

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 29/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610170653.X

[43] 公开日 2007 年 7 月 11 日

[11] 公开号 CN 1997027A

[22] 申请日 2006.12.22

[21] 申请号 200610170653.X

[30] 优先权

[32] 2005.12.23 [33] US [31] 11/317,711

[71] 申请人 安捷伦科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 布鲁斯·汉密尔顿

约翰·C·艾德森

瓦莱丽·凯恩斯凯

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 王 怡

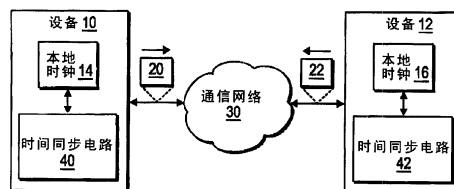
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

去除网络时间同步中的延迟波动

[57] 摘要

本发明公开了用于从网络时间同步中去除延迟波动，从而体验到过度网络延迟的定时分组不会导致对本地时钟的不必要调节的技术。根据本技术的时间同步包括测量与定时分组相关联的网络延迟，并且如果所述网络延迟超出可调节阈值则丢弃该定时分组。可调节阈值实现了就延迟波动而言的延迟测量的质量与足以维护时间同步的延迟测量的数量之间的平衡。



1. 一种用于网络时间同步的方法，包括：
测量与定时分组相关联的网络延迟；
如果所述网络延迟超出可调节阈值，则丢弃所述定时分组。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其中丢弃所述定时分组的操作包括确定最小网络延迟并且如果所述网络延迟大于所述最小网络延迟多于可调节量，则丢弃所述定时分组。
3. 如权利要求 1 所述的方法，还包括通过确定延迟测量的质量与足以维护时间同步的延迟测量的数量之间的平衡来确定所述可调节阈值。
4. 如权利要求 1 所述的方法，其中丢弃所述定时分组的操作包括确定所述网络延迟的多个估计值并给每个估计值分派权重。
5. 如权利要求 1 所述的方法，其中丢弃所述定时分组的操作包括细分延迟范围以提供可调节阈值的多个控制级。
6. 如权利要求 5 所述的方法，其中细分操作包括确定定时分组传输中的最大网络延迟并细分所述最大网络延迟。
7. 如权利要求 1 所述的方法，其中丢弃所述定时分组的操作包括确定定时分组传输中的延迟波动的跨度并将所述跨度划分为用于所述阈值的多个范围。
8. 如权利要求 1 所述的方法，其中丢弃所述定时分组的操作包括响应于过去接收的一组定时分组来确定预测时间偏移量，和响应于所述时间偏移量来确定所述可调节阈值。
9. 如权利要求 1 所述的方法，还包括响应于所述定时分组来确定时间偏移量，如果所述网络延迟超出所述可调节阈值则丢弃所述时间偏移量。
10. 一种具有网络时间同步的系统，包括：
经由通信网络传输定时分组的第一设备；
第二设备，所述第二设备经由所述通信网络接收所述定时分组，并响应于所述定时分组来确定网络延迟，而且如果所述网络延迟超出可调节阈

值则丢弃所述定时分组。

11. 如权利要求 10 所述的系统, 其中所述第二设备确定所述通信网络上的最小网络延迟, 并且如果所述网络延迟大于所述最小网络延迟多于可调节量, 则丢弃所述定时分组。

12. 如权利要求 10 所述的系统, 其中所述可调节阈值提供延迟测量的质量与足以维护时间同步的延迟测量的数量之间的平衡。

13. 如权利要求 10 所述的系统, 其中所述可调节阈值是从定时分组传输中的延迟波动的跨度中推导出来的。

14. 如权利要求 10 所述的系统, 其中所述第二设备响应于所述定时分组确定时间偏移量, 并且如果所述网络延迟超出所述可调节阈值则丢弃所述时间偏移量。

15. 一种具有网络时间同步的设备, 包括:

本地时钟;

时间同步电路, 所述时间同步电路经由通信网络接收定时分组, 并响应于所述定时分组来确定网络延迟, 而且如果所述网络延迟超出可调节阈值则丢弃所述定时分组。

16. 如权利要求 15 所述的设备, 其中所述时间同步电路确定所述通信网络上的最小网络延迟, 并且如果所述网络延迟大于所述最小网络延迟多于可调节量, 则丢弃所述定时分组。

17. 如权利要求 15 所述的设备, 其中所述可调节阈值提供延迟测量的质量与足以维护时间同步的延迟测量的数量之间的平衡。

18. 如权利要求 15 所述的设备, 其中所述可调节阈值是从定时分组传输中的延迟波动的跨度中推导出来的。

19. 如权利要求 15 所述的设备, 其中所述时间同步电路响应于所述定时分组确定用于所述本地时钟的时间偏移量, 并且如果所述网络延迟超出所述可调节阈值则丢弃所述时间偏移量。

去除网络时间同步中的延迟波动

技术领域

本发明涉及去除网络时间同步中的延迟波动。

背景技术

很多种设备都可能包括维护日期时间（time-of-day）的本地时钟。可能具有本地日期时间时钟的示例性设备包括计算机系统、测试仪器、工控设备、环境控制设备，以及家用电器。

时间同步协议可以被用来同步设备中的本地时钟。时间同步协议可以是这样的协议，其中本地时钟经由通信网络与参考时钟交换定时分组。定时分组的发送和接收时间可以被用来确定本地时钟和参考时钟之间的时间偏移量，从而本地时钟可以被调节到与参考时钟中的时间相匹配。包括定时分组的交换的时间同步协议的一个示例是 IEEE 1588 时间同步协议。另一个示例是网络时间协议（NTP）。

从定时分组的交换推导出的时间偏移量可以包括与经由通信网络的定时分组传输相关联的网络延迟。在向本地时钟应用时间偏移量之前，可以从时间偏移量中去除网络延迟。例如，可以确定一系列定时分组的网络延迟的移动平均值，并且可以将该移动平均值从时间偏移量计算结果中减去。

定时分组的网络延迟可能响应于网络条件的变化而波动。例如，在较高网络流量期间传输的定时分组可能体验到比在较低网络流量期间传输的定时分组大得多的网络延迟。网络延迟中的波动可能降低时间同步协议的精度。例如，具有大大超出网络延迟的移动平均值的网络延迟的定时分组可能导致对本地时钟的不必要调节。

发明内容

本发明公开了用于从网络时间同步中去除延迟波动，以使得体验到过度网络延迟的的定时分组不会引起对本地时钟的不必要调节的技术。根据本技术的时间同步包括测量与定时分组相关联的网络延迟，如果网络延迟超出可调节阈值，则丢弃给定定时分组。调节阈值实现了就延迟波动而言的延迟测量的质量与足以维护时间同步的延迟测量的数量之间的平衡。

从下面的详细描述将更加清楚本发明的其他特征和优点。

附图说明

参考附图，结合特定的示例性实施例描述本发明，在附图中：

图 1 示出了根据本发明的包括用于去除网络时间同步中的延迟波动的机制的一对设备；

图 2 示出了根据本发明的用于去除网络时间同步中的延迟波动的方法；

图 3 示出了根据本发明的用于从时间偏移量调节中去除波动的方法。

具体实施方式

图 1 示出了根据本教导的包括用于去除网络时间同步中的延迟波动的机制的一对设备 10 和 12。设备 10 和 12 的示例性实施例包括计算机系统、测试仪器、工控设备、环境控制设备、家用电器等。

设备 10 包括本地时钟 14，设备 12 包括本地时钟 16。设备 10 和 12 分别包括时间同步电路 40 和 42，时间同步电路 40 和 42 通过经由通信网络 30 交换定时分组（例如一组定时分组 20—22）来维护本地时钟 14 和 16 中的时间同步。

在一个实施例中，时间同步电路 40 和 42 根据 IEEE 1588 时间同步协议维护时间同步。在所示示例中，时间同步电路 42 调节本地时钟 16 中的日期时间，以便符合设备 10 的本地时钟 14 中保持的日期时间，即本地时钟 14 是主时钟，本地时钟 16 是从时钟。

例如，时间同步电路 40 生成定时分组 20，并将其经由通信网络 30 传输到时间同步电路 42，时间同步电路 42 生成定时分组 22，并将其经由通

信网络 30 传输到时间同步电路 40。时间同步电路 40 测量定时分组 20 的发送时间 (T1)，时间同步电路 42 测量定时分组 20 的接收时间 (T2)。类似地，时间同步电路 42 测量定时分组 22 的发送时间 (T3)，时间同步电路 40 测量定时分组 22 的接收时间 (T4)。要被应用到本地时钟 16 的时间偏移量 (OFFSET) 是从时间戳 T1-T4 推导出的 (在一个实施例中根据 IEEE 1588 时间同步协议)。

在一个实施例中，定时分组 20 的网络延迟 (即从主到从的网络延迟 (MSD)) 被假设为等于定时分组 22 的网络延迟 (即从从到主的网络延迟 (SMD))。本地时钟 16 的时间偏移量如下。

$$\text{OFFSET} = T2 - T1 - \text{单程延迟} \quad (\text{公式 1})$$

其中

$$\text{单程延迟} = (\text{MSD} + \text{SMD}) / 2$$

并且

$$\text{MSD} = (T2 - \text{OFFSET}) - T1 \quad (\text{公式 2})$$

$$\text{SMD} = T4 - (T3 - \text{OFFSET}).$$

公式 1 表明，要被应用到本地时钟 16 的时间偏移量是在设备 10 和 12 之间经由通信网络 30 运送的定时分组所体验到的网络延迟的函数。定时分组体验到的网络延迟有可能依赖于行进中的网络流量的数量而波动。例如，通信网络 30 可以处置用于其他设备 (未示出) 的流量，或者也可以处置用于设备 10 和 12 的专用功能的不是定时分组的数据分组。不时出现的大量网络流量可能导致设备 10 和 12 交换的一些定时分组体验到过度的长延迟。例如，某个定时分组可能由于在高流量期间在通信网络 30 的通信交换机的队列中等待而体验到高得多的延迟。根据公式 1，施加于定时分组上的排队延迟可能导致过度大的时间偏移量被应用到本地时钟 16。过量延迟的定时分组所产生的时间偏移量可能降低本地时钟 16 的时间同步的准确度。

用于去除网络延迟的本技术包括使用可调节的过量延迟阈值丢弃已经体验到过高网络延迟的定时分组。丢弃体验到过量网络延迟的定时分组避免了对本地时钟 16 的不必要的时间调节。例如，公式 2 可被用来确定定

时分组的网络延迟，从而如果定时分组的网络延迟远大于与没有经历过量网络延迟的由设备 10 和 12 交换的定时分组相关联的网络延迟，则所述定时分组可以被丢弃。如果定时分组被丢弃，则从定时分组推导出的定时信息不被用于确定要被应用到本地时钟 16 的时间偏移量。

在一些实施例中，在本地时钟 16 中保持的日期时间可能较平滑地前进。在这些实施例中，一旦时间同步伺服稳定下来，则它不需要准确地跟随漂移。对本地时钟 16 的更新可以具有较低的带宽并仍然维护足够的时间同步。因此，延迟测量的质量与延迟测量的数量之间的平衡可以倾向于较高的质量和较少的延迟测量。

定时分组有时会遇到通过通信网络 30 的没有排队延迟的路径。取道该路径的所有定时分组具有基本相同量的网络延迟。被排队的定时分组具有比没有排队延迟的定时分组体验到的网络延迟大得多的网络延迟，因此被排队的定时分组可以被辨别出来。

设备 10 和 12 分别包括适于经由通信链路 30 通信并实现时间同步电路 40 和 42 以经由通信链路 30 交换定时分组的通信子系统。例如，依赖于通信网络 30 的实现，通信子系统可以包括媒体访问控制器（MAC）和物理接口（PHY）元件等。时间同步电路 40 和 42 可以包括实现网络协议栈、生成定时分组和从定时分组获得定时信息的处理器子系统。时间同步电路 40 和 42 还可以包括定时分组辨别器电路，用于辨别传入和传出定时分组并对其加盖时间戳。

图 2 示出了根据本教导的用于去除网络时间同步中的延迟波动的方法。所示方法步骤可用于确定在设备 10 和 12 之间的通信网络 30 上运送的定时分组的最小网络延迟路径，以使得具有过量延迟的由设备 10 和 12 交换的定时分组可以被选择和丢弃。下文中用变量 δ 代表最小网络延迟。可调节阈值 ϵ 包括通信网络 30 上的没有排队延迟的预期网络延迟抖动。

最初，为 δ 选择较大的初始值。 δ 的大初始值示例是用于经由网络绕世界发送定时分组的估计时间。

在步骤 100，与传入定时分组相关联的定时信息（例如测得的或被传

递的时间戳)被用于确定设备 10 和 12 之间的网络延迟。在一个实施例中,在步骤 100 处确定的网络延迟是往返网络延迟。依赖于特定实施例,步骤 100 处的网络延迟可以根据 IEEE 1588 算法或 NTP 算法或其他类似的时间同步协议来确定。

在步骤 102,如果来自步骤 100 的网络延迟大于 $\text{delta} + \text{epsilon}$,则相应的定时分组被丢弃,即被忽略而不被用于确定要在调节本地时钟 16 时使用的时间偏移量。

在步骤 104,如果来自步骤 100 的网络延迟在 delta 的 epsilon 之内,则 delta 被设置为 delta 的先前值和来自步骤 100 的网络延迟的平均值。可以使用任何移动平均值,例如指数平均。

在步骤 106,如果来自步骤 100 的网络延迟小于 $\text{delta} - \text{epsilon}$,则先前计算的移动平均值(如果有的话)被丢弃,并且 delta 被设置为来自步骤 100 的网络延迟。

对于每个传入定时分组重复以上过程。

丢弃具有过量网络延迟的定时分组减少了可用于时间同步的定时分组数量。本技术包括使用可调节阈值来控制丢弃定时分组,从而在给定了本地时钟 16 在没有时间更新的情况下维护时间同步的能力时,平衡延迟测量的质量和所需测量的数量。

例如,通过通信网络 30 的定时分组取道的路径可以由一系列队列(即一系列 i 个延迟元件,每个延迟元件具有合理最小的延迟分配量)代表。延迟元件可以被视为相互独立并且具有基本相同的延迟分配量。在可接受的延迟估计之间的时间上对每个延迟元件引入的延迟取平均的结果是 d_1 、 d_2 、...、 d_n 。可以通过将 d_1 加到 epsilon 的值,然后将 d_2 加到它,然后将 d_3 加到它,依此类推,直到其余 $n-i$ 个元件同时引入它们的最小延迟的可能性足够大,即不被丢弃的定时分组之间的预期时间足够小为止。

通信网络中有多少延迟元件会导致严重延迟可能不是已知的。假定延迟 d_i 被映射到 epsilon 值上,则最小和最大延迟波动可以被估计,并且最小和最大之间的跨度可以被划分为多个范围。这实现了对网络延迟矫正的

频率和变化之间的平衡的调节。

用于细分定时分组传输中的最大网络延迟的上述技术提供了用于可调节阈值的一组控制级。用于可调节阈值的控制级的数量可以依赖于本地时钟 16 平稳运行的效率，即依赖于维护足够的同步所需的对本地时钟 16 的时间更新的频率。

实现步骤 100—106 的过程的几个实例可以并行执行。每个示例可以具有不同的 i 值，并且不同的权重可以被分派给这些实例产生的网络延迟估计值。 $i=1$ 的实例将最不频繁地产生网络延迟估计值，但是却具有最高的权重。 $i=n$ 的实例将对于每个传入定时分组产生网络延迟估计值，但是具有最低的权重。

响应于经由通信网络 30 接收的每个传入定时分组，确定要被应用到本地时钟 16 的时间偏移量。如果时间偏移量较大，即远大于 ϵ ，则可以认为大时间偏移量是定时分组中的过量网络延迟的结果，而不是需要矫正的本地时钟 16 的突然异常行为。因此可以丢弃过度的大时间矫正。

图 3 示出了根据本教导用于从要被应用到本地时钟 16 的时间偏移量调节中去除波动的方法。

起初，选择 ϵ 的值。 ϵ 的初始值是没被延迟的定时分组的预期时间偏移量波动的估计值。 ϵ 的初始值可以是到目前为止已用于时间同步的定时分组的时间偏移量的标准差。对于第一个或前两个定时分组，它可能是一个很大的值。

在步骤 120，响应于定时分组确定时间偏移量。例如，可以使用上述公式 1 确定时间偏移量。

在步骤 122，如果来自步骤 120 的时间偏移量的绝对值在代数上大于 ϵ ，则定时分组被忽略并且时间偏移量被丢弃。

在步骤 124，如果来自步骤 120 的时间偏移量在 0 的 ϵ 之内，则时间偏移量被应用到本地时钟 16。

在步骤 126，如果来自步骤 120 的时间偏移量的绝对值在代数上小于 ϵ 则任何先前计算的移动平均值都被丢弃，并且时间偏移量被应用到本地时钟 16。

被丢弃的定时分组可以包括在时间同步中有用的信息。经历排队延迟的定时分组可以用集中分布（例如泊松分布）来表征，该分布可以依赖于通信网络 30 上的流量而随时间变化。该分布可以被模型化为具有有限数量（例如 1）个参数的分布族的成员。因此，包括被丢弃的定时分组在内的所有定时分组体验到的网络延迟可以被用来估计参数和构想对时间的预测，直到就网络延迟而言的下一个可用的定时分组。

如果不被丢弃的下一定时分组在未来太远处，从而允许不精确的参数估计和不严格的预测，则可以采取适当的动作。动作的一个示例是改变上述一系列延迟元件中的 i 值。当统计量改善时， i 的值可以被改回去。动作的另一示例是临时请求更高速率的前向或反向时间同步测量。具有本地时钟 16 的设备 12 执行反向测量。对于前向测量，可用的动作依赖于时钟同步协议。在 NTP 中，前向定时分组总是由从设备请求。在 IEEE 1588 时间同步中，从设备可以请求额外或较早的反向测量。

动作的另一示例是使用接受的定时分组的过去统计量来推断时间偏移量。假定延迟定时分组比同步定时分组到达的频率低，则这是 IEEE 1588 时间同步中的正常操作。该预测可被用来选择 ϵ 的最优值。例如，模型化的分布可以声明在任意 30 秒间隔中，具有小于 ϵ 的排队延迟的定时分组到达的可能性是 95%。如果本地时钟可以以所需准确性平稳运行 30 秒，则 ϵ 足够大。如果时钟仅能准确地平稳运行 10 秒，则 ϵ 可以被增大，直到模型预测可用的分组将在 10 秒内到达的可能性是 95%。类似地，该模型可被用来选择 ϵ 以使得可用的分组将在所需间隔内到达的可能性是 99%。

上面对本发明的详细描述是说明性的而绝非意图将本发明严格限制为所公开的实施例。因此，本发明的范围由所附权利要求限定。

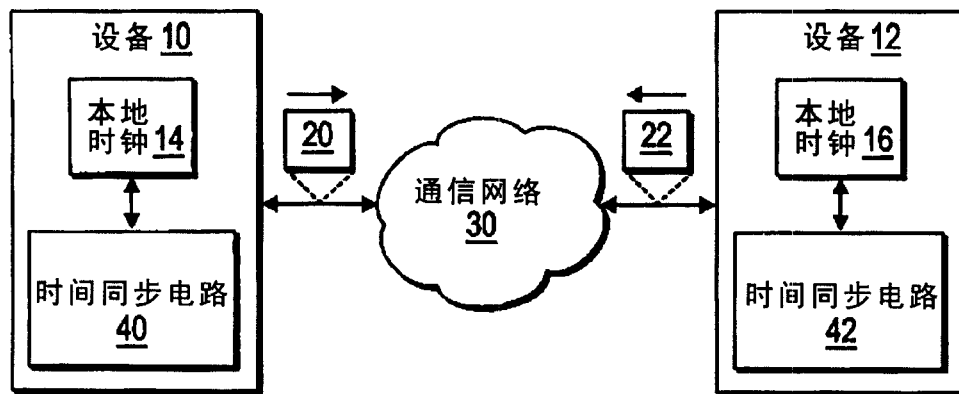


图1

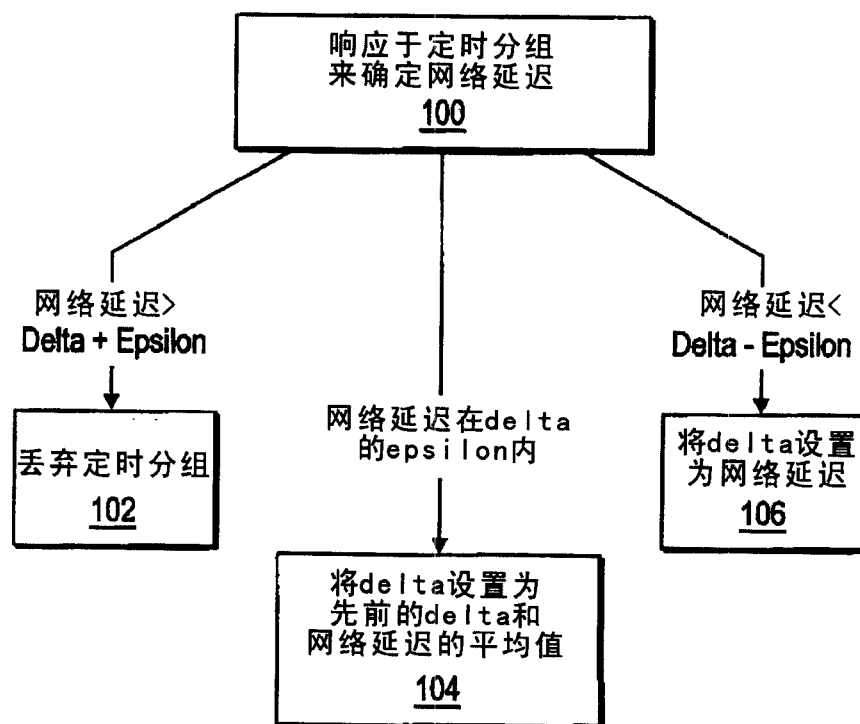


图2

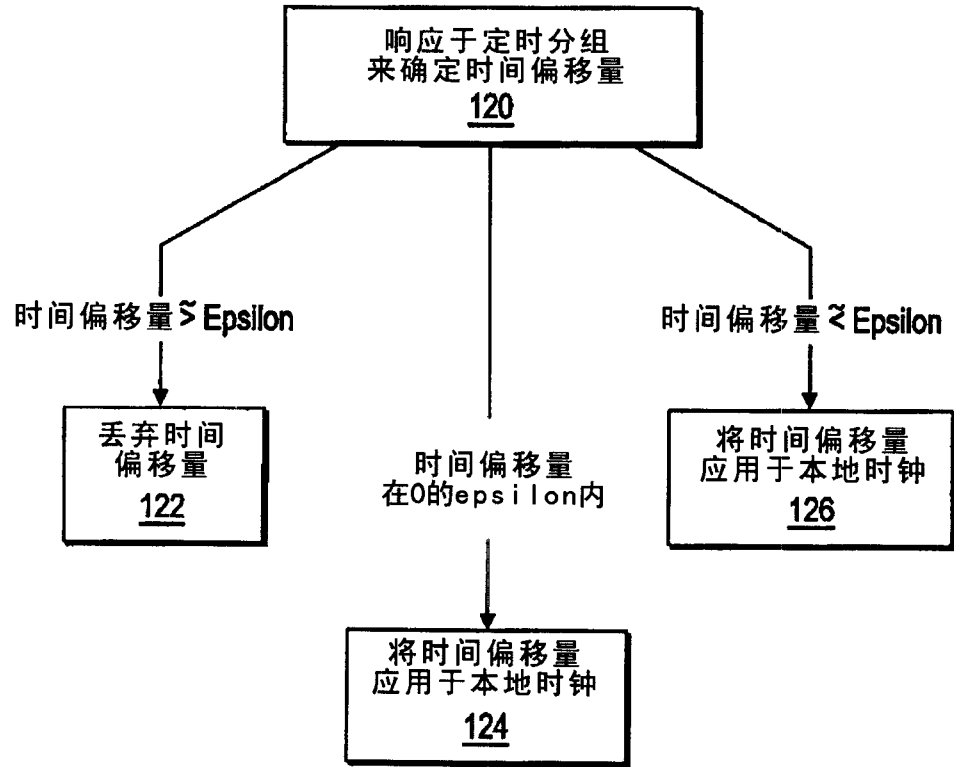


图3