

# CDN技术详解

Dissecting Content Delivery Network

雷葆华 孙颖 王峰 陈晓益 等著



# 转型时代丛书

## 指导委员会

主任委员：吴基传

副主任委员：杨杰

委员：陈俊亮 李未 韦乐平

邬贺铨 张继平（按拼音顺序排序）



## 编委会

主任：李志刚

副主任：侯春雨 赵慧玲

委员：毕奇 朱健 野永东 谢朝阳

陈自清 杨峰义 王晓平 张成良



转型时代丛书

# 总序

“变化，无论是突如其来的，还是循序渐进的，有时都会淘汰你认为理所当然的一切”。  
——《转型》

二十一世纪以来，信息化更加快速而深刻地改变着这个世界，大到全球经济社会的发展格局，小到每个人的日常工作生活。许多国家把数字化、信息化、智能化作为国家战略的关键主题，把信息基础设施建设作为后金融危机时代振兴经济的重要手段。同样，我国“十二五”规划也把全面提高信息化水平，特别是加快建设下一代国家信息基础设施、推动信息化和工业化深度融合、推进经济社会各领域信息化作为重要工作列入其中。

信息通信产业中新技术、新业务的不断快速发展不仅催生着新的经济增长点，造就了谷歌、Twitter、腾讯等一个又一个明星企业，引领整个行业及社会经济的发展方向，更重要的是它对人们生产、生活产生了深刻而久远的影响。我们的生产资料不仅仅是机器，还有电脑、手机、互联网；我们通过点击“百度”打开未知世界，通过“淘宝”购买商品，利用手机登录“Facebook”去了解彼此、评论时政，所有这一切都表明信息通信产业正在更广、更深地影响着我们每一个人，互联网/移动互联网已成为像水、电一样的生产、生活“必需品”。

环顾全球，整个信息通信产业正在朝着宽带化、移动化、智能化发展，特别是3G的普及和LTE的逐步成熟使得移动互联网一跃成为整个行业中最前沿、最具革命性的领域。智能管道、物联网、下一代互联网、云计算等一个个新的理念、新的信息服务模式正在席卷全球成为新热点。而这一切变化，都将对从事信息服务的企业，包括电信运营商，带来前所未有的机遇和挑战。适者生存法则同样适用于多变的企业生态系统。无论是百年老店，还是创业新秀，只有顺应信息化时代发展潮流，重新审视并及时调整企业的商业模式，抓住信息化带来的重大机遇，才能在变化中顺势前进。

鉴于此，这套“转型时代丛书”既有对智能宽带网络、移动互联网、云计算等新技术、新网络的研究和实践总结，也有对商业模式、营销变革等现代管理中关键问题的长期探索。相信此系列书籍能帮助您了解趋势，廓清谜团，抓住机会，与信息化时代共同成长。

刘圣功

2012年1月

# CDN 技术详解

雷葆华 孙颖 王峰  
陈晓益 王志军 蔡永顺 著

电子工业出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书内容包括CDN技术的发展历程、关键技术、商业化服务现状，以及对未来的发展展望，对构成CDN系统的关键功能模块GSLB、SLB、Cache进行了重点讲解，除技术原理之外，还对实现这些功能模块所涉及的一些协议和开发工具进行了讲解，希望能帮助读者了解CDN这项技术，并对CDN系统的设计和开发有一些初步的体会。

本书适合从事互联网开发和运营工作的专业人士、电信运营服务从业人员，以及相关专业的高校学生。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

CDN 技术详解 / 雷葆华等著. —北京：电子工业出版社，2012.4

( 转型时代丛书 )

ISBN 978-7-121-16528-3

I. ①C... II. ①雷... III. ①计算机网络—网络结构 IV. ①TP393.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2012 ) 第 051754 号

策划编辑：刘 皎

责任编辑：刘 舫

印 刷：

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：720×1000 1/16 印张：25.25 字数：404 千字

印 次：2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数：4100 册 定价：69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：( 010 ) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn) , 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线 : ( 010 ) 88258888。

# 推荐序

赵慧玲

中国电信北京研究院副院长

互联网已经成为今天的生活必需品，人们利用它获取信息和资讯、进行娱乐并相互沟通，在这背后有一个鲜为人知的幕后英雄——内容分发网络(CDN)。CDN 架设在 IP 网络之上，是互联网世界里的智能传送网络，连接了我们和互联网上无数色彩缤纷的应用。

CDN 的出现改变了互联网的生态面貌，促进了互联网的发展。在互联网商业化不久，由于缺乏必要的流量管理和疏通手段，骨干带宽被迅速消耗掉，IP 网络流量秩序濒于失衡。为解决这一难题，麻省理工学院的一批顶级科学家提出了 CDN 解决方案，从此以后，CDN 就成为互联网的基础设施，伴随着互联网的潮起潮落而发展。CDN 将内容推到网络的边缘，为用户提供就近性的边缘服务，从而保证服务的质量和整个网络上的访问秩序，解决了困扰内容提供商的内容“集中与分散”的两难选择，极大缓解了内容传送瓶颈。CDN 的发展促使整个互联网产业进一步分工合作，使网站和应用开发者们能够更关注于上层应用。

时间进入 2009 年，云计算和移动互联网时代到来，CDN 在这一背景下重新引起了各方的关注，蓝汛和网宿公司的成功上市，标志着资本市场对 CDN 的认可。我们看到，在国外很多公司的云计算服务中，CDN 成为一项标准配置，



而移动互联网中应用的多样性更需要 CDN 的分发能力。传统的 IP 网络以传输中立、协议简单为信条，而互联网，特别是在移动互联网时代，应用的丰富性要求网络能力能够随着应用不断拓展。中国电信正致力于打造“智能管道”，而 CDN 技术是打造智能管道的一项关键技术，是电信运营商未来服务运营的重要竞争力。CDN 与基础 IP 网络联系紧密，通过与各级网络之间的配合调度，在给用户提供优质服务的同时，也能降低骨干网的传输压力和峰谷差异。同时，基于 CDN 的海量信息感知能力，还能为业务开发者提供各种用户行为分析和预测数据，创造了新的商业模式。

中国电信从 2002 年开始进行 CDN 网络的建设，用于承载自营业务和对外服务。在这一过程中，我们经历了很多挫折，也积累了宝贵的经验。回顾这些年的工作，深感这一领域缺乏系统性的书籍和技术资料，使入门者的摸索过程显得更为困难。为帮助普及 CDN 的服务和应用概念，推动业界的技术沟通与交流，中国电信北京研究院组织从事 CDN 技术研究及相关专业技术的联合团队编写了本书，其中既有长期工作在 CDN 网络建设和服务一线，对现网运营支撑有丰富经验的工程师，又有互联网战略运营和业务的专家，还有部分从事云计算等信息技术领域研究的领军人才，这本书既是他们研究成果的智慧结晶，也是他们分享知识和经验的平台。相信他们的研究和心得会给广大读者带来思考、启迪和帮助。



2012 年 4 月，北京

# 序言

雷葆华

中国电信北京研究院云计算团队总监

CDN 是互联网服务背后重要的支撑者 ,它伴随着互联网商业化的出现而出现 ,一直可以看做互联网的卖水人。国内 CDN 产业的出现和国外基本在同一时间 ,但与国外不同 ,国内 CDN 发展的第一次浪潮从 2002 年左右开始 ,当时正值 ADSL 宽带业务大发展(从 64kb/s 的拨号、128kb/s 的 ISDN 升级到 512kb/s 的 ADSL ) ,各省和地市级的运营商为填充提速后的宽带 ,增强宽带的吸引力 ,纷纷开始提供流媒体服务 ,CDN 作为流媒体系统的一个重要核心组成部分开始被运营商接受和部署 ,并逐步在国内市场普及。通过 CDN 的支撑 ,运营商们为用户提供了有服务质量保证的流媒体服务 ,有力地推动了宽带的发展 ,成为国内 CDN 发展第一个高潮的最主要的推动者。可以说 ,CDN 为中国第一次带宽升级起到了重要的推动和支撑作用。

从 2008 年开始 ,3G 牌照的发放和新一轮宽带提速的推进 ,为移动互联网和云计算时代的到来奠定了基础条件。在这一新的发展阶段 ,CDN 作为互联网服务的重要技术保证方式和一种基础资源服务 ,再一次受到了整个业界的关注 ,ChinaCache 和网宿公司的成功上市 ,也标志着资本市场对 CDN 的认可。但是 ,客观地说 ,从 CDN 服务的普及率、服务的附加值和产品的核心竞争力几方面看 ,我国的 CDN 产业与欧美和日韩等国相比仍有不小的差距 ,整个行业还属

于粗放型的发展阶段。其中一个比较重要的原因是国内这方面的人才和技术积累比较少，相关的书籍、资料很少，特别是能够系统性地介绍 CDN 技术的书籍在国内仍是一个空白。为此，我组织我们的研发团队利用业余时间编写了这本书，希望能够帮助读者系统地了解 CDN 的基本原理和基础知识，掌握其中的一些关键技术，并对整个 CDN 产业的发展有一个比较全面的认识，通过书籍为推动这个产业的发展尽一份绵薄之力。

为更好地让读者理解，我们采用循序渐进的方式介绍相关知识。

第 1 章是引言，通过对 CDN 的基本概念、发展历史、作用 and 价值的介绍，让读者了解为什么需要 CDN，它能做什么，对 CDN 形成一个初步的认识。

第 2 章是 CDN 技术概述，对 CDN 的系统架构进行整体阐述，同时通过对 CDN 不同服务类型的分类描述，让读者对 CDN 的技术框架有一个比较全面的了解。

第 3 章至第 5 章，从对静态网页加速技术的实现入手，分别对 Web 缓存、集群和负载均衡、全局负载均衡和内容路由技术这三大关键技术的技术原理、使用方法和实现实例进行介绍，使读者能够了解 CDN 技术的发展脉络，同时对 CDN 系统的部署从单台 Cache 缓存技术到集群的实现再到整个 CDN 系统的分布扩展有一个全面的认识。

第 6 章重点介绍流媒体 CDN 系统的实现，通过对比流媒体加速和网页加速的区别，阐述流媒体 CDN 的关键技术，在该章的最后以 IPTV CDN 服务系统为例，帮助读者理解相关内容。

第 7 章分别对动态网页加速技术和应用交付技术进行介绍。它们分别是 Web 2.0 网站加速和企业内部应用加速的关键技术。

第 8 章从商业应用价值角度对 CDN 的产业现状和商业价值进行分析。

第 9 章对 CDN 和云计算、P2P 等其他相关技术的关系进行阐述，同时作为总结，对 CDN 的下一步发展进行了分析和展望，提出进一步的发展方向。

本书部分内容和案例来自于我们的实践经验和成果，同时本书的编写得到了中国电信集团北京研究院的支持，参考了大量业界的研究成果和相关技术材料，在此一并感谢。最后，由于成稿仓促，知识水平和认识的局限，书中难免有纰漏之处，请各位专家和读者不吝赐教。

雷葆华

2012 年 4 月，北京

# 致谢

我是在 2003 年开始接触和了解 CDN 的，后来长期负责中国电信 CDN 骨干网的技术方案制订、工程实施和网络规划等工作。回头看我对 CDN 的学习和认识过程，深感当时国内在这方面资料和信息之匮乏，我自己是通过两年多的研究、测试、工程设计和实施工作，在经过长期的实践摸索和经验总结之后，才开始对 CDN 技术有一个比较系统的理解和认识，通过进一步的研究和工作积累，才逐步形成了一套 CDN 技术体系和研究方法，并将 CDN 与其他领域的研究结合起来，取得了一些成绩。在这一过程中得到了很多人的帮助和支持，在此表示真诚的感谢。

首先，要感谢中国电信集团北京研究院的各级领导，没有院领导和部门的长期支持，就不会有系统深入地研究 CDN 技术的机会，也不会有今天的这些成绩。

其次，要感谢中国电信集团公司的相关领导对我们的理解和信任，对我们研究工作的大力支持和指导，使得我们的技术和业务研究成果能够在现网中得到检验和应用，积累了宝贵的经验。

另外，还要感谢业界的专家和合作伙伴的技术人员，他们无私地奉献了专业知识和经验，特别是在 CDN 技术研究初期，资料匮乏，通过与他们的沟

通、交流，获得了很多知识。

同时，还要感谢电子工业出版社的领导、刘皎编辑以及为本书付出辛劳的出版社的朋友。

最后，要感谢我们的家人，本书的几位作者日常的科研工作和任务都很繁重，主要利用业余时间完成本书，没有家人的理解和支持，本书很难顺利付印。

# 目录

<b>第 1 章 引言</b> .....	1
1.1 CDN的基本概念和产生背景 .....	2
1.2 CDN的基本工作过程 .....	5
1.3 CDN的发展历史 .....	8
1.4 CDN对互联网产业的价值和作用 .....	13
<b>第 2 章 CDN技术概述</b> .....	16
2.1 CDN的系统架构 .....	17
2.1.1 功能架构 .....	17
2.1.2 部署架构 .....	21
2.2 CDN系统分类 .....	23
2.2.1 基于不同内容承载类型的分类 .....	24
2.2.2 基于内容生成机制的分类和分层加速服务 .....	27
2.3 小结 .....	29
<b>第 3 章 内容缓存工作原理及实现</b> .....	32
3.1 内容缓存技术的发展背景 .....	33

3.1.1	网站的问题和需求 .....	33
3.1.2	CDN出现前的网站服务技术 .....	35
3.2.2	反向代理 .....	41
3.2.3	透明代理 .....	42
3.2.4	Web Cache产品实现关键要素分析 .....	44
3.3	Web Cache的实现基础——基于HTTP协议的 Web缓存技术 .....	45
3.3.1	Web与HTTP .....	45
3.3.2	HTTP协议工作原理 .....	48
3.3.3	HTTP中的Cookie和Session .....	68
3.3.4	HTTPS安全协议 .....	74
3.3.5	HTTP协议中的缓存技术 .....	76
3.4	Web Cache技术实现关键点分析 .....	82
3.4.1	Web Cache关键性能指标说明 .....	82
3.4.2	内容存储机制 .....	85
3.4.3	内容更新机制 .....	86
3.4.4	Web Cache协议优化 .....	90
3.4.5	Web Cache安全实现机制 .....	92
3.5	开源Web缓存代理软件——Squid .....	94
 <b>第 4 章 集群服务与负载均衡技术 .....</b>		<b>97</b>
4.1	服务器集群技术 .....	98
4.1.1	集群的基本概念 .....	98
4.1.2	集群的分类 .....	99
4.1.3	集群的系统结构 .....	101
4.1.4	CDN负载均衡集群 .....	102
4.2	Cache集群协同交互方法 .....	103



4.2.1	ICP	104
4.2.2	HTCP	105
4.2.3	Cache Digest	106
4.2.4	Cache Pre-filling	106
4.2.5	CARP	107
4.3	负载均衡技术的实现	108
4.3.1	负载均衡关键技术	110
4.3.2	负载均衡部署方式	115
4.3.3	服务器负载均衡	118
4.3.4	链路负载均衡	125
4.4	开源负载均衡软件	130
4.4.1	LVS	130
4.4.2	Nginx	132

## 第 5 章 全局负载均衡工作原理及实现 134

5.1	全局负载均衡在CDN系统中的作用	135
5.2	基于DNS解析的GSLB实现机制	136
5.2.1	DNS的产生背景	136
5.2.2	DNS基本工作原理	137
5.2.3	基于DNS解析的GSLB工作方式	147
5.2.4	负载均衡的策略判断条件信息	150
5.2.5	开源DNS服务软件——BIND	153
5.3	基于DNS的GSLB应用部署方法	155
5.3.1	GSLB应用部署时的一些基本概念	155
5.3.2	负载均衡策略	160
5.3.3	GSLB部署中的关键问题	171
5.4	基于应用层协议重定向的GSLB	177
5.4.1	HTTP重定向基本原理	177
5.4.2	基于HTTP重定向的GSLB工作流程	180

5.5	基于IP路由的GSLB	181
5.6	小结	184
<b>第 6 章</b>	<b>流媒体CDN系统的组成和关键技术</b>	<b>189</b>
6.1	流媒体系统工作原理概述	192
6.2	流媒体传送协议体系	195
6.2.1	RTP和RTCP	197
6.2.2	RTSP	201
6.2.3	RTMP	207
6.2.4	HTTP Streaming	216
6.2.5	MPEG-2 TS	226
6.3	流媒体业务对CDN提出的要求和挑战	228
6.3.1	流媒体加速与Web加速之间的业务差异	228
6.3.2	流媒体CDN系统架构描述	230
6.3.3	小结	232
6.4	流媒体CDN系统的关键技术实现	233
6.4.1	Cache的设计实现	233
6.4.2	负载均衡系统设计实现	238
6.4.3	内容分发机制设计实现	240
6.4.4	组网模式	242
6.4.5	内容文件预处理技术	243
6.4.6	防盗链机制和实现	246
<b>第 7 章</b>	<b>动态内容加速服务的实现</b>	<b>250</b>
7.1	动态内容加速技术	251
7.1.1	业务逻辑层加速技术：边缘计算	255
7.1.2	数据访问层加速技术：数据库复制	257
7.1.3	用户数据层加速技术：用户数据复制	261

7.2	应用加速技术 .....	263
7.2.1	应用加速技术概述 .....	263
7.2.2	广域网加速技术 .....	264
7.2.3	SSL加速技术介绍 .....	274
<b>第 8 章</b>	<b>CDN商业化服务现状 .....</b>	<b>279</b>
8.1	CDN产业分析 .....	280
8.1.1	CDN产业链分析 .....	280
8.1.2	CDN服务的价值分析 .....	282
8.1.3	CDN服务运营方式分析 .....	285
8.2	CDN的商业服务模式 .....	286
8.2.1	CDN的计费方式 .....	286
8.2.2	CDN的增值服务 .....	289
8.2.3	CDN客户决策要点 .....	294
8.3	典型案例分析 .....	296
8.3.1	视频网站 .....	296
8.3.2	门户网站 .....	297
8.3.3	政府网站 .....	298
8.3.4	企业网站 .....	299
8.3.5	云计算 .....	300
8.3.6	小结 .....	302
8.4	典型服务商介绍 .....	303
8.4.1	国外CDN运营商的先驱——Akamai .....	303
8.4.2	国内运营商简介 .....	306
<b>第 9 章</b>	<b>CDN发展展望 .....</b>	<b>309</b>
9.1	新时代对CDN的要求 .....	310
9.2	CDN技术发展趋势 .....	313

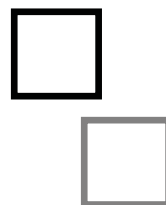
9.3	CDN与云计算 .....	315
9.3.1	云计算——第三次IT革命 .....	315
9.3.2	CDN是云计算吗 .....	317
9.3.3	CDN与云计算技术的结合 .....	323
9.4	CDN与P2P .....	325
9.4.1	P2P技术概述 .....	325
9.4.2	P2P流量的变化趋势及优劣势分析 .....	329
9.4.3	CDN与P2P技术的结合 .....	334
9.5	CDN的商业服务发展趋势 .....	337
附录A	CDN试验床实施指南 .....	341
A.1	试验床架构概述 .....	342
A.2	基础集群环境搭建 .....	344
A.2.1	服务器虚拟化环境部署 .....	344
A.2.2	虚拟机管理基本操作 .....	347
A.3	代理缓存环境搭建 .....	349
A.3.1	Apache HTTP服务器的安装与配置 .....	350
A.3.2	Squid代理缓存服务器的安装与配置 .....	352
A.3.3	CDN试验床代理缓存功能的演示和验证 .....	355
A.4	边缘节点四层负载均衡 .....	357
A.4.1	LVS负载均衡服务器的安装与配置 .....	358
A.4.2	CDN试验床四层负载均衡功能的演示和验证 .....	362
A.5	边缘节点七层负载均衡 .....	364
A.5.1	BIND域名服务器的安装与配置 .....	365
A.5.2	Nginx负载均衡服务器的安装与配置 .....	368
A.5.3	CDN试验床七层负载均衡功能的演示和验证 .....	371
A.6	多边缘节点负载均衡 .....	373
A.6.1	Apache服务器和BIND服务器的配置 .....	374
A.6.2	CDN试验床多边缘节点负载均衡功能的演示和	

CDN 技术详解

验证 .....	379
A.7 小结 .....	380
参考文献 .....	381

---

# 第 1 章 引言



- 1.1 CDN 的基本概念和产生背景
- 1.2 CDN 的基本工作过程
- 1.3 CDN 的发展历史
- 1.4 CDN 对互联网产业的价值和作用

---

在这个信息互联的时代，互联网已经成了生活必需品，我们习惯了各种互联网应用俯拾即是，触手可及。也许很多用户都没有注意，在互联网这张大网之上，已经悄然生长出一张时刻为人们服务的网络，它像一位隐形的快递员，将各种各样的内容交付给用户。这就是本书中我们要一起学习的内容分发网络（CDN，Content Distribute Network）。

## 1.1 CDN 的基本概念和产生背景

对于 CDN 这个名词，读者大可以望文生义：Content Distribute Network，直译成内容分发网络，或者也有人写成 Content Delivery Network，内容交付网络。很显然，CDN 完成的是将内容从源站传递到用户端的任务，我们当然不需要再解释什么叫做“内容分发”或者“内容交付”了，要解释的是 CDN 在这个分发或者交付的过程中体现了什么价值，为什么需要 CDN 来交付而不是直接通过互联网交付呢？这个话题有必要短话长说一下，这对理解本书中 CDN 的工作原理、各项关键技术都有帮助。

大家常说的互联网，是广义的互联网，由两层组成：一层是以 TCP/IP 为代表的网络层（也是狭义互联网概念）；另一层是以万维网 WWW 为代表的上层。目前普遍存在一个认识误区，就是将互联网和万维网混作一谈。认清互联网的本质，辨识清楚互联网和万维网的区别，是理解整个互联网经济的关键和基础，也是认识 CDN 的基础。

以 TCP/IP 为核心的狭义的互联网（Internet），实际上是广义互联网的下层，是网络基础，更一般地说就是 TCP/IP 网络。这一层的主要作用是通过计算机之间的互联，将各种信息的数据报文以极低的成本进行传输，俗称“管道”，所有信息和内容在这个管道里进行传送。互联网的设计理念是：网络是中立和无控制的，任何人都没有决定权；网络是应用无关的，它的任务就是如何更好地将数据包进行端到端传输。这个设计理念从互联网诞生之初到现在从未被撼动，任何针对某种（类型的）内容对互联网进行优化的尝试其最后效果都不甚理想。因此，我们可以认为互联网不会试图对任何内容进行传输优化。

以万维网 WWW 为代表的上层，是广义互联网的上层。这一层包括很多种类型的流量和应用，邮件、软件、在线影视、游戏、电子商务、移动应用等，所有 SP（Service Provider，服务提供商）提供的都是这些用户看得见、摸得着的应用，它们丰富和方便了人们的生活，构成了我们常说的互联网业务和信息经济。

举个铁路的例子来解释两者的差别和关系：互联网是铁路轨道和信号系统，万维网则是在铁路上运行的列车之一。而在铁路上，除了万维网这个高速列车以外，还有慢车、通勤列车、货运列车和专业维修列车等。在互联网上，万维网是巨大的和非常重要的，但它并不是唯一。那些不使用 WWW 的应用同样运行在互联网上，互联网的巨大远远超过运行在其上的任何东西。

现在，我们看看网络层与应用层这上下两层的磨合中是否存在问题。从网络层面来看，在互联网这个铁路网中，有 4 个地方会造成列车拥堵，如图 1-1 所示，分别如下所述。

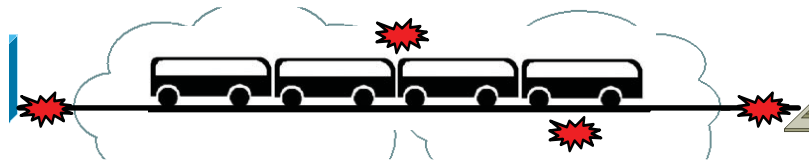


图 1-1 影响互联网传输的 4 个因素

(1) “第一公里”，这是指万维网流量向用户传送的第一个出口，是网站服务器接入互联网的链路所能提供的带宽。这个带宽决定了一个网站能为用户提供的访问速度和并发访问量。一个网站，其服务的用户越多，对其出口带宽的要求就越大，当用户请求的数据量超过网站的出口带宽，就会在出口处形成拥塞。越是业务繁忙时，用户的访问数量越多，这个拥塞就越严重，网站会在最需要向用户提供服务时失去用户。

(2) “最后一公里”，这是指万维网流量向用户传送的最后一段接入链路，即用户接入带宽。用户的平均接入带宽，是影响互联网上层应用发展的决定性因素之一。在互联网发展的初期，用户主要通过拨号上网或 ISDN 等方式上网，网络接入速度很低，所以互联网内容以带宽占用非常小的文字为主，Telnet、BBS 都是那时的主流应用。当万维网出现后，人机交互更加方便友好的多媒体内容开始在互联网上传播，接入带宽成为制约用户使用互联网的主要瓶颈。从 2001 年开始，电信运营商开始大力发展 ADSL 等宽带接入服务，随着带宽的不断提升和接入手段的丰富（光纤入户、Wifi、3G 等），近年来“最后一公里”的问题得到很大改善，特别是这两年中国电信等大力开展以光纤接入为手段的宽带提速服务，“最后一公里”的瓶颈问题已经基本得到解决。

(3) 对等互联关口。这里的“对等互联”是指不同基础运营商之间的互联互通，一般两个运营商之间只有两三个互联互通点，可以想象这两三个点上产生多么大的流量。当某个网站服务器部署在运营商 A 的 IDC 机房里，运营商 B 的用户要访问该网站，就必须经过 A、B 之间的互联互通点进行跨网访问。从互联网的架构来看，不同网络之间的互联互通带宽，对任何一个运营商网络的流量来说，占比都较小，收敛比是非常高的，因此这里通常都是互联网传输中的拥堵点。

(4) 长途骨干传输。首先是长距离传输时延问题，从网站服务器到用户之间要经过网站所在 IDC、骨干网、用户所在城域网、用户所在接入网等，距离非常遥远，因此不可避免地带来较长的传输时延，影响用户体验，这一问题也是互联网本身无法解决的问题。其次是骨干网拥塞问题，由于互联网上的绝大部分流量都要通过骨干网络进行传输，这就要求骨干网络的承载能力必须与互联网的应用同步发展，但实际上两者并不是同步的，当骨干网络的升级和扩容滞后于互联网之上的应用的发展时，就会阶段性地使得大型骨干网的承载能力成为影响互联网性能的瓶颈。

在应用层中，SP 们都在不断优化业务体验，其中最值得关注的就是服务响应时间。服务响应时间基本是由服务器响应时间和网络时延组成的。影响服务器响应时间的因素包括协议处理时间、程序性能优化、内容读取速度等方面，网络时延则是由数据报文在网络传送中被各个路由器、交换机转发产生的时延总和。在互联网领域有一个“8 秒定律”，用户访问一个网站时，如果等待网页打开的时间超过 8 秒，会有超过 30% 的用户放弃等待。根据 KissmeTrics 最近的一项调查统计：一个网站 10 秒后网页打不开，会有 40% 的用户跳出该页面；大部分手机用户愿意等待的加载时间为 6~10 秒；1 秒延迟会导致转化率下降 7%。算一下，假如一电子商务网站每天收入 10 万元，1 秒钟的页面延迟将使它



每年损失掉 250 万元。

CDN 的产生与上面分析的一系列问题息息相关，如果这些问题没有手段缓解，那整个互联网将是与今天完全不同的另一番景象了。1995 年，麻省理工学院教授，互联网发明者 Tim Berners-Lee 预见当时互联网使用者已经习以为常的网络拥挤难题，未来会成为互联网应用的最大障碍。于是他向同事提出挑战，要发明一种全新的、从根本上解决问题的方法来推送互联网内容。他的这一提议造就了今天被大家普遍接受的互联网基础服务——CDN。

## 1.2 CDN 的基本工作过程

使用 CDN 会极大地简化网站的系统维护工作量，网站维护人员只需将网站内容注入 CDN 的系统，通过 CDN 部署在各个物理位置的服务器进行全网分发，就可以实现跨运营商、跨地域的用户覆盖。由于 CDN 将内容推送到网络边缘，大量的用户访问被分散在网络边缘，不再构成网站出口、互联互通点的资源挤占，也不再需要跨越长距离 IP 路由了。

CDN 是如何工作的呢？让我们先看看没有 CDN 服务时，一个网站是如何向用户提供服务的。

今天我们看到的网站系统基本上都是基于 B/S 架构的。B/S 架构，即 Browser-Server (浏览器-服务器)架构，是对传统 C/S 架构的一种变化或者改进架构。在这种架构下，用户只需使用通用浏览器，主要业务逻辑在服务器端实现。B/S 架构，主要是利用了不断成熟的 WWW 浏览器技术，结合浏览器的多种 Script 语言 (VBScript、JavaScript 等) 和 ActiveX 等技术，在通用浏览器上实现了 C/S 架构下需要复杂的软件才能实现的强大功能。

用户通过浏览器等方式访问网站的过程如图 1-2 所示。

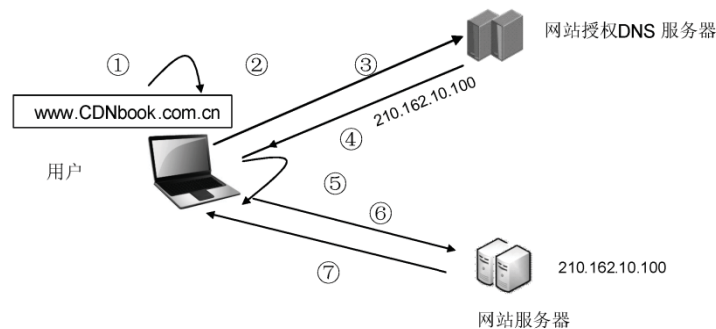


图 1-2 互联网用户服务访问流程

- ①用户在自己的浏览器中输入要访问的网站域名。
- ②浏览器向本地 DNS 服务器请求对该域名的解析。
- ③本地 DNS 服务器中如果缓存有这个域名的解析结果，则直接响应用户的解析请求。
- ④本地 DNS 服务器中如果没有关于这个域名的解析结果的缓存，则以递归方式向整个 DNS 系统请求解析，获得应答后将结果反馈给浏览器。

⑤浏览器得到域名解析结果，就是该域名相应的服务设备的 IP 地址。

⑥浏览器向服务器请求内容。

⑦服务器将用户请求内容传送给浏览器。

在网站和用户之间加入 CDN 以后，用户不会有任何与原来不同的感觉。最简单的 CDN 网络有一个 DNS 服务器和几台缓存服务器就可以运行了。一个典型的 CDN 用户访问调度流程如图 1-3 所示。

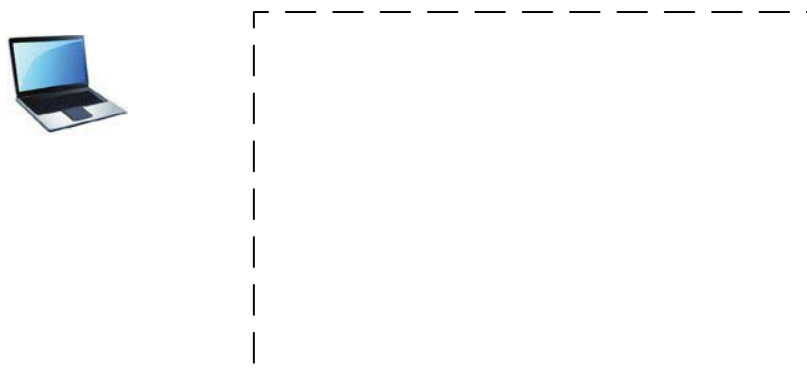


图 1-3 引入 CDN 后的典型用户访问流程

①当用户点击网页面上的内容 URL，经过本地 DNS 系统解析，DNS 系统会最终将域名的解析权交给 CNAME 指向的 CDN 专用 DNS 服务器。

②CDN 的 DNS 服务器将 CDN 的全局负载均衡设备 IP 地址返回用户。

③用户向 CDN 的全局负载均衡设备发起内容 URL 访问请求。

④CDN 全局负载均衡设备根据用户 IP 地址，以及用户请求的内容 URL，选择一台用户所属区域的区域负载均衡设备，告诉用户向这台设备发起请求。

⑤区域负载均衡设备会为用户选择一台合适的缓存服务器提供服务，选择的依据包括：根据用户 IP 地址，判断哪一台服务器距用户最近；根据用户所请求的 URL 中携带的内容名称，判断哪一台服务器上有用户所需内容；查询各个服务器当前的负载情况，判断哪一台服务器尚有服务能力。基于以上这些条件的综合分析之后，区域负载均衡设备会向全局负载均衡设备返回一台缓存服务器的 IP 地址。

⑥全局负载均衡设备把服务器的 IP 地址返回给用户。

⑦用户向缓存服务器发起请求，缓存服务器响应用户请求，将用户所需内容传送到用户终端。如果这台缓存服务器上并没有用户想要的内容，而区域均衡设备依然将它分配给了用户，那么这台服务器就要向它的上一级缓存服务器请求内容，直至追溯到网站的源服务器将内容拉到本地。

DNS 服务器根据用户 IP 地址，将域名解析成相应节点的缓存服务器 IP 地址，实现用户就近访问。

使用 CDN 服务的网站,只需将其域名解析权交给 CDN 的 GSLB 设备,将需要分发的内容注入 CDN,就可以实现内容加速了。

### 1.3 CDN 的发展历史

CDN 是为互联网上的应用服务的,它伴随着互联网的发展而逐步成长,其发展过程中的高峰低谷、起起落落与整个互联网的发展轨迹基本保持一致,图 1-4 是 CDN 的历史发展曲线,我们借此来回顾一下 CDN 的发展历史。

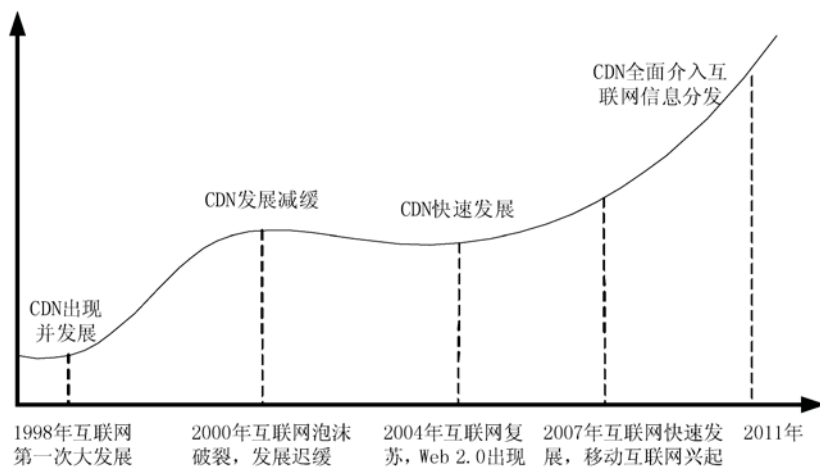


图 1-4 CDN 发展历史

#### 1. 第一阶段: CDN 缘起

1991 年之后的近十年间,公众主要以拨号方式接入互联网,带宽低而且网民数量少,此时主要的瓶颈在最后一公里——用户接入带宽,而没有给提供内容的服务器和骨干传输网络带来太大的压力。随着互联技术的发展和网民数量的增加,给内容源服务器和传输骨干网络带来越来越大的压力,互联网瓶颈从接入段逐渐向骨干传输网络和服务器端转移。

1995 年,麻省理工学院教授,互联网发明者之一 Tim Berners-Lee 发起的一项技术挑战造就了后来鼎鼎大名的 CDN 服务公司 Akamai。Berners-Lee 博士预见到在不久的将来网络拥塞将成为互联网发展的最大障碍,于是他提出一个学术难题,要发明一种全新的、从根本上解决问题的方法来实现互联网内容的无拥塞分发,这项学术难题最终催生出一种革新性的互联网服务——CDN。当时 Berners-Lee 博士隔壁是 Tom Leighton 教授的办公室,一位麻省理工学院应用数学教授,他被 Berners-Lee 的挑战激起了兴趣。Leighton 博士意识到应用数学和运筹学可以解决网络拥塞的问题,于是他请研究生 Danny C. Lewin 和其他几位顶级研究人员一起破解这个技术难题。随后另外几位计算机科学和数据网络方面的科学家也加入 Leighton 博士的队伍中来,他们开发了数学运算法则来处理内容的动态路由计算,并开始实施自己的商业计划,最终成立 Akamai 公司。这些世界级的科学家开发出一套突破性的运算法则,用于在网络服务器所组成的大型网络中智能组织路由和复制内容。

---

Akamai 公司通过智能化的互联网分发，结束了“World Wide Wait”(世界一起等待)的尴尬局面。公司 1999 年开始提供商业服务，并宣布世界上网络流量最大的互联网公司雅虎成为自己的合同客户。

Akamai 是全球第一家 CDN 网络运营商，从诞生之日起，就一直是全世界顶级的 CDN 服务商和 CDN 服务的领跑者。Akamai 的成功表明互联网内容分发业务有着巨大的市场前景。

## (2) 第二阶段：CDN 第一次发展浪潮

1999 年到 2001 年是全球互联网发展的高潮期，HTTP 网页内容的加速需求非常大，CDN 成为产业关注的热点。2001 年，Limelight Networks 公司在美国亚利桑那州成立，是除 Akamai 之外最主要的 CDN 公司，自高盛将 1.2 亿美元投入 Limelight 后，全球 CDN 的发展呈现出风起云涌之势。Akamai 和 Limelight 分别代表了“节点租用”和“节点自建”两种发展模式，引领了全球 CDN 行业的技术潮流。在这一时期，除了如 Akamai、Limelight、Level3 等这样独立、专业的 CDN 服务提供商，大型的 IDC 企业看到 CDN 巨大的市场前景也纷纷转型，加入这一行业。IDC 企业的加入进一步推动了 CDN 行业的发展，与传统的独立 CDN 公司形成对峙之势。比如国外著名的 IDC——Digital Island 通过其遍布全美国的、数量众多的数据中心，建立了其自己的 CDN 网络，将 CDN 服务作为一种增值服务向它的数据中心的客户提供。

在中国，互联网的高速发展同样始于 20 世纪 90 年代末。以新浪、搜狐、网易三大门户为代表，众多资本、科技人才投入其中，网站和互联网服务如雨后春笋般蓬勃生长，启动了国内第一次互联网发展高潮。互联网内容的丰富和功能的拓展吸引了越来越多的用户，网上冲浪成为当时最时髦的娱乐形式。网民数量的剧增给网络带来巨大的压力，导致网络服务质量和用户体验下降，同时限制了流媒体等新业务的发展。在这样的背景下，中国的 CDN 产业应运而生。1998 年，国内第一家专业 CDN 服务公司——蓝汛 (ChinaCache) 公司成立，2000 年蓝汛获得了信息产业部颁发的第一个 CDN 试运行许可证，正式成为我国第一家专业 CDN 服务提供商。2000 年 10 月初，网宿公司成立。2001 年 10 月，新浪成为我国第一个 CDN 服务商业用户，中国的 CDN 商用市场初具规模。

## 3. 第三阶段：互联网泡沫的冲击和 CDN 第二次大发展

2001 年，第一次互联网泡沫破碎，大量.com 公司倒闭，网站关闭。CDN 客户一夜之间骤减，一息尚存的网站也缩减成本开支，CDN 产业几乎立刻进入了停滞期。彼时 CDN 服务商鼻祖 Akamai 公司也难逃此劫，加上该公司的创始人之一、早期发明者之一的 Daniel C. Lewin 在 2001 年“9·11”恐怖袭击中不幸遇难，更为 CDN 行业的发展雪上加霜。

虽然互联网泡沫破裂对整个行业产生了巨大的冲击，但互联网复兴的种子已播下，第一次泡沫期间大量投资建设的基础设施，为日后产业的再次发展奠定了良好的物质基础。

从 2002 年开始，DSL 等宽带技术在全球逐渐普及，用户接入带宽提高到 Mb 级别，为网络流媒体服务提供了基础条件。从 2004 年起，伴随着互联网的回暖和发展，流媒体服务的发展和 Web 2.0 的兴起对 CDN 提出了新的技术要求，CDN 的需求开始回升并持续增加，CDN 又变得热门起来。

首先，传统 HTTP 和下载使网络数据量飞速上升，网络游戏产业逐渐成熟，特别是网络视频等需要高带宽的内容，对服务器和网络带宽的压力更大，对 CDN 服务需求迫切。其次，网站的内容类型

---

不断增加和丰富,在新的需求下,流媒体、Flash、视频和下载等网站内容及业务成了新的主要应用对象。为了给软件下载、视频流媒体、企业 Web 应用、B2B 交易和 Web 2.0 互动等各种服务加速,传统的 CDN 技术之上又增加了压缩、流量整形、智能路由和网络优化等技术。第三,随着 CDN 能够提供加速的内容类型不断丰富,其提供的服务也已从单纯的内容加速拓展到应用和服务的加速。Akamai 公司营销主管 Kieran Taylor 曾感慨地说:“内容分发网络’这个词确实有些过时了,我们的设想是为所有在线业务加速。”

除了带来新的技术要求和业务需求外,Web 2.0 和流媒体的发展将互联网的发展推向了新的高峰,互联网逐步形成了清晰稳定的赢利模式,生存力的增强使得互联网公司变得更加健康和稳定,为 CDN 服务生成了真正的市场和稳定的客户群。

总而言之,市场需求的急速膨胀与 CDN 自身的发展,包括技术的成熟、设备价格的下降等因素,共同引发了 CDN 的新一轮发展热潮。CDN 技术自诞生时的第一次爆发式发展之后,又迎来一段难得的发展盛世。在我国从 2006 年开始,随着网络视频应用的普及,CDN 进入快速发展时期,到 2009 年底,中国 CDN 市场营业收入已达到 5.01 亿元人民币。

与此同时,CDN 市场的风险投资交易金额逐年走高,2008 年 CDN 市场的风险资本交易金额更是达到了创纪录的 3.25 亿美元。蓝汛公司从 2004 年启动融资开始,英特尔投资、集富亚洲、InvEStor、启明创投、Ignition、Starr International、SIG 这 7 家基金都先后成为蓝汛的投资人,前后三轮融资共引进 5000 万美元。包括 2005 年获得的第一笔来自于集富亚洲、英特尔投资等的 850 万美元风险投资;2007 年获集富亚洲、英特尔投资和启明创投等参与的第二轮 3150 万美元的投资;2009 年 9 月,蓝汛再获英特尔投资及其他风险投资公司超过 1000 万美元的投资。2007 年 5 月,网宿科技获得首轮融资,总额为 4000 万元人民币。

2009 年 10 月 30 日,上海网宿科技股份有限公司作为首批创业板 28 家上市公司之一,正式登陆深交所创业板上市。2010 年 10 月 1 日(美国当地时间),蓝汛通信(NasdaqGM: CCIH)成功登陆纳斯达克交易市场。两家国内 CDN 服务领先者的成功上市,是国内 CDN 产业发展的重要里程碑,也标志着资本市场和公众对 CDN 产业的认可。

2010 年开始的云计算风潮对 CDN 也产生了不小的影响。一方面,很多云计算平台在对外提供服务时不可避免地会用到 CDN 的分发能力。另一方面,CDN 的技术特点使得它本身就很像一种云服务,很多 CDN 服务商也正在积极尝试各种云计算技术在 CDN 系统中的应用。云计算究竟会对 CDN 产生什么样的影响?我们拭目以待。但可以肯定的是,这将是一种良性的促进,也许将推动 CDN 技术和业务发展进入一个新的阶段。

## 1.4 CDN 对互联网产业的价值和作用

在国内,很长一段时间 CDN 都是幕后英雄,默默地扮演着互联网“快递员”的角色。随着宽带网络的普及和发展,特别是 2009 年以来伴随着网宿和蓝汛的上市,CDN 重新成为电信行业资本市场的热点,引起互联网公司、电信运营商和产业资本市场的关注。业界普遍认为,CDN 最终将成为架设

在传统 IP 网之上的一个必需的内容传递网络，将对整个互联网的架构和产业格局产生深远的影响。

首先，CDN 的发展促进了整个互联网产业的进一步分工。纵观整个宽带服务的价值链，内容提供商和用户位于整个价值链的两端，中间依靠网络服务提供商将其串接起来。随着互联网工业的成熟和商业模式的变革，在这条价值链上的角色越来越多，也越来越细分。比如内容/应用的提供商、托管服务提供商、骨干网络服务提供商、接入服务提供商等。在这一条价值链上的每个角色分工合作、各司其职才能为用户提供良好的服务，从而创造多赢的局面。从内容与网络的结合模式上看，IDC 热潮催生了内容托管服务提供商这一角色，但内容托管并不能有效解决内容的快速分发问题。骨干带宽被迅速消耗掉，IP 网络流量秩序濒于失衡，因此 CDN 成为一种显而易见的选择。CDN 将内容推到网络的边缘，为用户提供就近性的边缘服务，从而保证服务的质量和整个网络上的访问秩序，解决了困扰内容提供商的内容“集中与分散”的两难选择。

其次，对于电信运营商，CDN 是真正体现管道智能化的技术。CDN 与网络联系紧密，通过与各级网络之间的调度配合，在给用户提供优质服务的同时，也能降低骨干网的传输压力和峰谷变化。互联网的本质在于信息的有效传递，构建迅速良好的信息传递机制是永恒的话题。CDN 利用有效的缓存、均衡和智能路由选择等技术，对互联网信息进行协调组织，形成良好的信息传递保障机制，就像水系中的湖泊，在调节水量的同时，保证了主干和支流水系的平稳。CDN 的分发和缓存机制，保证了边缘节点临时存储一些热门访问内容，同时通过相应的调度策略，保证不同节点之间的压力平衡，避免某个路由或节点的压力过大。正是通过这样的缓存和调度策略，才确保整体分发网络的健壮性。

较大的 CDN 网络，尤其是商业化 CDN 网络，都部署了多层节点覆盖不同大小的区域，就像一个规划完善的物流系统，如图 1-5 所示。CDN 的内容注入点类似货物交付点，经过全国运营网络的分发，运送到目标城市，这一过程类似骨干传输；进入某个城市之后，首先到达所在城市的货场或临时仓储地，然后在城市内分发，城市内的货场相当于城域网的临时缓存，同时可以通过不同的货场选择来进行压力分配。所不同的是，快递系统可以在任何边缘点进行货物交付，而 CDN 通常全网只有一个或少数几个内容注入点。

CDN 可以根据不同的客户级别、内容类型和区域等信息，对内容传输实施不同级别的保障。利用流量标识与 CDN 智能网管的结合，运营商可以实现网络差异化服务能力。因此 CDN 对于电信运营商具有极其重要的战略意义。

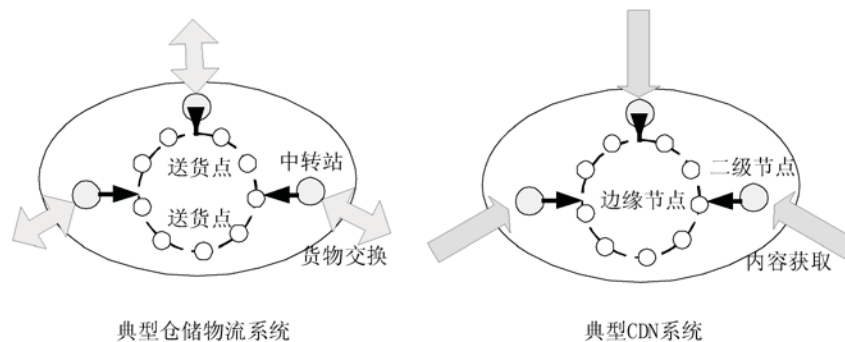
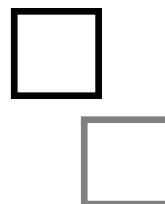


图 1-5 与仓储物流系统类似的 CDN 系统

---

第三，CDN 的进一步发展促进了互联网上除运营商和 SP 之外的第三服务业的蓬勃发展。CDN 技术和服 务将内容提供者和内容使用者（消费者）连接起来，产业链进一步细化。在内容传输层面能够 提供更多的增值服务，包括用户行为数据的统计分析，网络健康状态监控，网络调整等，这些服 务将催生一批依赖于内容传输的第三方服务。基础电信运营商负责对互联网传输的基础网络进行保障， 这一保障确保三层以下（甚至六层以下）的服务对内容提供者是透明的，CDN 进一步提升了网络的 保障，内容制作者只需关注内容本身，和网络相关部分完全外包给 CDN 运营商，更加有利于降低中 小型创业公司的起步成本。对于专业的 CDN 服务提供商而言，CDN 已不仅仅是传统意义上的网络加 速和负载均衡，更重要的是广域网络服务的维护外包，利用基础网络运营商各地区的带宽价格差异， 在满足用户需要的前提下，降低网络托管成本。同时通过不同客户之间业务交叉，利用不同客户之间的 峰谷重叠，大幅度提高网络资源的利用率，避免租用网络资源的浪费。

## 第 2 章 CDN 技术概述



[2.1 CDN的系统架构](#)

[2.2 CDN系统分类](#)

[2.3 小结](#)



CDN 基于这样的原理：1. 挑选最优设备为用户提供服务；2. 如果某个内容被很多用户所需要，它就被缓存到距离用户最近的节点中。

CDN 公司在整个互联网上部署数以百计的 CDN 服务器（Cache），这些服务器通常在运营商的 IDC 中，尽量靠近接入网络 and 用户。CDN 在 Cache 中复制内容，当内容的提供者更新内容时，CDN 向 Cache 重新分发这些被刷新的内容。CDN 提供一种机制，当用户请求内容时，该内容能够由以最快速度交付的 Cache 来向用户提供，这个挑选“最优”的过程就叫做负载均衡。被选中的最优 Cache 可能最靠近用户，或者有一条与用户之间条件最好的路径。

在本章中，将一一讲述 CDN 是如何完成内容缓存、负载均衡、流媒体加速、动态内容加速等任务的，以及完成这些任务涉及的各种关键技术。

## 2.1 CDN 的系统架构

### 2.1.1 功能架构

CDN 技术自 1998 年诞生以来，伴随着互联网的高速发展，其技术一直在持续演进和完善，但基本的 CDN 功能架构在 2003 年左右就已基本形成和稳定下来。从功能上划分，典型的 CDN 系统架构由分发服务系统、负载均衡系统和运营管理系统三大部分组成，如图 2-1 所示。

首先，来看看分发服务系统。该系统的主要作用是实现将内容从内容源中心向边缘的推送和存储，承担实际的内容数据流的全网分发工作和面向最终用户的数据请求服务。分发服务系统最基本的工作单元就是许许多多的 Cache 设备（缓存服务器），Cache 负责直接响应最终用户的访问请求，把缓存在本地的内容快速地提供给用户。同时 Cache 还负责与源站点进行内容同步，把更新的内容以及本地没有的内容从源站点获取并保存在本地。

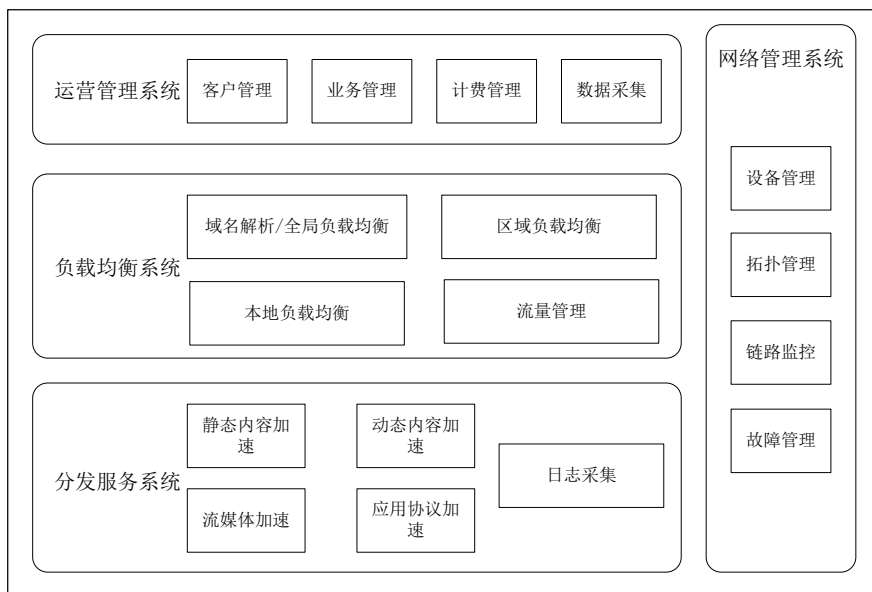


图 2-1 CDN 系统功能架构图

---

一般来说,根据承载内容类型和服务种类的不同,分发服务系统会分为多个子服务系统,如网页加速子系统、流媒体加速子系统、应用加速子系统等。每个子服务系统都是一个分布式服务集群,由一群功能近似的、在地理位置上分布部署的 Cache 或 Cache 集群组成,彼此间相互独立。每个子服务系统设备集群的数量根据业务发展和市场需要的不同,少则几十台,多则可达上万台,对外形成一个整体,共同承担分发服务工作。Cache 设备的数量、规模、总服务能力是衡量一个 CDN 系统服务能力的最基本的指标。

对于分发服务系统,在承担内容的更新、同步和响应用户需求的同时,还需要向上层的调度控制系统提供每个 Cache 设备的健康状况信息、响应情况,有时还需要提供内容分布信息,以便调度控制系统根据设定的策略决定由哪个 Cache (组) 来响应用户的请求最优。

负载均衡系统是一个 CDN 系统的神经中枢,主要功能是负责对所有发起服务请求的用户进行访问调度,确定提供给用户的最终实际访问地址。大多数 CDN 系统的负载均衡系统是分级实现的,这里以最基本的两级调度体系进行简要说明。一般而言,两级调度体系分为全局负载均衡 (GSLB) 和本地负载均衡 (SLB)。其中,全局负载均衡 (GSLB) 主要根据用户就近性原则,通过对每个服务节点进行“最优”判断,确定向用户提供服务的 Cache 的物理位置。最通用的 GSLB 实现方法是基于 DNS 解析的方式实现,也有一些系统采用了应用层重定向等方式来解决,关于 GSLB 的原理和实现方法将在本书第 5 章进行讲解。本地负载均衡 (SLB) 主要负责节点内部的设备负载均衡,当用户请求从 GSLB 调度到 SLB 时,SLB 会根据节点内各 Cache 设备的实际能力或内容分布等因素对用户进行重定向,常用的本地负载均衡方法有基于 4 层调度、基于 7 层调度、链路负载调度等,具体的内容在本书第 4 章进行讲解。

CDN 的运营管理系统与一般的电信运营管理系统类似,分为运营管理和网络管理两个子系统。运营管理子系统是 CDN 系统的业务管理功能实体,负责处理业务层面的与外界系统交互所必需的一些收集、整理、交付工作,包含客户管理、产品管理、计费管理、统计分析等功能。其中客户管理指对使用 CDN 业务的客户进行基本信息和业务规则信息的管理,作为 CDN 服务提供的依据。产品管理,指 CDN 对外提供的具体产品包属性描述、产品生命周期管理、产品审核、客户产品状态变更等。计费管理,指在对客户使用 CDN 资源情况的记录的基础上,按照预先设定的计费规则完成计费并输出账单。统计分析模块负责从服务模块收集日常运营分析和客户报表所需数据,包括资源使用情况、内容访问情况、各种排名、用户在线情况等数据统计和分析,形成报表提供给网管人员和 CDN 产品使用者。网络管理子系统实现对 CDN 系统的网络设备管理、拓扑管理、链路监控和故障管理,为管理员提供对全网资源进行集中化管理操作的界面,通常是基于 Web 方式实现的。

图 2-2 是国内第一家 CDN 服务商——蓝汛 (ChinaCache) 公司在 2005 年发布的《CDN 技术白皮书》中描述的 CDN 系统架构,是一套实际的、运行良好的商用 CDN 系统。我们以该架构为例,与图 2-1 展示的 CDN 系统功能架构进行对照分析,帮助读者理解 CDN 系统的组成。

在蓝汛 CDN 架构中,CCN (ChinaCache Nod) 模块对应于图 2-1 中的分发服务系统,是 CDN 的基本服务模块,由分布于各个城市、各个运营商网络中的 Cache 设备和辅助设备组成。

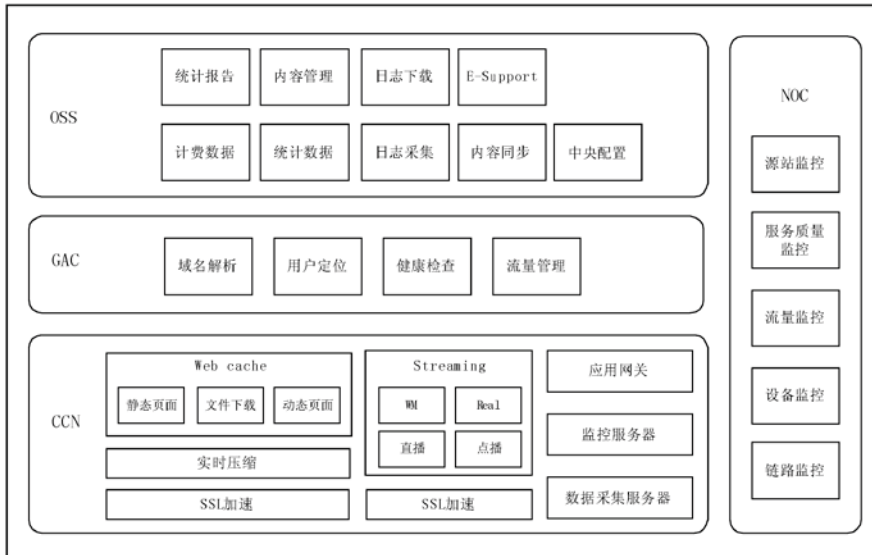


图 2-2 ChinaCache CDN 系统架构图

GAC ( Global Access Controller ) 模块对应于图 2-1 中的负载均衡系统，主要采用了智能 DNS 解析方案，负责通过域名解析应答实现将用户请求调度到最优服务节点的目的。

NOC ( Network Operating Center ) 模块对应图 2-1 中的网络管理系统，负责对全网进行 7×24 小时的监控和管理。NOC 可以监控 ChinaCache CDN 中的链路状况、节点响应速度、设备运行状态，也可以监控到客户的源站点运行状况等信息，一旦发现异常马上采取相应措施予以解决，是保障 CDN 服务安全可靠性的一个重要系统。值得一提的是，蓝汛的 NOC 中设置了源站点监控功能，对客户源站进行可达性监控，从而减轻或者避免由于源站故障造成的服务中断。

OSS( Operating Support System )模块对应图 2-1 中的运营管理子系统，负责采集和汇总各个 CCN 的日志记录信息，然后由中央处理软件加以整理和分析，最后通过客户服务门户进行发布。蓝汛的客户可以通过 OSS 提供的查询界面来查询加速页面或频道的实时流量、流量分布、点击数量、访问日志等信息。

### 2.1.2 部署架构

CDN 系统设计的首要目标是尽量减少用户的访问响应时间，为达到这一目标，CDN 系统应该尽量将用户所需要的内容存放在距离用户最近的位置。也就是说，负责为用户提供内容服务的 Cache 设备应部署在物理上的网络边缘位置，我们称这一层为 CDN 边缘层。CDN 系统中负责全局性管理和控制的设备组成中心层，中心层同时保存着最多的内容副本，当边缘层设备未命中时，会向中心层请求，如果在中心层仍未命中，则需要中心层向源站回源。不同 CDN 系统设计之间存在差异，中心层可能具备用户服务能力，也可能不直接提供服务，只向下级节点提供内容。如果 CDN 网络规模较大，边缘层设备直接向中心层请求内容或服务会造成中心层设备压力过大，就要考虑在边缘层和中心层之间部署一个区域层，负责一个区域的管理和控制，也保存部分内容副本供边缘层访问。

图 2-3 是一个典型的 CDN 系统三级部署示意图。

节点是 CDN 系统中最基本的部署单元，一个 CDN 系统由大量的、地理位置上分散的 POP 节点组成，为用户提供就近的内容访问服务。CDN 节点网络主要包含 CDN 骨干点和 POP 点。CDN 骨干点和 CDN POP 点在功能上不同，中心和区域节点一般称为骨干点，主要作为内容分发和边缘未命中时的服务点；边缘节点又被称为 POP ( point-of-presence ) 节点，CDN POP 点主要作为直接向用户提供服务的节点。但是，从节点构成上来说，无论是 CDN 骨干点还是 CDN POP 点，都由 Cache 设备和本地负载均衡设备构成。

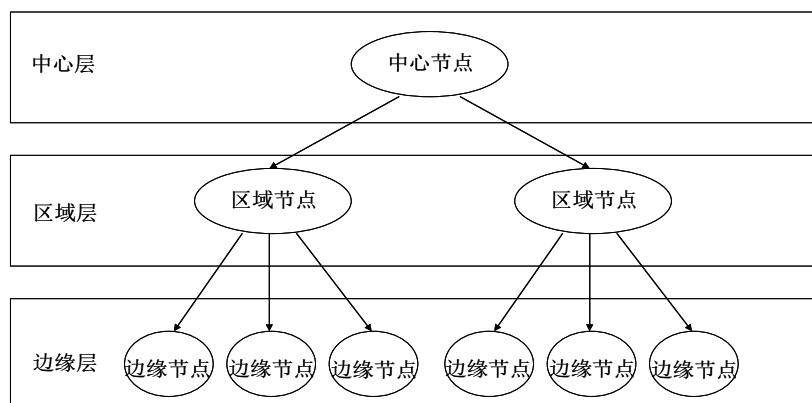


图 2-3 三级 CDN 系统部署图

在一个节点中，Cache 设备和本地负载均衡设备的连接方式有两种：一种是旁路方式，一种是穿越方式，如图 2-4 所示。

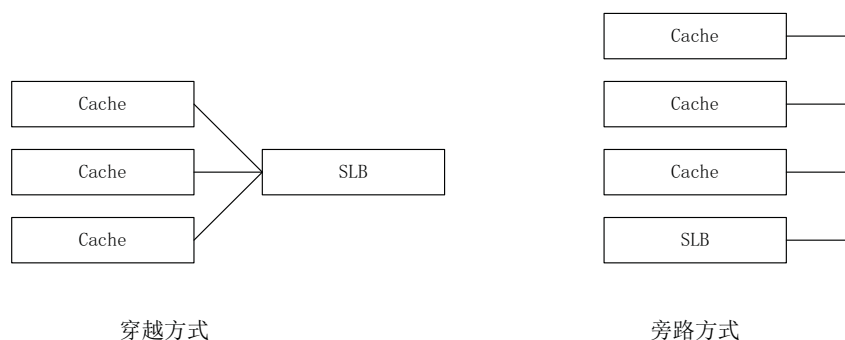


图 2-4 CDN 节点内 SLB 和 Cache 的连接方式

在穿越方式下，SLB 一般由 L4-7 交换机实现，SLB 向外提供可访问的公网 IP 地址 ( VIP )，每台 Cache 仅分配私网 IP 地址，该台 SLB 下挂的所有 Cache 构成一个服务组。所有用户请求和媒体流都经过该 SLB 设备，再由 SLB 设备进行向上向下转发。SLB 实际上承担了 NAT ( Network Address Translation，网络地址转换 ) 功能，向用户屏蔽了 Cache 设备的 IP 地址。这种方式是 CDN 系统中应用较多的方式，优点是具有较高的安全性和可靠性，缺点是 L4-7 交换机通常较为昂贵。另外，当节点容量大时，L4-7 交换机容易形成性能瓶颈。不过近年来，随着 LVS 等技术的兴起，SLB 设备价格有了大幅下降。

在旁路方式下，有两种 SLB 实现方式。在早期，这种 SLB 一般由软件实现。SLB 和 Cache 设备都具有公共的 IP 地址，SLB 和 Cache 构成并联关系。用户需要先访问 SLB 设备，然后再以重定向的方式访问特定的 Cache。这种实现方式简单灵活，扩展性好，缺点是安全性较差，而且需要依赖于应

---

用层重定向。随着技术的发展，L4-7 交换机也可采用旁路部署方式，旁挂在路由交换设备上，数据流量通过三角传输方式进行。关于 SLB 的实现方式，在本书第 4 章还将深入讲解。

在 CDN 系统中，不仅分发服务系统和调度控制系统是分布式部署的，运营管理系统也是分级分布式部署的，每个节点都是运营管理数据的生成点和采集点，通过日志和网管代理等方式上报数据。可以说，CDN 本身就是一个大型的具有中央控制能力的分布式服务系统。

## 2.2 CDN 系统分类

在第 1 章中已经讲到，CDN 的发展与互联网的发展相辅相成，互为推手。从技术演进过程来看，互联网应用的每一次突破都要求 CDN 技术产生与之相适应的发展变革，因而 CDN 加速服务技术经历了从静态网页到动态网页，再到流媒体和今天的云计算这样的演变和拓展过程；而 CDN 技术的发展反过来也帮助互联网提高网站访问速度、带给用户更好的服务和上网体验，促进互联网生成更多更新的应用形态。二者的相互促进使 CDN 逐步成为互联网的一项重要的基础性服务，同时也不断产生出新的产品和服务类型。目前，从主流的 CDN 运营商来看，至少都可提供十几种到二十多种基础服务和产品，令人眼花缭乱。不过从技术角度分析，我们可以归纳出一些基本类型的 CDN 系统和服务，其他产品和服务都是从这些基本的服务类型衍生出来的。

可以从两个角度来对 CDN 基本服务进行分类，一是基于不同内容承载类型视角，二是基于不同内容生成机制视角。

### 2.2.1 基于不同内容承载类型的分类

从 CDN 承载的内容类型来看，主要有静态网页内容、动态网页内容、流媒体、下载型文件和应用协议，因而我们将 CDN 服务分为网页加速、流媒体加速、文件传输加速和应用协议加速。

#### 1. 网页加速

网页加速是最早出现的 CDN 服务类型，伴随着第一次互联网浪潮，大量网站涌现，而当时用户以窄带接入为主，网页的内容也主要以文字、图片、动画等形式为主，支持文本方式的电子邮件交换，因此 CDN 技术最初的应用重点就是用来对这些网页的静态内容进行加速。CDN 服务商通过将网页内容缓存到各个 CDN 节点上，并将用户请求调度到最优节点上来获得所需的内容，从而加速页面响应速度，减轻源站点的访问负担。这种网页加速服务主要面向各类门户网站、新闻发布类网站、访问量较大的行业网站、政府机构网站和企业门户网站等。随着 Web 2.0 的兴起和互联网应用的丰富，网页加速也逐渐从静态内容加速向动态内容加速扩展，支持股票行情、电子商务、在线游戏等网站的动态内容加速。

#### 2. 流媒体加速

从 2002 年开始，以 ADSL 为主的宽带接入技术被运营商普遍采用，用户的主流接入带宽提升到 1MB 或 2MB，这一带宽水平已经能够支持网络视频业务，因此大量视频网站涌现，流媒体流量迅速

---

跃升为互联网流量主力军。CDN 技术的应用重点逐步转向流媒体加速，关注视频文件的全网缓存、调度，用户播放器动作响应等。

流媒体加速的实现是通过将流媒体内容推送到离用户最近的 POP 点，使得用户能够从网络边缘获取内容，从而提高视频传输质量，缩短访问时间，节省骨干网络流量，避免单一中心的服务器瓶颈问题。流媒体加速服务又可以分为两类：

- 流媒体直播加速。直播 ( Live ) 与电视台或电台现在追求实效的现场直播方式一样，电视台或电台正在播放的节目或现场实时制作的直播节目可以在互联网上以流媒体的方式同步传输。网络电视曾经是一项非常受欢迎的服务，P2P 技术也是在流媒体直播业务的催生下红极一时。
- 流媒体点播加速。流媒体点播 ( On-demand ) 是流媒体在互联网上播放的另一种方式，它将流媒体以内容类别、版本等为索引按片段存放在服务器上，用户根据需要或感兴趣的内容选择播放。它与直播方式的最大区别在于，用户不受电视台播放节目时间和内容的限制，在自己合适的时间观看自己想看的内容。

### 3. 文件传输加速

文件传输加速服务一直是一项重要的 CDN 服务，通过使用 CDN 的分布式 POP 点提供下载服务，网站可以将大量文件下载的性能压力和带宽压力交给 CDN 来分担，提高用户的下载速度。目前 CDN 技术支持 HTTP 下载、FTP 下载和 P2P 下载等各种下载方式，主要用于软件厂商的补丁发布、杀毒软件厂商病毒库更新、网络游戏运营商的游戏客户端下载以及其他提供文件下载服务的网站，比如音乐网站等。

另外，目前一些领先的云计算服务提供商，如 Amazon、微软等在向用户提供云主机、云存储等服务时，也同时推出了 CDN 文件传输加速服务，主要是对在云中托管的站点或内容进行传输加速。

### 4. 应用协议加速

应用协议加速并不针对特定的内容类型进行加速，而是通过对 TCP/IP 等传输协议的优化，改善和加快用户在广域网上的内容传输速度，或者对一些特定协议，如 SSL 协议进行加速，解决安全传输时的性能和响应速度问题。主要的应用协议加速服务有如下几种。

- 广域网应用加速。其目的是“让广域网像局域网一样”，这实际上有两方面的意思：1) 使广域网的性能产生质的飞跃，尤其针对那些在局域网上可以正常运行，但一到广域网就受到极大影响的应用和协议，比如 CIFS 协议、NFS 协议。2) 能处理多种分布式企业网络环境下的各种应用和协议。广域网应用加速的目的是在不改变远程用户使用习惯的前提下，将分布式的 IT 基础设施如文件服务器、邮件服务器、网络附加存储 ( NAS ) 和远程办公室备份系统等集中起来，整合到统一的数据中心。这样，让企业位于世界各地的同事共享大型文件变得简单而高效，使他们感觉就好像在同一建筑里办公一样。广域网应用加速还支持通过长距离广域网链路进行文件备份与复制操作，在不升级带宽的前提下在现有的广域网上提供比以前丰富得多的应用服务。
- SSL 应用加速。许多基于网络的重要核心应用都采用了 SSL 技术来保证服务的安全性和私

密性。由于需要进行大量的加密解密运算，SSL 应用对服务器端的资源消耗是非常巨大的。CDN 提供 SSL 应用加速后，由 CDN 的专用 SSL 加速硬件来完成加密解密运算工作，通过认证之后方可建立起数据传输通道。用户的源站点只需信任有限的 CDN cache，而无须面对海量用户，从而减轻了繁重的运算和认证压力。

- 网页压缩。现在的网页中含有大量的 Flash、图片等内容，文件体积比以前大得多，因此在 HTTP 1.1 协议中提出了对网页压缩功能的支持。在服务器端可以先对网页数据进行压缩，然后将压缩后的文件提供给访问用户，最后在用户的浏览器端解压显示。通过这种方式可以减少数据传输的时间，加快页面显示速度。CDN 利用这种网页压缩技术，为网站提供网页内容的压缩传输，从而加快内容传送速度。

应用协议加速服务的出现和逐步发展完善体现了 CDN 演进的第三阶段：多应用协议加速。这一阶段是从 2009 年开始的，一方面用户接入带宽向 4MB 或更高水平发展，另一方面，运营商对 3G 业务的大规模部署极大刺激了移动互联网的发展。移动互联网业务呈现新的特征，终端类型多样化，这使得 CDN 需要适应协议的不增加和变化，以传统方式提供加速业务已经无法满足要求。因此，CDN 技术出现了应用和基础传输功能相分离的发展趋势，比如 HTTP Streaming 协议适配服务、云服务提供商（Amazon、微软等）提供的块传输服务等。

## 2.2.2 基于内容生成机制的分类和分层加速服务

从内容的生成机制来看，互联网上的内容主要有两类：一是静态内容，二是动态内容。其中，静态内容主要是指内容完全由网页 HTML 文件提供，任何人在任何时间浏览静态内容看到的都是一样的东西。而动态内容是指不同的访问者或在不同时间访问同一个 Web 页面时可能得到不同的页面内容，内容具有实时性，访问的过程具有交互性。因此，动态内容的提供除了和静态内容一样需要网页外，还需要采用数据管理系统和业务逻辑程序来使网站具有更多自动的和高级的功能。

主流的 Web 网站系统都能够在逻辑上划分为三个层次，即表现层、业务逻辑层和数据访问层，如图 2-5 所示，不同的层次在系统中有不同的功用。

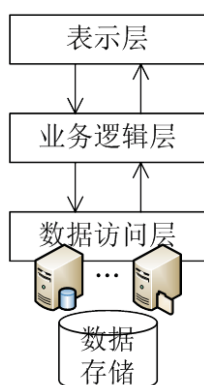


图 2-5 主流 Web 系统分层架构

表现层是以 Web 方式为用户提供访问界面，主要负责接收用户的请求以及业务逻辑层处理结果

---

的返回及展示；业务逻辑层主要是针对具体业务逻辑的处理，能够根据表现层传来的用户需求向数据访问层发出数据查询要求并将查询结果进行相应的整合，返回给表现层向用户展现；数据访问层主要是以数据库、文件系统等方式对原始数据进行保存和管理，并为业务逻辑层或表示层提供数据查询服务。

在一个 Web 系统中，不同类型的内容由不同的系统层保存和提供。通常与用户直接交互的表现层提供大部分静态内容，例如图片、Flash 动画、多媒体文件以及部分静态网页片段等。而动态内容，就需要由业务逻辑层和数据访问层协作提供。其中，业务逻辑层是 Web 系统的核心层，负责处理所有的业务逻辑并生成动态内容。

了解了 Web 系统的分层架构以后，我们再回过头来看 CDN 的分类。CDN 实现网页内容加速主要依赖于内容边缘缓存和功能复制两类机制，本质就是将 Web 源站各个层次上的功能转移到 CDN 边缘 Cache 上完成。根据 CDN 完成的不同层面的 Web 功能转移，将 CDN 分为表示层复制和全站复制两大类。

对于 Web 网站提供的各种类型的静态内容（不论是网页、文件还是流媒体数据），其加速都可以通过在边缘 Cache 上复制 Web 系统的表示层来完成。在实现中，CDN 的 Cache 设备将以反向代理的角色接受用户发来的连接请求，然后在本地复制的数据表示层的静态数据中寻找满足用户需求的数据，直接反馈给用户。在 Cache 上命中的内容，则无须再向源站 Web 系统请求。这种情况下，Cache 上缓存的内容通常是完整的 Web 内容实体，例如网页嵌入内容、多媒体文件等。现在大多数商用 CDN 系统采用的都是这类只处理静态内容请求的网站加速方案。

对于当前日益丰富的动态内容加速，需要在 CDN 上复制和缓存业务逻辑层和后台数据访问层。其中，业务逻辑层在 CDN Cache 上的复制使之能够承担用户请求处理、应用数据计算、动态内容生成等工作，因此这类方法也被称为“边缘计算”。将 Web 应用程序或应用组件直接安装在 CDN Cache 中，目的是在最接近用户的位置完成应用处理，同时也分担了源站的计算压力。在某些应用场景中，动态内容的生成需要大量的数据支持，比如目录服务、交易数据等，仅仅将业务逻辑复制到边缘服务器中还不足以解决从源站获取其生成动态内容所需的数据而造成的传输性能瓶颈，因此还需要对数据访问层进行必要的复制，即除了在 Cache 上完成业务逻辑的运算工作，还复制了源站后台数据访问层的内容，用以加速动态内容的生成。这个过程的关键在于合理解决系统中多个数据副本间的一致性问题。另外，还有一些网站的动态内容是基于具体用户的个性化数据定制生成的，需要在数据访问层对用户数据进行特别的关注。用户数据本身也是依托于数据访问层的存储介质和管理系统存在的，但在访问模式等方面具有独特性，因此 CDN 需要制订相应的复制和缓存策略，并解决相关的隐私和安全问题。也许这样的讲解仍然有些令人困惑，没关系，在本书的第 7 章还将深入讲解动态内容的生成和加速技术。

## 2.3 小结

从本章的分析可以看出，CDN 系统从不同的角度去看，有不同的分解方式。我们总结了一个 CDN 系统的三维模型，从逻辑上将 CDN 系统分成三个维度，希望能够帮助读者更全面地理解 CDN 系统。如图 2-6 所示，其中水平 X 轴方向按照不同类型业务能力进行划分，垂直 Y 轴方向按照中心、区域和



边缘三级网络结构进行划分（根据网络规模情况，区域一级可选）；Z轴方向按照数据平面、管理平面和控制平面进行划分。

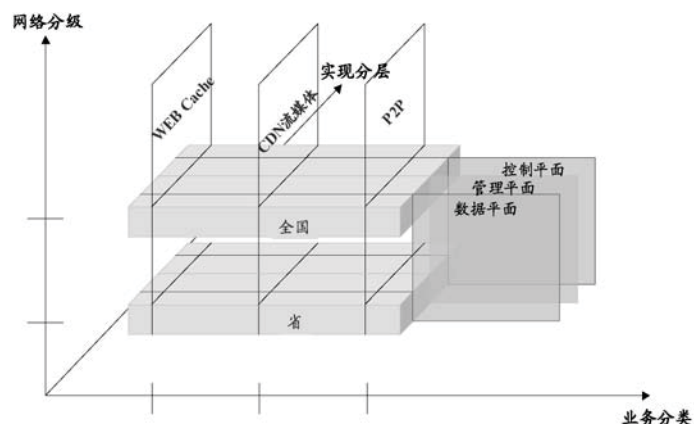


图 2-6 CDN 系统三维模型图

之所以在这个模型中按照立体空间的三个维度进行划分，是因为在整个系统中各个功能模块、控制机制之间相互交叉，从单一维度很难阐述清楚。

X轴方向是贯穿系统头端到终端的垂直系统，每一种业务能力都可以有自己的中心、区域、边缘层设备，有自己独立的管理系统、负载均衡系统、分发服务系统。因此，在X轴方向上，每一个CDN服务能力都可以是一套相对独立的子系统。

Y轴方向的分级划分是依据CDN逐级缓存、分级调度、分级服务的要求。CDN的管理功能、调度功能、缓存功能、服务功能都是分级部署的，不同层级的相同功能实体之间相互配合。从控制功能上看，往往下一级控制实体是上一级控制实体的执行者；从缓存功能上看，上一级缓存是下一级缓存实体的内容提供者；从服务功能上看，上一级服务实体是下一级服务实体的能力补充和备份。

Z轴方向上，管理层主要完成CDN网络管理和业务逻辑处理。网络管理提供IP网络层面的配置管理、故障管理、网络性能管理以及网络安全管理等，负责对整个CDN系统的网络和设备资源进行抽象，提取其业务能力，提供给上层业务平台。业务逻辑处理指CDN系统辅助其服务的业务平台完成部分应用层功能的实现，完成和其他系统之间的接口适配，负责系统的认证、计费、统计分析、系统管理、用户管理、SP管理等功能。控制平面负责对整个CDN网络的内容分布情况进行管理，对内容分发和访问路由策略进行控制，它是整个内容分发系统内容数据流向的控制点。数据平面承担实际的内容分发工作，根据Z轴方向与X轴、Y轴相交点的具体要求，数据平面设备具备不同的应用服务提供能力。

CDN已经从为网站提供简单加速的增值服务逐步演变成互联网业务发展的必需品，从质量、效率、安全等各个方面为网站提供全面的保障。本书不仅从技术原理方面对CDN进行了详细的介绍，还从商业服务角度进行了剖析，是一本让网站运维和管理者都能从中获益的好书。

宗劼

蓝汛通讯技术有限责任公司 副总裁

CDN行业在中国曾是一个很专业的小圈子，圈里的人兴致盎然、交流充分，圈外的人却知之甚少。对整个行业来说，本书第一次如此细致地、完整地介绍了CDN的相关技术和市场状况，是一本很值得看的专业书籍。

刘洪涛

网宿科技股份有限公司 副总裁

互联网经过多年的发展，开始逐步向各个领域渗透和融合，渐渐成为人们生活不可缺少的重要组成部分。海量用户涌入互联网，导致海量的网络购物、游戏、视频等的需求，极大地推动了CDN技术的发展。CDN的研究，也成为科学技术领域的核心课题。本书不仅详尽介绍了CDN的历史、关键功能、相关技术，而且细致地分析了CDN的商业模式以及前沿技术趋势，对CDN的未来发展提出了一些前瞻性的观点和建议。本书非常适合CDN领域相关的同行阅读，也适合对CDN感兴趣的读者进行了解。

谢大雄

中兴通讯股份有限公司 执行副总裁

据预测，2013年，互联网承载的90%的流量都是实时视频，而这些视频流量都会被各种形式的CDN在网络中缓存，以此达到优化网络流量、提高用户体验的目的。因此，全球运营商都在积极开展CDN的建设和运营，驱动CDN融入到固网和移动网络的基础设施层面，构筑统一管理、智能调度、多协议加速、体验运营的完整CDN战略。衷心希望本书能加速CDN知识的普及和应用。

李三琦

华为技术有限公司 IT产品线CTO



策划编辑：刘 皎  
责任编辑：刘 筋  
封面设计：李 玲

上架建议：计算机网络

ISBN 978-7-121-16528-3



定价：69.00元