

网络管理系统性能评价研究

门健¹, 刘崇军², 茹海艳²

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 95881 部队, 北京 100095)

摘要:分析了网络管理系统的特性,设计了综合评价专家系统并将其运用在实际的传输网管理系统评测中。根据多次的反复测试证明,文中提出的网络管理系统评测技术具有良好的实际工程应用价值。

关键词:网络管理系统;系统评价;专家系统

中图分类号:TP393.06 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2005)01-0052-05

对网络系统性能的研究很多,但这些研究往往是从数学分析的角度,它所关心的是网络数据流的本质和特点,一般采用效率、吞吐量、时延以及其它一些参数来衡量网络的性能^[1-3]。传统的方法是首先建立网络的数学模型以描述网络信息流各重要参数之间关系,对网络进行定量分析,求解出精确解或数值解,然后用模拟或测量的方法加以验证。如用排队论、马尔可夫链等数学模型对网络进行分析^[4]。然而这些研究的目的并不是针对网络管理系统的,虽有可借鉴之处,但不适合于对网络管理系统的直接应用。为了实现对网管系统的性能评价,需要建立合适的网管系统性能指标体系及找出相应的指标评价方法。

1 网络管理系统性能指标体系的建立

1.1 性能指标建立原则

网络管理系统性能指标体系是设计、建设和验收网管系统的重要依据,也可用于不同网络管理系统间性能的评判与比较。网管系统性能指标体系的选取会对评价结果产生很大的影响。同时,指标设定是否科学也会影响到评价工作本身能否有效地进行。因此设计一套科学、合理、可行的指标评价体系尤为重要。建立网管系统性能指标体系应遵循以下4项原则。

1) 全面性原则:设计的指标应该比较全面,能够有效地反映网络管理的基本特征;

2) 独立性原则:各指标应尽可能地减少相互之间的相关性,降低冗余度;

3) 专有性原则:对网管系统性能指标的研究重点应在反映网络管理质量的特性指标方面,所设计的指标应不同于从软件角度或计算机系统角度所产生的指标;

4) 可测性原则:设立量化指标时,其含义应该明确且具有现实统计意义,便于定量分析。

1.2 性能指标体系结构的确定

网络管理系统性能指标体系一般采用分级结构。首先建立一级指标,一级指标是对网络管理系统各种性能特性的归类与抽象。它可是专用指标也可是通用指标,如系统响应时间、吞吐量、网络管理容量等。

其次是建立各分级指标,各分级指标是对前级逐级分解细化的过程。一级指标相对独立、易于划分,对不同的网络管理系统可有不同的侧重(可体现在对网络管理系统整体性能评价时的不同权重加分),关键是一级指标下各分级指标的构建。要体现上述4项选取原则就需要对网络管理系统的各种基本功能、软硬件实现方式及各要素之间的相互关系作深入的剖析、分割与归类,在此基础上还需广泛征求专家学者、研制部门、使用单位的意见,使其具有广泛的理论指导和工程实践意义。

收稿日期:2004-06-13

基金项目:北京邮电大学国家重点实验室研究项目

作者简介:门健(1978-),女,陕西西安人,硕士,主要从事网络管理系统性能研究。

根据上述原理,本文根据 TMN 网络管理系统的功能及测试方法,对其系统响应时间这一性能指标进行了分级构建。网络管理系统响应时间性能指标体系如表 1 所示。

由于 TMN 网络管理系统的每一基本功能都主要完成数据采集、数据处理、数据传输,根据数据采集、处理与传输所涉及的基本操作将响应时间的二级指标划分成如下相对应的 8 个方面,即查询响应、统计响应、创建删除响应、关联响应、存储备份响应、数据采集响应、视图显示响应、同步响应等时间要素。其次,第三级指标是对第二级指标具体化,即每一个三级指标对应于 TMN 网络管理系统中具体的 5 大基本功能。这样就构成了一个完整的系统响应时间指标体系。

以上建立的三级响应时间指标体系,从完整性来看,该体系是在 TMN 网络管理系统 5 大基本功能的基础上建立的。涵盖了各种具体的网络管理系统,具有普遍适用性。从各指标相关性来看,各指标间相互独立,当两个以上指标同时测试时,相互间影响非常小或者无影响。所列三级指标突出了网络管理系统的专有特性,具有实际可测性。

表 1 系统响应时间指标体系

第一级指标	第二级指标	第三级指标
系 统 响 应 时 间 (T)	查询响应时间(t_1)	性能任务查询 性能数据查询 告警故障信息查询 配制数据查询 用户信息查询
	统计响应时间(t_2)	设备故障情况统计 设备配制情况统计 性能数据统计 告警数据统计
	创建删除响应时间(t_3)	配置数据初始化 配制数据删除修改 性能任务创建删除 告警任务创建删除 用户权限设定
	关联响应时间(t_4)	告警过滤器关联 告警级别关联
	存储备份响应时间(t_5)	配置数据录入 性能数据备份 故障数据备份 日志备份
	数据采集响应时间(t_6)	性能数据采集 告警上报
	视图显示响应时间(t_7)	配制视图显示
	同步响应时间(t_8)	资源数据同步 告警同步

2 网络管理系统性能指标体系综合评价

网络管理系统性能指标是一个多指标系统,若仅仅从每个单项指标或多个指标简单融合的角度去衡量一个系统,会造成评价的不准确性,因而需要综合评价各因素。综合评价方法最明显的特点是全面性和概括性,通过综合评价,有利于获得对被评价目标的总体综合认识,了解同类事物的差异,为科学决策提供有力依据。在三级系统性能指标评价中,第三级指标一般与网络管理系统的基本功能相对应,可直接通过对网络管理系统的测试得到实测值;第二级指标一般不需要实际测试,它是通过对第三级指标加权求和而来。对网络管理系统性能第一级指标的评价多采用综合评价方法来完成,本文提出了一种基于专家系统的模糊综合评价方法。

所谓专家系统实际上是一种信息系统,它可对用户提出的问题从其知识库中提取恰当的答案。具体在综合评价过程中指可为评价指标确定隶属度。基于专家系统的模糊综合评价方法基本步骤如下:

1) 确定被评价对象的因素论域 $U = (u_1, u_2, \dots, u_p)$, 实质上, U 在这里就代表网络管理系统响应时间这样的第一级指标,而 u_1, u_2, \dots, u_p 就对应系统响应时间这一级指标下的查询时间、统计时间等各二级指标。

2) 确定评语等级集 $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ 。这是不同于其它任何多指标综合评价方法之处,它体现了模糊综合评价的特点。因为模糊综合评价的对象具有模糊性,因此对被评价对象的描述不应是断然的,而只能用属于各等级的程度来表示。例如,评语等级集 V 可以由优、良、中、差 4 个等级构成,根据实际,对象等级个数 m 一般可在 4 与 9 之间选取。选定评语等级后,可对每个评语等级 v_j 打分,其分值用 w_j 表示。如优记 90 分、良记 75 分、中记 65 分、差记 45 分等。

3) 建立模糊关系矩阵。该步是在被评价对象的因素论域 U 与评语等级集 V 之间进行单因素评价并建立模糊关系矩阵 $R_{p \times m} (r_{ij})$ 。矩阵 R 中的元素 r_{ij} , 表示因素论域中第 i 个因素 u_i , 对应于评语等级集 V 中第 j 个等级 v_j 的隶属程度。这样,对 p 个被评价对象中第 i 个因素的评价是通过 m 个 $r_{ij} (i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, m)$ 来体现的。

确定 r_{ij} 的简单方法是等级比重法。这种方法要求若干评价者对每个因素属于那个等级做出判断(即每位评价者根据实测统计得到的第二级指标的值分别给以优、良、中、差的评判),然后把第 i 个因素被评为第 j 个等级的人数与全部评价者人数的比值作为 r_{ij} 。被评价对象的第 i 个因素(指标)的单问分值 s_i 可由下式求得。

$$s_i = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

4) 确定评价因素的权值向量 $E = (e_1, e_2, \dots, e_p)$ 。

评价指标的权值也可以采用模糊方法来确定,它是评价因素对被评价对象所起作用的隶属程度的度量。具体算法步骤如下:

① 确定各因素 u_i 的重要性序列值

参加评价的专家根据经验和见解,划定各因素的重要性序列值 F_i 。对应 p 个因素, F_i 的取值 $1 \sim p$ 这 p 个整数中的某个值,即 $F_i \in \{1, 2, \dots, p\}$ 。最重要的因素,其序列值定为 p , 最次要的因素,其序列值定为 1 。将第 k 个专家就因素 u_i 所给的因素重要性序列值记为 F_i^k , 每位专家提供一份各因素 u_i 的 F_i 值评定表,即因素重要性序列值表。

② 编制优先得分表

首先,按各专家所提供的因素重要性序列值 F_i 分别进行如下统计,其结果用 A_{ij}^k 表示。当 $F_i^k / F_j^k \geq 1$, 记 $A_{ij}^k = 1$; 当 $F_i^k / F_j^k < 1$, 记 $A_{ij}^k = 0$ 。这里, A_{ij}^k 表示根据第 k 位专家提供的因素重要性值,比较第 i 个因素相对于第 j 个因素的重要性。

其次,设参加评议的专家共有 n 位,令

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n A_{ij}^k \quad (i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, p) \quad (2)$$

A_{ij} 即表示第 i 个因素相对于第 j 个因素重要性的统计值。它组成优先得分表,如表 2 所示。

表 2 优先得分表

因素序号	U_1	U_2	...	U_p
U_1	A_{11}	A_{12}	...	A_{1p}
U_2	A_{21}	A_{22}	...	A_{2p}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
U_p	A_{p1}	A_{p2}	...	A_{pp}

③ 求综合统计值 A_i

根据每位专家对各因素重要性的打分,得出第 i 个因素比较于其它因素重要性的综合统计值。

$$A_i = \sum_{j=1}^p A_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad (3)$$

显然,与 $A_{\max} = \text{Max}(A_1, A_2, \dots, A_p)$ 相对应因素的重要程度最高,而与 $A_{\min} = \text{Min}(A_1, A_2, \dots, A_p)$ 相对应因素的重要程度同其它因素相比是最低的。

④ 计算级差 d

$$d = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (4)$$

式中 e_{\max} 、 e_{\min} 为因素权值 e_i 的最大值与最小值。一般 e_{\max} 可取值取为 1 , e_{\min} 可根据实际系统最重要因素与最次要因素其重要性悬殊度来确定,它只是起到一个比例因子的作用,对评价结果无实质影响。

⑤ 计算权值数 e_i

$$e_i = \frac{A_i - A_{\max}}{d} + e_{\min} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

根据上式,显然当 $A_i = A_{\max}$ 时, $e_i = e_{\max}$; 当 $A_i = A_{\min}$ 时, $e_i = e_{\min}$ 。即最重要的因素权值数最大,最次要的因素权值最小,其它因素权值数分布在 $[e_{\max}, e_{\min}]$ 之间(通常要进行归一化处理)。

5) 系统等级隶属度模糊评判

模糊评价的基本模型为 $F = (f_1, f_2, \dots, f_m) = \text{EoR}$, “o”代表合成算子。

常用的模糊合成算子“o”有以下几种:

① “o”取 (\vee, \wedge) 算子, $f_i = \vee(e_i \wedge r_{ij}) = \max\{\min(e_i, r_{ij})\} \quad j=1, 2, \dots, m$

② “o”取 (\cdot, \vee) 算子, $f_i = \vee(e_i \cdot r_{ij}) = \max\{e_i \cdot r_{ij}\} \quad j=1, 2, \dots, m$

③ “o”取 (\wedge, \oplus) 算子, $f_i = \sum(e_i \wedge r_{ij}) = \min\{1, \sum \min(e_i, r_{ij})\} \quad j=1, 2, \dots, m$

④ “o”取 (\cdot, \oplus) 算子, $f_i = \sum(e_i \cdot r_{ij}) = \min\{1, \sum(e_i \cdot r_{ij})\} \quad j=1, 2, \dots, m$

e_i 是因素 u_1, u_2, \dots, u_p 的权值, r_{ij} 即为模糊关系矩阵 R 中的元素, f_i 表示评语隶属于 v_i 的程度。

对模糊合成算子进行比较,其结果如表 3 所示。

表 3 模糊合成算子比较

模糊算子	(\wedge, \vee)	(\cdot, \vee)	(\wedge, \oplus)	(\cdot, \oplus)
权作用	不明显	明显	不明显	明显
综合程度	弱	弱	强	强
R 的信息	不充分	不充分	比较充分	充分
类型	主因素决定型	主因素突出型	不均衡平均型	加权平均型

从比较结果可以看出对综合评价而言采用 (\cdot, \oplus) 算子较为合适,较为准确地刻划了被评价对象本身的模糊状况。即

$$f_i = \min[1, \sum_{j=1}^p e_j \cdot r_{ij}] \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

6) 最终评价结果

将各等级的分值 w_j 与被评价对象在各等级的得分 f_j 综合,得到评价结果,其计算如公式如下:

$$T = \sum_{j=1}^m f_j w_j \quad (7)$$

3 实际评测

本文针对联通长途传输网管理系统,就其系统响应时间这一性能,依照第 1 节建立的性能指标体系及测试方法进行了基于专家系统的模糊综合评价法实际测评。

3.1 第三级指标实测及第二级指标确定

1) 测试对象:联通长途网网络管理系统。

2) 测试方法:黑盒子测试。

3) 测试环境:①运行环境:系统运行在 UNIX 平台下;②系统容量:配置的监控或操作终端 100 部以上;

③数据库客户端用户数:100。

选用 Rational TestManager 自动化工具进行指标测试^[5]。Rational TestManager 记录测试流程并生成性能测试报告,从报告中可直接看出命令的响应时间。

根据以上测试方法对表 1 中的 25 项第三级指标逐一进行反复测试与统计,最终确定的第二级指标值如表 4 所示。

表 4 测试结果

指标	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
数值(s)	4	19	6	30	7	24	10	30

3.2 系统响应时间的综合评价

1) 评语等级及重要性序列值打分

在广泛征求专家、用户意见的基础上,评语等级集定义如下:

$$W = \{ \text{优, 良, 中, 差} \} = \{ 1, 0.75, 0.6, 0.45 \}$$

8 个第二级指标重要性序列设为 $F_i \in \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \}$,最重要的指标值为 8, 最次要的指标值为 1。表 5 是 10 位专家对指标重要性的评价结果。

表 5 专家等级打分统计

专家	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
1	6	4	7	3	1	8	5	2
2	8	3	5	6	2	7	1	4
3	7	3	2	4	1	6	5	8
4	8	7	4	1	5	6	3	2
5	4	5	8	3	6	7	1	2
6	6	4	1	2	3	8	5	7
7	4	5	8	3	1	7	2	6
8	2	7	6	1	4	8	5	3
9	4	8	5	2	6	7	3	1
10	8	6	7	3	4	5	2	1

2) 计算模糊关系矩阵 R 及编制优先得分表(见表 6)

$$R = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.0 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.4 & 0.6 & 0.5 & 0.6 \\ 0.2 & 0.1 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.4 & 0.3 \\ 0.0 & 0.2 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.1 & 0.1 & 0.0 \end{bmatrix}$$

按式(2~3)可求得综合统计值: $A_1 = 57, A_2 = 52, A_3 = 53, A_4 = 28, A_5 = 33, A_6 = 69, A_7 = 32, A_8 = 36$ 。

3) 计算级差 d

由优先得分表(6)可知, $A_{\max} = 69, A_{\min} = 28$ 。令 $e_{\max} = 1, e_{\min} = 0.1$, 由式(4)得: $d = 45.6$

4) 计算因素权值 E

由式(5)得出因素权值, 并归一化得: $E = [0.194, 0.165, 0.171, 0.026, 0.055, 0.264, 0.05, 0.073]$

5) 进行系统等级隶属度模糊评判, 进而得出最后评价结果

表6 优先得分表

因素序号	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
t_1	10	6	5	10	7	4	9	6
t_2	4	10	5	8	9	3	7	6
t_3	5	5	10	7	7	3	8	8
t_4	0	2	3	10	4	0	4	5
t_5	3	1	3	6	10	0	5	5
t_6	6	7	7	10	10	10	10	9
t_7	1	3	2	6	5	0	10	5
t_8	4	4	2	5	5	1	5	10

由式(6)得: $F = \{0.284, 0.521, 0.163, 0.032\}$; 由式(7)得: $T = \sum_{j=1}^m f_j w_j = 0.78$

从最后的综合评价只可以看出, 该网管系统的性能评价为“良”。

根据多次的反复测试证明, 本文提出的网络管理系统评测技术具有良好的工程实用价值。

参考文献:

- [1] 夏建东. 计算机网络性能基准测试研究[J]. 计算机工程与应用, 2000, (3): 31-33.
- [2] 王乐春. 网络性能基准测试系统体系结构研究[J]. 计算机工程, 2000, (4): 26-28.
- [3] 杨家海, 任宪坤. 网络管理原理与实现技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [4] Woodside C M. Software Resource Architecture and Performance Evaluation of Software Architecture[J]. IEEE, 2001, (6): 1-10.
- [5] 门健, 夏靖波. 网络软件自动化测试系统分析及应用[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2003, 4(4): 53-55.

(编辑: 门向生)

Study of Performance Evaluation of Network Management System

MEN Jian¹, LIU Chong-jun², RU Hai-yan²

(1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China; 2. Unit 95881, Beijing 100095, China)

Abstract: This paper analyzes the characteristics of the network management system and establishes the index system for evaluating the performance of the network management system with the combination of performance test. The concrete testing and calculating methods for performance index have been presented, in addition, comprehensive evaluation expert system is designed and applied to the management system of the real transmission networks. Through repetitive testing, the technology presented in this paper for evaluating the management system of networks has proved itself to be of good practicability.

Key words: network management system; system evaluation; expert system