

基于上下文转移的移动 IPv6 无缝切换模型¹

陈阳 杨寿保 王绍林 孙伟峰

(中国科学技术大学计算机科学技术系, 合肥, 230026)

摘要 当前的移动 IPv6 切换模型在处理移动节点微移动时, 移动节点上的实时业务如 VOIP 应用, 因为无法在切换后立即获得有保证的服务, 从而造成实时业务的丢包和高延迟、抖动的现象。本文针对该问题提出了一种基于上下文转移的 IPv6 无缝切换模型, 该模型能够通过精确判定移动节点的移动模式和轨迹, 预先配置实时业务的 QoS 信息, 为实时业务提供无缝的切换。

关键词 实时业务 服务质量 无缝切换 上下文转移

引言

随着移动 IPv6 技术的发展, 移动环境下的实时业务越来越多。所谓无缝切换, 指的是快速切换与平滑切换的结合。现有基于层次化移动 IPv6 模型 (HMIPv6)、快速切换移动 IPv6 机制 (FMIPv6)、甚至无缝切换 IPv6 机制 (SMIPv6) 的改进方案, 着重在于减少移动节点切换到新域时获得新转交地址的延迟和绑定更新的时间。然而对于移动节点上的实时业务来说, 尽快的获得新的转交地址和缩短绑定时间, 并不足以完成无缝切换, 因为移动节点在三层切换完成后还需要与新的接入路由器进行重新的 AAA 认证, QoS 协商, 头标压缩协商等等, 才能在新的域内获得有保证的服务。在实时业务有保证服务协商完成之前, 实时业务的丢包仍然很有可能会发生, 延迟和抖动也会随着链路状态的变化而变化, 在无线链路上, 这种情况将会更加严重。

针对移动 IPv6 环境下的实时业务切换时的服务质量保证的不足, 本文提出一种 QoS 模型, 对现有的 SMIPv6 模型进行扩展, 将无缝切换与上下文转移相结合, 在保证切换快速的同时, 为实时业务切换时提供服务质量的保证。

1. 移动切换方案简介及其不足

IETF 在 IPv6 的设计之初就考虑到了移动切换的问题, 无条件地址配置机制为移动切换建立了基础, 在之后的 MIPv6[2] 的设计之中, 设计者主要面向于宏移动提供了一些加强切换性能的措施, 例如 MN 可配置多个转交地址、在 MN 的绑定更新 (BU) 未到达 CN 时, 家乡代理 (HA) 为 MN 缓存数据包等等。

1.1 移动 IPv6 切换模型

传统的 MIPv6 模型对于微移动, 即频繁切换时的支持仍然不足, 为此 IETF 的 mipshop 工作组致力于移动节点切换时快速建立移动节点新转交地址以及绑定更新代价的优化, 从而减少切换延迟和减少丢包。IETF 主要制定了 HMIPv6[3] 模型和 FMIPv6[4] 机制。基于这两个基本的草案, 衍生出了一系列的模型和层次化管理框架, 如 FHIPv6 等。这些模型或机制虽然为移动节点的平滑移动提供了进一步的优化, 但它们普遍存在着一个问题, 就是它们都不能确定 MN 是否一定会切换, 无法获知切换发生的具体时间, 从而无法精确的定位 MN 的位置。

针对这一问题, 文献[6]基于 FHIPv6 的切换模型提出了无缝切换 IPv6 模型 (SMIPv6), 它采用了根据 MN 的移动模式和位置通过网络控制 MN 的智能切换, 引入了新功能实体 DE, DE 为 MN 作出切换的决定, 一旦切换的决定作出之后, MN 就必须进行三层的切换。DE 通过历史记录、MN 位置信息等参数, 决定 MN 的移动模式是向邻近 AR 有目的性移动、随机移动 (包括 pingpong) 还是处于两个网络切换中心线附近的静止区域, 同时改进了 MAP 的功能, 加入了 SPS (Synchronized-Packet-Simulcasting 同步包联播) 的功能。当 MN 随机移动时, PAR、NAR 都将有 MN 的绑定信息, 以随时准备 MN 的回归, 这样 MN 可以通过 FNA 自由的在两个网络之间切换。当 MN 在固定状态下处于临界域内将和多个 AR 同时建立多个绑定, 同时拥有多个转交地址。

1.2 移动 IPv6 切换模型的不足

以上移动 IPv6 模型的提出都没有考虑实时业务的服务质量需求和网络负载的状况, 它们都默认网络是负载轻、无拥塞的网络, 但现实世界中这种情况是非常少的。为了使得节点上的实时业务能够真正的达到无缝切换, 仅仅依靠利用切换模型是不够的。对于移动节点上的实时业务而言, 它有服务质量上的需求, 如果切换到的新域内没有为 MN 的实时业

¹本文得到国家 863 项目 (编号: 2001AA121041) 的资助。

¹本文得到中科院研究生创新基金项目的资助。

作者简介: 陈阳: 男, 硕士研究生, chen9999@mail.ustc.edu.cn, 研究方向: 移动计算。杨寿保: 教授, 博士生导师, syang@ustc.edu.cn, 研究方向: 计算机网络及应用、计算机体系结构。王绍林: 男, 硕士研究生, slinw@mail.ustc.edu.cn, 研究方向: 移动计算。孙伟峰: 男, 硕士研究生, wfsun@mail.ustc.edu.cn, 研究方向: 移动计算。

务提供 QoS 保证，加之链路负载较重，实时业务仍然会受到延迟、抖动和丢包的影响，因此在 MN 将要切换到的 NAR 域内提前做好服务质量的协商或者是资源预留，对于 MN 上的实时业务是很有必要的。然而现实中，在 MN 可能要切换到的所有邻近 AR 上为某个 MN 预先配置好 MN 所需要的服务质量需求是不现实的。传统的做法是必须要等待 MN 确实接入 AR 域内，并且由 MN 自身参与和 NAR 进行一系列的 QoS 信令交互，才有可能获得有保证的服务，在这段时间内，实时业务是无法实现有保证服务的。

如果我们能够由网络决定 MN 的切换目的，并利用一种新的机制，在 MN 移动切换的同时，事先在 NAR 上布置好 MN 的 QoS 需求信息，就能在 MN 正式切换后为 MN 提供有保证的服务，将其上的实时业务的切换性能下降减到最低，达到真正的无缝切换。很自然的，我们希望能够与上下文转移机制联系起来。

2. QoS 上下文转移机制及其可行性

IETF 在 RFC3374 中提出了上下文转移的定义，所谓上下文就是当前状态的服务信息，它需要在新的子网内重新建立，但不必要由移动节点重新开始参与整套的协议交换。所谓上下文转移机制，指将上下文从一个路由器或其它网络实体转移到另一个上去，以作为在新的子网上重建某种服务的手段，这里所指的服务，可以是 QoS 信息、AAA 信息、头标压缩信息等等。

如前所述，对于在移动节点上有 QoS 要求的实时业务而言，发生切换时不仅要保证移动节点的移动对网络层以上透明，而且还将面临重建 QoS 信息的时延问题，如果每次切换到新的子网时，实时业务的 QoS 信息都必须由移动节点重新建立，在 QoS 建立之前的这一段时间内，MN 的实时业务将得不到期望的 QoS 的需求，从而不得不忍受可能出现的延迟抖动和丢包。因此，有必要在现有移动 IPv6 QoS 模型的基础上加入上下文转移的功能，以新旧 AR 之间传递移动节点 QoS 信息代替移动节点重新建立 QoS 信息，从而提高移动节点切换时 QoS 信息的建立速度。由于一个实时业务流在传输过程中有统一的 QoS 需求，即原先建立的 QoS 信息在切换过后仍然适用，因此以 QoS 信息作为一种上下文是可行的。

在保证实时业务的服务质量方面，目前主要分为提供每流服务质量保证的综合服务 (RSVP/intserv) 机制，以及为聚流提供服务质量保证的区分服务 (diffserv) 机制，对于 intserv 而言，上下文转移的信息主要是 AR 进行资源预留的数目和 MN 的认证信息，对于 diffserv 而言，上下文转移的信息主要是 MN 与 AR 之间的服务的标记等级和认证信息。

如何进行上下文转移时机的判断和候选接入路由发现机制 (CARD) 是上下文转移机制能否成功的关键，文献[5]中所述上下文转移机制应当在二层切换发生后尽早的执行，虽然对于快速切换机制来说有一个不错的时机，就是通过扩展 HI/HACK 消息用以传递上下文，但是在快速切换模型中加入上下文转移存在两个问题：首先是快速切换存在切换的不定性，也就是在触发快速切换机制的信令交互过后，MN 却没有正式的切换到新的域内，这种不定性将会导致上下文转移失去意义，造成了资源的浪费以及不必要的信令开销。其次，在多个 AR 影响的重叠区域，AR 的自身负载和带宽等条件各不相同，快速切换机制本身并不能够挑选出一个能够胜任 MN QoS 要求的 NAR，让 MN 切换过去。这些问题是我们设计无缝切换 QoS 模型的动因。

3. 基于上下文转移的 QoS 模型架构

本章介绍我们提出的基于上下文转移的 QoS 模型，我们通过对 SMIPv6 模型[6]中的实体 DE、MAP 和部分信令进行扩展，为 MN 切换的同时提供 QoS 上下文的切换。模型的拓扑结构如图 3.1 所示：模型由移动停靠点 (MAP)、区域切换和上下文转移决定服务器 (CTDE) 以及接入路由器 PAR、NAR1、NAR2，通信对端 CN、移动节点 MN 组成。

3.1 对 SMIPv6 模型及其信令的扩展

功能实体的扩展上，我们扩展 DE 为 CTDE，CTDE 除了包含 DE 的功能之外，还要为 MN 提供上下文转移，如我们前面提到的，一个好的上下文转移的时机和 CARD 是上下文转移的关键。从时机上来说，CTDE 可以在给 MN 作出切换决定之前，通过转发 PAR 构建的关于 MN 的上下文信息给相应的 NAR 来完成 MN 上下文的转移，这样使得 NAR 的配置 MN 的上下文信息与 MN 的切换并发执行，因为 CTDE 有精确判断 MN 位置和切换模式的能力，因此这种上下文的转移一定是有效的。对于 CARD 的实现，CTDE 必须维持一个域内 AR QoS 和负载信息的表，这个表可以通过 AR 周期性发给 CTDE 的信息来更新，这样 CARD 机制就可以由通过在表中来选择当前最优的可切换 AR 作为 NAR 来实现。

信令的扩展上，我们扩展了当前轨迹状态消息 (CTS)、当前负载消息 (CLS)、切换决定消息 (HD)。CTS 是周期性产生的消息，它由 MN 触发，由 AR 构建并告知 CTDE MN 目前的位置和状态等信息，我们为 CTS 增加 QoS 的选项，由 AR 根据 MN 在 PAR 域内的 QoS 需求信息构建 CTS 并转发给 CTDE。当 MN 发出 RtSolPr 消息时，需同时发出带 QoS 上下文选项的 CTS 消息。CLS 消息是 AR 作为 MAP 每隔一段时间发出带有 DE reply 选项的路由公告的响应消息，为了让 CTDE 了解到 AR 的当前负载状况，使 CTDE 能够进行候选路由发现机制 (CARD)，我们需要对原始的 CLS 消息扩

展,使之不仅包含当前 AR 域内移动节点的个数,而且包括 AR 的当前带宽使用情况等。我们为 CLS 增加 AR 当前的带宽状况选项,CTDE 拥有当前 MAP 域内的 AR 负载和能力的对应表,这个表通过 AR 周期性发出的当前负载状态消息 (CLS) 更新,这样 CTDE 能通过 CLS 了解当前 MAP 域内各个 AR 的负载和带宽状况,进行 CARD 机制发现候选的 NAR。决定了候选的 NAR 之后,下一步就是作出切换的决定,我们在 HD 中加入 QoS 上下文选项,将通过 CTS 收到的 MN 的 QoS 上下文通过 HD 的选项发出,相应的候选 NAR 将根据收到的 HD 为 MN 进行 QoS 的配置。

信令交互的改进上,我们采用了 MN 收到 HD 之后就迅速切换,省去了 PAR 向无线域内发送冗余的报文,避免了发送对端的 TCP 窗口陷入慢启动。以及在 HD 到达 PAR 之前,省去了 PAR 发送 HI 到各个 NAR 的开销,因为在 CTDE 未作出切换模式判断和切换决定前,PAR 发送 HI、接收 HACK 只能是无意义的占用带宽和增加 AR 的负载。

具体的信令交互过程和时序关系如图 3.2 所示。

3.2 移动切换时的信令交互分析

我们以 MN 向 NAR1、NAR2 的重叠区域的为例,分析 MN 发生移动切换时的三种情况。

MN 发生移动切换时信令交互的全过程如下:当 MN 的移动模式为向某一确定的方向移动时,在 AR 域的重叠区域, MN 收到多个 NAR 的 beacon 信息,每接收到一个 beacon, MN 触发 PAR 构建并发出 CTS 报文,经 MAP,传至 CTDE, CTDE 收集 CTS 信息获知 MN 的当前位置,即相邻的 ARs 信息。这样 CTDE 可以通过连续三次的 CTS 消息和 MN 的历史信息来判断 MN 的移动轨迹。当信号强度达到一个域值 k 时, MN 产生一个链路层的触发, MN 于是发送 RtSolPro 消息给当前的 PAR,通知 MN 新收到的链路层信息,包括新 AP 的链路层地址等,同时 PAR 发送包含 MN QoS 信息选项的 CTS 消息给 CTDE,请求 CTDE 作出切换的决定和上下文转移信息的传递决定。CTDE 通过 MN 的轨迹信息和 ARs 周期性发送过来的 CLS 了解 MN 当前所能够切换到的 ARs 的负载情况,经 CARD 过程完成候选 NAR 的筛选,决定 MN 切换到 NAR1 域内。CTDE 将决定信息通过发送 HD 通知 PAR 和 NAR1,并通知 NAR1 还要负责接收 MN 的上下文信息,将收到 CTS 中的 MN 的 QoS 信息发送给 NAR1, NAR1 之后以此完成上下文的配置。与此同时, PAR 发送 HI 消息给 NAR1 准备开始切换, NAR 以 HACK 作为回应, HACK 中包含 QoS 上下文信息是否被接受的信息。收到 HACK 之后, PAR 此时以 PrRtPro + HN 消息回应 MN 的 RtSolPro,通知 MN 立即向所指示的 NAR1 切换。MN 收到消息之后立即切换,之后 MAP 和 CTDE 具体操作过程同 SMIPv6。当 MN 接入到 PAR 域内后,发送 FNA,开始从 NAR1 接收缓存的报文,并以新的转交地址立即与 CN 通信,如果之前的 NAR1 配置 MN 的 QoS 上下文信息成功, MN 上的实时业务已经享有有保证的服务。

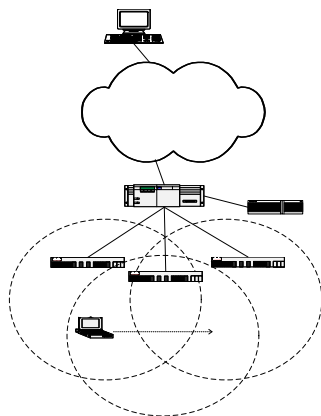


图 3.1 无缝切换服务质量模型拓扑图

Fig 3.1 The topology of seamless handover QoS model

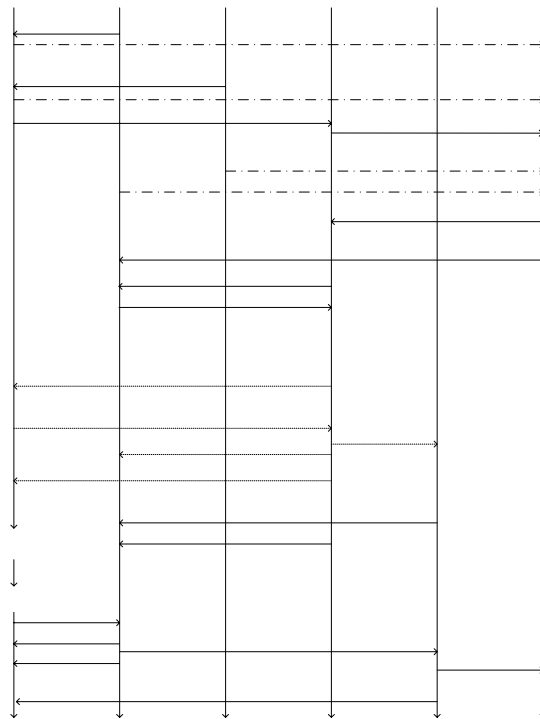


图 3.2 无缝切换服务质量模型信令交互时序图

Fig 3.2 The protocol exchange of the seamless handover

当 MN 的移动模式是在静态位于两个临近域之间时,除了 MN 形成多个转交地址,可以接受来自各个 AR 的数

据包之外,由 CTDE 根据 AR 的自身能力和接收到的 CLS 情况选择一个条件较好的 NAR 作为上下文信息的传送对象,一般以发送 RA 使 MN 形成首要转交地址前缀的 AR 作为候选的 NAR。

当 MN 的移动模式是在临域之间频繁 (ping-pong) 切换时,为了保证 MN 的服务质量,一种办法是在 ping-pong 切换的两个临域的 AR 上一直保持 MN 的绑定更新的同时,根据上下文信息一直保留为 MN 的实时业务流提供有保证的服务,这样 MN 随时可以以 FNA 在各个 AR 域之间切换,同时其上的实时业务也能够享有服务质量保证的服务。

通过对模型信令交互的分析,我们不难看出,MN 及其上的实时业务对移动来说是透明的,各种移动切换机制的目的就是在于保证 MN 总是在线 (online),而上下文转移的加入会使得 MN 上的实时应用更加平稳。

综上所述,本模型通过网络决定 MN 的切换和了解 MN 的移动模式,将 QoS 上下文转移机制运用于切换模型中,在 MN 切换的同时进行 MN 上实时业务的上下文转移,使 MN 的实时业务在一接入 NAR 就能够享受到有保证的服务,减少了实时业务丢包,降低了延迟和抖动。

4. 总结与展望

无线技术的发展和实时业务的日益增多,保证移动节点上的实时业务切换的低延迟和平滑成为一个亟待解决的问题。当前提出的各种模型都是旨在减少移动节点地址重建和绑定更新的延迟,对于移动节点上的实时业务对服务质量上的需求考虑不足。本文以网络决定移动节点精确切换的 SMIPv6 模型为基础,结合上下文转移机制,提出一个能够在切换后为实时业务提供较好服务质量的 QoS 模型,并分析了它的信令交互过程。

对于上下文转移的概念,并不局限于 QoS 信息的转移,AAA 信息、鲁棒性头标压缩信息等等在移动节点切换之后也需要重新建立,AAA 信息的交互与提供良好 QoS 服务是密不可分的。我们下一步的工作将是已提出的 QoS 模型与 AAA 信息相结合,提出一个完整的架构。

参考文献

- [1] S. Deering and R. Hinden. "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification". RFC 2460, December, 1998.
- [2] D.Johnson, C.Perkins and J.Arkkko. "Mobile Support in IPv6", draft-ietf-mobileip-ipv6-24. June, 2003.
- [3] Hesham Soliman, Claude Castelluccia, Karim El Malki and Ludovic Bellier. "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)", draft-ietf-mipshop-hmipv6-01. February, 2004.
- [4] Rajeev Koodli. "Fast Handovers for Mobile IPv6", draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-01. January 2004.
- [5] J. Loughney, M. Nakhjiri, C. Perkins. "Context Transfer Protocol", draft-ietf-seamoby-ctp-05. October, 2003
- [6] Robert Hsieh, Zhe Guang Zhou, Aruna Seneviratne. "S-MIP: A Seamless Handoff Architecture for Mobile IP". IEEE INFOCOM 2003

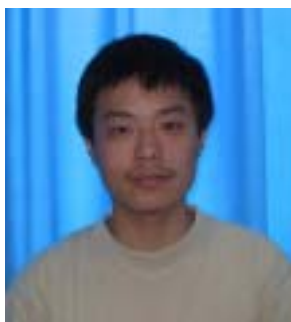
Context Transfer-based Mobile IPv6 Seamless Handover Model

CHEN yang YANG shoubao WANG shaolin SUN weifeng

(Department of Computer Science, University of Science and Technology of China, Hefei,2 30026,China)

Abstract The existing Mobile IPv6 handover model lacks the ability to provide real-time applications on mobile node such as VOIP enough QoS support in micro-mobility, which affect real-time application greatly with high delay and jitter. We introduce a new IPv6 seamless model based on context transfer, the model can provide real-time application seamless handover through determining the mobile node movement mode and tracking info

Key words Real-time application, quality of service, seamless handover, context transfer



作者简介: 陈阳,男,1980年11月出生,现为中国科学技术大学计算机系研究生,研究方向是网络技术与应用,导师为杨寿保教授。

电话:0551-3603029

E-mail:chen9999@mail.ustc.edu.cn