

# 基于PTS的视频流集群同步显示技术<sup>①</sup>

罗明宇, 刘其军, 付燕平, 归强

(广东粤铁瀚阳科技有限公司, 广州 510630)

**摘要:** 针对集群大屏拼接显示系统各节点机独立解码、视频流显示不同步的问题, 本文分析了集群拼接显示系统的特点, 提出了利用PTS信息实现集群内各节点机同步显示视频流的机制, 研究了组播接收模块、TS流拆包模块、视频解码模块和同步控制模块和拼接屏显示模块等视频流同步显示实现技术. 研究试验结果证明了基于PTS的视频流集群同步显示技术的有效性.

**关键词:** 集群; 同步; 视频流; PTS; 大屏拼接显示

## PTS Based Synchronization Display Technology of Video Stream in Cluster

LUO Ming-Yu, LIU Qi-Jun, Fu Yan-Ping, GUI Qiang

(Guangdong Railway & Sun Technology Co, Ltd, GuangZhou 510630, China)

**Abstract:** A PTS Based synchronization display technology of video stream is presented to solve asynchronous display problem of node computer in cluster. Features of cluster tiled display system is analysed. Video stream synchronous mechanism based on PTS information is researched, and the implementation of modules, such as multicast receiving, stream unpacking, video decoding, synchronization control, are discussed. The experimental results show that PTS based synchronization display technology of video stream in cluster is effective.

**Key words:** cluster; synchronization; video stream; PTS; tiled display

### 1 引言

随着网格计算的出现, 并行计算的推广, 信息显示技术不断发展, 计算机集群大屏拼接显示作为当今最先进的高分辨、大视野信息集中显示技术, 正逐步应用于铁路调度、交通管理、电力调度、公安指挥等指挥控制系统中, 为信息共享、决策指挥等提供显示平台, 成为信息可视化不可或缺的核心基础系统<sup>[1]</sup>.

基于计算机集群的大屏拼接显示技术以计算机集群为基础、计算机网络为中心, 采用模块化构建显示系统, 对大规模信息显示具有极大优势. 但是, 由于集群内各节点机独立计算、负载不同、网络传输时延各异, 往往会出现各节点机信息显示不同步、显示错乱等问题, 其中, 视频流集群显示的同步问题尤为突出. 视频流动态传输, 各节点机之间视频帧显示的同步难度大, 如果各节点机的视频帧显示不同步, 将造成大屏显示的帧信息错乱, 严重影响指挥决策. 因此,

研究视频流的集群同步显示技术十分必要.

### 2 集群拼接显示系统

集群是计算机集群的简称, 是一种并行分布式的计算机系统, 由一组通过网络相互联系的计算机组成以提供综合的计算资源. 由于集群系统造价低廉、易于构筑并且具有自由伸缩、可管理、高可用、高性价比的等诸多优点, 因此成为了大规模计算的理想平台<sup>[2-3]</sup>.

集群按功能与结构可分为: 高可用性集群(High-Availability Clusters)、负载均衡集群(Load Balancing Clusters)、HPC高性能计算集群(High Performance Clusters)和网格计算(Grid Computing)等四类. 其中, HPC高性能计算集群基于Linux操作系统和其它一些开源软件来将计算任务分配到集群内各节点机进行并行计算, 常被用来构建大屏拼接显示系统.

图1是以HPC集群架构为基础的集群拼接显示系

<sup>①</sup> 基金项目:广东省科技计划(2012A080102003);广东省省部产学研结合项目(2012B090500012)

收稿时间:2013-08-02;收到修改稿时间:2013-08-26

统,由一台主节点机与多台子节点机组成.主、子节点机间通过计算机网络传递消息,每台子节点都连接一块或多块显示屏,主节点负责调度管理,子节点进行并行计算处理,最后子节点实现屏幕显示<sup>[9]</sup>.该系统具有扩展灵活、显示形状自由、处理数据量大等优点<sup>[10]</sup>.

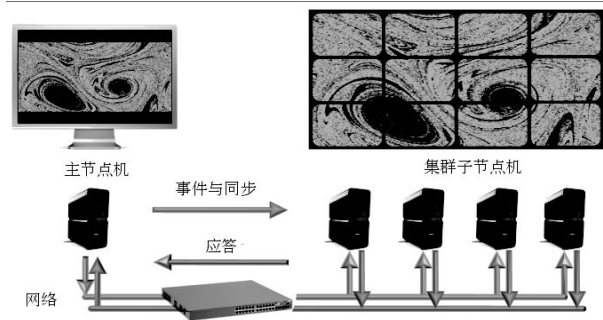


图 1 HPC 集群架构为基础的集群拼接显示系统

### 3 视频流集群同步设计

视频流是一系列连续的数字图像序列,其中每一幅图像为一帧,每帧视频都有相应的 PTS(Presentation Time Stamp). PTS 以时间为基准计算获得,主要用于音、视频同步.因此,对同一视频流,PTS 是唯一可确定的标识数据.借助 PTS 信息,可以实现视频流在集群节点机的同步显示.

视频流的集群同步显示主要通过集群的主节点机和子节点机完成视频解码后加入同步机制来实现.主节点机和子节点机首先用队列缓冲解码后的帧数据,以 PTS 作为标识,主节点接收到的 PTS 用 SPTS 表示,子节点接收到的 PTS 用 CPTS 表示,同步显示的流程如图 2 所示(其中 MC 表示组播,为保证集群网络内消息的同步传输,节点机采用组播方式收发消息).

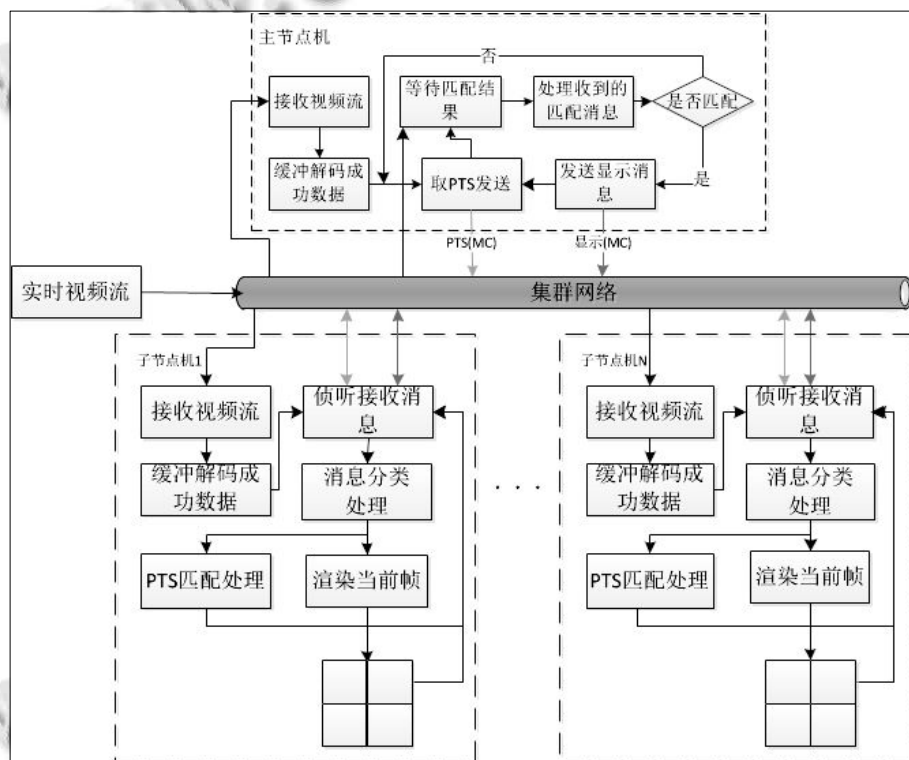


图 2 视频流集群同步显示流程

视频流接收后,主节点机和子节点机将分别依次进行接收、解码、同步处理、显示等操作.主节点解码获得视频流 SPTS 数据后,以组播方式把 SPTS 发送出去,同时进入消息等待状态;子节点收到 SPTS 后在队列中遍历查找与 SPTS 相等的 CPTS,查找成功则通过发送匹配成功消息给主节点,否则发送匹配失败消

息;当主节点收到所有子节点的匹配消息后,从等待状态恢复进入消息匹配处理过程,如果所有子节点都反馈为匹配成功消息则组播发送帧显示消息给所有子节点,子节点收到帧显示消息后完成视频的显示.如有子节点反馈匹配失败消息,则主节点从队列中取出下一个 SPTS 进行处理.

#### 4 视频流集群同步显示实现

视频流同步显示主要包括组播接收模块、TS 流拆包模块、视频解码模块和同步控制模块和拼接屏显示模块等五个模块,如图 3 所示:

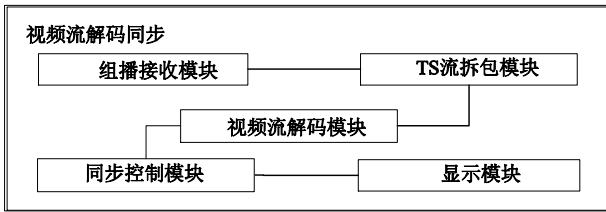


图 3 视频流集群同步显示实现

##### ① 组播接收模块

在集群系统中的所有节点机中都运行此模块,考虑到 UDP 的不可靠性,所以为了保证数据不丢失,建立一个固定大小的缓冲区,用来存储接收到的组播数据,同时为了保证接收的多个组播报文互不干扰,每一个接收模块启动一个独立的线程。

##### ② TS 流拆包模块

TS 流(Transport Stream),是用于音效、图像与数据的通信协议,最早应用于 DVD 的实时传送节目,定义于 MPEG-2 第一部分,即 ISO/IEC 标准 13818-1 或 ITU-T Rec. H.222.0. 它由一道或多道节目组成,每道节目由一个或多个原始流和其它流复合在一起,包括视频流、音频流、节目特殊信息流(PSI)和其它数据包。其中 PSI 表有四种类型:程序关联表 PAT(Program Association Table)、程序映射表 PMT(Program Map Table)、网络信息表 NIT(Network Information Table)、条件访问表 CAT(Conditional Access Table)。

TS 流以 0x47 开头,每个包的大小为 188(或者是 204)个字节,每个包都有唯一标识号 PID,其中 PID 为 0 的是 PAT 表,从 PAT 表中可解析出 PMT 表的 PID,通过 PMT 表可以解析出 PES 包的 PID,把 PES 包的包头去掉就是 ES 流,其中 ES 流中包含视频流数据,所以拆解 TS 流的主要任务是拆出 TS 流中的 ES 流,并根据 TS 流头中的 payload\_unit\_start\_indicator 标志来确定一帧视频数据,然后把收到的 ES 流拼接成一帧送入解码器。

##### ③ 视频解码模块

该模块主要将 ES 流拼成一帧数据进行解码,可采用 FFmpeg 进行视频解码。FFmpeg 是开源的音视频

编解码程序,集成了音视频录制、转换以及流化等功能,可应用于 Windows、Linux、MAC OS X、BSD 等操作系统,由 avutil、avcodec、avformat、avdevice、avfilter、swscale 和 swresample 等源码库组成。

以接收 H.264 的 TS 封装为例,H.264 格式的视频帧是以 0x00 0x00 0x00 0x01(或 0x00 0x00 0x01)这一序列开始的,因此解码时,可以通过这个序列作为边界来确定帧数据,即两个序列之间的数据为一帧。具体视频数据解码过程只需将整帧数据送入 FFmpeg 解码器即可完成。

##### ④ 同步控制模块

按照上文描述的视频流集群同步显示流程进行。

##### ⑤ 集群显示模块

视频流数据经过 FFmpeg 解码后一般都是 YUV 格式,因此显示解码后的视频帧需要先把 YUV 数据转化为 RGB 格式,再把 RGB 格式数据送入显示设备缓存区中即可完成显示。

#### 5 试验分析

试验采用的集群大屏拼接显示系统由一台主节点机和二台子节点机组成集群实现屏幕拼接显示,节点机采用双网卡分别传输视频流和同步控制消息,每台子节点机分别负责两块屏的显示,上、下两屏各由一台子节点机负责,试验用视频流为 1080P 高清视频流。通过对视频流显示窗口不断进行跨屏移动、缩放等操作,不断改变子节点机的显示处理负载,以测试集群显示系统的视频流显示同步能力。

如图所示,图 4 是未采用视频流同步机制的显示结果,图 5 是采用视频流同步机制的显示结果。视频流显示窗口经过一段时间的移动、缩放等操作后,不难发现,图 4 的视频显示出现了错乱,说明两台子节点机的视频显示处理已经不再同步了,而图 5 则始终保持了视频帧的同步显示。

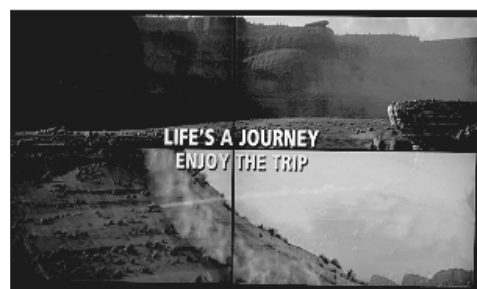


图 4 未采用视频流同步机制的显示结果



图 5 采用视频流同步机制的显示结果

## 6 结语

随着数字视频技术和网络通信技术的不断突破、高处理能力的芯片和视频服务器的不断推出,网络高清视频流正迅速进入交通管理、电力调度、公安指挥等领域的大屏显示系统,成为指挥决策显示系统的重要信息来源。

本文提出的视频流集群同步显示技术充分利用了视频的 PTS 信息来实现节点机的同步显示,通过设计视频流同步显示机制,研究组播接收模块、TS 流拆包模块、视频解码模块和同步控制模块和拼接屏显示模块等功能模块的实现,实现了集群显示系统各子节点机的视频流同步显示,试验结果证明基于 PTS 的视频流集群同步显示技术是有效的,为集群大屏拼接显示系统的视频流同步显示提供了可行的解决方案。

### 参考文献

- 1 孙晓娟.基于网络的大屏幕显示系统的设计与实现[学位论文].沈阳:东北大学,2010.

(上接第 236 页)

少处分散的主机.通过单播既确保了数据包传递的可靠性又可以节省大量的带宽。

### 参考文献

- 1 丁文.基于免疫多目标优化的网络组播路由选择.计算机应用研究,2012,29(4):1477-1479.
- 2 黄传河,杨文忠,王博,张振宇,徐利亚.无线 Mesh 网中编码感知组播路由协议 CAMR.计算机研究与发展,2011,48(6):1000-1009.
- 3 方艺霖,李方敏,吴鹏,刘新华,马小林.无线 Mesh 网络组播路由协议.软件学报,2010,21(6):1308-1325.

- 2 郑岚,陈奇.基于 LDAP 的统一访问控制系统的设计与实现.计算机工程与设计,2005,26(7):1865-1867.
- 3 王海涛,刘淑芬.基于 Linux 集群的并行计算.计算机工程与设计,2010,36(1).
- 4 Sacerdoti FD, Chandra S, Bhatia K. Grid systems deployment & management using rocks. IEEE International Conference on Cluster Computing. San Diego. Sep. 2004.
- 5 Sacerdoti FD, Katz MJ, Papadopoulos PM. 411 on scalable password service. IEEE High Performance Distributed Computing Conference. North Carolina. Jul. 2005.
- 6 Sacerdoti FD, Katz MJ, Massie ML, Culler DE. Wide area cluster monitoring with ganglia. IEEE International Conference on Cluster Computing. Hong Kong. Dec. 2003.
- 7 Papadopoulos PM, Papadopoulos CA, Katz MJ, Link WJ, Bruno G. Configuring large high-performance clusters at lightspeed: A case study. International Journal of High Performance Computing Applications, 2004, 18(3): 317-326.
- 8 Katz MJ, Papadopoulos PM, Bruno G. Leveraging standard core technologies to programmatically build Linux cluster appliances. CLUSTER 2002, IEEE International Conference on Cluster Computing. Apr. 2002.
- 9 刘君.基于网络的大屏幕显示系统的设计与实现.辽宁大学学报(自然科学版),2010,37(2):128-132.
- 10 常辉,戴树岭,王行仁.可扩展的多投影视频显示技术研究.系统仿真学,2009,21(Sup1):197-200.

- 4 江国星,梅锐.基于泛洪约束的 MANET 按需组播路由协议.电子与信息学报,2010,32(2):278-283.
- 5 葛连升,江林,秦丰林.QoS 组播路由算法研究综述.山东大学学报(理学版),2010,45(1):55-56.
- 6 王新生,史钊.基于蚁群算法的 Ad Hoc 网组播路由算法.小型微型计算机系统,2008,29(4):602-606.
- 7 崔伟峰,张岩,金顺福.几种 Ad Hoc 网络组播路由协议的分析与比较.计算机工程与设计,2006,18:3340-3343.
- 8 周元,毛启容,詹永照.Ad hoc 无线网络中的组播路由协议.计算机工程与应用,2004,5:155-159.