

一种考虑用户偏爱的无缝切换算法^①

蔡 景 (南京邮电大学 计算机学院 江苏 南京 210003)

摘 要: 当前,大多数垂直切换技术都是通过网络层和链路层信息做出切换判决的,然而这种切换判决并不全面,因为它对网络成本、服务类型的考虑不够全面,特别是很难满足用户偏好。提出了一种考虑用户偏爱的切换判决算法(FHMIPv6 with user Preferences, P-FHMIPv6),通过应用层和网络层之间的切换判决模块来控制切换;结合多播和缓存等机制,来满足复杂网络环境下多种服务的切换要求;同时采用切换定时算法来提高切换性能。

关键词: 无缝切换; 用户偏爱; 多播; 缓存; 快速分层移动 IPv6

A Seamless Handover Decision Algorithm Considering Users' Preferences

CAI Jing

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

Abstract: Currently, most of the handover decisions are made based on the information of IP layer and link layer. However, they do not consider network costs and the type of services, especially the users' preferences. This paper proposes a handover decision algorithm considering users' preferences (FHMIPv6 with user Preferences, P-FHMIPv6). The handover decision is made by the module located between IP layer and link layer. Multicast and caching mechanisms are applied to meet the requirements of the handover decision in complex networks. The handover Timing algorithm is also applied to improve the handover performance.

Keywords: seamless handover; user Preferences; multicast; caching; FHMIPv6

1 引言

随着各种无线接入技术的不断涌现,必然要求能够在各种不同网络之间进行互操作,因此网络之间的切换技术是人们研究的一个热门话题。此外,用户越来越多的同时享受不同的服务,比如语音、视频、浏览网页和下载等服务。这种多网络多服务的环境使得切换管理变的更加复杂,因此需要一种有效的切换判决机制。

一种提高 IP 层移动性管理性能的方案是 FMI-Pv6^[1],它通过接入路由器之间的局部转发和上下文转换以及预先式切换降低切换对性能的影响。在 FMIPv6 的基础上,人们又提出了具有选择性投递的双播 FMIPv6(FMIPv6 BSD, FMIPv6 Bicastig with Selective Delivery)^[2]和多播 FMIPv6(M-FMIPv6, Fast multicast protocol for MIPv6)^[3]来改进切换的

性能。在 FMIPv6 BSD 的基础上, Henrik Petander 和 Eranga Perera 提出了具有选择性投递的多播 SafetyNet 算法^[4]。但是上面提到的算法都是基于网络层和链路层的信息做出切换判决的。参考文献[5]中定义了一个考虑了多种切换条件的成本函数,参考文献[6]进一步讨论了考虑了多种服务的切换成本。但是他们没有详细的讨论网络层的切换过程,也没有考虑如何尽量减少切换过程中的丢包率和时延。

本文主要有以下贡献:①提出了一种切换判决算法: P-FHMIPv6(P-FHMIPv6, FHMIPv6 with user Preferences),此算法全面考虑了网络成本、服务类型和用户偏好等因素,能更好的满足用户需求。②提出了一种新的切换定时算法来避免立即切换对性能的影响,有效地避免了乒乓效应。在第 2 部分中,我们着重讨论切换判决模块;第 3 部分详细地描述了 P-

① 收稿时间:2009-07-16

FHMIPv6 算法; 第 4 部分对提出的算法的性能进行了分析, 最后做了总结。

2 切换判决模块

我们在应用层和网络层之间设计了一个切换判决模块, 其主要功能是:

a) 收集网络、用户偏好和运行在 MN 上的应用的信息。对于网络条件我们主要关注网络剩余的可用带宽、覆盖范围等信息; 对于用户偏好和运行在 MN 上的应用, 我们主要关注用户对网络使用费用、网络带宽、功率消耗以及对不同服务优先级的要求;

b) 周期地扫描当前网络环境, 记录可用网络的二层信息, 并通过当前的接入路由器得到这些可用网络的三层信息;

c) 利用得到的信息, 使用成本函数计算切换成本, 结合切换定时算法, 对切换过程进行控制。由于移动网络的特性, 网络的切换成本是动态变化的, 因此我们需要实时监控网络的切换成本; 为了实时监控网络切换成本的变化, 切换判决模块需要周期性地计算网络切换成本。

2.1 成本函数模型

为了使得用户可以根据自己的偏爱来控制切换, 就要对影响切换判决的各个参数的权重进行设置。通过这种方法, 我们的切换判决算法能够充分满足用户的需求, 更加人性化。

文献[5,6]对网络切换的成本函数做了详细的分析, 成本函数如下式:

$$F_s^n = \sum_i \omega_{s,i}^n Q_{s,i}^n \quad (1)$$

其中 F_s^n 代表服务 s 在网络 n 中的换成本; $\omega_{s,i}^n$ 代表网络 n 中服务 s 的参数 i 的权重, 参数 i 是影响服务质量的因素, 比如网络使用费用、网络带宽和功率消耗, 并且 $\sum \omega_{s,i}^n = 1$; $Q_{s,i}^n$ 代表网络 n 中服务 s 的参数 i 的服务质量。

F_s^n 越小说明网络 n 的切换成本越小。下面我们给出考虑了剩余的可用带宽、功率消耗和网络使用费用的成本函数的一般形式:

$$F_s^n = \omega_{s,b}^n \ln \frac{1}{B_s^n} + \omega_{s,p}^n \ln P_s^n + \omega_{s,c}^n \ln C_s^n \quad (2)$$

其中 $\omega_{s,b}^n$ 、 $\omega_{s,p}^n$ 和 $\omega_{s,c}^n$ 分别代表带宽、功率消耗和网络使用费用的权重, 他们的和为 1。 B_s^n 、 P_s^n 和 C_s^n 分别

代表网络 n 剩余的可用带宽、功率消耗和网络使用费用的值。其中 P_s^n 和 C_s^n 是可以从反应网络信息的数据库中得到的静态参数, B_s^n 是需要不断计算的动态变化的参数。

对于多种服务同时运行的情况, 成本函数如下:

$$F^n = \sum_s W_s^n F_s^n \quad (3)$$

其中 W_s^n 是服务 s 在网络 n 中的权重。

由上可见, 利用成本函数, 切换判决模块不但综合了应用层与网络层信息, 而且考虑了用户需求和喜好, 可以由用户根据实际情况对各个参数的权重自由设置。

2.2 切换定时算法

这里, 我们提前使用第 4 部分分析得到的 P-FHMIPv6 算法的时延结果, 即 $D_{P-FHMIPv6} = D_{L2} + D_{UNA} + D_T$ 。

在切换过程中, 切换判决模块通过成本函数周期性地计算各个网络的切换成本, 这样就能够实时的监控网络的情况, 为控制切换准备了事实依据。在我们的方案中, 切换定时算法在两个地方起作用:

a) 触发 L3 切换。通过对各个网络切换成本的实时监控, 筛选出符合以下两个要求的网络: ①切换成本低于当前接入网络; ②切换成本持续低于当前接入网络的时间大于等于 $\overline{D_{P-FHMIPv6}}$, 即 $T_n \geq \overline{D_{P-FHMIPv6}}$, 其中 T_n 是网络 n 的切换成本低于当前接入网络的持续时间, $\overline{D_{P-FHMIPv6}}$ 是 P-FHMIPv6 算法的时延, 关于 $\overline{D_{P-FHMIPv6}}$ 详见第 4 部分, 我们可以通过统计学的方法得到 $\overline{D_{P-FHMIPv6}}$ 的平均值 $\overline{D_{P-FHMIPv6}}$ 。将满足上述要求的网络作为候选网络, 触发 L3 切换。

b) 触发 L2 切换。在完成 L3 切换之后, 当出现以下两种情况之一的时候, 就选择网络 n 做为切换目标, 触发 L2 切换: ①网络 n 的切换成本最小且持续时间大于等于 2 倍的 $\overline{D_{P-FHMIPv6}}$, 即 $T_n \geq 2\overline{D_{P-FHMIPv6}}$; ②当前接入网络不可用, 且此时网络 n 切换成本最小。

通过上面的分析, 我们大体了解了切换判决模块的工作, 接下来我们详细介绍 P-FHMIPv6 算法的流程。

3 P-FHMIPv6 算法的流程

为了描述 P-FHMIPv6 算法, 我们设置了一个简单的场景, 如图 1 所示。移动节点(MN, Mobile Node)位于一个多网络的区域中: 无线广域网(WWAN,

Wireless Wide Area Network)覆盖整个区域,两个支持 802.11 的无线 AP 向 MN 提供无线局域网(WLAN,Wireless Local Area)服务,这两个无线 AP 各与一个接入路由器(Access Router,AR)相连,且这两个 AR 由一个移动锚点(MAP,Mobility Anchor Point)管理。在这个场景中,MN 初始附着在 WLAN1 上,随着 MN 的移动,MN 渐渐离开 WLAN1,进入 WLAN2。

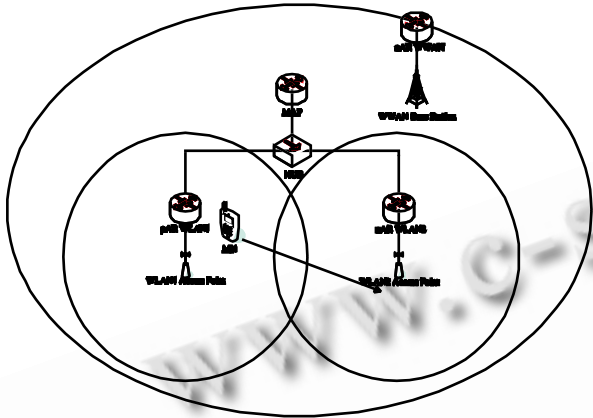


图 1 算法的操作环境

如图 1 所示,MN 沿着图中所示的方向移动,MN 周期性地对当前的无线网络进行扫描,并把扫描到的与这些无线网络有关的二层信息放入路由器请求代理(RtSolPr,Router Solicitation for Proxy)消息中,然后向 PAR 发送 RtSolPr 消息。PAR 接收到 RtSolPr 消息之后,向 MN 发送一个代理路由器通告(PrRtAdv,Proxy Router Advertisement)消息,PrRtAdv 包含 NAR 的具体信息。详细流程如图 2 所示。

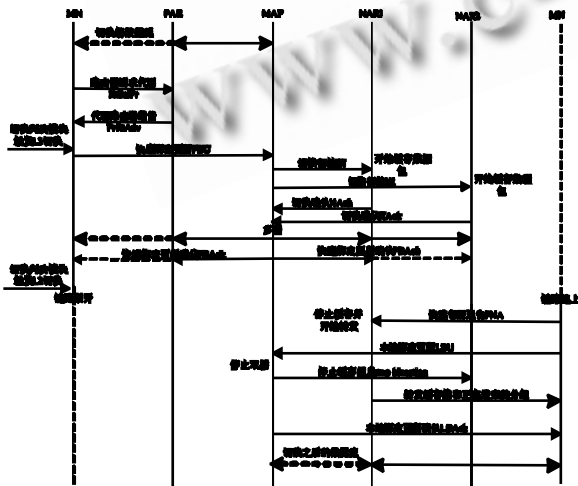


图 2 PM-MIPv6 算法的操作流程

MN 中的切换判决模块周期地处理 PrRtAdv 消息带来的信息,实时的监控各个网络的切换成本,将符合要求的候选网络信息放入快速绑定更新(FBU,Fast Binding Update)消息中发送给 MAP, FBU 中还包含了 MN 自动配置的转交地址等信息。

收到 FBU 后 MAP 就向 NAR 发送切换发起(HI,Handover Initiate)消息,接着 NAR 向 MAP 回送切换确认(Hack,Handover ACKnowledgement)消息,在这个过程中主要进行重复地址检测(DAD, Duplicate Address Detection),确定 MN 在新链路上的转交地址。

收到 Hack 之后 MAP 就分别向 MN 和 NAR 发送快速绑定确认(FBack,Fast Binding ACKnowledgement)消息,FBack 消息中包括可用的 NLCoA 地址。在完成上述步骤之后,MAP 就建立了与 PAR 和 NAR 的多播。此后,在转发数据包之前,MAP 会在多播的数据包以及它的副本上打上一个唯一的递增的序列号,这种机制使得切换完成之后,被 MN 附着的 NAR 能够从它的缓冲区中选择切换过程中丢失的数据包,并仅仅把这些丢失的数据包投递给 MN,这种机制降低了网络负荷,提高了切换的性能。

在完成这个操作之后,MN 中的切换判决模块选择最终要切换到的 NAR,并向这个 NAR 发送主动邻居公告(UNA,Unsolicited Neighbor Advertisement)消息通告 MN 的到达。UNA 消息中包含一张记录了 MN 丢失的数据包的列表,NAR 接收到 UNA 之后,便根据这张列表中的信息,将切换过程中丢失的包发送给 MN。在向 NAR 发送 UNA 之后,MN 紧接着向 MAP 发送局部绑定更新消息(LBU,Local Binding Update)。MAP 收到 LBU 之后就停止双播,并向没有被 MN 选择作为切换目标的 NAR 发送停止双播消息,通知它们释放资源。

4 P-FHMIPv6的时延性能分析

本节对 P-FHMIPv6 算法与 FHMIPv6 算法的时延性能做了对比。为了方便叙述,我们先给出几个时间的定义:我们用 $D_{P-FHMIPv6}$ 表示 P-FHMIPv6 算法造成的总的切换时延; D_A 是 MN 位于旧链路既接收不到数据包也没有开始二层切换时产生的附加时延; D_{L2} 表

示二层切换时延; D_{UNA} 表示 UNA 消息传输的时延; D_T 表示切换完成后服务数据包补偿的传输时延; T_n 表示网络 n 成本小于当前接入网络的持续时间。

在 FHMIPv6 算法中, MAP 在向 PAR 和 NAR 发送完 FBack 消息之后, 将发往 PLCoA 的数据包发往 NLCoA, 此时 MN 仍然位于旧链路上, 链路中断, 如图 3 所示, FHMIPv6 算法的切换时延为:

$$D_{FHMIPv6} = D_A + D_{L2} + D_{UNA} + D_T \quad (4)$$

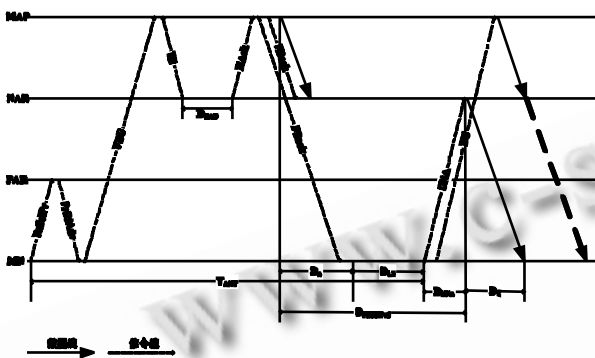


图 3 FHMIPv6 时延分析

相比 FHMIPv6 算法, 由于 P-FHMIPv6 算法采用了多播与缓存机制, D_A 没有了, 如图 4 所示, P-FHMIPv6 算法的切换时延为:

$$D_{P-FHMIPv6} = D_{L2} + D_{UNA} + D_T \quad (5)$$

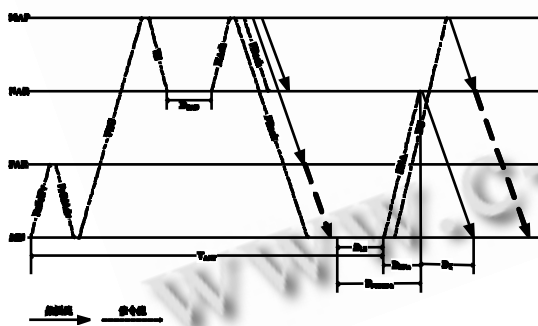


图 4 P-FHMIPv6 时延分析

由上可见, P-FHMIPv6 算法的时延性能优于 FHMIPv6 算法。

5 总结

本文提出的算法在综合考虑了多种服务的切换要求的基础上, 由判决模块计算切换成本, 从而选择切换目标; 并且通过多播和切换定时算法来优化切换的性能。由于本算法不但考虑了网络层和链路层的信息, 而且考虑了用户对不同服务的切换要求, 从而满足了用户偏爱。因此, 本文提出的算法更加人性化, 体现了技术以人为本的服务理念。

参考文献

- 1 Koodli R, ed. Fast Handovers for Mobile IPv6. RFC 5268, Internet Engineering Taskforce, 2008.
- 2 Petander H. Bicasting with Buffering and Selective Delivery for Fast Handovers for Mobile IPv6. draft-petander-mipshop-fmip6-bbsd-00.txt, Internet Engineering Taskforce, 2007.
- 3 Suh T, Suh YJ. Fast multicast protocol for mobile IPv6 in the fast handovers environment. IETF Internet draft, draft-suh-mipshop-fmcast-mip6-00.txt(expired), 2004 - 1.
- 4 Petander H, Perera E, Seneviratne A. Multicasting with selective delivery: A SafetyNet for vertical handoffs. Wireless Personal Communications, 2007,43: 945 - 958.
- 5 Wang HJ, Katz RH, Giese J. Policy-enabled Handoffs Across Heterogeneous Wireless Networks. Proc. IEEE Wksp. Mobile. Comp. Sys. and Apps., 1999.51 - 60.
- 6 Zhu F, McNair J. Multiservice vertical handover decision algorithms. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2006.1 - 13.