

文章编号:1671-6833(2011)03-0107-04

SSFNET 下的多下一跳路由协议仿真研究

王伟¹, 吴涛²

(1. 信息工程大学 信息工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 安徽大学 数学科学学院, 安徽 合肥 230039)

摘要: 一个新的协议在实际部署之前, 首先要对其性能及其可用性进行评估, 通过对网络仿真工具 SSFNET 的分析, 扩展了其中的一些组件, 使其适应节点势能导向多下一跳路由协议(NPMNRP)的仿真需求, 并在 SSFNET 框架下搭建了该路由协议的试验平台, 从不同的角度对该协议的性能进行了仿真试验. 试验结果表明, NPMNRP 协议在报文开销、故障恢复时间等方面具有良好的性能, 这为改进和实际应用该协议提供了有价值的试验数据和性能分析.

关键词: 多下一跳; 势能; 网络仿真

中图分类号: TP393; TP391.9 **文献标志码:** A

0 引言

随着计算机网络的快速发展, 人们对网络的生存性和可靠性提出了越来越高的要求, 在网络技术中, 路由技术又是其中的关键技术. 在早期比较经典的路由算法是单径算法: 比如 Dijkstra 算法^[1], 在该算法机制下, 传输节点只能通过单个下一跳传输数据, 当网络出现故障时, 就会丢失数据, 造成网络崩溃等问题^[2]. 针对单径路由的局限性, 国内学者外提出了不少多路径路由策略, 如 MPLS 最优多路径^[3], MPLS 自适应流量工程算法^[4]等, 这些算法虽然不同程度的解决了单径路由所带来的问题, 但在网络产生故障, 尤其当网络拓扑发生剧烈变化时, 这些算法都存在一些缺点. 为了增强网络的可靠性, 使得网络能够有效应对不同类型的网络故障, 在国家“863”课题“快速自愈路由协议与试验系统”中提出了一个新的路由协议^[5]: 节点势能导向多下一跳路由协议(Node Potential oriented Multi Next Hop Routing Protocol, NPMNRP), 该路由协议充分挖掘网络资源, 为网络节点提供到目的节点的多个下一跳路由表项, 当网络发生故障时利用备份路由表项而快速切换, 从而达到网络快速自愈的目的. 目前, 已经有学者对 NPMNRP 协议进行了相关的讨论, 文献[6-7]分别从网络负载均衡和路由环路等方面对

NPMNRP 协议进行了讨论, 但其都没有对该协议进行全面详细的分析. 为此笔者借助网络仿真工具 SSFNET, 在其中实现了 NPMNRP 协议, 并对协议的一些性能进行了仿真分析, 从而修正了协议中的一些参数, 优化了整个协议性能.

1 多下一跳路由协议原理

NPMNRP 路由协议是根据水总是从高处往低处流的原理而将势能的概念引入到 IP 网络中的一个路由协议, 并将节点势能定义为网络中节点到零势能点之间满足一定要求的可达性度量. 如果只考虑节点之间是否可达, 那么节点势能就可认为是节点之间的跳数, 跳数为分组经过的路由器个数, 每台路由设备均为一跳. 在给定零势能节点后, 协议根据 Bellman-Ford (距离向量) 算法^[8]得到网络的层次图, 每个节点通过自己的层次定义自己的势能, 然后通过势能的计算, 网络中的其它节点就能够获得相对于零势能节点的具体势能. 规定所有网络数据报文的发送, 均向势能降低的下一跳节点转发. 由于网络数据报文的流向是节点势能降低的方向, 因而能保证 NPMNRP 协议转发数据报文时不存在环路.

势能的定义是一个局部概念, 即节点的势能只是针对自己来说的, 并不是网络全局的势能, 它的势能只是为了确定哪个邻居可以作为下一跳而

收稿日期: 2010-11-20; 修订日期: 2011-02-28

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BAH37B02-2)

作者简介: 王伟(1984-), 男, 河南信阳人, 助教, 硕士, 研究方向为智能计算与信息处理, E-mail: ww3012@sohu.com; 吴涛(1970-), 男, 安徽太和人, 博士, 教授, 主要从事机器学习、智能计算及其应用的研究.

言的,故节点势能不向别的节点通告.

2 SSFNET 结构及 NPMNRP 协议开发

SSFNET 是一个网络协议仿真和建模软件,主要基于 java 和 C++ 的 SSF(Scalable Simulation Framework) 软件框架所组成. SSFNET 提供面向对象的可扩展仿真建模并行运算环境,主要支持 IP 级别以上的细粒度仿真,其允许最大的网络规模可达 100 000 个节点.

2.1 SSFNET 结构

SSFNET 从层次结构上看可以分为 3 层:

(1) SSF(Scalable Simulation Framework) 是一个并行的离散事件模拟器,它针对的并不是某种具体的通信网络仿真,而是一个通用的仿真核心,任何以进程(Processes)和事件交换(Event Exchange)为建模基础的网络,都可以用它进行模拟. SSF 接口 API 包括 5 个核心类: Entity, Event, inChannel, outChannel 和 Process, 这些类隐藏了模拟核心的工作细节而只提供了一些易用的接口.

(2) SSFNET 是由基于 API 的一系列模块所组成,并且链路层和物理层的协议模型都以独立的组件方式提供. 在 SSFNET 中, SSF.OS 框架主要用作模拟主机和操作系统; SSF.NET 框架用作模拟网络的连通性,建立主机节点和链路配置等. 在 SSFNET 中已提供的协议有: IP, TCP, UDP, OSPF 等.

(3) DML(Domain Model Language) 用来编写网络配置脚本文件,它可以提供一个完整的网络模型以及网络拓扑. DML 具有自己的语法结构,用户可以按照需要编写 DML 配置文件,设计网络拓扑结构模型.

SSFNET 的运行首先是从配置开始的,也就是读取 DML 文件里面的内容,按照 DML 文件所描述的网络拓扑,分别创建网络各个元素的对象,比如 Host, Link 以及创建每个主机中所安装的协议的对象. 然后由 SSF 里的核心配件来启动整个网络的运行.

2.2 在 SSFNET 下开发 NPMNRP 协议

在 SSFNET 下开发路由协议,就是在 SSF.OS 包下建立一个文件,将所开发的路由协议放在该文件下. 在协议开发前,要在 Protocols 类中先注册该协议,包括确定该协议的协议号,比如 NPMNRP 的协议号取为 98.

由于 SSFNET 中传递数据都是按接口为目的地址来传递的,但根据 NPMNRP 协议机制的需

要,在建立路由表前,要在路由器 ID 和路由器接口之间建立一个映射关系,因此在 SSFNET 中先做如下两处改动:

(1) 邻居的路由信息是在接口(NIC 类)配置的时候就存储到路由表当中了,因此在路由表计算之前,先将本地路由器与邻居路由器之间的路由信息映射好,存储到路由表中.

(2) 在 IP 层,由于 IP 头中的目的地址是接口的 IP 地址,其并不是路由器的 ID,因此在建立了以路由器 ID 为目的地址的路由表后,在 IP 层转发数据时,要先将目的地址映射到路由器 ID 上,然后再转发.

在脚本文件 DML 中,也需要有相应的改动,即 NPMNRP 协议的配置语法,其配置语法如下:

```
ProtocolSession [ name npmnrp use SSF.OS.
NPMNRP.npmnrp ]
```

其中: name 是协议在 Protocols 类中注册的名称; use 是协议在 SSFNET 中的路径.

3 多下一跳路由协议仿真试验

3.1 仿真环境

操作系统为 Windows XP, java 开发包为 jdk1.5, 开发环境为 Eclipse3.2, SSFNET 的版本为 2.0.

在扩展的 SSFNET 中对 NPMNRP 协议进行性能仿真,并同时与其它协议进行比较,仿真拓扑是由 Brite 拓扑生成器生成的随机拓扑,网络参数配置如表 1 所示.

表 1 网络参数配置

Tab. 1 Network parameter configuration

| 网络参数 | 数值 |
|-------------|-------|
| 链路传输率/M bps | 10 |
| 链路延迟/s | 0.001 |
| 接口处理延迟/s | 0.001 |

3.2 NPMNRP 协议性能仿真与分析

为了评估和衡量 NPMNRP 协议性能的高低,笔者从以下几个方面对协议进行仿真:

(1) 路由开销. 指网络从开始到全网路由表建立完毕,在网络中所传输的路由分组数目. 路由开销越小,则网络的带宽和能源消耗越低,并且协议运行效率越高;

(2) 下一跳数目. 指本地路由器有几个下一跳可到达某一目的节点. 下一跳数目越多,则到达目的地就有多个选择,因此在网络故障时,可以直

接切换到另一个下一跳,从而实现快速自愈.因而该指标可以考察网络故障恢复能力;

(3)故障恢复时间.指发生故障后,网络在多长时间能实现路由重新计算并收敛.故障恢复时间的缩短,可以降低网络丢包率,提高网络利用率;

(4)故障更新报文数.指在网络故障后,网络重新收敛而需要的路由控制报文数目.该指标可考察网络负载情况,以及协议适应网络拥塞的能力.报文数的减少,可以减轻网络负载,并且具有更强的适应拥塞的能力.

以上4个指标可以比较全面的反映协议在故障下的快速自愈能力,并能较全面的反映协议对网络负载的情况.

3.2.1 路由收敛报文开销

由Brite随机产生20,50,100节点的3个网络拓扑,在网络中分别配置NPMNRP和OSPF,其中OSPF的链路代价都设为1,分别统计整个网络从开始到每个节点都收敛所需的报文开销情况,如图1,在每个网络拓扑中,NPMNRP的报文开销都少于OSPF,在20节点时少了50.3%,在50节点时少了24.2%,在100节点时少了8.3%.

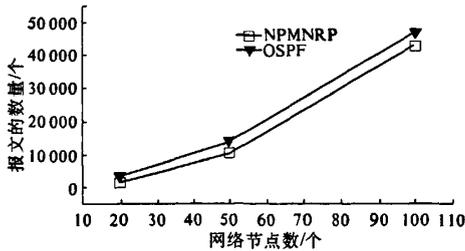


图1 路由收敛报文开销

Fig.1 The packet overhead of route convergence

3.2.2 路由下一跳数目

为了进一步验证NPMNRP的性能,在网络中分别配置NPMNRP和MDVA^[9],在20节点的情况下,分别统计网络到各个节点的下一跳数目(图2)和各个节点到12号节点的下一跳数目(图3),从图中可以看出,不论是网络到各个节点的下一跳数目还是各节点到12号节点的下一跳数目,NPMNRP都比MDVA多,分别多了26.9%和35%,这说明如果在网络故障时和网络并行传输的情况下,NPMNRP要比MDVA有更多的选择,因而有更快的自愈速度和更强的流量均衡性能.

3.2.3 故障恢复时间

在20节点,40条链路的网络拓扑下,分别让链路失效1至5条,分别查看网络的故障恢复时

间,并与MDVA比较.为了模拟网络拓扑的剧烈变化,让所有失效链路在同一时刻失效.结果如图4所示,在各失效链路数下,NPMNRP的恢复时间都要比MDVA短,因此NPMNRP有更强的快速自愈能力.

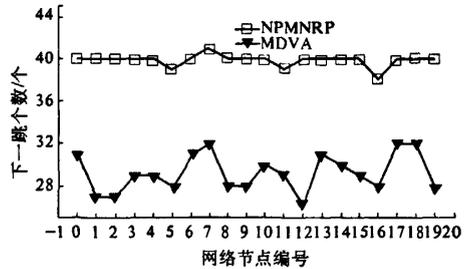


图2 网络到各节点的下一跳数目

Fig.2 The number of next-hop to each node

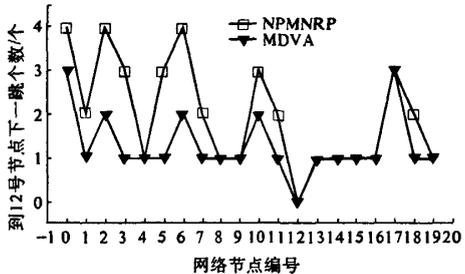


图3 到12号节点的下一跳数目

Fig.3 The number of next-hop to node 12

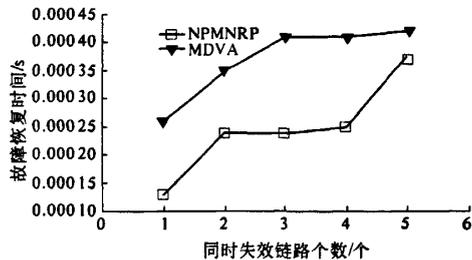


图4 故障恢复时间

Fig.4 Recovery time

3.2.4 故障更新报文开销

在20节点,40链路的网络拓扑下,分别配置NPMNRP和MDVA,在链路随机失效5%和10%的情况下,即有2条和4条链路失效的情况下,比较网络中各个节点的更新报文数目,为了模拟网络拓扑剧烈变化,配置链路都在同一时刻失效,结果如图5,图6所示,从图中可以看出,NPMNRP的更新报文要少,在5%链路失效时少了75.4%,在10%链路失效时少了73.6%,因此在网络故障的情况下,NPMNRP对网络的负载要小于MDVA.

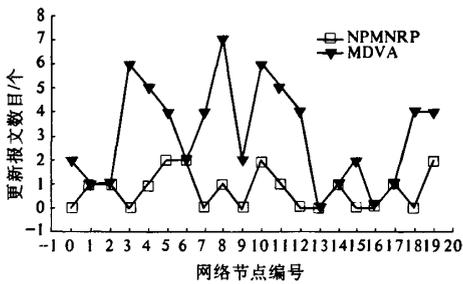


图5 5%链路失效各节点的更新报文数

Fig.5 The number of update packet at 5% link failed level

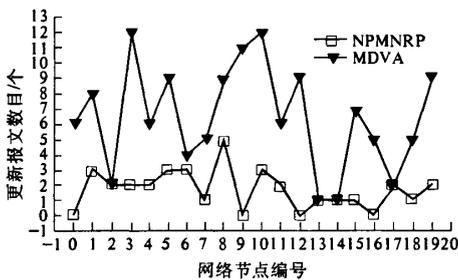


图6 10%链路失效各节点的更新报文数

Fig.6 The number of update packets at 10% link failed level

4 结论

笔者提出了多下一跳路由协议 NPMNRP,使得路由器到同一个目的地址可有多个下一跳,那么在链路失效的情况下,直接使用备用的路由而快速切换,从而实现网络快速自愈的目的.在网络仿真工具 SSFNET 下实现了该协议,并与 MDVA 等协议进行了横向对比来分析协议的性能,在路

由收敛报文开销、下一跳数目、故障恢复时间、故障更新报文开销方面得到了比较好的结果.

参考文献:

- [1] 李臣波.一种基于的最短路径算法[J].哈尔滨理工大学学报,2008,13(1):36-38.
- [2] 宋家友,赵丹丹,程东年,等.基于热点链路的多路径路由选择算法[J].郑州大学学报:工学版,2010,31(5):103-105.
- [3] FORTZ B, THORUP M. Internet traffic engineering by optimizing OSPF weights[C]//Proceedings of the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Tel-Aviv, Israel, 2000:519-528.
- [4] WANG L, ZHANG L F. Multipath Source Routing in Wireless Ad hoc Networks[J]. Electrical and Computer Engineering, 2000, 30(2):479-483.
- [5] 兰巨龙.快速自愈路由协议与试验系统[R].郑州:信息工程大学,2007:5-22.
- [6] 王超,卜佑军,张兴明,等.多下一跳路由机制下负载均衡算法研究[J].计算机应用研究,2009,26(4):1476-1479.
- [7] 陈文平,张兴明,张建辉,等.基于距离矢量的多下一跳路由由信息协议[J].计算机工程,2010,36(2):94-96.
- [8] BELLMAN R. On a routing problem [J]. Quarterly Applied Mathematic, 1958, 16(1):87-90.
- [9] VUTUKURY S, GARCIA-LUNA-ACEVES J. MDVA: A distance-vector multipath routing protocol [C]//In Proc. Of the INFOCOM, Anchorage, Alaska, USA, 2001:557-564.

Simulation Research of Multi-next Hop Routing Protocol Based on SSFNET

WANG Wei¹, WU Tao²

(1. Department of Information Research, Information Engineering University, Zhengzhou 450002, China; 2. School of Mathematic Science of Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: Before the actual deployment of a new protocol, the performance and usability of the protocol should be evaluated at first. Through the analysis of network simulation tools SSFNET, some components of SSFNET was extended in order to adapt the simulation request of multi-next hop routing protocol, the routing protocol was realized under SSFNET frame also, then some results from different view of the protocol performance were obtained. The results indicated that the protocol have a good performance at packets overhead, recovery time and so on. It provides a valuable test data and performance analysis for the improvement and practical application of the routing protocol.

Key words: multi-next hop; potential; network simulation