

说明书摘要

【方法的主要步骤及优点】

本发明涉及一种快速精确安全的时钟同步方法，包括：待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步；以及运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步；待加入时钟通道在启动时，向主时钟通道发送时钟同步请求信息，所述主时钟通道将自己时钟运行信息回复给待加入时钟通道；待加入时钟通道通过运算得到当前时钟信息以及需要等待的时间，在等待该时间后，待加入时钟通道正式加入；在多个时钟通道运行过程中，将其中一个通道作为主时钟通道，其他通道作为从时钟通道，并与主时钟通道进行时钟同步，每个任务周期同步一次。与现有技术相比，本发明具有快速、精确、安全等优点。

权 利 要 求 书

【方法的主要步骤】

1. 一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，包括：待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步；以及运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步。

【对上述主要步骤中的特点作进一步限定】

2. 根据权利要求 1 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步为：

待加入时钟通道在启动时，向主时钟通道发送时钟同步请求信息，所述主时钟通道将自己时钟运行信息回复给待加入时钟通道；

待加入时钟通道通过运算得到当前时钟信息以及需要等待的时间，在等待该时间后，待加入时钟通道正式加入，开始执行周期性的逻辑任务。

3. 根据权利要求 2 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的待加入通道通过运算得到当前时钟信息 T_{3new} 以及需要等待的时间具体为：

$$T_{3new} = T_2 + \frac{((T_3 - T_0) - (T_2 - T_1))}{2}$$

T_{3new} 表示当前时钟信息； T_0 表示待加入通道发送请求消息时的本地时钟； T_1 表示主时钟通道收到请求消息时的本地时钟； T_2 表示主时钟通道回复待加入通道消息时的本地时钟； T_3 表示待加入通道收到主时钟通道回复消息时的本地时钟；

其等待的时间为：

$$\Delta T = R - (T_{3new} - T_R),$$

其中， R 为逻辑任务周期长度， T_R 表示某一个逻辑周期的开始时间；

4. 根据权利要求 2 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步具体为：

1) 待加入时钟通道启动成功后，将带有自身时间戳的时钟请求消息发送给主时钟通道；

2) 主时钟通道在收到待加入时钟通道的时钟请求消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间消息的回复消息发送给待加入时钟通道；

3) 待加入通道收到主时钟通道时钟回复消息之后，底层触发中断服务例程，

处理该消息，获取本地时钟，并计算需要等待时间，在等待该时间之后，开始周期性的逻辑任务。

5. 根据权利要求 1 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步为：

在多个时钟通道运行过程中，将其中一个通道作为主时钟通道，其他通道作为从时钟通道，并与主时钟通道进行时钟同步，每个任务周期同步一次，如果时钟偏差小于设定范围，则认为同步；否则视为不同步，进行调整。

6. 根据权利要求 5 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的时钟偏差包括从时钟通道计算得到的与主时钟的时钟偏差和主时钟通道计算得到的与从时钟通道的时钟偏差。

7. 根据权利要求 6 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的从时钟通道计算得到的与主时钟的时钟偏差 T_{d1} 为：

$$T_{d1} = \frac{((T_2 + T_1) - (T_0 + T_3))}{2},$$

T_0 表示从时钟通道发送请求消息时的本地时钟； T_1 表示主时钟通道收到请求消息时的本地时钟； T_2 表示主时钟通道回复从时钟通道消息时的本地时钟； T_3 表示从时钟通道收到主时钟通道回复消息时的本地时钟。

8. 根据权利要求 7 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的主时钟通道计算得到的与从时钟通道的时钟偏差 T_{d2} 为：

$$T_{d2} = \frac{((T_3 + T_4) - (T_2 + T_5))}{2}$$

T_4 表示从时钟通道回复主时钟通道确认消息时的本地时钟； T_5 表示主时钟通道收到从时钟通道确认消息的本地时钟。

9. 根据权利要求 5 所述的一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，所述的运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步具体为：

1) 在开始周期性逻辑任务后，在每一个周期开始时，从时钟通道向主时钟通道发送带有自身时间戳的时钟请求消息；

2) 主时钟通道在收到从时钟通道的时钟请求消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间信息的回复消息发送给从时钟通道；

3) 从时钟通道收到主时钟通道时钟回复消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间信息的确认消息发送给主时钟通道，分别执行步骤 4) 和 6)；

4) 从时钟通道通过计算，判断自身是否与主时钟通道同步；如果同步，则结束，否则执行步骤 5)；

5) 如果从时钟通道与主时钟通道不同步，则需要调整本地时钟，并调整下一个周期的开始时间，返回步骤 1)；

6) 主时钟通道在收到从时钟通道的确认消息之后，判断自身是否与从时钟通道同步后执行步骤 7)；

7) 主时钟通道将时钟同步状态通知从时钟通道。

【对应系统的组成及作用】

10. 一种实施权利要求 1 所述的快速精确安全的时钟同步系统，其特征在于，包括：

时钟消息管理模块，用于生成带时间戳的请求，回复以及确认消息，并将消息发送给对方；

时钟同步运算模块，用于根据收到的带时间戳时钟消息，并根据接收到消息时的本地时钟信息，运算得到新的本地时钟，以及与对方的时钟偏差；

时钟同步判断调整模块，用于根据时钟同步运算模块得到的结果，判断是否时钟同步，设置新的本地时钟，调整任务周期的开始时间；

通信调度模块，用于在收到对方的时钟消息后，及时响应，并调用时钟消息管理模板，时钟同步判断模板以及时钟同步调整模块。

说明书

一种快速精确安全的时钟同步方法及系统

技术领域

本发明涉及一种时钟同步方法，尤其是涉及一种快速精确安全的时钟同步方法及系统。

背景技术

【要求介绍与本题目相关现有技术的发展情况，客观地指出其存在的缺点】

安全计算机通常在国内外铁路和城市轨道交通领域广泛应用；其通常会采用三取二或二乘二取二的冗余结构，各个模块相互备份，运行相同的任务，并将输出结果进行比较表决，从而达到检错容错，提高系统的安全性和可靠性。

冗余结构有一个重要的功能，那就是时钟同步，否则无法同时获取相同的输入，进行逻辑运算及一致性表决；对于备份通道来说，如果时钟不同步，就无法在工作通道出现故障时立即平滑对外工作，从而影响整个系统可用性。时钟同步之后，多个通道就可以以相同步调执行周期性逻辑任务。

目前，时钟同步机制一般分为硬件实现的时钟同步和软件实现的时钟同步。硬件同步一般采用共同时钟技术或独立时钟同步技术；采用公共时钟存在共模故障问题，系统不能容忍公共时钟的故障；硬件独立时钟对系统的整体硬件参数一致性方面提出了更高层次的要求，特别是目前 CPU 时钟频率和芯片集成度不断提高，实现起来难度比较大。一般的软件实现的时钟同步算法，数据传输，响应时间及逻辑运算开销比较大，同步精度不高。

发明内容

【详细说明本发明的技术方案：

- (1) 对方法的主要步骤和工艺参数范围进行描述；**
- (2) 对上述主要步骤和工艺参数范围的特点作进一步限定；**
- (3) 对应系统的组成及功能进行描述；**

【(4) 改进之处及其相应带来的有益效果】

本发明的目的就是为了解决现有技术存在的缺陷而提供一种快速、精确、安全的快速精确安全的时钟同步方法。

本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：

(1) 对方法的主要步骤和工艺参数范围进行描述：

一种快速精确安全的时钟同步方法，其特征在于，包括：待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步；以及运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步。

(2) 对上述主要步骤和工艺参数范围的特点作进一步限定：

所述的待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步为：

待加入时钟通道在启动时，向主时钟通道发送时钟同步请求信息，所述主时钟通道将自己时钟运行信息回复给待加入时钟通道；

待加入时钟通道通过运算得到当前时钟信息以及需要等待的时间，在等待该时间后，待加入时钟通道正式加入，开始执行周期性的逻辑任务。

所述的待加入通道通过运算得到当前时钟信息 T_{3new} 以及需要等待的时间具体为：

$$T_{3new} = T_2 + \frac{((T_3 - T_0) - (T_2 - T_1))}{2}$$

T_{3new} 表示当前时钟信息； T_0 表示待加入通道发送请求消息时的本地时钟； T_1 表示主时钟通道收到请求消息时的本地时钟； T_2 表示主时钟通道回复待加入通道消息时的本地时钟； T_3 表示待加入通道收到主时钟通道回复消息时的本地时钟；

其等待的时间为：

$$\Delta T = R - (T_{3new} - T_R),$$

其中， R 为逻辑任务周期长度， T_R 表示某一个逻辑周期的开始时间；

所述的待加入时钟通道启动加入过程中的时钟同步具体为：

1) 待加入时钟通道启动成功后，将带有自身时间戳的时钟请求消息发送给主时钟通道；

2) 主时钟通道在收到待加入时钟通道的时钟请求消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间消息的回复消息发送给待加入时钟通道；

3) 待加入通道收到主时钟通道时钟回复消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并计算需要等待时间，在等待该时间之后，开始周期性的逻辑任务。

所述的运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步为：

在多个时钟通道运行过程中，将其中一个通道作为主时钟通道，其他通道作为从时钟通道，并与主时钟通道进行时钟同步，每个任务周期同步一次，如果时钟偏差小于设定范围，则认为同步；否则视为不同步，进行调整。

所述的时钟偏差具体计算如下：

从时钟通道计算得到的与主时钟的时钟偏差 T_{d1} 为：

$$T_{d1} = \frac{((T_2 + T_1) - (T_0 + T_3))}{2},$$

主时钟通道计算得到的与从时钟通道的时钟偏差 T_{d2} 为：

$$T_{d2} = \frac{((T_3 + T_4) - (T_2 + T_5))}{2}$$

T_0 表示从时钟通道发送请求消息时的本地时钟； T_1 表示主时钟通道收到请求消息时的本地时钟； T_2 表示主时钟通道回复从时钟通道消息时的本地时钟； T_3 表示从时钟通道收到主时钟通道回复消息时的本地时钟； T_4 表示从时钟通道回复主时钟通道确认消息时的本地时钟； T_5 表示主时钟通道收到从时钟通道确认消息的本地时钟。

所述的运行过程中主时钟通道与各从时钟通道之间的时钟同步具体为：

1) 在开始周期性逻辑任务后，在每一个周期开始时，从时钟通道向主时钟通道发送带有自身时间戳的时钟请求消息；

2) 主时钟通道在收到从时钟通道的时钟请求消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间信息的回复消息发送给从时钟通道；

3) 从时钟通道收到主时钟通道时钟回复消息之后，底层触发中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间信息的确认消息发送给主时钟通道，分别执行步骤 4) 和 6)；

4) 从时钟通道通过计算，判断自身是否与主时钟通道同步；如果同步，则结束，否则执行步骤 5)；

5) 如果从时钟通道与主时钟通道不同步, 则需要调整本地时钟, 并调整下一个周期的开始时间, 返回步骤 1);

6) 主时钟通道在收到从时钟通道的确认消息之后, 判断自身是否与从时钟通道同步后执行步骤 7);

7) 主时钟通道将时钟同步状态通知从时钟通道。

(3) 对应系统的组成及功能进行描述:

一种快速精确安全的时钟同步系统, 其特征在于, 包括:

时钟消息管理模块, 用于生成带时间戳的请求, 回复以及确认消息, 并将消息发送给对方;

时钟同步运算模块, 用于根据收到的带时间戳时钟消息, 并根据接收到消息时的本地时钟信息, 运算得到新的本地时钟, 以及与对方的时钟偏差;

时钟同步判断调整模块, 用于根据时钟同步运算模块得到的结果, 判断是否时钟同步, 设置新的本地时钟, 调整任务周期的开始时间;

通信调度模块, 用于在收到对方的时钟消息后, 及时响应, 并调用时钟消息管理模板, 时钟同步判断模板以及时钟同步调整模块。

(4) 改进之处及其相应带来的有益效果:

与现有技术相比, 本发明具有以下优点:

1) 快速: 在本方案中, 待时钟同步通道有一个加入过程, 经过加入过程中, 主从通道时钟基本同步, 后续在任务同期过程中只需要做微小的时钟调整, 即使通道间快速达到时钟同步; 且由于时钟调整微小, 从时钟通道任务运行更稳定;

2) 精确: 在本方案中, 时钟同步在底层中断处理过程中, 使得处理时钟同步消息及逻辑的响应及时, 同时采用的时钟同步判断算法能够有效处理信息传输延时带来的影响, 从而使得时钟同步更精确。

3) 安全: 在本方案中, 主从时钟通道同时进行时钟同步的判断, 能够避免单点故障。

附图说明

【请提供方法的流程图和结构示意图, 要求是黑白线条图, 最好用 CAD 或 VISO 画, 不能使用照片】

图 1 为本发明的待加入通道等待加入示意图;

图 2 为本发明的运行过程中通道间时钟同步示意图；

图 3 为本发明的模块结构示意图；

图 4 为本发明的流程图。

具体实施方式

【即具体实施例，是对上述技术方案的举例说明，应当详细描述方法步骤及具体参数】

下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

实施例

本发明提出了一种快速精确安全时钟同步方法，多个通道有独立的时钟，通过软件的方式处理时钟同步逻辑，主时钟通道和从时钟通道能够在底层中断服务中及时处理时钟同步信息，两个通道均进行是否同步的判断，从时钟通道根据同步信息进行调整，使两个通道达到时钟同步。其分为从时钟通道启动加入过程中的时钟同步和运行过程中通道之间的时钟同步。

本发明的工作原理如下：

待加入通道在启动时，向主时钟通道发送时钟同步请求信息，主时钟通道将自己时钟运行信息回复给备份通道；待加入通道通过运算得到当前时钟信息，以及需要等待的时间，在等待该时间后，待加入通道正式加入，开始执行周期性的逻辑任务。在多个通道运行过程中，其中一个通道为主时钟通道，其他通道需要与此通道进行时钟同步，每个任务同期同步一次，如果时钟偏差小于容忍范围，则认为同步；否则视为不同步，同时进行调整。

图 1 为本发明的待加入通道等待加入示意图，根据图 1，待加入通道的时间计算如下：

其在收到主时钟通道时 (T_3)，重新设置自己的时间为 T_{3new} ：

$$T_{3new} = T_2 + \frac{((T_3 - T_0) - (T_2 - T_1))}{2}$$

其等待的时间为：

$$\Delta T = R - (T_{3new} - T_R),$$

其中，R 为逻辑任务周期长度。

图 2 为本发明的运行过程中通道间时钟同步示意图，根据图 2，非主时钟通道

计算得到的与主时钟的时钟偏差为：

$$T_{d1} = \frac{((T_2 + T_1) - (T_0 + T_3))}{2},$$

主时钟通道计算得到的与非主时钟通道的时钟偏差为：

$$T_{d2} = \frac{((T_3 + T_4) - (T_2 + T_5))}{2}$$

如图 3 所示，本发明包含时钟消息管理模块，通信调度模块，时钟同步运算模块，时钟同步判断调整模块四部分。各通道均采用 MPC8572 CPU 芯片的微处理板卡，各通道均实现了四个模块的功能；通道之间采用串口通信，接口标准为 RS422。各部分说明如下：

时钟消息管理模块：生成带时间戳的请求，回复以及确认消息，并将消息发送给对方；

通信调度模块：在收到对方的时钟消息后，及时响应，并调用时钟消息管理模块，时钟同步判断模块以及时钟同步调整模块；

时钟同步运算模块：根据收到的带时间戳时钟消息，并根据接收到消息时的本地时钟信息，运算得到新的本地时钟，以及与对方的时钟偏差；

时钟同步判断调整模块：根据时钟同步运算模块得到的结果，判断是否时钟同步，设置新的本地时钟，调整任务周期的开始时间。

图 4 所示为本发明的具体流程。结合图 1 至图 4，以二乘二系统为例，结合已经应用本发明的轨旁安全平台，该本发明的实施步骤如下：

步骤 1：待加入通道启动成功后，将带有自身时间戳的时钟请求消息通过串口发送给主时钟通道；

步骤 2：主时钟通道在收到待加入通道的时钟请求消息之后，在串口中断服务例程中处理该消息，获取本地时钟，并将带有本地时间消息的回复消息通过串口发送给待加入通道。

步骤 3：待加入通道收到主时钟通道时钟回复消息之后，在串口中断服务例程，处理该消息，获取本地时钟，如图 1 中算法，计算需要等待时间，在等待该时间之后，开始周期性的逻辑任务。

步骤 4：在开始周期性逻辑任务后，在每一个周期开始时，从时钟通道向主时钟通道通过串口发送带有自身时间戳的时钟请求消息。

步骤 5: 主时钟通道在收到从时钟通道的时钟请求消息之后, 在串口中断服务例程, 处理该消息, 获取本地时钟, 并将带有本地时间信息的回复消息发送给从时钟通道。

步骤 6: 从时钟通道收到主时钟通道时钟回复消息之后, 底层触发中断服务例程, 处理该消息, 获取本地时钟, 并将带有本地时间信息的确认消息发送给主时钟通道。

步骤 7: 从时钟通道通过计算, 判断自身是否与主时钟通道同步; 如果同步, 则结束。

步骤 8: 如果从时钟通道与主时钟通道不同步, 则需要调整本地时钟, 并调整下一个周期的开始时间。

步骤 9: 主时钟通道在收到从时钟通道的确认消息之后, 判断自身是否与从时钟通道同步

步骤 10: 主时钟通道将时钟同步状态消息通过串口发送给从时钟通道;

以上方法应用范围不仅局限于轨道交通领域, 在其他多模冗余系统中都可以得到应用。

说明书附图

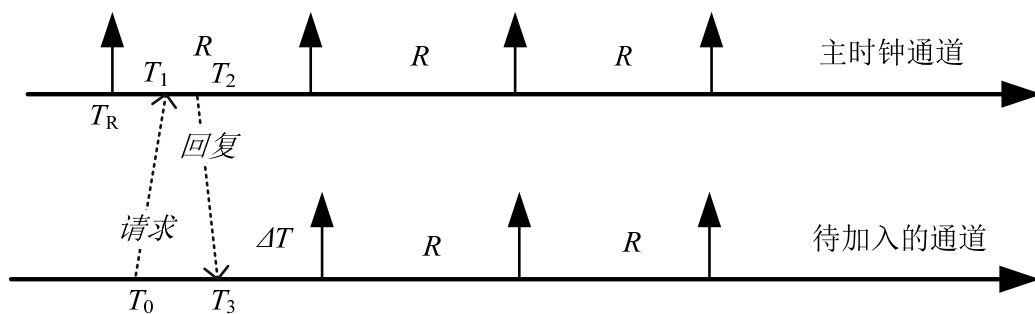


图 1

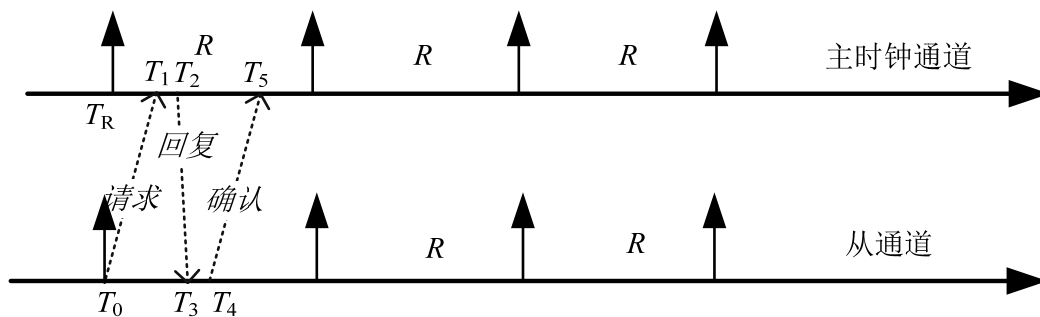


图 2

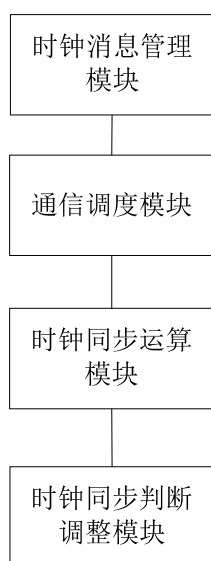


图 3

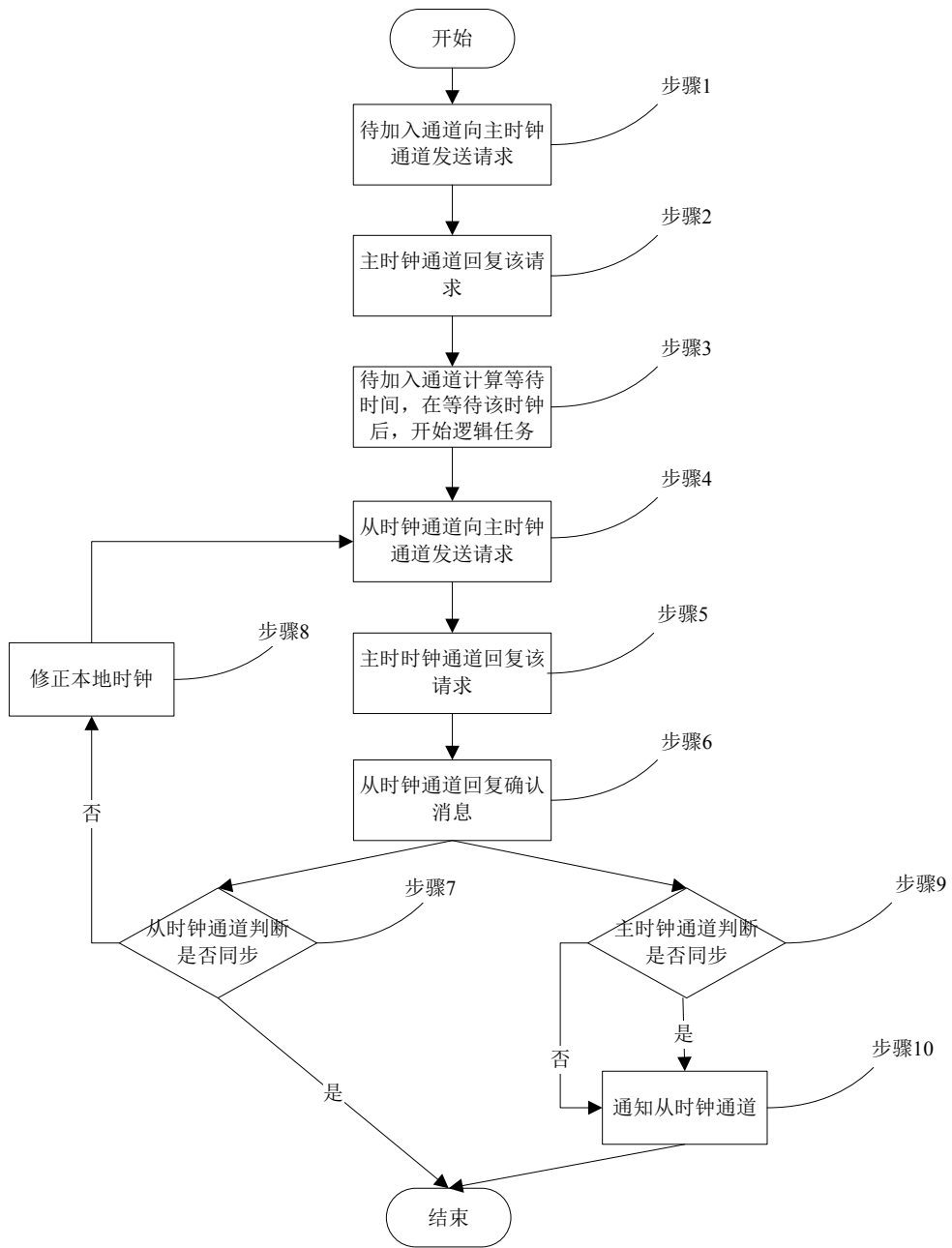


图 4