



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102132530 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 24

(21) 申请号 200980132684. 8

(22) 申请日 2009. 08. 21

(30) 优先权数据

61/091, 214 2008. 08. 22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 02. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/054625 2009. 08. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/022338 EN 2010. 02. 25

(73) 专利权人 马维尔国际贸易有限公司

地址 巴巴多斯圣米加勒

(72) 发明人 R·康达帕利 G·T·哈钦森

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄞迅 黄倩

(51) Int. Cl.

H04L 12/46 (2006. 01)

H04L 29/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1694455 A, 2005. 11. 09, 全文.

Dopplinger A. 等. Using IEEE 1588 for synchronization of network-connected devices. 《URL :http://www.eetimes.com/design/industrial-control/4007059/Using-IEEE-1588-for-synchronization-of-network-connected-devices》. 2007,

审查员 杜放

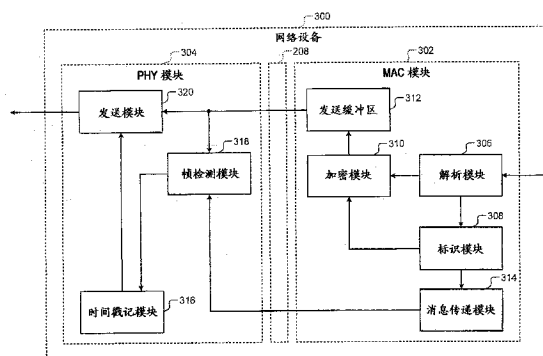
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

在网元中集成精确时间协议和介质访问控制安全的方法和装置

(57) 摘要

一种系统包括介质访问控制 (MAC) 模块和精确时间协议 (PTP) 模块。MAC 模块被配置用于针对 PTP 帧生成标识符, 通过对该 PTP 帧进行加密而生成经加密的 PTP 帧, 并且输出该标识符。PTP 模块被配置用于接收该标识符, 响应于经加密的 PTP 帧从 MAC 模块输出而基于该标识符来标识经加密的 PTP 帧, 并且在经加密的 PTP 帧被传输之前对经加密的 PTP 帧进行时间戳记。



1. 一种在网元中集成精确时间协议和介质访问控制安全的系统,包括:  
介质访问控制 MAC 模块,其被配置用于:  
生成针对精确时间协议 PTP 帧的标识符;  
通过对所述 PTP 帧进行加密而生成经加密的 PTP 帧;以及  
输出所述标识符;以及  
物理层 PHY 模块,其被配置用于:  
接收所述标识符;  
响应于所述经加密的 PTP 帧从所述 MAC 模块输出,基于所述标识符来标识所述经加密的 PTP 帧;以及  
在所述经加密的 PTP 帧被发送之前对所述经加密的 PTP 帧进行时间戳记。
2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 MAC 模块包括解析模块,所述解析模块被配置用于:  
在对帧进行加密之前解析所述帧的头部;以及  
确定所述帧是否为所述 PTP 帧。
3. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 MAC 模块在所述经加密的 PTP 帧被发送之前存储所述经加密的 PTP 帧和所述标识符。
4. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 PHY 模块包括帧检测模块,所述帧检测模块被配置用于:  
在所述 MAC 模块输出所述经加密的 PTP 帧之前从所述 MAC 模块接收所述标识符;  
监控从所述 MAC 模块输出的帧;以及  
当从所述 MAC 模块输出所述经加密的 PTP 帧和所述标识符时,基于所述标识符从所述帧中检测所述经加密的 PTP 帧。
5. 根据权利要求 4 所述的系统,其中所述 PHY 模块还包括时间戳记模块,该时间戳记模块被配置用于对所述帧检测模块所检测到的所述经加密的 PTP 帧进行时间戳记。
6. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述 PHY 模块被配置用于在所述经加密的 PTP 帧被进行时间戳记之后,经由通信介质在网络上发送所述经加密的 PTP 帧。
7. 一种包含根据权利要求 1 所述的系统的网络设备。
8. 一种在网元中集成精确时间协议和介质访问控制安全的系统,包括:  
精确时间协议 PTP 模块,其被配置用于:  
响应于经由通信介质接收到经加密的帧,生成接收时间戳和标识符;  
存储所述接收时间戳和所述标识符;以及  
输出所述经加密的帧和所述标识符;以及  
介质访问控制 MAC 模块,其被配置用于:  
通过对所述经加密的帧进行解密而生成经解密的帧;以及  
当所述经解密的帧为 PTP 帧时输出所述标识符,  
其中所述 PTP 模块取得与从所述 MAC 模块接收到的所述标识符相对应的接收时间戳,并将所述接收时间戳添加至所述经解密的帧。
9. 根据权利要求 8 所述的系统,其中所述 MAC 模块包括解析模块,所述解析模块被配置用于:

解析所述经解密的帧的头部 ; 以及  
确定所述经解密的帧是否为 PTP 帧。

10. 根据权利要求 8 所述的系统, 其中所述经加密的帧包括发送时间戳, 所述发送时间戳被配置用于指示所述经加密的帧于何时由远离所述系统的设备经由所述通信介质发送。

11. 根据权利要求 10 所述的系统, 其还包括处理模块, 所述处理模块被配置用于 :  
处理所述经解密的帧 ; 以及  
基于所述接收时间戳和所述发送时间戳来生成时刻数据。

12. 一种网络设备, 包括 :  
根据权利要求 8 所述的系统 ; 以及  
处理模块, 其被配置用于 :  
处理所述经解密的帧 ; 以及  
基于所述接收时间戳和包括于所述经解密的帧之中的发送时间戳, 为所述网络设备生成时刻数据,

其中所述发送时间戳指示出所述经加密的帧于何时由远离所述网络设备的设备经由所述通信介质发送。

13. 一种物理层 PHY 设备, 包括 :  
解析模块, 其被配置用于 :  
基于经由通信介质而接收的未加密的帧的头部, 来确定所述未加密的帧是否为精确时间协议 PTP 帧 ; 以及

时间戳记模块, 其被配置用于响应于基于所述头部而确定所述未加密的帧为 PTP 帧, 而用接收时间戳对所述未加密的帧进行时间戳记。

14. 根据权利要求 13 所述的 PHY 设备, 其中所述 PTP 帧包括发送时间戳, 所述发送时间戳指示所述未加密的帧于何时由远离所述 PHY 设备的设备经由所述通信介质发送。

15. 一种网络设备, 包括 :  
根据权利要求 14 所述的 PHY 设备 ; 以及  
处理模块, 其被配置用于 :  
处理所述 PTP 帧 ; 以及  
基于所述接收时间戳和所述发送时间戳, 为所述网络设备生成时刻数据。

## 在网元中集成精确时间协议和介质访问控制安全的方法和装置

[0001] 与相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求对提交于 2008 年 8 月 22 日的美国临时专利申请 No. 61/091, 214 的优先权。上述申请的公开内容通过引用整体并入本文。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及网络设备, 并且更具体地涉及在网络设备中集成精确时间协议 (PTP) 和介质访问控制 (MAC) 安全功能 (MACsec)。

### 背景技术

[0004] 在此提供的背景技术描述是为了一般性地呈现本公开内容的上下文的目的。就在此背景技术部分中所描述的程度上的当前提名发明人的工作以及在提交时不作为现有技术的描述方面, 都不被明示或者暗示地承认其为本公开内容的现有技术。

[0005] 现在参考图 1, 网络设备 100 包括物理层 (PHY) 模块 102、介质访问控制 (MAC) 模块 104 和处理器 106。网络设备 100 可以经由通信介质 108 与网络中的其他网络设备 (未示出) 进行通信。该网络可以包括以太网。通信介质可以包括有线或者无线介质。

[0006] PHY 模块 102 将网络设备 100 接合至通信介质 108。PHY 模块 102 经由通信介质 108 发送和接收数据。MAC 模块 104 控制对通信介质 108 的访问。MAC 模块 104 执行多种功能。这些功能可以包括对要从网络设备 100 发送的数据进行加密, 以及对网络设备 100 所接收到的数据进行解密。

[0007] 处理器 106 对要发送的数据和接收到的数据进行处理。处理器 106 可以执行包括多媒体应用在内的多种应用。应用的类型可以取决于网络设备 100 的能力和网络设备 100 所执行的操作。

### 发明内容

[0008] 一种系统包括介质访问控制 (MAC) 模块和精确时间协议 (PTP) 模块。MAC 模块被配置用以生成用于 PTP 帧的标识符, 通过对 PTP 帧进行加密而生成经加密的 PTP 帧, 并且输出该标识符。PTP 模块被配置用以接收该标识符, 响应于从 MAC 模块输出的经加密的 PTP 帧, 基于该标识符来标识经加密的 PTP 帧, 并且在经加密的 PTP 帧被发送之前对经加密的 PTP 帧进行时间戳记。

[0009] 在其他特征中, 一种系统包括精确时间协议 (PTP) 模块和介质访问控制 (MAC) 模块。PTP 模块被配置用以响应于经由通信介质接收到经加密的帧而生成接收时间戳和标识符。PTP 模块还被配置用以存储接收时间戳和标识符, 并且输出经加密的帧和标识符。MAC 模块被配置用以通过对经加密的帧进行解密而生成经解密的帧, 并且在经解密的帧为 PTP 帧时输出该标识符。PTP 模块取得与接收自 MAC 模块的标识符相对应的接收时间戳, 并且将接收时间戳添加至经解密的帧。

[0010] 在另外的其他特征中,物理层 (PHY) 包括解析模块和时间戳记模块。解析模块被配置用以对经由通信介质接收到的帧的头部进行解析并且确定该帧是否为精确时间协议 (PTP) 帧,其中该帧是未加密的。时间戳记模块被配置用以响应于该帧为 PTP 帧而使用接收时间戳对该帧进行时间戳记。

[0011] 本公开内容的适用性的其他领域将从详细描述、权利要求书和附图中变得明晰。详细描述和具体示例仅仅是为了示例说明的目的,而并不是为了对本公开内容的范围作出限制。

#### 附图说明

[0012] 本公开内容将从详细描述和随附的附图中被更加充分地理解,在附图中:

[0013] 图 1 是一种网络设备的功能框图;

[0014] 图 2A 描绘了一个未加密的数据帧;

[0015] 图 2B 描绘了一个加密的数据帧;

[0016] 图 3 是一种实现精确时间协议 (PTP) 和介质访问控制 (MAC) 安全 (MACsec) 协议的网络设备的功能框图;

[0017] 图 4 是一种实现 PTP 和 MACsec 协议的网络设备的发送部分的功能框图;

[0018] 图 5 是一种实现 PTP 和 MACsec 协议的网络设备的接收部分的功能框图;

[0019] 图 6 是一种实现 PTP 并且选择性地实现 MACsec 协议的网络设备的功能框图;

[0020] 图 7 是一种用于发送经加密的 PTP 帧的方法的流程图;以及

[0021] 图 8 是一种用于接收经加密的 PTP 帧并且生成时刻 (time-of-the-day) 数据的方法的流程图。

#### 具体实施方式

[0022] 以下描述本质上仅是示例性的,并且决不旨在限制本公开内容及其应用或者使用。为了清楚起见,将在附图中使用相同的参考数字以标识相似的元件。如在此使用的,表述“A、B 和 C 中的至少一个”应当理解为使用非排除性逻辑“或”来表示逻辑上的 (A 或 B 或 C)。应当理解,在不改变本公开内容的原理的情况下,方法中的步骤可以按照不同的顺序执行。

[0023] 本文中所使用的术语“模块”可以指以下各项、作为以下各项的部分或者包括以下各项:专用集成电路 (ASIC)、电子电路、执行一个或多个软件或固件程序的 (共享的、专用的或成组的) 处理器和 / 或 (共享的、专用的或成组的) 存储器、组合逻辑电路,和 / 或提供上述功能性的其他合适的组件。

[0024] 网络设备可以交换定时信息,该定时信息包括用于对网络设备上的时刻信息进行同步的时刻数据。此外,网络设备可以利用定时信息来同步用于处理数据的内部时钟信号。

[0025] 网络设备可以使用精确时间协议 (PTP) 来交换定时信息。仅作为示例而言,网络设备可以使用通过引用整体并入本文的 IEEE 1588 标准中所公开的 PTP。具体而言,网络设备可以经由被指定为 PTP 帧的数据帧来交换定时信息。

[0026] 此外,网络设备可以使用介质访问控制 (MAC) 安全 (MACsec) 协议而安全地交换数据。仅作为示例而言,网络设备可以使用通过引用整体并入本文的 IEEE 802.1AE 标准中所

公开的 MACsec 协议。

[0027] 使用 MACsec 协议,发送方网络设备通常在传输之前对帧进行加密,而接收方网络设备在接收到该帧时对其进行解密。发送方和接收方网络设备可以交换用于对帧进行加密和解密的安全密钥、验证信息等。

[0028] 现在参考图 2A 和图 2B,其示出了纯文本(未加密)帧 150 和经加密的帧 160 的示例。经加密的帧 160 可以对应于未经加密的帧 150 的加密版本。在图 2A 中,仅作为示例而言,未经加密的帧 150 包括以下字段:目的地地址、源地址、以太网类型字段、净荷以及循环冗余校验(CRC)字段。以太网类型字段指示帧的类型。例如,以太网类型字段可以指示出未经加密的帧 150 为 PTP 帧。PTP 帧中的净荷包括 PTP 数据(例如,定时信息)。

[0029] 在图 2B 中,经加密的帧 160 包括以下字段:目的地地址、源地址、MACsec 头部、以太网类型字段、净荷、完整性校验值(ICV)字段以及 CRC 字段。MACsec 协议添加 MACsec 头部。MACsec 头部是未加密的。以太网类型字段和净荷在传输前被加密。

[0030] 现在参考图 3,网络设备 200 包括物理层(PHY)核 202、MACsec 核 204 和 PTP 核 206。PHY 核 202 和 MACsec 核 204 可以分别由 PHY 模块和 MAC 模块来实现。PTP 核 206 可以由 PTP 模块来实现。备选地,PTP 核 206 或者其中的部分可由 PHY 模块和 / 或 MAC 模块来实现。

[0031] PHY 核 202 将网络设备 200 接合至通信介质 108。PHY 核 202 经由通信介质 108 发送和接收数据帧。MACsec 核 204 可以实现 MACsec 协议。MACsec 核 204 对要发送的帧进行加密并对接收到的帧进行解密。PTP 核 206 可以实现 PTP 协议。PTP 核 206 在帧被发送和接收时对该帧进行时间戳记。

[0032] MACsec 核 204 和 PTP 核 206 可以经由介质无关接口(MII)总线 208 与 PHY 核 202 接合。仅作为示例而言,MII 总线 208 可以包括千兆 MII(GMII)总线或者 10GB XGMII 总线。在传输期间,PTP 核 206 检测 PHY 核 202 于何时经由 MII 总线 208 从 MACsec 核 204 接收到帧。在接收期间,PTP 核 206 检测 PHY 核 202 于何时从通信介质 108 接收到帧并将帧经由 MII 总线 208 输出至 MACsec 核 204。因此,PTP 核 206 可以对要发送的帧和接收到的帧进行时间戳记。

[0033] 由网络设备 200 的处理器(未示出)所执行的程序可以基于包括在接收到的 PTP 帧中的时间戳来生成时刻数据。例如,当发送方设备发送 PTP 帧时,发送方设备的 PTP 核向该 PTP 帧时间戳记上发送时间。该发送时间可以指示 PTP 帧被发送的大致时间。当接收方设备接收到 PTP 帧时,接收方设备的 PTP 核向该 PTP 帧时间戳记上接收时间。该接收时间可以指示 PTP 帧被接收到的大致时间。执行于接收方设备上的程序可以基于包括在该 PTP 帧中的发送和接收时间,而为接收方设备生成时刻数据。

[0034] 为了准确地生成时刻数据,PTP 核 206 应当恰于发送该 PTP 帧之前并恰于接收 PTP 帧之后对该 PTP 帧进行时间戳记。换言之,PTP 核 206 应当尽可能靠近通信介质 108 对 PTP 帧进行时间戳记。然而,当使用加密时,PTP 核 206 无法恰于发送经加密的帧之前并恰于接收经加密的帧之后知晓究竟哪些帧为 PTP 帧。由于指示一个帧是否为 PTP 帧的以太网类型字段是被加密的,因此 PTP 核 206 无法标识出 PTP 帧。相应地,PTP 核 206 无法恰于发送经加密的帧之前并恰于接收经加密的帧之后对 PTP 帧进行时间戳记。

[0035] 更具体而言,在接收期间,当接收到经加密的帧时,MACsec 核 204 首先对该经加密

的帧进行解密。MACsec 核 204 随后从经解密的帧中解析（解码）以太网类型头部，以确定所接收到的帧是否为 PTP 帧。只有在此之后，PTP 核 206 才能够对所接收到的帧进行时间戳记。然而，解密和解析延迟了时间戳记。时间戳记中的延迟可能导致时刻数据不准确。

[0036] 反之，在传输期间，PTP 核 206 首先对 PTP 帧进行时间戳记。MACsec 核 204 可于随后加密该 PTP 帧。此外，MACsec 核 204 可将经加密的帧存储在发送缓冲区中。根据发送缓冲区的大小，可将经加密的帧在传输前的一段延长时间内存储于发送缓冲区中。因此，在接收到帧时生成的时刻数据可能由于该帧在发送缓冲区中的延长存储所导致的延迟而不准确。

[0037] 针对这一问题的一种解决方案可以包括不加密地发送 PTP 信息并且加密地发送其余信息。但是，当 PTP 信息未被加密时，可能会牺牲安全性。相应地，这一解决方案并不理想。

[0038] 本公开内容涉及允许网络设备的 MACsec 核和 PTP 核在帧的传输和接收期间交换信息的系统和方法。信息交换允许在传输和接收期间对经加密的帧的时间戳记，从而使得时间戳密切对应于帧的实际传输和接收时间。相应地，可以基于时间戳来准确地生成时刻数据。

[0039] 现在参考图 4，其示出了根据本公开内容的网络设备 300 的发送部分。网络设备 300 包括 MAC 模块 302 和 PHY 模块 304。MAC 模块 302 和 PHY 模块 304 经由 MII 总线 208 进行通信，并分别实现 MACsec 协议和 PTP 协议。

[0040] MAC 模块 302 包括解析模块 306、标识模块 308、加密模块 310、发送缓冲区 312 以及消息传递模块 314。PHY 模块 304 包括时间戳记模块 316、帧检测模块 318 和发送模块 320。

[0041] 解析模块 306 接收要发送的帧。解析模块 306 解析（解码）该帧的以太网类型头部，并确定该帧是否为 PTP 帧。

[0042] 当该帧不是 PTP 帧时，解析模块 306 将该帧输出至加密模块 310。加密模块 310 对该帧进行加密，并将经加密的帧存储在发送缓冲区 312 中。发送缓冲区 312 将经加密的帧输出至发送模块 320。发送模块 320 发送该经加密的帧。

[0043] 当该帧是 PTP 帧时，解析模块 306 生成控制信号，该控制信号指示要发送的帧为 PTP 帧。解析模块 306 将该帧（即，PTP 帧）输出至加密模块 310。标识模块 308 在接收到控制信号时生成用于 PTP 帧的标识符。标识模块 308 将该标识符输出至加密模块 310 和消息传递模块 314。

[0044] 加密模块 310 对该帧进行加密，并将经加密的帧与标识符一同存储在发送缓冲区 312 中。消息传递模块 314 从标识模块 308 接收该标识符，并生成包含该标识符的消息。帧检测模块 318 接收该消息。

[0045] 发送缓冲区 312 将经加密的帧经由 MII 总线 208 输出至发送模块 320。帧检测模块 318 使用从消息传递模块 314 接收的消息中的标识符。使用该标识符，帧检测模块 318 检测发送缓冲区 312 所输出的经加密的帧中的哪个帧是 PTP 帧。帧检测模块 318 在发送缓冲区所输出的经加密的帧为 PTP 帧时，向时间戳记模块 316 输出控制信号。

[0046] 时间戳记模块 316 对被标识为 PTP 帧的经加密的帧进行时间戳记。时间戳记模块 316 可在发送模块 320 发送经加密的帧时对 PTP 帧进行时间戳记。发送模块 320 发送经时间戳记的 PTP 帧。因此，PTP 帧可以使用加密方式发送，并且可以恰于传输之前（即，马上

传输前) 进行时间戳记。

[0047] 现在参考图 5, 其示出了根据本公开内容的网络设备 400 的接收部分。网络设备 400 包括 PHY 模块 402、MAC 模块 404 和处理模块 406。PHY 模块 402 和 MAC 模块 404 经由 MII 总线 208 进行通信, 并分别实现 PTP 协议和 MACsec 协议。

[0048] PHY 模块 402 包括接收模块 408、时间戳记模块 410、时间戳 FIFO 412 以及标识模块 414。MAC 模块 404 包括解密模块 416、解析模块 418、接收缓冲区 420 以及消息传递模块 422。

[0049] 接收模块 408 接收经加密的帧, 并在接收到每个经加密的帧时生成控制信号。时间戳记模块 410 在接收到每个经加密的帧时生成时间戳, 并将时间戳存储在时间戳 FIFO 412 中。时间戳记模块 410 可以基于从接收模块 408 接收的控制信号来生成时间戳。

[0050] 标识模块 414 生成用于每个接收到的经加密的帧的标识符, 并将该标识符输出至接收模块 408。标识模块 414 基于从接收模块 408 接收的控制信号来生成标识符。时间戳记模块 410 针对每个接收到的经加密的帧, 将标识符与时间戳一同存储在时间戳 FIFO 412 中。

[0051] 接收模块 408 将标识符与接收到的经加密的帧相关联。接收模块 408 将经加密的帧和标识符输出至解密模块 416。解密模块 416 对接收到的经加密的帧进行解密, 并将经解密的帧与标识符一同输出至解析模块 418。解析模块 418 解析(解码)经解密的帧的以太网类型头部, 并确定经解密的帧是否为 PTP 帧。

[0052] 当经解密的帧不是 PTP 帧时, 解析模块 418 将经解密的帧输出至接收缓冲区 420。接收缓冲区 420 存储该经解密的帧, 并将该经解密的帧输出至处理模块 406 用于进行处理。

[0053] 当经解密的帧是 PTP 帧时, 解析模块 418 生成控制信号, 该控制信号指示出接收到的经加密的帧为 PTP 帧。该控制信号包括该 PTP 帧的标识符。消息传递模块 422 经由该控制信号接收 PTP 帧的标识符。消息传递模块 422 生成包含该标识符的消息。时间戳记模块 410 接收消息。

[0054] 时间戳记模块 410 使用消息中的标识符来定位存储于时间戳 FIFO 412 中的时间戳记。时间戳记模块 410 对在接收到与 PTP 帧相对应的经加密的帧时生成的时间戳记进行定位。时间戳记模块 410 将该时间戳输出至解析模块 418。解析模块 418 向 PTP 帧添加时间戳, 并向接收缓冲区 420 输出经时间戳记的 PTP 帧。

[0055] 因此, PTP 帧可使用加密的方式接收, 并且可以进行时间戳记, 从而使得时间戳反映出 PTP 帧被接收至接收模块 408 之中的实际时间。接收缓冲区 420 将经时间戳记的 PTP 帧输出至处理模块 406。处理模块 406 执行对经时间戳记的 PTP 帧进行处理的程序。处理模块 406 基于包括在 PTP 帧中的发送时间戳和接收时间戳, 为网络设备 400 生成准确的时刻数据。

[0056] 在一些实现方式中, 可以选择性地关闭加密(即, MACsec 协议)。相应地, 可以选择性地将 MAC 模块 302、404 和 PHY 模块 304、402 的部分断电, 直至再次开启加密。例如, 可以将加密模块 310 和解密模块 416 断电。另外, 可以动态地重新配置 PHY 模块 304、402。

[0057] 例如, PHY 模块 304 可以包括这样的解析模块: 该解析模块对要发送的未经加密的帧进行解析, 并且确定未经加密的帧是否为 PTP 帧。当未经加密的帧是 PTP 帧时, 时间戳记模块 316 恰于传输该未经加密的帧之前对其进行时间戳记。帧检测模块 318 可能是不必要



的,并且可以被断电直到开启加密为止。

[0058] 此外,PHY 模块 402 可以包括这样的解析模块:该解析模块对接收到的未经加密的帧进行解析,并且确定接收到的未经加密的帧是否为 PTP 帧。当接收到的未经加密的帧是 PTP 帧时,时间戳记模块 410 恰于接收到该未经加密的帧之后对其进行时间戳记。由于存储每个接收到的帧的时间戳在开启加密之前可能是不必要的,因此可以减小时间戳 FIFO 412 的大小。另外,标识模块 414 可能是不必要的,并且可以被断电直到开启加密为止。

[0059] 因此,可以在 PHY 模块 304、402 中配置解析模块,以便于动态地开启或关闭加密。MAC 模块 302、404(下文中的 MAC 模块)可以动态地开启或关闭加密。MAC 模块可以在网络设备 300、400 的 PHY 模块和 MAC 模块中的所选模块在加密关闭时不被使用的情况下将所选模块断电。MAC 模块可以在再次开启加密时对所选模块加电。

[0060] MAC 模块可以将包括于 PHY 模块 304、402 之中的解析模块断电,以在开启加密时解析未经加密的帧。MAC 模块可以在关闭加密时减小时间戳 FIFO 412 的大小,并在开启加密时恢复该大小。在一些实现方式中,网络设备 300、400 的电源管理模块(未示出)可以执行加电和断电操作。

[0061] 现在参考图 6,网络设备 500 包括 PHY 模块 502、MAC 模块 504 和处理模块 406。PHY 模块 502 和 MAC 模块 504 经由 MII 总线 208 进行通信。PHY 模块 502 实现 PTP 协议,并且包括发送/接收模块 506、解析模块 508 和时间戳记模块 510。发送/接收模块 506 可以包括收发器模块。MAC 模块 504 可以实现 MACsec 协议,并且可以选择性地开启或关闭 MACsec 协议。MAC 模块 504 可以开启或关闭加密,并且可以执行上述加电和断电操作。

[0062] 当加密被关闭时,在传输期间,MAC 模块 504 将未经加密的帧经由 MII 总线 208 输出至 PHY 模块 502。解析模块 508 对每个未经加密的帧的以太网类型头部进行解析,并且确定未经加密的帧是否为 PTP 帧。当未经加密的帧是 PTP 帧时,时间戳记模块 510 恰于传输未经加密的帧之前对其进行时间戳记。发送/接收模块 506 传输经时间戳记的 PTP 帧。

[0063] 此外,当发送/接收模块 506 接收到未经加密的帧时,解析模块 508 对每个接收到的未经加密的帧的以太网类型头部进行解析。解析模块 508 确定接收到的未经加密的帧是否为 PTP 帧。当接收到的未经加密的帧是 PTP 帧时,时间戳记模块 510 恰于接收该未经加密的帧之后对其进行时间戳记。经时间戳记的 PTP 帧继而转发至 MAC 模块 504 和/或处理模块 406 用于进行处理。处理模块 406 基于包括于 PTP 帧之中的发送和接收时间戳,为网络设备 500 生成时刻数据。

[0064] 本公开内容中描述的系统可以集成在片上系统之中。此外,一些包括于 PHY 模块中的模块可以替代地被包括在 MAC 模块之中,并且反之亦然。另外,PHY 模块和/或 MAC 模块中的多个模块可以合并成单个模块。

[0065] 现在参考图 7,其示出了一种根据本公开内容的、用于发送经加密的 PTP 帧的方法 600。控制于步骤 602 中开始。在步骤 604 中,控制对要发送的帧进行解析。控制在步骤 606 中确定该帧是否为 PTP 帧。

[0066] 当步骤 606 的结果为真时,控制在步骤 608 中生成用于 PTP 帧的标识符。控制在步骤 610 中生成包含该标识符的消息。在步骤 612 中,控制对 PTP 帧进行加密,并将该经加密的 PTP 帧与标识符一同存储在发送缓冲区中。控制在步骤 614 中从发送缓冲区输出经加密的帧。

[0067] 在步骤 616 中,控制使用来自该消息的标识符,并且从发送缓冲区的输出中检测经加密的 PTP 帧。在步骤 618 中,控制恰于传输经加密的 PTP 帧之前其进行时间戳记。控制在步骤 620 中发送经时间戳记并经加密的 PTP 帧。当步骤 606 的结果为“否”时,控制在步骤 622 中加密、存储并发送该帧。在步骤 620 或步骤 622 结束时,控制终止于步骤 624。

[0068] 现在参考图 8,其示出了一种根据本公开内容的、用于接收经加密的 PTP 帧的方法 700。控制于步骤 702 开始。控制在步骤 704 中接收经加密的帧。在步骤 706 中,控制为每个接收到的经加密的帧生成并存储时间戳。在步骤 708 中,控制为每个接收到的经加密的帧生成标识符,并将该标识符与经加密的帧的相应时间戳一同存储。

[0069] 在步骤 710 中,控制将标识符与相应的接收到的经加密的帧相关联。控制在步骤 712 中对接收到的经加密的帧进行解密。控制在步骤 714 中对经解密的帧进行解析。控制在步骤 716 中确定经解密的帧是否为 PTP 帧。

[0070] 当步骤 716 的结果为“是”时,控制在步骤 718 中生成包含经解密的帧(即, PTP 帧)的标识符的消息。在步骤 720 中,使用标识符,控制定位在接收到与 PTP 帧相对应的经加密的帧时存储的时间戳,并将该时间戳添加至 PTP 帧。

[0071] 在步骤 722 中,控制对在发送和接收 PTP 帧时被包括在 PTP 帧中的时间戳进行处理,并生成时刻数据。当步骤 716 的结果为“否”时,控制在步骤 724 中对经解密的帧进行常规处理。在步骤 722 或 724 结束时,控制终止于步骤 726。

[0072] 在整个本公开内容中仅仅为了举例而使用了经加密的帧。但是,本公开内容的教导也可以适用于未经加密的帧。

[0073] 本公开内容的广泛教导可以用各种形式来实现。因此,尽管本公开内容包括特定示例,但本公开内容的真正范围不应限制于此,因为研究附图、说明书以及所附权利要求书后其他修改将变得明显。

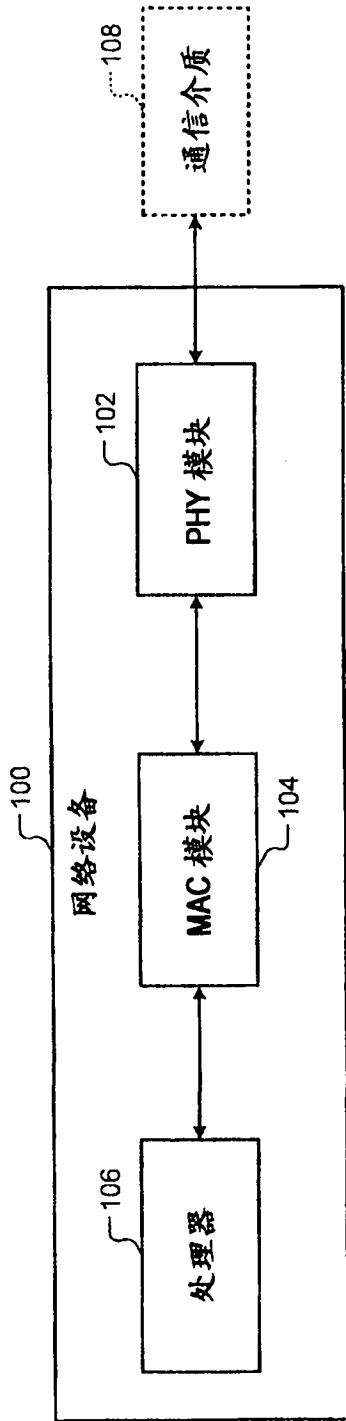


图 1

现有技术

目的地址
源地址
以太网类型
净荷
CRC

150

图 2A

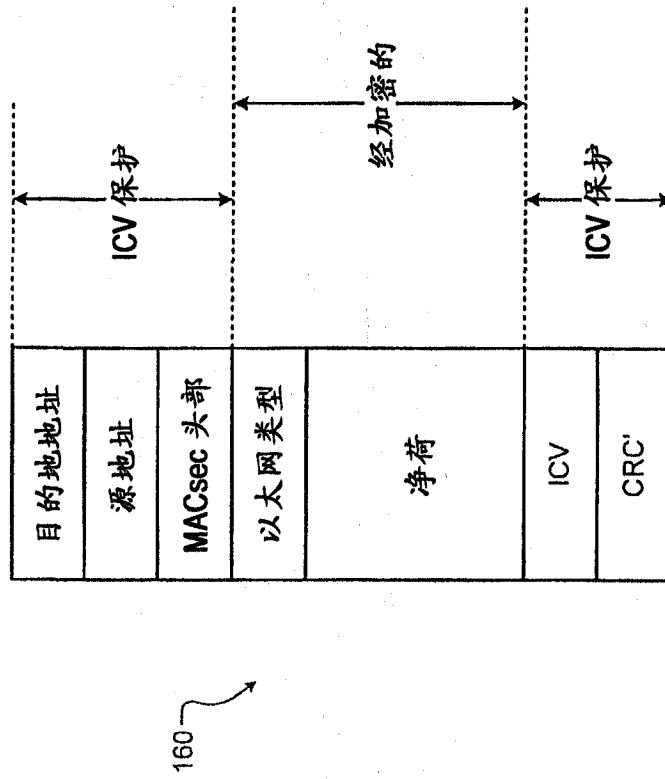


图 2B

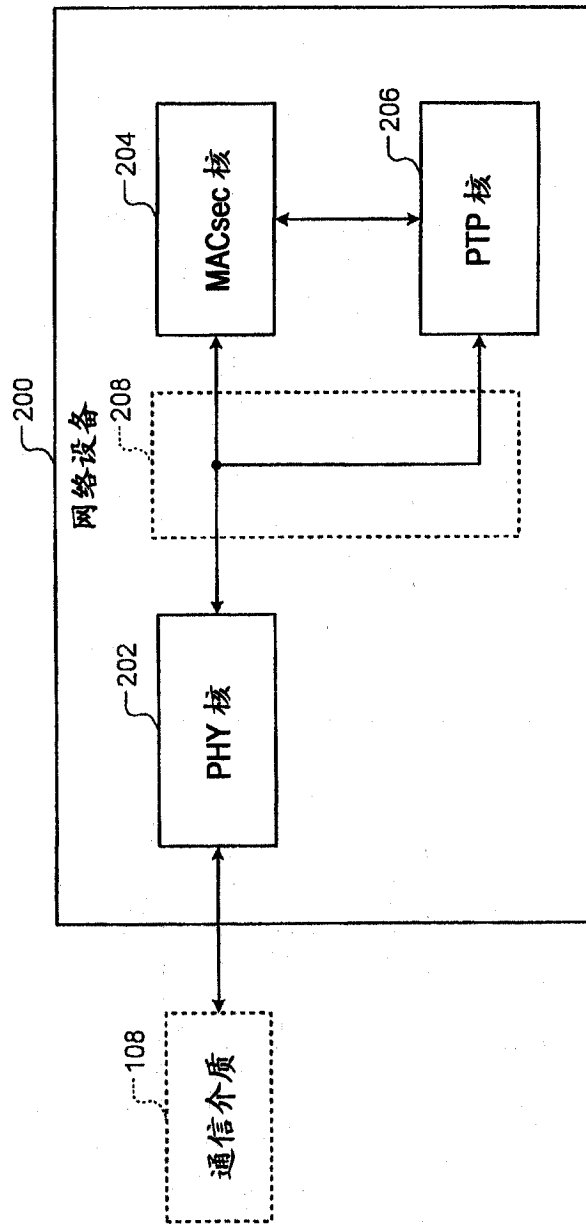


图 3

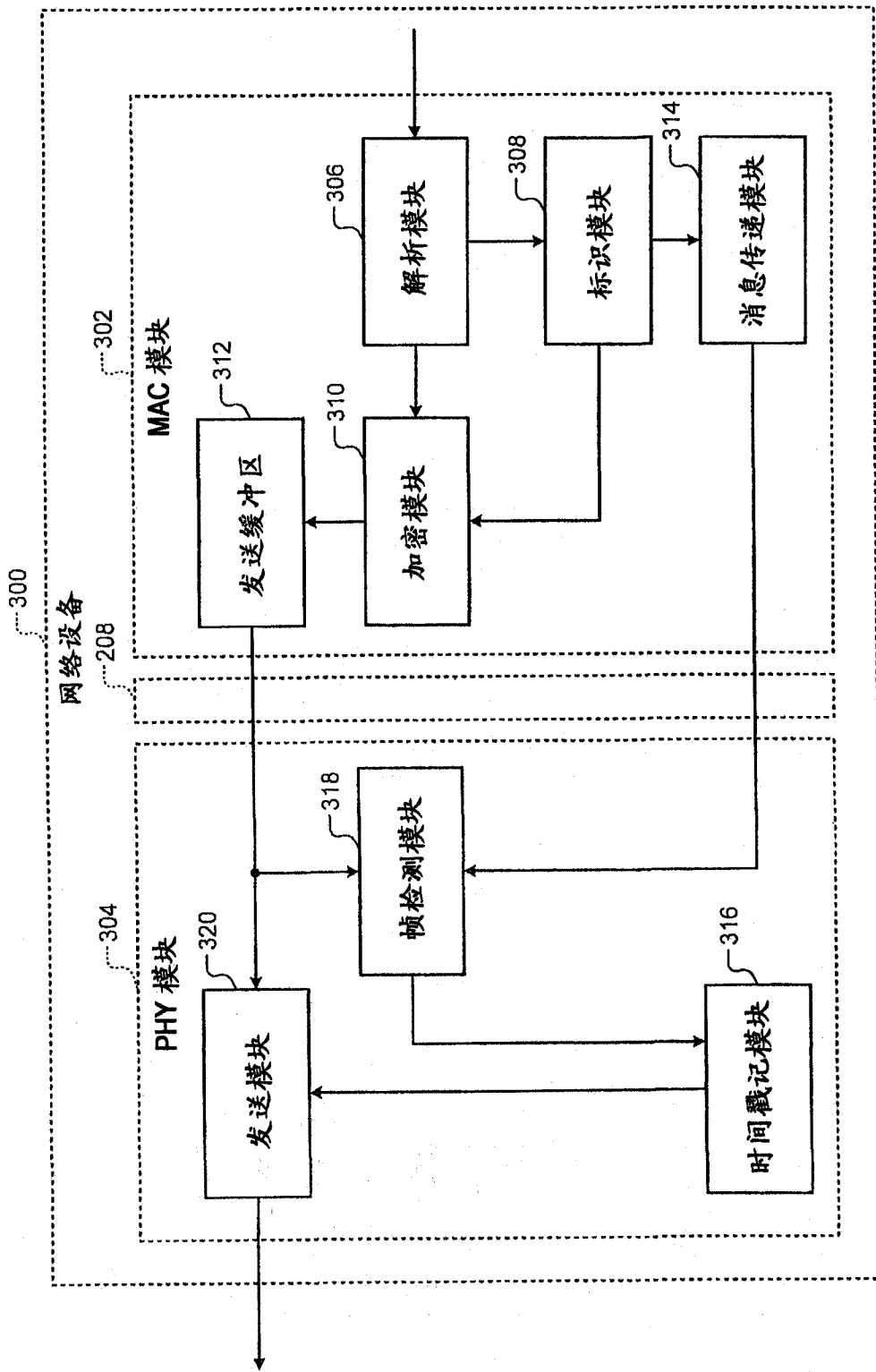


图 4

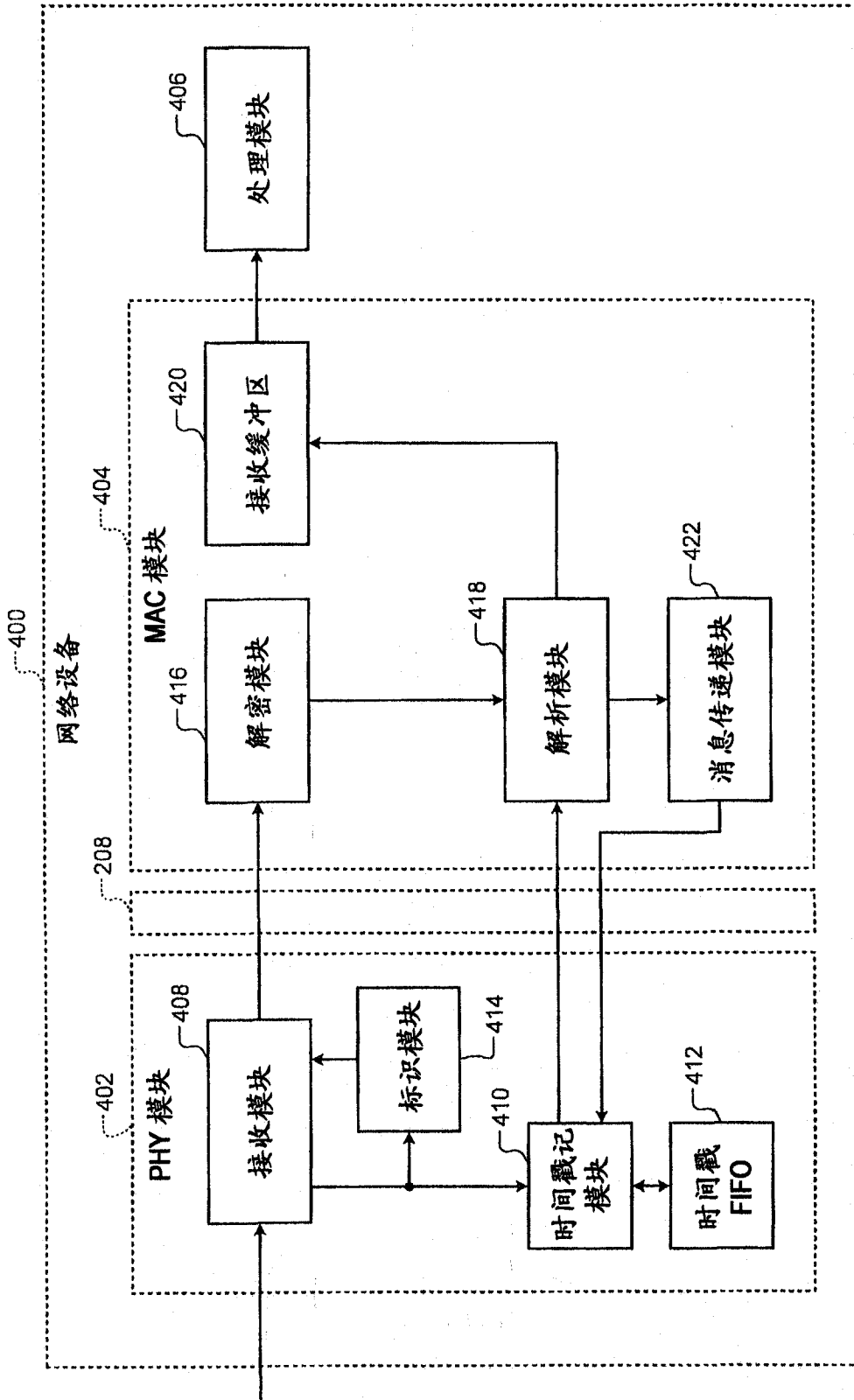


图 5

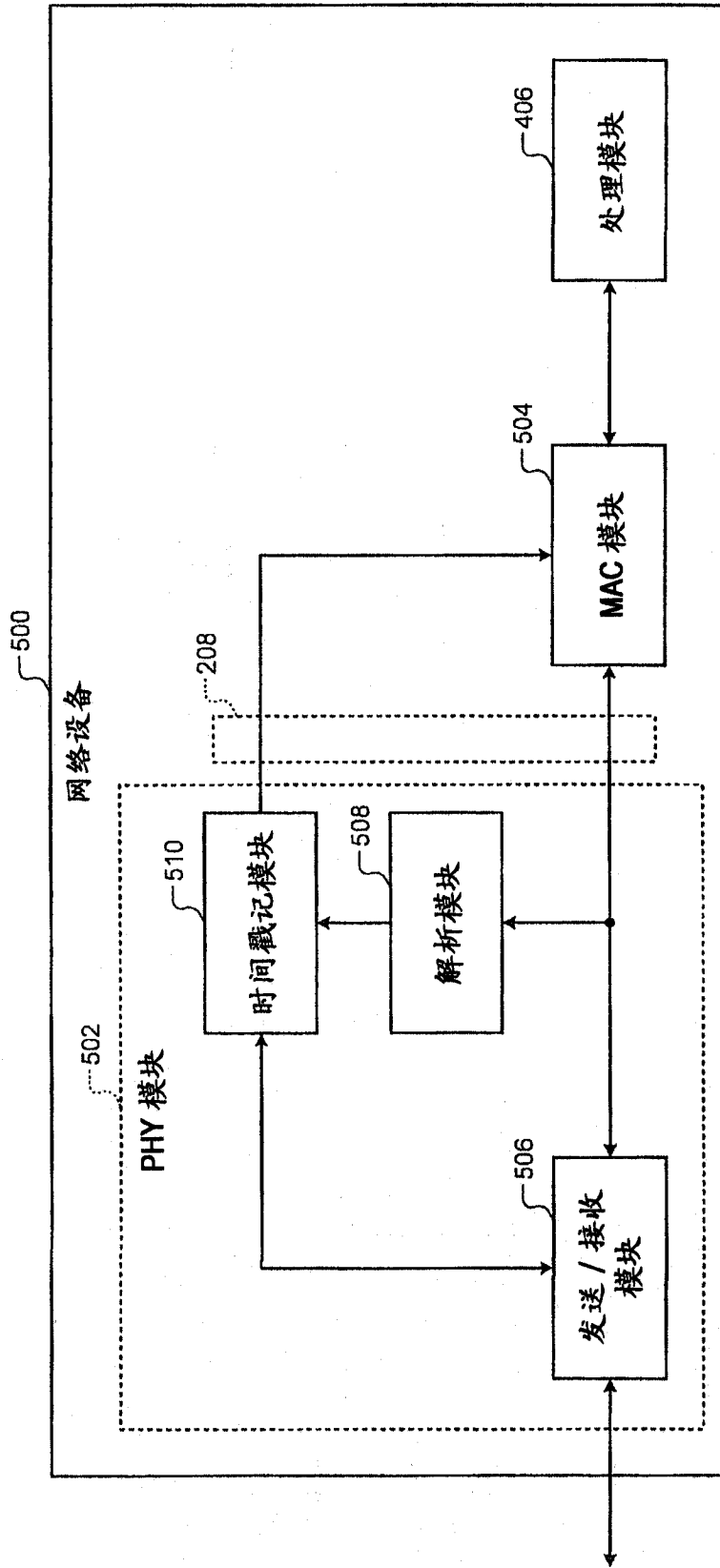


图 6



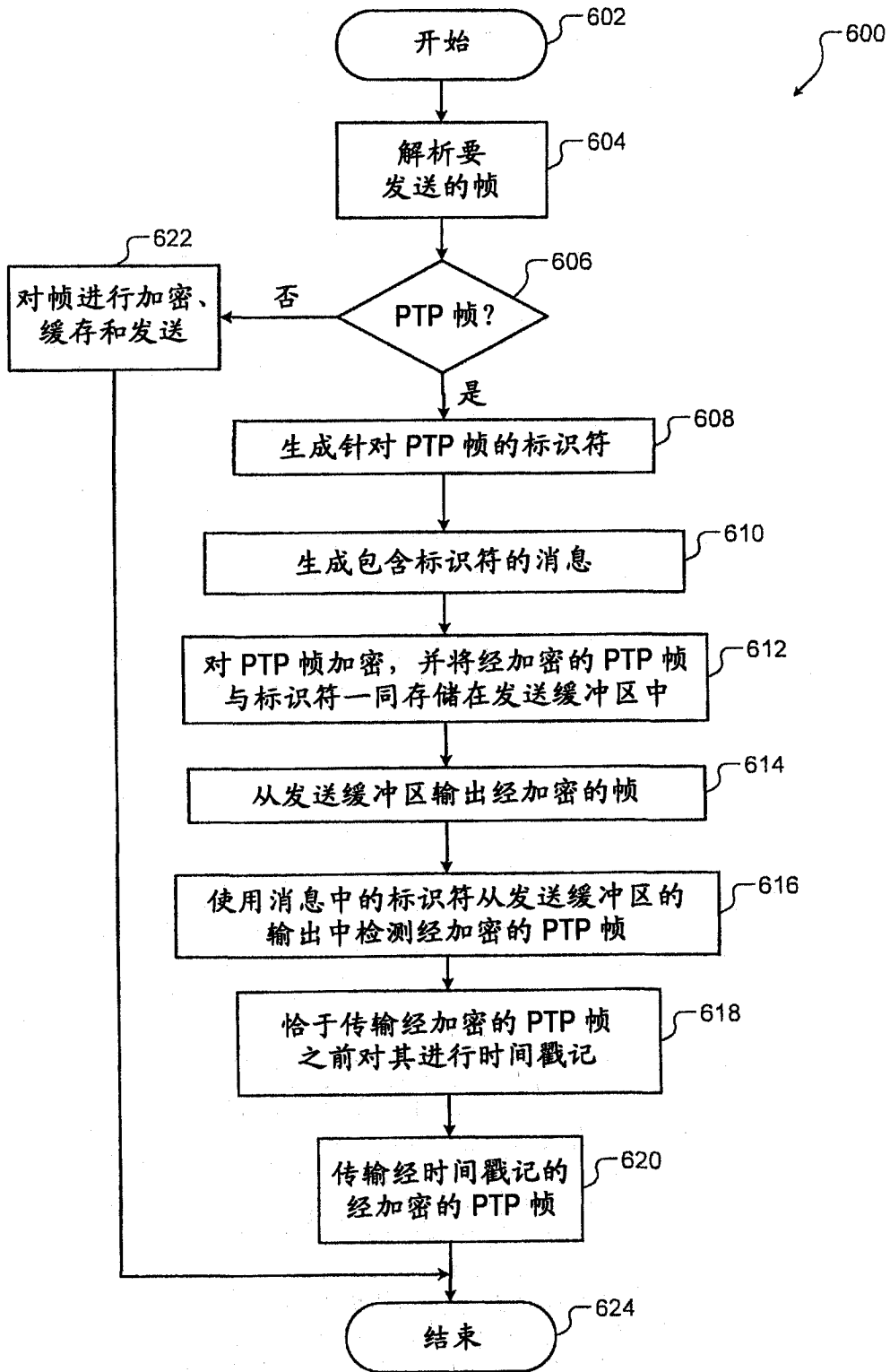


图 7

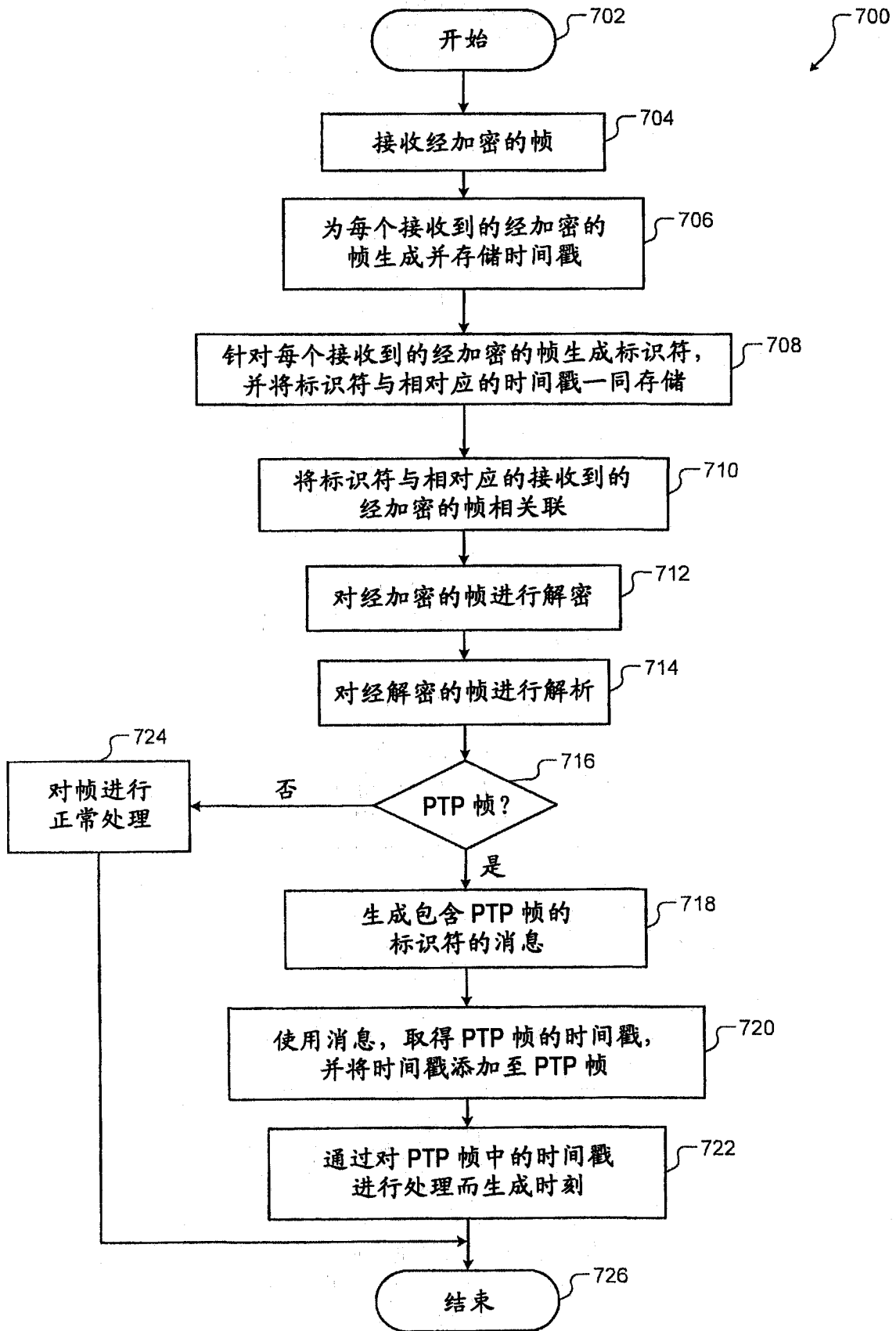


图 8