

文章编号:1671-6833(2015)03-0125-04

一种优化分层式移动 IPv6 路由算法研究

马芳¹, 吉星²

(1. 中州大学 信息工程学院, 河南 郑州 450044; 2. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:通过对分层移动路由协议的分析,提出一种优化的移动路由机制.利用分层移动 IPv6 的路由特点可以减少网络通信中绑定更新消息发送的距离和数量,从而减少网络中的信令负载和绑定注册时延.同时,又利用快速切换的优势,在切换中引入适当的并行操作,从而消除标准 MIPv6 切换时的大部分时延和丢包率,通过引入边界路由器实现路由优化和解决移动锚点 MAP 的拥塞问题,最后通过理论性能分析和 NS2 仿真实验验证该优化移动路由可以改善网络性能,降低丢包率和切换时延.

关键词:分层移动 IPv6;移动路由;绑定更新;时延;多播机制

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2015.03.027

0 引言

随着 Internet、无线通信和新业务应用的不断发展,为 IP 网络提供移动路由支持成为一个必然趋势.目前已经提出一些移动路由协议,但是在 MIPv6 协议中,移动节点移动时存在通信时延和信令负载的问题^[1].笔者对移动路由进行分析,在 HMIPv6 移动路由基础上提出一种优化的移动路由管理机制,可以解决 HMIPv6 中的路由优化和 MAP 负担过重问题,同时可以降低切换时延和丢包率,提高网络性能和通信的质量.

1 现有移动路由管理协议分析

在 MIPv6 移动管理协议下,移动节点的每次移动切换都需要向家乡代理及其通信节点发送绑定更新消息,这样会产生绑定更新时延;MIPv6 还会在网络中产生大量的控制信令,这些控制信令在网络中传输将会带来信令负载问题.

HMIPv6 移动路由协议利用层次性和移动锚点将 MN 的绑定更新本地化,使得移动节点在同一管理域内移动时,所需的绑定更新时间以及在 Internet 网络中传输的信令负载大大减少.但是,当移动节点 MN 进行域间切换时,依旧采用标准 MIPv6 移动路由思想,因此仍然存在 MIPv6 的切换时延和信令负载问题.而且,当一个 MAP 域内

接入大量移动节点时,还会造成 MAP 负担过重,MAP 域内的路由不优化等问题,都会对数据包的时延和网络的稳定性带来不利影响^[2].

快速移动 IPv6 路由协议使 IP 层能够提前预知要进行的切换,提前进行转交地址的配置,从而减少通信连接的中断时间,并且该协议通过采用隧道转发机制可以减少切换中出现的数据丢包率问题,提高网络切换性能,保证通信的实时传输^[3],正好可以弥补 HMIPv6 的缺陷.但 FMIPv6 忽略了 MIPv6 的层次性,仍然具有 MIPv6 造成的信令负载问题和绑定更新过程所造成的时延问题.

2 优化的移动路由管理机制

通过对现有移动路由协议的分析,针对它们的缺陷,提出一种优化的移动路由管理机制.利用分层移动 IPv6 的路由特点减少网络通信中绑定更新消息发送的距离和数量,从而减少网络中的信令负载和绑定注册时延.同时,又可以利用快速切换的优势,引入并行操作^[4],从而消除标准 MIPv6 切换的大部分时延和丢包率.为了解决 HMIPv6 中的路由优化和 MAP 负担过重问题,研究通过引入边界路由器.该优化移动路由管理机制的网络拓扑图如图 1 所示.

在移动路由模型图中,移动结点从 AR1 移动

收稿日期:2015-01-10;修订日期:2015-03-10

基金项目:国家自然科学基金青年科学项目(61403349)

作者简介:马芳(1979-),女,河南郑州人,中州大学副教授,主要从事计算机软件开发、移动网路、数学仿真研究, E-mail: chbjwl@163.com.

到 AR3,在 MAP1 域内移动时,可以将快速 MIPv6 和分层 MIPv6 移动技术相结合,同时通过边界路由器的功能减少 MAP 的负担,并能够优化路由.移动结点从 MAP1 域移向 MAP2 域时将实现域间切换,采用在分层移动模型下结合多播机制,以进一步减少域间切换的延迟,从而移动节点在整个域内、域间移动时采用了优化的路由管理机制.

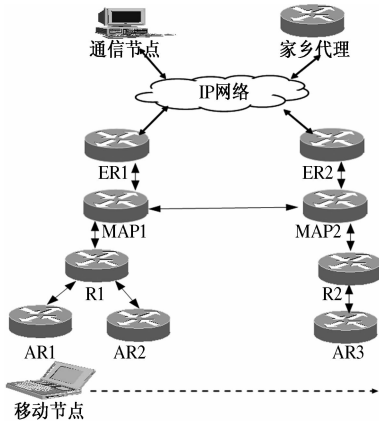


图1 移动路由管理机制网络拓扑图

Fig.1 The network topology of Mobile routing management mechanism

移动节点在域内移动时将 FMIPv6 与 HMIPv6 结合,但是两者简单结合会使报文在传输过程进行两次隧道封装,多次隧道封装会加大报文传输的负载并时延报文的传输速率,同时报文在传输过程中还会出现“三角路由”问题.研究的移动路由管理机制与简单结合的移动管理机制相比,在进行切换时建立的隧道减短,直接在 MAP 和新接入路由器之间建立隧道.采用这种改进的快速切换方法可以减少分组转发的路径,MAP 可以直接将数据包发向 NAR.而当 NAR 接收到来自 MAP 隧道转发过来的数据包后,会将其解封装并缓存起来.当 MN 移动到新区域的时候,NAR 就会把缓存的数据包传送给 MN^[5].

为解决“三角路由”问题,该机制增加边界路由器的功能,这样,MAP1 需要增加功能,它能够将移动节点的绑定更新消息发向边界路由器.这需要边界路由器里存在一个绑定缓存,里面存放着移动节点的 LCoA 和 RCoA.当边界路由器收到移动节点发来的数据包,会查询自己的绑定缓存池.如果对应应有相应记录,将会把移动节点的 RCoA 替换成 LCoA,这样就可以越过 MAP 直接将数据包发向移动节点,采用这种思想可以进一步优化路由^[6].

当移动节点由 MAP1 域移出并向 MAP2 移动

时将进行域间切换.笔者在分层的思想下结合多播机制以实现减少域间切换延迟.移动节点在 MAP1 边界时将向 MN 发出请求为其建立多播组.之后 MAP1 会为 MN 建立一个多播组,即要求临近 AR 加入这个多播组.这时,当有发往移动节点的数据包时,由最近的 AR 将数据包发向移动节点.

3 切换时延性能分析

移动节点整个切换过程产生的总时延 T_{Handoff} 主要包括注册时延、NCoA 配置时延和移动检测时延.而 MN 在域内发生的切换的机会更多,因此笔者针对标准 MIPv6 协议和我们提出的优化的分层式移动路由对切换时延进行性能分析^[7].

设 T_{MD} 表示移动检测的时延; T_{NCoA} 为新转交地址配置的时延,它包括三部分:移动节点获取新的子网前缀来配置自己新的转交地址的时间 T_{COA} ,并在新的子网上进行地址冲突检测所需要的时间 T_{DAD} ,以及表示绑定注册时延 T_{BR} .

3.1 标准移动 IPv6 切换时延

MN 的总切换时延: $T_{\text{MIPv6}} = T_{\text{MD}} + T_{\text{NCoA}} + T_{\text{BR}}$.而前面分析了新转交地址配置时延为 $T_{\text{NCoA}} = T_{\text{COA}} + T_{\text{DAD}}$,绑定注册时延为 $T_{\text{BR}} = 2 \sum_{i=1}^{n(\text{HA})} (\frac{S_{\text{Packetsize}}}{BW_{\text{linki}}} + t_{\text{linki}}) + T_{\text{HA}}$,因此标准移动 IPv6 下 MN 总的切换时延为:

$$T_{\text{MIPv6}} = T_{\text{MD}} + T_{\text{NCoA}} + T_{\text{BR}} = T_{\text{MD}} + T_{\text{COA}} + T_{\text{DAD}} + 2 \sum_{i=1}^{n(\text{HA})} (\frac{S_{\text{Packetsize}}}{BW_{\text{linki}}} + t_{\text{linki}}) + T_{\text{HA}}. \quad (1)$$

式中: T_{HA} 为家乡代理处理家乡注册的时间; $S_{\text{packetsize}}$ 为发送绑定注册包的大小; n 为从移动节点到家乡代理所经过的链路数目; BW_{linki} 为第 i 条链路的带宽; t_{linki} 为第 i 条链路的链路时延.

3.2 优化移动管理机制

当 MN 从 AR1 切换到 AR2 时,采用快速切换实现 NCoA 配置时延在正常通信的过程中同时进行,减去了 NCoA 配置时延;同时由于分层结构也无需向家乡代理进行绑定更新.整个切换过程所需的时延为:

$$\begin{aligned} T_{\text{handoff}} &= T_{\text{MD}} + T_{\text{NCoA}} + T_{\text{BR}} \\ &= T_{\text{MD}} + 2 \sum_{i=1}^{m(\text{MAP})} (\frac{S_{\text{Packetsize}}}{BW_{\text{linki}}} + t_{\text{linki}}) + \\ &2 \sum_{i=1}^{k(\text{ER})} (\frac{S_{\text{Packetsize}}}{BW_{\text{linki}}} + t_{\text{linki}}) + T_{\text{MAP}} + T_{\text{ER}}. \end{aligned} \quad (2)$$

式中: m 为从 MN 到移动锚点所经过的链路数目^[8]; k 为从移动锚点到边界路由器所经过的链

路数目.在一般情况下, m 和 k 的值都较小,而 n 远大于 m 和 k ,在我们的具体模拟环境中, m 是3, k 是1, n 是6.MN发送绑定注册信息时,由于网络结构是分层管理的,家乡代理HA与MN的链路距离要比边界路由器ER与MN的链路远的多,从而大大减少了绑定注册所需要的时间,同时也减去了NCoA配置时延,并且MAP、ER和HA对绑定注册的处理时间相对于移动检测时延和绑定注册时延小的多,可以忽略.

在进行MAP域间切换时,虽然多了向MAP的注册时延,但是由于网络的分层管理,发送给MAP的绑定更新信息的距离比发送给HA短,向MAP的注册时延可以忽略不计,从而域间切换时延和标准MIPv6相比基本相同,并且MN在域内移动的可能性更大,因此优化的分层路由整体性能还是优于标准MIPv6.

4 仿真及结果分析

仿真基于NS2.选取1 000 m×1 000 m的矩形区域为仿真区域.仿真时间为80 s^[9].

该网络拓扑同时包含了有线链路和无线链路.MN和接入路由器之间采用无线连接,其他采用有线连接.为了能够更为明显地体现层次型移动IPv6在注册方面的优势,模拟家乡代理、通信对端距离移动节点较远的情形,将MAP与家乡代理和通信对端之间的时延比其他有线链路的时延设的长一些,同时带宽设为2 Mbps.

选择Internet最普遍的基于TCP的FTP应用来进行实验^[10].CN与一个TCP源代理相连接作为TCP通信源端,MN与代理TCP/sink相连作为接收端.在CN与MN之间发起FTP会话.MN在PAR与NAR之间以1 m/s的速率移动.通过改变有线链路时延来观察各种移动路由管理机制的切换时延.图2描述了在各种协议中的移动节点切换时延情况.

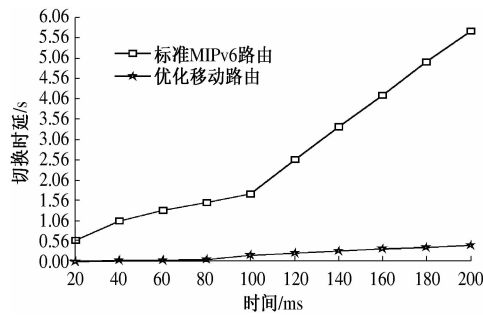


图 2 移动节点切换时延图

Fig.2 The graph of the mobile node handoff delay

由图2可知,有线链路时延越长,采用标准MIPv6协议的MN切换时延随着有线链路时延值的增加而不断变大;而在优化移动管理机制中移动节点的切换时延几乎不受有线链路时延值变化的影响,它的值相对比较稳定.这是因为在MIPv6移动协议中,MN的每一次切换都必须向HA和CN发送绑定更新,而MN移动离HA和CN越远,链路时延就越大,导致这个切换时延越大.而采用优化的移动路由后,绑定更新只需发送到MAP,这时MN与HA和CN的距离不再起作用,并且优化路由又结合了快速移动路由机制,将FMIPv6和HMIPv6结合在一起使用的时候,可以使得移动节点的切换时延达到最小,并且该切换时延的大小十分稳定,受到网络传输时延的影响非常小.

当执行优化移动管理机制时,移动节点的移动切换时延最小化之后,用户最为关心的是能否IP报文丢包率也会减少到最小.笔者针对不同情况的丢包率进行了分析.随着有线链路时延的变化,移动节点切换时延报文丢包率情况如图3所示.

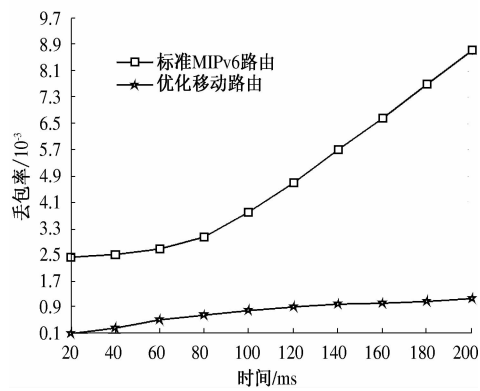


图 3 移动节点切换时延报文丢包率图

Fig.3 The graph of the ratio of drop packet When the mobile node switching

从图3可以看到,IP报文的丢包率与移动节点切换时延有着类似的变化.即在MIPv6中,IP报文的丢包率随着有线链路时延值的增加而不断变大;而在优化移动管理机制中的丢包率受有线链路时延值变化的影响很小,一直保持着稳定的值.

5 结束语

通过对分层移动路由协议的分析,提出一种优化的移动路由机制.该机制在分层的网络结构中结合快速切换减少时延的优点和多播机制的思想,并加入边界路由器,可以减少协议消息负载、切换时延和丢包率,同时优化了路由,从而可以提

高实时通信的质量,为移动用户提供一个更快捷、更可靠的移动计算环境,满足他们对网络移动性支持提出的越来越多的要求。

参考文献:

- [1] PERKINS C. IP mobility support[DB/OL]. [2012 - 03 - 12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [2] SOLIMAN H, CASTELLUCCIA C, ELMALKI K, et al. Hierarchical mobile IPv6 mobility management (HMIPv6) [DB/OL]. [2012 - 03 - 12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [3] KODALI R. Fast handovers for mobile IPv6 (FMIPv6) [DB/OL]. [2012 - 03 - 12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [4] JUNG H Y, SOLIMAN H, KOH S J, et al. Fast handover for hierarchical MIPv6 (F - HMIPv6) [DB/OL]. [2012 - 03 - 12]. <http://tools.ietf.org/html/draft-jung-mobopts-flhmiv6-00>.
- [5] MOORE N. Optimistic duplicate address detection (DAD) for IPv6 [DB/OL]. [2012 - 03 - 12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [6] RADHWAN M, SHAMALA K. Fast handover technique for efficient IPv6 mobility support in heterogeneous networks[J]. Computer and Information Science, 2011, 181(3): 419 - 428.
- [7] 高天寒,郭楠. 一种基于改进 HMIPv6 的移动网络路由优化方案[J]. 东北大学学报:自然科学版, 2012, 33(1): 69 - 72.
- [8] 马华,刘雪,刘振华,等. 基于云存储的高效 F - HMIPv6 切换协议[J]. 计算机工程与应用, 2014, 43(2): 231 - 234.
- [9] 孙煜,包杰. 改进的 HMIPv6 快速切换算法的仿真分析[J]. 科技信息, 2012(7): 206 - 207.
- [10] 孙晓林,张建洋,贾晓. 层次移动 IPv6 域内切换优化方案[J]. 计算机应用, 2014, 34(2): 338 - 340.

The Research on an Optimized Hierarchical Mobile IPv6 Routing Algorithm

MA Fang¹, JI Xing²

(1. Institute of Information Engineering, Zhongzhou University, Zhengzhou 450044, China; 2. Zhengzhou University of Light Industry, Institute of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This paper analyzes the hierarchical mobile routing protocols, and puts forward a new optimized mobile routing protocol. By using hierarchical mobile IPv6, the new protocol can effectively reduce the distance and the number of binding update message to send, so as to reduce the signaling load and the delay of binding registration in the network. At the same time, by using fast switching and parallel operation in the fast switching, most of time delay and packet loss rate of the standard MIPv6 can be eliminated. By using the edge router, it can optimize routing and solve the problem of congestion of the MAP. Finally, through the analysis of theoretical performance and the verify of the simulation experiments in NS2, it shows that the new optimized mobile routing can improve the performance of the network, reduce the packet loss rate and handover delay.

Key words: hierarchical mobile IPv6; mobile routing; binding update; handover; multicast mechanism