

基于 Mobile IP 的 WiMax 网关切换方法的研究与实现

陈春玲, 张锦跃, 陈云

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘要:为实现 WiMax 网关间快速且平滑的切换,采用移动 IP 技术来实现其网关的切换。通过对 WiMax 网关切换、移动 IP 技术及 GRE 隧道封装机制的研究,来分析移动 IP 方式网关切换技术的实用性和可行性。为方便网络运营商的计费,使用双向隧道为移动 IP 的隧道机制。研究和仿真实验表明移动 IP 方式的 WiMax 网关切换技术在现实中是实用可行的。移动 IP 技术在 WiMax 网关切换中的应用能很好地实现 WiMax 网络中不同接入网关间的切换,有效降低切换时延和丢包率,且双向隧道也利于网络计费的实现。

关键词: WiMax; MIP; 隧道; 网关切换

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)04-0115-05

Research and Implementation of Gateways Handoff Technology of WiMax Based on Mobile IP Technology

CHEN Chun-ling, ZHANG Jin-yue, CHEN Yun

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: The application of mobile IP technology in the network of WiMax can make the switchover between different AGW quickly and smoothly. Analyze the feasibility of mobile IP mode switchover by the research of switchover of WiMax AGW, mobile IP technology and GRE tunnel encapsulation mechanism. For the convenience of charge, use bidirectional tunnel as the tunnel mechanism of mobile IP. Research and experimental results show that mobile IP mode switchover in WiMax AGW is practical and feasible in reality. The application of mobile IP technology can well realize the switchover between different AGW in the network of WiMax, which effectively reduces handoff delay and packet drop rate. And the mechanism of bidirectional tunnel is convenient for charge.

Key words: WiMax; mobile IP; tunnel; gateways handoff

0 引言

WiMax 即全球微波接入互操作性^[1], 是基于 IEEE802.16 标准^[2]的无线城域网技术, 它可作为线缆和数字用户线 DSL 的无线扩展技术, 从而实现“最后一公里”宽带接入。经国外商用局的测试, WiMax 能提供的最高接入速度是 70M^[3], 这个速度是 3G 所能提供宽带速度的 30 倍。WiMax 将超越目前最为流行的 Wi-Fi 无线接入技术, 有望引领新一波无线宽带接入潮流。尽管 WiMax 的发展前景很明朗, 但在关键技术上发展还不够成熟, 尤其是切换技术。切换过程进行不好, 很可能造成小区的过载或终端的“掉话”, 使网络服务质量大大下降, 因此快速、平滑切换的实现,

可降低切换时延和丢包率, 是关系到 WiMax 网络能否大规模部署的关键。

目前已实现了同一接入网关 AGW 下不同基站的切换, 但不同 AGW 间基站的切换技术还未真正实现。移动节点切换链路时, 如果不改变它的 IP 地址就无法在新链路上接收数据包, 因而必须改变它的 IP 地址, 但这样就不得不每次都中断和重启正在进行的通信。中断和重启所造成的延时和丢包也比较严重, 而且 IP 地址的变化也不便于运营商的计费。

移动 IP^[4](MIP)技术的应用, 可解决不同接入网关间不同基站的切换, 有效降低切换时延和丢包率, 实现基站间的无缝切换, 方便计费。

1 Mobile IP 技术

移动 IP 包括移动 IPv4^[5]和移动 IPv6^[6]的两个标准, 是 IETF 提出的在 IP 层解决移动性的标准, 当移动节点在网络间不断移动时, 能够保持与已有连接的节

收稿日期: 2010-08-01; 修回日期: 2010-11-13

基金项目: 国家自然科学基金(60773041)

作者简介: 陈春玲(1961-), 男, 江西兴国人, 硕士, 教授, 研究方向为软件技术及其在通信中的应用。

点继续通信。移动节点 MN 在移动时,一直保持一个固定的地址,即还是以家乡地址进行通信。移动 IP 的基本操作^[4]有:代理发现、注册、注销。由于 MIPv4 的基本原理无论是在 MIPv6 还是其它移动解决方案中被普遍采纳,因此文中主要对 MIPv4^[7]进行分析。

1.1 代理发现

家乡代理 HA 和外地代理 FA 周期性地在链路组播或广播代理通告 (Agent Advertisement) 消息,通告其与链路的连接关系。代理通告消息是通过在 ICMP 路由器通告消息中增加“移动代理通告扩展”部分,说明移动代理是 HA 或 FA、其网络地址和通告有效期等信息。

移动节点 MN 接到代理通告消息,判断自己是在家乡链路还是外地链路上。当代理通告中的代理地址与移动节点的地址在同一网段时即在家乡链路中。若在家乡链路时,则 MN 如固定结点一样工作。否则,需向 HA 进行注册,通知 HA 更新转交地址 (CoA)。当 MN 从外地链路返回时,需向 HA 发出注销消息,声明自己已回到家乡网络中。

1.2 注册

当 MN 在外地链路上,则获得一个转交地址,这个地址代表 MN 当前所在的位置。这个地址有两种类型:一种为外地代理转交地址;另一种为配置转交地址,该地址可通过动态配置协议 DHCP 自动获得。MN 获得转交地址后向 FA 注册。

HA 收到注册请求消息后,将家乡地址和相应的转交地址存放在绑定缓存中,完成家乡地址和转交地址的绑定,并向 MN 发送注册应答。在注册过程中,如果 MN 使用外地代理转交地址,就要通过 FA 进行注册请求和注册应答。

注册完毕后,HA 通过地址解析协议 ARP 代理机制截获发往 MN 的数据包后,再将原始数据包通过隧道转发给已登记的外地地址。原始 IP 数据包作为净负荷封装在转发的 IP 数据包中,从而使原始 IP 数据包原封不动地转发到处于隧道终点转交地址处。在转交地址处解除隧道,取出原始数据包,并将原始数据包发送到移动节点。

移动节点发给 CN 的数据包直接发给 CN,不必通过 FA。

1.3 注销

如果移动节点 MN 回到家乡链路后,则需要向家乡代理 HA 发起注销过程。MN 给 HA 发送注销消息;HA 收到注销请求消息后,删除 MN 和 FA 对应的绑定表项并构造注销应答消息发送给移动节点 MN。之后 MN 如固定结点一样进行通信。

2 隧道机制

移动 IP 的隧道技术^[8]是利用公共网络基础设施在网络之间传递数据的一种方式。使用隧道传递的数据可以是使用不同协议封装的数据包,隧道协议将这些其他协议封装的数据包重新加密并封装在新的包头中发送。新的包头提供了路由信息,从而使新封装的数据包能够在隧道的两个端点间通过公共互连网络进行路由传输。被封装的数据包在公共互连网络上传递时所经过的逻辑路径称为隧道。隧道有好多种,文中选用通用路由封装^[9] (Generic Routing Encapsulation, GRE)隧道进行分析。

GRE 隧道是对某些网络层协议的数据报文进行封装,使这些被封装的数据报文能够在另一个网络层协议(如 IP)中传输。GRE 规定了如何用一种网络协议去封装另一种网络协议的方法。GRE 的隧道由两端的源 IP 地址和目的 IP 地址来定义,允许用户使用 IP 包封装 IP、IPX、AppleTalk 包,并支持全部的路由协议(如 RIP2、OSPF 等)。通过 GRE,用户可以利用公共 IP 网络连接 IPX 网络、AppleTalk 网络,还可以使用保留地址进行网络互连,或者对公网隐藏企业网的 IP 地址。

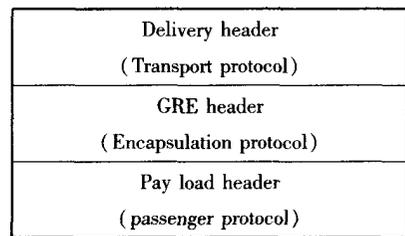


图 1 GRE 封装好的报文形式

图 1 为 GRE 封装好的报文形式。传输的原始数据报文,称之为净荷 (Payload),净荷的协议类型为乘客协议 (Passenger Protocol)。系统收到一个净荷后,首先使用封装协议对这个净荷进行 GRE 封装,即把乘客协议报文进行了“包装”,加上了一个 GRE 头部成为 GRE 报文;然后再把封装好的原始报文和 GRE 头部封装在 IP 报文中,这样就可完全由 IP 层负责此报文的前向转发 (Forwarding)。通常把这个负责前向转发的 IP 协议称为传输协议 (Delivery Protocol)。

图 2 为 GRE 封装前后的数据包。原始数据包在隧道的入口进行 GRE 封装,添加 GRE 头和新 IP 包。设备根据新 IP 头的目的地址及路由表对报文进行转发。当 GRE 封装后的数据包传到隧道的出口时,进行隧道解封装,得到原始的 IP 数据包,然后再进行正常的 IP 转发。

隧道机制实现了原始数据包从隧道入口到出口的数据透传。

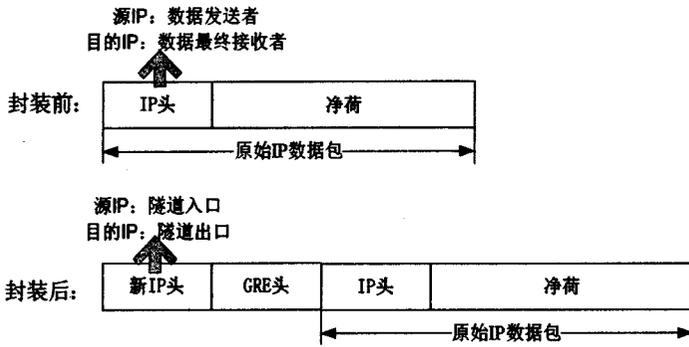


图2 GRE 封装前后的数据

3 网关切换

切换^[10]指通信中的移动节点从一个基站移动到另一个基站时,移动交换中心 MSC 自动将通信转移到新基站的信道上。WiMax 网络系统的切换分为系统内切换和系统间切换^[11]。其中,系统内切换是指同一个接入网关内的切换,其主要由 MAC 层控制,也称为 L2 切换;系统间切换则指不同接入网关间的切换,涉及到 L2 切换和 L3 切换。

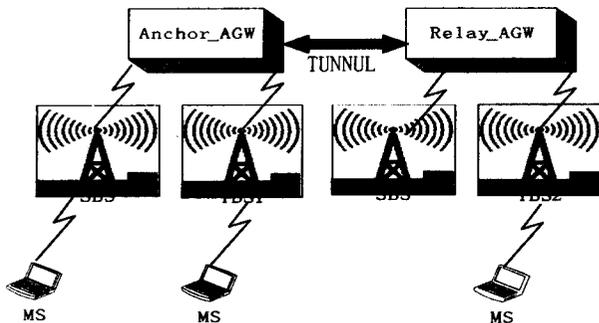


图3 网关切换

图3为网关切换图。如果移动台想连接到 WiMax 网络时,它首先要发起请求消息给它归属的服务基站 SBS,这时这个 SBS 会发请求消息给 AGW,AGW 就会把终端的信息发送到鉴权服务器 AAA,在鉴权服务器上判断 MS 是否合法,如合法,则授权给终端,这时终端就可以接入 WiMax 网络。若 MS 移出 SBS 的服务范围,移动到另一个目的基站(Target BS)范围下,这时 TBS 就会感知到有终端移动到它的范围下,因此这个

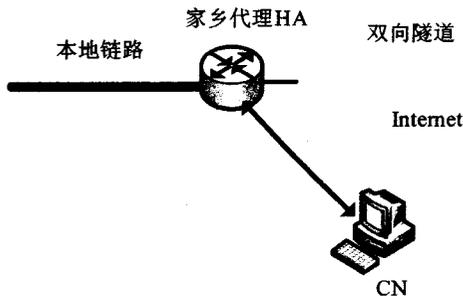


图4 双向隧道

终端就进行切换操作。移动到 TBS1 为进行系统内切换,而移动到 TBS2 则进行系统间切换。进行系统内切换时,Anchor_AGW 与 Relay_AGW 之间通过隧道来传送数据。

系统内切换技术已经实现,文中不再赘述,重点讨论系统间切换。

系统间的切换:

当切换过程涉及到 AGW 或 FA 的变更时,系统在完成二层切换的处理后,会触发移动 IP 的处理以保证 IP 层连接的连续性,

这时将进行系统间的切换。当 MS 移动到的新小区非同一外部网关时,系统必须做一定的处理才能避免将上层发送给该 MS 的数据包仍发往旧的网关设备,从而屏蔽上层业务连接对底层路由的依赖。在 WiMax 系统中,采用 IETF 规定的 MIP 技术来实现三层切换的平滑处理。当服务 MS 的网关发生变更后,MIP 客户端会发起 MIP 注册过程,通知 HA 变更家乡地址与转交地址 CoA 的绑定关系,并建立 HA 到 FA 的隧道,以便上层发往切换终端的数据有效地转发到终端侧。

在移动 IP 中,MN 和通信对端 CN 的通信存在三种情况:三角路由、双向隧道和优化路由。从网络防火墙入口过滤和切换后计费问题的考虑,以及各大运营商的需求,在 AGW 系统中采用了双向隧道方式来实现切换后的 MN 和 CN 之间的通信。

图4为双向隧道。MN 与 CN 的通信的数据均要通过隧道传送到接收方。这样数据包的发送不会被防火墙过滤掉,且便于运营商的计费。

综上所述,不同 AGW 间基站的切换的过程为:

首先进行系统间切换即 L2 层切换,实现物理层和链路层的切换。然后再触发移动 IP 的处理过程:

- 1) 当 MN 移动到外地节点时,收到 FA 发的代理消息后,得知其移动到一个新的外地链路上,并从代理消息中得到 FA 的代理转交地址 CoA;
- 2) MN 发送注册请求到预期的外地代理 FA,开始注册过程;
- 3) FA 处理注册请求,然后把它转发到家乡代理 HA;

4) 家乡代理 HA 收到注册请求消息后, 验证 MN 的身份, 若身份合法, 则更新家乡地址和转交地址的绑定关系, 同时发起隧道的建立, 并构造注册应答消息发送给外地代理 FA;

5) 外地代理 FA 收到注册应答消息后, 把处理的结果告知 MN;

注册成功后, CN 与 MN 间的相互通信即通过 GRE 隧道实现数据的传送, 传递的同时, AAA 服务器^[12]也对 MN 进行计费;

6) 当 MN 从外地链路回到家乡链路时, 即 MN 收到 HA 发送的代理通告消息, 则 MN 向 HA 发送注销请求消息;

7) HA 收到 MN 的注销消息时, 删除 MN 和 FA 对应的绑定表项并构造注销应答消息发送给移动节点 MN。之后, MN 在家乡网络中如固定结点一样进行正常的通信。

4 测试与应用实例

本节将重点测试不同网关切换功能的实现。其测试环境为:

硬件环境: 20G 一级 IP 交换机框, 包含 GGUP (IP 用户面处理板)、GGLP (千兆网络接口交换板)、GGEP (Eth 用户处理板)、PSN (分组交换网板)、OMP (操作维护处理板)、SMP (信令处理板)、UIM (通用接口板)。

软件环境: Windows 2000 AdvanceServer + SP4 + RPCpack、Vxwork、Tronado、Oracle。

配置信息如下:

MSID: 11-11-11-11-11-11; AGW0 的 IP 地址: 198.0.36.10; AAA0 服务器的 IP 地址: 198.0.39.10; AGW1 的 IP 地址: 198.0.36.110; AAA1 服务器的 IP 地址: 198.0.39.110; BSO 配置信息: Bsid0 = 11-11-11-11-11-11, Bsip0 = 198.0.33.10; BS1 配置信息: Bsid1 = 22-22-22-22-22-22, Bsip1 = 198.0.33.110。

当用户从 AGW0 下的 BSO 切换到 AGW1 下面的 BS1 下时, BSO 会向 AGW0 发起 HO_Req 切换请求, 该请求中会带有用户的业务流的信息。当 AGW0 收到

这条消息后会查找转发表把这条消息转发到 AGW1, AGW1 收到这条消息后会根据消息中的 Dst Bsid 发给对应的 BS1。当 BS1 收到切换请求消息后会对应的发起 R6HORsp 响应消息, BSO 收到响应消息后会发一条确认的 R6HOAck 消息。

图 5 为切换请求测试。(Src = 198.0.33.10, Des = 198.0.36.10) 是 BSO 向 AGW0 发起的 HO_Req 切换请求消息; (Src = 198.0.36.10, Des = 198.0.36.110) 是 AGW0 收到 BSO 的 HO_Req 消息后把这条消息转发给 AGW1; (Src = 198.0.36.110, Des = 198.0.36.10) 是 AGW1 响应 AGW0 的 HO_Rsp 消息。

当 BS1 收到 BSO 的请求时, BS1 会给出 HO_Rsp 切换响应消息。HO 流程结束后, 会建立 AGW1 和 BS1 之间的业务流隧道并且删除 AGW0 和 BSO 之间原始的业务流隧道, 过程如同 R6 切换流程。

图 6 为切换响应测试。(Src = 198.0.36.10, Des = 198.0.36.110) 是 AGW1 接收到 HO_Req 切换请求消息; (Src = 198.0.36.110, Des = 198.0.33.110) 是 AGW1 接收到的 HO_Req 消息转发给 BS1; (Src = 198.0.33.110, Des = 198.0.36.110) 是 BS1 响应 AGW1 的 HO_Rsp 消息。

测试结果可以看出, 采用 MIP 方式能实现不同 AGW 之间不同 BS 之间的快速切换。更换 IP 方式的切换技术, 每次切换都得中断和重启正在进行的通信, 因中断和重启所造成的时延和丢包比较严重。而 MIP 方式切换是先切换到新的网络再断开网络, 不必改变其 IP 地址, 也不必中断和重启正在进行的通信, 因此能实现平滑切换。且 MIP 方式切换双向隧道机制的采用也有利于运营商收费的实现。

5 结束语

移动 IP 技术在不同接入网关间切换的应用, 实现了移动节点移动时网关间基站的平滑切换。测试的数据表明, MIP 技术在网关切换中的应用, 有效地降低了切换的时延和切换时产生的丢包率。对 WiMax 的大范围推广和部署起了很大的推动作用。

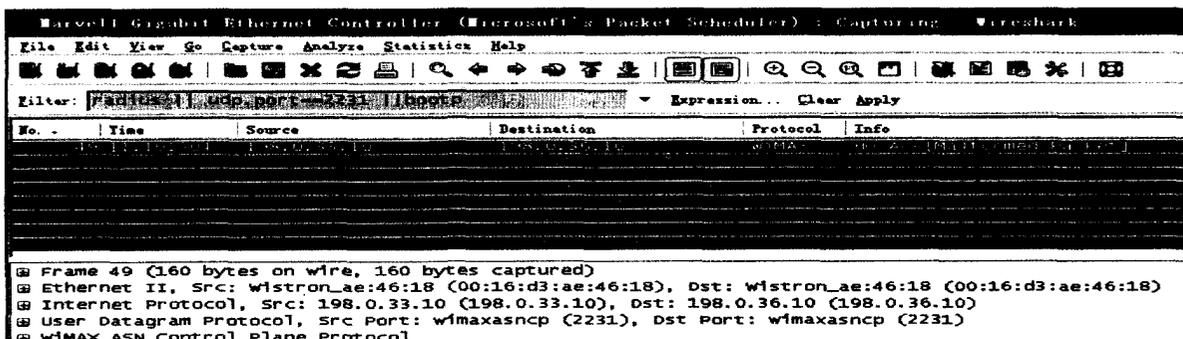


图 5 切换请求测试

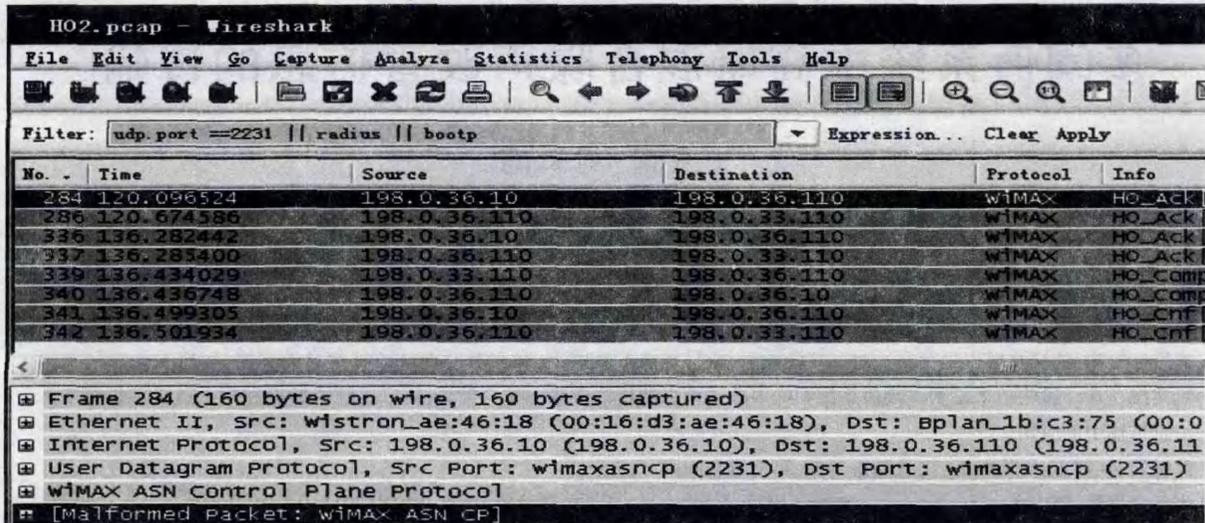


图6 切换响应测试

参考文献:

[1] 胡心怡,周慧源. WiMAX 无线通信技术[J]. 电信快报, 2010(2):43-45.

[2] IEEE 802.16-2004. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems[S]. IEEE, 2004.

[3] Abichar Z, Peng Yanlin, Chang J M. WiMax: The Emergence of Wireless Broadband [J]. IEEE, IT Professional, 2006, 8(4):44-48.

[4] 糜正琨. 移动 IP 技术[J]. 中兴通讯技术,2008(4):59-62.

[5] RFC 3344. IP Mobility Support for IPv4[S]. IETF, 2002.

[6] RFC 3775. Mobility Support in IPv6[S]. IETF, 2004.

[7] 薛伟,高仲合,杨自芬,等. 移动 IP 切换机制性能分析[J]. 计算机与信息技术,2006(11):43-44.

[8] 徐华中,郑诚. 移动 IP 隧道技术实现的研究[J]. 中国水运,2008(4):258-259.

[9] RFC 2784. Generic Routing Encapsulation[S]. IETF, 2000.

[10] 贺昕,李斌. 异构无线网络切换技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2008:68-70.

[11] 张明,王锁萍,何涛. 移动 WiMax 的切换机制[J]. 网络与通信,2009, 35(22):103-105.

[12] 李军. 支持 AAA 的移动 IPv6 网络切换性能研究[D]. 北京:中国科学院研究生院(计算技术研究所),2006.

(上接第 114 页)

高了算法的全局搜索能力和局部搜索能力,而种群 3 具有很好的平衡全局搜索和局部搜索的能力,从而实现在解空间内更好的寻优。通过仿真实验结果表明提出的多种群遗传算法,比基本遗传算法效果更好,能够更好地应用于测试用例优先排序问题中,有效地提高软件测试效率。

参考文献:

[1] Kim J M, Porter A. A history-based test prioritization technique for regression testing in resource constrained environments[C]// Proceedings of the International Conference on Software Engineering. [s.l.]:[s.n.],2002:119-129.

[2] Rothermel G, Untch R H, Chu C Y, et al. Prioritizing test cases for regression testing[J]. IEEE Transactions on Software Engineering,2001,27(10):929-948.

[3] Li Z, Harman M, Hierons R M. Search algorithms for regression test case prioritization[J]. IEEE Transactions on Software Engineering,2007,33(4):225-237.

[4] Srikanth H, Williams L, Osborne J. System test case prioritization of new and regression test cases[C]//Proceedings of the International Symposium on Empirical Software Engineering. [s.l.]:[s.n.], 2005:62-71.

[5] 屈波,聂长海,徐宝文. 回归测试中测试用例优先级技术研究综述[J]. 计算机科学与探索,2009,3(3):225-233.

[6] HOLLAND J H. Adaptation in Nature and Artificial Systems [M]. [s.l.]:MIT Press,1992.

[7] 姚尧. 一种基于遗传算法的软件测试用例生成新方法[J]. 计算机与数字工程,2009,37(1):18-21.

[8] 陈文萍. 基于遗传算法的软件测试用例优化技术研究[D]. 北京:北京化工大学,2009.

[9] 万松松,薛锦云,谢武平. 最小测试用例集生成方法改进及应用[J]. 计算机技术与发展,2008,18(10):181-183.

[10] 于蕾蕾. 双种群遗传算法的改进及其应用研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2009.

[11] 方必和,于蕾蕾. 基于淘汰机制的双种群遗传算法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(9):101-103.

[12] 梁芳. 遗传算法的改进及其应用[D]. 武汉:武汉理工大学,2008.