

# 一种高效的网络故障管理算法

杨志军<sup>1,2</sup>, 赵东风<sup>2</sup>

(1. 云南省教育厅教科院信息中心, 昆明 650223; 2. 云南大学通信工程系, 昆明 650091)

**摘要:** 随着网络技术的发展, 如何有效地进行网络管理的问题日益突出。故障管理是网络管理的核心内容。该文通过对简单网络管理协议 SNMP 中管理信息传输的轮询控制方式进行了分析, 提出了一种新的轮询算法, 采用嵌入马尔可夫链和概率母函数的分析方法, 给出了轮询算法的数学模型。通过理论计算和仿真实验验证了新的算法提高了网络故障管理的效率。

**关键词:** 故障管理; 简单网络管理协议; 轮询

## High Efficient Algorithm for Network Fault Management

YANG Zhijun<sup>1,2</sup>, ZHAO Dongfeng<sup>2</sup>

(1. Information Center of Educational and Scientific Institute, Educational Department of Yunnan Province, Kunming 650223;

2. Department of Communication Engineering, Yunnan University, Kunming 650091)

**【Abstract】** With the development of network technology, how to efficiently manage network becomes outstanding and especially fault management is crucial. This paper analyzes the polling scheme based on SNMP, and proposes a new algorithm for polling system. By the embedded Markov chain theory and the generation function method, the mathematic model is explicitly obtained. Theoretical analysis and simulation results demonstrate the efficiency of new algorithm.

**【Key words】** Fault management; Simple network management protocol(SNMP); Polling system

### 1 概述

ISO/IEC7498-4 文档中定义的网络管理的 5 大功能被广为接受, 其中故障管理是最基本的功能之一。用户都希望有一个可靠的计算机网络。当网络中某个组成失效时, 网络管理系统必须迅速找到故障并及时排除。及时获取网络故障是网络故障管理的核心内容<sup>[1]</sup>。目前的网管软件都是通过基于 SNMP 的轮询和陷阱进行的。

网络管理中实时获取整个网络的状态是关键。基于 SNMP 的系统必须有一个管理站作为网控中心, 运行管理进程。每一个被管对象中要有代理进程。管理站与被管对象主要通过轮询方式传输信息。因此, 轮询控制的效率将极大地影响基于 SNMP 的网络管理, 如果轮询过于频繁, 将产生太多不必要的通信量, 占用较大的带宽。而如果轮询间隔太大, 又不能实时获取被管对象的状态。

SNMP 是基于 TCP/IP 的应用层管理协议, 它使用 UDP 作为传输层协议。它由 3 部分组成: 管理员(Management), 代理(Agent)和管理信息库(MIB)。管理员和管理信息库位于管理工作站上, 管理员对代理进行轮询得到所需的管理信息存入管理信息库中, 管理信息库 MIB 指明了网络元素所维持的变量(即能够被管理进程查询和设置的信息), 给出了一个网络中所有可能被管对象的集合的数据结构。

管理站与代理之间的轮询不能占用过多的带宽, 以影响正常的业务传输, 但同时又要实时获得代理的状态信息, 如何在允许的管理带宽内对网络进行有效的管理, 许多文献[2~4]对此提出了改进。本文提出了一种新的轮询算法, 以减少网络故障检测的时延, 提高管理效率。

### 2 算法描述

传统轮询系统的排队模型: 在连续时间的轮询系统中有

$N$  个终端站, 这  $N$  个终端站是由一个逻辑性服务器依秩序查询服务。假设  $i$  号终端站( $i=1, 2, \dots, N$ ) 在  $t_n$  时刻接受服务器提供的服务, 当  $i$  号终端站发送完其存储器内按限定( $k=1$ )服务协议规定的信息分组后, 经过一个转换时间接着查询  $i+1$  号终端站,  $i+1$  号终端站是在  $t_{n+1}$  时刻开始接受服务的。

改进轮询系统的排队模型: 在连续时间的轮询系统中有  $N$  个终端站, 这  $N$  个终端站是由一个逻辑性服务器依秩序查询服务。当中心服务器在  $t_n$  时刻查询  $i$  号终端站( $i=1, 2, \dots, N$ ), 若  $i$  号终端站的存储器内有信息分组需传输, 中心服务器则进行传输服务, 但与此同时中心服务器将转移查询  $i+1$  号终端站。一旦  $i$  号终端站发送完其存储器内按限定( $K=1$ )服务协议规定的信息分组, 中心服务器就在  $t_{n+1}$  时刻开始对  $i+1$  号终端站进行传输服务。

### 3 数学模型

#### 3.1 假设条件

(1) 进入各个终端站存储器内等待发送的信息分组的到达过程是相互独立的 Poisson 分布, 到达率是  $\lambda$ ;

(2) 任何一个终端站发送信息分组的时间变量是相互独立的, 其变量的 LST(拉氏变换)为  $\tilde{B}(s)$ , 均值和二阶原点矩分别是  $\beta = -\tilde{B}'(0)$  和  $v_\beta = \tilde{B}''(0)$ ;

(3) 任何两个相邻终端站之间的查询转换时间变量是相互独立的, 其变量的 LST 为  $\tilde{R}(s)$ , 均值和二阶原点矩分别是  $\gamma = -\tilde{R}'(0)$  和  $v_\gamma = \tilde{R}''(0)$ ;

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60362001)

**作者简介:** 杨志军(1968-), 男, 高工、博士生, 主研方向: 计算机网络通信; 赵东风, 教授

**收稿日期:** 2006-01-13 **E-mail:** yzj22@public.km.yn.cn

在所讨论的排队服务系统中，每个终端站的存储器容量足够大，不会产生信息分组丢失现象，服务规则按先到先服务的原则进行。下面的表达式中，带“~”的变量为改进系统的，否则为原系统的，两个系统的工作条件相同。

### 3.2 概率母函数 $\tilde{G}_i(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N)$ [5]

定义随机变量  $\tilde{\xi}_i(n)$  是  $i$  号终端站在  $t_n$  时刻其存储器内存储的信息分组数，则整个排队服务系统在  $t_n$  时刻的状态可表示为  $[\tilde{\xi}_1(n), \tilde{\xi}_2(n), \dots, \tilde{\xi}_i(n), \dots, \tilde{\xi}_N(n)]$ 。

在  $N\lambda(\beta + \gamma) < 1$  的条件下，原系统概率分布的母函数为

$$\begin{aligned} G_{i+1}(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) &= \lim_{n \rightarrow \infty} E \left[ \prod_{j=1}^N z_j^{\xi_j(n+1)} \right] \\ &= R \left( \sum_{j=1}^N \lambda(1-z_j) \right) \left\{ B \left( \sum_{j=1}^N \lambda(1-z_j) \right) \frac{1}{z_i} [G_i(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) - G_i(z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, 0, z_{i+1}, \dots, z_N)] \right. \\ &\quad \left. + G_i(z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, 0, z_{i+1}, \dots, z_N) \right\} \\ &= 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (1)$$

在  $N\rho < 1$  的条件下，其中  $\rho = \lambda\beta$ ，改进系统概率分布的母函数为

$$\begin{aligned} \tilde{G}_{i+1}(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) &= \lim_{n \rightarrow \infty} E \left[ \prod_{j=1}^N z_j^{\tilde{\xi}_j(n+1)} \right] \\ &= \frac{1}{z_i} \tilde{B} \left( \sum_{j=1}^N \lambda(1-z_j) \right) \left[ \tilde{G}_i(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) - \tilde{G}_i(z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, 0, z_{i+1}, \dots, z_N) \right] \\ &\quad + \tilde{R} \left( \sum_{j=1}^N \lambda(1-z_j) \right) \tilde{G}_i(z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, 0, z_{i+1}, \dots, z_N) \\ &= 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (2)$$

## 4 平均时延分析

当  $i$  号终端站在  $t_n$  时刻接受中心服务器查询后，在  $t_{n'}$  时刻发送完一个信息分组，这时其存储器内存储的信息分组数为  $\tilde{\xi}_i(n')$ ，则周期查询系统在  $t_{n'}$  时刻的状态可表示为  $[\tilde{\xi}_1(n'), \tilde{\xi}_2(n'), \dots, \tilde{\xi}_i(n'), \dots, \tilde{\xi}_N(n')]$ 。系统状态变量的概率分布的母函数为

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_i(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) &= \\ &= \frac{\tilde{B} \left( \sum_{j=1}^N \lambda(1-z_j) \right)}{\tilde{C}_i} \left[ \tilde{G}_i(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) - \tilde{G}_i(z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, 0, z_{i+1}, \dots, z_N) \right] \\ &= 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (3)$$

其中  $\tilde{C} = 1 - \tilde{G}_i(1, 1, \dots, z_i, 1, \dots, 1) \Big|_{z_i=0}$ 。

信息分组的等待时间  $\tilde{w}_i$  表示一个分组信号从进入  $i$  号终端站 ( $i=1, 2, \dots, N$ ) 的存储器到其被发送出去的时间，随机变量  $\tilde{w}_i$  的概率母函数为  $\tilde{w}_i(s_i)$ 。根据排队理论，可建立关系式

$$\tilde{W}_i(\lambda(1-z_i)) \tilde{B}(\lambda(1-z_i)) = \tilde{Q}_i(1, 1, \dots, z_i, 1, \dots, 1) \quad (4)$$

对式(4)求导得到改进系统信息分组的平均等待时延

$$E(\tilde{w}_i) = \frac{\tilde{g}_i(i)}{\theta_i \lambda} - \frac{1}{\lambda} = \frac{\tilde{R}''(0)}{2\gamma} + \frac{1}{2(1-N\rho)} [N\lambda\tilde{B}''(0) + (N-1)\gamma] \quad (5)$$

同样可得到原系统信息分组的平均等待时延

$$E(w_i) = \frac{g_i(i)}{\lambda^2 \theta_i} - \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{2(1-N\rho - N\gamma\lambda)} \left[ (1-N\rho) \frac{R''(0)}{\gamma} + N\lambda B''(0) + (N-1)\gamma + 2N\gamma\rho \right] \quad (6)$$

## 5 仿真实验和性能

图 1 给出了基于SNMP协议，改进后的轮询系统与未改进的原系统的理论计算和仿真实验比较曲线图。其中，假定信道最小带宽  $B$  为 100Mbps，管理带宽不能超出信道最小带宽的 5% [5]，则管理带宽  $b$  为 5Mbps。SNMP协议报文(PDU)长度  $p$  为 2160 bits，则服务时间  $\beta = \frac{2 \times p}{b} = 0.86ms$ 。转换查询时间  $\gamma = 0.2ms$ ，代理数  $N=50$ 。

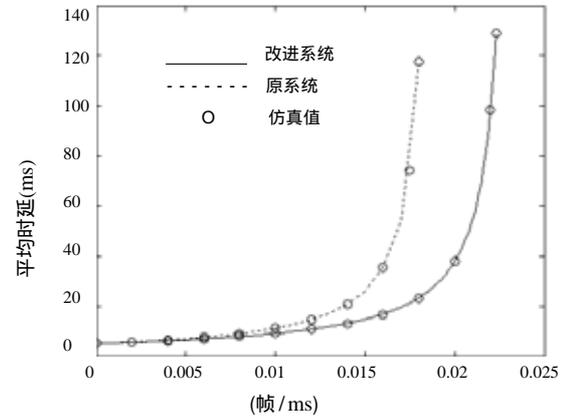


图 1 传输 SNMP 报文的平均时延

从图 1 中可以得出：理论计算值与仿真实验值是一致的；图 1 表明改进系统比原系统平均时延减小。两系统的吞吐量虽有相同的表达式  $S=Np$ ，但由于原系统在稳定性上受到转换查询时间的影响，其吞吐量的值域比新系统的小，因此基于 SNMP 的轮询方式传输管理信息时，改进系统减少了轮询的时延，提高了网络故障管理效率。

## 6 结束语

国内外许多学者都非常重视对目前网络管理中广泛使用的 SNMP 协议实现的改进，其目的是占用尽可能少的带宽资源来捕获被管对象的实时状态信息，从而达到对整个网络的高效管理。

本文通过对网络故障管理 SNMP 协议中传统轮询方式分析，提出了一种轮询的改进算法，并通过仿真实验进行了验证，同时说明了改进算法减少了时延，提高了网络故障管理的效率，从而提高了管理带宽的利用率和网络管理的性能。

## 参考文献

- 1 Case J, Fedor M, Schoffstall M, et al. A Simple Network Management Protocol(SNMP)[S]. RFC 1157, 1990.
- 2 Ohta K, Sun N, Mansfield G, et al. Effective Polling Control for Network Management Using SNMP[R]. IEICE Technical Reports: IN94-135, 1994: 91-96.
- 3 Ika T, Ohta K, Kato N, et al. Management Information Gathering on Wide-area Network in Consideration of Information Accuracy[C]. Proc. of the IEICE General Conference, 1997.
- 4 Moghe P, Evangelista M. Rap - Rate Adaptive Polling for Network Management Applications[C]. Proc. of the IEEE/IFIP Network Operation and Management Symposium, 1998.
- 5 赵东风, 李必海, 郑苏民. 周期查询模式限定服务排队系统研究[J]. 电子科学学报, 1997, 19(1): 44-49.