(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
7. Januar 2010 (07.01.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/000407 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04H 20/67 (2008.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/004508

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juni 2009 (23.06.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 031 796.9 4. Juli 2008 (04.07.2008) DE
10 2008 056 703.5 11. November 2008 (11.11.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG.** [DE/DE]; Mühldorfstrasse 15, 81671 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **HERZOG, Norman** [DE/DE]; Melchiorstr. 37, 10179 Berlin (DE). **ZUREK-TERHARDT, Günther** [DE/DE]; Münchener Strasse 20, 15566 Schöneiche (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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, 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 THE SYNCHRONISATION OF A CENTRAL STATION AND SEVERAL TRANSMITTERS, IN PARTICULAR IN A SINGLE-FREQUENCY NETWORK

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SYSTEM ZUR ZEITSYNCHRONISIERUNG ZWISCHEN EINER ZENTRALE UND MEHREREN SENDERN INSBESONDERE IN EINEM GLEICHWELLENNETZ

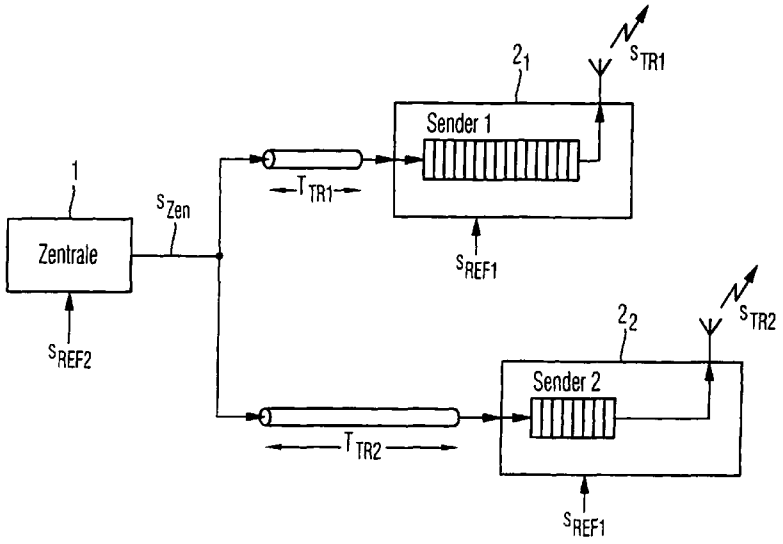


Fig. 1

1 Central station
2 Transmitter

(57) Abstract: The invention relates to a method and a system for the synchronisation of a central station (1) and several transmitters (2_1, 2_2,..., 2_i) in a single-frequency network. According to said method, a first reference time signal (S_{REF1}) is generated with a high degree of time and frequency accuracy on the short and long time horizon and a second reference time signal (S_{REF2}) is generated and supplied to the central station (1) with a low degree of time and frequency accuracy on the short time horizon and a high degree of accuracy on the long time horizon. The system then generates a transport data stream (S_{ten}) with a temporally variable data rate (f_{VAR}) that corresponds to the frequency of the second reference time signal (S_{REF2}) by means of the central station (1), said stream (S_{ten}) being supplied to several transmitters (2_1, 2_2,..., 2_i) and comprising distributed data packets (n(i)) that contain the transmission instant (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) of the data packet (n(i)), referenced to the second reference time signal (S_{REF2}), for the transmitters (2_1, 2_2,..., 2_i). The time accuracy of the transmission instant (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) of each data packet (n(i)) is thus optimised by averaging the time and frequency accuracy of the second reference signal over time (S_{REF2}). The system temporally offsets the transport data stream (S_{ten}) received by each transmitter

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/000407 A1

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)*

(2_1, 2_2,...,2_i) from the central station (1) until the data packets of the transport data stream (S_{ten}) that each contain a transmission instant (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) are transmitted at the correct transmission instant (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) with regard to the first reference time signal (S_{REF1}) supplied to each transmitter (2_1, 2_2,...,2_i).

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren und ein System zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale (1) und mehreren Sendern (2_1, 2_2,..., 2_i) in einem Gleichwellen-Netz erzeugt ein erstes Referenzzeitsignal (S_{REF1}) mit einer im kurzen und langen Zeithorizont hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit und ein der Zentrale (1) zugeführtes zweites Referenzzeitsignals (S_{REF2}) mit einer im kurzen Zeithorizont geringen und im langen Zeithorizont hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit. Es erzeugt dann einen mehreren Sendern (2_1, 2_2,..., 2_i) zuzuführenden Transportdatenstrom (Sten) mit einer der Frequenz des zweiten Referenzzeitsignals (S_{REF2}) entsprechenden zeitveränderlichen Datenrate (f_{VAR}) durch die Zentrale (1), wobei im Transportdatenstrom (S_{ten}) Datenpakete (n(i)) verteilt sind, die den zum zweiten Referenzzeitsignal (S_{REF2}) referenzierten Sendezeitpunkt (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) des Datenpakets (n(i)) bei den Sendern (2_1, 2_2,..., 2_i) beinhalten. Dabei wird die Zeitgenauigkeit des (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) Sendezeitpunkts () des jeweiligen Datenpakets (n(/)) durch zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals (S_{REF2}) optimiert wird. Es verschiebt den von der Zentrale (1) durch den jeweiligen Sender (2_1, 2_2,...,2_i) empfangenen Transportdatenstroms (S_{ten}) zeitlich bis die jeweils einen Sendezeitpunkt (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) beinhaltenden Datenpakete des Transportdatenstroms (S_{ten}) bezüglich des dem jeweiligen Sender (2_1, 2_2,...,2_i) zugeführten ersten Referenzzeitsignals (S_{REF1}) zum korrekten Sendezeitpunkt (t_{sende1}, t_{sende2},...., t_{sendei}) gesendet werden.

VERFAHREN UND SYSTEM ZUR ZEITSYNCHRONISIERUNG ZWISCHEN EINER ZENTRALE UND MEHREREN SENDERN INSBESONDERE IN EINEM GLEICHWELLENNETZ

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern insbesondere in einem Gleichwellennetz.

In einem Gleichwellennetz werden entsprechend Fig. 1 - für den Betriebsfall von zwei Sendern 2_1 und 2_2 - von einer Zentrale 1 - auch Headend genannt - die zu übertragenden Informationen typischerweise MPEG-2-kodiert in einzelnen Datenpaketen eines Transportdatenstroms s_{Zen} gebündelt und über ein Netzwerk den einzelnen örtlich verteilten Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ des Gleichwellennetzes zugeführt. Die Ausstrahlung des Transportdatenstroms $s_{TR1}, s_{TR2}, \ldots, s_{TRi}$ durch die einzelnen Sender $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ eines Gleichwellennetzes erfolgt sowohl frequenz- als auch zeitsynchronisiert.

Die im Folgenden zu betrachtende Zeitsynchronisierung berücksichtigt insbesondere unterschiedliche Laufzeiten $t_{TR1}, t_{TR2}, \ldots, t_{TRi}$ des Transportdatenstroms s_{Zen} zwischen der Zentrale 1 und den einzelnen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$. In der WO 2006/046107 A1 wird ein System und ein Verfahren zur Zeitsynchronisierung eines Transportdatenstroms in einem Gleichwellennetz vorgestellt, bei der die Synchronisierung zwischen den einzelnen Sendern über in den Transportdatenstrom in konstanten Zeitintervallen von der Zentrale eingefügte Zeitinformationen erfolgt, die den Sendezeitpunkt $t_{Sende_1} = t_{Sende_2} = \ldots = t_{Sende_i}$ des die Zeitinformation tragenden Datenpakets des auszustrahlenden Transportdatenstroms $s_{TR1}, s_{TR2}, \ldots, s_{TRi}$ bei allen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ beinhalten. Anhand dieser Zeitinformation kann der einzelne Sender kontinuierlich im Zeitraster der übertragenen Zeitinformationen die einzelnen empfangenen Datenpakete des Transportdatenstroms $s_{TR1}, s_{TR2}, \ldots, s_{TRi}$ durch Zwischenspeichern in einem Pufferspeicher $3_1, 3_2, \ldots, 3_i$ soweit zeitlich verschieben, bis jedes einzelne Datenpaket zu

seinem korrekten Sendezeitpunkt $t_{Sende_1} = t_{Sende_2} = ... = t_{Sende_i}$ ausgestrahlt werden kann.

Die Übertragung der einzelnen Zeitinformationen von der Zentrale zu den einzelnen Sendern in einem konstanten Zeitraster setzt eine Übertragung des Transportdatenstroms mit einer konstanten Datenrate voraus, da andernfalls die Zeitinformationen, die an zyklische Datenpakete in einem konstanten Zyklus von Datenpaketen gebunden sind, jeweils in zeitveränderlichen, der zeitveränderlichen Datenrate entsprechenden Zeitintervallen bei den Sendern eintreffen. Die Erzeugung der Datenrate des Transportdatenstroms erfolgt in einem Gleichwellennetz auf der Basis eines der der Zentrale zugeführten Referenzzeitsignals. Da der Zentrale aus Kostengründen, wie den Figuren 2 und 7 zu entnehmen ist, kein Referenzzeitsignal s_{Ref1} mit hoher Zeitgenauigkeit - beispielsweise die Global-Position-System-Zeit oder die Universal-Coordinated-Time -, sondern ein aus einem ersten Referenzsignal s_{Ref1} mit hoher Zeitgenauigkeit abgeleitetes zweites Referenzzeitsignal s_{Ref2} mit niedriger Zeitgenauigkeit im kurzen Zeithorizont und mit hoher Zeitgenauigkeit im langen Zeithorizont zur Verfügung gestellt wird, ergibt sich nachteilig eine zur niedrigen Zeitgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals s_{Ref2} korrespondierende niedrige Frequenzgenauigkeit für die Datenrate f_{VAR} des Transportdatenstroms im kurzen Zeithorizont anstelle einer konstanten Referenzdatenrate f_{REF} gemäß Fig. 3.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und ein System zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz derart weiterzuentwickeln, dass auch im Fall einer niedrigen Frequenzgenauigkeit der erzeugten Datenrate des Transportdatenstroms eine zeitsynchrone Ausstrahlung der einzelnen Datenpakete des Transportdatenstroms bei allen Sendern gewährleistet ist.

Die Erfindungsaufgabe wird durch ein Verfahren zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein System zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

Erfindungsgemäß wird ausgenutzt, dass bei einem der Zentrale zugeführten zweiten Referenzzeitsignal mit niedriger Zeit- und Frequenzgenauigkeit im kurzen Zeithorizont und hoher Zeit- und Frequenzgenauigkeit im langen Zeithorizont und bei einer der im kurzen Zeithorizont zeitveränderlichen Frequenz des zweiten Referenzzeitsignals entsprechenden zeitveränderlichen Datenrate des Transportdatenstroms die Zeitgenauigkeit der für einzelne Datenpakete im Transportdatenstrom zu bestimmenden Sendezeitpunkte, die zum zweiten Referenzzeitsignal referenziert sind, durch zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals erhöht werden.

Die zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals erfolgt in einer ersten Variante durch zeitliche Mittelung der im kurzen Zeithorizont zeitveränderlichen Frequenz des zweiten Referenzzeitsignals.

In einer zweiten Variante erfolgt die zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals durch Summation der bereits gesendeten Datenpakete und anschließende Gewichtung mit der der Frequenz des ersten Referenzzeitsignals entsprechenden Referenzdatenrate.

Mit Bezug zum zweiten Referenzzeitsignal, dessen Zeit- und Frequenzgenauigkeit durch zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals erhöht wird, erfolgt die Bestimmung des zu einzelnen Datenpaketen des Transportdatenstroms gehörigen

Sendezeitpunkts. Diese Sendezeitpunkte weisen folglich eine hohe Zeitgenauigkeit auf.

Der vom jeweiligen Sender empfangene Transportdatenstrom wird im jeweiligen Sender soweit zeitlich verschoben, bis das mit einem Sendezeitpunkt versehene Datenpaket bezüglich eines jedem Sender zugeführten ersten Referenzzeitsignals mit hoher Zeitgenauigkeit zum korrekte Sendezeitpunkt ausgestrahlt werden kann.

Bezüglich der Auswahl der mit jeweils einem Sendezeitpunkt versehenen Datenpakete können folgende zwei Ausführungsformen der Erfindung angegeben werden.

In einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform werden die einzelnen Zeitintervalle zwischen zwei aufeinander folgenden Datenpaketen, die jeweils einen zugehörigen Sendezeitpunkt enthalten, konstant gehalten. Aufgrund der im kurzen Zeithorizont zeitveränderlichen Datenrate ist die Anzahl von Datenpaketen zwischen zwei aufeinander folgenden Datenpaketen, die jeweils einen zugehörigen Sendezeitpunkt enthalten, veränderlich. Somit ist in den einzelnen Sendern jeweils ein Puffer vorzusehen, in dem die einzelnen Datenpakete bis zu ihrem Sendezeitpunkt zwischengespeichert und damit zeitlich verschoben werden. Die Sendedatenrate ist hierbei bei allen Sendern konstant.

In einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird die Anzahl der Datenpakete zwischen jeweils zwei aufeinander folgenden Datenpaketen, die jeweils einen zugehörigen Sendezeitpunkt enthalten, konstant gehalten. Die Sendedatenrate bei allen Sendern ist entsprechend der zeitveränderlichen Datenraten des Transportdatenstroms von der Zentrale zu den Sendern zeitveränderlich.

Der Sendezeitpunkt, der in einzelnen Datenpaketen des Transportdatenstroms abgelegt ist, kann eine zum ersten bzw. zweiten Referenzzeitsignal referenzierte absolute Zeitangabe oder relative Zeitangabe sein.

Zur Verhinderung einer Drift der Datenrate des Transportdatenstroms von der konstanten Frequenz des ersten Referenzzeitsignals im längeren Zeithorizont, wird die Datenrate des Transportdatenstroms in einem Regler zur Datenratenregelung innerhalb der Zentrale einer der Frequenz des ersten Referenzzeitsignals entsprechenden Referenzdatenrate nachgeregelt.

Die beiden Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Systems zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz werden im Folgenden anhand der Zeichnung im Detail erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Systems zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz,

Fig. 2 ein Zeitdiagram mit dem Verlauf des ersten und zweiten Referenzzeitsignals,

Fig. 3 ein Zeitdiagramm mit dem Verlauf einer zeitveränderlichen Datenrate und einer konstanten Referenzdatenrate des Transportdatenstroms,

Fig. 4A, 4B ein Transportdatenstrom mit Sendezeitpunkte beinhaltenden Datenpaketen einer ersten und zweiten erfindungsgemäßen Ausführung,

Fig. 5A, 5B eine Struktur eines Datenpakets mit relativen und absoluten Sendezeitpunkt und zugehöriges Zeitdiagramm mit Bestimmung des Sendezeitpunkt anhand des ersten oder zweiten Referenzzeitsignals und

Fig. 6 ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz und

Fig. 7 ein Blockdiagram eines erfindungsgemäßen Systems zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz.

Im Folgenden wird das erfindungsgemäße System zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz anhand des Blockdiagramms in Fig. 7 beschrieben.

In einem ersten Referenzsignalgenerator 4 wird ein erstes Referenzzeitsignal s_{REF1} mit einer hohen Zeitgenauigkeit gemäß Fig. 2 (durchgezogene Linie) und mit einer Referenzfrequenz f_{REF} von hoher Frequenzgenauigkeit gemäß Fig. 3 (durchgezogene Linie) erzeugt. Hierbei handelt es sich z. B. entweder um die Global-Position-System-Zeit oder um die Universal-Coordinated-Time oder um eine gleichwertige standardisierte Systemzeit von hoher Zeit- und gleichzeitig von hoher Frequenzgenauigkeit. Aus diesem ersten Referenzzeitsignal s_{REF1} wird in einem zweiten Referenzsignalgenerator 5 ein zweites Referenzzeitsignal s_{REF2} mit einer gegenüber der Zeitgenauigkeit des ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} niedrigeren Zeitgenauigkeit im kurzen Zeithorizont und einer zur Zeitgenauigkeit des ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} gleichwertigen Zeitgenauigkeit im langen Zeithorizont gemäß Fig. 2 (gestrichelte Linie) und mit einer zeitveränderlichen Frequenz f_{VAR} mit einer gegenüber der Referenzfrequenz des ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} niedrigeren Frequenzgenauigkeit gemäß Fig. 3 (gestrichelte Linie) erzeugt.

Es handelt sich also um ein Referenzzeitsignal, dessen Zeit gegenüber der Zeit eines Referenzzeitsignals mit

höherer Genauigkeit schwankt - gegenüber der Zeit eines Referenzzeitsignals mit höherer Genauigkeit vor- oder nachgeht - und dessen zeitliche Auflösung relativ grob ist, so dass sich die momentane Zeit nicht beliebig genau auslesen lässt. Bei dem zweiten Referenzzeitsignal s_{REF2} kann es sich beispielsweise um das in einem Netzwerk benutzte Network-Time-Protocol handeln, dessen niedrigere Zeit- und Frequenzgenauigkeit aus der stochastischen Paketlaufzeit in einem Netzwerk und der temperaturabhängigen Drift des synchronisierten lokalen Oszillators im an einem angeschlossenen Empfänger hervorgerufen wird.

Anhand des zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} und der zu übertragenden, bevorzugt MPEG-2-kodierten Daten wird in der Zentrale ein Transportdatenstrom s_{Zen} mit einzelnen Datenpaketen erzeugt. Dieser Transportdatenstrom weist aufgrund der im kurzen Zeithorizont niedrigen Frequenzgenauigkeit eine zeitveränderliche Datenrate im kurzen Zeithorizont und eine näherungsweise konstante Datenrate im langen Zeithorizont auf. Um eine Drift der Datenrate des Transportdatenstroms s_{Zen} im langen Zeithorizont zu verhindern, ist in der Zentrale 1 ein Regler 7 zur Datenratenregelung vorgesehen, der eine Drift der Datenrate des Transportdatenstroms s_{Zen} im langen Zeithorizont identifiziert und die Datenrate des Transportdatenstroms s_{Zen} an die der konstanten Frequenz des ersten Referenzzeitsignals entsprechenden Referenzdatenrate nachregelt.

Die einzelnen Datenpakete weisen zusätzlich aufgrund der im kurzen Zeithorizont niedrigeren Zeitgenauigkeit einen gewissen positiven oder negativen Zeitversatz - Zeit-Offset t_{OFF} - zur Zeit des ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} auf.

Zur Synchronisierung aller Sender $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ untereinander wird den einzelnen Datenpaketen des Transportdatenstroms der zum jeweiligen Datenpaket

gehörige für alle Sender $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ gemeinsame Sendezeitpunkt $t_{Sende_1} = t_{Sende_2} = \ldots = t_{Sende_i}$ hinzugefügt. Im Extremfall enthält jedes Datenpaket des Transportdatenstroms jeweils seinen zugehörigen gemeinsamen Sendezeitpunkt. Aus Praktikabilitätsgründen wird zur Erzielung einer bestimmten Übertragungseffizienz nur denjenigen Datenpaketen des Transportdatenstroms jeweils ein zugehöriger Sendezeitpunkt hinzugefügt, die in einem bestimmten Zeitintervall zueinander oder nach einer bestimmten Anzahl von Datenpaketen ausgestrahlt werden.

Der für derartige Datenpakete des Transportdatenstroms ermittelte Sendezeitpunkt wird anhand der gegenüber dem ersten Referenzzeitsignal niedrigeren Zeitgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals bestimmt. Zur Erhöhung der Zeitgenauigkeit bei der Bestimmung des jeweiligen Sendezeitpunkts wird durch zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals mit seiner im kurzen Zeithorizont niedrigeren Zeitgenauigkeit mit zunehmender Zeit eine Annährung des gemittelten zweiten Referenzzeitsignals an das erste Referenzzeitsignal mit seiner hohen Zeitgenauigkeit erzielt.

Die zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2}, das gemäß Fig. 3 ein Frequenzsignal mit einer zeitveränderlichen Frequenz ist, kann in einer ersten Variante durch Ermittlung des zeitveränderlichen Frequenzverlaufes $f_{VAR}(i \cdot \Delta t)$ gemäß Fig. 1 in einem geeignet gewählten Zeitraster Δt und anschließende Mittelung dieses ermittelten Frequenzverlaufes $f_{VAR}(i \cdot \Delta t)$ gemäß Gleichung (1) erfolgen. Der Mittelungsvorgang bewirkt ein Angleichen des zeitveränderlichen Frequenzverlaufes $f_{VAR}(i \cdot \Delta t)$ an den konstanten Referenzfrequenzverlauf f_{REF} mit zunehmender Zeit. Die Mittelung des zeitveränderlichen Frequenzverlaufes $f_{VAR}(i \cdot \Delta t)$ erzeugt ein zeitlich gemitteltes zweites Referenzzeitsignals $\bar{s}_{REF2}$ gemäß Gleichung (2).

$$\bar{f}_{VAR}(\tau \cdot \Delta t) = \frac{\sum_{i=0}^{\tau} f_{VAR}(i \cdot \Delta t) \cdot \Delta t}{\tau \cdot \Delta t} \quad (1)$$

$$\bar{s}_{REF2} = s_{REF2}(\bar{f}_{REF2}) \quad (2)$$

Die zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals $\bar{s}_{REF2}$ kann alternativ in einer zweiten Variante durch Summation der bis zum jeweiligen Sendezeitpunkt t_{Sende} zu sendenden Datenpakete $n(i)$ und anschließende Gewichtung mit der Referenzdatenrate f_{REF} gemäß Gleichung (3) erfolgen.

$$\bar{s}_{REF2}(t_{Sende}) = \frac{\sum_{i=0}^{t_{Sende}} n(i)}{f_{REF}} \quad (3)$$

Anhand des somit bestimmten zeitlich gemittelten zweiten Referenzzeitsignals $\bar{s}_{REF2}$ wird der Sendezeitpunkt t_{Sende} des jeweiligen Datenpakets $n(t_{Sende})$ im Transportdatenstrom, der eine derartige Zeitinformation trägt, ermittelt.

Hierzu ergeben sich entsprechend Fig. 4A und 4B zwei erfindungsgemäße Ausführungsformen.

In der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform gemäß Fig. 4A werden diejenigen Datenpakete $n(i)$ im zu sendenden Transportdatenstrom ausgewählt und mit dem zugehörigen Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehen (schraffierte Flächen in Fig. 4A), deren Sendezeitpunkte t_{Sende_i} bei gegebener zu zeitveränderlichen Frequenz f_{VAR} des zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} jeweils in äquidistanten Zeitintervallen Δt zueinander zeitlich beabstandet sind. Da die Anzahl der zu sendenden Datenpakete des Transportdatenstroms innerhalb der einzelnen Zeitintervalle Δt variiert, sind in den einzelnen Sendern die einzelnen Datenpakete bei Bedarf zwischenzuspeichern, um ein Ausstrahlen aller Datenpakete des Transportdatenstroms - auch derjenigen Datenpakete, die keine den jeweiligen Sendezeitpunkt beinhaltende Zeitinformation enthalten (nichtschraffierte Flächen in

Fig. 4A) - mit einer konstanten Sendedatenrate zu garantieren.

In der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform gemäß Fig. 4B werden diejenigen Datenpakete $n(i)$ im zu sendenden Transportdatenstrom ausgewählt und mit dem zugehörigen Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehen, die jeweils nach einem Zyklus von Datenpaketen mit jeweils einer konstanten vorher geeignet festgelegten Anzahl von Datenpaketen zu senden sind. Aufgrund der zeitveränderlichen Frequenz f_{VAR} des zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} sind die mit jeweils einem Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehenen Datenpakete $n(i)$ in nicht-äquidistanten Zeitintervallen Δt_1, Δt_2, Δt_3, Δt_4 usw. versehen. Die Ausstrahlung der einzelnen Datenpakete des Transportdatenstroms in jedem Sender $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ erfolgt folglich mit einer nicht-konstanten Sendedatenrate. Ein Zwischenpuffern von einzelnen Datenpaketen in den einzelnen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ zwecks Erzielung einer konstanten Sendedatenrate ist folglich nicht erforderlich.

Ein derartig von der Zentrale 1 erzeugter Transportdatenstrom s_{Zen}, der auch Datenpakete $n(i)$ mit zugehörigen Sendezeitpunkten t_{Sende_i} enthält, wird von der Zentrale den einzelnen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ über zugehörige Verbindungsstrecken $6_1, 6_2, \ldots, 6_i$ übertragen. Die einzelnen Übertragungsstrecken $6_1, 6_2, \ldots, 6_i$ weisen jeweils eine unterschiedliche Distanz auf, in denen der von der Zentrale 1 erzeugte Transportdatenstrom s_{Zen} eine unterschiedliche Verzögerung $t_{TR1}, t_{TR2}, \ldots, t_{TRi}$ erfährt.

Ein vom Sender 2_i empfangenes Datenpaket $n(i)$ des Transportdatenstroms s_{Zen}, das zum Ausstrahlungszeitpunkt t_{Sende_i} vom Sender 2_i ausgestrahlt wird, muss in einem zum Sender 2_i gehörigen Pufferspeicher 3_i zwischengespeichert werden, um das Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt t_G der Erzeugung des Datenpakets $n(i)$, der mit der Zeitgenauigkeit des der Zentrale 1 zugeführten zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} bestimmt wird, und dem Zeitpunkt t_{Sende_i} des Ausstrahlens des Datenpakets $n(i)$ durch den Sender 2_i, der mit der

Zeitgenauigkeit des allen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ jeweils zugeführten ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} bestimmt wird, zeitlich zu überbrücken. Zur Ermittlung der Verzögerungszeit t_{Di}, innerhalb derer das jeweilige Datenpaket $n(i)$ im Pufferspeicher 3_i zur Überbrückung diese Zeitintervalls zwischengespeichert wird, wird gemäß Gleichung (4) auch die Verzögerungszeit t_{TRi} der Übertragungsstrecke 6_i und der Zeitoffset t_{OFF} zwischen der niedrigeren Zeitgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals zur höheren Zeitgenauigkeit des ersten Referenzzeitsignals berücksichtigt.

$$t_{Di} = t_{Sende_i} - t_G - t_{TRi} - t_{OFF} \qquad (4)$$

Ein empfangenes Datenpaket $n(i)$, das im Pufferspeicher 3_i des Senders 2_i über den Zeitraum der Verzögerungszeit t_{Di} zwischengespeichert wird, wird um die Verzögerungszeit t_{Di} zeitlich verschoben, so dass es zum Sendezeitpunkt t_{Sende_i} vom Sender 2_i im Rahmen des auszustrahlenden Transportdatenstroms s_{TRi} gesendet wird.

Erfolgt die Zwischenpufferung der einzelnen empfangenen Datenpakete $n(i)$ bei allen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ gemäß Gleichung (4) in äquivalenter Weise, so kann das identische Datenpaket $n(i)$ bei allen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ zeitsynchron zum identischen Sendezeitpunkt $t_{Sende_1} = t_{Sende_2} = \ldots = t_{Sende_i}$ in allen auszustrahlenden Transportdatenstroms $s_{TR1}=s_{TR2}=\ldots=s_{TRi}$ gesendet werden.

Der Sendezeitpunkt t_{Sende_i} des Datenpakets $n(i)$ im Sender 2_i kann gemäß Fig. 5A als zum ersten Referenzzeitsignal s_{REF1} referenzierte relative Zeitangabe angegeben werden. Hierzu wird in einem sogenannten MIP- oder VFIP-Datenpaket der Sendezeitpunkt t_{Sende_i} des MIP- oder VFIP-Datenpakets als Summe eines Synchronisierungs-Zeitstempels (Sync Timestamp (STS)), der zum letzten empfangenen 1PPS-Puls des als 1-Puls-Per-Second-(1PPS)-Signal realisiertes erstes Referenzzeitsignal s_{REF1} referenziert ist, und der maximalen Verzögerungszeit aus allen Verzögerungszeiten

$t_{TR1}, t_{TR2}, \ldots, t_{TRi}$ zwischen der Zentrale 1 und jedem der Sender $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ ermittelt. Durch diese Art der Referenzierung des Sendezeitpunkts t_{Sende_i} des Datenpakets $n(i)$ relativ zum zuletzt empfangenen Puls des 1PPS-Signals müssen die i.a. nicht bekannten Verzögerungszeiten $t_{TR1}, t_{TR2}, \ldots, t_{TRi}$ zwischen der Zentrale 1 und allen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ zur Bestimmung des Sendezeitpunkts t_{Sende_i} des Datenpakets $n(i)$ nicht ermittelt werden. Andererseits darf die maximale Verzögerungszeit aus allen Verzögerungszeiten $t_{TR1}, t_{TR2}, \ldots, t_{TRi}$ nicht größer als eine Sekunde sein, da andernfalls keine eindeutige Referenzierung des Sendezeitpunkts t_{Sende_i} des Datenpakets $n(i)$ zum 1PPS-Signal möglich ist. Außerdem ist es nicht möglich, vorab beliebig weit in der Zukunft liegende Sendezeitpunkte t_{Sende_i} des jeweiligen MIP- bzw. VFIP-Datenpakets zu berechnen.

Der Sendezeitpunkt t_{Sende_i} des Datenpakets $n(i)$ im Sender 2_i kann gemäß Fig. 5B auch als zum ersten Referenzzeitsignal s_{REF1} referenzierte absolute Zeitangabe angegeben sein. Hierzu enthält das MIP- bzw. VFIP-Datenpaket den Sendezeitpunkt t_{Sende_i} des MIP- bzw. VFIP-Datenpakets als abgelaufene GPS-Sekunde des zuletzt empfangenen 1PPS-Pulses seit Beginn eines GPS-Referenzzeitpunktes - typischerweise in einer bestimmten GPS-Woche oder in einem bestimmten GPS-Jahr - zuzüglich eines GPS-Sekundenbruchteils. Auf diese Weise ist es möglich, beliebig weit in der Zukunft gelegene Sendezeitpunkte t_{Sende_i} des jeweiligen MIP- bzw. VFIP-Datenpakets vorab zu berechnen und beliebig große Verzögerungszeiten der einzelnen Übertragungsstrecken zuzulassen.

Die Verwendung einer relativen oder absoluten Zeitangabe für den Sendezeitpunkt t_{Sende_i} des Datenpakets $n(i)$ im Sender 2_i muss sich nicht auf die GPS-Zeit beziehen. Von der Erfindung sind auch andere standardisierte Referenzzeitquellen, beispielsweise die Universal-Coordinated-Time (UTC), abgedeckt.

Im Flussdiagramm der Fig. 6 ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale 1 und mehreren Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ dargestellt.

In einem ersten Verfahrensschritt S10 wird in einem ersten Referenzsignalgenerator 4 ein erstes Referenzzeitsignal s_{REF1} mit einer hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit im kurzen und langen Zeithorizont, also beispielsweise ein zu einem GPS-Signal gehöriges 1-PPS-Signal oder 10-MHz-Signal oder ein UTC-Signal, erzeugt. Alternativ kann das Signal auch von einer externen Signalquelle empfangen werden. Aus diesem ersten Referenzzeitsignal s_{REF1} erfolgt in einem zweiten Referenzsignalgenerator 5 die Generierung eines zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} mit einer gegenüber der hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit des ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} niedrigeren Zeit- und Frequenzgenauigkeit im kurzen Zeithorizont und einer hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit im langen Zeithorizont. Hierbei kann es sich beispielsweise um das im Internet verwendete NTP-Zeitprotokoll handeln. Alternativ kann das Signal auch von einer externen Signalquelle empfangen werden.

Im nächsten Verfahrensschritt S20 erfolgt in der Zentrale 1 die Generierung eines den einzelnen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ zugeführten Transportdatenstroms s_{Zen} mit einzelnen Datenpaketen, die die zu übertragenden und typischerweise MPEG-2-kodierten Informationen enthalten. Als Zeit- und Frequenzreferenz des Transportdatenstroms s_{Zen} dient das zweite Referenzzeitsignal s_{REF2}. Die Datenrate des von der Zentrale 1 erzeugten Transportdatenstroms s_{Zen} entspricht der Frequenz des zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} mit dessen vergleichsweise niedriger Frequenzgenauigkeit im kurzen Zeithorizont und hoher Frequenzgenauigkeit im langen Zeithorizont. Um ein Driften der Datenrate des Transportdatenstroms im langen Zeithorizont zu verhindern, wird die Datenrate des Transportdatenstroms in der Zentrale an die der Frequenz des ersten Referenzzeitsignals s_{REF2} entsprechenden Referenzdatenrate

mit hoher Frequenzgenauigkeit im kurzen und langen Zeithorizont geregelt.

Analog werden die einzelnen Datenpakete innerhalb des erzeugten Transportdatenstroms s_{Zen} mit dem zweiten Referenzzeitsignal s_{REF2} zeitlich synchronisiert. Die Sendezeitpunkte t_{Sende_i} der mit einem zugehörigen Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehenen Datenpakete $n(i)$ werden ebenfalls mit Zeitbezug zum zweiten Referenzzeitsignal s_{REF2} ermittelt, wobei entweder eine relative Zeitangabe gemäß Fig. 5A oder eine absolute Zeitangabe gemäß Fig. 5B verwendet wird.

Die Zeitgenauigkeit des Sendezeitpunkte t_{Sende_i} der mit einem zugehörigen Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehenen Datenpakete $n(i)$ wird entweder durch Mittelung des Frequenzverlaufes des zweiten Referenzzeitsignals s_{REF2} gemäß Gleichung (1) oder durch Summation der bis zum Sendezeitpunkt t_{Sende_i} zu übertragenden Datenpakete und anschließende Gewichtung mit der als Referenzfrequenz f_{REF} dienenden frequenzgenauen Frequenz des ersten Referenzzeitsignals s_{REF1} gemäß Gleichung (3) erfindungsgemäß erhöht.

Die Wahl der mit einem Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehenen Datenpakete $n(i)$ innerhalb des von der Zentrale 1 erzeugten Transportdatenstroms s_{Zen} kann entweder gemäß Fig. 4A zyklisch in einem konstanten Zeitraster Δt oder gemäß Fig. 4B zyklisch in einem Raster mit einer konstanten Anzahl von Datenpakete, welche keine Sendezeitpunkt t_{Sende_i} beinhalten, zwischen jeweils mit einem Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehenen Datenpakete $n(i)$ erfolgen.

Im abschließenden Verfahrensschritt S30 wird der von der Zentrale 1 erzeugte und über die einzelnen Übertragungsstrecken $6_1, 6_2, \ldots, 6_i$ zu den einzelnen Sendern $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ übertragene Transportdatenstrom s_{Zen} vom jeweiligen Sender $2_1, 2_2, \ldots, 2_i$ empfangen und durch Zwischenspeichern im jeweils zugeordneten Pufferspeicher $3_1, 3_2, \ldots, 3_i$ über eine gemäß Gleichung (4) berechnete

Verzögerungszeit $t_{D1},t_{D2},...,t_{Di}$ zeitlich verschoben, so dass das mit dem Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehene Datenpaket $n(i)$ des empfangenen Transportdatenstroms s_{Zen} bei allen Sender $2_1,2_2,...,2_i$ zeitsynchron zum identischen Sendezeitpunkt t_{Sende_i} ausgestrahlt wird. Analog werden durch den Vorgang des Zwischenspeicherns in den den einzelnen Sendern $2_1,2_2,...,2_i$ jeweils zugeordneten Pufferspeichern $3_1,3_2,...,3_i$ die zwischen den mit jeweils einem Sendezeitpunkt t_{Sende_i} versehene Datenpaketen $n(i)$ im Transportdatenstrom übertragenen Datenpakete zu ihren zugehörigen Sendezeitpunkten jeweils von allen Sendern $2_1,2_2,...,2_i$ zeitsynchron ausgestrahlt.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen und Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Systems zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz beschränkt. Von der Erfindung ist auch die Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale und mehreren Sendern in einem Mehrwellennetz abgedeckt, bei der mehrere Sender partiell zu einem Gleichwellennetz verkoppelt werden und überregional in einem Gleichwellennetzbetrieb den gleichen Übertragungsinhalt synchron ausstrahlen, während regional in einem Mehrwellennetzbetrieb jeder Sender asynchron einen jeweils unterschiedlichen Übertragungsinhalt ausstrahlt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale (1) und mehreren Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) insbesondere in einem Gleichwellen-Netz, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Erzeugen oder Empfangen eines ersten Referenzzeitsignals (s_{REF1}) mit einer im kurzen und langen Zeithorizont hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit und eines der Zentrale (1) zugeführten zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) mit einer im kurzen Zeithorizont geringen und im langen Zeithorizont hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit,
- Erzeugen eines mehreren Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) zuzuführenden Transportdatenstroms (s_{Zen}) mit einer der Frequenz des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) entsprechenden zeitveränderlichen Datenrate durch die Zentrale (1), wobei im Transportdatenstrom (s_{Zen}) Datenpakete ($n(i)$) verteilt sind, die den zum ersten Referenzzeitsignal (s_{REF2}) referenzierten Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) des Datenpakets ($n(i)$) bei den Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) beinhalten, und wobei die Zeitgenauigkeit des Sendezeitpunkts ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) des jeweiligen Datenpakets ($n(i)$) durch zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) optimiert wird, und
- zeitliches Verschieben des von der Zentrale (1) durch den jeweiligen Sender ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) empfangenen Transportdatenstroms (s_{Zen}), bis die jeweils einen Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) beinhaltenden Datenpakete ($n(i)$) des Transportdatenstroms (s_{Zen}) bezüglich des dem jeweiligen Sender zugeführten ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) ersten Referenzzeitsignals (s_{REF1}) zum korrekten Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) gesendet werden.

2. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) durch Summation der bisher gesendeten Datenpakete ($n(i)$)

und Gewichtung mit einer der Frequenz des ersten Referenzzeitsignals (s_{REF1}) entsprechenden Referenzdatenrate (f_{REF}) erfolgt.

3. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die zeitliche Mittelung der Zeit- und Frequenzgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) durch zeitliche Mittelung der zeitveränderlichen Frequenz (f_{VAR}) des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) erfolgt.

4. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zeitintervall (Δt) zwischen zwei aufeinander folgenden Sendezeitpunkten ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) von jeweils einen Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) beinhaltenden Datenpaketen ($n(i)$) konstant ist und der Transportdatenstrom (s_{Zen}) im Zeitintervall ($n(i)$) eine von der im jeweiligen Zeitintervall ($n(i)$) vorliegenden Datenrate abhängige Anzahl von Datenpakete enthält.

5. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die im jeweiligen Sender ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) vor ihrem Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) empfangenen Datenpakete in einem Puffer ($3_1, 3_2, \ldots, 3_i$) des jeweiligen Senders ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) zwischengespeichert und somit zeitlich verschoben werden.

6. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zeitintervall ($\Delta t_1, \Delta t_2, ...$) zwischen zwei aufeinander folgenden Sendezeitpunkten ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) von jeweils einen Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) beinhaltenden Datenpaketen zeitveränderlich ist und der

Transportdatenstrom (s_{Zen}) in jedem Zeitintervall ($\Delta t_1, \Delta t_2, ...$) jeweils eine konstante Anzahl von Datenpaketen enthält.

7. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) eine zum ersten oder zweiten Referenzzeitsignal (s_{REF1}, s_{REF2}) referenzierte absolute Zeitangabe ist.

8. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, ..., t_{Sende_i}$) eine zum ersten oder zweiten Referenzzeitsignal (s_{REF1}, s_{REF2}) referenzierte relative Zeitangabe ist.

9. Verfahren zur Zeitsynchronisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Erzielung einer hohen Frequenzgenauigkeit der Datenrate des in der Zentrale (1) erzeugten Transportdatenstroms (s_{Zen}) im langen Zeithorizont die Datenrate des Transportdatenstroms (s_{Zen}) an die Referenzdatenrate geregelt wird.

10. System zur Zeitsynchronisierung zwischen einer Zentrale (1) und mehreren Sendern ($2_1, 2_2, ..., 2_i$) insbesondere in einem Gleichwellen-Netz
mit einem ersten Referenzsignalgenerator (4) zur Erzeugung eines ersten Referenzzeitsignal (s_{REF1}) mit einer im kurzen und langen Zeithorizont hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit,
mit einem mit dem Referenzsignalgenerator (5) verbundenen zweiten Referenzsignalgenerator (s_{REF2}) zur Erzeugung eines zweiten Referenzzeitsignals mit einer im kurzen Zeithorizont geringen und im langen Zeithorizont hohen Zeit- und Frequenzgenauigkeit,

mit einer mit dem zweiten Referenzsignalgenerator (5) verbundenen Zentrale (1) zur Erzeugung eines mehreren Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) zugeführten Transportdatenstroms (s_{Zen}) mit einer der Frequenz des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) entsprechenden Datenrate, wobei im Transportdatenstrom (s_{Zen}) Datenpakete mit zum zweiten Referenzzeitsignal (s_{REF2}) referenzierten Sendezeitpunkten ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) bei den Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) verteilt sind, wobei die Zeitgenauigkeit der Sendezeitpunkte ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) durch zeitliche Mittelung der Zeitgenauigkeit des zweiten Referenzzeitsignals (s_{REF2}) optimiert ist, und
wobei mehreren Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) zum zeitliche Verschieben des von der Zentrale (1) empfangenen Transportdatenstroms (s_{Zen}) bis die jeweils einen Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) beinhaltenden Datenpakete des Transportdatenstroms (S_{ten}) bezüglich des den Sendern ($2_1, 2_2, \ldots, 2_i$) jeweils zugeführten ersten Referenzzeitsignals (s_{REF1}) zum korrekten Sendezeitpunkt ($t_{Sende_1}, t_{Sende_2}, \ldots, t_{Sende_i}$) gesendet werden.

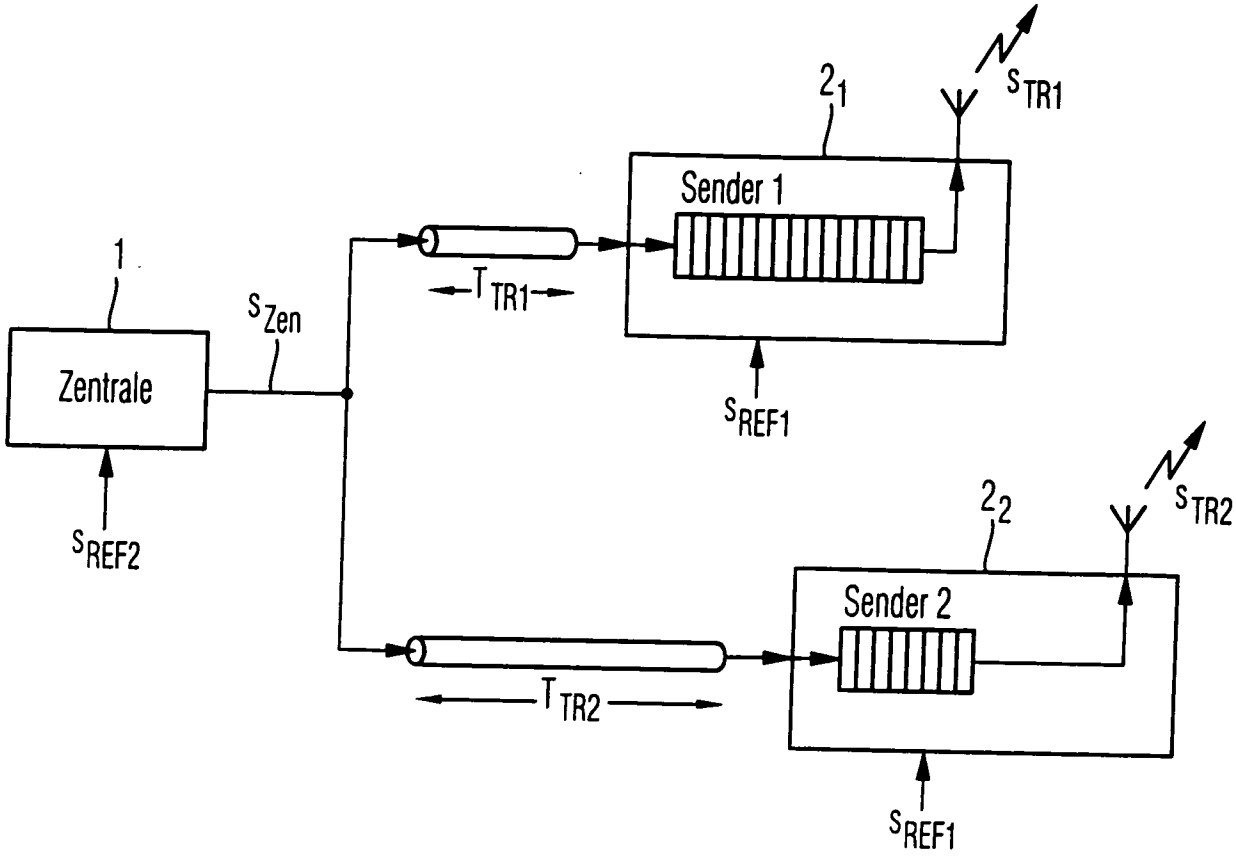

1
Zentrale
s_{Zen}
s_{REF2}
T_{TR1}
2_1
Sender 1
s_{TR1}
s_{REF1}
T_{TR2}
2_2
Sender 2
s_{TR2}
s_{REF1}

Fig. 1

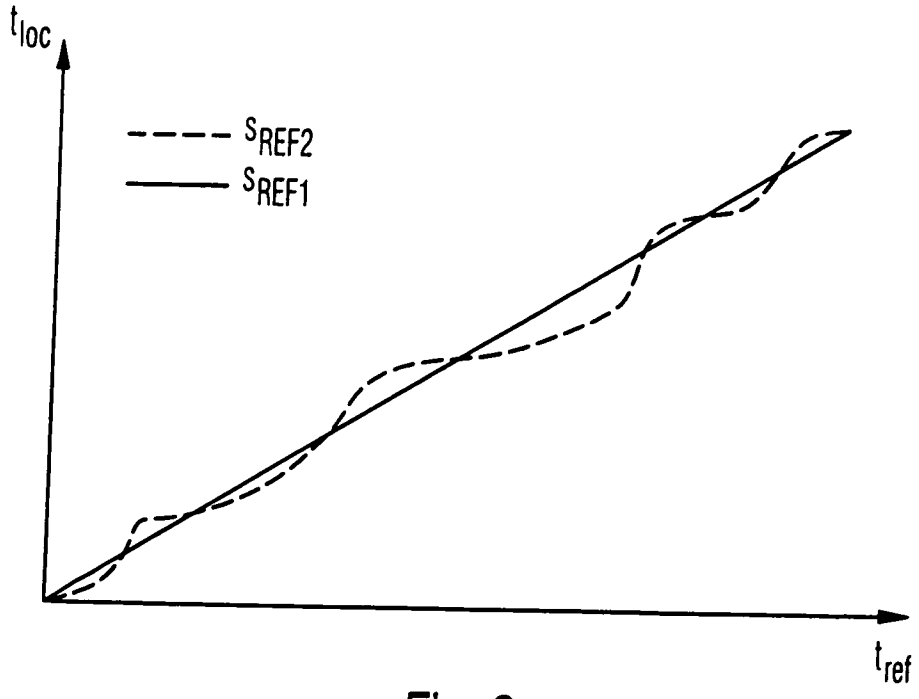

t_{loc}
s_{REF2}
s_{REF1}
t_{ref}

Fig. 2

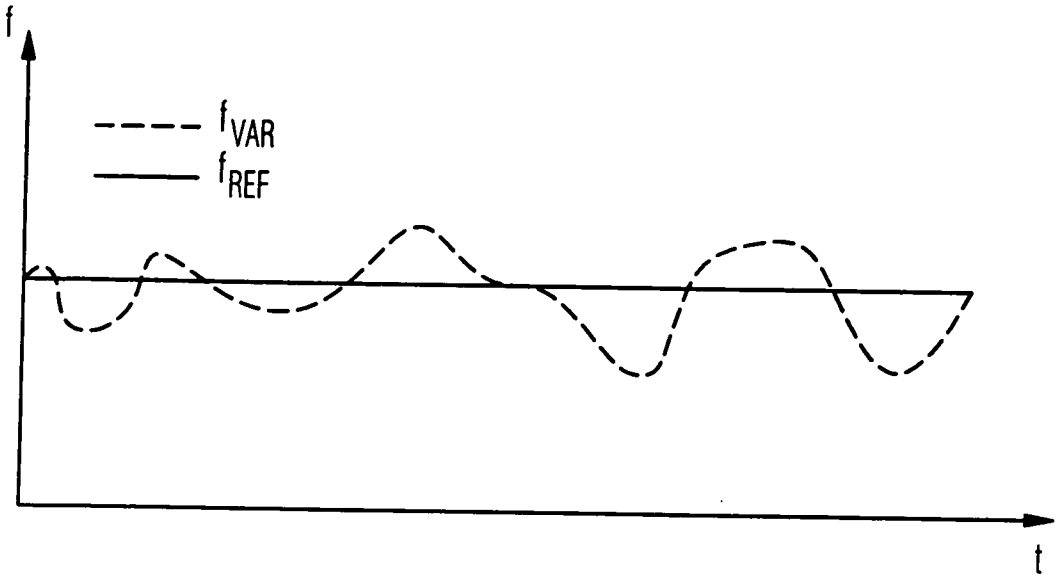


Fig. 3

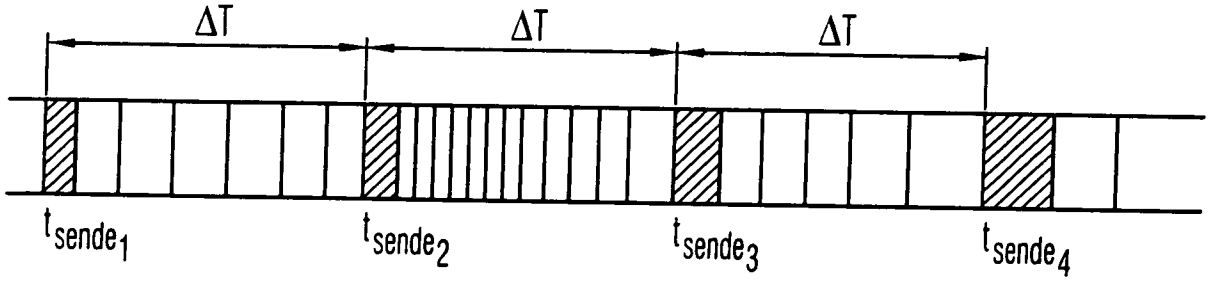


Fig. 4A

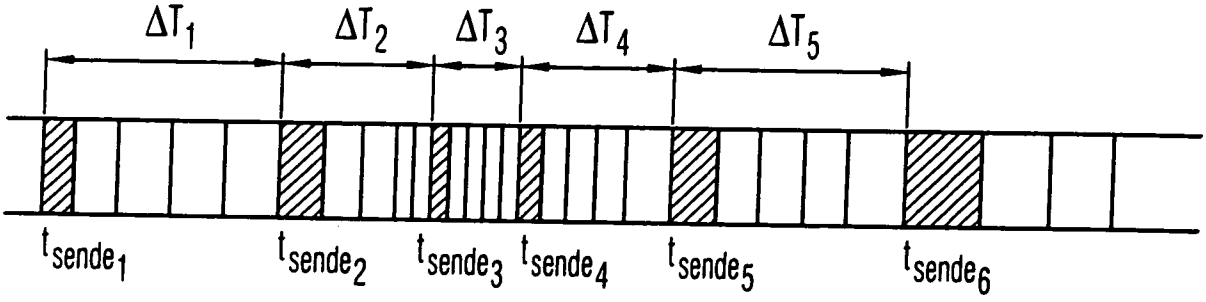


Fig. 4B

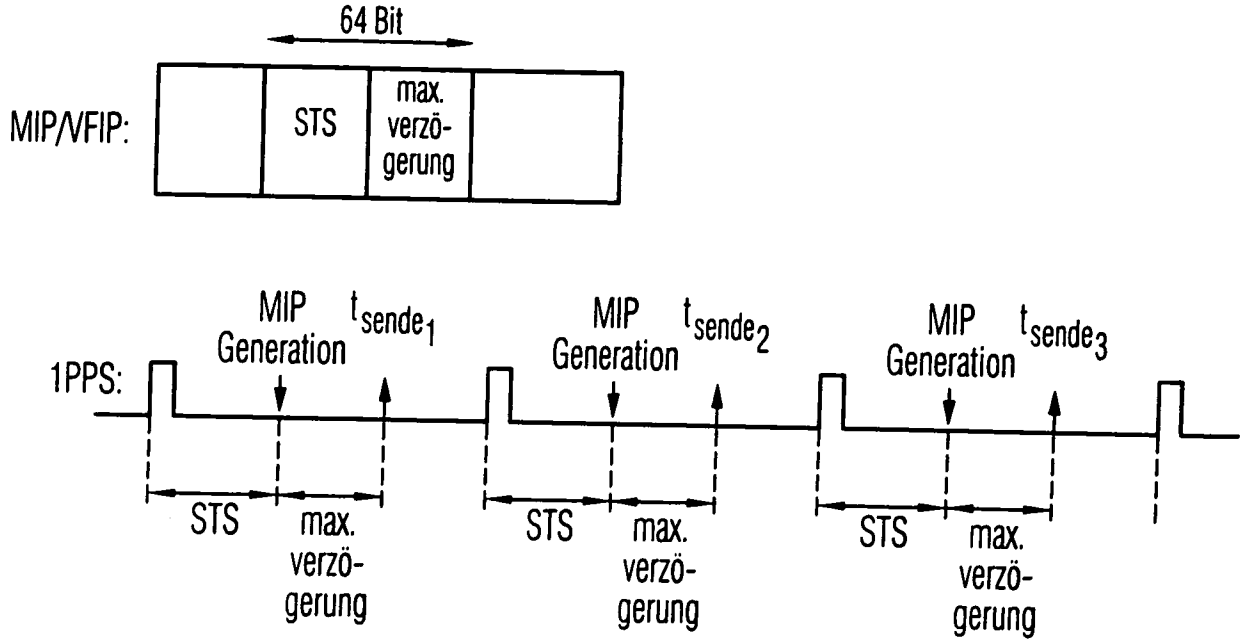

64 Bit
MIP/VFIP:
STS
max. verzö- gerung
1PPS:
MIP Generation
t_{sende_1}
t_{sende_2}
t_{sende_3}
STS
max. verzö- gerung

Fig. 5A

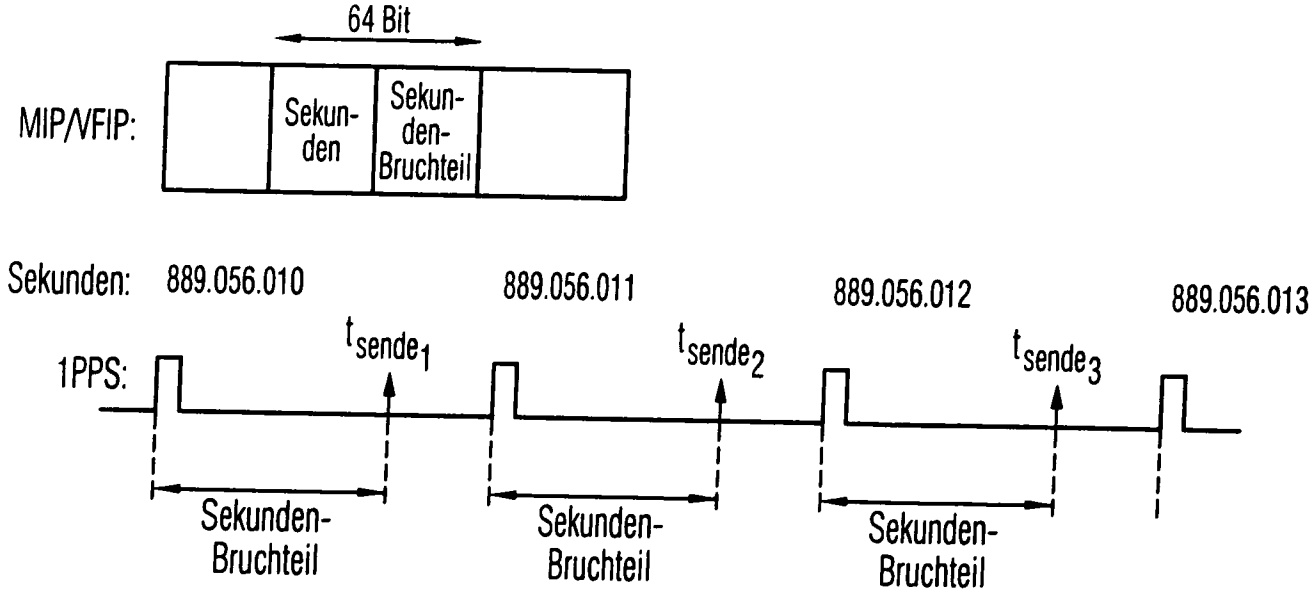

64 Bit
MIP/VFIP:
Sekun- den
Sekun- den- Bruchteil
Sekunden:
889.056.010
889.056.011
889.056.012
889.056.013
1PPS:
t_{sende_1}
t_{sende_2}
t_{sende_3}
Sekunden- Bruchteil

Fig. 5B

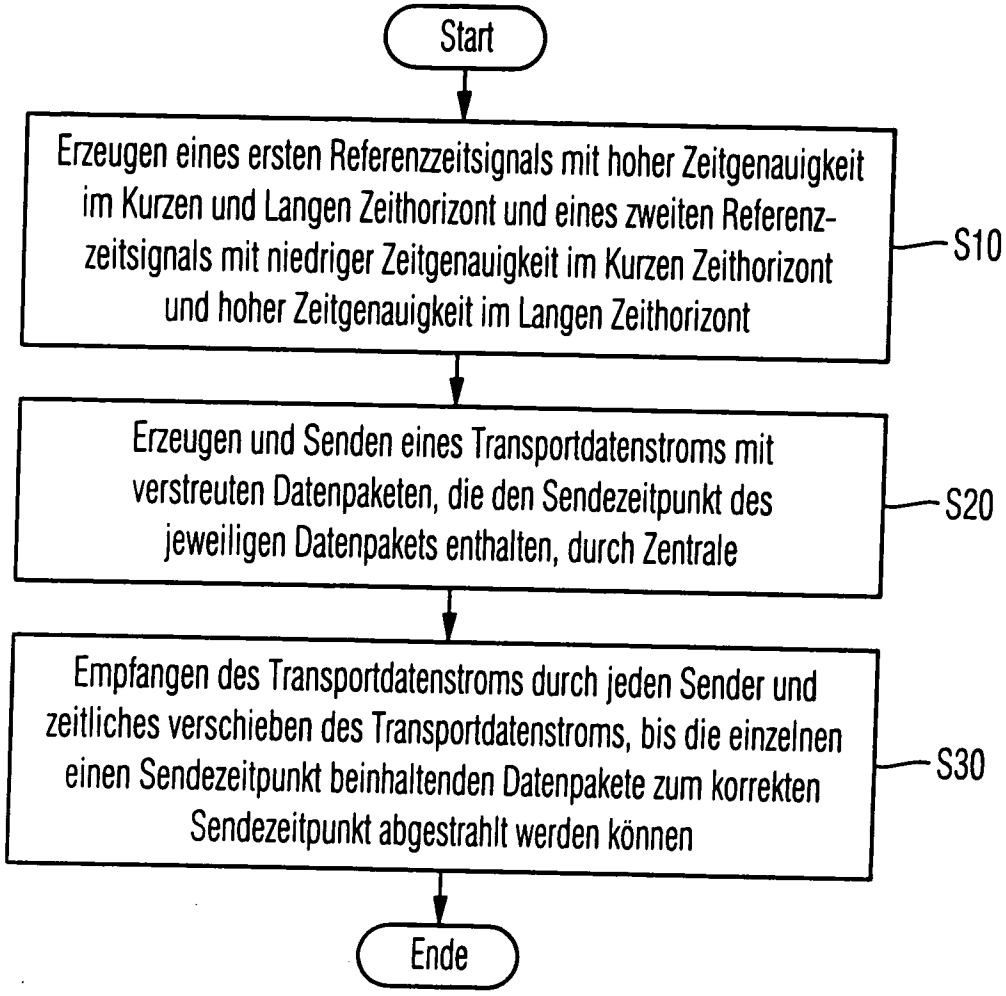

Start
Erzeugen eines ersten Referenzzeitsignals mit hoher Zeitgenauigkeit im Kurzen und Langen Zeithorizont und eines zweiten Referenz-zeitsignals mit niedriger Zeitgenauigkeit im Kurzen Zeithorizont und hoher Zeitgenauigkeit im Langen Zeithorizont
S10
Erzeugen und Senden eines Transportdatenstroms mit verstreuten Datenpaketen, die den Sendezeitpunkt des jeweiligen Datenpakets enthalten, durch Zentrale
S20
Empfangen des Transportdatenstroms durch jeden Sender und zeitliches verschieben des Transportdatenstroms, bis die einzelnen einen Sendezeitpunkt beinhaltenden Datenpakete zum korrekten Sendezeitpunkt abgestrahlt werden können
S30
Ende

Fig. 6

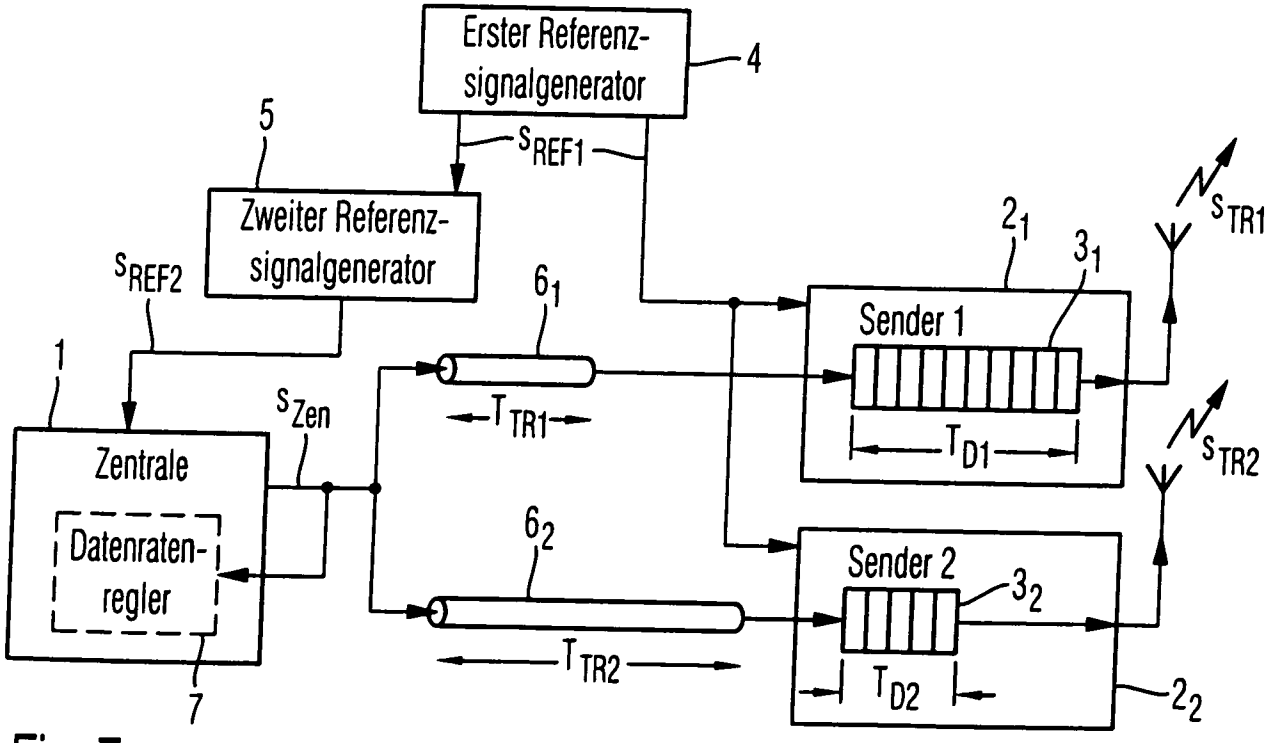

Erster Referenz-signalgenerator
4
5
s_{REF1}
Zweiter Referenz-signalgenerator
s_{REF2}
6_1
2_1
3_1
s_{TR1}
Sender 1
1
s_{Zen}
T_{TR1}
T_{D1}
Zentrale
Datenraten-regler
6_2
s_{TR2}
Sender 2
3_2
T_{TR2}
T_{D2}
7
2_2

Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/004508

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04H20/67

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/046107 A1 (NOKIA CORP [FI]; NOKIA INC [US]; MUELLER DOMINIQUE [FI]) 4 May 2006 (2006-05-04) cited in the application page 4, line 25 - page 5, line 2 page 8, line 15 - page 9, line 4 page 11, line 13 - line 23 page 16, line 10 - page 17, line 13	1,10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 October 2009	06/11/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	De Haan, Aldert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/004508

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006046107 A1	04-05-2006	CN 101088236 A	12-12-2007
		EP 1820290 A1	22-08-2007
		KR 20070070235 A	03-07-2007
		US 2006088023 A1	27-04-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/004508

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H04H20/67

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04H

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2006/046107 A1 (NOKIA CORP [FI]; NOKIA INC [US]; MUELLER DOMINIQUE [FI]) 4. Mai 2006 (2006-05-04) in der Anmeldung erwähnt Seite 4, Zeile 25 - Seite 5, Zeile 2 Seite 8, Zeile 15 - Seite 9, Zeile 4 Seite 11, Zeile 13 - Zeile 23 Seite 16, Zeile 10 - Seite 17, Zeile 13	1,10

☐ 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" älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. Oktober 2009	06/11/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	De Haan, Aldert

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/004508

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006046107 A1	04-05-2006	CN 101088236 A	12-12-2007
		EP 1820290 A1	22-08-2007
		KR 20070070235 A	03-07-2007
		US 2006088023 A1	27-04-2006