

无线移动网络的综合服务模型与资源预留研究

华蓓熊焰

(中国科技大学计算机系, 安徽合肥 230027)

摘 要: 本文讨论了无线移动网络的综合服务模型, 提出应按照服务承诺是否移动相关以及资源是否独占来对实时服务进行分类, 并定义了组成该综合服务模型的五种服务承诺. 本文同时还讨论了移动无关与移动相关服务的资源预留解决方案, 提出在移动无关服务中用移动代理技术建立端-端的主动预留与被动预留, 而在移动相关服务中只建立主动的端-端预留并在相关的无线链路上被动预留资源.

关键词: 无线移动网络; 服务质量; 综合服务模型; 资源预留

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 04-0527-04

Research of Integrated Services Model and Resource Reservation in Wireless Mobile Networks

HUA Bei, XIONG Yan

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

Abstract: This paper firstly investigates the integrated services model of wireless mobile networks. It argues that real-time service commitments shall be sorted according to its mobility dependence and if the allocated resource is exclusive. As a result, it defines five constituent service commitments of the integrated services model. This paper also discusses the resource reservation schemes related to mobility independent services and mobility dependent services. These schemes are proposed to establish end-to-end reservation along all active and passive paths using mobile agent while providing mobility independent services, and to establish end-to-end reservation along active path and passive reservation only in related wireless links while providing mobility dependent services.

Key words: wireless mobile network; quality of service; integrated services model; resource reservation

1 引言

快节奏的生活迫使人们对于网络计算呈现越来越强的依赖性, 使人们萌发了在移动中随时随地访问因特网的强烈愿望, 第三代移动通信系统的提出正好满足了这种需要. 就象人们不满足固定网络仅提供传统数据服务一样, 也希望无线网络能够提供丰富多彩的服务(如实时多媒体服务), 因此无线网络的服务质量已成为迫切需要解决的问题.

针对固定网络的实时服务, IETF (Internet Engineering Task Force) 提出了一种扩展的因特网服务模型——综合服务模型, 基于该模型人们对服务质量相关技术进行了大量的研究. 但是这些研究成果不能照搬到无线网络中, 无线网络的特点是终端可以移动, 因而带来路径的变化, 相应地就需要在新的路径上建立资源预留. 如果新的路径上没有足够的资源, 就会导致服务质量降级甚至服务中止. 可见, 固定网络的服务模型需要扩展, 以便加入移动特性. 为了使终端在移动的过程中获得可接受的服务质量, 需要在它未来可能经过的路径上提前预留资源, 这就需要对固定网络的资源预留模式及资源预留协议 RSVP (Resource ReSerVation Protocol) 进行扩展.

本文提出了一种适用于无线移动网络的综合服务模型,

它根据服务承诺是否移动相关和资源是否独占来对实时服务进行分类和定义, 既体现了无线网络的特点, 又与固定网络的综合服务模型相兼容. 在此基础上, 讨论了移动相关服务与移动无关服务的资源预留策略, 不同的资源预留策略实际上体现了服务承诺的严格程度与资源利用率和实现复杂度之间的综合考虑.

2 无线移动网络特定的 QoS 参数

网络 QoS 参数是用定量或定性的方式来描述应用对于网络服务的要求. 一个应用无论运行在什么样的网络上, 它对网络服务的要求应该是一样的, 也就是说, 网络 QoS 参数只应由应用的本质决定, 而与具体的网络形式无关. 因此, 针对固定网络提出的网络 QoS 参数^[1]同样适用于无线移动网络, 如延迟、延迟抖动、丢失敏感度等.

事实上, 所有的应用对于网络服务还有一个共同的要求, 就是通信的连续性, 即在应用的整个生存期内网络连续提供服务. 这个要求在固定网络中不成问题, 因为所有的节点和预留路径都是固定的, 系统只要工作正常就能提供所需的服务. 但在移动网络中就不同了, 节点到达一个新的位置后, 如果在新的路径上不能得到所需要的资源, 服务就会中断, 因此通信

的连续性在移动网络中就显得十分重要。“无缝通信概率”这个 QoS 参数^[2]就是用来表示移动节点在移动的过程中,能在多大程度上保持通信且获得可接受的服务质量。

为保持通信的连续性,在移动节点未来可能经过的所有路径上提前预留资源是一种可靠的办法,但这会降低资源的利用率,况且有时也无法精确预计将来的行踪。另一种办法是进行实时移动预测,根据预测的结果在相关路径上实现预留,但这样做就无法保证无缝通信。选择在哪些预测路径上预留资源将关系到无缝通信概率的大小,反过来,根据移动预测结果和无缝通信概率也可以确定需要提前预留资源的路径。

3 无线移动网络的综合服务模型

IETF 提出的综合服务模型是针对固定网络的,它包括以下一组服务承诺:确保质量的服务(GS)、控制负载的服务(CL)、尽力的服务和受控链路共享服务(RFC 1633, 2212, 2211)。前两种是针对实时服务的服务承诺,其中 GS 服务保证严格的分组端-端延迟上限,CL 服务保证大部分分组具有可接受的端-端延迟,尽力服务就是传统的数据报服务,没有延迟边界保证,受控链路共享服务可保证某一类集合实体获得最小的链路带宽。

终端的可移动性以及移动的不可预知性,使得无线移动网络的服务承诺不同于固定网络。文献[3]假设用户在提出连接请求时,能够用移动规范 MSpec(mobility specification)精确描述移动节点在流的生存期中将会访问的蜂窝集合。在此基础上它定义了三种实时服务类型:移动无关确保质量的服务,移动无关可预测的服务和移动相关可预测的服务。当用户的移动不超出 Mspec,且数据流特性不超出业务描述参数 Tspec 时,这三种服务类型分别可保证严格的分组端-端延迟上限、绝大部分分组的端-端延迟上限和在较大程度上绝大部分分组的端-端延迟上限。

文献[3]要求用户在建立连接时给出精确的移动范围,这个要求有点苛刻。因为用户有时并不能精确预见自己未来的行动,即使可预见,他所知道的也可能只是一个地理范围,而并不知道这个范围到底被哪些蜂窝所覆盖,除非用户终端上有专门的服务可以自动将用户给出的地理区域映射到覆盖该区域的蜂窝集合。而一旦用户的移动超出了 MSpec,就不再符合服务承诺的前提条件,也就得不到任何服务质量保证。

文献[4]提出了两种与移动网络相关的服务类型,它们是移动相关本地确保服务和移动相关自适应服务,仅当用户在本地子网时可以保证相应的服务质量,一旦用户进入到另一个子网,就必须重新协商 QoS 和建立资源预留,从而存在服务降级甚至中止的可能。

文献[4]不要求用户给出 MSpec,因而只能在本地球网中保证服务质量。虽然从目前来看这种服务模型非常简单,也易于实现,但是服务模型的提出必须考虑到现在以及未来各种应用对服务的需要。在技术上从地理区域到蜂窝集合的映射是能够解决的,也即给出精确的 MSpec 不是没有可能,而一旦用户给出了 Mspec,就有理由要求获得相当可靠的服务质量保证。因此,只定义以上两种服务类型也是不够充分的。

事实上,一个在无线移动网络中运行的实时应用,它最关心的服务质量有两个,一是延迟,二是通信的连续性。当用户不移动或者移动可预知时,这两个服务质量可以也应该得到可靠保证,而当用户发生了不可预知的移动时,服务质量自然就无法保证了。因此,我们认为应该定义移动无关和移动相关两大类服务。如果用户能够给出 MSpec,那么网络就可以在用户将会使用的路径上提前预留资源,这样只要用户不超出 MSpec 就总能得到足够的资源,从而能够保证延迟和通信连续性,这就是移动无关服务。如果用户没有给出 MSpec,那么在移动的过程中就有可能发生因资源不够导致延迟不能保证甚至通信中断的情况,这就是移动相关服务。

在移动无关和移动相关服务中,按照数据流是否独占资源做进一步分类,这是为了与 IETF 综合服务模型的 GS 和 CL 服务相兼容。为此,提出无线移动网络的综合服务模型由以下五种服务承诺:

移动无关确保质量的服务(Mobility Independent Guaranteed Service)只要用户的移动不超出 MSpec,且数据流特性不超出 TSpec,网络可提供 GS 服务。用户在请求这类服务时必须给出 MSpec,网络在用户将会经过的所有路径上预留最大所需的资源,且这部分资源被数据流独占。当用户能够提供精确的移动范围,且应用要求绝对保证延迟时,可以要求这类服务。

移动无关控制负载的服务(Mobility Independent Controlled-Load Service)只要用户的移动不超出 MSpec,且数据流特性不超出 TSpec,网络可提供 CL 服务。用户在请求这类服务时必须给出 MSpec,网络在用户将会经过的所有路径上预留资源。为提高资源利用率,宜采用统计共享的策略,即为全体 CL 流预留其平均所需的资源,并且所有 CL 数据包在同一个队列中按先入先出顺序进行处理。配合适当的接纳控制策略,这种资源共享方法可以获得满意的平均分组延迟特性。当用户能够提供精确的移动范围,且应用对延迟的要求不太严格时,可以要求这类服务。

移动相关本地确保服务(Mobility Dependent Locally Guaranteed Service),当用户在当前位置建立了端-端预留后,只要不进行切换,并且数据流特性不超出 TSpec,用户可获得 GS 服务。切换后需要重新协商 QoS 等级,并重新建立端-端预留,当网络无法满足最低的 QoS 等级时,终止连接。

用户在请求服务时需要给出无缝通信概率和一组可接受的 QoS 等级,网络根据移动预测结果及无缝通信概率在用户最近可能到达的位置进行提前预留,端-端预留的资源必须被数据流独占。当用户无法给出精确的移动范围估计,而应用又对延迟有较高要求时,可以要求这类服务。

移动相关自适应服务(Mobility Dependent Adaptive Service),当用户在当前位置建立了端-端预留后,只要不进行切换,并且数据流特性不超出 TSpec,用户可获得 CL 服务。切换后需重新建立端-端预留,资源不够时终止连接。用户在请求服务时需要给出无缝通信概率,网络根据移动预测结果及无缝通信概率在用户最近可能到达的位置进行提前预留,采用统计共享策略,所有要求这类服务的数据流共享一块资源。当

用户无法给出精确的移动范围估计,而应用又是自适应的,可以要求这类服务。

尽力服务(Best-effort Service)这一类服务就是传统的数据报服务,用户不需给出 MSpec 和 TSpec,网络也不进行资源预留,当然也不保证任何服务质量。

以上服务承诺中,前四种是对于实时服务的承诺,最后一种是对于非实时服务的承诺。IETF 的受控链路共享服务在无线移动网络中不再适用。以多种业务共享一条物理链路为例,当大量用户发生移动时可能导致大量实时业务集中到某条链路上,使该链路在短时间内超载,但这时不应使用链路共享准则来限定实时流使用的带宽比例,而应当从满足服务承诺的角度出发,尽量保证已接纳的实时业务的服务质量,尽管这可能导致非实时业务阻塞。这样做并不意味着不需要控制网络中各种业务的比例,相反为保证各类业务获得公平的服务,也为了在实时业务大量聚集时能有足够多的机动带宽,一定要控制好实时业务和非实时业务的比例。这种比例的控制是通过接纳控制来完成的,当用户提出一个新的实时服务请求时,如导致当前链路上总的实时业务超出允许的最大值,就拒绝建立连接。但这种接纳控制只针对新的连接请求,对于切换进来的实时请求,只要资源足够都必须接纳。由此可见,在无线移动网络中,只能比较宏观地控制各类业务的比例,而不能象固定网络那样对一条特定的链路进行精确的业务控制。

4 服务模型与资源预留

服务模型的实现与资源预留是分不开的,如果网络能在用户未来可能经过的所有路径上提前预留足够的资源,就可提供移动无关服务,而如果做不到这一点就只能提供移动相关服务。可见,资源预留是实现服务模型的非常关键的一步。

4.1 移动无关服务的资源预留

当用户请求移动无关服务时给出精确的 MSpec,这至少包括用户未来可能到达的位置(蜂窝),网络据此确定用户将要经过的路径,并在这些路径上提前预留资源。

如何在未来的路径上提前预留?文献[5]提出了移动环境下 RSVP 的扩展协议 MRSVP。MRSVP 提出了主动预留与被动预留的概念,从通信对端到移动节点当前位置的路径(主动路径)上进行的预留是主动预留,而到移动节点未来位置的路径(被动路径)上进行的预留是被动预留。MRSVP 使用代理(proxy agent)进行预留,代理是移动节点的缺省网关,本地代理(当前的代理)负责建立主动预留,远程代理(未来的代理)负责建立被动预留。移动节点选择一个合适的节点作为它的主、被动路径的合并点,从合并点到移动节点(通过本地代理)建立主动预留,从合并点到各个远程代理建立被动预留。当移动节点切换到一个新的位置时,新代理到合并点的被动预留变为主动预留。

MRSVP 的一个问题是,除了主动预留是端-端的外(即移动节点是预留路径的一个端点),被动预留都只到远程代理为止,也就是说一旦移动节点切换到一个新的位置后,它与新代理之间的预留是需要即时建立的,如果这一段路径上没有足够的资源,仍无法保证端-端服务质量。MRSVP 不能实现端-端

被动预留的原因是,移动 IP 注册和 RSVP 会话的建立与维护都需要移动节点的参与,然而在一条未来的路径上,移动节点并没有真正到达这个位置,因此它是无法完成以上过程的。

移动代理技术应是解决这个问题的最佳方案。简单地说,移动代理就是一段定制的代码,在需要的时候被封装在数据包中,并发送到指定的地方去执行特制的功能,它还可以根据指示在节点间迁移。当用户请求移动无关服务并给出 MSpec 时,移动节点向移动代理服务器发出代理请求,其中包含所有相关的信息(如未来的蜂窝集合、移动节点信息、QoS 请求等);移动代理服务器产生出相应的移动代理代码,发送到各个蜂窝的基站上或其中某个特殊的终端上;在这些位置上移动代理代替移动节点进行被动预留的建立与维护工作,预留的结果返回给移动节点;当移动节点到达某个位置时,从移动代理那儿接管预留路径;当连接终止时,移动代理服务器负责清除此前发送出去的所有相关的移动代理。

这种方法使得被动预留也都是端-端预留,从而能保证端-端的服务质量。此外,移动代理可迁移到中间节点上进行状态管理,从而避免增加节点中路由表或其它状态表的开销。

4.2 移动相关服务的资源预留

当用户请求移动相关服务时,并不需要给出 MSpec。移动节点根据当前所处位置及运动趋势,利用移动预测算法可推测自己将来可能到达的位置集合。如果能够在这些位置上提前预留资源,在一定程度上可提高移动节点的通信连续性。

文献[6]提出了一种在无线域中基于移动预测进行预留的方法。它将无线网络划分为多个路由域,域间移动采用移动 IP 进行路由,域内移动采用本地路由表更新进行路由,外地代理(FA)是外地路由域的网关。每个路由域又划分为一些 QoS 域,每个 QoS 域包含一些蜂窝,基站(BS)都连接在固定网络上。当终端位于某个蜂窝时,需要在所有邻居蜂窝中进行被动预留,被动预留路径与邻居蜂窝的位置有关。如果邻居蜂窝和本地蜂窝属于同一个 QoS 域,则被动路径为从本地 BS 到邻居 BS;如果属于同一个路由域的不同 QoS 域,则被动路径为从 FA 到邻居 BS。当移动节点切换到一个邻居蜂窝时,只将原来的被动预留改为主动预留,然后在新位置上再建立新的被动预留。

这种方法的缺点是:当用户在同-一个 QoS 域内移动时,数据的转发路径将随着用户的移动不断伸长,这不仅会增加数据包的转发延迟,也会浪费固定网络的带宽;当移动节点切换链路时,与之相关的主、被动预留路径几乎都要改变,这不仅增加了资源预留协议的复杂性和运行时的协议开销,也给路由器的资源管理带来极大的困难。事实上,任何涉及到在固定网络中进行被动预留的协议都会遇到这样的问题。

其实,根据移动相关服务的服务承诺,它允许在切换期间出现一定程度的服务质量下降甚至服务中止,因此,这类服务的预留处理过程不必搞得这么复杂。我们提出以下的资源预留方案:移动节点利用移动预测算法和无缝通信概率确定自己最近可能到达的蜂窝集合,然后通过本地基站向这些蜂窝提出被动预留无线带宽的请求,也就是说不建立任何穿过固定网络的被动预留,当移动节点切换到一个新的位置后,再建

立主动端-端预留.这样做主要基于以下考虑:

对于端-端通信来说,通信的瓶颈在无线链路.第三代移动通信系统所能提供的最高速率是 2Mbps,这与固定网络中几十兆甚至上千兆的速率相比,带宽瓶颈明显是在无线链路上.因此,在移动节点将要进入的蜂窝内提前预留无线资源是非常必要的.

通过适当的资源管理手段,可以减少甚至避免因固定网络资源不够而造成的切换后服务质量下降.比如,可以将固定网络中的一部分资源专用于切换,当然这部分资源不用时可以给其它流使用,还可以给要求切换的数据流赋予一个较高的优先级,允许它抢占网络中的尽力数据流.这样虽然没有在固定网络中提前预留,但仍可以在较大程度上保证数据流切换所需要的资源.

只要切换时间足够短,一般不会对数据通信产生明显的影响.无线移动网络中的切换包括链路切换、路由更新和预留调整三个部分.按照 cdma2000 无线链路接口规范^[7]和 3GPP2 接入网接口互操作规范^[8],当移动节点进入到两个蜂窝之间的过渡区域时开始启动链路切换过程,它一方面建立新的连接,一方面仍然在旧的连接上接收数据,直至新的连接建立.链路切换完成后即启动移动 IP 注册,如果采用 3GPP2

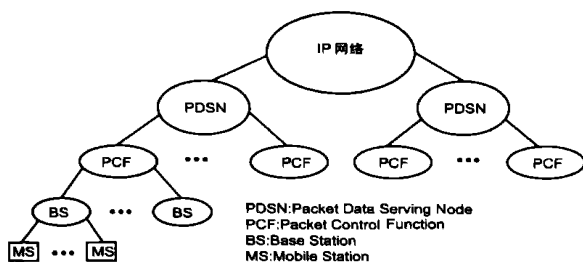


图1 采用 3GPP2 结构的无线移动网络模型

提出的基于 IETF 协议的无线 IP 体系结构^[9](如图 1),仅当移动节点在不同的 PDSN 下移动时才需要进行移动 IP 注册,否则只需进行路由表更新,这就免去了进行移动 IP 注册的较长时延.由于大多数情况下用户移动引起的路径变化并不大,新旧两条路径的合并点离用户也很近,预留路径只需在合并点到移动节点这一段进行调整,因此建立新的预留路径也不需要花太长的时间.综上所述,在大部分情况下切换所需的时间并不长,应该能在移动节点移出过渡区前成功建立并切换到新的预留路径,从而不会造成数据传输停顿和由此引发的数据丢失.退一步说,即使未能在切换时间内完成以上过程而造成部分数据丢失,这也是可以允许的,因为无线链路协议 RLP^[10]以及 IP 协议都不保证数据的可靠传输.

可见,该预留方案由于避免在固定网络中建立和维护大量的被动路径,从而可以极大地简化资源预留协议,减小网络运行时的协议处理开销,降低路由器中资源管理的难度,同时与其它方案相比不会导致切换期间服务质量下降或切换失败概率的明显增加.

5 结束语

对于任何一个具有 QoS 能力的网络来说,服务模型是其

核心.资源预留是实现 QoS 的前提.本文从应用需求的角度出发,首先研究并提出了无线移动网络的综合服务模型.随后讨论了实时服务承诺的资源预留解决方案,针对移动无关服务和移动相关服务提出了不同的预留策略.对于移动无关服务,提出应在移动节点未来可能经过的所有路径上进行端-端的提前预留,而目前解决这一问题的最佳方案是采用移动代理技术.对于移动相关服务,提出只在主动路径上预留端-端资源,而在移动节点最近可能到达的蜂窝内被动预留无线资源,这样不仅极大地降低资源预留协议的复杂性和系统运行协议处理时的开销,而且不会明显增加切换后服务质量的下降.

参考文献:

- [1] 华蓓.基于 IP 网络的服务质量(QoS)参数研究[J].小型微型计算机系统,2001,22(9):1130-1134.
- [2] S Singh. Quality of service guarantees in mobile computing [J]. Computer Communications, 1996, 19:359-371.
- [3] A K Talukdar, et al. On accommodating mobile hosts in an integrated services packet network [A]. Proceedings of INFOCOM '97 [C]. April, 7-11, Kobe, Japan, 1997, 1046-1053.
- [4] Vlora Rexhepi, et al. A framework for QoS & mobility in the internet next generation [R]. Internet Next Generation Report, located at <http://ing.ctit.utwente.nl/WU4/Documents/frame.a.PDF>.
- [5] A K Talukdar, et al. MRSVP: A reservation protocol for an integrated services packet network with mobile hosts [R]. Department of Computer Science Technical Report, DCS-TR-337, Rutgers University, USA, 1997.
- [6] I Mahadevan, et al. Architecture and experimental results for quality of service in mobile networks using RSVP and CBQ [J]. ACM/ Baltzer Wireless Networks, 2000, 6(3):221-234.
- [7] The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission(0.18) [Z]. 1998.
- [8] 3GPP2 A. S0001-3GPP2 Access Network Interfaces Interoperability Specification [S]. 2000.
- [9] 3GPP2 P. R0001-1. 0.0-Wireless IP Architecture Based On IETF Protocols [S]. 2000.
- [10] 3GPP2 C. S0024-cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification [S]. 2000.

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.