

基于 RTP/RTCP 的 VoIP 智能切换技术的实现方法研究

李钦德 周文安 马 飞 宋俊德

(北京邮电大学计算机学院 ICT&SSME 中心 北京 100876)

摘 要 为满足通信接入需求的多样性,接入网络的异构融合将成为下一代网络的必然趋势。为了解决由于异构网络和终端性能的不稳定及用户需求的实时变化而导致的通话连续性差的问题,提出了一种面向用户的基于 RTP/RTCP 的 VoIP 系统智能切换技术。通过对 RTP/RTCP 协议的应用扩展,系统实时检测 VoIP 会话的端到端网络的 QoS 性能,并对终端和网络性能、用户信息进行采集,从而使系统可根据用户所需的业务性能需求、所处的网络环境、终端性能、用户偏好等,智能地将用户切换到最佳的可用网络和终端,以满足服务连续性与接入方式多样性的需求。

关键词 异构网络,VoIP,QoS,RTP/RTCP,智能切换

中图法分类号 TP399 **文献标识码** A

Research on the Implementation of Intelligent Handoff Technique of VoIP Based on RTP/RTCP

LI Qin-de ZHOU Wen-an MA Fei SONG Jun-de

(ICT&SSME Center, School of Computer and Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract As to satisfy users' different demand with the telecommunication, access networks' heterogeneity has been the inevitable trend of next generation networks. To solve the bad continuity of the telecommunication caused by not only the unstable performance of the heterogeneous network and terminals but also the real-time change of users' demand, we proposed a user-oriented and RTP/RTCP based implementation of intelligent handoff technique of VoIP. By means of the extension and application of RTP/RTCP protocol, we can detect the real-time end-to-end network QoS performance in VoIP service, and collect the information of users and the performance of terminals and networks, so the system could utilize the performance thresholds of the service, the network environment, the performance of terminals and users' preferences to intelligently handoff users to the best network and terminal, meeting the demand of the service continuity and access diversity.

Keywords Heterogeneous network, VoIP, QoS, RTP/RTCP, Intelligent handoff

随着网络技术的飞速发展和多媒体应用技术的深入和普及,在 Internet 上基于 H. 323 或者 SIP 应用的语音通信 VoIP^[1]已成为技术发展的必然趋势。对于提供如社交多媒体、电子商务、网络游戏等现代服务业的新服务业态而言,VoIP 具有举足轻重的作用。

下一代网络中,具有差异性的多样化接入网并存,例如: WLAN, 2G/3G Cellular 和 PSTN 等,且一个用户拥有多种终端,由于终端/异构网络性能的不稳定及用户需求的实时变化必然降低 VoIP 通话端到端的 QoS 性能,导致通话连续性差的问题。为了提供面向用户的具有较好连续性的服务,根据终端、网络的实时性能及用户的需求进行接入网络与终端之间的智能切换,使用户更好地享受接入方式的多样性及服务的连续性具有重要的意义。

目前,国内外很多研究已在触发切换的端到端网络 QoS

性能测量及切换算法方面做出很多贡献。许多研究采用主动测量和被动测量方法利用 ICMP 和 TCP 来测量网络端到端的 QoS 性能。然而,主动测量方法需要进行端与端时钟同步,存在时钟同步问题,而已有的被动测量的方法并不适用于实时业务。文献[2]中提出了一种利用 ICMP 协议对网络传输层进行实时监控的方法。但 ICMP 数据流通常会被网络服务提供商(ISP)阻止或限速,且在路由器中通常被赋予较低等级。文献[3,4]中提出采用 TCP SYN 和 SYN-ACK 建立三次握手机制来测量网络性能。但 TCP 的拥塞控制机制会造成一定的时延,从而不利于对实时性业务的端到端性能进行快速检测。而在切换算法方面,文献[5]提出了一个基于应用的切换网络选择算法,其采用 AHP 确定参数权重并利用 MADM 根据用户的 QoS 需求得到切换的费用函数,从而确定切换的目标网络,但该算法只考虑对网络的选择而忽视了

到稿日期:2010-03-21 返修日期:2010-06-29 本文受国家科技支撑计划重大项目(2006BAH02A01),国家 863 高技术研究与发展计划课题(2007AA01Z204),中瑞 IMT 高级研究项目(2008DFA11950)资助。

李钦德(1985—),男,硕士生,主要研究方向为融合通信技术与现代服务业等,E-mail:kingder007@yahoo.com.cn;周文安(1971—),女,博士,副教授,主要研究方向为融合通信技术与现代服务业、宽带无线移动通信系统等;马 飞(1978—),男,博士生,讲师,主要研究方向为融合通信技术与现代服务业等;宋俊德(1938—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为融合通信技术与现代服务业、宽带无线移动通信系统、移动互联网等。

用户对切换目标终端的选择及优先级的设定会对网络选择产生的影响。

因此,本文应用并扩展了 RTP/RTCP 协议无需精确时钟同步地测量 VoIP 通话端到端的网络 QoS 性能,根据终端、网络的实时性能及用户的需求进行接入网络与终端之间的智能切换。本文第 1 节介绍系统的总体架构与模块架构及主要模块功能;第 2 节介绍了为实现系统功能所选用的 RTP/RTCP 协议簇,以及如何应用扩展该协议簇来支持实现系统智能切换功能;第 3 节详细阐述了本文所提出的 VoIP 智能切换机制及应用示范;最后是对本文工作的总结。

1 系统的总体设计

1.1 系统的总体架构

本文所论述的异构网络主要分为接入网和核心网,网络的拓扑结构如图 1 所示。接入网部分可分为无线接入方式(2G/3G 的蜂窝接入和 WiFi 接入方式)和固定接入方式(xDSL 和 PSTN 接入方式)。用户的多种终端和各种应用服务器(包括 VoIP Server)可通过不同的接入方式连入核心网中。

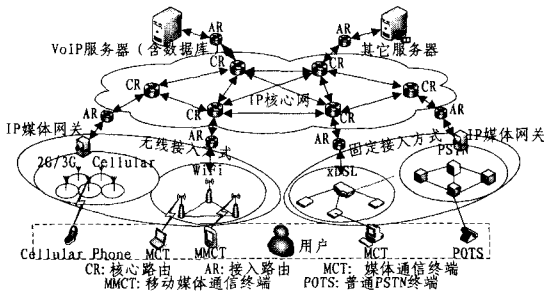


图 1 异构网络系统架构图

1.2 系统的模块架构

从功能层次的角度可将 VoIP 系统分为 3 个部分:客户侧、服务器侧和后台数据库^[6]。

如图 2 所示,在客户侧,用户拥有多种终端可接入系统。后台数据库用来存储用户、终端、网络、业务等相关信息。而在服务器侧,除了可接受用户及终端进行注册、登录、注销,对发起呼叫的用户进行鉴权、认证和计费,并为初始会话进行能力适配,建立合适的通信信道外,与本文主要研究的智能切换功能紧密相关的有下述 4 个主要功能模块:

终端信息采集:采集用户所拥有的多终端性能、终端所处的多网络环境参数及用户的喜好,为“智能切换”模块提供终端、网络和用户的相关信息。

端到端网络性能监测:应用并扩展 RTP/RTCP 协议测量得到 VoIP 通话端到端的主要网络性能参数,为“QoS 管理与控制”模块提供实时性能数据依据。

QoS 管理与控制:(1)分析监测到的终端、网络性能及用户需求,如果当前服务不满足“VoIP 业务性能的门限”及“用户的需求”,则触发“智能切换”模块;(2)为“QoS 监测查询”功能发布接口查询数据库获取相关终端及网络 QoS 信息,并通过 Web 浏览器方式直观地展示给用户及系统管理员。

智能切换:接受“QoS 管理与控制”模块的触发,执行智能切换算法,将存在异常或用户需求变化的 VoIP 通话切换到用户所需的最佳终端及网络中,继续进行通话。

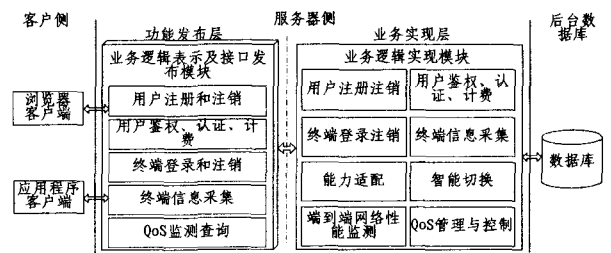


图 2 VoIP 系统模块架构图

2 RTP/RTCP 协议的选择与应用扩展

2.1 RTP/RTCP^[7]

RTP(Real-time Transport Protocol,实时传输协议)是用于 Internet 上针对多媒体数据流的一种传输协议。此协议详细说明了在互联网上传递音频和视频的标准数据包格式,常用于流媒体系统和视频会议等,使它成为 IP 电话产业的技术基础。RTP 通常使用 UDP 来传送数据,注重于数据传输的实时性,当应用程序开始一个 RTP 会话时将使用两个端口: RTP 和 RTCP。RTP 本身并不能为按顺序传送数据包提供可靠的传送机制,也不提供流量控制或拥塞控制,它依靠 TCP 和 RTCP 提供这些服务。

RTCP(Real-time Transport Control Protocol,实时传输控制协议)是实时传输协议(RTP)的一个姐妹协议。RTCP 为 RTP 媒体流提供信道外控制,在多媒体会话参与者之间周期传输控制数据,为 RTP 所提供的服务质量进行反馈。RTCP 包中含有已发送的数据包的数量、丢失的数据包的数量等统计资料。网络应用程序可以利用 RTCP 所提供的信息试图提高服务质量,比如限制信息流量或改用压缩比较小的编解码器。RTP 与 RTCP 配合使用,能以有效的反馈和最小的开销使传输效率最佳化,因而特别适合传送网上的实时数据。

2.2 端到端网络 QoS 性能的测量

系统采用 RTP/RTCP 协议来实时传输语音数据,并应用扩展了 RTCP 协议来快速测量 VoIP 系统端到端网络的主要 QoS 性能参数:时延、时延抖动和丢包率,并定位性能异常的网络部分,为智能切换功能提供网络性能的依据。采用该测量方法无需像常用的主动测量方法^[8]那样需要端到端精确的时间同步,也避免了像被动测量方法^[8]那样不适用于实时业务。图 3 是异构网络中 VoIP 实时业务流的拓扑图。

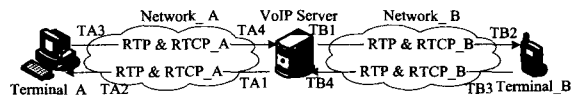


图 3 异构网络中 VoIP 实时业务流拓扑图

1. 时延测量

采用单向时延测量需要进行端到端时钟同步,通常只能获得毫秒级的精度,由于 VoIP 业务对实时性要求较高,毫秒级的精度存在一定的误差,因此,为了避开时钟同步问题,我们采用测量往返时延的方法来提高时延测量的精确度,间获得端到端传播时延,测量步骤如下所示:

(1)Network_A 中由 Server 记录发送 RTCP_A 的时刻 TA1,由 Terminal_A 接收后立即转发给 Server,根据转发时记录的接收时刻 TA2 和发送时刻 TA3 将 $DLSSR = (TA3 -$

TA2)包含于 RTCP_A 中,当 Server 在时刻 TA4 接收后,即可在服务器侧采用 SSRC_A 标识测量端 Terminal_A,根据所记录的时间来计算 Terminal_A 与 Server 间的往返传播时延:

$$A_RoundTripDelay = TA4 - TA1 - DLSR_A \quad (1)$$

滤除了转发过程中机器响应处理时间(TA3-TA2)。

(2)按照(1)中的测量方法,可得 Network_B 中 Terminal_B 与 Server 间的往返传播时延:

$$B_RoundTripDelay = TB4 - TB1 - DLSR_B \quad (2)$$

(3)由式(1)、式(2)可得 Terminal_A 与 Terminal_B 的端到端传播时延:

$$Delay_{AB} = (A_RoundTripDelay + B_RoundTripDelay) / 2$$

2. 时延抖动

端到端传播时延抖动是由端到端传播时延导出的重要参数,Terminal_A 与 Terminal_B、Terminal_A 与 Server、Terminal_B 与 Server 之间的端到端时延抖动分别可采用以下方式计算得到:

$$Jitter_N = |Delay_{AB_N} - Delay_{AB_{N-1}}|$$

$$Jitter_{A_N} = |(A_RoundTripDelay_N - A_RoundTripDelay_{N-1}) / 2|$$

$$Jitter_{B_N} = |(B_RoundTripDelay_N - B_RoundTripDelay_{N-1}) / 2|$$

3. 丢包率

在测量丢包率时需要设定的参数:包长(包长由语音编解码所确定的实时业务 RTP 包长 L 来决定)、时延超过门限值(如 250ms)则作为丢包处理。在设定了以上测量参数后,一段时间 T 内,根据在接收端对实际接收到的实时业务流 RTP 包的统计数 NUM_R 与这段时间内实时业务流 RTP 包中的序列号得到发送端的总发包数 NUM_S ,再通过 $LossRate = (NUM_S - NUM_R) / NUM_S * 100\%$ 得 Network_A 和 Network_B 的丢包率 LossRateA 和 LossRateB,则该时段的端到端总丢包率由下式获得:

$$LR_{AB} = 1 - (1 - LossRateA) * (1 - LossRateB)$$

根据用户及业务对网络 QoS 性能指标的要求对测量结果进行综合分析,持续增大或过大的 Delay_AB、Jitter 和 LossRate 说明网络性能正在恶化或已恶化,并可通过分析 A_RoundTripDelay 和 B_RoundTripDelay、JitterA 和 JitterB、LossRateA 和 LossRateB 的增长或突变来定位性能异常的网络部分,从而能够做出快速、及时的应变,来改善实时性业务的服务质量。

2.3 扩展 RTCP APP 报文

由于 RTCP 的 APP 报文可用于开发新应用和新特征的实验,不要求注册包类型值,且 APP 报文是一个轻量级的报文,对传输带宽几乎无影响,因此为了支持 VoIP 的新功能“智能切换”,本文定义了新应用类型的 APP 报文,APP 报文结构如表 1 所列,设定该应用的名字(Name)都为 HO,表示 Handoff 功能,并根据不同的职能变换 ADD 中的信息:

1. Name=HO,ADD=Need;
2. Name=HO,ADD=Need_ACK;
3. Name=HO,ADD=Notice;
4. Name=HO,ADD=Notice_ACK;
5. Name=HO,ADD=OK;

6. Name=HO,ADD=OK_ACK;

从而为支持智能切换功能增加扩展消息:APP_HO_Need(用户主动请求切换的消息)、APP_HO_Need_ACK(收到用户主动请求切换消息的反馈)、APP_HO_Notice(通知通信对方其通信对端正处于切换过程中)、APP_HO_Notice_ACK(收到切换通知的反馈)、APP_HO_OK(通信对端切换已完成)、APP_HO_OK_ACK(收到切换完成的反馈)。这些消息的具体应用将在第 3 节的应用示范中展示。

表 1 APP 报文结构^[7]

0-1 位	2 位	3-7 位	8-15 位	16-31 位
V 版本号	P:表示 RTCP 包中是否有其他控制信息	Subtype:可以 App 信息	PT 负载类型;设为 APP,RFC 中定义为 204	Length:说明 RTCP 包的长度
SSRC(同步源标识)				
Name(ASCII):该 APP 的名字,可以区别其他 APP				
ADD:应用程序特定信息				

3 VoIP 系统智能切换

系统采用智能切换算法利用终端/网络协同选择机制智能地为用户选择并切换至最佳的可用网络和终端,提供多样化接入、连续性的服务。

3.1 终端/网络协同选择算法

终端/网络协同选择算法综合考虑用户所处的网络环境、终端性能、用户偏好和所需业务的网络性能需求及费率来确定最佳的预切换终端及网络。

图 4 所示即为终端/网络协同选择算法,系统首先以用户为中心,考虑用户设定的终端优先级及切换目标终端信息,如果用户已选定切换目标终端且该终端性能满足服务需求,则可根据 QoS 参数、 R 和 W_i 计算确定该终端的最佳接入网,继续进行切换功能;否则,如果用户选定的目标终端不可用或该终端没有可用网络,则按用户设定的终端优先级从高到低逐个判断是否有相应的最佳接入网,如果有则可采用相应的最佳终端及网络继续进行切换功能,否则不存在满足用户需求的终端及网络。

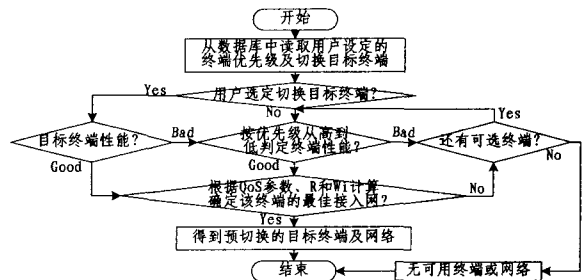


图 4 终端/网络协同选择算法

在“根据 QoS 参数、 R 和 W_i 计算确定该终端的最佳接入网”中,对于 VoIP 业务我们只考虑 3 个主要的网络参数:时延、时延抖动和丢包率,分别采用 D, J, L 来表示,并用 R, W 和 T 分别表示服务费率、各参数的权重值和所需业务网络性能的需求门限。其中,权重值 W 根据用户对各参数的重视程度而定,例如当用户为了得到较好的通话质量,且愿意付出较高的费用时,系统可将 W_D, W_J, W_L 设为较大值,而将 W_R 设为较小值。根据 MADM 理论^[9],描述相应网络整体行为的开销函数如下式所示:

$$P = W_R * R + W_D * (\frac{D}{T_D}) + W_J * (\frac{J}{T_J}) + W_L * (\frac{L}{T_L})$$

式中, $0 \leq W_i \leq 1$, $W_R + W_D + W_J + W_L = 1$ 。P 值越小说明对应的网络越能满足用户和服务的需求, 最小值对应最佳的接入网。

3.2 智能切换算法

本文提出的智能切换算法。如图 5 所示, 在接收到用户的手动切换请求消息 APP_HO_Need 或实时监测到当前通话的端到端网络 QoS 性能或终端性能衰减到预切换门限时, 采用 3.1 节中提出的“终端/网络协同选择算法”确定预切换的目标终端及网络, 如果切换触发是由用户手动发起, 则直接执行切换操作, 将发起端的会话切换到目标终端及网络中, 继续进行通话; 如果切换触发是由系统 QoS 监测得到, 且此时还未接到强制切换信令(性能衰减到必须切换程度), 则系统可向新终端/网络进行预切换, 即通知预切换的目标终端及网络提前做好接收 VoIP 通话的准备, 并令 VoIP 服务器为切换的新会话通路提前分配相关的收、发线端口, 若预切换成功, 则执行切换操作, 建立完整的切换会话通路, 否则, 重新选取最佳的预切换目标终端及网络。

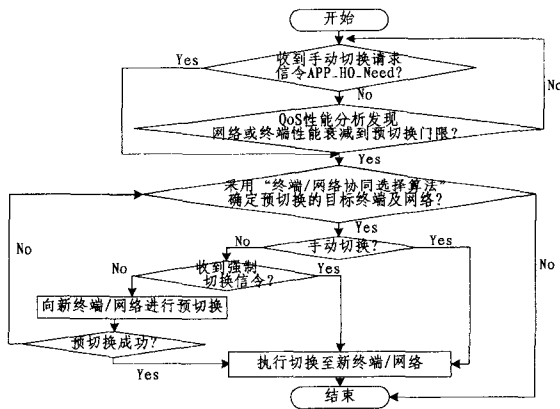


图 5 智能切换算法

3.3 应用示范

采用 2.2 节中新定义的 RTCP APP_HO 报文, 设定 VoIP 业务的 QoS 性能门限 $T_D = 150\text{ms}$, $T_J = 80\text{ms}$, $T_L = 5\%$, 并采集用户、终端和网络信息, 基于 SIP(会话初始化协议) [10,11] 进行 VoIP 智能切换的具体应用示范如下:

假设用户 A 拥有已注册的多终端 Terminal_A 和 Terminal_B, Terminal_A 是 PC 终端通过 xDSL 接入 VoIP 系统, Terminal_B 是 mobile 终端通过 WiFi 接入系统, 用户 B 拥有终端 Terminal。最初, 用户 A 在室内通过 PC 终端与用户 B 建立了 VoIP 通话, 下面分两个应用场景进行详细描述。

场景一: 用户 A 的 PC 终端的网络状态突然恶化或电源供应出现问题, VoIP Server 通过信息收集自动检测(QoS_analysis)到问题发生, 执行智能切换, 将与用户 B 的 VoIP 通话切换至 mobile 终端上通过 WiFi 继续进行, 信令时序如图 6 (a)所示;

场景二: 用户 A 突然有急事需要外出, 但又必然继续进行 VoIP 通话, 则用户 A 主动发起切换功能, 选择将 VoIP 通话切换至通过 WiFi 接入的 mobile 中, VoIP Server 收到手动切换消息 APP_HO_Need, 执行智能切换, 将与用户 B 的 VoIP 通话切换至 mobile 终端上通过 WiFi 继续进行, 信令时序如图 6 (b)所示。

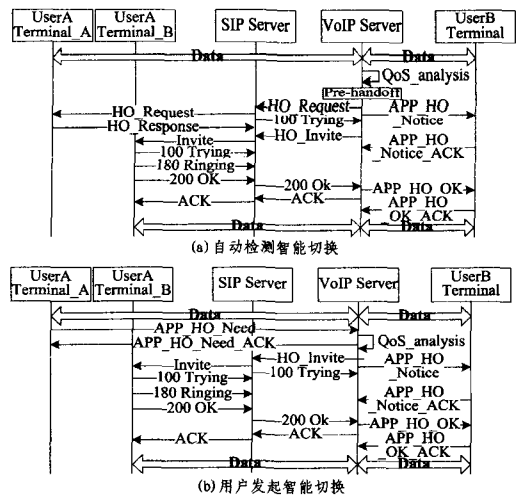


图 6 应用示范智能切换信令时序图

结束语 本文提出了一种能在异构网络中面向用户对 VoIP 会话进行智能切换的技术。它有效地消除了由于异构网络和终端性能的不稳定及用户需求的实时变化而导致的通话连续性差的问题, 可智能地将用户切换到最佳的可用网络和终端, 以满足服务连续性与接入多样性的需求。然而, 对于在 Internet 和其它分组网络上开展 VoIP 业务, 还需要考虑保密性和安全性等问题, 因此在智能切换技术中进行相应的保密和给予安全性保障是下一步的研究方向和工作重点。

参考文献

- [1] 李琳, 柴乔林, 袁春阳. H. 323 与 SIP 在 VoIP 应用中的实现及比较[J]. 计算机应用, 2002(9): 74-76, 79
- [2] 万民. 基于 ICMP 的网络状态监测研究[J]. 科技信息, 2009(31): 865, 904
- [3] Jiang H, Dovrolis C. Passive estimation of TCP round-trip times [J]. ACM Computer Communication Review, 2002, 32(3): 75-88
- [4] Horneffer M. Assessing Internet performance metrics using large-scale Tcp-syn based measurements[C]// Proceedings of Passive and Active Measurement Workshop 2000 (PAM 2000). Hamilton; University of Waikato, 2000
- [5] Fan Ligu, Zuo Feng. Research on Multi-Attribute Decision-Making Method Based on AHP and Outranking Relation[C]// 2008 Workshop on Power Electronics and Intelligent Transportation System. Washington; IEEE Computer Society, 2008: 227-232
- [6] Bodoff S, Armstrong E, Ball J, et al. The J2EE Tutorial Second Edition[M]. New Jersey, America; Addison Wesley, June 2004; 2-4
- [7] Schulzrinne H, Casner S, Frederick R, et al. RFC 3550, RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications[S]. IETF, 2003
- [8] Ishibashi K, Kanazawa T, Aida M. Active/passive combination-type performance measurement method using change-of-measure framework[C]// Proc. of IEEE GLOBECOM 2002. Taipei, China, Nov. 2002; 2538-2542
- [9] Wang Lusheng, Binet D. MADM-based Network Selection in Heterogeneous Wireless Networks: A Simulation Study[C]// Wireless VITAE 2009. Aalborg, Denmark, 2009; 559-564
- [10] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G, et al. RFC3261, Session Initiation Protocol[S]. IETF, 2002
- [11] 韦振名, 冯久超. SIP 安全认证机制研究[J]. 计算机科学, 2008, 35(11): 95-97