

全 IP 移动网络基于弱动态资源预留的 QoS 保证机制

赵 越 杨 鹏 李思仲 罗晓华 王光兴
(东北大学信息科学与工程学院 沈阳 110004)

摘 要 移动性管理和 QoS 保障机制是全 IP 移动网络中的两个关键技术。如何将二者结合起来,为用户提供可靠的有保障的服务,无疑是非常重要的问题。针对 RSVP 不适应移动环境的缺点,结合微移动协议,本文在全 IP 移动网络接入网的微移动域中,提出一种弱动态资源预留(WDRSVP)的 QoS 解决方案,实现微移动协议和 RSVP 协议之间的互操作。仿真证明,我们的方法能够有效地利用资源,能够更好地保证移动节点在切换时的通信服务质量。

关键词 全 IP 移动网络,接入网,QoS,微移动,弱动态资源预留

A QoS Guarantee Mechanism Based on Weak Dynamic Resource Reservation in All-IP Mobile Network

ZHAO Yue YANG Peng LI Si-Zhong LUO Xiao-Hua WANG Guang-Xing
(School of Information Science and Engineering, Northeast University, Shenyang 110004)

Abstract Both mobility management and QoS provision mechanism are two key technologies in All-IP mobile network. Obviously, how to make them work together to supply users with reliable and guaranteed QoS service is an essential problem. Because RSVP is not applicable to mobile environment, this paper introduces a solution of in-advance Weak Dynamic Resource Reservation(WDRSVP)in micro-mobility domain of All-IP Wireless Access Networks, realizing the co-operation of micro-mobility protocols and RSVP. The simulation can prove that our method can make effective use of resources and guarantee the QoS of communications during the mobile nodes' handing off.

Keywords All-IP mobile network, Access network, QoS, Micro-mobility, Weak dynamic resource reservation

1 引言

全 IP 移动网络(All-IP Mobile Network)是因特网 IP 技术和移动通信技术迅速发展相结合的产物。第三代移动通信和第三代以后的移动通信网络都将向全 IP 移动通信网发展,这将是移动通信网络和因特网的一次重大变革。全 IP 移动通信网的基本概念是将各种无线接口标准和接入手段的数据信号通过 IP 网关连接到 Internet。移动 IP 是在全球因特网上提供移动功能的解决方案,它使节点在链路切换时仍然能保持其通信任务。

移动 IP 技术,能使移动节点(Mobile Node, MN)在移动过程中不改变其 IP 地址,从而保障通信的连贯性。首先,在家乡网络中,移动节点被分配一个永久的家乡地址,然后当移动节点移动到外地网络时,会被分配一个临时的转交地址 CoA(Care of Address)。家乡网络中的家乡代理(Home Agent)将注册家乡地址和转交地址之间的映射关系。

通信节点(Corresponding Node, CN)发给移动节点的数据包,首先被家乡代理截获,然后通过隧道由家乡代理根据转交地址 CoA 发给外地代理 FA(Foreign Agent)。然后 FA 解封数据包,转发给移动节点。

如果移动节点在频繁的切换过程中,每次都向 HA 注册更新与家乡地址相映射的 CoA,这势必增加不必要的信令开销以及注册更新产生的延迟,大大降低节点移动中的通信性能。于是,提出了分层移动管理的概念。

按照移动范围,移动节点的移动可分为宏移动和微移动。

宏移动是指移动主机从一个接入网移动到另一个接入网,并且通知家乡代理改变其转交地址的移动,宏移动通常通过移动 IP 技术处理。微移动管理在移动 IP 技术的基础上进行了改进和提高。微移动是指在微移动区域中,移动节点从一个小小区切换到另一个相邻的小区,而在切换中保持其转交地址 CoA 不变,这大大减少了切换中的丢包和延迟^[2]。

大多数微移动管理协议都是分层的树形结构,例如 Cellular IP 和 HAWAII,如图 1 所示。

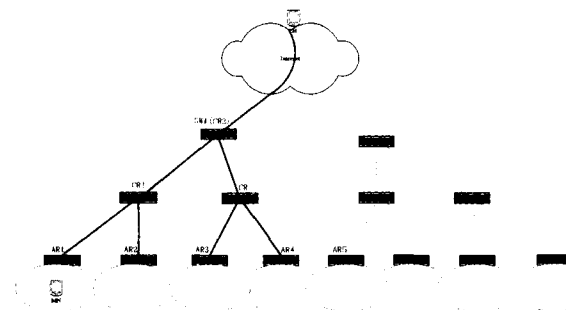


图 1 树状微移动协议的网络拓扑图

图 1 中, GW 为树的根节点,接入路由器 $AR_i (i=1,2,\dots)$ 为树叶。当移动主机在根节点路由器 GW_1 的范围内从 AR_1 移动到 AR_2 时, HA 将感觉不到 MN 的移动,而当 MN 从 AR_i 移动到 AR_j 时,才会向 HA 注册其移动,这样就减少了切换带来的影响。而由于移动网络中的小区变得越来越小,微移动出现的几率要比宏移动大得多,因此微移动中的 QoS

保证机制无疑是非常重要的问题。

2 相关工作

微移动域中的 QoS 协商可以通过资源预留协议 RSVP 进行。

RSVP^[3,4] 是 IntServ^[10] (综合型服务模型) 中在通信实体间传送应用层服务质量需求的信令协议。RSVP 中有两个基本的消息类型 RESV 和 PATH。PATH 消息用于携带应用的业务流特性, 由发送者产生并经路由协议传送到接收者。RESV 消息由接收者发起, 经 PATH 消息的反向路径路由到发送者, 为应用预留资源, 从而为应用提供一定的服务质量保证。

但是, 标准的 RSVP 协议显然没有考虑到终端的移动性。

MRSVP^[5,6] 是由 Talukdar 提出的一种扩展 RSVP, 以支持移动性的方案。在 MRSVP 中, 移动主机可以在它将来到达的子网提前预留资源, 从而保证移动主机的服务质量。MRSVP 的缺陷在于由于此协议需要在移动主机可能访问的多个位置预留资源, 导致网络资源利用率不高。此外, MRSVP 没有解决 RSVP 信令开销大的问题。最后, MRSVP 需要对 RSVP 协议做很大的修改。

在分层的树状结构中, RSVP 资源预留过程使用多连接来支持实时业务。但是, 如果 RSVP 流的跳数过多, 网络拥塞的可能性就会增加, 从而导致资源预留失败。

微移动协议之一的 HAWAII^[7] 协议考虑到了在微移动区域切换时与 RSVP 的交互问题。也就是, 当移动主机在宏移动域内改变接入路由器进行切换时, RSVP 在 GW 和 MH 之间整个路径的资源预留将马上进行更新。这必将导致不必要的控制流量和相当长的资源预留延迟。

针对 HAWAII 所有路径都要进行资源预留更新的缺点, 有关学者提出了一种 RSVP 部分路径重路由机制^[8]。当 MN 在微移动域的小区内进行切换时, 首先通过微移动协议更新路由, 判断出两个小区的交叉路由器, 找出最短的需要资源更新的路径, 然后只在交叉路由器和移动节点之间进行资源预留。这就大大减少了资源预留跳数和资源预留延迟。

但是, RSVP 部分路径重路由机制只是减少了资源预留更新的路径, 在部分程度上减少资源预留的延迟。由于未能事先预留资源, 也有可能导致资源预留失败。

HMRSVP^[9] 是将 RSVP 与移动 IP 的区域登记相结合, 并且在微移动域中移动主机可能到达的区域进行提前资源预留。指针转发机制为当 MN 在 AR 之间进行切换时, 在原来的 AR 中建立一个指针, 指示到达 MN 的下一跳路由, 同时对下一个可能的 AR 进行资源预留。这样, 切换后到达 MH 的路由是原有路由的基础上串连预留的这一段链路, 形成一个指针链。HMRSVP 的指针转发机制能有效地减少每次切换中的重新资源预留的路径长度, 但是可能会引起导致三角路由或者还回路由, 从而导致 RSVP 路径过长。另外, 指针转发机制要求每个树叶与相邻的叶子有一个额外的直接相连的链路。

3 弱动态资源预留方案

针对 MRSVP 过多的资源预留利用率不高, RSVP 部分路径重路由机制无法提前预留资源的问题, 结合微移动协议, 本文提出了一种弱动态资源预留方案。

所谓弱动态资源预留 (WDRSVP, Weak Dynamic Resource Reservation), 就是移动节点进入相邻小以前先进行部分资源预留, 然后随着切换的进行逐渐增加所预留的资源。其工作机制如下:

- ①在有切换意向时, 估计可能到达的网络, 通过交叉路由器发现机制, 找到需要资源预留更新的最短路径。
- ②开始进行弱动态资源预留, 在可能到达的网络预留一定比例的资源(基数资源预留)。
- ③如果切换继续进行, 按照算法增加预留的资源, 反之, 逐步释放所占有的资源。
- ④在切换完成之前, 完成完全资源预留, 并且完全释放在其它网络占有的基数资源预留。

具体的细节如下:

A. 相邻小区的交叉路由器发现机制, 找到需要进行弱动态资源预留的路径。

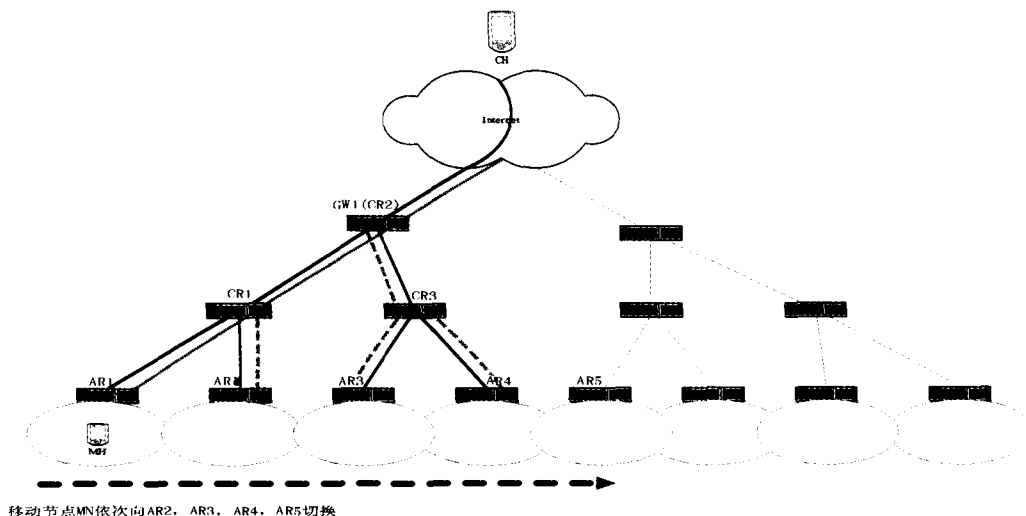


图2 移动节点 MN 依次向 AR₂, AR₃, AR₄ 切换

首先, 当移动节点移动到本小区边缘时, 相邻小区的接入路由器(基站)将感知到移动节点可能移动到本小区, 并开始

计算所需的资源预留路径。该路径是通过交叉路由器发现机制得到的, 其中最重要的是寻找两个小区的交叉路由器。

以微移动协议 HAWAII 为例,如图 2 所示,当 MN 和 CN 进行通信时,当移动节点 MN 从 AR₁,依次向 AR₂、AR₃ 移动,HAWAII 协议要求 GW 和 MN 之间的资源预留全部进行更新。而实际上,当 MN 从 AR₂ 向 AR₂ 切换时,MN 和 CN 之间只改变了一段链路——CR₁ 到 AR₂,其他路径均保持不变。这种资源预留全部更新的做法必然造成不必要的资源预留跳数和资源预留延迟,从而影响 MN 的 QoS。

当 MN 在微移动中的小区内进行切换时,只需找到两个小区的交叉路由器,即可找到需要资源预留更新的最短路径。

交叉路由器发现是通过微移动协议完成的。当移动节点 MN 进行切换时,会沿着新路径向 GW 发送路由更新信息。如果某一个中介路由器收到的转发数据与以前 IP 地址(目的或源地址)相同,而且该路由器以前就存储有为此 IP 的路由信息,但是转发端口不同,那么就可以确定该路由器为交叉路由器。图 2 中,AR₁ 和 AR₂ 的交叉路由器为 CR₁,AR₂ 和 AR₃ 的交叉路由器为 CR₂。由于微移动协议是树形拓扑,找到触发路由器实际上消耗的时间很少。

交叉路由器与可能到达的接入路由器(基站)之间的路径即为所需进行资源预留更新的路径。

B. 进行弱动态资源预留(WDRSVP)。

如果在移动节点切换完成以后进行资源预留,由于资源预留需要一定的时间,那么在切换期间和资源预留延迟期间传送的数据包的服务质量将无法得到保证。这就需要进行提前的资源预留。但是,如果在每一个移动节点可能到达的小区都进行提前资源预留的话,不仅会造成资源利用率低下,更有可能使资源耗尽,导致后来的移动节点分配不到所需的资源。针对这种情况,本文提出了提前弱动态代替资源预留机制(WDRSVP)。

在移动节点到达小区的边缘时,相邻的小区就在交叉路由器发现机制确定的所需源预留更新的路径上进行提前的资源预留。但是,这种资源预留并非预留移动节点通信所需的全部资源,而是预留所需资源(称之为基础资源)的一部分。随着切换的进行,资源预留将逐步增加,直到完全分配到所需的资源为止。相反,如果移动节点并没有进入相邻小区,那么该小区将逐步释放为此移动节点提前预留的资源。我们把这种提前预留所需一部分资源的机制称为提前弱动态资源预留。

弱资源预留机制参照以下公式完成资源预留:

$$Res = BaseRes + (1 - BaseRes) \exp(t - K) \quad (1)$$

其中,Res 为总资源预留系数,其取值范围为 [BaseRes, 1]。BaseRes 为基本资源预留系数,它随着服务类型的不同而不同,例如当为尽力而为型服务时,BaseRes=0.1;可控负载型服务时,BaseRes=0.3;质量保证型服务时,BaseRes=0.5;当然,BaseRes 可以按照具体情况设定。 t 表示时间,其范围为 [0, K]; K 为截止时间。当时间为 K 时,完成资源预留,即 Res=1。

假设移动节点为通信的发送方:移动节点移动到小区边缘,当相邻基站向移动节点发送的信号超过阈值 T_{base} 时(定义为 RSVP 的提前预留信号触发值),移动节点会向该相邻基站发送 RSVP PATH 分组,基站就会将 PATH 分组发送给交叉路由器。交叉路由器收到 PATH 分组后,并不继续往前发送,而是反方向产生 RESV 分组,沿着 PATH 类分组的反方向提前预留比例为 BaseRes 的资源。随着切换的进行,当信号的强度大于 T_{rsvp} 时,中介服务器为移动节点预留的资

源开始按照公式(1)增加,在切换完成以前完成资源预留。相反,当信号强度低于 T_{drop} 时,各路由器将逐渐释放提前预留的资源。各信号强度阈值如图 3 所示。

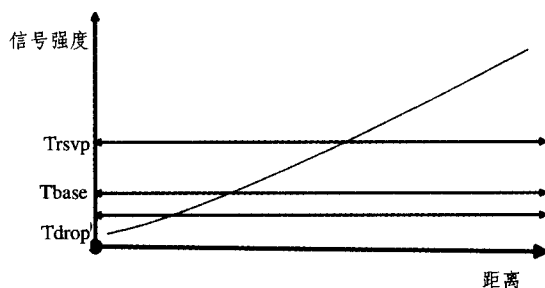


图 3 信号阈值示意图

4 仿真

本文仿真使用 NS2,并且在 NS2 中集成了 CIMS 和 RSVP 模块。其中,CIMS 仿真包由哥伦比亚大学开发,它提供了蜂窝 IP、HAWAII 和分层移动 IP 协议的子模块。该模块实现了两种路径建立方式:单播非转发方式(UNF)和多路径流转发方式(MSF)。为了支持资源预留,采用由德国波恩大学开发的 RSVP/NS 网络仿真模块,该模块遵从 IETF 的 RFC2205、RFC2209 协议。

由于 CIMS 模块和 RSVP 模块是在不同版本的 NS2 中开发的,无法集合起来运行在同一版本的 NS 中。我们通过对 RSVP 模块地址格式的修改和扩充,解决了二者的兼容性问题。

本文在仿真时将 CIMS 模块中的 HAWAII 与 RSVP 相结合,网络拓扑使用二叉树结构。如图 4 所示。

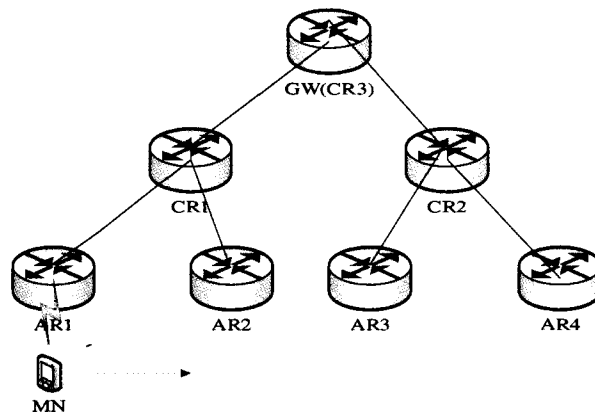


图 4 仿真所用的网络拓扑图

仿真试验的业务源采用 144kb/s 的 CBR(恒定比特流)来代替实时视频流,仿真实验包含若干仿真阶段:

- 从 0s 时刻起,通信对端开始向移动节点以稳定的速率发送业务数据;
- 在 1s 时刻,移动终端开始从接入点 AR₁ 向 AR₂ 移动;
- 在 3s 时刻,移动节点进行切换。

通过对 RSVP 部分路径重路由机制和本文提出的弱动态资源预留(WDRSVP)两种方案进行仿真,得到对比的数据。

①对 RSVP 部分路径重路由机制进行仿真,该机制在切换完成以后进行资源预留。移动节点的数据接收速率如图 5 所示。

(下转封四)

(上接第 29 页)

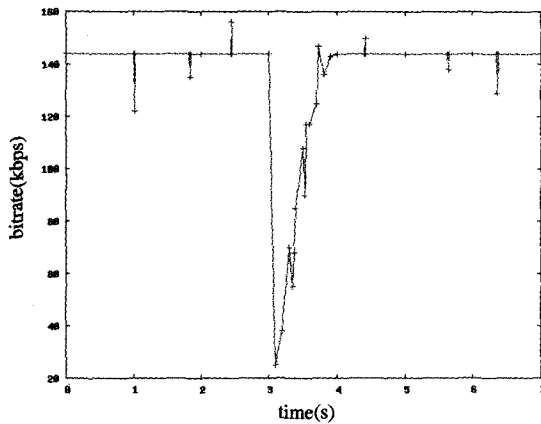


图 5 RSVP 部分路径重路由机制中移动节点接收速率随时间的变化

从图 5 可以看出,在 RSVP 部分路径重路由机制中,当移动节点进行切换时,所需的资源得不到保证,接收数据速率明显降低。随着切换的进行,RSVP 协议完成资源预留,移动节点逐渐得到所需资源。但是从图 5 可以看出,从切换开始的一个比较长的时间内,通信任务的服务质量得不到保证。

②对弱动态资源预留方案进行仿真。在仿真中,按照公式(1)进行资源预留。其中,取基本资源预留系数 BaseRes=0.3,截止时间 $K=0.5s$ 。

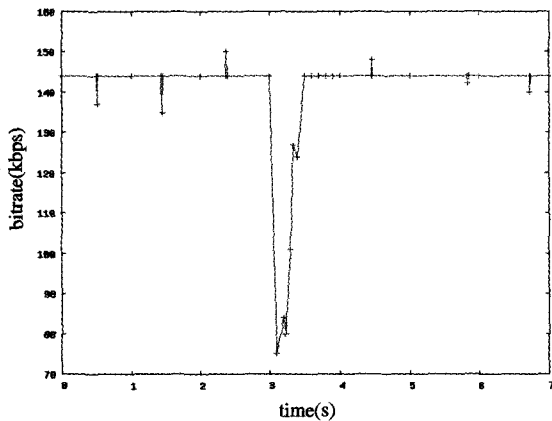


图 6 弱动态资源预留机制移动节点接收速率随时间的变化

从图 6 可以看出,在弱动态资源预留机制中,移动节点在

开始切换时,虽然其数据传输速率有一定程度的下降,但是随着资源的动态增加,移动节点能在截止时间 K 以内得到所需资源,并在很短的时间内使其数据传输速率迅速达到稳定。

对比图 5 和图 6,可以看出,移动节点在小区切换时,弱动态资源预留机制能在截至时间(本文仿真取 $K=0.5s$)以内完成资源预留。而 RSVP 部分路径重路由机制要相当长的时间内,移动节点接收数据速率才能达到稳定。可见,弱动态资源预留方案中移动节点在切换时的通信性能明显优越很多。

结论 在全 IP 移动网络微移动域中,我们提出的弱动态资源预留协议(WDRSVP),结合交叉路由器发现机制,在移动节点切换以前,就在可能到达的相邻小区内预留所需的部分资源。随着切换的进行,动态地增加所需资源。这种方案只在更新的路径进行动态的资源预留,能够克服 MRSVP 资源预留利用率不高以及前面节点过多的资源预留可能会导致后面节点资源预留失败的情况,而且能解决 RSVP 部分路径重路由机制无法预留资源的问题,保证了移动节点在微移动域中的 QoS,减少资源预留延迟和控制流量过载,满足了切换过程中所需的资源,而且减少了资源预留延迟以及切换过程中的数据包丢失率。

参考文献

- Perkins C. IP Mobility Support. IETF RFC2002, October 1996
- Campbell A T, Gomez-Castellanos J. IP Micro-Mobility. ACM SIG-MOBILE Computing and Communications Review, 2000, 4(4)
- RFC 2205. Resource Reservation Protocol (RSVP) Version Functional Specification [S]. Sep. 1997
- RFC 2209. Resource Reservation Protocol (RSVP) Version 1 Message Processing Rules [S]. Sep. 1997
- Badrinath T B, et al. MRSVP: A resource reservation protocol for an integrated services network with mobile hosts [J]. Wireless Networks, 2001, 7(1): 5~19
- Badrinath T B, et al. Integrated services packet networks with mobile hosts: Architecture and performance [J]. Wireless Networks, 1999, 5 (2): 111~124
- Ramjee R, La Porta T, Thuel S, et al. HAWAII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Networks. IEEE Seventh Annual International Conference on Network Protocols
- Moon B, Aghvami A H. Quality-of-Service Mechanisms in All-IP Wireless Access Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2004, 22(5)
- Tseng Chien-Chao, Lee Gwo-Chuan, Liu Ren-shiou. Tung College, HMRSVP: A Hierarchical Mobile RSVP Protocol. IEEE 21st International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, April 2001
- Braden R, Clark D, Shenker S. Integrated services in the Internet architecture: An overview. IETF RFC 1633, June 1994

计算机科学

(1974 年 1 月创刊)
第 33 卷第 9 期 (月刊)
2006 年 9 月 25 日出版

国际标准连续出版物号 ISSN 1002-137X
国内统一连续物出版号 CN50-1075/TP

定价: 30.00 元 国外定价: 5 美元
邮发代号: 78-68
发行范围: 国内外公开

主管单位: 国家科学技术部
主办单位: 国家科技部西南信息中心
编辑出版: 《计算机科学》杂志社
重庆市渝中区胜利路 132 号 邮政编码: 400013
电话: (023) 63500828 E-mail: jsjxx@swic.ac.cn
网址: www.jsjxx.com

社长: 牟炳林
总编: 彭丹
主编: 朱宗元
主编助理: 徐书令
印刷者: 重庆科情印务有限公司
总发行处: 重庆市邮政局
订购处: 全国各地邮政局
国外总发行: 中国国际图书贸易总公司 (北京 399 信箱)
国外代号: 6210-MO

9-2817
21.3318