

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G06F 1/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610090699.0

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100437423C

[22] 申请日 2006.7.7

[21] 申请号 200610090699.0

[73] 专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100080 北京市海淀区北四环西路 15 号

[72] 发明人 张珩 李健 赵猛 陈靖波

[56] 参考文献

JP 2004 - 78874 A 2004.3.11

EP 0389780 A2 1990.10.3

CN 1180607 C 2004.12.15

US 5907685 A 1999.5.25

审查员 王欢

[74] 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司
代理人 尹振启

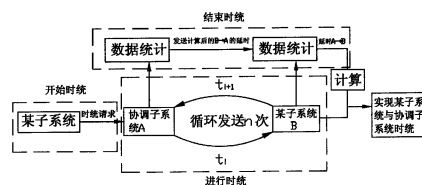
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种计算机分布式系统时间同步方法

[57] 摘要

一种计算机分布式系统时间同步方法，包括步骤：使用闭环采样的方法计算出计算机 A 到 B 的延时时间 \bar{D}_A ；使用闭环采样的方法计算出计算机 A 到 B 的延时时间 \bar{D}_B ；计算网络延时 \bar{D} ；以及计算 B 的 i 时刻的时间 T_{Bi} 。本发明的优点在于基于软件实现，成本低；使用反馈采样的方法，精度高；利用计算机自身时间，实现简单。



1、一种计算机分布式系统时间同步方法，包括步骤：

(1) 使用闭环采样的方法计算出计算机 A 到 B 的平均延时时间 \overline{D}_A ，

$$\overline{D}_A = \frac{D_{A0} + D_{A1} + D_{A2} + \cdots + D_{A(n-1)}}{n}$$

(2) 使用闭环采样的方法计算出计算机 B 到 A 的平均延时时间 \overline{D}_B ，

$$\overline{D}_B = \frac{D_{B0} + D_{B1} + D_{B2} + \cdots + D_{B(n-1)}}{n}$$

(3) 计算网络延时 \overline{D} ，

$$\overline{D} = \frac{\overline{D}_A + \overline{D}_B}{2}$$

(4) 计算 B 的 i 时刻的时间 T_{Bi} ，

$$T_{Bi} = T_{B0} + \overline{D} + \Delta_{Bi}$$

其中，

D_{Ai} —计算机 A 到 B 的 i 时刻延时时间，

D_{Bi} —计算机 B 到 A 的 i 时刻延时时间，

n 为进行时统时的循环发生次数，

\overline{D}_A —计算机 A 到 B 的平均延时时间，

\overline{D}_B —计算机 B 到 A 的平均延时时间，

\overline{D} —计算机 A 与 B 的平均延时时间，

T_{B0} —计算机 B 的零时刻，

Δ_{Bi} — T_{B0} 时刻到 i 时刻的时间增量，

T_{Bi} —B 计算机 i 时刻的时间；

所述闭环采样的方法是指当计算机 B 或 A 收到计算机 A 或 B 的时统包后，立即采样存入采样缓存中，并同时向计算机 A 或 B 发送时统包，当 A 收到后也做与 B 同样的采样操作。

一种计算机分布式系统时间同步方法

技术领域

本发明属于计算机领域，主要涉及计算机分布式系统时间同步方法等。该技术主要利用反馈式闭环采样的方法实现以校时计算机时间为基准，通过网络对被校时计算机进行时统，最终使被校时计算机和校时计算机的时间在毫秒级精度上达到一致。

背景技术

20世纪90年代以来，计算机硬件技术和软件技术的发展，以及高性能计算机网络的发展，导致分布式计算机技术迅速发展，改变了人们使用计算机的方式，同时使得人们对尽可能多的计算能力、数据的透明访问、高性能和高可靠性目标的追求不再是梦想。

在分布计算系统（简称分布式系统）中，多台计算机构成一个完整的系统，其行为类似一个单机系统。即用户不必了解系统中有多少台机器，它们的位置在哪里，它们的功能是什么，文件在哪里，作业在哪一台机器上等任何有关硬件物理分布的细节。其中分布式操作系统是实现分布计算系统的核心。分布计算系统的特点如下：

- (1) 系统是由多个处理器或计算机系统组成的；
- (2) 这些计算资源可以是物理上相邻的、由机器内部总线或开关连接的处理器，通过共享主存进行通信；这些计算资源也可以是在地理上分开的、由计算机通信网络（远程网或局域网）连接的计算机系统，使用报文（Message）进行通信；
- (3) 这些资源组成一个整体，对用户是透明的，即用户使用任何资源时都不必知道这些资源在哪里；
- (4) 一个程序可分散到各个计算资源上运行；
- (5) 各个计算机系统地位平等，除了受全系统的操作系统控制外，不存在主从控制和集中控制环节。

分布计算系统属于指令流多数据流（MIMD）结构。

分布计算系统的发展，也导致了对精密时间，以及系统间高精度时间同步的需求。由于精密时间是科学研究、科学实验和工程技术诸方面的基本物理参量。它为一切时序过程的测量和定量研究提供了必不可少的时基坐标。其完美的线性和连续性展示出了客观事物的真实状态。其应用领域广泛，如信息网络、航空航天、导航通信、电力传输和

科学计量等等诸多领域。

常用的时间同步方法为时钟同步，也叫“对钟”，是指把分布在各地的时钟对准（同步起来），最直观的方法就是搬钟，可用一个标准钟作搬钟，使各地的钟与标准钟对准。或者使搬钟首先与系统的标准时钟对准，然后使系统中的其它时钟与之比对，实现系统其它时钟与系统统一标准时钟同步。所谓系统中各时钟的同步，并不要求各时钟完全与统一标准时钟结对齐，只要求知道各时钟与系统标准时钟在比对时刻的钟差以及比对后它相对标准钟的漂移修正参数即可，勿须拨钟。时间同步的另一种方法是用无线电波传播时间信息，即利用无线电波来传递时间标准，然后由授时型接收机恢复时号与本地钟相应时号对比，扣除它在传播路径上的时延及各种误差因素的影响，实现钟的同步。随着对时钟同步精度要求的不断提高，用无线电波授时的方法开始用短波授时（ms）级精度，由于短波传播路径受电离层变化的影响，使授时精度仅能达到 ms 级。后来发展到用超长波即用奥米伽台授时，其授时精度约为 10 微秒左右，后来又用长波即罗兰 C 台兼顾授时，其授时精度可达到微秒，但无法全球覆盖。后来又发展到用卫星钟做搬钟，用超短波传播时号，通过用户接收共视某颗卫星，使其授时精度可达 10ns。利用卫星授时可实现全球范围时钟精密同步。

另外，对于计算机网络系统，目前还有基于 Internet 的时统方法，它主要是使用“授时服务器”的主机，产生精确的时间，一般是由原子钟产生的，并使用 Internet 互联网，依据一定的通讯协议，常用的协议有 DayTime、Time 和 Simple Network Time 协议等，但具有需接入互联网，并且精度低（一般只能到秒级）的缺点，不适用安全性和时间精密度要求高的分布计算系统。

对于分布计算系统，高精度时间为其基础需求，同时分布式计算系统各系统之间还要求高精度的时间统一，因此对时间同步技术有着较高的要求，可采用的方法有上文提到的时钟同步中的 GPS 时钟同步方法，该方法具有专业性强、精度高的特点，但由于需配备 GPS 硬件设备，同时还需租用 GPS 卫星，因此该方法较适合具有专业应用背景的大型网络系统，并不适合一般性的分布计算系统。

发明内容

为了解决上述传统问题，因此本发明的一个目的就是提出了一种计算机分布式系统时间同步方法。

在本发明的一个方面中，该计算机分布式系统时间同步方法包括步骤：（1）使用闭环采样的方法计算出计算机 A 到 B 的延时时间 $\overline{D_A}$ ；（2）

使用闭环采样的方法计算出计算机 B 到 A 的延时时间 \overline{D}_B ；(3) 计算网络延时 \overline{D} ；以及 (4) 计算 B 的 i 时刻的时间 T_{Bi} 。

根据这个方面，其中所述的闭环采样方法是指当计算机 B 收到计算机 A 的时统包后，立即采样存入采样缓存中，并同时向 A 计算发送时统包，当 A 收到后也做 B 同样的采样操作。

$$\text{根据这个方面，在步骤 (1) 中， } \overline{D}_A = \frac{D_{A0} + D_{A1} + D_{A2} + \Lambda + D_{A(n-1)}}{n}$$

$$\text{根据这个方面，在步骤 (2) 中， } \overline{D}_B = \frac{D_{B0} + D_{B1} + D_{B2} + \Lambda + D_{B(n-1)}}{n}$$

$$\text{根据这个方面，在步骤 (3) 中， } \overline{D} = \frac{\overline{D}_A + \overline{D}_B}{2}$$

$$\text{根据这个方面，在步骤 (4) 中， } T_{Bi} = T_{B0} + \overline{D} + \Delta_{Bi}$$

本发明所提出的基于反馈原理的软时统技术的特点为：基于软件实现，成本低；使用反馈采样的方法，精度高；利用计算机自身时间，实现简单。

附图说明

结合随后的附图，从下面的详细说明中可显而易见的得出本发明的上述及其他目的、特征及优点。在附图中：

图 1 给出了根据本发明的闭环采样示意图；

图 2 给出了根据本发明的计算机分布式系统时间同步方法的工作示意图；

图 3 给出了根据本发明的时间误差曲线。

具体实施方式

采用获取校时计算机中高精度时间，来校准其它需校时计算机的时间。该方法利用控制学中闭环反馈采样的原理实现时间的精确同步，具体实现如下：

- 1) A—时统服务计算机（校时计算机）；
- 2) B—请求时统计算机（被校时计算机）；
- 3) D_{Ai} —计算机 A 到 B 的 i 时刻延时时间(包含时差+i 时刻网络延时)；
- 4) D_{Bi} —计算机 B 到 A 的 i 时刻延时时间(包含时差+i 时刻网络延时)；
- 5) \overline{D}_A —计算机 A 到 B 的平均延时时间(包含时差+A 到 B 平均网络延时)；
- 6) \overline{D}_B —计算机 B 到 A 的平均延时时间(包含时差+B 到 A 平均网络延时)；
- 7) \overline{D} —计算机 A 与 B 的平均延时时间；

- 8) T_{B0} —计算机 B 的零时刻;
- 9) Δ_{Bi} — T_{B0} 时刻到 i 时刻的时间增量;
- 10) T_{Bi} —B 计算机 i 时刻的时间;
- 11) 闭环采样: 如错误! 未找到引用源。所示, 指当计算机 B 收到计算机 A 的时统包后, 立即采样 (计算出该 t 时刻的 D 来) 存入采样缓存中, 并同时向 A 计算发送时统包, 当 A 收到后也做 B 同样的采样操作。

下面参考图 2, 对根据本发明的计算机分布式系统时间同步方法的工作流程进行详细的说明。

如错误! 未找到引用源。所示, 使用闭环采样的方法计算出计算机 A 到 B 的延时时间: \overline{D}_A

$$\overline{D}_A = \frac{D_{A0} + D_{A1} + D_{A2} + \Lambda + D_{A(n-1)}}{n}$$

接下来, 使用闭环采样的方法计算出计算机 A 到 B 的延时时间: \overline{D}_B

$$\overline{D}_B = \frac{D_{B0} + D_{B1} + D_{B2} + \Lambda + D_{B(n-1)}}{n}$$

此后, 计算网络延时 \overline{D} :

$$\overline{D} = \frac{\overline{D}_A + \overline{D}_B}{2}$$

最后, 计算 B 的 i 时刻的时间 T_{Bi} :

$$T_{Bi} = T_{B0} + \overline{D} + \Delta_{Bi}$$

利用如图 2 所示的方法, 记录两个计算机时统后的时间, 对记录的时间进行误差计算, 并绘制出误差曲线, 分析根据本发明的时统精度。记录的时间差值, 绘制时间误差曲线, 如错误! 未找到引用源。所示。

由时间误差曲线可知两计算机经过时统后, 两系统时间同步精度可达百微秒精度。

对于本领域的普通技术人员来说可显而易见的得出其他优点和修改。因此, 具有更广方面的本发明并不局限于这里所示出的并且所描述的具体说明及示例性实施例。因此, 在不脱离由随后权利要求及其等价体所定义的一般发明构思的精神和范围的情况下, 可对其作出各种修改。

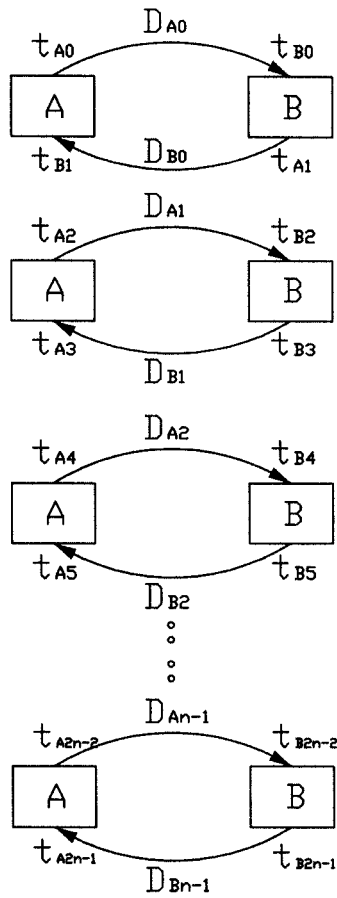


图1

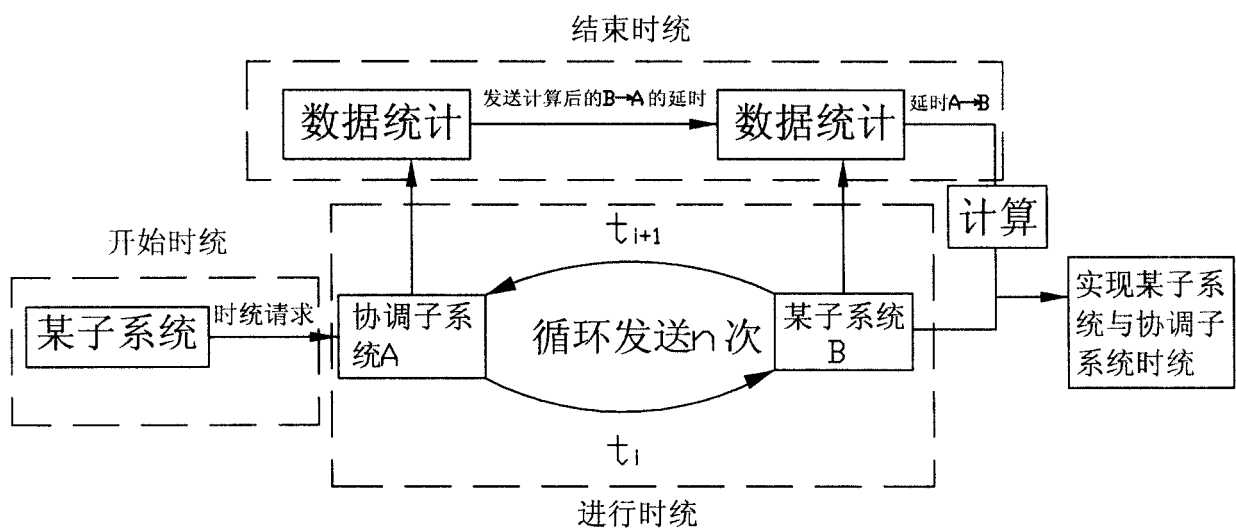


图2

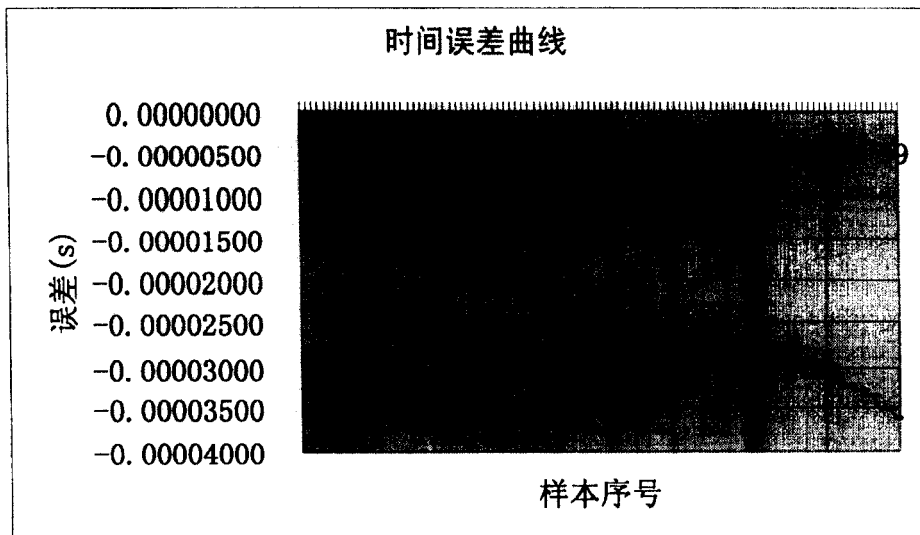


图 3时间误差曲线