

监控视频云存储系统^①

张 千, 葛宇飞, 梁 鸿

(中国石油大学 计算机与通信工程学院, 青岛 266580)

摘 要: 非结构化数据呈爆炸态势增长, 传统存储技术在吞吐能力可扩展性及易管理性等方面急需改进, 通过分析安保视频数据存储的问题, 设计一种云计算架构下的安保视频监控存储系统, 基于框架技术搭建了对等架构的云计算环境, 并对其中的云存储策略进行了设计和建模. 实现在廉价不可信节点上存储海量私有化只读视频数据, 并提供高效可靠地访问. 仿真结果显示, 系统的存储性能可靠度高且易于扩展, 可提供效能较高的视频云存储服务.

关键词: 云计算; 云存储; 视频监控; 数据分割; 副本定位

Video Data Private Cloud Storage System

ZHANG Qian, GE Yu-Fei, LIANG Hong

(College of Computer and Communication Engineering, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

Abstract: Introduction of a criminal investigation of video surveillance system based on cloud computing architecture, and one of the cloud storage strategies for a special design and modeling. The explosive growth of unstructured data trend, the traditional storage technologies in throughput scalability and ease of management and other aspects need to be improved, in order to cloud storage and storage system reliability theory, the establishment of a distributed storage model for unstructured data. By analyzing forensic video data storage problems, with cloud storage technology to store forensic video data can be stored in the mass privatization of the read-only forensic video data on inexpensive untrusted nodes and provide efficient and reliable access. Relative to the centralized storage, the new system has high availability. Simulation results show high reliability and easy storage expansion, the distributed storage system can be applied dynamically open computing environment, providing high performance cloud storage service.

Key words: cloud computing; cloud storage; video monitoring; big data

随着我国的现代化的建设和经济发展迅猛前进, 构建和谐社会的重要性已经成为了当下重要的话题. 视频监控的发展是在通信产业规模的不断跨越中所带动起来的一项传统技术. 在民生和谐背景下, 视频监控已经逐渐演化成为构建和谐社会的基本需求, 视频监控采集的数据量巨大, 面临网络带宽传输不足、物理存储不足、系统高可靠性等问题, 而云计算的发展则有效推动了视频监控技术的发展.

云计算技术突破了视频大数据存储受限的难题, 并使得运算处理数据通过分布式网络节点进行, 进而

完成新一代的视频监控存储模式. 本文综合考虑视频监控对基础设施与网络带宽的客观要求^[1], 提出了基于云存储的视频数据监控系统(Criminal Investigation Video Data Monitor Private Cloud, 以下简称 CIVDMPC). 将视频数据存储及处理部署在监控系统的云端, 分析视频数据的基本特点, 研究大数据的分割存储与定位策略, 从而有效提高了存储空间的利用率、通信带宽的利用率及数据检索的最优化, 满足了安保监控和其他多媒体监控的市场需求^[2].

① 基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2014FM017); 中央高校基本科研业务费专项基金(14CX02030A)

收稿时间: 2015-04-10; 收到修改稿时间: 2015-05-23

1 系统架构设计

CIVDMPC 系统需要集成已有的视频监控硬件设备,与已有监控平台、摄像采集设备以及扩展监控设备无缝对接,在分析资料以及存储的过程中能实现视频信息的智能分布存储、信息转码处理、数据实时回看等功能,满足相应的访问需求,实现安全监控数据的提取、关键数据的存储以及可视化控制等功能。传统视频监控的主要组成部分包括:设备接入、画面显示、数据流分发、视频处理、设备管理维护、系统性能等六大模块,而本文提出的云视频监控方案的架构主要由前端视频设备和六个子系统模块组成:接入模块、处理模块、存储模块、流媒体模块、中心调度模块和客户端模块,进一步提升了视频的设备管理维护、系统性能的相关要求。本文设计的系统拓扑结构如图 1 所示。

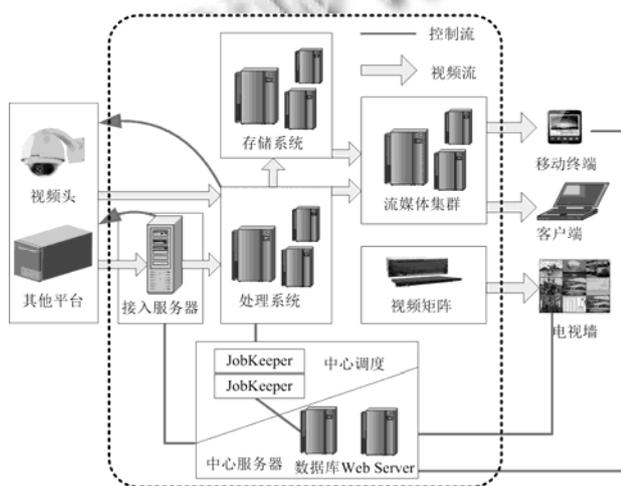


图 1 系统拓扑结构图

如图 1 所示,主要的存储服务器使用 GFS 文件系统为蓝本,采用一种改进的云端数据存储策略,保证数据均衡分布的同时,提供统一存储资源池服务。存储服务器除了对关键数据提供永久存储功能外,还提供条件检索下的历史监控信息的回看及下载服务,对用户提标准的 RTSP 流媒体服务,用户可根据相应的地址,获取监控和远程访问数据。

2 云存储关键策略

云计算目前所处理的任务大多是计算密集型任务,因此如何将海量数据存入分布式文件系统,存在许多问题有待解决。首要问题就是结合监控视频数据的特

点,考虑需要存储的文件是否需要分块以及分块的粒度问题,此外还需考虑文件容错、磁盘碎片、系统负载及兼容性问题。

2.1 安保视频数据特点分析

通过分析安保监控视频数据的结构,发现该类数据具有以下特点:

(1)数据种类繁多、数据量大

视频监控系统中密布着众多的监控设备和监测仪器,这些设备必须全天二十四小时实行监控,监控和采集的数据量巨大,需要视频监控系统实时接收和处理状态数据。

(2)数据格式不统一、通用性差

长期以来,国内外视频监控厂商推出的视频监控装置与监控系统的通信规约不一致,相应功能和接口尽管类似但不尽相同,不同设备之间也不能直接通信,难以进行交互操作。

(3)按需频繁读取

视频监控设备在正常运行时是将采集录像不断存储到后台,而作为安保分析的视频源,可能需要反复做 I/O 操作来分析。视频监控后台分析系统中的神经网络、图像识别系统等预备信息的获取需要提取数据做分析。案件发生后,还需针对特定场所、特定时间段内的视频数据做反复读取操作^[3]。

(4)可切分性

基于云存储的视频监控在网络之间的数据传输以及同步操作将会非常频繁,传统的数据保存是整体复制,但由于云端数据在网络同步后将会存在副本,且它们是从同一个数据文件版本演化而来,所以采取数据同步切分算法来节省网络带宽并提高数据传输效率^[4]。

2.2 云存储分布问题描述

海量数据的最优化分布需要取得当前系统的相关信息,主要包括以下几个方面:

(1)系统内部负载:通过获取云视频系统中分布的存储器的当前存储情况,才可以进一步确定其有效使用粒度及其可用负载情况。

(2)数据属性信息:对于视频监控信息的存储而言,由于视频流格式的多样化,在保存信息的同时必须获取需要存储数据的属性信息,主要包括视频数据量、视频格式、视频监控源、转码要求等。

(3)网络流通度:测试获取“数据来源-存储服务器”的网络拓扑结构,保证优先选择具有最佳传输速

度的网络带宽。

(4)数据集之间的依赖关系: 对于相应的流媒体来说, 如果数据的简单拆分不能满足其存储要求, 则必须对数据间的依赖关系做出明确的分析。

数据分布问题的实质是数据集和存储器的映射关系, 可以用一个函数映射关系来表示. 假设以 D 来表示数据集, L 表示存储位置, 则上述的映射问题可以描述为: $D:(d_1, d_2, \dots, d_i)$, 数据集与存储服务器 $L:(L_1, L_2, \dots, L_i)$ 的函数关系也可以表示为一种映射关系: 即 $L_i = f(D_i)$. 根据映射公式, 相应的数据存储问题、存储策略都可以逐一实现。

2.3 云存储环境搭建

目前流行的云存储环境大多基于 Hadoop 开源模型搭建. Hadoop 中基本都是采用的集中式拓扑结构, 集群中一般有一个头结点负责接收任务并进行调度和监控, 网络操作系统中也有头结点的概念, 并且对下只控制集群的头结点. Google 的云计算环境和 Hadoop 中也有名称节点和作业节点分别负责元数据信息管理和任务管理。

对等式组织方式与集中式的主要区别在于其没有一个中心节点, 或者说每一个节点都可以作为中心节点. 任何一个节点都是对等的, 都具有完备的功能, 即环境中的每个节点都可以接收任务和管理资源, 调度执行并监控任务. 与集中式部署方式相比, 对等式架构中的所有节点都具有接收、分析、调度和执行任务的功能, 有效地避免了集中式部署所带来的性能瓶颈与单点失效问题. 对等式架构具有更好地灵活性和扩展性。

因此, 本文在研究 Hadoop 开源技术的基础上, 基于对等式结构, 提出了一种基于框架技术的云平台实现方法, 框架技术能够屏蔽底层繁杂的通信细节, 简化系统业务处理逻辑, 实现多个服务组件在异构环境中通信与协作. 采用分层服务设计方式来提高服务扩展性及灵活性, 将计算环境按功能划分成多个服务组件, 各服务组件在遵循接口定义的约束下, 可独立设计、开发和进化, 方便用户进行二次开发, 提升了云计算系统的灵活性. 本文开发的云平台主要提供八种服务组件, 各服务组件将主要完成以下功能:

(1)信息服务: 资源实时信息获取、资源实时信息列表获取、资源实时信息缓存、系统负载状态判定;

(2)文件管理服务: 浏览文件夹目录、查询文件基本属性、创建删除目录或文件、上传下载文件、增删

改查数据库;

(3)数据传输服务: 将指定文件选择一种传输方式传输到指定节点;

(4)作业调度服务: 处理作业提交请求、维护作业等待列表、分析作业描述文件、判断节点是否过载、定位数据节点、添加数据节点;

(5)作业监控服务: 分析从用户接收的作业、维护调度队列的作业状态、维护调度到本地的作业池;

(6)作业执行服务: 维护服务调度过来的作业, 创建作业对象执行程序。

图 2 描述了各服务之间的交互关系, 本文的云存储环境基于对等式的拓扑结构搭建, 因此每一个节点都可以提供所有的服务. 各个服务可以利用框架和组件技术单独设计开发, 服务之间可以互相调用。

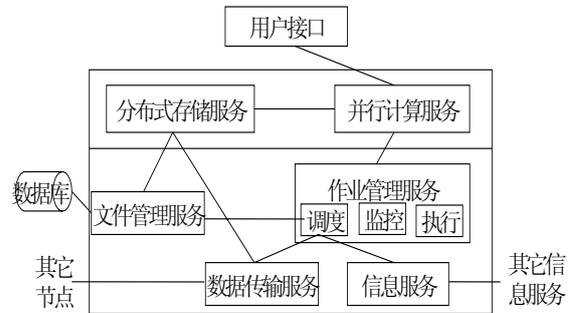


图 2 云计算环境基础服务

2.4 云存储服务的实现

本文云存储策略中的数据划分主要考虑三种因素: 是否分块, 以及分块的大小和粒度. 对于数据是否需要分块, 主要采取的方法是设置相应的阈值决策. 对数据分割判断前, 需根据阈值对数据进行相应的处理. 阈值大小选择的主要因素是分割粒度, 一般应选择分割粒度的 1.5 倍到 2 倍之间比较合适. 关于分割粒度大小的判断, 则需根据当前视频流格式转码后的数据, 将视频流按时间单位来分割, 一般为转码后标准视频流的 1 帧为基本单位, 因此本文将划分粒度的单位设为帧, 采用固定大小的分块策略^[5]. 在分割视频文件时, 对于固定时间片的视频信息采取双向并行读取法, 目的是为了提高并行处理的速度, 而采取分割的策略取决于不同的视频监控级别, 对于敏感区域帧数较小合适, 非敏感区域帧数稍大合适。

相应的副本部署策略分为三个步骤: 副本创建、副本放置、副本定位. 创建的方式采取三重副本策略^[6]:

第一步: 预存储节点准备接受存储请求, 系统选择任一最佳节点(最佳选择依据是存储节点存储空余最大与网络传输最优)创建一个一级副本(副本定位中将用到副本的分级); 第二步: 创建一级副本的节点在同域集群的不同节点、以及不同机柜的一个节点上各创建一个二级副本. 上述工作的依据是尽可能优化存储节点的负载, 而对于二级副本选择则是根据目录空间使用率为决策条件来选取的, 目的是为了在云端处理时, 系统可以根据存储来选择一个最优调度策略. 当任务所需的计算节点数多于可用的数据副本所在的节点数时, 需要在选中的计算节点上创建三级副本.

关于副本的定位^[7]问题, 本文的云存储环境物理层部署在集群机柜式环境下, 架构层采用对等式架构, 最终的定位模式采用分层定位方式, 各层次分工如下: (1)一级副本的存储节点保存该大数据中各分块对其放置的映射并同步至所有节点; (2)二级副本创建完毕后创建对各自位置的映射, 并在存储一二级副本的节点的块数据库中同步该信息. 存储策略的总体框架如图 3 所示.

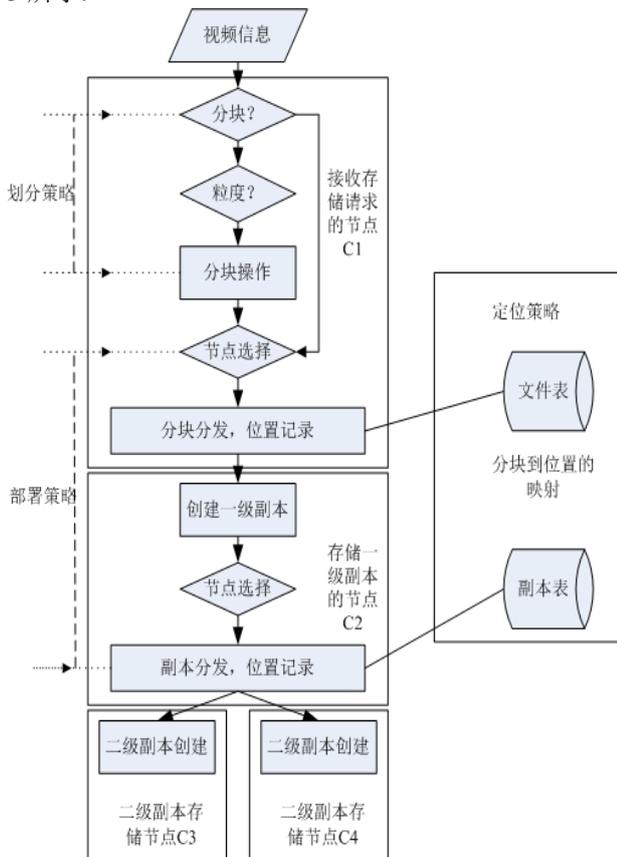


图 3 云存储策略流程

面向云计算的存储策略处理流程如下:

(1)节点 C1 的文件管理服务根据数据划分策略判断数据是否需要划分, 根据先前制定的文件分割策略规定的粒度对文件进行无损分割;

(2)对于分割完成的分块数据或者不需要分割的完整文件, C1 的文件管理服务从本机所在机柜中选择最优节点 C2 创建该分块的一级副本, 同时将位置记录在文件表中, 文件表的同步将在网络空闲时进行.

(3)二级副本的创建依据剩余空间, 由 C2 选出同机柜的不同节点 C3 和不同机柜上的节点 C4, 通过文件同步来进行副本创建, 同时记录副本位置.

当用户需要进行相关的信息读取操作时, 根据节点上的文件表, 通过文件查询服务即可快速定位副本所在的位置以及远程副本表中每个副本的位置^[8].

3 仿真实验

系统在应用层上设计实现了针对视频流的云存储功能, 系统架构如图 4 所示. 节点构成为“主-从”结构, 主节点 M 负责监控和调度从节点 Si 的运行并执行相关视频数据的存储作业解析, 从节点 Si 执行视频数据的收集传输和存储. 主节点可以为一个或多个, 从节点一般为多个.

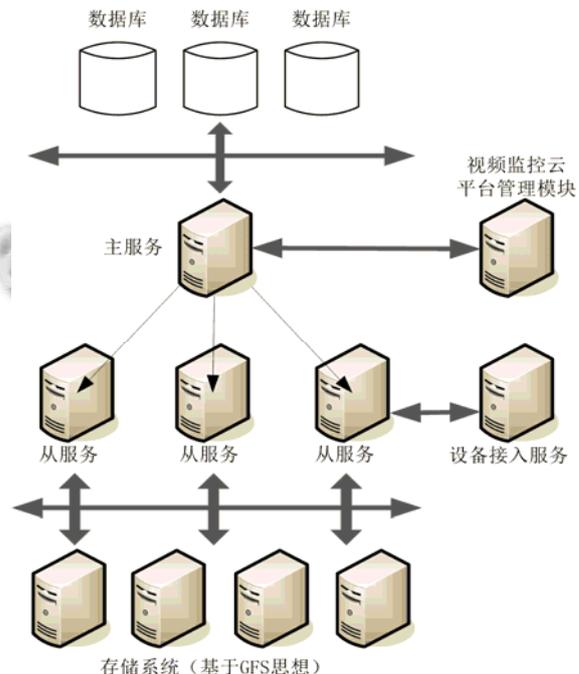


图 4 云存储系统架构图

本文的仿真实验采用组网模式对系统进行性能评测, 并将 CIVDMPC 与传统的视频监控网络系统进行性能的对比测试分析, I/O 性能评测参数如表 1 所示.

表1 系统 I/O 准备数据表

文件名	文件大小	序号
File1.TXT	1299MB	1
File2.MP4	1399MB	2
File3.AVI	1499MB	3
File4.AVI	1599MB	4
File5.AVI	1999MB	5

随机选取在系统中的 5 个文件并按照顺序读写的方式对系统进行性能测试, 测试的结果见图 5 和图 6 所示. 文件的上传实验和下载实验分别在相同的网络环境下进行测试. 由图 5 和图 6 分析可得, 随着文件大小的增加, 在 CIVDMPC 和传统视频监控系统下的文件下载和上传所用时间都有所增加, 但是 CIVDMPC 所需的下载、上传时间开销都明显优于传统的视频监控系统. 当处理大数据文件时, 即文件达到 GB、TB 时, 本文设计的 CIVDMPC 将在上传下载的时间开销上更具优势.

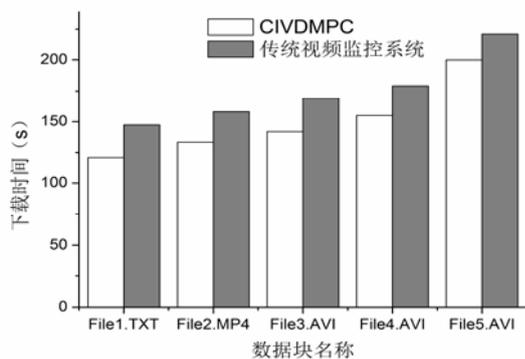


图5 数据流下载时间测试结果

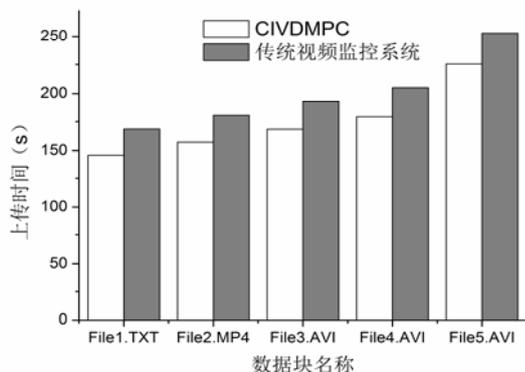


图6 数据流上传时间测试结果

4 结论

本文提出了一种视频监控云存储系统 CIVDMPC, 系统设计并采用了基于云的存储策略, 将视频监控的大数据有效安置在现有的设备环境下, 并取得了较好的存储性能. 系统开放的设备接入模式将有利于传统的视频监控设备无缝接入, 有利于传统的刑侦视频监控服务向基于云存储的服务转变.

参考文献

- 1 王飞. 公安专网信息安全防护. 信息安全与通信保密, 2006.8
- 2 禄利杰. 安保监方兴未艾的朝阳产业. 中国科技信息, 2000, (12):28-29.
- 3 白雪, 彭德巍. 基于统计学模型的 VOD 负载均衡设计. 计算机应用, 2010, 3:54-57.
- 4 姚文斌, 叶鹏迪, 刘建毅, 等. 一种双向并发执行的文件级可变长数据分块方法. 中华人民共和国, CN101968796A, 2011-02-09.
- 5 王意洁, 孙伟东, 周松等. 云计算环境下的分布存储关键技术. 软件学报, 2012, 23(4):962-986
- 6 王汝传, 施晓焯, 付雄, 等. 一种基于存储联盟子集划分的网格数据副本生成方法. 中华人民共和国, CN101800768A, 2010-08-11
- 7 董继光, 陈卫卫, 田浪军等. 大规模云存储系统副本布局研究. 计算机应用, 2012, 32(3):620-624
- 8 刘田甜, 李超, 胡庆成, 等. 云环境下多副本管理综述. 计算机研究与发展, 2011, (48):254-260