

一种新的基于多描述编码的应用层组播系统

张有为^{1,2}, 吴霞³

(1. 长江大学 计算机科学学院, 湖北 荆州 434023;

2. 武汉大学 国家多媒体软件工程技术研究中心, 湖北 武汉 430072;

3. 长江大学 图书馆, 湖北 荆州 434023)

摘要:为了克服基于应用层组播的流媒体系统中的不足,提出了一种新的基于多描述编码的组播方案。该方案以节点中缓存数据包的时序来划分系统的分层拓扑,较好地解决了不同描述间的同步,并降低了系统延迟。并通过分布式算法实现描述资源在各层中的均匀分布,加快了组播系统的收敛,实现了节点接受视频质量的无缝切换,从而在节点出度约束条件下较好地平衡了节点的负载,并提高了节点的贡献率。仿真实验表明,该组播方案提高了节点的接受视频质量,并具有良好的可扩展性和健壮性。

关键词:多描述编码;均匀分布;应用层组播;无缝切换;可扩展性

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)12-0008-04

A Novel Application Layer Multicast Media System Based on Multiple Description Coding

ZHANG You-wei^{1,2}, WU Xia³

(1. School of Computer Science, Yangtze University, Jingzhou 434023, China;

2. National Engineering Research Center on Multimedia Software, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

3. Library, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: To overcome the disadvantages of streaming media system based on application layer multicast, a novel scheme based on multiple description coding is proposed in which peers are allocated in hierarchical topology according to timesequence of data package cached in peers, the synchronization of descriptions and low system delay are achieved at the same time. The uniform distribution of descriptions in each layer is also achieved with distributed algorithm. It accelerates the convergence of multicast system, seamless handover of received video quality is achieved, load of peers is balanced under the constraint of outdegree and the contribution rate of peers is improved as well. Experiments demonstrate that this scheme improves video quality and achieves high scalability and robustness.

Key words: multiple description coding; uniform distribution; application layer multicast; seamless handover; scalability

0 引言

应用层组播技术作为IP组播一种替代方案,取得了极大的成功。应用层组播中的网络传输技术与视频编码技术均得到了很大的提高,其中相对于传统的单数据流组播而言,可扩展视频编码技术更适合高度动态、异构的流媒体组播。文中的流媒体系统采用多描述视频编码技术,并且对组播节点按数据包的时序来划分层次拓扑,以实现描述间的同步。通过分布式算法实现描述资源在系统各层中的均匀分布,在有节点

出度约束的条件下最大程度提高节点的贡献率。

1 基于多描述编码流媒体系统

1.1 研究现状

应用层组播协议 Narada^[1]、EMSALM^[2]是小规模的自组织协议,但是由于所有组播成员都需要知道全局的网络拓扑来进行路由选择和系统优化,无法适应大规模的组播应用,缺乏可扩展性。NICE^[3]按照节点的连接方式,以层次结构来组织节点的拓扑,具有较低的系统延迟和较好的可扩展性,但高层节点失效对于系统性能的影响无法得到快速修复。以 DONet^[4]为代表,基于纯P2P协议的组播协议以数据驱动方式,在分布式环境下实现了组播系统的低延迟,但是在覆盖

收稿日期:2010-03-12;修回日期:2010-07-22

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60672051)

作者简介:张有为(1974-),男,博士,讲师,研究方向为应用层组播、P2P、网络体系结构和分布式计算。

网络环境中,基于 Gossip 协议的信息交换机制在节点失效的情况下需要较长的恢复时间。

为了适应异构的应用层组播拓扑,基于节点出度约束的负载均衡方案^[5]降低了节点失效的影响,较好地适应了动态的应用层组播环境,但对于出度度量的参数仍有许多不确定性,如何提高其度量的准确性仍需进一步研究。

上述组播方式由于没有结合新的编码技术,均无法很好地保证系统的健壮性,在动态环境中会出现图像质量的抖动。采用多描述编码的多树组播协议 CoopNet^[6]、Splitstream^[7],通过节点加入多树组播获得了很高的系统健壮性,但是节点却由于描述间的同步问题无法获得最佳的图像质量。

1.2 基于多描述编码的层次组播方案

1.2.1 多描述编码及相关参数

可扩展视频编码技术包括分层编码(Layered Coding, LC)和多描述编码(Multiple Description Coding, MDC)。LC 适合具有服务优先级的传输网络,MDC 不需要考虑描述的接收次序,可以在接受方收到任意一个或多个描述的情况下进行解码,而这个特点保证了动态环境中系统的健壮性。文献[8~10]分别对 MDC、LC 进行了详细的分析,并结合各自的优点提出了多描述分层编码技术——MDLC,文献[11]提出了适合于 Ad hoc 网络的视频编码方法——AFI-MDLC。

虽然 MDLC 结合了 MDC 与 LC 的优点,提高了网络带宽的利用率,但是同时也增加了编码的复杂度和延迟,尤其是增加了编码冗余,不利于提高节点的接受视频质量。为了保证描述之间的质量平衡和公平性,文中采用平衡多描述编码(Balanced Multiple Description Coding, BMDC)来对节目内容进行编码。

组播方案采用轻量级的基于 RTT 带宽测量方法计算节点间的可用带宽——Avail. BW,通过申请系统中断方法给每个数据包分配一时间戳(timestamp),测试主机在发送和接收到数据包时发送时间戳与接受时间戳之差——即数据包在网络链路上的 RTT 传输时间。在文献[12]中给出了网络带宽的计算公式(1)。

$$\text{Avail. BW} = \text{MSS} \cdot \text{Min}$$

$$\left[\frac{W_m}{\text{RTT}} \cdot \frac{1}{\text{RTT} \sqrt{\frac{2bp}{3}} + T_0 \times \min(1, 3\sqrt{\frac{3bp}{8}} p(1 + 32p^2))} \right] \quad (1)$$

在公式中,网络带宽的计算除了与 RTT 相关,还取决于 W_m (最大数据包的大小)和 MSS(最大拥塞窗口的大小),且与这两个参数成正比。

1.2.2 基于时序的分层组播树结构

如图 1 所示,节目内容在源节点 S 被编码成 3 个码率相同的描述(D1, D2, D3),节点之间的可用带宽按照公式(2)映射成子描述码率的倍数——带宽权值 Weight(其中 Description 表示描述的码率)。

$$\text{Weight} = \text{Int} \left(\frac{\text{Int}(2\log_2 \text{Avail. BW})}{\text{Int}(2\log_2 \text{Description}) + 1} \right) \quad (2)$$

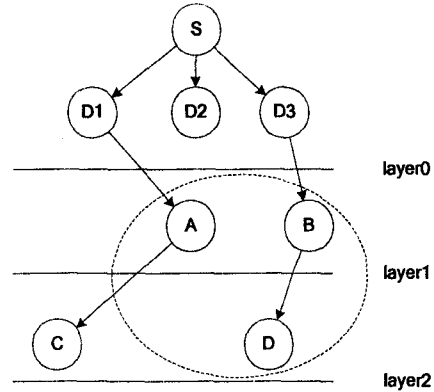


图 1 基于时序的分层组播树结构

在传统的层次划分中,通常按照节点的连接方式对节点进行层次划分,如图 1 所示,节点 D 与 C 属于 Layer2。

在文中所提出的基于时序的划分方式中,若满足条件:

$$(T_{S \rightarrow B} + T_{B \rightarrow D}) < T_{\text{play}} \quad (3)$$

其中 $T_{S \rightarrow B}$ 、 $T_{B \rightarrow D}$ 传输时间分别为 S、B 与 B、D 之间的传输时间, T_{play} 为播放延迟。当满足公式(3)时,即可认为 D 与父节点 B、A 同属 Layer1。这种基于时序的层次划分方式能尽可能地将更多节点划分到高层中,在最大程度上降低了同步延迟。

1.2.3 描述资源均匀分布

如图 2(a)所示,在 Layer1 的节点 A、B、C 与源节点 S 之间的 Weight 分别为 3、1、2,如果分配按随机的顺序描述,则它们所获得的描述分别为(D1, D2, D3)、(D1)、(D1, D2),其中描述资源在 Layer1 中的分布会不均匀——($D1 > D2 > D3$)。

对于下层(Layer2)中的节点而言,要能获得最佳的图像质量必然会造成对系统中拥有稀缺资源节点的过度请求,然而,为了避免应用层组播过程中由于节点动态性所带来的系统抖动,一般都会根据节点的接入带宽设定了节点的出度——节点最大连接数。这种出度与过度请求的矛盾必然会影响到请求节点的接受质量。为了有效提高节点接受视频的质量,需要在每个分层中实现描述资源的均匀分布,尽量避免出度和请求的冲突。同时还能让节点在请求过程中以最小的父亲集获取最大的描述集,加快了节点的加入过程收敛,

并提高了系统的稳定性。

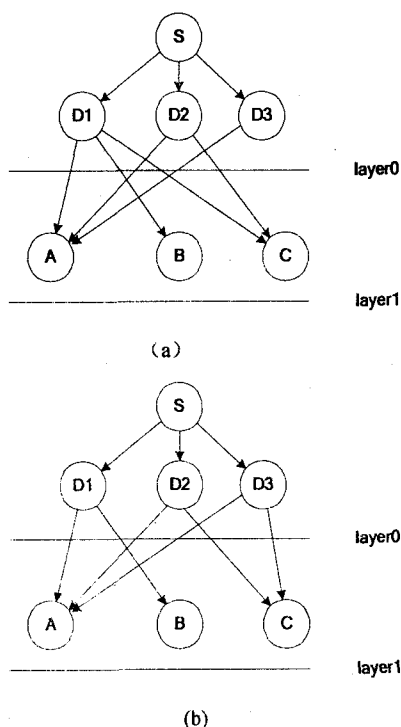


图 2 基于 BMDC 的组播树结构

由于流媒体数据在编解码时具有很强的时序相关性,因此,为了同步不同描述的接受和解码,节点只与相邻层的父子节点之间进行描述的请求与转发。为实现各分层中资源的均匀分布,并且要能以很小的协议开销和充分体现资源状态的实时性,文中采用以节点为主体的分布式算法来实现描述资源的均匀分布。对于子节点而言,在有多种描述请求的选择情况下,需要根据父节点中的描述资源的状态来进行选择。其中描述的引用次数和复本数量是 2 个重要参数。其中,引用次数少的资源应该优先请求,保证稀缺描述资源在下层中能以更高的频率出现,动态地实现描述的均匀分布;对于具有相同引用次数的描述而言,复本数量少的描述资源则应优先请求,从而作为依据引用次数来进行请求的补充,可以在资源的稀缺性和分布的均匀性之间实现一种动态的平衡,有利于系统的快速收敛。方案描述如下:

(1) 节点向父节点发出资源请求。

(2) 根据父节点返回的资源状态生成描述的请求集,并向父节点发出资源请求。

(3) 父节点根据收到的资源请求对资源的状态加以更新,并启动传输过程。

如图 2(b) 中节点 C 根据上述请求方式生成新的请求集(D2, D3),从而实现了在 Layer1 中 3 个描述资源的均匀分布,并能以较小的父亲集即可获取最大的描述集,有利于提高视频的接受质量。

2 基于资源均匀分布的请求算法描述

该算法由 2 个相关的算法协同工作,首先需要对父节点所反馈的资源信息进行处理,然后根据节点间的可用带宽调用加权的资源请求算法,生成最优请求集。

2.1 资源状态信息处理算法

对父节点反馈的描述资源状态信息进行归并处理,算法 Merge 描述如下:

算法 1: 资源归并算法 Merge。

Input: 父亲集 Prt_{Set} , 父节点中描述状态信息

Output: 归并的描述集 UNION

Procedure Merge (Prt_{Set} , $DES[MAX][MAX]$, UNION)

Begin

$K = i = j = 0$

while $k < NumofDes$

while $i < NumofDes$

while $j < NumofDes$

if $UNION[k].Des = DES[i][j].Des$

$UNION[k].Ref_tm = UNION[k].Ref_tm + DES[i][j].$

Ref_tm

$UNION[k].Dc_cp = UNION[k].Dc_cp + DES[i][j].Dc_cp$

cp

$UNION[k].Prt_set = UNION[k].Prt_set \cup Prt_{Set}[i].Parent$

endif

$j++$

endwhile

$i++$

endwhile

$k++$

endwhile

sort UNION ascendant with Ref_tm

sort UNION ascendant with Dc_cp

End

2.2 加权的请求集生成算法

由于节点之间的可用带宽与可用资源不一定是匹配的,因此,节点可能并不能以有限的带宽来完全获取父节点中所有的描述资源。文中采用最优的加权选择算法,根据节点间的 Weigh 生成最大的请求集,算法描述如下:

算法 2: 加权最优请求算法 Optimal。

Input: 父节点集 Prt_{Set} 和 UNION

Output: Prt_{Set} 中对应的 Req_{set}

Procedure Optimal(Prt_{Set} , UNION)

Begin

$i = j = 1$

while $i < NumofDes$

while $j < NumofDes$

```

if UNION[i, j] = 1 AND Prtset[j]. AvailReq > 0
Prtset. Pat[j]. Reqset = Prtset. Pat[j]. Reqset ∪ Des[i]
Prtset. Pat[j]. AvailReq --
k = NumofDes
while k > j
Exchange(UNION.column[j], UNION.column[k])
k --
endwhile
break
endif
j ++
endwhile
i ++
endwhile
End

```

3 仿真实验

文中采用 NS2 对系统进行仿真实验,通过比较节点的平均接受描述(Average Description Received, ADR)——节点平均收到的描述数量,对系统的视频接受质量进行评估。在仿真试验中,使用 GT-ITM 生成 transit-stub 类型的物理网络拓扑,并且对码率为 300Kbps 的视频内容进行多描述编码——编码成 4 个描述,每个描述的码率为 100Kbps。为测试在不同数量节点加入时系统的可扩展性,在实验的前 500 秒钟内,节点数量从 32 增加到 1024,在系统稳定后的 500~1100 秒内,每隔 100 秒随机安排 16 个节点离开,以模拟在节点失效时数据接收率的变化,节点出度均匀分布于[2~4]。将基于文中方案的 TSMDC 系统和 CoopNet 作对比试验。

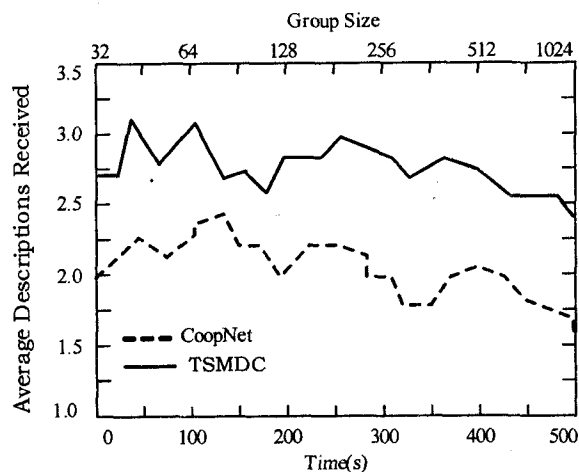


图3 平均接受描述

图3显示,随着不同规模节点数量的增加,CoopNet的 ADR 出现了比较明显的下降,但是 TSMDC 却没有太大的变化,并且其平均接受描述比 CoopNet 高

出约 20%~30%,说明 TSMDC 具有更好的自适应性和可扩展性。

图4显示,在节点失效时 TSMDC 的 ADR 下降在 10%~20%之间,而 CoopNet 的 ADR 下降达到了 30%~35%,说明在动态环境中 TSMDC 具有更好的健壮性。

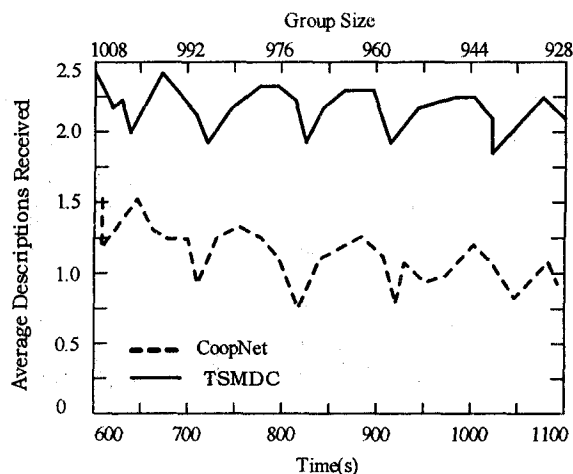


图4 节点失效时的平均接受描述

4 结束语

文中所提的解决方案在流媒体的组播系统中采用了基于时序的层次划分方式,并对视频内容进行多描述编码,在传输过程中动态、实时地实现了资源的均匀分布,仿真试验表明:和传统的应用层组播方案相比,文中所提出的方案以较低的协议开销实现了更高的数据接收率,具有更好的可扩展性和健壮性。

参考文献:

- [1] Chu Yanghua, Rao S, Zhang Hui. A Case for End System Multicast[C]// In: Proceedings of ACM Sigmetrics. Santa Clara, CA: [s. n.], 2000.
- [2] 惠 飞, 黄士坦. 一种基于终端的多源应用层组播系统[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(5): 143-145.
- [3] Banerjee S, Bhattacharjee B, Kommareddy C. Scalable Application Layer Multicast[C]// In: ACM SIGCOMM. [s. l.]: [s. n.], 2002: 43-51.
- [4] Zhang X, Liu J, Li B, et al. CoolStreaming/DoNet: A data-driven overlay network for peer-to-peer live media streaming[C]// In: Proc. IEEE INFOCOM'05. Miami, FL: [s. n.], 2005.
- [5] 左金山, 黄东军, 周学芝. 具有度约束特性的应用层组播算法及其应用[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(6): 113-116.
- [6] Padmanabhan V, Wang H, Chou P, et al. Distributing streaming media content using cooperative networking[C]// In:

(下转第 98 页)

十六进制编辑器这样的查看工具时,数据库中的文本和二进制列是直接可读的。这样随之而来存在很多不安全的隐患。如被盗窃或丢失等。所以,为了提高安全性,对数据进行安全处理是必不可少的,可以考虑采用以下一些方法来保证数据的安全性:

(1)登录认证:对用户进行认证,防止非法用户的登录。

(2)模糊处理:此选项用于防止对数据库中的数据进行不经意地访问。它提供的安全措施没有高度加密那么多。模糊处理对性能的影响最小。用户不需要提供相应的连接参数。不需要任何特殊配置就可以在设备上使用简单的模糊处理。

(3)高度加密:对数据库进行高度加密,例如可使用 AES 128 位算法对移动数据库进行高度加密,该算法用来对付技术高超而又决意要非法获取数据访问权的情况,使用高度加密确实可以提高安全性,但同时也会明显影响性能^[13]。

(4)加密通信流:同步服务器的同步流可使用公共/专用密钥加密流数据。为便于部署,可以在创建移动数据库时将证书嵌入其中。

5 结束语

近年来,嵌入式操作系统发展迅猛,例如 google 公司的手机操作系统 Android 从 08 年 8 月面世到现在 18 个月里取得的飞速发展。每日销售的 Android 手机数量超过 10 万部,Android 目前有超过 5 万个可用程序,超过 18 万的程序开发者。各类嵌入式操作系统对移动数据库系统的支持为移动数据库的发展开辟了巨大的发展空间。

在嵌入式移动数据库开发中,J2ME、C++、Microsoft 的 Visual studio 等开发技术为嵌入式程序的开发提供了强劲有力的支持,整合了移动数据库的客户端能够管理各类嵌入式设备上的复杂数据,并能在需要时和统一服务器同步。在任何时间,任何地点的自

由访问不仅方便了用户的使用,提高商业服务的水平,而且降低了运行成本。

随着智能移动终端的普及,各类应用程序的需求将呈爆炸式的增长。对数据的存储和处理要求也将越来越高,传统的文件处理已经显得力不从心,移动数据库的大容量、高性能、数据交换性等优势也越来越明显,在嵌入式程序的开发中,嵌入式数据库将作为数据存储处理的主要工具。

参考文献:

- [1] 魏格利,莫思,福特. Microsoft Mobile 移动开发宝典[M]. 张大威,译. 北京:清华大学出版社,2008.
- [2] Boling D. Windows CE6.0 开发者参考[M]. 何宗键,译. 北京:机械工业出版社,2009.
- [3] 吴士力,刘奇,朱兰. 嵌入式 Linux 应用开发全程解析与实战[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [4] 莫里斯. Symbian OS 架构手册—手机操作系统设计与演进[M]. 陈广辉,译. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] Loney K. Oracle Database 10g 完全参考手册[M]. 张立浩,尹志军,译. 北京:清华大学出版社,2006.
- [6] Mahmoud H Q. Wireless Java[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [7] Berson A, Anderson G. Sybase and Client/Server Computing[M]. 2nd ed. 美国:世界图书出版公司,1999.
- [8] Andy Wigley. Microsoft Mobile Development Handbook[M]. 美国:Oversea Publishing House,2007.
- [9] 周书民,张天太,许志文. 嵌入式移动数据库的数据同步及其应用[J]. 微计算机信息,2007,23(5-2):79-80.
- [10] 冯玉芬. 嵌入式移动数据库的应用研究[J]. 嵌入式软件应用,2008,24(8-2):95-96.
- [11] 陈舒,姜宁康. 基于多方面完整性检测的移动数据库同步机制[J]. 计算机应用,2009,29:184-186.
- [12] 冯本勇. 数据库查询优化技术探讨[J]. 石家庄理工职业学院学术研究,2008,3(4):12-13.
- [13] 叶峰,袁家斌. AES 加密算法的密钥搜索量子线路设计[J]. 西南交通大学学报,2010,45(2):303-305.

(上接第 11 页)

- ACM NOSSDAV. Miami:[s. n.],2002.
- [7] Castro M, D ruschel P, Kermarrec A M, et al. SplitStream: High-bandwidth content distribution in a cooperative environment[C]//In: IPTPS'03. Berkeley:[s. n.], 2003.
- [8] 昌庆江,邹静娴,纪志成. 多描述分层编码技术的研究[J]. 数字电视与数字视频,2005(6):16-18.
- [9] 肖方明,郁梅,蒋刚毅,等. 基于宏块分裂的多描述视频分层编码方法研究[J]. 浙江大学学报(理学版),2005,32(5):523-538.
- [10] 陈丹,罗忠何,华灿精. 细粒度分层编码技术综述[J]. 小型微型计算机系统,2002,23(8):1018-1021.
- [11] 李平,唐昆,肖嵩. 基于 Ad hoc 网络的联合多描述分层编码新方法[J]. 计算机应用研究,2008,25(2):572-574.
- [12] Farber N, Girod B. Robust H.263 compatible video transmission for mobile access to video servers[J]. Proc. Int. Conf. Image Processing,1997,2(10):73-76.