



中国联通 CUBE-CDN 技术白皮书

中国联通网络技术研究院

2018 年 6 月

目录

- 一、 引言 2
 - 1.1 背景 2
 - 1.2 定位 3
- 二、 新需求及挑战分析 4
 - 2.1 发展需求 4
 - 2.1.1 新业务驱动 4
 - 2.1.2 新技术驱动 6
 - 2.1.3 产业发展驱动 7
 - 2.2 挑战分析 8
 - 2.2.1 挑战 1：紧耦合架构 8
 - 2.2.2 挑战 2：管道化趋势 9
- 三、 总体架构 9
 - 3.1 总体架构及部署 9
 - 3.2 云化 CDN 13
 - 3.2.1 云化 CDN 平台 13
 - 3.2.2 结合 SDN 网络的 CDN 智能调度 19
 - 3.3 边缘 CDN 20
 - 3.3.1 固定网络边缘 CDN 部署 21
 - 3.3.2 移动网络边缘 CDN 部署 22
 - 3.3.3 固移融合边缘 CDN 部署方案 23
 - 3.3.4 边缘虚拟 vCDN 25
 - 3.4 雾 CDN 26
 - 3.4.1 雾 CDN 架构 26
 - 3.4.2 基于机顶盒的雾 CDN 节点 28
 - 3.4.3 基于智能网关的雾 CDN 节点 29
- 四、 演进规划 30
- 五、 结束语 34

一、引言

1.1 背景

CDN (Content Delivery Network) 在互联网中扮演着护航者和加速者的角色,使得用户可就近获取所需内容,在各种网络环境下尽可能地保障内容在转发、传输过程中的连贯性。CDN 如同互联网中的快递员,可将源站的内容分发到分布全球的 CDN 节点,快速地响应用户请求,为用户带来极致的业务体验。

CDN 与互联网业务紧密结合,随着互联网超高速发展,进入“大视频时代”带动了多媒体内容不断丰富、超高清视频业务及应用数量不断激增,大幅推动了对 CDN 发展的需求;同时,云计算、大数据、5G、SDN (Software Defined Network)、NFV (Network Function Virtualization)、物联网、产业互联网、人工智能等新兴技术不断涌现,要求 CDN 进行革新与重构。

中国联通致力于成为“信息生活的创新服务领导者”,着力实施“移动宽带领先与一体化创新战略”,通过提供领先的宽带网络能力以及一体化的服务策略来满足客户各类信息生活需求。充分发挥全国宽带网络资源和服务优势,加快固网宽带升级提速,并推进固定和移动宽带的融合和协同发展。多年来,中国联通的 CDN 服务主要专注于自有视频业务,如 IPTV、手机视频等业务的内容加速服务,积累了覆盖广泛的 CDN 基础设施建设。当前,CDN 面临新一轮的发展机

遇，中国联通将在坚持以“网络运营”为本，在提供高带宽、低时延以及高可靠的网络连接服务同时，基于现有 CDN 现状能力，结合自身网络价值优势，利用新兴 ICT(Information Communications Technology)技术，构建新型 CDN 架构，开放 CDN 能力资源，实现与产业链各方的合作共赢。

1.2 定位

中国联通于 2013 年启动了面向未来可运营的**新一代网络技术体系和架构—CUBE-Net1.0** 研究计划，2015 年，为进一步提升端到端的用户体验、实现 CT 与 IT 深度融合以及云管端协同发展，又开启了新一代网络架构 **CUBE-Net 2.0**，CUBE-Net 的内涵进一步丰富，在面向云服务（Cloud）的基础上，引入面向客户（Customer）、面向内容（Content）等新的服务元素。

本白皮书是中国联通新一代网络架构 CUBE-Net 2.0 中面向内容（Content）的延伸与扩展，遵循 CUBE-Net 2.0 的整体架构及技术演进方向，结合 CDN 的业务属性和技术特性，并随着 CUBE-Net 的架构发展和演进及 CDN 技术的发展同步更新。

中国联通将 CDN 的建设和发展定位为**基础网络设施资源**，聚焦大视频及超高清视频业务，着眼于各类互联网业务的内容分发特性，提升端到端的用户体验、实现 CDN 的云管端协同发展，通过合理利用各类网络节点布局，应用云计算、雾计算、SDN、NFV、P2P、MEC 等新技术，既为自有视频业务提供高效的分发服务，也为互联网内容

服务商、第三方 CDN 服务商提供差异化的能力开放服务，构建覆盖云端、雾端的边缘能力开放的 CUBE-CDN，即面向内容服务的开放商业生态 CDN（**Content-oriented Unlimited Business Ecological Content Delivery Network**），提供灵活的网络调度和内容分发能力，成为内容服务商和最终用户之间的纽带，构建新型的 B2B2C 商业模式，打造合作共赢的开放商业生态环境。

二、新需求及挑战分析

2.1 发展需求

2.1.1 新业务驱动

近年来，互联网数据流量出现爆炸式增长，视频、游戏、社交等业务快速增长，其中视频业务是推动 IP 流量和总体互联网流量增长的主力军，根据思科可视化网络指数（VNI）完整预测，到 2021 年将占互联网总流量的 80%，相比 2016 年的 67% 增长显著。到 2021 年，全球每月互联网视频观看时长将达到三万亿分钟，这相当于每月有长达 500 万年的视频被观看，或每秒大约有 100 万分钟的视频被观看。

随着视频技术的发展，以 4K、8K、VR、AR 等业务为代表的极致清晰、极致鲜艳、极致流畅、360 度视角的超高清视频成为人们新的需求，由此催生了视频业务发展的新时代的到来——大视频时代！

全球电信运营商积极布局大视频业务，中国联通已经将视频业务等同于语音、宽带等业务，作为基础业务发展，在网络规划与发展中增强与优化网络传送视频的能力。

根据 Conviva 用户视频报告的数据，35%的用户把视频观看体验作为选择视频服务的首要条件。当遇到卡顿时，56%的用户会觉得难以忍受，从而选择放弃。随着 4K、8K、VR、AR 等大视频业务的发展，将对网络带来数 10 倍的带宽增长需求。4K 的分辨率为 3840×2160 是高清 (1920×1080) 的 4 倍，经过 H.265 编码后，4K 视频的码率是高清视频的 2~10 倍，对带宽的需求为 22.5M~75M。8K，VR 则对带宽提出了更高的要求，8K 视频的带宽需求为 4K 的 4 倍，约为 90M~300M，VR 则为 4K 的 4~16 倍，每分钟视频的传输数据大约 40-120GB，会需要高效的传输效率，同时由于涉及多镜头内容拼接，对于实时 VR 的显示要求又高，多流内容之间需要同步的传输，可能需要更高的传输质量监测和控制技术。

如此巨大的流量需求，将会给运营商的网络带来前所未有的压力。用户视频服务体验对网络延迟和抖动的变化极为敏感，要求网络具备低时延、高性能。因此，CDN 是保障视频业务快速流畅体验的“利器”。

除了超高清晰度的视频加速服务外，Web 加速、应用加速、文件加速等各类 CDN 服务需求也日益旺盛。对分发过程中的信息安全管理、保障内容分发过程中的安全服务技术要求也成为 CDN 的必备功

能。

因此，要求 CDN 具备新型的内容存储技术、流媒体分发技术、多业务加速技术、路由管理技术、CDN 资源管理技术、用户管理策略、安全监管能力、灵活部署架构、节点向网络边缘下沉部署等将 CDN 资源合理部署，运用多种新技术构建优质新型 CDN。

2.1.2 新技术驱动

5G、云计算、NFV、SDN 和 ICT 等技术的发展催生了 CDN 的发展。

SDN 通过网络设备控制层面与数据层面的分离，基于软件实现了网络流量的智能控制，将网络的管道功能变得更加灵活，实现网络的集中管控与能力开放，并具备可编程的能力。CDN 可通过调用 SDN 的网络感知能力，实现在 CDN 和传输节点传输和控制资源的按需重分配，由此实现 CDN 的灵活调度与最优路由。

NFV 通过使用通用硬件及虚拟化的技术，实现承载部分网络功能，网络资源可以达到灵活调、充分共享的目的，同时实现新业务的快速开发、按需部署、弹性伸缩、故障自愈等能力。将 CDN NFV 化可实现软硬件解耦，实现 CDN 资源的自动部署和流媒体能力的按需分配。

5G 时代将为用户提供极低延时、超大带宽的业务，多接入边缘计算 MEC (Mobile Edge Computing) 是实现这些业务的关键技术，

MEC 可以按需、分场景灵活部署在无线网络的边缘，该架构使得无线网络侧业务可下沉至网络边缘，构建无线边缘云计算环境和网络能力开放平台，由此，无线网络侧的 CDN 边缘节点的下沉可在 MEC 中灵活部署。

随着 ICT 技术的发展，加快了各类智能终端的硬件升级，在计算、存储、处理等性能方面有极大的提升。智能家庭网关、智能机顶盒、智能手机、智能平板等终端设备的硬件性能的提升，可安装各类插件和外接存储设备。利用智能终端长期在线、具有闲置计算资源和存储资源的能力，将 CDN 的应用进一步下沉至用户的家庭终端节点，采用 P2P 技术，形成雾计算能力，由此可提供更加优质的内容分发服务。

2.1.3 产业发展驱动

面对大视频时代下超高清视频业务的快速增长，需要在网络边缘部署大量的 CDN 节点，以提升用户体验。互联网 CDN 服务商、OTT 视频的 CDN 节点只部署在集中的 IDC 内，而边缘节点的部署将面临巨大的带宽资源和机房资源成本投入。而电信运营商则天然具备广泛覆盖在边缘网络资源、海量的用户终端网络的计算资源和带宽资源，但是却缺乏 CDN 的开发、运营能力，面对互联网复杂多样的内容分发需求，无法提供灵活多样的软件迭代开发能力。互联网 CDN 服务商则在 CDN 的技术积累、运营经验、服务品质、网络布局上占有很大优势。有成熟的 CDN 系统软件和支撑系统；电信运营商对 CDN 的运营是互联网转型的重要尝试，CDN 的运营可掌控互联网的内容

及数据信息，通过大数据的分析形成价值链，参与互联网内容及数据运营。

综上，电信运营商与互联网 CDN 服务商在 CDN 的运营上各有千秋，各有发展诉求。因此，电信运营商通过各种网络资源的整合与统一能力开放，可以与互联网 CDN 服务商、OTT 视频内容商进行合作，通过灵活的商业模式，加快整个 CDN 产业的发展，优化用户视频业务的感知，提升用户满意度和粘性，提升内容、感知、成本掌控力，支撑流量运营和增值业务，打造多方共赢的产业圈，助力运营商战略转型。

2.2 挑战分析

2.2.1 挑战 1：紧耦合架构

中国联通已经建设了覆盖全国 31 省各地市的 IPTV CDN，但各省 CDN 独立发展建设，形成了“烟囱式”、“孤岛式”、“紧耦合”的架构，省内多套独立的 CDN 平台共存，与各自的 IPTV 业务平台紧耦合，只能提供 IPTV 业务，不能形成资源共享与互通，无法实现 CDN 资源的能力开放。只能在省内进行服务，不能实现全国的分发能力。

然而，IPTV CDN 已经具备相当大的规模，并且具备大量的下沉至网络边缘层面的节点资源，如何将这些资源进行改造和再利用，形成满足新业务需求、应用新技术发展的新型 CDN 架构，是当前迫切需要解决的问题。一方面为 IPTV 等自有视频业务提供灵活、多样的

服务，另一方面，形成全国统一的 CDN 服务能力，构建 CDN 基础网络服务，将 CDN 进行能力开放，形成新的价值。

2.2.2 挑战 2：管道化趋势

随着互联网 OTT 业务的蓬勃发展，电信运营商逐渐失去优势价值，面临被管道化的困境。主要表现在用户感知受制于内容提供商（CP）及 CDN 服务提供商，互联网企业通过 CDN 逐渐渗透电信基础网络业务。电信运营商很难通过 OTT 业务获利，面临被管道化危机。

由此，电信运营商需要利用自身优势进行转型，运营 CDN 是转型的重要举措。在数据业务时代，CDN 将网络价值最大化，依靠运营商的基础网络、基础设施的资源优势，通过自建互联网 CDN，开展差异化的 CDN 业务服务，以最优的质量、低廉的投资提供业务；通过与互联网 CP/SP 及第三方 CDN 公司的合作，将 CDN 资源进行能力开放。通过对大量流经 CDN 的互联网内容进行数据分析与识别，掌控内容资源、数据资源，构建“双赢”的平台，重新获得运营话语权，避免被管道化的困境。

三、总体架构

3.1 总体架构及部署

CUBE-CDN 的核心思想是构建覆盖云端、网络边缘、雾端的服务能力，可提供固移融合的、面向自营业务 B2C 业务及面向 CP/SP

的 B2B 业务，通过边缘能力开放、网络虚拟化、智能精准调度、P2P 终端服务等技术，构建如图 1 所示的顶层架构，其目标技术架构包含三个部署组成部分。

- 集中控制与资源管理的云化平台部分。
- 下沉固移网络边缘节点服务能力部分。
- 家庭终端提供对等服务的雾节点部分。



图 1 中国联通 CUBE-CDN 目标技术架构

(1) 集中控制与资源管理的云化平台部分

云计算技术在信息通信领域广泛应用，将 IT 基础设施变成如水电一样按需使用和付费的社会公用基础设施，正在成为信息服务的主体模式。CUBE-CDN 将中心控制、管理、存储等部分业务功能部署在

云资源上，可实现计算能力、存储能力和承载调度能力的资源平衡与灵活调配，同时实现统一的能力开放。

云化的平台可提升系统的扩展性和可运营性，在迎接未来业务发展时，可提供更加敏捷的技术支持、自动高效的运营支撑、灵活丰富的业务接入模式，灵活适应各类互联网业务应用，快速响应业务与部署，支持未来新出现的各类新业务。满足自动化、智能化、开放化的运营需求，为多租户提供优质调度路由、QoS 保障等差异化服务保障。同时，提升整个系统的稳定可靠性，当某个节点瘫痪或负荷过重时，自动将用户调度到其他节点服务，防止热点瓶颈的产生，保障用户服务的连续性，提供稳定的服务质量。采用虚拟化的架构，将各类计算资源、存储资源形成虚拟资源池，根据具体需求进行资源动态分配，可大幅节省建设运维成本。

（2） 下沉固移网络边缘节点服务能力部分

随着未来 4K、8K、VR、AR 等超高清视频业务的普及发展，要求网络具备高带宽、高并发、高突发、高感知、低时延的特性。为了降低骨干网络压力，提升用户访问相应速度，规避网络传输过程中的瓶颈，最有效的方案是将 CDN 下沉至网络边缘，为用户提供快速响应的分发服务。边缘 CDN 重点提供边缘节点的内容存储与缓存、局部负载均衡与调度，为边缘用户提供内容分发服务。形成一张敏捷、智能和有价值的边缘 CDN 资源能力。

对于固定网络，CDN 节点下沉至 BNG（Broadband Network Gateway）业务控制网络设备层，在人口稠密的热点地区，可进一步下沉至 OLT 接入网络设备层；对于移动网络，随着 5G MEC 的部署，为 CDN 提供了下沉至移动网络内部的技术解决方案，可根据 MEC 节点的部署及业务规模的需求，可下沉至 IP RAN(Internet Protocol Radio Access Network)汇聚层，在热点业务区，可下沉至基站层。随着 CO（Central Office）重构的发展，构建边缘 DC（Data Central），固移网络挂接在汇聚网络层面的 CDN 节点可融合部署，将移动网与互联网业务深度融合，利用虚拟化技术、SDN/NFV 技术将节点虚拟化，通过云化 CDN 的资源调度，提供第三方应用集成，实现网络和应用的无缝结合。边缘 CDN 是电信运营商的独有的能力资源，可统一开放给各类 CP/SP、第三方 CDN，按需提供资源服务。

固移融合的边缘 CDN 可有效减少超高清视频业务流量传输路径，减少丢包、延时，有利于提高视频业务质量；同时，由于用户视频业务就近得到服务，极大减轻了汇聚网络和核心网络的扩容压力，继而大幅降低网络建设成本。

（3）家庭终端提供对等服务的雾节点部分

随着 IT 技术的发展，家庭终端的计算能力、存储能力越来越强，家庭网关、光猫、机顶盒、路由器等设备数量庞大，并且存在大量的空闲资源。将这些终端资源进行整合，可以作为一个个的“雾节点”，利用 P2P 技术把雾计算的概念引入 CDN 网络，形成“雾 CDN”。雾

计算拓展了云计算（Cloud Computing）的概念，相对于云来说，“雾是比云更贴近地面”，即用户获取内容的节点，雾 CDN 的内容存储及服务相关的处理和应用程序都集中于用户终端的设备中，由终端设备直接为用户提供服务。

雾 CDN 利用终端间的 P2P 传输提供 CDN 服务，将 CDN 的边缘节点延伸至家庭网络内。通过云端的后端调度管理中心将这些终端进行内容资源的部署、雾节点的连接互通，并根据访问需求调度到最优的雾节点，由雾节点直接为各类用户提供服务。

雾 CDN 的引入，为运营商带来诸多好处。首先，由于雾节点离用户更近，时延更小，可以为 4K/VR 等超高清视频提供优质的用户业务感知，提升了用户的业务满意度；其次，由于用户获取的资源更多的位于用户终端上，可以不用从边缘 CDN 节点去获取内容，从而可以大幅缓解边缘 CDN 节点压力，同时节省骨干网络的流量压力，节省网络建设成本；利用宽带网络丰富的“闲置”上行带宽资源，将雾 CDN 资源出租给 CP/SP 及第三方 CDN，从而创造新的业务收入。

3.2 云化 CDN

3.2.1 云化 CDN 平台

云化 CDN 平台将计算资源、存储资源进行池化，具备智能化、高可靠性等优势。为了进一步提升 CDN 的扩展性和可运营性，将 CDN

的中心控制、管理、存储等部分业务功能部署在云资源上，云化 CDN 支持全网流量定向智能化调度、兼容固移网络业务，支持多平台服务器协同管理服务，可实现计算能力、存储能力和调度能力的资源配置与灵活调配，并实现整个 CDN 的统一的能力开放。

云化 CDN 平台充分利用云计算的自动化、快速应用部署和开放接口带来的诸多便利，云化资源池提供了部署的灵活性、自适应、高可靠性、高可扩展性等特性，使得 CDN 资源利用率、服务效率极大地提高，加快了全网资源配置速度，增强了管理控制节点的可靠性，节省了运营建设成本。

云化 CDN 由物理层、平台层及应用层构成，如图 2 所示。

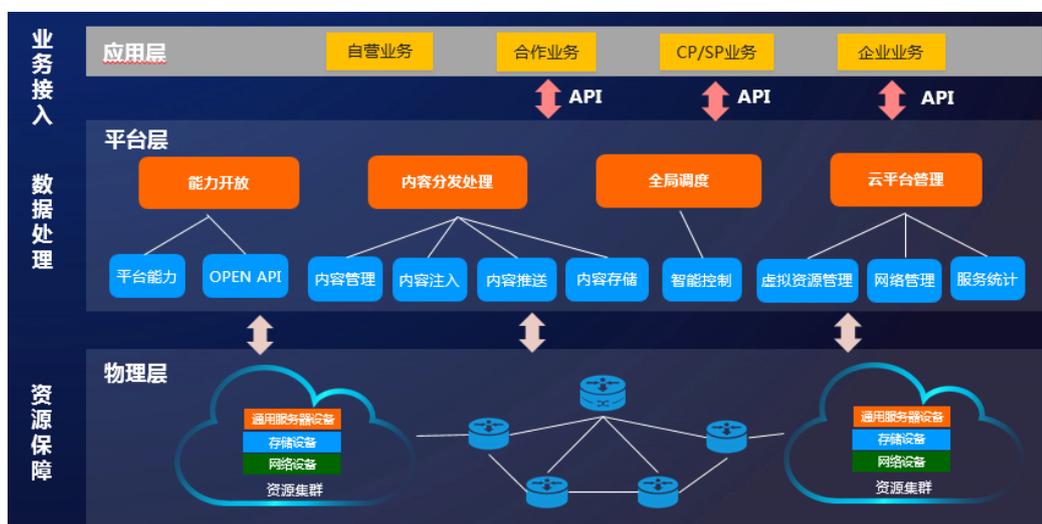


图 2 云化 CDN 架构

(1) 应用层：

应用层提供统一的业务接入，部署各类 CDN 业务，包括 B2B 的

合作业务和 B2C 的自营业务等应用，B2B 业务可面向 CP/SP、互联网企业、第三方 CDN 企业提供 CDN 出租服务；B2C 业务可提供 IPTV、手机视频、OTT 视频、应用加速等服务。依据不同业务的个性化需求，灵活的进行业务服务功能配置，快速适应业务需求的变更。

(2) 平台层：

在物理层所提供的虚拟化资源、网络资源的基础上，将云化 CDN 管理应用部署的虚拟化资源池中，利用云计算海量处理数据的并行处理能力，使得云平台资源具备更高的性能、更高的利用率。

平台层主要包含了内容分发功能、全局调度功能和云平台资源管理等功能，同时提供统一 API 接口向 B2B 业务用户进行能力开放。

➤ 内容分发处理功能

由云化 CDN 统一管理视频、大文件、小文件等内容资源注入、存储调度、内容分发等业务逻辑，由内容注入模块、内容分发模块、存储调度模块组成。

- 内容管理：负责内容在 CDN 内各项属性的信息登记与管理，包括内容 ID、媒体元数据信息、生命周期、内容状态、更新策略等功能。
- 内容注入：根据 CP 的内容注入请求，从指定的地址获取到相应的内容元数据信息及实体文件，并根据相应的文件进行适当的预处理工作，预处理后将内容保存在云化 CDN 内容存

储设备，CP 可根据部署地点，就近选择云化 CDN 中心进行内容注入，多个云化 CDN 中心内部自动实现注入内容的实时同步。

- 内容推送：内容推送依据内容调度策略、边缘节点 CDN 或雾 CDN 的请求进行内容的分发。根据 CDN 中各内容的热度情况、是否新片等，以推、拉的方式动态地调整内容在边缘 CDN 或雾 CDN 中的分布。
- 内容存储：内容存储模块为云化 CDN 系统存储各种内容文件，作为 CDN 系统的中心存储模块，受内容管理模块管理。支持智能空间管理，根据磁盘空间、内容访问热度等多种策略更新自身存储内容，以提高缓存命中率。可实时查看云化 CDN 内存存储占用情况并提供内容列表。

➤ 全局调度功能

主要负责接受终端用户业务访问请求，作为 CDN 业务的访问入口，负责将用户根据策略调度到不同的 CDN 节点进行服务调度，并为各类终端用户提供业务服务。

- 智能控制模块

智能控制模块负责 CDN 系统的全局调度控制，根据调度策略将其调度到合适的节点提供服务。在接收用户的服务请求后，查找内容的存储位置，根据节点的健康状况、负载情况将服务调度到最优的节

点，由节点业务服务器向用户提供服务，智能调度的准确性和效率决定了整体 CDN 的效率和性能。

智能控制模块支持基于 DNS 解析、HTTP 重定向、IP 地址调度等多种调度方式。随着承载网络向 SDN 方向的发展，智能控制模块可通过与网络 SDN 控制器之相互协同合作，灵活满足用户的网络需求，是未来构建内容分发网络的智能调度功能的重点。

➤ 能力开放

在云化 CDN 平台提供并建立 OPEN API(Application Programming Interface)应用接口体系，提供了一个通用的 CDN 服务能力，允许各类企业用户（CP/SP、第三方 CDN 服务商）调用中国联通 CDN 资源。

当终端用户向企业用户的业务发起内容请求时，由企业用户控制，既可以使用其自有的 CDN 节点进行内容传输，同时也可以通过 API 接口将用户请求发给中国联通开放的 CDN 资源服务于终端用户。云化 CDN 对 API 接入的权限进行控制，使得企业用户安全地使用中国联通的 CDN 资源节点。

在 OPEN API 接口中，定义了企业用户自身的调度控制模块和云化 CDN 的调度控制模块交互所需信息，通过开放式的多级调度控制模块对接，可以跟踪并记录内容访问历史、轨迹，终端用户的位置信息、内容信息等，通过接口将这些信息开放给云化 CDN 和企业用户，最终由调度控制模块进行调度，选择距离终端用户最近、传输链路最

短、链路带宽最宽的节点进行内容分发。

➤ 云平台管理

● 虚拟资源

管理各类虚拟化资源的生命周期，根据用户需求添加、移除或更改虚拟资源的配置，是共享计算资源、网络资源、存储资源的集中管理模块，同时支持多租户管理功能，为不同的租户提供差异化的支撑。实现云平台虚拟服务器资源、存储资源、网络资源的统一管控。

● 网络管理

网络管理对云平台进行全方位的指标监控，包括服务器、数据库、网络设备等网元的负载和性能等指标监控。提供云化 CDN 设备的网络拓扑结构，提供分级的网络拓扑图像及其相关信息，维护和管理网络资源，并按照多种业务策略配置监控告警策略。

● 服务统计

提供统一的服务统计功能，实时收集云化 CDN、边缘 CDN 及雾 CDN 的运行状态、网络状态、用户访问数据等各类日志数据，根据服务对象提供统计分析功能。

(3) 物理层：

为平台层提供所需要的计算、存储和网络资源，由 x86 通用服务器、网络设备、存储设备等组成，通过虚拟化等技术将物理资源池组化，作为基础设施资源保障所提供的能力被平台层按需使用和访问。

在云化 CDN 的部署上，为了保障整体云化 CDN 系统的高可靠性，云化 CDN 的部署采用分布式多中心方式。选取全国不同区域或地市的机房部署两个或多个资源集群，进行分布式的建设；多个中心的功能、地位相同，互相协同工作，并行的为业务访问提供服务。并且当其中一个云化 CDN 中心故障无法服务的情况下，其他的云化 CDN 中心可以快速接管业务，达到异地备份的效果，实现用户业务的故障无感知。

3.2.2 结合 SDN 网络的 CDN 智能调度

随着未来 SDN 技术的成熟和应用，CDN 网络可按需获取 SDN 网络资源。如图 3 所示，根据 CDN 业务需求实现精准调度和配置网络资源，通过与 SDN 控制器协同工作，实时调用 SDN 网络连接、拓扑、带宽和 QoS 等网络能力，结合 CDN 网络感知用户业务质量的能力，基于用户体验为各类终端用户提供差异化的、实时的、动态的内容分发服务。

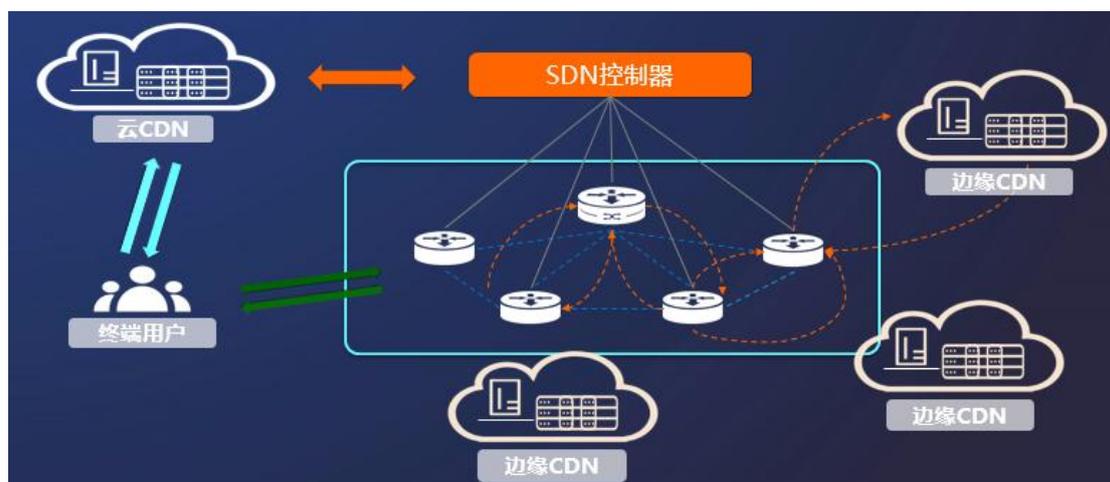


图 3 基于 SDN 网络的 CDN 智能调度

SDN控制器可以根据实时网络流量，在网络上实现用户流量的转发控制，从实时并发网络流量、历史网络链路资源负荷两个维度上进行策略配置，通过SDN控制器动态计算网络拓扑和流量状态并分配最优路径，最大化利用网络资源，让节点提供服务。

结合SDN控制器，云化CDN的调度将从传统的基于负荷调度机制转变为基于终端用户体验和网络资源的智能调度。根据终端用户行为、业务模型，CDN节点在线并发的时间曲线，云化CDN调度按照业务需求向SDN控制器申请网络资源，SDN控制器依据业务需求进行网络资源的调度和策略配置的优化，实现内容分发网络智能、灵活的资源调度。

3.3 边缘 CDN

边缘 CDN 是部署在网络边缘节点，为高带宽、低延时类业务提供高质量的内容分发服务，边缘节点提供内容存储与缓存、局部负载均衡与调度等功能。边缘 CDN 架构如图 4 所示。



图 4 边缘 CDN 架构图

固定网络边缘 CDN 节点一般部署在 SR/BNG 网络设备层，在热点地区、人口稠密地区下沉至 OLT 接入网络设备层，让 CDN 节点更贴近用户。移动网络边缘 CDN 节点是随着未来 5G 网络 MEC 部署架构进行移动 CDN 节点的下沉部署。随着 NFV、虚拟化的技术发展，将边缘 CDN 向虚拟化 vCDN 演进。

3.3.1 固定网络边缘 CDN 部署

固定网络边缘 CDN 网络以基础承载网络模式构建，向下服务多种终端用户，采用分布式的架构建立高效综合的内容分发网络，从而更好地支持超高清视频业务，部署方式如图 5 所示。



图 5 固定网络边缘 CDN 部署

➤ 地区级固网边缘 CDN 部署

地区级固网边缘 CDN 部署在某省、地市的核心机房内，旁挂于城域网 CR 设备。

在业务流量相对较小，带宽容量充足的地市，地区级的边缘 CDN 可满足该地区的全部业务需求；在业务量较大的地市，地区级的边缘 CDN 与更下级的边缘 CDN 协同工作，可以作为区域级 CDN、热点地区

边缘 CDN 的服务能力的补充和服务中继节点。

➤ 区域级固网边缘 CDN 部署

边缘 CDN 部署在城域网的 SR/BNG 网络设备层，边缘 CDN 节点旁挂于多个 SR/BNG 进行部署，区域级 CDN 服务范围覆盖依赖于 SR/BNG 的覆盖范围，适用于大规模、大流量的视频内容分发业务。

固网边缘 CDN 部署在 SR/BNG 是目前采用较多 CDN 部署方案，从传输链路上来看比较接近用户，为用户提供服务在传输路径较短，服务质量可以得到比较好的保障。减少了核心 CR 至 SR/BNG 之间和大带宽业务流量对核心网 CR 设备的容量冲击，降低了核承载心网的压力。

➤ 热点地区边缘 CDN 部署

在部分热点地区可将 CDN 部署到接入机房进行部署。热点地区边缘 CDN 节点可旁挂于 OLT 或接入交换机等设备下。

对于人口密集、超高清视频业务需求量大的社区、企业园区、校园等热点地区选择性部署热点边缘 CDN。热点边缘 CDN 为用户提供服务时，业务流量只需要通过家庭网络与接入网络设备之间这段链路进行传输，传输路径最短，时延最低，视频服务质量可以得到良好的保障，对核心网络带宽压力大幅的下降。

3.3.2 移动网络边缘 CDN 部署

移动网络边缘 CDN 可依托于 MEC 进行部署，MEC 运行在物理平台或虚拟化平台上，承载和部署本地应用，在 MEC 的 IaaS 层部署

移动边缘 CDN 节点，基于中国联通 LTE 网络 MEC 的三种典型部署方式，对应移动边缘 CDN 有相应的三种部署方案，如图 6 所示。



图 6 基于 MEC 的移动边缘 CDN

- 边缘级移动 CDN：随着 MEC 部署于基站与回传网络之间。该部署情况下，CDN 节点服务于少数基站下终端用户，终端用户和 CDN 服务节点之间传输影响较小，传输链路时延最短，更贴近终端用户侧提供最短路径的服务。
- 区域级移动 CDN：随着 MEC 部署于汇聚层和接入层之间。在区域级的场景下，可以服务于某些固定范围内的移动 CDN 业务，如：大型商业 Mall、大型场馆、园区等面积较大区域，针对范围内进行定制化的 CDN 加速服务，覆盖范围面积较大，时延也比较低。
- 地区级移动 CDN：部署在汇聚核心层，可以覆盖相对较大的区域范围，这种部署方式可以适用于某些区域性业务，相较于边缘、区域级别的部署延迟相对较大。

3.3.3 固移融合边缘 CDN 部署方案

未来新一代的网络是以数据中心 DC 为中心的网络，中国联通的

部分网络局点 CO 改造后形成边缘 DC，将部署通用服务器、存储资源、DC 交换机、控制器、协同器、虚拟网络功能、各类应用软件、接入设备、城域网设备等，实现固网资源、无线资源的集中控制和管理，固移融合边缘 CDN 节点可部署在边缘 DC，同时挂接固网和移网的汇聚网络层面设备，实现边缘 CDN 的固移融合部署，如图 7 所示。

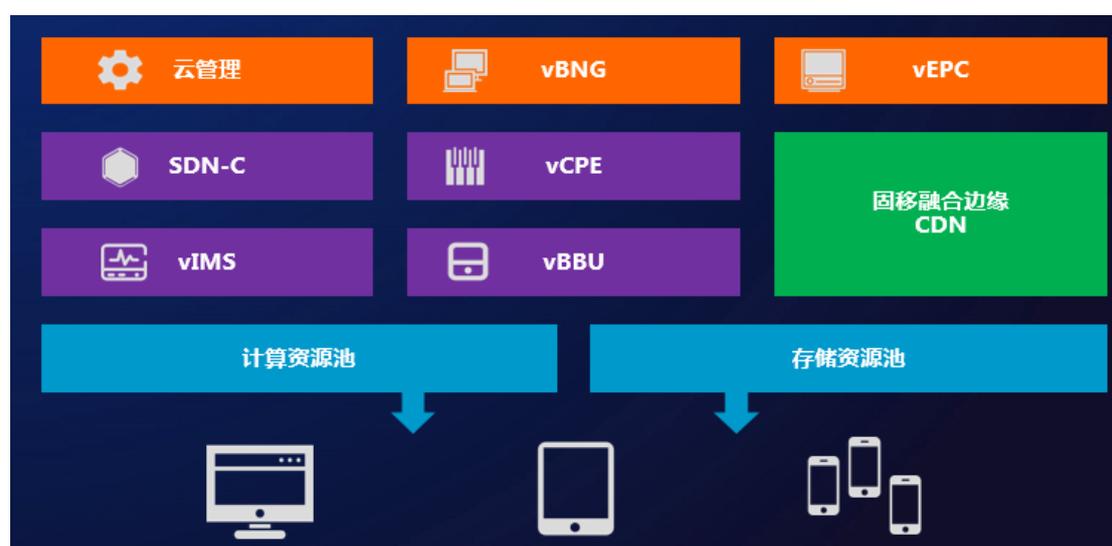


图 7 边缘 DC 固移融合边缘 CDN 部署

将固移融合边缘 CDN 节点下沉部署在边缘 DC 内部，边缘 CDN 既可服务于固网 CDN 业务，同时也可以服务于移网 CDN 业务，提高了边缘 CDN 的资源利用率，又极大的降低了边缘 CDN 的投资建设成本。

在未来面向 CO 重构、5G 无线技术的发展、边缘 CDN 固移融合业务场景，边缘 CDN 节点的下沉更能发挥网络运营商网络控制优势，体现运营商的竞争优势，提供更开放、丰富的固移融合 CDN 服务。

3.3.4 边缘虚拟 vCDN

传统的 CDN 系统依赖于专用 CDN 硬件设备，虚拟 vCDN 部署在虚拟化平台所提供的计算资源、存储资源和网络资源，允许 vCDN 能够在数分钟之内完成 CDN 资源的调整和部署，而不用更长的项目实施周期，能够大幅降低 CDN 部署的时间成本以及建设成本，如图 8 所示。

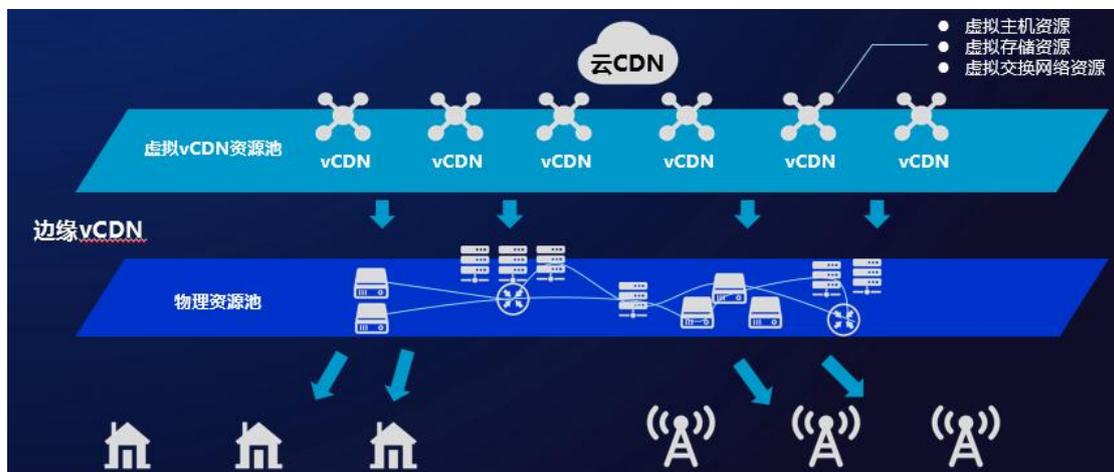


图 8 虚拟 vCDN 部署

边缘 CDN 部署在边缘 DC 和 MEC 所提供的虚拟资源池之中，结合云化 CDN 和 vCDN 技术将所有边缘节点进行虚拟化管理，将 CDN 的服务能力进行弹性的扩展，为不同业务提供不同的虚拟节点进行服务，动态按需规划 vCDN 资源，使得 vCDN 的使用率最大化，依托云计算实现 vCDN 能力的编排与调度，形成虚拟 CDN 资源池，包括：虚拟主机资源、虚拟存储资源和虚拟交换网络资源。

虚拟 vCDN 可以达到资源的一点管控、一次集成，达到全国多地域、本地及远程部署效果，根据企业用户的业务需求，提供差异化、

快速精准的服务响应。

3.4 雾 CDN

在家庭网络中部署着多种终端设备，包括家庭网关、机顶盒、路由器等。这些设备分布广泛且数量庞大，把雾计算的概念引入未来 CDN 的架构中，将家庭网络中的终端设备作为雾计算的节点，引入 P2P 技术构建雾 CDN 节点。通过云化 CDN 智能调度模块将雾 CDN 进行连接，最终 CDN 系统的服务节点可以下沉延伸至家庭网络内部，使得雾 CDN 节点离终端用户更近，时延更小，提升 4K 等超高清大带宽的业务体验和用户感知。

雾 CDN 的部署，可以极大缓解传统 CDN 服务节点的承载压力，提升 CDN 网络在节点分布少和流量高峰时期的整体服务能力。同时由于距离用户更近，在终端上可直接掌握视频播放体验，实时调整优化 CDN 调度的算法，保障服务质量。

3.4.1 雾 CDN 架构

雾 CDN 的部署部署在家庭网络内部，由云化 CDN 管理调度，整体架构如图 9 所示。

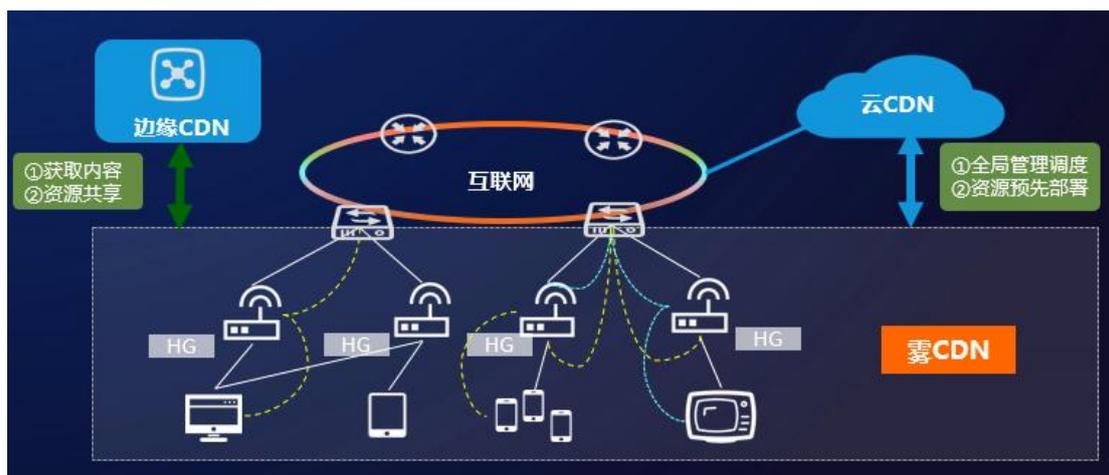


图9 雾 CDN 系统架构图

雾 CDN 作为资源分享的 Peer 点，由安装了 P2P 软件的终端设备组成。具有 P2P 服务和使用功能，可以从其他 Peer 点获取资源，同时也可以为别的 Peer 点提供资源。

通过云化 CDN 智能调度模块进行雾 CDN 节点的调度控制，由云化 CDN 内容分发处理功能进行雾 CDN 资源预部署，由服务统计模块对雾 CDN 进行数据统计。

内容分发处理功能的内容推动模块，可以根据业务需求将热点资源提前部署到雾 CDN 节点内，当有业务触发时，雾 CDN 节点的 P2P 使用模块去云化 CDN 智能控制模块请求获取资源，调度控制根据预先部署的资源列表返回多个 Peer 点提供服务，雾节点 CDN 内部 P2P 使用模块和其他 Peer 点之间进行资源共享和获取。



图 10 雾 CDN 系统组成

3.4.2 基于机顶盒的雾 CDN 节点

传统的 IPTV 网络，边缘 CDN 一般部署在城域网出口 CR 处，机顶盒资源需要从边缘 CDN 处获取，通过接入网到家庭终端，最终到机顶盒，用户的网络时延=CDN+家庭网络+终端时延。随着 4K、8K 等超高清视频的发展，这类业务对时延要求苛刻，为了满足这类业务的用户感知，可以把 CDN 的边缘节点延伸至机顶盒，通过在机顶盒上安装 P2P 的软件，每一个机顶盒形成一个 Peer 点，可以从别的 Peer 点获取资源，也可以从现网边缘 CDN 获取。同时也可以为别的 Peer 点提供资源。更多的资源从机顶盒之间获取，大大缓解了边缘 CDN 的分发压力；同时网络时延大大降低，从而可以保障超高清视频业务的用户感知，满足了 IPTV 新业务的发展需求。

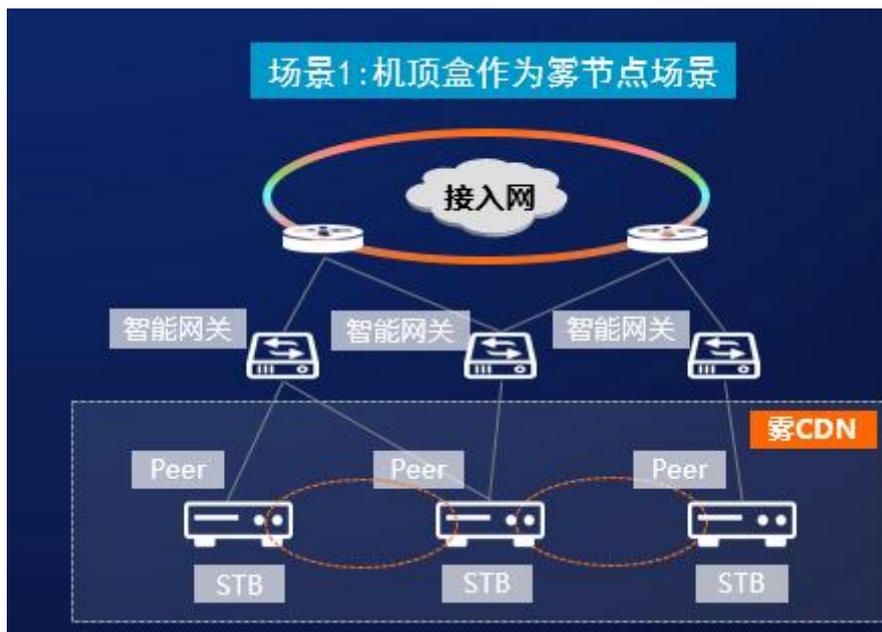


图 11 机顶盒作为雾节点场景

3.4.3 基于智能网关的雾 CDN 节点

传统的家庭网关，功能仅限为家庭终端的接入。随着网关技术的发展，网关日益智能化，可以在家庭网关上部署应用，通过智能网关管理平台管理联通家庭网络中的网关设备，未来家庭用户通过手机终端 APP 就可以对网关应用进行管理。



图 12 智能网关作为雾节点场景

通过在智能网关上安装 P2P 软件，每一个智能网关作为 P2P 服务模块，形成一个个雾节点。将智能网关的能力进行开放，通过与内容提供商合作，将分布广泛且数量庞大的雾节点为内容提供商提供服务，由此节省 IDC 机房的投入，增加用户数量，同时也为运营商增加了收入，构建双赢业务模式。

四、演进规划

中国联通 CUBE-CDN 将依托于已经广泛覆盖于全国 31 省的 IPTV CDN 进行演进发展，现网各省 CDN 存在诸多问题，与 IPTV 业务平台采用紧耦合的架构进行建设，省内多厂家 TV 业务平台不支持与异厂家 CDN 对接，资源利用率及复用度较低，CDN 以软硬件一体专用化设备建设为主，建设成本高，不易扩展。

中国联通 CDN 的演进过程中要充分利用已有 CDN 的节点资源、

网络资源，最大限度保护已有投资，在此基础上进行功能扩充、网络跨接、接口改造、架构重组，将此部分演变成目标架构的边缘 CDN 部分和云化 CDN 部分，并同时发展雾 CDN 部分，最终逐步形成覆盖云端、雾端的边缘能力开放 CDN 目标架构。中国联通 CUBE-CDN 架构的分四个阶段演进规划如图 13 所示。



图 13 CDN 的四个阶段演进规划

(1) 第一阶段，实现 CDN 的解耦，将 CDN 资源从 IPTV 系统中独立出来，为未来 CDN 发展提供基础资源。

1) 实现 TV 业务平台与 CDN 解耦，针对现网紧耦合的建设模式，打破厂家之间互通的技术壁垒，将 CDN 与 TV 业务平台的内容管理平台、业务管理平台、EPG 间接口标准化，实现异厂家系统对接。

2) 实现 CDN 基于通用服务器部署的标准化配置，将 CDN 软件和硬件解耦，通过在通用服务器上部署专用软件，一方面降低在专用设备上大规模的投入，另一方面实现灵活的系统开发和资源复用能力。

针对不同吞吐能力的通用服务器形成统一的配置要求。

3) 实现融合承载多业务的 CDN 服务体系, 针对 IPTV、移动视频、OTT TV、4K 等业务需求, 增加对外出租业务模式、多终端服务能力、多种媒体协议的支持, 满足融合业务统一承载目标。

4) 实现多网互通能力的 CDN 网络, 将 CDN 系统同时跨接互联网公网、IPTV 专网及移动互联网, 支持区分不同网络接入的用户请求进行服务。

(2) 第二阶段, 实现 CDN 的全国互联互通, 将各省孤立的 CDN 与骨干 CDN 进行对接, 形成“一点注入、全网分发”的全国统一 CDN 架构。

1) 实现省内 CDN 异厂家之间的资源互通, 通过省内统一 GSLB 作为省内 CDN 业务调度的总入口, 作为 IPTV 业务指向 CDN 的唯一入口。可掌控不同厂家 CDN 的资源能力, 实现灵活调度。

2) 构建全国骨干 CDN, 即国家级 CDN, 可在全国范围内进行内容分发。实现统一调度、统一存储、统一管理功能, 打造云化 CDN 的基础服务能力。

3) 实现全国骨干 CDN 与省内 CDN 的对接, 定义标准对接接口, 包括内容注入接口、内容回源接口、全国调度接口等, 将在省内孤立的多套 CDN 整合一套全国 CDN 服务能力, 实现全国 CDN 资源共享。

4) 实现雾化 CDN 的部分区域部署, 选择宽带用户规模较大的省

份，在家庭网关或机顶盒上部署 P2P CDN 插件，并与现网 CDN 实现连通，初步实现雾化 CDN 的部署。

(3) 第三阶段，实现固网边缘 CDN 的能力开放，整合固网边缘 CDN 的资源，通过云化 CDN 部分的统一规范化的 API 接口完成对外服务。

1) 实现固网边缘 CDN 的资源整合，将全国各省边缘 CDN 部分由标准化的调度系统、网管系统进行统一管理和控制。

2) 构建能力开放 API，将固网边缘 CDN 实现能力开放，在云化 CDN 中构建能力开放平台，通过 API 实现内容注入、鉴权计费、分发回源、流量控制等功能。

3) 规模化部署雾端 CDN，在全国范围内全面部署 P2P CDN，形成规模化的雾 CDN，并和边缘 CDN 进行联动，可由统一调度系统进行资源控制，同时可由 API 进行能力开放。

(4) 第四阶段，全面实现覆盖全国的云+边缘+雾 CDN 的固移融合能力开放 CDN 架构。通过“开放、合作”，与 CP/SP、第三方 CDN 服务商等开展包括业务、资源等多方面合作。

1) 实现 5G 移动网络下基于 MEC 的移网边缘 CDN 的部署，将 CDN 下沉至移动网络内部，满足移动网内对时延和带宽更敏感的业务实现就近分发服务。

2) 构建固移融合的边缘 CDN，随着 CO 重构的进行，在边缘

DC 内，将固网的边缘 CDN 及基于 MEC 的移网边缘 CDN 进行同址部署，并将调度系统和内容存储资源实现共享。同时可由云化的统一调度系统进行动态的资源调度分配。

3) 实现虚拟 CDN 部署，通过在边缘节点上应用虚拟化技术，实现存储资源虚拟化、媒体服务资源虚拟化、局域网络资源虚拟化，由此构建边缘虚拟 CDN 资源池。

4) 实现基于 SDN 的精准 CDN 调度控制。通过与基于 SDN 的传输承载网络控制器的协同，实现基于用户体验和资源调度的负载均衡和智能调度，保障和提高用户体验。

五、结束语

CDN 作为一项互联网技术，已经发展了十多年，从相对边缘的增值应用服务已经发展成为今天全球互联网领域中主流的应用服务，随着 SDN/NFV、物联网、云计算、移动互联网、智能终端等新技术的广泛应用，4K/8K、VR/AR 等超高带宽码率的视频业务越来越普及，宽带中国、互联网+、信息消费扶植等政策的制定和实施，用户对互联网流量的需求将空前增大，对业务体验质量的要求也越来越高，CDN 已经成为互联网业务发展的必要部分，并将成为网络基础设施的重要部分。

在技术和业务的驱动下，要求 CDN 具备新的功能和架构，节点距离用户更近、资源共享能力更高、全网调度更加精准、覆盖网络范

围更广、服务用户类型更多、部署应用速度更快、建设运维成本更低等。中国联通 CUBE-CDN 就是顺应这些服务要求和技术新趋势而提出的新一代 CDN 架构。CUBE-CDN 构建覆盖云端、雾端及边缘计算的固移融合的新型 CDN 网络架构，通过能力开放与虚拟化架构，为互联网的内容分发提供弹性高效、灵活敏捷的“内容快递”基础设施。

“开放、合作”是中国联通长期秉承的理念。CUBE-CDN 的核心思想在于能力开放，为互联网内容分发产业构建新生态。同时，我们也真诚地欢迎更多的 CDN 产业伙伴共同参与到联通 CDN 的发展建设中，共同进行新技术研究、新产品开发、新业务创新。

附录：缩略语

API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
APP	Application	应用程序
AR	Augmented Reality	增强现实技术
BBU	Building Base band Unit	基带处理单元
BRAS	Broadband Remote Access Server	宽带远程接入服务器
BNG	Broadband Network Gateway	宽带网络网关控制
B2B	Business-to-Business	企业对企业
B2C	Business-to-Customer	企业对用户
CDN	Content Delivery Network	内容分发网络
CP	Content Provider	内容提供商
CO	Central Office	电话交换局
DC	Data Center	数据中心
CR	Core Router	核心路由器
EPC	Evolved Packet Core	分组核心演进
eNB	Evolved Node B	基站
EPG	Electronic Program Guide	电子节目指南

GGSN	Gateway GPRS Support Node	网关 GPRS 支持节点
GSLB	Global Server Load Balance	全局负载均衡
HG	Home Gateway	家庭网关
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	超文本传输协议
IPTV	Internet Protocol Television	交互式网络电视
ICT	Information and Communication Technology	信息和通信技术
IDC	Internet Data Center	互联网数据中心
ID	Identification	唯一标识
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP 多媒体子系统
IT	Information Technology	信息技术
IP	Internet Protocol	网络之间互连的协议
IaaS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
LTE	Long Term Evolution	3GPP 长期演进
MEC	Mobile Edge Computing	移动边缘计算
NFV	Network Function Virtualization	网络功能虚拟化
OLT	Optical Line Terminal	光线路终端

OTT	Over The Top	互联网业务
QoS	Quality of Service	服务质量
P2P	Peer-to-Peer computing	对等计算
RAN	Radio Access Network	无线接入网
SDN	Software Defined Network	软件定义网络
SR	Service Router	业务路由器
STB	Set Top Box	机顶盒
SW	switch	交换机
SP	Service Provider	服务提供商
vCDN	Virtualized Content Delivery Network	虚拟化内容分发网络
VNI	Visual Networking Index	思科可视化网络指数
VR	Virtual Reality	虚拟现实技术
WEB	World Wide Web	全球广域网
5G	5th-Generation	第五代移动通信技术

