

移动流媒体内容传输网络模拟器的设计和实现

方小铁¹, 袁世忠², 徐炜民², 王 臻²

(1 广东省汕头职业技术学院, 广东 汕头 515078; 2 上海大学 计算机工程与科学学院, 上海 200072)

摘 要: 通过扩展和修改内容传输网络模拟器 CDNsim, 设计和实现了更能适应移动流媒体内容传输网络需求的网络模拟器: MSM-CDN 模拟器, 以缓解 MSM-CDN 研究中缺少实验环境的限制. MSM-CDN 模拟器在 CDNsim 中新增了入口服务器、管理服务器和无线用户小区等节点, 使用了一种能有效减少 CPU 开销和节省内存空间的路由实现方式以及支持多文件请求的 SMIL 文件处理算法. 实验结果表明, MSM-CDN 模拟器能较好地用于 MSM-CDN 的缓存服务器路由策略、缓存策略和缓存服务器配置的仿真研究.

关键词: 流媒体; 内容传输网络; 网络模拟器; 路由

中图分类号: TN915.43

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)09-0095-04

Design and Implementation of the Simulator for Mobile Streaming Media Content Delivery Network

FANG Xiao-tie¹, YUAN Shi-zhong², XU Wei-min², WANG Zhen²

(1 Shantou Polytechnic, Shantou 515078, China;

2 School of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: In order to relieve the experiment environment constraint on Mobile Streaming Media Content Delivery Network research, a MSM-CDN simulator is designed and implemented through extending functionality of the CDNsim to better meet the needs of MSM-CDN. The MSM-CDN simulator introduces the network nodes of portal server, administrator server and wireless client campus, an efficient way of request redirection, and a novel algorithm for processing a request for multiple SMIL files. The experiment results show that the MCM-CDN simulator can be used to effectively simulate request redirection policy, caching policy and caching server configuration.

Key words: streaming media; content delivery network; network simulator; request redirection

1 引言

移动流媒体内容传输网络 (Mobile Streaming Media Content Delivery Network, MSM-CDN) 是一种覆盖于 3G 移动通信网络的内容传输网络, 主要为移动用户提供移动流媒体服务, 提升移动网络的流媒体服务质量^[1].

一个 MSM-CDN 主要由缓存服务器 (Caching Server)、入口服务器 (Portal Server)、源服务器 (Content Server) 和内容定位服务器 (Content Location Server) 组成^[2]. 缓存服务器是一种 RTSP 服务器, 用于存储流媒体内容的分片, 为移动用户提供流

媒体服务; 入口服务器接受内容提供商的内容注册, 提供内容分割和同步多媒体合成语言 (Synchronized Multimedia Integrated Language, SMIL)^[3] 文件的修改功能; 内容服务器是一种 HTTP 和 RTSP 服务器, 用来保存分割后的流媒体内容分片的原始备份; 内容定位服务器用于管理流媒体内容分片所缓存的位置, 并为缓存服务器制定预取计划. 当前 MSM-CDN 的研究热点之一是如何将流媒体服务请求路由到最佳的缓存服务器, 从而能有效管理网络, 以及平衡网络负载.

由于目前国内不存在可供 MSM-CDN 覆盖的 3G 移动通信网络, 所以这些研究在实验环境方面受

到了一定程度的制约. 尽管已有针对内容传输网络的模拟器, 但是它们并不适合 MSM-CDN 网络的仿真研究. 例如较为广泛使用的 CDNs_{sim}^[4], 是一种优秀的内容传输网络模拟器, 可用于完整地模拟内容传输网络的基本架构. 但是, CDNs_{sim} 限制用户在整个 MSM-CDN 中的移动和在缓存服务器之间切换, 而且其模拟的路由策略只支持用户对单个文件的请求, 无法适应请求内容分片后, 用户对多个文件进行请求的需求. 为此, 本文以 CDNs_{sim} 为基础, 开发了一个更能适应 MSM-CDN 需求的网络模拟器: MSM-CDN 模拟器.

2 MSM-CDN 模拟器的功能

MSM-CDN 模拟器主要用于对 MSM-CDN 的网络结构配置和策略的验证, 功能包括:

(1) 能模拟各种缓存服务器的路由策略, 用于验证各种路由策略的优劣. 系统能就某一路由策略针对不同的网络拓扑结构和不同的缓存服务器配置的效率进行测算, 为使用者选择适合其网络拓扑结构的路由策略提供参考, 也为策略研究人员验证其策略的有效性提供依据.

(2) 能模拟复杂网络拓扑结构下的缓存服务器的配置方案, 可以对缓存服务器配置策略的有效性进行验证. 能准确地仿真配置策略所设置的缓存服务器的效率, 评估在该配置下缓存服务器的用户服务质量.

(3) 能模拟各种缓存服务器的缓存策略, 用于比较各种缓存策略的优劣.

3 MSM-CDN 模拟器的总体结构和关键技术

3.1 总体结构

如图 1 所示, MSM-CDN 模拟器主要由五个部分组成: 网络拓扑架构系统、用户模拟系统、内容模拟系统、策略模拟系统和用户请求模拟系统.

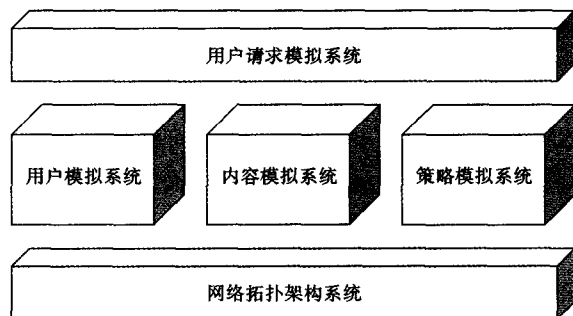


图 1 MSM-CDN 模拟器的模块组成

3.1.1 网络拓扑架构系统

网络拓扑架构系统是整个 MSM-CDN 模拟器的基础, 其它各系统都是在网络拓扑架构系统的基础上运作的. 网络拓扑架构系统能完全模拟整个 MSM-CDN 的拓扑架构, 设计了入口服务器、管理服务器、无线用户小区、源服务器、缓存服务器和路由器等节点以及连通节点之间的链路, 并为各节点之间的数据传输提供了统一的路由.

入口服务器节点和管理服务器节点是 MSM-CDN 模拟器在 CDNs_{sim} 中新增的节点. 入口服务器节点用于确定入口服务器在模拟的 MSM-CDN 中的位置, 记录节点正在处理的模拟 SMIL 文件的数量和模拟 SMIL 文件的 ID 号. 管理服务器节点用于确定管理服务器在模拟的 MSM-CDN 中的位置, 记录节点所管理的缓存服务器节点的数量, 缓存服务器节点的 ID 号、当前负载和当前使用带宽.

无线用户小区节点是对 CDNs_{sim} 的用户组节点的改进, 用于模拟 MSM-CDN 中每一个无线基站所覆盖的范围. 与原来的用户组节点相比, 无线用户小区节点取消了与缓存服务器节点的绑定, 不再是缓存服务器节点的附属节点. 无线用户小区节点内的移动用户可以连接所有的缓存服务器节点, 并可以在不同的缓存服务器节点之间切换. 无线用户小区节点主要记录当前节点内正在进行流媒体内容请求的移动用户连接, 包括连接总数、每个连接的 ID 号、连接占用的带宽, 以及节点当前的使用带宽.

3.1.2 用户模拟系统

用户模拟系统用来定义 MSM-CDN 模拟器中的模拟用户, 随机自动生成用户的各种不同的流媒体内容请求行为.

MSM-CDN 模拟器中的模拟移动用户与 CDNs_{sim} 模拟器中的用户的最大区别就是模拟移动用户不再局限于某一无线用户小区节点, 而是可以在流媒体请求连接的整个过程中不断地在无线用户小区节点之间切换. 同时模拟移动用户请求的内容也不再是单个的文件, 而是几个前后相连的流媒体内容分片. 模拟移动用户用于记录用户发起请求的时间、请求的内容、用户移动的次数、用户移动的时间和用户移动的目的无线用户小区节点.

3.1.3 内容模拟系统

内容模拟系统用来定义 MSM-CDN 模拟器中的模拟流媒体文件, 提供了对各流媒体文件分片之间的关联信息的支持.

同一个模拟流媒体内容的内容分片之间,都有着时间上的前后关联.每个模拟流媒体内容分片都会标记其是否是一个完整的模拟流媒体文件.如果模拟流媒体内容分片不是完整的模拟流媒体文件,内容分片会记录其在完整的模拟流媒体文件中的分片序号、前一个内容分片的ID号、后一个内容分片的ID号以及该模拟流媒体文件共拥有几个内容分片.MSM-CDN模拟器以此来标示模拟流媒体内容分片在时间上的联系.

3.1.4 策略模拟系统

策略模拟系统主要包括缓存服务器路由策略和缓存服务器缓存策略,对需要验证的各种策略提供完整的支持.

MSN-CDN模拟器实现了三种缓存服务器路由策略和一种缓存服务器缓存策略:完全不考虑预取的改进的MSM-CDN路由策略;完全依赖于预取的MSM-CDN路由策略;结合预取的MSM-CDN路由策略^[5];静态的缓存服务器缓存策略.

3.1.5 用户请求模拟系统

用户请求模拟系统用于调用其它系统来完成对用户流媒体请求整个过程的模拟.

用户请求模拟系统是以SMIL文件的处理为核心来仿真用户的流媒体请求.依据SMIL文件的处理,用户请求模拟系统将模拟各网络节点的状态,以及各网络节点之间发送的模拟连接消息,以此来仿真模拟用户请求流媒体内容的请求发起、请求路由、缓存服务器连接和获取流媒体文件的整个过程.

3.2 路由及其实现

路由是网络拓扑架构系统的核心,MSM-CDN模拟器的路由表以源节点为基准,为每个节点设置了单独的路由表项.路由表项记录了从源节点到每个目的节点的倒数 $N-1$ 跳所到达的节点的ID号.在路由表中,每个源节点占有一条数据记录项,记录源节点ID号、可路由的目的节点数量、可路由的目的节点ID号和路由到目的节点的倒数 $N-1$ 跳所到达的节点的ID号.

在路由表表项的建立过程中,使用Dijkstra算法^[6]来计算每一个可路由节点的路由.Dijkstra算法是一种典型的最短路径算法,算法通过为每个节点集合保留到目前为止所找到的从源节点到节点集合的最短路径来实现的.初始时,源节点的路径长度值被赋为0,其它所有节点的路径长度设为无穷大,即表示不知道任何通向这些节点的路径.当算法结

束时,路径长度中储存的便是从来源节点到节点集合中节点的最短路径,或者如果路径不存在的话是无穷大.Dijkstra算法的基础操作是边的拓展:如果存在一条从节点A到节点B的边,那么从源节点到节点A的最短路径可以通过将该条边添加到尾部来拓展一条从来源节点到节点B的路径.如果这个路径值比目前已知的来源节点到节点B的路径值要小,就可以用新值来替代当前来源节点到节点B中的值.边的拓展操作一直执行到所有的路径值都代表从来源节点到节点集合的最短路径为止.

路由时,首先根据源节点ID号选出到达目的节点的 $N-1$ 跳所到达的节点的ID号,然后再根据 $N-1$ 跳所到达的节点的ID号选定到达目的节点 $N-2$ 跳所到达的节点的ID号,并以此类推最终获得一条完整的路由.数据报根据确定的路由依次经过每一个路由的节点、最终到达目的节点.这种路由实现方式不仅能有效地减少数据报路由过程中的CPU开销,而且能节省路由表所占用的内存空间.

3.3 SMIL文件的处理

SMIL文件包含了用户请求流媒体内容的所有属性.包括SMIL文件的状态、用户的移动次数、用户的连接时长、请求的内容的分片、用户播放流媒体内容分片的状态、路由策略选择的缓存服务器ID号、路由策略选择的预取服务器ID号、用户连接缓存服务器的路由、缓存服务器连接预取服务器的路由.

当移动用户发起流媒体连接后,首先向入口服务器节点请求SMIL文件,入口服务器按路由策略为移动用户选择连接的缓存服务器,修改SMIL文件并将SMIL文件发送给用户.用户收到SMIL文件后,根据SMIL文件中内容分片的URL地址连接选定的缓存服务器.如果连接失败,用户则进入暂停状态;如果连接成功,则需要判断缓存服务器是否还需要向其他服务器进行预取.如果缓存服务器无需向其他服务器进行预取,用户进入正常流媒体传输连接状态;如果需要向其他服务器进行预取,缓存服务器则连接预取服务器.只有当缓存服务器成功地连接了预取服务器,用户才进入正常流媒体传输连接状态.如果连接失败,用户则又将进入暂停状态.

经过一个标准时间间隔后,将再次对SMIL文件进行处理.进入暂停状态的用户会重新发起流媒体请求连接,并向入口服务器请求更新SMIL文件.进入正常流媒体传输连接状态的用户会首先判断流媒体连接是否结束.如果没有结束,将继续判断用户

是否需要移动. 如果用户需要移动, 则用户将更换无线用户小区, 然后向入口服务器要求更新 SMIL 文件, 并连接系统指定的新的缓存服务器; 如果用户不需要移动, 系统将判断用户是否需要请求下一个内容分片. 如果需要请求下一个内容分片, 用户将连接下一内容分片指定的缓存服务器. 如果下一分片指定的缓存服务器与用户原来连接的缓存服务器相同, 则用户无需发起新的连接, 直接进入正常流媒体传输连接状态.

用户请求模拟系统根据上述流程处理 SMIL 文件, 模拟用户流媒体内容请求连接的全过程, 仿真 MSM-CDN 中的所有节点的运作, 并发送各节点之间连接的消息数据报.

4 MSM-CDN 模拟器的验证

为了证实 MSM-CDN 模拟器的有效性, 本文使用 MSM-CDN 模拟器仿真了以下两种路由策略:

策略 1: 只为移动用户选择存有用户请求内容分片且度量值最小的缓存服务器的路由策略.

策略 2: 直接为移动用户选择度量值最小的缓存服务器, 如果该缓存服务器不存有请求的内容分片, 则由该缓存服务器向其它服务器进行预取的路由策略.

仿真实验使用典型的电信运营商四台核心路由器环状连接的星型网络拓扑架构作为 MSM-CDN 网络的主干结构. 实验共模拟了用户无线小区 48 个, 缓存服务器 24 台, 仿真中设置 200 个不同的流媒体内容文件, 文件的码率的选取范围为 128~512 kbps, 每个缓存服务器平均存储的文件数为文件总数的 20%. 所有模拟的用户行为(包括用户在无线小区之间的切换)均为模拟器随机产生. 对两种路由策略分别测量了用户移动时缓存服务器更换率、用户移动时的用户服务中断率、用户请求下一分片时的缓存服务器更换率、用户连接缓存服务器的平均连接距离和平均路由器过载率等数据. 图 2 显

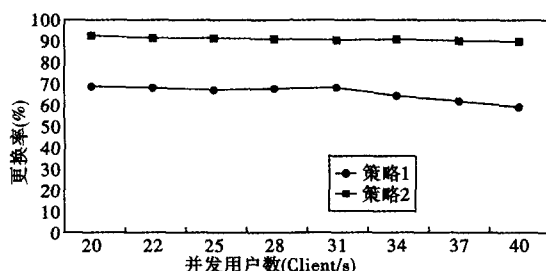


图 2 用户移动时缓存服务器更换率

示的是两种策略下的用户移动时的缓存服务器更换率. 策略 1 的缓存服务器更换率始终保持在 60% 以上, 策略 2 的缓存服务器更换率在 90% 以上. 仿真的结果说明了 MSM-CDN 仿真器是有效的.

5 结束语

本文在 CDNsim 基础上设计和实现的 MSM-CDN 模拟器, 能较好地用于 MSM-CDN 的缓存服务器路由策略、缓存策略和缓存服务器配置的验证. 由于 MSM-CDN 需要消耗大量的内存并对计算机的处理能力有着较高的要求, 所以需要进一步性能优化, 降低对计算机硬件的需求.

参考文献:

- [1] Yoshimura T, Yonemoto Y, Ohya T. Mobile streaming media CDN enabled by dynamic SMIL[C]// Proceedings of the 11th International Conference on World Wide Web. Honolulu, HI, USA, 2002: 651-661.
- [2] Wee S, Apostolopoulos J, Tan Wai-tian, et al. Research and design of a mobile streaming media content delivery network [C]// Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo. Baltimore, MD, USA, 2003: I-5-8.
- [3] W3C. Synchronized multimedia integration language (SMIL 3.0)[EB/OL]. [2012-5-18]. <http://www.w3.org/TR/SMIL/>
- [4] Stamos K, Pallis G, Vakali A, et al. CDNsim: A simulation tool for content distribution networks [J]. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, 2010, 20(2): 1-10.
- [5] 王臻, 袁世忠. 结合预取的 MSM-CDN 路由策略[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(5): 195-197
- [6] Wikipedia. Dijkstra's Algorithm[EB/OL]. [2012-5-18]. http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's_algorithm

作者简介:



方小铁 男, (1969—), 讲师. 研究方向为计算机信息处理、办公自动.