



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1918940 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 09

(21) 申请号 200580004329. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2005. 02. 15

H04Q 11/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

10/781, 374 2004. 02. 18 US

(56) 对比文件

US 6539489 B1, 2003. 03. 25, 全文.

CN 1337138 A, 2002. 02. 20, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 08. 08

US 6535926 B1, 2003. 03. 18, 全文.

CN 1471769 A, 2004. 01. 28, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/004763 2005. 02. 15

审查员 刘彤

(87) PCT申请的公布数据

W02005/079402 EN 2005. 09. 01

(73) 专利权人 罗斯蒙德公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 布赖恩·A·弗朗切克

罗杰·R·本森

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 朱进桂

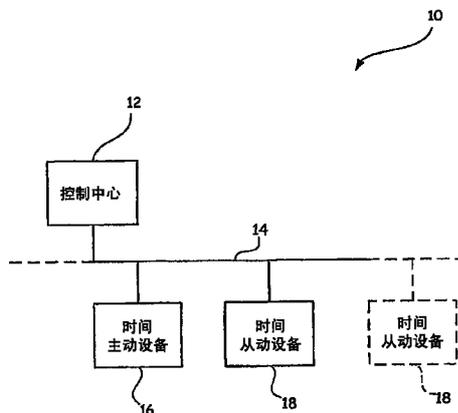
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

在网络分段上保持公共时间感测的系统和方
法

(57) 摘要

系统 (100) 具有控制中心 (12)、时间主动设
备 (16) 和多个分布的与时间主动设备的主时间
同步的时间从动现场设备 (18)。时间主动设备
(16) 周期地发送时间分布数据单元。每次从动现
场设备 (18) 具有定时器调节单元 (32)、固定速率
时钟 (36) 和可变时钟 (34)。定时器调节单元 (32)
计算主时钟和固定速率时钟之间的频率比, 并且
使用该频率比来计算调节系数, 用以调节每个现
场设备的本地时间感测, 使得每个现场设备的时
间标记与主时钟同步。



1. 一种使分布式控制系统的网络上的现场设备时间同步的方法,所述方法包括:
周期地在分布式控制系统的网络上将定时信息从主时钟发送到现场设备;以及
作为周期发送的定时信息和每一个现场设备的本地的输出时钟信号的函数,调节每一个现场设备的本地的输出时钟信号的长期速率和每一个现场设备的时间标记;

其中,所述长期速率等于 $\frac{\text{Fixed_clock_in}}{2} * F(\text{Add}, \text{Subtract})$,

“Fixed_clock_in”是固定速率时钟输入, $F(\text{Add}, \text{Subtract}) = 1 + \frac{1}{\text{Add}} - \frac{1}{\text{Subtract}}$,

Add 是加整数参数, Subtract 是减整数参数。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,调节步骤包括:

根据周期发送的定时信息和输出时钟信号,来计算频率比;

根据频率比,来确定加和减整数参数;以及

使用加和减整数参数改变可变时钟的输出,以产生输出时钟信号。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,定时信息的发送之间的周期会发生改变。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,调节步骤包括:

针对固定速率输入时钟信号的每两个输入脉冲,产生具有额定率的一个输出脉冲的输出时钟信号;以及

根据加和减整数参数,在输出时钟信号中加或减脉冲。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,每个现场设备的时间标记与主时钟同步,使得从时间标记中进行读取并不需要软件上的时间换算。

6. 一种使多个现场设备中的每一个的本地时间感测与控制网络分段上的主动现场设备的时钟同步的方法,所述方法包括:

检测在控制网络分段上的时间分布数据单元;

计算包括主动现场设备的时间感测除以现场设备的本地时间感测的频率比;以及

根据频率比,按照需要调节现场设备的本地时间感测。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,还包括:

相对于现场设备的边界条件来检验频率比。

8. 根据权利要求 6 所述的方法,其中,调节步骤包括:

根据频率比,在可变时钟所产生的时钟序列上加和减可变脉冲。

9. 根据权利要求 6 所述的方法,其中,由输出时钟信号保持现场设备的本地时间感测。

10. 根据权利要求 6 所述的方法,其中,频率比等于 1 导致不对现场设备的本地时间感测进行调节。

11. 根据权利要求 6 所述的方法,还包括:

在硬件上依次对接收的数据分组进行时间标记,不需要在软件上换算本地时间感测。

12. 一种具有公共时间感测的过程控制系统,所述系统包括:

控制网络;

时间主动设备,与控制网络进行通信,并且具有用于产生主时钟信号的主时钟,所述时钟主动设备用于周期地发送表示主时钟信号的时间分布数据单元;以及

多个时间从动设备,与控制网络进行通信,每个时间从动设备具有本地时钟和时间调

节单元,所述时间调节单元用于根据包括主时钟信号除以本地时钟的输出时钟信号的频率比,来调节本地时钟。

13. 根据权利要求 12 所述的过程控制系统,其中,以软件实现所述时间调节单元。

14. 根据权利要求 12 所述的过程控制系统,其中,以硬件和软件组件的组合来实现所述时间调节单元。

15. 根据权利要求 12 所述的过程控制系统,其中,本地时钟包括:固定速率时钟,用于提供输入时钟脉冲;以及可变时钟,用于根据输入时钟脉冲和来自时间调节单元的调节输入来产生输出时钟信号。

16. 根据权利要求 15 所述的过程控制系统,其中,时间调节单元计算可变时钟所用的调节系数,并且可变时钟根据调节系数,选择性地在脉冲序列中加或减脉冲。

17. 根据权利要求 15 所述的过程控制系统,其中,输出时钟信号基本与主时钟信号同步。

18. 一种用于减少过程控制网络的分布式现场设备的时间处理周期的方法,所述方法包括:

根据每个现场设备的本地的输出时钟信号和过程控制网络上的时间主动设备的主时钟之间的频率差,来计算每个现场设备的调节系数;以及

按照需要调节每个现场设备的本地的输出时钟信号的长期速率,用以使每个现场设备的本地的输出时钟信号与时间主动设备的主时钟同步;

其中,所述长期速率等于 $\frac{\text{Fixed_clock_in}}{2} * F(\text{Add}, \text{Subtract})$,

“Fixed_clock_in”是固定速率时钟输入, $F(\text{Add}, \text{Subtract}) = 1 + \frac{1}{\text{Add}} - \frac{1}{\text{Subtract}}$,

Add 是加整数参数, Subtract 是减整数参数。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,还包括:

在计算步骤之前,将时间分布数据单元从时间主动设备发送到分布式现场设备。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,每个现场设备的时间标记与现场设备的本地的输出时钟信号同步,使得从时间标记中读取时间值并不需要时间值的换算。

21. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,计算调节系数的步骤包括:

计算每个现场设备的本地的输出时钟信号和时间主动设备的主时钟之间的频率比;

确定频率比是否在调节边界条件内;以及

按照需要计算调节系数,用于调节本地的可变时钟的频率。

在网络分段上保持公共时间感测的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及过程控制网络中的定时。更具体地,本发明涉及一种用于在基于分组的过程控制网络分段中在设备之间保持公共时间感测 (common sense of time) 的系统和方法。

背景技术

[0002] 在工业过程中,尤其是在控制系统中,在网络上发送的数据可以是严格的,也可以不是。严格数据是仅在有限时间分段上被认为有效的数据。通常,这种数据表示实时测量和 / 或控制信息,并且被认为受过程的时间限制。必须在有限时间内执行这种数据的所有处理 (包括计算和发送)。非严格数据的处理对时间不敏感。

[0003] 非时间受限数据包括在网络上发送的数据,其中,在各个处理上的延迟对制造工艺的正确操作或者产品的质量没有影响。然而,这种数据通常包括定时信息,使得控制系统可以监控各种交易的时效性 (例如时间间隔和定时关系) 和控制网络上的过程。

[0004] 尽管基于分组的网络 (例如 Foundation Fieldbus) 上的设备通常具有其自身的用于保持时间的时钟,由于时钟之间的差值以及设备之间的距离,难以使控制系统和各个设备之间的时钟信号在整个分段上精确地同步。

[0005] 分段上的时间同步的目的是给所有连接设备提供一种共享、近似同步的内部时间参考。通常,时间同步包括单调增加的分量和偏移分量。单调增加的分量随着时间在本地终端系统的启动处从零值开始增加。偏移分量是当与单调增加分量相加时、使总和与分段上其它正常工作的设备的相应总和近似相等的值。

[0006] 通常,为了在过程控制网络分段上在各个设备之间保持公共时间感测,分段上的一个设备用作时间主动装置,将时间更新发送到分段上的用作时间从动装置的其它设备。时间从动装置然后使用该时间更新来使它们自身的“时间感测”与时间主动装置的时间感测同步。然而,因为设备是物理地分离的实体,它们内部的时钟不会精确地以与时间主动装置的时钟相同的速率运行。

[0007] 为了解决定时差值,必须换算 (scale) 每个从动设备的内部时钟,使得设备可以保持与时间主动装置同步的时间感测。在 Foundation Fieldbus 网络的情况下,每个设备的该换算因子必须足够精确,以便满足 Foundation Fieldbus 数据链路协议规范 ANSI/ISA-A50.02(1997), section 11.3a 中规定的最大阶段 (phase) 追踪误差。此外,在每次读取设备的时间感测时,必须将换算因子应用于设备的内部时钟。

[0008] 传统系统以软件实现时间换算,从而在每次读取时间感测时引起软件处理开销。由于换算因子是定点数值,或者可能是浮点数值,所以软件开销是明显的。

发明内容

[0009] 提出了一种过程控制系统,具有在网络中互相进行通信的控制中心、时间主动设备和多个时间从动现场设备。时间主动设备具有主时钟,并且每个现场设备具有本地时钟

和定时器调节单元。时间主动设备周期地在网络上将定时信息从主时钟发送到现场设备。每个现场设备根据主时钟和本地时钟之间速率上的差值,来计算调节系数,并且按照需要调节输出时钟信号和时间标记,以使本地时钟与主时钟同步。

附图说明

- [0010] 图 1 是示出了过程控制网络上的时间主动设备和时间从动设备的方框图。
- [0011] 图 2 是时间分布 (TD) 数据链路协议数据单元 (DLPDU) 的方框图。
- [0012] 图 3A 是时间分布数据链路协议数据单元关于时间主动设备的组成的方框图。
- [0013] 图 3B 是图 3A 的时间分布数据链路协议数据单元关于接收从动设备的方框图。
- [0014] 图 3C 是示出了时间分布数据链路协议数据单元的发送和接收之间的时间延迟的方框图。
- [0015] 图 4 是根据本发明一个实施例的从动设备的时间电路单元的方框图。
- [0016] 图 5A 和 5B 是示出了用于使从动设备时钟电路与时钟主动设备同步的方法的定时图。
- [0017] 图 6 示出了根据本发明 7 实施例、用于使从动设备与主动设备同步的方法的流程图。

具体实施方式

[0018] 图 1 示出了工业控制系统 10, 该系统 10 具有经过本地 (homerun) 电缆 14 与多个现场设备相连的控制中心 12。一个现场设备用作时间主动设备 16, 周期地经过电缆 14 将时间更新发送到 Fieldbus 分段上的其它设备。分段上的其它现场设备是时间从动设备 18, 其使用周期的时间更新来使其时间感测与时间主动设备 16 的时间感测同步。本地电缆 14 沿虚线延伸, 并且以虚线示出了附加时间从动设备 18, 用以表示可以延伸本地电缆 14 并且可以按照需要来添加现场设备 18, 用以扩展控制网络。

[0019] 如上所述, 时间主动设备 16 和时间从动设备 18 都是现场设备。为了下面的讨论, 属于“现场设备”指代在分布式控制系统中执行功能的任意设备, 包括当前在控制领域公知的所有设备。通常, 每个现场设备 18 包括换能器和 / 或制动器。换能器被理解为表示根据物理输入来产生输出信号或者根据输入信号来产生物理输出的设备。通常, 换能器将输入变换为具有不同形式的输出。通常, 一个系统提供能量以激励换能器, 换能器相应地将通常为另一种形式的能量提供给第二系统。换能器的种类通常包括各种分析装置和传感器、压力传感器、热敏电阻器、热电偶、应变计、流量传送仪、能级传送器、阀动器 / 阀门定位器、定位制动器、螺线管、指示灯等。

[0020] 通常, 每个现场设备 16、18 包括内部时钟。在分布式控制系统中, 希望实现系统同步以确保事件和控制努力的正确定时, 使得现场设备 16、18 具有公共的时间感测。然而, 因为现场设备彼此独立, 所以它们的时钟不一定同步。作为基于分布式时间的计划和分布式事件序列确定, Fieldbus 共享的时间感测的最大异步确定了这种共享行为的粗糙度或精细度。(“The maximum asynchronism in the Fieldbus-shared sense of time determines the coarseness or fineness of such shared activities as distributed time-based scheduling and distributed sequence-of-events determination.”) 参

见 Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part4:Data Link Protocol Specification, SP50.02(1997), section11.3(a), p.283。数据链路协议规范 11.a 部分定义了八个等级的时间同步,从 1 毫秒到 1 秒。尽管 fieldbus 网络的时间同步的粒度的特殊等级取决于其特殊需要和实现,但是现场设备必须保持与时间主动设备相关的“时间感测”,精确得足以满足根据粒度选定等级的最大相位追踪误差。

[0021] 图 2 示出了标准时间分布 (TD)DLPDU20,在本地电缆 14 上由时间主动设备 16 发送该 TD DLPDU20,用以使本地链路上的时间从动设备 18 能够协调和同步其数据链路时间 (DL-Time) 感测的前进速率。TDDLPU 是当接收到来自强迫时间 (Compel Time) (CT)DLPDU 的令牌时或者在时间主动设备 16 拥有调度程序令牌之后的适当时间间隔处由时间主动设备 16 在本地链路上发送的特殊类别的 DLPDU。

[0022] 通常,TD DLPDU 包括多个字段:前同步码字段、起始分界符 (SD) 字段、帧控制 (FC) 字段、源地址字段、链路发起 DL-Time 字段、DL-Time 质量字段、DL-Time 偏移字段 (由“FIELDBUS STANDARD FOR USE IN INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS PART4:DATA LINK PROTOCOL SPECIFICATION”,Approved January 6,1998(下面称为“DLP §”),8.6c 部分定义的)、DL-Time 字段 (DLP § 8.6d)、DL-Time 调节字段 (DLP § 8.6e)、帧检查序列 (FCS) 和结束分界符 (ED)。帧控制 (FC) 字段包括一个八位字节,规定了 DLPDU 的种类,并且在 TD DLPDU 的情况下,FC 字段包括公知为帧控制子字段的多个部分的八位字节参数。

[0023] 链路发起 DL-Time 字段表示发送现场设备 (总是时间主动设备 16) 的 DL-Time。DL-Time 质量字段表示时间从动设备 18、时间主动设备 16 以及本地链路上的时间分布的路径的多部分质量。DL-Time 偏移字段记录了 DL-Time 和本地链路计划时间之间的信号偏移 (差值)。在发送起始分界符 (SD) 时由时间标记产生 DL-Time 字段。最终,DL-Time Adjust 是 DL-Time 字段时间标记和发送结束 (EOT) 之间的时间,使得 DL-Time 字段和 DL-Time Adjust 字段的总和是 EOT 处的时间。

[0024] 如图 3A 所示,由时间主动设备 16 产生 DLPDU20(被标记为 20A 以便区分发送的 DLPDU20 与接收的 DLPDU20(被标记为 20B)),时间主动设备 16 有时被称为链路有效调度程序 (LAS)。当时间主动设备发送 TD DLPDU 时,发生下面的事件。发送开始于发送前同步码和 SD 字段。如图所示,起始分界符 (SD) 引起消息开始 (SOM) 信号。SOM 信号使数据链路定时器 (LAS) 22 将其当前时间复制到时间标记寄存器 24,然后当前时间被存储在 DLPDU 20A 的 DL-Time 字段中。此外,设置 DL-Time Adjust 字段,使得 DL-Time 和 DL-Time Adjust 字段的总和是发送结束处的时间。然后在本地链路上发送 DLPDU 20A 的其它字段。

[0025] 在图 3B 中,接收现场设备或时间从动设备 18 检测 DLPDU 20(被标记为 20B)。时间从动设备 18 将 DLPDU 数据存储在接受第一先入先出寄存器 (接收 FIFO)。在接收到 ED 时,从接收机的数据链路定时器 26 中取出 EOM 时间标记 30。时间从动设备 18 然后从接收 FIFO 中读取数据,并且通过将 EOM 时间标记与 TD DLPDU 中的调节的 DL-Time 相比较,来处理消息结束 (EOM) 时间标记。可变时钟 (如图 4 所示) 的信号调节数据链路定时器 26 的本地时间,使之与时间主动设备 16 同步。该时间调节过程的目的是根据时间主动设备 16、确保从动设备 18 的本地时间尽可能接近本地链路上的时间。具体地,从动设备 18 通过将本地时间变量与接收的 DLPDU 20A(参见 DLP § 9.4.1.3) 的相应字段相比较,来更新 DL-Time 的质量、DL-Time 偏移、本地链路计划时间偏移和节点定时器频率。这种比较用于检测时间

的参考源或者时间分布路径上的改变。

[0026] 如图 3C 所示, DLPDU 20A 的发送和 DLPDU 20B 的接收之间的差值表示时间延迟。该时间延迟是通过电缆 14 的延迟以及通过 Fieldbus 的任何延迟。设备可以使用往返延迟查询 (RQ) 和往返延迟应答 (RR) DLPDU 来测量时间主动设备 16 (LAS) 和时间从动设备 18 之间的延迟。从动设备 18 通过将 DL-Time 与时间主动设备 16 存储在发送的 TD DLPDU 中的 DL-Time Adjust 相加、并且将产生的总和与消息结束时间标记到达的时间相比较, 来确定相对于时间主动设备 16, 其数据链路时间的本地参考 (例如其共享时间感测) 是否快或者慢。

[0027] 如图 4 所示, 从动设备 18 包含定时器和定时调节单元。具体地, 当接收到来自电缆 14 (或者来自 Fieldbus 网络) 的 TD DLPDU 时, 定时器调节单元 32 从消息结束 (EOM) 时间标记寄存器 30 中读取时间标记值。定时器调节单元 32 计算调节系数, 该调节系数被传递给可变时钟 34。

[0028] 可变时钟 34 接收调节系数和来自时钟从动设备 18 的内部时钟 36 的固定速率时钟信号, 并且产生调节的时钟信号, 该时钟信号被传递给数据链路定时器 26, 数据链路定时器 26 更新 EOM 时间标记寄存器并且输出调节的时钟信号。

[0029] 可变时钟 34 是可变速率的硬件时钟, 具有固定速率时钟输入 (Fixed_clock_in)、可变速率时钟输出和两个整数参数 (加和减)。可变时钟 34 从从动设备 18 的内部时钟 36 接收固定速率时钟输入信号。可变时钟 34 根据加和减参数, 对固定速率时钟输入信号运用算法 (参考图 5A 和 5B 中的定时图而示出)。通常, 可变时钟 34 针对每两个固定速率时钟输入脉冲产生一个输出时钟脉冲。此外, 加 (a) 和减 (s) 参数被用于插入附加脉冲以及从输出时钟信号去除脉冲。算法如下: 对于每个“a”脉冲, 在输出时钟信号中插入一个额外脉冲, 并且对于每个“s”脉冲, 去除一个脉冲。

[0030] 由可变时钟 34 产生的输出时钟信号的长期速率为

$$[0031] \quad \frac{\text{Fixed_clock_in}}{2} * F(\text{Add}, \text{Subtract})$$

[0032] 其中

$$[0033] \quad F(\text{Add}, \text{Subtract}) = 1 + \frac{1}{\text{Add}} - \frac{1}{\text{Subtract}}$$

[0034] 产生的输出时钟信号被用于调节和保持时间从动设备 18 的时间感测。更具体地, 产生的输出时钟信号被用于使时间从动设备 18 的数据链路定时器 26 的时钟速率与本地链路上的时间主动设备 16 的时间速率同步。

[0035] 可以以软件或者以硬件或者其组合来实现定时器调节单元 32。在优选实施例中, 定时器调节单元 32 是存储在从动设备 18 的固件中的软件组件。无论以硬件或者以软件实现, 定时器调节单元 32 通常计算加和减参数, 使得

$$[0036] \quad F(F'_{\text{Add}}(\text{rate}), F'_{\text{Subtract}}(\text{rate})) = \text{rate} + \text{rate_error}$$

[0037] 其中, 速率误差是在加和减参数的计算期间由于射入误差而产生的实际速率和请求速率之间的误差。通常, 时间从动设备 18 必须忽略其本地时间感测并且相应于时间主动设备 16 的时间感测来进行调节。

[0038] 通过利用硬件换算或调节的时钟信号来更新 EOM 时间标记寄存器 30, 时间标记不

会引起软件开销。此外,通过使用可变时钟来控制时间从动设备 18 的数据链路定时器 26 的时间,当读取时间从动设备 18 的时间感测时,未将软件资源用于时间换算。然而,软件被用于校准加和减变量,导致硬件时间调节,使得在硬件中执行所有换算。仅当必须改变时间速率时,才引起软件开销。因为通常时间速率改变的频率低于时间感测所需的改变频率(例如需要时间标记),所以减小了整体软件开销。结果,节约了软件处理时钟周期,节约的软件处理时钟周期可以被用于其它方面,例如执行其它操作或者辅助数据处理或数据的修饰(groom)。

[0039] 如图 5A 和 5B 所示,当加脉冲信号是逻辑高时,可变时钟产生的输出信号是两个间隔靠近的脉冲。如图 5A 所示,在 1320 和 1325 毫秒之间,将加脉冲和减脉冲输入提供给可变时钟,产生可变时钟输出,具有两个间隔靠近的脉冲,在脉冲之间的间隙大于由阶段 2 时钟表示的固定速率输入时钟的时钟频率。减脉冲信号在略晚于加脉冲信号处变化到逻辑高,导致序列中下一个脉冲的减。

[0040] 如图 5B 所示,在 1400 毫秒标记处,减脉冲信号变为逻辑高,导致与相同位置处阶段 2 时钟脉冲相对应的可变时钟输出脉冲消除或不存在。产生的输出时钟信号然后被传递给数据链路定时器 26(如图 4 所示),用以更新时间从动设备 18 的时间感测。

[0041] 图 6 是图 4 的定时器调节单元 32 用于计算加和减参数的过程实施例的流程图。可以在时间从动设备 18 中以软件或固件或者以硬件实现该过程。通常,定时器调节单元 32 检查边界条件(例如小于 0.5、精确为 1 或者大于 2 的频率比),计算时钟系数,并且如果频率比小于 1,则交换系数。

[0042] 如图所示,接收到 TD DLPDU(步骤 38)。定时器调节单元 32 计算时间主动设备 16 的时钟信号对时间从动设备 18 的固定速率时钟信号的频率比(步骤 40)。定时器调节单元 32 然后计算频率比与理想比值 1.0 的偏差(步骤 42)。根据下式计算偏差:

[0043] $deviation = frequency_ratio - 1$

[0044] 定时器调节单元 32 检验偏差是否等于零(步骤 44)。如果偏差等于零,则定时器调节单元 32 将零值加和减参数传递给可变时钟 34,不改变时钟从动设备 18 的输出时钟信号(步骤 46)。然而,如果偏差不等于零,则定时器调节单元 32 检验边界条件(步骤 48)。

[0045] 如果频率比大于 2(步骤 50)(上边界条件),则定时器调节单元 32 将加参数设置等于 1,并且将减参数设置等于零,并将它们传递给可变时钟 34(步骤 52)。如果频率比不大于 2(例如频率比小于或等于 1),则定时器调节单元 32 检验频率比是否大于 0.5。如果频率比大于 +0.5,则频率比在 +0.5 和 2 之间(在边界条件内),并且定时器调节单元 32 将偏差设置等于其绝对值(步骤 56)。如果频率比小于 +0.5(下边界条件),则定时器调节单元 32 将加参数设置等于零,并且将减参数设置等于 2(步骤 58)。

[0046] 最后,根据下面的子步骤来处理加和减参数值以及频率比与理想频率的计算偏差(步骤 60):

[0047] (1) $Subtract_Adjust =$ 减系数的最大整数值(在优选实施例中是 65535)

[0048] (2) $Add_Adjust = \left[\frac{Subtract_Adjust}{1 + (Subtract_Adjust * deviation)} \right]$

[0049] (3) $Subtract_Adjust = \left[\frac{Add_Adjust}{1 - (Add_Adjust * deviation)} \right]$

[0050] 如果频率比小于 1, 则交换 Add_Adjust 和 Subtract_Adjust 的计算值, 并且将其传递给可变时钟 (步骤 62)。否则, 略过交换步骤, 并且直接将 Add_Adjust 和 Subtract_Adjust 的计算值传递给时间从动设备 18 的可变时钟 34 (步骤 64)。

[0051] 如上所述, 通过实施时间换算, 大大地减少了与时间偏移和 DL 时间调节相关联的软件开销, 使得仅在时间速率改变时才引起软件开销。因为相对于使用时间从动设备 18 的时间标记的频率, 时间速率改变的频率较低, 所以减小了整体软件开销。

[0052] 通常, 使系统的速率误差最小化为 1.0 额定值附近。换算因子范围是从 0.5 至 2.0; 然而, Foundation 设备的换算因子明显小于所述最大范围 (在小于 1% 的量级上)。在该范围内, 速率误差小于百万分之六, 远小于 Fieldbus Foundation 规范中规定的百万分之 12.5 的最差情况的最大相位追踪误差。

[0053] 更重要地, 尽管速率误差远小于规范的最差情况的最大相位追踪误差, 以硬件而不是软件, 并且利用最小软件脚注 (footprint), 来实现较低的速率误差。通过使软件开销最小化, 本发明释放了换算时间从动设备 18 的时间感测所用的时钟周期, 所释放的时钟周期可以在其它过程中使用。

[0054] 尽管参考优选实施例描述了本发明, 本领域的技术人员可以认识到, 在不脱离本发明的精神和范围的情况下, 可以在形式和细节上进行改变。例如, 尽管在 Foundation Fieldbus 网络的上下文中描述了本发明, 本发明还更一般地适用于其它基于分组的网络。

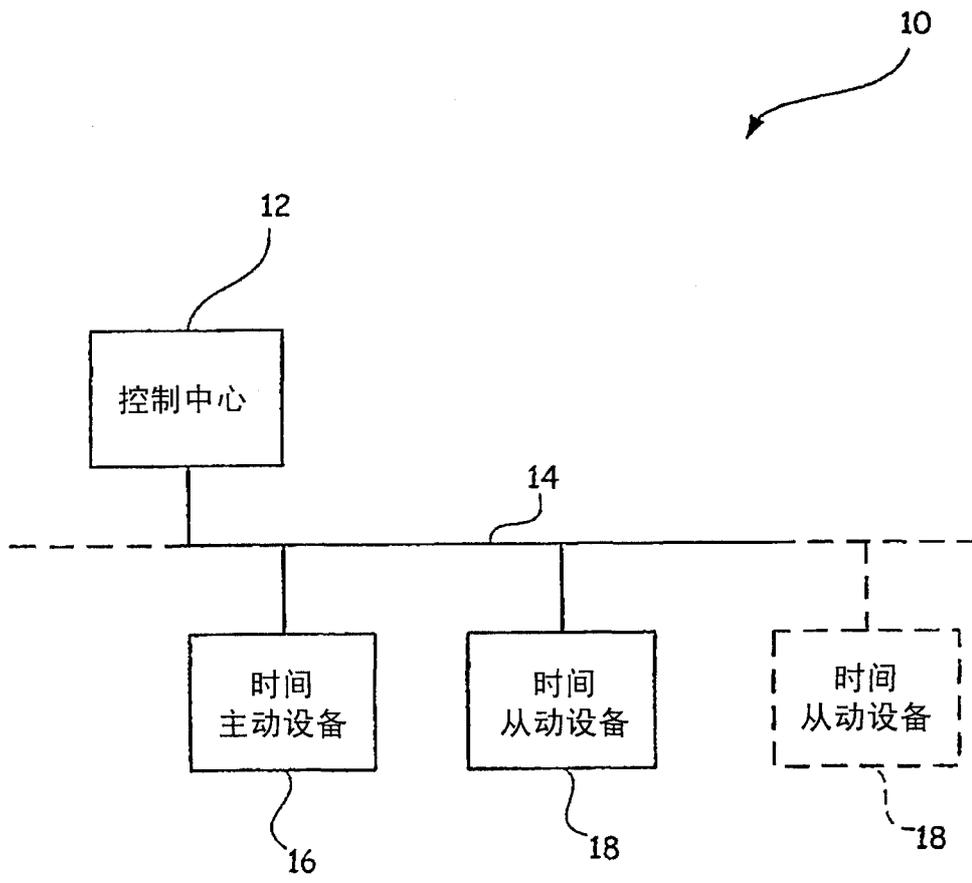


图 1

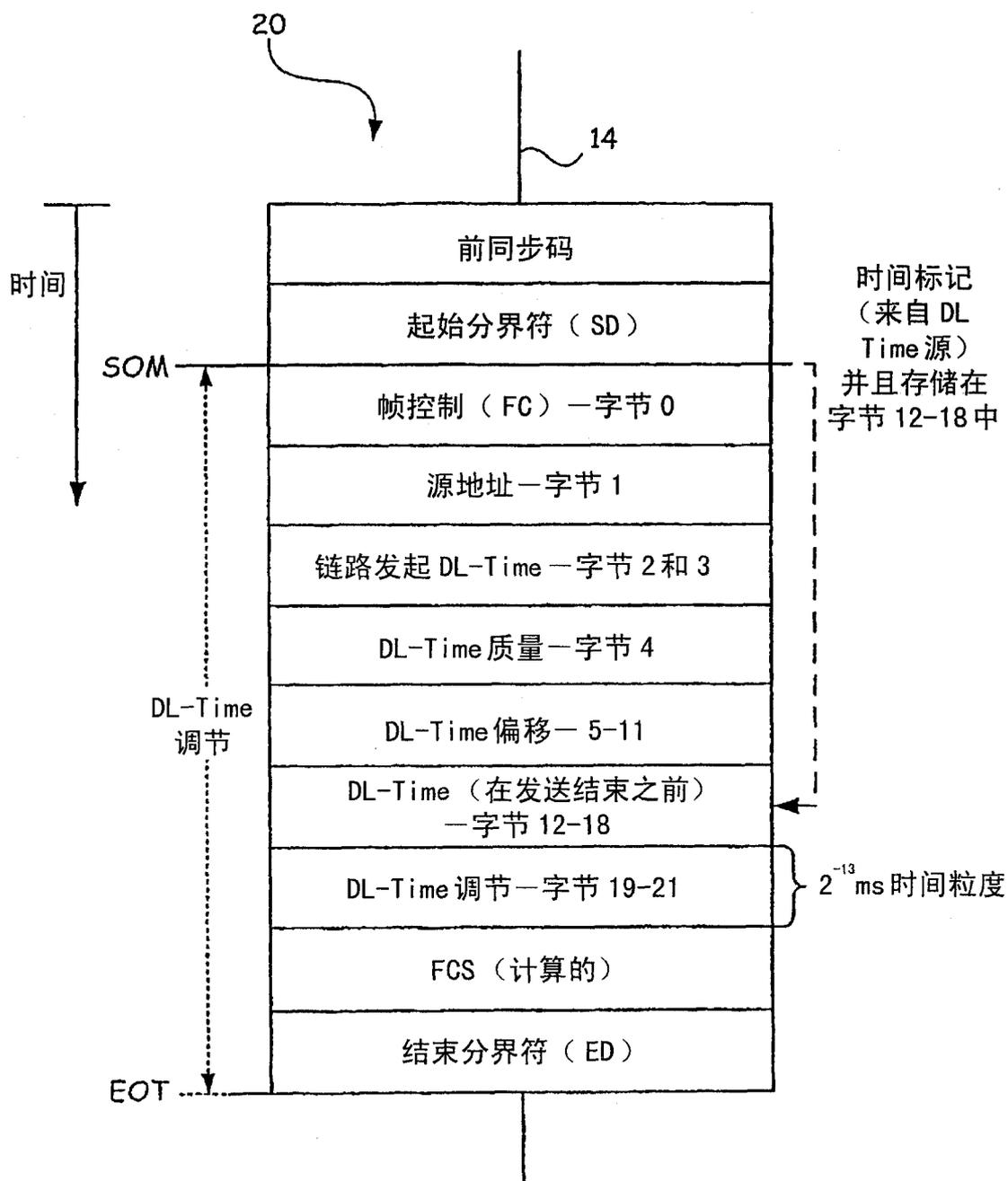


图 2

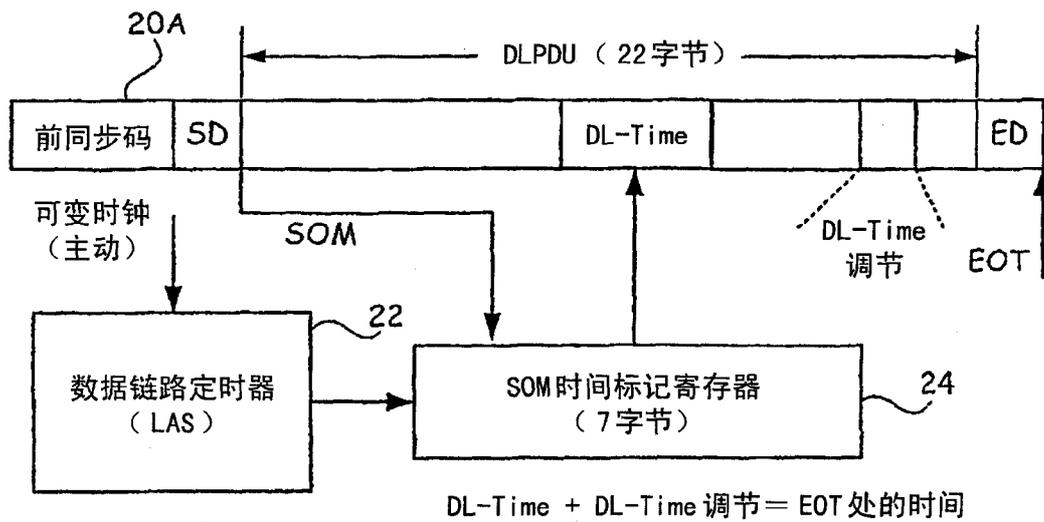


图 3A

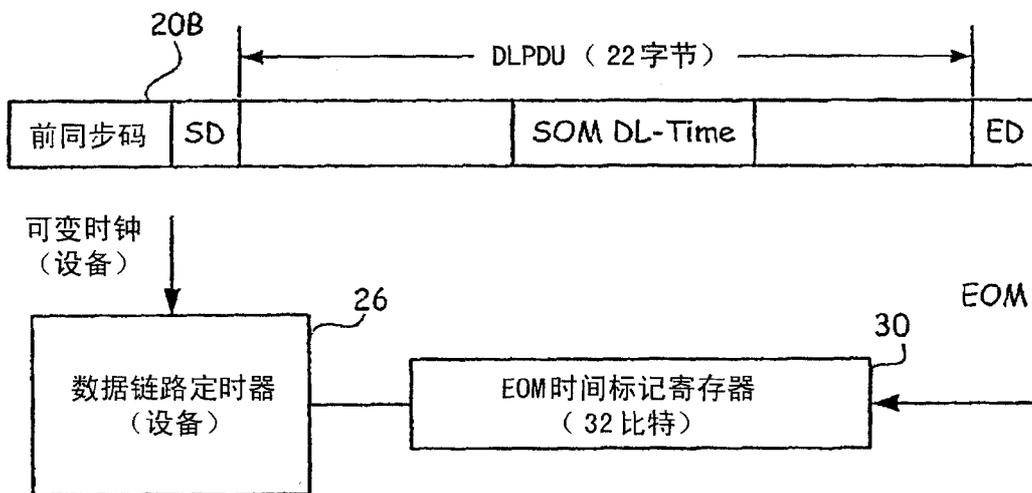


图 3B

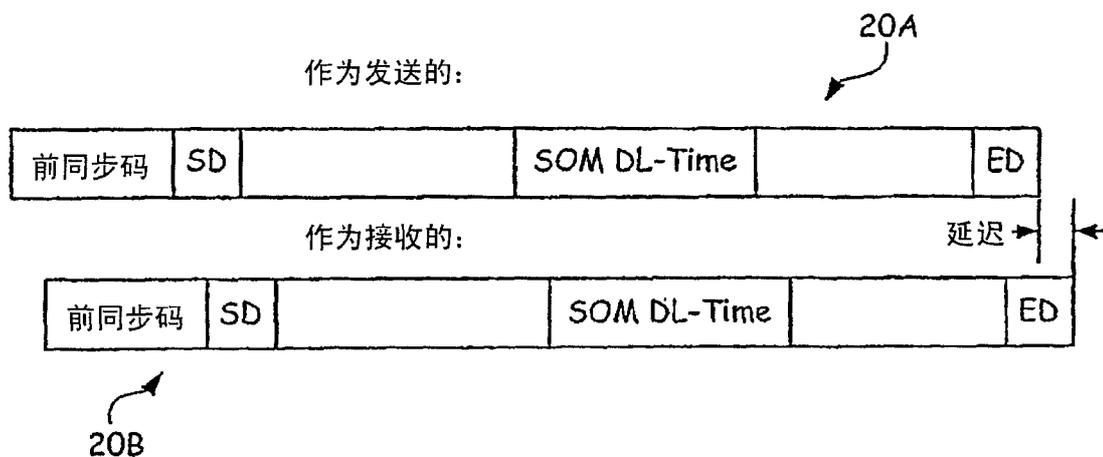


图 3C

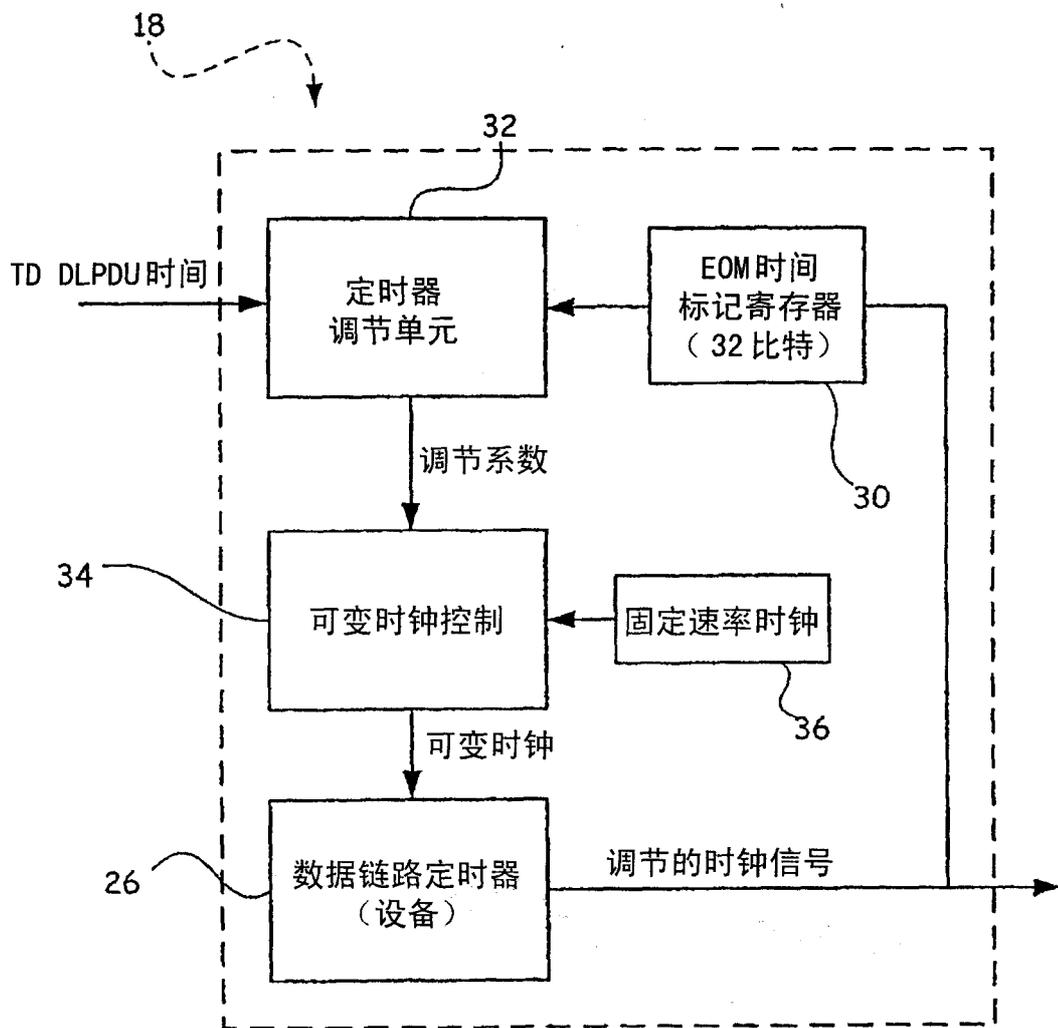


图 4

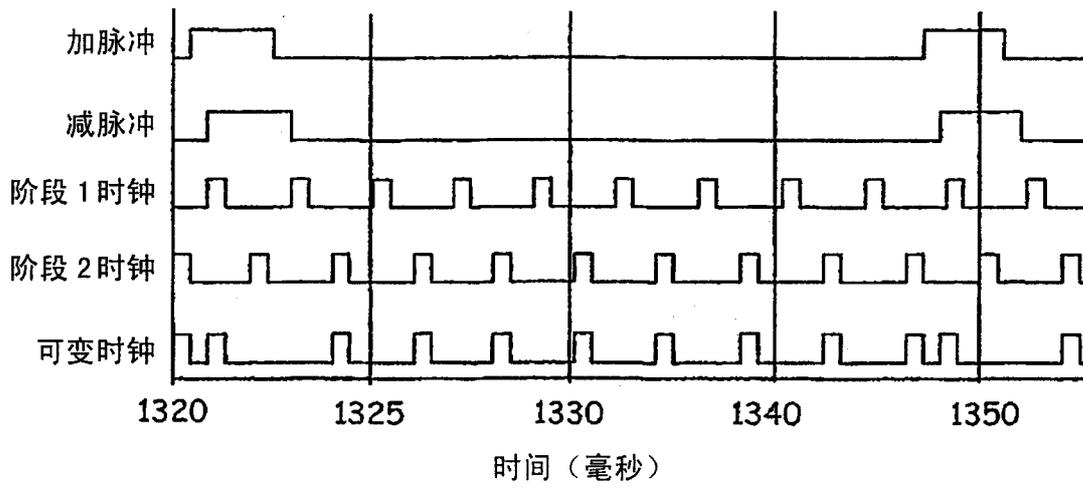


图 5A

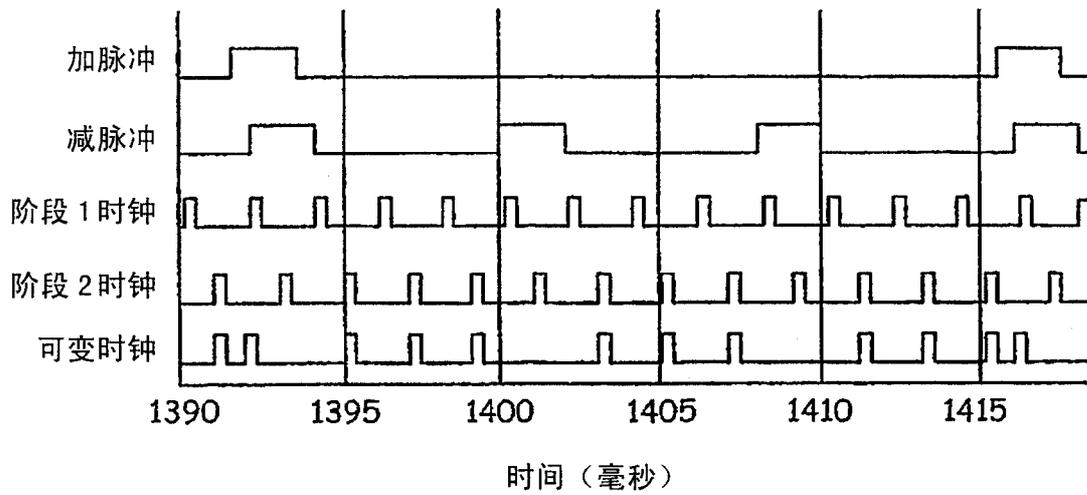


图 5B

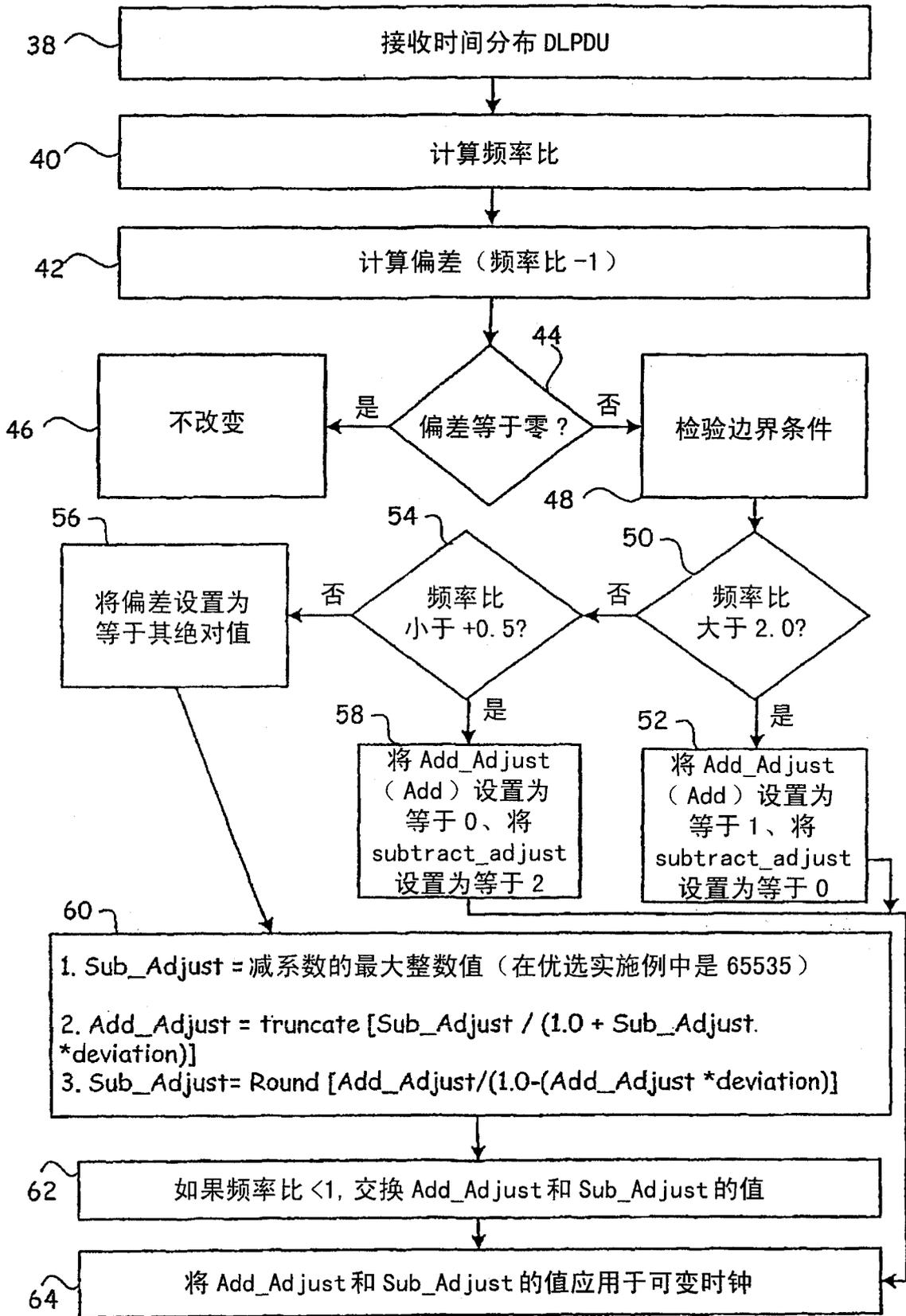


图 6