

CDN 视频算力与边缘计算融合研究

刘小桥

中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司, 重庆 401147

摘要 : 随着网络视频内容的爆炸性增长, 用户对高质量、低延迟的视频服务需求日益增加。为满足这一需求, CDN (内容分发网络) 与边缘计算技术的融合成为一个热门的研究方向。通过 CDN 视频算力与边缘计算的融合将为视频服务带来更高的效率、更低的延迟和更好的用户体验。随着技术的不断发展和完善, 相信这一融合技术将在未来得到更广泛地应用和推广

关键词 : CDN (内容分发网络); 视频算力; 边缘计算; 融合策略; 性能优化

Research on Convergence of CDN Video Arithmetic and Edge Computing

Liu Xiaoqiao

China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd., Chongqing Branch, Chongqing 401147

Abstract : With the explosive growth of online video content, there is an increasing demand for high-quality and low-latency video services from users. To meet this demand, the convergence of CDN (content delivery network) and edge computing technology has become a popular research direction. The convergence of CDN video arithmetic and edge computing will bring higher efficiency, lower latency and better user experience for video services. With the continuous development and improvement of the technology, it is believed that this convergence technology will be more widely used and promoted in the future.

Keywords : CDN (content delivery network); video arithmetic; edge computing; convergence strategy; performance optimization

一、引言

随着移动互联网的普及和5G技术的快速发展, 视频内容已经成为人们日常生活中不可或缺的一部分。视频 CDN 的出现, 正好满足了市场对高效、稳定视频传输的需求。视频 CDN 与边缘计算的融合, 会产生两大优势:

第一, 提升用户体验: 通过部署在各地的边缘节点, 视频 CDN 可以快速、稳定地将视频内容传输给用户, 大大提高了用户体验。同时, 边缘计算技术的应用可以进一步减少数据传输延迟, 提升视频传输的实时性和流畅性。

第二, 优化资源配置: 边缘计算将数据处理和分析任务推向网络边缘, 减轻了中心服务器的负载压力。这使得 CDN 视频算力能够更加高效。

综上所述, CDN 和边缘计算都是现代网络技术的重要组成部分, 它们各自在提升用户体验、降低成本、提高安全性和处理效率等方面发挥着重要作用, 两者结合将产生最大效益。

二、CDN 与边缘计算概述

CDN 全称 Content Delivery Network, 即内容分发网络。随着互联网迅猛发展和广泛应用, CDN (Content Delivery Network, 内容分发网络) 的重要性在过去近二十年间不断凸

显。IDC (国际数据公司) 数据显示, 国内 CDN 市场规模在2014年为6.8亿美元, 到2021年已达59.3亿美元, 7年间增长8倍之多, 且预计2025年将达到173.1亿美元, 这使得云厂商、基础运营商等多行业巨头并肩涌入 CDN 市场^[1]。CDN 是一个策略性部署的整体系统, 通过在全球多个地理位置分布服务器来存储和分发网站的静态资源, 它的主要目的是通过更接近用户的位置提供网页和其他网络内容, 从而显著减少延迟。它通过内容复制、智能内容分发和缓存机制来实现这一目标。提升用户体验、降低带宽成本、提高可靠性和可用性、提高安全性均为 CDN 重要特点。

它的工作原理主要如下:

缓存静态资源: CDN 将网站的静态资源 (如 HTML、CSS、JavaScript、图像、视频等) 缓存到分布在不同地理位置的服务器上, 这些服务器被称为边缘服务器或节点。

DNS 解析和选择最近的节点: 当用户尝试访问一个使用 CDN 的网站时, DNS 解析过程会被引导到 CDN 提供商的服务器^[2]。CDN 的 DNS 解析会返回一个最佳节点的 IP 地址, 选择基于用户的地理位置、服务器的负载情况和其他因素。

请求分发: 一旦用户的请求到达 CDN 节点, 节点会根据资源的缓存情况来决定如何处理请求。如果资源已经缓存在该节点上, 它会直接返回缓存的资源; 如果资源没有缓存, 节点会根据配置的缓存策略, 从源服务器获取资源。

因此，CDN 的优点就是通过缓存和就近访问的方式，显著减少了用户访问网站时的网络延迟和带宽占用。

边缘计算作为一种新型计算模式，将数据处理和分析任务从中心服务器推向网络边缘，靠近物或数据源头的一侧，采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台，就近提供最近端服务^[9]。从而减少了数据传输延迟，提高了处理效率，满足实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。

它的主要优势包括：

分布式计算和实时性提升：边缘计算将数据处理和分析任务推向网络边缘，减少了数据传输延迟，提高了处理效率。这使得许多实时性要求较高的应用（如自动驾驶、智能制造等）能够在边缘端得到快速响应和处理。

减少数据传输延迟：由于数据处理和分析任务在边缘端进行，减少了数据在中心服务器和边缘设备之间的传输距离和时间，从而降低了数据传输延迟^[4]。

提高服务质量：边缘计算能够提供更快的响应速度和更稳定的服务质量。通过减少数据传输延迟和提高处理效率，边缘计算可以确保用户请求得到及时响应和处理，提高用户满意度和忠诚度。

三、CDN 视频算力与边缘计算融合的必要性

CDN 视频算力与边缘计算融合的必要性主要源于互联网用户对视频内容传输速度和高质量的要求。以下是 CDN 与边缘计算融合在视频传输中的优势：

(1) 满足用户对视频传输速度的需求，随着互联网技术的不断发展，用户对视频内容的传输速度要求越来越高^[5]。CDN 视频算力与边缘计算融合通过将内容分发和计算资源推向网络边缘，能够显著减少数据传输的延迟，从而满足用户对快速视频传输的需求。

(2) 提升视频传输质量，用户对视频内容的质量要求也日益增加，包括高清、流畅、无卡顿等。CDN 与边缘计算的融合能够确保视频内容在传输过程中的稳定性和可靠性，提升视频传输质量，满足用户对高质量视频内容的期待。

(3) 提高视频内容的访问速度，CDN 通过在全球各地的服务器节点上缓存视频内容，使用户能够从最近的节点快速获取所需内容。而边缘计算则将计算资源推向网络边缘，使用户能够更快速地获取和处理视频内容。两者的融合能够进一步提高视频内容的访问速度，降低用户等待时间。

(4) 降低数据传输延迟，CDN 视频算力与边缘计算融合通过将内容分发和计算资源推向网络边缘，减少了数据传输的距离和延迟。这种融合模式使得视频内容能够在用户附近进行处理和分发，从而降低了数据传输延迟，提高了视频传输的实时性和流畅性。

(5) 降低带宽成本：CDN 与边缘计算的融合通过优化内容分发和计算资源的配置，能够降低数据传输的带宽需求^[6]。这不仅可以减少服务提供商的带宽成本，还可以提高网络资源的利用率，为

用户带来更加经济高效的视频传输服务。

(6) 提升用户体验：综合以上优势，CDN 视频算力与边缘计算融合能够显著提升用户体验。用户能够更快速地获取高质量的视频内容，享受流畅、无卡顿的观看体验。这种提升将增强用户对视频服务的满意度和忠诚度，促进视频服务市场的健康发展。

综上所述，CDN 视频算力与边缘计算融合的必要性在于满足用户对视频传输速度和高质量的高要求，同时其融合在视频传输中的优势也显著提升了用户体验和降低了带宽成本。

四、CDN 视频算力与边缘计算融合的技术实现

CDN 视频算力与边缘计算融合的技术实现，可通过以下几点进行：

第一，CDN 节点部署边缘计算服务，其是指将边缘计算的能力与 CDN 节点的分布式特性相结合，使得 CDN 节点不仅具有内容缓存和分发的功能，还具备实时内容处理和数据分析的能力。这种部署方式可以显著提高 CDN 节点的智能化水平，为用户提供更加高效、快速、个性化的服务。

第二，实时内容处理和数据分析，在 CDN 节点上部署边缘计算服务后，可以实现实时内容处理和数据分析。具体而言，当用户请求视频内容时，CDN 节点可以首先检查本地缓存中是否存在该内容^[7]。如果存在，则直接返回给用户；如果不存在，则向源服务器请求内容，并在本地进行缓存。在内容传输过程中，CDN 节点可以利用边缘计算的能力对视频内容进行实时处理，如转码、压缩、加密等，以满足不同用户和设备的需求。同时，CDN 节点还可以收集用户的行为数据，如观看时长、跳出率、点赞数等，进行实时数据分析，为后续的推荐算法和广告投放提供数据支持。

第三，由于 CDN 节点部署边缘计算服务涉及复杂的网络架构和编程技术，具体的示例代码或技术框架因不同的 CDN 提供商和边缘计算平台而异。但一般来说，这种部署方式需要采用分布式系统架构和容器化技术，如 Docker、Kubernetes 等，以实现 CDN 节点和边缘计算服务的快速部署和动态扩展^[8]。同时，还需要采用高性能的数据处理和分析框架，如 Apache Flink、Spark Streaming 等，以支持实时内容处理和数据分析的需求。

第四，当用户请求视频内容时，融合后的 CDN 视频传输流程如下：

用户发起请求：用户通过客户端（如浏览器、APP 等）向 CDN 系统发起视频内容请求。

DNS 解析：CDN 系统的 DNS 服务器根据用户的地理位置和网络状况，解析出最优的 CDN 节点 IP 地址返回给用户。

请求路由：用户的请求被路由到最优的 CDN 节点。

内容检查与缓存：CDN 节点检查本地缓存中是否存在用户请求的视频内容。如果存在，则直接返回给用户；如果不存在，则向源服务器请求内容，并在本地进行缓存。

实时内容处理：在内容传输过程中，CDN 节点利用边缘计算的能力对视频内容进行实时处理，如转码、压缩、加密等。

数据收集与分析：CDN 节点收集用户的行为数据，进行实时数据分析，为后续的推荐算法和广告投放提供数据支持。

内容分发：经过处理后的视频内容被分发到用户所在的边缘节点，并通过该节点传输给用户。

第五，在融合后的 CDN 系统中，用户请求处理和视频内容分发是紧密相连的两个环节。当用户发起请求时，CDN 系统会根据用户的地理位置和网络状况，选择最优的 CDN 节点进行请求处理和内容分发^[9]。同时，CDN 节点还会根据用户的设备类型和网络带宽等因素，对视频内容进行适当的转码和压缩，以确保用户能够流畅地观看视频内容。

第六，边缘节点上的视频处理和数据存储，在边缘节点上，视频处理和数据存储是 CDN 系统的重要功能之一。通过部署在边缘节点上的计算资源，CDN 系统可以对视频内容进行实时处理，如转码、压缩、加密等。同时，CDN 节点还可以将用户的行为数据存储在本地图库或云端数据库中，以便进行后续的数据分析和挖掘。这些数据可以用于优化 CDN 系统的性能、提升用户体验、改善广告投放效果等方面。

五、CDN 视频算力与边缘计算融合的应用场景

CDN 视频算力与边缘计算融合的应用场景主要体现在在线直播、云游戏和物联网等多个领域，具体如下：

(1) 在线直播，直播画面的清晰度与低延迟传输：CDN 通过在全球各地的节点部署缓存服务器，将直播内容分发到离用户最近的节点，减少网络延迟。边缘计算将计算能力推向网络边缘，对直播内容进行实时转码、压缩等处理，确保在带宽有限的情况下也能提供高清晰度的直播画面。实时数据处理和分析能力可以优化网络拓扑和策略，进一步降低延迟，提升用户体验。

(2) 用户观看体验的优化：本地化服务通过部署在 CDN 边缘节点的本地化应用程序，实时响应用户请求，提供个性化服务。CDN 与边缘计算的融合支持全网所有节点 HTTPS 加密传输，保护用户数据安全，增强用户信任感。

(3) 云游戏：游戏运行过程中的计算任务分散到边缘设备。边缘计算将计算资源和数据存储推向网络边缘，云游戏平台可以将部分计算任务分散到边缘设备，减轻中心服务器的负载。这使得游戏运行更加流畅，减少了因网络延迟导致的卡顿和延迟现象。

(4) 流畅游戏体验的实现：CDN 节点缓存热门游戏资源，减少向中心服务器的数据传输，降低延迟。边缘计算提供实时数据处理和分析能力，帮助游戏平台快速识别和处理网络中的异常行为，保障游戏的稳定性和流畅性。

(5) 物联网，海量数据的快速处理和准确性提升：物联网设备产生的海量数据可以通过 CDN 节点进行分布式存储和传输，减轻中心服务器的压力。边缘计算对物联网数据进行实时处理和分析，提高了数据的处理速度和准确性，有助于快速发现和解决问题。

(6) 物联网设备的数据分析和决策支持：CDN 与边缘计算的融合为物联网设备提供了强大的数据处理和分析能力，支持设备之

间进行协同工作和智能决策。这有助于提升物联网系统的整体性能和智能化水平，推动物联网行业的快速发展。

六、我国在 CDN 视频算力与边缘计算融合领域的发展

我国已经建立了全球最大的 CDN 网络，覆盖了全球主要地区和用户群体。CDN 网络的建立极大地提升了视频内容的分发效率和用户体验，为 CDN 视频算力与边缘计算的融合提供了坚实的基础。

同时，边缘计算技术在我国多个行业得到了广泛应用。例如，在工业制造领域，边缘计算技术被用于生产线上的设备监控、数据处理和实时控制，提高了生产效率和质量^[10]。在智慧城市领域，边缘计算技术为城市管理和公共服务带来了革命性的变化，如智能交通系统、环境监测等。

与此同时，我们仍然面临诸多的挑战，首先是数据安全和隐私保护，随着 CDN 视频算力与边缘计算融合的深入，数据安全和隐私保护问题日益凸显。如何确保用户数据的安全存储和传输，防止数据泄露和滥用，是当前面临的重要挑战之一。其次是技术标准的统一和互操作性，由于 CDN 和边缘计算涉及多个技术领域和厂商，技术标准的统一和互操作性成为制约该领域发展的瓶颈。缺乏统一的技术标准将导致不同设备和系统之间的兼容性问题，影响整体性能和用户体验。

当然，解决问题的办法也层出不穷，持续推动 CDN 视频算力与边缘计算技术的创新和研发，以提升系统的性能和效率。例如，探索新的数据传输协议、优化算法等，以满足不断增长的用户需求和应用场景。

加强数据安全和隐私保护技术的研究和应用，确保用户数据的安全和隐私。例如，采用加密技术、身份验证和授权机制等手段，保护用户数据不被泄露和滥用。

推动技术标准的统一和互操作性，通过加强与相关行业组织和企业的合作，推动 CDN 和边缘计算技术标准的统一和互操作性。通过制定统一的技术标准，促进不同设备和系统之间的兼容性和互操作性，提升整体性能和用户体验。

总之，CDN 视频算力与边缘计算融合领域在我国已经取得了显著的技术成果和进展，但仍面临一些挑战。未来，需要持续推动技术创新和研发，加强数据安全和隐私保护，以及推动技术标准的统一和互操作性，以推动该领域的持续发展和应用。

七、结论

CDN 视频算力与边缘计算融合将提升用户体验，满足大规模内容分发需求，推动技术创新，高效的内容分发与加速，降低运营成本，提高安全性与可靠性。

CDN 视频算力与边缘计算融合将推动以下发展：

边缘计算和边缘存储的进一步发展：随着物联网和 5G 技术的普及，边缘计算和边缘存储将成为 CDN 发展的重要方向，CDN

将不仅仅提供内容分发服务，还将提供运算和存储能力。

AI 技术的广泛应用：未来 CDN 将更加智能化，利用 AI 技术对网络流量进行预测与调度，优化内容分发效果，提高用户体验。

数据安全与隐私保护的加强：随着网络攻击日益频繁和复杂，CDN 将不仅仅是内容分发和加速，更重要的是提供安全防护

能力，保障网络内容和用户数据的安全。

应用前景的多样化：在线视频与流媒体服务，云游戏，物联网等等。

随着技术的不断发展和市场需求的不断增长，CDN 视频算力与边缘计算融合的应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1] 倪彬. CDN Pro:CDN 与边缘计算融合的创新范式 [J]. 上海信息化, 2022,(11):42-44.
- [2] 刘伟, 杨忠锐, 童云飞. 智慧广电 CDN 服务系统构建 [J]. 广播电视网络, 2023,30(09):59-64.DOI:10.16045/j.cnki.cattvtec.2023.09.016.
- [3] 何英, 崔勇, 罗巍. 基于边缘 CDN 能力打造数字家庭终端 ROM 升级技术研究与实践 [J]. 江西通信科技, 2022,(04):7-10.DOI:10.16714/j.cnki.36-1115/tn.2022.04.014.
- [4] 邓飞, 马蕴颖, 刘坚. 流量新政下 CDN 行业发展趋势分析 [J]. 通信世界, 2024,(08):26-29.DOI:10.13571/j.cnki.cww.2024.08.017.
- [5] 金子哲. 云边环境下 CDN 的边缘服务在线租赁策略 [D]. 山东大学, 2022.DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2022.000841.
- [6] 刘长瑞, 于绍晨. 内容分发网络 CDN 边缘云建设思路分析 [J]. 电信科学, 2021,37(S2):208-215.
- [7] 何英, 基于边缘 CDN 能力打造终端升级直通车. 江西省, 中国移动通信集团江西有限公司, 2021-04-09.
- [8] 郭湘南, 王功乾, 伍时扬, 等. 边缘计算与 CDN 的资源协同方案 [J]. 光通信研究, 2021,(03):16-19.DOI:10.13756/j.gtxyj.2021.03.004.
- [9] 陈宏. 通信运营企业边缘计算发展思路 [J]. 中国新通信, 2020,22(14):5-6.
- [10] 杨守义, 陈怡航, 张双玲, 等. 面向未来移动通信的移动边缘计算研究综述 [J]. 郑州大学学报 (工学版), 2024,45(04):1-10+29.DOI:10.13705/j.jissn.1671-6833.2024.04.016.