

# 服务器高精度时间同步技术研究

刘晓萍, 曹纪东, 胡湘华, 刘利, 黄双临, 马民

(北京环球信息应用开发中心, 北京 100094)

**摘要:** 论文针对重要信息系统信息处理数据量大、实时性强、可靠性高的特点, 为确保双工切换时间短、数据完整的目标, 重点研究服务器高精度时间同步技术, 设计了基于 PTP 规范的双缓冲机制的切入高精度时间同步方法。试验表明, 该设计达到双工切换时间在十毫秒量级和数据完整性的目标, 有效提高了专业领域数据处理平台的可靠性。该研究成果可进一步推广应用到其它类似的关键任务系统中。

**关键词:** 服务器; 可靠性; 双工; 切换; 时间同步

**中图分类号:** TP31

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2012)02-0069-03

## Method of High Precision Time Synchronism Study

LIU Xiao-ping, CAO Ji-dong, HU Xiang-hua, LIU Li, HUANG Shuang-lin, MA Min

(Beijing Global Information Center of Application and Exploration, Beijing 100094, China)

**Abstract:** As for the information processing of important information system in large data quantity, hard real-time and high-reliability, in order to minimize the switch-over duration and maintain the data integrity, research on the technology of time synchronism. Design the method of switch-in based on double-buffers, the method has high precision time synchronism based on the PTP standard. The result of performance testing shows that the switch-over duration is limited to tens millisecond level and the data is keep available without lost or duplication, which efficiently improve the reliability of important information system. The achievement of research can also be applied to other similar mission-critical systems.

**Key words:** server; reliability; active-active; switch-over; time synchronism

## 0 引言

在一些专业系统中, 由于对可靠性要求很高, 必然需要利用双机容错系统来保障系统的连续运行。特别是对于具有数据处理量大、实时性要求高特点的系统, 专业系统对双工切换提出了更高的要求。

服务器高精度时间同步是计算机双工技术的基础, 服务器间的时间误差对保持双工切换时的业务数据完整有着致命影响, 因此, 对服务器间高精度时间同步方法的研究能够对双工技术在重要信息系统中的应用起到关键的作用<sup>[1]</sup>。

在专业系统中, 由于系统的可靠性要求很高, 必然需要利用双机容错系统来保障系统的连续运行。而且, 由于具有数据处理量大、实时性要求高的特点, 专业系统对双工切换提出了更高的要求。

## 1 高精度时间同步技术

计算机网络时间同步协议主要有两种: NTP(网络时间协议)与PTP(精密时间同步, 即IEEE1588标准)<sup>[2]</sup>。NTP是一种纯软件的解决方案, 通常由于网络延迟的抖动较大, 因此很难满足高精度时间同步的指标要求。而PTP是一种软硬结合的技术, 通过使用高精度授时源, 以及IRIG B码时间传输规范<sup>[3]</sup>, 提供亚微秒级的对时精度。

针对专业系统对服务器高精度时间的要求, 依据PTP技术提出了一种软硬件结合的计算机高精度时间同步技术。

服务器时间同步由B码终端、NPort串口联网设备、服务器和时间同步软件构成。其工作原理为: 高精度时间源通过B码线向服务器发布标准时间信号, B码终端接收标准时间信号并转换为RS232接口的串口时间信息, NPort串口联网设备使用串口接收B码终端发出的时间信息并转换为网络接口时间信息, 服务器通过专用网卡接收时间信息同步本地时间。

### 1.1 软件组成

双工业务处理服务器时间同步软件包括两个软件, 即服务器与B码终端时间同步程序和监控报警程

收稿日期: 2011-06-24; 修回日期: 2011-09-27

基金项目: 国家863计划广域实时精密定位技术与示范系统项目(2007AA120602)

作者简介: 刘晓萍(1976-), 女, 河南长葛人, 硕士, 主要研究方向为计算机软件与理论。

序,其数据流如图 1 所示:

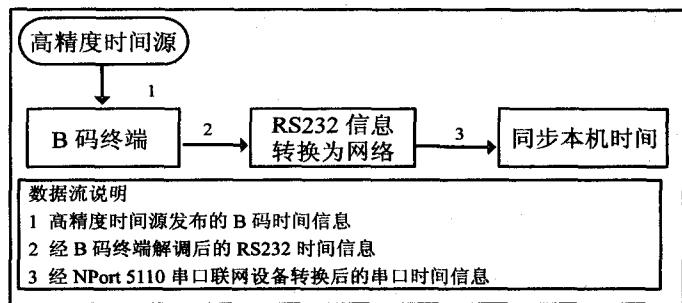


图 1 双工热备系统高精度时间同步软件数据流图

在双工热备系统高精度时间同步技术中,从高精度时间源到服务器之间的时间精度通过专用网络接口、相关硬件设备以及规范的布线保证。如何使时间同步程序得到最快的响应速度就是一个重要问题。因此,重点在于服务器与 B 码终端时间同步程序的编写以及相关的操作系统的配置。

## 1.2 功能设计

在时间同步功能设计过程中,采用了实时程序设计技术和多线程程序设计技术。

根据应用的需要和实时性要求,所采用的实时程序设计技术主要如下:

### (1) 大容量内存锁定。

内存锁定是实时应用软件减少时间延迟的主要方法之一。对时间敏感的进程或数据锁定在系统内存中,以避免这些进程或数据由内存换入换出到外存,从而减少应用软件的执行时间。

### (2) 实时时钟和定时器。

实时时钟和定时器能够提供极小的时间间隔来控制与调度任务和事件的执行和发生。系统实时时钟能提供微妙或纳秒级的时间分辨率,从而可以控制应用软件中的进程或线程在精确的时间间隔内激活运行<sup>[4]</sup>。同时利用实时时钟和定时器并结合采用信号机制,对应用软件中有关时间间隔要求严格的软件接口和程序进行控制。

### (3) 异步 I/O。

异步 I/O 就是使调用 I/O 操作的进程将该 I/O 操作置入队列后<sup>[5]</sup>,立即可以恢复进程的运行。而同步 I/O 则必须当相应的 I/O 操作完成后(不论是成功还是失败)才能使调用该 I/O 操作的进程恢复运行。因此,异步 I/O 功能可以使得具有多个 I/O 操作的进程或线程的实时性得到保障。

### (4) 实时进程通信。

进程间通信(IPC)是指多个进程之间的信息交换<sup>[6]</sup>。在多进程程序设计中,其程序

代码映像运行在不同的地址空间,因此需要采用附加的通信机制来进行数据传输。这些通信机制主要为共享内存、信号、信标和消息机制。实时程序设计中采用基于消息机制通信技术来实现进程之间的实时通信。

消息机制实质上是通过缓冲区来交换数据。互操作的进程可以利用消息进行通信。实时消息是通过共享内存设计实现,以满足实时应用在多个进程之间传送大量数据。消息的通知可以是异步或同步的。消息队列可以存放多个消息,并可由多个进程访问<sup>[7]</sup>。消息队列中的消息可以根据应用的需要按优先级访问或按任意顺序访问。信息处理平台业务应用软件对大量的实时备案数据等信息可以采用消息机制实现进程间数据传递。

## 2 高精度服务器时间同步硬件组成

服务器设备的时间同步问题是十分重要的问题,在无同步机制的情况下,独立的机器之间时间上的差异一般都在秒以上分钟的量级上<sup>[8]</sup>,这在数据收发、数据存储、业务计算等方面都有影响,对系统的功能正常实现有较大的威胁,因此,获得精确的时间同步信号对于整个系统来说是必须的。

服务器网络时间同步协议主要有两种:NTP(网络时间协议)<sup>[9]</sup>与 PTP(精密时间同步,即 IEEE1588 标准)<sup>[10]</sup>。NTP 是一种纯软件的解决方案,通常由于网络延迟的抖动较大,因此很难满足高精度时间同步的指标要求。而 PTP 是一种软硬结合的技术,通过使用高精度授时源,以及 IRIG B 码时间传输规范,能够提供亚微秒级的对时精度。

本方案的时间同步技术依据 PTP 规范而设计,采用专门硬件时钟(原子钟)为基准的时间信号,通过时频信号送达计算机,供服务器校准本地时钟。高精度的时钟为数据同步提供很好的时间信号,可以为工作机/备份机的切换和恢复提供精准的时间戳,给系统状态时间定位以及实时容错、快速恢复提供可能。其系统组成关系如图 2 所示。

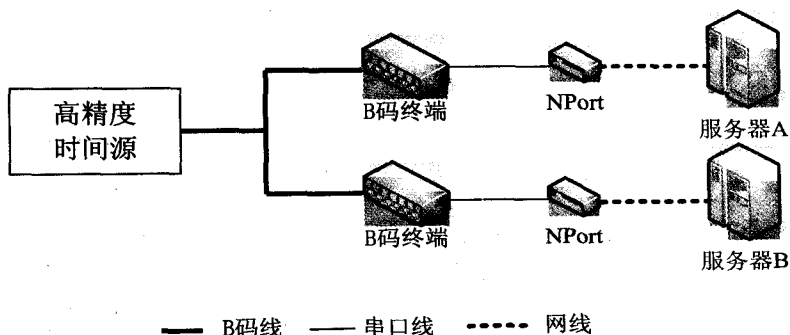


图 2 双工热备系统高精度时间同步技术

### 3 时间同步测试

B 码终端在整秒时间点,向两台服务器发送时间信息(以下简称 B 码到达时间:BT),时间信息分为两种,一种是 1pps 信息<sup>[11]</sup>,另一种是 32pps 信息。服务器收到时间信息后,立即读取本机时间(以下简称:LT1),根据相应指标对 BT 进行合理性检验,若 BT 通过合理性检验则以 BT 为依据,调整本机时间。

#### 3.1 BT 的合理性检验标准

BT 的合理性检验标准为:

- 服务器接收 B 码时间的本地时间间隔是否合理;
- B 码时间与本地时间比较是否合理(排除 B 码信息跳大数)。

(1) 服务器接收 B 码时间的本地时间间隔。

本地时间间隔  $\Delta JGT$  为

$$\Delta JGT = LT2 - LT1 = \Delta BT + \Delta RT + \Delta LT + \Delta WT$$

其中:LT1 为上一秒 B 码信息到达时读取的本机时间;LT2 为本次 B 码信息到达时读取的本机时间; $\Delta BT$  为 B 码时间的抖动; $\Delta RT$  为前后两次服务器读 B 码时间信息的时延差; $\Delta LT$  为本机时间的抖动; $\Delta WT$  为写延迟差。

以上的  $\Delta JGT$  正常值应该在 1s 左右。

(2) B 码时间与本地时间比较是否合理(排除 B 码信息跳大数)。

服务器收到的 B 码时间与本地时间比较是否跳大数。

$$\Delta BLT = BT - LT = \Delta BT + RT + \Delta LT + WT$$

其中:LT 为本次 B 码时间信息到达时读取的本机时间; $\Delta BT$  为 B 码时间的抖动;RT 为服务器读 B 码时间信息的时延; $\Delta LT$  为本机时间的抖动; $\Delta WT$  为写延迟。

$\Delta BLT$  值在系统跟随 B 码的情况下应该是一个较小的时间差( $-20\text{ms} < \Delta BLT < 20\text{ms}$ ),如果系统时间没有跟随 B 码,那么预期的  $\Delta BLT$  应该随时间线性变化。

#### 3.2 测试 $\Delta JGT$ 的情况

测试程序使用实时优先级调度策略(SCHED\_RR)的最高级(31),服务器记录每次 B 码到达的时间<sup>[12]</sup>,并计算每秒  $\Delta JGT-1$  的值,以服务器本地时间为横轴(单位:秒),以  $\Delta JGT-1$  (单位:毫秒)的值为纵轴。以下分别为 1pps 与 32pps 的接收测试情况。

(1) 1pps 接收测试。

在服务器上,一般负载(70% IDLE)的情况下,使用以太网络口,采用 TCP 协议,接收 1pps 的试验情况,图 3 中的 y 轴为服务器读到的前后两次 1pps 的时间差。试验条件:未绑定,一般负载,未提高优先级,10ms 调度间隔。测试的情况如下:

测试时间约 16 小时;测试期间出现过一次丢失数据的情况(分析可能是 NP5110 丢失的数据);数据的延迟时间绝大多数在正负 2ms 以内,少数点在正负 2ms 至 6ms 以内,但没有超过 6ms 的情况出现。

(2) 32pps 接收测试。

服务器上,一般负载(70% IDLE)的情况下,使用以太网络口,采用 UDP 协议,接收 32pps 的试验情况,图 4 中的 y 轴为服务器读到的前后两次 32pps 的时间差。试验条件:未绑定,一般负载,提高 RR 优先级为 20,10ms 调度间隔。

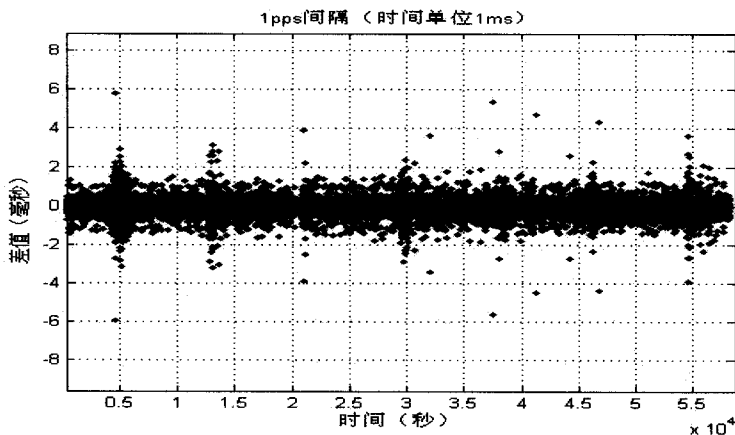


图3 通讯服务器接收 1pps 偏差图

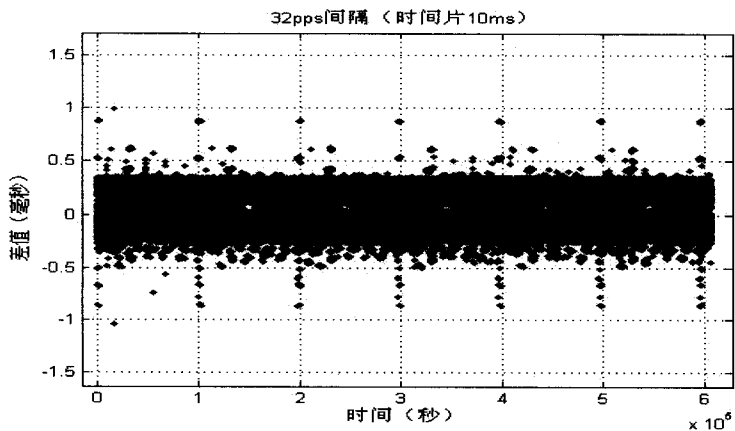


图4 串口联网设备接收 32pps 时间偏差图

测试时间约 5.5 小时;测试期间出现过一次丢失数据的情况(分析可能是 NP5110 丢失的数据);数据的延迟时间绝大多数在正负 1ms 以内,但没有超过 2ms 的情况出现。

通过 NPort5110 串口联网设备转换后接收 32pps

(下转第 75 页)

有较理想的正确率和召回率。

表1 各类型判定实验结果

	待测图像数	分割正确数	检测正确数	检测错误数	检测正确率	召回率
横条纹纹理	50	48	46	2	95.8%	92.0%
竖条纹纹理	50	47	46	1	97.9%	92.0%
方格纹理	40	35	32	3	91.4%	80.0%
碎花纹理	30	29	27	2	93.1%	90.0%
纯色	30	27	26	1	96.3%	86.7%
合计	200	186	177	9	95.2%	88.5%

## 4 结束语

针对人体衣物纹理类型的检测过程,提出应用Sobel算子计算待检测区域内各像素点的梯度方向,并利用统计学分析方法实验得出具体纹理类型的梯度方向分布规律,以获得相应类型的判定依据,进而实施对常见衣物纹理类型(包括横、竖条纹,方格,碎花及纯色)的判断。但是,对于有严重褶皱现象的人体衣物,还不能有效排除褶皱带来的梯度计算错误的影响,这也是下一步需要研究的内容。

### 参考文献:

- [1] 陈立伟,王颖芳. 皮肤纹理检测技术[J]. 应用科技, 2010, 37(7):48-51.
- [2] 孔锐,胡谷雨,王琼,等. 一种基于多级检测的军装图片识别算法研究[J]. 计算机与数字工程, 2010, 38(11): 152-155.
- [3] 梁萍,程伟. 基于模糊C均值聚类的旋切单板表面纹理检测[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(11):79-82.

- [4] 朱映辉,江玉珍,欧阳春娟. 基于特征加权的自然纹理FCM聚类分割算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(1):108-110.
- [5] 郭航,霍宏涛. 灰度共生矩阵在皮肤纹理检测中的应用研究[J]. 中国图像图形学报, 2010, 15(7):1074-1078.
- [6] 张淑丽,张晔,何鹏,等. 图像处理中一种改进的边缘检测技术的研究与实现[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2006, 27(8):968-969.
- [7] Gao Wenshuo, Zhang Xiaoguang, Yang Lei, et al. An improved Sobel edge detection[C]//2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT). [s. l.]:[s. n.], 2010:67-71.
- [8] 沈峰亭,魏红. 基于改进Sobel算子的螺纹边缘检测[J]. 微计算机信息, 2008, 1(1):261-262.
- [9] 黄长专,王彪,杨忠. 图像分割方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(6):76-79.
- [10] Rother C, Kolmogorov V, Blake A. "GrabCut" - Interactive Foreground Extraction Using Iterated Graph Cuts[J]. ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH, 2004, 23(3):309-314.
- [11] Kazakova N, Margala M, Durdle N G. Sobel edge detection processor for a real-time volume rendering system[C]//Proc of 2004 International Conference on Circuits and Systems. [s. l.]:[s. n.], 2004:913-916.
- [12] 秦钟. 基于梯度方向恒定性的运动车辆阴影检测[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2008(10):43-46.

(上接第71页)

信号,信号的接收延迟在2ms以内,信号的丢包现象有,但是从长时间的测试来看,丢包概率很小,完全可以达到10ms精度。

## 4 结束语

服务器时间同步研究与试验研究结果表明PTP(精密时间同步)软硬结合的技术,通过使用高精度授时源和IRIG B码时间传输规范,能够提供亚微秒级的对时精度,有效提高服务器时间同步精度。文中提出的服务器高精度时间同步技术的方法已应用到专业系统中,为精确估计系统可靠性以及系统方案论证提供了理论和方法上的依据。

### 参考文献:

- [1] Shan Z, Lin C, Marinescu D C, et al. Modeling and performance analysis of QoS-aware load balancing of Web server clusters[J]. Computer Network, 2002, 40(2):235-256.
- [2] Guo C C, Yan P L. A dynamic load balancing algorithm for heterogeneous Web server cluster[J]. Chinese Journal of

Computers, 2005, 28(2):179-184.

- [3] 王燕山,李运华,刘恩朋,等. 以太网时间同步技术的研究进展及其应用[J]. 测控技术, 2007, 26(4):4-6.
- [4] 曾碧卿,陈志刚. 服务器集群系统研究[J]. 计算机应用研究, 2004(3):186-187.
- [5] Culler D E, Singh J P, Gupta A. Parallel computer architecture: a hardware/software approach[M]. 北京:机械工业出版社, 1999:350-649.
- [6] 王晋鹏,潘龙法,李降龙. LVS集群中的动态反馈调度算法[J]. 计算机工程, 2005(19):50-52.
- [7] 杨蕾,胡永辉,翟慧生. 基于CPLD的数字移相分频钟[J]. 时间频率学报, 2004, 27(1):1-7.
- [8] 王燕山,李运华,刘恩朋,等. 以太网时间同步技术的研究进展及其应用[J]. 测控技术, 2007, 26(4):4-6.
- [9] 董甲东,郑春香. 分布式系统的时间同步容错机制研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3):99-101.
- [10] 曹会华,贺占庄. 基于有限状态机实现全双工可编程UART[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(2):53-55.
- [11] 王若莹,李梁,张润洲,等. 一种移动数据同步算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(12):36-39.
- [12] 曾兴胜,黄东. GPON中业务数据的同步机制设计[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2):33-36.