

移动 IPv4 改进方案^{*}

谢 逸, 张光昭

(中山大学电子与通信工程系, 广东 广州 510275)

摘 要: ROMIP 与 MIPv6 解决了 MIP 协议中存在的“三角路由”问题, 但由于协议的实现带来了新的问题, 从而降低了效率与可行性。对这两个协议进行了分析, 并在 ROMIP 的基础上提出一种新的优化方案, 从而实现了平滑切换和移动性的透明处理, 减少需要传输的移动状态信息, 提高 MIPv4 的执行性能与应用性。

关键词: 移动 IP; 平滑切换; 移动代理; 移动状态信息

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) 03-0119-03

MIP 协议 (mobile IP)^[1] 使主机可以在移动中接入 Internet。但是由于协议本身的局限性, 使其存在“三角路由”问题。近几年, 一些学者提出了基于“代理”的优化方案, 主要有: 基于代理的 MIP 路由优化^[2]、动态归属代理方案^[3]、临时归属代理方案^[4]、虚拟归属代理方案^[5]。尽管这些方案并非十分完善, 但却给我们提出一种新的思路。ROMIP (route optimization in mobile IP)^[6] 和 MIPv6 (mobile IPv6)^[7] 分别是由 IETF 提出的优化草案和下一代移动 IP 协议。虽然这两者都可以使“三角路由”问题得到较好的解决, 但是实验表明 ROMIP 在实现中会引发一些新的问题, 而 MIPv6 是基于 IPv6 的, 其实现要求全网都运行 IPv6。针对这些问题的分析, 我们采用基于“代理”的优化思路, 在 ROMIP 协议的基础上提出一种新的改进方案, 使 MIP 可以在现有网络上运行的同时, 较好地实现了路由优化的目的, 而且避免了上述各种方案所带来的问题。

1 ROMIP 协议的不足

MIP 协议包含四个功能实体: 归属代理 (home agent, HA)、外地代理 (foreign agent, FA)、移动节点 (mobility node, MN) 和通信对端 (correspondent node, CN), 通过 HA、FA 和 MN 之间交换状态信息来实现对移动主机的支持。在 MIP 协议中, CN 不需要处理状态信息, 因此导致在 MN 与 CN 的通信过程中, CN 不能获得 MN 最新的当前网络接入点, CN 所有发往 MN 的 IP 报文都必须经 HA 的重封装后才能转发给 MN, 从而出现“三角路由”。

ROMIP 协议通过把 CN 加入到参与交换移动状态信息的集合中来解决 MIP 中的“三角路由”问题。但是, 研究发现 ROMIP 的实现存在以下几个

问题: 首先, ROMIP 没有真正实现“平滑切换”。虽然 ROMIP 为 FA 定义了“绑定更新”和缓存功能, 但是实验表明这两者并没有很好地提高 MN 的切换性能。其次, 由于 ROMIP 协议把 CN 加入到参与交换移动状态信息的集合中, 从而使每一个与 MN 通信的 CN 都必须具有处理移动状态信息的能力, 这迫使每一个需要与 MN 进行通信的主机都必须进行系统升级。另外, 实验表明 ROMIP 的实现会导致网络上传输的移动状态信息成倍数增加, 特别是当所有与 MN 通信的 CN 都处于同一个域中时这种现象尤其严重。

2 改进方案设计

针对上述问题, 我们在 ROMIP 的基础上提出一种新的改进方案用于实现平滑切换和实现主机移动性透明, 称为 NewROMIP。

2.1 平滑切换的实现 ROMIP 没有实现“平滑切换”的根本原因在于旧代理不知道 MN 什么时候离开自己的覆盖区。针对这一点, 定义一对新的状态信息, 称为“切换通知”与“切换响应”。其工作原理如下:

当某一种机制触发 MN 决定进行切换操作时, MN 在切换前首先发送一个“切换通知”给当前的代理, 并继续利用当前的代理收发数据; 代理收到“切换通知”以后一方面启动缓存程序, 缓存收到的、需要转发给该 MN 的 IP 数据报, 同时返回一个“切换响应”给该 MN; MN 收到“切换响应”后就可以开始进行切换操作, 当切换完成后, MN 在进行注册的同时发送“绑定更新”给旧代理; 旧代理收到“绑定更新”后, 就可以把已经缓存的 IP 数据报和以后收到的 IP 数据报重新封装发向 MN 当前的代理, 实现平滑切换。

^{*} 收稿日期: 2003-11-25

作者简介: 谢逸 (1973 年生), 男, 硕士研究生; 通讯联系人: 张光昭; E-mail: xieyicn@163.com

2.2 移动代理的实现 ROMIP 协议没有实现移动性透明的根源在于它们都把“常规数据通信”及“移动 IP”两个功能同时集成在 CN 中, 要求每一个与 MN 通信的 CN 都必须具备这两个功能模块。因此, 我们考虑对 CN 进行拆分: 把和移动 IP 相关的模块从 CN 中抽取出来成为一个独立的功能实体, 称为移动代理 (mobility agent, MA), 而 CN 仅仅作为一台普通的计算机存在, 不需要任何特别的要求。MA 组成模块如图 1 所示。

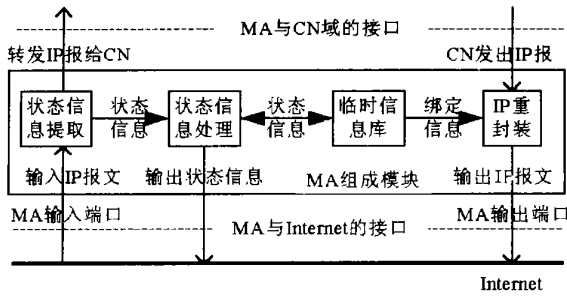


图 1 MA 组成模块
Fig. 1 The modules of MA

为提高处理效率与可实现性, 把 MA 的功能定义在 IP 层, 使其可以集成在边界路由器中。由于 MIP、ROMIP 协议都是采用 UDP 报文封装移动状态信息, 不适合工作在 IP 层的 MA 进行处理。为使 MA 可以在 IP 层处理移动状态信息, 我们对移动状态信息的封装方式进行了扩展, 利用 IPv4 报头的可选项, 采用 IPv4 定义的“类型—长度—数据”格式^[8]来封装相关的移动状态信息。

如图 1 所示, MA 由状态信息提取模块、状态信息处理模块、临时信息库模块和 IP 报文封装模块组成。

状态信息提取模块用于检测每一个进入 CN 域的 IP 报文, 提取出 IPv4 可选项中的移动状态信息, 然后把 IP 数据报转发给相应的 CN; 状态信息处理模块负责接收状态信息提取模块中提取出来的移动状态信息, 并进行处理。如果需要, 该模块也可以发出移动状态信息报文; 处理模块出来的结果交由临时信息库负责保存, 保存的主要内容是 MN 的绑定信息, 临时信息库也负责删除过时的信息; IP 封装模块负责接收 CN 域中需要发向 Internet 的 IP 报文, 根据报文的地址与临时信息库中的绑定信息决定是否或需要重新封装该 IP 报文, 如果临时信息库中有相应的绑定信息, MA 将使用这些绑定信息对 IP 报文进行重新封装, 经过封装后的 IP 报文在 MA 与 Internet 连接的输出口发出, 通过网络直接发到 MN 当前的接入代理, 从而避免出

现“三角路由”, 如果临时信息库中没有相应目的地的绑定信息, 数据报将按原先的目的地址发送, 对于 MN 来说则是发往其归属网络, 然后由 HA 进行转发。

要使 MA 正常实现上述功能, 最关键的是让 MA 可以检测到每一份进出 CN 域的 IP 报文。最简单的方法就是把 MA 集成在 CN 域的边界路由器中。这时, 所有进出 CN 域的 IP 报文都必须经过 MA, 从而使 MA 可以很方便地检查每一份进出 CN 域的 IP 报文。

与其它基于“代理”的方案比较, NewROMIP 的突出优点在于它有机结合了 ROMIP 与基于“代理”方案的优点, 而且它只是作为一种扩展叠加在传统 MIP 协议之上, 不影响 MIP 协议的正常运行; 另外, 由于 MA 可以与边界路由器集成在一起, 因此方案易于实现。

3 仿真实验

仿真工具采用 NS-2.26。并存在以下的假设: ①理想的无差错无线链路; ②无线小区无重叠, 是理想的无缝覆盖。且 MN 从一个小区到另一个小区不存在同时和两个代理通信的事件。图 2 是 ROMIP 与 NewROMIP 的切换过程仿真结果, 在整个仿真时间中, NewROMIP 方案因切换而产生的丢包率远小于 ROMIP 协议, 数据的丢失主要是因为等待代理广告的时间大于平均等待时间而产生的。

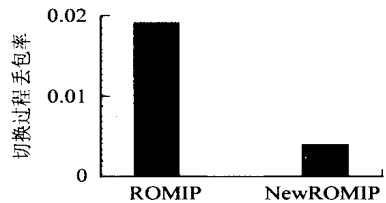


图 2 切换产生的丢包率
Fig. 2 Ratio of number of packets dropped during handoffs to the total of transmitted packets

图 3 是分别在 ROMIP 和 NewROMIP 下对进出 CN 域的状态信息量进行统计分析。曲线 a、b 分别是根据在 ROMIP 和 NewROMIP 下参与通信的 CN 个数 N 与进出 CN 域的状态信息量的关系。可以看到随着与 MN 通信的 CN 个数的增长, ROMIP 所需要传输给 CN 的移动状态信息也随着增加; 而对改进方案, 由于 MA 的存在, 与 CN 相关的移动信息总量基本维持不变且和只有一个 CN 时相近, 在最差的情况下 (即与 MN 通信的 N 个 CN 处于 N 个不同域中), 改进方案的性能才趋于与 ROMIP 协议相同 (即逐渐向 a 曲线接近), 当 CN 的个数在区间 [1,

N] 中变化时, 对应的移动状态信息量也在 a 和 b 所夹的平面中变化。

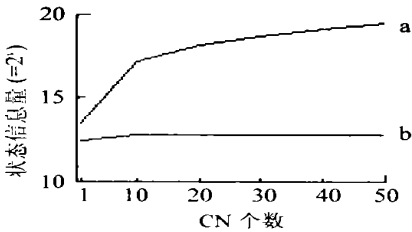


图 3 MA 性能
Fig 3 The performance of MA

图 4 是在只有一个 CN 参与通信的情况下, 对两种方案下“绑定更新”不同的封装方式进行的仿真分析。结果显示 NewROMIP 使用的可选项封装方式减少“绑定更新”所占用的字节数。

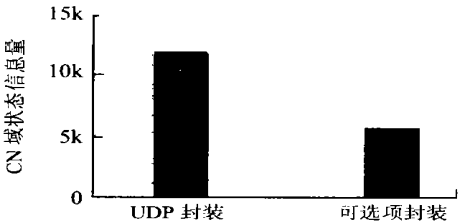


图 4 不同封装方式下 CN 域状态信息量
Fig 4 Amount of control message of CN domain in different encapsulation way

4 结 论

基于 ROMIP 协议的改进方案, 有效地结合了 ROMIP 协议和基于“代理”的优化方案的长处, 解决了它们所存在的问题, 并可应用于未来的 MIPv6, 具有实用性。它实现了平滑切换, 降低了 MN 在切换期间的包丢失率、使主机移动性对现有

网络及计算机透明, CN 端只需要增加一个移动代理就可以支持 MIP, 最大限度利用了现有资源; 有助于减少传输移动状态信息所占用的网络资源, 减轻网络负担; 而且继承了 ROMIP 的优点解决了“三角路由”问题。但是, 由于 MA 对每一个 CN 域发出的 IP 包都需要在临时信息库中进行一次查询, 而且随着接入的 MN 的数量增加, 临时信息库的查询时间也会相应增加, 从而导致 CN 域发出报文的时延也增加, 对这个问题仍需要做进一步的研究。

参考文献:

[1] PERKINS C. IP Mobility Support. RFC 3344. Internet Engineering Task Force[DB/OL] . <http://www.ietf.org>, 2002.

[2] VADALI R, LI J H, WU Y Q, et al. Agent-based route optimization for mobile IP[J] , IEEE VTS 54th, 2001, 4: 2731—2735.

[3] CHEN Y, BOULT T. Dynamic home agent reassignment in mobile IP[J] . WCNC 2002, IEEE, 2002, 1: 44—48.

[4] ZHENG R, JENNIFER Y, HOU C, et al. A case for mobility support with temporary home agents [C] , Computer Communications and Networks, Proceedings, Tenth International Conference, 2001; 226—233.

[5] GAO Q, ACAMPORA A. A virtual home agent based route optimization for mobile IP[J] . WCNC, IEEE, 2000, 2: 592—596.

[6] PERKINS C, JOHNSON D. Route optimization in mobile IP. Internet Draft, Internet Engineering Task Force[DB/OL] . <http://www.ietf.org>, 2001.

[7] JOHNSON D B, PERKINS C. Mobility support in IPv6. Internet Draft, Internet Engineering Task Force[DB/OL] . <http://www.ietf.org>, 2002.

[8] INTERNET PROTOCOL. RFC791. Internet Engineering Task Force.[DB/OL] . <http://www.ietf.org>, 1981

A New Optimization Approach for Mobile IPv4

XIE Yi, ZHANG Guang zhao

(Department of Electronics, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The ROMIP and the MIPv6 protocols have solved the triangle routing problem in the MIP protocol, but there are some new problems of these two protocols in their implementation. The problems debase the performance of these two protocols. They analyze these two protocols and propose a new optimization approach based on ROMIP. The new design can realize the smooth handoff, transparent mobility and reduce the amount of status messages. At last, the simulation results of the new approach are introduced.

Key words: Mobile IPv4; smooth handoff; mobility agent; status message