

文章编号: 0258-7025(2008)Supplement2-0110-05

一种可部署在重路由光网络中实现有效连接管理的策略——基于分布式代理与蚁群算法

郑滢雷 顾婉仪 黄善国 王 茹 连伟华 罗 沛

(北京邮电大学光通信与光波技术教育部重点实验室, 北京 100876)

摘要 在大型骨干光网络中, 建立一条从源节点到宿节点的路由至关重要。在集中式网络管理系统体系下, 网络中动态路由信息以及故障状态信息, 通过路由的“泛洪”机制, 被传送到其他节点上实现资源信息共享, 这对于连接的迅速建立, 恢复路由的快速启动将是不利的。尝试采用一种启发式算法—蚁群策略, 快速提高光网络中故障恢复的速度。该路由算法平台采用了分布式蚁群算法自动修复故障点, 解决了重路由的快速收敛问题; 依靠分布式代理机制构建管理平面和数据平面相互通信的机制, 完成诸如链路信息素的更新等功能。设计了一个网络故障的场景, 通过实验数据表明, 采用蚁群的分布式路由策略, 可以更快地实现路由信息的汇聚, 找到最佳的恢复路由。

关键词 光网络; 蚁群算法; 分布式移动代理; 连接管理; 故障管理

中图分类号 TN915.07 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL200835s2.0110

Integrating Mobile Agents and Ant Colony Algorithm for Efficient Network Connection Management in Re-routing Optical Network

Zheng Yanlei Gu Wanyi Huang Shanguo Wang Ru Lian Weihua Luo Pei

(*Key Laboratory of Optical Communication and Lightwave Technologies, Ministry of Education, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China*)

Abstract In large optical networks, it is important to establish a connection from source node to destination node. In the centralized network management systems, the dynamical routing information and the states messages for failure have to be shared by the “flood” mechanism in the whole networks. Obviously, this scheme is a serious concern because the considerable “flood” packets will jam into the network. The paper tries to introduce ant colony algorithm to improve the fault recovery for routing problem. The algorithm is applied into routing computation platform for searching and recovery the impaired routes. The application of mobile agents can be as the communication entities between the management plane and data plane. They offer several benefits, such as alarms indication for failures, the refreshment of the pheromone level. Finally, full experimental data show that the fast convergence of routing information can be realized by using the proposed distributed scheme in the scene based on our routing tested.

Key words optical network; ant colony algorithm; mobile agents; connection management; fault management

1 引言

用户对于网络的满意度取决于网络对于业务的响应速度以及数据传输过程中是否可靠^[1]。在传统

的光网络中, 连接的请求首先到达网络管理系统, 网管系统根据当前的网络中的资源占用情况, 动态分配一条空闲路由, 同时指定相应节点上的端口和

基金项目: 国家 863 计划(2006AA01Z246)、国家自然科学基金(60702005)和教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0112)资助课题。

作者简介: 郑滢雷(1978—), 男, 北京人, 博士研究生, 主要从事光网络的控制与管理方面的研究。

E-mail: Leonard.zheng@gmail.com

导师简介: 顾婉仪(1945—), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事全光通信网、光纤放大器、超长距离波分复用系统和自动交换光网络方面的研究。E-mail: wyg@bupt.edu.cn.

波长。

为了实现连接的自动、快速的建立自动交换光网络(ASON)体系结构中创造性地提出了控制平面,使得控制与管理相分离,在控制平面内启用了通用多协议标签交换(GMPLS)协议来实现智能性^[2~4]。当连接请求到达控制平面上后,源节点根据控制平面内的路由“泛洪”信息,自动计算出一条路径,采用信令技术和链路资源管理协议根据网络状态分配可用资源,建立一条光通道。网络中资源的动态变化,将会导致控制平面内的路由和控制信息大量地广播。如果网络中出现多点故障,也将会造成控制平面内告警包的大量拥塞。一方面,要求网络节点尽可能多地用于承载所有的用户需求,一方面大量的节点将产生广播风暴包,造成域内的网络拥塞。分布式的控制机制可以很好地解决这个问题,而且可以很好地利用本地的资源服务于实时业务。

本文开发了一个基于分布式蚂蚁算法的网络路由测试平台。在光层上引入管理控制台和路由控制台;模拟了业务的建立过程,对于连接的建立时间做了很好的描述。在控制平面内使用移动代理技术完成告警的搜集以及信息素的更新工作。实验证明,采用蚂蚁找食的方式为解决网络中路由的问题提供了一个新的途径。

2 移动代理以及蚁群算法

2.1 移动代理

移动代理(MA)产生于智能专家系统和分布式计算环境的交叉领域。智能专家系统工作在中心集中式的模式下,具备某一特定领域的大量的知识,拥有类似人类专家思维的推理能力。这段计算机程序将为网络设备的行为做出判断。分布式计算环境提供了网络环境下不同软、硬件平台资源共享和互操作的有效手段。环路设备(DCE)是一种集成分布式环境,主要解决不同网络环境下应用程序间的互用性问题。DCE结构支持客户机/服务器应用程序的构建和整合,避免了分布式处理器的内部复杂程度。移动代理是一段可以自主在网络中进行行走的程序码,携带着网管的任务,分送到网元上执行既定程序^[5]。由于MA具备移动性,智能性和自主性,被广泛地研究及应用在各个领域。与网管直接和网元通信进行网管操作相比较,采用MA的技术来实现网元上固定程序的执行,效率要高很多。这种思想也被应用在网络路由测试平台上,用以提供链路

信息素的更新工作。

2.2 蚁群算法

蚂蚁是一种社会群居性动物,对外很多行为都是众多个体相互协作共同完成的。蚂蚁在觅食过程中,会在自己所经历过的路径上留下一定量的信息素。后续的找食蚂蚁将会在遇到岔路口时,依靠选择路径上信息素留下最浓重的方向继续自己的爬行,直到到达目的地^[6]。单只的蚂蚁觅食的路径随机性很大,但越多的蚂蚁走过的路径被后续蚂蚁选中的概率也就越大,这个过程符合正反馈规律。借助蚂蚁的这种特性进行分布式的路由选择,有效避免了路由控制消息在全网范围内广播,在路由收敛上获得有益的尝试。

3 蚁群智能系统的测试平台

3.1 整体框架

拟构建20个光节点,应用5台计算机,每一台设备上模拟4个逻辑光节点的路由控制器。采用统一的管理控制台作为人机交互的窗口,能够提供类似ASON网络体系中的管理平面和控制平面双层结构,从而实现蚂蚁算法的路由策略。

3.2 双层拓扑一致

根据ASON协议的规范要求,控制平面拓扑与数据平面拓扑尽可能最大化的保持一致,由控制平面内的连接和控制器负责实现光层上的智能性^[7,8]。每一个智能光节点将由高性能的路由器和光开关矩阵组成,如图1所示。从物理拓扑上来看,网络将构成双层结构,在拓扑规划上有两种方案。基于光层节点的全联通配置结构的连通性和可靠性是最好的,网络的规划和构建思路简单。在光层节点拓扑中减少一些边链路的结构可以构建树型配置,其网络的代价最小。采用双层拓扑一致结构,是为了各个控制器中具备更少的控制参数。这样,每一个高性能的路由器中将只携带自己所对应的光层资源进行定向控制,解决了节点之间控制信息的冗余和同步问题。

3.3 连接管理

当一条连接请求到达管理平面后,网管中心将通知源节点中的控制器中的连接控制器(CC)模块,CC模块根据业务的参数向路由控制器(RC)模块请求一条最近的路径。CC模块随即会沿着这条给定的路径发送信令消息。所经历过的控制器将采用链路资源管理模块(LRM)协议进行本地资源的协调,找到合适的端口和波长为该连接分配资源。当

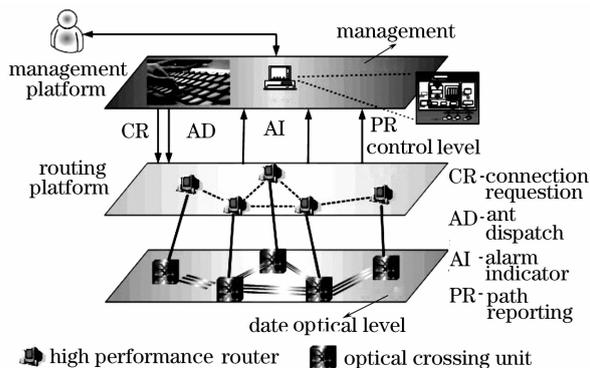


图 1 网络测试平台的逻辑结构

Fig. 1 Logical structure of network testing platform

PathResv 消息返回到源节点后,这条链路搭建成功^[9]。

网络路由测试平台上用以解决网络任意节点的路由获取问题。用户从管理控制台向路由控制台发出一条连接的业务请求。连接请求中携带源节点、目的节点地址和路径最短要求。管理控制台向路由控制台发出 m 只蚂蚁,投放到源节点上,并启动蚂蚁算法。

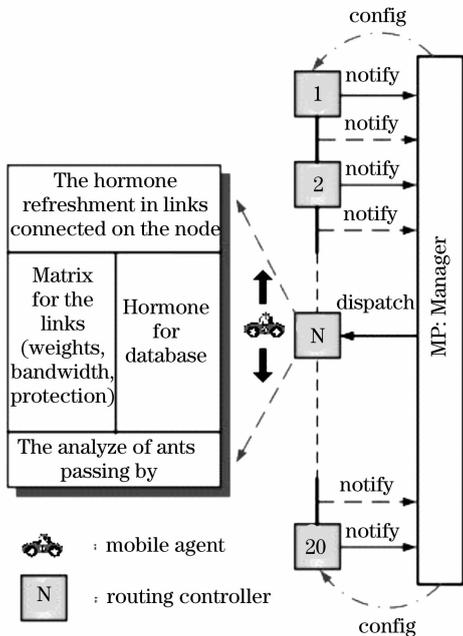


图 2 网络测试平台功能的逻辑说明

Fig. 2 Logical function illustration of network testing platform

由于第一批中的 m 只蚂蚁无参考经验,只能在网络中不断尝试寻找目的节点,效率低而且所得的解路径不是最优的。当第一批所有的 m 只蚂蚁(排除个别蚂蚁进入死循环,超时“自杀”外)到达目的节点后,网络中的链路上记载下每只蚂蚁所经历过的次数。目的节点将会把每只蚂蚁所经历的链路序列

通告给网管中心,网管中心根据某种最短径算法得到一条最佳路由。为了使链路上的标识(信息素)作用突显出来,网管中心采用移动代理策略,将链路信息状态更改的命令发往网络中^[10]。MA 根据最佳路径的标识把网络中相应的路径进行信息素的增加,同时启动链路定时器,增加链路挥发进程。接着,网管中心将继续发送多批(每一批 $m = 10$)蚂蚁,实现寻找从源节点到目的节点的寻路过程,整个过程如图 2 所示。

3.4 恢复方案

蚁群将以 f_m 的频率不断地投入到网络中。经过多次几代的寻路过程,网管中心将得到一条最佳的收敛路径,继续往网络中投放的蚂蚁也将重复性的从源节点到目的节点地游走在这条既定路径上。在光层业务传输的持续时间内,路由控制台将始终维系着这条蚂蚁路径。这么做的好处是,在光层数据传输过程中,控制平面内如果出现链路或是节点故障,可以起到及时的故障修补工作,将不会影响到光层上的资源释放等操作。

在网络路由平台上,由管理控制台发起一个随机的故障类型(节点或是故障)。基于 IP 网络的控制平面将实现一个基于该连接业务的故障点,并把具体的类型及参数报告给网管中心。通常情况下,网管系统将把这个故障在控制平面内进行泛洪广播,使得源节点重新建立一条受限的路由,在绕开故障点的同时,尽可能地最大化沿用已有的路由节点。采用了一种蚂蚁恢复的策略,当蚂蚁在控制平面上沿着这条路径游走的时候,遇到故障点,不论是节点还是链路问题,可以立刻在相邻的倒换节点上启动选路策略。采用蚂蚁算法进行故障点的屏蔽最大的好处在于仅对网络中受损的部位进行迂回恢复,不影响整条的标签交换路径(LSP)上其他路由点,这样对于该业务的保持和拆除工作带来了更大的便捷。在我们的测试床上,同时比较了这两种网络恢复的方式。

4 测试床和结果

在 5 台高性能计算机上模拟光网络中的 20 个控制节点,其中每一台中包含 4 个逻辑点,每一台计算机中为 4 个节点建立了配套的控制参数数据库。网络的拓扑如图 3 所示,建立拓扑的数据库文件中携带节点和链路信息。节点上的信息有计数器(记载蚂蚁的途经个数)和信息素的数据库;链路上的信息有链路权重(路径长度,带宽以及保护类型)。

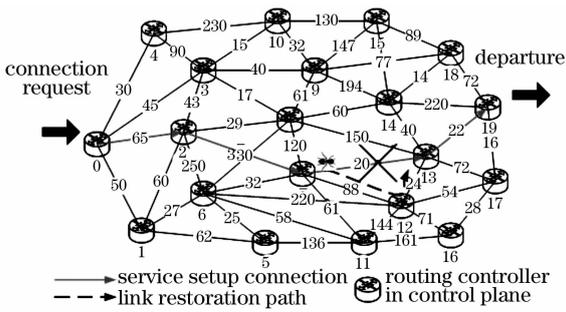


图3 网络测试平台的拓扑结构及路径描述

Fig. 3 Topology and path description in network testing platform

在已选定的拓扑图中,经过测试实验,网管系统中心根据智能系统识别,选定自适应的算法参数:路径轨迹的相对重要性 $\alpha = 1.0$; 路径可见度的相对重要性 $\beta = 0.2$; 信息素浓度保留程度 $\rho = 0.1$; 常数 Q 设置为 $10^{[11]}$ 。

一条业务请求到达后,网管中心将计算出一条从源节点到目的节点的最短路径(D算法)作为蚂蚁收敛的标准。网管中心随即在源节点上启用蚁群优化算法。当收敛路径找到后,蚂蚁群仍然沿着这条路径游走,蚂蚁的这种行为了在维系着当前连接的持续过程。通过路由控制台上报管理控制台,网管系统可以决定是否结束这次迭代过程,或是开始启动故障恢复程序。整个数据结果见图4所示。

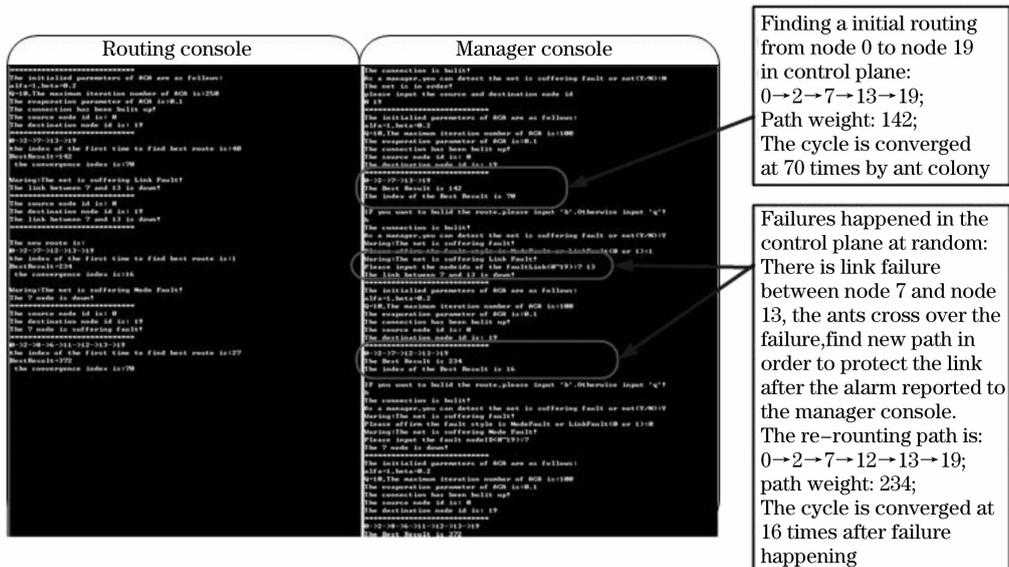


图4 网络测试平台的数据结果

Fig. 4 Statistical results from the network testing platform

5 今后的工作

在测试床上,项目组尝试了很多创新性的工作,但是一些算法和协议需要得到进一步的研究和观察。将把网络的业务模型和流量工程加入到这个平台上,网络上的权重不仅由路径的长短来决定,加上业务当前的拥塞度,可以更佳准确地描述网络的真实状态;如果网络平台不考虑业务流量的问题,则很难把仿真现象应用到具体的业务连接管理的工程实际中。

移动代理特性具备了很多好的功能。该测试平台中,把 MA 应用在链路信息素的更新上。早期,项目组已经用 C++ 语言开发了 MA 工具应用在链

路资源的分配上,作为附属功能实现,相信这可以为该测试平台提供更好的帮助。

6 结 论

实现了应用五台计算机模拟 20 个控制节点,构建蚁群算法和移动代理的联合测试平台。诸如:连接业务管理,故障管理等功能,在这个平台上得到了有效的仿真和应用。通过蚁群算法(ACA)与 MA 联合测试网络平台的开发工作,为探索、研究分布式网络管理体系标准及其应用化进程,起到了一个良好的推动作用。

参 考 文 献

- 1 Zhang Chengliang. Optical service requirements for the automatically switched optical network[J]. *Telecommunication Science*, 2003, **8**:26~28
张成良. ASON 网络业务及要求[J]. *电信科学*, 2003, **8**:26~28
- 2 Andrzej Jajszyk. The ASON approach to the control plane for optical networks [J]. *ICTON*, 2004, **4**:87~90
- 3 Alan McGuire, Shehzad Mirza, Darren Freeland *et al.*. Application of control plane technology to dynamic configuration management [J]. *IEEE Communications Magazine*, 2001, **39**: 94~99
- 4 Satoru Okamoto, Atsushi Watanabe, Ken-Ichi Sato. Optical path cross-connect node architectures for photonic transport network [J]. *Journal of Lightwave Technology*, 1996, **14** (6): 1410~1422
- 5 Manoj Kumar Kona, Chengzhong Xu. A framework for network management using mobile agents [J]. *Computer Society*, 2002, 227~234
- 6 Chen Hao. The principle and application of ant colony optimization [J]. *Journal of Hubei University*, 2006, **28**(4): 350~352
陈昊. 蚁群优化算法的原理及其应用[J]. *湖北大学学报*, 2006, **28**(4): 350~352
- 7 Lampros Raptis, Giorgos Chatziliadis, Antonio Manzalini *et al.*. Design and experiments of an automatic switched optical network [J]. *ECOC*, 2001, 3: 256~257
- 8 Architecture for the automatically switched optical network (ASON)[M]. Nov. 2001, ITU-T G. 8080/Y. 1304
- 9 Xin Yu, Yanhe Li, Xiaoping Zheng *et al.*. A hierarchical extension to RSVP-TE for fast lightpath setup in dynamic optical networks[J]. *Photon Network Communications*, 2007, **13**: 67~78
- 10 Guillaume Autran, Xining Li. Large scale deployment a mobile agent approach to network management [J]. *IEEE Computer Society*, 2008, 614~619
- 11 Ye Zhiwei, Zheng Zhaobao. Configuration of parameters α, β, ρ in ant algorithm[J]. *Journal of Wuhan University*, 2004, **29** (7): 597~601
叶志伟, 郑肇葆. 蚁群算法中参数 α, β, ρ 设置的研究[J]. *武汉大学学报*, 2004, **29**(7): 597~601