度决定了用户对网络性能的评价; 从整个 LAN/WLAN 系统实际运行的角度来说, 好的性能、较高的可靠性意味着能够让尽可能多的终端用户在任意

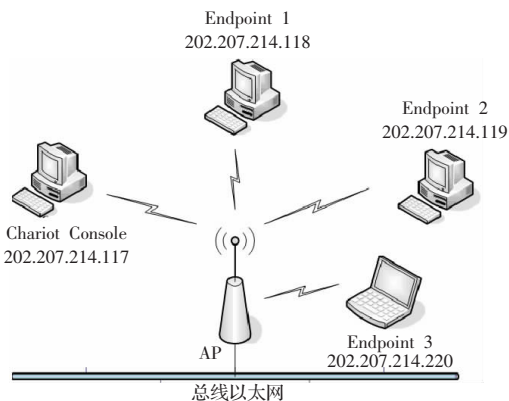


图 1 LAN/WLAN 集成网络拓扑结构

时刻都拥有最好的体验, 这就要确保系统能够在同一时间内处理更多的用户请求(即吞吐量), 而网络的吞吐量、响应时间以及资源利用率之间存在着一个“此消彼长”的关系。因此, 从网络业务性能来讲, “可靠性”是一个整体的概念, 是系统的吞吐量、响应时间等因素之间的平衡, 故 LAN/WLAN 可靠性定义为: LAN/WLAN 在实际连续运行过程中, 在不同的拓扑环境下完成用户的正常通信需求的能力。基于此定义, 将吞吐量和响

基金项目: 山西省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Shanxi Province of China under Grant No.20051033)。

作者简介: 王丽(1982-), 女, 助教, 研究方向为通信网络的可靠性; 王晓凯(1963-), 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向为通信网络的管理、控制与优化。

收稿日期: 2008-08-07 修回日期: 2008-10-27

应时间作为评价指标,利用熵权双基法^[5]计算网络可靠性的数学度量——可靠度。

熵权是根据各指标所包含的信息量的大小来确定指标相对重要度(即权重)的客观赋权方法,其基本原理是:对于给定的 j ,当 i 取不同的值时, b_{ij} 的差异越大,则该项指标包含和传输的信息越多。信息量的增加意味着熵的减少,因此,用熵来度量这种信息量的大小。指标元素按式(1)归一化处理为 b_{ij} ,从而得到矩阵 B ,其中吞吐量为效益型指标,响应时间为成本型指标。

$$b_{ij} = \frac{a_j - \min a_j}{\max a_j - \min a_j} \quad (\text{效益型指标})$$

$$b_{ij} = \frac{\max b_j - a_j}{\max a_j - \min a_j} \quad (\text{成本型指标}) \quad (1)$$

$$B = [b_{ij}] = \begin{bmatrix} 1.000 & 0 & 1.000 & 0 \\ 0.946 & 3 & 0.689 & 9 \\ 0.656 & 0 & 0.744 & 2 \\ 0.374 & 2 & 0.670 & 5 \\ 0.439 & 6 & 0.860 & 5 \\ 0 & 0 & & \\ 0.731 & 5 & 0.845 & 0 \\ 0.703 & 0 & 0.798 & 4 \\ 0.411 & 1 & 0.782 & 9 \\ 0.959 & 7 & 0.751 & 9 \\ 0.318 & 8 & 0.469 & 0 \\ \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ \vdots & \vdots \\ b_{261} & b_{262} \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 1.000 & 0 & 1.000 & 0 \\ 0.946 & 3 & 0.689 & 9 \\ 0.656 & 0 & 0.744 & 2 \\ 0.374 & 2 & 0.670 & 5 \\ 0.439 & 6 & 0.860 & 5 \\ 0 & 0 & & \\ 0.731 & 5 & 0.845 & 0 \\ 0.703 & 0 & 0.798 & 4 \\ 0.411 & 1 & 0.782 & 9 \\ 0.959 & 7 & 0.751 & 9 \\ 0.318 & 8 & 0.469 & 0 \\ 0.763 & 4 & 0.155 & 0 \\ 0.714 & 8 & 0.856 & 6 \\ 0.157 & 7 & 0.069 & 8 \\ 0.932 & 9 & 0.635 & 7 \\ 0.734 & 9 & 0.938 & 0 \\ 0.743 & 3 & 0.752 & 2 \\ 0.404 & 4 & 0.814 & 0 \\ 0.679 & 5 & 0.759 & 7 \\ 0.399 & 3 & 0.790 & 7 \\ 0.988 & 3 & 0.914 & 7 \\ 0.753 & 4 & 0.949 & 6 \\ 0.703 & 0 & 0.821 & 7 \\ 0.691 & 3 & 0.732 & 6 \\ 0.453 & 0 & 0.786 & 8 \\ 0.412 & 8 & 0.785 & 8 \end{bmatrix} \quad \hat{T}_i = \begin{bmatrix} 1.000 & 0 \\ 0.438 & 8 \\ 0.234 & 9 \\ 0.111 & 3 \\ 0.190 & 9 \\ 0 \\ 0.376 & 1 \\ 0.303 & 4 \\ 0.151 & 5 \\ 0.579 & 4 \\ 0.065 & 6 \\ 0.081 & 5 \\ 0.371 & 2 \\ 0.012 & 7 \\ 0.354 & 5 \\ 0.522 & 7 \\ 0.316 & 2 \\ 0.159 & 9 \\ 0.258 & 2 \\ 0.150 & 4 \\ 0.815 & 7 \\ 0.586 & 9 \\ 0.323 & 9 \\ 0.248 & 0 \\ 0.166 & 5 \\ 0.153 & 4 \end{bmatrix}$$

两个评价指标的熵值分别为:

$$e_1 = - \sum_{i=1}^{26} \left(\frac{b_{i1}}{b_{i1}+b_{i2}} \right) \cdot \log \left(\frac{b_{i1}}{b_{i1}+b_{i2}} \right) = 3.7082$$

$$e_2 = - \sum_{i=1}^{26} \left(\frac{b_{i2}}{b_{i1}+b_{i2}} \right) \cdot \log \left(\frac{b_{i2}}{b_{i1}+b_{i2}} \right) = 3.4969$$

表征指标权重的熵为:

$$E_1 = \frac{e_1}{\log 26} = 2.6207 \quad E_2 = \frac{e_2}{\log 26} = 2.4714$$

根据熵的性质知: E_j 越大,指标的相对重要度 W_j 越小。经计算得各指标权重为:

$$W_1 = \frac{\frac{1}{E_1}}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}} = 0.4854 \quad W_2 = \frac{\frac{1}{E_2}}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}} = 0.5146$$

双基序列是指理想的最佳可靠性指标序列(理想序列)和理想的最差可靠性指标序列(反理想序列)。令:

$$b_{-j} = \max(b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{mj}), j=1, 2, \dots, m$$

表1 样本集

样本序号	网络状态参数				性能	
	节点数	链路数	端到端时延/s	链路可靠度	响应时间/s	吞吐量
1	2	1	14.782	0.968	0.148	5.389
2	2	1	17.882	0.964	0.179	4.452
3	3	2	33.763	0.964	0.342	4.617
4	4	3	42.785	0.971	0.501	4.400
5	4	3	44.467	0.973	0.464	4.970
6	3	2	54.308	0.955	0.712	2.363
7	3	2	27.627	0.977	0.300	4.924
8	3	2	29.924	0.965	0.316	4.781
9	4	3	43.332	0.967	0.480	4.737
10	2	1	17.093	0.986	0.171	4.646
11	4	3	45.577	0.963	0.532	3.785
12	2	1	28.160	0.960	0.282	2.836
13	3	2	29.609	0.975	0.309	4.951
14	3	2	56.393	0.966	0.623	2.580
15	2	1	18.603	0.980	0.186	4.286
16	3	2	29.031	0.968	0.298	5.206
17	3	2	24.725	0.970	0.293	4.707
18	4	3	46.464	0.965	0.484	4.831
19	3	2	31.667	0.972	0.329	4.665
20	4	3	46.326	0.969	0.487	4.763
21	2	1	15.484	0.950	0.155	5.129
22	3	2	26.878	0.957	0.287	5.234
23	3	2	30.290	0.974	0.316	4.856
24	3	2	29.535	0.973	0.322	4.580
25	4	3	42.857	0.971	0.457	4.746
26	4	3	44.697	0.965	0.479	4.745

$$b_{-j} = \min(b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{mj}), j=1, 2, \dots, m$$

其中, b_{+j} 是指标 j 下 n 个待评价对象的最大值,所以 $p^+ = (b_{+1}, b_{+2}, \dots, b_{+m})$ 即为理想序列;同理, $p^- = (b_{-1}, b_{-2}, \dots, b_{-m})$ 为反理想序列。由海明距离公式得评价指标与双基序列的距离:

$$d_i^- = \sum_{j=1}^m W_j \sqrt{(b_{ij} - b_{-j})^2} = \sum_{j=1}^m W_j b_{ij}, i=1, 2, \dots, 26 \quad (2)$$

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^m W_j \sqrt{(b_{ij} - b_{+j})^2} = \sum_{j=1}^m W_j (1 - b_{ij}), i=1, 2, \dots, 26 \quad (3)$$

定义距离比 $T_i = d_i^- / d_i^+$ 为可靠度, T_i 越大说明第 i 个待评价对象越接近理想序列,同时越远离反理想序列,说明第 i 个待评价对象的可靠性越高。经归一化可得26组数据的可靠度为 \hat{T}_i 。

2 LAN/WLAN 集成网络可靠性预测

2.1 算法思想

人工智能技术的迅速发展为网络可靠性的预测提供了新的途径。BP算法已成为目前人工神经网络模型中应用最广泛的一种。由于BP算法中用梯度下降法推导出的权值、阈值修正公式,这使得BP网络收敛速度慢、易陷入局部极小值。PSO是基于种群的全局搜索策略,它特有的记忆使其可以动态跟踪当前的搜索情况,调整其搜索策略。所以近年来有许多学者将其应用于优化基本BP算法^[6],这里利用一种非线性改变惯性权重的PSO算法^[7]替代传统BP算法的梯度下降法,BP网络中权值、阈值的修正按照改进后PSO中的粒子速度、位置修正公式来修正,形成一种改进PSO-BP融合算法。惯性权重公式为

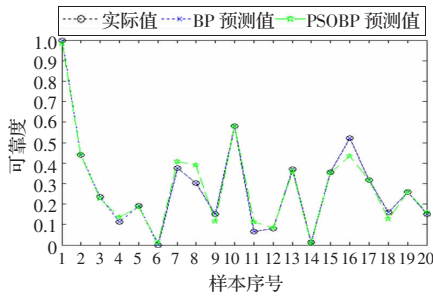


图2 两种方法对实验1训练集的拟合结果

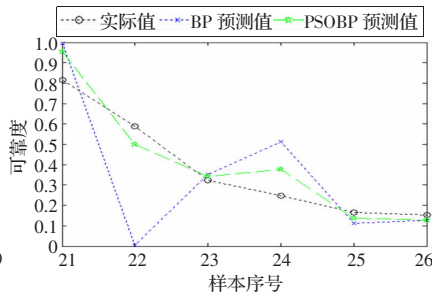


图3 两种方法对实验1检验集的预测结果

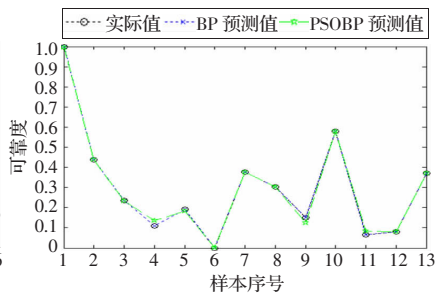


图4 两种方法对实验2训练集的拟合结果

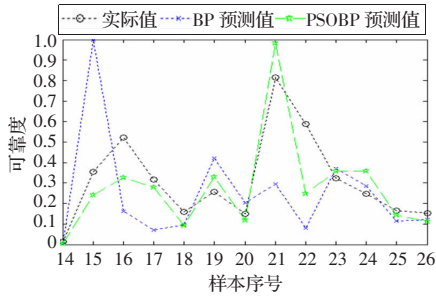


图5 两种方法对实验2检验集的预测结果

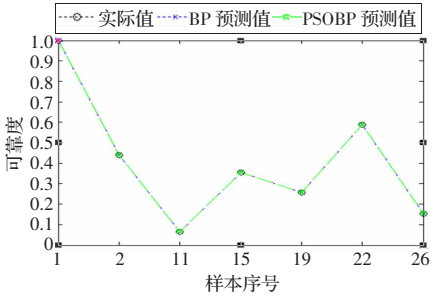


图6 两种方法对实验3训练集的拟合结果

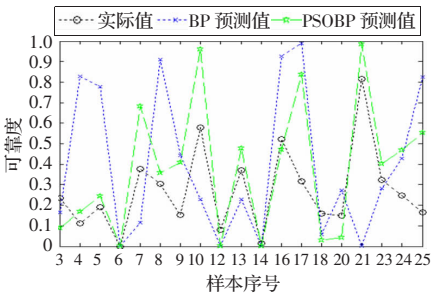


图7 两种方法对实验3检验集的预测结果

$\omega(t) = (\frac{t-1}{T_0-1})^\lambda (\omega_f - \omega_i) + \omega_i$, 其中 t 为当前进化代数, λ 为非线性

指数, T_0 为最大进化代数, ω_i 为初始惯性权值, ω_f 为终止惯性权重。

2.2 实验设计

实验过程分为三组, 每组实验都把所有的样本分成两部分, 一部分作为训练集建立模型, 另一部分作为检验集来评价模型的效果。实验1训练样本数较多, 检验样本数较少, 目的是为了评价预测模型的精度; 实验2和实验3训练样本较少, 检验样本较多, 其中实验3的训练样本是随机选取的, 目的是为了评价预测模型的小样本性能(见表2)。

表2 实验分组

实验序号	训练集样本序号	检验集样本序号
1	1~20	21~26
2	1~13	14~26
3	1,2,11,15,19,22,26	3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14,16,17,18,20,21,23,24,25

取节点数、链路数、链路可靠度、时延作为模型输入, 可靠度作为模型输出。经多次仿真比较粒子种群规模为55, 参数集为 $\{\lambda, \omega_i, \omega_f, T_0\} = \{0.2, 0.9, 0.3, 100\}$ 时, 结果最优。

2.3 实验结果及分析

为了比较改进 PSO-BP 融合算法的预测效果, 以一个三层 BP 网络对每组实验进行对比。图2、图4、图6分别为两种方法对实验1、实验2、实验3训练集的拟合结果比较, 图3、图5、图7分别为两种方法对实验1、实验2、实验3检验集的预测结果比较。

对于两种方法, 随着训练样本数减少, 对检验集预测结果的均方误差均逐渐增加。这是因为随着训练样本数的减少, 所建模型包含的信息量有所减少, 失去了原本的许多规律, 所以对检验集的预测精度下降; 但融合算法对于检验集的预测结果均方误差增加速度明显低于 BP 神经网络方法, 这说明融合算法对样本数量的依赖程度比 BP 神经网络低。

表3 两种方法对三组实验训练集的拟合误差和检验集的预测误差比较

		BP 网络	改进 PSO-BP 融合算法
实验1	训练集拟合误差	5.557 75E-10	1.108 34E-3
	检验集预测误差	0.073 958	0.007 523
实验2	训练集拟合误差	1.573 14E-9	1.372 88E-4
	检验集预测误差	0.090 080	0.016 996
实验3	训练集拟合误差	3.143 66E-8	1.746 88E-8
	检验集预测误差	0.173 622	0.057 734

3 结束语

首先利用 IxChariot 6.0 对实际网络进行了在线性能参数测试; 然后从业务性能的角度给出了 LAN/WLAN 集成网络可靠性的定义, 并利用熵权双基法对其进行了可靠性评估; 最后利用一种新的改进 PSO-BP 融合算法建立了可靠性预测模型, 基于可靠度评估值设计了三组实验, 结果证明了该模型在 LAN/WLAN 集成网络可靠性预测精度方面的优越性。

参考文献:

- [1] 戴伏生, 李金鑫, 宋立众. 通信网的总容量归一化加权可靠性指标与算法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37(5): 614-618.
- [2] 宋才胜. 基于 Petri 网的通信网络可靠性评估建模仿真[J]. 计算机仿真, 2004, 21(8): 98-101.
- [3] 王芳, 侯朝楨. 一种用神经网络估计网络可靠性的方法[J]. 北京理工大学学报, 2003, 23(2): 190-193.
- [4] Rocco C M, Moreno J A. Fast Monte Carlo reliability evaluation using support vector machine[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2002, 76(3): 237-243.
- [5] 梁雄健, 孙青华. 通信网可靠性管理[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004.
- [6] Gao Hai-bing. Particle swarm optimization based algorithm for neural network learning[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(9): 1572-1574.
- [7] 王丽, 王晓凯. 一种非线性改变惯性权重的粒子群算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(4): 47-48.