

# Expressway Video Analysis and Calculation Platform Cost Performance Analysis

Yun Zhang

Shaanxi Provincial Communication Construction Group, Xi'an Shaanxi  
Email: 9421890@qq.com

Received: Apr. 29<sup>th</sup>, 2019; accepted: May 9<sup>th</sup>, 2019; published: May 16<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The speed of the expressway is high, and the impact of traffic events is large and destructive. Therefore, the expressway management departments at home and abroad have always attached great importance to the rapid detection and treatment of traffic incidents, minimizing the damage caused by traffic incidents. Among them, video surveillance technology is a very effective means of application. At present, China's expressway has basically completed the full coverage of video surveillance, but the selection of video automatic analysis methods and their computing platforms and the application of server deployment in traffic management need to be further improved. In view of the high resource consumption and low utilization rate of the traditional video analysis system, this paper proposes an optimization scheme for the analysis of the Video analysis center's analysis system, and calculates the computing power required by the system according to the optimization scheme. The cost performance analysis of several schemes of industrial computer, GPU and server cluster was carried out, and the optimization suggestions were given.

## Keywords

Expressway, Video Analysis, Computing Platform, Economic Benefit

---

# 高速公路视频分析计算平台性价比分析

张 韞

陕西省交通建设集团公司, 陕西 西安  
Email: 9421890@qq.com

收稿日期: 2019年4月29日; 录用日期: 2019年5月9日; 发布日期: 2019年5月16日

## 摘要

高速公路车速快，交通事件的影响大、破坏性强。因而，国内外高速公路管理部门一直十分重视交通事件的快速检测和处理，最大程度减少交通事件构成的破坏。其中，视频监控技术是一项应用非常有效的手段。目前，我国高速公路基本完成了视频监控的全覆盖，但是视频自动分析方法及其计算平台的选择和服务器部署在交通管理中的应用有待进一步改善。针对传统的视频分析系统存在的占用资源高、利用率低等特点，本文对视频分析中心的分析系统建设提出优化方案，并根据优化方案计算出该系统所需的计算能力，结合所需计算能力对工控机、GPU、服务器集群几种方案进行了性价比分析，给出了优化建议。

## 关键词

高速公路，视频分析，计算平台，经济效益

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

智能视频监控是近几年计算机视觉研究领域较为活跃的方向。它可以让计算机模仿人类视觉感知物体运动并判断事件的过程，通过彩色图像处理、模式识别、人工智能等技术，对实时的视频信号或者图像序列进行分析和理解。一个优秀的视频分析系统可以自动识别逆行、违规停车等交通事件，也可以自动识别拥堵、超速、抛落物等事件，还可以检测速度、车流量、车型等交通基础信息。目前有很多针对高速公路的研究，文献[1]从高速公路智能监控体系的架构入手，研究了一种针对高速公路具体需求的监控系统评价方法。文献[2]结合运动目标检测及识别跟踪技术研究基于视频的交通事件检测和交通流量采集的方法，形成一套高速公路全程监控、检测、预警、取证的管理方法。文献[3]设计的系统对运动目标跟踪具有更好的实时性。文献[4]提出了智能交通的信息化模型，其研究对象为人、车、路和环境交通四要素的空间与时间关系。

现在对智能视频监控的研究很多，针对所检测事件很多学者都在进行研究，且有着不错的检测效果，然而却忽视了在视频分析系统中存在的对系统的利用率及对系统资源的浪费。高速公路视频分析系统是一项计算消耗比较大的任务，本文充分考虑了视频算法之间的依存和制约关系，根据实际应用要求，进一步优化高速公路视频分析平台，减少系统资源的浪费，提升系统资源的利用率，并给出了推荐的硬件配置。

## 2. 高清视频检测器主要功能需求分析

### 2.1. 硬件与网络需求

高速公路交通视频监控系统的硬件组成主要包括前端摄像、系统控制与网络传输三大部分。各个部分之间的硬件设备相对独立，即使在更换设备时不会给整个系统的正常运行带来较大影响。本系统硬件需求的结构大致如图1所示。其中，系统控制又可分为系统设置与操作、显示与记录存储两个部分。

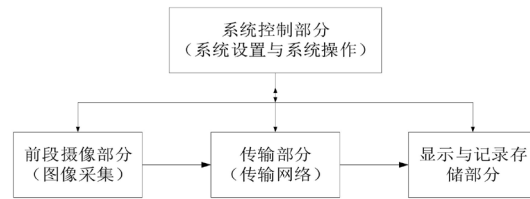


Figure 1. Structure of system hardware requirements  
图 1. 系统硬件需求的结构

## 2.2. 软件功能需求

高速公路使用视频交通事件检测系统软件部分的功能需求，分为以下几个功能模块(每个功能模块均含多项子功能)，如图 2 所示。

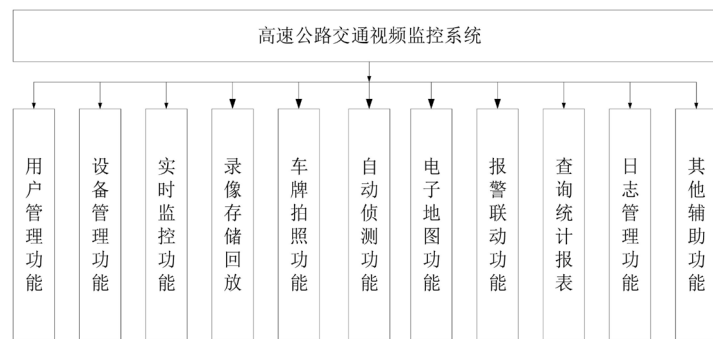


Figure 2. System software functional requirements  
图 2. 系统软件功能需求

## 3. 视频分析系统分中心优化方案

高速公路视频分析系统是一项计算消耗比较大的任务，本章充分考虑视频算法之间的依存和制约关系，根据实际应用要求，进一步优化高速公路视频分析平台，并给出了推荐的硬件配置。

### 3.1. 高速公路视频分析的需求

为了在实际应用中为视频分析系统提供更好性价比的计算平台，本节分析了陕西高速公路运营管理的实际需求，如图 3 所示的道路监控方案具体说明如下：

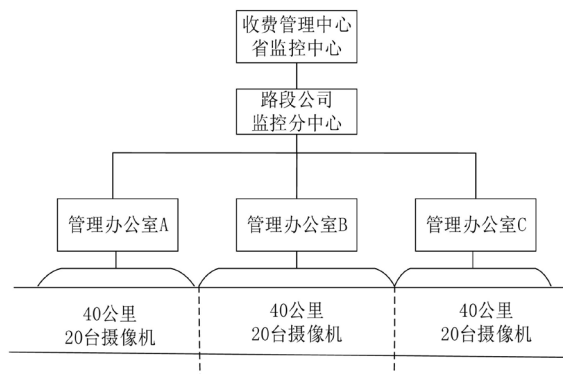


Figure 3. Monitoring system construction needs  
图 3. 监控系统建设需求

- 1) 路段长度是 120 公里;
- 2) 路段运营管理单位: 一个路段公司, 三个管理所, 每个管理办公室管理 40 公里的路段(因为不涉及收费监控, 不考虑收费站);
- 3) 道路监控摄像机的密度设置为 2 公里, 共 60 个单元, 每个管理办公室管理 20 个单元;
- 4) 由分公司设立监控分中心上传图像至省监控中心。系统具体工作流程图如图 3 所示。

### 3.2. 视频分析设计及计算性能需求

由于视频信息量较大, 且高速公路监控中的视频的数量多。如果采取传统的方法对视频进行分析则无疑带来巨大资源的损耗。针对单服务器对视频处理方案中的对资源的占用高且效率慢的特点, 对所处理的视频进行并行设计, 充分利用服务器的资源, 降低时间的冗余。并对针对设计的方案给出计算性能的需求。

#### 1) 多视频流的并行设计

当前的 CPU 通常是多核 CPU 并支持并行计算。因此, 多线程编程模型可用于最大化 CPU 资源。为了实现多个 CPU 的性能, 必须确保分配给每个 CPU 的任务具有良好的负载平衡。避免运行某些 CPU, 其他一些 CPU 处于空闲状态, 无法利用多核 CPU。

系统设计在同一计算平台上使用多通道视频图像来实现图像的并行处理。如图 4 所示。

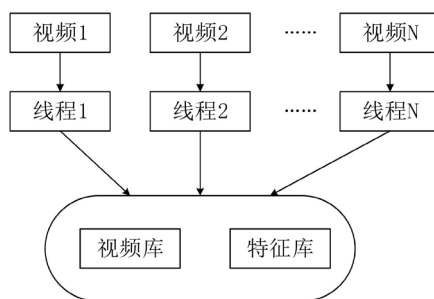


Figure 4. Multi-video stream parallel processing flow chart

图 4. 多视频流并行处理流程图

假设视频流中要处理的视频数量有  $m$  个, 计算机有  $n$  个核参与计算, 则由程序的父线程派生出  $n-1$  个子线程, 共  $n$  个线程参与计算, 然后将  $m$  个视频平均分配给  $n$  个线程, 按照区域划分法, 将  $m$  个视频分成  $n$  个区域, 前  $n-1$  个区域中每个区域分配  $[m/n]$  个文件, 剩下的文件分配给最后一个区域, 则前  $n-1$  个区域由  $n-1$  个子线程来计算, 最后一个区域由父线程计算。由于每个线程分配到的任务量趋于相等, 因此各个线程的负载相对平衡, 则 CPU 可以长时间的并行处理数据, 这样就充分利用了 CPU 的资源, 提高了处理效率。

#### 2) 单个视频流的并行设计

输入视频流后, 系统启动四个线程, 分别执行交通状况检测、车辆跟踪及车流量检测、停车以及抛落物检测和闯入行人检测, 然后将检测结果存入相应的特征表, 在系统执行事件检测操作前, 应先将视频流信息存入视频信息表, 因为视频信息表对每路视频流只需要存入一次数据, 因此为避免每个线程存入重复信息, 该步骤应先执行。单视频流处理流程图如图 5 所示。

该方法按顺序依次向处理器中输入需要处理的视频流, 此处也满足了时间重复概念所描述的情况, 当一路视频流在进行视频处理时, 另一路视频流就可以使用系统的输入输出设备, 因此采用的是流水线性的视频并行处理。

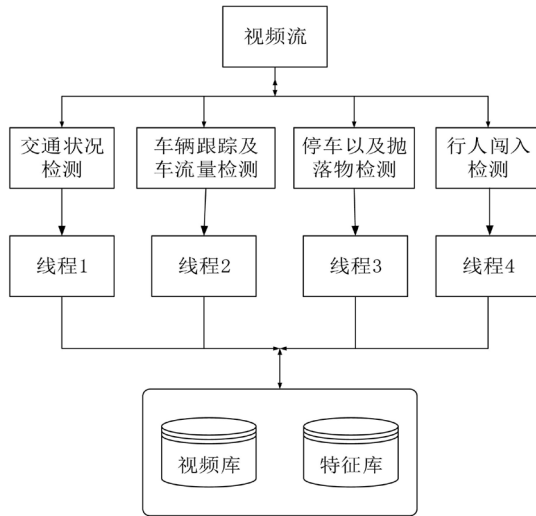


Figure 5. Video stream processing flowchart  
图 5. 视频流处理流程图

3) 视频分析所需运算能力测算

对图 6 交通事件并行处理框图分析，基于车辆跟踪的停车检测所需要的算法复杂度最大，以此交通检测事件为例，作为每路所需最大算法复杂度。视频每秒为 25 帧，一帧图像可以看作是一个二维矩阵，图像的像素值代表矩阵中的一个元素，所以元素的集合表示图像区域。

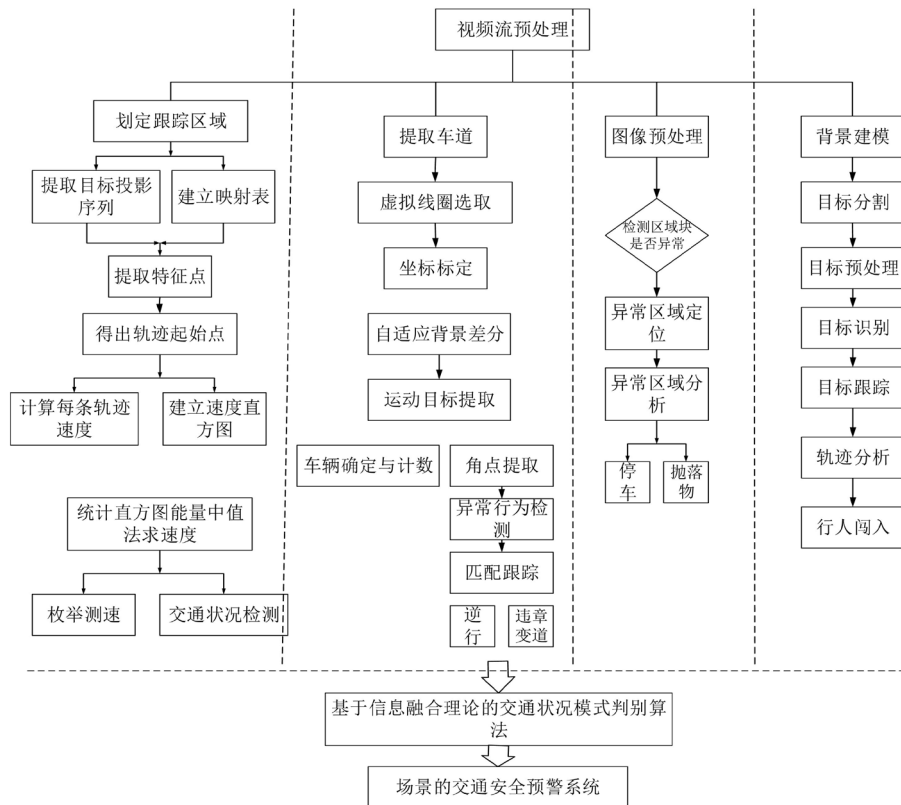


Figure 6. Traffic event parallel processing block diagram  
图 6. 交通事件并行处理框图

任务根据需要分为 4 个块，然后分配给 4 个线程。算法并行度(Degree of Parallelism, DOP): 并行计算机执行程序，该程序可以在执行过程的不同时间帧中使用不同数量的处理器。在每个时间范围内用于执行程序的处理器数量通常被称为算法并行性。

图像处理 FLOPS 的计算方法如下:

1) 统计算法每个线程的计算次数。

2) 将此值乘以线程总数。

3) 统计出总时间(利用 profiler 或者自己计时)，将 2)中的值(所有线程的计算次数)除以计算时间，将得到每秒的计算次数。

4) 因为3)中的值往往较大，可使用 TFlops 来衡量(Tera float operations per second), 1 T 次运算 =  $10^{12}$  次方次运算。

根据以上方法，可推算出每路视频的计算需求为：4 个并行主线程，每个线程的处理一帧图片要求最大为 0.01 TFlops，在每秒 25 帧的视频流，平均每路视频的算力需求为 0.25 TFlops，总的算力需求为： $60 \times 0.25 = 15$  TFlops。

## 4. 视频分析服务器的性价比评估

### 4.1. 工控机

工业计算机是用于工业控制和监视的计算机，简称为工控机。相比普通计算机更适合工作条件恶劣的工业场所。对于单纯的 CPU 工控机来讲，一颗 E52680 V4，14 核心，3 G 左右频率，那么其峰值浮点能力为  $3 \times 14 \times 32$  (32 是 V4 处理器支持 SIMD 的速算因子，即一个时钟周期内能做 32 次浮点计算) = 1.34 TFlops。假设系统本身会占用 CPU 约 240 M，大概为 20%。所以能够运用于计算的只有 80%，即浮点运算能力为  $1.34 \times 0.8 = 1.072$  TFlops。按照 70%的负荷工作，则每个工控机能处理的视频大约在  $1.072 \times 0.7 / 0.25 = 3$  路。

### 4.2. GPU

GPU 是图形处理器，但今天，GPU 不再局限于 3D 图形处理。GPU 计算技术的发展引起了业界的广泛关注。GPU 可以提供数十倍乃至上百倍于 CPU 的性能。GPU 运算具有高度的并行性，其控制简单，可以将任务分多个阶段执行。例如 nvidia 的 Tesla 系列 GPU, TeslaP100 所采用的核心芯片为 GP100, CUDA (SP)核心数量为 3584，采 16 G 主频。用了单精度计算单元和双精度单元 2:1 的比例设计。其 GPU 内存带宽为 743 GB/s。半精度浮点 18.7 TFlops (每秒 18.7 万亿次计算)，单精度浮点 9.3 TFlops、双精度浮点 4.7 TFlops。TeslaP100 的价格在 3.5 W 左右，即使价格便宜的 TeslaP4，峰值浮点也可以到 5 TFlops。假设系统占用 30%的 GPU 开销，则可以利用 GPU 计算的能力 70%。所以 TeslaP100 可以计算单精度和双精度浮点能力总和为  $(18.7 + 9.3) \times 70\% = 19.6$  TFlops。GPU 适用少任务多并发的任务。

理论上 1 个 TeslaP100 的算力即可满足需求，但是，此时的系统瓶颈主要在于吞吐量，60 路视频按照每路 8 M 带宽计算，大约需要 480 M 的带宽进行 I/O，考虑视频流之间的切换，配置两个千兆网卡。

### 4.3. 服务器集群

作为硬件的服务器通常是具有高性能计算并且可以被多个用户使用的计算机。服务器往往支持 2 个或者多个 CPU，或者 GPU。适用于 24 小时不间断应用环境，适合具有大量计算需求的场合，适用于具有海量存储要求的场合。例如 GN5i 实例计算能力，它是基于 NVIDIA 的 Tesla P4 GPU，最多提供 2 个 NVIDIA P4 GPU，56 个 VCPU 和 224 GB 主机内存，以及共计 16 GB 的 GPU 显存，最高 11 TFlops 的单

精度浮点计算能力和 44 TOPS 的 int8 定点运算能力。系统占用服务器计算能力的 30%，不同服务器的计算能力不相等。服务器可以安装多个物理 CPU，支持 2 路、4 路、6 路、8 路、多路。

#### 4.4. 性价比分析

根据实际应用需求，需对 60 路视频进行实时分析，每一路四个主并行线程，1 路视频流的计算量约为 0.25 TFlops。理论上 CPU 可以开设无限多个线程，但是视频处理受到吞吐量、内存等多方面的限制。本文给出如下的不同方案，并对性价比做了初步估计，如表 1 所示。

**Table 1.** Cost-effective analysis of each server

**表 1.** 各服务器性价比分析

	工控机(CPU)	工控机(GPU)	服务器(CPU)	服务器(GPU)
主流处理器	E5 2680 V4 CPU	E5 2680 V4 CPU + TeslaP4 GPU	2*E5 2680 V4 CPU	2*E5 2680 V4 CPU + 4*TeslaP4 GPU
计算能力	1.2 TFlops	6 TFlops	2.5 TFlops	22 TFlops
单价	15,000 RMB	30,000 RMB	25,000 RMB	90,000 RMB
所需个数	15 台	4 台	8 个 CPU	1 台
平均每路单价	0.4 W/路	0.2 W/路	0.35 W/路	0.15 W/路

由表 1，对各服务器性价比分析可知，根据前文计算 60 路视频流所需要 1.5 TFlops 的计算能力，要求路段公司监控分中心的硬件配置要满足所需要的计算能力。通过比较不同配置工控机和服务器的计算能力和价格，在确定总计算复杂度的基础上，比较价格优势。为了更加直观比较，计算平均每路单价。上表可以看出，对于视频处理的计算能力比较密集型的系统，用服务器搭载 GPU 的高性能计算平台，其性价比是最高的。也就是说，在处理大量视频数据时，服务器(GPU)由于它强大的计算能力而具有最低的每路单价，成为高速公路管理者首选的高性价比计算平台。

## 5. 总结

高速公路作为交通枢纽，在交通运输中发挥着重要作用。为了帮助管理部门能够实时掌控道路信息，实现高速公路高效运营管理，本文提出的高速公路视频分析系统能够代替大量人力物力，实现系统自主研判突发事件以及各类违规事件。

本文根据视频分析系统的算法计算需求，对视频分析系统建设提出优化方案，对计算平台的选择进行了性价比分析，给出了优化建议。不仅能够经济上得到最大的效益还能够在视频分析上实现更加快捷高效的运行。

## 参考文献

- [1] 姚庆春. 高速公路智能视频监控系统的分析与评价[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2014.
- [2] 张正炎. 高速公路交通视频监控系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2014.
- [3] 高韬, 王萍, 王成山, 等. 跨道监控系统设计与应用[J]. 应用基础与工程科学学报, 2011, 13(9): 517-525.
- [4] 杨东凯. 智能交通系统及其信息化模型[J]. 北京航空航天大学学报, 2000, 26(3): 270-273.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3431，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ojtt@hanspub.org](mailto:ojtt@hanspub.org)