

一种新的 WLAN 环境下移动 IPv6 的低时延切换方法

沈 波, 刘 云, 张宏科

(北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044)

摘 要: 提出了一种 IEEE 802.11 无线局域网环境下移动 IPv6 的低时延切换方法 NDPR. 在不依靠链路层触发的条件下, NDPR 使用非均匀检测模型来减小切换检测产生的时延, 降低了切换检测过程的开销. 通过 IP 地址与 MAC 地址的映射机制和转交地址的预注册机制, NDPR 减小了移动 IPv6 的移动检测和转交地址配置过程的时延. 仿真结果表明, 该方法不但能够有效降低节点切换过程的时延, 而且其性能优于以往相关的工作.

关键词: 移动 IPv6; 无线局域网; 切换; 移动检测

中图分类号: TP393.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2005) 04 0590-06

A Novel Scheme of Low-Latency Mobile IPv6 Handoff for Wireless LANs

SHEN Bo, LIU Yun, ZHANG Hong ke

(College of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: This paper presents NDPR, a scheme of low latency mobile IPv6 handoff for IEEE 802.11 wireless LANs. Without using L2 triggers, NDPR employs Nonuniform Detection Model to reduce the latency and the cost of L2 handoff detection. Furthermore, NDPR reduces the latency of mobility detection by making the map between IP address and MAC address, and reduces the latency of Care of Address (CoA) configuration using CoA pre-registering mechanism. The simulation indicates that NDPR can lower the MIPv6 handoff latency efficiently and outperforms its counterparts.

Key words: mobile IPv6; wireless LAN; handoff; movement detection

1 引言

随着无线技术的成熟和 Internet 上新业务的不断出现, 为移动终端提供诸如语音和视频等多媒体业务已经成为通信技术发展的必然趋势. 与 3G 等技术相比, IEEE 802.11^[1] 无线局域网(Wi-Fi)技术能够提供更高的信道带宽和灵活的组网方式, 其在 Internet 无线接入方面的应用越来越广泛. 此外, IETF 最近也发布了移动 IPv6 标准(RFC 3775)^[2], 这一标准必将对 Internet 无线接入技术的普及产生促进作用. 然而, 目前的移动 IPv6 协议(MIPv6)只是解决了保持移动节点(MN: Mobile Node)在移动过程中的通信持续性问题, 由于 MN 在子网间切换时经过的链路层切换和网络层切换过程会产生较大的时延(一般在秒级), MIPv6 还无法为时间敏感的语音和视频业务提供满意的支持. 特别是在 Wi-Fi 的基础结构(infrastructure)模式下, 由于链路层的切换过程没有为网络层提供足够的信息, 使得网络层无法及时了解链路层的切换情况, 导致了整个切换过程的时延进一步增加.

目前已有了一系列针对移动 IP 切换过程的研究. 文献[3]提出了减小切换时延和数据丢失率的三种方法: 预注册切换、

后注册切换和混合式切换方法. 这些方法假定 MN 在向新的接入点(nAP: new Access Point)切换的过程中, 还能够保持与原来接入点(oAP: old Access Point)间的通信, 切换由链路层的触发器触发. 文献[4]的研究表明, 这些方法能够有效改善移动 IP 的切换性能, 但在 Wi-Fi 环境下, MN 的一个无线接口不能够同时建立两条到 AP 的链路层连接, 因此这些方法无法在当前的 Wi-Fi 网络中应用.

文献[5]提出了一种同时切换的方法, 该方法通过用链路层 Reassociation 请求帧来携带网络层注册信息的方式, 使链路层与网络层能够并行进行切换. 文献[6]在这种方法的基础上进行了改进. 这种同时切换的方法需要修改 MAC 层的帧结构, 同时也破坏了 OSI 模型的层间无关性, 使协议的扩展能力受到影响.

文献[7]提出的 MIPv6 快速切换方法(FMIPv6)使用链路层的信标来获得切换即将发生的事件, 然后向原接入路由器(oAR: old Access Router)或新接入路由器(nAR: new Access Router)发出快速绑定更新消息. 在链路层切换的过程中和 nAR 收到 MN 发出的快速邻居通告消息之前, oAR 负责向 nAR

转发其接收的数据, 从而保证切换时数据不丢失. 文献[8]描述了 FMIPv6 在 Wi-Fi 网络中实现的几种不同情况.

对 FMIPv6 的研究表明, FMIPv6 有效减小了 MN 在切换过程中的绑定更新时延, 但对减小整个切换过程的时延贡献不大, 这是由于切换时延的主要部分是由对 nAR 的发现过程产生的^[9]. 针对 FMIPv6 的缺陷, 快速切换代理机制 (FHA: Fast Handover Agent)^[10] 提出了改进的方法. FHA 通过快速切换代理向 MN 通告 AR 的信息, 以减小 MN 路由器发现过程带来的时延. FHA 的通告消息由链路层的链路建立事件触发, 因此在 Wi-Fi 网络中, 也需要链路层的触发器支持.

分层 MIPv6 移动性管理 (HMIPv6)^[11] 是一种纯粹的网络层机制. HMIPv6 通过对网络进行分层的方法, 减少了 MN 与通信对端 (CN: Correspondent Node) 和家乡代理 (HA: Home Agent) 间的信息交互数量, 把 MN 的移动性屏蔽在小范围的网内. 但当 MN 进行子网间的切换时, HMIPv6 沿用了 MIPv6 的方法, 因此切换时延没有得到改善.

文献[9]提出了另一种在 Wi-Fi 环境下网络层的切换机制. 该方法通过周期性地检测 AP 的 MAC 地址的改变情况来感知 MN 是否发生了切换. 在得知切换发生后, MN 通过向一个固定的 MAC 地址进行查询的方法来快速获得新的子网中的 nAR 的信息. 这种机制有效减少了 MN 在切换检测和路由器发现过程中的时延, 同时其切换检测也不需要链路层的触发机制支持和对链路层进行改变. 这种方法的缺陷在于, 周期性的 MAC 地址检测加重了 MN 的负担. 此外, nAR 的发现过程需要链路层的支持.

从上述讨论可知, 当前的移动 IP 快速切换算法均需要链路层的支持, 因而无法使用在已广泛应用的 Wi-Fi 网络环境中. 针对这一问题, 本文提出了一种新的 Wi-Fi 网络环境下的低时延切换方法 NDPR (Nonuniform Detection and CoA Pre register). NDPR 使用非均匀探测模型, 减小了切换检测产生的时延, 并降低了切换检测过程的开销. 同时, NDPR 使用了 IPv6 的无状态地址自动配置的方法构造移动节点的转交地址, 通过 IP 地址与 MAC 地址的映射机制和转交地址的预检测机制, NDPR 减小了移动 IPv6 的移动检测和转交地址配置过程的时延. 与上述大多数方法不同的是, 该方法不需对链路层的协议进行修改, 也不需要链路层触发机制的支持, 就能够为当前 Wi-Fi 网络环境中的 MN 提供低延迟的切换性能, 同时切换检测对 MN 造成的负担也较小. 此外, 在 MIPv6 中取消了外地代理的概念, 导致许多 MIPv4 中借助外地代理才能完成的功能无法应用到 MIPv6 中. NDPR 在转交地址构造和绑定更新等过程中使用 MIPv6 协议规定的方法, 保持了与 MIPv6 协议的一致性.

2 Wi-Fi 网络中 MIPv6 的切换时延分析

Wi-Fi 网络环境中, MN 在基本服务集 (BSS) 间移动时, 只需要进行链路层的切换, 而在扩展服务集 (ESS) 间移动时, 由于进入了新的子网, MN 不但要进行链路层切换, 还需要完成网络层的切换. MIPv6 的网络层切换过程包括三个部分: 移动检测、转交地址配置和绑定更新, 如图 1 所示.

在 MIPv6 中, MN 是通过接收路由器通告消息 (RA: Router Advertisement) 判断是否发生了子网切换的. AR 发送 RA 的时间间隔在 $MinRtrInterval$ 和 $MaxRtrInterval$ 之间随机选择^[2]. 由于在 Wi-Fi 网络中 MN 无法获得链路层的信息, 当链路层的切换完成时, MN 处于等待 RA 消息到来的移动检测阶段. 因此移动检测阶段的平均时延为:

$$E(t_{MD}) = 1/2 * (MinRtrInterval + MaxRtrInterval) / 2 \quad (1)$$

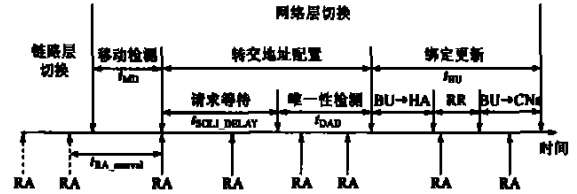


图 1 MIPv6 切换过程中的时延

MIPv6 建议 RA 的发送时间间隔在 30ms 到 70ms 之间, 因此在不考虑其它因素的情况下, MN 移动检测阶段的平均时延为 25ms.

MN 收到 RA 后, 根据子网地址前缀进行转交地址构造. 为了避免在同一时间有多个 MN 对同一转交地址进行唯一性检测, MN 在向 nAR 发送检测请求前, 需要先等待一个随机时间, MIPv6 建议这一时间在 0 到 $MAX_RTR_SOLICITATION_DELAY$ 之间, 其请求等待的平均时延为:

$$E(t_{SOLI_DELAY}) = (MAX_RTR_SOLICITATION_DELAY) / 2 \quad (2)$$

RFC2461^[12] 建议最大请求等待时间为 1000ms, 所以 MN 在进行唯一性检测前的平均等待时间可达 500ms.

转交地址配置过程中另一个主要的时延来源于 MN 等待唯一性检测结果返回的阶段, RFC2461^[12] 建议的等待时间 $RETRANS_TIMER$ 为 1000ms.

MN 切换过程的最后一个阶段是转交地址的绑定更新过程. MN 首先需要告知其 HA 新的转交地址, 并进行安全检验, 然后在告知其 CNs 新的转交地址. 这一过程的时延主要是由数据在网络中的传输产生的, 当 MN 与 HA 和 CNs 的距离较近时, 该时延不会对切换过程的时延产生大的影响, 但在 Internet 上, 这一部分的时延还是会造成较大影响的.

综合上面的分析, Wi-Fi 网络环境中 MIPv6 的网络层切换时延可以表示为:

$$t_{MIPv6_Handoff} = E(t_{MD}) + E(t_{SOLI_DELAY}) + RETRANS_TIMER + t_{BU} \quad (3)$$

根据上面的计算, 一般情况下 MIPv6 切换时延均大于 1525ms, 这种切换性能无法满足实时应用的需求.

3 新的切换方法

3.1 NDPR 的基本方法

从上面的分析可以看出, 在无法得到链路层是否切换信息的情况下, MN 的移动检测是一种被动的行为, 而且 AR 频繁通过广播的方式在 AP 的无线端口上发送 RA 消息也占用了较多的无线资源. 由于 Wi-Fi 硬件能够向网络层提供 MN 当

前所附着的 AP 的标识,即 MAC 地址,本文使用检测 AP 的 MAC 地址变化的方法来感知切换的发生.当 MN 处于一个 ESS 中时,通过 AR 获得该 ESS 中的各个 AP 的 MAC 地址,并进行缓存.在移动的过程中,MN 标记当前所附着的 AP 的 MAC 地址,并每隔一个时间间隔再次检测.如果本次检测到的 MAC 地址与前次标记的地址不一致,则说明 MN 已经附着在了新的 AP 上.通过与缓存中 MAC 地址的对比,MN 就能够知道是否进入了一个新的 ESS.

3.2 非均匀切换检测模型

在上述的检测中,检测间隔是决定移动检测性能的关键因素.检测间隔太大会造成切换的时延变长;检测间隔过小会给 MN 带来过重的负担.为减小检测时延和频繁检测给 MN 造成的负担,下面给出一种非均匀间隔检测模型.

假设当前 MN 所处的位置到 AP 距离为 x ,如图 2 所示,AP 的最大覆盖范围为 d .令 $I(x)$ 为 MN 到 AP 的距离为 x 时的切换强度,式(4)和(5)给出了 MN 进行切换检测的时间间隔.

$$\beta = g(x) = \frac{\ln(1 + \mu(1 - I(x)))}{\ln(1 + \mu)}, \quad (\mu > 0, d > x > 0) \quad (4)$$

$$\Delta t = \beta A \quad (5)$$

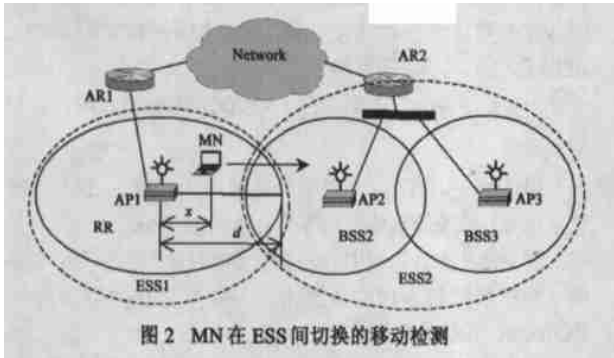


图 2 MN 在 ESS 间切换的移动检测

式(4)为检测间隔压缩特性, β 称为间隔比例, μ 为压缩参数.对检测间隔压缩特性函数的选择可以有多种形式,式(4)采用的是一种典型的非线性函数.一般来说,具有如式(4)的特征的非线性函数都可以用作压缩特性函数.式(5)为检测时间间隔的计算公式, Δt 为检测间隔, A 为最大检测间隔.切换强度 $I(x)$ 表征了 MN 在 x 处时发生切换的可能性的,切换强度越大,表明 MN 发生切换的概率越大.

图 3 给出了(4)式定义的检测间隔压缩特性曲线,从图中可以看出,当 MN 发生切换的强度较小时,间隔比例较大,而当 MN 发生切换的强度越大,间隔比例越小.因此,按照式(5)选择检测时间间隔, MN 能够在发生切换概率小的位置上放慢检测频率,减轻负载;在切换发生概率大的位置上减小检测间隔,缩短切换检测时延.在 μ 取不同值时,间隔比例变化趋势不同,当 μ 增大时,检测间隔的压缩效果明显增加.

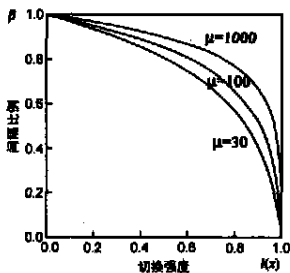


图 3 检测间隔压缩特性曲线

3.3 AR 的发现

MN 检测到切换发生后,接下来就需要获得 nAR 的 IP 地址,下面给出一种通过 IP 地址与 MAC 地址映射来加快获得 AR 的 IP 地址的机制.这种机制的基本思想是,一个 ESS 中的 AR 通过与邻居 ESS 的 AR 交互通告消息,获得邻居 ESS 中 AR 的 IP 地址和其中的 AP 的 MAC 地址,并建立 IP 地址到 MAC 地址的一对多的映射关系.例如在图 4 所示的网络结构中,ESS1 的 AR1 通过与 ESS2-ESS7 中的 AR 的通告消息交换,了解每一个邻居 ESS 中的信息.当 MN 处于 ESS1 中时,MN 通过 AR1 可以得到与 ESS1 邻接的 ESS 的映射表.一旦 MN 检测到切换发生,并得到了新 AP 的 MAC 地址,通过对映射表的查找,MN 就能够立即获得其所进入的 ESS 中 AR 的 IP 地址和子网前缀.

这种方法虽然需要占用一些 MN 的缓存资源,但对减小切换时延所带来的效果是显著的.另外,AR 间交互的通告消息在有线网络上传输,而且只有相邻 ESS 的 AR 之间才进行交互,与 MIPv6 通过无线端口进行路由器通告相比具有更好的性能.

3.4 转交地址配置

在 3.2 的切换检测过程中,设定转交地址预注册门限 ϕ ,当 $\beta \leq \phi$ 时, MN 向 oAR 发出预注册请求. oAR 采用 RFC2462^[13] 的无状态地址自动配置方法,使用 MN 的 MAC 地址和其邻居 ESS 的子网前缀构造 MN 的转交地址,并向其邻居 ESS 中的 AR 进行唯一性验证和预注册.如果预注册成功, oAR 向 MN 发出预注册应答消息.邻居 ESS 中的 AR 对该转交地址进行标记,并设定一个预注册定时.当 MN 进入某一个 ESS 时,例如图 4 所示的 ESS4, MN 使用自身的 MAC 地址和 ESS4 的子网前缀构造转交地址,并立即使用该地址与 AR4 建立连接. AR4 将其为 MN 标记的预注册地址变为占用状态,同时告知 AR1 取消对 MN 的转交地址的预注册.如果此时还在 MN 的预注册定时时间内, AR1 告知其邻居 ESS 取消对 MN 的预注册.

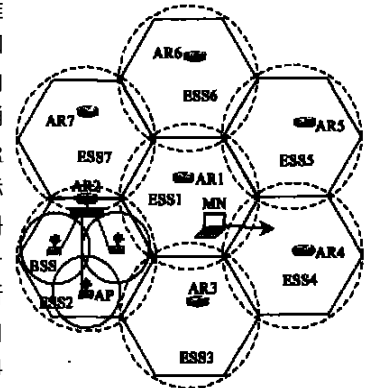


图 4 ESS 间的信息交互

预注册使转交地址的配置过程与切换检测过程同步完成,能够有效缩短切换过程的时延.

预注册使转交地址的配置过程与切换检测过程同步完成,能够有效缩短切换过程的时延.

4 分析与仿真

4.1 切换检测的性能分析

在 NDP 中,切换强度函数 $I(x)$ 描述了 MN 发生切换的可能性的变化情况,下面给出一种具体描述方法.

根据 IEEE 802.11^[1] 标准可知, MN 决定是否进行切换的条件是无线信号的强度或信噪比下降到一定的门限,在无线

信号不受除空中传输损耗外的其它影响的条件下, 有:

$$Pr(x_1) \geq Pr(x_2), x_1 \geq x_2 \geq 0 \quad (6)$$

其中 $Pr(x)$ 是 MN 到 AP 的距离为 x 时发生切换的概率. 式 (6) 说明, 当 MN 距离 AP 越远, 发生切换的概率越大.

由于 MN 的切换强度只用于计算切换检测的时间间隔, 而不对实际的链路层切换的操作过程产生影响, 因此可以通过选择适当的切换强度函数来近似描述切换概率的变化趋势. 令 L 表示 MN 发生切换时由式 (7) 计算得到的值, 并设 L 服从式 (8) 的负指数分布.

$$l = \frac{x/d}{d-x}, \quad 0 < x < d \quad (7)$$

$$f_L(l) = \lambda e^{-\lambda l}, \quad l > 0 \quad (8)$$

其中 d 为 AP 的最大覆盖范围, 如图 2 所示. x 为 MN 到 AP 的距离, 由式 (9) 给出.

$$x = v \frac{RTT}{2} \quad (9)$$

v 为无线信号的传播速度, RTT 为信号往返时间(Round Trip Time), 该时间通过探测包获得.

由式 (8) 可得 L 的分布函数:

$$F_L(l) = 1 - e^{-\lambda l}, \quad l > 0 \quad (10)$$

把 L 的分布函数作为切换强度, 在一给定的位置 x^* 上, 由式 (4) (5) (7) (10) 可得 MN 的切换检测间隔为:

$$\Delta t = \beta A = g(l) A = A \frac{\ln(1 + \mu e^{-\lambda l})}{\ln(1 + \mu)} = A \frac{\ln(1 + \mu e^{-\lambda \frac{x^*}{d-d-x^*}})}{\ln(1 + \mu)} \quad (11)$$

为了与均匀切换检测进行比较, 下面计算 Δt 的平均值. 由式 (11) 可得间隔比例 β 的概率分布函数:

$$F(\beta) = \int_{g(l) \leq \beta} f_L(l) dl = \int_{g(l) \leq \beta} \lambda e^{-\lambda l} dl, \quad l > 0 \quad (12)$$

由式 (12) 可得 β 的概率密度函数为

$$f(\beta) = F'(\beta) = \frac{\ln(1 + \mu)}{\mu} e^{\beta \ln(1 + \mu)} \quad (13)$$

其数学期望 $E[\beta]$ 为

$$E[\beta] = \int_0^1 \beta f(\beta) d\beta = \int_0^1 \frac{\ln(1 + \mu)}{u} \beta e^{\beta \ln(1 + \mu)} d\beta = \frac{(1 + \mu) / \ln(1 + \mu) - 1 / + 1}{\mu \ln(1 + \mu)} \quad (14)$$

如果 $A = 20\text{ms}$, 由式 (5) 和 (14), 当 $\mu = 100$ 时, $E[\beta] = 0.7926$, 平均切换检测间隔为 $\overline{\Delta t} = 15.852\text{ms}$. 当 $\mu = 30$ 时, $E[\beta] = 0.7421$, 平均切换检测间隔为 $\overline{\Delta t} = 14.482\text{ms}$. 由此可以看出, NDPR 的平均检测间隔大于文献 [9] 以 10ms 为周期的均匀检测的检测间隔, 因此在相同的时间内, NDPR 的平均检测次数小于均匀检测的检测次数.

在图 2 所示的网络中, 令 $A = 20\text{ms}$, $\mu = 30$, $\lambda = 4$, $d = 20\text{m}$. 假设 MN 从 AP1 出发, 以 2m/s 的速度沿直线向 AP2 运动, 当 MN 到 AP1 的距离为 18.5m 时发生切换. 根据 (11) 式, MN 发生切换时, 进行切换检测的间隔 $\Delta t \approx 7.64\text{ms}$, 在这一位置上的平均检测时延为 3.82ms . 从 MN 出发计算, 到完成切换, MN 大约共进行了 560 次检测. 在同样的条件下, 文献 [9] 按照间隔为 10ms 的周期进行检测, 其平均检测时延为 5ms .

到发生切换时, MN 共进行 926 次. 在不考虑其它计算开销的情况下, NDPR 的效率比均匀切换检测提高了 40%, 平均切换检测时延下降了 24%. 如果设定检测开始的概率门限为 0.5, 则在上述条件下, NDPR 只须进行大约 96 次检测. 图 5 给出了两种切换检测方式的比较结果.

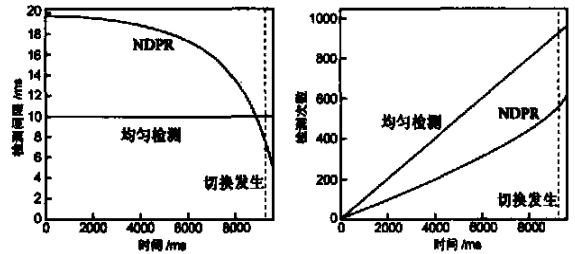


图 5 NDPR 与均匀检测的检测间隔和检测次数

4.2 仿真和结果

本文在文献 [15] 中给出的扩展 ns-2 上, 对 FMIPv6 [7]、文献 [9] 的移动 IP 均匀切换检测方法和 NDPR 进行了仿真. 仿真在 IEEE 802.11 基础结构模式下执行, 网络结构如图 6 所示. 仿真中使用 ns-2 的 802.11 扩展模块 CMU [14] 建立两个子网 subnet1 和 subnet2, 每个子网的覆盖范围为 40m , 两个子网覆盖范围的重叠区域为 10m . 子网中 AP 与 AR 合并为 AR, 并且在 AR 中实现文献 [9] 使用的“缓存代理”功能. 在两个子网外, 建立了 MN 的家乡代理 HA 和通信对端 CN. 线路上标明的是该条线路的通信速率和通信时延. MN 转交地址预注册门限 ϕ 设定为 0.75.

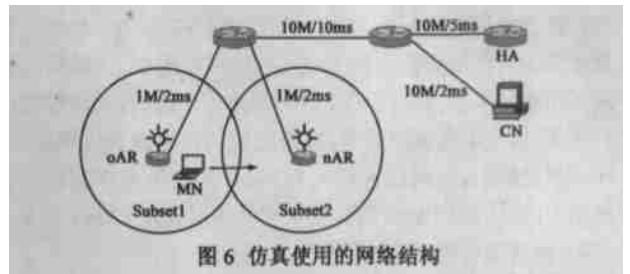


图 6 仿真使用的网络结构

仿真中 MN 从 oAR 出发, 沿直线以 3m/s 的速度向 nAR 移动. 对切换时延的计算方法为: 从 MN 接收来自 oAR 的最后一个包的时刻到 MN 接收到来自 nAR 的第一个包的时刻.

图 7 给出了对三种方法仿真过程中的消息收发情况, 其中图 7 的 (a) 和 (b) 是 FMIPv6 的两种切换方式的消息序列, (c) 是文献 [9] 的均匀切换检测的消息序列, (d) 是本文提出的 NDPR 的消息序列.

从 (a) 和 (b) 可以看出, 由于使用了链路层触发机制, FMIPv6 能够在链路层切换开始前完成网络层切换所需的一部分消息的交互. 当链路层切换结束时, MN 就能够快速进入数据接收与发送状态. 仿真结果显示, 在本文的仿真环境中, FMIPv6 的切换时延大约为 $116\text{ms} \sim 122\text{ms}$, 其中链路层切换时延在 $93\text{ms} \sim 110\text{ms}$ 之间, FMIPv6 网络层的切换时延为 18ms 左右.

在对均匀切换检测的仿真中, 为提高准确性, 链路层切换检测采用两次检测判决的方式, 即当检测到链路层切换时, MN 继续再进行一次检测, 如图 7(c) 所示, 在 11.78s 附近, 链

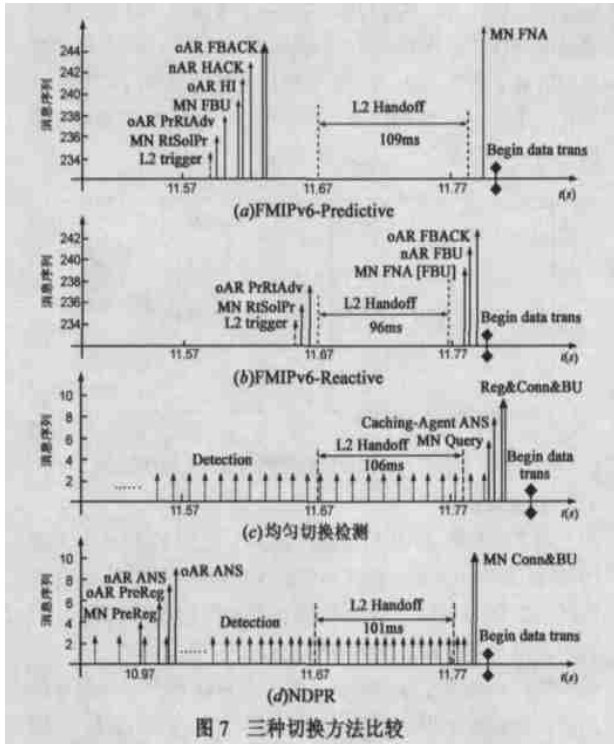


图 7 三种切换方法比较

路层切换完成时,出现了两次检测,随后是网络层的切换过程.仿真数据表明,文献[9]的切换方法的切换时延在140ms~160ms之间,其中网络层的切换时延为50ms左右.

对于NDPR,从图7(d)可以看出,在10.97s附近,MN开始进行转交地址的预配置.与均匀切换检测相同,对NDPR的仿真也采用两次检测判决的方式.在11.77s附近,连续两次检测到切换发生后,MN向nAR进行连接,并开始转交地址的绑定更新过程.仿真数据显示,在链路层切换完成的时刻附近,MN对切换的检测间隔大约为6.88ms,从切换完成到两次检测结束的时间为10ms左右.整个切换的时延在120ms~140ms之间,而网络层的切换时延约为26ms.

图8(a)为三种切换方法的平均切换时延比较,图中显示的切换时延数值是50次仿真结果的平均值.从图中可以看出,NDPR的切换时延要明显小于均匀检测方法的时延,但比FMIPv6的时延要大一些.该结果也说明,利用链路层的触发信息有利于减小切换的时延,但当前的WiFi网络没有提供这种触发机制,因此FMIPv6需要IEEE 802.11和802.3标准的修改.

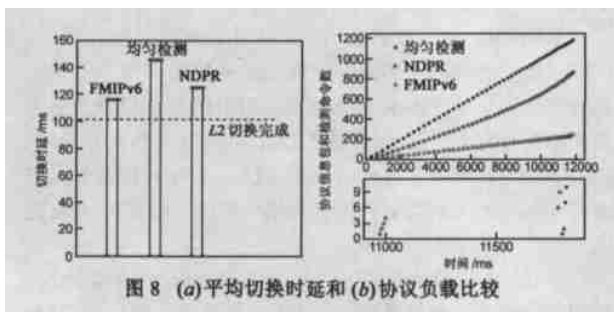


图 8 (a) 平均切换时延和 (b) 协议负载比较

成的过程中所接收和发送的协议信息包的数量,对于NDPR和均匀切换检测,这一数量中也包含了执行检测的次数.图8(b)中下面的图中显示的是NDPR和均匀切换检测方法从无线端口实际接收和发送的协议信息包的数量.从图中可以看出,均匀检测与NDPR在无线端口上传输的协议信息包的数量相当,但要远远小于FMIPv6所需要传输的信息包数量,因此NDPR能够有效节省无线链路资源.此外,NDPR所需进行的检测次数小于均匀检测所需的次数,这说明NDPR具有更高的检测效率和更小的检测负载.

5 结论

针对当前移动IPv6的快速切换算法大多需要链路层触发的支持,因而无法解决IEEE 802.11无线局域网环境中移动节点切换时延过长的问题,本文提出了一种新的IEEE 802.11无线局域网环境下移动IPv6的低时延切换方法NDPR,并对该方法进行了分析和仿真.

与其它方法相比,NDPR具有如下特点:在实现快速切换的同时,对节点移动性的检测不需要链路层的信标或触发器的支持,而只在网络层实现,能够直接应用在当前已经广泛使用的无线局域网环境中;首次对链路层的切换采用非均匀检测的方法,在有效降低移动检测时延的同时,减小了对移动节点造成的负担;采用缓存的IP地址与MAC地址映射机制进行AR地址的获取,实现了移动节点转交地址的预注册,减小了切换过程中转交地址配置造成的时延.采用MIPv6的转交地址构造和绑定更新方法,保持了与MIPv6的一致性,因而适用于MIPv6环境.仿真结果表明,NDPR能够有效降低移动节点在子网间切换时的时延,而且节省了用于移动节点位置检测的无线链路资源.

由于网络的规模和移动节点到家乡代理的距离影响着绑定更新过程所产生的时延的大小,在今后的研究中,将进一步研究缩小绑定更新过程时延的方法.

参考文献:

- [1] IEEE standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications[S]. ISO/IEC 8802-11:1999 (E), Aug. 1999.
- [2] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6. RFC 3775 [S]. Internet Engineering Task Force, Jun. 2004.
- [3] Malki K. Low Latency Handoffs in Mobile IPv4. Internet Draft, draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-09.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Jun. 2004.
- [4] Blondia C, Casals O, et al. Low latency handoff mechanisms and their implementation in an IEEE 802.11 network[A]. Proceedings of ITC18 [C]. Berlin, Germany: ITC Press, 2003, 5:971-980.
- [5] Goswami S. Simultaneous Handoff of Mobile-IPv4 and 802.11. Internet Draft, draft-goswami-mobileip-simultaneous-handoff-v4-02.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Feb. 2003.
- [6] Mun Y. Layer 2 Handoff for Mobile IPv4 with 802.11. Internet Draft, draft-mun-mobileip-layer2-handoff-mipv4-01.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Sep. 2003.

图 8(b) 中上面的三条曲线为 MN 从仿真开始到切换完

- [7] Koodli R, et al. Fast Handovers for Mobile IPv6. Internet Draft, draft-ietf-mobileip-fastmipv6-08.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Oct. 2003.
- [8] McCam P. Mobile IPv6 Fast Handovers for 802.11 Networks. Internet Draft, draft-ietf-mipshor-80211fr-01.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Jul. 2004.
- [9] Shama S, Zhu N, Chiueh T. Low latency mobile IP handoff for infrastructure mode wireless LANs [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communication. 2004, 22(4): 643-652.
- [10] Daniel P S. Fast Handover Agent (FHA) for Fast Router Discovery in FMIPv6. Internet Draft, draft-park-fasthandover-agent-fmipv6-00.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Apr. 2003.
- [11] Soliman H, Castelluccia C, El-Malki K, Bellier L. Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management. Internet Draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt [S]. Internet Engineering Task Force, Jun. 2003.
- [12] Narten T, Nordmark E, Simpson W. Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6). RFC 2461 [S]. Internet Engineering Task Force, Dec. 1998.
- [13] Thomson S, Narten T. IPv6 Stateless Address Autoconfiguration. RFC 2462 [S]. Internet Engineering Task Force, Dec. 1998.
- [14] The CMU Monarch Project. <http://www.monarch.cs.cmu.edu/>. Computer Science Department, Carnegie Mellon University.
- [15] Hsieh R, Seneviratne A. Performance analysis on hierarchical mobile IPv6 with fast handoff over end-to-end TCP [A]. Proceedings of GLOBECOM [C]. Taipei, Taiwan: IEEE Press, 2002, 21(1): 2500-2504.

作者简介:



沈 波 男, 1971 年 8 月生于河北唐山, 博士生, 研究方向: IP 网络的路由理论与移动 IP 组播. E-mail: leios0@sina.com.



刘 云 女, 1955 年 1 月生于天津, 博士, 教授, 现在北京交通大学电子信息学院工作, 研究方向: 通信网络理论、信息安全和系统仿真等.



张宏科 男, 1957 年 9 月生于山西大同, 博士, 教授, 博士生导师, 现在北京交通大学电子信息学院 IP 网络实验室工作, 研究方向: IPv6 网络、路由理论和下一代 IP 网络理论等.