

基于标准移动 IPv6 的新型无缝切换模型的研究

陈龙飞, 俞鹤伟

(华南理工大学 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘要:在利用移动 IPv6 协议进行节点的移动性管理过程中, 切换问题是影响管理性能的最关键因素之一。为了提高移动网络服务质量, 需对移动 IPv6 切换性能进行优化。针对标准移动 IPv6 (MIPv6) 的切换技术的种种弊端, 在深入分析其切换时延的基础上, 提出了一种新型 MIPv6 无缝切换模型——双接口移动终端辅助切换。新方案的特点是在一张网卡上集成两个无线模块, 利用双链路将移动节点在不同子网间的切换转变为移动节点内部接口的切换, 基本上实现了无缝切换。而硬件的成本正在不断降低, 显然通过低廉的硬件冗余来换取高质量的移动网络服务是完全值得的。

关键词:MIPv6; 无缝切换; 双接口

中图分类号:TN915.04

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)06-0095-03

Research on New Seamless Handover Model Based on Standard Mobile IPv6

CHEN Long-fei, YU He-wei

(School of Computer Science & Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: When mobile IPv6 executes the MNs' mobility administration, handsoff is one of the most important problems of affecting the administration. In order to improve the quality of service for mobile networks, the mobile IPv6 handoff performance must be optimized. Aimed at the various drawbacks of the standard MIPv6, analyses the handover delay of the standard MIPv6 deeply and proposes a new model of seamless handover - mobile assisted handover with dual - interface. The idea of the new solution is that it turns the handover between different subnets into the switch of two interfaces in the mobile node by using dual - interface which achieved a seamless handover basically. With the hardware costs being lower and lower, high - quality services of mobile network is worth the low - cost hardware redundancy obviously.

Key words: mobile IPv6; seamless handover; dual - interface

0 引言

随着互联网技术的普及, 人们对网络的依赖程度已经越来越重。互联网甚至成为现代人日常生活不可缺少的伴侣。进而, 人们对互联网科技提出了新的挑战, 人们希望可以随时随地地享受互联网服务, 这使得移动网络技术成为当今研究的热点。由于当前 IPv4 网络的种种局限性, 已经无法满足人们日益增长的需要, 全球掀起了对下一代互联网技术——IPv6 研究的热潮。而 MIPv6 的切换技术作为提高移动网络服务质量的关键技术, 自然成为人们的研究热点之一^[1]。

1 移动 IPv6 协议

1.1 基本原理

传统协议中 IP 地址扮演着双重角色——节点的标识功能和节点位置功能。任何时刻移动节点漫游到一个新的外地网络, 它必须改变其网络接口的 IP 地址, 新的 IP 地址代表节点新的位置, 但是这个新的节点标识符却使上层通信无法继续。

为了提供移动性支持, 移动 IPv6 协议中将节点的双重角色分开, 使用固定的 IP 地址作为节点的家乡地址 (HAddr, Home Address), 用来标识节点身份, 无论移动节点身在何处, 其他节点都可以通过家乡地址找到它并建立通信。使用随网络位置而动态变化的 IP 地址作为节点的转交地址 (CoA, Care of Address), 用来标识节点当前位置, 无论移动节点漫游到互联网中任何位置, 发往移动节点的数据报都可以通过转交地址路由到节点的当前位置。

收稿日期: 2008-09-18; 修回日期: 2008-12-16

基金项目: 广东省科技计划攻关项目 (2006A10101004)

作者简介: 陈龙飞 (1984-), 男, 湖北松滋人, 硕士研究生, 主要研究方向为移动 IPv6; 俞鹤伟, 博士, 副教授, 研究方向为计算机通信网络技术。

MIPv6 协议^[2]的基本操作过程如下(见图 1):

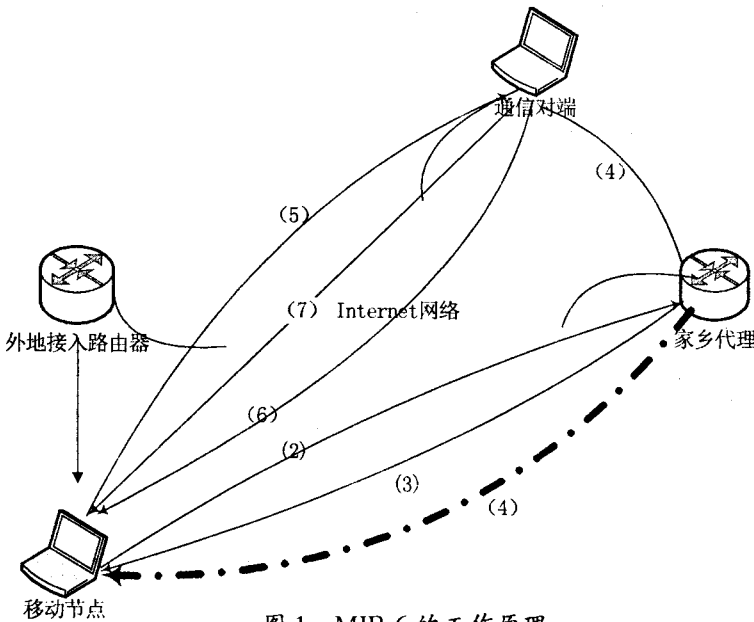


图 1 MIPv6 的工作原理

- 1) 移动节点通过路由器公告,判断自己是在家乡网络还是在外地网络,如果是在家乡网络,其操作跟其他固定节点一样;如果是在外地网络,根据路由器公告消息中的网络前缀配置转交地址。
- 2) 移动节点向家乡代理发送绑定更新来通告它的新位置。
- 3) 家乡代理建立或更新该移动节点的绑定缓存项,并向移动节点返回绑定确认消息,完成“家乡注册”。
- 4) 通信对端由于不知道移动节点最新位置,将数据分组发往移动节点的家乡代理,然后通过隧道路由到移动节点的当前位置。
- 5) 移动节点收到通过隧道发送的数据分组后,判断通信对端还不知道自己的当前位置,因而向通信对端发送绑定更新。
- 6) 通信对端建立或更新该移动节点的绑定缓存项,并返回绑定确认消息,完成“通信对端注册”过程,优化路由。
- 7) 通信对端采用优化路由直接发送分组到移动节点的新位置。

1.2 主要操作过程及延时分析

一般来说,对于 IP 网络而言,无线网络的切换过程可以分为两个部分:二层切换和三层切换。如果切换中 MN 所在的网络没有变化,即不需要改变自己的 IP 地址仍然可以继续通信,则属于二层切换(L2HO, Layer 2 Handover); 如果切换中 MN 所在的网络也发

生变化,需要改变自己的 IP 地址才能够继续通信,那么属于三层切换(L3HO, Layer 3 Handover)^[3]。根据标准移动 IPv6 协议,将移动节点在无线网络中进行移动切换的流程在一个时间图上进行描述。

从图 2 中可以看到,MN 在不同的 IPv6 子网间进行切换时,首先进行的是 L2 切换即链路层切换,然后才开始标准的移动 IPv6 切换。标准 MIPv6 切换可以分为三个阶段:(1) 移动检测;(2) 转交地址配置;(3) 网络层注册。因此总的切换延迟如公式(1)所示,其中 T_{Link} 为链路层切换延时, T_{detect} 为移动检测延时, T_{CoA} 为转交地址配置延时, T_{HU} 为绑定注册延时, T_{HO} 为切换总时延。表 1 给出了在 IEEE802.11 无线局域网环境下(有线网络采用以太网)各个延时的典型值。在计算切换延时,不考虑节点的处理延时^[4]。

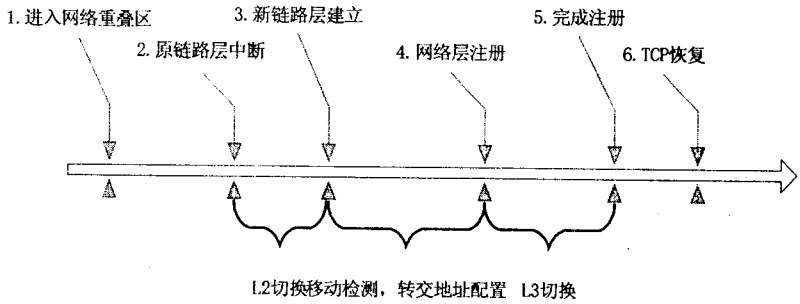


图 2 MIPv6 的切换流程

$$T_{HO} = T_{Link} + T_{detect} + T_{CoA} + T_{BU}$$
 (1)

表 1 各个切换延时的典型值

T_{Link}	T_{detect}	T_{CoA}	T_{HU}
> 600 毫秒	0 ~ 十几秒	1 ~ 2 秒	几百毫秒 ~ 几秒

2 双接口移动终端辅助切换

MIPv6 协议虽然对移动节点在网络中漫游提供了移动性支持,但移动节点在切换过程中的一些操作会造成切换延时,严重影响上层应用的通信质量。为了降低切换延时和减少通信中断的时间,IETF 提出了两个移动 IPv6 的扩展技术:层次型移动 IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6)^[5]和快速切换移动 IPv6 (Fast Handovers for Mobile IPv6, FMIPv6)^[6]。HMIPv6 通过增加一个移动锚点 (Mobility Anchor Point, MAP) 来提供本地的家乡代理服务,从而减少微观移动时的绑定注册时间和网络开销来提高切换效率。FMIPv6 使用链路层机制检测到新的接入路由器,将部分 L3 切换过程(转交地址配置,包括重复地址检测 DAD 操作)提前到 L2 切换之前完成,并通过预

先注册来降低切换时延。以上改进方案虽然改善了切换质量,同时也增加了协议复杂度,给网络带来了一定的额外负担,仍然无法满足现实的需要。

为了实现移动节点的无缝切换,仅仅通过改进网络层协议是无法实现的。因为 L2 切换是属于硬切换,通过“软”技术无法消除。既然如此,文中提出了“双接口移动终端辅助切换”模型,用以硬制硬的办法,在一张网卡上集成两个无线模块,利用双链路将移动节点在不同子网间的切换转变为移动节点内部接口的切换,而硬件的成本正在不断降低,显然通过低廉的硬件冗余来换取高质量的移动网络服务是完全值得的。该方法具体的实现过程如图 3 所示。

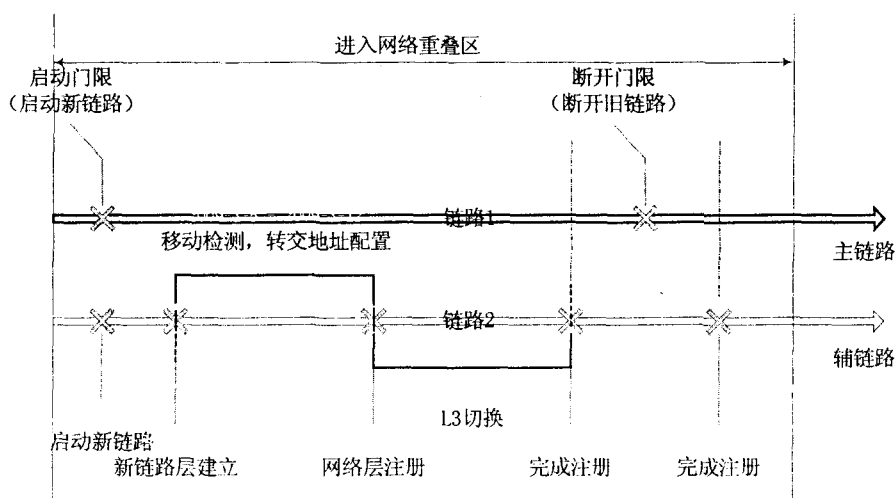


图3 双链路切换流程图

1) 正常通信状态下,移动节点仅使用单链路进行通讯,该活动链路定义为主链路,另外一条备用链路定义为辅链路。

2) 移动节点监控当前链路的 SNR(Signal to Noise Ratio, 信噪比)质量,移动节点进入网络重叠区后,如果当前关联的 AP(Access Point, 无线接入点)所提供 SNR 值低于启动门限阈值,则启动辅链路连接新 AP。

3) 辅链路连接上新 AP 后,按照标准 MIPv6 协议,进行移动检测、转交地址配置、绑定更新一系列流程。主链路在此过程中始终保持与旧网络的连接,直到旧链路的 SNR 值小于断开门限阈值,则断开旧链路。

4) 如果移动节点移动速度过快,旧链路在即将断开的时候移动节点还没有收到从家乡代理发送过来的绑定确认消息。为了防止数据分组丢失,旧链路在断开之前应该向旧接入路由器发送一个快速绑定更新 FBU,利用快速切换中的消息机制在新旧接入路由器之间建立隧道,将发往旧 AR(Access Router, 接入路由器)的数据分组通过隧道发往新 AR 缓存起来,适当时

间再转发给移动节点。

从图 3 可以看出,利用双链路的时间交叠性,在整个切换过程中,移动节点始终保持着正常的通信状态。一般情况下,如果新链路的切换完成时间在旧链路的断开门限阈值之前发生,则不用启用“隧道机制”^[7],完全可以避免复杂的信令交互过程。从某种程度上说,“隧道机制”是为了以防万一,保障移动节点实现无缝切换的备用机制。为了确保尽量不启用隧道机制,就必须想办法让新链路的切换尽早完成,有两种途径:一是通过适当提高启动门限阈值,让新链路的启动时间提前;二是通过某些措施减少标准切换流程当中的部分切换时间,缩短新链路整个切换的延时。众所周知,

在标准 MIPv6 中有一个非常耗时的过程,即 DAD 操作,为了避免这个延时,可以在 AR 上维护一个地址池,AR 在网络空闲时间随机生成一批本地地址,批量进行 DAD 操作,保障地址池中的 IP 地址的唯一性^[8]。这样移动节点移动到新网络后,就立即可以从地址池中取出一个可用的 IPv6 地址,在移出网络之后也可以归还这个地址到地址池中,供其它移动节点使用。

3 结束语

最终被业界采用的方案,不一定是技术上最完善的,而往往是最简单的。MIPv6 本身因为方案简单,易于实现,才在众多备选方案中脱颖而出,成为 IETF 标准。但对 MIPv6 的改进方案,都存在实现较为复杂的问题,这可能也是这些改进方案至今没有被采用的原因之一。文中提出的方案简单实用,具有一定的运用价值。但文中只是对提出的思想进行了描述,而对于如何在实际的网卡驱动程序中控制实现双接口的移动终端的链路切换,将是下一步研究的问题。

参考文献:

- [1] 李津生,洪佩琳.下一代 Internet 的网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [2] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6[S]. IETF RFC 3775, 2003.
- [3] 何坚.移动 IPv6 中基于 TCP 的快速切换研究[D]. 广州:华南理工大学,2005.
- [4] 文武.移动 IP 切换优化方案研究[D]. 长沙:中南大学,

(下转第 101 页)

定义,给出了这样一种情形,当 $\text{next}[j]$ 的值为 k 时,此时如果 $t_j = t_k$,则可将 $\text{next}[k]$ 的赋值给 $\text{next}[j]$,这样在模式匹配时,最大程度地避免了不必要的回溯;同时(9)式的定义包含了(8)式定义中的第四种情形,因此从定义上考虑,(9)式对模式串的 next 数组值的定义是最优的。同时,只需对算法 GetNext_Recursion 稍作修改,使之符合定义(9),如算法 Get_NextVal 所示(C语言描述)(算法4)。

```
void Get_NextVal(char *t, int next[], int i)
{ /* 求解模式 t 的 nextval 数组的递归算法 */
  GetNext_Recursion(t, next, i); /* 调用算法 GetNext_Recursion */
  for(int j=2; j<=i; j++)
  { int k=next[j];
    if(t[j]==t[k]) next[j]=next[k]; /* 对模式 t 的 next 数组值进行修正,得到 nextval 值 */
  }
}
```

表1给出了用文中算法 GetNext_Recursion 、算法 Get_NextVal 和算法 GetNext_Revise 对模式串“ab-caababc”求解 next 数组值的计算结果。

表1 next 数组计算对照表

模式 t	a	b	c	a	a	b	a	b	c
下标	1	2	3	4	5	6	7	8	9
next[]	0	1	1	1	2	2	3	2	3
nextval[]	0	1	1	0	2	1	3	1	1
next_rev[]	0	1	1	0	2	2	3	2	3

其中, $\text{next}[]$ 表示基本 next 数组定义(1)对应的计算结果, $\text{nextval}[]$ 和 $\text{next_rev}[]$ 分别表示文献[5]和文献[3]对于 next 数组的改进型定义(定义(8)、定义(9))所对应的算法的计算结果。特别的,对于模式串 t 中的第四个字符 a , 根据定义(1)计算得到的 next 值为1, 而由定义(8)和定义(9)计算得出的 next 值则为0, 其原因就是定义(1)没有考虑到定义(8)中所描述的第四种特殊情形, 而 nextval 的定义(定义(9))则涵盖了此种情形。此外, 从整个模式串 t 的 next 数组值计算结果上, 可以看出下式成立:

$$\text{nextval}[i] \leq \text{next_rev}[i] \leq \text{next}[i], i > 0 \quad (10)$$

因此, 采用 nextval 数组执行 KMP 算法回溯的次数最少, 模式匹配的效率在三者中是最高的。

4 结束语

字符串作为一种特殊的线性表, 由于它要处理的—般是非数值对象, 如程序的编译, 文本性质的数据编辑和查询等, 其算法具有其特殊性。字符串算法中, 模式匹配的 KMP 算法是一个经典算法, 也是一个具有

一定难度的算法^[2]; 同时, KMP 算法中的 next 数组值的计算是 KMP 算法的核心。通过计算 next 数组值, 避免了模式匹配时不必要的字符比较, 大大提高了匹配的—效率。当前, 一般的算法教科书都给出采用递推思想设计的 next 数组的计算算法, 以递推方法编写的 next 数组计算算法效率高, 但思路没有递归清晰。在文中, 给出了一种新的计算 next 数组和 nextval 数组的递归算法, 便于对 next 数组和 nextval 数组计算方法的学习, 从递推和递归两个不同的角度和计算过程去理解算法; 同时讨论了对于 next 数组的三种定义方式, 并比较了这三种定义中的各自的特点, 给出了其相应的计算算法和要点分析。

参考文献:

- [1] 甘学士. 改进的模式匹配算法及在入侵检测中的应用[J]. 计算机技术与—发展, 2006, 16(7): 150—152.
- [2] 陆建军. KMP 模式匹配算法在串行通讯中的应用[J]. 工业控制计算机, 2005, 18(2): 30—32.
- [3] 严蔚敏, 吴伟民. 数据结构[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 81—84.
- [4] 许卓群, 张乃孝, 杨冬青, 等. 数据结构[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 90—91.
- [5] 秦 锋, 汤文兵, 章曙光, 等. 数据结构[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2007: 101—102.
- [6] 刘玉龙, 刘 啸. 一种模式匹配快速算法[J]. 计算机科学, 2008, 35(1): 219—220.
- [7] Milner R. Functions as processes[M]//Mathematical Structures in Computer Science. Berlin / Heidelberg: Springer, 1992: 167—180.
- [8] Sangiorgi D. An investigation into functions as processes [C]//In: Proc. Math. Foundations of Program Semantics'93. Berlin / Heidelberg: Springer, 1993: 143—159.
- [9] Hamilton. 数学家的逻辑[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [10] 汤亚玲, 崔志明. 基于 C++ 递归方法在应用问题中的设计与实现[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与—发展), 2003, 13(8): 90—92.

(上接第97页)

2007.

- [5] 张 炯, 刘利强, 周细义. 快速层次移动 IPv6 切换性能分析及优化[J]. 无线电通信技术, 2008(4): 25—26.
- [6] 孔祥松, 贾卓生. 移动 IPv6 的切换技术[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(8): 1453—1455.
- [7] 沈庆伟, 张 霖. 基于隧道的 IPv4/IPv6 过渡技术分析[J]. 计算机技术与—发展, 2007, 17(5): 176—178.
- [8] 官 俊, 陈 健, 陈 炯. 一种基于转交地址池的层次移动 IPv6 改进协议[J]. 计算机应用, 2006, 26(2): 300—302.