



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107251620 B

(45)授权公告日 2020.07.17

(21)申请号 201680009997.4

(22)申请日 2016.03.02

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107251620 A

(43)申请公布日 2017.10.13

(30)优先权数据  
62/128,254 2015.03.04 US  
14/788,330 2015.06.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.08.11

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/020471 2016.03.02

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/141071 EN 2016.09.09

(73)专利权人 德州仪器公司  
地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 奥伦·沙尼 盖伊·米莎勒  
乌里·魏因里波

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限  
责任公司 11287  
代理人 林斯凯

(51)Int.Cl.  
H04W 56/00(2006.01)  
H04L 7/10(2006.01)

审查员 陈王凤

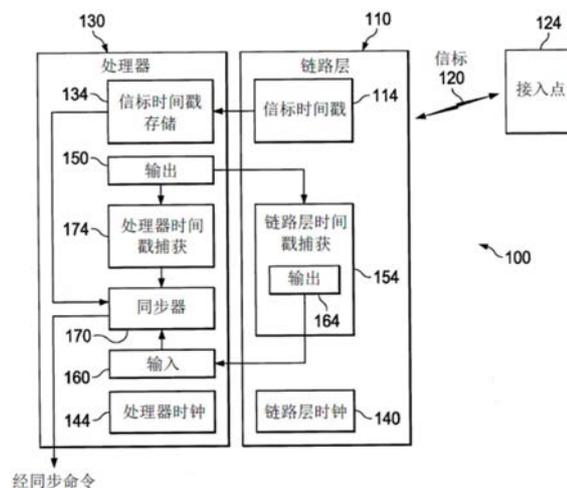
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

基于信标的无线同步

(57)摘要

在所描述实例中,一种电路(100)包含用以存储从无线网络(120)产生的信标时间戳(134)的处理器(130)。由所述处理器(130)控制的输出端口(150)导致中断,所述中断起始相对于所述信标时间戳(134)对链路层时间戳(154)的捕获。所述处理器(130)上的输入端口(160)接收所述链路层时间戳。同步器相对于所述信标时间戳(134)捕获处理器时间戳且通过计算所述处理器时间戳与所述链路层时间戳(154)之间的差而确定相对于所接收的所述链路层时间戳的时间偏移值。将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合以使所述处理器(130)相对于所述信标时间戳(134)同步。



1. 一种用于无线同步的系统,其包括:

链路层,其具有链路层信标时间戳储存和链路层时钟,所述链路层信标时间戳储存用于存储从无线网络接收的信标时间戳;

处理器,其具有耦合到所述链路层信标时间戳储存的处理器信标时间戳储存且具有与所述链路层时钟分开的处理器时钟,所述处理器信标时间戳储存用于存储来自所述链路层信标时间戳储存的所述信标时间戳;

所述处理器包含耦合到所述链路层的输出端口以起始链路层时间戳的捕获,所述链路层时间戳是从所述信标时间戳被捕获以来如同由所述链路层观察的逝去时间量;

所述处理器包含耦合到所述链路层的输入端口以从所述链路层接收所述链路层时间戳;和

同步器,其耦合到处理器时间戳和所述输入端口,所述处理器时间戳是时钟循环中所述处理器前进经过所述信标时间戳被存储于所述处理器信标时间戳储存处的时间的的时间差量,所述同步器通过计算所述处理器时间戳与所述链路层时间戳之间的差来确定时间偏移值,且将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合以使所述处理器与存储在所述链路层处的所述信标时间戳同步。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述时间偏移值被添加到所述处理器时间戳或从所述处理器时间戳减去以使所述处理器时钟与在所述链路层处接收的所述信标时间戳同步。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述链路层包含将所述链路层时间戳传输到所述处理器上的所述输入端口的链路层输出端口。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述信标时间戳包含所述信标被所述链路层接收的时间及信标序列号,其中所述时间偏移值通过所述处理器与所述信标序列号组合以形成用于应用的开始命令。

5. 根据权利要求4所述的系统,其包含由所述处理器控制的应用层,所述应用层使用所述开始命令使应用的操作与在无线装置上跨越所述无线网络而操作的至少一个其它应用同步。

6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述应用和所述至少一个其它应用是具有至少两个扬声器的同步的无线音频系统,所述至少两个扬声器被同步以针对相同的所述信标序列号和所述时间偏移值接收无线音频数据。

7. 根据权利要求5所述的系统,其中所述应用和所述至少一个其它应用是具有至少两个从装置的同步的无线控制器系统,所述至少两个从装置被同步以针对相同的所述信标序列号和所述时间偏移值从主控制装置接收无线控制数据。

8. 根据权利要求5所述的系统,其中所述应用和所述至少一个其它应用是具有至少两个视频装置的同步的无线视频系统,所述至少两个视频装置被同步以针对相同的所述信标序列号和所述时间偏移值接收无线视频数据。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述信标时间戳由无线接入点产生。

10. 一种用于无线同步的方法,其包括:

从链路层中的无线网络接收信标时间戳;

响应于接收所述信标时间戳而将所述信标时间戳存储于所述链路层中;

将所述信标时间戳从所述链路层复制到处理器；

产生中断以起始存储于所述链路层中的链路层时间戳的捕获，所述链路层时间戳是从存储所述信标时间戳以来如由所述链路层观察的逝去时间量；

捕获处理器时间戳，所述处理器时间戳是时钟循环中所述处理器前进经过所述信标时间戳被复制到所述处理器的时间的的时间差量；

通过计算所述处理器时间戳与所述链路层时间戳之间的差来确定时间偏移值；

将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合以使所述处理器与在所述链路层处接收的所述信标时间戳同步。

11. 根据权利要求10所述的方法，其中所述存储包含存储所述信标时间戳被所述链路层接收的时间及信标序列号。

12. 根据权利要求10所述的方法，其中所述组合包含将所述时间偏移值与信标序列号组合以形成用于应用的开始命令。

13. 根据权利要求10所述的方法，其包含响应于将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合而形成用于一应用的开始命令。

14. 根据权利要求13所述的方法，其包含使用所述开始命令使所述一应用与在所述无线网络上在无线装置中操作的至少一个其它应用同步。

15. 根据权利要求13所述的方法，其包含使用所述开始命令同步所述一应用和具有至少两个扬声器的无线音频系统中的至少一个其它应用以接收无线音频数据。

16. 根据权利要求13所述的方法，其包含使用所述开始命令同步所述一应用和具有至少两个从装置的无线控制器系统中的至少一个其它应用以从主控制装置接收无线控制数据。

17. 根据权利要求13所述的方法，其包含使用所述开始命令同步所述一应用和具有至少两个视频装置的无线视频系统中的至少一个其它应用以接收无线视频数据。

18. 根据权利要求10所述的方法，其包含由无线接入点产生所述信标时间戳。

## 基于信标的无线同步

### 技术领域

[0001] 本发明涉及网络通信,且更特定来说涉及基于无线接入点信标在网络装置之间使时钟同步。

### 背景技术

[0002] 越来越多数目的系统实施方案包含使系统装置跨越给定区分散且接着经由无线链路提供装置之间的连接性。举例来说,常见音频应用涉及在一个装置处产生音乐且在连接到无线链路的一或多个扬声器装置处播放音乐。为了实现系统装置之间的无线连接性,可采用使用Wi-Fi或相关标准允许无线装置连接到有线网络的无线接入点(AP)。AP通常作为独立装置连接到路由器(经由有线网络),但其也可是路由器自身的整体组件。AP与热点有差别,热点是其中提供无线服务的物理空间。AP通常直接连接到有线以太网连接,其中AP接着使用射频链路提供无线连接以使其它装置使用AP的相应有线连接。

[0003] 大部分AP支持多个无线装置到一个有线连接,但其它配置是可能的。现代AP经构建以支持使用这些射频发送及接收数据的标准。举例来说,那些标准及频率是由IEEE定义,其中大多数AP使用IEEE 802.11标准。伴随以此方式经由无线链路连接系统组件的一个问题涉及跨越无线网络的系统组件当中的协调。在常规有线系统中,此协调不构成问题,这是因为应用命令可从一个装置发送且由另一装置经由网络的有线通信以几乎瞬时速度接收。

### 发明内容

[0004] 在基于无线接入点信标于网络装置之间使时钟同步的所描述实例中,一种电路包含用以存储从无线网络产生的信标时间戳的处理器。由所述处理器控制的输出端口导致中断,所述中断起始相对于所述信标时间戳对链路层时间戳的捕获。所述处理器上的输入端口接收所述链路层时间戳。同步器相对于所述信标时间戳捕获处理器时间戳且通过计算所述处理器时间戳与所述所接收链路层时间戳之间的差而确定相对于所述链路层时间戳的时间偏移值。将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合以使所述处理器相对于所述信标时间戳同步。

[0005] 在另一实例中,一种系统包含用以从无线网络接收信标时间戳的链路层。所述系统包含用以从所述链路层接收所述信标时间戳的处理器。由所述处理器控制的输出端口导致所述链路层处的中断以起始相对于所述信标时间戳在所述链路层处对链路层时间戳的捕获。所述处理器上的输入端口响应于所述链路层处的所述中断而从所述链路层接收所述链路层时间戳。同步器相对于所述信标时间戳捕获处理器时间戳且通过计算所述处理器时间戳与来自所述链路层的所述所接收链路层时间戳之间的差而确定相对于所述链路层时间戳的时间偏移值。将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合以使所述处理器相对于在所述链路层处接收的所述信标时间戳同步。

[0006] 在又一实例中,一种方法包含从无线网络接收信标时间戳。所述方法包含产生中

断以起始相对于所述信标时间戳对链路层时间戳的捕获。所述方法包含相对于所述信标时间戳捕获处理器时间戳。此包含通过计算所述处理器时间戳与所述链路层时间戳之间的差而确定相对于所述链路层时间戳的时间偏移值。将所述时间偏移值与所述处理器时间戳组合以使在所述无线网络上操作的至少两个无线装置同步。

### 附图说明

- [0007] 图1图解说明用于使应用同步到无线接入点信标的电路的实例。
- [0008] 图2图解说明用于使应用同步到无线接入点信标的系统的实例。
- [0009] 图3图解说明用于使主装置及从装置同步到无线接入点信标的系统的实例。
- [0010] 图4图解说明用于使应用同步到无线接入点信标的实例性方法。
- [0011] 图5图解说明其中经由无线网络使无线音频装置同步的实例性应用。
- [0012] 图6图解说明其中经由无线网络使无线控制装置同步的实例性应用。
- [0013] 图7图解说明其中经由无线网络使无线视频装置同步的实例性应用。

### 具体实施方式

[0014] 本发明涉及基于无线接入点信标在网络装置之间使时钟同步。提供用于在空中实现无线装置之间的准确同步的系统及方法，其中可基于来自无线接入点的所接收信标时间戳而在装置协议层之间/跨越装置协议层使装置时钟同步，所述无线接入点以预定间隔发射所述信标。举例来说，可在连接到相同接入点的大量无线装置之间实现小于5微秒的同步。可由无线网络装置基于来自接入点的信标包而实现同步，其中任何接入点均可用于所述同步任务。每一装置可捕获信标且将其准确时间戳及序列号上传到相应装置应用层。举例来说，可在信标的前同步码期间捕获时间戳。基于装置处理层与接收信标的无线链路层之间的输入及输出握手，可将同步确定为在每一层相应的相对于所捕获信标时间戳的时序之间确定的时间偏移值。

[0015] 图1图解说明用于使应用同步到无线接入点信标的电路100的实例。如本文中所使用，术语电路可包含执行例如音频电路或控制电路等电路功能的有源及/或无源元件的集合。举例来说，术语电路还可包含其中所有电路元件均制作于共同衬底上的集成电路。电路100包含从无线网络120接收信标时间戳114的链路层110。信标时间戳114可经由跨越网络120发射信标的无线接入点124产生。

[0016] 电路100包含从链路层110接收信标时间戳114且将其存储于134处的处理器130。所存储信标时间戳无法立即经处理以用于与网络120上的其它无线装置同步，这是因为所存储时间戳是参考与处理器时钟144不同的链路层时钟140。因此，在链路层110与处理器130之间执行各种握手以确定链路层与处理器之间的时序差。由处理器130控制的输出端口150导致链路层110处的中断以在链路层的154处起始相对于信标时间戳114 及所存储时间戳134对链路层时间戳的捕获。处理器130上的输入端口160响应于链路层110处的中断而从链路层输出164接收链路层时间戳。

[0017] 同步器170相对于信标时间戳存储 134捕获处理器时间戳174且通过计算处理器时间戳与链路层时间戳之间的差而确定相对于从链路层输出164接收的链路层时间戳154的时间偏移值。将所述时间偏移值与处理器时间戳174组合以使处理器130相对于在链路层

处接收的信标时间戳114同步。如本文中所使用,术语处理器时间戳174是指时钟循环中处理器130前进经过信标时间戳被存储于134处的时间的的时间差量。术语链路层时间戳154是指从捕获信标时间戳114以来如由链路层110观察的逝去时间量。这两个时间的差(处理器时间戳174对链路层时间戳154)定义出于如本文中所描述的同步目的而采用的时间偏移值。

[0018] 可将由同步器170确定的时间偏移值加到处理器时间戳174或从处理器时间戳174减去所述时间偏移值以使处理器130相对于信标时间戳存储 134同步。如上文中所论述,链路层110可响应于输出端口150而产生中断,其中所述中断致使链路层相对于信标时间戳114捕获链路层时间戳154。链路层输出端口164将链路层时间戳154发射到处理器 130上的输入端口160。信标时间戳114包含信标被链路层110接收的时间及信标序列号,其中处理器130将时间偏移值与信标序列号组合以形成用于应用的开始命令。如下文相对于图2到4所描述,可提供由处理器130控制的应用层。所述应用层使用所述开始命令来使一应用的操作与在无线装置上跨越无线网络120操作的至少一个其它应用同步。

[0019] 在一个实例中,此类经同步应用可为经同步无线音频应用,例如具有至少两个扬声器,所述至少两个扬声器经同步以在相对于相同信标序列号及约为相对于所述信标序列号的相同时段的时间偏移值的时间接收无线音频数据。在另一实例中,可提供经同步无线控制器应用,其具有至少两个从装置,所述至少两个从装置经同步以在相对于相同信标序列号及约为相同时段的时间偏移值的时间从主控制装置接收无线控制数据。在又一实例中,经同步应用可包含经同步无线视频应用,其具有至少两个视频装置,所述至少两个视频装置经同步以在相对于相同信标序列号及约为相对于所述信标序列号的相同时段的时间偏移值的时间接收无线视频数据。下文相对于图2到7图解说明及描述各种应用实例。

[0020] 图2图解说明用于使应用同步到无线接入点信标的系统200的实例。在此实例中,链路层210与接入点介接且将信标时间戳存储于224处。信标时间戳224作为副本存储(例如,下载)于处理器234的230处。时间戳捕获接口与同步器240在244处与链路层介接以确定处理器234相对于信标时间戳224及230的时间偏移值。举例来说,时间戳捕获接口与同步器240可包含上文中相对于图1所论述的输入及输出端口以与链路层210协调。当确定了时间偏移值时,应用层250接收所述时间偏移值且将其用于经由260处的应用命令与至少一个其它无线装置同步。

[0021] 举例来说,所述应用命令将可同时启动无线扬声器与通过无线连接分开的另一无线扬声器。此应用命令可基于开始在所捕获信标时间戳之后接收的给定信标序列号(例如,经过所捕获且存储的信标时间戳的信标号4)加上处理器234的240处的所确定时间偏移值。每一扬声器将可能具有经计算的不同时间偏移值,但将发生同时操作,这是因为每一扬声器已在时间上同步到在224处捕获且在230处存储的时间戳之后接收的预定信标时间戳。

[0022] 图3图解说明用于使主装置302及从装置304同步到无线接入点信标的系统300的实例。为了简洁,描述用于主装置302的同步,但类似原理可适用于304处的从装置。在此实例中,可将同步划分成三个层级,但其它配置是可能的。链路层级同步可在媒体接入控制(MAC)层级处发生,其在站点之间使MAC时钟同步。这展示为链路层306及 308与接入点310通信。主机层级同步在处理器层级314处发生,其中使处理器的主机时钟同步到MAC时钟。应用层级同步在应用层316处发生,其中使应用层时钟同步到主机时钟以允许经同步操作(例

如,经由无线连接的扬声器的经同步音频播放)。

[0023] 关于链路层306的MAC层级同步,接入点310发射信标。在所有装置处在约相同时间(忽略飞行时间)接收所述信标。当接收到信标时,每一装置将在接收过程期间在确定点处捕获MAC时间戳。这展示于320处。在324处将所捕获时间戳传递到主机处理器。关于主机层级同步,每一主机现在知晓特定信标的到达时间且可相对于此时间开始其播放(或其它经同步操作)。然而,如上文中所论述,此时间戳的来源是MAC时钟,因此系统必须将其同步到主机处理器时钟(未展示)。

[0024] 举例来说,主机处理器314在330处使用专用的通用输入/输出(GPIO)产生对MAC的中断。在此中断的处理期间,处理器314及链路层306MAC两者分别在330及334 处同时捕获其时间戳。并且,举例来说,链路层MAC接着经由340处的专用串行数据(SDIO)交易在338处将此时间戳传送到主机处理器314。主机处理器314使用 HOST\_TS\_DURING\_INTERRUPT-MAC\_TS\_DURING\_INTERRUPT计算其时钟与 MAC时钟之间的差量,例如在350处。主机处理器314现在可在350处将信标时间戳从MAC时钟翻译为其自身时钟。

[0025] 应用层316可以各种不同方式来执行,这取决于应用需要(例如,音频应用、视频应用及控制应用)。在此实例中,每一主机处理器314已确定信标到达的时间,这是因为所有信标是在约相同时间接收,且这可用作同时开始音频播放(或其它经同步应用)的点。举例来说,这可通过通知所有无线装置在接收到下一信标之后的特定毫秒数开始播放而包含缓冲。如所展示,应用层可包含开始同步块360及从处理器314的信标偏移确定起始的应用命令370。这可包含在380处在给定信标序列号之后的特定毫秒数起始命令。如所展示,从装置304可以与本文中针对主装置302所描述基本上相同的方式来同步。

[0026] 鉴于上文所描述的前述结构特征及功能特征,参考图4描述实例性方法。出于使解释简单的目的,将所述方法展示及描述为连续地执行,但所述方法并不受所图解说明的次序限制,因为所述方法的部分可以与本文中所展示及所描述者不同的次序发生及/或与其同时发生。举例来说,此方法可由配置在IC或控制器中的各种组件执行。

[0027] 图4图解说明用于使应用同步到无线接入点信标的实例性方法400。在410处,方法400包含从无线网络(例如,经由图1的链路层110及接入点124)接收信标时间戳。在420处,方法400包含产生中断以起始相对于信标时间戳对链路层时间戳的捕获(例如,经由图1的输出150及链路层时间戳捕获154)。在430处,方法400包含相对于信标时间戳捕获处理器时间戳(例如,图1的处理器时间戳捕获174)。在440处,方法400包含通过计算处理器时间戳与链路层时间戳之间的差(例如,经由图1的同步器170)而确定相对于链路层时间戳的时间偏移值。可将时间偏移值与处理器时间戳组合以使在无线网络上操作的至少两个无线装置同步。如上文中所论述,信标时间戳包含信标被链路层接收的时间及信标序列号。处理器可将时间偏移值与信标序列号组合(例如,相加或相减)以形成用于应用的开始命令。

[0028] 图5图解说明其中经由无线网络使无线音频装置同步的实例性应用500。在此实例中,504处的听众被510到550处的无线扬声器环绕。所述扬声器中的每一者可经配置以如本文中所描述地同步到无线信标,其中声音播放在每一扬声器处同时且由于同步而基本上无延迟地发生。因此,在此实例中,可提供经同步无线音频系统,其具有至少两个扬声器,所述至少两个扬声器经同步以在相对于相同信标序列号及时间偏移值的时间接收无线音频数据,所述时间偏移值为约相同的时间周期,如从每一扬声器510到550 的立场确定。由于每

一扬声器均同步到相同信标加或减每一扬声器处的所确定偏移,因此每一扬声器可在基本上相同时间开始及停止其相应音频播放(例如,开始/停止彼此相差小于5微秒)。

[0029] 图6图解说明其中经由无线网络使无线控制装置同步的实例性应用600。此实例具有一或多个610处的从装置,且其可向每一从装置发出触发开始及停止命令。在此情形中,每一从装置610或主装置620可被同步到参考时钟,所述参考时钟是从本文中所描述的无线接入信标处理导出。因此,在此实例中,经同步无线控制器应用具有至少两个从装置,所述至少两个从装置经同步以在相对于相同信标序列号及时间偏移值的时间从主控制装置接收无线控制数据,所述时间偏移值为约相同的时间周期。

[0030] 图7图解说明其中经由无线网络使无线视频装置同步的实例性应用700。在此实例中,无线视频摄像机710到750捕获场景754的图像。所述图像被传送到获取层760,其中经由发射层770(例如经由本文中所描述的信标处理)而调整摄像机之间的时序。在于发射层处调整了所捕获图像之间的时序之后,可在780处为790处的用户开始图像重构。在此实例中,经同步无线视频系统具有至少两个视频装置,所述至少两个视频装置经同步以在相对于相同信标序列号及时间偏移值的时间接收无线视频数据,所述时间偏移值为约相同的时间周期。

[0031] 术语“基于”意指至少部分地基于。并且,在本发明或权利要求书叙述“一(a、an)”、“第一”或“另一”元件或其等效内容时,其包含一个或多于一个此种元件,且不需要也不排除两个或多于两个此种元件。

[0032] 修改在所描述实施例中为可能的,且其它实施例在权利要求书的范围内为可能的。

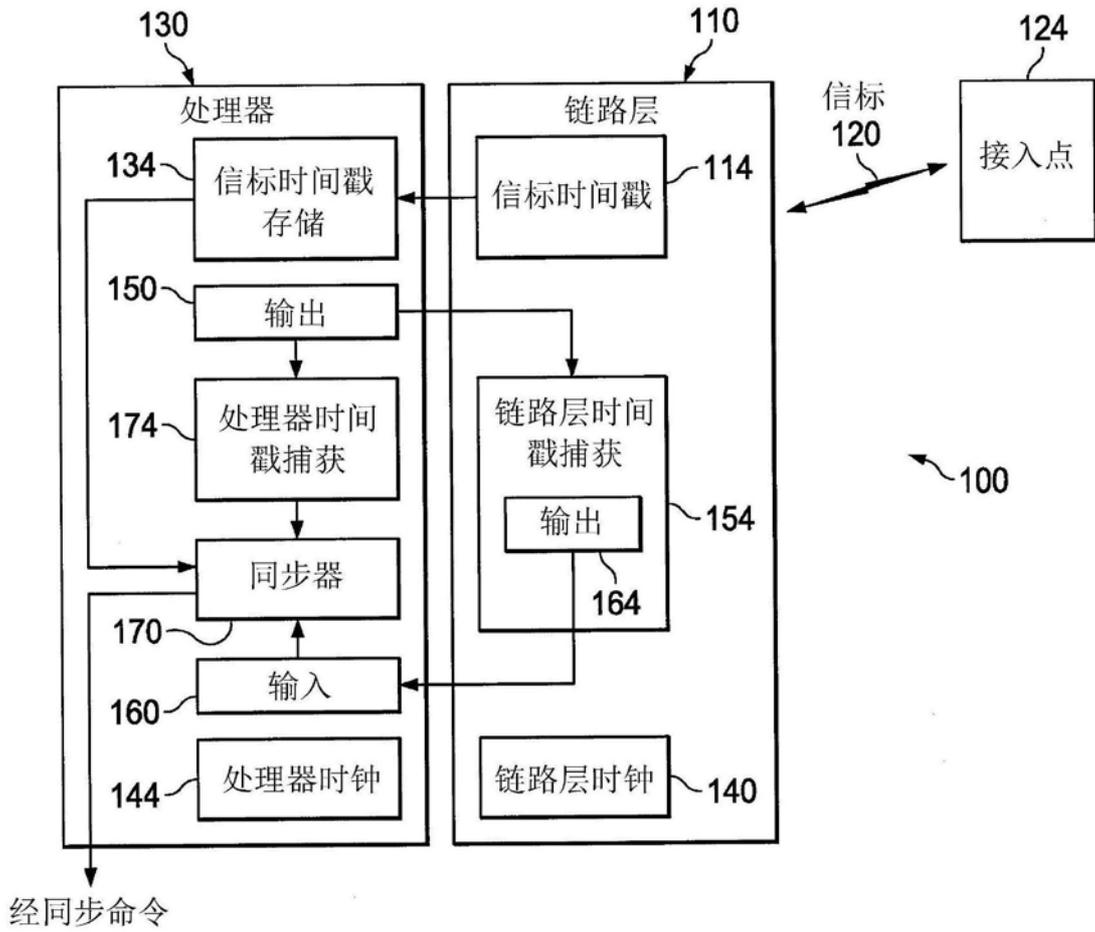


图1

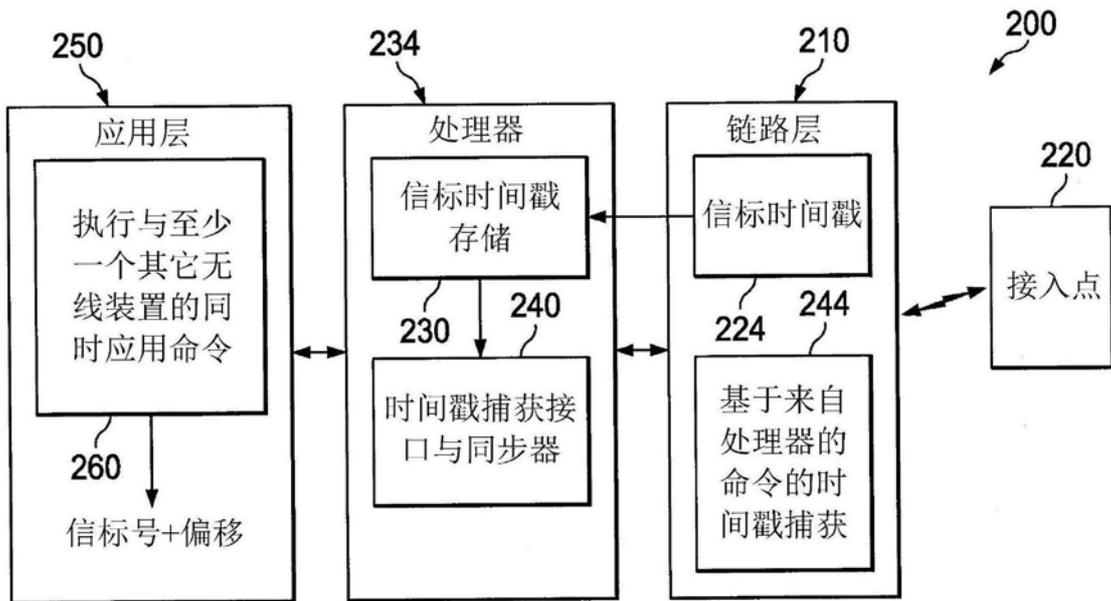


图2

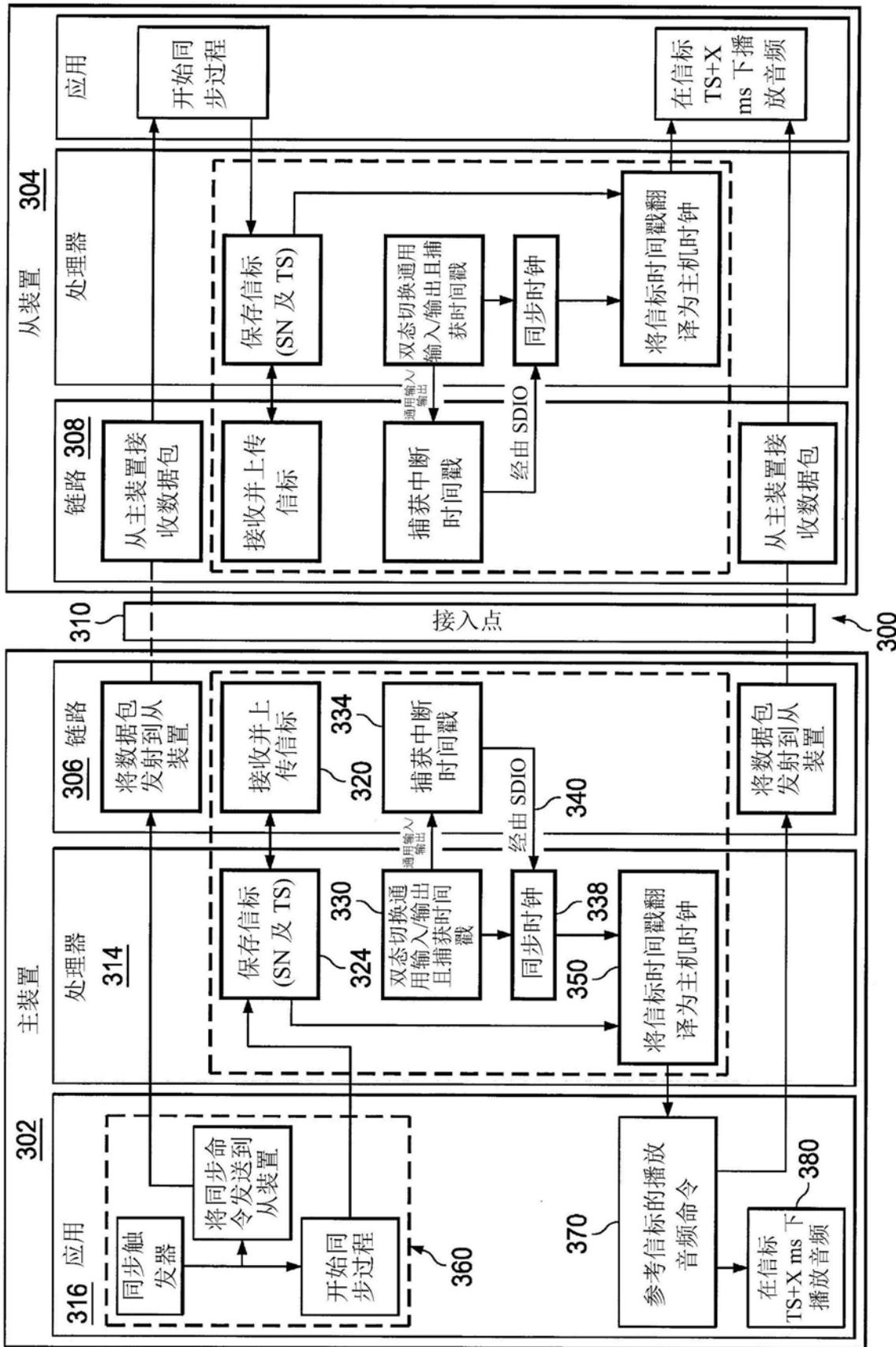


图3

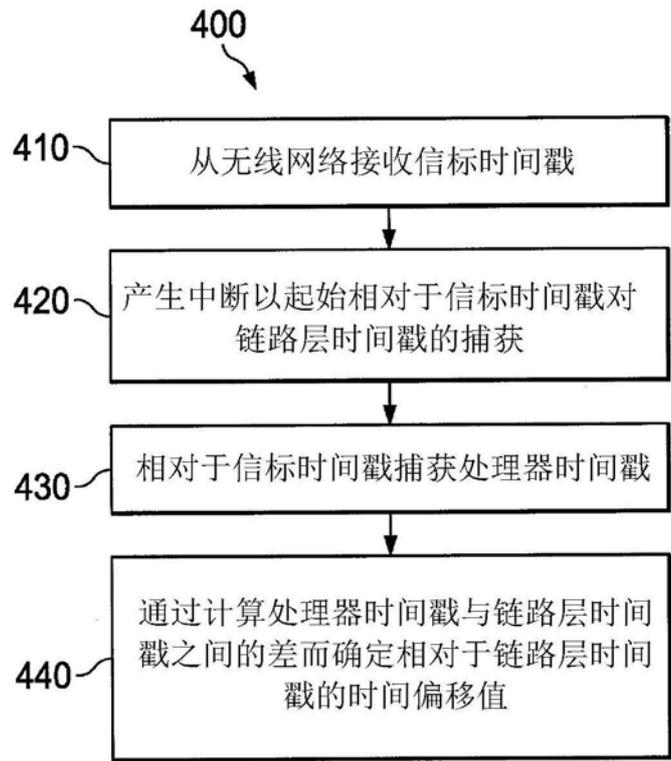


图4

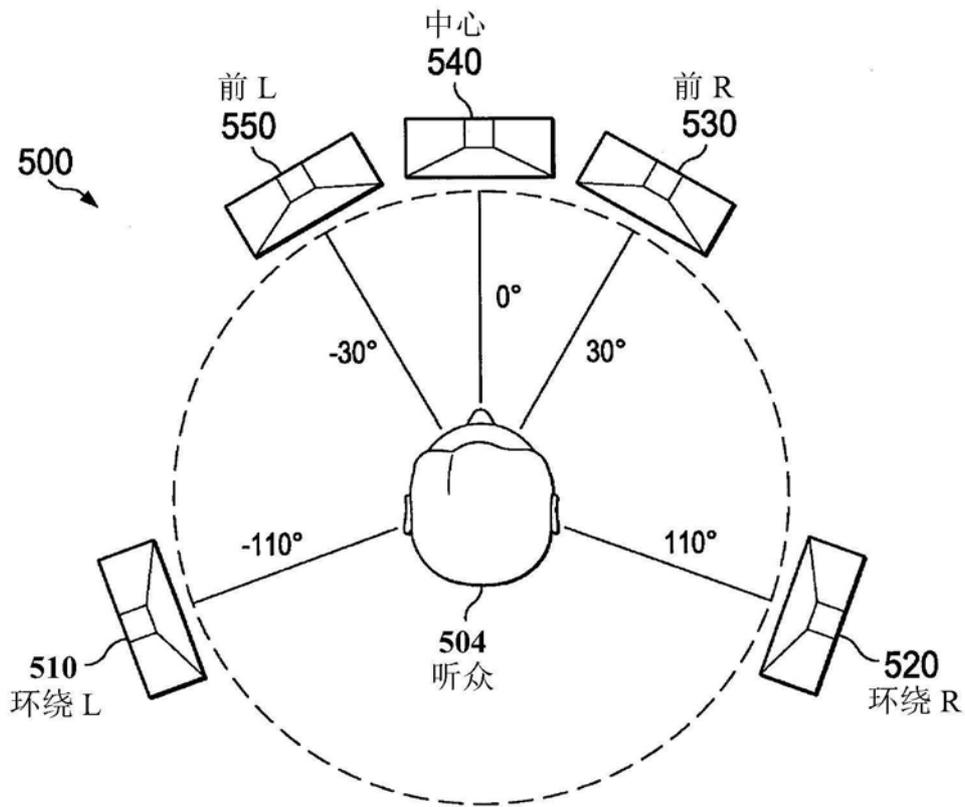


图5

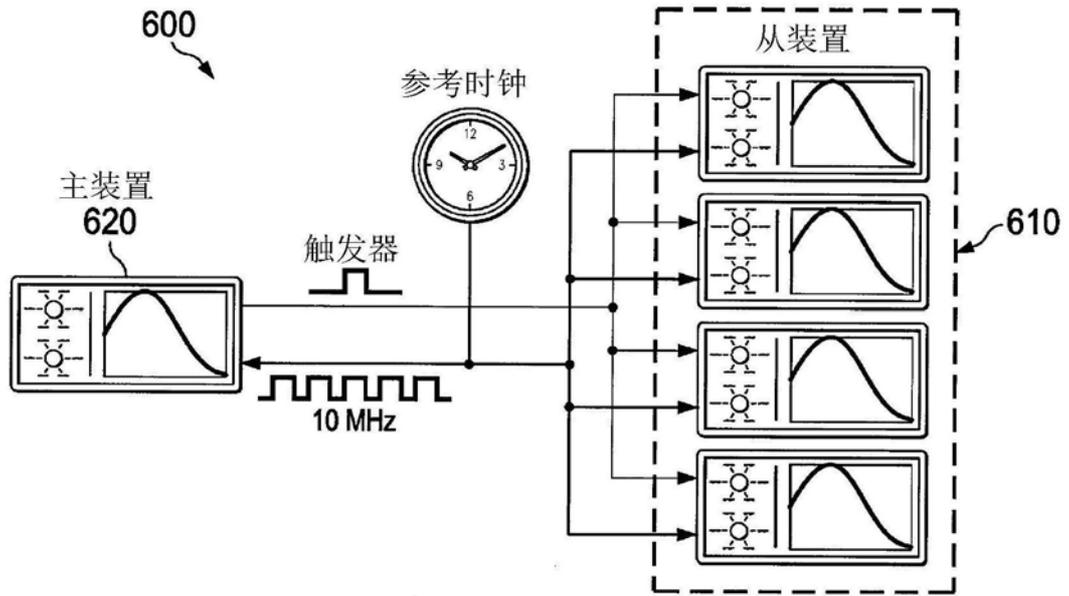


图6

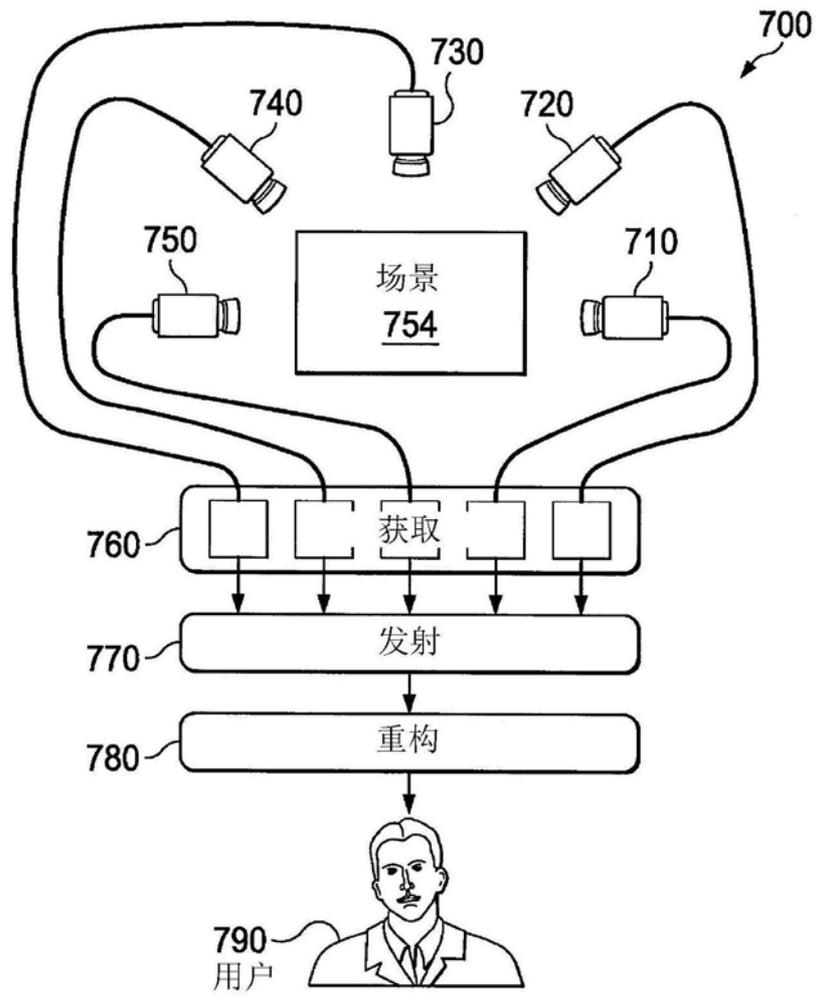


图7