

# 基于专用盒子的 P2P CDN 系统

## P2P CDN System Based on Dedicated Box Node

陈 果<sup>1</sup>,王 彬<sup>1</sup>,张 沛<sup>1</sup>,乔 治<sup>2</sup>(1. 中国联通网络技术研究院,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)

Chen Gao<sup>1</sup>,Wang Bin<sup>1</sup>,Zhang Pei<sup>1</sup>,Qiao Zhi<sup>2</sup>(1. China Unicom Network Technology Research Institute,Beijing 100048,China;2. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

### 摘 要:

随着高清视频业务的快速发展,P2P CDN已经成为CDN的标配技术。随着5G的到来,如何更好地利用P2P CDN技术推动4K、8K、AV/VR业务的发展,发掘家庭网络上行带宽的价值是电信运营商迫切需要解决的问题。提出了一种基于专用盒子构建P2P CDN超级节点的系统方案,并在互联网上进行了100个盒子节点的部署和业务测试。同时,详细分析了盒子部署成本和P2P分享收入,证明了单个盒子的利润与上行带宽是线性模型关系,从实际的数据来看,规模部署专用盒子可以盈利。

### 关键词:

P2P CDN;P2P节点;专用盒子;超级节点;线性模型

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.07.004

中图分类号:TN914

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)07-0015-04

### Abstract:

With the rapid development of High-definition video services,P2P CDN has already become the indispensable technology of CDN. Now 5G is coming,how to make better use of the technology of P2P CDN to promote the development of 4K,8K,AR/VR services,and how to explore the value of upstream bandwidth in the home network,are the urgent problems which the telecom operators should solve. It proposes a system scheme for building the super peer nodes based on dedicated boxes,and carries out the deployment of 100 box nodes and business tests in the Internet. At the same time,it analyzes the cost of deployment of box and the income of P2P sharing in detail,and proves that the relationship between the profit and the upstream bandwidth of a single box is linear model. From the actual data,it is profitable to deploy the dedicated boxes in large scale.

### Keywords:

P2P CDN;P2P node;Dedicated box;Super node;Linear model

引用格式:陈果,王彬,张沛,等. 基于专用盒子的P2P CDN系统[J]. 邮电设计技术,2019(7):15-18.

## 0 引言

据估计,未来3~5年全球数据传输流量增长率将达到22%,2020年全球IP流量将达到194 EB/月,其中视频流量占到80%以上<sup>[1]</sup>。而且随着5G的到来,用户对高质量视频的需求将越来越旺盛,目前高清视频已经成为主流,可以预见4K、8K、VR/AR等视频业务也将迎来爆发期。分辨率和清晰度的提高,虽然提升了

用户观看体验,但是也使带宽成本急剧上升,例如4K视频带宽要求至少50 Mbit/s,8K视频要求达到200 Mbit/s。目前国内带宽成本占据整个CDN成本的50%以上,如果单纯采用CDN进行分发,将产生高昂的带宽费用<sup>[2]</sup>。

CDN进行系统扩展时需要不断增加IDC带宽和服务服务器数量,对于大规模直播(大型演唱会、春节联欢晚会等千万级并发活动),由于用户访问的突发性和广泛分布性,要提供大规模服务的成本非常高。CDN的带宽成本制约了视频产业的发展,因此需要在视频传

收稿日期:2019-05-06

输、视频存储技术升级,尤其是对传统的CDN技术进行升级,利用边缘网络 and 用户端资源,降低带宽费用,提供优质、低成本的传输服务。P2P CDN采用CDN+P2P混合架构,打破了传统P2P技术的局限,减少了CDN服务器数量和IDC出口带宽,缓解了CDN边缘服务器压力,提供更高性价比的传输服务。CDN+P2P虽然初始阶段增加了系统成本,但是随着用户规模增大,P2P CDN的系统成本不再线性增加,而且小于单纯的CDN。

P2P CDN和CDN可以互为补充,如对于长尾观看模式(大量不同视频节目被观看,但是每个节目只有少量观众),传统CDN更适合。对于热度极高的内容(同一个节目被大量观众同时观看,如直播、点播、大文件分发),P2P CDN显著胜过传统CDN。P2P CDN可以解决随用户量增加而对CDN系统造成巨大服务压力的问题,显著提高高清视频吞吐能力,同时具有更低的带宽成本,目前已是互联网CDN厂家采用的标配技术,如阿里云PCDN、腾讯云X-P2P、百度金矿P2P CDN、网心科技星域CDN和云帆加深P2P 5.0等<sup>[3]</sup>。

## 1 基于专用盒子的P2P CDN系统

### 1.1 P2P CDN系统架构

与传统P2P CDN不同,本系统采用一款专门定制设计的新型智能专用盒子作为P2P CDN Peer节点。盒子的硬件配置(CPU、内存、网卡)及其所处的网络位置(一般通过网线直接连接家庭网关)可以保证该节点的高稳定性和高可用性,可以作为P2P网中的“超级Peer节点”,如图1所示。

图1中媒体源表示提供需要加速的多媒体数据源站,通常由使用P2P CDN服务的客户提供;CDN是内容分发网络,需要与P2P CDN插件配套,一般是同一个厂家的产品;播放终端为用户使用的播放设备,不限于手机、平板、PC和笔记本等,只要支持P2P SDK的终端设备都可以;P2P后台系统包括P2P业务管理平台(管理超级节点的状态、在线离线信息、版本信息、插件更新等)、调度服务器(Tracker Server)和网络穿透服务器(STUN Server),提供点到点穿越服务(节点UPD连接打洞)、P2P节点管理,包括节点判断、P2P下载管理等功能。

盒子节点安装适配了P2P加速插件,支持从CDN网络中下载数据,并为播放终端提供P2P加速。项目组对中国联通网络内的盒子节点制定了保障上行带宽的网络技术方案,并在北京、厦门进行100个节点的现网试点部署和业务测试。同时P2P CDN管理平台可以对盒子节点进行管理,包括对部署位置信息、节点数目、节点详细信息(节点上行带宽、P2P插件的内存和CPU占比、存储使用量)的查看和管理。

### 1.2 专用盒子硬件方案

通过考察对比多个互联网P2P盒子的硬件配置,包括云帆科技的805盒子、极路由B70等,最后确定与深圳卓翼科技合作定制了一款基于Amlogic912主控芯片专用盒子,其视频处理能力支持超高清(4K 60fps)H.265/H.264硬件解码和全高清(1080P 60fps)硬件编码。

盒子硬件参数如表1所示。

### 1.3 P2P节点对比

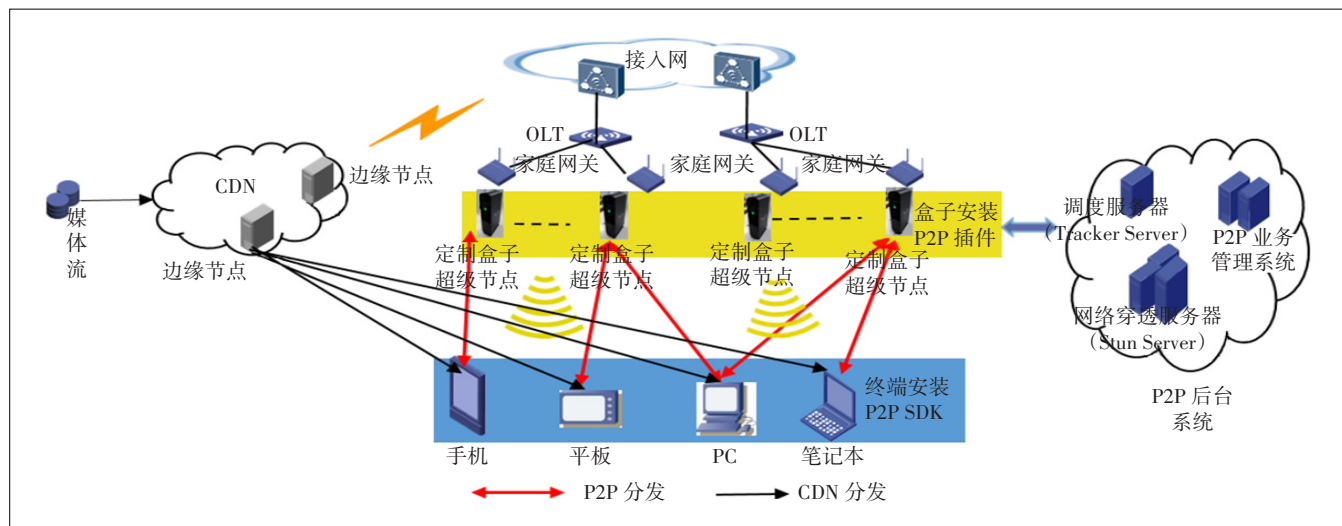


图1 P2P CDN系统架构示意图

表1 盒子硬件参数

硬件参数	Amlogic S912主控芯片
CPU	8核64位 ARM Cortex-A53
GPU	多核 ARM Mali-T820
MEM	2G DDR3, 8G EMMC flash, 无外接硬盘
接口	USB2.0 X2, HDMI, Ethernet, SD card

家庭网络内的终端,包括机顶盒和网关,都可以安装P2P CDN插件,利用终端间的P2P传输提供传输服务<sup>[4]</sup>。专用盒子节点与采用机顶盒、网关作为P2P Peer节点并不存在冲突,相反海量的机顶盒和网关节点可以与盒子超级节点形成有益互补。

a) 机顶盒和网关只能部署在运营商自己的网络中,而盒子可以部署到其他运营商网络中,它们组成的P2P网络可以服务全部互联网用户。

b) 机顶盒和网关由于本身硬件资源的限制,不可能提供太大的P2P放大比,如机顶盒只有在开机时才能提供P2P共享传输服务,不能保障24 h开机在线,只有盒子节点才可能是7×24 h开机的“超级节点”。

c) 部署到家庭网络中的专用盒子可以作为一个通用P2P加速节点,同时加载不同CDN厂家的P2P插件,盒子成为多个P2P网络的超级节点。如果盒子采用Linux操作系统,第三方P2P插件可以采用容器(Docker)方式部署到盒子,如图2所示。

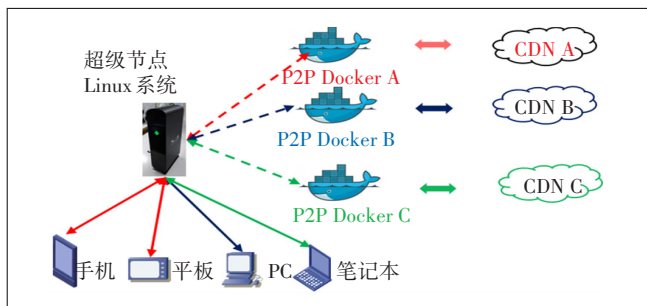


图2 支持多个P2P CDN插件的盒子节点

## 2 专用盒子规模部署成本模型

相比采用机顶盒和网关,采用盒子作为P2P CDN节点需要购买盒子,专门进行部署。同时为了激励用户开机,还需要在盒子折旧期间返回一定费用以保证开机状态。P2P技术的特点是只有P2P节点规模达到一定程度后,才能发挥出带宽共享的作用,如上述互联网公司一般都部署了上百万级别的P2P节点。规模部署专用盒子能否盈利,需要根据业务方式建立成本模型,并进行实际估算,具体推导过程如下。

根据P2P CDN业务特性,定义P2P CDN带宽总收入、P2P CDN总成本如下:

$$\text{P2P CDN 带宽总收入} = \text{P2P CDN 带宽单价} \times \text{节点平均上行带宽} \times \text{可用节点数} \quad (1)$$

$$\text{P2P CDN 总成本} = (\text{节点平均上行带宽} \times \text{回源比例} \times \text{CDN 回源带宽单价} + \text{盒子售价} \div \text{折旧期} + \text{单节点激励费} + \text{单节点部署费用} \div \text{折旧期}) \times \text{可用节点数} \quad (2)$$

根据利润是收入与成本之差,可以定义P2P CDN总利润:

$$\text{P2P CDN 总利润} = \text{P2P CDN 带宽总收入} - \text{P2P CDN 总成本} \quad (3)$$

将式(1)和(2)代入式(3),两边同时除去可用节点数,就可以获得单个盒子利润:

$$\text{单个盒子 P2P CDN 利润} = (\text{P2P CDN 带宽单价} - \text{回源比例} \times \text{CDN 回源带宽单价}) \times \text{节点平均上行带宽} - \text{盒子售价} \div \text{折旧期} - \text{单节点激励费} - \text{单节点部署费用} \div \text{折旧期} \quad (4)$$

因为每个盒子的价格、盒子折旧和激励费部署费都是固定的,即(盒子售价÷折旧期)-单节点激励费-(单节点部署费用÷折旧期)是常量,其表示盒子初始费用,这里用常量B表示。同理,P2P CDN带宽单价-回源比例×CDN回源带宽单价也是常量,这里用常量A表示。假设单个盒子的P2P CDN利润用变量Y表示,节点平均上行带宽用变量X表示,则单个盒子的P2P CDN利润模型可以简化为:

$$Y = A \times X - B \quad (5)$$

Y和X是线性模型,表示单个盒子的P2P CDN利润Y与盒子平均上行带宽X是线性关系(见图3)。

本项目采购的P2P CDN带宽单价是3元/月/Mbit/s(3000元/月/Gbit/s),CDN回源带宽单价是12元/月/Mbit/s,回源比例一般是10%,此时:A=3-12×10%=1.8。

常量A表示直线的斜率,A越大表示直线越陡峭。因为P2P CDN回源比例只有10%,所以直线模型的斜率A很大程度上由P2P CDN带宽单价决定。

由于P2P CDN中的P2P插件与CDN是一一对应的,所以P2P回源带宽费用实际上是厂家内部结算,进行模型验证时其值可以设为0,即此时A=3-0=3。

本项目采购的终端盒子售价是300元,盒子开机激励费是0.27元/天(8.3元/月,100元/年,3年激励300

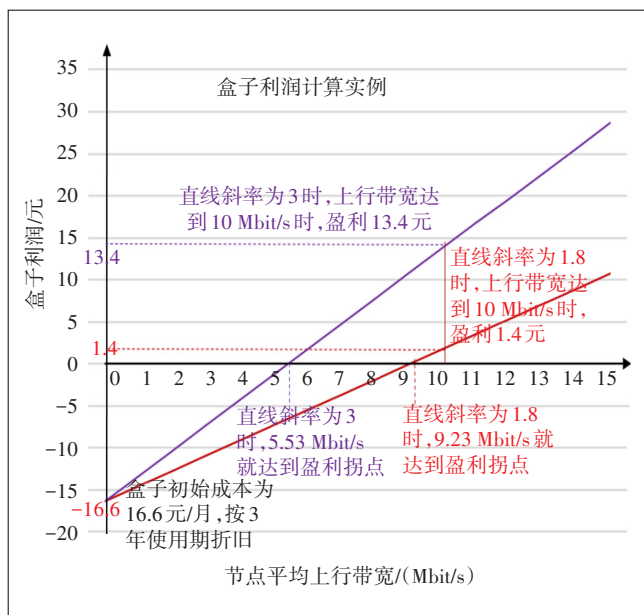


图3 专用盒子上行带宽和利润的线性模型

元,即一个盒子的价格),而盒子部署费用为了简化计算,采用0元/天(0元/月),此时 $B=300 \div (12 \times 3) + 8.3 + 0 = 8.3 + 8.3 = 16.6$ 元,这里对于终端设备(盒子)的折旧期一般是5年(60个月)。B越大,表示盒子的初始费用越高。当采用机顶盒或者网关作为节点时,由于是现网设备,此时B为0,表示初始费用为0。

由上可知,本项目实际测试对应的直线模型为:

$$Y=1.8 \times X-16.6 \text{ 或 } Y=3 \times X-16.6$$

要盒子盈利Y大于零,等同于 $1.8 \times X-16.6 > 0$ 或 $3 \times X-16.6 > 0$

即 $X=16.6 \div 1.8=9.22$ 或 $X=16.6 \div 3=5.53$ ,表示当盒子上行平均带宽超过9.23或5.53 Mbit/s时,盒子盈利大于零(见图3)。

单纯从公式来看,只要X取值足够大,Y也能获得足够大的盈利,但是实际网络环境下,如家庭网络,上行带宽不可能无限增大,一般来说10 Mbit/s比较现实,此时盒子都能实现盈利。

根据上面的直线模型,假设P2P带宽总数为1 T(1 000 G),同时部署了10万盒子作为P2P CDN超级节点,每个盒子节点的平均上行带宽为: $1\ 000 \times 1\ 000 \div 100\ 000=10$  Mbit/s,上述盈利模型计算结果见表2。

根据上述线性模型实际测算结果可知,部署10万盒子,P2P带宽总数为1 T时,采用专用盒子作为P2P CDN超级节点可以实现盈利,尤其没有CDN回源带宽费用时( $Y=3 \times X-16.6$ ),总盈利可达1 608万/年。虽然盒子成本是一次性资本投入,例如10万盒子需要投入

表2 单个盒子盈利模式

盈利模型	单个盒子盈利(10 Mbit/s上行带宽)/(元/月)	总盈利(10万盒子)(10万盒子)	盒子成本
$Y=1.8 \times X-16.6$ (有CDN回源费用)	1.4	14万/月 168万/年	$300 \times 10$ 万 $=3\ 000$ 万
$Y=3 \times X-16.6$ (无CDN回源费用)	13.4	134万/月 1608万/年	

3 000万进行购买,但是由于实际部署也不能一次部署完成,为减少一次性资金投入压力,可以采用逐年分期购买方式进行部署。

### 3 总结与展望

未来家庭宽带业务的发展趋势是提速降费,而超级节点最重要的作用就是采用专用定制盒子作为P2P CDN的“超级Peer节点”分摊CDN边缘服务器的分发压力,解决内容传输的最后一公里问题。为了降低盒子成本,可以进行商业模式创新,包括引入合作伙伴一起进行盒子采购部署,同时为了充分利用盒子资源,可以引入多个CDN厂家的P2P插件,使盒子节点成为多个P2P CDN的超级节点。

定制盒子还可以作为家庭网络中的“雾计算节点”。盒子的带宽、CPU、GPU和内存都可以通过P2P技术,汇聚成商业服务给企业用户,如作为云游戏节点、Cloud VR节点和IoT边缘节点,而且用户给盒子增加硬盘后,还可以作为家庭NAS。目前已经在这方面进行了业务探索,如在盒子上集成了“微信电视”,为用户提供“可视遥控器”,解决盒子没有连接显示器的操作问题。

### 参考文献:

- [1] 张樑. 内容提供商为什么要自建CDN,应该如何做?何时做?[EB/OL]. [2019-04-10]. <https://m.asiaott.com/m/169917>.
- [2] 郭进. CDN现“围城”效应,老饭碗如何换成金饭碗?[EB/OL]. [2019-04-10]. <http://www.c114.com.cn/news/16/a1084963.html>.
- [3] 孙云逸. 2018亚太CDN年会关键词之一:P2P-CDN[EB/OL]. [2018-10-25]. <https://m.asiaott.com/2018/10/25-168688.html>.
- [4] 乔治,孔力,张沛. 电信运营商宽带业务合作模式探讨[J]. 邮电设计技术,2018(3):1-5.

### 作者简介:

陈果,高级工程师,博士,目前主要从事P2P CDN和视频边缘计算方面的研究工作;王彬,高级工程师,硕士,主要从事中国联通家庭互联网、互联网视频以及智能家居方面的技术研发工作;张沛,高级工程师,博士后,中国联通网络技术研究院家庭互联网研发中心及4K实验室总监,主要从事中国联通家庭互联网以及IPTV领域的技术研发工作;乔治,高级工程师,硕士,主要从事宽带接入网及家庭互联网的研究工作。