

基于 JXTA 的 P2PSIP 系统研究与实现

蔡则高,管有庆

(南京邮电大学 物联网学院 信息网络技术研究所,江苏 南京 210003)

摘要:会话初始协议(SIP)是 VOIP 领域中重要的信令连接协议之一,但是现有的 SIP 网络存在手工配置、维护困难以及扩展性较差等问题。随着 P2P 技术的日趋成熟,将 SIP 和 P2P 结合已经成为一种趋势。JXTA 是一个开放的对等平台,提供了构建 P2P 网络所需的基本应用服务。文中描述了 P2PSIP 系统的基本原理,在对 Peer 与 Rendezvous Peer 深入分析的基础上提出了 JXTA 网络模型,并在此模型上实现了原型系统,该系统不需要维护中央服务器,就能够维持正常的 SIP 通信。同时分析了系统框架结构和呼叫流程,最后给出了测试结果。

关键词:对等网;会话初始协议;JXTA;对等网会话初始协议

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)07-0175-04

Research and Implementation of P2PSIP System Based on JXTA

CAI Ze-gao, GUAN You-qing

(Institute of Information Network Technology, College of the Internet of Things, Nanjing
University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: The session initiation protocol (SIP) is one of the most important protocols in the area of VOIP. However, the existing SIP systems are typically needed to be configured and maintained by hand, with limited scalability. With the maturation of peer-to-peer (P2P) technology, there is a trend to combine P2P concepts with SIP. JXTA is an open P2P platform, which provides infrastructure services for building P2P applications. It depicts basic principles of P2PSIP system, presents a JXTA network model by analyzing Peer and Rendezvous Peer, and implements prototype system. This system maintains the SIP traffic without having to maintain central entities, and meanwhile enjoys compatibility with standard SIP. It also analyzes the call process and framework structure, and verifies function of the P2PSIP prototype system by testing.

Key words: P2P; SIP; JXTA; P2PSIP

0 引言

SIP^[1] (Session Initiation Protocol, 会话初始协议)最初的设计理念是打破传统电信集中式构架,并基于 IP 网络自动路由的概念,但是引入 SIP 以后,大多数 SIP 用户仍然和以前一样,在建立呼叫之前,被紧紧地束缚在代理和注册服务器之上。换言之,虽然媒体内容的传输已经是点对点的架构,但是建立会话的呼叫控制过程始终还是传统电信的集中式构架。而 P2P^[2] (Peer to Peer, 对等网络)网络却是一种具有较高扩展性、没有明确中央节点的分布式系统拓扑结构。这种网络拓扑结构相对而言就不具有网络瓶颈、维护服务器等相关问题,并且 P2P 网络还具有健壮性好、容错

能力强和扩展性高等特点,因此结合 SIP 标准与 P2P 网络架构的优点,充分发挥它们各自的优势,建立一个全新架构的 VOIP^[3] (Voice over Internet Protocol, 互联网语音协议)网络会话模型,可以消除传统 SIP 网络的不足,对于 VOIP 技术的发展具有十分重要的现实意义。

目前关于 P2P 和 SIP 主要有以下两种结合方式:方式一, P2P over SIP 通过扩展 SIP 信令,使用 SIP 信令来构建 P2P 网络,并且利用已有的 SIP 信令来简化 P2P 节点之间的消息传递。例如使用 SIP 的注册请求来加入 P2P 网络,使用其请求和响应在 P2P 网络中进行通信。威廉玛丽学院的 David A. Brayn 提出扩展 SIP 的 Register 请求,将其用做 P2P 的信令^[4]。不过 P2P over SIP 会增加 SIP 协议本身的负载和延迟,不利于系统的扩展。方式二, SIP over P2P 以 P2P 网络来承载 SIP 消息的传输。传统的 SIP 消息是承载在 TCP 或者 UDP 数据包里,使用 DNS 服务来进行定位。而近些年研究较多的基于 DHT^[5] (Distributed Hash Table, 分

收稿日期:2010-12-29;修回日期:2011-04-03

基金项目:江苏省高校自然科学研究计划项目(05KJD520146)

作者简介:蔡则高(1984-),男,江苏宿迁人,硕士研究生,研究方向为软件技术在通信网络中的应用;管有庆,副研究员,硕士生导师,主要研究方向为数据库、通信软件和下一代网络等。

布式哈希表)的 P2P 网络可以提供很好的资源定位和数据传送服务,所以一些学者也开始研究 SIP over P2P 的模型。美国哥伦比亚大学的 Kundan Singh 和 Henning Schulzrinne 提出了一个基于 Chord 的 SIP 电话系统^[6]。从上面两种方式对比来看,P2P over SIP 需要对 SIP 协议做较多的扩展,而且基于 SIP 的 P2P 系统和当前的 P2P 系统之间很难相互兼容,但是 SIP over P2P 只需要把 SIP 消息封装在已有 P2P 系统的消息里传送,而且可以和已有的 SIP 系统兼容。鉴于这些原因,选择使用 SIP over P2P 来实现 IP 电话系统。并把这种 SIP over P2P 的系统称为 P2PSIP 系统。

目前 P2P 平台很多,如: Windows Peer-to-Peer Networking 是微软公司推出的一套 C/C++ 语言 P2P 应用开发平台;JXTA^[7] 是 SUN 公司推出的一组开放通用的 P2P 协议,并用 Java 实现了这样的 P2P 应用开发平台。文中选择 JXTA 对等平台,在这个平台上有 P2P 网络所必需的基本功能。

1 JXTA 网络模型

JXTA 网络包含 Peer(对等节点)和 Rendezvous Peer(汇聚节点)^[8]。Peer 是一个虚拟的通信点,在一台计算机或者设备上可以有很多个 Peer,一个 Peer 并不是一个用户,所以需要将用户和 Peer 抽象出来并分离开。Peer 与特定的网络服务联系得很紧,在 JXTA 的参考实现中,Peer 可以使用网络提供的基本服务,例如汇聚服务、路由服务等,这些基本服务又可以提供搜索和通信服务。汇聚节点首先是一个 Peer,而且是一个能够处理来自其他 Peer 请求的 Peer。汇聚节点也可以将请求委托给其他 Peer,当然那些 Peer 也必须是汇聚节点。使用汇聚节点的一个主要目的就是为了方便在本地网络之外搜索广告信息(广告就是一个 XML 文档,用来交换 JXTA 网络上可以获得任何的信息)^[8]。汇聚节点通常拥有更多资源,并且可以存储大量的有关它周围 Peer 的信息、作为搜索的传递者和转发发现请求到其他的汇聚节点。

JXTA 网络模型如图 1 所示,Peer 相对汇聚节点来说有更多的加入和退出的动作,处于网络的边缘(又称边缘节点,Edge Peer)且只维护一个本地缓存(Local cache,缓存中存放一些用户广告信息),只与一个汇聚节点相连且只需知道如何到达该汇聚节点,并且参与新汇聚节点的动态发现,这样就可以使得这个 Peer 由于故障而切换到备用的汇聚节点上面去,从而增强了 JXTA 网络的可靠性;而汇聚节点之间通常直接相连,变化比较少并且更稳定,具有比 Peer 更强的性能,它们参与维护网络中所有可访问资源的一个松散一致的分布式哈希表(Loosely Consistent DHT)^[9],同时又把

由汇聚节点组成的这一层称之为汇聚网络层。

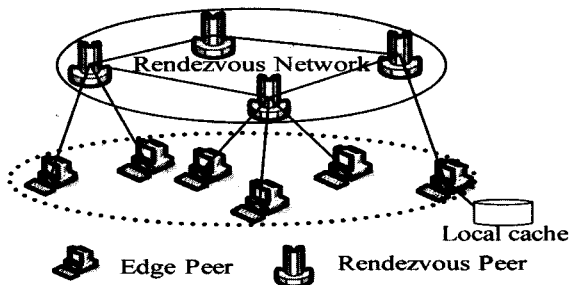


图 1 JXTA 网络模型

在这样的网络模型里使用了一种称为共享资源分布式索引(Shared Resource Distributed Index, SRDI)^[10]的分布式算法,以创建并维护网络中资源的一个总体索引,资源是用广告形式来描述的。通过一组特定的属性,用 SRDI 在网络范围索引这些广告。维护的分布式索引类似于一个哈希表,其索引的属性作为哈希键,而哈希值映射到包含实际广告的源节点。因而在汇聚网络上任何地方根据这些属性进行查询。这样,通过定位具有所需广告的广告节点,SRDI 就可以响应在网络中的广告查询。需要注意的是,除了和提出查询请求的 Peer 处于同一局域网内的 Peer 收到查询请求外,在局域网外只有汇聚节点才会收到查询请求。

2 系统实现

2.1 框架结构

图 2 是一个基于 JXTA 的 P2PSIP 终端原型系统的框架结构,主要由三部分组成,分别为用户接口 UI (User Interface) 模块、实时通信 RTC (Real-time Communication) 模块以及 JXTA 网络模块。UI 模块为用户提供了操作界面(Windows 编程实现),通过调用 RTC 模块来接入 JXTA 网络和发起呼叫请求,其中 RTC 模块和 JXTA 网络是通过套接字进行连接(包括发送字符串方法 send(),读取字符串方法 readLine()及写字符串方法 write()等)。RTC 模块提供了用于连接的 SIP 信令和进行语音视频通信的接口方法(如创建会话方法 CreateSession())。JXTA 网络层提供了广告的发布和用户定位等接口方法(参看 2.3 节),其中 Peer 是网络中的节点。

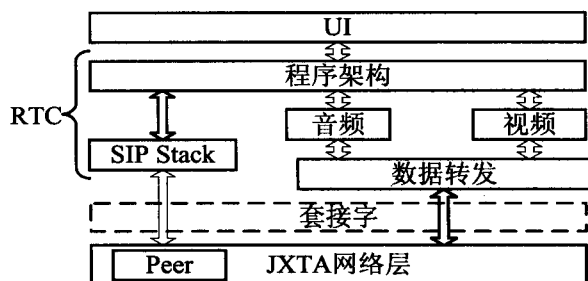


图 2 框架结构

2.2 会话建立

在 JXTA 网络中,每个用户被看成是一个资源,资源的特定属性(用户名、IP 地址及端口等)经哈希运算获得一个值,这个值称为索引(Index)。一个用户只有在登录网络对等节点 Peer 后,由 Peer 为之创建广告并且在本地图存储该广告,同时把广告信息生成索引推送到已经连接的汇聚节点,然后通过 SRDI 索引在汇聚网络层进行传播,这样在呼叫该用户时才能够被查询到,图3描述会话建立的过程。

1. UA2(User Agent,用户代理)登录节点 P2;
2. 节点 P2 把 UA2 的广告信息存储在本地;
3. 节点 P2 在本地图更新索引,并把所做的更新推送到已连接的汇聚节点 R4;
4. 通过 SRDI 索引的传播,接收更新的汇聚节点 R4 复制新的索引信息到汇聚网络层的其他汇聚节点(R2 和 R3);
5. UA1 对 UA2 发起一个呼叫,把 UA2 的 URL 发送到节点 P1;
6. 节点 P1 查询 UA2 的广告索引,这个查询被发

送到与惟一连接的汇聚节点 R1;

7. R1 在本地没有发现与之相匹配的索引,并将请求重定向到汇聚网络层的汇聚节点 R2;

8. 汇聚节点 R2 收到索引请求,在本地图缓存中发现有与之匹配的索引,立即将节点 P1 的请求通知给节点 P2;

9. 节点 P2 收到请求后,立即给 P1 响应;

10. 用户 UA1 向 UA2 发送 INVITE 消息。

2.3 会话建立实现

图4描述 Peer 节点类结构,主类 Main 实现了开启 JXTA 网络方法 startNetwork()。发现服务接口类 DiscoveryService 实现对等体发现协议(Peer Discovery Protocol, PDP)^[7],该协议包括两个方面,一方面用于发布广告信息:发布广告到本地 publish()和发布广告到远程 remotePublish(),即发布发现请求消息。发现请求消息类定义为 DiscoveryQueryMsg, type 表示广告的类型,threshold 表示接受最多数目的广告,peerAdvertisement 表示请求方 Peer 广告,attr 和 value 规定了响应中广告需要满足的条件,分别表示名和值。另一方面用

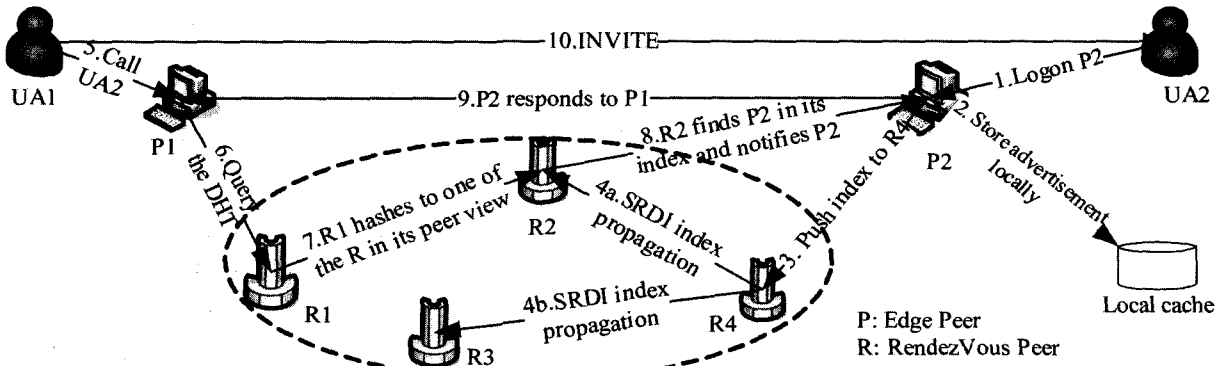


图3 会话建立流程

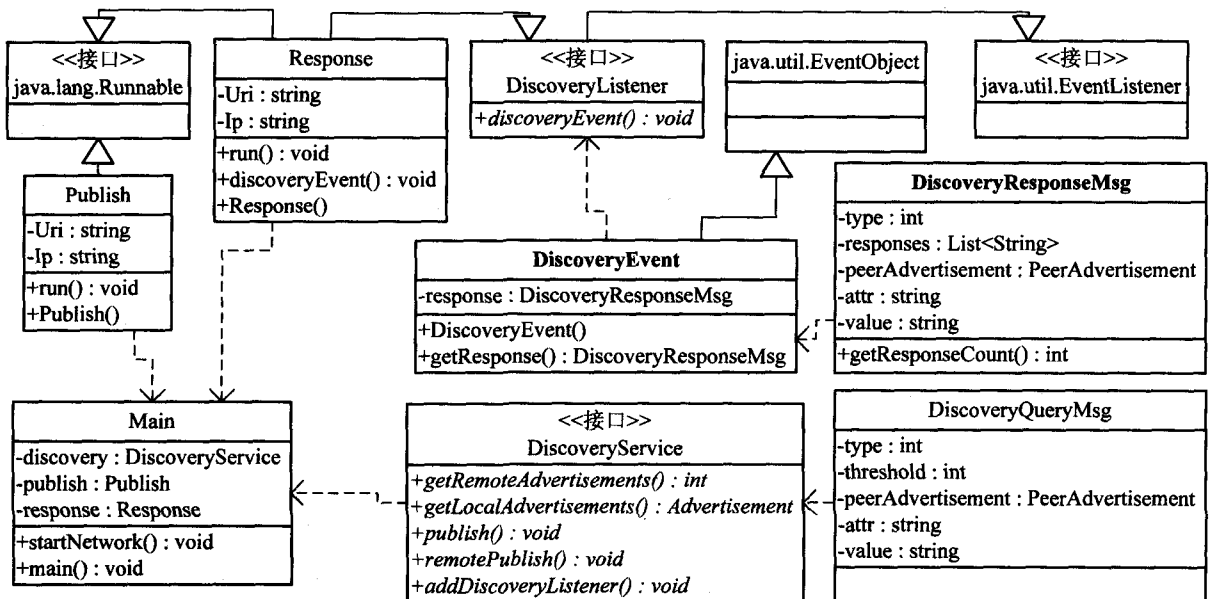


图4 Peer 节点类结构

于请求其他 Peer 的广告信息并响应这种请求:获得本地广告 `getLocalAdvertisements()` 和获得远程广告 `getRemoteAdvertisements()`。为了得到这个响应需要在发现服务接口类实例中添加发现监听器方法 `addDiscoveryListener()` 注册一个发现监听器接口类 `DiscoveryListener`,发现监听器接口定义发现事件方法 `discoveryEvent()`,发现事件类 `DiscoveryEvent` 作为 `discoveryEvent()` 方法的参数,包含了响应的细节,即发现响应消息。发现响应消息类定义为 `DiscoveryResponseMsg`,这里的 `type` 和 `DiscoveryQueryMsg` 类的 `type` 一样, `peerAdvertisement` 表示响应 Peer 广告, `attr` 和 `value` 表示这个响应产生时对应的原始搜索条件(和 `DiscoveryQueryMsg` 类中的值相同), `responses` 包含符合发现请求消息搜索要求的广告,可以有多个响应,得到响应个数方法 `getResponseCount()` 返回值是响应个数。发布类 `Publish` 和响应类 `Response` 都实现了线程 `java.util Runnable` 接口,即在节点运行起来以后创建两个线程分别用于发布和发现资源信息。其中 `Response` 类实现了 `DiscoveryListener` 接口,用于监听是否找到被叫用户,当发现被叫用户后会触发 `discoveryEvent()` 方法,在 `discoveryEvent()` 方法里调用套接字发送消息通知主叫用户,主叫用户收到这个消息后调用创建会话方法 `CreateSession()` 向被叫用户发送 `INVITE` 消息。

图 5 是会话实现流程,首先主类 `Main` 调用 `startNetwork()` 方法启动 JXTA 网络,当用户 `UA2` 登录 `Peer2` 以后,即把自己的 URL 通过 `send()` 方法发送到 `Peer2`,`Peer2` 通过 `readLine()` 读取 `UA2` 的 URL,然后通过 `publish()` 方法存储在本地缓存中和调用 `remotePublish()` 方法发布到网络中;当 `UA1` 向 `UA2` 发起一个会话时,`UA1` 把 `UA2` 的 URL 通过 `send()` 发送到 `Peer1`,`Peer1` 通过 `readLine()` 读取 `UA2` 的 URL,然后 `Peer1` 通过 `getLocalAdvertisements()` 方法在本地缓存中查找匹配信息,如果没有发现匹配信息则通过 `getRemoteAd-`

`vertisement()` 方法查询定位被叫用户的位置,由于 `Response` 类实现了 `DiscoveryListener` 接口,当 `Peer1` 查询到被叫用户 `UA2` 时,会触发 `discoveryEvent()` 方法,这个方法调用 `write()` 方法向主叫用户发送一个套接字消息,`UA1` 在收到这个消息后,调用创建会话 `CreateSession()` 方法发起一个会话,即发送 `INVITE` 消息。

3 系统测试与分析

运行和测试硬件环境:PC 两台,路由器一台,双绞线两根。运行和测试软件环境:Windows XP, `lombox-eclipse-3.2`, `JSDK1.5.0`, `jxse-lib-2.5`, `Microsoft Visual C++ 6.0`, `Microsoft RTC Client API v1.2 SDK`。

为了描述的方便,分别称两台 PC 为 `PC1`、`PC2`。主叫用户 `caizg01` 位于 `PC1` 上,被叫用户 `caizg02` 位于 `PC2` 上。当 `caizg01` 和 `caizg02` 都登录上 `JXTA` 网络后,主叫用户 `caizg01` 向被叫用户 `caizg02` 发出 `JXTA` 查询消息,当被叫方接收到此消息后,向主叫方发送一条 `TCP` 消息,该 `TCP` 消息中包含了一个拥有 `caizg01` 的用户位置信息,接着向被叫用户发送 `SIP INVITE` 消息,被叫返回 `SIP Trying`, `SIP Ringing`, `SIP 200 OK` 消息,然后主叫用户向被叫用户发送一条 `ACK` 消息。到此呼叫连接建立完成,接下来是数据流传输。

4 结束语

文中实现了基于 `JXTA` 的 `P2PSIP` 系统,充分利用了标准的 `SIP` 信令协议和日趋成熟的 `JXTA` 技术。与 `Skype`^[1] 相比,基于 `JXTA` 的 `P2PSIP` 应用更方便与其他标准 `SIP` 设备和 `PSTN` (Public Switched Telephone Network, 公共交换电话网) 互通,同时可以利用 `JXTA` 实现网络的自我管理能力、节点信任度等问题。由此可见,将 `JXTA` 技术引入到 `SIP` 中,将与 `Skype` 供应商直接竞争,给低端消费业务带来极大冲击,同时影响中小规模企业市场。基于 `JXTA` 的 `P2PSIP` 应用研究还处于萌芽阶段,对于系统的许多高级服务(如离线消息、多方会议、安全性等)还需进一步研究和测试。

参考文献:

- [1] Rosenberg J. SIP: Session Initiation Protocol[S]. RFC3261, 2002.
- [2] 吴国庆. 对等网络技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(7): 100-103.
- [3] Brayn D A, Bruce B L. SOSIMPLE: A SIP/SIMPLE Based P2P VoIP and IM System[R]. Williamsburg: Computer Science Department, College of William and Mary, 2004.
- [4] Brayn D A. A P2P Approach to SIP Registration [EB/OL]. 2005-01-20. <http://www.softarmor.com/wgdb/docs/draft->

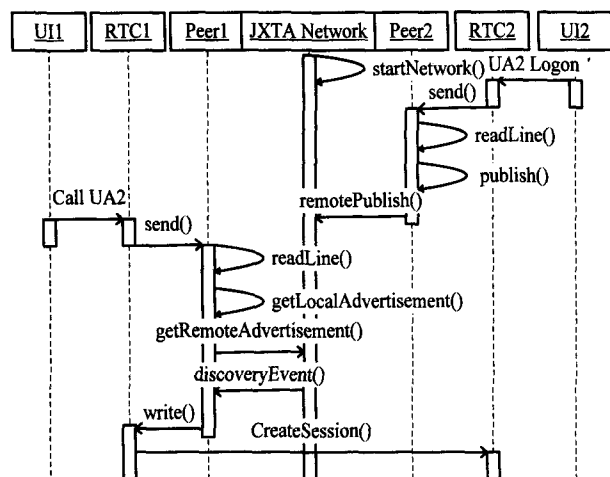


图 5 会话实现流程

有限元模型进行交互性操作,需要辅助相应的力反馈设备协助完成手术的模拟交互,系统根据用户给定的特定信息,比如选定指定的组织区域,切割深度等在体数据上实现手术的模拟操作,完成操作后的体数据经过三维显示部分重新绘制出变化后的立体图像,而且医务工作者可以进行虚拟切割从而形成术前方案^[12]。

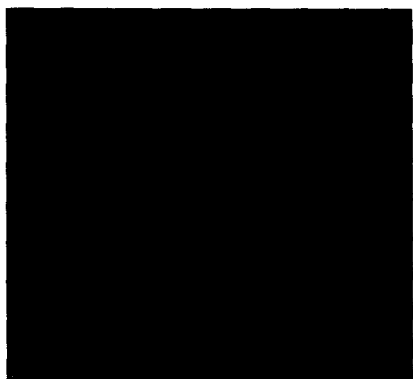


图 3 有限元模型图

3 结束语

虚拟脊柱手术系统的经济性、直觉性和多样性使它在临床实践中有着很大的应用价值:

(1) 临床脊柱手术的仿真和训练:运用虚拟现实技术可以使医务人员置身于虚拟的场景内,学习如何应对临床脊柱手术的实际情况,虚拟环境下的交互操作可以通过多方位的感知如视、听、触觉学习各种手术的实际操作;

(2) 医疗手术方案的制定:可以直观地在三维模型上对病患部位进行不同方位的显示,依据其部位在虚拟系统中制定手术治疗方案,或模拟评判治疗效果;

(3) 节省资源,提高效果:使非熟练人员实施骨科手术的风险性大大降低,节约培训医务人员的费用和时间,利用图像技术和虚拟现实技术帮助医生合理定制术前方案、辅助选择最佳手术途径,提高病患部位的定位精度,减少手术对组织的损害和损伤,从而提高手术成功率等^[13]。

参考文献:

- [1] 郭圣文. 集成化三维虚拟手术系统的设计[J]. 中国医学影像技术, 2006, 22(12): 1894-1897.
- [2] 曾妍文. 面向显微外科手术的虚拟血管缝合仿真系统的研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [3] Shim V B, Pitto R P, Streicher R M, et al. The use of sparse CT datasets for auto-generating accurate FE models of the femur and pelvis[J]. Journal of Biomechanics, 2007, 40(1): 26-35.
- [4] 林晓梅. 虚拟手术中软组织重建及显示关键技术的研究[J]. 自动化技术与应用, 2005, 24(10): 4-6.
- [5] 肖宜龙, 路游, 亓永刚. 基于神经网络的 NURBS 曲面重建[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(9): 65-68.
- [6] Radetzky A, Nu A. Visualization and Simulation Techniques for Surgical Simulators Using Actual Patient's Data[J]. Artificial Intelligence in Medicine, 2002, 26(4): 255-279.
- [7] 牛文鑫, 丁祖泉. 三种三维有限元建模方法在跟骨模型建立中的应用比较[J]. 医用生物力学, 2007, 22(4): 345-350.
- [8] Helgason B, Perilli E, Schileo E, et al. Mathematical relationships between bone density and mechanical properties: a literature review[J]. Clin Biomech, 2008, 23(2): 135-146.
- [9] Su R, Campbell G M, Boyd S K. Establishment of an architecture-specific experimental validation approach for finite element modeling of bone by rapid prototyping and high resolution computed tomography[J]. Med Eng Phys, 2007, 29(4): 480-490.
- [10] 孙艳霞, 鲍旭东, 蒋春涛. 软组织建模中的有限元模型[J]. 生物医学工程研究, 2004, 23(3): 137-140.
- [11] 陈辉, 廖瑛. 骨盆三维有限元模型的研究与应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(35): 6891-6894.
- [12] 郭立新, 刘学勇, 陈威, 等. 人体腰椎有限元模型及其生物力学研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2007, 24(5): 1085-1088.
- [13] Nakasato T, Sasakia M, Ehara S, et al. Virtual CT Endoscopy of Ossicles in the Middle Ear[J]. Journal of Clinical Imaging, 2001, 25(3): 171-177.

(上接第 178 页)

bryan-sipping-p2p-00.html.

- [5] Landsiedel O, Lehmann K A, Wehrle K. T-DHT: Topology-Based Distributed Hash Tables[C]// IEEE Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing. [s.l.]: [s.n.], 2005: 143-144.
- [6] Singh K, Schulzrinne H. Peer-to-Peer Internet Telephony using SIP[R]. New York: Department of Computer Science, Columbia University, 2004.
- [7] Sun Microsystems Inc. JXTAv2.0 Protocols Specification[EB/OL]. 2003-02-27. <https://jxta.dev.java.net/>.
- [8] 许斌. JXTA: Java P2P 网络编程技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 22-26.
- [9] Sun Microsystems Inc. Project JXTA2.0 Super-Peer Virtual Network[EB/OL]. 2003-05-25. <https://jxta.dev.java.net/>.
- [10] Li S. JXTA 2: A high-performance, massively scalable P2PNetwork[EB/OL]. 2003-11-11. <http://www.ibm.com/developerworks/library/j-jxta2/index.html>.
- [11] Skype. Skype[EB/OL]. 2010-12-02. <http://skype.tom.com/>.