

# 粒子群算法和 Qos 约束对 EIGRP 度量算法的优化

王 亮<sup>1</sup>, 胡冠宇<sup>1</sup>, 孙秀莉<sup>2</sup>

(1. 长春工业大学 软件职业技术学院, 吉林 长春 130012; 2. 德惠市实验中学信息技术组, 吉林 德惠 130300)

**摘 要:** 针对 EIGRP 协议无法适应高速复杂网络、不考虑服务质量的缺点, 提出了一种基于粒子群算法和 Qos 约束路由的计算 EIGRP 混合度量值的算法. 分析了 EIGRP 协议计算路径开销主要依据的五个指标在应用中的特点, 并在此基础上建立模型, 将粒子群算法应用到该模型中实现路径的寻优. 仿真结果表明, 粒子群算法用于该模型中能够得到很好的收敛速度和寻优结果.

**关键词:** EIGRP; 粒子群算法; QOS; 约束

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1007-2683(2012)04-0088-04

## The Optimization of EIGRP Algorithm Based on Particle Swarm and Qos Constraint

WANG Liang<sup>1</sup>, HU Guan-yu<sup>1</sup>, SUN Xiu-li<sup>2</sup>

(1. School of Software Technology Vocational College, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China;

2. Information Technology Group of Dehui City Experimental Middle School, Dehui 130300, China)

**Abstract:** Against the shortcomings that EIGRP protocol can not adapt to the complex network of high-speed, and does not consider quality of service, we proposed an algorithm of the optimization of EIGRP mixed measure based on particle swarm and Qos Constraint-Based Routing. Analysis of the five indicators in the application characteristics of EIGRP protocol overhead mainly based on calculating the path. On this basis, we established a model, put the particle swarm algorithm applied to the model, and achieved the path optimization. Simulation results show that it can be a very good convergence speed and optimization results.

**Key words:** EIGRP; particle swarm; Qos; constraint

## 0 引 言

目前比较流行的内部网关协议(IGP)主要有 IETF 的 RIP、OSPF 和 Cisco 的 EIGRP 三种. 采用了距离矢量(DV)路由算法的 RIP 以路由跳数作为唯一的“距离”使得它不仅只能支持较小规模的网络, 还需要解决环路问题, 更重要的是 RIP 的收敛速度非常慢. 采用了最短路径优先(SPF)的 OSPF 虽然适合大规模网络, 并且也不需要解决环路问题<sup>[1]</sup>, 但

是它却需要详细区分下层网络(数据链路层)的类型, 而且为了维护整个网络的拓扑信息, 每个路由器需要耗费大量的硬件资源. 相比较于以上两种协议, Cisco 公司开发的 EIGRP 路由协议集合了 RIP 与 OSPF 的优点, 使其即适合大规模网络, 又利用弥散散列算法(DUAL)避免了路由环路, 还利用限定更新技术使得路由信息大量减少, 提高了信道利用率. 所以在全 Cisco 的网络中采用 EIGRP 协议是一个非常好的选择.

但是, EIGRP 计算路由开销的五个指标(带宽、

延迟、可靠性、负载和最大传输单元) 在实际应用中仅仅用了其中两个: 带宽和延迟. 这是因为其他的指标都是动态变化的, 在高速网络中变化的更为剧烈. 所以 EIGRP 并不适用于下一代的高速网络.

本文针对上述问题, 提出了一种基于 Qos 约束的 EIGRP 路由算法, 并采用粒子群算法求解最优路由<sup>[4]</sup>. 该算法主要是针对高速网络拓扑时刻变化, 网络环境复杂多变的特点, 通过设计使服务质量性能参数时刻变化的函数实现的. 然后将粒子群算法应用到该模型中实现路径的寻优<sup>[5]</sup>. 仿真结果表明, 粒子群算法用于该模型中能够得到很好的收敛速度和寻优结果.

## 1 EIGRP 概述

即增强网关内部路由线路协议. 是 Cisco 公司开发的距离矢量的路由选择协议 EIGRP (enhanced interior gateway routing protocol, EIGRP). 虽然说它是距离矢量的路由选择协议, EIGRP 也同时结合了链路状态路由选择协议的特点, 采用 DUAL 算法来实现快速收敛, 并且避免环路, 可以不发送定期的路由更新信息以减少带宽的占用. 另外, 由于不是 IETF 开发的, 所以它支持 Appletalk、IP、Novell 和 NetWare 等多种网络层协议.

EIGRP 主要根据带宽、延迟、可靠性、负载和最大传输单元五个参数来计算路径开销. 在广域网 (WAN) 链路上的带宽是 ISP 向用户收取费用的依据, 要根据用户的业务需要支付相应的费用来获取相应的带宽. 而延迟这个参数只是在计算路径开销的过程中起作用, 并不会影响真正的转发时间, 所以可以通过变换这项参数来变化路径开销, 帮助路由器选择更合理的路由.

几乎所有的动态路由选择协议都支持链路的负载均衡, EIGRP 也不例外. 在 EIGRP 的配置中我们可以使用 `maximum - paths < number >` 命令来设置到达同一目标网络路由的条目数, 除此之外, 可以使用 `variance < number >` 命令设置非等价负载均衡链路的条数, 这是其他路由协议比如 RIP、OSPF 所不能支持的.

EIGRP 利用 DUAL 算法来避免环路, 同时计算生成的路由的可行性条件, 就是通告距离 (AD) 要小于可行距离 (FD), 即  $AD < FD$ . 但是, 可行性条件有的时候可能会对生成路由产生影响, 本来可以出现在路由表中的非等价链路由于不满足可行性条件

而被拒之门外, 为了这样的路由信息能够出现在路由表中, 可以更改 EIGRP 路由器计算开销的参数, 使其满足可行性条件.

## 2 粒子群算法概述

粒子群优化 (particle swarm optimization, PSO) 算法是由 Kennedy 和 Eberhart<sup>[6]</sup> 在 1995 年提出的一种目标优化的算法, 属于群体智能算法 (启发式算法), 通过模拟自然界生物的群行为来构造随机优化算法. PSO 是对生物群体的全局行为进行模拟, 最早源于对鸟群觅食行为的研究<sup>[7]</sup>. 在生物的种群中存在着个体和个体、个体和群体之间的相互作用、以及相互影响的行为模式, 这种行为模式体现的是一种存在于生物群体中的信息共享及反馈机制.

粒子群算法是一个非常简单的算法, 能够优化各种函数, PSO 介于遗传算法和进化规划之间. 依赖于随机的过程, 目前公认的标准粒子群算法是 Shi 和 Eber 于 1998 年的 IEEE 国际进化计算学术会议发表的惯性权重的粒子群算法<sup>[8]</sup>.

在粒子群算法中, 每一个个体称为“粒子”, 其本质代表着一个潜在解. 在 N 维度空间搜索目标解时, 每个粒子代表一个空间上的点. 粒子的数量称为群体规模<sup>[9]</sup>.

## 3 基于粒子群算法的多约束 EIGRP 路由改进

EIGRP 选择一条主路由 (最佳路由) 和一条备份路由放在 topology table (EIGRP 到目的地支持最多 6 条链路) 中. 它支持几种路由类型: 内部、外部 (非 EIGRP) 和汇总路由. EIGRP 使用混合度来衡量路径开销 (Metric).

### 3.1 EIGRP Metric 的 5 个标准

- 1) 带宽 (bandwidth):  $10^7$  除以源和目标之间最低的带宽乘以 256, 单位是 bps.
- 2) 延迟 (delay): 接口的累积延迟乘以 256, 单位是  $10\mu s$ .
- 3) 可靠性 (reliability): 根据 keepalive 而定的源和目的之间最不可靠的可靠度的值.
- 4) 负载 (loading): 根据包速率和接口配置带宽而定的源和目的之间最不差的负载的值.
- 5) 最大传输单元 (MTU): 路径中最小的 MTU.

MTU 包含在 EIGRP 的路由更新里,但是一般不参与 EIGRP 度的运算.

### 3.2 带有 Qos 约束的 EIGRP Metric 模型

EIGRP 度量值的计算公式为:

$$\text{metric} = 256 \left[ K_1 \times \text{bandwidth} + \left( K_2 \times \frac{\text{bandwidth}}{256 - \text{load}} + K_3 \times \text{delay} \right) \times \left[ K_5 / \text{reliability} + K_4 \right] \right] \quad (1)$$

其中:  $\text{bandwidth} = 10^7 / \text{最小带宽}$ ;  $\text{delay} = \sum \text{延时} / 10$ .

默认情况下,  $K_1$  和  $K_3$  是 1, 其他的  $K$  值都是 0.

所以通常情况下,  $\text{度量值} = 256 \times (10^7 / \text{最小带宽} + \sum \text{延时} / 10)$  (2)

对于可靠性和负载两项参数是随着网络环境动态变化的, 所以作为衡量开销的参数会增加路由器硬件资源的工作量, 一般情况下不被采用. 而最大传输单元会决定报文的尺寸, 轻易不能更改. 所以 Cisco 公司默认衡量开销的参数只有带宽和延迟两项, 这样并不能适应变化的复杂网络, 这种在固定的网络拓扑环境下去研究静态路由的方法已经不能够适应下一代高速的网络.

另外以往的 EIGRP 度量值计算并没有考虑服务质量 (Qos) 的问题, 也就是没有加入约束条件, 这样计算出的路由往往并不能令我们满意.

所以可以将公式 (1) 看做目标函数  $z$ :

$$\min z = 256$$

$$\left[ K_1 \times \text{bandwidth} + \left( K_2 \times \frac{\text{bandwidth}}{256 - \text{load}} + K_3 \times \text{delay} \right) \times \left[ K_5 / \text{reliability} + K_4 \right] \right]$$

约束条件假定为:

- 1)  $\text{bandwidth} \geq A$ ;
- 2)  $\text{delay} \leq B$ ;
- 3)  $\text{load} \leq C$ ;
- 4)  $\text{reliability} \geq D$ .<sup>[8]</sup>

其中:  $A$  表示带宽约束, 要求源节点到目的节点的链路与节点的带宽不小于该值;  $B$  表示时延约束, 要求源节点到目的节点的链路与节点的时延不大于该值;  $C$  表示负载约束, 要求源节点到目的节点的链路与节点的负载不大于该值;  $D$  表示可靠性约束, 要求源节点到目的节点的链路与节点的带宽不小于该值; 要满足上述 4 个约束条件的问题求解是属于求解目标优化问题.

将其化成标准型:

$$\max z' = -256 \left[ K_1 \text{bandwidth} + \left( K_2 \frac{\text{bandwidth}}{256 - \text{load}} + K_3 \text{delay} \right) \times \left[ K_5 / \text{reliability} + K_4 \right] \right]$$

$$\begin{cases} \text{bandwidth} - x_1 = A; \\ \text{delay} + x_2 = B; \\ \text{load} + x_3 = C; \\ \text{reliability} - x_4 = D; \\ \text{bandwidth, delay, load, reliability, } x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \end{cases}$$

只要找到使  $z'$  达到最大值的路由, 即为满足 QoS 四个约束条件的最优路由.

对于上述目标优化问题, 通常的方法是采用线性规划中的单纯型法, 但是此法不适合计算机处理, 所以本文采用粒子群算法对上述问题求解.

### 3.3 基于粒子群算法的 EIGRP Metric 计算

$$\max z' = -256$$

$$\left[ K_1 \times \text{bandwidth} + \left( K_2 \times \frac{\text{bandwidth}}{256 - \text{load}} + K_3 \times \text{delay} \right) \times \left[ K_5 / \text{reliability} + K_4 \right] \right]$$

在上式中可以把  $K$  值看做权重值  $w$ , 各个参数值: 种群规模<sup>[8]</sup> 4, 最大迭代步数  $\max j = 4$ , 延迟约束  $B = 50$ , 带宽约束<sup>[8]</sup>  $A = 10$ . 源节点为 1, 目的节点为 0, 惯性权重  $\omega = \omega_{\max} - (\omega_{\max} - \omega_{\min}) \times j / j_{\max}$ ;

$$\omega_{\max} = 0.9, \omega_{\min} = 0.4, j \text{ 为迭代步数}, c_1 = c_2 = 2.$$

$c_1, 2c$  是加速系数 (或称学习因子), 分别调节向个体最好位置和全局最好位置方向飞行的最大步长. 若太小了, 则粒子可能远离目标区域缓慢地飞行; 若太大了, 则会导致飞过目标区域. 一般取  $c_1 = c_2 = 2$ .

## 4 实验结果分析

在具有双核处理器, 内存 1GB 的 WINDOWS 系统下, 使用 Matlab 进行仿真, 性能与迭代次数的仿真曲线如图 1 所示:

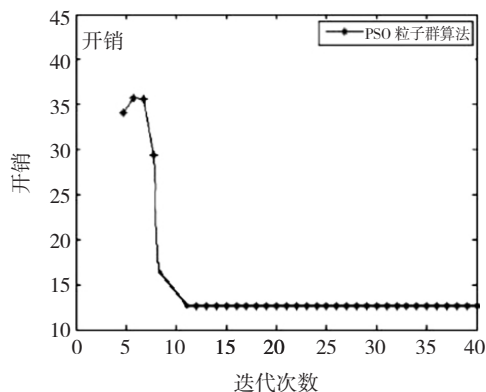


图1 性能与迭代次数仿真曲线

图2 说明了在路由中链路的代价是随着算法迭代次数的不断增加而寻优的过程, 最后达到了比较

满意的结果. 图中的开销达到了全局最优, 验证了粒子群算法用于该模型中能够得到很好的收敛速度和寻优结果, 再次证明了用粒子群算法解决 EIGRP 混合度量值路由选择问题是很好的.

## 5 结 语

EIGRP 协议利用混合度来衡量路径开销要比传统的距离矢量算法的计算更精确, 采用了弥散散列算法也解决了距离矢量算法可能存在环路的问题. 是一款集距离矢量算法和链路状态算法优点于一身的优秀的路由选择协议. 但同时也看到了 EIGRP 的局限性, 比如, 只适合中小型网络使用、无法使用高速复杂的网络环境等. 利用经济学上的线性规划建立模型, 并用目前流行的启发式算法求解最优目标, 可以有效地让 EIGRP 快速适应网络环境, 但是随着种群规模的增大, 收敛速度势必会减缓, 另外, 粒子群搜索带来的额外数据也会增加网络的负担<sup>[14]</sup>. 在路由优化算法中, 还有很多问题需要解决.

## 参 考 文 献:

- [1] 王亮, 胡冠宇, 陈明. 基于 OSPF 的异地企业网互联的实现与优化 [J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2011, 32(4): 390-393.
- [2] 郭广寒, 王志刚. 一种改进的粒子群算法 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010, 15(2): 31-34.
- [3] 曹军, 唐伦, 陈前斌, 李云. 基于粒子群算法的移动路由选择方案 [J]. 广东通信技术, 2009, 1: 25-30.
- [4] EBERHART R, KENNEDY J. A New Optimizer Using Particle Swarm Theory [C] //Proc. 6 Int. Symposium on Micro Machine and Human Science, 1995: 39-43.
- [5] 张利彪. 基于粒子群优化算法的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [6] 纪震, 廖惠连, 吴法华, 等. 粒子群算法及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 121-141.
- [7] 满春涛, 盛桂敏. 改进的协同粒子群优化算法 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010, 15(6): 51-53.
- [8] 王兴伟, 杨海泉, 黄敏. 粒子群优化 ABC 支持型 QoS 单播路由机制 [J]. 计算机应用, 2009, 29(2): 525-528.
- [9] 胡冠宇, 胡静, 陈满林. Linux 管理系统平台的设计与实现 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2010, 15(6): 54-58.
- [10] 马瑞新, 刘宇, 覃征, 等. 求解约束优化问题的动量粒子群算法 [J]. 系统仿真学报, 2010, 22(11): 2485-2488.

(编辑: 付长缨)