



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 117 900.1**

(51) Int Cl.: **H04L 69/28 (2022.01)**

(22) Anmeldetag: **18.07.2022**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2023**

(30) Unionspriorität:
17/411,970 **25.08.2021** **US**

(71) Anmelder:
Siemens Canada Limited, Oakville, Ontario, CA

(74) Vertreter:
**isarpateent - Patent- und Rechtsanwälte Barth
Charles Hassa Peckmann & Partner mbB, 80801
München, DE**

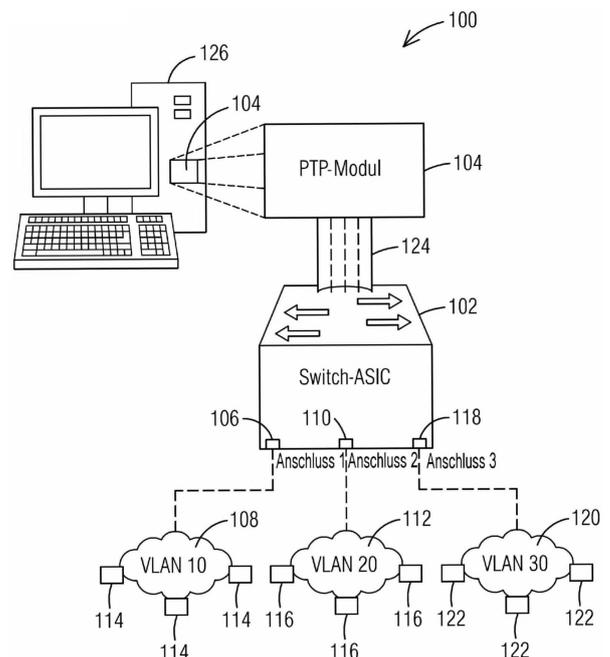
(72) Erfinder:
**Pustynnik, Michael, Toronto, Ontario, CA;
Shanmugam, Vignesh, Brampton, Ontario, CA;
Umasuthan, Vivekanandan, Newmarket, Ontario,
CA**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **TRANSPARENTE UHR IM PTP MIT VLAN-ÜBERGREIFENDER WEITERLEITUNG**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird eine transparente Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) für die VLAN-übergreifende Weiterleitung, die einen Schicht-2-Switch und ein PTP-Modul umfasst. Der Switch enthält einen ersten Anschluss, der einem ersten VLAN zugeordnet ist, und einen zweiten Anschluss, der einem zweiten VLAN zugeordnet ist. Der Switch erkennt einen PTP-Frame am ersten Anschluss und das PTP-Modul empfängt den PTP-Frame. Der Switch leitet den PTP-Frame als Reaktion darauf an den zweiten Anschluss weiter, dass das PTP-Modul bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. In einer weiteren Ausführungsform enthält der Switch einen ternären inhaltsadressierbaren Speicher („TCAM“), und das PTP-Modul konfiguriert den TCAM so, dass er Weiterleitungsregeln enthält. Der Schicht-2-Switch leitet den PTP-Frame an den zweiten Anschluss weiter als Reaktion auf die Identifizierung einer jeweiligen Weiterleitungsregel, die der Weiterleitung des PTP-Frames zugeordnet ist.



Beschreibung

ERFINDUNGSBEREICH

[0001] Diese Anwendung bezieht sich auf den Bereich der Präzisionszeitprotokoll-fähigen (Precision Time Protocol, PTP) Netzvorrichtungen und insbesondere auf eine transparente Uhr im PTP (PTP Transparent Clock) zur Weiterleitung von Präzisionszeitprotokoll-Nachrichten zwischen virtuellen lokalen Netzen.

STAND DER TECHNIK

[0002] Komponenten eines Netzes können ihre Uhren durch ein Zeitsynchronisationsprotokoll synchronisieren, um die betriebliche Effizienz zu fördern. Beispiele für Zeitsynchronisationsprotokolle enthalten das Simple Network Time Protocol, das Network Time Protocol und das Precision Time Protocol („PTP“). Insbesondere PTP ist ein hochpräziser Synchronisationsmechanismus des Standards IEEE 1588, der für bestimmte industrielle/kommerzielle Steuerungs-, Mess- und Automatisierungsanwendungen eingesetzt wird. Beispiele für solche Anwendungen enthalten Energiesteuerung und -erzeugung, Fertigung, Banktransaktionen, Prüfmessung und -steuerung sowie Robotersteuersysteme.

[0003] PTP ist ein paketbasiertes Zeitsynchronisationsprotokoll, das den Mechanismus beschreibt, wie Zeit über ein paketbasiertes Netz verteilt sein kann. PTP verwendet den Best Master Clock Algorithm („BMCA“), der lokal auf jedem Anschluss einer Netzvorrichtung kontinuierlich läuft, um den PTP-Status (Master/Slave) jedes teilnehmenden Anschlusses zu berechnen und den PTP-Vorrichtungen zu helfen, die beste Master-Uhr (Master Clock) für den Empfang der Zeit zu finden. Auf diese Weise nutzen PTP-Vorrichtungen PTP, um die Master-Slave-Hierarchie für die Synchronisierung automatisch zu bestimmen.

[0004] PTP definiert PTP-fähige Netzvorrichtungen dahingehend, dass diese eine sog. Grenzuhr (Boundary Clock, „BC“) und eine sog. transparente Uhr (Transparent Clock, „TC“) enthalten. Die TC ist eine einfache und daher kostengünstige Vorrichtung, die im Allgemeinen keine PTP-Nachrichten erzeugt oder beendet, nicht am BMCA teilnimmt und lediglich PTP-Nachrichten an andere Netzsegmente weiterleitet, wobei lediglich Informationen über die für den Weiterleitungsprozess benötigte Zeit hinzugefügt werden. Die BC ist eine anspruchsvollere und daher teurere Vorrichtung, die bei der Verbindung von Netzsegmenten untereinander als PTP-„Proxy“ fungiert. Die BC nimmt am BMCA teil, verfügt in ihrer Hardware-Ausgestaltung über lokale Zeitsynchronisationsbeschaltung, synchronisiert ihre lokale Zeit aus PTP-Nachrichten, die sie von dem Netzsegment

empfangt, in dem sich der PTP-Master befindet, und fungiert gegenüber anderen Netzsegmenten als PTP-Master.

[0005] Ein virtuelles lokales Netz (Virtual Local Area Network, „VLAN“) ist eine Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten, die miteinander kommunizieren, als wären sie mit demselben Bus oder Hub verbunden, obwohl sie physisch mit einem oder mehreren LAN-Segmenten verbunden sind. Technisch gesehen ist ein Segment vom Rest des LAN durch eine Brücke, einen Router oder einen Switch getrennt und wird normalerweise für eine bestimmte Abteilung verwendet. Wenn eine Workstation Pakete sendet, erreichen sie alle anderen Workstations innerhalb des VLAN, aber keine außerhalb des VLAN.

[0006] In vielen Anwendungen soll sich PTP über das gesamte LAN erstrecken, unabhängig von seiner Segmentierung durch VLANs. Dies könnte durch die Zuweisung eines speziellen VLAN für PTP erreicht werden, das sich über das gesamte LAN erstreckt, oder durch die Verwendung von PTP-Netzvorrichtungen, die PTP-Nachrichten zwischen VLANs weiterleiten. Ein spezielles VLAN für PTP, das sich über das gesamte LAN erstreckt, wird nicht bevorzugt, da die Netzverwaltung komplizierter wäre. Daher werden PTP-Netzvorrichtungen, die PTP-Nachrichten zwischen VLANs weiterleiten, bevorzugt. Wie bereits erwähnt, fungiert eine BC als Proxy zwischen den Netzsegmenten, die sie untereinander verbindet, und ist daher in der Lage, PTP-Nachrichten zwischen VLANs weiterzuleiten. Aufgrund der höheren Kosten einer BC ist die Verwendung von BCs als Schicht-2-Netzvorrichtungen jedoch kein kosteneffektiver Ansatz für den Aufbau eines LANs.

[0007] Obwohl der PTP-Standard nicht explizit Weiterleitungsregeln für die TC definiert, ist das De-facto-Standardverhalten solcher Vorrichtungen die Anwendung der Weiterleitungsregeln eines Schicht-2-Switches wie in IEEE 802.1D/Q standardisiert. Da ein Schicht-2-Switch niemals Pakete zwischen VLANs weiterleitet, ist die TC wie im IEEE-Standard definiert nicht in der Lage, PTP-Nachrichten zwischen VLANs weiterzuleiten. Daher ist es schwierig, ein LAN mit durchgängiger PTP-Synchronisation auszugestalten, das kostengünstig ist.

KURZFASSUNG

[0008] Gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung wird ein Ansatz mit transparenter Uhr („TC“) für die VLAN-übergreifende Weiterleitung von Präzisionszeitprotokoll („PTP“)-Nachrichten bereitgestellt. Die TC ist eine einfache Vorrichtung, die die Verweilzeit, die beim Durchlauf durch einen Switch verbracht wird, misst, die Verweilzeit zu einem Korrekturfeld

einer PTP-Nachricht hinzufügt und PTP-Nachrichten an andere Netzsegmente weiterleitet. Schicht-2-Switch-Weiterleitungsregeln ermöglichen die Weiterleitung von PTP-Nachrichten zwischen VLANs.

[0009] Ein Aspekt ist eine transparente Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) zum VLAN-übergreifenden Weiterleiten, die einen Schicht-2-Switch und ein PTP-Modul, das mit dem Schicht-2-Switch kommuniziert, umfasst. Der Schicht-2-Switch enthält einen ersten Anschluss, der einem ersten VLAN zugeordnet ist, und einen zweiten Anschluss, der einem zweiten VLAN zugeordnet ist, wobei sich das zweite VLAN von dem ersten VLAN unterscheidet. Der Schicht-2-Switch erkennt einen PTP-Frame am ersten Anschluss, und die PTP-Module empfangen den PTP-Frame von dem Schicht-2-Switch als Reaktion auf die Erkennung des PTP-Frames am ersten Anschluss. Das PTP-Modul bestimmt, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. Der Schicht-2-Switch leitet den PTP-Frame an den zweiten Anschluss als Reaktion darauf weiter, dass das PTP-Modul bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist.

[0010] Ein weiterer Aspekt ist ein Verfahren einer transparenten Uhr im PTP für die VLAN-übergreifende Weiterleitung. Ein PTP-Frame wird an einem ersten Anschluss eines Schicht-2-Switches erkannt, wobei der erste Anschluss einem ersten VLAN zugeordnet ist. Der PTP-Frame wird an einem PTP-Modul als Reaktion auf die Erkennung des PTP-Frames am ersten Anschluss empfangen. Das PTP-Modul bestimmt, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. Der PTP-Frame wird als Reaktion auf die Bestimmung, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, an einen zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches weitergeleitet, wobei der zweite Anschluss einem zweiten VLAN zugeordnet ist, das sich vom ersten VLAN unterscheidet.

[0011] Ein noch weiterer Aspekt ist eine transparente Uhr im PTP für eine VLAN-übergreifende Weiterleitung, die einen Schicht-2-Switch einschließlich eines ternären inhaltsadressierbaren Speichers (Ternary Content-Addressable Memory, „TCAM“) und ein PTP-Modul, das mit dem Schicht-2-Switch kommuniziert, umfasst. Der Schicht-2-Switch enthält auch einen ersten Anschluss, der einem ersten VLAN zugeordnet ist, und einen zweiten Anschluss, der einem zweiten VLAN zugeordnet ist, wobei sich das zweite VLAN von dem ersten VLAN unterscheidet. Das PTP-Modul konfiguriert die Weiterleitungsregeln des TCAM des Schicht-2-Switches. Der Schicht-2-Switch erkennt einen PTP-Frame am ersten Anschluss und identifiziert eine jeweilige Weiterleitungsregel der Weiterleitungsregeln des TCAM, die der Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches zugeordnet ist. Der Schicht-2-Switch leitet als Reaktion auf die Identifizierung

der jeweiligen Weiterleitungsregel des TCAM den PTP-Frame an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches weiter.

[0012] Ein noch weiterer Aspekt ist ein Verfahren einer transparenten Uhr im PTP für die VLAN-übergreifende Weiterleitung. Die Weiterleitungsregeln eines ternären inhaltsadressierbaren Speichers („TCAM“) eines Schicht-2-Switches werden durch ein PTP-Modul konfiguriert. Ein PTP-Frame wird an einem ersten Anschluss des Schicht-2-Switches erkannt, wobei der erste Anschluss einem ersten VLAN zugeordnet ist. Der Schicht-2-Switch identifiziert eine jeweilige Weiterleitungsregel der Weiterleitungsregeln des TCAM, die der Weiterleitung des PTP-Frames an einen zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches zugeordnet ist, wobei der zweite Anschluss einem zweiten VLAN zugeordnet ist, das sich vom ersten VLAN unterscheidet. Der PTP-Frame wird als Reaktion auf die Identifizierung der jeweiligen Weiterleitungsregel des TCAM an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches weitergeleitet.

[0013] Die oben beschriebenen Merkmale und Vorteile, sowie andere, werden durch Bezugnahme auf die folgende detaillierte Beschreibung und die begleitenden Zeichnungen für den Durchschnittsfachmann leichter ersichtlich werden. Obwohl es wünschenswert wäre, eines oder mehrere dieser oder anderer vorteilhafter Merkmale bereitzustellen, erstrecken sich die hierin offenbarten Lehren auf diejenigen Ausführungsformen, die in den Schutzbereich der angefügten Ansprüche fallen, unabhängig davon, ob sie einen oder mehrere der oben erwähnten Vorteile erzielen.

Figurenliste

[0014] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Offenbarung und ihrer Vorteile wird nun auf die folgenden Beschreibungen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen, in denen gleiche Nummern gleiche Objekte bezeichnen, Bezug genommen.

Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm einer beispielhaften Implementierung einer transparenten Uhr im PTP, die betreibbar ist, um die hierin beschriebenen Techniken anzuwenden.

Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm, das eine beispielhafte Implementierung eines Betriebs der transparenten Uhr im PTP von **Fig. 1** zeigt.

Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm einer beispielhaften Implementierung einer weiteren transparenten Uhr im PTP, die betreibbar ist, um die hierin beschriebenen Techniken anzuwenden.

Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm, das eine beispielhafte Implementierung eines Betriebs der transparenten Uhr im PTP von **Fig. 3** zeigt.

Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, das eine beispielhafte Implementierung von Vorrichtungskomponenten der transparenten Uhr im PTP aus **Fig. 1** und/oder **Fig. 3** zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0015] Verschiedene Technologien, die Systeme und Verfahren betreffen, die die VLAN-übergreifende Weiterleitung von Präzisionszeitprotokoll („PTP“)-Nachrichten durch eine transparente Uhr („TC“) erleichtern, werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei gleiche Bezugszeichen durchgehend gleiche Elemente darstellen. Die nachstehend erörterten Zeichnungen und die verschiedenen Ausführungsformen, die zur Beschreibung der Grundsätze der vorliegenden Offenbarung in dieser Patentschrift verwendet werden, dienen nur der Veranschaulichung und sind in keiner Weise als Einschränkung des Schutzbereichs der Offenbarung zu verstehen. Der Fachmann wird verstehen, dass die Grundsätze der vorliegenden Offenbarung in jeglichem geeignet angeordnetem Gerät implementiert werden können. Es versteht sich, dass eine Funktionalität, die als von bestimmten Systemelementen vorgenommen beschrieben wird, von mehreren Elementen durchgeführt werden kann. In ähnlicher Weise kann beispielsweise ein Element dazu konfiguriert sein, eine Funktionalität auszuführen, die als von mehreren Elementen vorgenommen beschrieben wird. Die zahlreichen innovativen Lehren der vorliegenden Anmeldung werden unter Bezugnahme auf beispielhafte, nicht einschränkende Ausführungsformen beschrieben.

[0016] Die transparente Uhr im PTP erweitert und konfiguriert einen Standard-Schicht-2-Switch, sodass er Weiterleitungsregeln enthält, damit die transparente Uhr im PTP PTP-Nachrichten zwischen VLANs weiterleiten kann. Die Konfigurationen der transparenten Uhr im PTP enthalten modulgesteuerte Weiterleitung und switchgesteuerte Weiterleitung.

[0017] Mit Bezug auf **Fig. 1** ist ein schematisches Diagramm einer beispielhaften Implementierung einer modulgesteuerten Weiterleitung für eine transparente Uhr im PTP 100 gezeigt. Für die VLAN-übergreifende Weiterleitung enthält ein System 100 einer transparenten Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) einen Schicht-2-Switch 102 und ein PTP-Modul 104. Der Schicht-2-Switch 102 ist ein PTP-konformer Netz-Switch mit mehreren Schichten, die aus dem OSI(Open System Interconnect)-Modell übernommen sind, einschließlich einer physikalischen Schicht („Schicht 1“), die eine Hardware-Zeitstempelung bereitstellt, und einer Daten-

übertragungsschicht („Schicht 2“), die eine Latenz- und andere Zeitverwaltung auf der Grundlage der Hardware-Zeitstempelung bereitstellt. Zum Beispiel kann der Schicht-2-Switch die PTP-Nachricht so modifizieren, dass sie einen Zeitstempel für die mit dem Durchlauf durch den Schicht-2-Switch verbrachten Zeit enthält. In einigen Ausführungsformen ist der Schicht-2-Switch 102 eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung („ASIC“).

[0018] Die transparente Uhr enthält den Schicht-2-Switch 102 und leitet ohne das PTP-Modul 104 keine PTP-Nachrichten zwischen VLANs weiter. Der Schicht-2-Switch 102 selbst führt keine Operationen jeglicher Art aus, die höheren Schichten als Schicht 2 zugeordnet sind, wie etwa eine der Schicht 3 zugeordnete Routing-Funktion. Im Gegensatz zu einem Schicht-2-Switch 102 ist ein Schicht-3-Switch, der nicht in den Schutzbereich dieser Offenbarung fällt, ein PTP-konformer Netz-Switch, der zusätzlich zum Switchen auch Routing-Funktionen durchführen kann.

[0019] Der Schicht-2-Switch 102 enthält einen ersten Anschluss 106, der einem ersten virtuellen lokalen Netz („VLAN“) 108 zugeordnet ist, und einen zweiten Anschluss 110, der einem zweiten VLAN 112 zugeordnet ist, wobei sich das zweite VLAN von dem ersten VLAN unterscheidet. Das erste VLAN 108 enthält eine erste Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten 114, die innerhalb des ersten VLAN miteinander verbunden sind und kommunizieren, und das zweite VLAN 112 enthält eine zweite Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten 116, die innerhalb des zweiten VLAN miteinander verbunden sind und kommunizieren. In einigen Ausführungsformen kann der Schicht-2-Switch 102 zusätzlich zu dem ersten und zweiten Anschluss 106, 110 weitere Anschlüsse enthalten. Zum Beispiel leitet der Schicht-2-Switch den PTP-Frame an einen dritten Anschluss 118 weiter, der einem dritten VLAN 120 zugeordnet ist, wobei sich das dritte VLAN von dem ersten und zweiten VLAN 108, 112 unterscheidet. Ähnlich wie bei dem ersten und zweiten VLAN 108, 112 enthält das dritte VLAN 120 eine dritte Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten 122, die innerhalb des dritten VLAN miteinander verbunden sind und kommunizieren.

[0020] Um PTP-Frames zwischen VLANs weiterzuleiten, besitzt der Schicht-2-Switch 102 eine Fähigkeit, PTP-Frames abzufangen und zur Verarbeitung an das PTP-Modul 104 weiterzuleiten. Auch besitzt das PTP-Modul 104 eine Fähigkeit, die PTP-Frames aus bestimmten Anschlüssen auf bestimmten VLANs auf der Grundlage vorkonfigurierter Regeln zu analysieren und weiterzuleiten. Das PTP-Modul 104 kommuniziert mit dem Schicht-2-Switch 102 über eine Software- und/oder Hardware-Verknüpfung.

fung 124. Zum Beispiel können das PTP-Modul 104 und mindestens ein Abschnitt des Schicht-2-Switches 102 in einem einzigen Prozessor oder in mehreren Prozessoren untergebracht sein.

[0021] Wie oben erwähnt, enthält die transparente Uhr den Schicht-2-Switch 102 und ist kein Router und besitzt daher nicht die Fähigkeit, Pakete, einschließlich PTP-Nachrichten, zwischen VLANs ohne das PTP-Modul 104 weiterzuleiten. Im Gegensatz zu einem Switch, der Pakete in Hardware weiterleitet, fängt die Koordination von Schicht-2-Switch 102 und PTP-Modul 104 PTP-Nachrichten an das PTP-Modul ab und kann das Weiterleiten durch eine konfigurierbare Einheit, die Software enthält, veranlassen, um die volle Flexibilität bei den Weiterleitungsregeln bereitzustellen.

[0022] Das PTP-Modul 104 stellt dem Schicht-2-Switch 102 diese Fähigkeit zur Verfügung, indem es einen PTP-Frame vom Schicht-2-Switch empfängt und bestimmt, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. Das PTP-Modul 104 kann auf der Grundlage eines Frametyps oder anderer dem PTP-Frame zugeordneter Identifizierungsdaten bestimmen, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. In einer Ausführungsform bestimmt das PTP-Modul 104, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, indem es den PTP-Frame als PTP-Announce-Frame identifiziert. In einer weiteren Ausführungsform bestimmt das PTP-Modul 104, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, indem es den PTP-Frame als PTP-Sync-Frame identifiziert. In einer noch weiteren Ausführungsform bestimmt das PTP-Modul 104, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, indem es den PTP-Frame als PTP-Follow-up-Frame identifiziert. Die Spezifikation IEEE 1588 spezifiziert Informationen über den PTP-Announce-Frame, den PTP-Sync-Frame und den PTP-Follow-up-Frame und wird hiermit für diesen besonderen Zweck durch Verweis aufgenommen. Im Allgemeinen enthalten die Announce-Nachrichten, die vom Best Master Clock Algorithmus verwendet werden, um eine Uhrenhierarchie und einen Grandmaster zu bestimmen, sowie die Sync- und Follow-up-Frames Zeitinformationen, die zur Synchronisierung der Uhren von Netzvorrichtungen im gesamten Netz verwendet werden.

[0023] In einigen Ausführungsformen ist das PTP-Modul 104 eine, oder ist Teil einer, Verarbeitungseinheit oder -vorrichtung 126, die mit dem Schicht-2-Switch 102 kommuniziert. In diesen Ausführungsformen empfängt die Verarbeitungseinheit oder -vorrichtung 126 den PTP-Frame vom Schicht-2-Switch 102, sie bestimmt, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, und stellt dem Schicht-2-Switch Informationen bereit, um den PTP-Frame vom ersten Anschluss 106 an einen oder mehrere andere Anschlüsse, wie den zweiten Anschluss 110 und/o-

der den dritten Anschluss 118, weiterzuleiten. Beim Betrieb in Verbindung mit dem PTP-Modul 104 erkennt der Schicht-2-Switch 102 den PTP-Frame am ersten Anschluss 106, der dem ersten VLAN 108 zugeordnet ist, und leitet den PTP-Frame an einen weiteren Anschluss 110, 118 weiter, der einem anderen VLAN 112, 120 entspricht, als Reaktion darauf, dass das PTP-Modul bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. In einigen Ausführungsformen leitet der Schicht-2-Switch 102 den PTP-Frame an mehrere Anschlüsse weiter, wie etwa an den zweiten und dritten Anschluss 110, 118, als Reaktion darauf, dass das PTP-Modul 104 bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist.

[0024] Mit Bezug auf **Fig. 2** ist ein Ablaufdiagramm gezeigt, das ein Beispiel für die Implementierung eines Betriebs 200 der transparenten Uhr im PTP 100 darstellt. Bei der Aktivierung (202) bestimmt die transparente Uhr im PTP 100, ob eine VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben wurde (204). Wenn das System 100 bestimmt, dass die VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion nicht freigegeben wurde (204), dann findet die VLAN-übergreifende Weiterleitung des PTP-Frames nicht statt (206) und der Betrieb endet (208). Es sei angemerkt, dass auch bei nicht freigegebener VLAN-übergreifender Weiterleitung (204) Frames zwischen Anschlüssen, die sich im selben VLAN befinden, weitergeleitet werden können. Wenn andererseits das System 100 bestimmt, dass die VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben ist, dann fährt der Schicht-2-Switch 102 mit der Erkennung (210) eines PTP-Frames am ersten Anschluss 106 des Schicht-2-Switches fort, wobei der erste Anschluss dem ersten VLAN 108 und seinen Knoten 114 zugeordnet ist. In einigen Ausführungsformen ist der Schicht-2-Switch 102 eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung („ASIC“), und der Schicht-2-Switch ist in der Lage, die PTP-Nachricht so zu modifizieren, dass sie einen Zeitstempel für die mit dem Durchlauf durch den Schicht-2-Switch verbrachten Zeit enthält. Das PTP-Modul 104 empfängt (212) den PTP-Frame vom Schicht-2-Switch 102 als Reaktion auf die Erkennung des PTP-Frames am ersten Anschluss 106.

[0025] Als Reaktion auf den Empfang (212) des PTP-Frames am PTP-Modul 104 bestimmt das PTP-Modul (214), ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist. Zum Beispiel kann das PTP-Modul 104 bestimmen, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, indem es den PTP-Frame als PTP-Announce-Frame, PTP-Sync-Frame oder PTP-Follow-up-Frame identifiziert (216). Wenn das PTP-Modul 104 bestimmt (214), dass der PTP-Frame kein weiterleitbarer Frame ist, findet die VLAN-übergreifende Weiterleitung des PTP-Frames nicht statt (206) und der Betrieb endet (208). Wenn anderer-

seits das PTP-Modul 104 bestimmt (214), dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, fährt als Reaktion darauf das PTP-Modul 104 damit fort, den Schicht-2-Switch 102 zu veranlassen, den PTP-Frame an den zweiten Anschluss 110 des Schicht-2-Switches weiterzuleiten (218). In einigen Ausführungsformen kann der Schicht-2-Switch, zusätzlich zum Weiterleiten (218) des PTP-Frames an den zweiten Anschluss, den PTP-Frame auch an einen oder mehrere andere Anschlüsse, wie etwa den dritten Anschluss 118 weiterleiten.

[0026] Mit Bezug auf **Fig. 3** ist ein schematisches Diagramm einer beispielhaften Implementierung einer transparenten Uhr im PTP unter Verwendung einer switchgesteuerten VLAN-übergreifenden Weiterleitung gezeigt. Für diese switchgesteuerte VLAN-übergreifende Weiterleitung ist der Schicht-2-Switch 302 so implementiert, dass er ein Hardwarebauteil, wie etwa einen Switch-ASIC, einsetzt, der explizit für die Weiterleitung von Schicht-2-Frames zwischen seinen Anschlüssen ausgestaltet ist. Der Schicht-2-Switch 302 enthält eine Speicherkomponente, nämlich einen ternären inhaltsadressierbaren Speicher („TCAM“), der die Konfiguration und Speicherung von benutzerdefinierten Weiterleitungsregeln ermöglicht. Der TCAM erlaubt dem ASIC-Benutzer, benutzerdefinierte Filter-, Manipulations- und Egress-Regeln für Schicht-2-Frames zu erstellen. Das PTP-Modul 304 ist in der Lage, mit dem Schicht-2-Switch 302 zu kommunizieren und die TCAM-Regeln im Schicht-2-Switch zu konfigurieren, um PTP-Frames zwischen VLANs weiterzuleiten.

[0027] Im Anschluss an die Konfiguration der VLAN-übergreifenden Weiterleitungsregeln des TCAM des Schicht-2-Switches 302 durch das PTP-Modul 304 trifft der PTP-Frame am ersten Anschluss 306 des Schicht-2-Switches, der dem ersten VLAN 308 zugeordnet ist, ein. Der Schicht-2-Switch 102 enthält auch einen zweiten Anschluss 310, der einem zweiten VLAN 112 zugeordnet ist, das sich vom ersten VLAN 308 unterscheidet. Das erste VLAN 308 umfasst eine erste Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten 314, und das zweite VLAN 312 umfasst eine zweite Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten 316. In einigen Ausführungsformen kann der Schicht-2-Switch 102 einen dritten Anschluss 118 enthalten, der einem dritten VLAN 320 und einer dritten Zusammenstellung von Vorrichtungen oder Netzknoten 322 zugeordnet ist. Das PTP-Modul 304 kommuniziert mit dem Schicht-2-Switch 102 über eine drahtgebundene oder drahtlose Verknüpfung 324. In einigen Ausführungsformen ist das PTP-Modul 104 eine, oder ist Teil einer, Verarbeitungseinheit oder -vorrichtung 326, die mit dem Schicht-2-Switch 102 kommuniziert.

[0028] Der Schicht-2-Switch 302 analysiert den am ersten Anschluss 306 empfangenen PTP-Frame und

prüft die TCAM-Regeln des Schicht-2-Switches. Insbesondere bestimmt der Schicht-2-Switch 302, ob es eine TCAM-Regel gibt, die auf den empfangenen PTP-Frame anwendbar ist. Der Schicht-2-Switch 302 fährt damit fort, den PTP-Frame gemäß der TCAM-Regel weiterzuleiten, als Reaktion darauf, dass er bestimmt hat, dass die TCAM-Regel auf den PTP-Frame anwendbar ist. Zum Beispiel kann der Schicht-2-Switch 302 eine jeweilige Weiterleitungsregel identifizieren, die der Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss 310 des Schicht-2-Switches zugeordnet ist, und der Schicht-2-Switch kann den PTP-Frame in Reaktion auf die Identifizierung der jeweiligen Weiterleitungsregel weiterleiten.

[0029] Mit Bezug auf **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm gezeigt, das ein Beispiel für die Implementierung eines Betriebs 400 der transparenten Uhr im PTP 100 darstellt. Bei der Aktivierung (402) bestimmt (404) die transparente Uhr im PTP 100, ob eine VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben wurde. Ist dies nicht der Fall, findet keine Weiterleitung des PTP-Frame statt (406) und der Vorgang endet (408). Wenn das System 100 andernfalls bestimmt (404), dass die VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben ist, fährt das PTP-Modul 304 mit der Konfiguration (410) der Weiterleitungsregeln eines ternären inhaltsadressierbaren Speichers („TCAM“) des Schicht-2-Switches 302 fort.

[0030] Im Anschluss an die Konfiguration (410) der Weiterleitungsregeln des TCAM erkennt (412) der Schicht-2-Switch 302 einen PTP-Frame am ersten Anschluss 306 des Schicht-2-Switches. Der Schicht-2-Switch 302 identifiziert (414) als Reaktion auf die Erkennung des PTP-Frames am ersten Anschluss 306 eine jeweilige Weiterleitungsregel des TCAM, die mit der Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss 310 des Schicht-2-Switches assoziiert ist. Zum Beispiel bestimmt der Schicht-2-Switch 302, ob die jeweilige Weiterleitungsregel auf den PTP-Frame anwendbar ist (416) und ordnet die Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss 310 des Schicht-2-Switches an. Ist dies nicht der Fall, findet keine Weiterleitung des PTP-Frame statt (406) und der Vorgang endet (408). Wenn der Schicht-2-Switch 302 andererseits die jeweilige Weiterleitungsregel des TCAM identifiziert (414), dann fährt als Reaktion darauf der Schicht-2-Switch mit der Weiterleitung (418) des PTP-Frames an den zweiten Anschluss 310 des Schicht-2-Switches fort. In einigen Ausführungsformen kann der Schicht-2-Switch, zusätzlich zum Weiterleiten (418) des PTP-Frames an den zweiten Anschluss 310, den PTP-Frame auch an einen oder mehrere andere Anschlüsse, wie etwa den dritten Anschluss 318 weiterleiten.

[0031] Fig. 5 stellt beispielhafte Vorrichtungskomponenten 500 einzelner Vorrichtungen der transparenten Uhr im PTP dar, wie etwa das PTP-Modul und den Schicht-2-Switch. Die Vorrichtungskomponenten 500 einer jeden Vorrichtung umfassen einen Kommunikationsbus 502A, 502B zur direkten oder indirekten Verbindung anderer Vorrichtungskomponenten untereinander. Wie ebenfalls oben angegeben, kommunizieren die Vorrichtungen über eine drahtgebundene oder drahtlose Verbindung 504 miteinander. Die weiteren Vorrichtungskomponenten enthalten einen oder mehrere Prozessoren 506A, 506B und eine oder mehrere Speicherkomponenten 508A, 508B.

[0032] Der Prozessor oder die Prozessoren 506A, 506B können Code ausführen und Daten verarbeiten, die von anderen Komponenten der Vorrichtungskomponenten 500 empfangen werden, wie etwa Informationen, die in der Speicherkomponente 508A, 508B gespeichert sind. Der der transparenten Uhr zugeordnete und durch die Speicherkomponenten 508A, 508B gespeicherte Code kann unter anderem Betriebssysteme, Anwendungen, Module, Treiber und dergleichen enthalten. Ein Betriebssystem enthält ausführbaren Code, der die Grundfunktionen der transparenten Uhr steuert, wie etwa Interaktionen zwischen den verschiedenen Komponenten der Vorrichtungskomponenten 500 und das Speichern und Abrufen von Code und Daten in und aus der Speicherkomponente 508A, 508B.

[0033] Jede Anwendung enthält ausführbaren Code zur Bereitstellung spezifischer Funktionalität für den Prozessor 506A, 506B und/oder die übrigen Komponenten der transparenten Uhr. In einigen Ausführungsformen können die Anwendungen beispielsweise ein Erkennungs-/Weiterleitungsmodul 510, das vom Prozessor 506B des Schicht-2-Switches ausgeführt werden kann, um einen PTP-Frame an einem Anschluss zu erkennen und den PTP-Frame an einen weiteren Anschluss weiterzuleiten, sowie ein Weiterleitungsmodul 512, das vom Prozessor 506A des PTP-Moduls ausgeführt werden kann, um zu bestimmen, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, enthalten, sind aber nicht darauf beschränkt. In einigen Ausführungsformen können die Anwendungen unter anderem ein Konfigurationsmodul 514, das vom Prozessor 506A des PTP-Moduls ausgeführt werden kann, um Weiterleitungsregeln des TCAM des Schicht-2-Switches zu konfigurieren, und ein Bestimmungsmodul 516, das vom Prozessor 506B des Schicht-2-Switches ausgeführt werden kann, um eine jeweilige Weiterleitungsregel des TCAM zu identifizieren, die mit der Weiterleitung des PTP-Frames an einen anderen Anschluss verbunden ist, enthalten, sind aber nicht darauf beschränkt.

[0034] Bei den in der Speicherkomponente 508A, 508B gespeicherten Daten handelt es sich um Informationen, die von einem Betriebssystem oder einer Anwendung zur Durchführung von Funktionen der transparenten Uhr referenziert und/oder manipuliert werden können. Zum Beispiel können in einigen Ausführungsformen die Daten PTP-Framedaten 518 einer Speicherkomponente 508B des Schicht-2-Switches, um einen oder mehrere vom Schicht-2-Switch erfasste PTP-Frames zu speichern, und Weiterleitungsdaten 520 einer Speicherkomponente 508A des PTP-Moduls, um Informationen über weiterleitbare Frames, wie etwa einen PTP-Announce-Frame, einen PTP-Sync-Frame und/oder einen PTP-Follow-up-Frame, zu speichern, enthalten, sind aber nicht darauf beschränkt. In einigen Ausführungsformen können die Anwendungen Konfigurationsdaten 522 der Speicherkomponente 508A des PTP-Moduls, um die Weiterleitungsregeln des TCAM des Schicht-2-Switches zu konfigurieren, und Weiterleitungsregeln 524 der Speicherkomponente 508B des Schicht-2-Switches, um Regeln des TCAM bereitzustellen, die der Weiterleitung des PTP-Frames an einen anderen Anschluss zugeordnet sind, enthalten, sind aber nicht darauf beschränkt.

[0035] Es versteht sich, dass Fig. 5 nur zu Veranschaulichungszwecken bereitgestellt wird, um Beispiele der Vorrichtungskomponenten 500 einer transparenten Uhr 100 darzustellen, und dass sie kein vollständiges Diagramm der verschiedenen Komponenten, die von dem System verwendet werden können, sein soll. Daher kann die transparente Uhr 100 verschiedene andere Komponenten enthalten, die in Fig. 5 nicht gezeigt sind, sie kann eine Kombination von zwei oder mehr Komponenten oder eine Aufteilung einer jeweiligen Komponente in zwei oder mehr separate Komponenten enthalten und immer noch innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung liegen.

[0036] Der Fachmann wird erkennen, dass der Einfachheit und Klarheit halber der vollständige Aufbau und Betrieb aller Datenverarbeitungssysteme, die für die Verwendung mit der vorliegenden Offenbarung geeignet sind, hierin nicht dargestellt oder beschrieben wird. Auch sollte keines oder keiner der verschiedenen hierin beschriebenen Merkmale oder Prozesse als wesentlich für irgendeine oder alle Ausführungsformen angesehen werden, es sei denn, es wird hierin beschrieben. Verschiedene Merkmale können in verschiedenen Ausführungsformen weggelassen oder verkoppelt werden. Verschiedene beschriebene Prozesse können weggelassen, wiederholt, nacheinander, gleichzeitig oder in einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden. Verschiedene hierin beschriebene Merkmale und Prozesse können in noch anderen Ausführungsformen

kombiniert werden, wie es in den Ansprüchen beschrieben sein kann.

[0037] Es ist wichtig anzumerken, dass die Offenbarung zwar eine Beschreibung im Zusammenhang mit einem voll funktionsfähigen System enthält, dass es sich aber für den Fachmann verstehen wird, dass zumindest Teile des Mechanismus der vorliegenden Offenbarung in Form von Befehlen verteilt werden können, die in einem maschinenverwendbaren, computerverwendbaren oder computerlesbaren Medium in einer beliebigen Form enthalten sind, und dass die vorliegende Offenbarung gleichermaßen gilt, unabhängig von der jeweiligen Art des Befehls- oder Signalträgermediums oder Speichermediums, das zur tatsächlichen Durchführung der Verteilung verwendet wird. Beispiele für maschinenverwendbare/-lesbare oder computerverwendbare/-lesbare Medien umfassen: nichtflüchtige, fest codierte Medien wie Nurlesespeicher (ROMs) oder löschbare, elektrisch programmierbare Nurlesespeicher (EEPROMs) und vom Benutzer beschreibbare Medien, wie Disketten, Festplattenlaufwerke und CD-ROMs oder DVDs.

[0038] Obwohl ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung im Detail beschrieben wurde, wird der Fachmann verstehen, dass verschiedene Änderungen, Ersetzungen, Variationen und Verbesserungen, die hierin offenbart werden, vorgenommen werden können, ohne vom Wesen und Schutzbereich der Offenbarung in ihrer breitesten Form abzuweichen.

Patentansprüche

1. Transparente Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) zur VLAN-übergreifenden Weiterleitung, umfassend:

einen Schicht-2-Switch, der einen ersten Anschluss, der einem ersten VLAN zugeordnet ist, und einen zweiten Anschluss, der einem zweiten VLAN zugeordnet ist, enthält, wobei sich das zweite VLAN von dem ersten VLAN unterscheidet, wobei der Schicht-2-Switch einen PTP-Frame an dem ersten Anschluss erkennt; und

ein PTP-Modul, das mit dem Schicht-2-Switch kommuniziert, wobei das PTP-Modul den PTP-Frame von dem Schicht-2-Switch empfängt als Reaktion darauf, dass der Schicht-2-Switch den PTP-Frame an dem ersten Anschluss erkennt, und bestimmt, ob der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, wobei der Schicht-2-Switch den PTP-Frame an den zweiten Anschluss als Reaktion darauf weiterleitet, dass das PTP-Modul bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist.

2. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 1, wobei der Schicht-2-Switch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung ist und der Schicht-2-Switch die PTP-Nachricht so modifiziert, dass sie

einen Zeitstempel für die mit dem Durchlauf durch den Schicht-2-Switch verbrachte Zeit enthält.

3. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 1, wobei das PTP-Modul bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, indem es den PTP-Frame als PTP-Announce-Frame, PTP-Sync-Frame oder PTP-Follow-up-Frame identifiziert.

4. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 1, wobei das PTP-Modul bestimmt, dass eine VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben wurde.

5. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 1, wobei der Schicht-2-Switch den PTP-Frame an einen dritten Anschluss als Reaktion darauf weiterleitet, dass das PTP-Modul bestimmt, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, wobei der dritte Anschluss einem dritten VLAN zugeordnet ist, das sich von dem ersten VLAN und dem zweiten VLAN unterscheidet.

6. Verfahren einer transparenten Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) zur VLAN-übergreifenden Weiterleitung, das Verfahren umfassend:

Erkennen eines PTP-Frames an einem ersten Anschluss eines Schicht-2-Switches, wobei der erste Anschluss einem ersten VLAN zugeordnet ist; Empfangen des PTP-Frames an einem PTP-Modul als Reaktion auf die Erkennung des PTP-Frames am ersten Anschluss;

Bestimmen, beim PTP-Modul, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist; und

Weiterleiten des PTP-Frames an einen zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches als Reaktion auf das Bestimmen, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, wobei der zweite Anschluss mit einem zweiten VLAN verbunden ist, das sich vom ersten VLAN unterscheidet.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei der Schicht-2-Switch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung ist und der Schicht-2-Switch die PTP-Nachricht so modifiziert, dass sie einen Zeitstempel für die mit dem Durchlauf durch den Schicht-2-Switch verbrachte Zeit enthält.

8. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei die Bestimmung, dass der PTP-Frame ein weiterleitbarer Frame ist, die Identifizierung des PTP-Frames als PTP-Announce-Frame, PTP-Sync-Frame oder PTP-Follow-up-Frame enthält.

9. Verfahren gemäß Anspruch 6, ferner umfassend die Bestimmung, dass eine VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben wurde.

10. Verfahren gemäß Anspruch 6, wobei die Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss, der dem zweiten VLAN zugeordnet ist, die Weiterleitung des PTP-Frames an einen dritten Anschluss enthält, wobei der dritte Anschluss einem dritten VLAN zugeordnet ist, das sich von dem ersten VLAN und dem zweiten VLAN unterscheidet.

11. Transparente Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) zur VLAN-übergreifenden Weiterleitung, umfassend:

einen Schicht-2-Switch, der einen ternären inhaltsadressierbaren Speicher („TCAM“), einen ersten Anschluss, der einem ersten VLAN zugeordnet ist, und einen zweiten Anschluss, der einem zweiten VLAN zugeordnet ist, enthält, wobei sich das zweite VLAN von dem ersten VLAN unterscheidet, wobei der Schicht-2-Switch einen PTP-Frame an dem ersten Anschluss erkennt; und ein PTP-Modul, das mit dem Schicht-2-Switch kommuniziert, wobei das PTP-Modul eine Vielzahl von Weiterleitungsregeln des TCAM des Schicht-2-Switches konfiguriert, wobei der Schicht-2-Switch eine jeweilige Weiterleitungsregel der Vielzahl von Weiterleitungsregeln des TCAM identifiziert, die der Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches zugeordnet ist, und der Schicht-2-Switch den PTP-Frame an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches in Reaktion auf die Identifizierung der jeweiligen Weiterleitungsregel des TCAM weiterleitet.

12. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 11, wobei der Schicht-2-Switch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung ist und der Schicht-2-Switch die PTP-Nachricht so modifiziert, dass sie einen Zeitstempel für die mit dem Durchlauf durch den Schicht-2-Switch verbrachte Zeit enthält.

13. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 11, wobei der Schicht-2-Switch die jeweilige Weiterleitungsregel identifiziert, indem er bestimmt, ob die jeweilige Weiterleitungsregel auf den PTP-Frame anwendbar ist, und die Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches anordnet.

14. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 11, wobei der Schicht-2-Switch bestimmt, dass eine VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben wurde.

15. Transparente Uhr im PTP gemäß Anspruch 11, wobei der Schicht-2-Switch den PTP-Frame an einen dritten Anschluss als Reaktion auf die Identifizierung der jeweiligen Weiterleitungsregel des TCAM weiterleitet, wobei der dritte Anschluss einem dritten VLAN zugeordnet ist, das sich von

dem ersten VLAN und dem zweiten VLAN unterscheidet.

16. Verfahren einer transparenten Uhr im Präzisionszeitprotokoll („PTP Transparent Clock“) zur VLAN-übergreifenden Weiterleitung, das Verfahren umfassend:

Konfigurieren, durch ein PTP-Modul, einer Vielzahl von Weiterleitungsregeln eines ternären inhaltsadressierbaren Speichers („TCAM“) eines Schicht-2-Switches; Erkennen eines PTP-Frames an einem ersten Anschluss des Schicht-2-Switches, wobei der erste Anschluss einem ersten VLAN zugeordnet ist; Identifizieren, am Schicht-2-Switch, einer jeweiligen Weiterleitungsregel der Vielzahl von Weiterleitungsregeln des TCAM, die der Weiterleitung des PTP-Frames an einen zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches zugeordnet ist, wobei der zweite Anschluss einem zweiten VLAN zugeordnet ist, das sich vom ersten VLAN unterscheidet; und Weiterleiten des PTP-Frames an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches als Reaktion auf die Identifizierung der jeweiligen Weiterleitungsregel des TCAM.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, wobei der Schicht-2-Switch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung einer hierarchischen Master-Slave-Architektur für die Uhrenverteilung ist und der Schicht-2-Switch die PTP-Nachricht so modifiziert, dass sie einen Zeitstempel für die mit dem Durchlauf durch den Schicht-2-Switch verbrachte Zeit enthält.

18. Verfahren gemäß Anspruch 16, wobei das Identifizieren der jeweiligen Weiterleitungsregel das Bestimmen, ob die jeweilige Weiterleitungsregel auf den PTP-Frame anwendbar ist und die Weiterleitung des PTP-Frames an den zweiten Anschluss des Schicht-2-Switches anordnet, enthält.

19. Verfahren gemäß Anspruch 16, ferner umfassend das Bestimmen, dass eine VLAN-übergreifende Weiterleitungsfunktion freigegeben wurde.

20. Verfahren gemäß Anspruch 16, wobei das Weiterleiten des PTP-Frames an den zweiten Anschluss, der dem zweiten VLAN zugeordnet ist, das Weiterleiten des PTP-Frames an einen dritten Anschluss als Reaktion auf das Identifizieren der jeweiligen Weiterleitungsregel des TCAM enthält, wobei der dritte Anschluss einem dritten VLAN zugeordnet ist, das sich von dem ersten VLAN und dem zweiten VLAN unterscheidet.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

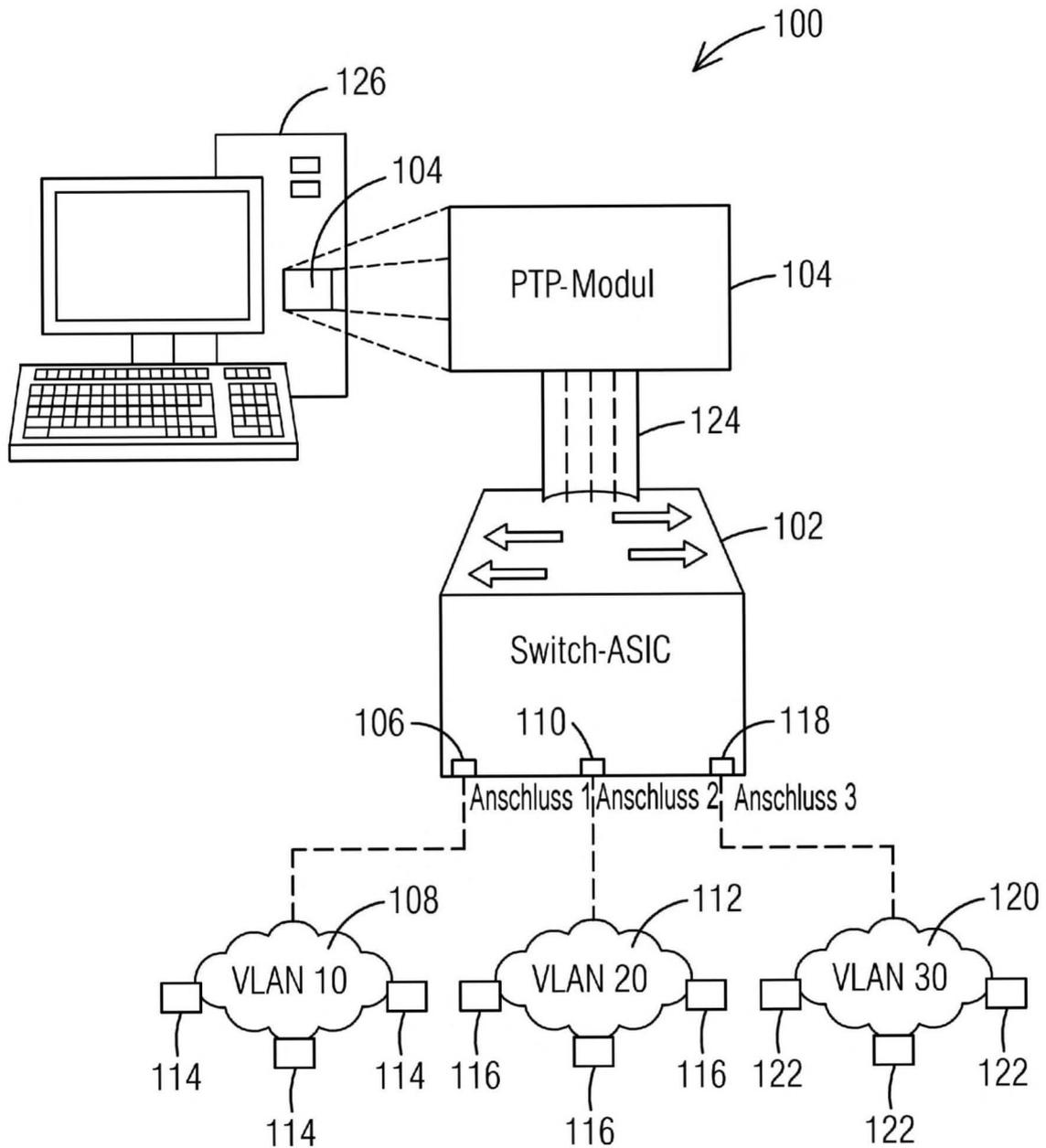


FIG. 2

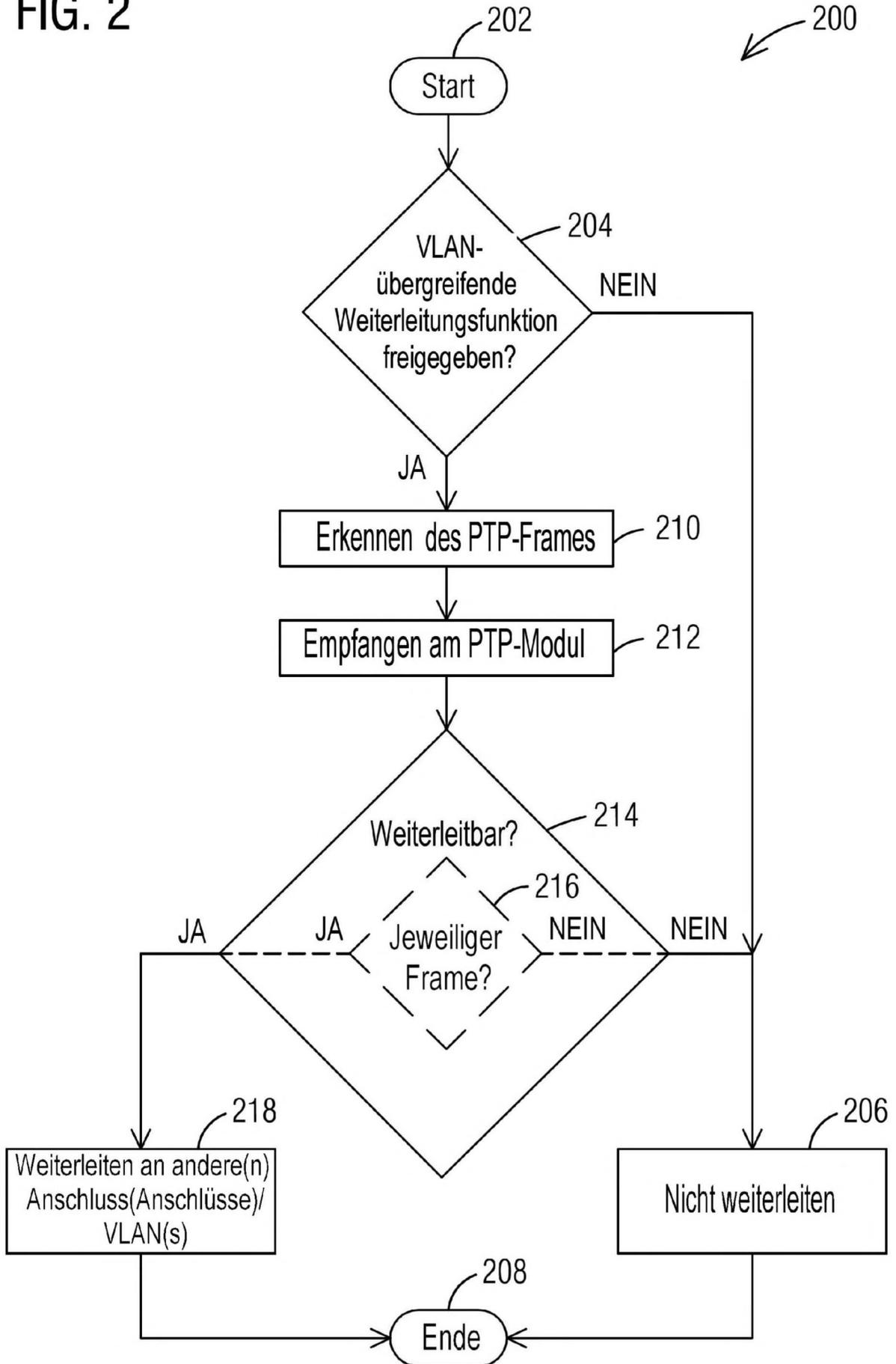


FIG. 3

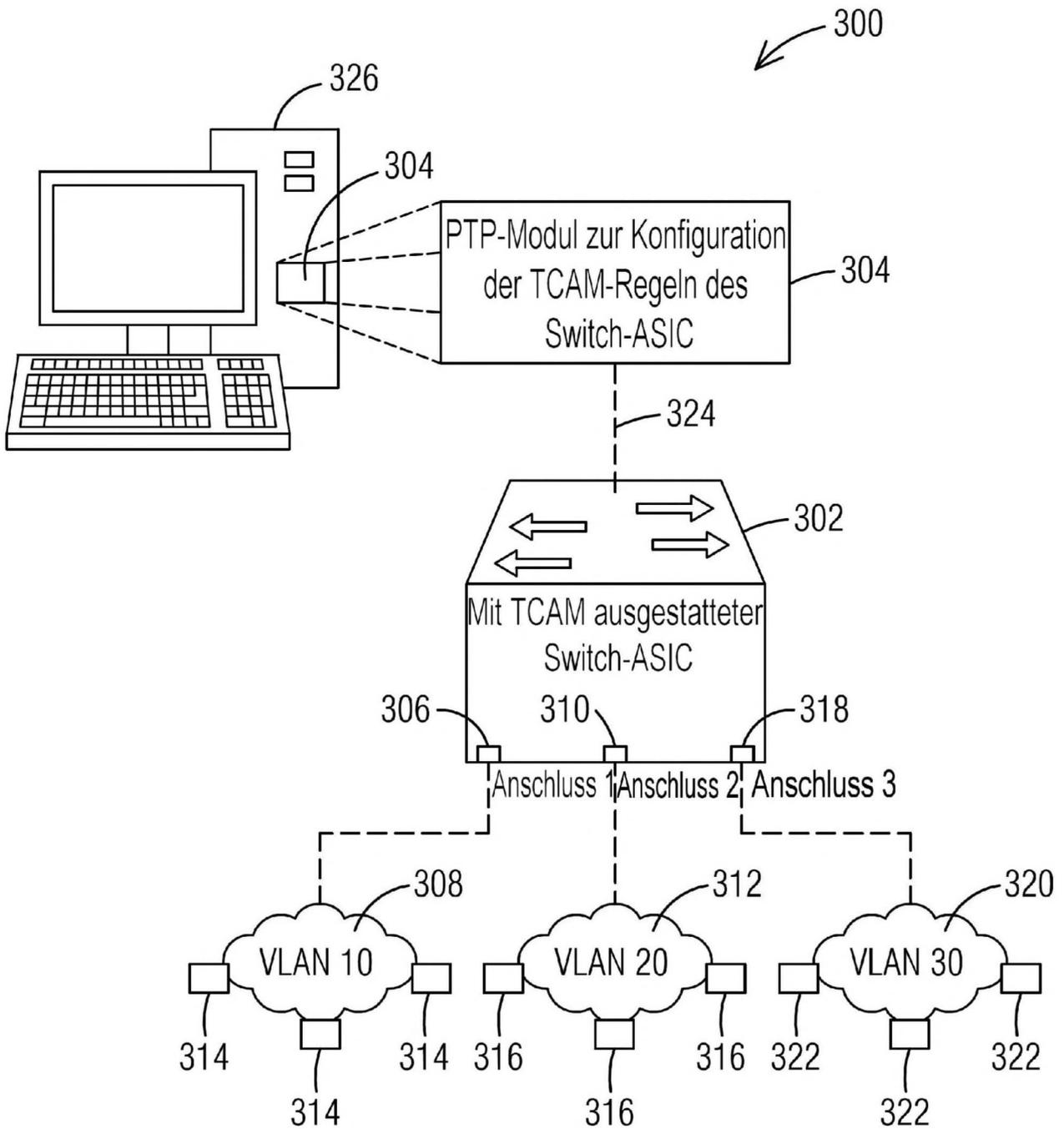


FIG. 4

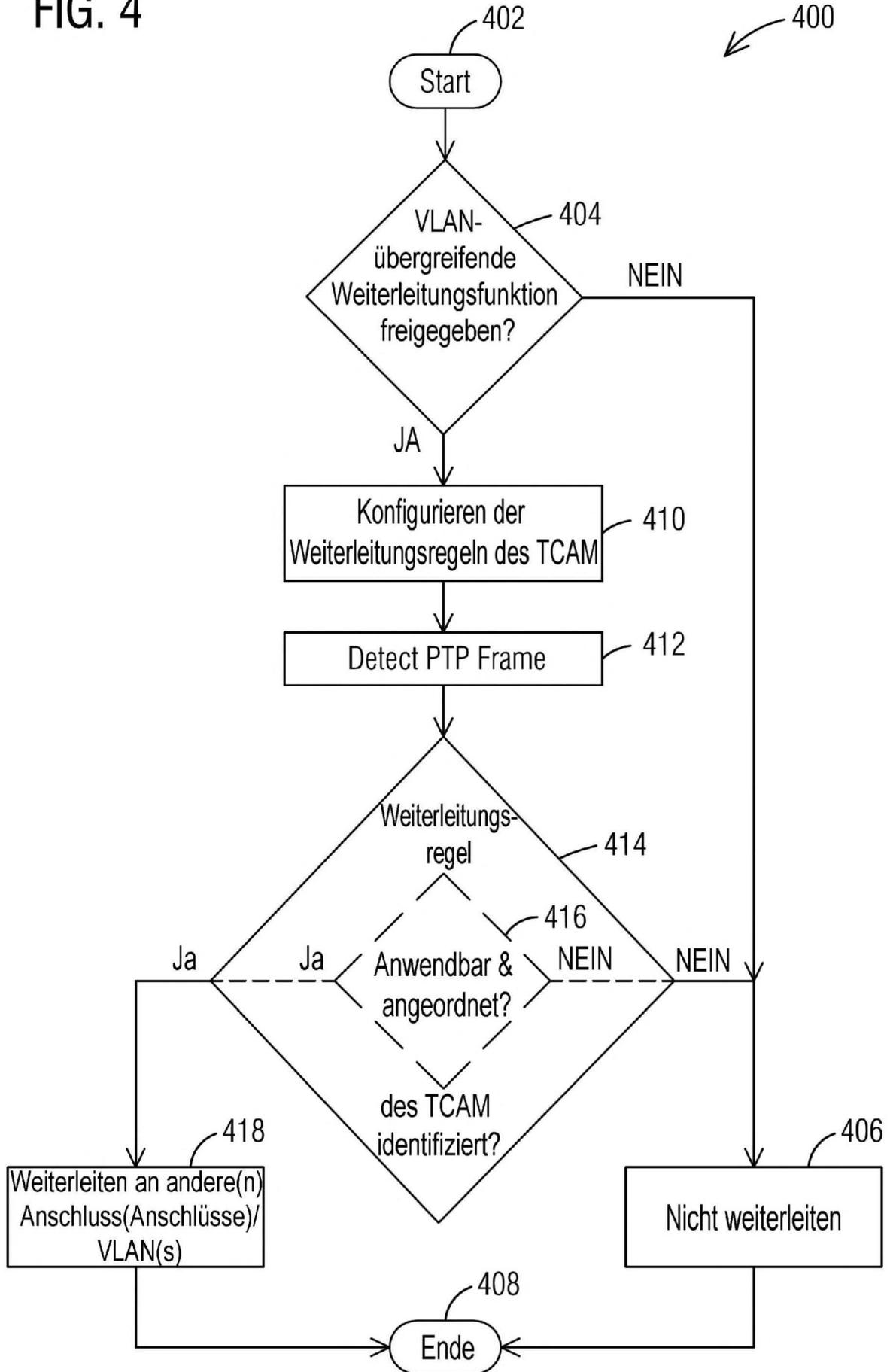


FIG. 5

