

基于 3GPP2 框架的无线移动网络的 RSVP 扩展研究

华 蓓,熊 焰,蔡承杰

(中国科技大学计算机系,安徽合肥 230027)

摘 要: 本文讨论了面向固定网络设计的 RSVP 协议应用于无线移动网络需要解决的问题,并针对 3GPP2 框架下的无线移动网络提出了一种 RSVP 扩展方案.该方案采用隧道预留技术建立端-端主动预留,为数据连接提供服务质量保证;采用移动预测和被动预留技术在移动节点可能进入的蜂窝内提前预留无线资源,提高切换成功的概率;通过采用主动切换技术减小预留路径调整的时间,进一步提高通信的连续性.

关键词: 无线移动网络;资源预留;RSVP 扩展

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-2111-04

Research of RSVP Extension in Wireless Mobile Networks Based on 3GPP2 Framework

HUA Bei, XIONG Yan, CAI Cheng-jie

(Dept. of Computer Science & Technology, University of Science & Technology of China, Hefei, Anhui 230027, China)

Abstract: This paper discusses the issues needed to be resolved when fixed network-oriented RSVP is used in wireless mobile networks, and puts forward a scheme to extend existing RSVP in 3GPP2 framework-based wireless mobile networks. There are three main extensions: the first uses RSVP over IP tunnels to establish end-to-end active reservation, which will provide data flows with guaranteed QoS. The second uses mobility predication and passive reservation to make advanced reservation of wireless resource in a set of cells where mobile node will enter in the near future, and this extension can increase the probability of successful handoff. The third employs active handoff to reduce the time used for adjustment of reserved paths, and further improves the probability of seamless communication.

Key words: wireless mobile network; resource reservation; RSVP extension

1 引言

因特网的飞速发展给现代生活带来了很大的便利,但目前人们大多只能通过固定的网络接口访问因特网,且大多只能得到普通的数据服务.随时随地访问因特网并获得形式多样的数据服务,已成为未来个人通信的理想目标.

为实现这一目标,传统的因特网服务模型中需要增加对移动通信和服务质量(Quality of Service, QoS)的支持.移动通信技术——特别是 CDMA(Code Division Multiple Access)技术——的发展和移动 IP 协议的提出,较好地解决了用户在移动中进行数据通信的问题,可以实现随时随地上网,但服务质量不能保证. IETF(Internet Engineering Task Force)提出的综合服务模型 IntServ(RFC 1633),使用资源预留协议 RSVP(Resource ReSerVation Protocol)为数据流在端-端路径上预留资源,结合适当的资源调度策略,可为固定网络中的数据连接提供 QoS 服务.然而为固定网络设计的服务模型和 RSVP 协议并不适合无线移动网络,预留路径的切换增加了系统资源管理的难度,对 RSVP 的运行效率也是一个巨大的挑战.

在一个有线/无线混合的网络中,通常无线链路是通信的

瓶颈.目前宽带 CDMA 所能提供的最高速率只有 2Mbps,与固定网络中成百上千兆的速率相差甚远,因此无线网络中的资源预留和管理是解决服务质量问题的关键.本文基于 3GPP2(The Third Generation Partnership Project 2)的无线移动 IP 体系结构^[1],提出了一种 RSVP 扩展方案,该方案结合隧道预留、被动预留、移动预测和主动切换等技术,可有效地解决 RSVP 应用于无线移动网络时的低效率及不兼容的问题,且可明显提高路径切换成功率和减少切换时间.

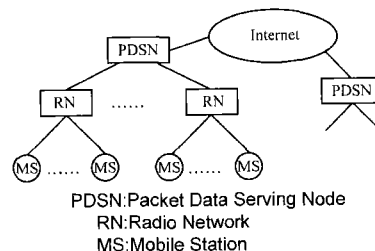


图 1 本文采用的无线 IP 体系结构

图 1 是本文采用的结构,其中 PDSN 用于将无线分组数据业务接入固定网络,它同时实现家乡代理和外地代理的功能;

RN 负责管理无线链路资源,在基站上实现;MS 是分组数据服务的发起者与接受者,在用户的移动终端上实现;RN 与 MS 之间是无线链路,RN 连接在固定网络上.按照文[1]RN 实际上应包含两个功能实体:PCF(Packet Control Function)和 BS(Base Station),其中 PCF 为 PDSN 缓存发往 MS 的数据分组,BS 管理无线链路的资源.文[1]没有规定功能实体与物理节点的对应关系,将 PCF 和 BS 放在基站上一起实现,这一方面是为了实现上的简洁,另一方面本文主要研究无线链路上的资源预留协议,这种简化不会对研究结果产生影响.

将一个 PDSN 所控制的网络看成是一个 Intranet,各个 Intranet 通过固定因特网相连.现在一般认为,Intranet 宜采用综合服务模型,而 Internet 宜采用区分服务模型.因此,假设 Intranet 支持综合服务,而各个 PDSN 之间通过不支持综合服务的 Internet 互连.

2 RSVP 协议及其在无线移动网络中的局限性

RSVP(RFC 2205)是 IETF 提出的一种建立资源预留的协议标准,它负责为特定的应用数据流向网络请求特定的服务质量.RSVP 运行于 IP 之上,它不负责传送应用数据,只是为建立数据传输所需要的资源预留传递相关的控制信息.RSVP 是面向接收方的,即由接收方负责发起和维护资源预留,为单向数据流提供 QoS 保证.RSVP 定义了一整套消息机制来完成 QoS 请求、资源预留、预留路径维护、资源释放等功能,其中最主要的是 PATH 和 RESV 消息.RSVP 通过定期发送刷新消息来维护各个节点中的“软”状态.

RSVP 是针对有线和固定连接的网络设计的,它假定通信两端位置固定,IP 地址不变,中间路由器能够用通常的 IP 路由方法建立预留路径等.但是,无线移动网络的特殊环境使得这些假设不再成立,将 RSVP 应用于无线移动网络需要着重解决以下问题:

(1)在隧道中建立预留 移动 IP 协议(RFC 2202 和文献[3])和 3GPP2 的无线 IP 标准^[2]都用到了隧道,隧道可使新的协议或服务只加载到少量特殊节点上.但是 RSVP 消息一旦被封装进入隧道后,隧道中的节点就无法识别这些消息,也就无法在隧道中建立资源预留.为此,IETF 提出 RSVP over IP Tunnels(RFC 2746)来解决该问题;

(2)适应无线链路的高误码率特点 无线链路的误码率和丢包率比有线网络高得多,且带宽资源非常有限,因此移动节点和基站可能较长时间都收不到相互发送的 RSVP 刷新消息,这会引发频繁的状态超时.通过提高软状态的清除周期来提高 RSVP 对刷新消息丢失的忍受能力,是可以采取的一种办法;

(3)适应频繁的路径变换 当节点切换链路时,应当立即建立新的预留路径,以保持通信的连续性.如何在最短的时间内以最小的处理开销调整预留路径,是需要特别考虑的问题;

(4)适应提前预留的需要 如果等节点切换到新的链路后再申请预留资源,可能会因资源不够导致切换不成功.提前预留是提高切换成功概率的一种有效方法,但这要求 RSVP 能够支持提前预留.目前的 RSVP 尚不能做到这一点,需要对其

进行扩展.

3 RSVP 扩展的设计思想

资源预留方案的设计与要实现的服务模型密切相关.根据服务承诺是否移动相关,可有移动无关和移动相关两大类服务.移动无关服务要求用户在请求连接时即给出未来精确的位置集合(用 MSpec 参数表示),网络在相关路径上提前预留资源,从而保证用户在移动过程中的正常通信.移动相关服务不要求用户给出 MSpec,因而无法在建立连接时进行精确的提前预留,当用户切换链路时可能会出现服务质量下降甚至通信中断的情况.从目前的技术水平来看,实现移动无关服务难度很大,特别是要求用户给出精确的 MSpec,这在目前还很难做到.移动相关服务利用现阶段的技术是可以实现的,因此本文主要针对移动相关服务来研究资源预留和 RSVP 扩展.我们对 RSVP 的扩展主要体现在以下三个方面:

(1)在主动路径上使用隧道预留技术 主动路径是指移动节点与通信对端之间的端-端预留路径,也是当前数据包正在使用的传输路径^[4].当移动节点位于外地链路时,按照移动 IP,从家乡代理(家乡 PDSN)到外地代理(外地 PDSN)之间是一条隧道;按照 3GPP2 规范,从外地 PDSN 到移动节点当前的 BS 之间也是一条隧道.外地 PDSN-BS 之间的隧道位于 Intranet 内,我们使用 RSVP over IP Tunnels 建立隧道预留.家乡 PDSN-外地 PDSN 之间的隧道穿过 Internet,这一段不支持综合服务,无法进行隧道预留,但我们在隧道的入口(即家乡 PDSN)上建立一个与该端-端会话对应的本地预留,这样可以在数据包进入隧道前得到不同的服务.如果在 Internet 上实现区分服务,则家乡 PDSN 就相当于区分服务域的一个入口路由器,对进入该域的不同业务进行区分处理;

(2)在无线链路上根据移动预测进行被动预留 为提高切换成功的概率,我们令移动节点随时预测下一次可能进入的蜂窝集合,并在这些蜂窝内提前预留无线资源.这种提前预留称为被动预留^[4],因为这部分资源只是被标记为已预约,并未真正分配给移动节点,仅当移动节点到达该位置时才接管这些资源.我们只在无线接口上被动预留资源,在从这些位置到通信对端的端-端路径上不进行被动预留,这是为了降低协议的复杂度和运行开销,同时由于无线链路是资源的瓶颈,在无线接口上提前预留已能很好地提高切换成功的概率^[5];

(3)主动切换 在 RSVP 协议中,路由的改变可以通过定期刷新的 PATH 消息发现,然后由 RSVP 重建预留路径.但是这种机制不能及时发现路由的改变,当移动节点在链路间快速切换时,会因为预留路径不能及时调整而导致通信受阻.为解决这一问题,我们设计了主动切换.对移动 IP 协议进行了适当的扩展,该协议在移动节点完成移动 IP 注册后,立即通知 RSVP 实体,然后由新旧预留路径交汇点上的 RSVP 进程主动发起预留路径的切换过程.这样做可以减少移动节点调整预留路径的延迟,从而提高通信的连续性.此外,在新的预留路径尚未建立或者没有明确的失败通知前,数据包依然在原来的预留路径上发送.

在本方案中,为简化问题的考虑和实现,进一步假设接收

端是移动节点,而发送端是固定节点.做这样的假设主要基于以下考虑:①在大多数的网络应用中,终端实际上是和网络中的某台服务器在进行通信,比如文件服务器、邮件服务器、Web 服务器、音/视频服务器等,这些服务器大多是在固定网络中,且终端大多是充当接收者的角色;②若发送端是移动节点,则对它的处理与对移动接收端的处理实际上是类似的,比如都要进行移动 IP 注册、进行移动预测和在相邻的一些蜂窝内进行被动预留等,我们将在下一阶段的工作中研究这种情形.

考虑到无线移动网络与固定网络的相互融合,以及尽可能利用已有的协议与研究成果,设计原则是:只在 PDSN、RN 和 MS 这三个功能实体上添加新的功能,而对传统的节点(固定终端和固定网络中的路由器)不做任何改动.

4 RSVP 扩展方案

4.1 主动预留的建立

通信对端与移动节点之间建立的端-端预留称为主动预留.当移动节点在其家乡 BS(与移动节点家乡地址具有相同的网络前缀)下时,移动节点可象固定节点一样工作,这时使用现有的 RSVP 方法即可建立主动预留.当移动节点离开家乡 BS 之后,就要通过建立与端-端会话相关联的隧道会话,来实现从通信对端到移动节点的主动预留.

下面以一个典型例子来说明当移动节点处于外地链路时,主动预留路径的建立过程.在图 2 中,MS 位于外地代理(FA)下,从通信对端(CN)到 MS 的主动预留路径按照以下的步骤建立:

(1)CN 产生 PATH 消息,并逐跳步地发送到 MS 的家乡代理(HA),沿途路由器上建立 Path 状态;

(2)根据 MS 的注册消息,HA 判断 MS 已离开,于是生成新的 PATH 消息,目的 IP 地址设为 MS 的转交地址,即 FA 的地址(3GPP2 只使用外地代理转交地址),同时 HA 上记录该会话的 Path 状态;

(3)FA 建立 Path 状态,通过查找路由获得 MS 当前的 BS 地址,通过隧道向其转发 PATH 消息.BS 向 MS 转发 PATH 消息,并根据 MS 发来的 RESV 消息为端到端会话预留无线资源,然后再通过隧道向 FA 转发 RESV 消息.FA 按照 RFC 2746 给出的隧道会话建立步骤,在 FA 与 MS 所在的 BS 之间建立隧道会话,进行隧道预留,并与端到端会话建立绑定关系.然后 FA 向 HA 转发 RESV 消息;

(4)HA 记录端到端会话的 Resv 状态,发现转交地址不属于自己的子网,于是建立一个与端到端会话相对应的本地预留,并为该预留分配一个源端口.本地预留的源地址为 HA 的地址,目的地址为 MS 的转交地址,目的端口为 363;

(5)HA 在沿着 PATH 消息的逆向路径上发送 RESV 消息,沿途的路由器建立 Resv 状态,进行接纳控制和资源预留.CN 收到 E-RESV 消息后,建立 Resv 状态,预留资源.至此主动预留建立过程完成.

此后,数据包按以下过程传递:

(1)CN 生成 IP 数据包,根据目的地址和目的端口进行分

类,确定所属的会话,然后使用已预留的资源发出;

(2)从 CN 到 HA 的路由器对 IP 包进行分类、排队,使用已预留的资源转发;

(3)HA 对 IP 数据包分类,确定所属的流,按照与本地预留的对应关系进行 IP + UDP 封装(RFC 2746),然后再对封装后的数据包分类、排队,利用本地预留资源转发;

(4)FA 解封装该数据包,由目的端口号 363 知道数据部分是一个 IP 包,再根据内部的 IP 报头和 UDP 报头查找是否属于某个已进行了预留的会话;若是,按照绑定关系找到对应的隧道会话,进行 IP + UDP 封装,UDP 的目的端口为 363,源端口为隧道会话的端口,IP 源地址为隧道会话的源地址,目的地址为隧道会话的目的地址,然后使用为该隧道会话预留的资源进行发送;若不属于任何会话,则由移动 IP 协议负责处理;

(5)FA 到 BS 之间的路由器对封装后的数据包进行分类、排队,使用隧道预留的资源进行转发;

(6)BS 解开 IP 和 UDP 封装后,由目的端口号 363 知道数据部分是一个 IP 包,再对该 IP 包进行分类操作,若属于某个会话,使用为该会话预留的无线资源发送给 MS,否则,作为传统的 IP 数据包,由移动 IP 协议处理.

除了这种典型的情况外,当 MS 处于其它位置时,预留路径建立过程和数据包传递过程可依此类推.

4.2 移动预测与被动预留

所谓移动预测,就是移动节点根据当前的运动趋势,估算出未来一段时间内可能到达的位置集合.MS 定期计算自己的位置、移动速度与方向,参照移动历史和相邻 BS 的信息,运用适当的移动预测算法就可以计算出要进行被动预留的 BS 集合,这称为 MS 的移动趋势预测集合.BS 上记录每个 MS 的移动趋势预测集合,RSVP 进程定期访问这个集合,在 MS 可能要去的地方提前预留无线资源.

被动预留只是对资源进行预约,而不实际分配.我们用接纳控制来判断请求的资源能否满足,如果满足,就在资源分配记录中增加一项,表明该资源已被预约;如果不满足,则不需要做什么,它只预示着移动节点一旦进入该蜂窝后,预留成功的概率会比较小.需要注意的是,虽然没有实际为被动预留分配资源,但在对其它请求进行接纳控制时,被动预留的资源要计入已用资源.

被动预留通过被动的 PATH 消息和 RESV 消息建立,并定期由它们刷新.当与某个会话相关的 MS 正式进入某个蜂窝并向当地的 BS 发出预留请求时,如果 BS 发现已经为该会话进行了被动预留,则不需要再进行接纳控制,直接通知资源管理模块把被动预留变为主动预留.被动预留的释放可以在收到显式的 Teardown 消息后进行,也可以在被动预留状态超时之后自动进行.

4.3 预留路径的主动切换

当 MS 发生了切换后,RSVP 本身并不知道,必须由移动 IP 通知.在本方案中,我们在 RSVP 和移动 IP 之间设计了一个中间层,作为移动 IP 向 RSVP 通知切换信息的通道.通道中保存着一些回调例程,中间层模块把切换信息作为参数传递给

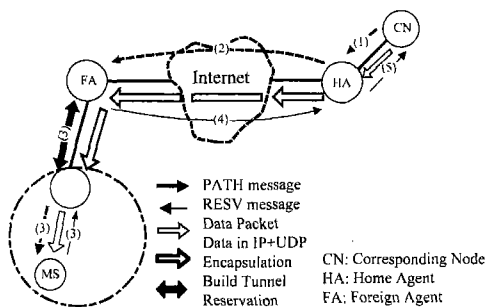


图2 主动预留路径的建立

这些例程.移动 IP 完成切换过程后,会将 MS 的转交地址等信息放入中间层,RSVP 从这里读取所需信息.

切换过程应由新、旧预留路径的交汇点发起,但是节点往往只能判断自己可能是交汇点,但无法肯定这一点.在本方案中只要节点判断自己可能是交汇点就必须发起切换过程,当多个节点同时发起切换过程时,只有真正的交汇点发起的过程才会继续下去,其它的切换过程都会被中止.在我们的网络模型中,要成为切换过程的可能发起点,首先要满足以下几个基本条件:

- (1) 只有 PDSN 和 MS 的家乡 BS 才有可能成为发起点;
- (2) 该节点上存在着以 MS 为目的节点的端-端会话;
- (3) MS 在该节点上的注册转交地址发生了变化.

以下是 RSVP 扩展对移动切换的一般性处理过程,不妨设节点 A 为一个可能的切换过程发起点. A 首先判断自己是否可能是新旧路径的交汇点,如果是则启动相关会话的切换计时器,将相关会话的状态变为 SWITCHING,生成新的 RSVP 状态,将原来的状态标记为“旧”,然后向 MS 的新位置发送 PATH 消息.如果在切换计时器超时之前, A 收到了来自新路径的 RESV 消息,则关闭切换计时器,会话状态恢复为“NORMAL”,进行新的接纳控制和资源预留,然后释放原有的预留资源,删除“旧”的状态,并进一步删除下游原来预留路径上的资源和 RSVP 状态.如果切换计时器超时, A 就认为新的预留路径无法建立,这时需要从当前点开始删除整条预留路径上的资源和 RSVP 状态.

因为节点无法判定自己是否就是交汇点,所以移动节点切换后,可能同时有多个节点发起预留路径的切换过程.为了避免建立错误的路径或者删除不应该删除的预留,当某个节点发起了切换过程后,只要当前会话状态为“SWITCHING”,那么对于从新的上游方向来的 PATH 消息和从旧的下游路径来的 Teardown 消息都不做处理,直接丢弃.

为了尽量保持通信的连续性,在新旧路径的切换过程中,假定移动节点尚未完全脱离原来的蜂窝,则发往移动节点的数据包将被复制,一份沿着原有的预留路径发送,另一份沿着

到移动节点的新路径以尽力服务方式传递.移动节点收到重复的数据包后由上层协议负责去除冗余.

5 结束语

资源预留是提供服务的前提,而 RSVP 是建立资源预留的信令协议.然而,针对固定网络设计的 RSVP 在无线移动网络中运行会出现许多问题,突出表现在其不能兼容隧道,不能支持提前预留,也不能适应频繁的路径切换.本文提出了一种在基于 3GPP2 框架的无线移动网络中进行 RSVP 扩展的方案,该方案采用 RSVP over IP Tunnels 解决隧道预留的问题,并基于该技术为数据连接建立端-端的主动预留;采用移动预测和被动预留技术解决提前预留的问题,在提高切换成功率的同时并不明显增加协议的复杂度和运行开销;采用主动切换技术来减小路径切换的延迟,从而能够适应频繁的路径切换,进一步提高通信的连续性.对该扩展方案的进一步完善,以及增加移动节点作为发送端的内容,是下一阶段的主要工作.

参考文献:

- [1] 3GPP2 P. R0001-1.0.0, Wireless IP Architecture Based On IETF Protocols[S].
- [2] 3GPP2 P. S0001-A-1, Wireless IP Network Standard[S].
- [3] James D Solomon. Mobile IP: The Internet Unplugged[M]. 裘晓峰,等译.北京:机械工业出版社,2000.
- [4] A K Talukdar, et al. MRSVP: A Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts[R]. USA, Department of Computer Science Technical Report, DCS-TR-337, Rutgers University, 1997.

作者简介:



华 蓓 女,1966 年 9 月生于海南省海口市.1990 年 7 月在中国科技大学无线电电子学系获学士学位,1993 年 7 月在北京大学无线电电子学系获硕士学位,现为中国科技大学计算机系在职博士生,副教授.研究兴趣是计算机通信,移动计算,新一代网络体系结构,已发表论文 10 余篇.

熊 焰 男,1960 年 8 月生于安徽省合肥市.1990 年 7 月在中国科技大学计算机系获博士学位,现为中国科技大学计算机系副教授,主要从事分布式系统和移动计算方面的研究.

蔡承杰 男,1975 年 10 月生于安徽省蚌埠市.中国科技大学计算机系 99 级硕士研究生,主要从事计算机通信方面的研究.