

一种在 MPLS 网络中提供单流 QoS 保障的 区分服务标记方法*

刘念伯, 刘明, 吴磊, 曾家智

(电子科技大学 计算机科学与工程学院, 成都 610054)

摘要: 为了在 MPLS 网络中提供对单流的高质量服务, 提出了一种基于网络的、供应方的区分服务标记方法。在数据流进入网络前按交换路径进行逐点的接入控制, 再将许可的资源预留作为流状态安装在入口路由器上。在传输时, 数据流在入口路由器按资源预留标记为预留内/预留外, 网络节点按不同的标记队列进行区分处理。该方法提出按预留带宽标记数据流, 将基于单流的资源预留定量地映射为基于行为聚合的 PHB 标记, 实现了从集成服务到区分服务的融合。其一方面避免了拥塞, 提供了对单流的定量服务质量保证; 另一方面无须在核心路由器安装流状态和实现流管理, 保持了区分服务的可扩展性。

关键词: 服务质量; 区分服务; 标记; 预留内/预留外

中图分类号: TP301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2010)04-1422-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.04.060

DiffServ marking method providing per flow QoS guarantee in MPLS networks

LIU Nian-bo, LIU Ming, WU Lei, ZENG Jia-zhi

(School of Computer Science & Engineering, University of Electronic Science & Technology, Chengdu 610054, China)

Abstract: For providing per flow QoS guarantee in MPLS networks, this paper proposed a supply side DiffServ marking method based on network dynamic. Before entering the network, individual stream requested a per-hop admission control along the delivery path and installs flow-specific reservation on ingress router as flow state. Marked stream packets into reserved/unreserved profile on ingress node according the flow reservation, and had a differentiated processing based on PHB at later nodes. It marked individual stream as its reservation, mapped flow-based reservation into quantitative behavior-based marks, and finally combined IntServ and DiffServ. This method, on the one hand, avoids collision and provides quantitative per flow QoS guarantee, on the other hand, keeps DiffServ scalable without any per flow management on core routers.

Key words: quality of service(QoS); DiffServ; marking; reserved/unreserved

0 引言

集成服务^[1]和区分服务^[2]都是解决网络服务质量(QoS)问题的经典解决方案。集成服务是一种基于流的、状态相关的结构,通过资源预留协议(resource reservation protocol, RSVP)^[3]在网络节点上实现了单流(per flow)的接入控制和状态管理,提供了良好的端到端的服务质量保证。但其控制机制高度复杂,可扩展性和健壮性也相对较差。区分服务提供了一种可扩展的、状态无关的结构,具有层次化结构和总体集中式的控制策略。区分服务中,服务质量被分解到网络域和单个网络节点上,实现了网络域的接入控制和节点的逐跳行为(per hop behavior, PHB)控制;其主要缺点是无法对单个数据流提供灵活的支持和定量的服务质量保证。

随着流量工程(traffic engineering, TE)的发展,目前的 MPLS 网络引入了流量主干(traffic truck)的概念,将许多传输路径相同、服务质量要求相似的单流聚合在一起,形成流量主

干,通过对流量主干的接入控制和状态管理来保证服务质量。该措施大大减少了网络中需要安装和维护的流状态数量,改善了集成服务的可扩展性,但也带来了一些不利的影响:流量主干是一种粗粒度的聚合流,聚合流上的集成服务无法保证针对单流的、定量的服务质量;网络中总是存在一些零散的单流不易聚合,要对它们一一进行控制和管理又面临可扩展性问题;流量主干适用范围有限,较适合核心网等数据流高度集中后的网络,却不适合接入网等数据流变化较大的网络。

为了提高服务质量, MPLS 网络的服务质量研究出现了三种不同的研究思路:

a) 倾向于降低流量主干的实施代价,提高可扩展性,使之易于广泛部署,提供粒度较细的服务质量。RSVP-TE^[4]定义了此方案的实现框架。文献[5~7]提出减少或消除用于维护的更新(refresh)消息,从而降低流状态的维护开销。

b) 在流量主干的基础上引入区分服务,对主干上的各个单流进行区分的标记和处理,把主干拥有的带宽等资源按带宽

收稿日期: 2009-05-02; **修回日期:** 2009-09-11 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60703114); 国家“863”计划资助项目(2007AA01Z443); 国家教育部博士点基金资助项目(20070614008); 四川省科技支撑计划资助项目(2009GZ0004)

作者简介: 刘念伯(1975-),男,四川成都人,博士研究生,主要研究方向为 QoS、传感器网络等(liunb@uestc.edu.cn); 刘明(1972-),男,四川成都人,副教授,主要研究方向为传感器网络; 吴磊(1977-),男,四川成都人,博士研究生,主要研究方向为传感器网络; 曾家智(1939-),男,四川成都人,教授,博导,主要研究方向为新型网络。

约束模型分配到各个单流,从而在一定程度上保证对单流的服务质量。DS-TE^[8]是其实现框架,文献[9~12]分别提出了一系列带宽约束模型来优化带宽分配。

c)放弃流量主干,沿用区分服务,通过一些反馈控制机制调节网络边缘的接入控制和标记策略,改善区分服务的服务质量。这类研究范围较广,涉及服务质量的各个方面,如文献[13~16]提供类似定量的服务质量保证,文献[17~19,20]分别在带宽公平性和时延上提出了改进。

以上三种 MPLS 网络的服务质量研究方向虽然各有侧重,实质上还是集成服务和区分服务之争,即系统需要在基于状态的高服务质量与基于聚合的高可扩展性之间作出平衡,以可接受的系统开销取得尽可能好的服务质量。其中纯区分服务的方式无须在核心路由器安装任何流状态,可扩展性最好、系统开销最低,但所提供的服务质量粒度最粗。本文提出了一种基于网络的、供应方的区分服务标记方法。

1 逐点接入控制

1.1 集成服务相关研究简述

传统区分服务的接入控制位于网络边缘,缺乏单个网络节点的接入控制。集成服务的接入控制主要依靠 RSVP 协议实现,逐点地决定链路或网络节点是否有足够的资源满足每个数据流的服务质量请求。这一过程与路径建立同时进行,通过源路由的 RSVP 信令,在选定路径的节点上安装每流的资源预留软状态(soft state)。目前集成服务接入控制算法一般分为以下两种:a)基于参数的接入控制算法,是一种传统算法,根据节点上的流状态,计算出在最坏情况下所有已接纳流占用的网络资源,作出接纳判定,以简单和(simple sum)算法为代表;b)基于测量的控制接纳(measurement-based admission control, MBAC)算法^[21,22],是根据对节点上实际流量的测量而作出接纳决策,主要包括测量和(measured sum)算法、等效带宽(holding bounds)算法、接受区域(acceptance region)算法等。MBAC 算法以测量值为基础,与节点上的流状态无关,与基于参数的算法相比更节省带宽,应用也更广泛。

1.2 交换路径上的接入控制过程

MPLS 网络是一种“边缘路由,核心交换”的网络,需要预先建立标签交换路径(label switched path, LSP),让数据流在路径上以标签交换(label switch)的方式传输。与传统的逐跳路由不同,数据流在 MPLS 网络上有预先建立的交换路径,使得按固定路径进行逐点接入控制成为可能。

RSVP 是一种集成服务的协议,在每个节点上安装流状态并实现维护管理。所以定义了一组可用于区分服务的、简单的请求/应答(request/echo)控制协议来实现单流的逐点接入控制。在图1所示的 MPLS 网络中,节点 ER1 和 ER2 为边界路由器,节点 CR1 和 CR2 为核心路由器,ER1 和 ER2 分别与主机 R 和 S 相连。源主机 S 向目的主机 R 发送数据流时,网络将按 ER1-CR1-CR2-ER2 的路径建立 LSP 进行传输。本文定义请求/应答协议只实现逐点接入控制,不在经过节点上安装流状态,也与 LSP 建立无关,在此没有规定详细的协议格式和端口号,只是规定网络中各节点可以识别和处理这些协议消息。具体的接入控制过程如下:

a)源主机 S 向入口路由器 ER1 请求发送数据流,告知目的地 R 的地址和相关服务质量要求。

b)ER1 产生 request 消息,包含 ER1-CR1-CR2-ER2 的源路由信息。消息内容为带宽和时延,分别记为该数据流的请求带宽和零。

c)ER1 利用基于测量的控制接纳算法作出接纳决策。可提供的带宽预留足够,则 request 消息中的带宽值不变;预留不足,则填入较小的本地预留值;最后在 request 消息的时延值上加入本地时延上限(包括链路传输时延和队列时延),发送消息。

d)CR1、CR2 收到 Request 消息,重复 c)的过程。

e)出口路由器 ER2 收到 request 消息,重复 c)的过程但不再发送 request 消息,而是将消息中的带宽值和时延值封装为 echo 消息并发送给入口路由器 ER1。Echo 消息源地址为出口路由器 ER2 地址,目的地址为入口路由器 ER1 地址。这一消息无须核心路由器参与,传递路径也与 request 消息的传递路径无关。

f)ER1 收到 echo 消息,得到数据流传递路径上的带宽预留和时延累计。如满足该流的服务质量要求,在 ER1 上安装流状态,建立 LSP,通知 S 传送数据;如不满足,与 S 协商服务质量降级或拒绝 S 的请求。

以上过程是网络未建立 LSP 的情况,先接入控制,后建立 LSP。实际网络中每一条 LSP 是高度复用的,可以承载许多条数据流,通常不需要在单流到来时重复建立。对于网络已建立 LSP 的情况,request 消息可不用源路由方式,直接沿 LSP 递交,进行逐点接入控制。综上所述,请求/应答协议在 MPLS 网络上实现了单流的逐点接入控制,将预留值作为流状态记录在入口路由器上,作为以后标记数据流的依据。

2 按预留标记和区分的服务

2.1 区分服务相关研究简述

区分服务的实现已经比较成熟,通常在边缘节点部署标记算法,依据承诺信息速率(committed information rate)、承诺信息流量(committed burst size)、突发信息流量(excess burst size)等参数对到来的流量标记,在内部节点采用 RED 算法,对不同的标记队列进行有区分的处理。

双色标记(time sliding window two color marking, TSW2CM)^[23]是一种常用的区分服务标记方法。它利用承诺信息速率在入口路由器将数据流标记为 IN/OUT 分组,在网络节点中采用 RED 算法管理 IN/OUT 队列,进行区分的处理。

2.2 基于预留带宽的双色标记

本文对原有双色标记提出改进,不再采用承诺信息速率来标记数据流,而是使用该数据流在逐点接入控制过程中所预留的带宽来标记。在此假设数据流已经完成逐点接入控制,其流状态(per flow state)也安装在入口路由器上。整个标记过程如图2所示,到来的数据包通过分类器(classifier)形成单流,在流状态表中查找到该数据流的流状态,标记器(marker)和整形器(shaper)及丢包器(dropper)根据预留值对数据流进行标记和整形;最后得到标记为 IN/OUT 的数据包。与传统标记过程相比,改进后的过程直接使用流状态中的相关预留信

息,无须使用计量器(meter)计量数据流特性作为标记和整形的依据。

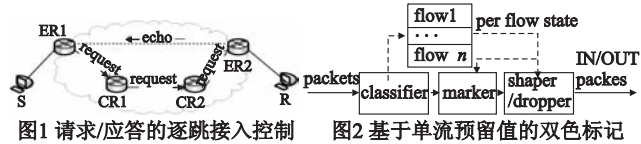


图1 请求/应答的逐跳接入控制

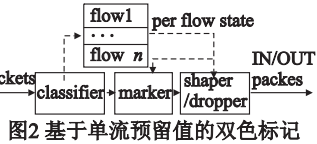


图2 基于单流预留值的双色标记

传统双色标记基于承诺信息速率,代表用户与网络提供者之间的约定服务,因此 IN/OUT 标记是一种订购内/订购外(subscribed/unsubscribed)标记。如前所述,实际网络可能因为局部拥塞不能达到承诺信息速率,导致服务质量降低。从原理上看,原有区分服务标记方法都属于基于用户的、需求方的标记,与网络内部的流量分布和拥塞状况无关,无法防止拥塞,也无法提供定量的服务质量保证。改进后的双色标记是一种基于网络的、供应方的标记方法,代表网络当前的处理能力和服务承诺,所以 IN/OUT 标记成了一种预留内/预留外标记,不受网络拥塞的影响。在网络节点上仍然使用原来的 RED 算法处理 IN/OUT 队列,其算法和设置都保持不变的情况下,基于预留带宽的双色标记能够实现更低的丢包率和更好的 IN 分组保护,提供更高的服务质量保证。

2.3 服务分级

传统的区分服务分级是一种粗略的等级划分,只有定性的描述,缺少定量的和针对单流的描述。从标准化的 PHB 来看分为缺省型(best effort)、确保型(assured forwarding)、加急型(expedited forwarding)等;从实现的服务来看分为奖赏服务(premium service)和确保服务(assured service)等。由于缺乏定量标准,仅使用不同的操作过程和用户体验进行等级划分,容易产生理解上的不一致,造成服务约定和计费等方面的困扰。

改进后的区分服务采用预留标记方法,从 PHB 来看分为预留内和预留外,在网络节点上具有明确的 RED 算法保证,分别进入 IN/OUT 队列处理。从用户角度来看,以对单流的预留支持对服务进行分类。如图 3 所示,整形后的数据流所获得的服务由其带宽预留值决定:

a) 预留值 R_1 大于或等于数据流的峰值,所有数据包标记为预留内,称为全预留服务(full reserved service),提供最佳的服务质量。

b) 预留值 R_0 为零,所有数据包标记为预留外,称为无预留服务(non-reserved service),不提供任何的服务质量保证。

c) 预留值 R_1 为零到数据流峰值之间的任意值,所有数据包按 R_1 的预留值标记为预留内和预留外,称为部分预留服务(partial reserved service),提供一种定量的服务质量保证。

从服务的功能来看,全预留服务提供了类似集成服务中端到端的(end-to-end)服务质量保证;无预留服务对应于传统 IP 网络的尽力而为(best effort)服务,部分预留服务代表一种特有的、可控的、具有任意粒度的服务质量保证。单流逐点接入控制中的预留带宽是可控和定量的,预留标记的过程是可控和定量的,RED 队列管理的过程是可控和定量的,因此最终单流获得的服务质量也是可控和定量的。网络用户根据每次传送数据流的 QoS 要求,向网络提供者订购一定数量的带宽,就可以获得针对单流的、定量的服务质量。同样在服务约定和计费方面也有了统一的标准和定量的统计,大大地简化了网络用户

与网络提供者之间的交流。举例来说,一个网络电话用户希望在某次通话时至少保证 32 kbps 的带宽,但其数据流峰值为 64 kbps,在原有的区分服务中很难实现这样的定量保证。在改进后的区分服务中,用户只需要向网络提供者订购 32 kbps 的带宽,而无须知道获得了什么等级的服务。同样网络提供者根据用户需求提供 32 kbps 以内的预留服务,将多余数据作预留外标记处理,收取相应费用。

此外,预留标记方法是基于流的,不仅适用于单流,也可用于聚合流。在网络中可以为一流量主干进行逐点接入控制,用聚合流的预留值进行标记。当然这一过程也需要合适的标记策略或带宽分配模型来保证对其中各个单流的合理标记。所以预留标记方法也可以广泛应用于任意粒度的聚合流。

3 预留标记方法与其他方案的比较

如表 1 所示,对预留标记方法与其他方案进行了对比,主要包括接入控制的类型和单位、资源预留、转发管理、状态维护和服务质量等内容。从接入控制的角度看,逐点的接入控制与网络边缘实现的接入控制相比,易于实现资源预留,所产生的服务质量也相对较好。其中,又以针对单流的逐点接入控制所产生的服务质量最好,粒度最细而且有定量保证。从转发管理的角度看,基于 PHB 的转发管理无须维护任何流状态,明显优于基于流的转发管理。其中,基于流量主干的转发管理又优于基于单流的转发管理,大大减少了状态维护的流数量,可扩展性更好。在预留标记方法出现以前,DS-TE 是一种较好的服务质量方案,兼顾了逐点接入控制和单转发管理的优点,实现了较细粒度的服务质量。但 DS-TE 仍然需要维护流量主干,需要实现流和 PHB 的双重转发管理机制,非定量的服务质量也是其缺点。笔者认为,带预留标记的区分服务是一种更合理的服务质量方案,接入控制的粒度更细,转发管理也更简单,实现了较其他方案更好的服务质量。从原理上来看,带预留标记的区分服务分别在接入控制和转发管理方面继承了集成服务和区分服务的优点,用预留标记方法实现了集成服务的单流到区分服务的 PHB 的映射,正是这种基于单流的定量映射实现了细粒度的定量可控的服务质量。传统方案需要在基于状态的高服务质量与基于聚合的高可扩展性之间作出平衡,是一种折中选择,而预留标记方法成功地融合了基于状态的接入控制与基于聚合的转发管理,从而实现了高服务质量与高可扩展性的双赢。

表 1 各种服务质量方案比较

方案	接入类型	接入单位	资源预留	转发管理	状态维护	服务质量
区分服务	边缘	单流	无	PHB	无	粗粒度非定量
区分服务(控制反馈)	边缘	单流	无	PHB	无	较粗粒度非定量
集成服务	逐点	单流	有	流	单流	细粒度定量
RSVP-TE	逐点	流量主干	有	流	流量主干	中等粒度非定量
DS-TE	逐点	流量主干	有	流和 PHB	流量主干	较细粒度非定量
区分服务(预留标记)	逐点	单流	有	PHB	无	细粒度定量可控

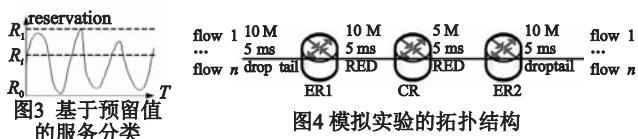
尽管带预留标记的区分服务兼顾了服务质量和可扩展性,但仍然有其缺点。首先,它采用针对单流的逐点接入控制,要求数据流有确定的传递路径。传统 IP 网络使用下一跳路由递交数据包,无法保证确定的传递路径。所以预留标记方法只适

用于 MPLS 网络和等交换网络,在确定的交换路径上实现预留标记。其次,目前的预留标记只有对带宽的标记,没有时延等其他服务质量要求的标记。预留内/预留外是一种单比特的标记,没有充分利用数据包的标记域。如何采用复合标记策略,实现带宽、时延等多约束条件的标记,提供高质量的服务,这也是以后的研究方向和重点。最后,单流标记可能导致网络处理任务繁重,数据转发时延增大。对此可以增加流聚合的程度和提高转发数据包的优先级来缓解其影响。同时,在网络边缘实现单流标记也可以减轻网络核心部分的负担。

4 仿真试验

4.1 仿真环境

仿真实验的目的是为了比较带预留标记的区分服务与传统方案在相同条件下的表现。由于各种方案在可扩展性方面存在差异,在此仅对带预留标记的区分服务与带控制反馈的区分服务进行服务质量方面的比较,两者都没有任何状态维护的开销,具有同样的可扩展性。实验环境为 NS-2,网络拓扑及主要配置如图 4 所示的区分服务网络域中,ER1 和 ER2 为边缘路由器,CR 为核心路由器,CR-ER2 链路是网络的瓶颈,其带宽仅为其他链路的一半。在仿真过程中,笔者建立了大量 64 kbps 的指数型数据流沿 ER1-CR-ER2 的路径传输,作为流 1 到流 n 。总体仿真时间为 3 000 s,数据流产生周期为 400 ms 的指数分布,单流寿命为 300 s 的指数分布。



可,按相应的承诺信息速率标记数据流。此外,网络内 RED 队列管理与预留标记仿真过程中的设置相同。

4.2 仿真结果

带预留标记的区分服务与带控制反馈的区分服务分别采用了逐点接入控制和边缘接入控制。以 RM(reservation marking)代表预留标记,以 PM(probe-based marking)代表控制反馈。其中控制反馈方法接入了较多的 OUT 分组,预留标记方法接入的 IN 分组略多,总体来看控制反馈方法吞吐量更大,带宽利用率更高,而预留标记方法支持了更多高价值的 IN 分组。

对 CR-ER2 链路的队列进行监测,记录了拥塞发生时 IN/OUT 分组的丢失率。如图 5 和 6 所示,两种方法都对 IN 分组进行了有效保护,IN 分组丢失率远小于 OUT 分组丢失率,这说明基于 IN/OUT 分组的 RED 队列管理是一种简单有效的拥塞处理方案。但从绝对值来看,两种方法性能差异较大。在图 5 中,预留标记方法的 IN 分组平均丢失率为 0.001 0%,而控制反馈方法的 IN 分组平均丢失率为 0.004 2%,前者不到后者的四分之一;在图 6 中,预留标记方法的 OUT 分组平均丢失率为 0.84%,而控制反馈方法的 OUT 分组平均丢失率为 7.8%,前者仅为后者的十分之一左右。这样的结果证明预留标记方法的服务质量远远高于控制反馈方法。

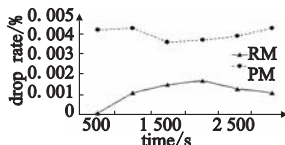


图 5 IN 分组丢失率

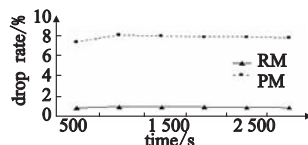


图 6 OUT 分组丢失率

从拥塞控制的角度看,接入控制是一种避免拥塞的手段,而队列管理提供拥塞发生时的处理。在仿真过程中,预留标记方法和控制反馈方法采用相同的队列管理得到不同的服务质量,说明逐点接入控制的精度远远高于边缘接入控制。控制反馈方法虽然接入了较多的数据流,但无法防止拥塞,服务质量较差。预留标记方法有效地避免了拥塞,更好地保护了 IN/OUT 分组,为数据流提供了高质量的服务。

5 结束语

本文提出了一种用于 MPLS 网络的区分服务标记方法,可以提供基于单流的定量服务质量保证。这一方法建立了沿交换路径的逐点接入控制,支持按预留带宽标记数据流,较好地解决了对单流提供定量的高质量服务问题;同时它最大限度地保留了区分服务框架,具有良好的可扩展性和健壮性,也可以与现有的区分服务网络兼容。仿真实验表明,本文方法是一个很有实用价值的区分服务标记方法,并可以有效防止拥塞和降低丢包率。笔者将继续完善该标记方法,针对带宽和时延等各方面参数进一步优化,使之成为一个较通用的高性能 MPLS 服务质量方案。

参考文献:

[1] BRADEN R, CLARK D, SHENKER S. RFC 1633, Integrated services in the Internet architecture: an overview[S]. 1994.
 [2] BLAKE S, BLACK D, CARLSON M, et al. RFC 2475, An architecture for differentiated services[S]. 1998.
 [3] BRADEN R, ZHANG L, BERSON S, et al. RFC 2005, Resource reservation protocol (RSVP)-version 1 functional specification[S]. 1997.

在带预留标记的区分服务的仿真过程中,为了验证各个服务等级,所有产生的数据流随机要求全预留服务、部分预留服务和无预留服务,其中全预留服务要求 64 kbps 带宽,部分预留服务统一要求 32 kbps 带宽,无预留服务没有带宽要求。流的逐点接入过程采用测量和算法,最大可分配带宽为总带宽的 0.95。一旦数据流要求带宽不能满足,数据流将被拒绝进入。接入许可后的数据流在入口路由器 ER1 处进行预留标记,标记后的 IN/OUT 数据包在网络内接受 RED 队列管理。为了进一步保护 IN 队列,IN 队列的丢包率设为 0.05,远小于 OUT 队列 0.20 的丢包率。其 Otcl 代码如下:

```
$ ns duplex-intserv-link $ S $ ER1 10Mb 5ms SimpleIntServ
SALink MS 0.95
$ ns duplex-link $ ER1 $ CR 10Mb 5ms RED
$ ns duplex-link $ CR $ ER2 5Mb 5ms RED
...
$ dsredq addPolicerEntry TSW2CM10 11
$ dsredq configQ 0 0 20 40 0.05
$ dsredq configQ 0 1 10 20 0.20
...
```

为了仿真带控制反馈的区分服务,定义了一种简单的控制反馈机制:入口路由器 ER1 以 1 s 为周期向 ER1-CR-ER2 的路径发送探测包测量链路带宽,出口路由器 ER2 发送反馈包到 ER1 节点,调整其边缘接入控制的策略。为了与预留标记的三种服务等级相比较,用不同速率标记的确保服务作为其服务质量的代表,按 64 kbps、32 kbps 和 0 三种承诺信息速率对数据流作双色标记。仿真过程中产生的数据流随机请求这三种承诺信息速率,入口路由器 ER1 在网络边缘作接入控制,一旦许

- [4] AWDUCHE D, BERGER L, GAN D, *et al.* RFC 3209, RSVP-TE: extensions to RSVP for LSP tunnels[S]. 2001.
- [5] BERGER L, GAN D, SWALLOW G, *et al.* RFC 2961, RSVP refresh overhead reduction extensions[S]. 2001.
- [6] LEE Y W, KIM S, PARK J, *et al.* A lightweight implementation of RSVP-TE protocol for MPLS-TE signaling[J]. *Computer Communications*, 2007, 30(6):1199-1204.
- [7] CULAI D, CHAMBERLAND S, PIERRE S. An improved resource reservation protocol[J]. *Journal of Computer Science*, 2007, 3(8):658-665.
- [8] FRANCOIS F. RFC 4124, Protocol extensions for support of DiffServ-aware MPLS traffic engineering[S]. 2005.
- [9] FRANCOIS F. RFC 4125, Maximum allocation bandwidth constraints model for DiffServ-aware MPLS traffic engineering[S]. 2005.
- [10] FRANCOIS F. RFC 4127, Russian dolls bandwidth constraints model for Diffserv-aware MPLS traffic engineering[S]. 2005.
- [11] ADANI D, CALLEGARI C, GIORDANO S, *et al.* G-RDM: a new bandwidth constraints model for DS-TE networks[C]//Proc of GLOBECOM. Washington DC:[s. n.], 2007:2472-2476.
- [12] EI ALLALI H, HEIJENK G, LO A, *et al.* A measurement-based admission control algorithm for resource management in DiffServ IP networks[C]//Proc of the 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. 2006:1-5.
- [13] CETINKAYA C, KANODIA V, KNIGHTLY E W. Scalable services via egress admission control[J]. *IEEE Trans on Multimedia*, 2001, 3(1):68-81.
- [14] YANG J, YE J, PAPAVALIIOU S. Enhancing end-to-end QoS granularity in DiffServ networks via service vector and explicit endpoint admission control[C]//Proc of IEE Communications. 2004:77-81.
- [15] YIN Yong-ning, POO G-S. End-to-end QoS guarantees for a network based on latency-rate max-min service curve[C]//Proc of ICC. Newton, MA:ButterworthHeinemann, 2005:3833-3843.
- [16] SEUNG Y N, SUNGGON K, DAN K S. Measurement-based admission control at edge routers[J]. *IEEE/ACM Trans on Networking*, 2008, 16(2):410-423.
- [17] THAM C-K, HUI T C-K. Reinforcement learning-based dynamic bandwidth provisioning for quality of service in differentiated services networks[J]. *Computer Communications*, 2005, 28(15):1741-1751.
- [18] ZHOU X, XU C Z. Harmonic proportional bandwidth allocation and scheduling for service differentiation on streaming servers[J]. *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, 2004, 15(9):835-848.
- [19] MIAO Guo-wang, NIU Zhi-sheng. Bandwidth management for mixed unicast and multicast multimedia flows with perception based QoS differentiation[C]//Proc of ICC. Istanbul: IEEE Press, 2006:687-692.
- [20] KULKARNI P, NAZEERUDDIN M, MCCLEAN S. Building a controlled delay assured forwarding class in differentiated services networks[C]//Proc of SIGCOMM. New York: ACM Press, 2006:11-16.
- [21] YUMING J, PEDER J E, VICTOR N, *et al.* Measurement-based admission control: a revisit[C]//Proc of NTS. 2004.
- [22] JIANG Y, EMSTAD P J, NEVIN A, *et al.* Measurement-based admission control for a flow-aware network[C]//Proc of 2005 Next Generation Internet Networks. 2005:318-325.
- [23] FANG W, SEDDIGH N, NANDY B. RFC 2859, A time sliding window three colour marker (TSWTCM)[S]. 2000.

(上接第 1418 页)

4 结束语

本文通过分析已有的地理位置的路由协议:GPSR 和 GPCR。针对城市环境下车载网络在十字路口的路由选择效率低下的问题,以及 GPSR 需要将网络拓扑平面化额外增加了节点的负载,并且其恢复机制存在因跳数过多而导致数据包无法顺利到达目的节点;而 GPCR 在十字路口节点的选择策略上比较单一。本文针对这些问题,引入了一种新的判断十字路口节点的信标方式,并通过信标与邻居表中的信息将节点划分为普通节点、预测节点和十字路口节点三种类型。根据不同的节点类型采取不同的转发方式,普通节点采取贪婪转发的方式,预测节点采取受限的贪婪转发,而十字路口节点决定路由策略的方向。通过仿真分析,基于方向优先的地理位置路由协议大大提高了数据包的投递率以及降低了路由跳数,能够以最少的跳数、最短的路径实现数据成功传递。

参考文献:

- [1] 常促宇,向勇,史美林.车载自组网的现状与发展[J].通信学报, 2007,28(11):116-126.
- [2] FÜBLER H, MAUVE M, HARTENSTEIN H, *et al.* A comparison of routing strategies for vehicular Ad hoc networks, Technical Report TR-02-003[R]. BW:University of Mannheim, 2002.
- [3] KARP B. Challenges in geographic routing: sparse networks, obstacles, and traffic provisioning[C]//Proc of DIMACS Workshop on Pervasive Networking. 2001.
- [4] LOCHERT C, HARTENSTEIN H, TIAN J, *et al.* A routing strategy for vehicular Ad hoc networks in city environments[C]//Proc of IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2003). 2003:156-161.
- [5] ZHAO J, CAO G. VADD: vehicle-assisted data delivery in vehicular Ad hoc networks[J]. *IEEE Trans on Vehicular Technology*, 2006.
- [6] LEE K C, HARRI J, LEE U, *et al.* Enhanced perimeter routing for geographic forwarding protocols in urban vehicular scenarios[C]//Proc of AutoNet'07. Washington DC:[s. n.], 2007:8-12.
- [7] KARP B, KUNG H T. GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks[C]//Proc of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking. Boston: ACM Press, 2000:243-254.
- [8] LOCHERT C, MAUVE M, FUSSLER H, *et al.* Geographic routing in city scenarios[J]. *ACM SIGMOBILE*, 2005, 9(1):69-72.
- [9] DAVIS J A, FAGG A, LEVINE B N. Wearable computers as packet transport mechanisms in highly-partitioned Ad hoc networks[C]//Proc of the 5th IEEE International Symposium on Wearable Computing. Washington DC: IEEE Computer Society, 2001.
- [10] EHLERT S, HEIDEMANN J, RAMACHANDRAN I, *et al.* The network simulator-NS2[EB/OL]. (2009-03-09). http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/Main_Page.
- [11] U S Census Bureau. TIGER, TIGER/LINE and TIGER-related products[EB/OL]. (2009-10). <http://www.census.gov/geo/www/tiger>.