

# 一种基于逆向路由重定向的无缝切换方法

张建伟<sup>1</sup>, 韩峰<sup>1,2</sup>, 刘思<sup>1</sup>, 李朝阳<sup>1</sup>, 蔡增玉<sup>1</sup>

(1. 郑州轻工业学院计算机与通信工程学院, 河南郑州 450002; 2. 南阳理工学院科研处, 河南南阳 473000)

**摘要:** 基于标识分离映射网络环境下的移动性支持特点及需求, 针对现有网络移动切换技术所存在的切换时延过大的问题, 提出了基于逆向路由重定向的无缝切换方法. 该方法由移动性检测、映射信息更新和流量偏转 3 个部分组成, 相比 FHMIPv6 在时延上可以满足标识分离网络环境下对实时应用的要求, 并且切换过程中移动节点参与很少, 可节省大量系统无线接入资源. 仿真实验表明, 切换时延参数值与分析吻合, 可满足各种实时应用需要.

**关键词:** 逆向路由重定向; 无缝切换; 移动性检测; 流量偏转

**中图分类号:** TP393      **文献标识码:** A      doi:10.3969/j.issn.0253-2778.2011.07.013

## A seamless switching method based on reverse route redirection

ZHANG Jianwei<sup>1</sup>, HAN Feng<sup>1,2</sup>, LIU Si<sup>1</sup>, LI Chaoyang<sup>1</sup>, CAI Zengyu<sup>1</sup>

(1. School of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. Technology Department, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473000, China)

**Abstract:** Based on the characteristics and requirements of mobility support under the network environment of identifier mapping separation, aiming at the problem of excessive handoff delay in the existing network mobile switching technologies, a seamless switching method based on reverse route redirection was proposed. The method consists of the mobility detection, mapping information update and flow deflection. Compared with FHMIPv6 on the delay, the method can meet the real-time application requirements in the identifier separation network environment. And in the switching process much less mobile nodes are involved, which can save large amounts of wireless access system resources. Simulation results show that the values of handoff delay parameters of this method are consistent with the analysis, thus meeting a variety of real-time application requirements.

**Key words:** reverse route redirection; seamless switching; mobility detection; flow deflection

## 0 引言

随着互联网用户数量的急剧增加, 传统的互联网在移动性支持和网络可扩展性支持等方面的不足, 越来越显示出了其最初设计所存在的问题. 而通

过网络拓扑的划分, 严格地将身份和位置标识完全分离是解决其 IP 地址二义性问题的可行方法, 并已取得了阶段性的成果<sup>[1-6]</sup>, 但是完善的身份和位置标识分离映射机制尚未形成. 文献[7-9]给出了一体化网络与普适服务新体系结构模型, 提出了新网络体

收稿日期: 2011-04-28; 修回日期: 2011-06-21

基金项目: 国家重点基础研究发展(973)计划(2007CB307102, 2007CB307100), 河南省基础与前沿研究项目(082300410280), 郑州轻工业学院博士基金项目资助.

作者简介: 张建伟(通讯作者), 男, 1971年生, 博士/副教授. 研究方向: 宽带信息网络. E-mail: ing@zzuli.edu.cn

系下的一体化网络模型与理论,建立了接入身份标识(AID)、交换位置标识(RLOC)及其映射理论,通过使身份标识和位置标识分离,以图从根本上解决 IP 地址的二义性问题.身份和位置标识分离网络可通过消息交互机制完成标识映射关系的更新,实现网络移动性支持的位置管理功能<sup>[10-12]</sup>.

移动切换是指移动节点和当前子网的连接断开,再连接入另一个子网的过程,快速的切换过程有利于降低在通信过程中的丢包数量和中断时延,使用户可以享受到更好的服务质量.根据对切换性能的要求,切换分为强调低报文丢失率的平滑切换和强调低切换延迟的快速切换;而同时满足平滑和快速要求的切换技术则称为无缝切换技术.

在标识分离映射机制下,终端基于身份标识 AID 建立网络服务连接,而利用 RLOC 表示网络物理位置,进行网络数据的路由交换.当终端节点移动时,由于节点的接入标识 AID 不发生变化,所以移动节点和对等节点之间的连接标识保持不变;但由于节点的交换路由标识 RLOC 发生了变化,需要网络中相关接入路由器更新移动节点对应的标识映射信息,将连接相关的数据发送给新的接入路由器,以保证移动节点的网络服务不中断.

在现有的移动切换技术中,IETF 提出层次 MIPv6(hierarchical mobile IPv6, HMIPv6)<sup>[13]</sup>和快速切换 MIPv6(Fast-handoff Mobile IPv6, FMIPv6)<sup>[14-15]</sup>,二者共同的思想是尽量地减少获取 CoA 和注册绑定的时延,从而达到减少切换时延.并且文献[16]还提出了一种基于 MIPv6 协议的平滑切换方式,以减少切换时延.文献[17]则对 FMIPv6 做了改进,使其适合于垂直切换,改进后,先前接入路由器(PAR, previous access router)在切换期间向所有候选的新接入路由器(NAR, new access router)多播数据包,并在 MN(mobile node)附着到新网络之后,只向新附着到的网络的 NAR 投递丢失的数据包;这种切换期间多播数据包的方式,十分适合于同时存在多个接入网络可用的异构无线网络切换,但是作者没有为这种机制设计一种切换判决算法来控制切换.这些现有切换技术在标识分离网络环境下,因为适应性不足及自身局限性等缘故,都存在切换时延过大等各类问题:如 MIPv4 的三角路由问题<sup>[18]</sup>,MIPv6 的切换时延较大<sup>[19]</sup>、切换过程中报文丢失较多问题,FMIPv6 的

移动预测容易失败及执行中断问题<sup>[20]</sup>.因此需要进行进一步的优化或改良.

以上切换算法都是围绕切换时延和报文丢失率这两个关键参数进行优化,优化的主要思路包括基于移动预测预先建立与新接入基站或者路由器的备用连接关系,或者设置不同的移动切换实体分别处理不同范围的移动切换,降低切换时延.在身份标识与路由标识分离映射的条件下,由于位置信息和身份信息的分离,节点之间基于身份标识建立通信连接,在接入交换路由器 ASR 中进行身份标识和位置标识的替换操作,其移动切换可以主要由网络完成,与移动节点的独立性增强;一体化网络中的切换可以综合使用移动预测方式和分层处理不同范围的移动切换.

本文着重研究如何设计一种标识分离映射机制下的自适应的切换技术,使完成切换操作的位置根据节点移动范围动态调整,智能控制切换的影响范围,在实现无缝切换的同时减少消耗网络资源数量.

## 1 逆向路由重定向的无缝切换机制

### 1.1 概念定义

移动节点(mobile node, MN):接入位置发生变化的移动终端节点.

对等节点(correspondent node, CN):切换过程中,和移动节点正在进行通信的网络节点.

归属域(home domain, HD):移动节点的家乡域,该域的映射服务器负责节点 AID/RLOC 的存储,该域的认证中心负责该移动节点的身份认证.

接入交换路由器(Access Switch Router, ASR):接入层网络元素接入到核心层的接入点,知道其所属域映射服务器的地址,负责(接入标识、交换路由标识)映射关系建立、更新、查询,并对数据包的源、目的标识进行替换和转发.

原来位置域(old position domain, OPD):移动节点接入位置变化前,所接入的 ASR 所属的管理域.

当前位置域(new position domain, NPD):移动节点发生接入位置变化后,所接入的 ASR 所属的管理域.

原来位置接入路由器(old-ASR):移动节点接入点变化之前,旧的接入位置的 ASR.

当前位置接入路由器(new-ASR):移动节点发

生接入点变化后,新的接入位置的 ASR.

对等节点 ASR(cn-ASR):对等节点的接入位置的 ASR.

交叉路由器(cross router,CR):新旧两条路径交叉点中,距离原始位置域 ASR 最近的交叉路由节点.其中,旧路径指对等节点所属 ASR 和原始位置域接入路由器 ASR 之间路径,新路径指对等节点所属 ASR 和当前位置域 ASR 之间的路径.

### 1.2 路由重定向机制

把整个网络划分成多个一定规模的域,每个域中都有一个认证中心和一个域归属映射服务器,通过高速数据传输链路连接不同域之间的映射服务器和认证中心,以此来保证不同域之间的映射服务器和认证中心的信息的高速交互.域内映射服务器存储在本域内注册的所有合法的、正在进行通信的节点的映射关系,同时还存储从外域移动到该域的移动终端的 AID/RLOC 映射关系.依据移动节点位置从一个 ASR 变换到另外一个 ASR,这两个 ASR 对应的归属域 OPD 和 NPD 是否相同,可将网络的移动切换过程分为域内切换和域间切换两种.移动节点在同一域内的两个不同的接入路由器之间的切换过程叫域内切换;而 MN 在分别位于不同域的两个接入路由器之间的切换过程叫做域间切换.如图 1 所示,MN 在同属于域 1 的两个接入路由器 ASR<sub>a</sub>和 ASR<sub>b</sub> 之间进行切换是域内切换 1,而 MN 从域 1 的 ASR<sub>b</sub> 移动到域 2 的 ASR<sub>c</sub> 所进行的切换是域间切换 2.

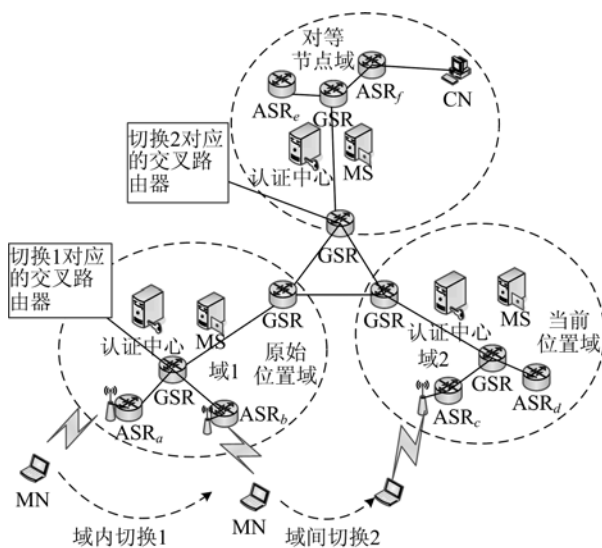


图 1 域内切换与域间切换示意

Fig. 1 Switching in domain and switching between domains

将收到的目的地是原接入路由器 ASR 的数据分组的旧 RLOC 替换为新 RLOC,并重新进行路由发送,即可实现无丢包切换.将上述 RLOC 替换和重新路由发送过程称为路由重定向(route redirection).

为进一步减少切换过程中占用的网络资源,可将路由重定向的位置向对等节点方向迁移.图 1 中还分别给出了相对于对等节点 CN 的切换场景 1 和切换场景 2 的对应交叉路由器.从图中可以看出,在切换 1 将从 CN 发给 MN 的数据报文的路由重定向迁移至域 1 的特定 GSR,在切换 2 时路由重定向位置迁移到域 3 的特定 GSR,该特定位置 GSR 称为交叉路由器;借鉴组播协议中利用在组播树中的加入和剪枝消息完成组成员的增减,设计通过标识映射信息交互,指示特定 GSR 完成“交叉路由器”角色的认知,由其提前进行路由重定向,减少数据在网络中的无效传送,提高了网络资源的利用效率.该切换过程称为基于逆向路由重定向的无缝切换(reverse route redirection seamless switching,RRDSS),它实现了切换位置相对于网络拓扑关系自适应,通过更合理切换位置的确定,减少切换过程中移动节点与对等节点之间通信的数据传送时延和使用网络资源的数量.

### 1.3 机制组成

该方法由移动性检测、映射信息更新和流量偏转 3 个部分组成,如图 2 所示.移动性检测指的是移动节点发现其所接入的接入路由器发生变化的过程;映射信息更新是到归属域认证中心(AC)进行重新认证,然后由 new-ASR 根据认证结果向 MN 分配 RLOC 标识的过程,然后分别向 old-ASR, cn-ASR 更新;流量偏转则是指在 cn-ASR 为收到最新映射关系更新消息之前,交叉路由器将发送给 MN 的流量重定向到 MN 当前所在的 ASR,由当前所在 ASR 发送给 MN.

#### 1.3.1 移动性检测

终端进行切换的第一个步骤是移动性检测,这指的是检测终端是否移动到了新的接入路由器的覆盖范围内,也就是检查移动终端的接入点是否发生了变化.此操作有两种实现方式,分别是主动式和被动式.尽管主动式移动性检测有较小的时延,但是它的无线资源消耗过大,并且随着终端的增加,无线资源的占用会继续恶化,而且增加了 ASR 的负担,所以 NISMA 标识映射体系下终端检测采用被动式移

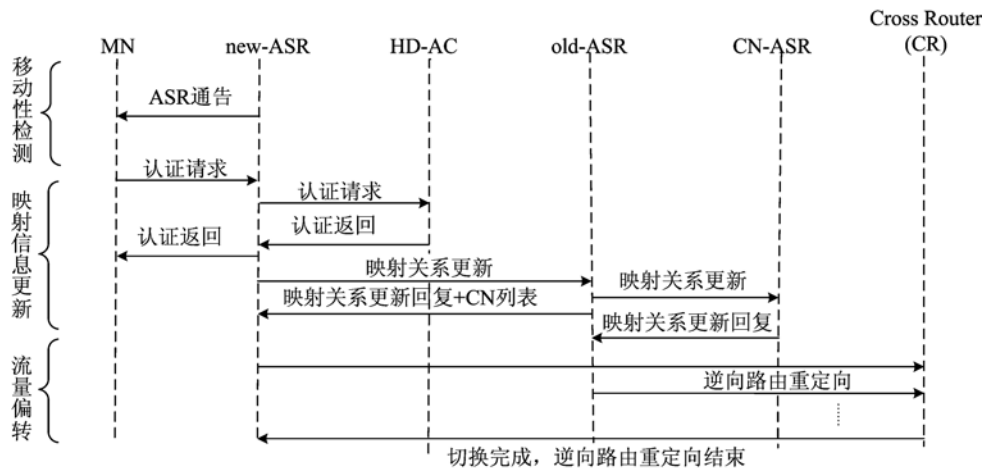


图 2 基于逆向路由重定向的无缝切换

Fig. 2 Seamless switching based on reverse routing redirection

动性检测. 被动式移动性检测的一个非常重要的指标是 ASR 通告消息的发送间隔, 这个因素直接影响甚至决定了终端的切换时延. 因为 ASR 通告消息是以广播的形式发送的, 所以如果发送间隔太短会在很大程度上消耗宝贵的无线资源, 反之终端切换时延将会大幅度地增加; 因此, 针对各种因素均衡考虑后, 网络中的广播消息的发送周期设定为 50 ms.

被动式移动性检测的具体处理流程如图 3 所示. 当终端收到 ASR 通告消息后, 首先查询当前 ASR 的 RLOC 标识并将其记为 ID2, 然后将其与旧 ASR 的 RLOC 标识记为 ID1. 如果二者相同, 则说明终端没有移动到外地网络; 反之, 则认为终端用户接入位置已经发生改变. 然后终端还要对 ASR 通告消息中的 Busy 标志位进行检查, 如果该标志位为 1, 就说明终端现在无法接入到这个 ASR 上, 终端需

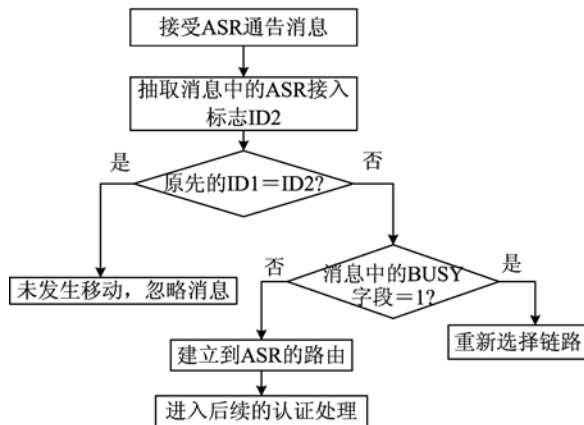


图 3 移动性检测流程

Fig. 3 Mobility detection process

要寻找新的接入点; 反之, 移动终端可以接入到这个 ASR 下, 然后向 ASR 发送认证请求.

1.3.2 标识映射信息更新

移动节点在发生移动以后, 从新的接入路由器接入到网络中, 该节点必须再次到认证中心进行认证. 网络通过其中归属域标识映射服务器与认证中心对网络的终端进行重新认证, 然后由当前接入域生成新的标识映射关系.

接入路由器和映射服务器进行通信, 为合法终端分配交换路由标识、建立 AID/RLOC 映射关系的过程如下:

**Step 1** 从认证中心返回的认证信息中获取终端所具有的权限信息;

**Step 2** 建立和移动节点相关的权限信息, 因为在以后的通信中网络要根据这些权限信息来为用户终端分配相应的网络资源和提供相关的网络服务;

**Step 3** 首先需要查看接入路由器的映射关系表中是否已经存在这个终端的 AID/RLOC 映射关系, 如果存在, ASR 要将这个映射关系激活, 让此终端使用这个映射关系, 还要向映射服务器汇报该映射关系, 否则跳到 Step 4;

**Step 4** 如果不存在这个终端的映射关系, ASR 发送查询消息给映射服务器, 映射服务器查询其 RLOC 标识池中是否还存在没有被使用的 RLOC, 如果没有, 通知终端 ASR 已无 RLOC 可以使用, 如果有, 则跳到 Step 5;

**Step 5** 新接入位置映射服务器为此终端分配交换路由标识, 从而建立 AID/RLOC 映射关系, 并

将这个 RLOC 标志为已使用；

**Step 6** 由 ASR 将终端建立的映射关系汇报给映射服务器进行位置注册或位置更新, 以方便其他终端和其他域的映射服务器查询。

接入路由器在为终端分配一个交换路由标识后, 还需要在映射绑定关系表即映射信息库中为其建立一个映射表项, 这个映射表项需要与终端接入权限相对应, 至此映射信息生成过程完成。

1.3.3 流量偏转

流量偏转是实现切换过程无分组丢失的关键。其目标是实现切换过程中 CN 和 MN 节点之间通信时数据包无丢失, 并尽量降低其报文传送时延。其核心思想是将流量在网络的最优位置提前进行流量缓存与偏转。其处理过程可以按照时间分为 3 个步骤, 并分别由 old-ASR, CR, cn-ASR 完成对应操作, 具体的切换过程如图 4 所示。

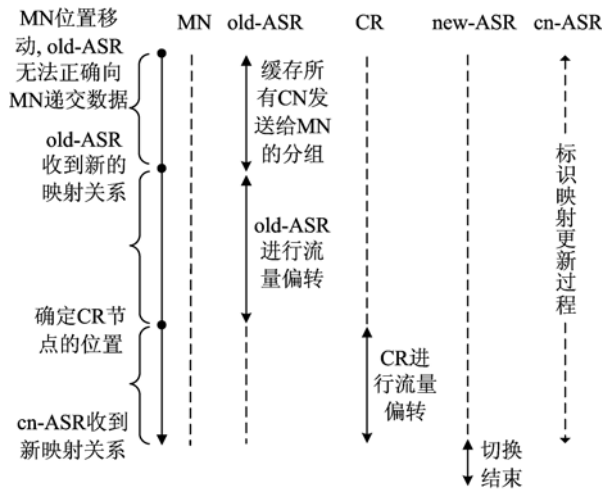


图 4 切换中流量偏转过程

Fig. 4 Flow deflection process in switching

在上述切换过程中, 其中的关键是确定最优切换位置 CR 节点。确定 CR 节点位置的方法如下: 首先 old-ASR 在发送映射更新消息的回应报文时, 向 new-ASR 捎带通告移动节点 MN 的访问列表 Vistor-List; 其次 old-ASR 和 new-ASR 根据访问列表的 CN 节点信息, 采用类似组播协议逆向 RPF 检查的思路, 以 CN 节点为目的, 沿着数据报文的逆向发送路由重定向消息给各个路由节点; 当某个路由节点发现自己曾收到了来自 old-ASR 和 new-ASR 发送的针对同一次切换的重定向消息, 该路由节点就是交叉点路由器 (CR), 并将切换位置 CR 相关信息通告给 new-ASR。

2 性能分析

RRDSS 机制的切换由以下 3 个方面组成: 移动性检测、映射信息更新和流量偏转, 其中流量偏转不引入任何时延。具体如图 5 所示, 结合图 4 可以看出流量偏转并不产生新的时延。

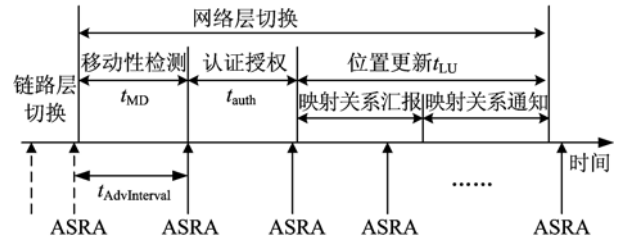


图 5 RRDSS 移动切换时延分布图

Fig. 5 Delay distribution of RRDSS mobile switching

分析 RRDSS 的切换时延如式 (1) 所示, 其切换时延  $t_{UN\_handoff}$  由 3 部分组成, 分别为移动检测时延  $t_{MD}$ 、认证授权时延  $t_{auth}$  和位置更新时延  $t_{LU}$ 。

$$t_{UN\_handoff} = t_{MD} + t_{auth} + t_{LU} \quad (1)$$

其中移动性检测的目的是实现移动节点对接入路由器通告消息的检测。  $t_{AdvInterval}$  为接入路由器发送通告消息的间隔, ASR 发送通告消息的时间间隔为 50 ms, 所以其均值为  $t_{AdvInterval}/2 = 25$  ms。  $t_{MD}$  为移动检测的平均时延, 它是  $t_{AdvInterval}/2 = 25$  ms 与接入路由器到移动节点的一次传输时延  $t_{trans}$  之和。

$$t_{MD} = \frac{t_{AdvInterval}}{2} + t_{trans} \quad (2)$$

由于 ASR 与 MN 的距离比较近,  $t_{trans} \ll t_{AdvInterval}/2$ , 所以

$$t_{MD} \approx \overline{t_{MD}} \approx \frac{t_{AdvInterval}}{2} = 25 \text{ ms} \quad (3)$$

认证授权的时延主要取决于具体认证机制的实施过程。RRDSS 机制中认证时延由两部分组成, 分别是认证处理时延和交互消息的传输时延。交互消息的传输时延由 3 次移动节点到接入路由器的往返时间  $t_{rrtBetweenASR\_MN}$  和 1 次 ASR 到 AC 的往返时间  $t_{rrtBetweenAC\_ASR}$  组成。如果不考虑认证处理的时间, 认证的时延为

$$t_{auth} \approx t_{rrtBetweenAC\_ASR} + 3t_{rrtBetweenASR\_MN} \quad (4)$$

位置更新是指接入路由器及映射服务器在为移动终端分配交换路由标识建立映射关系, 然后将新的映射关系通知移动终端的原接入路由器 old-ASR 的过程。协议消息在网络中的传输是这个过程的主要时延组成, 大约等于 1 次 ASR 到映射服务器的往

返时间  $t_{rrtBetweenASR\_mapserver}$ .

$$t_{UN\_LU} \approx t_{rrtBetweenASR\_mapserver} \quad (5)$$

由式(1)~(5)综合分析可知,RRDSS 切换时延为

$$\begin{aligned} t_{UN\_handoff} = & \overline{t_{MD}} + t_{auth} + t_{UN\_LU} \approx \\ & \frac{t_{AdvInterval}}{2} + t_{rrtBetweenAC\_MN} + \\ & 3t_{rrtBetweenASR\_MN} + t_{rrtBetweenASR\_mapserver} \approx \\ & 25 \text{ ms} + t_{rrtBetweenAC\_MN} + \\ & 3t_{rrtBetweenASR\_MN} + t_{rrtBetweenASR\_mapserver} \quad (6) \end{aligned}$$

网络拥塞等因素在本文中忽略,依据式(6)计算可得出网络切换时延小于 100 ms,而实时应用业务的切换时延忍受限度为 150~400 ms<sup>[9]</sup>,因此本文提出的切换方法能满足实时应用业务的要求.

### 3 仿真分析

美国国家标准技术研究院(NIST, National Institute of Standards and Technology)信息技术实验室的 ANTD 研究部开发了基于 NS-2 的仿真软件平台<sup>[21]</sup>,可支持无线仿真,并免费开发源代码提供给研究者使用.本文按照所提出的 RRDSS 的移动切换机制,修改其模拟软件 mobility package 中切换相关的移动性检测、路由更新(即本文提出的映射信息更新)、流量偏转等代码;为了和 FHMIPv6 算法进行对比分析,将 Robert Hsieh 实现的 FHMIP 模块扩展到本文使用的仿真软件 ns2-allinone-2.26 中,仿真软件在 Windows XP 操作系统上运行.

图 6 是仿真实验采用的网络拓扑.网络拓扑中终端包括移动节点 MN 和通信对端节点 CN,其中

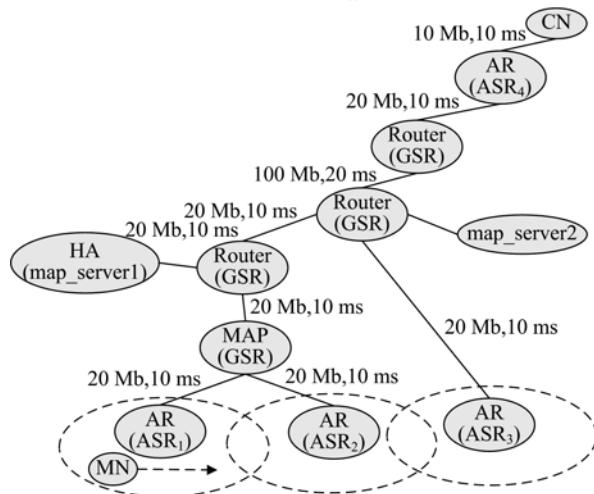


图 6 网络仿真拓扑模型

Fig. 6 The network simulation topology model

CN 是固定线路接入节点;4 个接入路由器分别为  $ASR_1, ASR_2, ASR_3, ASR_4$ , 其中  $ASR_1, ASR_2$  和  $ASR_3$  是无线接入路由器,用来方便移动节点的接入, $ASR_4$  为普通接入路由器;4 个广义交换路由器 GSR,在网络中进行路由,在 FHMIPv6 仿真中则对应为 Router,设置和  $ASR_1, ASR_2$  链接的 Router 为 MAP;网络中设置映射服务器  $map\_server1, map\_server2$ ,其中  $map\_server1$  在 FHMIPv6 中设置为 HA;图中节点 MN 右侧的带箭头虚线为移动节点的运动轨迹.链路参数即带宽(单位为 Mbit/s)、时延(单位为 ms)如图所示,AR (ASR)之间的距离设置为 70 m,而 ASR 的无线覆盖距离约为 40 m;利用在 NS2 中实现的 802.11 无线网卡模拟实现其无线接入.

在仿真过程中,为忽略乒乓效应的影响,设计移动节点 MN 的移动模式为线性地从图中的  $ASR_1$  向  $ASR_2, ASR_3$  移动,移动速度是 1 m/s,仿真时 MN 沿移动路线移动 12 次,消除偶然因素对数据有效性的影响,并将 MN 从接入位置  $ASR_1$  移动到  $ASR_2$  记为移动场景 1,从接入位置  $ASR_2$  移动到  $ASR_3$  记为移动场景 2,便于进行对比分析. FHMIP 模块中用 MN 接收到 old-ASR 和 new-ASR 的信号强度来判断是否切换,RRDSS 机制中采用路由器通告、节点被动监测的方式判断是否切换.

分析网络移动性切换管理的主要任务是为了确保合法终端在进行移动后仍然能够不中断、正常地获得网络资源和享受网络服务,使其自身的移动对用户来说是透明的.所谓透明就是当终端移动时,尤其是在两个接入路由器之间移动时,不会让用户感觉到自己正在使用的服务中断.这就要求终端在两个接入路由器间进行切换时,切换时延不能太长以超出使用者的承受能力,所以切换时延是衡量一个网络中移动性管理的重要指标.

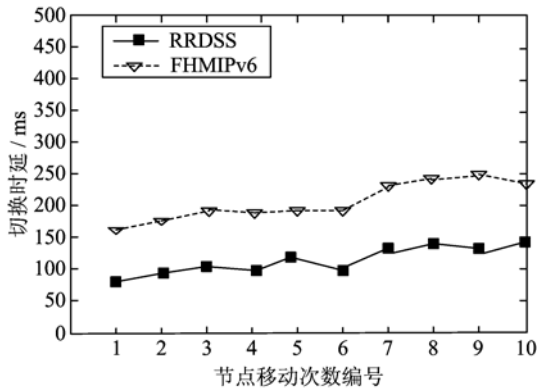
在移动过程中 MN 和接入在另一个接入路由器( $ASR_1$ )上的通信对端节点 CN 进行 UDP 数据分组发送,节点间通信时长为 10 min,分组大小设定为 320 B.仿真过程中通过收集 MN 与 CM 之间通信的端对端时延来验证网络的切换时延,通过对比收发分组数量判断是否存在丢包和计算其丢包率,并对比分析了不同数据发送速率对丢包率的影响.

#### 3.1 切换时延分析

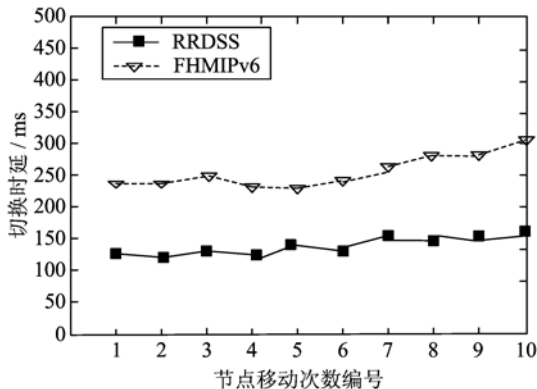
针对切换时延的仿真分析,设 ASR 发送通告消

息的时间间隔为 50 ms,相应地根据 RFC2461 中对定时器应用场景的说明,将定时器的 MAX\_RTR\_SOLICITATION\_DELAY 设置为 50 ms,将定时器的 RetransTimer 设置为 50 ms;每个仿真场景中节点移动 12 次,去掉切换时延最小值和最大值,避免偶然因素的影响。

图 7(a)和图 7(b)分别是移动场景 1 和移动场景 2 的切换时延对比分析,可发现 RRDSS 机制比 FHMIPv6 机制减少了约 75 ms 左右,并且其切换时延均低于实时应用“切换时延小于 150 ms,部分应用其切换时延最大不超过 400 ms”的要求,可满足各种实时应用需要。



(a) 移动场景 1 切换时延仿真结果



(b) 移动场景 2 切换时延仿真结果

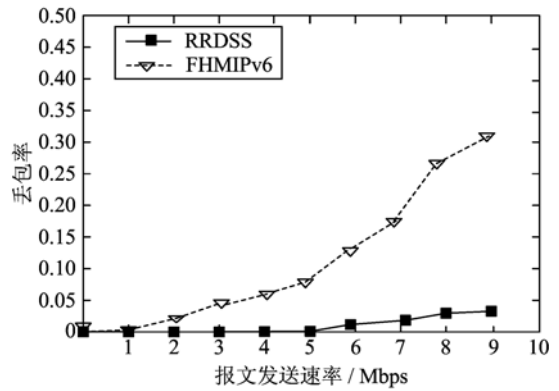
图 7 切换时延的仿真结果

Fig. 7 The simulation result of switch delay

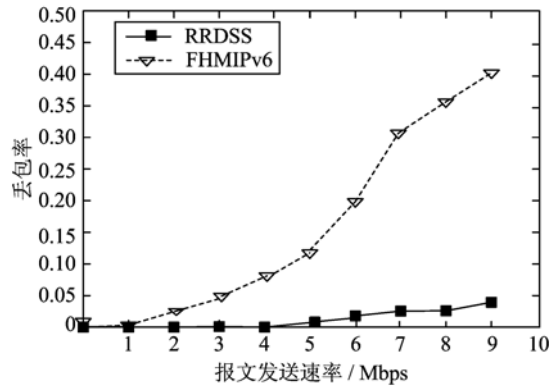
### 3.2 丢包率分析

图 8(a)和图 8(b)分别是移动场景 1 和移动场景 2 下节点 MN 与 CN 节点通信过程中的丢包率统计分析结果,其中横坐标为节点 CN 和 MN 之间数据传送的速率,纵坐标为对应的丢包率.从中可以看出 RRDSS 的丢包率远远小于 FHMIPv6.

值得注意的是,按照流量偏转算法的设计,



(a) 移动场景 1 丢包率仿真结果



(b) 移动场景 2 丢包率仿真结果

图 8 移动节点切换过程中 RRDSS 与 FHMIPv6 的丢包率

Fig. 8 The simulation result of packet loss rate

RRDSS 应该没有丢包,但由于 old-ASR 处缓存空间大小设置有限,造成了切换过程中数据分组的丢失.这可通过合理增大其缓存空间,实现无丢包的切换。

## 4 结论

本文针对标识分离网络移动性需求,提出一种基于逆向路由重定向的无缝切换方法(RRDSS).能够实现移动网络的快速切换,满足了无缝切换的网络性能需求.分析表明,该方法相比 FHMIPv6 切换在时延上可以满足网络实时应用的要求,并且切换过程中移动节点参与很少,大量节省了系统无线接入资源.同时,在整个无缝切换的路由重定向过程中,该方法对终端移动节点是透明的。

### 参考文献 (References)

[1] Nikander P. Integrating security, mobility, and multi-homing in a HIP way [C]// Proceedings of the Network and Distributed Systems Security Symposium. San Diego, CA, 2003:87-99.

- [ 2 ] Ishiyama M, Kunishi M, Teraoka F. An analysis of mobility handling in LIN6 [ C ] // International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communication, Aalborg, Denmark, 2001:156-160.
- [ 3 ] Farinacci D. Locator/ID Separation Protocol (LISP) [EB/OL]. [2011-02-15]. <http://tools.ietf.org/html/draft-farinacci-lisp-12>.
- [ 4 ] Meyer D. The locator identifier separation protocol (LISP) [J]. Internet Protocol Journal, 2008, 11(1): 23-36.
- [ 5 ] Mathy L, Lancaster U, Iannone L. LISP-DHT: Towards a DHT to map identifiers onto locators[EB/OL]. [2011-03-04]. <http://inl.info.ucl.ac.be/system/files/draft-mathy-lisp-dht-00.txt>.
- [ 6 ] Hong X, Xu K, Gerla M. Scalable routing protocols for mobile ad hoc networks[J]. IEEE Network, 2002, 6(4):11-21.
- [ 7 ] Dong P, Qin Y J, Zhang H K. Research on universal network supporting pervasive services [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(4): 599-606.  
董平,秦雅娟,张宏科. 支持普适服务的一体化网络研究[J]. 电子学报, 2007, 35 (4): 599-606.
- [ 8 ] Zhang Hongke, Su Wei. Fundamental research on the architecture of new network — Universal network and pervasive services[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(4): 593-598.  
张宏科,苏伟. 新网络体系基础研究——一体化网络与普适服务[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 593-598.
- [ 9 ] Yang Dong, Zhou Huachun, Zhang Hongke. Research on pervasive services based on universal network [J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35 (4): 607-613.  
杨冬,周华春,张宏科. 基于一体化网络的普适服务研究[J]. 电子学报, 2007, 35 (4): 607-613.
- [10] Dong Ping, Yang Dong, Qin Yajuan. Research on the mobility management scheme in future internet [J]. Acta Electronica Sinica, 2008, 36(10): 1 916-1 922.  
董平,杨冬,秦雅娟. 新一代互联网移动管理机制研究 [J]. 电子学报, 2008, 36(10): 1 916-1 922.
- [11] Zhang Jianwei, Guo Yunfei, Liu Jianqiang, et al. Identifier mapping buffer management based on Markov-repeated-using-probability prediction [ C ]// Proceedings of the 6th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Chengdu, China; IEEE Press, 2010:1-6.
- [12] Zhang Jianwei, Zhan Xiaosu, Zou Dongyao, et al. A network locality aware algorithm based on identity mapping [ C ]//Proceedings of the 2nd International Conference on Signal Processing Systems, Dalian, China; IEEE Press, 2010:v2832-v2836.
- [13] Soliman H, Castelluccia C, El-Malki K, et al. Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)[S]. 2005: RFC-4140.
- [14] Mcann P. Mobile IPv6 Fast Handovers for 802. 11 Networks[S]. 2005: RFC-4260.
- [15] Perkins C, Johnson D B. Route optimization in mobile IP[J]. Cluster Computing, 2004, 1(2): 161-176.
- [16] Hsieh R, Zhou Z G, Seneviratne A. S-MIP: A seamless handoff architecture for mobile IP [ C ]// Proceedings of the Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications, San Francisco, USA; IEEE Press, 2003:1 774-1 784.
- [17] Henrik P, Eranga P, Aruna S. Multicasting with selective delivery: A SafetyNet for vertical handoffs [J]. Wireless Personal Communications, 2007, 43: 945-958.
- [18] Fogelstroem E, Jonsson A. Mobile IPv4 Regional Registration[S]. 2007: RFC-4587.
- [19] Malki K, Soliman H. Fast Handoffs in Mobile IPv4 [EB/OL]. [2011-03-21]. <http://tools.ietf.org/html/draft-elmalki-mobileip-fast-handoffs-03>.
- [20] Xavier P C, Marc T M, Hanners H. A performance comparison of Mobile IPv6, Hierarchical Mobile IPv6, fast handovers for Mobile IPv6 and their combination [J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2003, 7(4): 5-19.
- [21] National Institute of Standards and Technology (NIST). Mobility Package for NS-2 [EB/OL]. [2011-04-10 ]. <http://www.antd.nist.gov/seamlessandsecure/pubtool.shtml#tools>.