

Internet 连续媒体多播技术综述

Survey of Techniques for Internet Continuous Media Multicast

杨明 张福炎

(南京大学计算机科学系 软件新技术国家重点实验室 南京 210093)

Abstract Continuous media multicast has been an important component of many networked services such as audio-visual broadcast and video conferencing. The problems of scalability, congestion control, heterogeneity and reliability, which confront Internet continuous media multicast, are presented first, and then the overview of the adaptive rate control schemes and techniques to solve these problems are stated. Finally, we discuss some trends and unsolved issues in the field.

Keywords Multicast, Continuous media, Rate control

1 引言

使用多播(multicast)进行实时连续媒体传输已成为音频/视频广播、音频/视频会议工具等许多 Internet 应用的重要组成部分。Mbone (Multicast Backbone)^[1]是建立在 Internet 之上的具有 IP 多播能力的虚拟覆盖网,在过去十年中,随着 Mbone 的迅速发展,在 Internet 上提供多播传输服务已逐渐成为现实。在 Internet 上进行连续媒体多播有两类不同的方法:

(1)资源预订的方法:该方案将允许应用进行资源预订,获得满意的服务质量(QoS)保证。资源预订协议 RSVP^[2]就是用来支持 Internet 上的资源覆盖预订。

(2)自适应速率控制方法:立足现有 Internet 的现有资源,根据传输中网络的变化情况,对传输的流进行各种自适应速率控制。

尽管资源预订方案能提供更为满意的服务质量保证,但使用资源预订方案还存在争论,资源预订存在如开销大、过度预订导致不能有效使用资源以及不变的预订无法适应 QoS 变化等问题,特别是在 Internet 上实现资源预订尚需时日,而采用自适应速率控制技术不仅能很快用于当前 Internet 应用,而且这些技术也能在资源预订方案变为现实时作为有效辅助手段,因此,目前很多在 Internet 上进行的连续媒体应用是基于自适应速率控制方法的,本文也将着重介绍这一种方法。

然而,在 Internet 上进行连续媒体多播要面临许多新问题:

(1)可扩展性(scalability):多播涉及一对多和多对多两种多点通信类型,这类应用可能涉及众多的接收者,特别是在 Internet 上进行的连续媒体的广播,众多的接收者可能会产生大量的状态信息和反馈信息,这些信息的处理可能会造成网络资源的紧张和端主机巨大的处理压力,造成性能的急剧下降甚至系统瘫痪。

(2)拥塞控制:IP 多播使用的是 UDP 协议,没有相应的拥塞控制机制。缺乏拥塞控制的多播流是一个典型的不迅速响应流(unresponsive flows),即对因网络拥堵产生的包丢失没有迅速的响应措施。这种流会在 Internet 造成不公平性和拥

塞内陷(congestion collapse)。不公平性主要表现在网络带宽的竞争中会使行为规范的流如 TCP 流处于“饥饿”状态。拥塞内陷的危险则来自网络总在忙于传送最终到达目的主机前会被丢弃的包。

(3)异构性(heterogeneity):在 Internet 进行连续媒体广播会面临不同的用户在网络带宽、端系统处理能力等多方面存在差异,这种差异会导致不同用户间存在服务质量的公平性问题。

(4)可靠性:尽管连续媒体的传送不需要 100%的可靠性,但过多的丢失会导致性能的急剧下降。为控制性能下降的程度,可以在时延限制容许的范围内采取尽可能的措施来进行恢复。和点对点的单播丢失相比,多播连续媒体流的丢失将更具多样性,如存在相关丢失和不相关丢失。由于重传可能无法满足连续媒体的时延限制,需要考虑新的差错恢复方法。

在本文中,我们将针对 Internet 中连续媒体多播在可扩展性、拥塞控制、异构性和可靠性四个方面存在的基本问题,分别概述解决这些问题的方案和技术。

2 可扩展性

可扩展性是多点通信必须面对问题,特别是在 Internet 上进行大规模的连续媒体通信。为解决可扩展性问题,Internet 进行可扩展的连续媒体传输采用如下一些技术:

2.1 IP 多播技术

连续媒体如音频或视频传输可能需要较大的网络带宽,对于涉及多个接收者这类应用,更需要考虑采用节省网络资源的多点通信方式。由于 IP 多播既能高效利用网络资源,又具有良好的可扩展性结构,因此众多的 Internet 连续媒体传输都是基于 IP 多播的。

IP 多播^[3]是局域网多播技术向以 TCP/IP 为基础的 Internet 所作的扩展,它可将 IP 数据包传递给一个可包含任意数目接收者的主机组(host group)。带宽的节省是通过网络转发节点对包的复制以及只连接发送者和所有接收者的多播路由来实现的。IP 多播为组成员提供了一个灵活、动态和匿名的模型,发送者无需知道每个接收者,向一个多播组发送数据就象单个接收者发送数据一样,不同的只是采用多播地址代替单个主机地址。接收者通过动态的加入或离开机制进行

杨明 博士后,研究方向是多媒体传输技术、多播通信。张福炎 教授,博士生导师,研究方向是多媒体技术、数字图书馆。

接收数据或取消数据接收,加入或离开将不影响组内其他成员,也不影响发送者对数据的发送。这种结构是典型的基于接收方主动(receiver-initiated)的结构,接收者的加入或离开,以及组的大小对发方没有影响,无疑具有良好的可扩展性。

IP 多播对主机组的管理是通过 IGMP (Internet Group Management Protocol)^[4]进行的,IGMP 是一个基于宣告/倾听(announce/listen)模型的软状态协议,组成员通过多播定期宣告它的存在。这种结构能取得很好的健壮性(robustness)。

2.2 轻量会话模型 LWS(Lightweight Session)模型

为了获得好的可扩展性和健壮性,V. Jacobson 提出 LWS(Lightweight Session)^[5]模型,其思想是以 IP 多播服务作为其他高层协议的主要基石,发方和收方使用简单的、运行在某些预先确定多播组上的宣告/倾听协议进行通信,状态信息的维持采用需定期刷新的软状态形式,会话中的成员需要定期向多播组内轻量广播其有关状态信息,定期广播的状态通信量控制在总通信量较低水平(通常是 5%)。S. McCanne^[6]认为通过 IP 多播和 LWS 模型可具有良好可扩展性和健壮性的多媒体通信。表 1 对轻量会话模型与对等模型作了比较。

LWS 为组通信提供了一个总体的框架,但没有定义会话成员该如何通信,实时传输协议(RTP)^[7]是一个支持 Internet 实时应用传输的协议,它也是 LWS 结构中的一个组成部分。为解决包传输中的包延迟不可预知性,RTP 通过时间戳和接收缓冲来实现适时恢复(timing recovery)。RTP 包括数据和控制两部分,数据部分是一个支持实时应用的应用层组帧(ALF)协议;控制部分也称为实时传输控制协议 RTCP 监控数据的传输并提供最小的控制和辨别功能。

表 1 轻量会话模型与对等模型比较

	ITU H. 320	LWS
连接建立	显式呼叫建立阶段	加入/离开多播组
控制方式	MCU 集中控制,紧耦合	分散控制,松耦合
状态信息	硬状态,保存在 MCU	软状态,定期多播刷新
健壮性	中断后要重新建立连接	强健壮性,易于恢复
可扩展性	参与者数目有限制	参与者可以很多

2.3 可扩展的反馈控制机制

在连续媒体传输的传输过程中,发方需要收方的反馈信息来了解网络状态和传输情况,以便进行相应的处理和控制在。其中一个最重要的反馈信息是包丢失情况,它是进行速率控制和差错控制的重要信息。然而,随着接收者的增多,反馈控制必须解决可扩展性问题。

根据丢失检测的实体,反馈控制分为发方主动(sender-initiated)机制和收方主动机制。发方主动机制由收方发回确认 ACK,发方负责控制丢失检测,因此发方为每个接受者维持和处理相关的状态信息。对于接收者多的情况,发方必须处理大量的 ACKs,同时这些 ACKs 可能引起发方邻近链路的拥塞和大量的包丢失。收方主动机制由每个接收者负责丢失检测,当收方检测到丢失以某种形式发回丢失确认 NAK,因此,该机制由每各接收者负责维护自身的状态信息。

D. Towsley^[8]比较了基于发方主动和收方主动的可靠多播协议,其分析结果如表 2,其中 p 是丢失率, R 是多播组大小,从表中可看出,当 p 趋近于零时,基于发方主动的发方包处理时间与 R 成正比,而基于收方主动协议发方包处理时间

为常数时间,基于收方主动的协议较基于发方主动的协议有更好的可扩展性。

表 2 针对 R 个接收者及包丢失率为 p 的性能分析

	发方处理每个包的平均时间	$p \rightarrow 0$
发方主动协议	$O[R(1+p/(1-p))\ln R]$	$O(R)$
收方主动协议(单播 NAK)	$O[1+pR/(1-p)]$	$O(1)$

尽管基于收方主动的机制有更好的可扩展性,但反馈控制策略仍要考虑反馈风暴(feedback implosion)问题,因为在多播环境中,发生在共享链路上的丢失会导致大量的相关丢失,造成发方处理积压甚至瘫痪。避免反馈风暴问题的解决方案有:

(1)基于概率多播的方案^[9]:采用概率机制选择性地控制反馈信息的产生,接收者以给定的概率响应发方的请求,通过对接收者响应概率的设置,可有效控制反馈的产生,然而,该方案也存在不能及时获得反馈和当组大小未知时如何设置响应概率的难题。

(2)基于定时器的方案^[10]:这是一种随机延迟响应方案,每个接收者在发回反馈之前,先启动一个随机延迟定时器,在定时期内若收到相同的反馈信息则取消自己的反馈信息,否则定时器超时则发出反馈信息。显然,定时参数的选择很关键,太小不利于消除风暴问题;太大则响应不及时。

(3)基于结构的方案:该方案将所有接收者按某种结构组织起来,通过将反馈信息在结构内部聚合、归并后来避免反馈风暴问题。组织结构的实现方式有很多,M. Hofmann^[11]提出了将多播组分为局部组(local group)的概念,反馈的处理在局部组内部由组控制器(group controller)集中处理。RMTP^[12]协议则采用基于树结构的方式由指定接收者(designated receiver)负责集中和处理反馈和局部恢复(见图 1)。

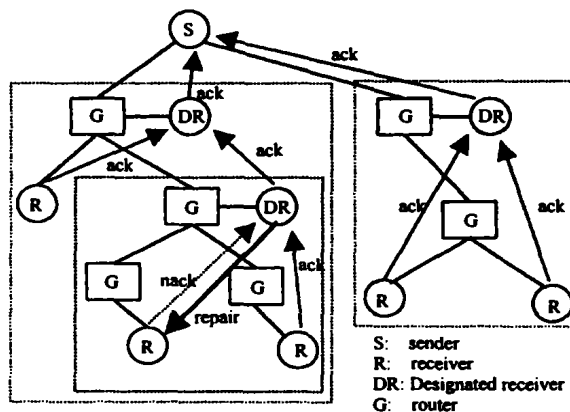


图 1 基于树结构的反馈控制方案

(4)基于探查的方案^[13]:该方案综合概率多播方法、随机实验响应和扩展环搜索技术以一种可扩展的方式获取反馈信息。

3 拥塞控制

拥塞控制机制分为不使用反馈的开环和使用反馈的闭环两大类。开环协议的主导思想是通过一定的监督和调度策略实现拥塞避免。由于许多应用会攫取尽可能多的网络资源,网络拥塞的状况难以避免,闭环协议的处理原则是根据网络拥塞的情况调节进入网络的通信量。由于目前 Internet 中大量

路由器采用先来先服务 FIFO 和尾部丢弃 (droptail) 队列管理策略, 以及 TCP 协议采用闭环控制机制的缘故, 闭环拥塞控制受到了更多的关注。

3.1 端到端多播拥塞控制

当前的 Internet 中网络通常不提供拥塞控制用的反馈信号, 为了进行拥塞控制, 必须使用来自端系统的如确认、丢失确认或超时等隐含反馈信号, 因此在连续媒体传输中要采用自适应的端到端拥塞控制。

目前端到端多播拥塞控制算法通常采用基于窗口或基于速率的控制机制。基于速率方法的基本框架是: 发方根据定期获得的丢失信息调节其发送速率, 调整策略通常采用 TCP 控制所采用的无拥塞时线性增加其速率; 拥塞发生时, 将其发送速率减半。对于采用这样机制的多播拥塞控制算法来说, 关键问题是确定何时进行速率调整。如果响应每个接收者的每次反馈, 流的吞吐量会变得很低。T. Montgomery^[14]提出了一种基于使用一个门限来确定平均丢失率容许丢失速率控制 (loss-tolerant rate controller) 方案, 算法仅响应最拥塞的路径而不理睬一般的其他丢失信息。T. Sano^[15]提出了一个双门限检测的基于监视器的流量控制方案, 两个门限分别用于收方和发方判断拥塞发生的依据。

当确定拥塞发生时, 由发方减少发送速率的方法也称为是一种基于发方主动的控制方法。速率调节的方法有很多, 一种简单的调节方式是调节报文之间的发送时间间隔。对于连续媒体来说, 还可改变压缩参数来调节编码器输出速率, 这种方法有时也称为媒体缩放。IVS 电视会议系统^[16]就使用端到端控制机制, 使用网络检测器和吞吐控制器来适应网络的变化, 当网络发生拥堵时通过改变帧速率、量化因子或运动向量的搜索范围来降低编码器输出速率。单纯由发方控制速率的方法常用于单速率多播的情形, 即发方在整个播送期间始终采用统一的传输速率。显然这种单速率多播无法满足用户间的不同需求。

多速率多播在传输过程中采用多个组, 不同的组播送不同的速率、不同质量的数据, 接收时由接受者根据自身情况选择加入合适的组, 多速率多播能有效改善用户间的公平性问题。在速率控制上, 控制主体由发方转移到收方, 由收方根据拥塞信息, 通过组加入/离开机制选择不同的组, 达到调节速率的目的。不同多速率多播方法有不同的带宽控制方法。基于收方的分层多播 RLM^[17]采用加入实验 (join-experiments) 来尝试性地增加带宽, 当实验后检测到拥塞信号则丢弃新增加的带宽。失败的加入实验会导致网络拥塞, 因此 RLM 用一个共享学习策略来控制并减少失败实验的频率。针对分层多播中加入/离开的问题, L. Wu^[18]提出细流 (Thin Streams) 的概念, 每个编码层被分为等带宽的多个细流, 并在一个多播组中只播送一个细流。细流减小了 RLM 加入实验所带来的网络振荡, 但它需要网络支持大量的多播组。

3.2 公平性

拥塞控制要解决的另一个问题是资源共享的公平性问题。S. Floyd^[19]指出缺乏控制多播流是一种不迅速响应流, 会造成对 TCP 流极大不公平性, 严重影响当前 Internet 中占主导地位的使用 TCP 协议的 Http 和 ftp 服务。

目前对不同会话公平性 (inter-sessions fairness) 主要考虑以下几种公平准则:

(1) TCP 友好公平: 如果多播流 M 吞吐量 T 和丢失率 p 之间的关系 $T \propto 1/\sqrt{p}$, 则 M 是 TCP 友好公平的。

(2) Max-Min 公平^[20]: 假定 R 是网络中所有会话 S 的资源分配策略, 如果 R 满足: ①它是可行的; ②对任意一个会话 $s \in S$, 在存在 $\hat{R}, \hat{R}_i \geq R_i$ 的每个可行的资源分配策略 \hat{R} , 必然有另一会话 $t \in S$ 使得 $R_t \geq \hat{R}_t$ 和 $R_t \geq \hat{R}_t$, 则 R 是 Max-Min 公平的。

L. Vicisano^[21]提出一个类似 TCP 的分层多播控制拥塞控制方案, 它将第 $i+1$ 层的带宽设为第 i 层带宽的两倍, 当拥塞发生时, 收方丢弃当前层, 其行为类似 TCP 拥塞窗口的减少算法, 因此是 TCP 友好的。然而, 对于视频多播应用, 分层不是由带宽需求确定而是由编码需求确定的。X. Li^[22]提出了一个基于分层拥塞敏感性速率控制方案来改善不同会话间的公平性, 其基本思想是: 在视频分层多播中, 层数越高对拥塞的敏感性就越高, 当发生带宽竞争时, 拥有更多层数的用户会更容易放弃部分带宽, 从而实现不同流的公平带宽共享。通过设置层的敏感性函数, 可实现不同会话间的 Max-Min 公平和 TCP 友好公平。

4 异构性

由于接收者间在网络带宽、处理能力等方面的差异, 使用统一的单速率多播策略将会造成严重的用户间公平性 (inter-receiver fairness) 问题。为解决这个问题, 现主要有两类方法: 编码转换方法 (transcoding) 和多速率多播方法。

4.1 编码转换方法

编码转换方法通过插入应用级网关将原始的数据流转换到接收端能支持的带宽范围内, 该方法的一个突出优点是其结构与占主导地位的硬件和网络技术相兼容, 网关可使用标准化可用的音频/视频编码芯片。E. Amir^[23]提出的视频网关 vgw 就是采用这种方法的数字视频转换器, 通过编码转换和速率控制技术对输入流和输出流进行智能化管理, vgw 允许将高品质、高带宽的 JPEG 视频流转换成低品质、低带宽的 H. 261 视频流。为使这种视频网关与当前的 Internet 视频工具进行互操作, vgw 将实时传输协议 RTP 作为结构的一个组成部件。然而, 应用级网关的编码转换方法也面临增加端到端时延和与加密不兼容的问题。

4.2 多速率多播方法

解决用户间公平性问题更流行的方法是同时使用多个组来实现不同速率的多播。典型的现有多速率多播策略有:

(1) 重复流视频多播^[24]: 发方分别向不同组多播具有不同质量和速率的视频流, 接收者则根据网络情况和自身处理能力选择合适的组接收视频信息, 在传输过程中, 还可根据网络的变化通过组离开/加入机制选择不同速率的视频流。该方案简单, 也有效改善了用户公平性, 但需要网络传输冗余信息, 一定程度加剧了资源浪费和紧张。

(2) 分层视频多播^[17]: 这种策略依赖能将视频流分成若干层的压缩编码方法, 编码输出的分层中有一个基层和若干增强层。基层提供基本的视频质量, 可以被独立解码; 增强层提供对视频质量的改善和增强, 但必须和基层联合解码。依赖这种编码, 发方可在不同组多播不同的层。接收者首先必须加入播送基层的组, 同时则根据网络情况和自身处理能力选择合适的组接收增强层视频数据。

5 可靠性

尽管连续媒体的传输冗余无需 100% 的可靠性, 但过大的丢失率会导致回放性能的严重退化, 因此, 也需要有相应的

差错控制机制。在多播环境中,有三种差错控制方法:基于重传的 ARQ 方法、纯 FEC(Forward Error Correction)方法和混合 FEC/ARQ 方法。

5.1 基于 ARQ 的差错控制方法

基于重传的 ARQ 方法是数据可靠传输最常用、最简单的方法,然而,一般连续媒体在传输中大都对实时性要求,采用基于发方的重传恢复往往难于保证严格的时延要求。因此通常认为基于重传的差错控制方法不适合连续媒体的多播,但最近的一些研究表明这一观点还有待讨论,支持观点认为通过重传改善音频和视频的传输质量是可能的,所以在回放允许的时限内应尽可能地使用重传恢复。为尽可能降低恢复时延,重传不再采用基于发方的重传而使用局部恢复技术,即重传恢复可由正确接收的接收者以单播或多播的形式进行,多播重传的范围可采用多播范围控制进行限制。

X. Xu^[25]研究了在 Internet 上进行非交互的声音多点传输时使用重传技术进行差错控制,并提出了一个能进行多播音频的 STORM 协议,STORM 协议采用局部恢复技术来取得可伸缩性和较低的恢复时延。X. Li^[27]等提出了在 Internet 上进行非交互 MPEG 视频多点传输时使用重传技术进行差错控制的 LVMR 协议。LVMR 使用分层编码技术 MPEG 视频中的 I 帧、P 帧和 B 帧分别作为一层, LVMR 同样采用局部恢复技术来降低恢复时延。

5.2 基于 FEC 差错控制方法

FEC 技术的基本思想是通过增加冗余信息使传输一次获得成功。由于存在含有冗余信息以及在恢复包丢失方面的高难度和额外开销, FEC 技术在数据可靠传输中没有太大的吸引力。但随着计算机处理能力的提高,软件的 FEC 编码/解码已达到了可接受的程度;此外由于连续媒体严格的传输时延限制,使得对 FEC 技术的研究又得到重视。

优先级编码传输(PET)^[28]是一个使用 FEC 技术的视频传输系统,它允许说明连续媒体流中每个分组的优先级, PET 根据优先级产生不同数量的冗余量。PET 可用于传输 MPEG 视频,一个典型的用法是分别以 100%、33%和 5%的冗余量分别保护 I 帧、P 帧和 B 帧。INRIA 开发的音频应用系统 FreePhone 将速率控制和正向纠错技术结合到一起,它能够通过 RTCP 协议的 QoS 状态报表来调节传输速率和加入音频组块的冗余量。

5.3 基于混合 FEC/ARQ 的差错控制方法

使用 FEC 方法的最大难题在于如何针对变化的网络情况选择恰到好处的冗余量。为克服这个问题,可采用混合 FEC/ARQ 方法,混合 FEC/ARQ 包括以下两种类型:

I 型(D+P...D)^[29]:在传输数据 D 时使用 FEC 附带传送一定数量的冗余数据 P,如果收方检测到丢失,则使用 ARQ 重传丢失数据 D 进行恢复。使用这种方法,可使大多数的接收方有很大的概率无需重传。这对连续媒体的传输很有吸引力。

II 型(D...P)^[30]:首先传输不含任何冗余数据 D,丢失发生时,采用重传 FEC 校验数据 P 进行恢复。使用这种方法,对恢复多播通信中的不相关丢失十分有效。

总结和将来的工作 通过前面的介绍,我们发现在 Internet 连续媒体多播传输技术的研究呈现以下一些特征和趋势:

(1)基于 IP 多播的多点应用:IP 多播允许在对现有网络不作太多影响的情况下使网络增加许多新的功能和应用,它

的出现使在 Internet 开展大规模多点分布式应用成为可能。另外,基于 IP/UDP/RTP 的协议栈结构的会议工具也越来越多。

(2)基于收方主动的方法:在 Internet 上开展的多点应用可能涉及众多的参与者,系统可扩展性将是一个重要的性能指标。基于收方主动的方法能提供更好的可扩展性,因此基于收方主动的方法在多播拥塞控制、传输异构性、可靠性等多方面得到应用。

(3)分层多播技术:单速率多播无法解决用户间的异构性问题,难以提供好的用户满意度,而分层多播技术提供了多速率的多播方式,配合相应的带宽控制技术,是一种解决用户公平性的有效方法。

(4)FEC 差错控制技术:FEC 技术将在实时多播应用中发挥更大的作用,而局部恢复技术也表明重传技术也能在实时应用中发挥作用,此外,重传 FEC 校验的方法是对付多播通信中不相关丢失的十分有效的方法。

(5)TCP 友好公平:多播流的引入,必须考虑对 TCP 流的影响,在网络资源的共享上,必须考虑公平性,实现 TCP 友好公平将是在 Internet 上进行大规模多播应用的前提和保证。

然而,尽管 Internet 连续媒体多播应用取得一定的进展,出现了一些成功的系统和应用,针对可扩展性、拥塞控制、异构性和可靠性等方面的问题,也提出许多有效的解决方案,但由于 Internet 尽力而为的传输特征,以及多点通信中的固有复杂性,使得在这一领域还有许多挑战性的问题有待深入研究。第一,多播大规模应用面临许多问题,如当前 IP 多播模型在多播组管理、安全性、地址申请等多方面,影响了多播的大规模应用。第二,公平性问题仍然有待更好地解决,无论是对单播和多播的资源申请、不同流公平性以及多播环境中特有的用户公平性问题都需要进一步研究。第三,将可扩展性、拥塞控制、异构性和可靠性问题综合考虑的问题。第四,信源信道混合编码问题,由于用户需求和拥有资源的异构性,分层编码技术仍将是未来几年内的研究主流。

参考文献

- 1 Eriksson H. Mbone: the Multicast backbone. Commun. of the ACM, 1994, 37: 54~60
- 2 Zhang L, et al. RSVP: A New Resource Reservation Protocol. IEEE Network, 1993, 7(5): 8~18
- 3 Deering S, Cheriton D. Multicast routing in Datagram Internetworks and Extended LANs. ACM Trans. Computer Systems, 1990, 8(2): 85~110
- 4 Fenner W. Internet Group Management Protocol, Version 2. RFC 2236, Nov. 1997
- 5 Jacobson V. Tutorial: Multimedia conferencing on the Internet. ACM SIGCOMM'94, Aug. 1994
- 6 McCanne S. Scalable Multimedia Communication using IP Multicast and Lightweight Sessions. IEEE Internet Computing, 1999, 3(2): 33~45
- 7 Schulzrinne H, et al. RTP: A Transport Protocol for Real-time Applications. RFC 1889, Jan. 1996
- 8 Towsley D, Kurose J, Pingali S. A Comparison of Sender-Initiated and Receiver-Initiated Reliable Multicast Protocols. IEEE JSAC, 1997, 15(3): 398~406
- 9 Ammar M H. Probabilistic Multicast: Generalizing the Multicast Paradigm to Improve Scalability. In: Proc. of IEEE INFOCOM'94, Mar. 1994
- 10 Floyd S. Reliable multicast framework for lightweight sessions and application level framing. IEEE/ACM Trans. On Networking, 1997, 5(6)
- 11 Hofmann M. A Generic Concept for Large-scale Multicast. In: Proc. of Intl. Zurich Seminar on Digital Communications (IZS'96)
- 12 Lin J C, Paul S. RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol. IEEE INFOCOM'96, pp. 1414~1424

(下转第 25 页)

URL 及标题,并搜索用户兴趣源数据库,计算得到该页面的访问次数。然后利用前面描述的兴趣判别算法计算出用户对该页面的最低感兴趣程度。最后将访问次数换算成特定的兴趣因子,得到用户对该页面的感兴趣程度。

2) 页面上的停留时间。当浏览器为活动窗口且系统处于活动状态时,对同一页面的关注越多即停留时间越长,表明对该页面的兴趣也越大。

在浏览器窗口为当前活动窗口的情况下,当主体发现浏览器的页面没有被刷新时,就会认定用户一直在关注当前页面,并开始计数,直到用户离开浏览器或访问其它页面为止。最后,主体将用户在同一页面上的驻留时间转换成对应的兴趣因子,并得到用户对该页面的感兴趣程度。

3) 页面内搜索字符串或关键字。一般来说,用户在页面内搜索的字符串或关键字都是用户感兴趣的东西。

主体在捕捉到搜索动作时,首先获取所搜索的字符串或关键字,并将该字符串看成是用户感兴趣的标题的一部分,然后调用兴趣判别算法计算并更新用户的兴趣。

4) 编辑、修改并保存页面。用户一般只会保存感兴趣的东西,而编辑或修改页面也往往是为了将所下载的页面更改成自己的页面,并会最终保存下来。

主体在捕捉到页面保存动作时,直接将用户对该页面的感兴趣程度加倍。

结束语 Internet 网上信息量过载已导致我们难以利用其巨大的价值。如何将繁多的信息按用户的兴趣从杂乱到有序是一个有意义的课题,这也是搜索引擎实现个性化服务的关键。本文提出一种学习算法,只用较少的人机交互就准确

地把握了用户的兴趣所在。Agent 技术使得我们根据用户的行为可以动态地对兴趣进行跟踪,在理论和实践上较适合于 Internet 上数量众多、经常改变的信息的情形。学习算法的动态性使系统容易跟踪用户兴趣的改变。

参考文献

- 1 Cheng Xueqi, Bai Shuo. A Decision-Tree-Based Mechanism for Information Difffluence [C]. In: Proc. 1998 Intl. Conf. on Chinese Information Processing. China, 1998
 - 2 Aha W, Bankert L. A comparative Evaluation of Sequential Feature Selection Algorithms [C]. In: Proc. of AI and Statistics Workshop 1995
 - 3 Domingos P. Context-Selection for Lazy learners [J]. Artificial Intelligence Review, 1997
 - 4 Cost S, Salzberg. A Weighted Nearest Neighbor Algorithm for Learning with Symbolic Features [J]. Machine Learning, 1997, 10: 57~78
 - 5 Zhan Xuegang, Yao Tianshun. A Chinese Document Classification Method Based on Syntax Analysis. In: Proc. 1998 Intl. Conf. on Chinese Information Processing. China, 1998
 - 6 Dong Mingkai, Tian Qijia, Shi Zhongzhi. Web spider based on intelligent agent. In: Proc. 5th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2001) and 7th Intl. Conf. on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS 2001)
 - 7 Wang Bo, Tian Qijia, Shi Zhongzhi. Multi-agent environment. In: Proc. 5th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2001) and 7th Intl. Conf. on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS 2001)
-
- (上接第16页)
- 13 Bolot J C, Turetletti T, Wakeman I. Scalable Feedback Control for Multicast Video Distribution in the Internet. In: Proc. of ACM SIGCOMM'94, Sept. 1994. 58~67
 - 14 Montgomery T. A loss tolerant rate controller for reliable multicast: [Technical Report NASA-IVV-97-011]. West Virginia University, Aug. 1997
 - 15 Sano T, et al. Flow and congestion control for bulk reliable multicast protocols toward coexistence with TCP. RM meeting, Sept. 1997
 - 16 Turetletti T, Huitema C. Videoconferencing on the Internet. IEEE ACM Transactions on Networking, 1996, 4(3): 340~547
 - 17 McCanne S, Jacobson V, Vetterli M. Receiver-Driven Layered Multicast. In: Proc. of ACM SIGCOMM'96, (Stanford, CA), Sept. 1998
 - 18 Wu L, Sharma R, Smith B. Thin Stream: An Architecture for Multicasting Layered Video. In: Proc. NOSSDAV'97, (St. Louis, MI), May 1997
 - 19 Floyd S, Fall K. Promoting the use of end-to-end congestion control in the Internet. submitted to IEEE/ACM Transaction of networking, Feb. 1998
 - 20 Rubenstein D, Kurose J, Towsley D. The Impact of Multicast Layering on Network Fairness. ACM SIGCOMM'99, Cambridge, MA, Sep. 1999
 - 21 ViCisano L, Rizzo L, Crowcroft J. TCP-like Congestion Control for Layered Multicast Data Transfer. IEEE INFOCOM'98, (San Francisco, CA), Mar. 1998
 - 22 Li X, Paul S, Ammar M. Multi-Session Rate Control for Layered Video Multicast. In: Proc. of Symp. on Multimedia Computing and Networking (MMCN'99), (San Jose, CA), Jan. 1999
 - 23 Amir E, McCanne S, Zhang H. An Application Level Video Gateway. ACM Multimedia, 1995 (Nov.): 511~522
 - 24 Cheung S, Ammar M H, Li X. On the Use of Destination Set Grouping to Improve Fairness in Multicast Video Distribution. In: Proc. of IEEE INFOCOM'96, (San Francisco, CA), Mar. 1996. 553~560
 - 25 Xu X, et al. Resilient Multicast for Continuous-Media Applications. In: G. Parulkar, Ed. NOSSDAV'97, Springer, May 1997
 - 26 Pejhan S, Schwartz M, Anatssiou D. Error Control Using Retransmission Schemes in Multicast Transport Protocols for Real-Time Media. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1996, 4(3): 413~427
 - 27 Li X, Paul S, Ammar M H. Layered Video Multicast with Retransmission (LVMR): Evaluation Error Recovery. In: Proc. of NOSSDAV'97, (St. Louis, MI), May 1997
 - 28 Albanese A, Luby M. Priority Encoding Transmission. IEEE Trans. For Theory, special issue devoted to coding theory, 1996, 42(6)
 - 29 Rubenstein D, Kurose J, Towsley D. Real-time Reliable Multicast Using Proactive Forward Error Correction: [CMPSCI Tech Report 98-19]. University of Massachusetts at Amherst, Mar. 1998
 - 30 Nonnenmacher J, Biersack E W, Towsley D. Parity-Based Loss Recovery for Reliable Multicast Transmission. In: Proc. ACM SIGCOMM'97, Cannes, France, Sept. 1997. 289~300