

移动互联网环境下 SIP 穿越 NAT 的研究

杜得荣¹, 刘建明², 李宏周¹, 彭智勇¹

(1 桂林电子科技大学 电子工程与自动化学院, 广西 桂林 541004;

2 桂林电子科技大学 计算机科学与工程学院, 广西 桂林 541004)

摘 要: NAT(Network Address Translation)穿越问题是制约 SIP(Session Initiation Protocol)发展的主要障碍之一. 分析了 ICE(Interactive Connectivity Establishment)方式协助 SIP 穿越 NAT 的机制, 并根据移动互联网环境的特点对 ICE 作了进一步改进, 最后把改进的 ICE 作为一个模块成功嵌入到了 Android VoIP 软件之中. 实验证明改进的 ICE 可使 SIP 穿越任何 NAT, 且有成功率高、低时延的优点, 非常适用于移动互联网环境.

关键词: NAT; SIP; ICE; 移动互联网

中图分类号: TP393.02

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)07-0111-04

Research of NAT Traversal for SIP under Mobile Internet Environment

DU De-rong¹, LIU Jian-ming², LI Hong-zhou¹, PENG Zhi-yong¹

(1 School of Electric Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2 School of Computer Science and Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: NAT(Network Address Translation) traversal is one of the main obstacles restricting the development of SIP(Session Initiation Protocol). By analyzing the ICE(Interactive Connectivity Establishment) method for SIP operating through NAT and the characteristics of the mobile Internet environment, some further improvements are made to the ICE. Finally, the improved ICE is embedded as a module into an Android VoIP software successfully. Experiments show that the improved ICE allows SIP to operate through all kinds of NAT with a high success rate and low delay, and it is ideally suited to the mobile Internet environment.

Key words: NAT; SIP; ICE; Mobile Internet

1 引言

网络地址转换(Network Address Translation, NAT)^[1]是一个 IETF 标准, 因解决 IPv4 地址匮乏问题而提出. 其基本原理是复用 IP 地址, 就是将不能公网路由的私有 IP 地址转换成公有 IP 地址, 从而允许一个整体机构(有多台内部主机)以一个合法的可全球路由的公有 IP 地址出现在 Internet 上.

SIP(Session Initiation Protocol)^[2]称为会话发起协议, 由 IETF 提出, 用来建立、修改和终止多媒

体会话. 由于其具有简单性、良好的灵活性和可扩展性, SIP 已被选定为下一代网络核心控制信令协议.

NAT 主要应用于网络层, 而 SIP 是应用层协议. SIP 数据包中含有后续信令和媒体流所需要的地址/端口信息, 而 NAT 只修改网络层的地址, 并不会修改应用层数据. 因此, 位于 NAT 后的 SIP 信令经过 NAT 后, 其应用层数据包中的地址/端口信息并没有被修改成对外映射的公有地址, 从而导致了后续信令和媒体流连接的失败^[3].

为解决 SIP 的 NAT 穿越问题, 业界已提出多

收稿日期: 2012-10-02; **修回日期:** 2012-11-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(61162008, 61262074); 广西可信软件重点实验室开放课题(kx201101); 广西高校优秀人才资助计划(桂教人 201065)

种解决方案,但这些方案都有很大的局限性,且鲜有在移动互联网终端(如智能手机)上的实现.然而,目前移动互联网正迅猛发展,基于 SIP 的移动互联网应用也相继大量涌现.因此,解决移动互联网环境下 SIP 穿越 NAT 的问题就显得迫切需要.本文针对这一实际,在 Android 平台下对 SIP 穿越 NAT 进行了研究和设计.

2 ICE 方案分析^[4]

2.1 ICE 概述

ICE(交互式连接建立)是一种综合利用各种 NAT 穿越协议(主要为 STUN 和 TURN)来进行全面穿越 NAT 的解决方案,它弥补了单独使用一种 NAT 穿越协议带来的固有缺陷.

ICE 方案的拓扑结构如图 1 所示. ICE 服务器位于公网,它集成了 STUN/TURN 服务器和控制服务器,控制服务器用来完成会话双方地址信息的交互.(会话双方可连接至相同或不同的 ICE 服务器)

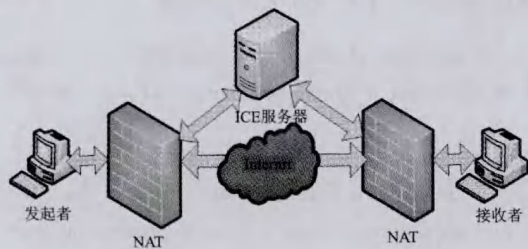


图 1 ICE 方案拓扑结构图

2.2 ICE 工作流程

(1) 收集候选地址

会话发起者收集所有可能用于会话的地址,包括本机候选地址、服务器反射候选地址(即 NAT 映射地址)和中继候选地址.

(2) 排序候选地址并确定缺省候选地址

按照特定公式计算候选地址的优先级,地址优先级反映了会话者在该地址上接收媒体流的优先级.按优先级由高至低排序候选地址,结果一般是:本机候选地址、服务器反射候选地址、中继候选地址.在连通性测试之前,缺省候选地址按连通概率大小选取,一般选取顺序为:中继候选地址、服务器反射候选地址、本机候选地址.

(3) 发起初始化请求

将缺省 IP 地址、端口分别编辑进 SDP^[5] 的 c 行和 m 行,并添加所有收集到的候选地址到 a 属性,

形成初始化请求.会话发起者通过信令通道将初始化请求发送到接收者.

(4) 接收应答并形成候选地址对

会话接收者收到初始化请求后,立即进行发起者在(1)~(3)中所做的工作,最后形成应答,并发送到发起者.当会话双方得知对方候选地址后,就分别进行地址配对,并计算各候选地址对的优先级,然后排序形成连通性检查列表.

(5) 连通性检查

会话双方分别按各自的检查列表进行连通性检查,获取有效候选地址对.然后,按优先级对有效候选地址对排序,选择优先级最高的有效候选地址对作为后续通信默认的传输地址对.至此,会话双方就找到了通信的最优路径.

(6) 附加 ICE 过程

在(3)或(4)结束后,会话双方可能会继续收集候选地址,并进行之后的工作.

3 ICE 改进方案

3.1 ICE 的局限性

首先,ICE 中候选地址搜集和连通性检查过程过于麻烦^[6],会造成一定时延.在搜集中继候选地址时,TURN 服务器为会话双方分配中继地址/端口会占用较长时间;中继候选地址进行连通性检查时,数据包都要由 TURN 服务器中转,也会造成一定时延.

另外,当会话者位于对称 NAT 后时,ICE 主要使用 TURN 方式.此时,所有数据包都需要 TURN 服务器中转,因此效率很低^[7],还会造成通信时延、丢包、服务器压力大等问题.

3.2 移动互联网的特点

移动互联网用户具有很强的移动性,一般位于学校、企业、家庭和公共场所,通过 3G 或 Wi-Fi 接入网络.因此,用户很少会处于对称 NAT 之后.

移动互联网的带宽、速率、稳定性等网络条件远不如固定互联网,基于 SIP 的移动互联网应用的会话建立时延和媒体通信时延一般比较大.

移动互联网终端(如智能手机)不如 PC 机功能强大,系统资源较少.开发移动互联网应用时,就要求设计方案简单高效,程序代码具有较高的执行效率.

3.3 ICE 改进方法

根据移动互联网的特点和 ICE 本身的不足,对 ICE 做了以下三点改进:

(1)改进一

在收集候选地址过程中暂不收集中继候选地址,直到连通性检查结束才启动附加 ICE 过程收集中继候选地址。

改进后,收集候选地址和连通性检查过程的用时将减少,确保了(公网和非对称 NAT 环境下)会话双方可以尽快通信。由于本机候选地址及服务器反射候选地址的搜集和连通性检查过程用时较少,因此在对称 NAT 环境下,改进后的 ICE 过程用时与改进前几乎相同。

(2)改进二

若会话者一方(假设为 L)位于对称 NAT 后,另一方(假设为 R)位于公网或完全锥型或受限锥型 NAT 后,L 和 R 则进行 P2P 通信: L 以 R 的服务器反射候选地址为目的地址,直接(不经 TURN 服务器转发)向 R 发送 STUN Bind 请求,R 收到数据包并解析其(IP 层和传输层)源地址/端口,之后 R 便把此地址/端口作为目的地址/端口向 L 发送 STUN Resp 应答,从而穿越对称 NAT 和 L 建立连接,继而进行 P2P 通信。

改进后,L 和 R 通信不再需要 TURN 服务器中转,减轻了 TURN 服务器的负担,减少了通信时延。

(3)改进三

若会话者一方位于对称 NAT 后,另一方位于端口受限型或对称 NAT 后,连通性检查过程结束时,会话者立即向 TURN 服务器发送 Set Active Destination 请求,把目的端优先级最高的候选地址设置为活跃目的地址。此后,TURN 服务器就不再封装收到的后续数据包而直接转发给目的端。改进后,TURN 服务器转发后续数据包的用时将会有所减少。

另外,若会话双方都在对称 NAT 之后,二者应尽量连接至同一 TURN 服务器,以减少转发时延。因为,服务器自身端口间的转发速度要比服务器间的转发速度快的多。

4 ICE 改进方案工作流程

ICE 改进方案的工作流程与改进前类似,区别在于收集候选地址过程、连通性检查过程和附加 ICE 过程。下面对这三个过程进行详细分析:

假设会话发起者为 L,接收者为 R,L 和 R 都处于 NAT 之后,且二者最终(ICE 结束后)收集的地址信息如表 1 所示。

(1)收集候选地址

L 收集本机候选地址和服务器反射候选地址,如图 2 所示。

表 1 L 和 R 的地址信息

地址类型	L 地址信息	R 地址信息
本机地址	192.168.1.1:1100	192.168.2.1:2100
服务器反射地址	202.193.53.254:1200	202.193.52.12:2200
中继地址	116.1.3.196:1300	116.1.3.196:2300

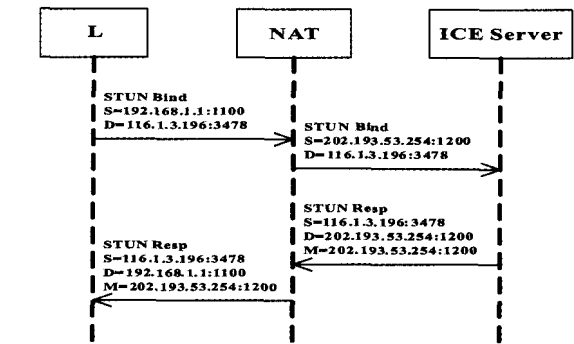


图 2 L 收集候选地址过程

L 通过本地接口获得本机候选地址;通过向 STUN 服务器发送 Bind 请求,获得服务器反射候选地址。R 收集地址过程与 L 类似。

(2)连通性检查

L 和 R 分别按各自的检查列表进行连通性检查,获取有效候选地址对。假设 L 处于非对称 NAT 之后,那么连通性检查过程(以 R 为例)如图 3 所示。

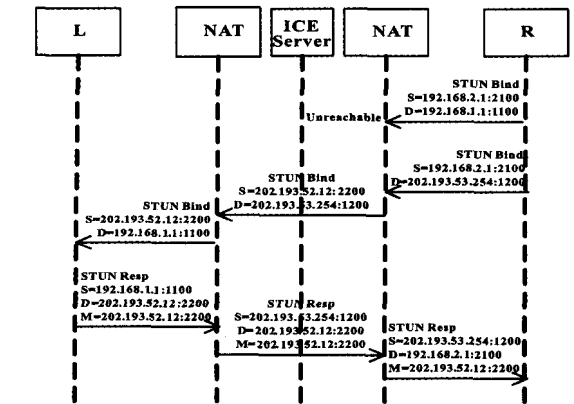


图 3 R 连通性检查过程

R 通过 STUN Bind 请求和 STUN Resp 响应完成连通性检查,获得了有效候选地址对(192.168.2.1:2100,202.193.53.254:1200)。当 R 和 L 都完成连通性检查后,就立即利用有效候选地址对进行。

媒体通信。

(4) 附加 ICE 过程

L 和 R 分别收集中继候选地址, (以 L 为例) 如图 4 所示。

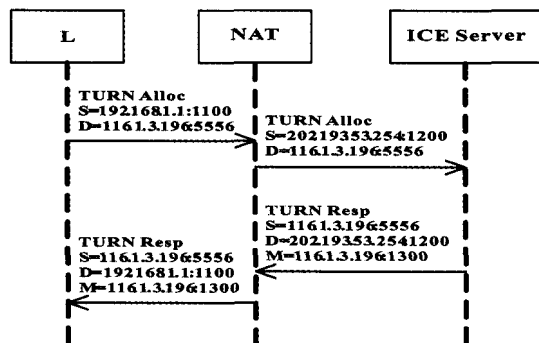


图 4 L 收集中继候选地址过程

L 通过向 TURN 服务器发送 Allocate 请求, 获得中继候选地址。

当(通过发送初始化请求和应答)L 和 R 得知对方中继候选地址后, 分别进行中继候选地址的连通性检查, (以 R 为例) 如图 5 所示。

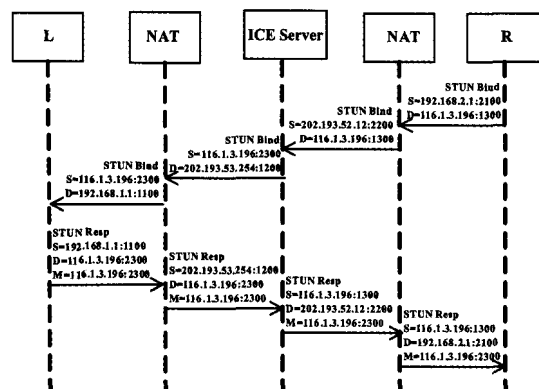


图 5 R 中继候选地址连通性检查过程

通过中继候选地址连通性检查, R 获得了有效候选地址对 (192. 168. 2. 1: 2100, 116. 1. 3. 196: 1300), 确保了对称 NAT 的穿越能力。

在有效候选地址对列表中, 若中继候选地址对的优先级最高, 则说明有会话者位于对称 NAT 之后。此时, 会话双方按照改进二的流程进行通信, 如图 6 所示。

图 6 中, L 在 NAT 上的对外映射地址/端口为 202. 193. 53. 254: 1400, 而 L 的服务器反射地址为 202. 193. 53. 254: 1200。因此, 若 R 位于端口受限锥型或对称 NAT 后, 则图 6 中 L 的 STUN Bind 请求无法到达 R。此时, L 和 R 只能按照改进三的流程进

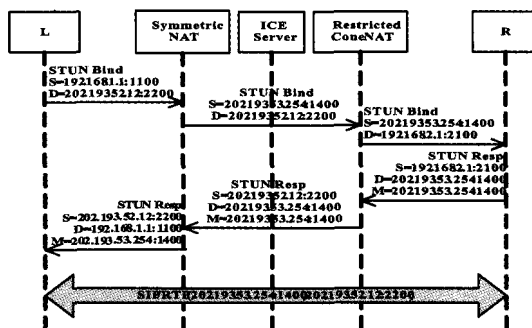


图 6 L 和 R P2P 通信建立流程

行通信: 中继候选地址连通性检查(如图 5 所示)后, L 和 R 通过 TURN 服务器中转进行通信。

5 ICE 改进方案的实现

本文在 Android 平台上实现改进的 ICE。为提高程序运行效率, 借助 Android NDK 工具用 C 语言编写 ICE 模块, 然后生成共享库文件(libice. so), 供 JNI 调用。最后把 ICE 模块嵌入到自研的 SIP 网络电话软件 Hdroid 之中, 如图 7 所示。

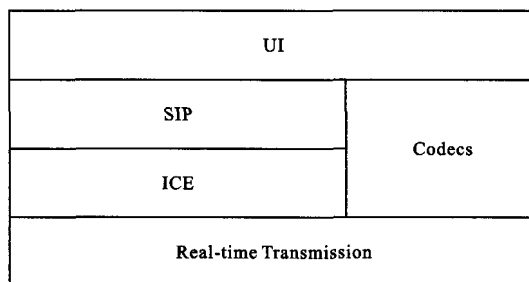


图 7 Hdroid 软件框图

6 结束语

本文对 ICE 进行了改进, 并在 Android 平台下实现了改进方案。实验证明本 ICE 改进方案可协助 SIP 穿越任何 NAT, 并减少了 SIP 呼叫建立的时延, 部分解决了对称 NAT 环境下媒体通信时服务器压力大、时延大的问题。本改进方案非常适用于移动互联网环境, 同时也为其它应用环境下解决 SIP 穿越 NAT 问题提供了借鉴。

参考文献:

- [1] Srisuresh P, Holdrege M. RFC2663. IP network Address translator (NAT) terminology and considerations [S]. IETF, 1999.

(下转第 119 页)

对象,对系统的合理性和故障检测的可靠性进行了仿真验证.该测试方案达到了 SOC 中多样性存储器测试的测试可重用性的要求,提高了测试效率和测试的灵活性,同时也降低了测试的硬件开销.

参考文献:

- [1] IEEE 1500 Group. IEEE 1500 Standard for Embedded Core Test (SECT)[S]. NY, USA: IEEE, 2005.
- [2] 杨鹏,邱静,刘冠军. 嵌入式芯核测试标准 IEEE Std1500 综述[J]. 测控技术,2006,25(8):40-43.
- [3] 谈恩民,马江波. SOC 的存储器 Wrapper 设计及故障测试[J]. 微电子学与计算机,2011(6):123-125.
- [4] Kazuhiko Iwasaki, Shigeo Nakamura. Aliasing error for a mask ROM built-in self-test[J]. IEEE Transactions on Computers, 1996, 45(3):270-277.
- [5] Jacob Savir. Reducing the MISR Size[J]. IEEE Transactions on Computers, 1996, 35(8):930-938.
- [6] 乔立岩,向刚,俞洋. 基于 IEEE 1500 标准的 IP 核测试壳设计[J]. 国外电子测量技术,2010(7):88-91.
- [7] 李同合,田骏骅,邵志标. LSC87 中嵌入式 ROM 内建自测试实现[J]. 微电子学与计算机,2003(3):61-64.
- [8] 饶全林. 一款雷达信号处理 SOC 芯片的存储器内建自测试设计[J]. 微电子学与计算机,2008(7):96-99.

作者简介:

谈恩民 男,(1966—),教授,研究方向为计算机辅助测试和集成电路可测性技术.

金锋 男,(1986—),硕士研究生.研究方向为集成电路可测性设计.

(上接第 114 页)

- [2] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G, et al. RFC3261. SIP; session initiation protocol [S]. IETF, 2002.
- [3] 梅小山. 基于 SIP 的 NAT 穿越方案的研究与实现[D]. 西安:长安大学,2009.
- [4] Rosenberg J. RFC5245. Interactive Connectivity Establishment (ICE): A Protocol for Network Address Translator (NAT) Traversal for Offer/Answer Protocols [S]. IETF, 2010.
- [5] Mandley M, Jacobson V, Perkins C. RFC4566. SDP; Session Description Protocol [S]. IETF, 2006.
- [6] 刘磊. 基于 ICE 方式的 SIP 穿越 NAT 技术的研究[D]. 天津:天津大学,2007.
- [7] 刘胜辉,周野. 对 ICE 穿越 Symmetric NAT 技术的改进[J]. 计算机工程与应用,2010,46(3):109-111.

作者简介:



杜得荣 男,(1983—),硕士研究生.研究方向为移动互联网、通讯、计算机.

刘建明 男,(1975—),博士后,教授.硕士研究生导师.研究方向为计算机及通信网络组网工程.

李宏周 男,(1979—),硕士,讲师.研究方向为图像处理.

彭智勇 男,(1981—),硕士,讲师.研究方向为信号与信息处理.