

面向应用的 智能管道关键技术新解

New Perspective of Application-oriented NICE Technologies

陈运清 张文强 徐向辉 马亦然 等编著

Network Intelligence

Capabilities Enhancement

NICE



NLIC2970903910



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

转型时代丛书
中国电信北京研究院专家奉献

面向应用的 智能管道关键技术新解

New Perspective of Application-oriented NICE Technologies

陈运清 张文强 徐向辉 马亦然 王茜
史凡 毛聪杰 梁鹏 张光辉 胡春雷 等编著



NLIC2970903910

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京•BEIJING

内 容 简 介

智能管道能够全面提升运营商网络的智能化水平,提升用户体验,与重点应用提供相结合的针对性智能管道技术探讨在实际网络部署中尤有意义。

本书从智能化应用提供的角度,在阐述智能管道架构体系和需求的基础上,介绍了包括多维感知、策略控制、质量保障、网络能力开放在内的支撑互联网应用的通用智能管道技术,并聚焦互联网视频、移动互联网、云计算三大领域,翔实解读了支撑互联网视频开展和运营的高速承载技术、CDN 智能承载和视频应用优化技术、支撑移动互联网应用开展的移动网智能优化技术、移动业务承载保障技术、跨网络协同技术,以及支持云数据中心应用的虚拟机感知技术、数据中心虚拟化和互联技术、流量优化技术等。

视野开阔,内容详尽,本书是通信及互联网从业人员了解智能管道相关知识不可多得的案头参考。

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

面向应用的智能管道关键技术新解/陈运清等编著. —北京:电子工业出版社,2013.6
(转型时代丛书)

ISBN 978-7-121-20375-6

I. ①面… II. ①陈… III. ①通信网—通信技术—研究 IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 098154 号

策划编辑:刘 皎

责任编辑:刘 舫

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:23 字数:405 千字

印 次:2013 年 6 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:59.00 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 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

目录

第 1 章	新型应用时代的智能管道需求	1
1.1	传统通信网络面临的挑战	2
1.2	新型应用对智能管道的需求	3
1.2.1	互联网时代对通信网络的总体需求	3
1.2.2	互联网视频应用的需求	5
1.2.3	移动互联网应用的需求	6
1.2.4	云计算应用的需求	9
1.3	智能管道的能力解析	11
1.3.1	智能管道的内涵和定义	11
1.3.2	智能管道的能力需求	12
1.3.3	智能管道的技术体系	14
1.4	小结	16
	缩略语	16
第 2 章	支持互联网应用的通用智能管道技术	17
2.1	网络多维感知技术	18
2.1.1	网络多维感知技术概述	18
2.1.2	DPI 技术原理	23
2.1.3	移动网感知技术和能力	29

2.1.4	固网感知技术和能力	33
2.2	资源按需配置技术	35
2.2.1	策略控制技术	35
2.2.2	流量优化技术	55
2.3	应用质量保障技术	60
2.3.1	宽带接入网中的 QoS 技术	60
2.3.2	IP 城域网和骨干网中的 QoS 技术	62
2.3.3	接入网与骨干网质量保障的一致性	79
2.4	网络能力开放技术	80
2.4.1	网络能力开放架构	80
2.4.2	策略控制能力开放技术	85
2.4.3	其他网络能力开放技术	91
2.5	设备能力开放技术	93
2.5.1	软件定义网络 (SDN) 概述	93
2.5.2	OpenFlow 技术	98
2.5.3	设备厂商的 SDN 战略	106
2.6	小结	109
	参考资料	110
	缩略语	112

第 3 章 支持互联网视频应用的智能管道技术

3.1	高速承载技术	115
3.1.1	有线宽带——PON 技术	115
3.1.2	无线宽带——LTE 技术	138
3.1.3	40G/100G 高速链路技术	156
3.2	CDN 智能承载技术	173
3.2.1	CDN 基本概念	173
3.2.2	CDN GSLB 技术	178

3.2.3	CDN Cache 技术	189
3.2.4	CDN 智能分发技术	197
3.3	视频应用优化技术	199
3.3.1	视频应用优化的思路及技术	199
3.3.2	视频业务端到端保障及监控部署方案	208
3.4	小结	213
	参考资料	214
	缩略语	216
第 4 章	支持移动互联网应用的智能管道技术	221
4.1	核心网优化技术	222
4.1.1	PCC 技术	222
4.1.2	PCC 的计费功能	227
4.1.3	MOSAP	231
4.2	无线网络智能优化技术	236
4.2.1	无线网络空口优化技术	236
4.2.2	无线网络天馈优化技术	252
4.3	业务承载保障机制分析	261
4.3.1	EPS QoS 总体概述	261
4.3.2	E-UTRAN 的 QoS 保障机制	264
4.3.3	EPC 核心网的 QoS 保障机制	268
4.3.4	对端到端保障机制的考虑	273
4.4	跨网络协同智能承载技术	281
4.4.1	无线局域网与蜂窝网融合架构	281
4.4.2	无线局域网与蜂窝网融合关键技术	288
4.5	小结	301
	参考资料	301
	缩略语	302

第 5 章 支持云计算应用的智能管道技术.....304

5.1 虚拟机感知技术	305
5.1.1 基于主机的虚拟机感知	305
5.1.2 基于网卡的虚拟机感知	306
5.1.3 基于交换机的虚拟机感知.....	307
5.2 数据中心二层互联技术.....	312
5.2.1 基于 MAC 的数据中心二层互联	313
5.2.2 基于 IP 的数据中心二层互联	318
5.3 数据中心虚拟化技术.....	320
5.3.1 基于 MAC 的数据中心虚拟化.....	320
5.3.2 基于 IP 的数据中心虚拟化	324
5.4 流量优化.....	329
5.4.1 基于负载均衡的流量优化.....	329
5.4.2 基于位置和标识分离的流量优化	330
5.5 小结.....	331
参考资料.....	332
缩略语	333

第 6 章 智能管道发展趋势展望

6.1 智能管道标准体系的进展	336
6.2 国内外运营商案例借鉴.....	340
6.3 关键技术的厂家支持情况	346
6.4 总结与展望	348
6.5 小结.....	348
缩略语	349

第 1 章

新型应用时代的智能管道需求

通过阅读本章的内容，希望读者掌握以下几点内容：

- 各种新兴业务对于智能管道的需求
- 智能管道的含义
- 智能管道的技术体系

1.1 传统通信网络面临的挑战

随着信息技术的快速发展和用户需求的不断变化，电信业务也越来越多样化，在给用户带来视听享受和生活便利的同时，对运营商的通信网络也提出了更高的要求。互联网技术和移动通信技术是当今世界上发展最快、市场潜力最大、前景最诱人的两大信息技术，而移动通信技术与互联网技术的结合体现出通信网络向固定和移动网络融合发展的趋势，也衍生出可以支持更多新型应用、新型产品和服务、新型商业模式的网络架构，这一切都将为企业和用户创造更大价值，也给网络的发展带来新的活力。

同时，随着互联网视频、P2P 等大带宽应用的规模发展，运营商网络应对流量传送和网络扩容的压力也越来越大。例如，某运营商 2007 年的网络容量为 4Tbit/s，到 2010 年网络容量增长了 4.5 倍，为 18Tbit/s，而收入却只增长了不到 1 倍，带宽和收入之间存在日益扩大的剪刀差。iPhone 等智能终端带动了用户使用移动互联网应用的激情，同时也带来了移动网络急速增长的数据流量。例如，国外某运营商在引入 iPhone 后移动用户数增长了 24%，移动数据流量却暴增 1161%，说明 iPhone 用户对移动带宽的要求远高于其他用户。基于这种情况，运营商需要通过对网络状态和多种信息分析来加强对流量传送能力的优化和管理，并根据用户和业务的不同需求来提供差异化的服务模式。通过提升网络智能服务和管理水平，在提高网络传送效率的同时，提升用户和业务的服务体验，更好地平衡网络发展和用户发展之间的关系。

近两年，智能型网络的发展成为信息产业界的探讨热点，网络运营商、业务提供商、设备制造商都在积极开展有关新型智能型网络架构和关键技术的研究。美国运营商 AT&T 提出从网络管理和流量经营入手提升网络效率，通过发挥中间管道优势，摆脱对类似“iPhone 哑管道”模式的依赖。法国电信 Orange 提出通过多屏融合能力积累用户规模，并大力提升现有客户群的服务体验和网络价值。Vodafone 提出以社交应用为核心的移动互联网应用模式，并将网络智

能从网络中剥离出来，打造成智能引擎平台。国内运营商中，中国电信率先提出了“做智能管道的主导者、综合平台的提供者、内容和应用的参与者”的新时期定位，通过打造运营级的智能管道，提供高速协同接入、资源自助指配、速率针对性保障的差异化服务，成为满足客户感知良好、运营管理方便、业务开通灵活等特征的综合信息服务提供商。

1.2 新型应用对智能管道的需求



1.2.1 互联网时代对通信网络的总体需求

移动通信和互联网技术是当今世界上发展最快、市场潜力最大、前景最诱人的两大信息技术。而移动互联网是移动通信和互联网融合的产物，这种融合将会创造出新的产品和服务、新的联盟、新的价值链架构和新的经济模式，这一切都将为企业和用户创造更大价值，也给网络带来了新的需求。

移动互联网具有终端移动性、接入高速性、服务融合性、应用开放性、交互实时性等特点。这些特点要求网络具有无缝覆盖能力，2G/3G/LTE/Wi-Fi 和 FTTX/LAN/ADSL 技术的互补是无缝覆盖的一种选择；要求网络具有高速特性，满足移动互联网业务从小流量应用向大流量应用变化的需求；要求网络融合化，包括移动网与固网融合、电信网与互联网融合；要求网络具有控制能力，包括用户接入控制能力、融合服务控制能力、管道质量控制能力等。

云计算是一种新兴的共享基础架构的方法，可以将巨大的系统池连接在一起以提供各种 IT 服务。云计算采用远端处理和存储的模式，具有动态化、弹性化、虚拟化等特征，云计算用户对网络的质量指标更加敏感。云计算业务模式的变革对网络提出了新的挑战，需要网络传送更多的数据量，需要更大的带宽；要求网络响应速度更快，并需要网络在识别出云应用/用户的基础上，进行智能

带宽控制和匹配。另外，网络自身也将向云化发展，包括引入虚拟集群、云路由、云基站等新技术，按业务需求动态地提供网络能力，从应用的云化向网络云化发展等。

随着视频业务特别是 P2P 流量的日益增加，对运营商网络的压力也越来越大，某运营商 2007 年的网络容量为 4Tbit/s，到 2010 年网络容量增长了 4.5 倍，为 18Tbit/s，而收入却只增长了不到 1 倍，带宽和收入之间存在日益扩大的剪刀差，如图 1.1 所示。基于这种情况，运营商需要通过网络流量管理来优化业务量，传送更多高价值流量；需要提供网络差异化来实现业务和用户服务的差异化，以增加收入和优化成本。

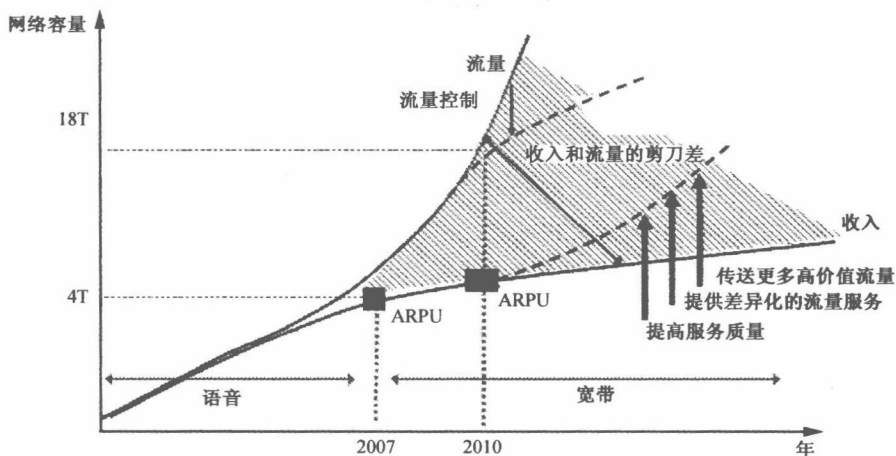


图 1.1 流量收入剪刀差

另外，远程医疗、远程教育、SNS 应用对网络互动性的需求，在线游戏、远程监控、物联网应用对网络支撑的实时性需求，大带宽应用对带宽消耗造成其他业务体验降低，要求提高网络质量等需求，都对网络提出了智能要求。

总之，业务的发展需要网络具有网络感知能力，对业务、用户、应用等多维度进行感知；具有资源动态调控和按需质量保障能力，增强网络的自适应性，

合理分配资源；具有智能流量调控能力，缓解不可控流向流量对网络资源的不合理消耗；具有网络协同能力，提升用户跨网络的业务切换体验；具有自助指配功能，实现用户自主、自助选择业务。

1.2.2 互联网视频应用的需求

在 Internet 诞生之后的很长一段时间里，网上的应用内容都是以下载方式提供的，内容以静态的文字、图片为主。但是网络内容从静态发展到动态，从文字发展到视频的趋势是必然的，就像从收音机发展到电影、电视，技术从来不是业务发展的阻力。这里所说的视频实际上是多媒体的概念，它原本是指把多种不同但相互关联的媒体，比如声音、视频、图形、动画等集成在一起而产生的一种存储、传播和表现信息的载体。有了多媒体技术，计算机就能够综合处理这些不同形式的信息，以丰富的展现形式极大改善人机交互体验。而互联网视频则是网络技术和多媒体技术相结合的产物，是经过压缩编码、流化处理，并通过网络传送给用户端播放的应用形态。

互联网视频应用的显著特征是在线观看、边下载边观看，用户不必为观看一段视频文件花上几十分钟甚至几个小时先将资源下载到本地。支持这一特性的关键技术是流媒体技术，在本书“3.2.3 CDN Cache 技术”一节将详细阐述流媒体技术的原理及其对互联网视频应用的支持。

1995 年，Progressive Network 公司，也就是后来大名鼎鼎的 RealNetwork 公司，推出了第一个流式传送多媒体应用 RealAudio，实际上这只是一个在线音乐应用程序，还不是音视频混合的影音应用。同年，Xing 公司推出的 Streamworks 才是真正的流媒体影音播放应用程序。在流媒体技术应用的最初几年，受限于用户接入带宽（当然也有整个 IP 网带宽的因素），网上只能看到一二百 kbit/s 速率的片子，清晰度非常低。近年来，随着运营商不断推进宽带提速，基本消除了历史上流媒体数据向用户端传送所遭遇的带宽瓶颈，因此多媒体业务作为一种高带宽应用得到前所未有的发展。从互联网业务流量占比上

看,流媒体业务流量逐步取代 Web 内容成为网络主要流量,预计这一占比还将逐年攀升。

流媒体业务是一种对实时性、连续性、时序性要求非常高的业务,不论从带宽消耗上还是质量保障上来说,对 **Best-effort** 的 IP 网络都是一个不小的冲击。

高带宽要求。即使只为用户提供在普通笔记本上观看的视频节目,最低也需要几百 kbit/s 的码率,才能够满足一定的清晰度要求。相应的,传送带宽要高于这个码率。这比起浏览普通网页只需几十 kbit/s 的带宽,是十几倍的差别。而用户对视频质量的要求不断提高,这种要求的提高是一个不可逆的过程,现在网络视频已经转向电视这样的大屏幕,传送带宽要求高达几兆甚至几十兆,同时需要稳定的带宽保证。

高 QoS 要求。比如,码率为 750bit/s 的 MMS 流媒体要求端到端丢包率小于 2%,双向时延小于 140ms。在 IP 网络上,并没有对视频流量实行端到端的 QoS 保障,所以要达到这样的 QoS 要求还是很难的。

流媒体业务还呈现出较强的热点集中特性(虽然用户需求模型正在向着长尾方向发展),当热点事件到来时,同时在线用户数会瞬时飙升,对网络局部压力骤增,对源站服务器也会产生难以承受的压力。

组播、广播要求。直播类流媒体业务要求网络支持从单点(广播源)到多个接收点(用户终端)的流传输,以 IP 组播或广播技术来实现承载是最节省资源的方式,但目前的 IP 网络还难以提供端到端的组播业务。

1.2.3 移动互联网应用的需求

自 2007 年以来,全球对移动数据业务的需求迅速增长。据统计,2008 年至 2010 年,全球移动数据业务增长了 522%。移动数据业务的迅速增长给移动网络的建设带来了严峻的考验。表 1.1 所示为互联网业务增长与移动数据业务

增长的对比。

表 1.1 全球移动互联网数据流量增长和 20 世纪 90 年代后期的
固定互联网数据业务流量增长相近似

全球互联网业务增长		全球移动数据业务增长	
1997	178%	2008	156%
1998	124%	2009	140%
1999	128%	2010	159%
2000	195%	2011	133%
2001	133%	2012	116%

2010 年全球移动数据流量相当于 2000 年全球固网和移动互联网流量的 3 倍。数据流量的快速增长主要依靠新业务、新设备和商业模式的驱动。

从全球范围来讲，移动互联网的典型业务有如下几类。

1. 移动视频

移动视频通常泛指在移动终端上实时播放的视频流媒体、Flash 动画和其他各种网络视频流。在 2010 年之前，YouTube 和 Flash 已经通过视频播放产生了大量的流量，但随着视频分享应用的出现，并成为一种新的消费音视频内容的方法，流量的增长在今后将更加迅猛。对于很多消费者而言，观赏视频不仅仅局限于“看”的过程，更重要的是与自己人际关系圈中的其他人分享心得，上传视频并标识自己的兴趣等。目前网络视频也主要来自社交网络网站。

在接下来的几年里，视频下载和视频流将占用大部分的移动数据流量。预计 2009 年~2014 年间的平均增长率将达到 100%，到 2014 年将占据移动数据流量的 66%。未来 5 年全球移动视频服务收入的平均增长率将达到 130%。2013 年全球移动视频用户数将达到 5 亿，2015 年渗透率将达到 66%。

2. 即时通信

全球的即时通信业务发展非常迅速，用户量也相当庞大。典型的应用有

Twitter、新浪微博、腾讯微博、腾讯 QQ、MSN 等，快捷的交流与即时的分享改变了人们的手机使用习惯，甚至是生活习惯。

3. 移动浏览

2009 年，全球生产的手机中有 60% 具有移动浏览功能。根据 Gartner 的计算，到 2013 年，这个比例会上升到 80%。移动浏览列在十大业务第四位的原因是：它在商业领域的广泛应用。

移动网站系统具有潜在的、较高的投资回报率。而且，它的开发成本相对较低。重复使用许多现有的技术和工具，使发送更新、更灵活。因此，移动网站已被许多企业用于 B2C 的移动战略。

4. 手机游戏

近年来，手机游戏一直是投资者关注的重点领域，同时也是移动互联网产业中发展最早也最为成熟的一块领域，用户习惯逐年养成，但在产品种类、创意开发以及运营模式上仍存在一定欠缺，因此这一市场仍存在巨大发展潜力。

5. 移动搜索

受到终端、资费等多种因素的影响，移动搜索的用户需求存在较大的特定性，因此，呈现出垂直化发展的趋势。例如生活服务类信息搜索、音乐类搜索、地图及交通等都是移动搜索发展较快的领域。此外，“搜索+位置服务”将成为移动互联网服务整合的重要平台，例如与电子商务、与社区的整合。

此外还有移动支付、移动社区、近场通信、移动音乐、定位服务等。

移动互联网业务给网络带来了很大的挑战，主要有以下几个方面：

1. 流量激增

随着移动互联网业务的爆炸式增长，移动数据流量也迅猛增长，据统计，从 2008 年至 2010 年，全球移动数据业务增长了 522%。同时，智能终端的大

量出现，也促进了数据流量的进一步增长，海量的数据传输给网络带来了巨大的压力。

2. 信令激增

移动互联网业务的一大特点是多样性，成千上万的应用有着各种各样的行为特征。有的应用产生巨大的流量，给网络的用户面造成巨大压力，如视频、下载等；有的应用产生大量的信令，如及时通信软件 QQ、MSN、微博等。信令的激增是移动互联网业务出现后给网络造成的新影响，日本、美国的运营商就曾多次因为信令激增而导致网络瘫痪。

3. 恶意软件

移动互联网业务中还充斥着大量的恶意软件，如各种病毒。在 PC 机时代，病毒给计算机网络造成的损失数不胜数，随着移动互联网业务的发展，各种恶意软件也开始在手持终端中肆虐。

移动互联网业务一方面给运营商带来了巨大的流量增长，另一方面又因为流量的增长衍生了各种各样的问题，同时，运营商并未因为流量的增长而带来相应的收入增长，管道化的趋势越来越明显，打造智能管道显得尤为迫切。通过对流量的智能化调度，提高每比特价值，减小流量增长与收入增长的剪刀差，同时，通过智能管控以及增强设备能力缓解信令压力和阻截恶意软件破坏。

1.2.4 云计算应用的需求

云计算作为互联网最近兴起的一类新型应用，其分布化、虚拟化等一系列特征将对承载网络提出不同的新的要求。总体上，将是应用云化向网络云化的发展。

随着应用的分布化，服务器、终端和平台的分布更加弥散，要求承载网络能够适应更扁平的互联和接入需求；计算、存储等由物理固化转向逻辑虚拟，

要求承载网络能够适应更灵活的资源提供需求；应用和业务的多样化，对于网络的功能和性能要求将出现差异化，要求承载网络能够适应端到端差异服务的应用保障需求；应用和用户更倾向于对资源的自主/自助的选择和使用，要求承载网络能够适应更快捷按需的服务提供需求。

这些对网络体现出来的云计算的特定需求，将进一步体现为对网络能力的新要求：

1. 在云计算应用中，最主要体现为资源（计算、存储等）的分散化、服务器和终端的分散化，这使得网络平台（IDC）的互联和被访问需求更加广泛，同时带宽要求也极大提升。举例来说，现有 IDC 间少有互联需求，终端用户对 IDC 的访问通过互联网实现，带宽和 QoS 均难以保证。未来 IDC 间将出现高速互联需求，对应的带宽粒度从 10Gbit/s 向 100Gbit/s 发展，终端用户对 IDC 的访问将在互联网基础上出现专线和 VPN，实现高速可靠的访问连接。
2. 在云计算应用中，资源（计算、存储等）由物理设备向虚拟设备（如 VM）转移，这要求网络对云计算资源的感知和传递需基于该虚拟化的基础（如，网络和 IDC 间出现新型的虚拟 UNI 接口）。举例来说，现有承载网是基于 VLAN/IP 实现单一用户的感知和控制，未来需要基于 VM 实现对云主机或云存储的感知和控制，承载网需要同时实现用户认证和隔离、带宽和 QoS 动态调整、网络接口/虚接口自动迁移等能力，保障对资源进行灵活且安全有效的控制。
3. 在云计算应用中，不同业务的呈现形态有很多，如云存储、云主机、云桌面等，这些业务形态对网络的功能性能要求不一，为此网络的功能和性能（尤其是端到端的 QoS）需保障应用的差异化（如，虚拟机迁移和存储备份对网络的要求不同）。举例来说，现有 IDC 间少量专线互联不论什么应用都一视同仁，无法在带宽拥塞时真正实现 QoS；IDC 被用户访问只基于互联网，只保障接入端带宽更无法区分应用。