

基于 MN 的移动轨迹的 MAP 实时调整策略

Based on MN's Transfer Track of MAP RealTime Adjust Strategy

吴国凤 吴善新 (合肥工业大学 计算机与信息学院 安徽合肥 230009)

摘要: 本文在分析 HMIPv6 协议基础上,指出 HMIPv6 协议中移动节点选择移动锚点策略的缺陷,通过分析 MN 本身的因素和 MAP 的因素,提出以 MN(移动节点)的移动轨迹为依据的 MAP(移动锚点)实时调整策略,在 MN 移动之前预先调整 MAP,以解决移动节点在移动过程中出现的移动时延过长和丢包率高等问题;并通过实验仿真验证了该策略的可行性和实用性。

关键词: 移动节点 移动轨迹 移动锚点 时延 丢包率

1 引言

随着无线网络的普及以及无线网络和 Internet 的融合, MIPv6 自然成为新一代 Internet 的首选解决方案。MIPv6 在移动 IPv4 以及 IPv6 的基础上发展而来,它吸收了移动 IPv4 协议和 IPv6 协议的优点同时摒弃了它们的不足^[1]。在 MIPv6 协议中,每个 MN(移动节点)分配了两个地址,一个用来标识移动节点,另一个用于维护移动节点到网络最近一个归属地的可达性。MIPv6 还定义了 HA(家乡代理)用于维护 MN 的两个地址之间的映射关系。当有 CN(通信节点)发送数据包给 MN 时,HA 截获该数据包,然后通过查找该 MN 的两个地址之间的映射,将数据包通过隧道技术转发给 MN,同时通信节点也获取了 MN 的转交地址,通信节点即可直接发送数据包到 MN 的转交地址。这样大大提高了数据传输速度。然而,这种基本的控制机制并不能满足现有的需求,因此,人们提出各种针对 MIPv6 改进的协议,如 Hierarchical MIPv6(HMIPv6)^[2]、Fast Handovers for MIPv6(FMIPv6)^[3]、Fast Handover for Hierarchical MIPv6(F-HMIPv6)^[4]等等。

本文分析了 HMIPv6 协议并提出现有 HMIPv6 协议存在的缺陷和不足,主要是由于 HMIPv6 中 MN 选择 MAP 的盲目性而导致的 MN 的移动时延过长和高丢包率。本文提出的以 MN 的历史移动记录(即移动轨迹)为依据的 MAP 实时调整策略是在现有 HMIPv6 基础上的延伸和拓展,最后通过试验仿真,验证了该策略具有可行性和实用性。

2 HMIPv6 协议

2.1 HMIPv6 协议基本原理

MIPv6 是一种宏移动管理协议,主要处理移动节点域间的切换。当 MN 发生移动时, MIPv6 会进行如移动检测、新 CoA 配置和绑定更新(Binding Update, BU)等操作,这时会产生较大的切换延时;每当 MN 切换, BU 需要发送到 HA 和 CN(通信节点),从而产生大的信令开销和延时,如果此时 MN 正在接收或者发送数据包,则这种机制所产生的时延是不能容忍的。因此, HMIPv6 在 MIPv6 的基础上引入了一种新的网络元素——移动锚点(MAP),作为本地的家乡代理(HA),以减少 MN 与 HA 和 CN 之间信令交换和位置更新的时延。MN 在一个 MAP 域中移动时,它的区域转交地址(RCoA)是不会改变的。只是改变它的链路转交地址(LCoA),而链路转交地址也不需要向 HA 注册或通告 CN,只需要向 MAP 注册即可。MAP 在这里充当了 MN 的异地家乡代理。但是,当 MN 从一个 MAP 域移动到另外一个 MAP 域时,需要重新向家乡代理注册 RCoA 并通告 CN。

HMIPv6 虽然在很大程度上减少了 MN 在某个 MAP 域内发生切换时的信令交换数目,但是 MN 在不同 MAP 域之间切换时的时延还是很大。根据 HMIPv6 协议, MN 在不同 MAP 域之间发生切换时, MN 必须先检测到它的移动,然后选择一个新的 MAP 进行注册,注册成功以后向 HA 和 CN 发送绑定更新消息并等待 HA 和 CN 的绑定更新确认消息。而 MN 进行移动检测的平均时延 Tmd

$= \max\{TRC, T_{UT}\}^{[5]}$. (其中 $TRC = (MS + MR)/2$, MS 表示 MN 发送路由器请求 (RS: Router Solicitation) 最大请求往返时延, MR 表示接入路由器发送路由器通告 (RA: Router Advertisement) 最大往返时延; $T_{UT} = \mu * TR$, μ 表示 MN 发送的最大单播请求数量, TR 为 MN 重发邻居请求 (NS Neighbor Solicitation) 的时间间隔) 显然, 对于 HMIPv6 下的 MN 在不同 MAP 域间切换的时延对于实时通信而言是难以忍受的。

2.2 MAP 发现协议

当 MN 在不同 MAP 域之间切换时, HMIPv6 的 MAP 发现协议是基于距离的 MAP 选择策略; 为了避免 MN 频繁的在不同 MAP 域之间切换, MN 可以选择距离较远的 MAP 做为新的 MAP, 这样在以后的 MN 切换过程中, 由于该 MAP 覆盖范围较广, 可以减少 MN 在不同 MAP 域之间的切换; 若 MN 切换频率较低, 则可以选择距离较近的 MAP 做为 MN 新的 MAP; 此外, 还可以选择距离适中的 MAP。但是, 以上的所有选择, 在 HMIPv6 下, 都具有很大程度上的盲目性^[6]。这种选择更多的是考虑 MAP 的因素, 对于 MN 本身的因素没有过多的考虑。本文通过分析 MN 本身的因素来决定如何选择新的 MAP。

3 MAP 选择的考虑因素

3.1 MN 的移动轨迹

MN 经过的接入路由器 (AR) 以及所选择的 MAP 构成 MN 的历史移动轨迹。MN 的移动过程是连续的, 但是在某一个移动过程中, MN 所选择的 AR 具有局部性原理。我们依据这一局部性原理, 根据 MN 的移动轨迹的大体分类, 由以下三方面来考虑 MAP 的选择:

(1) MN 沿着某个方向近似直线移动。这种情况下, MN 应该选择那些覆盖范围较广的 MAP, 以减少 MN 的宏移动, 使 MN 更多的是在该 MAP 域内进行微移动, 从而减少 MN 在不同 AR 之间移动的切换时延。如图 1 所示, 若 MN 在 AR1、AR2、AR3、AR4 直线运动, 可以考虑选择覆盖范围广的 MAP4。

(2) MN 在某个范围内近似循环反复移动。这时, MN 可考虑选择能够覆盖 MN 的移动轨迹且离 MN 距离最近的 MAP。如图 1 所示, 若 MN 在 AR1、AR2、AR3 之间做近似循环反复移动, 可以考虑选择 MAP1。

(3) MN 的移动轨迹没有明显的规律。这种情况

可为 MN 选择覆盖范围最广的 MAP, 以减少 MN 的宏移动频率。如图 1 所示, 若 MN 的移动轨迹为 AR1、AR3、AR7、AR4, 则可以考虑选择 MAP6, 因为对于 MN 的移动轨迹而言, MAP6 能覆盖较多的 AR, 这样能相对减少 MN 在不同 MAP 域之间的宏移动。

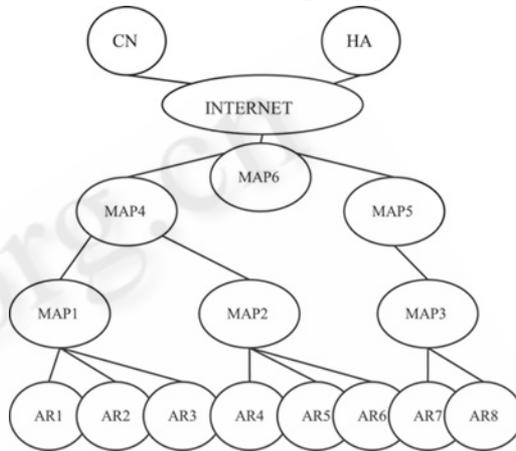


图 1

3.2 为 MN 提供的 QoS 等级

QoS 的关键指标有吞吐量、可用性、时延、时延变化和丢失等。若 MN 对 QoS 有特别要求, 则在 MN 发生宏移动时, 选择 MAP 也必须充分考虑 QoS 各关键指标, 如 MN 对吞吐量要求较高, 则在 MN 发生宏切换时必须优先选择网络带宽较高的 MAP。

3.3 MAP 的优先级因素

根据 HMIPv6, MAP 的优先级用 4bit 无符号整数表示, 十进制数 15 表示最高的优先级。MAP 的初始优先级为 10, 可根据不同 MAP 本身情况的不同 (如负载、当前流量等) 而有所调整。

4 基于 MN 的移动轨迹的 MAP 实时调整策略

在 HMIPv6 中, MN 在不同的 MAP 域间的切换过程与在域内的切换过程有两点不同: (1) 需要根据新的 MAP 选项生成新的 RCoA, 并认证该地址的唯一性。(2) 需要将新的 RCoA 向 HA 和 CN 绑定更新。MN 切换过程如下: 当 MN 检测到自己已经不在原来的 MAP 域时 (一般的移动检测使用邻居发现来检测 MN 同默认路由器何时不再双向可达), MN 必须发现新的路由器作为其接入路由器, 并选择一个适当的 MAP 作为 MN 的“本地”家乡代理。接入路由器的选择可以通过邻居发现协议来实现。然后, MN 在新的 MAP 中注册,

注册成功后 MN 向 HA 和 CN 发送绑定更新。

在 HMIPv6 中,每个 AR 都需要维护一个与之相邻的 MAP 列表^[2]。MAP 列表中的每条记录包括该 MAP 的 IP 地址、MAP 与 AR 之间的距离向量、MAP 的优先级以及子网前缀等信息。当 MN 进入新的 AR 后,在根据物理相邻接入路由器列表由接入点的地址信息获知 AR 信息的同时,MN 根据相邻 MAP 表获得相应的 MAP 信息并依据自己的规则(如距离、优先级或负载均衡原则等)在相邻 MAP 列表中找到一个最优的 MAP 作为该 MN 新的 MAP 域。

本文提出的基于 MN 的移动轨迹的 MAP 实时调整策略在 MN 尚未切换时预先更新 MAP 域,从而能够解决 MN 在 MAP 域之间切换导致的时延以及丢包率问题。具体操作过程如下:

MN 初始化时,它存在于一个已定的 AR 域内,根据图 1 所示,假设 MN 初始化时在 AR1 内,则第一次选择 MAP 可依据距离最近原则,即选择 MAP1,接着 MN 完成注册以及向 HA 和 CN 发送绑定更新。同时,在 MN 内的一个特定 List 列表内记录 MN 所属 AR 的 MAP 列表信息。

当 MN 发生切换时,向 List 列表记录 MN 新的 AR 的 MAP 列表信息,经过仿真试验的不断调整,如此反复 8 次即可达到策略需求,从而实现基于 MN 的移动轨迹的 MAP 实时调整策略。

在 MN 第 N 次($N > 8$)发生切换时,策略根据 List 列表的信息通过自适应模型来计算 MN 发生第 $N + 1$ 次切换的大概时间范围 $t_1 \sim t_2$;这时,根据已知的 MN 进行移动检测的平均时延 T_{md} ,将预测的时间 $t_1 - T_{md}$,即为 MN 下次切换的时间,如果在该时间到达时 MN 尚未进行任何通信即可预先进行 MAP 域的切换,新的 MAP 域的选择原则为比当前 MAP 域更高级别的 MAP,如图 1 所示,若 MN 当前在 AR3,通过自适应模型预测得知 MN 将于时间间隔 $t_1 \sim t_2$ 后切换到 AR4,则在 $t_1 - T_{md}$ 之前 MN 重新选择 MAP 域,根据 MAP 选择原则,这里选择 MAP4 作为 MN 新的 MAP 域,若 MN 在时间间隔 $t_1 \sim t_2$ 后切换到 AR4,通过检测发现新的 MAP 域(即 MAP4)范围较广,可进行降级处理,即重新选择新的 MAP,通过实验仿真发现这样能够很好的缓解单个 MAP 的负载,实现 MAP 网络负载均衡;如果在该时间到达时 MN 正在进行通信,则不发生切换,直到 MN

检测到 MN 以及发生移动时,MN 通过新的 AR 同原 MAP 建立隧道来保证通信的进行,在通信结束后,MN 开始执行切换的一系列操作。

5 仿真建立

网络模拟器 ns-2 是面向研究的离散事件模拟器^[7]。CMU Monarch 工作组扩展了 ns 的无线网络模型,SUN 公司扩展了 MIPv4 模块,使它能支持移动 IPv4 等环境的仿真。本文采用 ns-2 网络模拟器进行仿真实验。

5.1 实现过程

本文设计的 HMIPv6 协议的实现是在 Robert Hsieh 在 ns-2.1b7 版本下的对 HMIP 模块实现的基础上进行修改和扩充。本文采用 ns2-allinone-2.26 版本,允许基本的 MIPv4 操作,扩充了 NS2 的无线扩展模块。MAP 支持将其地址作为 MN 的 RCoA,此外本文实现了一个基本的 MAP 发现机制,即在路由通告消息中加入 MAP 通告选项,使 MAP 的 RCoA 能被 MN 发现。

本文首先通过 ns-2.1b6 版本使用对 MIPv6 的支持模块 Mobiwant 对 HMIPv6 进行性能分析。然后构建本文策略所需的仿真场景。本文的仿真场景是由 20 个 MN 和 6 个 AR 构成的,MN 的移动轨迹可以是近似直线、循环、随机移动三种;基于 VoIP 和 TCP 业务源进行分析。仿真实验的网络拓扑模型及其链路特征如图 2 所示:

假设 AR (N1、N2、N3 等)之间的距离为 100 米,AR 的无线覆盖范围为 60 米,MN 从 N1 开始移动,移动速度为 2m/s,通过 MN 接收到 AR 的信号强度来判断 MN 是否发生了切换。

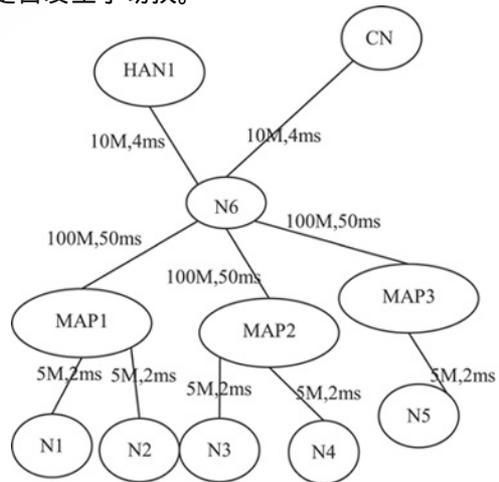


图 2

5.2 仿真结果

通过建立仿真模型,我们在实验中分别对 MN 的近似直线、循环、随机移动这三种移动轨迹进行仿真;MN 首先从 N1 开始,先以 2m/s 的速度近似直线移动至 N2、N3、N4、N5;然后将移动轨迹进行调整继续仿真,之后是 MN 在某一个或两个 MAP 域内的循环反复移动,设定在 MAP1 和 MAP2、MAP2 和 MAP3 域内循环移动,最后是 MN 的随机移动。

我们在 CN 和 MN 间建立了背景流和被测流。背景流用 pareto 分布 on/off 源叠加来产生,CN 为发送端,MN 为接收端。为模拟不同的负载条件下的丢包和延时,由于瓶颈链路带宽为 5M,我们分别仿真了 Pareto 流的个数从 1 到 8 个时各协议的丢包(对应以下各图中横轴负载速率 4M 到 6M)。

被测流为 UDP 的 CBR 业务源,由于该业务流通常由实时应用产生,且它具有确定性的特征,因而易于对协议性能进行比较和研究。CBR 的位速设为 4M,即当背景 Pareto 流的个数为 4 时,瓶颈链路带宽与总负载带宽相等。实验分别测量了 CBR 业务源在不同的背景流负载下,各协议在 CN 与 MN 之间端到端的延时和丢包率。

通过 100 多个仿真实验,我们得到该策略下 MN 切换的延时和丢包率的平均值。通过与 HMIPv6 仿真结果进行对比,如图 3、图 4 可知,MN 在基于移动轨迹的 MAP 实时调整策略中进行切换的延时和丢包率要明显低于 HMIPv6。

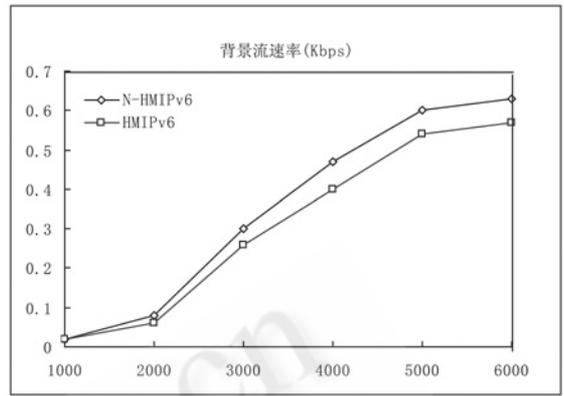


图 4 CBR 业务流的丢包率

移动轨迹的 MAP 实时调整策略,通过 ns-2 网络模拟器进行仿真并比较了该策略下的移动节点的切换同 HMIPv6 的移动节点切换的性能。通过比较可知,基于移动节点的移动轨迹的 MAP 实时调整策略的性能要明显优于 HMIPv6。

参考文献

- 1 D. B. Johnson, C. Perkins, Jari Arkko, Mobility Support in IPv6," Internet Draft, work in progress, June 2002.
- 2 H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, L. Bellier. Hierarchical MIPv6. mobility management (HMIPv6) Internet Draft, work in progress, July 2001.
- 3 KOOD LIR. Fast handovers for mobile IPv6^[S]. draft-ietf-mipshop-fast-mip6-00.txt. IETF, 2003.
- 4 Hee Young Jung, Seok Joo Koh, Hesham Soliman, et al. Fast Handover for Hierarchical MIPv6 (F-HMIPv6). Internet Draft, IETF, work in progress.
- 5 Lawrence Osborne, Ayman Abdel-Hamid, R. Ramadugu. A Performance Comparison of Mobile IPv6, Hierarchical Mobile IPv6, and Mobile IPv6 Regional Registrations. IEEE, 2005.
- 6 X. Perez Costa, M. Torrent Moreno, H. Hartenstein. A Simulation Study on the Performance of Hierarchical Mobile IPv6. International Teletraffic Congress (ITC) 2003, August 2003.
- 7 Network Simulator (ns), version 2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

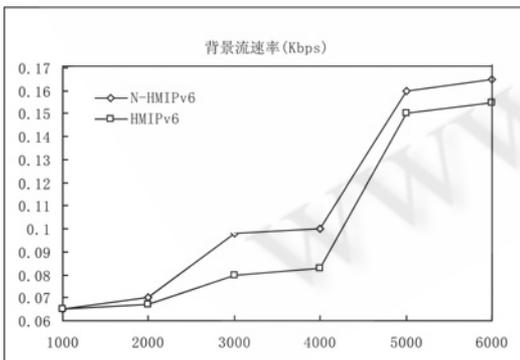


图 3 CBR 业务流的延时

6 结束语

本文通过分析 HMIPv6,提出一种基于移动节点的