



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 33 594 T2** 2007.02.01

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 564 919 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 33 594.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 010 662.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.06.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.08.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.10.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H04J 3/06** (2006.01)

G06F 1/14 (2006.01)

H04J 3/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

151017 10.09.1998 US

(73) Patentinhaber:

**Agilent Technologies Inc., A Delaware Corp., Palo
Alto, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(72) Erfinder:

Eidson, John C., Palo Alto CA 94303, US

(54) Bezeichnung: **Verbesserungen der Zeitsynchronisierung in verteilten Systemen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet verteilter Systeme. Insbesondere bezieht sich diese Erfindung auf Verbesserungen bei der Zeitsynchronisierung in verteilten Systemen.

[0002] Verteilte Systeme sind üblicherweise als Sammlung von Knoten angeordnet, die über eine oder mehr Netzwerkkommunikationsverknüpfungen miteinander verbunden sind. Diese Netzwerkkommunikationsverknüpfungen können paketierte Verknüpfungen wie z. B. Ethernet oder eine oder mehr einer Vielzahl anderer paketierte Verknüpfungen sein, die an Anwendungen verteilter Steuersysteme angepasst sind.

[0003] Verteilte Steuersysteme profitieren häufig von einer präzisen Steuerung der Zeitgebung an den verteilten Knoten. Die U.S.-Patentschrift Nr. 5,566,180 von Eidson u. a. lehrt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bereitstellen einer präzisen Zeitgebungssteuerung bei verteilten Knoten durch Synchronisieren der lokalen Takte in den verteilten Knoten. Das Synchronisierungsprotokoll von Eidson u. a. beinhaltet den Austausch von Zeitgebungsdatenpaketen und Nachfolgepaketen zwischen den Knoten, so dass die Verzögerung bei dem Transfer eines Zeitgebungsdatenpakets von einem ersten Knoten an einen zweiten Knoten in Kombination mit Zeitgebungsinformationen in einem Nachfolgepaket verwendet werden kann, um einen lokalen Takt in dem zweiten Knoten genau einzustellen.

[0004] Eine Vielzahl von Bedingungen, die üblicherweise bei verteilten Systemen anzutreffen sind, können Schwankungen oder Jitter bzw. Zittern bei der Verzögerung des Transfers eines Zeitgebungsdatenpakets bewirken. Beispielsweise kann eine Kommunikationsschaltungsanordnung an verschiedenen Punkten in dem verteilten System einen Jitter bewirken. Ferner können Kommunikationsschaltungen wie z. B. Netzwerkübergänge einen Jitter bewirken, der von dem Verkehrsvolumen in dem System abhängt. Ungünstigerweise kann ein derartiger Jitter die Genauigkeit der Zeitsynchronisation in einem verteilten System verringern.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein System zum Synchronisieren eines lokalen Taktes in einem verteilten System zu liefern, das eine höhere Genauigkeit der Zeitsynchronisierung ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein System gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0007] Es werden eine Vielzahl von Verbesserungen an einem Zeitsynchronisierungsprotokoll für ein verteiltes System offenbart. Die Verbesserungen

können in einem verteilten System verkörpert sein, das einen ersten Knoten und einen zweiten Knoten und eine oder mehr dazwischenliegende Kommunikationsverknüpfungen umfasst, die Kommunikationsvorrichtungen wie z. B. Repeater oder Netzübergänge umfassen können. Der erste Knoten umfasst einen lokalen Takt und eine Schaltungsanordnung, die ein Zeitgebungsdatenpaket und ein Nachfolgepaket erzeugt. Das Zeitgebungsdatenpaket weist einen eindeutigen Zeitgebungspunkt auf, und das Nachfolgepaket umfasst einen von dem lokalen Takt erhaltenen Zeitstempel, der eine Zeit angibt, zu der das Zeitgebungsdatenpaket erzeugt wird. Der zweite Knoten umfasst eine Schaltungsanordnung, die das Zeitgebungsdatenpaket und das Nachfolgepaket über eine Kommunikationsverknüpfung empfängt. Der zweite Knoten umfasst ferner einen lokalen Takt und eine Schaltungsanordnung, die einen lokalen Zeitwert von dem lokalen Takt erhält, wenn der eindeutige Zeitgebungspunkt erfasst ist. Die Differenz zwischen dem Zeitstempel von dem Nachfolgepaket und dem lokalen Zeitwert gibt eine relative Synchronisierung der lokalen Takte in dem ersten und dem zweiten Knoten an.

[0008] Die hierin offenbarten Verbesserungen umfassen Techniken zum Verbessern der Genauigkeit der Zeitsynchronisierung, indem der eindeutige Zeitgebungspunkt von einem Begrenzer für das Zeitgebungsdatenpaket getrennt wird. Die Verbesserungen umfassen Techniken, die einen Jitter, der der Kommunikationsschaltungsanordnung in dem verteilten System zugeordnet ist, einschließlich eines Jitters, der physischen Schnittstellen und Netzübergängen in dem verteilten System zugeordnet ist, kompensieren. Diese Techniken können eine spezialisierte Schaltungsanordnung in der Kommunikationsschaltungsanordnung beinhalten, um einen Jitter oder eine spezielle Verarbeitung von empfangenen Zeitgebungsdatenpaketen oder die Einführung von Nachfolgepaketen, die Empfangsknoten über einen gemessenen Jitter informieren, zu kompensieren, oder eine Kombination dieser Techniken umfassen.

[0009] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden ausführlichen Beschreibung.

[0010] Die vorliegende Erfindung wird bezüglich bestimmter exemplarischer Ausführungsbeispiele derselben beschrieben, und dementsprechend wird auf die Zeichnungen Bezug genommen, bei denen:

[0011] [Fig. 1](#) ein verteiltes System zeigt, das ein Paar von Knoten umfasst, die über eine Kommunikationsverknüpfung miteinander verbunden sind;

[0012] [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel einer physischen Schnittstelle zeigt, die eine UTP-Erfassungsschaltung umfasst, die die Genauigkeit bei der Syn-

chronisierung der lokalen Takte durch Verringern des Jitters bei der Erfassung des UTP verbessert;

[0013] **Fig. 3** ein alternatives Ausführungsbeispiel einer physischen Schnittstelle zeigt, die eine Phasenfehlermessschaltung umfasst, die die Genauigkeit bei der Synchronisierung der lokalen Takte durch Verringern von Jitter bei der Erfassung des UTP verbessert;

[0014] **Fig. 4** ein verteiltes System zeigt, bei dem Knoten mit verschiedenen Kommunikationsverknüpfungen gekoppelt sind, die durch eine Kommunikationsvorrichtung miteinander verbunden sind;

[0015] **Fig. 5** ein Ausführungsbeispiel einer Kommunikationsvorrichtung zeigt, die Mechanismen zum Verringern von Zeitsynchronisierungsungenauigkeiten, die durch Jitter bewirkt werden, umfasst;

[0016] **Fig. 6** ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Kommunikationsvorrichtung zeigt, die Mechanismen zum Verringern von Zeitsynchronisierungsungenauigkeiten, die durch Jitter bewirkt werden, umfasst;

[0017] **Fig. 7** ein Ausführungsbeispiel einer Kommunikationsvorrichtung zeigt, die Mechanismen zum Messen der bei der Kommunikationsvorrichtung bewirkten Verzögerung und zum Weiterleiten der gemessenen Verzögerung an einen Knoten in einem Nachfolgepaket umfasst.

[0018] **Fig. 1** zeigt ein verteiltes System **10**, das ein Paar von Knoten **12** und **14** umfasst, die über eine Kommunikationsverknüpfung **40** miteinander verbunden sind. Die Knoten **12** und **14** umfassen ein Paar von lokalen Takten **22** bzw. **36**, die die lokale Zeit für die jeweiligen Knoten **12** und **14** mitverfolgen. Die Knoten **12** und **14** umfassen ferner ein Paar von Zeitpaketerkennungseinrichtungen **20** bzw. **32**, die über die Kommunikationsverknüpfung **40** Nachrichten austauschen, um eine Synchronisierung der lokalen Takte **22** und **36** aufrechtzuerhalten.

[0019] Beispielsweise erzeugt die Zeitpaketerkennungseinrichtung **20** ein Zeitgebungsdatenpaket **18** und transferiert es über die Kommunikationsverknüpfung **40** durch eine physische Schnittstelle **24**, die eine Kommunikation über die Kommunikationsverknüpfung **40** ermöglicht. Das Zeitgebungsdatenpaket **18** umfasst einen eindeutigen Zeitgebungspunkt (UTP – unique timing point) **52** und einen Zeitgebungsdatenpaket-Begrenzer (TDP-Begrenzer; TDP = timing data packet, Zeitgebungsdatenpaket) **54**. Zu der Zeit, zu der die Zeitpaketerkennungseinrichtung **20** das Zeitgebungsdatenpaket **18** an die physische Schnittstelle **24** transferiert, tastet sie den lokalen Takt **22** ab, um einen Zeitstempel **50** zu erhalten. Der Zeitstempel **50** gibt die lokale Zeit in dem Knoten **12**

an, zu der die Zeitpaketerkennungseinrichtung **20** das Zeitgebungsdatenpaket **18** an die physische Schnittstelle **24** transferierte. Danach erzeugt die Zeitpaketerkennungseinrichtung **20** ein Nachfolgepaket **16** und transferiert es über die Kommunikationsverknüpfung **40**. Das Nachfolgepaket **16** umfasst den Zeitstempel **50**.

[0020] Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** empfängt das Zeitgebungsdatenpaket **18** durch eine physische Schnittstelle **30**, die eine Kommunikation über die Kommunikationsverknüpfung **40** ermöglicht. Die physische Schnittstelle **30** erzeugt ansprechend auf den Empfang des Zeitgebungsdatenpakets **18** einen Satz von wiedergewonnenen Signalen **60**. Die wiedergewonnenen Signale **60** umfassen einen wiedergewonnenen Bitstrom, der die Elemente des Zeitgebungsdatenpakets **18** trägt, einschließlich des UTP **52** und des TDP-Begrenzers **54**. Die wiedergewonnenen Signale **60** umfassen ein wiedergewonnenes Taktsignal für den wiedergewonnenen Bitstrom.

[0021] Bei einem Ausführungsbeispiel verwendet die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** die wiedergewonnenen Signale **60**, um den UTP **52** zu erfassen. Auf eine Erfassung des UTP **52** in dem wiedergewonnenen Bitstrom hin bewirkt die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32**, dass ein Zeitstempel-Latch **38** einen lokalen Zeitwert aus dem lokalen Takt **36** zwischenspeichert. Danach verifiziert die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32**, ob das Zeitgebungsdatenpaket **18** den TDP-Begrenzer **54** enthält. Der TDP-Begrenzer **54** ist ein eindeutiges Muster, das Zeitgebungsdatenpakete von anderen Arten von Paketen, die auf der Kommunikationsverknüpfung **40** geführt werden, unterscheidet. Wenn der TDP-Begrenzer **54** nicht in dem Paket **18** gefunden wird, dann ist das Paket **18** kein Zeitgebungsdatenpaket, und die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** verwirft den Zeitwert, der soeben durch den Zeitstempel-Latch **38** zwischenspeichert wurde.

[0022] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel geht der UTP **52** dem TDP-Begrenzer **54** in dem Zeitgebungsdatenpaket **18** voraus. Bei einem wieder anderen Ausführungsbeispiel sind der UTP **52** und der TDP-Begrenzer **54** zu demselben Indikator in dem Zeitgebungsdatenpaket **18** vereinigt.

[0023] Der in dem Zeitstempel-Latch **38** gehaltene Zeitwert gibt die lokale Zeit an, zu der die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** das Zeitgebungsdatenpaket **18** empfing. Danach empfängt die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** das Nachfolgepaket **16** und extrahiert den Zeitstempel **50**. Die Differenz zwischen dem Zeitstempel **50** und dem Zeitwert in dem Zeitstempel-Latch **38** gibt die relative Synchronisierung der lokalen Takte **22** und **36** an. Nachdem diese Differenz berechnet wurde, verwendet die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** dieselbe, um den Zeitwert in

dem lokalen Takt **36** einzustellen, um den lokalen Takt **36** auf den lokalen Takt **22** abzustimmen.

[0024] Die Anpassung des Zeitwerts in dem lokalen Takt **36** kann dadurch bewerkstelligt werden, dass der lokale Takt **36** als Zähler implementiert wird, der durch einen Oszillator mit ausreichender Stabilität getrieben wird. Die wenigen niedrigstwertigen Bits des Zählers können als Addierer implementiert werden, so dass das Inkrement bei Oszillatorperioden gelegentlich erhöht oder verringert werden kann, um den lokalen Takt **36** gemäß den Ergebnissen der Berechnung der Differenz zwischen dem Zeitstempel **50** und dem in dem Zeitstempel-Latch **38** gehaltenen Zeitwert effektiv zu beschleunigen oder zu verlangsamen.

[0025] Die Knoten **12** und **14** können eine beliebige Art Knoten in dem verteilten System **10** sein. Beispielsweise kann ein beliebiger oder können beide der Knoten **12** und **14** ein Sensorknoten oder ein Betätigungsknoten oder ein Anwendungssteuerungsknoten oder eine Kombination derselben in einem verteilten Steuersystem sein. Ein beliebiger oder beliebige der Knoten **12** und **14** können ein Computersystem, z. B. ein Personal-Computer, sein.

[0026] Die Kommunikationsverknüpfung **40** kann mit einem oder mehreren einer Vielzahl von Kommunikationsmechanismen implementiert sein. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Kommunikationsverknüpfung **40** ein Ethernet-Kommunikationsnetzwerk. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist die Kommunikationsverknüpfung **40** ein LonTalk-Feldebene-Steuerbus, der für die Prozesssteuerumgebung spezialisiert ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die Kommunikationsverknüpfung **40** mit Zeitvielfachzugriffs-Protokollen (TDMA-Protokollen, TDMA = time division multiple access) oder Token-Ring-Protokollen implementiert sein, um nur einige wenige Möglichkeiten zu nennen.

[0027] Bei einem Ausführungsbeispiel ist der UTP **52** ein Rahmen-Beginn-Begrenzer (SOF-Begrenzer, SOF = start of frame), der das Ende eines Präambelabschnitts des Pakets **18** markiert. Der SOF-Begrenzer ist ein vordefiniertes Bitmuster, das von dem jeweiligen Kommunikationsprotokoll, das bei der Kommunikationsverknüpfung **40** verwendet wird, abhängt.

[0028] Bei einem Ausführungsbeispiel ist der TDP-Begrenzer **54** eine eindeutige Gruppenadresse, die für Zeitgebungsdatenpakete bestimmt ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen sind Zeitgebungsdatenpakete durch Mechanismen wie z. B. abweichende Trägerfrequenzen, Codierverfahren oder Übertragungspfade von den Trägerfrequenzen, Codierverfahren oder Übertragungspfaden, die durch andere Pakete verwendet werden, begrenzt.

[0029] Die physische Schnittstelle **30** umfasst eine Phasenregelschleifenschaltung und kann ferner eine Unterdrückungsschaltung umfassen, von denen jede einen Jitter in den durch die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** empfangenen wiedergewonnenen Signalen **60** bewirken kann. Dieser Jitter kann Ungenauigkeiten bei der erfassten Zeit des UTP **52** durch die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** bewirken, was die Gesamtgenauigkeit der Synchronisierung zwischen den lokalen Takten **22** und **36**, die mittels der obigen Technik erhalten werden kann, verringern kann.

[0030] Ein Verfahren zum Verringern der negativen Auswirkungen von Jitter, der durch die physische Schnittstelle **30** bewirkt wird, besteht darin, die Differenzen, die zwischen dem Zeitwert in dem Zeitstempel-Latch **38** und dem Zeitstempel **50** für eine Anzahl von Paaren aus Zeitgebungsdatenpaketen und entsprechenden Nachfolgepaketen berechnet wird, zu mitteln. Dieser berechnete Mittelwert kann anschließend dazu verwendet werden, den lokalen Takt **36** einzustellen.

[0031] Beispielsweise kann die Zeitpaketerkennungseinrichtung **20** einmal pro Sekunde ein Zeitgebungsdatenpaket zusammen mit einem entsprechenden Nachfolgepaket erzeugen. Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** zwischenspeichert einen Zeitwert von dem lokalen Takt **36** auf ein Erfassen jedes UTP der empfangenen Zeitgebungsdatenpakete hin und berechnet anschließend eine Differenz zwischen dem zwischengespeicherten Zeitwert und dem in dem entsprechenden Nachfolgepaket enthaltenen Zeitstempel. Diese Differenzen werden anschließend für z. B. **10** Zeitgebungsdatenpakete gemittelt, und das gemittelte Ergebnis wird anschließend dazu verwendet, den lokalen Takt **36** einzustellen. Das Mitteln kann durch die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** oder durch einen dem Protokollstapel **34** zugeordneten Prozessor durchgeführt werden.

[0032] Diese Mittelungstechnik kann ferner verwendet werden, wenn zwischen den Knoten **12** und **14** Repeater oder Netzübergänge oder ähnliche Kommunikationsvorrichtungen vorgesehen sind. Das Mitteln verringert die Auswirkungen eines Jitters, der mit diesen Arten von dazwischenliegenden Kommunikationsvorrichtungen verbunden ist.

[0033] [Fig. 2](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der physischen Schnittstelle **30**, die eine UTP-Erfassungsschaltung **74** umfasst, die die Genauigkeit bei der Synchronisierung der lokalen Takte **22** und **36** verbessert, indem sie Jitter bei der Erfassung des UTP **52** verringert. Die Empfangsseite der physischen Schnittstelle **30** umfasst eine Kopplungsschaltung **70** wie z. B. einen Transformator, eine Signalkonditionierungsschaltung **72**, eine Phasenregelschleifenschaltung (PLL-Schaltung, PLL = phase lock loop) **76** und

eine Decodierschaltung **78**.

[0034] Die PLL-Schaltung **76** empfängt einen ankommenden Rohbitstrom **64** von der Signalkonditionierungsschaltung **72** und erzeugt das wiedergewonnene Taktsignal der wiedergewonnenen Signale **60**. Die Decodierschaltung **78** verwendet das wiedergewonnene Taktsignal, um den wiedergewonnenen Bitstrom der wiedergewonnenen Signale **60** zu erhalten. Der wiedergewonnene Bitstrom ist phasengleich mit einem lokalen Oszillator der physischen Schnittstelle **30**, und dieser lokale Oszillator driftet normalerweise bezüglich der Phase des lokalen Oszillators in der physischen Schnittstelle **24**. Diese Phasenvariation kann in dem Erfassungspunkt des UTP **52** Jitter hervorrufen, wenn die wiedergewonnenen Signale **60** dazu verwendet werden, den UTP **52** zu erfassen.

[0035] Stattdessen erfasst die UTP-Erfassungsschaltung **74** den UTP **52** aus dem ankommenden Rohbitstrom **64** und eliminiert dadurch den mit den wiedergewonnenen Signalen **60** verbundenen Jitter. Die UTP-Erfassungsschaltung **74** liefert der Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** ein UTP-Erfassungssignal **62**, was dieselbe veranlasst, einen Zeitwert aus dem lokalen Takt **36** zwischenzuspeichern, wenn der UTP **52** erfasst wird.

[0036] [Fig. 3](#) zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der physischen Schnittstelle **30**, die eine Phasenfehlermessschaltung **80** umfasst, die die Genauigkeit bei der Synchronisierung der lokalen Takte **22** und **36** verbessert, indem sie Jitter bei der Erfassung des UTP **52** verringert. Die Phasenfehlermessschaltung **80** misst die Phasendifferenz zwischen dem ankommenden Rohbitstrom **64** und den wiedergewonnenen Signalen **60**. Die Phasenfehlermessschaltung **80** versorgt die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** mit einem Phasenfehlersignal **66**, das die Phasendifferenz angibt. Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** verwendet das Phasenfehlersignal **66** anschließend dazu, die Zeit, zu der sie den UTP **52** erfasst, zu korrigieren.

[0037] Die Phasenfehlermessschaltung **80** kann mit einer Schaltung implementiert sein, die einen Puls auslöst, indem sie Schwellpegel des ankommenden Rohbitstroms **64** erfasst. Die Phase dieses ausgelösten Pulses wird anschließend mit der Phase der wiedergewonnenen Signale **60** verglichen. Alternativ kann die Phasenfehlermessschaltung **80** einen Mischer umfassen, der den Phasenfehler misst.

[0038] [Fig. 4](#) zeigt ein verteiltes System **100**, bei dem die Knoten **12** und **14** mit verschiedenen Kommunikationsverknüpfungen, der Kommunikationsverknüpfung **40** bzw. einer Kommunikationsverknüpfung **102**, gekoppelt sind. Eine Kommunikationsvorrichtung **104** sorgt für eine Kommunikation zwischen Knoten, die mit der Kommunikationsverknüpfung **40**

verbunden sind, und Knoten, die mit der Kommunikationsverknüpfung **102** verbunden sind. Die Kommunikationsvorrichtung **104** empfängt Zeitgebungsdatenpakete und Nachfolgepakete und andere Pakete von dem Knoten **12** über die Kommunikationsverknüpfung **40** und transferiert sie über die Kommunikationsverknüpfung **102** an den Knoten **14**. Die Kommunikationsvorrichtung **104** kann ein Repeater oder ein Schaltnetz-knoten oder ein Netzübergang oder eine andere, ähnliche Art Vorrichtung sein.

[0039] Die Kommunikationsvorrichtung **104** bewirkt beim Transfer jedes Pakets von der Kommunikationsverknüpfung **40** an die Kommunikationsverknüpfung **102**, einschließlich der Zeitgebungsdatenpakete, eine Verzögerung. Das Ausmaß der Verzögerung variiert je nach der Implementierung der Kommunikationsvorrichtung **104** und je nach Netzwerkbelastungsfaktoren. Wenn die Kommunikationsvorrichtung **104** beispielsweise ein Repeater ist, kann sie eine Phasenregelschleifen- oder Unterdrückungsschaltungsanordnung enthalten, die eine Verzögerung bewirkt. Wenn die Kommunikationsvorrichtung **104** ein Netzübergang ist, kann sie Puffer enthalten, deren Verzögerung von dem Verkehrsaufkommen abhängt, das zu einer bestimmten Zeit durch den Netzübergang geroutet bzw. geleitet wird. Schwankungen bezüglich dieser Verzögerung verringern die Genauigkeit der Zeitsynchronisierung zwischen den lokalen Takten **20** und **36**, indem in die Zeiten, zu denen die UTPs von Zeitgebungsdatenpaketen durch die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** empfangen werden, ein Jitter eingebracht wird.

[0040] Ein Verfahren zum Verringern der Effekte des Jitters, der mit der Kommunikationsvorrichtung **104** verbunden ist, besteht darin, dass die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** die empfangenen Zeitgebungsdatenpakete, deren Verzögerung größer ist als eine minimale ermittelte Verzögerung, ignoriert. Beispielsweise kann die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** mehrere Paare von Zeitgebungsdatenpaketen und entsprechenden Nachfolgepaketen empfangen und entsprechende Unterschiede zwischen der erfassten UTP-Zeit jedes Zeitgebungsdatenpakets und dem Zeitstempel des entsprechenden Nachfolgepakets berechnen. Die minimale Differenz sollte die Verzögerung sein, die der Kommunikationsvorrichtung **104** zugeordnet ist, wenn deren Puffer leer sind. Der durch die Kommunikationsvorrichtung **104**, wenn ihre Puffer leer sind, bewirkte Jitter und die durch dieselbe bewirkte Verzögerung sind wahrscheinlich viel geringer als wenn ihre Puffer aktiv sind. Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** ignoriert jegliche Zeitgebungsdatenpakete, deren Verzögerung beträchtlich größer ist als diese minimale Verzögerung, indem sie die entsprechenden zwischengespeicherten lokalen Zeitwerte verwirft und ansprechend auf die Zeitgebungsdatenpakete, die ignoriert werden, keinerlei Anpassungen des lokalen Taktes

vornimmt. Dies verhindert Anpassungen an den lokalen Takt **36**, die auf übermäßigem Jitter in der Kommunikationsvorrichtung **104** beruhen.

[0041] [Fig. 5](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der Kommunikationsvorrichtung **104**, die Mechanismen zum Verringern von durch Jitter bewirkten Zeitsynchronisierungsungenauigkeiten umfasst. Der von der Kommunikationsverknüpfung **40** zur Kommunikationsverknüpfung **102** verlaufende Pfad der Kommunikationsvorrichtung **104** umfasst bei diesem Ausführungsbeispiel eine Kopplungsschaltung **130**, eine Unterdrückungsschaltung **132**, eine Signalkonditionierungsschaltung **134**, eine Phasenregelschleifenschaltung (PLL-Schaltung) **136**, einen Weitersendetakt **138** und eine Präambelregenerierungsschaltung **142**.

[0042] Pakete wie z. B. das Zeitgebungsdatenpaket **18** und das Nachfolgepaket **16** werden durch die Kopplungsschaltung **130** über die Kommunikationsverknüpfung **40** empfangen. Nach der Kopplungsschaltung **132** und der Unterdrückungsschaltung **132** empfängt die PLL-Schaltung **136** einen ankommenden Rohbitstrom **110**, der ein empfangenes Paket trägt. Die PLL-Schaltung **136** erzeugt ansprechend auf den ankommenden Rohbitstrom **110** ein wiedergewonnenes Taktsignal **112**. Die Weitersendetaktsschaltung **138** verwendet das wiedergewonnene Taktsignal **112**, um ein Weitersendetaktsignal **114** abzuleiten.

[0043] Das Weitersendetaktsignal **114** umfasst einen durch die PLL-Schaltung **138** bewirkten Jitter, und dieser Jitter würde die Genauigkeit der UTP-Erfassung in dem Knoten **14** verringern, wenn das Weitersendetaktsignal **114** dazu verwendet würde, die Präambelregenerierungsschaltung **142** zu treiben. Stattdessen wird dieser Jitter durch eine Phasenfehlermessschaltung **144** und eine Verzögerungsschaltung **140** verringert.

[0044] Die Phasenfehlermessschaltung **144** misst die Phasendifferenz zwischen dem ankommenden Rohbitstrom **110** und dem Weitersendetaktsignal **114** und erzeugt ein Phasenfehlersignal **116**, das diese Differenz angibt. Ansprechend auf das Phasenfehlersignal **116** verzögert die Verzögerungsschaltung **140** das Weitersendetaktsignal **114**, um dessen Phase auf die Phase des ankommenden Rohbitstroms **110** auszurichten. Anschließend wird der Präambelregenerierungsschaltung **142** ein verzögertes und phasenausgerichtetes Taktsignal **118** geliefert.

[0045] Die Präambelregenerierungsschaltung **142** regeneriert Präambeln für Pakete, die von der Kommunikationsverknüpfung **40** an die Kommunikationsverknüpfung **102** weitergeleitet werden. Die Präambelregenerierungsschaltung **142** leitet auch den Bitstrom für empfangene Pakete an die Kommunikati-

onsverknüpfung **102** weiter. Die Präambel und der weitergeleitete Paketbitstrom werden auf die Phase des Taktsignals **118** ausgerichtet.

[0046] [Fig. 6](#) zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der Kommunikationsvorrichtung **104**, das Mechanismen zum Verringern von durch Jitter bewirkten Zeitsynchronisierungsungenauigkeiten umfasst. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Ausgang der Präambelregenerierungsschaltung **142** durch den Weitersendetakt **114** getaktet und durch eine Ausgangsverzögerungsschaltung **152** verzögert. Der Umfang der durch die Ausgangsverzögerungsschaltung **152** bewirkten Verzögerung wird durch das Phasenfehlersignal **116** gesteuert, so dass der Ausgang aus der Ausgangsverzögerungsschaltung **152** gleichphasig mit dem ankommenden Rohbitstrom **110** ausgerichtet wird.

[0047] Die Ausgangsverzögerungsschaltung **152** kann beispielsweise mit einer abgegriffenen Verzögerungsleitung implementiert sein, bei der der Bitstrom von der Präambelregenerierungsschaltung **142** mittels des Phasenfehlersignals **116** durch die entsprechende abgegriffene Verzögerungsleitung gelenkt wird.

[0048] [Fig. 7](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der Kommunikationsvorrichtung **104**, die Mechanismen zum Messen der in die Kommunikationsvorrichtung **104** eingebrachten Verzögerung und zum Weiterleiten der gemessenen Verzögerung an den Knoten **14** in einem Nachfolgepaket umfasst. Die Kommunikationsvorrichtung **104** umfasst eine Zeitpaketerkennungseinrichtung **160**, die den UTP **52** in dem ankommenden Rohbitstrom **110** erfasst und die den UTP **52** in dem Ausgangsbitstrom in der Kommunikationsverknüpfung **102** erfasst. Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **160** erhält einen Zeitwert von einem lokalen Takt **162**, wenn sie den UTP **52** in dem ankommenden Rohbitstrom **110** erfasst, und erhält einen Zeitwert von dem lokalen Takt **162**, wenn sie den UTP **52** in der Kommunikationsverknüpfung **102** erfasst. Die Differenz dieser Zeitwerte ist die Verzögerung, die der Kommunikationsvorrichtung **104** zugeordnet ist.

[0049] Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **160** erzeugt ein Nachfolgepaket, das die der Kommunikationsvorrichtung **104** zugeordnete Verzögerung enthält, und transferiert diese über die Kommunikationsverknüpfung **102**. Die Zeitpaketerkennungseinrichtung **32** erhält dieses Nachfolgepaket und verwendet die der Kommunikationsvorrichtung **104** zugeordnete Verzögerung, um beim Einstellen des lokalen Takts **36** die Differenz zwischen dem Zeitstempel **50** und dem Zeitwert in dem Zeitstempel-Latch **38** zu korrigieren.

Patentansprüche

1. Ein verteiltes System, gekennzeichnet durch:
 einen ersten Knoten (12), der einen lokalen Takt (22) und eine Schaltungsanordnung (20) zum Erzeugen eines ersten Zeitgebungsdatenpakets (18) und eines Folgepakets (16) aufweist, wobei das Zeitgebungsdatenpaket (18) einen eindeutigen Zeitgebungspunkt (52) und einen Begrenzer (54) umfasst und wobei das Folgepaket (16) einen von dem ersten lokalen Takt (22) erhaltenen Zeitstempel (50) aufweist, der eine Zeit angibt, zu der das Zeitgebungsdatenpaket (18) erzeugt wird;
 einen zweiten Knoten (14), der eine Schaltungsanordnung (32) zum Empfangen des Zeitgebungsdatenpakets (18) und des Folgepakets (16) über eine Kommunikationsverknüpfung (104) aufweist, wobei der zweite Knoten (14) einen zweiten lokalen Takt (36) und eine Schaltungsanordnung zum Erhalten eines lokalen Zeitwerts von dem lokalen Takt (36), wenn der eindeutige Zeitgebungspunkt (52) erfasst wird, und zum Verwerfen des lokalen Zeitwerts, wenn der Begrenzer (54) nicht erfasst wird, aufweist, so dass ein Unterschied zwischen dem Zeitstempel (50) des Folgepakets (16) und dem lokalen Zeitwert, falls er nicht verworfen wird, eine relative Synchronisation der lokalen Takte (22, 36) angibt.

2. Das verteilte System gemäß Anspruch 1, bei dem die Schaltungsanordnung (32) zum Empfangen des Zeitgebungsdatenpakets (18) folgende Merkmale aufweist:

eine Signalkonditionierungsschaltung (72) zum Erzeugen eines Rohbitstroms ansprechend auf das Zeitgebungsdatenpaket (18);

eine Phasenregelschleifenschaltung (76) zum Wiedergewinnen eines Taktsignals aus dem Rohbitstrom;

eine Schaltungsanordnung (74) zum Erzeugen eines Erfassungssignals durch Erfassen des eindeutigen Zeitgebungspunktes (52) in dem Rohbitstrom, so dass das Erfassungssignal einen Jitter bei der Erfassung des eindeutigen Zeitgebungspunktes (52), der der Phasenregelschleifenschaltung zugeordnet ist, verringert.

3. Das verteilte System gemäß Anspruch 1, bei dem die Schaltungsanordnung (32) zum Empfangen des Zeitgebungsdatenpakets (18) folgende Merkmale aufweist:

eine Signalkonditionierungsschaltung (72) zum Erzeugen eines Rohbitstroms ansprechend auf das Zeitgebungsdatenpaket (18);

eine Schaltungsanordnung (78) zum Erzeugen eines Satzes von wiedergewonnenen Signalen aus dem Rohbitstrom;

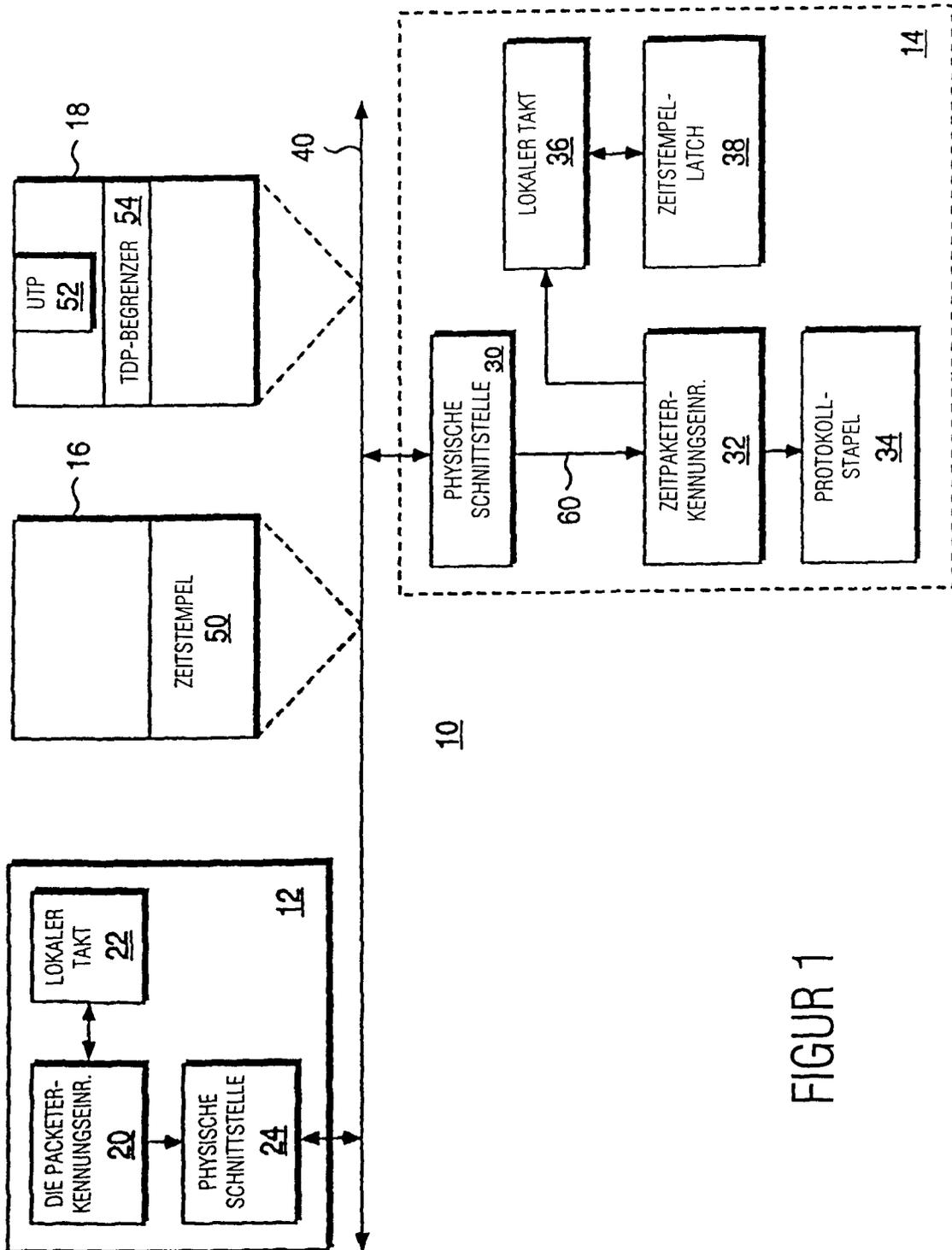
eine Schaltungsanordnung (80) zum Erzeugen eines Phasenfehlersignals, das einen Phasenunterschied zwischen dem Rohbitstrom und den wiedergewonnenen Signalen anzeigt, so dass das Phasenfehlersig-

nal eine Korrektur eines Jitters, der den wiedergewonnenen Signalen zugeordnet ist, ermöglicht.

4. Das verteilte System gemäß Anspruch 1, bei dem der zweite Knoten (14) zum Aufnehmen einer Serie von Zeitgebungsdatenpaketen und entsprechenden Folgepaketen über die Kommunikationsverknüpfung angepasst ist und ferner eine Einrichtung zum Bestimmen eines Mittelwerts eines Satzes von Unterschieden zwischen einer Serie von von dem lokalen Takt (36) erhaltenen Zeitwerten ansprechend auf die Serie von Zeitgebungsdatenpaketen und eine in den entsprechenden Folgepaketen enthaltene Serie von Zeitstempeln umfasst, so dass der Mittelwert eine relative Synchronisation der lokalen Takte (22, 36) des ersten und des zweiten Knotens (12, 14) angibt.

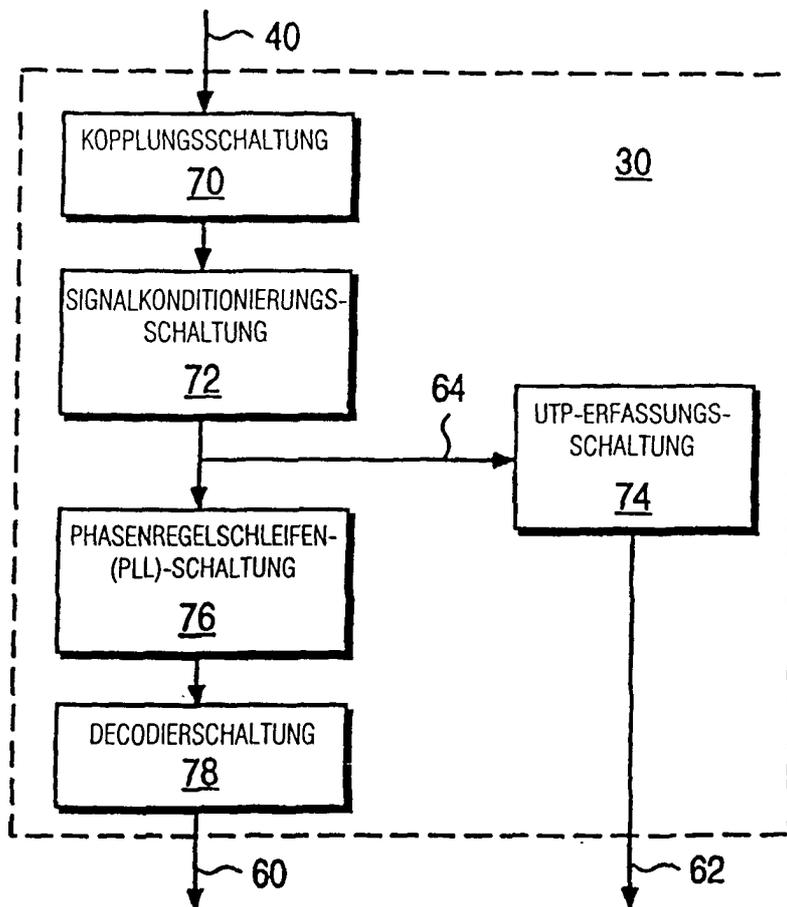
Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

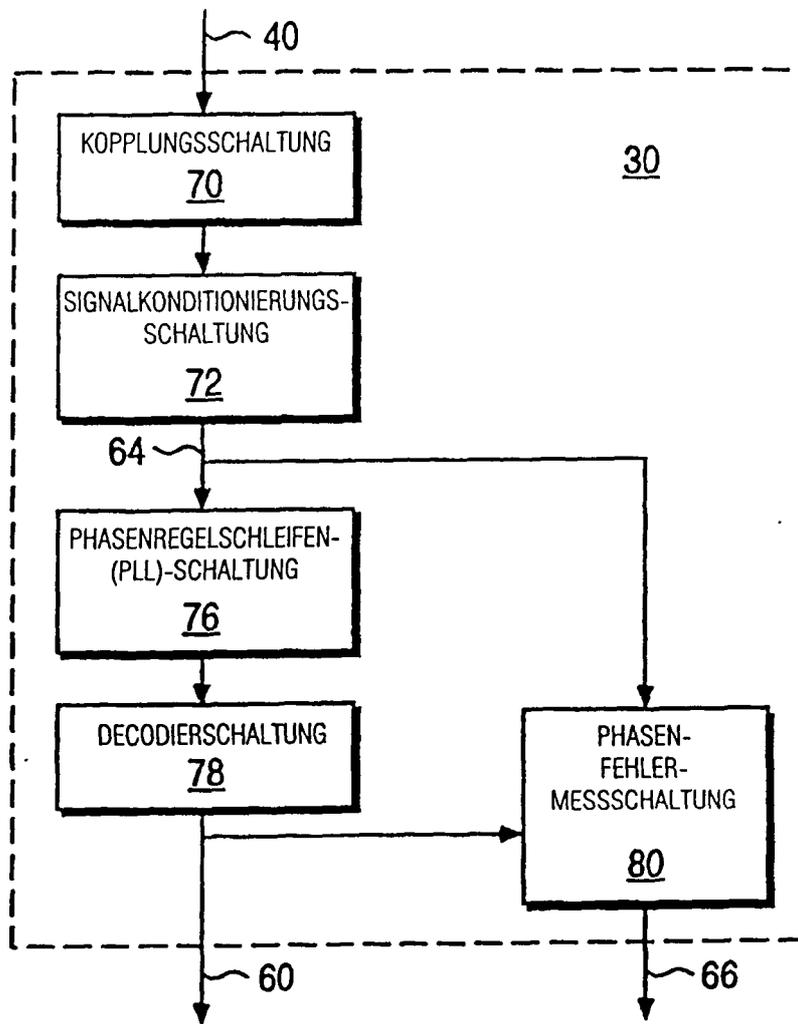


FIGUR 1

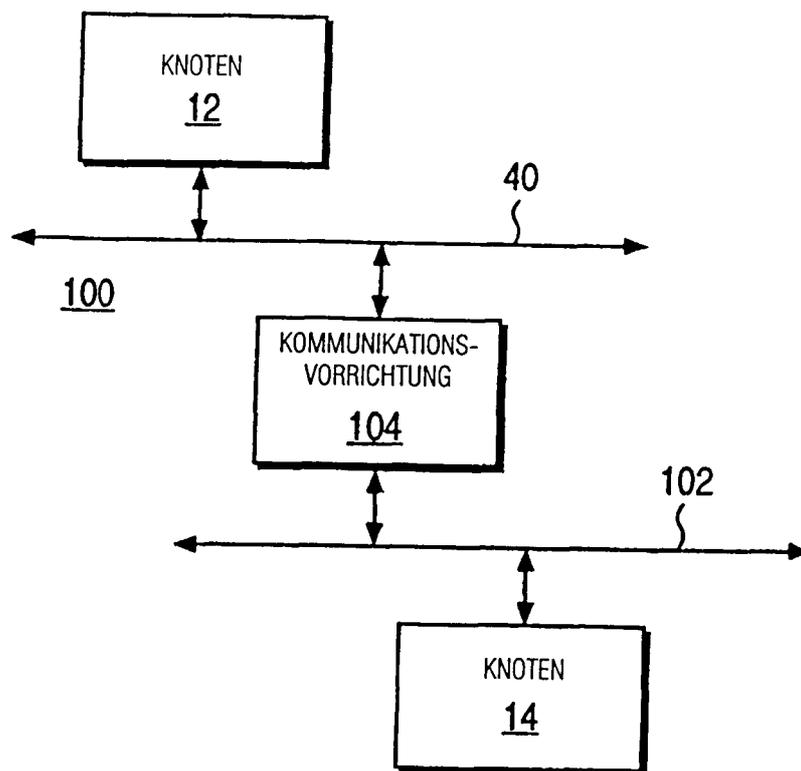
FIGUR 2



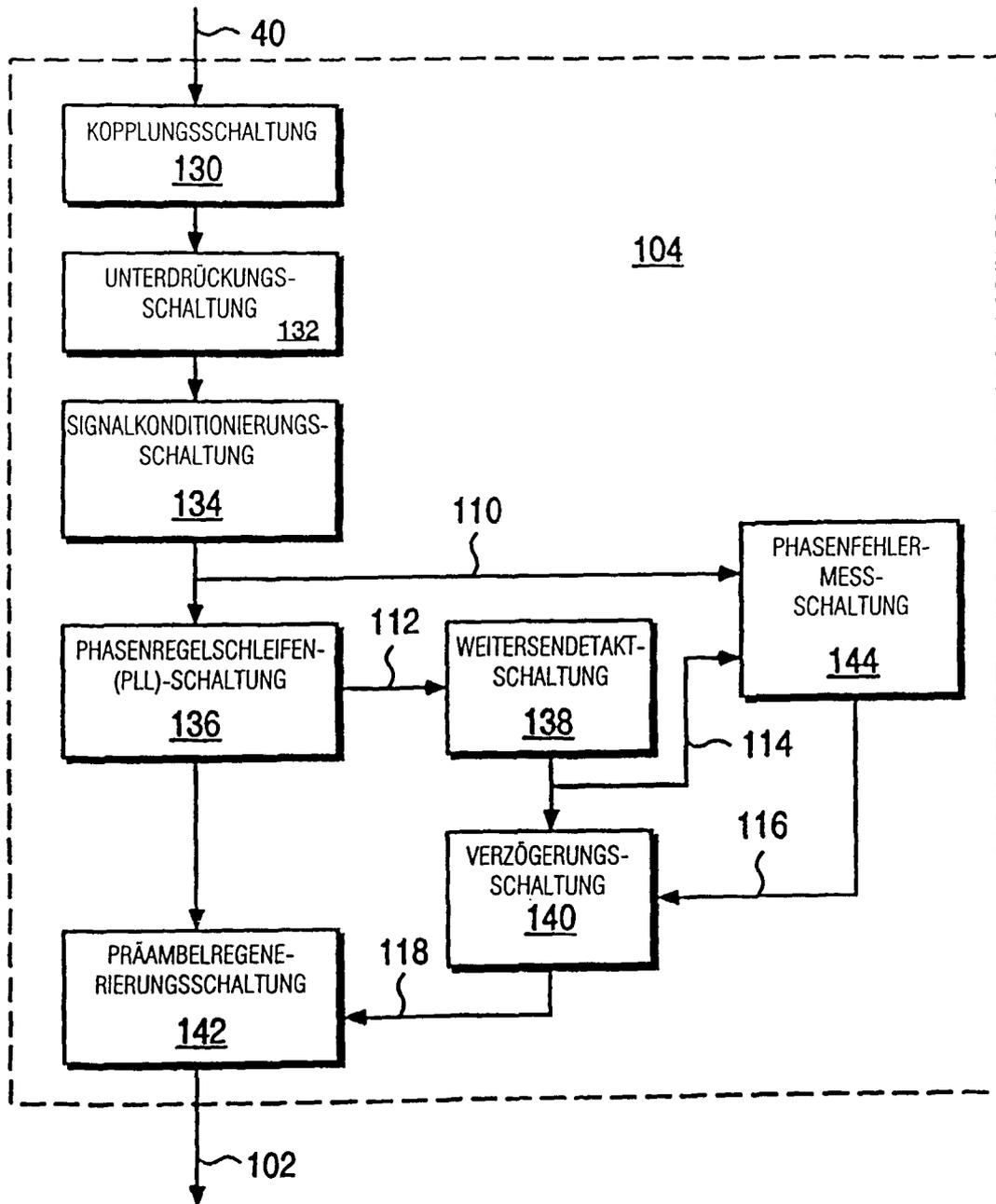
FIGUR 3



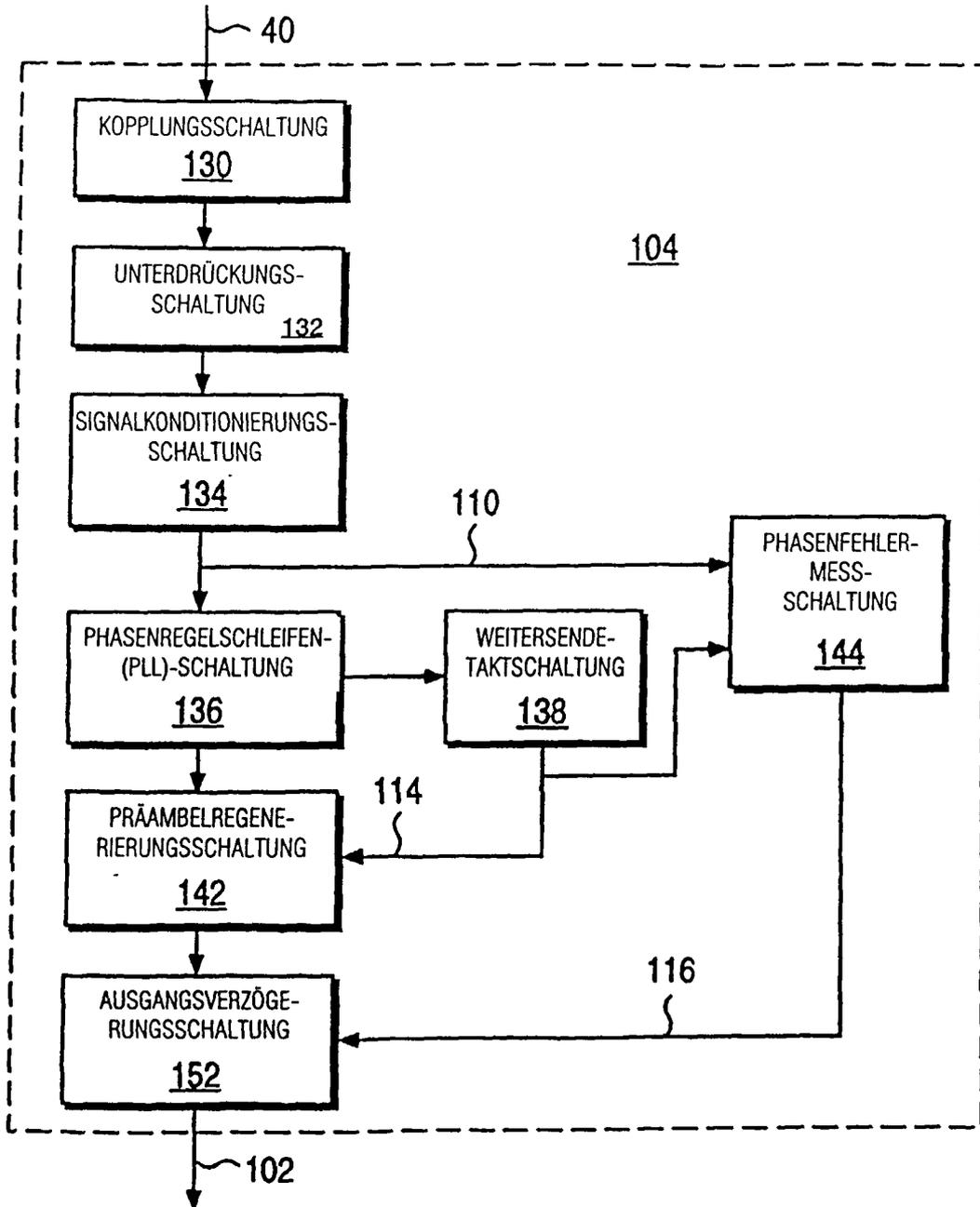
FIGUR 4



FIGUR 5



FIGUR 6



FIGUR 7

