

基于网络编码的 P2P 流媒体系统中段粒度研究

李 珊

(长沙师范学院 电子信息工程系, 湖南 长沙 410100)

摘 要:网络编码技术为进一步提高 P2P 流媒体系统的性能和服务质量指明了新的方向。应用网络编码技术,分段的媒体文件被进一步划分成多个数据块,随机线性网络编码作用在同一段的数据块上。段粒度即段内的数据块数目,作为编码范围,其取值大小直接影响到系统各个方面的性能,是优化基于网络编码的 P2P 流媒体系统的关键参数。文中从系统实现和理论分析两个方面,分类讨论了相关技术方案中段粒度取值方法,并分析了其优缺点,并对今后段粒度最优取值方法研究思路进行了展望。

关键词:网络编码;P2P 流媒体系统;段粒度;最优取值

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)04-0061-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.04.015

Research on Segment Granularity in P2P Streaming Systems Based on Network Coding

LI Shan

(Department of Electronic and Information Engineering, Changsha Normal University,
Changsha 410100, China)

Abstract: Network coding technology marks a new direction to further improve the performance and service quality of P2P streaming systems. Applying the network coding technology, segmented media files are further split into blocks, random linear network coding are performed in each segment. Segment granularity is the number of blocks in each segment. As the range of network coding, it is regarded as one of the key parameters for system optimization. The value of segment granularity directly affects various aspects of the P2P streaming systems. Through the system implementation and theoretical analysis, discuss the different methods to determine the values of segment granularity respectively, and analyze their merits and drawbacks, and propose the ideas on how to find optimal segment granularity in the future.

Key words: network coding; P2P streaming system; segment granularity; optimal value

0 引 言

现有互联网上的网络视频主要分为 C/S(客户端/服务器)和 P2P(点对点)两种数据分发模式。成熟的商用 C/S 模式网络视频系统,如优酷网、土豆网、酷 6 网和 Youtube 等站点,它们通过部署海量的媒体服务器以及交付极其高昂的带宽租赁费用来满足广大用户的需求。而以 PPTV、PPStream、CoolStreaming、UUSee 和迅雷看看等为代表的 P2P 流媒体系统,它们都采用了 P2P 技术,即在这些系统中各个节点地位对等,既是媒体节目的客户端,同时也是媒体文件的服务器,因此基于 P2P 的流媒体系统能够较好地利用互联网中

海量用户的闲散资源,使服务分散化,在较低成本的情况下带来了用户数量较 C/S 模式几个数量级的提高,取得了巨大的商业效益^[1]。P2P 流媒体系统尽管发展迅速,但是仍然存在诸多有待解决的问题,如启动延迟较长、播放质量受网络动态性影响较大、网络负载不均衡、数据调度策略复杂等。因此,在继续对传统 P2P 流媒体系统进行优化的同时,还迫切需要引入新的理论和新的方法来进一步提升 P2P 流媒体系统的整体性能和服务质量。

网络编码技术的应用为 P2P 流媒体系统指明了新的方向。香港中文大学的 Ahlswede 等于 2000 年首次提出了网络编码的概念^[2]。其基本思想是网络中的

收稿日期:2014-05-16

修回日期:2014-08-18

网络出版时间:2015-02-23

基金项目:湖南省教育科学研究青年项目(12B012)

作者简介:李 珊(1981-),女,讲师,硕士,研究方向为网络编码、流媒体。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150223.1233.009.html>

数据流与物流网中货物不一样,不仅能够转发,还可以进行融合,即允许网络中的节点将接收到的多个数据包融合成一个编码包来传输。这革新了传统存储转发技术的包交换理念,且理论证明能够达到组播网络的最大吞吐率。网络编码技术一经提出便得到了计算机领域和通信领域学者们广泛的关注,并逐渐应用到 P2P 网络^[3-4]、无线网络^[5-6]、分布式存储^[7-8]和网络安全^[9-10]等多个领域中,取得了大量的研究成果。由于 P2P 技术天生具有应用层组播特性和多源服务特性,能够与网络编码理论进行很好的结合,从而进一步提高 P2P 系统的网络资源利用率、鲁棒性和服务质量。研究表明,较传统的 P2P 流媒体系统而言,将网络编码技术和 P2P 技术相结合的流媒体具有传输协议更简单、能适应高动态网络、系统扩展性更好等优势^[11]。

在基于网络编码的 P2P 流媒体系统中,媒体文件被划分成一系列具有时序的数据段(segment),数据段被进一步分解成数据块(block)。每段所包含数据块的数目被称作“段粒度”(segment granularity)。P2P 系统中通常采用随机线性网络编码(randomized linear network coding),即独立随机选取编码系数来对多个数据块求线性组合生成编码块。对于每个数据段,多个源节点同时向一个请求节点推送该段的编码块。当请求节点收集到等于段粒度数目的线性无关的编码块后,则能够通过高斯消去法来解码,从而得到该段的有效数据。段粒度作为编码范围,其取值将直接影响 P2P 流媒体系统各个方面的性能。相关研究表明^[12]:当段粒度取值较大时,每次编解码的数据量将增加,计算开销会明显增大,延迟也相应增加;而为了保证解码,编码系数都需要由编码块捎带传输,段粒度增大也会导致编码块上附加系数开销增大;再次,有效数据只有在一段编码块解码后才能得到,因此段粒度过大将带来较大的解码间隔延迟;当段粒度取值较小时,由于相邻两段数据之间的切换需要请求节点向其源节点发送刹车消息,段粒度越小,则刹车消息越多,同时刹车消息在传输过程中还会导致段间线性相关冗余丢包增多,降低了传输效率;并且已经证明了段粒度太小还会使得数据块在对等网络的节点中分布不均匀,从而导致鲁棒性下降^[13]。因此段粒度是基于网络编码的 P2P 流媒体系统的关键参数,在相关研究中都涉及段粒度取值的讨论与分析,如何找出段粒度的最优取值也成为当前网络编码流媒体的热点问题。

不同于现有基于网络编码的 P2P 流媒体系统综述^[14],文中从系统实现和理论分析两个方面,总结相关工作中有关段粒度取值这一热点问题的研究手段和方法,希望从段粒度的角度揭示随机线性网络编码与 P2P 流媒体系统相结合时产生的基本特性,进一步提

高 P2P 流媒体系统的服务质量。

1 研究背景

1.1 随机线性网络编码技术

在网络编码技术发展的前期,研究工作集中在理论层面上,主要探讨网络信息流问题(Network Information Flow Problem)的集中式编码构造算法^[15]。集中式编码构造算法在已知整个网络拓扑的前提下,计算网络中每个节点确定的编码方式,实现该网络的理论最大吞吐率。然而,由于实际网络和系统往往规模庞大,节点之间拓扑关系复杂,且存在动态性,因此集中式编码构造算法并不实用。为此,各种分布式编码构造算法应运而生,其中 Ho 等于 2003 年提出的随机线性网络编码(Random Linear Network Coding)构造算法为网络编码技术走向实用奠定了坚实的理论基础^[16]。随机线性网络编码构造算法允许网络的中间节点独立随机地从有限域 $GF(2^q)$ 中选取线性编码系数,不受网络拓扑动态变化的影响。Ho 等还从理论上证明了当给定的有限域足够大时,目的节点将以较大概率成功解码,且其吞吐率能渐近达到理论最大值。同年,在随机线性网络编码的理论基础上,P. Chou 等提出了能够应用于实际网络中的实用网络编码(Practical Network Coding)方案^[17]。该方案首次提出了分“段”(又称“代”)的概念,即将分块的数据文件组成大小相同的多个段,中间节点只能对同一段内的数据块进行随机线性网络编码,目的节点每次利用高斯消去法能解码出一个段的原始数据。实用网络编码方案还提出了携带全局编码系数的包交换技术和数据段在节点上的缓存优化技术,开创了网络编码的实用研究分支,为网络编码在 P2P 系统的应用提供了有力的技术支撑。

1.2 基于网络编码的 P2P 流媒体系统

由于网络编码技术能够充分发挥 P2P 系统中的应用层组播和多源协同两项关键技术优势,且随机线性网络编码的全分布式特性正适用于对等节点高度自治的 P2P 系统,因此为 P2P 系统的研究指明了新的方向。2005 年,微软研究院 Gkantsidis 和 Rodriguez 在 INFOCOM 上发表了首个基于随机线性网络编码技术的 P2P 数据分发系统 Avalanche^[3]。该系统对数据文件整体进行分块,每个编码块都包含整个数据文件的信息;对等节点利用随机线性网络编码对接收到的编码块进行再编码,并根据邻居节点之间的数据块元信息,采用推模式为邻居节点提供具有新信息的编码块,以快速地完成内容分发。

从 2006 年起,网络编码逐渐应用到 P2P 流媒体系统中。与数据分发系统不同,流媒体系统中的数据块具有有序性,视音频文件需要边下载边播放。为了减

小用户的启动延迟,不可能将整个媒体文件作为编码范围,因此如何对媒体文件进行分段编码成为了关键挑战之一。其次,为保证媒体文件播放的流畅性(即播放质量),其调度策略的设计也需要综合考虑媒体文件的播放速率、播放进度和缓冲状态等多方面的因素。同时,如何增加系统的服务能力、减小控制开销和编解码计算开销也给基于网络编码的 P2P 流媒体系统提出了更高要求。

近年来,基于网络编码的 P2P 流媒体技术相关研究很多,主要集中在调度策略和系统实现上。例如,香港科技大学 Zhang Qian 教授及其小组于 2006 年提出了视频分层编码与网络编码相结合的组播机制 LI-ON^[18];同年,他们又设计了根据数据播放时限与邻居节点状态来调整编码范围的 P2P 流媒体点播调度策略^[19];刘亚杰等以 DONet/Cool Streaming 系统为基础提出了一种将图像组 GOP 作为编码范围的流媒体直播方案^[20];Halloush 和 Radha 提出了通过跨段编码方式来提高请求节点的解码能力^[21]。多伦多大学的 Baochun Li 教授及其小组多年来一直致力于该领域的研究,取得了丰硕的成果,包括如 2007 年实现的拉模式 P2P 流媒体原型系统 Lava^[11]和纯推模式的调度策略 R²^[12],2008 年提出的基于 LT 码的 P2P 直播方案 rStream^[22]和视频 SVC 编码与网络编码相结合的播放质量自适应机制 Chameleon^[23],以及 2010 年公开的第一个基于网络编码的 P2P 流媒体商用点播系统 UUS-ee,等等^[24]。理论模型研究较少,具有代表性的工作也主要来自于 Li Baochun 教授及其小组,他们在动态网络环境下分析编解码计算复杂度和系统适应力之间的平衡关系^[13],并对基于 R²策略的系统进行了数据建模,并探索了系统服务能力、段粒度和性能之间的本质关系^[25],他们还将段粒度作为重要影响因子量化分析了在非协作 P2P 数据分发环境中网络编码的“市场规律”^[26]。

相关研究表明,基于网络编码的 P2P 流媒体系统的优势主要表现在以下三个方面:

(1)传输协议简单高效,段的任意编码块包含该段的信息量相等,因此通常不需要显式的协同控制,而只需要采用纯推模式进行数据分发,即可实现多个源节点在没有交互情况下的“完美”协同,将数据块均匀地分发到整个系统中。

(2)适应高动态网络。采用网络编码技术,一个段的数据将由多个源节点提供,且编码块信息量相等,因此能够解决节点退出带来的稀缺数据无法获取的问题,更适应高动态网络。

(3)系统可扩展性更好。较传统 P2P 流媒体系统,能够设置更大的段粒度以减少邻居节点之间缓冲

区状态信息交换的开销,提高了节点带宽的利用率。同时请求节点不需要收到完整的数据段就能通过再编码为其他邻居服务,提高了整个系统的服务能力,使得扩展性更好。

2 段粒度研究现状

虽然大量的研究验证了网络编码技术能够为 P2P 流媒体系统提供更好的网络资源利用率、鲁棒性和服务质量,但仍然存在进一步优化的空间^[14]。其中,如何找到最优分段方式一直是随机线性网络编码应用到实际 P2P 流媒体系统中的研究难点。段作为编码范围,其划分方式主要由两个参数来确定,即数据块大小和段粒度的取值,特别是段粒度,它将直接关系到整个系统的网络资源利用率、编解码计算复杂度、协议的控制开销和服务质量。然而目前相关研究更多的是在调度策略和系统实现的同时进行定性分析,再通过模拟试验或者海量数据实测来比较得出较优的分段方式,而定量性能分析研究却很少。下面将分别从系统实现和理论研究两个方面,对分段方式的研究现状进行讨论。

2.1 系统实现

Wang Mea 和 Li Baochun 较早实现了一个基于网络编码的 P2P 直播试验床 Lava^[11],其调度策略基于数据驱动的拉模式,请求节点可并行请求播放缓冲区中缺失的多个数据段,且由于编码块中包含的信息量相等,因此请求节点可为每个缺失数据段随机地选取多个源节点来提供服务,较传统拉模式具有更好的灵活性;同时,Lava 率先采用了数据段渐进解码方法,即利用高斯-约旦消去法(Gauss-Jordan Elimination),在每次收到一个编码块后就将其系数放入系数矩阵中进行运算,这样分散了解码计算开销,使得每个数据段在收到最后数据块时,能够快速解码出原始数据。Lava 利用 44 个双核 CPU 服务器搭建的集群系统对性能进行测试,并与相同协议和参数配置下的传统 P2P 直播系统 Vallina 进行了深入对比,结果表明,采用网络编码的 P2P 流媒体最大的优势在于能够进一步缩小数据流的传输粒度,特别在带宽供应紧缺和节点动态性较强时服务质量受到的影响较小,鲁棒性更好。针对分段方式,Lava 的研究人员开展了初步的实验研究。首先,测试了不同分段方式对编解码带宽造成的影响。在实验中,固定段大小,将段粒度由 784 逐渐减少到 32,而数据块大小相应从 128 B 增加到 256 kB,结果表明当段粒度只有 32 时,其编解码带宽可以超过 15 MB/s,而编解码带宽都将随着段粒度的增加而迅速减小。其次,讨论了不同编码密度对播放质量造成的影响。固定段粒度为 32,则发现编码密度稀疏程度对播

放质量造成影响很小。

随后, Wang Mea 和 Li Baochun 提出了一种基于数据驱动的随机推调度策略 $R^{2[12]}$, 并通过 Lava 试验床进行了测试, 实验结果表明 R^2 综合性能较拉模式调度策略有更大的提高。其基本思想是由于同一数据段的编码块中包含的信息量相等, 不存在时序性, 因此多个源节点可以在没有显式协同的前提下, 采用纯推模式来持续提供同一数据段的编码块, 这样将进一步减少控制开销, 并提高传输效率。源节点将根据请求节点的缓冲区状态信息来随机选取某一缺失数据段进行服务, 具体来说, R^2 选取当前播放点 f 秒后的缓冲区作为优先域, 源节点以均匀分布的方式优先推送优先域内数据段的编码块; 如果当优先域中靠近播放点的数据段仍不能完全解码时, 请求节点启动紧急方案, 直接请求所有邻居节点发送该数据段的编码块; 对于优先域外的数据段, 一般按照特定的概率分布函数进行随机推。多个源节点采用纯推模式来发送编码块, 并不知道请求节点是否已经能够成功解码。因此为了避免出现冗余数据, R^2 中的请求节点在收到该段线性无关编码块数目达到段粒度大小时, 向源节点发送缓冲区状态信息, 作为“刹车”标志, 通知源节点改推送另外的数据段。在 R^2 中针对分段方式的讨论较少, 在实验部分, 首先固定段粒度, 测试了段内数据块大小由 1 kB 增加到 4 kB 的播放质量, 结果表明当数据块较小时控制开销比例将增加, 而当数据块较大时则将带来较大的播放启动延迟。随后, 他们将数据块大小固定为 2 kB, 调整段粒度从 64 增加到 256, 结果表明, 段粒度较小, 播放质量较好; 段粒度较大, 同样也会导致播放启动延迟增加。

Liu Zimu 和 Li Baochun 等还成功将网络编码技术整合到了商用 P2P 流媒体点播系统 UUSEE 中^[24]。在系统设计的过程中, 他们发现应用网络编码的第一个挑战来自如何设定媒体数据的分段方式:

(1) 如何设定数据块的大小, 因为这直接关系到 UDP 传输时的效率;

(2) 如何设定段粒度, 如段粒度过小会导致大量的“刹车”消息, 且产生更多的段间冗余数据, 从而浪费了带宽资源; 段粒度较大将减少缓冲区状态信息交换时的开销, 但会增加大量编解码计算开销, 例如, 段粒度超过 512 时, 低端笔记本的 CPU 不能承受该种分段方式的编解码工作。

针对上面的两个挑战, 他们也提出了相应的策略:

(1) 将数据块大小设定为 1 kB, 刚好能够被一个 UDP 包容纳; (2) 根据节目的码率将媒体文件的段粒度设定为 300 kB 到 500 kB, 而这样将导致接近 50% 的编码系数开销。为了减少编码系数开销, 他们采用伪随机

数种子 (PRNG seed) 来产生编码系数, 这样能够将编码系数开销减少至每编码块 4 B, 但这样做将导致源节点在没有完全解码一个数据段前不能为其他请求节点提供该段的服务。为了减少缓冲区状态信息, 他们还采用了两级缓冲信息交换的方法, 即多个段构成一个组, 组缓冲区信息只需要几个字节, 一般节点之间交换组信息即可, 而只有同组的邻居节点之间才交换段信息。在 2008 年北京奥运会期间, 研究人员利用 UUSEE 跟踪收集了 17 天多达 200 GB 的实际监测数据, 实际数据分析表明 UUSEE 的设计目标基本实现, 包括多源协同服务请求节点, 最小化启动延迟和服务器带宽开销。特别地, 当服务器带宽受限的情况下, 网络编码技术能够更好地支持高质量的视频流。

网络编码与视频编码的结合, 产生了新颖但更复杂的分段编码方式。2008 年 Halloush 和 Radha 发现分段网络编码后的流媒体存在丢包后无法视频解码的问题, 即由于视频流中多帧之间存在依赖性, 划分的数据段如果跨了视频帧或者图像组, 那么一个段的数据无法解码可能扩散到其他段。针对该问题, 他们提出了多段混合的网络编码方式^[21] (Multi-Generation Mixing)。该方式将媒体文件的多个段又组合成段集, 源节点对段集内每一段进行网络编码时, 都要求与属于同一段集段索引号靠前的其他段编码在一起。请求节点在收到编码块后, 也需要利用与段集内段索引号靠前的数据来解码。多段混合编码的优势在于当某一段无法解码时, 可以通过接收后面段的编码块来完成解码, 提高了解码成功率, 保证了系统的可靠性。然而这种方式的计算开销将大大高于单段编码方式, 且随着段索引号的增大, 解码延迟将越来越长, 因此可能会影响到流媒体的播放质量。

2010 年 Anh Tuan Nguyen 和 Li Baochun 在原有研究基础上, 将网络编码技术与多层视频编码 SVC 相结合, 提出了 P2P 流媒体质量自调节机制 Chameleon^[23]。该机制将面向质量和服务能力混合式邻居选择算法, 根据用户数据获取情况的媒体流质量自适应调节算法, 请求节点驱动的协同算法, 以及随机源节点选择算法。模拟实验表明, 较不采用网络编码的 FABALAM 机制, Chameleon 在应对大量对等节点和节点动态性等方面都能够提供更好的媒体播放质量。Chameleon 根据多层视频编码 SVC 的结构, 采用了一套特殊的分段方式, 具体来说: 一条 SVC 流按照其视频编码方式被划分成多个数据段, 每个段包含整数个图片组 (GOP)。然后在每个段内, 将分属不同帧的同类质量层组合成对应的数据包, 再将数据包进行分块, 网络编码则在每个数据包内进行。遗憾的是在模拟实验中, 这两项研究都没有讨论段粒度和数据块大小的具体取值对系统

性能造成的影响。

2.2 理论分析

Niu Di 和 Li Baochun 通过理论推导定量分析了在动态网络环境下基于网络编码的 P2P 系统中计算复杂度与系统弹性之间的平衡关系^[13]。他们发现传统 P2P 系统进行数据分发往往会导致数据块分布不均匀,因此当节点抖动频繁,一些块将变得越来越稀少甚至缺失,降低了系统弹性,影响了服务质量;而采用随机线性网络编码后,由于同一段的编码块信息量相等,因此能有效地改善数据块分布的均匀性,但也增加了编解码的计算开销。段粒度作为编码范围,有两个极端的取值:当取值为 1 时,等同于没有采用网络编码的传统 P2P 流媒体系统,系统弹性较低;当取值等于媒体文件中的数据块数目时,系统弹性最好,但编解码计算开销巨大。研究表明,系统弹性和编解码计算开销都随着段粒度取值的增加而增加,因此如何通过调节段粒度的取值来在计算复杂度和系统弹性(数据分布均匀性)之间寻求平衡是进一步提高服务质量的重要方法。在理论分析中,他们利用马尔可夫过程逼近的方法构建了一系列的微分方程来刻画整个系统状态的变化,定量分析了段粒度对数据分布均匀性、下载时间、数据丢失率以及生命周期的影响,并通过段粒度建立起了编解码计算开销和数据分布均匀性之间的联系,得到重要结论包括:(1)应用网络编码到 P2P 系统中的最大好处是能够提高系统弹性,特别在节点抖动时,有效地解决了稀有数据块缺失的问题;(2)数据分布的差异性和下载时间都与段粒度呈反比关系,但随着段粒度的增加,数据分布的差异性的减少会变得越来越不显著,而计算复杂性却与段粒度关系为 $O(n^3)$ 。因此,他们建议在实际系统中不需要设定较大的段粒度,小于 20 即可,这样能够在较小的编解码计算开销下,进一步减少下载时间,并保证较高数据的可用性。

Feng Cheng 和 Li Baochun 对基于 R^2 协议的 P2P 流媒体系统进行了严格的建模和分析^[25],以期通过数学的方法来探索该系统的本质特征和局限性。该项研究回答了两个重要的问题:(1)达到良好总体性能的充分条件是什么?(2)该性能与最佳流策略相比还有多少差距?他们利用连续时间马尔可夫过程来描述网络中不同状态的节点数量的变化,并分海量突发用户和网络高度动态两类情况展开分析,得到重要结论,包括:(1)对于海量突发用户(flash crowd)的情况,采用网络编码,系统能够承受持续的流速率和播放启动延迟分别以 $(1 + \varepsilon)$ 和 $2(1 + \varepsilon)$ 的因子来逼近最佳流策略,其中 ε 与段粒度、服务器强度等参数相关,段粒度越大则逼近程度越高,即服务质量越好。同时由于随

机推协议天生能够激励能力强的节点贡献出更多的上行带宽资源,因此节点上行带宽的异构性对服务质量不构成影响。(2)对于网络高度动态(peer churn)的情况,他们找出了需要额外增加的服务器上行带宽的上界,即当有节点退出系统时,只需要增加一定的服务器的上行带宽就可以保证服务质量。该带宽上界与退出节点的数目和服务能力、逼近因子 ε 、媒体播放速率相关,其中段粒度越大则需要增加带宽越多。他们还通过超过 200 000 个节点的大规模模拟实验确认了以上定理的正确性,为基于网络编码的 P2P 流媒体系统的设计提供了有力的理论支撑。

Zhang Xinyu 和 Li Baochun 考虑到现有的 P2P 数据分发协议通常都假设对等节点是利他的且服从安排,提出了一套理论分析框架^[26],用于分析基于网络编码的 P2P 数据分发市场特性。在该市场中,每个对等节点被看作是具有理性的个体,都希望自身收益最大化;而数据段的编码块被看作商品,对等节点既可以购买所需商品,也可以将已有商品卖给其他节点。他们利用博弈论,将该类市场交易建模成一个分布式策略性的讨价还价游戏,并且得到了市场达到稳态时,任意两个对等节点之间的平衡价格。他们进一步定量分析了段粒度、节点退出频率与市场特性之间的关系,如初始进货价格和预期收益等。研究发现,段粒度越大则初始进货价格越低,同时稳定状态下收益也越高。

3 结束语

综上所述,段粒度是优化基于网络编码的 P2P 流媒体系统性能的关键参数,已经引起了研究人员的广泛关注。然而,大部分相关研究通过大规模模拟试验和海量数据实测来获取段粒度的较优取值,不但开销较大,且不能够保证效果最优;少量理论分析研究侧重于从宏观系统的角度来分析段粒度取值对整体性能的影响,忽略了数据分发机制对服务质量的影响,因此也具有其局限性。因此,笔者认为未来开展基于网络编码的 P2P 流媒体系统研究,应以段粒度为着眼点,具体从以下几个方面开展:

(1)结合数据分发机制,从微观上研究基于网络编码的 P2P 流媒体系统的建模和分析方法。目前 P2P 流媒体系统的建模和性能分析方法没有深入讨论控制反馈机制和源节点的随机服务能力对请求节点的用户体验所造成的影响。对多源推模式的数学建模和性能分析能够进一步深化对基于网络编码的 P2P 流媒体系统的理解,同时对该系统的协议设计和实现起到理论指导的作用。

(2)基于新的 P2P 流媒体系统模型,研究其中段粒度的最优取值方法,为优化基于网络编码的 P2P 流

媒体系统性能的提高提供理论支持。根据系统配置和性能分析结果计算得到最优段粒度,减少了通过构建原型系统来实际测试的时间和成本上的开销,同时也降低了通过经验设置关键参数所带来的不确定性,有利于快速地改进系统的性能,满足日益增长的用户需求。

(3)在段粒度最优取值研究的基础上,探讨新的分段方式。现有系统中,段粒度的取值都是固定的,因此并不能够适应实际网络中链路延迟和带宽的动态变化,往往导致播放启动延迟过长,且影响播放质量。能否根据源节点的服务能力和网络状况来自动调节段粒度的取值是值得研究的方面之一,然而变长段粒度最大的挑战在于如何保证请求节点能够成功解码。


参考文献:

- [1] Zhang Xinyan, Liu Jiangchuan, Li Bo, et al. CoolStreaming/DONet: a data-driven overlay network for live media streaming[C]//Proceedings of the 24th IEEE INFOCOM. [s. l.]: IEEE, 2005: 2102–2111.
- [2] Ahlswede R, Cai Ning, Li S, et al. Network information flow[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2000, 46(4): 1204–1216.
- [3] Gkantsidis C, Rodriguez P. Network coding for large scale content distribution[C]//Proceedings of the 24th IEEE international conference on computer communications. [s. l.]: IEEE, 2005: 2235–2245.
- [4] 张志明, 周晋, 陈震, 等. 基于网络编码的对等网流媒体传输模型和算法[J]. 软件学报, 2012, 23(3): 648–661.
- [5] Katti S, Rahul H, Hu W, et al. XORs in the air: practical wireless network coding[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM. Pisa, Italy: ACM, 2006: 263–289.
- [6] 黄辰, 戴彬, 王芙蓉, 等. 基于网络编码的无线网络分布式协作通信机制[J]. 电子学报, 2010, 38(10): 2302–2308.
- [7] Dimakis A, Godfrey P, Wainwright M, et al. Network coding for distributed storage systems[C]//Proceedings of the 26th IEEE international conference on computer communications. [s. l.]: IEEE, 2007: 2000–2008.
- [8] 王宁, 林雪红, 林家儒. 网络编码的分布式存储系统理论分析[J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(3): 82–85.
- [9] Cai Ning, Yeung R. Secure network coding[C]//Proceedings of IEEE international symposium on information theory. [s. l.]: IEEE, 2002.
- [10] 杨义先, 郭钦. 网络编码在网络安全中的应用[J]. 中兴通讯技术, 2009, 15(1): 4–7.
- [11] Wang M, Li Baochun. Lava: a reality check of network coding in peer-to-peer live streaming[C]//Proceedings of the 26th IEEE international conference on computer communications. [s. l.]: IEEE, 2007.
- [12] Wang M, Li Baochun. R2: random push with random network coding in live peer-to-peer streaming[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2007, 25(9): 1655–1666.
- [13] Niu Di, Li Baochun. On the resilience-complexity tradeoff of network coding in dynamic P2P networks[C]//Proceedings of the 15th IEEE international workshop on quality of service. [s. l.]: IEEE, 2007: 38–46.
- [14] 徐进, 李晓峰, 傅志中, 等. 应用网络编码的 P2P 流媒体技术研究进展[J]. 计算机科学, 2012, 39(3): 1–8.
- [15] Koetter R, Médard M. An algebraic approach to network coding[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2003, 11(5): 782–795.
- [16] Ho T, Medard M, Shi J, et al. On randomized network coding[C]//Proceedings of the 41st Allerton annual conference on communication, control, and computing. [s. l.]: [s. n.], 2003.
- [17] Chou P, Wu Y, Jain K. Practical network coding[C]//Proceedings of the 43rd Allerton conference on communication, control, and computing. [s. l.]: [s. n.], 2005.
- [18] Zhao Jin, Yang Fan, Zhang Qian, et al. LION: layered overlay multicast with network coding[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2006, 8(5): 1021–1032.
- [19] Chi Huicheng, Zhang Qian. Deadline-aware network coding for video on demand service over P2P networks[J]. Journal of Zhejiang University SCIENCE A (Science in Engineering), 2006, 7(5): 755–763.
- [20] 刘亚杰, 窦文华. 基于网络编码的 P2P 流媒体[J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(9): 33–34.
- [21] Halloush M, Radha H. Network coding with multi-generation mixing: a generalized framework for practical network coding[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2011, 10(2): 466–473.
- [22] Wu Chuan, Li Baochun. rStream: resilient and optimal peer-to-peer streaming with rateless codes[C]//Proceedings of the 13th annual ACM international conference on multimedia. [s. l.]: ACM, 2005.
- [23] Nguyen A T, Li B, Eliassen F. Chameleon: adaptive peer-to-peer streaming with network coding[C]//Proceedings of IEEE INFOCOM. San Diego, CA, United States: IEEE, 2010.
- [24] Liu Z, Wu C, Li B, et al. USee: large-scale operational on-demand streaming with random net coding[C]//Proceedings of the 29th IEEE international conference on computer communication. [s. l.]: IEEE, 2010.
- [25] Feng C, Li B. On large-scale peer-to-peer streaming systems with network coding[C]//Proceedings of ACM Multimedia. [s. l.]: ACM, 2008.
- [26] Zhang Xinyu, Li Baochun. On the market power of network coding in P2P content distribution systems[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2011, 22(12): 2063–2070.

基于网络编码的P2P流媒体系统中段粒度研究

作者：[李姗, LI Shan](#)

作者单位：[长沙师范学院 电子信息工程系, 湖南 长沙, 410100](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期)：2015(4)

引用本文格式：[李姗, LI Shan](#) [基于网络编码的P2P流媒体系统中段粒度研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#)
2015(4)