

分布式网络监控系统中网链路负荷均衡方法研究

杜 旋,姜学峰,王正敏,李 威,董惠良

(杭州师范大学 信息科学与工程学院,浙江 杭州 311121)

摘 要: 针对分布式网络监控系统中网链路易发生拥塞、负荷均衡度差的不足,提出一种基于蚁群算法的分布式网络监控系统网链路负荷均衡方法. 首先构建蚁群机制模型,通过模拟蚁群个体之间信息素传递和相互作用,判断各路径中的信息素浓度,合理分配分布式网络监控系统网络负荷的可用路径,缓解由于网络数据过于集中于特定路径为造成的网络拥塞,实现分布式网络监控系统网链路负荷的均衡分配. 实验证明提出的方法能够有效缩短自适应时间、降低丢包现象、提高网络带宽的利用率.

关键词: 网络监控; 网链路负荷; 均衡

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)02—0101—04

The Research of Distributed Network Monitoring System Network Link Load Balancing Method

DU Xuan,JIANG Xue-feng,WANG Zheng-min,LI Wei,DONG Hui-liang

(School of Information Science and Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China)

Abstract: According to the distributed network monitoring system in chain Louis insufficient congestion, load balancing, proposes an ant colony algorithm of distributed network monitoring system based on network link load balancing method. Firstly, the ant colony mechanism model, through simulation of ant colony pheromone transfer between individuals and interactions, determine the path of the pheromone concentration, reasonable allocation of available paths in a distributed network monitoring system to ease the load of the network, as the network data is too focused on the specific path for network congestion, to achieve a balanced allocation of distributed network monitoring system network link load. The experimental results show that the proposed method can effectively shorten the adaptive time, reduce the packet loss, and improve the utilization of network bandwidth.

Key words: network monitoring; network link load; balance

1 引 言

近年来,随着互联网的快速发展,网络中实时业务量不断增加^[1-2],不可避免地出现了网络资源和流量分布不均衡及网络拥塞的现象^[3-4],分布式网络监控系统中同样会存在网链路负荷不均衡的现象. 网络监控系统链路负荷的优化与均衡问题,是互联网资源有效管理的重要课题,研究的主要目的是使网络监控系统的流量,能够合理地分配到系统全部可用路径中,提高分布式网络监控系统的服务质量,并缓解网络拥塞的现状^[5-6]. 传统的粒子群算法^[7-8]在

突发数据量增大的情况下,往往会加重网络拥塞而引起分组数据的丢失,自适应时间长、网络带宽利用率较低^[9-10].

本文提出一种基于蚁群算法的分布式网络监控系统网链路负荷均衡方法研究. 首先构建了一种适用于分布式网络监控系统的蚁群机制模型,通过模拟蚁群行为及蚂蚁个体之间信息素传递的方式,评估汇总各路径的数据信息素浓度. 对分布式网络监控系统网络负荷的可用路径做合理的调控和分配,缓解由于网络数据过于集中于特定路径造成的网络拥塞,实现分布式网络监控系统网链路负荷的均衡

分配. 实验证明提出的方法能够有效提高网络带宽的利用率、缩短自适应时间、降低监控系统的丢包率.

2 基于蚁群算法的分布式网络监控系统中网链路负荷均衡方法研究

为了解决分布式网络监控系统中负荷分配不均衡及链路拥塞的问题, 不能简单地采用增加网络资源的粗放型方式^[11-12]. 从控制成本及充分利用现有资源的角度出发, 本文引入了蚁群算法来解决分布式网络监控系统的链路负荷均衡问题.

本文算法基于蚁群中的信息素对网链路中的最优路径进行选择, 通过网络负载的分担机制优化路径, 并有效地避免网络拥塞现象. 本文提出的蚁群算法通过模拟生物蚁群的行为, 增强目标蚁群释放的信息度浓度, 同时削弱其他种群的信息度浓度. 通过蚁群之间的竞争, 实现路径信息素的相互作用及寻优.

2.1 蚁群机制模型的构建

本文首先来构建蚁群活动机制模型, 以蚁群来表示分布式网络监控系统的数据传输, 通过模拟蚁群个体之间信息素传递和相互作用, 识别路径中的信息素浓度, 缓解由于网络数据过于集中而造成的网络拥塞.

设分布式网络监控系统中蚁群的寻优路径分别为 $L_1, L_2, \dots, L_n$. 在 t 时刻模拟蚁群中的个体 x , 从节点 n_1 运动到节点 n_2 的概率 P 可以表示为

$$P(t) = \frac{\left[\kappa(t) \right]^{\theta_1} \left[\lambda(t) \right]^{\theta_2}}{\sum \left[\kappa(t) \right]^{\theta_1} \left[\lambda(t) \right]^{\theta_2} \cdot \left[1 + \sum \theta_3(t) \right]} \quad (1)$$

设 s 为蚁群个体可以选择的下一节点的集合, 则式(1)在两种情况下的概率的条件分别为 $s \in \{1, 2, \dots, n-1\}$, $s \notin \{1, 2, \dots, n-1\}$, 随机概率和转移概率共同决定下一个节点的选择.

参数 λ 和参数 κ 分别为节点转移的启发度因子和蚁群个体从节点 n_1 运动到节点 n_2 的信息素浓度. θ_1 和 θ_2 分别为累计信息重要性因子和启发信息重要性的因子, θ_3 为蚁群之间信息素的抑制因子. 其中, $1 + \sum \theta_3(t)$ 为蚁群间信息素的抑制模型, m 为当前迭代周期内的蚁群个体数量, 那么 θ_3 可以定义为

$$\theta_3 = \frac{1}{m} \sum_{i,j=1}^n P(t) \quad (2)$$

受到信息素抑制的影响, 在同一路径的不同蚁

群之间的信息相互抑制, 这种相互抑制作用使不同链路中的蚂蚁个体数量保持均衡, 即网链路负载相对均衡. 新的蚁群中的个体由于这种抑制作用而选择其他的种群, 因此整个分布式网络监控系统的性能, 不会因为某一链路的数据拥塞而下降.

整个分布式监控系统的网络更为复杂, 蚁群算法下的局部网络的路径信息素进行实时的更新, 第 $t+1$ 时刻的信息度浓度可以表示为

$$\kappa(t+1) = \varphi \cdot \kappa(t) + \xi(t) \cdot \sum_{i=1}^m \Delta \kappa(t) \quad (3)$$

式中, $\Delta \kappa(t)$ 为蚁群中个体释放的信息素, ξ 为其他蚁群对目标蚁群释放信息素的挥发因子, φ 为蚁群路径信息素挥发因子, ξ 可以描述为:

$$\xi(t) = \frac{m(t) + 1}{\sum_{i=1}^n m(t) + 1} \quad (4)$$

式中, m 为蚁群中个体数目, 其他蚁群对目标蚁群释放信息素的挥发因子, 可以依据目标蚁群内的个体数量来智能控制路径上的个体数量, 并调整信息素的挥发速度.

本文通过构建蚁群机制模型, 模拟蚁群个体之间信息素传递和相互作用, 判断各路径中的信息素浓度, 调整蚁群间信息素的挥发速度, 来实现均衡控制分布式网络监控系统的网链路负荷.

2.2 分布式网络监控系统中网链路负荷均衡处理的实现

构建完模拟蚁群机制模型, 继续依据分布式网络监控系统中的网链路中的信息素浓度及数据信息的流量来决定链路的选择, 实现系统网链路负荷的均衡控制.

假定蚁群中的单个个体都代表大小不一的数据包, 在一定带宽的链路上进行传输, 通过模拟蚁群机制模型可知, 路径信息素随时会进行更新. 位于边缘的信息素会减少常量因子的大小, 而其他的蚁群个体会增加边缘的信息素, 信息素蒸发的过程可以描述为

$$\kappa' = (1 - \zeta) \kappa, 0 < \zeta \leq 1 \quad (5)$$

参数 ζ 表示信息素的蒸发率, 能够避免信息素的无限积累. 信息素蒸发后, 蚁群个体在经过分布式监控系统的链路边缘时, 释放的信息素又可以表示为

$$\kappa' = \sum_{i,j=1}^n \Delta \kappa'_{i,j} + \kappa, \forall (i, j) \in m \quad (6)$$

$\Delta \kappa$ 可以被再次定义为

$$\Delta\kappa^n_{i,j} = \begin{cases} \frac{1}{\psi^n} \\ 0 \end{cases} \quad (7)$$

式中, ψ^n 表示第 n 只蚁群个体通过路径 L 的长度,即在 L 中所有边的长度和。

分布式网络监控系统的性能主要涉及到路径的带宽和延时,网络的环境动态决定路径负荷量的均衡控制。设常数 η 为理想状态下,路径上的信息素量; α 和 β 分别代表 t 时刻的丢包率和带宽利用率; $d(t)$ 和 τ 分别表示 t 时刻的监控网络的延时和带宽,那么蚁群个体在 t 时刻释放的信息量可以再次描述为

$$\Delta\kappa(t) = \eta \cdot \frac{1}{d(t)^{(1+\alpha)}} \cdot \frac{\tau}{\tau_{\max}^{(1+\beta)}} \quad (8)$$

式中, $\tau_{\max}$ 为带宽的最大值,本文通过对带宽利用率、丢包率及路径上的延时等三个变量做动态调整,使 $\Delta\kappa$ 随着分布式监控系统网络流量和不同链路负荷变化而做出适度的调整:

$$\Delta\kappa(t) \propto \frac{1}{[d(t), \alpha, \beta]} \quad (9)$$

分布式网络监控系统中网链路选择及网络拓扑结构,如图 1 所示。

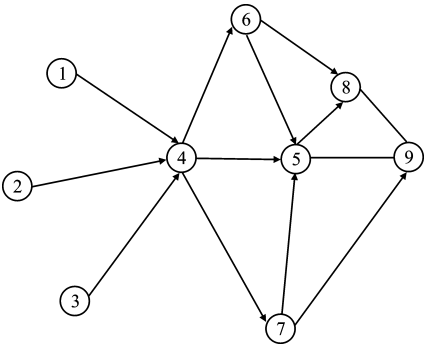


图 1 分布式网络监控系统拓扑结构简图

图 1 中,蚁群个体从原点 1,2,3 到目标地点有多种路径可以选择,但 1-4-5-9,2-4-5-9,3-4-5-9 是最短、最优的路径。如果蚁群个体都选择最优路径,由于带宽的限制,会造成该路径的网络拥塞,而其他路径会出现较低的带宽利用率,也就是出现了网络不均衡的现象。

本文基于蚁群算法,首先进行信息素的更新,计算各条网络链路的带宽利用率,判断分布式网络监控系统的各条链路是否超过了最高的负荷,如果超出了负荷,锁定该条链路,组织其他的蚁群个体从该链路通过;如果没有超过最高负荷,蚁群个体可以选择此条链路通过。如此循环计算,直至分布式网络监

控系统的各条链路负荷达到均衡。

本文提出了基于蚁群算法的分布式网络监控系统网链路负荷均衡方法研究。通过构建蚁群机制模型,模拟蚁群的行为,来判断各路径中的信息素浓度,合理分配并适时调整,缓解由于网络数据过于集中于某一最优路径特定路径为造成的网络拥塞,提高网络系统的整体性能,并最终实现分布式网络监控系统网链路负荷的均衡分配。

3 实验结果与分析

为验证本文提出基于蚁群算法的分布式网络监控系统网链路负荷均衡方法研究的有效性,本文进行了仿真实验。

在分布式网络监控系统的网链路发生拥塞现象时,分别采用基于粒子群的算法和本文蚁群算法对网络拥塞现象进行均衡的调度,结果如图 2 和图 3 所示,在路径转移概率和路径信息素两个指标的控制方面,本文提出的基于蚁群算法的分布式网络监控系统中网链路负荷均衡方法,都可以将指标控制在较低的水平,而且稳定性对比传统方法更具有优势。

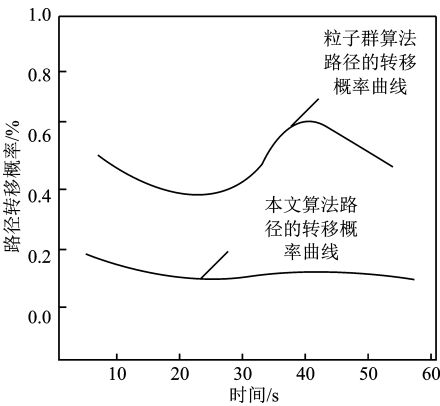


图 2 两种算法下路径转移概率曲线对比图

由于信息素的不断累积,蚁群中的个体也逐渐增多,而本文提出的蚁群算法通过蚁群个体间的信息素相互抑制作用,当信息素浓度增加到一定程度后,开始趋于稳定,并保持在适宜的水平,从而实现分布式网络监控系统链路负荷的均衡。

本文提出的蚁群算法能够控制不同路径下蚁群个体数量,即网络数据的流量。在丢包率控制方面,传统的粒子方法表现较差、丢包率高,而且随时间的变化,出现较大的波动,而本文方法能够使分布式网络监控系统的最优路径丢包率控制在一个较低的水平。

本文通过仿真实验证明了提出的基于蚁群算法

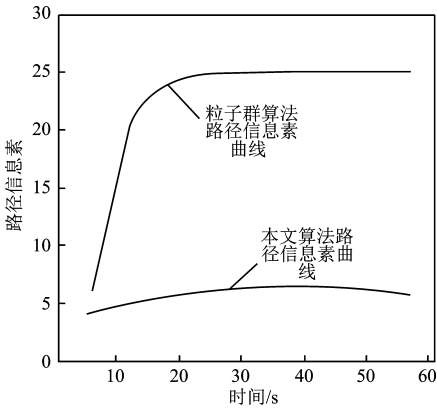


图 3 两种算法下路径转移概率曲线对比图

的网链路负荷均衡控制方法,能够缓解分布式监控网络的数据拥塞现象,并且在带宽利用率及网络丢包率等方面对比传统方法具有较大优势,从多个角度验证了本文方法的优越性.

4 结束语

为解决分布式网络监控系统中网链路负荷均衡度差的问题,本文提出一种基于蚁群算法的分布式网络监控系统网链路负荷均衡方法研究,通过模拟蚁群的行为,来判断各路径中的信息素浓度,进而对各路径的数据信息进行合理分配,实现分布式网络监控系统网链路的均衡负荷,仿真实验证明了提出方法的有效性.

参考文献:

[1] 宋彦京. OpenFlow 下分布式网络中相关负载均衡路由的研究[J]. 网络安全技术与应用, 2015, 32(11): 70-71.

[2] 陈孟元. 基于节点负载均衡的分布式光伏发电无线安全监控网络研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(1): 92-100.

[3] 贺昱洁. 负载均衡的大数据分布存储方法研究与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.

[4] 张萌洁. 分布式交通网络仿真平台的动态负载均衡算法研究及应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2015.

[5] 李文琴, 文俊浩. 基于多波长 SRP 的分布式 WDM 光网络光路建立研究[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(22): 217-224.

[6] 黄帅, 刘海颖, 杨毅钧, 等. 基于惯性网络的分布式信息融合算法[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(6): 34-54.

[7] 颜靖华. 分布式蓄电池监测系统中电压均衡技术研究[J]. 电源技术, 2015, 39(5): 975-976.

[8] 陈满电. 分布式交通网络仿真的负载均衡算法研究及设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2014.

[9] 王庆福. 基于负载均衡自组织网络电源监控系统的设计[J]. 电源技术, 2014, 38(6): 1145-1146.

[10] 李淑英, 邱瑞昌, 杨春, 等. 混合动力动车组网络监控分析与实现[J]. 电子设计工程, 2016, 24(2): 117-120.

[11] 王亚维. 高渗透率光伏发电系统中网源互动技术的研究[D]. 上海: 上海电力学院, 2015.

[12] 朱虹宇, 李挺, 闫健恩, 等. 基于动态负载均衡的分布式任务调度算法研究[J]. 高技术通讯, 2014, 24(12): 1261-1269.

作者简介:

杜旋男, (1987-), 硕士, 工程师. 研究方向为物联网及应用. E-mail: ss356398632@163.com.

姜学峰男, (1966-), 硕士, 工程师. 研究方向为计算机应用开发及管理工作.

王正敏男, (1979-), 硕士研究生, 工程师. 研究方向为矿业.

李威男, (1984-), 硕士研究生, 工程师. 研究方向为网络与信息安全.

董惠良男, (1986-), 工程师. 研究方向为信息智能化.

(上接第 100 页)

[5] Broilo M, De Natale F G B. A stochastic approach to image retrieval using relevance feedback and particle swarm optimization[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2010, 12(4): 267-277.

[6] 唐朝霞, 章慧, 徐冬梅. 一种改进的粒子群算法和相关反馈的图像检索[J]. 计算机科学, 2011, 38(10): 278-280.

[7] 许相莉, 张利彪, 刘向东, 等. 基于粒子群的图像检索相关反馈算法[J]. 电子学报, 2010, 38(8): 1935-1940.

[8] 黄太安, 生佳根, 徐红洋, 等. 一种改进的简化粒子群算法[J]. 计算机仿真, 2013, 20(2): 327-330.

[9] Broilo M, Rocca P, F G B De Natale. Content-based

image retrieval by a semi-supervised particle swarm optimization[C]// Workshop Multimedia Signal Processing, 2008. Copenhagen, 2008.

作者简介:

银莉女, (1991-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法. E-mail: 826082049@qq.com.

靳雁霞女, (1973-), 博士, 副教授. 研究方向为智能优化算法、虚拟现实技术.

张晓闻女, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法.

张鑫男, (1994-), 硕士研究生. 研究方向为智能优化算法.