

基于预测与优先级缓存的 MIPv6 切换算法

杨莉,曹士珂,赵亚南

(南京邮电大学 通信与信息工程学院,江苏 南京 210003)

摘要: 为了提升移动 IPv6 的切换性能,保证实时性要求高的音频、视频等业务的服务质量,针对去除 DAD 过程的 RD-MIPv6 方案未考虑在传输速率相对较慢的无线信道中,移动节点向 NAR 本地注册所产生的时延以及切换过程中引入的丢包问题,提出一种优化方案 PCRD-MIPv6。PCRD-MIPv6 方案结合基于 L2 触发的切换预测和数据包优先级缓存机制,在 L2 切换完成之前向移动节点 MN 维护的接入路由器缓存列表 T_AR 中的所有 AR 发送 MOA 实现本地注册,与此同时,将切换过程中的数据包按优先级缓存在 PAR 中,在切换完成后发往移动节点,从而减少切换过程中的丢包率。NS-2 仿真结果表明,PCRD-MIPv6 方案有效地减少了切换时延,降低了切换过程中的丢包率。

关键词: 移动 IPv6;预测;优先级缓存;NS-2

中图分类号: TN393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)12-0006-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.12.002

MIPv6 Handover Algorithm Based on Forecast and Priority Cache Mechanism

YANG Li, CAO Shi-ke, ZHAO Ya-nan

(College of Communication & Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: In order to improve the performance of handover in MIPv6, ensure the service quality of high real-time requirements service like audio, video and so on, aiming at the problem that the mobile node registering to the NAR may get time delay and packet loss in the handover progress has not been taken into consideration in the wireless channel of which the transmission rate is relatively slow in the DAD-less scheme RD-MIPv6, an optimization scheme PCRD-MIPv6 has been proposed. The PCRD-MIPv6 combined handover prediction triggered by L2 and packets priority caching mechanism, the mobile node register to all the AR in access router cache list T_AR by sending MOA address to them before the L2 handover completed, meanwhile, the packets are cached in the PAR according to the priority during the handover progress and send to the mobile node after the handover progress is finished in order to reduce the packet loss rate. The NS-2 simulation results show that the PCRD-MIPv6 scheme can effectively shorten the handover delay and reduce the rate of packets loss.

Key words: mobile IPv6; forecast; priority cache; NS-2

0 引言

随着移动互联网和无线通信技术的迅猛发展和不断升级,带来了移动服务需求的爆炸式增长。如何能随时随地地接入网络,实现移动节点的无缝、平滑切换,一直是当前的研究热点。显然,传统的移动 IPv4 由于自身的局限性已经不能满足上述需求,为此 IETF 提出了支持移动性的新的互联网协议 IPv6 以及一些

相关的技术标准。

2013 年底全 IP 化的第四代移动通信技术 LTE 已经发牌,这预示着 IPv6 协议的使用即将开始。然而,移动 IPv6 (MIPv6) 目前的主要问题是不能对用户提供与 IPv4 一致的用户体验质量 (QoE)。这个问题产生的原因就是切换过程中引入了较大时延。当主机从一个 MIPv6 网络移动到另一个 MIPv6 网络时,用户将经

收稿日期: 2014-03-27

修回日期: 2014-06-30

网络出版时间: 2014-10-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61372125); 江苏省自然科学基金 (BK2012831); 东南大学移动通信国家重点实验室开放研究基金资助课题 (2013D01)

作者简介: 杨莉 (1990-), 女, 硕士研究生, CCF 会员, 研究方向为无线数据与移动计算; 曹士珂, 教授, 硕士生导师, 研究方向为通信与信号处理、循环平稳信号及其应用、盲均衡和信道辨识。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141023.1124.039.html>

受一个很长的时延,这对于实时的应用会产生严重的影响。

针对这一问题,众多学者已经提出了多种改进方案^[1-4]。如快速移动 IPv6 切换(Fast handovers for Mobile IPv6, FMIPv6)、层次型移动 IPv6 切换(Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6)以及快速层次型移动 IPv6 切换(Fast handover for Hierarchical MIPv6, FHMIPv6)^[5-6]。但是,在这些改进的方法中,重复地址检测(DAD)^[7-8]过程始终占据了较大的切换延迟,严重影响了切换效率,是切换的瓶颈。于是一些减少 DAD 时延的技术也陆续被提出,比如预先重复地址检测^[9](ADAD)、乐观重复地址检测^[10](ODAD)和主动重复地址检测^[11](PDAD)等方法。然而这些方法不是增加了网络设备元件,就是不适应大规模的网络,从而加重了网络负载。

文献[12-13]提出了一种将 DAD 过程从标准 MIPv6 中移除的方案 RD-MIPv6。该方案基于 DHCPv6 协议为 MN 分配一个永久唯一的 IPv6 地址并通过修改切换时的相关信令来实现移除转交地址配置和 DAD 过程,从而极大地减小了切换时延。然而 RD-MIPv6 方案是在 OMNeT++ 仿真软件下实现的,且并没有考虑在传输速率相对较慢的无线信道中,移动节点将自身的 IPv6 地址注册到 NAR 时带来的时延以及切换过程中发生的丢包问题。针对这些问题,在 RD-MIPv6 的基础上,提出一种基于 L2 触发的切换预测和数据包优先级缓存的快速切换方案(PCRD-MIPv6)。最后在 NS-2 平台^[14]上进行仿真分析并得出结论。

1 RD-MIPv6 快速切换方案

在标准 MIPv6 中,当 MN 切换到 NAR 时,MN 将会根据无状态地址自动配置协议结合路由公告中的网络前缀和 MN 的前缀来得到相应的 CoA,然后经过 DAD 过程验证 CoA 的唯一性,最后通过 BU 将 CoA 注册到 HA 和 CN。

RD-MIPv6 是对标准 MIPv6 的改进,MN 的初始地址根据 DHCPv6 协议被分配到一个永久唯一的 IPv6 地址(MOA),MOA 将一直在地址池中被占用,直到 MN 退订服务。在这种情况下,MN 通过其所在的 AR 的地址被追踪,即使没有 CoA,它也可以随时被追踪到。既然 CoA 不再需要,DAD 过程就可以从切换中移除。这就是 RD-MIPv6 的基本思想。

在标准的 MIPv6 中,家乡代理(HA)和通信节点(CN)都维持一张绑定缓存条目(BCE)列表,上面列出了移动节点 MN 的家乡地址(HoA)和转交地址(CoA)。BU 过程负责更新 BCE。在每个切换的最后,MN 都会向 HA 和 CN 发送 BU 的消息,并且 BCE 条目

中更新最新的 CoA。HA 和 CN 就是根据 CoA 追踪 MN 在网络中的位置。

RD-MIPv6 与标准 MIPv6 中 BU 的唯一区别在于更新的地址。RD-MIPv6 机制中 BU 消息中记录了 MN 当前的接入路由器 AR 的地址而不是 MN 的 CoA。通过记录 MN 当前所处的 AR 的地址,MN 所处的网络位置就可以被追踪到。

标准 MIPv6 中的 AR 通常是处于网络的边缘,并维持一张本地地址列表。这张地址列表建立了本地 IP 地址到 MAC 地址的映射。通常情况下,这个列表维持的地址具有相同网络前缀。在 RD-MIPv6 中,AR 的本地地址列表记录了 MN 的永久唯一的地址 MOA,所以这些网络前缀不一定相同。如果 AR 收到一个发往 MN 的数据包,它将根据本地地址列表中的记录,将数据包传递给 MN。

RD-MIPv6 的切换流程如图 1 所示。

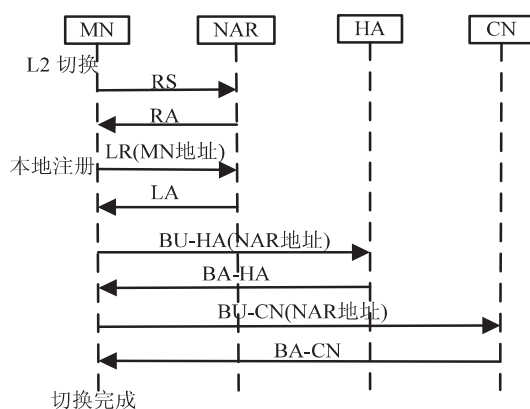


图 1 RD-MIPv6 切换流程图

2 改进的快速切换方案 PCRD-MIPv6

从上述的分析可以看出,RD-MIPv6 方案中 MN 拥有永久唯一的 IPv6 地址,在切换过程中直接将 NAR 的地址作为绑定地址通过 BU 注册给 HA 与 CN,使得 MN 不用进行 CoA 的配置,从而移除了 DAD 过程,减少了切换时延。然而为了使 NAR 能够将 CN 发送给 MN 的数据包转发给 MN,在切换开始时 MN 必须将 MOA 注册到 NAR 的本地地址列表。在无线信道传输速率慢以及 MN 与 NAR 间距离较远的情况下,本地注册过程产生的时延应该被充分考虑。

为此,针对上述不足,提出改进方案 PCRD-MIPv6,引入基于 L2 触发的切换预测与数据包优先级缓存机制。

2.1 基本思想

MN 接入到一个 IPv6 网络时,已经拥有一个永久唯一的 IP 地址 MOA,MN 收到 NAR 发来的路由通告消息后,将其中包含的邻居路由信息(其中包括 NAR 的地址等信息)存入接入路由器缓存列表中。参考

FMIPv6 中的 L2 触发切换预测机制, MN 接收到 L2 触发信号后, 会向接入路由器缓存列表中的所有节点发送 MOA 完成本地注册。当 MN 发生切换时不必再向 NAR 本地注册, 从而进一步减少切换延时。

另一方面, PCRD-MIPv6 方案对切换过程中的数据包进行优先级分流。在 MN 的切换过程中, 由 PAR 缓存发往 MN 的优先级较高的数据包, 切换完成后, PAR 通过隧道将这些缓存的数据包迅速转发到 MN 以减小切换过程中的丢包率以及高优先级数据的延时。

2.2 T_AR 的建立与维护

PCRD-MIPv6 中移动节点维护一个接入路由器缓存列表 T_AR, 它记录了 MN 接收到的路由通告中包含的邻居路由信息, 每一条记录存储一个路由器信息, 包括 AR_IP_、PF_IF_、LifeTime_、Time_ 等字段。AR_IP_ 表示 AR 的全局 IP 地址; PF_IF_ 表示 AR 所在网络的前缀信息; LifeTime_ 表示这条记录的有效时间; Time_ 表示最近存储该条记录的时间。每次访问记录都追加到表的末尾, MN 每次接收到路由通告消息后都会对此表进行更新, 同时当 LifeTime_ 变为 0 时将该条记录删除。

2.3 P_LIST 的建立与维护

PAR 中维护一个数据包缓存链表 P_LIST 用于缓存切换过程中发往 MN 的数据包, 每条记录存储一个数据包的信息, 包括 Packet_、P_Priority_、P_Size_、Next_ 等字段。Packet_ 是一个指针变量指向具体缓存的数据分组; P_Priority_ 表示该条记录中的数据包的优先级; P_Size_ 表示该条记录中数据包的大小; Next_ 则指向 P_LIST 链表的下一条记录。

PAR 中还维护三个变量 Max_Priority_、Min_Priority_、Max_ListNum_, 分别用于表示当前链表 P_LIST 中缓存的数据包的最大优先级、最小优先级和链表条目数。每当 PAR 接收到需要缓存的新的数据包 New_Packet 时, P_LIST 链表的维护过程如下:

```
if (New_Packet 的优先级 ≥ Max_Priority_)
{ 将 New_Packet 插入链表 P_LIST 的头部
  Max_Priority_ = New_Packet 的优先级 }
else if (New_Packet 的优先级 ≤ Min_Priority_)
{ 将 New_Packet 插入链表 P_LIST 的尾部
  Min_Priority_ = New_Packet 的优先级 }
else {
```

从尾部开始遍历 P_LIST 链表, 将 New_Packet 插入到优先级比它大的记录的后面}

如上所述, 链表 P_LIST 始终保持从头到尾存储的数据包优先级是从大到小排列的, 当切换完成后优先级较大的数据包就能优先转发到 MN, 最大限度地减少切换时延带来的影响。同时考虑到无限增大的链表 P_LIST 会对 PAR 带来极大的负载, 因此当缓存数据包

数量超出 Max_ListNum_ 时, 链表 P_LIST 尾部记录会被删除以尽可能地缓存优先级大的数据包。

2.4 切换流程

PCRD-MIPv6 切换流程如图 2 所示。

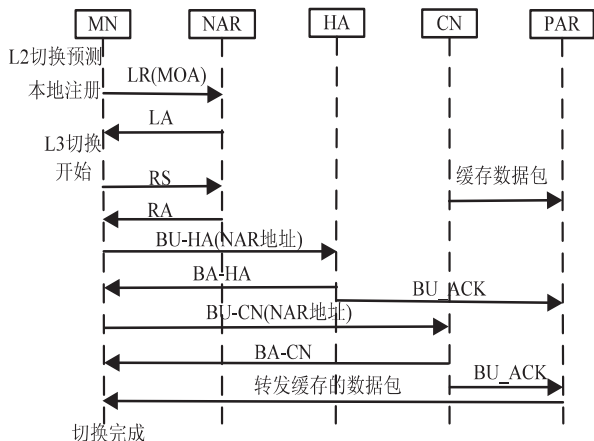


图 2 PCRD-MIPv6 切换流程图

切换过程具体描述如下:

(1) MN 接收到来自 L2 触发的切换预测信号, 向 T_AR 中的所有接入路由器发送本地注册消息 (Locate Register, LR)。在 LR 消息中包含了 MN 的 IPv6 地址 MOA。

(2) NAR 接收到 LR 消息后, 就将 MN 的 MOA 地址注册到 NAR 的本地地址列表中, 同时向 MN 发回本地确认消息 (Locate Acknowledge, LA)。

(3) MN 接收到 LA 消息宣告本地注册完成。

(4) 当 MN 接收到 NAR 的路由通告消息 (Router Advertisements, RA) 后, 同时向 HA 和 CN 发送绑定更新消息 (BU_HA/CN)。BU_HA/CN 中包含 MN 的 MOA 地址和 NAR 的地址。在 BU 未到达 HA 和 CN 之前, 由 PAR 缓存发往 MN 的数据包。

(5) 当 HA/CN 收到包含 MN 新的 AR 地址的 BU 后, 更新自己的绑定缓存 (Binding Cache, BCE), 同时向 MN 和 PAR 发送绑定更新确认信息 (BU_ACK)。

(6) MN 收到 BU_ACK 后宣告切换完成; PAR 收到 MN 的 BU_ACK 后将 P_LIST 中缓存的数据包转发给 MN。

2.5 切换时延分析

MN 的切换时延可以分为链路层 (L2) 切换延时和网络层 (L3) 切换延时, 用 T_{L3} 表示网络层切换延时, 如式 (1) 所示:

$$T_{L3} = T_s + T_{CoA} + T_{DAD} + T_{BU} \quad (1)$$

其中, T_s 为移动检测延时; T_{CoA} 表示 MN 配置新转交地址的延时; T_{DAD} 表示重复地址检测延时; T_{BU} 表示 MN 向 HA/CN 注册其当前转交地址的延时。

用 T_{L2} 表示链路层切换延时, T_{RT} 表示切换过程中数据包丢失造成的 TCP 发送端超时重传的延时, 则

MIPv6 在切换过程中产生的延时 T_{MIPv6} 如式(2)所示:

$$T_{\text{MIPv6}} = T_{\text{L2}} + T_{\text{L3}} + T_{\text{RT}} = T_{\text{L2}} + T_{\text{S}} + T_{\text{CoA}} + T_{\text{DAD}} + T_{\text{BU}} + T_{\text{RT}} \quad (2)$$

RD-MIPv6 方案为 MN 配置永久唯一的 IPv6 地址 MOA, 当 MN 移动到 NAR 时把 NAR 的地址作为 CoA 向 HA/CN 进行绑定更新, 在切换过程中不用再进行转交地址配置和 DAD 检测过程。但是为了使得 NAR 能够正确转发 HA/CN 发往 MN 的数据包, 在切换过程中 MN 必须将 MOA 注册到 NAR, 此过程产生的时延为 T_{LG} 。因此 RD-MIPv6 的切换延时可以表述为式(3):

$$T_{\text{RD-MIPv6}} = T_{\text{L2}} + T_{\text{S}} + T_{\text{LG}} + T_{\text{BU}} + T_{\text{RT}} \quad (3)$$

由于 T_{DAD} 占整个切换延时比重最大, 一般为 1~2 s, 因此与式(2)比较后可以发现 $T_{\text{RD-MIPv6}}$ 会小于 T_{MIPv6} 。

PCRD-MIPv6 利用 L2 触发的切换预测信号, 提前进行本地注册过程消除了 T_{LG} , 同时利用 PAR 的数据包优先级缓存机制, 将切换过程中发送给 MN 的数据包安装优先级顺序存储在 PAR 的数据包缓存链表中, 当 PAR 接收到 HA/CN 发来的 MN 的 BU-ACK 消息就能立即将缓存的数据包转发给 MN。 T'_{RT} 表示 PCRD-MIPv6 方案下 TCP 发送端的超时重传时间, 因此 PCRD-MIPv6 的切换延时可以表述为式(4):

$$T_{\text{PCRD-MIPv6}} = T_{\text{L2}} + T_{\text{S}} + T_{\text{BU}} + T'_{\text{RT}} \quad (4)$$

与式(3)比较会发现 T'_{RT} 小于 T_{RT} , 且消除了 T_{LG} , 因此理论上在无线信道传输速率较慢的情况下, PCRD-MIPv6 切换方案将具有更小的切换时延和丢包率。

3 仿真与性能分析

仿真平台选用 NS-2 网络仿真器, 添加 FHMIPv6 模块到 ns-allinone-2.31 版本中, 通过修改模块内容使之满足 PCRD-MIPv6 算法要求, 分别对 RD-MIPv6 方案以及 PCRD-MIPv6 方案进行仿真实验。

3.1 仿真场景

仿真实验采用如图 3 所示的网络拓扑结构。

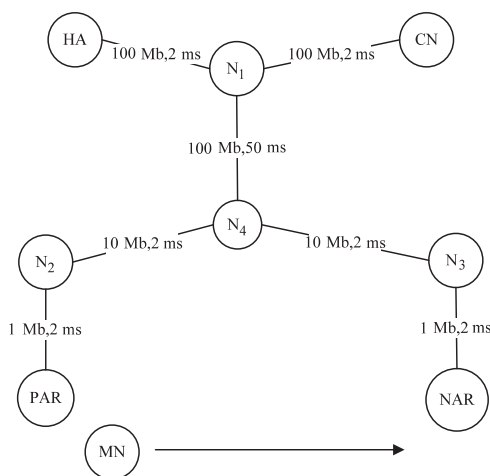


图 3 网络仿真拓扑图

无线路由协议采用 NOAH, MAC 层协议采用 IEEE802.11, 各节点之间链路相关的信息如图 3 中标示, 仿真场景为 800 m×800 m 的正方形区域。仿真中数据源选用 FTP/TCP, 分组大小为 512 字节。MN 从第 10 s 开始以 1 m/s 的速度从 PAR 向 NAR 移动。CN 在 5 s 的时候开始发送 TCP 分组到 MN, 直到 80 s 时仿真结束。

3.2 仿真性能分析

仿真实验选取切换延时和丢包率作为性能评估参数。经过多次实验证明, 图 4 和图 5 为最优情况下的 PCRD-MIPv6 的实现。

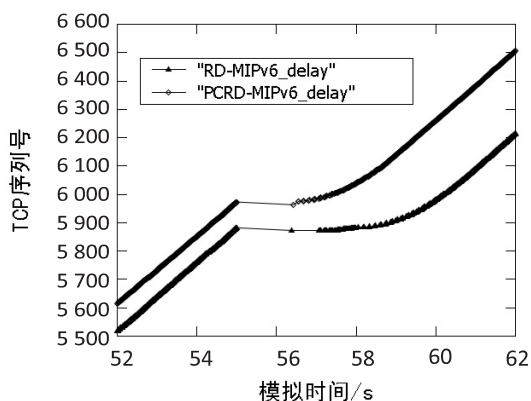


图 4 切换延时效对比图

图 4 中显示的是 MN 移动时间与成功接收 TCP 数据分组的序列号之间的关系。标准 MIPv6 的切换延时一般在 3.5 s 左右, 而 DAD 过程的所需时间则在 1~2 s 之间。图 4 中显示 RD-MIPv6 方案下, MN 从第 55 s 开始切换到第 57 s 左右切换结束, 切换延时在 2 s 左右, 这正是去除了 CoA 配置和 DAD 过程之后的切换时延。PCRD-MIPv6 方案由于利用 L2 触发切换预测信号而提前进行本地注册, 从而能进一步减少切换时延, 从图 4 中也可以明显看到 PCRD-MIPv6 方案的切换时延比 RD-MIPv6 方案有所减少。

另一方面, 图 4 中显示在切换完成之后, PCRD-MIPv6 方案下的 TCP 分组序列号增加的速率明显快于 RD-MIPv6 方案。这是由于 PAR 缓存了切换过程中发往 MN 的优先级较高的数据包, 当切换完成之后, PAR 会立即将缓存的分组转发到 MN。

通过对仿真实验生成的 Trace 数据进行分析, 并且实时地统计丢失分组数与成功接收的分组数。从图 5 的丢包率对比图可以看出, RD-MIPv6 方案的丢包率在 2% 左右, 由于 PCRD-MIPv6 方案进一步减小了切换延时, 所以丢包率降低到 1.5% 左右。MN 切换完成后, 随着正常接收数据包的数量增加, 丢包率也随之下降。

PCRD-MIPv6 方案下丢包率下降的速率略大于

RD-MIPv6 方案,这也正是 NAR 的数据包优先级缓存机制作用的结果。

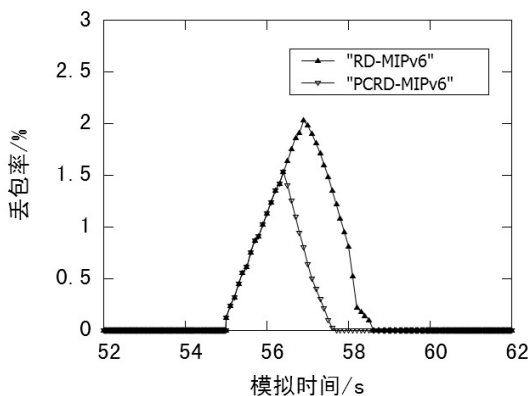


图 5 切换过程丢包率对比图

通过仿真结果可知,由 L2 触发切换预测,MN 提前进行本地注册有效降低了切换延时。按照优先级高低在 PAR 中缓存发往 MN 的数据包的机制,不仅能减小丢包率,而且能有效避免由于切换造成的 TCP 发送端的超时重传,进而降低切换过程对实时需求的影响。

4 结束语

随着无线技术的迅猛发展,人们希望在移动过程中能够保持“无缝通信”的需求越来越迫切。并且随着 4G 时代的到来,移动 IPv6 的应用迫在眉睫,MIPv6 协议已经成为目前 IPv6 协议发展中的重中之重。PCRD-MIPv6 算法结合了 FMIPv6 的基于 L2 的预测切换和基于 DHCPv6 协议的地址配置,能一定程度地减少 MN 的切换时延,同时为通过缓存切换过程中发往 MN 优先级较高的数据包,最大限度地减小切换对于实时需求的影响。

参考文献:

- [1] 邓亚平,陈中元.快速层次移动 IPv6 的域间移动管理[J].计算机应用,2012,32(5):1236-1239.
- [2] 陈龙飞,俞鹤伟.基于标准移动 IPv6 的新型无缝切换模型的研究[J].计算机技术与发展,2009,19(6):95-97.
- [3] 白鑫茹.一种分级移动 IPv6 的 MAP 选择机制[D].广州:华南理工大学,2013.
- [4] 张载龙,郑伟.基于 MIH 的 FMIPv6 切换方案的改进[J].计算机技术与发展,2010,20(7):132-135.
- [5] 吕继萍,徐明伟,吴茜,等.移动 IPv6 快速切换研究综述[J].小型微型计算机系统,2007,28(7):1153-1161.
- [6] 杨学成. MIPv6、FMIPv6、HMIPv6、FHMIPv6 的性能比较[J].广东通信技术,2007,27(10):27-31.
- [7] 董文建,李世旭,周奉强.基于 DAD 的 HMIPv6 切换技术改进[J].电信快报,2008(11):22-25.
- [8] 代红.重复地址检测的 MIPv6 网络切换方法[J].计算机工程与设计,2012,33(11):4066-4070.
- [9] Han Y, Choi J, Jang H, et al. Advance duplicate address detection[M]. [s. l.]: IETF, 2003.
- [10] Moore N. Optimistic Duplicate Address Detection (DAD) for IPv6[S]. RFC 4429, 2006.
- [11] Tseng Chien-Chao, Wong Yung-Chang, Yen Li-Hsing, et al. Proactive DAD: a fast address-acquisition strategy for mobile IPv6 networks[J]. IEEE Internet Computing, 2006, 10(6): 50-55.
- [12] Hong Yuxuan, Pawlikowski K, Sirisena H. DAD-Less MIPv6 for reduced handover latency[C]//Proc of fifth international conference on innovative mobile and Internet services in ubiquitous computing. Seoul: IEEE, 2011: 353-360.
- [13] 周文涛.基于去除 DAD 过程的 MIPv6 改进机制[D].桂林:桂林理工大学,2012.
- [14] 柯志亨,程荣祥,邓德隽.NS2 仿真实验—多媒体和无线网络通信[M].北京:电子工业出版社,2009.

(上接第 5 页)

- [4] Canali C, Colajanni M, Lancellotti R. Algorithms for Web service selection with static and dynamic requirements[J]. Service Oriented Computing and Applications, 2013, 7(1): 43-57.
- [5] 李金忠,夏洁武,唐卫东,等.基于 QoS 的 Web 服务选择算法综述[J].计算机应用研究,2010,27(10):3622-3627.
- [6] 王海,朱正东,李增智.面向服务质量的低负载 Web 服务选择方法[J].计算机工程,2010,36(20):4-6.
- [7] Yu Tao, Lin K J. Service selection algorithms for composing complex services with multiple QoS constraints[C]//Proc of ICSC 2005. Berlin: Springer, 2005: 130-143.
- [8] Zeng L, Benattallah B, Ngu A H H, et al. QoS-aware middleware for Web services composition[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2004, 30(5): 311-327.
- [9] Alrifai M, Skoutas D, Risse T. Selecting skyline services for

QoS-based Web service composition[C]//Proceedings of the 19th international conference on World Wide Web. [s. l.]: ACM, 2010: 11-20.

- [10] 郭得科,任彦,陈洪辉,等.一种基于 QoS 约束的 Web 服务选择和排序模型[J].上海交通大学学报,2007,41(6): 870-875.
- [11] Mobedpour D, Ding C. User-centered design of a QoS-based Web service selection system[J]. Service Oriented Computing and Applications, 2013, 7(2): 117-127.
- [12] 胡建强,李涓子,廖桂平.一种基于多维服务质量的局部最优服务选择模型[J].计算机学报,2010,33(3): 526-534.
- [13] 徐玖平,吴巍.多属性决策的理论和方法[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [14] 徐泽冰.不确定多属性决策方法及应用[M].北京:清华大学出版社,2004.

基于预测与优先级缓存的MIPv6切换算法

作者：[杨莉](#)，[曹士珂](#)，[赵亚南](#)，[YANG Li](#)，[CAO Shi-ke](#)，[ZHAO Ya-nan](#)

作者单位：[南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京, 210003](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(12)

引用本文格式：[杨莉](#). [曹士珂](#). [赵亚南](#). [YANG Li](#). [CAO Shi-ke](#). [ZHAO Ya-nan](#) [基于预测与优先级缓存的MIPv6切换算法](#)

[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(12)