

团 体 标 准

T/INFOCA 13—2024

面向新兴视频应用的云边协同内容分发 系统设计指南

Design guide for cloud edge collaborative content delivery system for emerging
video applications

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中关村现代信息消费应用产业技术联盟 发布

目 次

| | |
|-------------------------|-----|
| 前 言 | II |
| 引 言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 1 |
| 5 系统设计建议 | 2 |
| 5.1 系统框架 | 2 |
| 5.2 功能模块 | 2 |
| 5.2.1 云边协同控制器 | 2 |
| 5.2.2 Nano CDN 节点 | 3 |
| 6 接口要求 | 3 |
| 7 关键业务流程 | 4 |
| 7.1 内容放置策略生成与下发 | 4 |
| 7.1.2 流程描述 | 4 |
| 7.2 用户请求调度 | 5 |
| 7.2.1 流程图 | 5 |
| 7.2.1 流程描述 | 5 |
| 8 新兴视频应用原则性要求 | 5 |
| 8.1 VR 全景视频原则性要求 | 5 |
| 8.1 超高清视频原则性要求 | 6 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，具体名称及专利号在本文件的注释中给出。

本文件由中关村现代信息消费应用产业技术联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国传媒大学、河南广播电视台、哈尔滨工业大学、中国科学院大学、中兴通讯股份有限公司、广东南方新媒体股份有限公司

本文件主要起草人：林涛，张远，叶龙，朱光华，李继银，刘会德，范晓鹏，王兴涛，张新峰，安泓宇，李欢洋，陶长标，史美康，刘群，王兵、张智骞、郭永康

引 言

随着超高清视频、虚拟现实（VR）等新兴视频应用的快速发展，为了更好地提供高质量、沉浸式的用户观看体验，高带宽、低时延的视频内容分发与传输成为迫切需要解决的技术挑战。传统内容分发网络（CDN）服务节点通常部署在距离用户较远的数据中心，难以满足新兴视频应用的高质量分发需求。近年来，边缘计算与5G网络技术的快速发展带来了巨大的机会，CDN节点可以部署在热点区域、5G无线接入网（RAN）等更接近用户的边缘计算平台，从而有助于实现新兴视频应用的高带宽、低时延传输。

CDN与边缘计算技术的结合也引发诸多问题。首先，CDN节点向网络边缘进一步下沉会使得内容热度更为分散，导致缓存效率降低；其次，与位于数据中心的云CDN节点相比，边缘CDN节点的存储、带宽和计算等资源更为受限且分散，不利于资源高效利用。在此背景下，边缘CDN节点之间、以及边缘CDN节点和位于数据中心的云CDN节点之间的协同变得至关重要。为此，本文件为面向新兴视频应用的云边协同内容分发系统提出了架构方面的设计建议，并定义了接口要求、关键业务流程及相关原则性要求。

本标准的制定有助于为面向新兴视频应用的云边协同内容分发系统的设计和实现提供指导，以便更好地服务于超高清、VR等视频的传输需求，推动各类新兴视频应用的快速发展。

面向新兴视频应用的云边协同内容分发系统设计指南

1 范围

本文件给出了面向新兴视频应用的云边协同内容分发系统的设计建议、接口要求、关键业务流程及相关原则性要求。

本文件适用于指导面向新兴视频应用的云边协同内容分发系统的设计和实现。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

YD/T 3882-2021 内容分发网络技术要求 功能体系架构

YD/T 3941-2021 内容分发网络技术要求 VR音视频服务

3 术语和定义

下列术语和定义适用本文件。

3.1

云边协同 cloud-edge collaboration

将边缘计算和云计算相结合相互配合完成某项计算任务。

3.2

协同缓存 collaborative caching

对分布式的缓存节点进行协同内容放置和请求调度管理，以提升分布式缓存资源的整体利用率。

3.3

云 CDN 节点 cloud CDN node

部署于数据中心且在计算/存储等资源配置较高的CDN节点，现有CDN节点（内容中心/汇聚/边缘CDN节点）大多属于此类型。

3.4

微型 CDN 节点 nano CDN node

部署于热点区域/无线接入网等更为边缘位置的CDN节点，与云CDN节点相比，距离用户更近且更为分散，但存储/计算等资源更为受限。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

CDN：内容分发网络（content delivery network）

CP：内容提供商（content provider）

GSLB：全局服务负载均衡（global server load balance）

SP：服务提供商（service provider）

5 系统设计建议

系统设计建议包括系统框架和功能模块两部分。其中，图1给出了云边协同内容分发系统框架。

5.1 系统框架

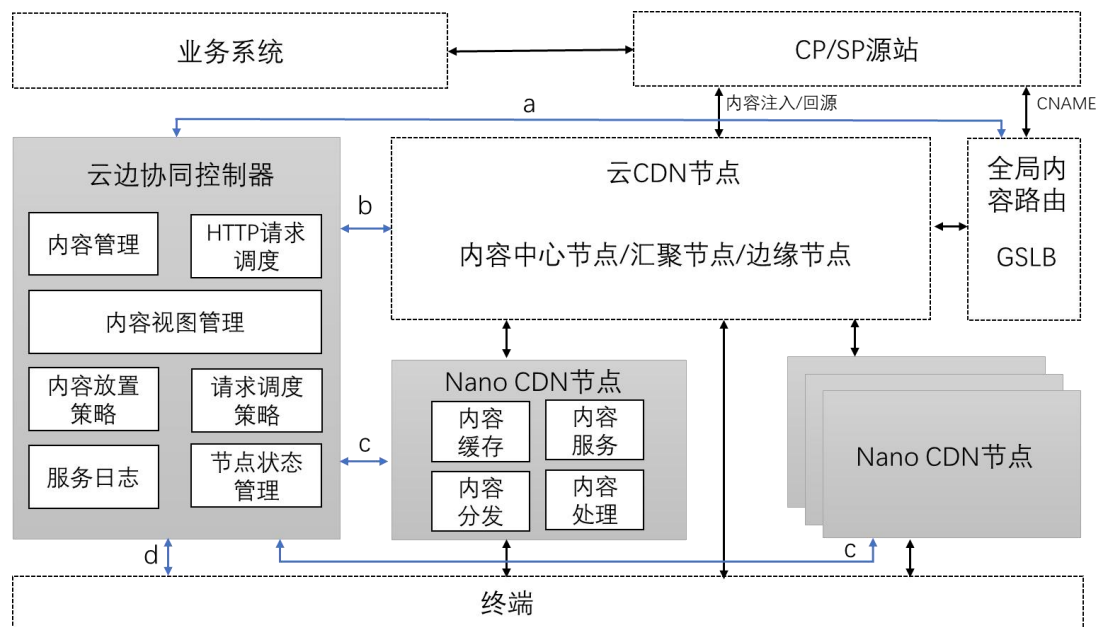


图1 面向新兴视频应用的云边协同分发系统框架

面向新兴视频应用的云边协同内容分发系统的功能框架如图1所示，该系统建议宜由业务系统、CP/SP源站、全局内容路由（GSLB）、云CDN（内容中心/汇聚/边缘CDN节点）、Nano CDN节点、云边协同控制器以及终端等6部分构成。其中，外围子系统包括业务系统、CP/SP源站、全局内容路由、云CDN、终端等。外围子系统功能及接口宜参考标准《YD/T 3882-2021 内容分发网络技术要求 功能体系架构》。

本文档提出的子系统包括边缘内容控制器以及Nano CDN节点。其中，Nano CDN节点为部署于热点区域的边缘缓存节点，与现有云CDN节点相比，Nano CDN节点位置距离用户更近且更为分散，但存储/计算等资源更为受限。另外，区别于云CDN节点接受全局负载均衡GSLB的调度和管理，Nano CDN节点不受GSLB的调度。云CDN节点及该节点所辖的众多Nano CDN节点构成一个管理域，由云边协同控制器进行统一管理，负责在云CDN节点与所辖Nano CDN节点之间，以及不同Nano CDN节点之间进行协同缓存及调度，以提高整体资源利用率并提升用户体验。下面对云边协同控制器和Nano CDN节点的功能模块进行介绍。

5.2 功能模块

5.2.1 云边协同控制器

云边协同控制器主要负责该管理域内云CDN节点及Nano CDN节点的资源管理及调度，实现协同内容分发。云边协同控制器宜具有以下功能：

- 服务日志**：采集并维护云CDN节点与Nano CDN节点的服务日志，包括但不限于本管理域内CDN节点的用户请求日志，如请求对象ID、请求时间等，以获得管理域

- 内的全局内容热度信息和单个 CDN 节点的本地热度信息，用于支撑内容放置决策；
- b) 内容放置策略：为支持云边协同分发，内容放置策略模块根据内容热度、CDN 节点资源情况等信息，生成内容放置决策，以确定在下一时间周期内需要在所辖 CDN 节点上缓存的内容；
 - c) 内容视图管理：根据生成的内容放置策略，形成内容视图，管理所辖区域内 CDN 各节点的内容分布情况；
 - d) 内容管理：负责内容放置策略的下发，以及内容生命周期的管理等；
 - e) 请求调度策略：依据内容视图和节点状态等信息，形成调度策略，为 HTTP 请求调度提供依据。调度策略宜考虑边缘 CDN 节点间的负载均衡、内容可用性、网络时延、用户位置等因素，将用户请求调度到合适的边缘节点；
 - f) 节点状态管理：采集并维护云 CDN 与 Nano CDN 的节点状态信息，包括但不限于节点用于缓存的存储空间、CPU/GPU 利用率、带宽利用率等，用于支撑内容放置和请求调度决策；
 - g) HTTP 请求调度：基于请求调度策略，基于应用层 HTTP 重定向实现用户请求调度；

5.2.2 Nano CDN 节点

Nano CDN 节点宜部署于园区、5G 无线接入网等热点区域，节点资源配置受限，但由于距离用户更近，可提供高带宽、低时延的内容服务。Nano CDN 直接服务于终端用户，宜具有以下功能：

- a) 内容缓存：根据内容管理模块下发的内容放置策略进行周期性内容缓存；
- b) 内容服务：为业务终端提供各类内容服务，如 Web 服务、流媒体服务、下载服务等；
- c) 内容处理：为视频业务提供诸如转码、超分等服务；
- d) 内容分发：为各类终端提供内容分发服务；

6 接口要求

外围子系统内部接口沿用标准《YD/T 3882-2021 内容分发网络技术要求 功能体系架构》所定义的现有接口，本文档对云边协同控制器和 Nano CDN 节点的相关接口定义如下：

| 接口 | 接口名称 | 接口协议 | 接口功能 |
|----|---------------------------|------|----------------------------------|
| a | 云边协同控制器与全局内容路由的管理接口 | HTTP | 该接口功能为媒体地址信息交互以支持全局内容路由定位。沿用现有接口 |
| b | 云边协同控制器与云 CDN 节点的管理接口 | HTTP | 该接口功能为请求日志和节点状态上报、内容放置策略下发接口 |
| c | 云边协同控制器与 Nano CDN 节点的管理接口 | HTTP | 该接口功能为请求日志和节点状态上报、内容放置策略下发接口 |
| d | 云边协同控制器与终端的请求调度接口 | HTTP | 该接口功能为通过 HTTP 重定向为终端 |

| | | | |
|--|--|--|---------------|
| | | | 分配服务节点。沿用现有接口 |
|--|--|--|---------------|

7 关键业务流程

云边协同内容分发系统关键业务流程宜由内容放置策略生成与下发、用户请求调度两部分构成。其中，图2给出了内容放置策略生成与下发流程图，图3给出了用户请求调度流程图。

7.1 内容放置策略生成与下发

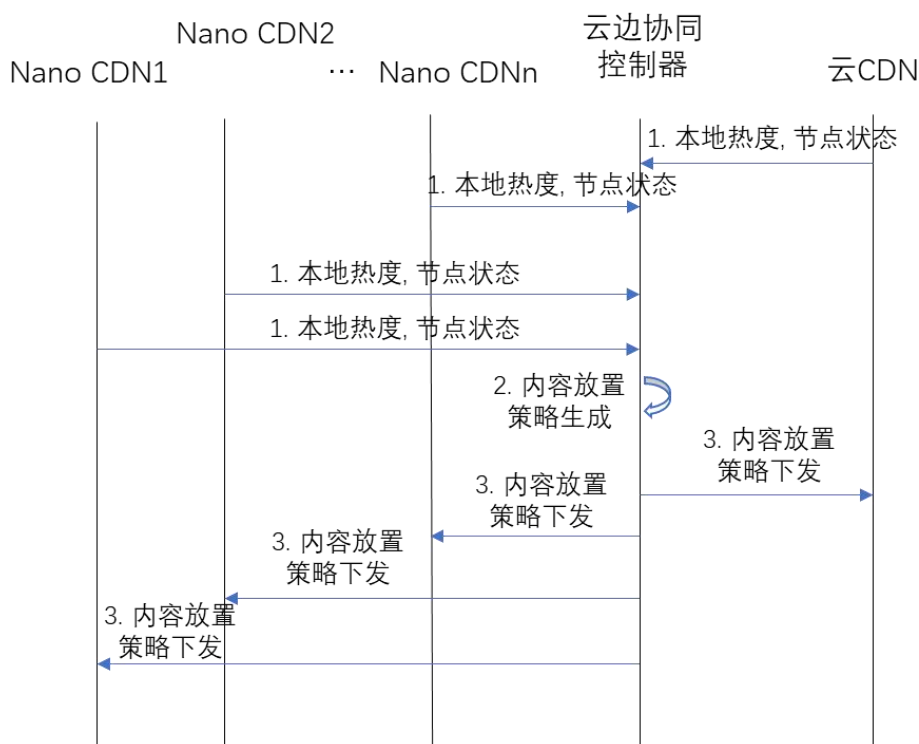


图2 内容放置策略生成与下发流程图

7.1.2 流程描述

内容放置策略生成与下发具体步骤如下：

- 步骤1：云CDN节点和Nano CDN节点周期性地向CDN控制器进行信息上报，包括本地请求日志和节点状态等；
- 步骤2：边缘内容控制器的内容放置策略模块宜根据全局/本地热度以及节点状态生成内容放置策略；
- 步骤3：边缘内容控制器向云CDN节点和Nano CDN节点下发内容放置策略，云CDN节点和Nano CDN节点基于下发的策略进行内容存储。

7.2 用户请求调度

7.2.1 流程图

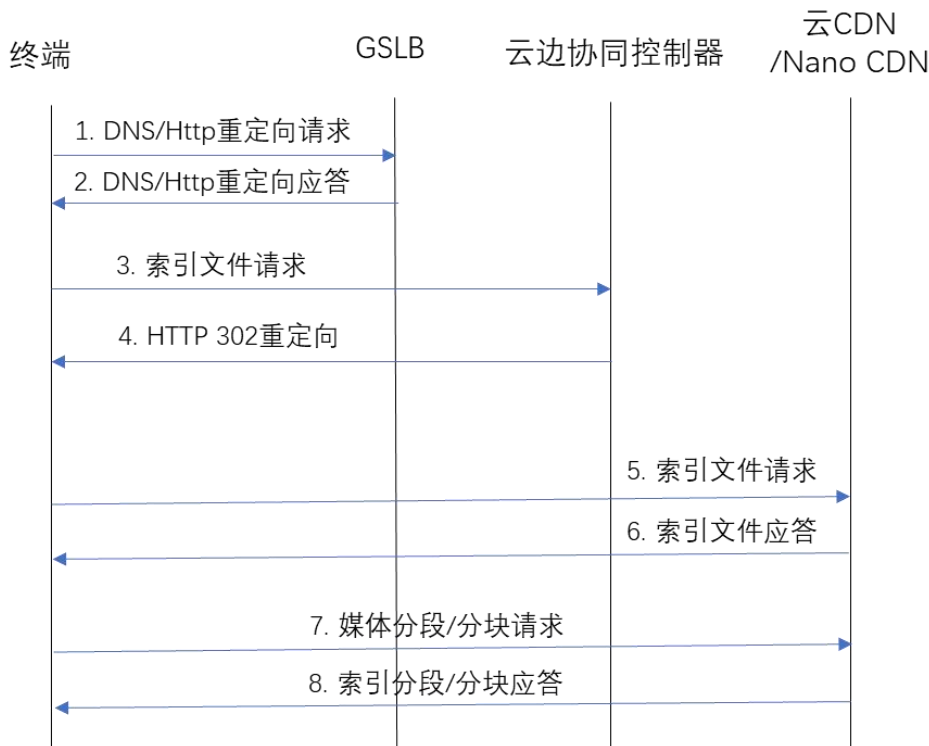


图 3 用户请求调度流程图

7.2.1 流程描述

用户请求调度具体步骤如下：

- 步骤1：终端在发起内容请求前，发送DNS请求以获取CDN服务器地址；
- 步骤2：GSLB向终端返回CDN服务器地址，对于本场景，返回的是边缘内容控制器地址；
- 步骤3：终端向边缘内容控制器发送索引文件请求；
- 步骤4：边缘内容控制器请求调度模块通过HTTP重定向方式将请求重定向目标CDN服务器（云CDN节点或Nano CDN节点）；
- 步骤5：终端向目标CDN服务器发送索引文件请求；
- 步骤6：终端收到索引文件应答报文；
- 步骤7：终端基于索引文件，向目标CDN服务器发送媒体分段/分块请求；
- 步骤8：终端收到媒体分段/分块应答报文，开始播放相应视频。

8 新兴视频应用原则性要求

8.1 VR 全景视频原则性要求

- 宜考虑支持视窗独立传输模式和视窗依赖独立模式等VR视频传输模式。上述VR视频传输模式具体参见《YD/T 3941-2021 内容分发网络技术要求 VR音视频服务》；

- 宜考虑 VR 全景视频不同粒度的内容热度信息统计，如视频（Video）、分段（Segment）、分块（Tile）等，以支持智能的内容放置策略；
- 宜考虑建立智能的用户请求调度机制，根据用户网络状况、内容可用性和设备性能等因素，动态选择最佳的 CDN 节点进行内容分发。

8.1 超高清视频原则性要求

- 宜考虑超高清视频不同粒度的内容热度信息统计，如视频（Video）、分段（Segment），以支持智能的内容放置策略；
- 宜考虑建立智能的用户请求调度机制，根据用户网络状况、内容可用性和设备性能等因素，动态选择最佳的 CDN 节点进行内容分发。