



# 基于边缘云云网关的PCDN技术的特征识别研究

许燕萍, 曾莹

(中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200041)

**摘要:** 随着互联网技术的迅猛发展, 对等网络内容分发网络 (PCDN) 技术作为一种新兴的内容分发方式, 逐渐引起了广泛关注。PCDN 利用边缘计算资源和对等网络 (P2P) 技术, 实现了高效、低成本的内容分发服务, 但同时存在一些危害, 影响网络空间合规性及安全性。深入研究了 PCDN 技术的特征识别方法, 提出了一种基于流量分析和行为建模的 PCDN 特征识别框架。该框架通过分析网络流量中的特定模式和用户行为特征, 能够有效识别 PCDN 流量。实验结果表明, 该方法在识别准确率和效率方面表现良好, 为网络管理和优化提供了有力支持。研究结果对理解 PCDN 技术的运行机制及其在实际应用中的表现具有重要意义, 同时也为未来相关技术的发展提供了参考依据。

**关键词:** PCDN; 边缘云; 云网关; 特征识别; 流量分析

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2025073

## 0 引言

对等网络内容分发网络 (PCDN) 技术是一种结合了传统内容分发网络 (CDN) 和对等网络 (P2P) 技术的创新解决方案。

PCDN 技术以 P2P 技术为基础, 通过挖掘和利用边缘网络中海量碎片化的闲置资源, 构建了一个低成本、高品质的内容分发网络服务。它旨在解决传统 CDN 在高流量、高并发场景下的带宽压力和成本问题, 同时利用 P2P 技术的分布式特性, 提高内容传输的效率和稳定性。

PCDN 的工作原理如图 1 所示, 是将用户请求的内容从源服务器分发到更接近用户的节点上。这些节点可能是其他用户的计算机、路由器或其他网络设备, 它们共同协作以加速内容的传输。具体来说, 当用户请求某个内容时, PCDN

系统会首先查找是否有其他用户节点已经缓存了该内容, 如果有, 则直接从这些节点中获取内容, 而不是从源服务器下载。

PCDN 技术广泛应用于视频点播、直播、大文件下载等多种业务场景。例如, 在视频点播服务中, PCDN 可以显著加快视频内容的加载速度和播放流畅度; 在直播场景中, PCDN 可以提高直播内容的分发效率, 降低直播时延; 在大文件分发方面, 如操作系统镜像、软件更新包等, PCDN 可以加快下载速度。

PCDN 技术虽然具有低成本、提高访问速度等优势, 但也存在一些潜在的危害。以下是对 PCDN 技术危害的分析。

### (1) 流量压力与带宽占用

- 流量压力。PCDN 利用用户的带宽资源进行内容分发, 这会给运营商的网络带

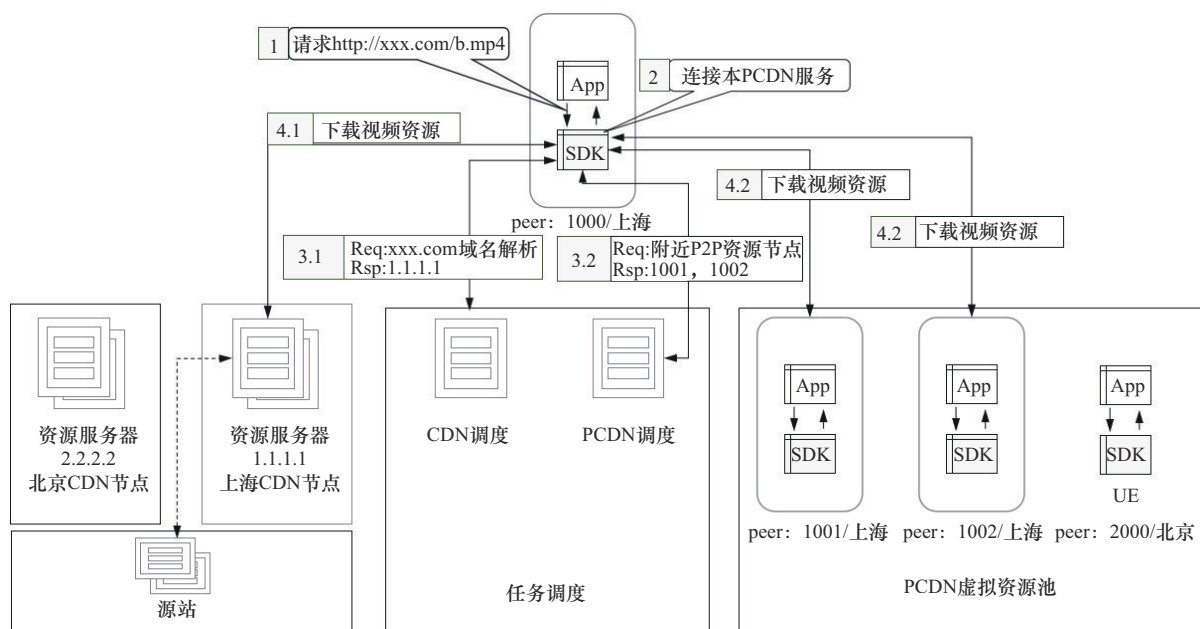


图1 PCDN工作原理

来额外的流量压力。大量用户同时利用PCDN技术进行内容分发，可能导致运营商网络局部拥堵，影响其他用户的正常上网体验。

- 带宽占用。用户的上行带宽被大量占用用于内容分发，可能导致用户自身的上行需求（如视频通话、文件上传等）受影响。此外，这也可能增加运营商的运营成本，因为需要投入更多资源来处理这些流量。

## (2) 安全性问题

- 数据泄露风险。由于PCDN的分布式特性，内容在传输过程中可能会经过多个节点，这增加了内容被篡改或泄露的风险。特别是在家庭宽带环境中，数据的安全和隐私保护是一大挑战。
- 安全漏洞。P2P技术本身存在一些安全漏洞和隐患，可能会被黑客利用进行攻击。例如，黑客可能通过PCDN传播恶意软件或病毒，危害用户的网络安全。

自2021年上海电信部署云宽带起，云宽带用

户迅速发展，目前上海电信家宽市场已实现云宽带全面覆盖，云宽带用户数累计400万。云网关作为云宽带的核心能力，拥有近用户侧流量优势，具备vDPI能力组件，可提供用户流量特征分析、多维度的流量管控手段。通过验证其对PCDN流量识别和管控的有效性，契合集团打击PCDN行为的战略方向。

## 1 基于边缘云云网关实现云宽带用户PCDN流量管控解决方案

随着网络内容的爆炸式增长，PCDN作为一种新兴的内容分发方式，正逐渐受到业界的关注。本研究旨在构建一个智能、高效的PCDN流量管理体系，该体系可针对指定用户、指定终端、指定应用进行PCDN行为的判定和管控，并为后续云宽带架构内PCDN识别、管控自循环建立技术基础，以适应网络内容分发的发展趋势。

具体技术实现方案如下。

### 1.1 PCDN流量特征

PCDN节点（即云宽带中某个用户设备）流量特征主要体现在其利用用户设备之间的直接连

接来分发内容的方式上。以下是PCDN节点流量的详细特征列举。

(1) 高上行带宽占用

在PCDN中，用户设备不仅需要下载内容，还需要将已下载或缓存的内容上传给其他用户。因此，相比传统CDN，PCDN节点的上行带宽占用会更高。

当某个用户的上行带宽占用较高且持续时间较长时，可以将该设备标记为疑似参与PCDN的内容分发。

(2) 高频率的连接请求

PCDN中内容分发是基于用户设备之间的直接连接，因此会产生大量的连接请求。

这些连接请求可能具有高频率和短持续时间的特征，因为用户设备需要不断地与其他用户设备建立连接以进行内容分发。

(3) 大量的数据传输

PCDN中的节点需要不断地传输内容数据，以满足其他用户设备的请求。因此，PCDN节点的数据传输量通常较大，尤其是在高峰时段或热门内容的分发过程中。

### 1.2 PCDN特征精细分析

PCDN服务商为不同软件插件/版本提供加速服务时分发的流量会有不同的流量特征，因此需要针对不同的PCDN服务商以及提供加速的具体应用进行分别分析。主流的PCDN服务商为京东

云、网心云、超点云等，下面以京东云PCDN服务举例。

(1) PCDN自有通信业务

京东云设备与PCDN平台管理面通信报文如图2所示，从域名中包含“PCDNlog”关键字可以看出，该请求应是在上报京东云设备PCDN服务运行日志。

(2) PCDN上层数据传输业务

绝大部分上层数据传输业务为三方业务特征，无法区分供应PCDN平台（如抖音、爱奇艺），但也存在可区分的三方业务特征，如bilibili-p2p可以区分供应PCDN平台。

京东云设备上疑似抖音P2P通信报文如图3所示。从流量行为上来看，是由对端123.xxx.xxx.81主动发起的请求，京东云设备192.1xxx.xx.55随后对请求进行了响应，并返回了相应数据。

由于在分析京东云过程中，产生了疑似抖音P2P业务，因此对抖音App进行使用，并进行抓包分析。抖音App使用P2P业务时的通信报文如图4所示，对照京东云产生的疑似抖音P2P业务可以发现，报文前3个字节均为固定“\x12\x01\x00”，且报文负载均包含“youyin”关键字。结合以上分析，可以判断之前对京东云产生的P2P流量是抖音P2P业务是合理的。

分析抖音等P2P业务的流量特征，可以发现大多数P2P业务无法从流量中判断PCDN平台的

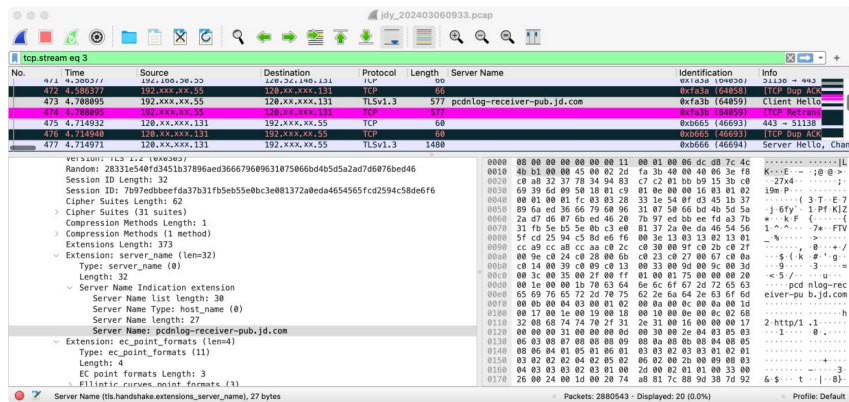


图2 京东云设备与PCDN平台管理面通信报文

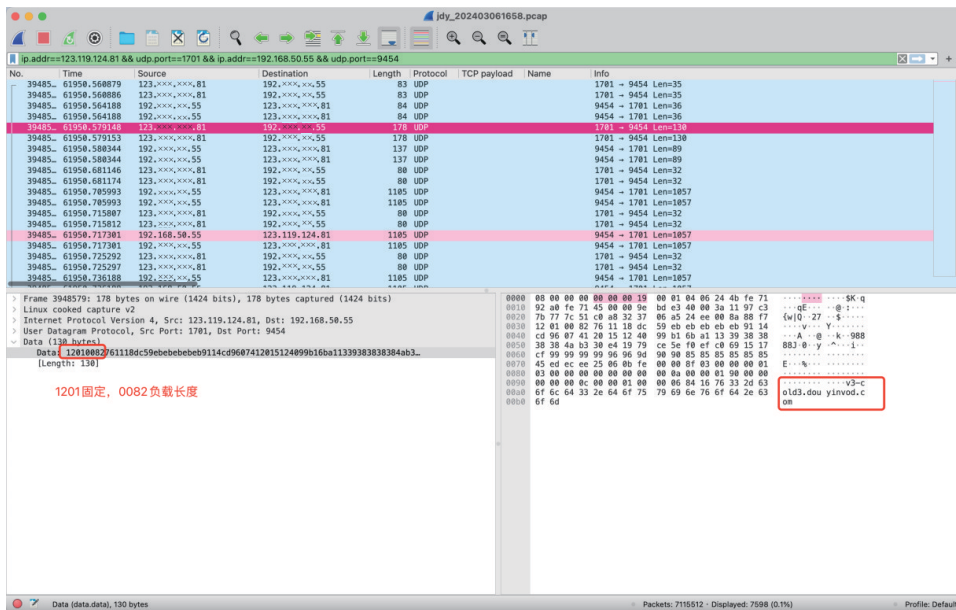


图3 京东云设备上疑似抖音P2P通信报文

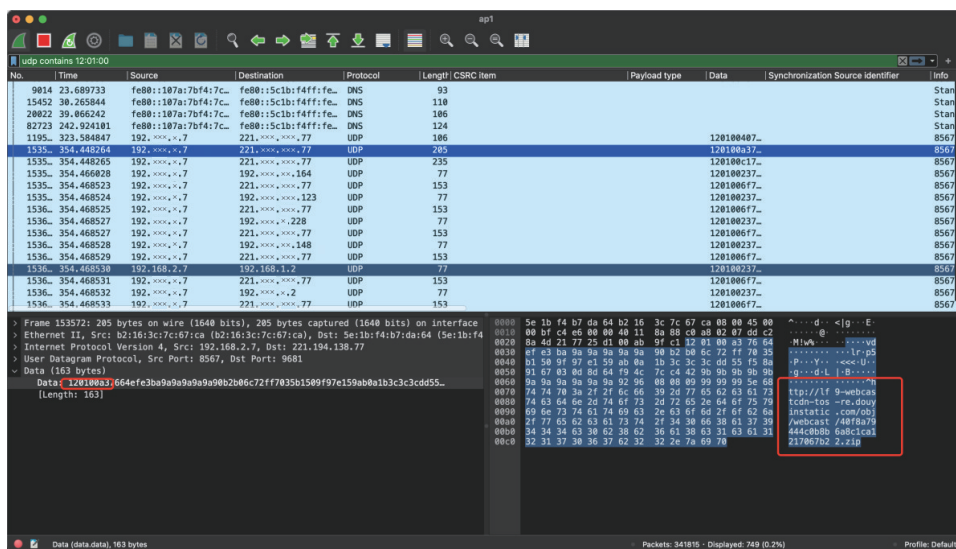


图4 抖音App使用P2P业务时的通信报文

类型。但是Bilibili的P2P业务流量是个例外，其产生的P2P业务中带有PCDN平台标识。Bilibili App使用P2P业务时的通信报文如图5所示，其中红框标注的“jd”即京东云设备的标识符。此外，还发现了“wx”“qny”等标识符，分别代表网心云、七牛云等设备或系统。

综上，PCDN节点在分发视频资源文件时，会匹配P2P视频协议规则，出现PCDN协议和

P2P视频协议共生的情况，所以将PCDN协议和视频P2P流量合并统计，可以准确地识别PCDN节点和通信会话。

### 1.3 云宽带PCDN的研判过程

云宽带下PCDN应用研判流程如图6所示，具体如下。

- (1) 由AAA系统根据流量日志的初筛提供疑似PCDN用户名单，导入云宽带数据分析

```
0000 e4 aa ea 47 fd eb 58 41 20 0f a5 a2 08 00 45 00 ...G..XA .....E.
0010 00 74 02 3c 40 00 34 11 f2 c3 b7 8d d8 cb c0 a8 .t.<@.4. ....D!..
0020 00 78 8a 16 b5 9e 00 60 0c 2d 00 01 00 44 21 12 .x.....`...D!..
0030 a4 42 6f fe 1d 76 aa 32 ef 34 39 e9 54 14 e0 01 .Bo..v.2 .49.T...
0040 00 04 00 00 00 00 e0 02 00 38 7b 22 64 65 76 69 .....8{"devi
0050 63 65 5f 69 64 22 3a 22 50 42 4f 58 3a 44 43 44 ce_id":" PBOX:DCD
0060 38 37 43 32 35 34 35 30 36 5f 31 3a 6a 64 3a 61 87C25450 6.;jd:a
0070 72 6d 33 32 3a 31 37 31 31 38 33 32 37 30 31 22 rm32:171 1832701"
0080 7d 0a }.
```

```
0000 e4 aa ea 47 fd eb 58 41 20 0f a5 a2 08 00 45 00 ...G..XA .....E.
0010 00 78 ad 36 40 00 35 11 a6 7d 7d 27 b3 79 c0 a8 .x.6@.5. }}'.y..
0020 00 78 98 65 ec 8e 00 64 3f 25 00 01 00 48 21 12 .x.e...d ?%..H!..
0030 a4 42 cf 19 2b 44 f9 27 64 65 69 13 96 21 e0 01 .B..+D.' dei'!..
0040 00 04 00 00 00 00 e0 02 00 3b 7b 22 64 65 76 69 .....;{"devi
0050 63 65 5f 69 64 22 3a 22 50 42 4f 58 3a 42 44 2d ce_id":" PBOX:BD-
0060 66 38 31 36 39 66 33 63 31 64 32 36 2e 31 34 3a f8169f3c 1d26.14:
0070 71 6e 79 3a 78 38 36 3a 31 37 31 31 36 34 38 33 qny:x86: 17116483
0080 36 31 22 7d 0a 63 ol'}.c
```

```
e4 aa ea 47 fd eb 58 41 20 0f a5 a2 08 00 45 00 ...G..XA .....E.
00 78 44 3e 40 00 37 11 d1 64 3c de 2f d4 c0 a8 .xD>@.7. .d<./...
00 78 0c 30 76 ab 00 64 02 75 00 01 00 48 21 12 .x.0v..d .u...H!..
a4 42 85 01 8a 7a 7a ff d9 0d 0d db 89 0b e0 01 .B...zz. ....
00 04 00 00 00 00 e0 02 00 3c 7b 22 64 65 76 69 .....<{"devi
63 65 5f 69 64 22 3a 22 50 42 4f 58 3a 58 46 41 ce_id":" PBOX:XFA
45 30 31 33 36 44 43 45 44 31 45 46 36 30 31 3a E0136DCE D1EF601:
77 78 3a 61 72 6d 33 32 3a 31 37 31 32 32 34 37 wx:arm32 1712247
30 37 37 22 7d 0a 077"}.
```

图5 Bilibili App使用P2P业务时的通信报文

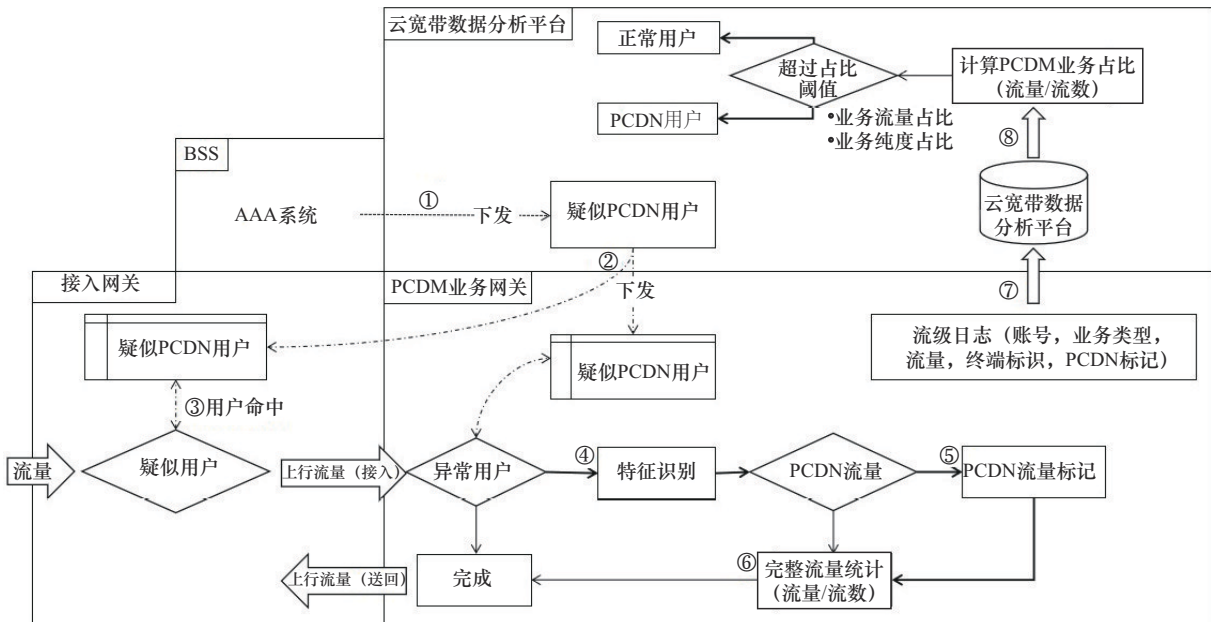


图6 云宽带下PCDN应用研判流程



平台。

(2) 云宽带数据分析平台将疑似PCDN用户名单下发至接入云网关及PCDN业务网关。

(3) 接入网关提供宽带接入服务，将命中PCDN用户名单用户流量调度到PCDN业务网关；业务网关vswitch匹配流量调度规则，将流量调度到PCDN模块。

(4) PCDN业务网关加载PCDN业务特征识别库，进行流量特征识别。

(5) PCDN业务网关将PCDN流量识别结果标记到会话信息中。

(6) PCDN业务网关进行会话级流量统计。

(7) PCDN业务网关实现流量的监测，输出会话级日志，包含账号、业务类型、流量大小、终端标识、PCDN应用标识等信息。

(8) 云宽带数据分析平台根据业务网关上报的日志信息进行统计，分析PCDN业务的会话占

比以及流量占比，得出判定结论（非PCDN用户、PCDN用户），见表2。其中，主动PCDN用户为满足上行流量占比大、PCDN业务流量占比高且会话占比较高的用户；被动PCDN用户为满足上行流量占比大、PCDN业务流量占比高但会话占比较低的用户。

#### 1.4 基于云宽带的PCDN压制方案

针对不同的PCDN产品可设置不同的限速策略，实现分别控制互不干扰。云宽带下PCDN应用的压制策略见表3。

##### (1) 丢包方案

调整两大参数实现流量控制，一是总丢包率，设为100%可完全封堵流量；二是丢包频率，以分钟为单位设定最大丢包数，实现不规律丢包，增强隐蔽性。此方案灵活高效，既能彻底阻断，又能模拟自然丢包现象，满足多样化需求。

当设定总丢包率10%，分钟最大丢包率30%

表2 云宽带数据分析平台研判真值表

场景	上行流量占比大	上行PCDN业务流量占比高	PCDN业务纯度占比高（会话占比）	研判结果
1	√	√	√	主动PCDN用户
2	√	√	×	被动PCDN用户
3	√	×	√	非PCDN用户
4	√	×	×	非PCDN用户

表3 云宽带下PCDN应用的压制策略

策略范围	账号级、终端级
	例如，下发策略支持选择对整个宽带账号生效，也支持对某个具体终端生效。
控制对象	针对具体PCDN产品的媒体流实现会话级控制； 京东云、网心云、点心云、甜糖科技、派享云、本电科技、蓝山云、星松云
策略灵活	针对不同的控制对象可指定不同的策略动作； 例如，可为电信云下发限速策略，同时对京东云下发限速策略
生效控制	每条策略可灵活设置生效时长以及重复周期； 例如，支持下发每天00:00—7:00的策略，也可下发仅周六、周日全天生效的策略
控制手段	每条策略有丰富的控制手段可以选择； 可支持：丢包、干扰、限速等
可调参数	不同的控制手段分别支持特有的可调参数； 对于限速/封堵等可设置其特有的配置参数，实现不同的控制效果

时的实现逻辑如图7所示。

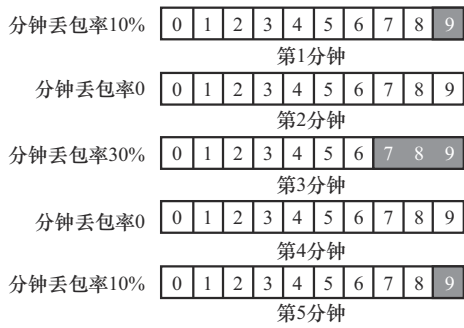


图7 云宽带下PCDN管控方案—丢包

### (2) 限速方案

云宽带下PCDN管控方案—限速如图8所示，基于令牌桶原理，控制误差可控制在5%以内，限速控制单位为1 Kbit/s；同时PCDN业务云网关支持灵活的生效时长和重复周期设置，从而灵活

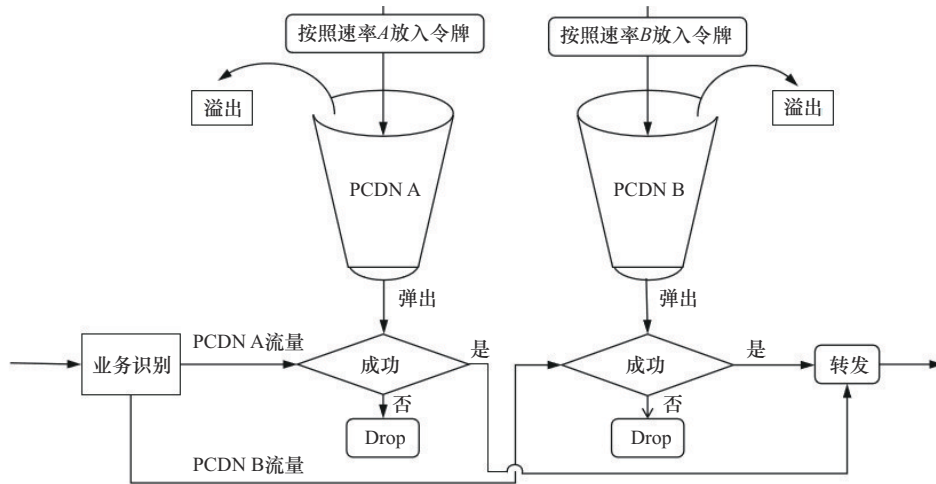


图8 云宽带下PCDN管控方案—限速

应对不同场景需求。

### (3) 干扰方案

云宽带下PCDN管控方案—干扰如图9所示，PCDN流量干扰方案旨在通过两项策略影响PCDN产品性能，一是隐蔽插入预设内容至报文，二是配置报文修改策略以干扰业务运行。此方案灵活应对不同PCDN产品，实现高效且隐蔽的流量干扰，满足特定的网络安全或测试需求。

### 1.5 PCDN平台供应商特征识别库更新机制

PCDN特征识别库的实时更新至关重要，网络技术和PCDN应用在不断演进，新的应用和服务不断涌现，同时网络安全威胁也日益增多。只有不断更新识别库，才能确保准确、及时地识别和管理PCDN流量，从而保障网络的高效运行和用户数据的安全。为此，需要对所有PCDN应用进行日常检

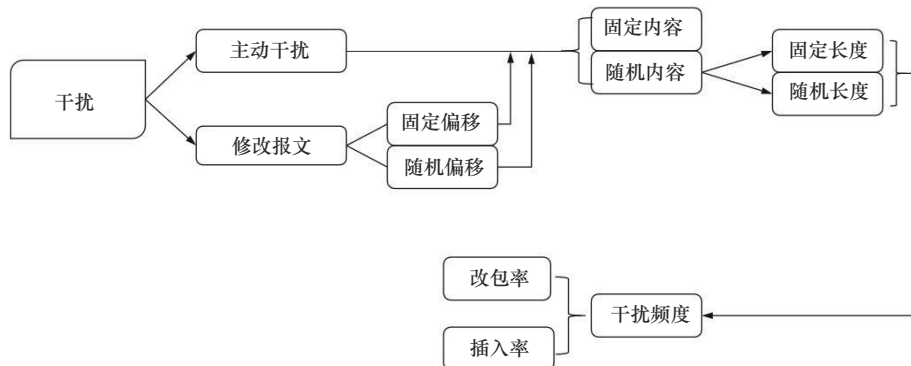


图9 云宽带下PCDN管控方案—干扰



测、跟踪学习和特征更新，工作机制如下。

(1) 发现机制

- 在测试环境搭建实验室，部署指定PCDN软/硬件产品，定期获取该类产品官网最新版本，与现网特征识别库内应用版本比对，若不一致可及时发现、及分析。
- 对测试账号开启PCDN识别和压制策略，对所有PCDN应用进行日常检测，检查周期为每周一次；对于出现PCDN流量无法检出或PCDN应用流量无法管控等异常场景的情况，及时发现及分析。
- 主动分析业务现状，针对高可疑用户未识别上行流量，及时发现及分析。

(2) 学习机制

根据上述发现机制的反馈情况，对有关应用进行特征学习。

对于已知PCDN业务，定时跟踪PCDN业务流量行为特点，结合自动化分析与专家分析手

段，对已知PCDN业务的特征识别库进行新增、优化与维护。

对于未知PCDN业务，在现网中统计分析可疑用户，针对可疑用户，对其上网行为进行自动化检测与专家研判，发现未知PCDN业务。再提取相关流量特征，对未知PCDN业务的特征识别库进行新增、优化与维护。

(3) 发布机制

完成有关特征学习后，更新特征库，并对特征库功能进行效果验证，通过后，对外发布。

(4) 更新机制

通过云网关综合管理平台，完成特征识别库文件存储和更新。

## 2 技术方案部署

PCDN分析控制业务整体网络方案如图10所示，具体如下。

(1) 在CT云上部署云网关综合管理平台和云宽带数据分析平台；云宽带数据分析平台通过

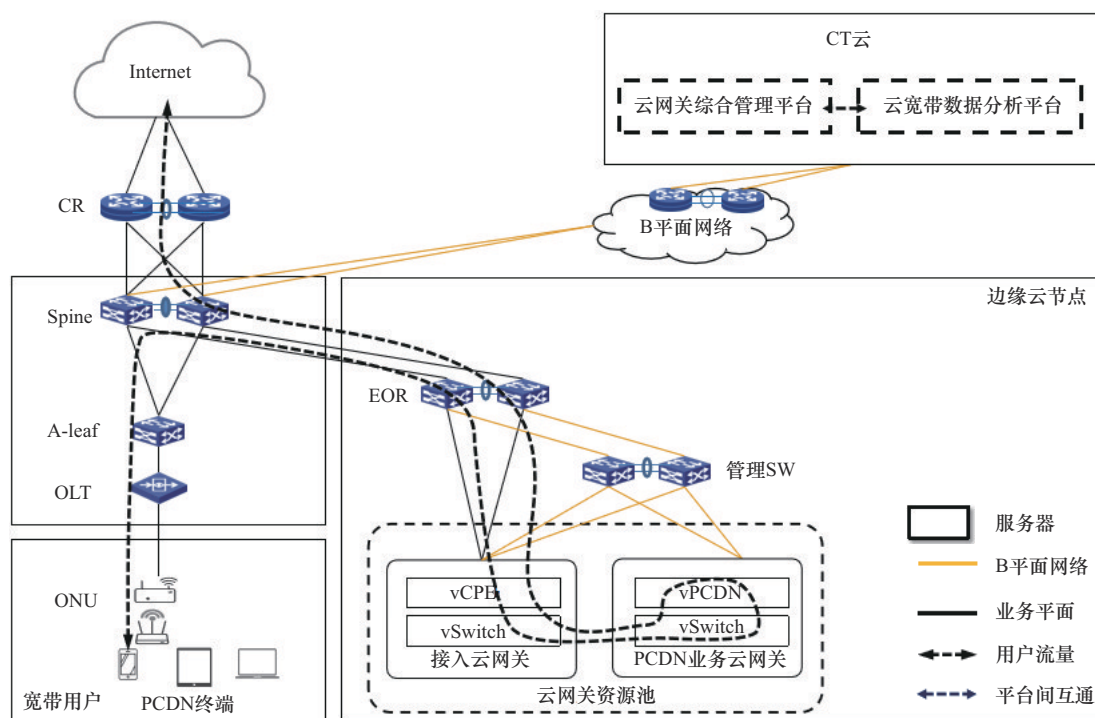


图10 整体网络方案

ENI网络与云网关综合管理平台实现互通。

(2) 云网关综合管理平台通过B平面网络向边缘云的接入云网关和业务云网关下发配置；云网关管理平台与云宽带数据分析平台通过ENI网络打通。

(3) 用户上网流量通过新型城域网调度到边缘云内接入云网关，再由接入云网关通过边缘云内网络调度到PCDN业务云网关。

(4) 业务云网关对用户流量进行分析生成XDR话单，通过B平面网络向云宽带数据分析平台上报XDR话单、管控日志。

(5) 云宽带数据分析平台根据业务云网关上报的日志信息进行统计，分析PCDN业务的会话占比以及流量占比，得出判定结论（PCDN用户、非PCDN用户等）。

### 3 技术验证效果

以上方案可实现云宽带下用户PCDN应用的有效识别和压制，并且随着PCDN供应商策略的调整，PCDN特征识别库可以不断更新，进行有

效应对，具体包括以下内容。

(1) 主流PCDN供应商应用识别的有效性

- 验证环境覆盖云宽带用户2 827个，以2024年9月25日数据为例，试点云宽带PCDN数据分析概览如图11所示，经流量检测，其中2 656个用户检测出PCDN流量，检出率近93.95%，上行总流量480.94 TB，PCDN流量15.61 TB。
- 根据云宽带数据分析平台数据分析，PCDN供应商占比排名如图12所示，TOP3供应商为网心云、爱奇艺、京东云，TOP3共享业务应用为抖音P2P、哔哩哔哩P2P、爱奇艺视频P2P。

(2) 对已识别的PCDN应用流量压制策略

特征识别库已支持检测的PCDN供应商有网心云、聚沙、派享云、博纳云、点心云、甜糖科技、节点之家、金聚大数据、本电科技、蓝山云、鲸享云、星松云、京东云、Niulink等。

云网关提供多种维度的管控手段，支持压制策略灵活组合，管控策略组成如图13所示。

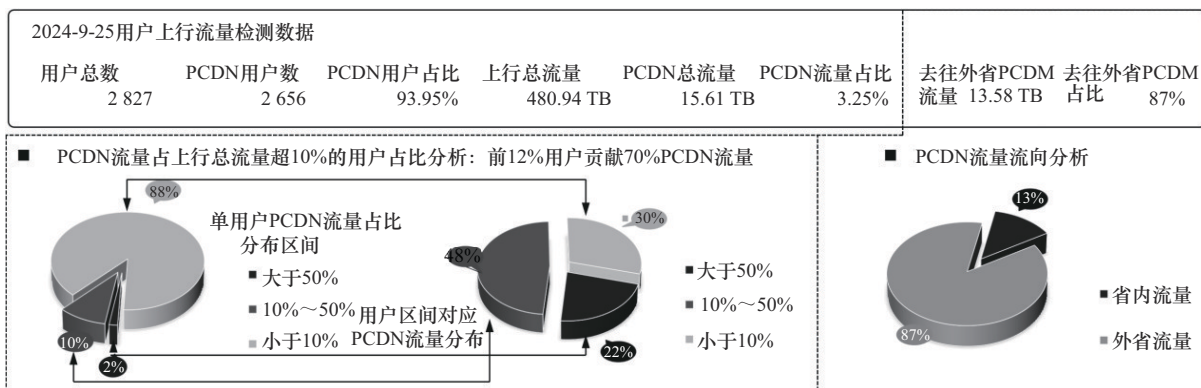


图11 试点云宽带PCDN数据分析概览

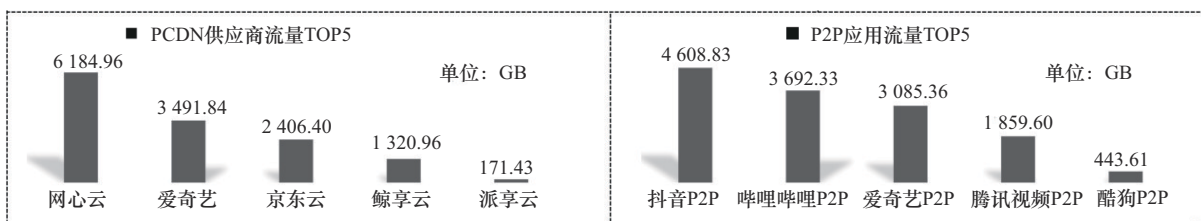


图12 PCDN供应商占比排名

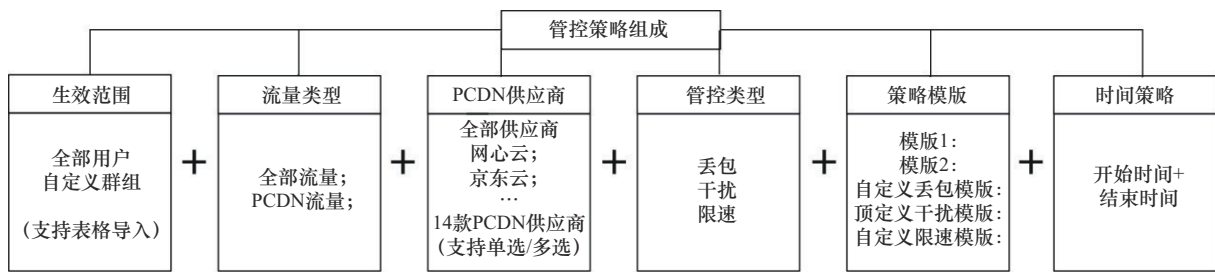


图13 PCDN管控策略

### (3) 特征识别库更新扩充能力

当特征识别库需要更新时，维护人员在云网关综合管理平台中导入新的特征库文件，通过云网关综合管理平台下发至PCDN业务云网关，即可完成更新。

## 4 结束语

在当今互联网数字化时代，PCDN技术以其独特的优势在内容分发领域发挥着越来越多的作用，然而，随着其应用的日益广泛，对PCDN应用的有效监管和管控也提出了新的挑战。

本文旨在深入探讨PCDN的应用识别技术和管控策略，以为相关领域的研究和实践提供有益的参考。

## 参考文献：

- [1] 马蕴颖,王晟寰.基于流量大数据采集分析的互联网流量疏导策略研究与实践[J].电信科学,2024,40(7):144-153.
- [2] 张鹏,王志华.PCDN技术原理及其在视频点播中的应用[J].电视技术,2018,42(9):237-240.
- [3] 李明,陈晓华.基于机器学习的PCDN流量识别方法研究[J].计算机应用研究,2020,37(3):650-654.
- [4] 王刚,刘洋.PCDN的检测与防御策略研究[J].网络安全技术与应用,2019(4):56-59.

### [作者简介]

许燕萍（1980-），女，中国电信股份有限公司上海分公司智能云网操作维护中心高级工程师，主要研究方向为云化网关、智慧家庭终端、政企智能终端及终端运营支撑系统实现等。

曾莹（1977-），女，中国电信股份有限公司上海分公司高级工程师，主要从事新型城域网、云化网关、网络安全的相关产品研发工作。