

高清安防视频特征分析缓存系统设计

滕晓斌¹, 何 炬²

(1. 上海市公安局浦东分局, 上海 200135;

2. 上海交通大学 图像通信与信息处理研究所, 上海 200240)

摘 要:文中针对高清视频监控特征分析系统提出了一种新型视频存储方案,主要讨论了在大规模视频数据的需求下,视频缓存存储解决方案中可以加以利用的一些条件,包括磁盘硬件的数据存储过程特点和视频数据流的特征,设计了一个克服了通用文件系统存储视频的短板且能够充分利用这些特性的视频存储文件系统(简称 FMFS),为高清视频数据提供了一个可靠的高速缓存。最后结合项目情况阐述了方案的技术细节,并根据实验数据,介绍了该解决方案的优势。和 NTFS 等传统文件系统相比,其优势在于连续访问存储视频数据的应用场景下的 I/O 性能得到了较大的提高。

关键词:视频监控;高速缓存;文件系统;特征分析

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)04-0100-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.04.024

Design of Cache System for Characteristic Analysis Used in High-definition Video Surveillance

TENG Xiao-bin¹, HE Ju²

(1. Pudong Branch of Shanghai Municipal Public Security Bureau, Shanghai 200135, China;

2. Institute of Image Communication and Information Process of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In this paper, for high-definition video surveillance system of characteristics analysis present a new video storage solutions, mainly discuss under the needs of large-scale video data, a number of conditions that can be utilized in the video cache based storage solutions, including the characteristics of the data stored procedure on disk hardware and the characteristics of the video data stream, then design a full use of these features of the video storage file system, to overcome the disadvantages of common file system in storing high-definition video data and to provide a reliable high-speed cache. The technical details of the solution are described at the end of the paper with some test results. Compared with traditional file systems such as NTFS, the key advantage of this solution is to improve the I/O performance under certain application environment of continual storage access.

Key words: video surveillance; high-speed cache; file system; characteristics analysis

0 引 言

随着安防行业“十二五”规划的发布,安防运营及各类服务业所占比重达到 20% 以上的目标被正式提上日程,而作为一种重要的安防手段,高清视频监控系统已在安防系统中被广泛应用。高清视频庞大的数据量对视频数据的管理和组织方式提出了新的挑战^[1,2]。笔者在 SAN (Storage Area Network) 基础之上,利用视频数据本身的特性,对现有视频文件存储方案进行改进设计,提高视频监控存储系统的存储效率,

为高清视频监控的特征智能分析系统提供一个高效的缓存,让系统得以更快地处理高清视频庞大的数据。

1 视频特征分析缓存系统的需求

视频特征分析系统需要首先从摄像头得到视频码流,视频存储服务器端收到数据后,转储到事先分配好的目标存储阵列上,特征分析系统向点播服务器发出点播指令,点播服务器从目标阵列上查找对应视频并回传给特征分析系统,特征分析系统分析后将分析的结果存储到其他地方^[3]。这里,分析结果的存储不属于文中讨论的范畴,特征分析系统总体的需求结构如图 1 所示。

首先,视频数据源(摄像头)传出视频流数据及对应的时间信息,收到数据流的存储服务器进行必要的

收稿日期:2012-07-30;修回日期:2012-10-30

基金项目:上海市科技计划项目(10DZ1500200)

作者简介:滕晓斌(1971-),男,上海人,工程师,在职硕士,研究方向为计算机通信。

检查后握手响应并建立连接, 开始进行连续的视频数据存储。其中视频存储使用 Motion JPEG 格式, 由用户指定存放时长, 但以不超出存储阵列的容量为限。然后以数据循环覆盖方式处理超出容量的数据, 即当视频数据到达容限, 则新数据覆盖时间戳最老的数据。

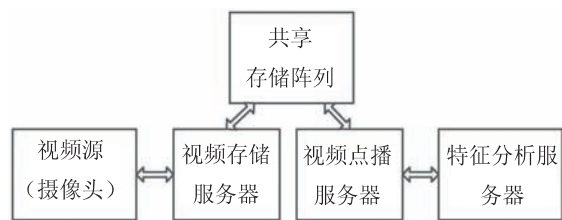


图1 特征分析系统总体的需求结构框图

鉴于此系统背景中视频数据量巨大^[4], 并且还需要经由数次提取和转存, 在实际测试中可以发现, 视频数据迁移占据了其中大部分时间, 于是视频的存储和查询效率将会对整个系统效率有重大影响。

基于磁盘阵列的并行存储体系结构可以从以下参数衡量其性能: 启动延迟、缓冲需求、吞吐量、磁盘利用率、可支持的并发视频流数量等。

用于视频存储的传统方案主要分为两种:

一是存储局域网(SAN)。这种存储结构以网络为中心, 利用通用网络协议连接起来, 能够于存储系统及服务器间直接传送数据。SAN是指存储设备间可以点对点连接且与一台服务器或一个服务器群相连的网络。SAN的独特结构体系使得SAN具有如下优点:

1) 存取速度非常快, 六类非屏蔽双绞线可以提供单通道1Gbps的全双工访问速度, 开发中的10Gbps标准以及光纤通道都可以提供更高的访问速度;

2) 高可靠性, 用户可以经由多台服务器对存储设备进行访问, 当其中一台服务器故障时, 备份服务器很快可以接管它的任务;

3) 管理和存储集中化, 各种不同的存储设备可以随时加入系统, 系统将所有设备映射为虚拟存储池, 可以很容易地扩充容量;

4) 灵活的扩展性, 存储设备和服务器各自独立进行按需扩展, 不必进行两者匹配的扩充;

5) 可同时支持设备数量高;

6) 设备物理距离限制减弱。可以在SAN基础上使用已有的文件系统格式, 如NTFS, ext3等, 提供文件访问。

二是基于NAS的文件共享协议, 如NFS, SMB等, 提供文件访问。NAS要求至少具有简化的实时OS, 常用的协议包括CIFS和NFS, 分别应用于Windows环境和Unix环境。NAS的协议使得它具有以下优点:

1) 可以充分利用已有的局域网和操作系统, 节约成本;

2) 能够进行跨平台的文件共享;

3) 即插即用且简便易安装;

4) 应用广泛, CIFS和NFS只要在互联网协议的网络中就可以使用。

NAS在应用中也表现出一些缺陷, 由于NAS采用文件I/O方式, 必须在传输前由TCP/IP协议封装, 传输后先解封装再解析后才能读写。这些协议封装转换消耗了巨大的资源, 效率较低。因此在视频存储这种对访问效率要求高的场合NAS显得不适合。

这两种方案都是先将视频数据转换成文件再用文件系统存放, 然后将文件名格式化并编制索引。这样在既有的文件系统方案限制下, 视频数据存储时自身特征无法加以利用, 引入了如下问题^[5,6]:

1) 文件频繁增删导致大量磁盘碎片。在通用文件系统上视频数据以文件形式存在, 且视频压缩编码后数据量差异较大, 所以相同时间长度的视频文件大小参差不齐。而视频监控需要有效利用有限的存储空间, 所以新文件覆盖旧文件的操作会非常频繁。再加上通用文件系统是既定标准, 已经对磁盘逻辑扇区进行了抽象, 文件数据占用的具体位置不受控制, 无法根据视频数据的连续特性进行优化。

2) 文件查找效率低。通用文件系统中存储使用了多级指针, 这样的结果就是磁盘读写效率的降低。在常规存储方案中, 采用时间戳文件名称作为索引, 使用时通过目标时间戳产生对应文件名, 最后通过对文件内部的查找取得确切数据位置。由于这样的方案需要进行多次时间戳转换和查找, 磁盘I/O访问次数将会大大增加。

3) 通用文件系统设计目的与视频数据存储目的不一致。视频数据存储要求能够对磁盘I/O带宽进行充分地利用, 而通用文件系统设计考虑的是尽可能将磁盘空间充分利用^[3]。

2 快速多媒体存储文件系统结构

New Technology File System(NTFS)是一个由微软公司推出的文件系统^[7], 最初目的是作为Windows NT系列操作系统的默认文件系统。在设计思想上, NTFS更多考虑了安全性和稳定性, 在此基础之上支持大容量存储设备。

NTFS结构较为复杂, 但在视频数据存储时通常会遇到以下几个问题:

1) 读写视频文件时每个操作本身的复杂程度以及能满足需要的操作数量是多少;

2) 文件内容与磁盘上存放位置对应关系是什么,

文件系统对于超出磁盘空间的数据的处理策略是什么,在无人值守,没有碎片整理的情况下,文件数据的空间连续性是否能够得到保证,不至于降低读写操作性能下降。

在实际中,NTFS 文件系统需要大量的 I/O 来对文件进行操作^[8],而受限与常规的磁盘硬件本身的特性,I/O 占用了相当大比例的时间,这样大量的时间消耗导致了操作的低效。而对于小文件来说,NTFS 这种小型数据库结构通常是高效的,但在视频数据编码产生的大文件来说就显得有些多余。

其次,在文件修改或访问时,NTFS 会去更新对应的修改或访问时间。由于视频数据中已经包含了时间戳信息,这样的数据显然是冗余的。

另外,NTFS 基于树型结构用文件名进行索引,在有序序列的查找里二分算法已经做到了最低化算法复杂度,但是视频数据本身的一些特性没有得到很好的利用,对视频数据存储来说,算法完全可以再加以优化。

笔者针对视频特征分析缓存系统的需求,设计了专用的快速多媒体存储文件系统。在这里,摄像头前端、存储阵列及服务器组成的一个完整系统被视为“虚拟条带”,基于 RAID 的存储阵列与摄像机前端相对应而形成的集合则作为“虚拟条带”中的“虚拟磁盘”,“虚拟磁盘”的读写管理均使用此文件系统的格式定义,这样既可以利用 RAID 冗余保证数据安全性,又可以从底层尽可能提高读写数据的性能^[9]。快速多媒体接口协议就是在此文件系统之上开放的接口协议,服务器端通过相应的 API 对文件系统进行读写访问,如图 2 所示:

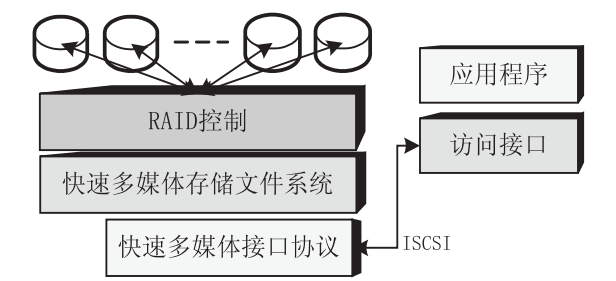


图 2 快速多媒体文件系统结构

2.1 文件系统结构

快速多媒体文件系统(FMFS)中定义了不同层次的操作元,共 3 层,包括卷、域以及块。

1) 卷(Volume)是 FMFS 中最大的单元,由用户在建立 RAID 阵列时设定,对应于一个 RAID 控制器所管理的一组磁盘阵列;

2) 域(Extent)是 FMFS 中所特有的操作单元,若干个块构成一个域,域里的数据源自同一个源。此大小由用户根据需要在磁盘格式化时设定。用户应当考

虑所使用卷的大小,使得所设定的值不至于太小而数据过于分散,导致索引数据量增大而使得磁盘空间利用率下降,且不至于太大而无法容纳多个源同时存在;

3) 块(Block)是 FMFS 中最小的单元。在单个磁盘或 RAID 阵列中也有相同的定义,它的大小取决于磁盘本身(单个磁盘)或者由 RAID 控制器设定,最小通常为 512Bytes。在目前市场上的大容量磁盘中,4KBytes 的容量现在也已经比较常见,这也是今后的发展趋势。FMFS 中要求 Block 大小应该为这个最小值的整数倍。用户可以根据存储数据对象单元的大小来确定这个值,这样能够尽可能降低 I/O 次数达到更好的性能。

FMFS 在以上操作的基础上进一步将整个“虚拟磁盘”,即一个卷分成多个分区(partition),包括了索引、数据及备份分区,每个分区均由若干个域组成,如图 3 所示:



图 3 卷分区结构

2.2 文件系统的接口及协议

文件系统需要有开放的协议和接口才能让特征存储系统能够利用这个缓存来进行读写操作^[10,11]。应用层通过快速多媒体访问层所提供的 API 接口进行 I/O 调用。通过 FMIP 协议的网络,系统将 I/O 调用传入 FMFS,FMFS 将调用与区域内存储设备相匹配的 iSCSI 指令,并且引入内存缓冲机制,尤其对需要反复使用或改写的磁盘数据(如索引表、NWA 等),降低磁盘 I/O 操作。快速多媒体访问层所提供的操作接口主要包括增/删摄像头,格式化存储设备,获取一帧或一段连续的视频数据,帧定位,写入一帧或一段连续的视频数据等。

文件系统为智能分析系统开放了以下接口:

1) ServerInit:目的是通知服务器存储阵列的信息,并建立连接。此指令结束后,服务器向客户端返回一个 BOOL 值,告诉客户端初始化成功(TRUE)还是失败(FALSE)。

2) GetVolumeScope:目的是向服务器请求阵列上卷的情况。指令执行后,会向客户端返回一个 onDemandGetScope 结构,其中 volumeID 和 camID 分别为卷和摄像头 ID,m_currentTime 为起始时间戳,frames 为总帧数目,isSuccess 标识获取成功或失败,如果失败,以上值皆为无效。

3) StartOnlyForward:目的是产生一个有起始点播时间,无终止点播时间的顺序点播请求,主要用于播放观看。answerIP 填写接收视频流的 IP,answerPort 填写接收视频流的端口,同时客户端需要在这个端口上打

开 TCP 端口并等待连接。arrayIP 填写阵列 IP, recBytes 填 0, volumeID 和 camID 分别为卷和摄像头 ID。执行后,服务器将会连接预设端口并发送视频数据。

4) StartOnlyBackward: 目的与 StartOnlyForward 类似,所不同的是视频流是由起始时间向前倒序。结构与 StartOnlyForward 相同。

5) SectionVideoForward 与 SectionVideoBackward 相比 StartOnlyForward 和 StartOnlyBackward 多填一个结束时间 endTime,视频流达到 endTime 指定的时间后会自动终止。

6) EndofStartOnly 指令用于结束 StartOnlyForward 和 StartOnlyBackward。与对应的 StartOnlyForward 和 StartOnlyBackward 所填内容相同。

2.3 数据安全控制

即使 RAID-5 的冗余磁盘机制能够保证当一个磁盘发生损坏时,可以由其他磁盘校验进行数据恢复^[12,13],但是为了避免其他因素所造成的数据损坏,对重要数据进行备份和差错校验仍然是必要的。FMFS 所引入的安全机制有以下几点:

(1)为索引数据增加校验位,根据校验位验证索引数据的有效性;

(2)为每一个摄像头再分配一个错误数据区,用于存放这个摄像头对应的出错数据。这些出错数据并不依时间连续,因此不能建立均匀索引表。这样可以分隔正确与错误的数据流,同时还存在由错误数据恢复原始数据的可能性;

(3)当索引表损坏时,可以由索引备份分区恢复,当两者都损坏时,则能够由每一域中记录值来恢复索引分区的索引表。

3 系统性能对比

笔者分别对 NTFS 文件系统和 FMFS 进行了测试^[14,15],以下为测试内容:

1)分别测试 NTFS 和 FMFS 顺序写入 10 万帧数据所用时间。其中,NTFS 每文件为一帧,用文件名索引,簇大小格式化为 64KB,FMFS 每帧也占用一个帧索引,最大帧大小固定为 256KB。

2)用平均每帧大小为 200KB 的数据模拟视频数据。

3)在两种文件系统中分别预存 30 万帧数据,测试随机和顺序访问 10 万次数据消耗的时间。每次访问读取的数据量均为 128KB,以保证读取数据量的一致性。

测试结果如表 1 所示。

测试结果显示:

1)随机访问的应用情景下,FMFS 性能与 NTFS 相比并无太大优势。用 IOMeter 测试磁盘在 128KB 文件块大小完全随机读取时,极限性能为 9.76MByte/s,由此可见此项测试中性能主要受限于磁盘随机访问性能。

表 1 文件系统性能测试

| | NTFS 耗时(s) | NTFS 数据吞 吐率(MByte/s) | FMFS 耗时(s) | FMFS 数据吞 吐率(MByte/s) |
|---------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| 连续写入 10 万帧 | 1505 | 12.98 | 465 | 42.00 |
| 随机访问 10 万次 | 1882 | 6.64 | 1801 | 6.94 |
| 连续访问 10 万次 | 1027 | 12.17 | 290 | 43.10 |

2)在连续访问的情况下,FMFS 不必每次都进行帧位置查询,IO 次数减少,I/O 性能得到了很大的提高。

4 结束语

在视频特征分析中大规模视频数据的应用背景下,视频查找和访问时间成为一个瓶颈,笔者通过对传统查找算法的改进,对视频数据时间线特征加以利用,降低指针跳转频率,提出了一种新型专用视频存储文件系统,使得视频数据存储和访问更快捷,与 NTFS 相比较,连续视频数据访问时的性能显著提高。在将来如果能够对随机访问时间进行进一步优化,FMFS 的性能优势会进一步得到体现。

参考文献:

[1] 杨康. 安防监控系统中视频存储技术的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.

[2] Griffenhagen M, Comaniciu D, Niemann H, et al. Design, analysis, and engineering of video monitoring systems: an approach and a case study[J]. Proceeding of the IEEE, 2001, 90(10): 1498-1517.

[3] 濮正国. 基于图像分析的视频监控系统信息存储技术的研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2006.

[4] Shenoy P J, Goyal P, Rao S S, et al. Symphony: An Integrated Multimedia File System[C]//Proceedings of the ACM/SPIE Multimedia Computing and Networking. New York: ACM, 1998: 124-138.

[5] Shenoy P J, Vin H M. Cello: A Disk Scheduling Framework for Next Generation Operating Systems[J]. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 1998, 26(1): 44-45.

[6] 罗丽丽. 视频存储优化技术研究与应用[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2009.

[7] 韩德志. 高可用存储网络关键技术的研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.

本工具支持 USB 端口和串口两种作为数据传输口的传感器节点。采样模块的作用相当于是一个数据收集和控制网关。一边通过 USB 或者串口连接传感器节点,一边通过 SPI 总线连接到用户的控制模块。采样模块通过节点接口模块可以获取节点内部变量以及通信数据等信息,并将这些数据信息通过总线传输给用户控制模块。其中,采样模块的硬件载体是自主研发的基于 ARM11 的采集板。

3)用户控制模块。

用户控制模块具有信息处理与人机交互功能,由 SRES(Security & Reliability Emulation System)^[12] 仿真系统组成。其中 SRES 是在 TOSSIM 基础上开发的仿真系统^[12]。SRES 系统结构与工作流程图见图 4。

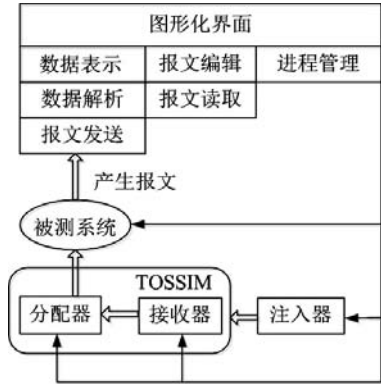


图 4 SRES 系统结构与工作流程图

5.2 工具功能设计

本工具采用模块化设计,可适用于大规模的无线传感器网络应用,能够实时收集网络中被测节点的运行情况并进行记录和分析;在不影响系统正常工作及无需对网络进行拆装的情况下,可对大量传感器节点程序进行升级。为物联网的测试提供了真实的软硬件基础平台和物理环境,提供了脚本形式的接口与多种可视化用户接口。

6 结束语

物联网是无线通信技术、海量信息处理技术、异

构网络接入技术等信息技术的高度集成运用。物联网的应用所带来的安全风险是对传统信息安全和防范措施的巨大挑战,只有不断完善检测技术手段,才能为物联网的大规模应用构建起安全屏障。

参考文献:

[1] 武传坤. 物联网与信息安全[R]. 出版地不详:出版者不详,2010.

[2] 武传坤. 物联网信息安全架构初探[J]. 中国科学院院刊, 2010(4):411-419.

[3] Wang Yitao. Scalable emulation of tinyos applications in heterogeneous network scenarios[C]//IEEE 6th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems. Macau, China;[s. n.],2009:140-149.

[4] Alzaid M, Abanmi S. A sensor network test-bed for wormhole attacks[C]//AusCERT. Gold Coast, Australia;[s. n.], 2008.

[5] Gorecki C, Behrens C, Westphal D, et al. TAP-SNS - A test platform for secure communication in wireless sensor networks for logistic applications[C]//12th International Sensor Conference. Hannover;[s. n.],2005:335-340.

[6] 熊 健. 基于场景的构件软件可靠性测试技术研究[D]. 长沙:国防科技大学,2005.

[7] AGREE. Reliability of Military Electronics Equipment;Report [M]. Washington, D C;US Government Printing Office,1957.

[8] 白广忱, 黄洪钟. 机械系统可靠性的多目标模糊优化设计[J]. 机械设计,1998(1):12-13.

[9] 丁开盛, 张学渊, 梁雄健. 通信网可靠性的定义及其综合测度指标[J]. 通信学报,1999,20(10):75-78.

[10] 武小悦, 沙基昌, 党晓玲, 等. 系统可靠性预计与分配集成系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用,1999,35(11):44-46.

[11] 李 维, 苗 勇, 汤业伟, 等. 物联网系统可靠性检测与评估技术[J]. 软件,2012,33(4):1-4.

[12] 李 维, 刘 冬, 骆俊瑞. 一种面向 TinyOS 的物联网系统信息安全测评工具[J]. 软件,2012,33(2):1-4.

(上接第 103 页)

[8] 兰 陵. 关注视频服务器[J]. 微电脑世界,1999(44):58-59.

[9] 黄森英. 远程视频传输控制和硬盘录像系统的软件设计[D]. 南京:南京理工大学,2005.

[10] 梁永全, 邓隆兴. 多媒体数据存储[J]. 计算机世界,1998(37):152-154.

[11] 蔡 明, 任绮念, 易剑光. 视频监控系统中的视频存储系统的设计与实现[J]. 江南大学学报,2003(2):115-118.

[12] 谢建国, 陈松乔. 视频存储技术发展综述[J]. 计算机工程与应用,2002(9):17-19.

[13] 张明亮, 张宗杰. 浅析 FAT32 文件系统[J]. 计算机与数字工程,2005(1):56-59.

[14] 何 炬, 袁 宇. 基于 SAN 的视频监控存储文件系统设计[J]. 电视技术,2011(13):98-101.

[15] 何 炬. 基于 IP-SAN 的视频监控存储系统关键技术研究[D]. 上海:上海交通大学,2011.

高清安防视频特征分析缓存系统设计

作者：[滕晓斌](#)，[何炬](#)
作者单位：[滕晓斌\(上海市公安局浦东分局, 上海 200135\)](#)，[何炬\(上海交通大学 图像通信与信息处理研究所, 上海 200240\)](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2013(4)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201304026.aspx