

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
 PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
 Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
 Veröffentlichungsdatum

27. Juni 2013 (27.06.2013)



W I P O I P C T



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/092853 AI**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
 H04N 21/242 (201.1.01) H04J 3/06 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/076370
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
 20. Dezember 2012 (20.12.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
 10 201 1 089 721.6  
 23. Dezember 2011 (23.12.2011) DE  
 10 2012 204 084.6 15. März 2012 (15.03.2012) DE
- (71) **Anmelder: ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG**  
 [DE/DE]; Mühlendorfstr. 15, 81671 München (DE).
- (72) **Erfinder: HERZOG, Norman;** Melchiorstr. 37, 10179  
 Berlin (DE).
- (74) **Anwalt: KÖRFER, Thomas;** Mitscherlich & Partner,  
 Sonnenstraße 33, 80331 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
 jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
 AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
 BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,  
 DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
 HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
 KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
 ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
 NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
 RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,  
 TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,  
 ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
 jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
 GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
 TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
 RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
 CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
 LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
 SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
 GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR OPTIMIZING SHORT-TERM STABILITY OF A CLOCK

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN UND SYSTEM ZUR OPTIMIERUNG EINER KURZZEITSTABILITÄT EINES TAKTES

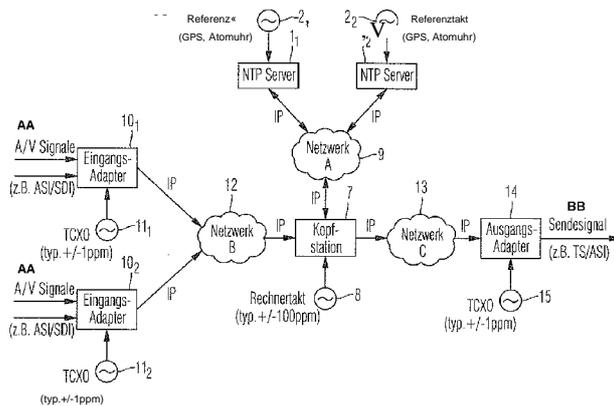


Fig. 4

- FIG. 4:**  
 2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> Reference clock (GPS, atomic clock)  
 9, 12, 13 Network  
 7 Head-end Station  
 8 Computer clock  
 10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub> Input adapter  
 AA A/V Signals (e.g. ASI/SDI)  
 14 Output adapter  
 BB Transmission Signal (e.g. TS/ASI)

(57) **Abstract:** A System for optimizing short-term stability of a clock from a clock source synchronized with a first reference clock source with long-term stability transmits numbers of clocks of a first reference clock from the first reference clock source (2<sub>i</sub>, 2<sub>2</sub>, 2<sub>3</sub>, 2<sub>4</sub>) to the clock source (8) between an initialization time and a plurality of times in each case in a data-packet-oriented network (9). The clock from the clock source (8) is adjusted by correcting a difference between numbers of clocks of the first reference clock which are received in the clock source (8) and numbers of clocks of the first reference clock between the initialization time and the respective times at which the numbers of clocks of the first reference clock are received. In addition, numbers of clocks of a second reference clock for the data packet are transmitted to the clock source (8) at individual times with the number of clocks from at least one second freewheeling reference clock source (1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>). The maximum difference between the first reference clock and the second reference clock from the clock source (8) is known. The difference between the clock from the clock source (8) and each second reference clock is limited to a first adjustable threshold value.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Ein System zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes einer mit einer ersten langzeitstabilen Referenztaktquelle synchronisierten Taktquelle überträgt Taktanzahlen eines ersten Referenztaktes der ersten Referenztaktquelle (2 i, 22, 23, 24) zwischen einem Initialisierungszeitpunkt und jeweils mehreren Zeitpunkten in einem datenpaketorientierten Netzwerk (9) zur Taktquelle (8). Der Takt der Taktquelle (8) wird mittels Ausregeln einer Differenz zwischen in der Taktquelle (8) empfangenen Taktanzahlen des ersten Referenztaktes und Taktanzahlen des ersten Referenztaktes zwischen dem Initialisierungszeitpunkt und den jeweiligen Empfangszeitpunkten der Taktanzahlen des ersten Referenztaktes eingestellt. Zusätzlich werden Taktanzahlen eines zweiten Referenztaktes des Datenpakets mit der Taktanzahl von mindestens einer zweiten freilaufenden Referenztaktquelle (11<sub>1</sub>, 11<sub>2</sub>) in einzelnen Zeitpunkten zur Taktquelle (8) übertragen. Die maximale Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Referenztakt der Taktquelle (8) ist bekannt. Die Differenz zwischen dem Takt der Taktquelle (8) und jedem zweiten Referenztakt wird auf einen ersten einstellbaren Schwellwert begrenzt.

## Verfahren und System zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur  
5 Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes.

In Netzwerken, insbesondere in Netzwerken mit hohen  
Echtzeitanforderungen wie beispielsweise in einer  
Kopfstation (so genanntes Headend), in der ein digitaler  
10 Datenstrom mit zu verschiedenen Programmen jeweils  
gehörigen Video- und Audiodaten zur Übertragung in einem  
digitalen Rundfunksystem erzeugt wird, werden die  
eingesetzten Taktquellen mit einer Referenztaktquelle  
synchronisiert. Als Referenztaktquelle dient hierbei die  
15 Global-Position-System(GPS) -Zeit, welche über GPS-  
Satelliten als Zeitsignal mit hoher Genauigkeit in Form  
von Sekundenimpulsen (1 Pulse-Per-Second (PPS)) oder in  
Form eines 10 MHz Referenztaktes ausgestrahlt wird, oder  
das Network-Time-Protocol (NTP), das über ein  
20 datenpaketorientiertes Netzwerk, bevorzugt über das  
Internet, auf Anfrage eines nachfragenden Clients  
Referenzzeitinformationen der Universal-Time-Coordinated  
(UTC)-Zeit von einem NTP-Server versendet.

25 Gemäß Fig. 1 werden von primären Zeit-Servern  $1_1, 1_2, 1_3$   
und  $1_4$ , den sogenannten NTP-Servern, die mit einer hoch  
genauen Referenzzeitquelle  $2_1, 2_2, 2_3$  und  $2_4$ , der UTC-  
Referenzzeitquelle, gekoppelt sind, auf Anfrage eines  
sekundären Servers  $3_1, 3_2, 3_3, 3_4, 3_5$  und  $3_6$  in Datenpaketen  
30 auf der Referenzzeit basierende Zeitstempelinformationen  
verschickt. Aufgrund der Übertragungszeit vom  
nachfragenden sekundären Server zum NTP-Server und vom  
NTP-Server zum nachfragenden sekundären Server, die von  
der Höhe des Datenverkehrs im Internet abhängt, erhält der

nachfragende sekundäre Server die angefragte Zeit mit einem statistischen Zeitverzug. Dieser statistische Zeitverzug, der zu einer Ungenauigkeit der Zeit im nachfragenden sekundären Server führt, muss über geeignete  
5 Algorithmen weitest möglich minimiert werden.

Eine Möglichkeit zur Minimierung der Ungenauigkeit der nachgefragten Zeit erfolgt gemäß Fig. 2 durch Anfrage der nachfragenden Taktfilter  $4_1$ ,  $4_2$  und  $4_3$  des sekundären  
10 Servers 3 bei mehreren NTP-Servern. Aus allen empfangenen Zeiten wird in einem Teilrechner 5 des sekundären Servers 3 mittels eines NTP-Algorithmuses die minimale Zeit ausgewählt, die der kleinsten Übertragungsverzögerung entspricht. Schließlich werden auch NTP-Server  
15 aussortiert, bei denen die Übertragungszeit von der Zeitanfrage bis zum Empfang der Zeitinformation großen statistischen Schwankungen unterworfen ist und/oder die Zeitinformation grundsätzlich falsch ist.

20 Eine weitere Minimierung dieses statistischen Zeitverzugs wird durch einen im sekundären Server 3 integrierten Phasenregelkreis 6, einen sogenannten Phase-Locked-Loop (PLL), realisiert, in dem die empfangenen Zeiten, die im NTP-Server seit einem Initialisierungszeitpunkt bis zum  
25 jeweiligen Sendezeitpunkt gezählte Takte der zugehörigen Referenzzeitquelle und somit Phasen darstellen, mit den gezählten Takten der zugehörigen Referenzzeitquelle zum Empfangszeitpunkt der einzelnen Zeitstempelinformationen im sekundären Server 3, die ebenfalls Phasen darstellen,  
30 verglichen und ausgeregelt werden. Im Phasenregelkreis erfolgt durch Mittelung über mehrere Phasendifferenzen in einem Mittelungsfiler eine Minimierung dieses Phasenjitters bzw. Phasenrauschens. Die zum Empfangszeitpunkt der einzelnen Zeitstempelinformation im

sekundären Server gezählte Taktanzahl der zugehörigen Referenzzeitquelle ergibt sich aus der empfangenen Taktanzahl zuzüglich der im Zeitintervall zwischen Sendezeitpunkt im primären Server und Empfangszeit im sekundären Server gezählten Takte der zugehörigen Referenzzeitquelle. Der Sendezeitpunkt im primären Server wird näherungsweise als Mittelwert zwischen dem Zeitpunkt der Zeitanfrage durch den sekundären Server und dem Zeitpunkt des Empfangs der zugehörigen Zeitstempelinformation im sekundären Server gewählt.

Aus der DE 10 2009 057 362 AI ist eine Taktquelle für eine Kopfstation bekannt, deren Takt ebenfalls mit dem langezeitstabilen Referenztakt eines NTP-Servers synchronisiert wird. Zur gleichzeitigen Erhöhung der Kurzzeitstabilität des Taktes der Taktquelle wird der langzeitstabile Referenztakt des NTP-Servers mit dem kurzzeitstabilen Referenztakt einer weiteren Referenztaktquelle interpoliert.

Sowohl die Durchführung der Mittelung als auch der Interpolation benötigt eine gewisse Verarbeitungszeit, innerhalb der eine Drift des Taktes der Taktquelle im sekundären Server auftritt, die zu einem kumulierten Zeit-Offset der Taktquelle von typischerweise einigen zehn Millisekunden innerhalb einer Laufzeit von einer Stunde führt. Eine Änderung der Umgebungstemperatur führt hierbei zu einer relativ schnellen Frequenzänderung der Taktquelle, welche durch die Mittelung erst verspätet erkannt und ausgeglichen wird. Dies kann bei den Echtzeitanwendungen einer Kopfstation zu einem Überlauf oder zu einem Leerlauf der Puffer, in denen die einzelnen Datenpakete des zu übertragenden digitalen Transportdatenstroms zwischengespeichert werden, und damit

zu einem Verlust von zu senden Datenpaketen oder zu einer Übertragungslücke führen, die jeweils nicht tolerierbare Betriebszustände darstellen.

5 Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und ein System zur reaktionsschnellen Optimierung der KurzzeitStabilität eines Taktes einer Taktquelle zu schaffen, die bereits mit einem langezeit stabilen Referenztakt synchronisiert ist.

10

Die Erfindung wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Optimierung einer KurzzeitStabilität eines Taktes mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch ein erfindungsgemäßes System zur Optimierung einer

15 KurzzeitStabilität eines Taktes mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12 gelöst. Vorteilhafte technische Erweiterungen sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen aufgeführt.

20 Im erfindungsgemäßen Verfahren und im erfindungsgemäßen System werden zusätzlich zur Übertragung einer Taktanzahl eines ersten Referenztaktes einer ersten Referenztaktquelle, die jeweils zwischen einem Initialisierungszeitpunkt und einzelnen Zeitpunkten in der  
25 ersten Referenztaktquelle gezählt werden, über ein datenpaketorientiertes Netzwerk zu einer Taktquelle und einer Taktgenerierung in der Taktquelle durch Ausregeln der jeweils übertragenen Taktanzahl mit der in der Referenztaktquelle gezählten Takte zwischen dem  
30 Initialisierungszeitpunkt und dem Empfangszeitpunkt der jeweils übertragenen Taktanzahl in der Taktquelle eine Taktanzahl eines zweiten Referenztaktes einer zweiten Referenztaktquelle zur Taktquelle übertragen.

Die zweite Referenztaktquelle ist gegenüber der ersten Referenztaktquelle bevorzugt freilaufend, so dass ihre zu den einzelnen Zeitpunkten jeweils gezählten Takte in keiner Relation zu den zeitkorrekten Taktanzahlen der ersten Referenztaktquelle stehen. Die maximale Abweichung des zweiten Referenztaktes zum zeitkorrekten ersten Referenztakt ist vorzugsweise bekannt und konstant. Somit stellt der zweite Referenztakt einen Korridor für eine maximale Abweichung des in der Taktquelle aus den durch die Übertragung zeitverzögerten Taktanzahlen des ersten Referenztaktes ermittelten und damit fehlerbehafteten ersten Referenztaktes zum korrekten in der ersten Referenztaktquelle erzeugten ersten Referenztakt dar. Auf diese Weise wird in einer ersten Ausführungsform der Erfindung die Differenz zwischen dem von der Taktquelle erzeugten Takt und dem zweiten Referenztakt auf die bekannte maximale Differenz zwischen ersten oder zweiten Referenztakt begrenzt, indem der von der Taktquelle erzeugte Takt in einer übergeordneten Frequenz- bzw. Taktregelung so geregelt wird, dass diese Bedingung erfüllt ist.

Zur Rekonstruktion des zweiten Referenztaktes in der Taktquelle werden in der zweiten Referenztaktquelle die einzelnen gezählten Taktanzahlen des zweiten Referenztaktes in einer konstanten Periodizität an die Taktquelle über ein zweites Netzwerk gesendet, das bevorzugt ein lokales Hochgeschwindigkeitsnetz mit geringen Übertragungszeiten ist. Da der zweite Referenztakt in der Taktquelle aus den einzelnen, von der zweiten Referenztaktquelle jeweils empfangenen Taktanzahlen des zweiten Referenztaktes ermittelt wird, die gegenüber den Taktanzahlen des zweiten Referenztaktes zum zugehörigen Sendezeitpunkt geringfügig statistisch

zeitverschoben sind, ergibt sich eine geringfügige Abweichung zwischen dem in der Taktquelle ermittelten zweiten Referenztakt und dem in der zweiten Referenztaktquelle korrekt erzeugten zweiten Referenztakt.

5 Eine Berücksichtigung dieser Abweichung des zweiten Referenztaktes wird dadurch berücksichtigt, dass die Differenz zwischen dem von der Taktquelle erzeugten Takt und dem in der Taktquelle ermittelten zweiten Referenztakt auf eine um einen ersten einstellbaren Schwellwert erhöhte

10 maximale Differenz zwischen ersten und zweiten Referenztakt begrenzt wird.

Die Erzeugung des Taktes in der Taktquelle aus den empfangenen Taktanzahlen des ersten Referenztaktes erfolgt

15 durch eine Phasen- und/oder Frequenzregelung. Im Fall einer Phasenregelung wird die empfangene Taktanzahl des ersten Referenztaktes an die in der Taktquelle ermittelte, in der ersten Referenztaktquelle zum Empfangszeitpunkt der zu übertragenden Taktanzahl des ersten Referenztaktes

20 gezählte Taktanzahl des ersten Referenztaktes geregelt. Die zur Anpassung der Taktanzahl des ersten Referenztaktes erforderliche Frequenz eines in der Phasenregelung integrierten Frequenzoszillators gemäß Fig. 3 stellt die

25 zumindest im Zeitintervall des Ausregeins erforderliche Änderung des Taktes der Taktquelle und somit die im Zeitintervall des Ausregeins vorhandene Abweichung des aktuell in der Taktquelle erzeugten Takts vom korrekten ersten Referenztakt dar. Der zweite Referenztakt stellt auch hier einen Korridor für die Abweichung zwischen dem

30 aktuellen in der Taktquelle erzeugten Takt vom korrekten ersten Referenztakt dar, so dass die Differenz zwischen dem in der Taktquelle erzeugten Takt und dem zweiten Referenztakt in einer zweiten Ausführungsform der

Erfindung auf einem zweiten einstellbaren Schwellwert begrenzt wird.

Der zweite Referenztakt wird in einer ersten Variante der  
5 Erfindung in einer einzigen zweiten Referenztaktquelle erzeugt und an die Taktquelle übertragen.

In einer zweiten Variante der Erfindung werden in mehreren zweiten Referenztaktquellen jeweils zweite Referenztake  
10 erzeugt und zur Taktquelle übertragen. In der Taktquelle erfolgt die Ermittlung des zweiten Referenztaktes durch Mittelung über alle empfangenen zweiten Referenztake. Weisen die einzelnen zweiten Referenztaktquellen jeweils einen nicht temperaturkompensierten Frequenzoszillator zur  
15 Erzeugung des einzelnen zweiten Referenztaktes auf, so driften die einzelnen zweiten Referenztakt bei einer Temperaturänderung in dieselbe Richtung und eine Verbesserung der Genauigkeit des zweiten Referenztaktes in der Taktquelle ist durch die Mehrfachauslegung der zweiten  
20 Referenztaktquellen nicht gegeben. Sind die Frequenzoszillatoren in den einzelnen zweiten Referenztaktquellen dagegen alle temperaturkompensiert, so ist die Drift der einzelnen zweiten Referenztake nur noch auf die deutlich geringer ausgeprägte Exemplarstreuung und  
25 Kompensationsungenauigkeit der einzelnen Frequenzoszillatoren begrenzt und der in der Taktquelle gemittelte zweite Referenztakt weist eine deutlich höhere Genauigkeit auf.

30 Im Fall eines Ausfalls des datenpaketorientierten Netzwerkes, d.h. z. B. im Fall eines Ausfalls des Internets, von der ersten Referenztaktquelle zur Taktquelle wird der zweite Referenztakt in der Taktquelle kontinuierlich aus den empfangenen Taktanzahlen des

zweiten Referenztaktes mittels linearer Regression über eine bestimmte Anzahl von empfangenen Taktanzahlen ermittelt und der Takt der Taktquelle im Rahmen einer Frequenzregelung mit dem ermittelten zweiten Referenztakt als Referenzsollwert bestimmt wird.

Alternativ wird im Fall eines Ausfalls des datenpaketorientierten Netzwerkes von der ersten Referenztaktquelle zur Taktquelle aus den bis zum Zeitpunkt des Ausfalls des datenpaketorientierten Netzwerkes empfangenen Taktanzahlen der ersten Referenztaktquelle mittels linearer Regression ein erster Referenztakt ermittelt, der für den Zeitraum des Ausfalls als Frequenzsollwert einer den Takt der Taktquelle regelnden Frequenzregelung dient. Aufgrund fehlender Kurzzeitstabilität des ersten Referenztaktes und ausbleibender Taktanzahlen des ersten Referenztaktes während des Ausfalls des datenpaketorientierten Netzwerkes ist die Genauigkeit eines derart erzeugten Taktes gegenüber dem in einer Frequenzregelung mit dem zweiten Referenztakt als Frequenzsollwert erzeugten Takt deutlich geringer .

Wird der Abstand zwischen dem Takt der Taktquelle und dem zweiten Referenztakt größer als ein dritter einstellbarer Schwellwert, liegt also ein deutlicher Abstand zwischen dem in der Taktquelle erzeugten Takt, der typischerweise vom ersten Referenztakt abweicht, und dem in der ersten Referenztaktquelle korrekt erzeugten ersten Referenztakt, so wird in einer dritten Ausführungsform der Erfindung die Rate, mit der Taktanzahlen des ersten Referenztaktes von der ersten Referenztaktquelle zur Taktquelle übertragen werden, erhöht. Auf diese Weise wird der erste Referenztakt in der Taktquelle in kürzeren Zeitabständen

rekonstruiert und damit eine Drift des in der Taktquelle erzeugten Taktes vom korrekten ersten Referenztakt minimiert .

5 Die einzelnen Ausführungsformen und Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Systems zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes werden im Folgenden anhand der Zeichnung im Detail erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

10

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Systems zur Takt synchronisierung mehrerer Datenverarbeitungseinheiten mittels Network-Time-Protocol ,

15

Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Systems zur Takt synchronisierung einer Datenverarbeitungseinheit mittels Network-Time-Protocol ,

20

Fig. 3 ein Zeitdiagramm der Phase und der Frequenz in einem Phasenregelkreis,

Fig. 4 ein Blockdiagramm eines Systems zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

25

Fig. 5 ein Diagramm zur Darstellung der relative Frequenzänderung eines Quarzoszillators in Abhängigkeit der Temperatur und des Schnittwinkels des Quarzes gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ,

30

Fig. 6 ein Diagramm zur Darstellung der relativen Taktänderung bei Mittelung über die von mehreren temperaturkompensierten Quarzoszillatoren erzeugten Takte gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

Fig. 7 ein Zeitdiagramm der kumulierten Takte von mehreren Taktgebern mit jeweils unterschiedlicher Frequenzdrift gemäß einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

Fig. 8A ein Flussdiagramm einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes,

15

Fig. 8B ein Flussdiagramm einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes und

Fig. 8C ein Flussdiagramm einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Systems zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes für eine Taktquelle in einem Prozessrechner, bevorzugt in einer Kopfstation einer Rundfunkstation, ist in Fig. 4 dargestellt .

Die Kopfstation (Headend) 7 einer Rundfunkanstalt, in der verschiedene Video- und Audio-Datenströme verschlüsselt und zu einem einzigen digitalen verschlüsselten Transportdatenstrom zusammengefasst werden, ist typischerweise durch einen Prozessrechner realisiert, d.h.

durch einen Server mit einer genügend hohen Rechenleistung zur Realisierung der Signalverarbeitungsfunktionen in Echtzeit.

5 Der Server der Kopfstation 7 wird durch eine interne Taktquelle 8 getaktet, die gegenüber einer Referenztaktquelle - beispielsweise der GPS-Zeit oder der bei NTP-Servern verwendeten UTC-Zeit - eine vergleichsweise geringe Genauigkeit aufweist. Diese liegt  
10 bei handelsüblichen Servern typischerweise in der Größenordnung von +/- 100 ppm. Eine derartig schlechte Genauigkeit einer Taktquelle führt zu einer Drift - das heißt einer Taktänderung - des von der Taktquelle erzeugten Taktes, die in eine Ungenauigkeit der Uhrzeit  
15 der Taktquelle gegenüber einer Referenz-Uhrzeit einer Referenztaktquelle in der Größenordnung von einigen zehn Millisekunden über eine Laufzeit von einer Stunde mündet. Eine derartige Ungenauigkeit in der absoluten Uhrzeit der Taktquelle ist für den Echtzeitbetrieb einer Kopfstation  
20 nicht akzeptabel, da die Datenpakete des verschlüsselten Transportdatenstroms, die mit einem Zeitstempel aus der Taktquelle versehen sind, in den Puffern der einzelnen Sender entweder zu lange zwischengespeichert werden und damit einen Überlauf der Puffer verursachen oder zu kurz  
25 zwischengespeichert werden und damit einen Leerlauf der Puffer verursachen. In beiden Fällen kommt es zu einer unerwünschten Betriebsstörung.

Zur Erhöhung der Genauigkeit der internen Taktquelle 8  
30 wird der Takt dieser Taktquelle 8 zum Referenztakt einer Referenztaktquelle synchronisiert. Hierzu werden, wie oben schon erwähnt wurde, über ein datenpaketorientiertes Netzwerk 9, bevorzugt über das Internet, mittels der Methode des Network-Time-Protocol (NTP) von mehreren NTP-

Servern  $1_1$  bzw.  $1_2$ , die jeweils mit einer hoch genauen Referenzzeitquelle  $2_1$  bzw.  $2_2$  (der UTC-Referenzzeit) gekoppelt sind, die in den einzelnen NTP-Servern  $1_1$  bzw.  $1_2$  zu einem bestimmten Abrufzeitpunkt seit einem Initialisierungszeitpunkt gezählte Taktzyklenanzahl der Referenzzeitquelle  $2_1$  bzw.  $2_2$  an die Kopfstation 7 übertragen. Über Details zur Methodik des Network-Time-Protocol (NTP) sei auf David L. Mills "Internet Time Protocol: The Network Time Protocol", IEEE Transactions on Communications, Vol. 39, No. 10, Oktober 1991, Seiten 1482 bis 1493, verwiesen, dessen Inhalt somit zum Bestandteil der vorliegenden Patentanmeldung wird.

Die einzelnen zu den jeweiligen Programmen jeweils gehörigen Video- und Audio-Datenströme, die in einem oder mehreren Studios erzeugt werden, werden in verschiedenen Datenformaten (beispielsweise Serial-Digital-Interface (SDI) für unkomprimierte digitale Videodaten, Asynchronous-Serial-Interface (ASI) für vorkomprimierte digitale Videodaten und Audio-Engineering-Society-3 (AES3) für digitale Audiodaten) von den einzelnen Studios zur Kopfstation 7 übertragen. Diese werden dann in zugeordneten Eingangs-Adaptern  $10_1$  und  $10_2$ , die in der Nähe der Kopfstation 7 platziert sind und mit Taktquellen  $11_1$  und  $11_2$  mit einer vergleichsweise hohen Genauigkeit in der Größenordnung von +/- 1 ppm gekoppelt sind, in Datenpakete gefüllt, die über ein lokales Hochgeschwindigkeitsnetzwerk 12, bevorzugt über ein Intranet, zur Kopfstation 7 übertragen werden.

Analog wird der von der Kopfstation 7 erzeugte Transportdatenstrom mit seinen einzelnen Datenpaketen über ein lokales Hochgeschwindigkeitsnetzwerk 13, bevorzugt über das Intranet, zu einem in der Nähe der Kopfstation 7

platzierten Ausgangs-Adapter 14 mit einer Taktquelle 15 mit einer hohen Frequenzstabilität in der Größenordnung von  $\pm 1$  ppm übertragen, in dem die Datenpakete des ankommenden Transportdatenstroms vom Internet-Protocol (IP)-Datenformat in ein geeignetes Datenformat (beispielsweise Asynchronous-Serial-Interface (ASI)) zur Übertragung an die einzelnen Sender gewandelt werden.

Im Folgenden wird die erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes für eine Taktquelle in einem Prozessrechner, bevorzugt in einer Kopfstation einer Rundfunkstation, anhand des Flussdiagrammes in Fig. 8A unter Bezugnahme auf das korrespondierende erfindungsgemäße System im Blockdiagramm der Fig. 4 vorgestellt :

Im ersten Verfahrensschritt S10 werden in mindestens einer ersten Referenztaktquelle, bevorzugt gemäß Fig. 4 in den NTP-Servern  $1_1$  bzw.  $1_2$ , die Takte eines Taktgebers  $2_1$  bzw.  $2_2$ , der Takt der UTC-Zeit, seit einem definierten bzw. vereinbarten Initialisierungszeitpunkt in jeweils einem in Fig. 4 nicht dargestellten Zähler gezählt. Erhält der einzelne NTP-Server  $1_1$  bzw.  $1_2$  von einem zugehörigen in der Kopfstation 7 integrierten Taktfilter  $3_1$  bzw.  $3_2$  zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Zeitanfrage, so wird der Zählerstand des zum jeweiligen NTP-Server  $1_1$  bzw.  $1_2$  gehörigen Zählers zu diesem Zeitpunkt ausgelesen und in ein Datenpaket als Zeitstempelinformation zur Übertragung über das datenpaketorientierte Netzwerk 9 übertragen.

Nach dem Empfang des jeweiligen Datenpakets mit einer Zeitstempelinformation im zugehörigen Taktfilter  $3_1$  bzw.  $3_2$  ermittelt das zugehörige Taktfilter  $3_1$  bzw.  $3_2$  den

Sendezeitpunkt des jeweiligen Datenpakets, das als Zeitstempelinformation eine Taktanzahl der zugehörigen ersten Referenztaktquelle  $r_1$  bzw.  $r_2$  zum Sendezeitpunkt enthält, als Mittelwert des Empfangszeitpunktes des eine Taktanzahl enthaltenden Datenpakets und des Sendezeitpunktes der zugehörigen Zeitanfrage durch das zugehörige Taktfilter  $3_1$  bzw.  $3_2$ . Die Mittelwertbildung stellt lediglich eine Näherung dar. Genauere Ergebnisse für den Sendezeitpunkt ergeben sich, indem vom zugehörigen Taktfilter  $3_1$  bzw.  $3_2$  in kürzeren Zeitabständen mehrere Zeitanfragen an die zugehörigen Referenztaktquellen  $r_1$  bzw.  $r_2$  durchgeführt werden und in einer geeignet gewählten Mittelungsfunktion berücksichtigt werden.

Zusätzlich werden mittels eines NTP-Algorithmuses, wie oben schon erwähnt wurde, aus den von den einzelnen Taktfiltern  $3_1$  bzw.  $3_2$  jeweils empfangenen Taktzyklenanzahlen der zugehörigen ersten Referenztaktquellen  $r_1$  bzw.  $r_2$  in den zugehörigen Sendezeitpunkten die korrekteste Taktanzahl einer ersten Referenztaktquelle  $r_1$  oder  $r_2$  im zugehörigen Sendezeitpunkt ausgewählt. Zusätzlich werden in den Taktfiltern  $3_1$  bzw.  $3_2$  bzw. im NTP-Algorithmus die Taktzyklenanzahl der zugehörigen ersten Referenztaktquelle  $r_1$  bzw.  $r_2$  im Empfangszeitpunkt des eine Taktzyklenanzahl enthaltenden Datenpaketes in der Kopfstation 7 ermittelt, indem die in der Kopfstation 7 empfangene Taktzyklenanzahl der zugehörigen ersten Referenztaktquelle  $r_1$  bzw.  $r_2$  im zugehörigen Sendezeitpunkt um die ermittelbare Taktzyklenanzahl des ersten Referenztaktes zwischen dem jeweiligen Sendezeitpunkt des Datenpakets mit der Taktzyklenanzahl im jeweiligen NTP-Server  $r_1$  bzw.  $r_2$  und dem Empfangszeitpunkt des Datenpakets mit der Taktzyklenanzahl in der Kopfstation 7 bestimmt wird.

Im nächsten Verfahrensschritt S20 werden in mindestens einem Eingangs-Adapter  $12_1$  bzw.  $12_2$ , dem jeweils eine zweite Referenztaktquelle  $111$  bzw.  $112$  zugeordnet ist, die Taktzyklen des von der zweiten Referenztaktquelle  $111$  bzw.  $112$  erzeugten zweiten Referenztaktes in einem zum jeweiligen Eingangs-Adapter  $12_1$  bzw.  $12_2$  gehörigen und in Fig. 4 nicht dargestellten Zähler gezählt. In zyklischen Zeitpunkten werden die jeweils gezählten Taktzyklenanzahlen der von den einzelnen zweiten Referenztaktquellen  $111$  bzw.  $112$  erzeugten zweiten Referenz takte über ein zweites Netzwerk  $12$ , bevorzugt ein schnelles Hochgeschwindigkeitsnetzwerk, zur Kopfstation 7 übertragen. Analog zu Verfahrensschritt S10 werden in der Kopfstation 7 die Sendezeitpunkte der einzelnen Datenpakete, die Taktzyklenanzahlen der einzelnen zweiten Referenztaktquellen  $111$  bzw.  $112$  beinhalten, ermittelt.

Auf der Basis der in den einzelnen Empfangszeitpunkten jeweils empfangenen Taktzyklenanzahlen der ausgewählten ersten Referenztaktquelle  $111$  oder  $112$  und der in den zugehörigen einzelnen Empfangszeitpunkten der Datenpakete mit Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes jeweils in der ausgewählten ersten Referenztaktquelle  $111$  oder  $112$  aktuell gezählten Taktzyklenanzahl wird im darauffolgenden Verfahrensschritt S30 im Rahmen einer Phasenregelung 6 der Takt der Taktquelle 8 erzeugt, indem die Differenz zwischen den einzelnen empfangenen Taktzyklenanzahlen der ausgewählten ersten Referenztaktquelle  $111$  oder  $112$  und den ermittelten Taktzyklenanzahlen der ausgewählten ersten Referenztaktquelle  $111$  oder  $112$  zu den Empfangszeitpunkten der die zugehörigen Taktzyklenanzahlen enthaltenden Datenpakete zu Null geregelt wird.

Im darauf folgenden Verfahrensschritt S40 werden zweite Referenzakte aus den empfangenen Taktzyklenanzahlen der zweiten Referenztaktquelle  $I_{i_1}$  bzw.  $11_2$  und den ermittelten Sendezeitpunkten der Datenpakete, die die  
5 jeweiligen Taktzyklenanzahlen der jeweiligen Referenztaktquelle  $I_{i_1}$  bzw.  $11_2$  enthalten, ermittelt. Falls die ermittelten zweiten Referenzakte jeweils keine Konstanz aufweisen, werden jeweils linearisierte zweite Referenzakte über eine bevorzugt lineare Regression über  
10 eine größere Anzahl von empfangenen Taktanzahlen ermittelt. Während in einer ersten Variante der Erfindung jeweils nur eine Referenztaktquelle Verwendung findet, werden in einer zweiten Variante der Erfindung mehrere Referenztaktquellen  $I_{ii}$ ,  $11_2$  usw. benutzt. Mittels einer  
15 Mitteilung über die einzelnen linearisierten oder nicht linearisierten zweiten Referenzakte wird ein zweiter Referenztakt mit einer vergleichsweise hohen Frequenzgenauigkeit erzielt, der dem in Fig. 7 dargestellten korrekten zweiten Referenztakt schon sehr  
20 nahe kommt .

Die Frequenzoszillatoren der einzelnen Referenztaktquellen  $I_{ii}$  bzw.  $11_2$  sind bevorzugt temperaturkompensiert. Eine Abhängigkeit zwischen der relativen Frequenzabhängigkeit  
25 eines nicht temperaturkompensierten Frequenzoszillators von der Umgebungstemperatur entsprechend Fig. 5 liegt folglich nicht vor. Vielmehr sind die relativen Frequenzschwankungen der einzelnen temperaturkompensierten Frequenzoszillatoren in Abhängigkeit der Temperatur  
30 deutlich schwächer ausgeprägt und schwanken entsprechend Fig. 6 aufgrund von Ungenauigkeiten und Exemplarstreuungen und Kompensationsungenauigkeiten der Temperaturkompensation deutlich geringer. Eine Mittelung über die einzelnen zweiten Referenzakte, die von

temperaturkompensierten Frequenzoszillatoren erzeugt werden, führt zu einer deutlich geringeren Frequenzgenauigkeit des somit gemittelten zweiten Referenztaktes .

5

Im nächsten Verfahrensschritt S50 wird der vom Phasenregelkreis 6 erzeugte Takt an einen Takt-Korridor angepasst, der dem im vorherigen Verfahrensschritt S40 ermittelten zweiten Referenztakt zuzüglich bzw. abzüglich eines geeignet einstellbaren ersten Schwellwerts  
10 entspricht. Liegt der vom Phasenregelkreis 6 erzeugte Takt außerhalb dieses Takt-Korridors, so wird der erzeugte Takt an die Taktgrenze des Takt-Korridors mittels eines übergeordneten Frequenzregelkreises geführt, der dem  
15 erzeugten Takt am nächsten liegt.

In Äquivalenz zur Ermittlung des zweiten Referenztaktes in Verfahrensschritt S40 wird in einem nächsten optional durchzuführenden Verfahrensschritt S60 in der Kopfstation  
20 7 aus den einzelnen in der Kopfstation 7 empfangenen Taktanzahlen des ersten Referenztaktes und den tatsächlich kumulierten Taktanzahlen des ersten Referenztaktes zu den Empfangszeitpunkten der einzelnen Datenpakete, die Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes enthalten,  
25 mittels bevorzugt linearer Regression ein erster Referenztakt ermittelt.

Im abschließenden Verfahrensschritt S70 wird bei Ausfall des datenpaketorientierten Netzwerkes 9 mittels einer  
30 Frequenzregelung der Takt der Taktquelle 8 mit dem bis zum Ausfallzeitpunkt des datenpaketorientierten Netzwerkes 9 mittels linearer Regression ermittelten ersten Referenztakt als Frequenzsollwert erzeugt. Ein Takt der Taktquelle 8 mit einer höheren Genauigkeit wird durch

Benutzung des in Verfahrensschritt S40 ermittelten zweiten Referenztaktes als Frequenzsollwert der Frequenzregelung erzielt, da der zweite Referenztakt auch während des Ausfalls des datenpaketorientierten Netzwerkes 9 in der Kopfstation 7 ermittelbar ist. Sobald ein korrekter Betrieb des datenpaketorientierten Netzwerkes 9 wieder vorliegt, kann für die Erzeugung des Taktes der Taktquelle 8 von der Frequenzregelung wieder auf eine Phasenregelung umgeschaltet werden.

10

Im Folgenden wird die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes für eine Taktquelle in einem Prozessrechner, bevorzugt in einer Kopfstation einer Rundfunkstation, anhand des Flussdiagrammes in Fig. 8B unter Bezugnahme auf das korrespondierende erfindungsgemäße System im Blockdiagramm der Fig. 4 vorgestellt.

Die ersten Verfahrensschritte S100, S110 und S120 der zweiten Ausführungsform entsprechen den Verfahrensschritten S10, S20 und S40 der ersten Ausführungsform und werden deshalb an dieser Stelle nicht mehr erläutert.

25

Im darauf folgenden Verfahrensschritt S130 wird der Takt der Taktquelle 8 in einem Phasenregelkreis ermittelt, in dem die Phasendifferenz zwischen den einzelnen empfangenen Taktanzahlen des ersten Referenztaktes und den in der Kopfstation 7 ermittelten Taktanzahlen des ersten Referenztaktes zu den Empfangszeitpunkten der einzelnen Datenpakete, die jeweils Taktanzahlen des ersten Referenztaktes enthalten, in der Kopfstation 7 ausgeregelt werden.

30

Innerhalb der Phasenregelung wird im abschließenden Verfahrensschritt S140, der zeitparallel zum Verfahrensschritt S130 durchgeführt wird, die Frequenz des spannungsgesteuerten Frequenzoszillators innerhalb des Phasenregelkreises, mit dem die einzelnen empfangenen Taktanzahlen des ersten Referenztaktes an die ermittelten Taktanzahlen des ersten Referenztaktes in den Empfangszeitpunkten der Datenpakete mit Taktanzahlen des ersten Referenztaktes und damit der in der Taktquelle 8 erzeugte Takt an den ersten Referenztakt geregelt werden, auf einen Frequenz-Korridor begrenzt, der durch den ermittelten zweiten Referenztakt zuzüglich bzw. abzüglich eines einstellbaren zweiten Schwellwerts eingestellt wird.

Optional können in der zweiten Ausführungsform auch noch die in der ersten Ausführungsform vorhandenen Verfahrensschritte S60 und S70 im Anschluss an den Verfahrensschritt S140 durchgeführt werden.

Im Folgenden wird die dritte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes für eine Taktquelle in einem Prozessrechner, bevorzugt in einer Kopfstation einer Rundfunkstation, anhand des Flussdiagrammes in Fig. 8C unter Bezugnahme auf das korrespondierende erfindungsgemäße System im Blockdiagramm der Fig. 4 vorgestellt .

Die Verfahrensschritte S200, S210, S220, S230 der dritten Ausführungsform entsprechen den Verfahrensschritten S10, S20, S30 und S40 der ersten Ausführungsform.

Im abschließenden Verfahrensschritt S240 wird die Rate erhöht, mit der die einzelnen Taktanzahlen des ersten Referenztaktes von der Kopfstation 7 bei den einzelnen NTP-Servern  $i_1$  bzw.  $i_2$  und deren zugehörigen ersten Referenztaktquellen  $2_i$  bzw.  $2_2$  abgefragt werden, sobald die Differenz zwischen dem erzeugten Takt der Taktquelle 8 und dem ermittelten zweiten Referenztakt einen einstellbaren dritten Schwellwert überschreitet.

10 Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Von der Erfindung sind auch alle Kombinationen der in den Patentansprüchen beanspruchten Merkmale, der in der Beschreibung offenbarten Merkmale und der in der Zeichnung

15 dargestellten Merkmale mit abgedeckt.

### Ansprüche

1. Verfahren zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines Taktes einer mit einer ersten langzeit stabilen Referenztaktquelle synchronisierten Taktquelle mit folgenden Verfahrensschritten:

Übertragen von Taktzyklenanzahlen eines ersten Referenztaktes der ersten Referenztaktquelle ( $2_1, 2_2, 2_3, 2_4$ ) zwischen einem Initialisierungszeitpunkt und jeweils mehreren Zeitpunkten in einem datenpaketorientierten Netzwerk (9) zur Taktquelle (8),

Einstellen des Taktes der Taktquelle (8) mittels Ausregeln einer Differenz zwischen in der Taktquelle (8) empfangenen Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes und Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes zwischen dem Initialisierungszeitpunkt und den jeweiligen Empfangszeitpunkten der Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes,

Übertragen von Taktzyklenanzahlen eines zweiten Referenztaktes des Datenpakets, das die Taktzyklenanzahl von mindestens einer zweiten freilaufenden Referenztaktquelle ( $11_1, 11_2$ ) enthält, in einzelnen Zeitpunkten zur Taktquelle (8), und

Begrenzen der Differenz zwischen dem Takt der Taktquelle (8) und jedem zweiten Referenztakt auf einen ersten einstellbaren Schwellwert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Takt der Taktquelle in einer überlagerten Frequenzregelung so geregelt wird, dass die Differenz zwischen dem Takt der Taktquelle (8) und dem zweiten Referenztakt kleiner als der erste einstellbare Schwellwert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Differenz zwischen der Frequenz, mit der die  
Differenz zwischen dem Takt der Taktquelle (8) und dem  
5 ersten Referenztakt in einer Phasenregelung (6)  
ausgeregelt wird, und dem zweiten Referenztakt auf einen  
zweiten Schwellwert begrenzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
10 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Taktzyklenanzahlen des zweiten Referenztaktes der  
jeweiligen zweiten Referenztaktquellen  $(l_{1i}, l_{12})$  jeweils  
in periodischen Zeitpunkten übertragen werden und aus den  
empfangenen Taktzyklenanzahlen des zweiten Referenztaktes  
15 der jeweiligen zweiten Referenztaktquellen  $(l_{1i}, l_{12})$  in  
der Taktquelle (8) ein zweiter Referenztakt der jeweiligen  
zweiten Referenztaktquellen  $(l_{1i}, l_{12})$  ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
20 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass der zweite Referenztakt einer einzigen zweiten  
Referenztaktquelle (iii) in der Taktquelle ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
25 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass der zweite Referenztakt durch Mittelung der von  
mehreren zweiten Referenztaktquellen  $(l_{1i}, l_{12})$  jeweils  
erzeugten zweiten Referenztakten in der Taktquelle (8)  
ermittelt wird.  
30
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die zweiten Referenztaktquellen  $(l_{1i}, l_{12})$  jeweils  
einen temperaturkompensierten Quarzoszillator aufweisen.  
35

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass im Fall eines Ausfalls des datenpaketorientierten  
Netzwerkes (9) der zweite Referenztakt kontinuierlich aus  
5 den empfangenen Taktzyklenanzahlen des zweiten  
Referenztaktes mittels Regression ermittelt wird und der  
Takt der Taktquelle (8) in einer Frequenzregelung mit dem  
ermittelten zweiten Referenztakt als Frequenzsollwert  
ermittelt wird.
- 10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass im Fall eines Ausfalls des datenpaketorientierten  
Netzwerkes (9) der erste Referenztakt aus den bis zum  
15 Ausfall empfangenen Taktzyklenanzahlen des ersten  
Referenztaktes mittels Regression ermittelt wird und der  
Takt der Taktquelle (8) in einer Frequenzregelung mit dem  
ermittelten ersten Referenztakt als Frequenzsollwert  
ermittelt wird.
- 20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Rate, mit der die Taktzyklenanzahlen des ersten  
Referenztaktes zur Taktquelle (8) übertragen werden,  
25 erhöht wird, sobald die Differenz zwischen dem Takt der  
Taktquelle (8) und dem zweiten Referenztakt einen dritten  
einstellbaren Schwellwert überschreitet.
- 30
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die maximale Differenz zwischen dem ersten und dem  
zweiten Referenztakt der Taktquelle (8) bekannt oder  
vorgegeben ist.
- 35
12. System zur Optimierung einer Kurzzeitstabilität eines  
Taktes einer mit einer ersten langzeitstabilen  
Referenztaktquelle synchronisierten Taktquelle mit  
der ersten Referenztaktquelle ( $2_1, 2_2, 2_3, 2_4$ ) zur

- Ermittlung von Taktzyklenanzahlen eines ersten Referenztaktes zwischen einem Initialisierungszeitpunkt und jeweils mehreren Zeitpunkten,  
einem datenpaketorientierten Netzwerk (9) zur  
5 Übertragung der von der ersten Referenztaktquelle ( $2_1, 2_2, 2_3, 2_4$ ) ermittelten Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes,  
mindestens einer zweiten freilaufenden Referenztaktquelle ( $11_1, 11_2$ ) zur Ermittlung von  
10 Taktzyklenanzahlen eines zweiten Referenztaktes zwischen dem Initialisierungszeitpunkt und den jeweiligen Zeitpunkten,  
einem zweiten Netzwerk (12) zur Übertragung der von jeder zweiten Referenztaktquelle ( $11_1, 11_2$ ) jeweils  
15 ermittelten Taktzyklenanzahlen des zweiten Referenztaktes und  
einer Taktquelle (8) zur Ermittlung des Taktes in Abhängigkeit der empfangenen Taktzyklenanzahlen des ersten Referenztaktes und der empfangenen Taktzyklenanzahlen  
20 jedes zweiten Referenztaktes.
13. System nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die zweiten Referenztaktquellen ( $11_1, 11_2$ ) jeweils  
25 einen temperaturkompensierten Quarzoszillator aufweisen.
14. System nach Anspruch 12 oder 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das zweite Netzwerk (12) ein lokales  
30 Hochgeschwindigkeitsnetzwerk ist.
15. System nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die maximale Differenz zwischen dem ersten  
35 Referenztakt und jedem zweiten Referenztakt der Taktquelle (8) bekannt oder vorgegeben ist.

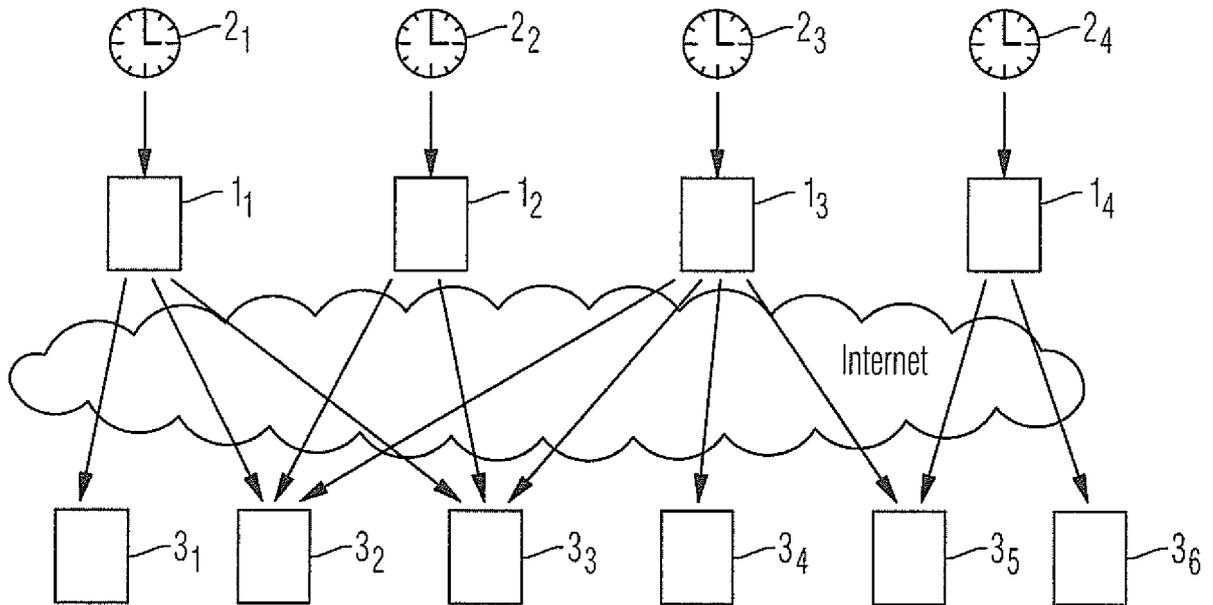


Fig. 1

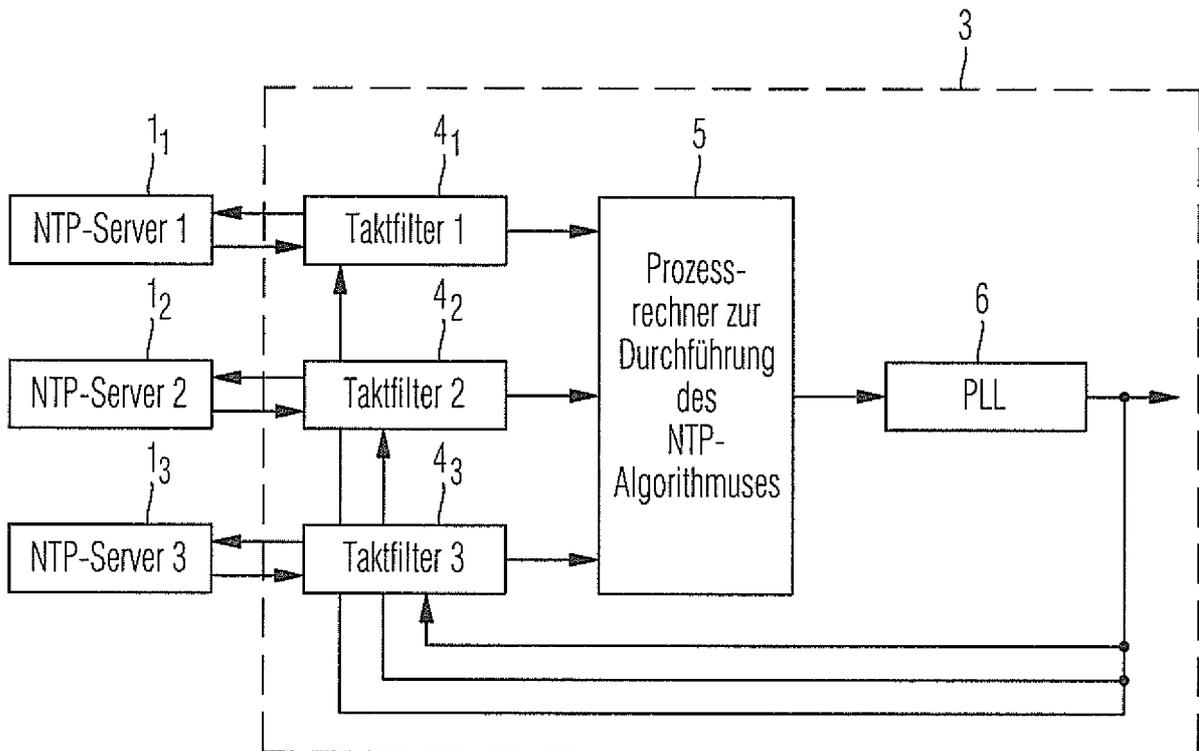


Fig. 2

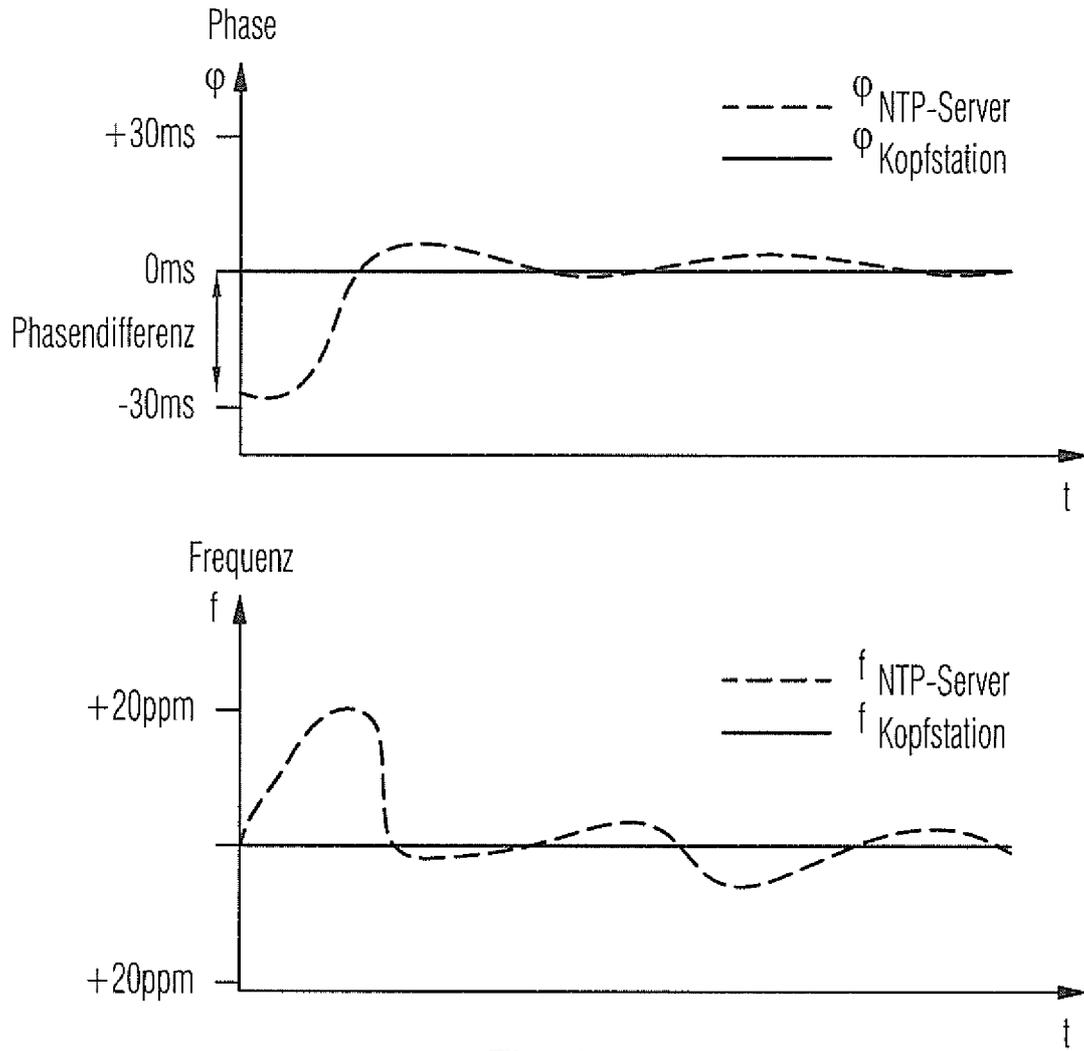


Fig. 3

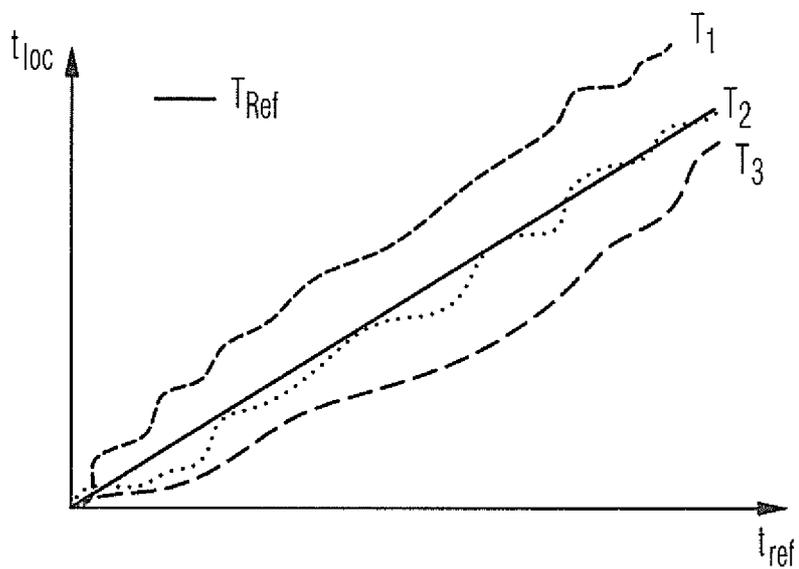


Fig. 7

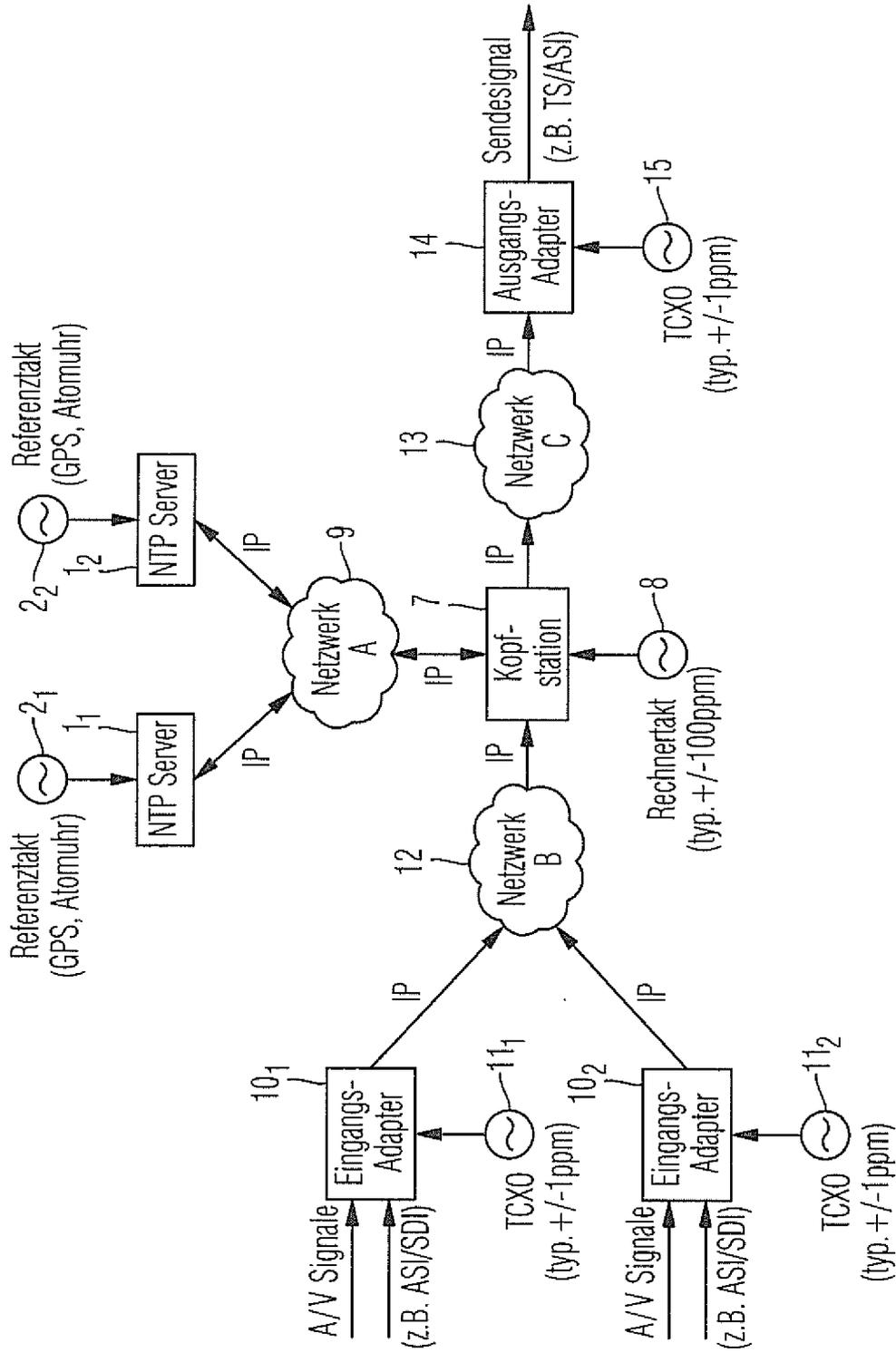


Fig. 4

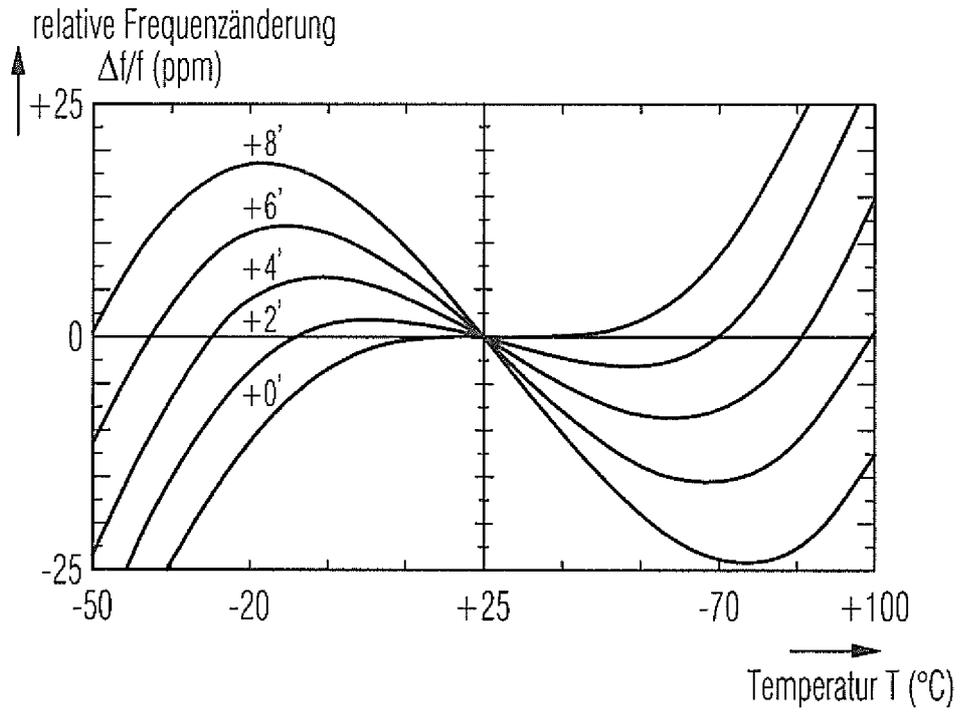


Fig. 5

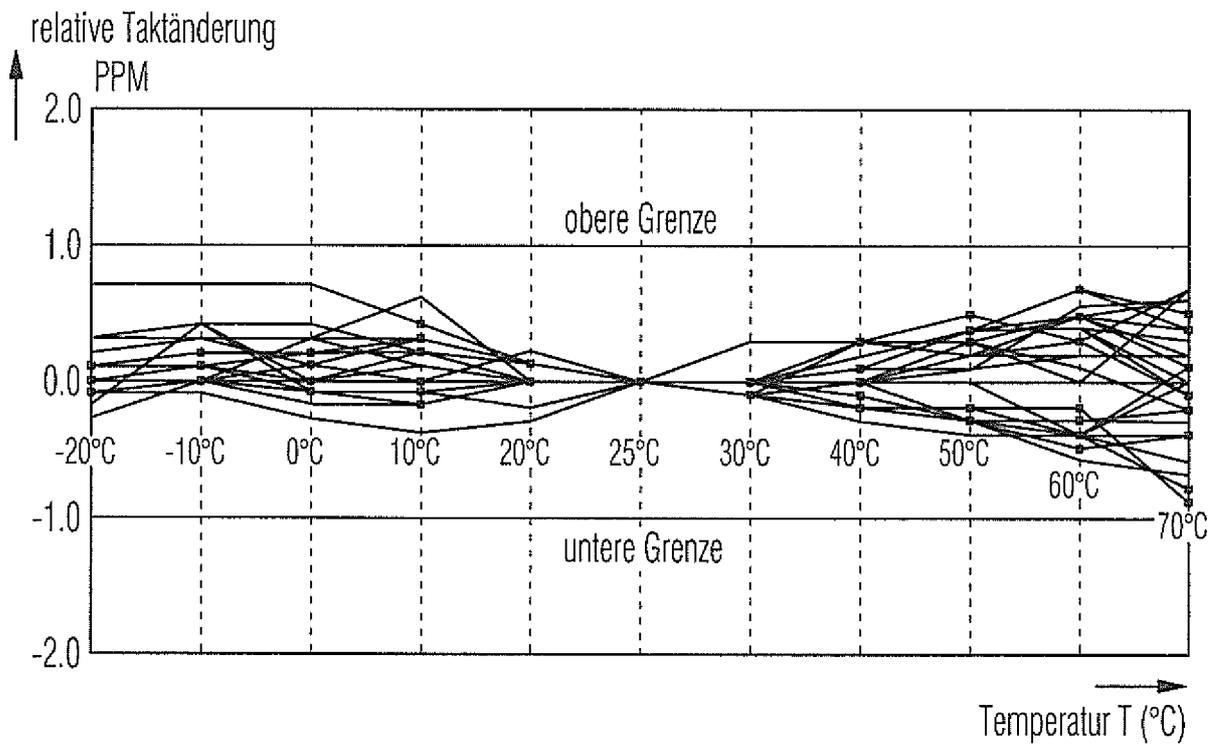


Fig. 6

5/7

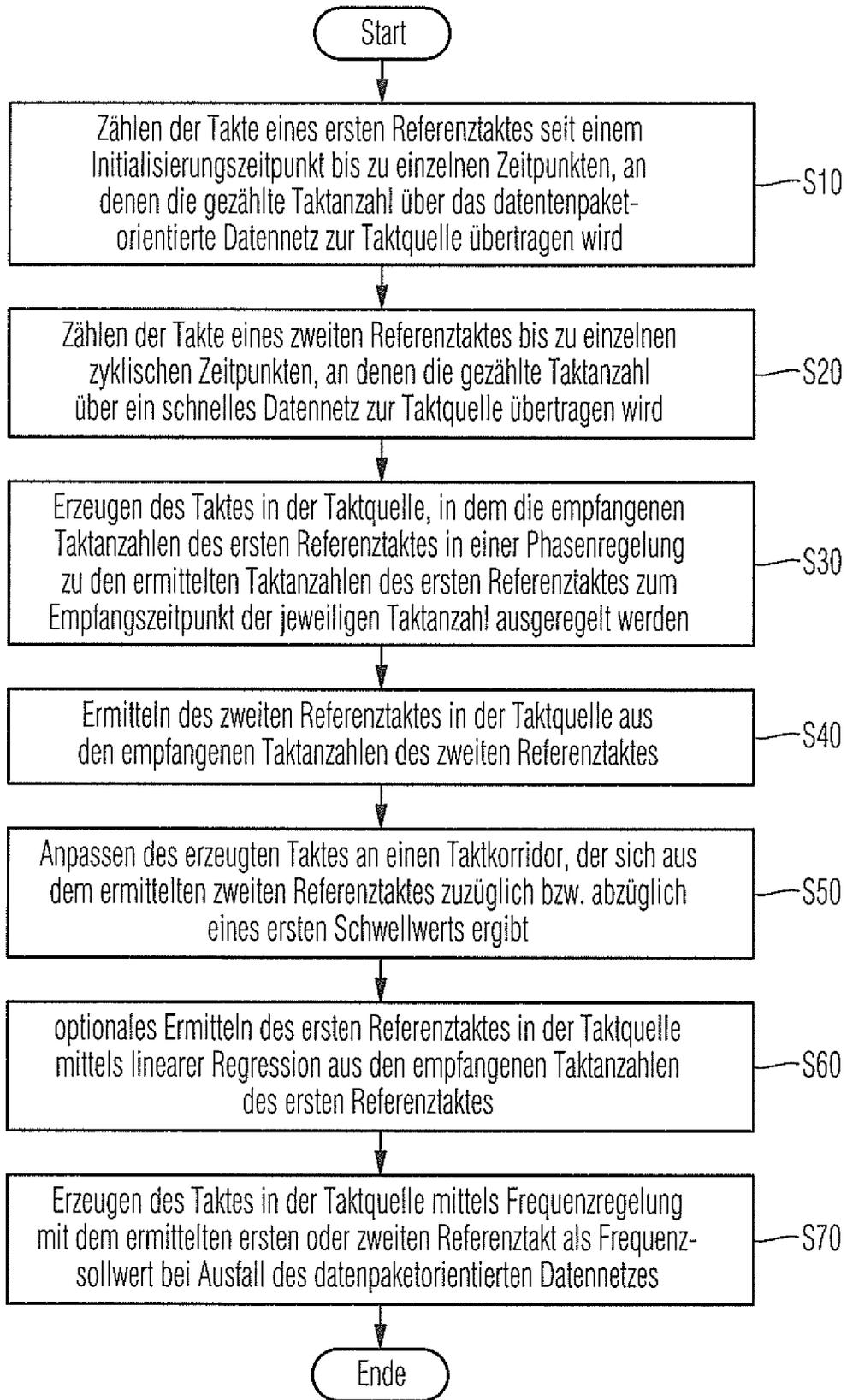


Fig. 8A

6/7

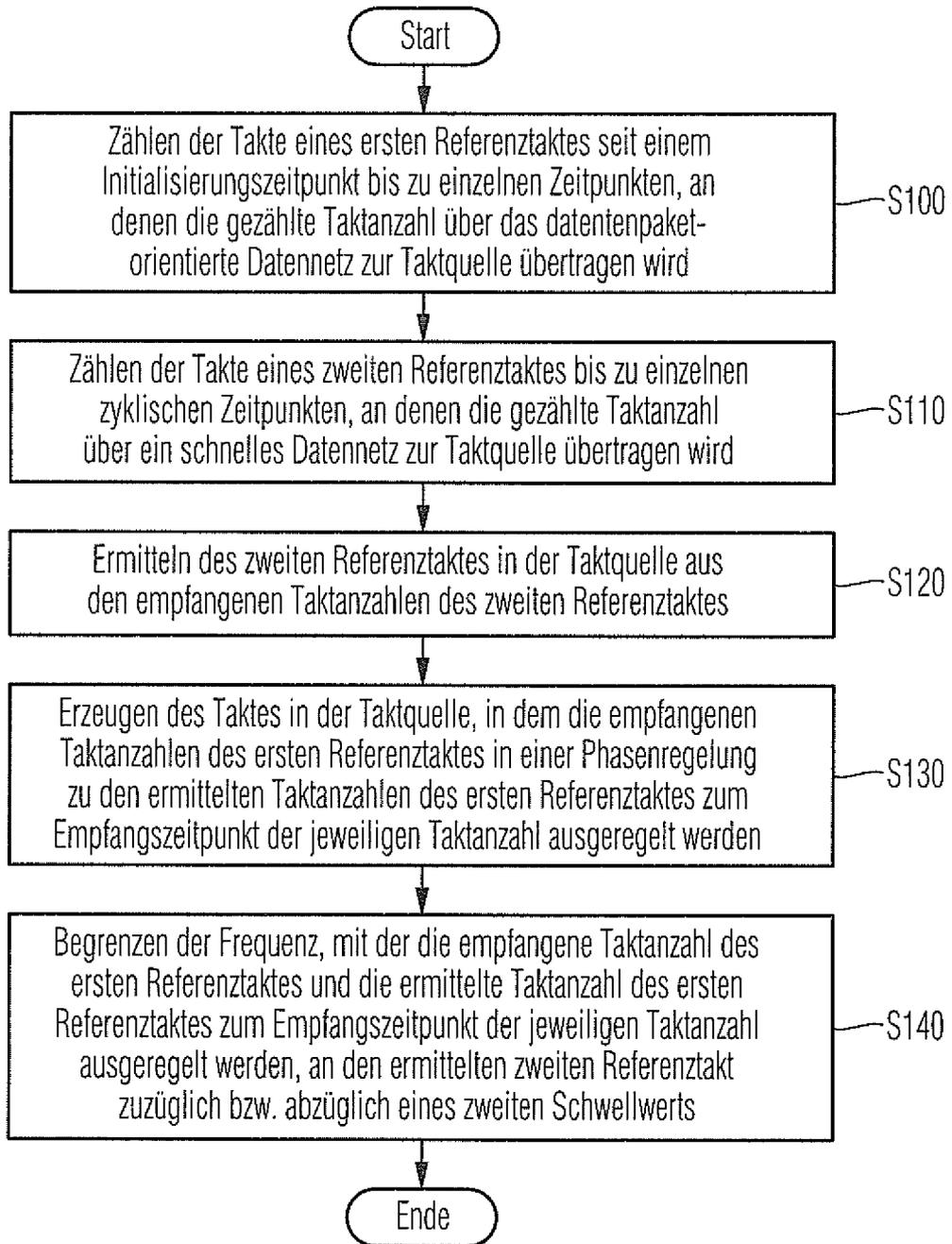


Fig. 8B

7/7

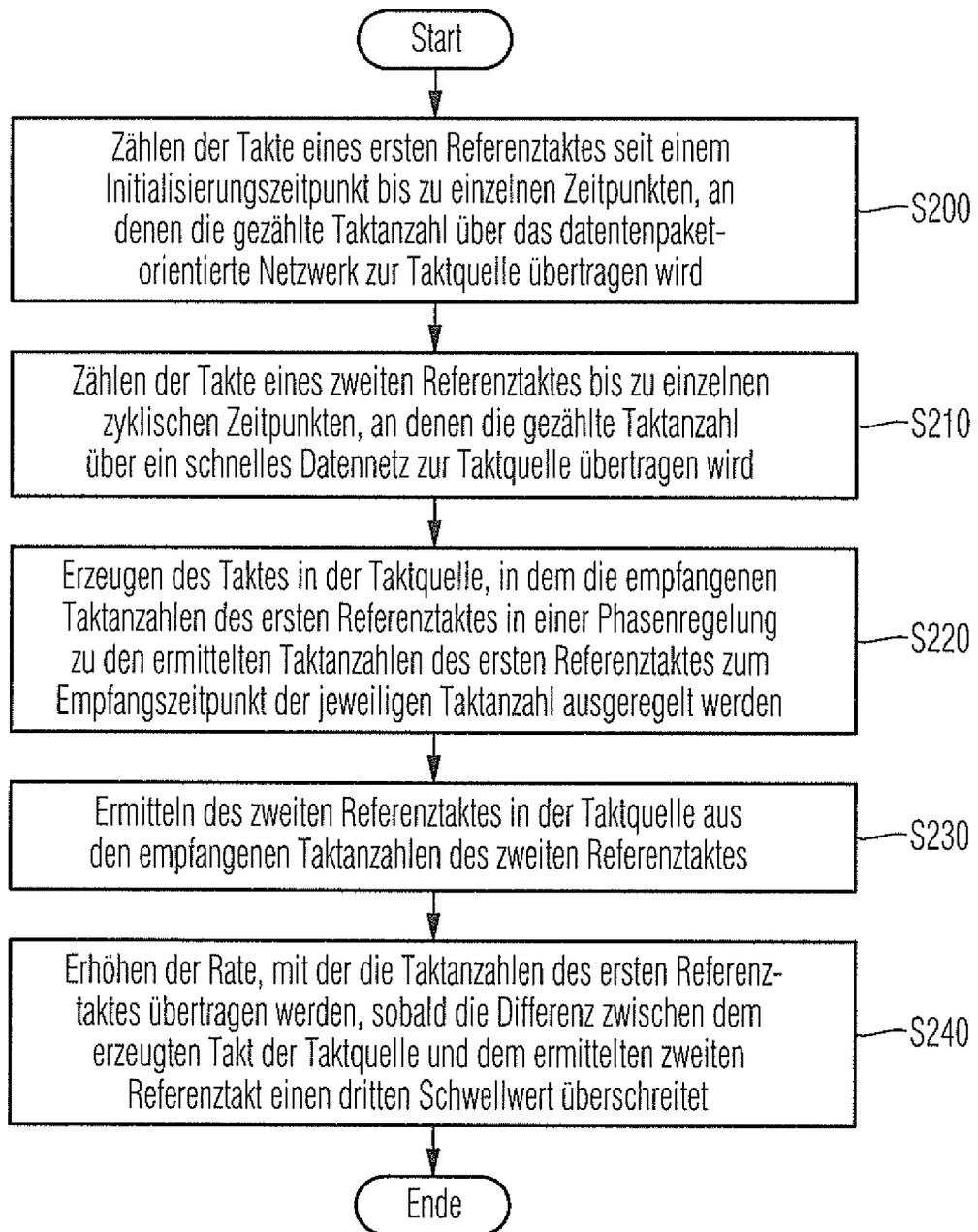


Fig. 8C

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2012/076370

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER                  INV. H04N21/242 H04J3/06                  ADD.</p>		
<p>According to International Patent Classification (IPC) onto both national classification and IPC</p>		
<p>B. FIELDS SEARCHED</p>		
<p>Minimum documentation searched (Classification system followed by classification symbols)                  H04N H04J</p>		
<p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p>		
<p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)                  EPO-Internal , WPI Data</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	wo 2007/117756 A2 (SYMMETRICOM [US] ; ZAMPETTI GEORGE P [US] ) 18 October 2007 (2007-10-18) Paragraph [0003] - Paragraph [0004] Paragraph [0017] Paragraph [0032] Paragraph [0037] - paragraph [0038] figures 1-5 -----	1,2,4-7, , 10-15
A	US 5 943 381 A (ZAMPETTI GEORGE PHILLIP [US] ) 24 August 1999 (1999-08-24) column 2, line 47 - line 60 column 5, line 8 - line 40 column 6, line 20 - line 24 column 13, line 63 - column 14, line 27 ----- - / - -	1-15
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.      <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</p>		
<p>* Special categories of cited documents :</p>		
<p>"A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance</p>		<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p>
<p>"E" earlier application or patent but published on or after the International filing date</p>		<p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p>
<p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p>		<p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p>
<p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p>		<p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
<p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>		
<p>Date of the actual completion of the international search  24 April 2013</p>		<p>Date of mailing of the international search report  03/05/2013</p>
<p>Name and mailing address of the ISA/                  European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2                  NL - 2280 HV Rijswijk                  Tel. (+31-70) 340-2040,                  Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Authorized officer  Arpaci , Mutlu</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/076370

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	wo 2009/132456 AI (NORTEL NETWORKS LTD [CA]; UNIV CASTILLA LA MANCHA [ES]; AWEYA JAMES [C] 5 November 2009 (2009-11-05) page 27, line 21 - page 31, line 20 figures 1-4	1,3, 7-10, 12, 13
A	----- BURBANK W KASCH JHU/APL J MARTIN J ET AL: "Network Time Protocol Version 4 Protocol And Algorithms Specification; draft-ietf-ntp-ntp4-proto-13.txt", NETWORK TIME PROTOCOL VERSION 4 PROTOCOL AND ALGORITHMS SPECIFICATION; DRAFT-IETF-NTP-NTPV4-PROTO-13.TXT, INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, IETF; STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GENEVA, SWITZERLAND, vol. ntp, no. 13, 9 October 2009 (2009-10-09), XP015064480, [retrieved on 2009-10-10] page 103	10
A	----- us 2004/062278 AI (HADZIC ILIJA [US] ET AL) 1 April 2004 (2004-04-01) abstract figure 2	1-15
	-----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/076370
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007117756	A2	18-10-2007	AU 2007235206 AI 18-10-2007 BR PIQ707441 A2 03-05-2011 CA 2653145 AI 18-10-2007 EP 1984837 A2 29-10-2008 JP 2009525710 A 09-07-2009 KR 20080107402 A 10-12-2008 US 2008049743 AI 28-02-2008 WO 2007117756 A2 18-10-2007
-----			
US 5943381	A	24-08-1999	AU 726497 B2 09-11-2000 AU 2824797 A 26-11-1997 CA 2253461 AI 13-11-1997 CN 1217097 A 19-05-1999 EP 0896762 AI 17-02-1999 JP 2000510668 A 15-08-2000 US 5751777 A 12-05-1998 US 5943381 A 24-08-1999 WO 9742710 AI 13-11-1997
-----			
WO 2009132456	AI	05-11-2009	CN 102138298 A 27-07-2011 EP 2274865 AI 19-01-2011 JP 2011525308 A 15-09-2011 KR 20110079872 A 11-07-2011 US 2009276542 AI 05-11-2009 WO 2009132456 AI 05-11-2009
-----			
US 2004062278	AI	01-04-2004	NONE
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/076370

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H04N21/242 H04J3/06  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 H04N H04J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal , WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	wo 2007/117756 A2 (SYMMETRICOM [US] ; ZAMPETTI GEORGE P [US] ) 18. Oktober 2007 (2007-10-18) Absatz [0003] - Absatz [0004] Absatz [0017] Absatz [0032] Absatz [0037] - Absatz [0038] Abbildungen 1-5	1,2,4-7, , 10-15
A	----- us 5 943 381 A (ZAMPETTI GEORGE PHILIP [US] ) 24. August 1999 (1999-08-24) Spalte 2, Zeile 47 - Zeile 60 Spalte 5, Zeile 8 - Zeile 40 Spalte 6, Zeile 20 - Zeile 24 Spalte 13, Zeile 63 - Spalte 14, Zeile 27 ----- - / - -	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <b>24. April 2013</b>	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  <b>03/05/2013</b>
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Arpaci , Mutlu</b>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2012/076370

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	wo 2009/132456 AI (NORTEL NETWORKS LTD [CA]; UNIV CASTILLA LA MANCHA [ES]; AWEYA JAMES [C] 5. November 2009 (2009-11-05) Seite 27, Zeile 21 - Seite 31, Zeile 20 Abbildungen 1-4 -----	1,3, 7-10, 12, 13
A	BURBANK W KASCH JHU/APL J MARTIN J ET AL: "Network Time Protocol Version 4 Protocol And Algorithms Specification; draft-ietf-ntp-ntp4-proto-13.txt", NETWORK TIME PROTOCOL VERSION 4 PROTOCOL AND ALGORITHMS SPECIFICATION; DRAFT-IETF-NTP-NTPV4-PROTO-13.TXT, INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, IETF; STANDARDWORKINGDRAFT, INTERNET SOCIETY (ISOC) 4, RUE DES FALAISES CH- 1205 GENEVA, SWITZERLAND, Bd. ntp, Nr. 13, 9. Oktober 2009 (2009-10-09), XP015064480, [gefunden am 2009-10-10] Seite 103 -----	10
A	us 2004/O62278 AI (HADZIC ILIJA [US] ET AL) 1. April 2004 (2004-04-01) Zusammenfassung Abbildung 2 -----	1-15

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/076370

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007117756 A2	18-10-2007	AU 2007235206 AI	18-10-2007
		BR PIQ707441 A2	03-05-2011
		CA 2653145 AI	18-10-2007
		EP 1984837 A2	29-10-2008
		JP 2009525710 A	09-07-2009
		KR 20080107402 A	10-12-2008
		US 2008049743 AI	28-02-2008
		WO 2007117756 A2	18-10-2007
-----			
US 5943381 A	24-08-1999	AU 726497 B2	09-11-2000
		AU 2824797 A	26-11-1997
		CA 2253461 AI	13-11-1997
		CN 1217097 A	19-05-1999
		EP 0896762 AI	17-02-1999
		JP 2000510668 A	15-08-2000
		US 5751777 A	12-05-1998
		US 5943381 A	24-08-1999
WO 9742710 AI	13-11-1997		
-----			
WO 2009132456 AI	05-11-2009	CN 102138298 A	27-07-2011
		EP 2274865 AI	19-01-2011
		JP 2011525308 A	15-09-2011
		KR 20110079872 A	11-07-2011
		US 2009276542 AI	05-11-2009
		WO 2009132456 AI	05-11-2009
-----			
US 2004062278 AI	01-04-2004	KEINE	
-----			