

Research and application of efficient video processing system for expressway

Bin Li¹ Peiyan Wang^{1*} Yu Liang²

1. Guangxi Jiaoke Group Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530007, China

2. Transportation Comprehensive Administrative Law Enforcement Bureau of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi, 530007, China

Abstract

With the rapid development of modern transportation systems and highways, real-time video surveillance has become a critical component of infrastructure. Traditional video storage methods, particularly in Guangxi's highway surveillance systems, typically store long video files on servers at various sections, which poses challenges for users requiring specific video lengths. To address this issue, an 'efficient video processing system' has been developed, a specialized video processing solution designed to solve this problem. This system aims to optimize the extraction, segmentation, and merging of video files, thereby saving network bandwidth and enhancing user experience. Thanks to its unique design and implementation, it has been adopted by several highway operating companies and has received positive feedback. This work demonstrates the practical value of technology in optimizing surveillance video processing tasks.

Keywords

Highway, video surveillance, efficient video processing system, video segmentation, video merging

面向高速公路的高效录像处理系统研究与应用

李彬¹ 王培焰^{1*} 梁宇²

1. 广西交投集团有限公司, 中国·广西 南宁 530007

2. 广西壮族自治区交通运输综合行政执法局, 中国·广西 南宁 530007

摘要

随着现代化交通系统和高速公路的迅猛发展, 实时视频监控已成为关键的基础设施组件。传统的视频存储方法, 特别是在广西高速公路监控系统中, 通常将长视频文件存储在各路段的服务器上, 这为需要特定视频长度的用户带来了困难。为此, 开发了“高效录像处理系统”, 一种专为解决此问题而设计的视频处理解决方案。该系统旨在优化视频文件的提取、分片和合并, 从而节省网络带宽并提高用户体验。通过其独特的设计和实现, 它在多家高速运营公司中得到了应用, 并收到了正面的反馈。通过此项工作, 展现了技术在优化监控视频处理任务上的实际价值。

关键词

高速公路; 视频监控; 高效录像处理系统; 视频分片; 视频合并

1 引言

当前, 我国已建成的高速公路中, 监控系统都带有存储系统, 且主要以文件式存储系统为主^[1]。在广西高速公路视频监控领域, 传统数据存储模式将视频以文件形式存于专

用服务器。以广西交投集团的视频监控系统为例, 视频文件最小单元为 10 分钟。该系统最初设计注重长时间视频录制的稳定性和大数据存储, 未优化实时视频处理和片段提取。因此, 请求特定视频段时, 系统内部分片合并效率低, 资源占用高。处理特定视频段需下载完整 10 分钟视频文件, 增加了客户端处理负担和网络带宽消耗。

随着技术进步和“视频上云”项目的推广, 高速公路监控视频的访问和检索需求多样化。旧有视频存储和分发机制无法满足新需求, 迫切需要创新和优化。

2 系统概述

“高效录像处理系统”旨在为高速公路监控视频提供高效的录像文件分片与合并服务, 使用户能灵活获取所需视

【作者简介】李彬(1987-), 男, 中国广西容县人, 本科, 高级工程师, 从事智能交通系统, 监控视频系统, 视频编解码, 自动化运维研究。

【通讯作者】王培焰(1991-), 男, 中国广西贵港人, 本科, 高级工程师, 从事软件信息化研发, 智能交通系统研发研究。

频段，节省带宽，提高效率。该系统满足了视频处理和检索需求的增长，提供了一种解决方案。

系统支持视频片段的快速分片和合并，确保只有授权用户能访问和处理视频，增强了安全性和稳定性。通过白名单机制限制访问，用户可下载指定时间段的视频，并选择 FLV 或 MP4 格式。为保证在网络不稳定时的大文件传输效率和可靠性，系统采用 HTTP 分块传输技术。

3 系统设计与实现

3.1 技术选型

为快速开发和确保项目稳定性，选用 Python 作为开发语言。评估多种 Python Web 框架后，决定采用 FastApi 因其轻量级和高性能。同时，基于对数据库简易性和轻量级的需求，选择 SQLite 作为数据存储方案。SQLite 为进程内数据库引擎，嵌入运行于程序的进程空间，速度快^[2]。

3.2 系统架构

系统主要分为三大模块：用户认证鉴权模块、任务管理模块以及文件下载服务模块。这些模块相互协作，为用户提供完整的视频处理和下载功能。各模块间的交互流程图 1 所示：

3.3 模块详细设计与实现

3.3.1 用户认证鉴权模块

该模块致力于确保系统的安全性和可靠性，主要包括用户登录、token 管理、用户注册以及密码哈希处理等功能。为了存储用户的基本信息和 token 数据，设计了 User 和 Token 两个数据库模型。

(1) User 模型

用于存储用户基本信息的模型，其中包括用户的 ID、用户名、邮箱、全名、哈希密码和用户状态等字段，如表 1 所示。

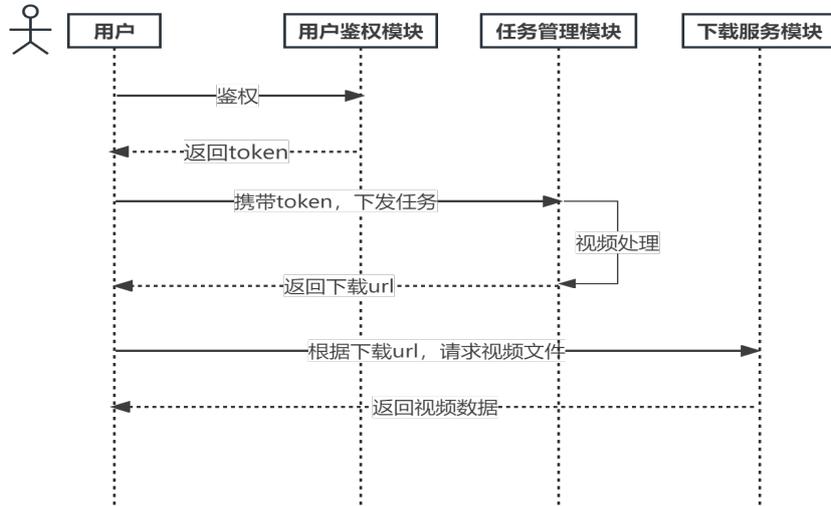


图 1 系统交互图

表 1 User 信息表

字段	字段类型	描述
Id	Int	主键，自动生成
Username	String	注册用户名，最长 32 字符，唯一
Email	String	注册邮箱，最长 64 字符，唯一
FullName	String	用户全称，最长 32 字符
HashPassword	String	哈希处理后的密码，最长 128 字符
Disabled	Boolean	用户名是否启用，默认启用

(2)Token 模型

用于存储用户的接入令牌信息的模型，它包括访问令牌及其类型。用于确保每一次的 API 请求都是经过授权的。

3.3.2 任务管理模块

此模块聚焦于视频处理任务的管理，涵盖了录像文件的获取、分片、合并、转封装以及元数据插入等子任务。

数据库模型设计：

(1)Item 模型

它存储了任务的基本信息，如任务 ID、设备编码、任务状态、录像文件的下载链接、任务详情等，如表 2 所示。此模型还考虑到了文件的存储路径、创建时间和更新时间，以便于后续的数据管理和清理。

任务信息流设计：

(1) 阻塞型任务信息流

用户发起任务请求后，系统会立即开始处理任务，并在任务完成后才响应用户。这适用于检索时长较短的录像文件，因为用户可以在短时间内获得所需的录像文件 URL。

(2) 非阻塞型任务信息流

与阻塞型任务不同，非阻塞型任务在用户发起请求后会立即返回一个任务 ID。用户需要使用此 ID 定期查询任务状态，直到任务完成为止。这适用于检索时长较长的录像文件。

表 2 Item 信息表

字段	字段类型	描述
Id	String	唯一标识, 格式为: 编码_起始时间_持续时间
Code	String	设备编码, 固定长度 20 位
Status	String	状态, 如: 'success', 'failure' 等
Url	String	录像文件下载地址
Detail	Text	任务执行详情
IsMp4	Boolean	是否生成 mp4, 默认 True
Mp4Url	String	mp4 文件下载地址
Path	String	任务数据存放路径
Create	DateTime	任务创建时间
Change	DateTime	任务状态更新时间

视频处理关键步骤:

“高效录像处理系统”在处理任务时, 首先与广西高速公路视频监控系统(以下简称“监控系统”)建立通信, 根据特定请求参数检索并提取原始视频文件。由于在同一局域网内, 提取速度较快, 随后进入视频处理流程。该流程采用高效精确的技术栈, 结合先进技术和工具, 确保操作准确性和高品质视频输出。视频处理的关键步骤包括:

视频分片: 首先使用 FFmpeg 工具进行视频切片, 这一过程需要极高的精度, 以避免遗漏关键内容。根据监控系统提供的原始视频数据和用户指定的时间参数, 精确截取所需视频片段。

视频合并: 经过切片后, 可能得到多个视频片段。这些片段需要整合为一个连续的视频。我们再次使用 FFmpeg 工具, 确保在合并过程中, 视频的质量不受损害, 并且各个片段之间的过渡自然流畅。

视频时长探测: 监控系统返回的消息包含视频文件的起止时间, 但这些时间可能不准确, 尤其在录像文件部分缺失时。为获取准确的视频时长, 我们使用 FFprobe 工具进行深入探测和检测视频实际播放时长, 以确保视频内容的完整性, 并保证提供给用户的视频与监控系统记录的时间信息一致。

视频文件转封装: 为满足不同场景和设备的视频格式需求, 我们提供格式转换功能。利用 FFmpeg, 可将 FLV 格式视频轻松转为通用的 MP4 格式, 保证在各平台和设备上良好支持。

视频元数据注入: 视频播放性能对用户体验至关重要。但原始的 FLV 文件可能缺少关键元数据, 例如制作者信息、关键帧标识、视频与音频流状态和视频分辨率参数。为优化体验, 我们用 Yamdi 工具为这些 FLV 视频注入缺失的元数据, 加快加载速度, 提高播放时的快速定位能力, 特别是在需要频繁调整播放位置的场景。

3.3.3 文件下载服务模块

文件下载服务模块是“高效录像处理系统”中的一个关键组件, 主要承担文件的上传和下载任务。为确保系统的安全性和用户体验, 我们设计了以下几个核心功能:

下载保护: 为防止未授权的下载行为, 我们实施了特定的鉴权机制。

浏览器播放优化: 我们采用了 HTTP 的分块传输技术, 使得用户可以在不完整下载整个视频文件的情况下, 任意拖动视频的播放进度。

文件上传: 除了下载功能外, 本模块还支持文件上传, 使得用户或系统管理员可以方便地向系统中添加新的视频文件或更新已有的视频内容。

4 系统应用

在广西高速公路视频监控领域, “高效录像处理系统”因其高效稳定的性能, 已被多家高速运营公司所采纳并深度集成。与许多传统的视频监控系统不同, 本系统并不直接与终端用户进行交互。而是作为一个核心的后端服务, 供第三方系统(如视频事件检测系统)进行调用。这种架构不仅确保了监控系统的连续性和稳定性, 还极大地简化了与外部系统的集成工作。

例如, 昭平高速公路运营管理中心和沿海高速公路运营管理中心视频事件检测系统, 都通过调用“高效录像处理系统”来获取与特定事件相关的视频片段。在昭平高速的一个实际应用场景中, 当发生交通事故或其他重要事件时, 视频事件检测系统会自动从录像处理系统中提取与事件相关的视频片段, 使得管理单位可以迅速、准确地获得事发现场的详细视频记录。

5 结语

本文探讨了“高效录像处理系统”的研发与应用, 这是一个为智慧交通和高速公路视频监控领域特制的后端解决方案。面对传统方法中长视频文件存储带来的挑战, 该系统成功地优化了视频提取、分片和合并的过程, 从而显著减少网络带宽和资源占用。其在监控系统中虽然仅为一部分, 但在整体视频处理流程上的关键作用不容忽视。多家高速运营公司已采纳并给予正面反馈。未来对“高效录像处理系统”进行进一步的优化和迭代, 以满足广西高速公路监控的不断增长的需求, 并为更多的应用场景提供更优质的服务。

参考文献

[1] 王天成, 张海泉. 高速公路监控视频上云系统的应用探析[J]. 中国新通信, 2021, 23(5): 88-89.
 [2] 杜国祥, 石俊杰. SQLite 嵌入式数据库的应用[J/OL]. 电脑编程技巧与维护, 2010(14): 43-47.