

# CDN下沉技术在移动接入网中的应用研究

## Research on Application of CDN Sink Technology in Mobile Access Network

张 勃<sup>1</sup>,肖卫东<sup>2</sup>,盛 煜<sup>1</sup>,冯 毅<sup>1</sup>(1. 中国联通网络技术研究院,北京 100048;2. 国防大学联合勤务学院,北京 100858)  
Zhang Qing<sup>1</sup>,Xiao Weidong<sup>2</sup>,Sheng Yu<sup>1</sup>,Feng Yi<sup>1</sup>(1. China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China;  
2. National Defence University of People's Liberation Army, Beijing 100858, China)

### 摘 要:

移动网络技术和智能终端的快速发展加速了移动互联网业务的发展,移动互联网业务也对移动网络提出了更低的时延要求,因此将 CDN 节点进一步下沉到移动接入网中将成为必然。在介绍了传统 CDN 系统的功能组成和物理组成后,提出了将 CDN 节点下沉到移动接入网中的系统架构,并分析了部署复杂度低的简易部署方案和边缘 CDN 节点受全局负载均衡器调度的全局部署方案的特点、实现方案和具体业务流程,最后给出了 CDN 下沉技术的主要应用场景。

### 关键词:

无线接入网;内容分发网络;边缘服务器;域名系统;内容存储器

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.08.011

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)08-0050-05

### Abstract:

The rapid development of mobile network technologies and smart terminals has accelerated the development of mobile Internet services. Mobile Internet services also require lower latency on mobile networks. Therefore, it is inevitable that CDN nodes will further sink into mobile access networks. After introducing the functional composition and physical composition of the traditional CDN system, it proposes a system architecture for sinking CDN nodes into a mobile access network, and analyzes the simple deployment scheme with low-complexity, and analyzes the characteristics, implementation schemes and specific business processes of the global deployment scheme that the edge CDN nodes is scheduled by the global load balancer. Finally, the main application scenarios of the CDN sinking technology are given.

### Keywords:

RAN; CDN; Mobile edge server; DNS; Content storage

引用格式:张勃,肖卫东,盛煜,等. CDN下沉技术在移动接入网中的应用研究[J]. 邮电设计技术,2019(8):50-54.

## 0 引言

随着移动通信网络从3G演进到4G再到即将到来的5G<sup>[1-2]</sup>,移动网络的数据业务承载能力呈现指数级增长,与此同时,智能终端无论是显示能力还是计算能力也都保持着跳跃式的发展,因此移动互联网业务进入了快速发展期,多样化的业务尤其是大带宽数据业务层出不穷,而移动互联网业务又对网络提出了更高的要求,不只是更大的带宽,还有更低的业务时延。

传统的CDN系统<sup>[3-6]</sup>起源于以固网为承载网的互联网需求,利用分布式的节点将集中化的业务内容分散在更靠近用户的位置,一方面降低用户访问业务的时延,另一方面降低对业务源服务器的访问带宽需求。传统CDN技术中,为了降低移动互联网业务的访问时延,下沉至最靠近用户的位置即核心网P-GW位置,然而该位置并不能满足业务时延需求,因此将CDN节点下沉至移动网络边缘,即下沉到移动接入网内部将成为必然。本文在分析了传统CDN系统组成后,详细介绍了移动接入网中CDN下沉系统架构,进而给出了2种CDN下沉系统部署方案,最后分析了移动接入网中

收稿日期:2019-06-03

CDN下沉技术的具体应用场景。

## 1 传统CDN系统组成

CDN系统<sup>[7-10]</sup>是在用户和业务服务器之间增加高速缓存,通过DNS引流的方式牵引用户的业务请求,使用户直接向距离用户更近的高速缓存请求数据,从而减少业务响应的延时,并降低业务服务器的访问压力。

CDN系统在功能上是由存储分发系统和负载均衡系统<sup>[11-12]</sup>组成。存储分发系统主要用于响应用户的业务请求,将业务数据提供给用户,向源业务服务器获取业务内容数据,并存储业务内容数据。存储分发系统的基本工作单元为高速缓存设备。此外,存储分发系统还需上报各个缓存设备的信息,如存储的内容信息、当前的负载情况、响应情况等,以便负载均衡系统能够据此向用户反馈最优的响应。负载均衡系统主要用于完成调度和响应判断,即判断针对用户的请求反馈何种响应,给出用户实际访问的高速缓存设备地址。负载均衡系统的基本工作单元即为调度器。大型CDN系统的负载均衡系统通常分为全局负载均衡和本地负载均衡2个部分,其中全局负载均衡用于针对存储分发节点级别做出最优判断,判断的主要原则是用户就近;本地负载均衡则用于针对存储分发设备级别即在节点内做出最优判断,判断的主要原则是节点的服务性能与效率。

CDN系统在物理上是由边缘层和中心层组成。边缘层部署了边缘存储分发设备和本地负载均衡设备,分布部署在物理上的网络边缘位置。中心层则部署了中心存储分发设备和全局负载均衡设备,集中部署在中心,距离用户较远。当边缘层未命中用户请求数据时,将向中心层的存储分发设备发出请求。

## 2 移动接入网中的CDN下沉系统架构

移动接入网中的CDN下沉系统,是将传统CDN系统中的边缘层与移动网络融合,进一步下移至移动接入网内部,1个或1组边缘节点直接为1组基站下的移动网络用户服务,从而进一步缩短用户移动互联网业务时延。

移动接入网中的CDN下沉系统需要配置移动边缘服务器和边缘CDN内容存储器,如图1所示。移动边缘服务器实现DNS或IP解析功能与路由选择功能,其中DNS或IP解析功能用于识别用户的业务请求,路

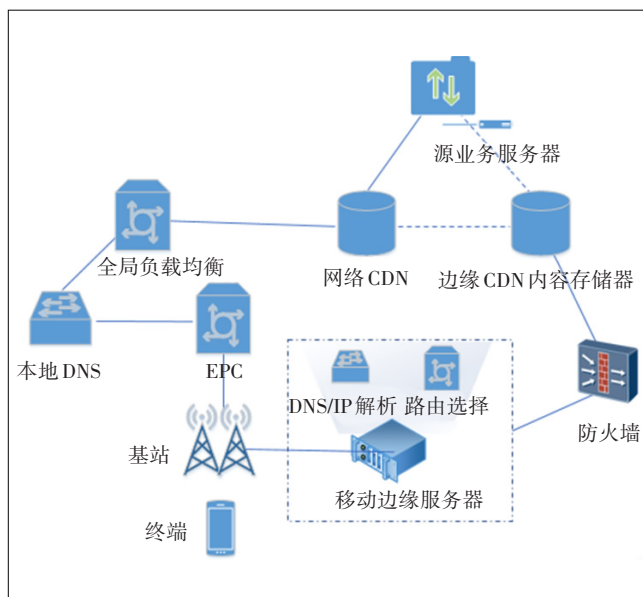


图1 CDN下沉系统架构

由选择功能用于判断是否需要调用下沉到边缘的CDN服务,以及将使用服务的用户请求指向边缘CDN内容存储器。移动边缘服务器可以单独配置,也可与移动边缘计算服务器合设。边缘CDN内容存储器主要实现业务数据存储功能,当边缘CDN内容存储器与外部网络CDN或源业务服务器直接互通时,需在移动边缘服务器与边缘CDN内容存储器之间配置防火墙,以保障移动网络内部安全;而当边缘CDN内容存储器只与移动边缘服务器互通时,物理上边缘CDN内容存储器可与移动边缘服务器合设。

## 3 CDN下沉系统部署方案

移动接入网中的CDN下沉系统部署方案,根据移动边缘CDN节点是否接受全局负载均衡设备的调度,分为简易部署方案和全局部署方案2种。

简易部署方案,移动边缘CDN节点只提供最基本的CDN业务服务,只需具备与上一级CDN节点或源业务服务器的数据互通通道,不接受全局负载均衡设备的调度,一方面由移动边缘服务器提供DNS包识别及域名或IP地址解析功能,并能够完成边缘CDN流量统计和计费统计功能;另一方面由边缘CDN内容存储设备提供业务数据的存储功能,并能够主动或被动获取上一级CDN节点或业务服务器的数据。

全局部署方案,移动边缘CDN节点提供完整的CDN节点功能,在支持上述简易部署方案移动边缘CDN节点功能的前提下,还需接受全局负载均衡设备

的统一调度。根据移动边缘CDN节点由运营商部署和与CDN厂商共享部署的差异,全局负载均衡设备可由运营商统一的对外能力开放平台承载,也可直接使用CDN厂商的全局负载均衡设备。

### 3.1 CDN下沉简易部署方案

传统CDN业务访问流程<sup>[13-14]</sup>中,当用户发起业务请求后,通常先由本地DNS服务器或网站DNS服务器对用户请求进行解析,解析结果指向CDN系统的全局负载均衡设备,再由全局负载均衡设备选择为用户服务的CDN节点,并将地址发送给用户,进而用户向

CDN节点发出请求并得到响应数据。

在移动边缘CDN节点的简易部署方案中,若商务模式上边缘CDN的部署是与外部CDN厂商合作完成,边缘CDN节点可部分按照上述传统CDN业务访问流程中DNS解析的过程实现,即当本地DNS服务器向用户反馈指向CDN系统的全局负载均衡设备的域名、CNAME或IP地址后,边缘CDN节点识别指向全局负载均衡的标识,确定为合作CDN厂商的全局负载均衡设备,则向用户反馈边缘CDN内容存储设备的IP地址。具体业务流程如图2所示。

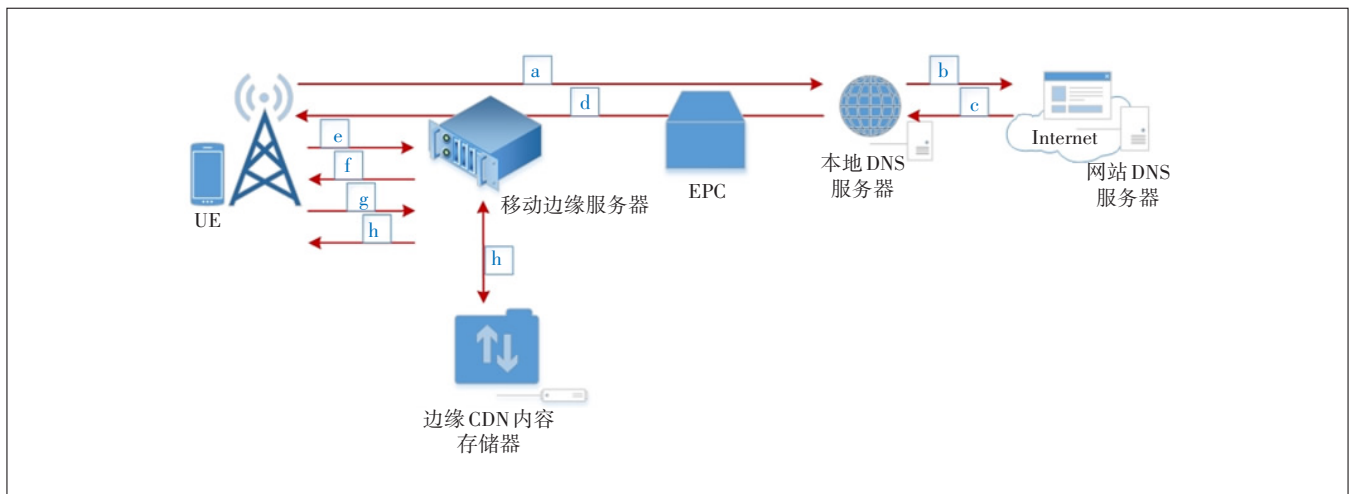


图2 简易部署方案(CDN厂商合作)业务流程

与CDN厂商合作的简易部署方案业务流程如下。

a) 用户向浏览器输入域名 www.abc.com, 浏览器向本地DNS服务器发起DNS请求。

b) 若本地DNS服务器中没有该域名的缓存记录, 则向该网站的DNS服务器请求。

c) 网站的DNS域名解析器设置了CNAME, 指向了CDN网络中的全局负载均衡器, 地址为 www.abc.com.cdn.com, 并将解析信息发送给本地DNS服务器。

d) 本地DNS域名解析服务器将该信息反馈给用户。

e) 用户重新向DNS发起对 www.abc.com.cdn.com 域名的解析请求。

f) 移动边缘服务器识别用户发出的DNS请求后, 识别并判断该域名对应的业务是否由该边缘CDN节点提供CDN下沉服务, 若判断结果肯定, 则移动边缘服务器向该用户发出DNS域名解析消息, 该消息可以为1个指定的IP地址。

g) 用户向移动边缘服务器反馈的IP地址请求数

据。

h) 边缘CDN节点将存储的该请求对应的业务数据发送给用户。

若商务模式上边缘CDN的部署直接与业务源厂商合作, 则边缘CDN节点可进一步简化DNS解析过程, 即边缘CDN节点直接存储支持使用边缘CDN服务的源DNS列表, 当接收到用户发出的初始业务请求后, 直接判断和反馈边缘CDN内容存储设备的IP地址, 可进一步降低DNS解析时延。具体业务流程如图3所示。

与业务源厂商合作的简易部署方案的业务流程如下。

a) 用户向浏览器输入域名 www.abc.com, 浏览器就该域名发起DNS请求。

b) 移动边缘服务器通过识别用户发出的DNS请求, 并识别域名信息, 判断该用户及该业务是否可以享受本节点提供的CDN下沉服务, 若判断结果为由该边缘CDN节点提供服务, 移动边缘服务器向该用户发

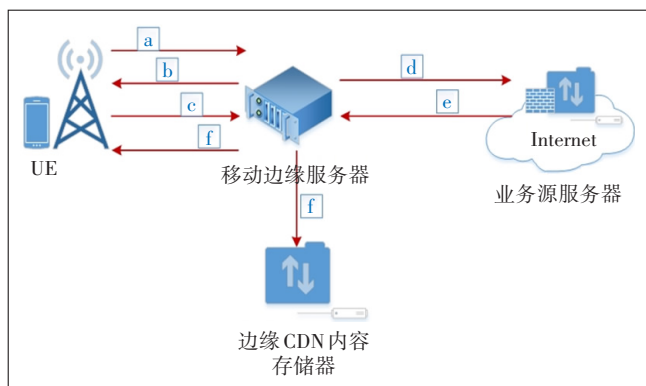


图3 简易部署方案(业务源厂商合作)业务流程

出DNS域名解析消息,该消息可以为1个指定的IP地址。

c) 用户向移动边缘服务器反馈的IP地址请求数据。

d) 边缘CDN节点判断是否存储了该用户请求的业务内容,若未存储则向上一级CDN节点或业务服务器请求该数据。

e) 边缘CDN节点接受上一级业务节点推送的业务数据。

f) 边缘CDN节点将业务数据发送给用户,同时将业务数据存储于边缘CDN内容存储器中。

### 3.2 CDN下沉全局部署方案

简易部署方案虽然业务流程简单,部署上互通接口配置简单,但也存在只能实现“一点对多点”服务的弊端,即一个移动边缘CDN节点只能固定的为一组基

站服务,且移动边缘CDN节点与移动接入网外的CDN节点也完全割裂,不能进行统一调度。当移动边缘CDN节点部署的数量较少时,可以使用简易部署方案实现快速部署,但当移动边缘CDN节点部署数量较多时,就存在整体效率不足的问题。

全局部署方案则是将边缘CDN节点融入整体的CDN体系中,接受全局负载均衡器的统一调度,尤其当边缘CDN节点之间以及与移动接入网外的CDN节点间负载不均衡时,可以实现最优的调度效率和服务效益。全局部署方案的业务流程如图4所示。

全局部署方案的业务流程如下。

a) 用户向浏览器输入域名www.abc.com,浏览器向本地DNS服务器发起DNS请求。

b) 若本地DNS服务器中没有该域名的缓存记录,则向该网站的DNS服务器请求。

c) 网站的DNS域名解析器设置了CNAME,指向了CDN网络中的全局负载均衡器,地址为www.abc.com.cdn.com,并将解析信息发送给本地DNS服务器。

d) 本地DNS域名解析服务器将该信息反馈给用户。

e) 用户重新向DNS发起对www.abc.com.cdn.com域名的解析请求。

f) 本地DNS服务器向CDN系统的全局负载均衡器请求域名解析。

g) 全局负载均衡器中存储了多条配置记录,根据每个记录指向不同的CDN节点,这些CDN节点中包括

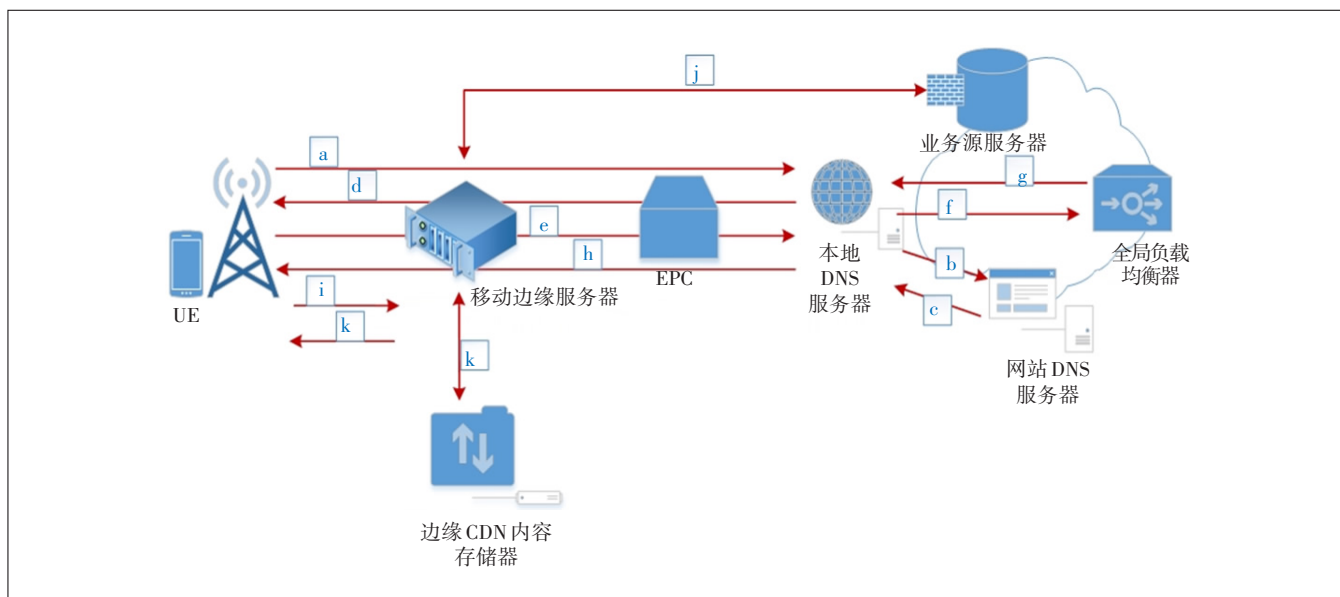


图4 全局部署方案业务流程

边缘CDN节点,也包括位于P-GW后端的CDN节点,负载均衡器根据各节点反馈的状态信息,判断是否为该用户下发指向边缘CDN节点的记录,判断结果肯定,则将指定的CNAME域名或IP地址下发给本地DNS服务器。

h) 本地DNS服务器将该域名信息或IP地址信息返回给用户。

i) 用户向该IP地址或域名信息对应的IP地址请求数据。

j) 边缘服务器识别出该IP地址指向自身的CDN下沉服务,进而进行边缘CDN节点内的负载均衡,选取该节点中最优缓存服务器为该用户提供服务,由于是第一次访问,缓存服务器并未存储对应的业务数据,边缘CDN节点根据浏览器提供的要访问的域名,通过内部专用DNS解析得到此域名的源IP地址或上一级CDN节点的IP地址,再由缓存服务器向此实际IP地址提交访问请求,取得数据后边缘CDN节点缓存该内容。

k) 边缘CDN节点选定的缓存服务器将业务数据返回给用户。

#### 4 CDN下沉技术应用场景

移动接入网中的CDN下沉技术,将CDN节点从移动接入网外进一步下沉至接入网内,从而直接降低移动用户访问业务的时延。

在部署区域上,考虑到命中率问题,一般尽量将边缘CDN节点部署在业务热点且访问内容较为集中的区域,可以获得较高的部署收益,例如校园、工业园区的宿舍区,部分宽带入户率低的居民区(例如城中村)等。

在业务类型上,主要服务于网页、视频、应用和文件下载等静态内容,也可结合其他边缘计算能力服务于动态内容。考虑到与传统CDN不同,通常一个边缘CDN节点服务的用户数更少,因此业务命中率也极大地影响了服务效率和部署效益,因此,可优先考虑服务于热点点播视频、热点应用或手机系统安装、更新包等内容。

此外,边缘CDN节点还可承载部分特定计算能力以进一步降低用户业务时延,例如可由CDN节点配置专用SSL加速硬件完成SSL应用的加密和解密运算工作,并建立认证通道完成数据传输;也可由CDN节点实现网页中flash或图片等内容的压缩,进而减少数据

传输量,加快业务内容传输速度。

#### 5 结束语

本文从介绍传统CDN系统的功能组成和物理组成出发,提出了将CDN节点下沉到移动接入网中的系统架构,并分析了部署复杂度低的简易部署方案和边缘CDN节点受全局负载均衡器调度的全局部署方案的特点和实现方案,给出了与CDN厂商合作和与业务源厂商合作2种模式下简易部署及全局部署的具体业务流程,最后给出了CDN下沉技术从部署区域和业务类型等角度出发的主要应用场景。

#### 参考文献:

- [1] 朱浩. 下一代移动网络发展趋势与关键技术[J]. 中国电信业, 2016(2):36-39.
- [2] 印顺. 5G网络发展趋势与关键技术[J]. 中国新通信, 2017, 19(11).
- [3] 尹浩,詹同宇,林闯. 多媒体网络:从内容分发网络到未来互联网[J]. 计算机学报, 2012, 35(6):1120-1130.
- [4] 赵旸. 下一代内容分发网络及关键技术分析[J]. 现代传输, 2011(2):62-70.
- [5] 李乔,何慧,张宏莉. 内容分发网络研究[J]. 电子学报, 2013, 41(8):1560-1568.
- [6] 宫海梅,李太君. 内容分发网络的研究[J]. 现代电子技术, 2010, 33(1):72-74.
- [7] 杨明川. 内容分发网络关键技术分析[J]. 电信科学, 2005, 21(8):13-17.
- [8] 梁洁,陈戈,庄一嵘. 内容分发网络(CDN)关键技术、架构与应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 2013.
- [9] 文伟平. 基于CDN的视频网络架构及关键技术的研究与实现[D]. 北京:北京邮电大学, 2008.
- [10] 罗治国. 流媒体内容分发网络的研究[D]. 北京:中国科学院研究生院(计算技术研究所), 2004.
- [11] 严文中. CDN负载均衡和内容路由研究[D]. 杭州:浙江大学, 2005.
- [12] 严文中. 分层结构CDN的负载均衡[J]. 现代商贸工业, 2007, 19(8):192-193.
- [13] 秦臻. 基于内容发布网络(CDN)的域名解析系统[D]. 成都:电子科技大学, 2012.
- [14] 秦臻,周帆,李乐民. DNS对CDN流媒体服务质量的影响[J]. 电子科技大学学报, 2013, 42(4):577-580.

#### 作者简介:

张勃,工程师,硕士,主要从事移动通信新技术、新业务研究工作;肖卫东,教授,硕士研究生导师,主要从事作战信息系统研究及教学工作;盛煜,高级工程师,博士,主要从事移动通信新技术、新业务研究工作;冯毅,高级工程师,硕士,主要从事移动通信系统网络规划及新技术研究工作。