

IPv6 中 RIPng 协议的一致性测试研究与实践

喻 星, 尹 霞, 王之梁, 陈东洛

(清华大学计算机科学与技术系网络实验室, 北京 100084)

摘要: 协议的一致性测试是保证协议实现正确高效的重要手段。在介绍 RIPng 协议的基础上, 提出了适合 RIPng 一致性测试的多端口的测试结构, 采用适用于中继系统的跨越式测试法, 设计了 RIPng 一致性测试集及相应的参考实现, 并在 CNGI 骨干网络设备选型中对 7 款路由器进行了测试实践。

关键词: RIPng; 一致性测试; 多端口的测试结构; 跨越式测试法; CNGI

Research and Practice on Conformance Test of RIPng Protocol of IPv6

YU Xing, YIN Xia, WANG Zhiliang, CHEN Dongluo

(Lab of Network, Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

【Abstract】 Protocol conformance test is an important means to ensure correct functioning and high efficiency of the protocol implementation. After introduction of RIPng protocol, this paper proposes the multi-port test structure which is suitable for the RIPng conformance test. It adopts the traverse test method to test the RIPng implementation and designs its test suite as well as the corresponding RI. Further more, it practises RIPng conformance test on seven routers for CNGI.

【Key words】 RIPng; Conformance test; Multi-port test structure; Traverse test method; CNGI

1 概述

随着Internet 的飞速发展、网络规模的不断扩大, 高效稳定的路由协议成为保障网络性能的重要因素。协议一致性测试技术^[1]是保证协议正确实现的重要手段, 是互操作性测试和性能测试的基础。

RIPng^[2]是用于下一代互联网IPv6 的内部网关协议, 它是路由信息协议RIP应用于IPv6 的版本。与其他内部网关协议相比, RIP有它自身的缺陷: (1)收敛较慢; (2)周期性地将整个路由表作为路由信息广播到网络中, 需要占用较多网络带宽资源; (3)表示目的网络远近的唯一参数是跳数, 即到达目的网络所经过的路由器个数, 该参数被限制为最大 15, 故不能应用于大型网络。尽管存在上述缺陷, 在中小型网络中, 由于RIP在配置、管理以及使用的带宽数量方面只需要很小的开销, 并且易于实现和操作, 仍然得到了广泛的应用。可以预见, 在IPv6 中, RIPng也将广泛使用, 因此, 对它进行一致性测试是很有必要的。

在目前国内外的协议测试研究中, Annie Floch^[3]等人用 TTCN-3 开发了RIPng协议的抽象测试集, 但他侧重于如何用 TTCN-3 开发抽象测试集。SPIRENT公司的宽带网络测试平台AX/4000 中提供了RIPng一致性测试套件, IXIA公司的一致性测试产品IxANVL中也提供了RIPng一致性测试集, 但这些商用测试集的实现细节都没有公开。

本文详细介绍了对 RIPng 协议的一致性测试研究。对 RIPng 协议的主要内容, RIPng 协议的测试方法、测试结构, 测试集的设计以及参考实现的设计, 最后介绍测试实践。

2 RIPng 协议

RIP是基于距离向量算法的一种路由协议, 目前有 2 个版本, 分别是RIPv1^[4], RIPv2^[5]和RIPng。RIP中判断路由好坏

的依据是度量, 通常可认为是从本路由器出发到达目的地所需经过的路由器数目。每台路由器周期性地与相邻路由器交换路由表中的信息, 维护一张路由表, 表中给出到每个目的地已知的最佳距离和下一个网关。RIP采用距离向量算法, 因而有一个严重的缺陷, 即“无穷计算”。为了解决这一问题, 它采用了两种解决方案: 水平分裂和触发更新。其中, 水平分裂又分为简单的水平分裂和带毒性逆转的水平分裂。简单的水平分裂, 即当网关从某个网络接口发送路由更新报文时, 其中不能包含从该接口获取的路由信息。带毒性逆转的水平分裂即网关向某一个接口发送路由更新报文时, 包含从该接口获取的路由信息, 但是将这些路由项的度量设为无穷。触发更新新法的做法是: 一旦发现某一路由表项发生变化, 立即广播路由更新报文, 而不必等待下一次刷新周期。触发更新能够大大加快路由的收敛速度, 但同时它也存在着更新报文数量太多、太频繁的缺点, 因此需要对触发更新报文的发送频率作严格的控制。

RIPng 保留了 RIPv2 的主要特征, 只是在报文格式和地址相关方面做了相应的改变。RIPng 和 RIPv2 的区别如下:

(1)通信端口: RIPv1 和 RIPv2 采用 520 端口进行通信, RIPng 采用 521 端口;

(2)安全相关: RIPv2 在 RIPv1 的基础上增加了安全认证

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“下一代互联网络体系结构及其协议理论研究”(90104002); 国家“973”计划基金资助项目“新一代互联网络体系结构理论研究”(2003CB314801); 国家“863”计划基金资助项目“IPv6 协议测试技术”(2001AA121015)

作者简介: 喻 星(1981-), 女, 硕士生, 主研方向: 协议测试, 网络监控技术; 尹 霞, 副教授; 王之梁, 博士生; 陈东洛, 博士

收稿日期: 2005-11-04 **E-mail:** helen@csnet1.cs.tsinghua.edu.cn

报文,只支持密码认证。RIPng 是在 IPv6 基础之上的,它依赖 IPv6 的验证头和 IP 封装安全负荷来保证路由的安全性,无须在报文中添加安全认证的信息;

(3)报文格式:首先,由于 IPv6 地址前缀很明确,在 RIPng 中无须区分网络、子网以及主机路由,因此 RIPng 省去了 RIPv2 中的子网掩码字段。其次,RIPng 将 RIPv2 中的下一跳字段省去了,而增加了一个下一跳 RTE(路由表项)。

(4)最大报文长度:RIPv2 中规定每个报文最多携带 25 个 RTE,RIPng 去掉了这一限制,其最大报文长度由传输介质的 MTU 来决定。

3 RIPng 一致性测试研究

一致性测试起源于软件测试,是一种黑盒测试,只关心被测方的外部行为。对于协议的一致性测试,首先要选择测试方法、确定测试结构;然后按照协议标准进行测试集的设计;最后在测试系统中实现该协议的一致性测试。由于我们的一致性测试是基于本实验室开发的 IPv6 协议测试系统 IPv6 Tester 所进行的,下面首先对该系统的结构作一个简单的介绍。

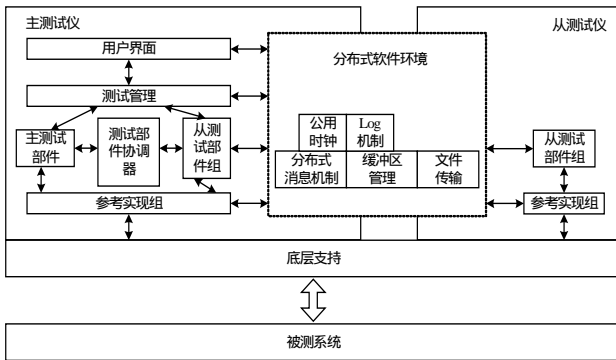


图 1 IPv6 Tester 总体结构

3.1 IPv6 Tester 系统

IPv6 协议测试系统提供了基于并发 TTCN 的协议测试的通用平台,其总体结构如图 1 所示。它由用户界面、测试管理、测试执行、分布式软件环境、参考实现 5 个子系统或模块组成。除了参考实现,其他子系统都是与协议无关的,对于不同协议的测试,只需要编写相应的测试集,设计相应的参考实现,就可以完成测试活动。

3.2 测试方法和测试结构

RIPng 是路由协议,不同于一般的通信协议,路由协议的一个典型特点就是其分布性,路由器通过多个接口与其他路由器交换信息。基于以上原因,我们设计多端口的测试结构,对 RIPng 协议进行测试,如图 2 所示。使用多端口测试,大大扩展了测试的能力。这里参考实现的个数可以根据需要而定,各个参考实现完成的功能是可以不同的,它们所需要的下层支持也可以不一样。

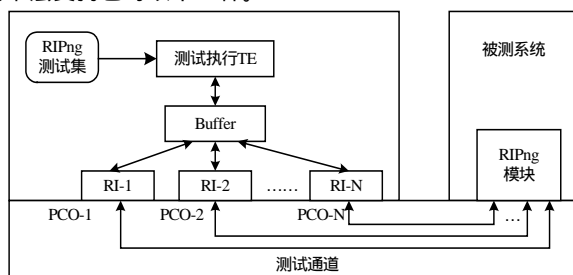


图 2 RIPng 协议测试结构

与多端口的测试结构相一致,我们选择了国际标准 ISO/OSI-9646^[1]中为中继系统定义的穿越式测试法作为 RIPng 协议的一致性测试方法,如图 3 所示。

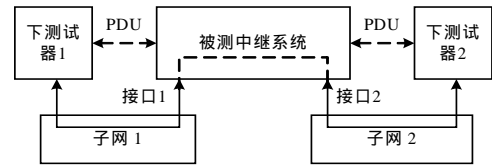


图 3 穿越式测试法

3.3 测试集的设计

3.3.1 测试集表示方法

我们采用 ISO/OSI-9646 中定义的树表结合表示方法 TTCN 来描述测试集。TTCN 是通信系统测试环境的事实标准,被广泛应用于电信和数据通信设备的一致性测试,它是一种用于描述抽象测试集的形式化方法,不依赖于被测实现和协议,具有很好的通用性。

3.3.2 测试集结构

RIPng 协议测试不同于传统通信协议的测试,它没有状态机,也无须建立连接,所以不用进行控制流测试,也没有变迁覆盖的问题。它的数据流测试是基于测试目的进行的,而路由协议测试的目的主要是判断路由器是否按照协议进行选路。因此,这种基于路由信息的测试,是路由协议测试中重点。

根据以上分析,我们设计的 RIPng 测试集由两部分构成,路由信息测试和帧结构测试。路由信息测试检查系统是否按照协议的规定进行路由选择,这是 RIPng 一致性测试中最重要的部分。帧结构测试主要针对协议数据帧填充的基本功能,其正确性对于协议实现的功能及互连具有基础意义。这部分不仅包括检查协议实现发出的数据帧,还要测试其对于收到的错误的帧的处理是否正确。因此,RIPng 一致性测试集包括两个测试组,如表 1 所示。

表 1 RIPng 测试集结构

	测试组名	测试组测试目的	测试例个数
1	ROUTE	路由信息测试	21
2	VALIDATION	帧结构测试	14

3.4 参考实现的设计

在通信协议的测试中,参考实现 RI 的功能很简单:与 TE 通信,接收命令和数据;与服务提供者通信,收/发数据包。测试数据和正确结果都事先编写在测试集中,结果比较和判决由 TE 完成。而路由协议中有大量的路由信息的交互和内部过程的处理计算,如果沿用原有 RI 的结构,则需事先确定测试数据,计算出正确结果,并以 TTCN 格式写成测试集,由 TE 解释执行、比较结果、给出判决。这样不仅缺乏灵活性,而且给 TE 造成了沉重的负担。对于某些情况,TTCN 测试集难以表述,TE 则难以处理,比如对于若干无先后关系的路由信息,如果按照 TTCN 进行描述,则需列举所有可能的排列情况,而通过逐字节比较得出判决的 TE 则根本无法处理。对测试数据的任何修改也都要重新计算结果,编辑测试集。鉴于此,可以进一步增强 RI 的功能,降低对 TE 的要求,提高测试能力和效率。方法是把计算模块放到 RI 中来,比如增加路由排序功能,对收到的 RIPng 报文中的路由记录进行排序,这样测试集中的路由记录就可以有统一的表示了。另外由于路由报文的到达具有随机性,参考实现需要对收到

的报文进行过滤。

参考实现的结构如图 4 所示。

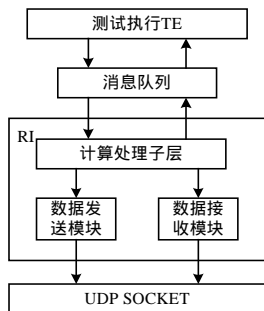


图 4 参考实现 RI 的结构

4 测试实践

在 CNGI 骨干网设备选型中，我们对国内外 5 家知名路由器厂商生产的 7 款路由器设备进行了 RIPng 一致性测试。表 2 给出了测试结果的一个比较。图 5 是实际的测试配置。由于不便透露各个参加测试厂家的具体细节，因此以 RT1 ~ RT7 来代替具体路由器型号。

表 2 CNGI 骨干网设备选型测试结果

	测试例总数	#PASS	#FAIL	#INCONC	通过率
RT1	35	32	3	0	32/35=91.4%
RT2		29	5	1	29/(29+5)=85.3%
RT3		33	2	0	33/35=94.3%
RT4		34	1	0	34/35=97.1%
RT5		34	1	0	34/35=97.1%
RT6		33	2	0	33/35=94.3%
RT7		33	2	0	33/35=94.3%

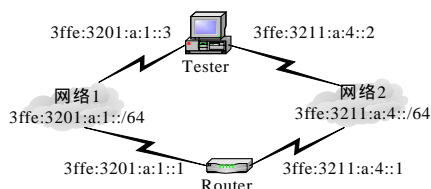


图 5 实际测试配置

从表中可以看到，路由器对 RIPng 的一致性测试例的通过率还是很高的。通过对 Fail 的测试例进行分析，发现了如下问题：

(1)所有路由器都支持简单的水平分裂，而只有两个厂家共 3 款路由器(RT4、RT5 和 RT7)同时实现了简单的水平分裂和带毒性逆转的水平分裂，以供选择。这说明简单的水平分裂有着更为广泛的应用。分析原因如下：带有毒性逆转的水平分裂法虽然具有更快的路由收敛速度，但是它需要发送更多的报文，比如说在一个拥有大量网关的共享网络中使用带有毒性逆转的水平分裂法就有可能导致大量的广播报文，造成网络泛滥现象。而简单的水平分裂法虽然收敛速度比较慢，但是由于它的处理简单，发送的报文少，反而得到了更为广泛的应用；

(2)RFC2080 规定，在新的路由距离度量与原路由距离度量值相同的情况下(不同源)，不应采用任何动作(即不采用新的路由，以防路由来回抖动而产生大量触发更新报文)，除非

原路由有超时的迹象。而 RT1、RT2 和 RT4 总是采用新的路由，RT5 和 RT7 的做法则是两条路由都记录下来，而在老路由等待一段时间后采用新的路由。在正常情况下，这两种做法都不影响路由器的工作，但是前者的做法在网络不稳定状况下很容易引起路由抖动，显然是厂家为了省事而没有严格按照 RFC2080 规定来实现。后者虽然也不符合协议规范，但是并不会带来任何影响，因此也是可行的；

(3)RT3 和 RT6 接受 RFC2080 中规定的 must be zero 字段不为 0 的 RIPng 报文，这一问题虽然不符合协议规范，但是在实际场景中应该不会影响路由器的工作；

(4)RFC2080 规定，在处理触发更新时，与处理正常更新报文一样，也需要采用水平分裂策略，而 RT1 和 RT7 在触发更新时没有采用水平分裂。这一问题虽然不符合协议规范，但是在实际场景中应该不会影响路由器的工作；

(5)RFC2080 规定，前缀长度字段为 0 用于表示缺省路由(不管前缀为多少，虽然建议使用 0:0:0:0:0:0:0)，而 RT2 拒绝前缀长度为 0，前缀不为 0 的路由。在正常情况下，缺省路由的前缀和前缀长度都为 0，因此不会影响路由器的工作，但是也不排除有的路由器实现仅仅以前缀长度为 0 来作为缺省路由的表示(因为并不违反协议规定)，在这种情况下，两台路由器的互连互通就会出现问題；

(6)RFC2080 规定，在回应路由表请求时，response 报文应发送到请求方的单播地址，而 RT2 仍然发送到组播地址 FF02::9。这个问题会导致别的路由器实现向其请求路由表失败。

5 结束语

Internet 路由协议直接影响着 Internet 的性能和应用，对路由协议实现的一致性测试也就有着重要意义。在认真分析 RIPng 协议的基础上，根据路由协议分布式的特点，本文提出了多端口的测试结构，开发了基于 TTCN 格式 RIPng 一致性测试集。在 CNGI 骨干网设备选型中，我们应用该测试集对国内外 5 家知名厂商的 7 款路由器设备进行了一致性测试并分析了测试结果。

本文所采用的一致性测试属于主动测试，是一种离线的方式，而路由协议实现中的一些错误只能通过在线的方式进行测试，因此本文采用的主动测试的方法仍存在一定的局限性。为了突破这一局限，可以引入被动测试，建立主动测试和被动测试相结合的 Internet 路由协议测试理论框架，这一理论和相应技术已有学者进行了深入研究，但仍不是很成熟，可以做进一步的研究。

参考文献

- 1 ISO/IEC 9646-1996. Information Technology-Open Systems Interconnection-Conformance Testing Methodology and Framework, Part 1-3[S]. 1996.
- 2 Malkin G, Minnear R. RIPng for IPv6[S]. RFC2080, 1997-01.
- 3 Floch A, Roudaut F, Sabiguero A, et al. Some Lessons from an Experiment Using TTCN-3 for the RIPng Testing[C]. Proc. of TestCom, 2005: 318-332.
- 4 Hedrick C. Routing Information Protocol[S]. RFC1058, 1988-01.
- 5 Malkin G. RIP Version 2[S]. RFC2453, 1998-11.