(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 100 55 289 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
G 01 S 5/12
G 01 C 21/26

(21) Aktenzeichen: 100 55 289.7
(22) Anmeldetag: 8. 11. 2000
(43) Offenlegungstag: 29. 5. 2002

DE 100 55 289 A 1

(71) Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479 München

(72) Erfinder:

Couronné, Sylvie, Dipl.-Ing., 91058 Erlangen, DE; Köhler, Stefan, Dipl.-Ing., 96472 Rödental, DE; Rohmer, Günter, Dr.-Ing., 91058 Erlangen, DE; Grün, Thomas von der, Dipl.-Ing., 91077 Kleinsendelbach, DE; Bretz, Ingmar, Dipl.-Ing., 93128 Regenstauf, DE; Gerhäuser, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 91344 Waischenfeld, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE	25 25 446 C2
DE-PS	12 40 146
DE	21 37 846 B2
DE	196 47 098 A1
DE	28 29 558 A1
DE-OS	18 13 128
US	52 08 756
US	44 94 119
US	37 50 178

KRAMAR E.: Funksysteme für Ortung und Navigation,
1973, Verlag Berliner Union GmbH Stuttgart, Verlag W. Kolhammer GmbH Stuttgart Berlin Köln Mainz, ISBN 3-408-53504-3, S. 27,92-104;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) System zur Bestimmung der Position eines Objekts

(57) System zur Bestimmung der Position eines Objekts mit einer Referenz-Sende-Vorrichtung, die in einer festen Position angeordnet ist, wobei die Referenz-Sende-Vorrichtung eine Referenzzeit-Lieferungseinrichtung zum Liefern eines Referenzzeit-Signals, das eine Referenz-Uhrzeit angibt, aufweist, mindestens zwei Sende-Empfangs-Vorrichtungen, die in festen Positionen zueinander und zu der Referenz-Sende-Vorrichtung angeordnet sind, wobei jede Sende-Empfangs-Vorrichtung eine Zeit-Lieferungseinrichtung zum Liefern eines Zeit-Signals, das eine Uhrzeit angibt, eine Empfangseinrichtung zum Empfangen des Referenzzeit-Signals von der Referenz-Sende-Vorrichtung und eine Synchronisierungseinrichtung zum Verarbeiten des Zeit-Signals und des Referenzzeit-Signals und zum Synchronisieren der Uhrzeit mit der Referenz-Uhrzeit aufweist, und einer Positionsbestimmungsvorrichtung zum Bestimmen der Position des Objekts.

DE 100 55 289 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System zur Bestimmung der Position eines Objekts und insbesondere auf ein Navigationssystem für den Innen- und Außen-Bereich.

[0002] Auf dem Gebiet der Außenbereichs-Navigation hat in den letzten 25 Jahren die technische Entwicklung von Navigationssystemen anhand von Satellitensignalen rasante Fortschritte gemacht. Weltweit werden Empfänger bzw. Receiver, die das amerikanische GPS-Signal (GPS = Global Positioning System) oder das russische GLONASS-Signal auswerten, z. B. im Flugverkehr oder in der Automobilindustrie eingesetzt. In den letzten Jahren sind auf dem Markt auch Empfänger (GNSS = Global Navigation Satellite System) erhältlich, die beide Systeme kombinieren und dadurch höhere Ortsauflösungen erreichen. Die erreichbare Ortsauflösung kann zusätzlich durch Überlagerungssysteme bzw. Overlaysysteme, wie WAAS in Nordamerika oder EGNOS in Europa erhöht werden.

[0003] Das GPS-System als Beispiel eines Außenbereichs-Navigationssystems bzw. Outdoor-Navigationssystems umfaßt eine Anzahl von sich teilweise bewegenden Satelliten, die Navigationssignale aussenden. Die Position eines Objekts wird im Empfänger des Objekts über die Laufzeiten der Navigationssignale zu dem Empfänger und aus den bekannten Positionen der Satelliten bestimmt. Dazu ist eine zeitliche Synchronisation der Satelliten notwendig, die durch Atomuhren in den einzelnen Satelliten erreicht wird. Die Navigationssignale sind Sichtlinien-Signale bzw. Line-Of-Sight-Signale, deren Kanalmodell lediglich durch die Ionosphäre der Erde bestimmt ist, so daß die Signalleistungen am Empfänger im wesentlichen immer gleich sind.

[0004] Ein Nachteil des GPS-Systems besteht darin, daß aufwendige Sender, hier Satelliten, notwendig sind, um das GPS-System als System zur Bestimmung der Position eines Objekts bzw. als Navigationssystem zu betreiben. Außerdem müssen die einzelnen Sender jeweils sehr genaue und aufwendige Uhren, hier Atomuhren, enthalten, um die notwendige zeitliche Synchronisation der Sender zu erreichen.

[0005] Ein weiterer Nachteil des GPS-Systems und allgemein von Satelliten gestützten Systemen besteht darin, daß diese nicht für die hochgenaue Navigation im Innenbereich, wie z. B. Gebäuden, oder im Außenbereich in von den Satelliten abgeschatteten Bereichen, wie z. B. Gebäudeschluchten, verwendet werden können.

[0006] Auf dem Gebiet der Innenbereichs-Navigation bzw. Indoor-Navigation werden derzeit Lösungen für die Ortung ausschließlich im Netz und nicht im Endgerät bzw. Empfänger vorgeschlagen, dabei wird die Position des Empfängers durch das Sendernetz des Systems ermittelt und – je nach Anwendung – dem Empfänger bzw. dem zu artenden Modul drahtlos übermittelt. Als Beispiel dafür werden in mobilen Kommunikationsnetzen Navigationsdienste angeboten, die auch im Innenbereich verwendet werden können. Andere Systeme, die auf Transponder-Technologien basieren, werden für Logistikzwecke und die Nahbereichsidentifikation eingesetzt. Die Ortung durch Entfernungsmessungen ist das hier am meisten angewandte Verfahren. Dabei erfolgt die Ortung durch eine Laufzeitmessung von Funk-, Infrarot-, Ultraschall- oder Laser-Signalen. Genauere Systeme setzen auch modulierte Signale ein, um mittels einer geeigneten Signalverarbeitung eine höhere Auflösung zu erzielen. Andere Verfahren, wie Feldstärkemessungen oder die Auswertung des empfangenen Signalwinkels bei komplexeren Basisstationen, die mit phasengesteuerten Antennenanordnungen bzw. Phased-Array-Antennen ausgerüstet sind, werden meistens zusätzlich zur Entfernungsmessung eingesetzt.

[0007] Die aktuellen Systeme für die Innenbereichs-Navigation bieten entweder Insel-Lösungen (Pico-Zellen) mit Tags, Lösungen, die auf der Entfernungsmessung basieren und die einen bidirektionalen Übertragungskanal verwenden und Lösungen mit kombinierten Systemen auf Basis mobiler Kommunikationsdienste.

[0008] Ein Nachteil der Insel-Lösungen besteht darin, daß die Netzstruktur sehr aufwendig ist. Ein Nachteil der Lösungen, die auf Entfernungsmessungen basieren, besteht darin, daß die Kanalkapazität schnell erreicht wird, wenn zu viele Module bzw. Empfänger gleichzeitig im Netz bzw. System geortet werden müssen. Ein Nachteil der Lösungen mit kombinierten Systemen besteht darin, daß sowohl die Navigationssicherheit nicht immer gewährleistet ist, da der Empfänger mindestens zwei Basisstationen bzw. Sender im Gebäude empfangen muß, als auch die Ortungsgenauigkeit noch über 25 m im Außenbereich mit Satellitensystemen und über 100 m mit einer Kommunikationsinfrastruktur liegt und somit beispielsweise für Innenbereichsanwendungen nicht geeignet ist. Allgemein bieten die meisten Systeme für den Innenbereich lediglich eine 1D-Ortung bzw. eine Abstandsmessung oder eine 2D-Ortung, z. B. in x-y-Koordinaten.

[0009] Ein besonderes Problem der Innenbereichs-Navigationssysteme aber auch der Außenbereichs-Navigationssysteme, z. B. in abgeschatteten Gebäudebereichen, besteht darin, daß im Innenbereich, z. B. in Gebäuden, eine hohe Signaldynamik und Mehrwegsignale auftreten, die z. B. durch Reflexionen der Navigationssignale innerhalb der Gebäude entstehen. Diese Mehrwegsignale verzerren sehr stark den Übertragungskanal und gefährden eine zuverlässige Ortung bzw. Bestimmung der Position eines Objekts.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein System zur Bestimmung der Position eines Objekts, eine Referenz-Sende-Vorrichtung, eine Sende-Empfangs-Vorrichtung und eine Positionsbestimmungsvorrichtung zu schaffen, die eine einfache, zuverlässige und genaue Bestimmung der Position eines Objekts ermöglichen.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein System zur Bestimmung der Position eines Objekts gemäß Anspruch 1, eine Referenz-Sende-Vorrichtung gemäß Anspruch 23, eine Sende-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 24 und eine Positionsbestimmungsvorrichtung gemäß Anspruch 25 gelöst.

[0012] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Erfindung bei Navigationsanwendungen, die keine oder eine eingeschränkte Sichtverbindung zu den Sendern des Systems zur Bestimmung der Position eines Objekts besitzen, also bei Anwendungen im Innenbereich, wie z. B. Gebäuden, oder im Außenbereich in abgeschatteten Außenbereichen, wie z. B. Gebäudeschluchten, bei denen zwangsläufig eine hohe Signaldynamik und Mehrwegsignale, die den Übertragungssignal stark verzerren, auftreten, eine hohe Ortungszuverlässigkeit eines Objekts, eine dreidimensionale Ortung (x,y,z-Koordinaten) und eine Ortung mit einem System ermöglicht, das unempfindlich gegenüber Störsignalen ist. Dies liegt daran, daß die vorliegende Erfindung ein CDMA-basiertes (CDMA = Code Division Multiple Access) System verwendet, wobei das CDMA-Verfahren unempfindlicher als bekannte Innenbereichs-Navigationsverfahren auf Störungen durch andere Funkdienste, wie beispielsweise mobile Kommunikationsdienste, z. B. TDMA- oder CDMA-basierte Systeme, digitalen Rundfunk als auch Satelliten-Dienste, z. B. bei Anwendungen im Außenbereich, reagiert.

[0013] Das System der vorliegenden Erfindung ermöglicht eine höhere Ortsauflösung als bei vorhandenen CDMA-Systemen. Bei der Implementierung mit aktuell ver-

fügbaren Technologien kann eine Ortungsgenauigkeit von weniger als 1 m erreicht werden. Bei kommerziellen Anwendungen wird zunächst eine mögliche Auflösung von ca. 1–5 m erwartet, ist aber theoretisch nur durch die Wellenlänge der verwendeten Trägerfrequenz begrenzt. Bei einer HF-Trägerfrequenz von 2,4 GHz im ISM-Band kann die maximale Positionsauflösung 6,2 cm (eine halbe Wellenlänge) betragen.

[0014] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, der durch die Anwendung des CDMA-Verfahrens begründet ist, ist die geringere elektromagnetische Belastung durch das Sendernetz im Vergleich zu Verfahren, die Signallaufzeiten direkt oder indirekt (durch einen Frequenzsweep des Senders) messen, da durch die bei CDMA-Systemen typischen Verstärkungsgewinne durch die Entspreizung des Signals Sender mit sehr niedriger Sendeleistung die Innenbereiche bzw. Außenbereiche versorgen. Da CDMA-Signale unter dem Rauschpegel liegen, ist keine hohe Sendeleistung für die Ortung notwendig.

[0015] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß das System zur Bestimmung der Position eines Objekts gemäß der Erfindung keinen Rückkanal für die Ortung und die Navigation benötigt, da die Ortung bzw. Bestimmung der Position im Empfänger bzw. Empfängermodul und nicht im Sendernetz erfolgt, wodurch die Zahl der Benutzer, Anwender bzw. Empfängermodule nicht begrenzt ist, keine Gefahr einer Netzüberlastung besteht und der Funkkanal nur mit vom Sendernetz erzeugten Signalen belastet ist. Dadurch wird ferner eine reduzierte Komplexität der Basisstationen bzw. Sender und der Endgeräte bzw. Empfänger ermöglicht, da die Basisstationen lediglich eine Sendestufe und die Endgeräte lediglich eine Empfangsstufe benötigen. Daher lassen sich die Empfänger einfach in existierenden Systemen, wie PDAs oder Handtelephonen bzw. Handys, integrieren.

[0016] Ein weiterer wichtiger Vorteil dieser Erfindung ist daher auch die Rückwärts-Kompatibilität mit Satelliten-Navigations-Systemen, so daß in Endgeräten, die dieses Navigationsverfahren verwenden, wesentliche Teile der Hardware für den Empfang von CDMA-basierten, Satelliten gestützten Außenbereichs-Navigationssystemen, wie GPS, GLONASS, WASS, EGNOS und das zukünftige europäische System GALILEO, wiederverwendet werden können.

[0017] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß es möglich ist, die Positionsbestimmungsgenauigkeit anwendungsspezifisch einzustellen, und damit auch die Leistungsaufnahme des Systems zu variieren, da die Position im Modul bestimmt wird.

[0018] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Reichweite eines Senders oder einer Basisstation in vertretbaren Abständen (bis 100 m) liegt.

[0019] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß zu dem Empfänger zusätzlich lokale Informationen mitübertragen werden können oder an Referenzstationen geladen werden können, wie z. B. aktuelle Meldungen oder ein Gebäudeplan. Mit einem integrierten Sprachcodierer kann dieses System als Orientierungshilfe für Sehbehinderte verwendet werden.

[0020] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0021] **Fig.** 1 ein Ausführungsbeispiel eines Systems zur Bestimmung der Position eines Objekts gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0022] **Fig.** 2 ein Ausführungsbeispiel einer Referenz-Sende-Vorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1;

[0023] **Fig.** 3 ein Ausführungsbeispiel einer Sende-Empfangs-Vorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1;

[0024] **Fig.** 4 eine allgemeine Darstellung einer Positionsbestimmungsvorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1;

[0025] **Fig.** 5 ein Ausführungsbeispiel einer Positionsbestimmungsvorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1;

[0026] **Fig.** 6 ein Ausführungsbeispiel einer Korrelationseinrichtung und einer Integrationseinrichtung der Positionsbestimmungsvorrichtung von **Fig.** 5; und

[0027] **Fig.** 7 ein Ausgangssignal der Integrationseinrichtung von **Fig.** 6.

[0028] Diese Erfindung beschreibt ein drahtloses, hochauflösendes, funkbasiertes und zellulares Navigationssystem bzw. ein System zur Bestimmung der Position eines Objekts, das zu Ortung von beweglichen oder bewegbaren Objekten, wie z. B. Personen, im Außen- und/oder im Innen-Bereich dient. Bei einem Einsatz im Innenbereich können in diesem System zusätzliche Informationen, wie z. B. ein Gebäudeplan, als Orientierungshilfe angeboten werden. Durch die zellulare Struktur kann das beschriebene System auch zur Bestimmung der Position eines Objekts im Außenbereich oder in Gebäudekomplexen, wie Messegeländen, die aus mehreren Gebäuden bestehen, eingesetzt werden.

[0029] **Fig.** 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Systems zur Bestimmung der Position eines Objekts. Das System **100** umfaßt eine Referenz-Sende-Vorrichtung **202**, die in einer festen Position angeordnet ist, drei Sende-Empfangs-Vorrichtung **302**, die in festen Positionen zueinander und zu der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** angeordnet sind, und eine Positionsbestimmungsvorrichtung **502** zum Bestimmen der Position des Objekts, wobei das Objekt die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** aufweist. Um die Position des Objekts mit der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** im Zweidimensionalen zu bestimmen, muß das System **100** mindestens drei Sende-Vorrichtungen, beispielweise eine Referenz-Sende-Vorrichtung **202** und zwei Sende-Empfangs-Vorrichtung **302**, umfassen. Um eine Position des Objekts mit der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** im Dreidimensionalen bzw. im Raum zu bestimmen, muß das System **100** mindestens vier Sende-Vorrichtungen, beispielsweise eine Referenz-Sende-Vorrichtung **202** und drei Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** umfassen, wie es in **Fig.** 1 gezeigt ist.

[0030] Zur dreidimensionalen Bestimmung der Position des Objekt mit der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** werden die Positionen P1, P2, P3 und P4 der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** und die Laufzeiten L1, L2, L3 und L4 von Navigationssignalen bzw. Informationssignalen von den Sende-Vorrichtungen **202**, **302** zu der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** benötigt. Dazu müssen die Sende-Vorrichtungen **202**, **302** zeitlich synchron zueinander arbeiten, d. h. ihre Uhren müssen synchron arbeiten. Die Laufzeiten L1, L2, L3 und L4 der Informationssignale werden aus der Differenz der Empfangszeiten der Informationssignale bei der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** und der Sendezeiten der Informationssignale von den Sende-Vorrichtungen **202**, **302** bestimmt. Da die Sende-Vorrichtungen **202**, **302** zeitlich synchron arbeiten, benötigt die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** selbst keine eigene exakte Zeitbasis bzw. keine exakt laufende Uhr. Die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** benötigt lediglich einen Taktgeber oder eine Zeit-Lieferungseinrichtung, die in bestimmten Zeitbereichen Zeitabstände relativ messen kann.

[0031] Zur zweidimensionalen (bzw. zur dreidimensionalen) Positionsbestimmung, d. h. zur Bestimmung der Position eines Objekts in der Ebene (bzw. im Raum), sind drei

(bzw. vier) Sender bzw. Sende-Vorrichtungen **202**, **302** notwendig. Bei der zweidimensionalen Bestimmung der Position könnte jedoch beispielsweise auf den dritten Sender bzw. hier auf eine zweite Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** verzichtet werden, obwohl die um die zwei verbleibenden Sender, d. h. die Referenz-Sende-Vorrichtung **202** und die verbleibende Sende-Empfangs-Vorrichtung **302**, gezogenen Kreise mit dem Radius der Laufzeit der Navigationssignale zwei Schnittpunkte aufweisen und dadurch die Positionsbestimmung des Objekts nicht eindeutig ist. Dies liegt daran, daß der richtige Schnittpunkt bzw. die richtige Position des Objekts auch über die Phase ohne eine dritte Sende-Vorrichtung **202**, **302** bestimmt werden kann. Die dritte Sende-Vorrichtung ist jedoch bei der zweidimensionalen Bestimmung der Position notwendig, um die tatsächliche Empfangszeit der Informationssignale im Empfänger bzw. der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** zu bestimmen, um die Laufzeiten der Informationssignale zu der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** exakt berechnen zu können. Daher ist in der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** lediglich eine Zeit-Lieferungseinrichtung, z. B. eine Uhr, notwendig, die nicht exakt zeitlich mit den Sende-Vorrichtungen **202**, **302** synchronisiert ist, und die über die Informationen der zusätzlichen Sende-Vorrichtung mit den Sende-Vorrichtungen **202**, **302** synchronisiert werden kann. Ähnliches gilt für den dreidimensionalen Fall. Hier ist ebenfalls, da eine Bestimmung der Position abhängig von der Phase möglich ist, eigentlich keine vierte Sende-Vorrichtung notwendig. Die vierte Sende-Vorrichtung **202**, **302** bzw. die dritte Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** in **Fig.** 1 dient jedoch zur exakten Empfangszeitbestimmung der Informationsignale innerhalb der Positionsbestimmungsvorrichtung **502**.

[0032] Die Zeitsynchronisation im Netz der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** von **Fig.** 1 erfolgt in zwei Schritten. Beim Einschalten der Infrastruktur wird die Synchronisation im Netz durch programmierbare Delays bzw. Zeitkorrekturwerte eingerichtet, und beim Betrieb wird in regelmäßigen Abständen diese zeitliche Synchronisation überprüft bzw. korrigiert. Die Synchronisation der Sende-Vorrichtung **202**, **302** wird über eine Verbindung zwischen denselben, über die die Vorrichtungen miteinander kommunizieren, erreicht. Dabei liefert z. B. die Referenz-Sende-Vorrichtung **202** eine Referenzzeit in Form eines Referenzzeit-Signals, mit der sich die Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** über die Verbindung zeitlich synchronisieren. Diese Verbindung kann drahtgebunden bzw. kabelgebunden, wie z. B. über elektrische oder optische Kabel, oder drahtlos ausgeführt sein. Die drahtgebundene Verbindung wird dabei bevorzugt, da die Übertragungen von Referenzzeit-Signalen von der fest positionierten Referenz-Sende-Vorrichtung **202** zu den fest positionierten Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** direkt sind und bekannte Laufzeiten über die Verbindung besitzen, die bei der Synchronisation der Uhren berücksichtigt werden müssen. Bei der drahtlosen Verbindung sind hingegen Sichtlinien bzw. Line-of-Sight-Signale notwendig, um die Uhren synchronisieren zu können, dabei können Mehrwegsignale neben den Sichtliniensignalen, d. h. beispielsweise Reflexionen des Referenzeit-Signals der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** an Wänden auf dem Weg zu der jeweiligen Sende-Empfangs-Vorrichtung **302**, auftreten, die die Bestimmung der Laufzeiten des Referenzeit-Signals zu den Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** erschweren. Bei sowohl der drahtgebundenen als auch der drahtlosen Übertragung von Referenzzeit-Signalen werden die Uhren bzw. Zeit-Lieferungseinrichtungen der Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** mit der Uhr bzw. einer Referenzzeit-Lieferungseinrichtung der Referenz-Sende-Vorrichtung **202**, die das Referenzzeit-Signal liefert, synchronisiert.

[0033] Das System **100** von **Fig.** 1 kann als Sende-Vorrichtungen **202**, **302** auch nur Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** aufweisen, wobei abhängig von der Struktur und der Umgebung des Systems eine der Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** zu einer Referenz-Sende-Empfangs-Vorrichtung bzw. Referenz-Sende-Vorrichtung bestimmt wird. Eine solche Bestimmung kann beispielsweise davon abhängen, daß eine Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** der mehreren Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** die genaueste Uhr besitzt und damit der Lieferant einer Referenz-Uhrzeit sein kann, auf die sich alle anderen Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** synchronisieren können.

[0034] Weiterhin kann jedes System **100** eine sehr große Anzahl von Sende-Vorrichtungen **202**, **302** aufweisen, die z. B. nur Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** sind. Diese große Anzahl von Sende-Vorrichtungen kann auf sehr viele Untergruppen, wie z. B. Gebäude in einem Gebäudekomplex, Räume in einem Gebäude etc., verteilt sein, da z. B. die Reichweite der Sende-Vorrichtungen begrenzt ist, wobei hierarchische Strukturen in dem System gebildet werden können. Jede Untergruppe, wie z. B. ein Raum, kann darin wiederum eine eigene hierarchische Struktur von Sende-Vorrichtungen besitzen, in der eine Sende-Vorrichtung zu einer Referenz-Sende-Vorrichtung bzw. Referenz-Sende-Empfangs-Vorrichtung bestimmt werden kann, auf die sich alle anderen Sende-Vorrichtungen der Untergruppe synchronisieren, weil diese Referenz-Sende-Vorrichtung beispielsweise die genaueste Uhr besitzt oder selbst mit einer Sende-Vorrichtung einer übergeordneten Gruppe synchronisiert ist. Eine übergeordnete Gruppe, wie z. B. ein Stockwerk oder ein Gebäude, kann für sich Untergruppen, wie z. B. Räume, aufweisen, die sich mit einer ausgewählten Referenz-Sende-Vorrichtung, wie z. B. des Stockwerks oder des Gebäudes, synchronisieren usw.

[0035] **Fig.** 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Referenz-Sende-Vorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1. Die Referenz-Sende-Vorrichtung **202** umfaßt eine Referenzzeit-Lieferungseinrichtung **204** zum Liefern eines Referenzzeit-Signals, das eine Referenz-Uhrzeit angibt, eine Signalerzeugungseinrichtung **206** zum Erzeugen eines Informationssignals bzw. Navigationssignals, das die Sendezeit des Informationssignals, die aus dem Referenz-Zeitsignal bestimmt wird, aufweist, und eine Sendeeinrichtung **208** zum Senden des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals.

[0036] Die Referenzzeit-Lieferungseinrichtung **204** ist vorzugsweise ein Taktgeber oder eine Uhr etc., die eine Zeitbasis zum Bestimmen einer Uhrzeit bzw. eines Zeitpunktes, in diesem Fall der Referenz-Uhrzeit, liefert. Die Signalerzeugungseinrichtung **206** ist vorzugsweise eine analoge oder digitale Signalerzeugungseinrichtung, wie z. B. eine Verarbeitungseinrichtung, die ein Informationssignal erzeugt, in dem unter anderem die Sendezeit des Informationssignals selbst enthalten ist. Die Signalerzeugungseinrichtung **206** kann ferner angeordnet sein, um ein Informationssignal zu erzeugen, das ferner die Position der Referenz-Sende-Vorrichtung **202**, lokale Informationen für den Bereich des Netzes der Sende-Referenz-Vorrichtung **202** und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** bzw. für den Bereich, in dem sich das Objekt der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** befindet, lokale Meldungen, spezifische Systemparameter, Synchronisierungsdaten, einen Umgebungs- oder Gebäudeplan und/oder Verzeichnisse von Referenz-Sende-Vorrichtungen **202** und/oder Funkbalken aufweist.

[0037] Die Sendeeinrichtung **208** der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** weist vorzugsweise eine Codelieferungseinrichtung **210** zum Liefern eines Codes, der der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** zugeordnet ist, und eine Codie-

rungseinrichtung **212** zum Codieren des Informationssignals mit dem Code der Codelieferungseinrichtung **210** auf. Die Codelieferungseinrichtung **210** ist vorzugsweise ein Speicher, der ein kontinuierliches (analoges) oder wertdiskretes (digitales) Signal enthält, das den Code darstellt. Bevorzugt wird dabei ein rauschähnliches Signal bzw. ein rauschähnlicher Code (PN-Codes; PN = Pseudo Noise), der sowohl in den Sende-Vorrichtungen **202**, **302** als auch der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** unabhängig voneinander wiedererzeugt werden kann. Zu diesen Codes gehören unter anderem die Codes maximaler Länge (m-Sequenzen). Andere mögliche Codes sind beispielsweise die Gold-Sequenzen.

[0038] Die Codierungseinrichtung **212** der Sendeeinrichtung **208** ist vorzugsweise eine synchrone Operation oder eine Exklusiv-Oder-Einrichtung (EXLUSIVE-OR), die den Code mit dem Informationssignal zusammenaddiert, wodurch eine Bandspreizung des Informationssignals erfolgt. Durch die Verwendung von rauschähnlichen Signalen bzw. Codes wird eine gleichmäßige Verteilung der Signalleistung des Informationssignals über das gespreizte Frequenzband erreicht. Zur Rückgewinnung des Informationssignals in beispielsweise der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** wird dieses Informationssignal mit dem zur Spreizung benutzten Code korreliert. Hierzu wird der in der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** erzeugte Code phasenrichtig auf den Empfangscode synchronisiert und mit dem Empfangssignal multipliziert. Das Informationssignal wird dann wieder auf die ursprüngliche Bandbreite dekorreliert. Dem Signal überlagerte Störungen werden dabei spektral gespreizt und z. B. durch eine nachfolgende Signalintegration oder eine Tiefpaßfilterung in ihrer Amplitude entsprechend dem Bandbreitenverhältnis reduziert.

[0039] Die Sendeeinrichtung **208** der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** kann ferner eine Modulationseinrichtung **214** zum Modulieren des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals auf ein Trägersignal, das eine Trägerfrequenz f_{TR} aufweist, umfassen. Die Modulationseinrichtung **214** ist vorzugsweise eine Mischeinrichtung bzw. eine Multiplikationseinrichtung, die das Informationssignal auf das Trägersignal moduliert, wobei das Trägersignal vorzugsweise ein Hochfrequenz-Trägersignal ist. Die Modulationseinrichtung **214** führt vorzugsweise eine Phasenumtastungs-Modulation (PSK-Modulation oder BPSK-Modulation) zum Modulieren des Informationssignals auf das Trägersignal durch. Es können jedoch auch andere bekannte Modulationsverfahren verwendet werden.

[0040] Die Referenz-Sende-Vorrichtung **202** kann beispielsweise bei der Verwendung eines HF-Trägersignals eine Antenne **216** aufweisen, die unter anderem zum Senden des HF-Signals verwendet werden kann.

[0041] **Fig.** 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Sende-Empfangs-Vorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1. Die Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** umfaßt vorzugsweise eine Zeit-Lieferungseinrichtung **304** zum Liefern eines Zeitsignals, das eine Uhrzeit angibt, eine Empfangseinrichtung **306** zum Empfangen des Referenzzeit-Signals von der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** oder zum Empfangen eines Zeitsignals von einer anderen Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** als Referenzzeit-Signal, eine Synchronisierungseinrichtung **308** zum Verarbeiten des Zeitsignals und des Referenzzeit-Signals und zum Synchronisieren der Uhrzeit der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** mit der Referenz-Uhrzeit, eine Signalerzeugungseinrichtung **310** zum Erzeugen eines Informationssignals, das die Sendezeit des Informationssignals, die aus dem Zeitsignal bestimmt wird, aufweist, und eine Sendeeinrichtung **312** zum Senden des Informationssignals.

[0042] Wie im vorhergehenden erwähnt, kann das System der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** nach **Fig.** 1 auch nur aus Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** bestehen, wobei abhängig von der Struktur des Systems eine oder mehrere Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** zu Referenz-Sende-Vorrichtungen bzw. Referenz-Sende-Empfangs-Vorrichtungen bestimmt werden. Das Zeitsignal, das von der Zeit-Lieferungseinrichtung **304** geliefert wird, ist dann das Referenzzeit-Signal, auf das sich die anderen Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** synchronisieren. Durch eine solche Struktur wird eine stärkere Flexibilität des Systems abhängig von den äußeren Umständen des Systems und eine höhere Zuverlässigkeit, z. B. wenn eine Sende-Empfangs-Vorrichtung als Referenz-Sende-Empfangs-Vorrichtung ausfällt, erreicht. Die Empfangseinrichtung **306** und die Synchronisierungseinrichtung **308** sind bei einer zur Referenz-Sende-Vorrichtung bestimmten Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** auch nicht überflüssig, da sich diese selber auch wieder mit einer übergeordneten Sende-Empfangs-Vorrichtung **302**, die ebenfalls eine Referenz-Sende-Vorrichtung beispielsweise einer übergeordneten Gruppe ist, synchronisieren kann. Dadurch wird eine hierarchische Struktur ermöglicht.

[0043] Zurückkehrend zu **Fig.** 3, ist die Zeit-Lieferungseinrichtung **304** vorzugsweise ein Taktgeber oder eine Uhr etc. die eine Zeitbasis zum Bestimmen einer Uhrzeit bzw. eines Zeitpunktes, in diesem Fall der Uhrzeit, liefert.

[0044] Die Empfangseinrichtung **306** ist vorzugsweise eine Einrichtung zum Verarbeiten des Referenzzeit-Signals von der Referenz-Sende-Vorrichtung **202**, die das über eine Verbindung eintreffende Referenzzeit-Signal verarbeitet. Die Empfangseinrichtung **306** kann angepaßt sein, um ein über die drahtgebundene oder drahtlose Verbindung übermitteltes Referenzzeit-Signal zu verarbeiten.

[0045] Die Synchronisierungseinrichtung **308** der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** weist vorzugsweise eine Uhrzeit-Korrektureinrichtung zum Korrigieren des Zeitsignals bzw. der Uhrzeit der Zeit-Lieferungseinrichtung **304** mit einer Delay oder mit einem Zeitkorrekturwert auf, der den zeitlichen Unterschied der Referenz-Uhrzeit der Referenzzeit-Lieferungseinrichtung **204** der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** und der Uhrzeit der Zeit-Lieferungseinrichtung **304** der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** darstellt. Dieser Zeitkorrekturwert kann beispielsweise ein Korrekturfeld sein, das bei der Einrichtung des Systems gemessen wird und in Zeitabständen neu bestimmt wird. Die Referenz-Sende-Vorrichtung **202** muß daher für den Fall eines einfachen Sendernetzwerkes nicht unbedingt ständig mit den Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** kommunizieren. Bei einem komplexeren System, bei dem sich die Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** mit der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** synchronisieren, kann eine regelmäßige Zeit-Abgleichmöglichkeit zwischen der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** und den Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** vorgesehen werden.

[0046] Die Signalerzeugungseinrichtung **310** zum Erzeugen des Informationssignals ist vorzugsweise eine analoge oder digitale Verarbeitungseinrichtung, wie z. B. eine Verarbeitungseinrichtung, die ein Informationssignal erzeugt, das die Sendezeit des Informationssignals aufweist. Die Signalerzeugungseinrichtung **310** kann ferner angeordnet sein, um ein Informationssignal zu erzeugen, das ferner die Position der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** aufweist. Das Informationssignal kann ferner lokale Informationen für den Bereich des Netzes der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** bzw. für den Bereich, in dem sich das Objekt der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** befindet bzw. bewegt, lokale Meldungen, spe-

zifische Systemparameter, Synchronisierungsdaten, einen Umgebungs- und Gebäudeplan und/oder Verzeichnisse von Referenz-Sende-Vorrichtungen **202** und/oder Funkbalken aufweisen.

[0047] Die Sendeeinrichtung **312** der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** weist vorzugsweise eine Codelieferungseinrichtung **314** zum Liefern eines Codes, der der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** zugeordnet ist und der sich von den Codes der anderen Sende-Vorrichtungen **202**, **302** unterscheidet, und eine Codierungseinrichtung **316** zum Codieren des Informationssignals mit dem Code auf.

[0048] Die Codelieferungseinrichtung **314** der Sendeeinrichtung **312** ist vorzugsweise ein Speicher, der ein analoges oder digitales Codesignal enthält, das den Code darstellt. Dieser Code ist vorzugsweise ein rauschähnlicher Code, der sowohl in der jeweiligen Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** als auch in der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** unabhängig voneinander wiedererzeugt werden kann. Zu den rauschähnlichen Codes gehören sogenannte Codes maximaler Länge (m-Sequenzen). Andere mögliche Codes sind beispielsweise die Gold-Sequenzen.

[0049] Die Codierungseinrichtung **316** der Sendeeinrichtung **312** ist vorzugsweise eine synchrone Operation oder eine Exklusiv-Oder-Einrichtung (EXCLUSIVE-OR), die den Code der Codelieferungseinrichtung **314** mit dem Informationssignal der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** zusammenaddiert bzw. zusammenführt. Durch die Multiplikation des Informationssignals mit dem Code wird das Informationssignal gespreizt und es wird eine gleichmäßige Verteilung der Signalleistung über das gespreizte Frequenzband erreicht. Zur Rückgewinnung des gespreizten Informationssignals wird dieses in der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** mit dem zur Spreizung verwendeten Code korreliert. Hierzu wird der in der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** erzeugte Code phasenrichtig auf den Empfangscode synchronisiert und mit dem Empfangssignal multipliziert. Das gespreizte Empfangs-Informationssignal wird damit wieder auf die ursprünglichen Bandbreite dekorreliert. Dem Signal überlagerte Störungen werden dagegen spektral gespreizt und können beispielsweise durch eine nachfolgende Signalintegration oder eine Tiefpaßfilterung in ihrer Amplitude entsprechend dem Bandbreitenverhältnis reduziert werden.

[0050] Die Sendeeinrichtung **312** der Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** kann ferner eine Modulationseinrichtung **318** zum Modulieren des Informationssignals auf ein Trägersignal, das eine Trägerfrequenz f_{TR} aufweist, die vorzugsweise gleich der Trägerfrequenz der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** ist, umfassen. Die Modulationseinrichtung **318** ist vorzugsweise eine Mischeinrichtung bzw. eine Multiplikationseinrichtung, die das Informationssignal auf das Trägersignal moduliert, wobei das Trägersignal vorzugsweise ein Hochfrequenz-Trägersignal (HF-Trägersignal) ist. Die Modulationseinrichtung **318** kann beispielsweise eine Phasenumtastungs-Modulation (PSK-Modulation oder BPSK-Modulation) zum Modulieren des Informationssignals auf das Trägersignal durchführen. Es können jedoch auch andere bekannte Modulationsverfahren verwendet werden.

[0051] Die Sende-Empfangs-Vorrichtung weist vorzugsweise ferner eine Antenne **320** auf, die unter anderem zum Senden des Hochfrequenz-Trägersignals verwendet werden kann.

[0052] **Fig.** 4 zeigt eine allgemeine Darstellung einer Positionsbestimmungsvorrichtung des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1. Die Positionsbestimmungsvorrichtung **402** weist eine Antenne **404** zum Empfangen der Informationssignale, beispielsweise der HF-Informationssignale, der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** als ein (HF-)Empfangssignal auf. Dieses Empfangssignal wird von der Antenne **404** zu einem Radio-Frontend **406** bzw. einer Funk-Eingangsstufe weitergeleitet. Dieses Radio-Frontend **406** umfaßt beispielsweise eine Mischeinrichtung, die das Hochfrequenz-Empfangssignal in das Basisband mischt. Dieses Mischen kann analog oder analog/digital mit einer Zwischenfrequenz-Abtastvorrichtung bzw. einem IF-Sampler realisiert werden. Die Weiterverarbeitung erfolgt dann digital. Im Basisband erfolgt die Korrelation des Empfangssignals mit einer definierten Anzahl von Codes, wobei jeder dieser Codes einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** (**Fig.** 1) zugeordnet ist. Diese Codes werden in einem Code-Generator **408** entsprechend den Codes der Sende-Vorrichtungen erzeugt. Für jeden Code wird das Empfangssignal mit einem oder mehreren Korrelatoren in einem Korrelationsabschnitt **410** und in einem ersten Verarbeitungsabschnitt **412** korreliert, um einzelne Empfangs-Informationssignale, die den Informationssignalen der Sende-Vorrichtungen zugeordnet sind, aus dem Empfangssignal durch Korrelation zu erhalten. Das mit den einzelnen Codes in dem Korrelationsabschnitt **410** korrelierte Empfangssignal wird in den ersten Verarbeitungsabschnitt **412** der Positionsbestimmungsvorrichtung **402** gespeist, in dem die abschließende Korrelation der Codes mit dem Empfangssignal und die Ableitung der zugeordneten Empfangs-Informationssignale erfolgt. Dabei müssen auch Mehrwegsignale, die durch die Reflexion der durch die Sende-Vorrichtungen **202**, **302** gesendeten Informationssignale, z. B. von Wänden, entstehen, von den Sichtlinien-Signalen bzw. Line-of-Sight-Signalen getrennt werden, um für jede Sende-Vorrichtung **202**, **302** das Informationssignal zu erhalten, das sich auf dem direkten Weg zu der Positionsbestimmungsvorrichtung ausgebreitet hat. Nur mit diesem Signal ist eine korrekte Laufzeitbestimmung des jeweiligen Informationssignals und eine Positionsbestimmung des Objekts möglich. Der erste Verarbeitungsabschnitt **412** der Positionsbestimmungsvorrichtung **402** übernimmt ferner die Code-Ansteuerung des Code-Generators **408**, um die Korrelation des Codes mit dem Empfangssignal in dem Korrelationsabschnitt **410** zu steuern, und steuert ferner über eine automatische Verstärkungssteuerung (AGC; AGC = Automatic Gain Control) **418** die Verstärkung des Empfangssignals, das abhängig von der Beschaffenheit der Umgebung der Positionsbestimmungsvorrichtung **402**, d. h. vor allem abhängig von dem Auftreten von Mehrwegsignalen und Störungen, unterschiedlich groß ist und eine hohe Dynamik besitzt. Die erhaltenen Empfangs-Informationssignale werden an einen zweiten Verarbeitungsabschnitt **414** der Positionsbestimmungsvorrichtung **402** weitergeleitet, der das jeweilige Empfangs-Informationssignal, ohne die Mehrwegsignale, verfolgt und mit den anderen Empfangs-Informationssignalen zeitlich synchronisiert und decodiert, um aus den jeweiligen Empfangs-Informationssignalen neben anderen Informationen die Sendezeiten der Informationssignale, die den Empfangs-Informationssignalen zugeordnet sind, und vorzugsweise ferner die Positionen der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** zu erhalten, um damit die Position des Objekts zu dem entsprechenden Zeitpunkt zu bestimmen. Der zweite Verarbeitungsabschnitt **414** der Positionsbestimmungsvorrichtung **402** übernimmt ferner die Navigation des Objekts, indem Navigationsanweisungen, Navigationssignale etc. durch den zweiten Verarbeitungsabschnitt **414** ausgegeben werden, und kann beispielsweise ein digitaler Signalprozessor sein. Der Codegenerator **408** kommuniziert mit dem zweiten Verarbeitungsabschnitt **414**, um die den jeweiligen Code zugeordneten Empfangs-Informationssignale identifizieren zu können. Die Positionsbestimmungsvorrichtung **402** weist ferner einen Synthesizer bzw. ein Frequenzerzeuger **416** mit der Frequenz f_c auf, der die

zeitliche Steuerung des Radio-Frontends **406**, des Code-Generators **408** und des zweiten Verarbeitungsabschnitts **414** der Positionsbestimmungsvorrichtung **402** übernimmt.

[0053] Die Ausbreitung von Mehrwegsignalen, die Reflexionen der Informationssignale der Sende-Vorrichtung **202**, **302**, z. B. in Innenbereichen an Innenwänden oder in abgeschatteten Außenbereichen an Außenwänden von Gebäuden, sind, und die Signaldynamik des aus den einzelnen Empfangs-Informationssignalen zusammengesetzten Empfangssignals der Positionsbestimmungsvorrichtung **402**, die durch die unterschiedliche Amplitude des Empfangssignals, beispielsweise durch Reflexionen, unterschiedliche Umgebungsbedingungen bezüglich der Dämpfung etc., verursacht wird, stellen höchste Ansprüche an die Positionsbestimmungsvorrichtung. Es ist durch die unterschiedliche Struktur von Innenbereichen bzw. Räumen allgemein sehr schwierig, die Ausbreitungsbedingungen der Informationssignale generell zu definieren. Die Informationssignale werden durch die Entfernung, durch flaches Fading, feste und zeitvariante Hindernisse unterschiedlich gedämpft. Die Dämpfung kann bis zu 80 dB betragen. Die Mehrwegausbreitung ist daher durch sehr große Dynamikunterschiede gekennzeichnet. Die hohen Dynamikanforderungen werden in der Positionsbestimmungsvorrichtung **402** durch die von dem ersten Verarbeitungsabschnitt **412** gesteuerte Regelschleife (AGC) **418** und durch die Verwendung eines AD-Umsetzers mit einer Auflösung von ca. 10 Bit und einer Abtastrate, deren Periodendauer kleiner ist als die aufzulösenden Laufzeitunterschiede, gelöst. Die Mehrwegsignale werden dann mit einer angepaßten Entscheidungseinrichtung separiert.

[0054] Es sei bemerkt, daß die Navigationsdaten bzw. Informationsdaten eine sehr niedrige Datenrate (f_{INF}) besitzen. Um einen ausreichenden Verarbeitungsgewinn bzw. Processing Gain sicherzustellen, muß jedoch die Datenrate der Informationsdaten f_{INF} deutlich kleiner als die Bandbreite des Informationssignals sein. Das Informationssignal wird dann direkt auf die Trägerfrequenz (f_{TR}) phasenstarr moduliert. Um den Übertragungskanal des Informationssignals effizient nutzen zu können, eignen sich hierzu insbesondere PSK-Modulationsverfahren, wie z. B. das BPSK-Modulationsverfahren.

[0055] **Fig.** 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Positionsbestimmungsvorrichtung **502** des Systems der vorliegenden Erfindung von **Fig.** 1. Die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** umfaßt vorzugsweise eine Zeit-Lieferungseinrichtung **504** zum Liefern eines Zeitsignals, das eine Uhrzeit angibt, eine Empfangseinrichtung **506** zum Empfangen eines Empfangssignals, das die Empfangs-Informationssignale der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** aufweist, eine Verarbeitungseinrichtung **508** zum Verarbeiten der Empfangs-Informationssignale und eine Empfangszeit-Bestimmungseinrichtung **510** zum Bestimmen der Empfangszeit jedes Empfangs-Informationssignals mit dem Zeitsignal der Zeit-Lieferungseinrichtung **504**.

[0056] Die Zeit-Lieferungseinrichtung **504** ist vorzugsweise ein Taktgeber oder eine Uhr etc., die eine Zeitbasis zum Bestimmen einer Uhrzeit bzw. eines Zeitpunkts liefert.

[0057] Die Empfangseinrichtung **506** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** umfaßt vorzugsweise eine Codelieferungseinrichtung **512** zum Liefern der Codes der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** und eine Decodierungseinrichtung **514** zum Decodieren des Empfangssignals unter Verwendung der von der Codelieferungseinrichtung **512** gelieferten Codes der Sende-Vorrichtungen **202**, **302**, um den Informationssignalen der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** entsprechende Empfangs-Informationssignale aus dem Empfangssignal zu erhalten.

[0058] Die Codelieferungseinrichtung **512** der Empfangseinrichtung **506** ist vorzugsweise ein Speicher, der analoge oder digitale Codesignale enthält, die die Codes der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** darstellen, wobei die Codes vorzugsweise rauschähnliche Codes (PN-Codes) sind. Hierzu gehören die sogenannten Codes maximaler Länge (m-Sequenzen) oder andere mögliche Codes, wie z. B. Gold-Sequenzen.

[0059] Die Decodierungseinrichtung **514** der Empfangseinrichtung **506** umfaßt für jede Sende-Vorrichtung **202**, **302** des Systems **100** vorzugsweise mindestens eine Korrelationseinrichtung **516** zum Korrelieren des Empfangssignals mit dem Code, der der jeweiligen Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnet ist und der in der Codelieferungseinrichtung **512** verfügbar ist, um ein korreliertes Empfangssignal zu erhalten, und jeweils eine der Korrelationseinrichtung **516** zugeordnete Integrationseinrichtung **518**, die jedes Korrelationsergebnis der Korrelation des Empfangssignals mit jedem zugeordneten Code über eine Zeit, die vorzugsweise einer Periode einer Codesequenz entspricht, integriert, um ein der jeweiligen Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnetes Empfangs-Informationssignal zu erhalten.

[0060] In der Korrelationseinrichtung **516** wird das Empfangssignal um je einen Takt verschoben und dann parallel mit jedem Code in der Codelieferungseinrichtung **512** korreliert. Diese Codelieferungseinrichtung **512** enthält jeden einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordneten Code in einem zugeordneten Schieberegister, wobei der Code darin mit einer schnellen Taktrate, die größer als die Chipping-Rate ist, verschoben wird. Bei einer Synchronisation des Eingangssignals mit dem jeweiligen Inhalt eines Schieberegisters entsteht ein Korrelationspeak am Ausgang der Integrationseinrichtung **518**.

[0061] Für die Empfangseinrichtung **506** ist jede Sende-Vorrichtung **202**, **302** ein Satellit, unabhängig davon, ob nur Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** oder auch Referenz-Sende-Vorrichtungen **202** im Netz verwendet werden. Für eine 3-D-Lokalisierung müssen vier verschiedene Signale und für eine 2-D-Lokalisierung nur drei verschiedene Signale in der Empfangseinrichtung unabhängig von welcher Sende-Vorrichtung **202**, **302** in der Auswertung berücksichtigt werden. Dies bedeutet, daß vorzugsweise mehr als vier bzw. drei Korrelationseinrichtungen **516** und zugeordnete Integrationseinrichtungen **518** vorgesehen werden sollten, um mit höherer Sicherheit vier. bzw. drei Signale von verschiedenen Sende-Vorrichtungen **202**, **302** im Empfangssignal decodieren zu können. Für jede zu empfangende Sende-Vorrichtung **202**, **302** ist daher mindestens eine Korrelationseinrichtung **516** und eine zugeordnete Integrationseinrichtung **518** in der Decodierungseinrichtung **514** vorzusehen. Zur schnelleren Korrelation können auch mehr als eine Korrelationseinrichtung **516** und Integrationseinrichtung **518** pro Sende-Vorrichtung **202**, **302** enthalten sein.

[0062] **Fig.** 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Korrelationseinrichtung **516** und der Integrationseinrichtung **518** der Decodierungseinrichtung **514** von **Fig.** 5. Jede einem Code bzw. einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnete Korrelationseinrichtung **516** umfaßt einen Korrelator **520** zum Korrelieren des Codes mit dem Empfangssignal, um ein korreliertes Empfangssignal zu erhalten, und jede einem Code bzw. einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnete Integrationseinrichtung **518** umfaßt einen Integrator **526**, der dem Korrelator **520** zugeordnet ist, zum Integrieren des korrelierten Empfangssignals des Korrelators **520** über die Zeit, um das dem Code bzw. der Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnete Empfangs-Informationssignal zu erhalten. Jede einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnete Korrelationseinrichtung **516** umfaßt ferner einen weiteren Korre-

lator **522** zum Korrelieren des zeitversetzten Codes mit dem Empfangssignal, um ein korreliertes Empfangssignal zu erhalten, und jede einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** zugeordnete Integrationseinrichtung **518** umfaßt ferner einen dem weiteren Korrelator **522** zugeordneten Integrator **528** zum Integrieren des korrelierten Empfangssignals über die Zeit, um ein dem Code zugeordnetes zeitversetztes Empfangs-Informationssignal bzw. Mehrwegsignal zu erhalten, das sich von dem Empfangs-Informationssignal unterscheidet, das auf einem direkten Weg zu der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** gelangt ist. Jede Korrelationseinrichtung **516** weist mindestens drei und vorzugsweise mehr als drei weitere Korrelatoren **522**, . . ., **524** und mindestens drei und vorzugsweise mehr als drei weitere den weiteren Korrelatoren **522**, . . ., **524** zugeordnete Integratoren **528**, . . ., **530** in der Integrationseinrichtung **518** auf. Die Erhöhung der Anzahl der Korrelatoren und der zugeordneten Integratoren ermöglicht eine feinere Auflösung der Flanken und möglicher Nebenmaxima des Korrelationspeaks. Nebenmaxima erscheinen bei einem Empfang von Mehrwegsignalen bzw. bei einem Mehrweg-Empfang. Das Ausführungsbeispiel in **Fig.** 6 erlaubt damit eine Bestimmung des "Line of Sight"-Signals und von Mehrwegsignalen, die in **Fig.** 7 zeitlich aufgetragen sind.

[0063] Die Anzahl der Korrelatoren bzw. die Anzahl der zugeordneten Integratoren ist anders als beispielsweise bei dem GPS-System (Early, Present, Late: EPL-Struktur) nicht fest definiert und hängt von dem Zeitraum, in dem das System die Mehrwegsignale erkennen und decodieren soll, oder anders ausgedrückt stark von den Eigenschaften der Umgebung, in der das System eingesetzt wird, z. B. von Gebäuden oder Räumen, ab. Die Anzahl der Korrelatoren kann je nach Umgebung oder Gebäude sehr groß werden. Es ist auch vorstellbar, daß für jeden Raum oder jedes getrennte Gebäude eine unterschiedliche Korrelatorenanzahl benötigt oder genutzt wird, und daß diese Anzahl als Systemparameter in das Navigationsendgerät als Variable beim Betreten des Gebäudes über Funkbalken, Funk, manuelle Eingabe etc. geliefert wird. Das Endgerät stellt dann automatisch die richtige Konfiguration über Software etc. ein. Die Anzahl der benötigten oder genutzten Korrelatoren kann also variabel sein.

[0064] Die Codelieferungseinrichtung **512** weist für jeden zugeordneten Code jeweils ein Schieberegister mit nr Bit auf, das den zeitlichen Versatz des Codes realisiert. In dem nr Bit breiten Schieberegister **512** wird der Code jeweils um ein Inkrement der Chiplänge (CC) mit einer Taktrate (f_{sr}) verschoben. Nach der Korrelation des Empfangssignals mit dem Inhalt des Schieberegisters **508** wird das korrelierte Empfangssignal in der Integrationseinrichtung **528** integriert. Die Länge des Schieberegisters (nr) bzw. die Anzahl der Korrelatoren und der zugeordneten Integratoren und die Taktrate (f_{sr}) definieren den Zeitraum, in dem die Mehrwegsignale getrennt voneinander decodiert werden können, und die Auflösung mit der dies erfolgen kann. Eine Positionsauflösung mit einer Genauigkeit von einer halben Wellenlänge der Trägerfrequenz kann unter der Bedingung erfolgen, daß die Trägerfrequenz mit der Chipping-Rate synchronisiert ist. Dadurch bleibt die Information der Phasenlage des Trägersignals trotz Abwärtsmischung, Abtastung und Verarbeitung weiter erhalten. An jedem Korrelator **520**, . . ., **524** der Korrelationseinrichtung **516** steht beispielsweise ein Basisbandsignal **532** bitweise am Eingang des jeweiligen Korrelators **520**, . . ., **524** an, und der Code der jeweiligen Sende-Vorrichtung **202**, **302** wird mit der Taktrate f_{sr} über das Signal geschoben (korreliert), um damit die "Spitzen" bzw. die Höhen der Korrelationspeaks des Informationssignals und der zugeordneten Mehrwegsignale zu erhalten. Diese Korrelationsergebnisse sind in **Fig.** 6 als SIG_1, SIG_2, . . ., SIG_N dargestellt. In der der Integrationseinrichtung **518** folgenden digitalen Signalverarbeitung **534** wird das Signal verfolgt, um die Spitze bzw. den Peak des Sichtlinien-Signals zu finden. Es sei bemerkt, daß das Informationssignal nicht unbedingt die stärkste bzw. höchste Spitze aufweisen muß.

[0065] **Fig.** 7 zeigt den zeitlichen Verlauf nach der Integration durch die Integrationseinrichtung **518**, wobei der Verlauf die einzelnen Spitzen eines Empfangs-Informationssignals und seiner Mehrwegsignale aufweist. In **Fig.** 7 sind bei t0 das Empfangs-Informationssignal und bei $t0 + \delta t$, $t0 + 2\delta t$, $t0 + 3\delta t$ und $t0 + 4\delta t$ die Mehrwegsignale zu erkennen. Diese Spitzen ergeben sich aus der Korrelation des Empfangssignals mit dem zugeordneten Code einer Sende-Vorrichtung, wodurch eine Entspreizung des Empfangs-Informationssignals bzw. der Mehrwegsignale erfolgt und eine Spitze entsteht, die jeweils aus dem ebenfalls in **Fig.** 7 gezeigten Rauschen hinausragt. Der minimale zeitliche Abstand **6** zwischen den Korrelationspeaks, der aufgelöst werden kann, entspricht der Periodenlänge des Taktsignals, mit dem ein Analog-Digital-Wandler betrieben wird.

[0066] Zurückkehrend zu **Fig.** 5 umfaßt die Empfangszeit-Bestimmungseinrichtung **510** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** vorzugsweise ferner eine Einrichtung, die aus dem Zeitsignal der Zeitlieferungseinrichtung **504** und dem Ereignis des Erfassens des Empfangs-Informationssignals in dem Empfangssignal eine Empfangszeit des Empfangs-Informationssignals bestimmt.

[0067] Die Verarbeitungseinrichtung **508** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** umfaßt vorzugsweise eine Extrahierungseinrichtung **536** zum Extrahieren der Sendezeiten der Informationssignale der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** aus den Empfangs-Informationssignalen, eine Laufzeit-Bestimmungseinrichtung **538** zum Bestimmen der Laufzeiten der Informationssignale von den Sende-Vorrichtungen **202**, **302** zu der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** aus den Sendezeiten der Informationssignale und den Empfangszeiten der Empfangs-Informationssignale, und eine Berechnungseinrichtung **540** zum Berechnen der Position des Objekts unter Verwendung der Laufzeiten der Informationssignale und der Positionen der Sende-Vorrichtungen **202**, **302**.

[0068] Die Extrahierungseinrichtung **536** zum Extrahieren der Sendezeiten der Informationssignale weist vorzugsweise eine Verarbeitungseinrichtung auf, die die Sendezeiten der Informationssignale aus den Informationssignalen extrahiert. Wenn die Informationssignale weitere Informationen, wie die Positionen der Sende-Vorrichtungen **202**, **302**, aufweisen, ist die Verarbeitungseinrichtung ferner angeordnet, um diese Informationen dem jeweiligen Informationssignal zu entnehmen.

[0069] Die Laufzeit-Bestimmungseinrichtung **538** zum Bestimmen der Laufzeiten der Informationssignale weist vorzugsweise eine Verarbeitungseinrichtung auf, die die Differenz der Sendezeit eines Informationssignals zu der Empfangszeit eines Informationssignals bzw. des Empfangs-Informationssignals bestimmt. Dabei kommt es, wie erwähnt, nicht darauf an, ob die Zeit-Lieferungseinrichtung **504** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** mit den Zeit-Lieferungseinrichtungen **204**, **304** der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** synchronisiert ist, da es ausreicht, daß die innere Zeit-Lieferungseinrichtung **504** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** in einem bestimmten Bereich eine genaue Empfangszeit der Empfangs-Informationssignale angibt. Die zeitliche Synchronisierung der Empfangszeit der Empfangs-Informationssignale mit den Zeitlieferungseinrichtungen **204**, **304** der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** wird berechnungsmäßig durch beispielsweise ein Gleichungssy-

stem erreicht, das der Berechnungseinrichtung **540** zugeführt wird, wobei z. B. bei der dreidimensionalen Positionsbestimmung die vierte Sende-Vorrichtung **202**, **302** die Bestimmung der genauen Empfangszeit aus dem Gleichungssystem durch eine vierte Bedingung ermöglicht.

[0070] Die Berechnungseinrichtung **540** der Verarbeitungseinrichtung **508** weist vorzugsweise eine Verarbeitungseinrichtung auf, die angeordnet ist, um beispielsweise ein Gleichungssystem der Laufzeiten L1, L2, L3 und L4 der Informationssignale und der bekannten Positionen P1, P2, P3 und P4 (**Fig.** 1) der Sende-Vorrichtung **202**, **302** aufzustellen und zu lösen.

[0071] Die Verarbeitungseinrichtung **508** umfaßt vorzugsweise ferner eine Mehrwegsignalfilterungs- und Datenrückgewinnungs-Einrichtung **542** zum Extrahieren der Empfangs-Informationssignale bzw. zum Demodulieren und Decodieren der Empfangs-Informationssignale, um sich auf ein Empfangsinformationsformat bzw. ein Navigationsdatenformat zu synchronisieren und gegebenfalls die Informationsdaten weiter an die Extrahierungseinrichtung **536** zu leiten. Die Synchronisation wird gegebenenfalls sichergestellt und beibehalten, und die Daten werden zur Decodierung weitergeleitet. An dem Eingang der Mehrwegsignalfilterungs- und Datenrückgewinnungs-Einrichtung **542** liegen Datenwerte SIG_1, SIG_2, . . ., SIG_N (**Fig.** 6) aus der Integrationseinrichtung **518** an, und für jeden Code einer Sende-Vorrichtung **202**, **302** werden parallel die Korrelationspeaks von Mehrwegsignalen erkannt. Das richtige Signal wird für die weitere Signalverarbeitung selektiert und für die Auswertung weitergeleitet. Für jeden Code werden die Signale auf Synchronisation geprüft und die Informationsdaten werden gegebenenfalls extrahiert.

[0072] Die Empfangseinrichtung **506** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** umfaßt ferner vorzugsweise eine Mischeinrichtung **544** zum Mischen des Empfangssignals, das die Empfangs-Informationssignale der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** aufweist, die auf das Trägersignal moduliert sind, in ein Zwischensignal bzw. in das Basisband. Ein Analog/Digital-Wandler liefert die digitalen komplexen Daten zu der Decodierungseinrichtung **514**.

[0073] Die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** umfaßt vorzugsweise ferner einen Speicher **546** zum Speichern der Positionen der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** und alternativ zum Speichern von sowohl den Positionen der Sende-Vorrichtungen **202**, **302** als auch von Gebäudeplänen oder Umgebungsplänen, um die Position des Objekts in einem Gebäude oder in einer Umgebung anzuzeigen. Zur Ausgabe dieser gespeicherten Informationen und der durch die Empfangs-Informationssignale gelieferten Informationen kann die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** ferner eine Informationsausgabeeinheit zum Ausgeben von Informationen über die Position, die von der Berechnungseinrichtung **540** der Verarbeitungseinrichtung **508** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** bestimmt wird, des Gebäudeplans oder des Umgebungsplans, der in dem Speicher **546** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** gespeichert ist und/oder von optischen und akustischen Orientierungshilfen und/oder Orientierungsanweisungen bzw. Navigationsanweisungen aufweisen.

[0074] Die Positionsbestimmungsvorrichtung **502** umfaßt vorzugsweise ferner eine Antenne **548** zum Empfangen des Empfangssignals und zum Weiterleiten an die Mischeinrichtung **544**, und die Verarbeitungseinrichtung **514** der Positionsbestimmungsvorrichtung **502** kann ferner ein Mehrwegmodulfilter zum Filtern der Empfangs-Informationssignale, um den Empfangs-Informationssignalen überlagerte Störsignale, die im gleichen Frequenzband liegen, und Mehrwegsignale voneinander zu trennen, aufweisen.

[0075] Wie bereits erwähnt umfaßt das System **100** zur Bestimmung der Position eines Objekts ferner vorzugsweise eine Verbindungseinrichtung zum Verbinden der Sendeeinrichtung **208** der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** mit der Empfangseinrichtung **306** von jeder Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** und zum Übertragen des Referenzzeit-Signals zu den Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302**, um die Uhrzeit jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** mit der Referenz-Uhrzeit der Referenz-Sende-Vorrichtung **202** mittels der Synchronisierungseinrichtung **308** jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** zu synchronisieren. Die Verbindungseinrichtung kann dabei eine drahtlose Verbindung, wie z. B. über ein Hochfrequenz-Signal, oder eine drahtgebundene bzw. kabelgebundene Verbindung, wie z. B. mit einem elektrischen oder einem optischen Kabel, sein. Wie ebenfalls bereits erwähnt wurde kann das System **100** auch ausschließlich aus Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** bestehen, aus denen einzelne Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** zu Referenz-Sende-Vorrichtungen bzw. Referenz-Sende-Empfangs-Vorrichtungen bestimmt werden. In diesem Fall ist die Verbindungseinrichtung zwischen beispielsweise einer Sendeeinrichtung **312** einer Sende-Empfangs-Vorrichtung **302** und Empfangseinrichtungen **306** untergeordneter Sende-Empfangs-Vorrichtungen **302** vorgesehen usw.

[0076] Die vorliegende Erfindung ermöglicht eine einfache und sehr genaue Bestimmung der Position eines Objekts im Außen- und Innen-Bereich und kann vor allem zur Navigation bzw. Ortung in Gebäuden bzw. Gehäusekomplexen vorteilhaft eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts, mit folgenden Merkmalen:

einer Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**), die in einer festen Position angeordnet ist, wobei die Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) folgende Merkmale aufweist:

a) eine Referenzzeit-Lieferungseinrichtung (**204**) zum Liefern eines Referenzzeit-Signals, das eine Referenz-Uhrzeit angibt;

b) eine Signalerzeugungseinrichtung (**206**) zum Erzeugen eines Informationssignals, das mindestens die Sendezeit des Informationssignals, die aus dem Referenz-Zeitsignal bestimmt wird, aufweist; und

c) eine Sendeeinrichtung (**208**) zum Senden des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals, wobei die Sendeeinrichtung folgende Merkmale aufweist:

c1) eine Codelieferungseinrichtung (**210**) zum Liefern eines Codes, der der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) zugeordnet ist; und

c2) eine Codierungseinrichtung (**212**) zum Codieren des Informationssignals mit dem Code;

zwei oder mehr Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**), die in festen Positionen zueinander und zu der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) angeordnet sind, wobei jede Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) folgende Merkmale aufweist:

d) eine Zeit-Lieferungseinrichtung (**304**) zum Liefern eines Zeitsignals, das eine Uhrzeit angibt;

e) eine Empfangseinrichtung (**306**) zum Empfangen des Referenzzeit-Signals von der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**);

f) eine Synchronisierungseinrichtung (**308**) zum Verarbeiten des Zeit-Signals und des Referenz-

zeit-Signals und zum Synchronisieren der Uhrzeit mit der Referenz-Uhrzeit;

g) eine Signalerzeugungseinrichtung (**310**) zum Erzeugen eines Informationssignals, das mindestens die Sendezeit des Informationssignals, die aus dem Zeit-Signal bestimmt wird, aufweist; und

h) eine Sendeeinrichtung (**312**) zum Senden des Informationssignals, wobei die Sendeeinrichtung (**312**) folgende Merkmale aufweist:

h1) eine Codelieferungseinrichtung (**314**) zum Liefern eines Codes, der der Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) zugeordnet ist und der sich von dem Code der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und den Codes der anderen Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) unterscheidet; und

h2) eine Codierungseinrichtung (**316**) zum Codieren des Informationssignals mit dem Code; und

einer Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) zum Bestimmen der Position des Objekts, wobei das Objekt die Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) aufweist, und die Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) folgende Merkmale aufweist:

i) eine Zeit-Lieferungseinrichtung (**504**) zum Liefern eines Zeitsignals, das eine Uhrzeit angibt;

j) eine Empfangseinrichtung (**506**) zum Empfangen eines Empfangssignals, das die Informationssignale der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) aufweist, wobei die Empfangseinrichtung (**506**) folgende Merkmale aufweist:

j1) eine Codelieferungseinrichtung (**512**) zum Liefern der Codes der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**);

j2) eine Decodierungseinrichtung (**514**) zum Decodieren des Empfangssignals unter Verwendung der von der Codelieferungseinrichtung (**522**) gelieferten Codes der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**), um den Informationssignalen der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) entsprechende Empfangs-Informationssignale zu erhalten; und

j3) eine Empfangszeit-Bestimmungseinrichtung (**510**) zum Bestimmen der Empfangszeit jedes Empfangs-Informationssignals mit dem Zeitsignal der Zeit-Lieferungseinrichtung (**504**); und

k) eine Verarbeitungseinrichtung (**508**) zum Verarbeiten der Empfangs-Informationssignale, wobei die Verarbeitungseinrichtung (**508**) folgende Merkmale aufweist:

k1) eine Extrahierungseinrichtung (**536**) zum Extrahieren der Sendezeiten der Informationssignale der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) aus den Empfangs-Informationssignalen;

k2) eine Laufzeit-Bestimmungseinrichtung (**538**) zum Bestimmen der Laufzeiten der Informationssignale von der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und den Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) zu der Positionsbestimmungsvorrichtung (**540**) aus den Sendezeiten der Informationssignale und den Empfangszeiten der Empfangs-Informationssignale; und

k3) eine Berechnungseinrichtung (**520**) zum Berechnen der Position des Objekts unter Verwendung der Laufzeiten der Informationssignale und der Positionen der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**).

2. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 1, bei dem die Sendeeinrichtungen (**208**, **312**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) ferner folgendes Merkmal aufweisen:

c3) eine Modulationseinrichtung (**214**, **318**) zum Modulieren des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals auf ein Trägersignal, das eine Trägerfrequenz aufweist.

3. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 2, bei dem die Verarbeitungseinrichtung (**508**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner folgendes Merkmal aufweist:

k4) eine Mehrwegsignalfilterungs- und Datenrückgewinnungs-Einrichtung (**542**) zum Demodulieren und Decodieren der Empfangs-Informationssignale, um sich auf ein Empfangsinformationsformat zu synchronisieren und gegebenenfalls die Informationsdaten weiter an die Extrahierungseinrichtung (**536**) zu leiten.

4. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Empfangseinrichtung (**506**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner folgendes Merkmal aufweist:

j4) eine Mischeinrichtung (**544**) zum Mischen des Empfangssignals, das die Informationssignale der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) aufweist, die auf das Trägersignal moduliert sind, in ein Zwischensignal, das eine Zwischenfrequenz aufweist.

5. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Decodierungseinrichtung (**514**) der Empfangseinrichtung (**506**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner folgendes Merkmal aufweist:

– mindestens eine Korrelationseinrichtung (**516**) für jede Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und jede Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) des Systems (**100**) zum Korrelieren des Empfangssignals mit dem Code, der der jeweiligen Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) oder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) zugeordnet ist, um ein korreliertes Empfangssignal zu erhalten;

– jeweils eine Integrationseinrichtung (**518**), die jeder Korrelationseinrichtung (**516**) zugeordnet ist, zum Integrieren des korrelierten Empfangssignals über die Zeit, um ein der jeweiligen Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) oder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) zugeordnetes Empfangs-Informationssignal zu erhalten.

6. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 5, bei dem die Korrelationseinrichtung (**516**) einen Korrelator (**520**) zum Korrelieren des Codes mit dem Empfangssignal, um ein korreliertes Empfangssignal zu erhalten, aufweist, und bei dem die Integrationseinrichtung (**518**) einen dem Korrelator (**520**) zugeordneten Integrator (**526**) zum Integrieren des korrelierten Empfangssignals über die Zeit, um das dem Code zugeordnete Empfangs-Informationssignal

zu erhalten aufweist.

7. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 6, bei dem die Korrelationseinrichtung (**516**) ferner einen weiteren Korrelator (**522**) zum Korrelieren des zeitversetzten Codes mit dem Empfangssignal, um ein korreliertes Empfangssignal zu erhalten, aufweist, und bei dem die Integrationseinrichtung (**518**) ferner einen weiteren dem weiteren Korrelator (**522**) zugeordneten Integrator (**528**) zum Integrieren des korrelierten Empfangssignals über die Zeit aufweist, um ein dem Code zugeordnetes zeitversetztes Empfangs-Informationssignal zu erhalten, das sich von dem Empfangs-Informationssignal unterscheidet, das auf einem direkten Weg zu der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) gelangt.

8. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 7, das mindestens drei weitere Korrelatoren (**522**, **524**) und zugeordnete Integratoren (**528**, **530**) für jede einem Code zugeordnete Korrelationseinrichtung (**516**) aufweist.

9. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Verbindungseinrichtung zum Verbinden der Sendeeinrichtung (**208**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) mit der Empfangs-Einrichtung (**306**) von jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) und zum Übertragen des Referenzzeit-Signals zu den Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**), um die Uhrzeit jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) mit der Referenz-Uhrzeit der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) mittels der Synchronisierungseinrichtung (**308**) jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) zu synchronisieren.

10. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Codelieferungseinrichtungen (**210**, **314**, **512**) der Sendeeinrichtungen (**208**, **312**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) und der Empfangseinrichtung (**506**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) einen Speicher und/oder rückgekoppelte Schieberegister aufweisen, die rauschähnliche Codes (PN-Codes) liefern.

11. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Trägersignal der Modulationseinrichtung (**214**, **318**) ein Hochfrequenz-Trägersignal ist.

12. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Informationssignal der Signalerzeugungseinrichtung (**206**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) ferner die Position der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) aufweist, und das Informationssignal der Signalerzeugungseinrichtung (**310**) jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) ferner die Position der Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) aufweist, und bei dem die Extrahierungseinrichtung (**536**) der Verarbeitungseinrichtung (**514**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner die Positionen der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) aus den Empfangs-Informationssignalen extrahiert.

13. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner folgendes Merkmal aufweist:

l) einen Speicher (**546**) zum Speichern der Positionen der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**).

14. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 2 bis 13, bei dem die Modulationseinrichtungen (**214**, **318**) der Sendeeinrichtungen (**208**, **312**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) und die Mehrwegsignalfilterungs- und Datenrückgewinnungs-Einrichtung (**542**) der Verarbeitungseinrichtung (**508**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) eine Phasenumtastungs-Modulation (PSK-Modulation) zum Modulieren des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals auf das Trägersignal und zum Demodulieren des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals von dem Trägersignal verwenden.

15. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 9 bis 14, bei dem die Verbindungseinrichtung ein elektrisches oder optisches Kabel ist.

16. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem die Referenzzeit-Lieferungseinrichtung (**204**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**), die Zeit-Lieferungseinrichtungen (**304**) der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) und/oder die Zeit-Lieferungseinrichtung (**504**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) folgendes Merkmal aufweisen:

– eine Uhr zum Liefern der Referenz-Uhrzeit und/oder der Uhrzeit.

17. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 16, bei dem die Synchronisierungseinrichtung (**308**) jeder Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) folgendes Merkmal aufweist:

f1) eine Uhrzeit-Korrektureinrichtung zum Korrigieren der Uhrzeit der Uhr der Zeit-Lieferungseinrichtung (**304**) mit einem Zeitkorrekturwert, der den zeitlichen Unterschied der Referenz-Uhrzeit der Referenzzeit-Lieferungseinrichtung (**204**) der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Uhrzeit der Zeit-Lieferungseinrichtung (**304**) der Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) darstellt.

18. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei dem die Informationssignale der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) ferner lokale Informationen, lokale Meldungen, spezifische Systemparameter, Synchronisierungsdaten, einen Umgebungs- oder Gebäudeplan und/oder Verzeichnisse von Referenz-Sende-Vorrichtungen (**202**) und/oder Funkbalken aufweisen.

19. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 13 bis 18, bei dem in dem Speicher (**546**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner ein Gebäudeplan oder ein Umgebungsplan gespeichert ist, um die Position des Objekts in einem Gebäude oder in einer Umgebung anzuzeigen.

20. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach Anspruch 19, bei dem die Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner folgendes Merkmal aufweist:

m) eine Informationsausgabeeinheit zum Ausgeben von Informationen über die Position, die von der Berechnungseinrichtung (**540**) der Verarbeitungseinrichtung (**508**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) bestimmt wird, des Gebäudeplans und/oder des Umgebungsplans, der in dem Speicher (**546**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) gespeichert ist, und/oder von optischen und akustischen Orientierungshilfen

und/oder Orientierungsanweisungen.

21. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 3 bis 20, bei dem die Verarbeitungseinrichtung (**508**) der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) ferner folgendes Merkmal aufweist:

k5) ein Mehrwegmodulfilter zum Filtern der Empfangs-Informationssignale, um den Empfangs-Informationssignalen überlagerte Mehrwegsignale voneinander zu trennen.

22. System (**100**) zur Bestimmung der Position eines Objekts nach einem der Ansprüche 1 bis 21, bei dem die Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) eine weitere Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) ist.

23. Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**), die in einer festen Position angeordnet ist, wobei die Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) folgende Merkmale aufweist:

a) eine Referenzzeit-Lieferungseinrichtung (**204**) zum Liefern eines Referenzzeit-Signals, das eine Referenz-Uhrzeit angibt;

b) eine Signalerzeugungseinrichtung (**206**) zum Erzeugen eines Informationssignals, das mindestens die Sendezeit des Informationssignals, die aus dem Referenz-Zeitsignal bestimmt wird, aufweist; und

c) eine Sendeeinrichtung (**208**) zum Senden des Informationssignals und/oder des Referenzzeit-Signals, wobei die Sendeeinrichtung (**208**) folgende Merkmale aufweist:

c1) eine Codelieferungseinrichtung (**210**) zum Liefern eines Codes, der der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) zugeordnet ist; und

c2) eine Codierungseinrichtung (**212**) zum Codieren des Informationssignals mit dem Code.

24. Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**), die in einer festen Position zu einer anderen Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) und zu einer Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) angeordnet ist, wobei die Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) folgende Merkmale aufweist:

d) eine Zeit-Lieferungseinrichtung (**304**) zum Liefern eines Zeitsignals, das eine Uhrzeit angibt;

e) eine Empfangseinrichtung (**306**) zum Empfangen eines Referenzzeit-Signals von der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**);

f) eine Synchronisierungseinrichtung (**308**) zum Verarbeiten des Zeit-Signals und des Referenzzeit-Signals und zum Synchronisieren der Uhrzeit mit der Referenz-Uhrzeit;

g) eine Signalerzeugungseinrichtung (**310**) zum Erzeugen eines Informationssignals, das mindestens die Sendezeit des Informationssignals, die aus dem Zeit-Signal bestimmt wird, aufweist; und

h) eine Sendeeinrichtung (**312**) zum Senden des Informationssignals, wobei die Sendeeinrichtung (**312**) folgende Merkmale aufweist:

h1) eine Codelieferungseinrichtung (**314**) zum Liefern eines Codes, der der Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) zugeordnet ist und der sich von dem Code der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und dem Code der anderen Sende-Empfangs-Vorrichtung (**302**) unterscheidet; und

h2) eine Codierungseinrichtung (**316**) zum Codieren des Informationssignals mit dem Code.

25. Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) zum Bestimmen der Position eines Objekts, wobei das Objekt die Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) aufweist, und die Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) folgende Merkmale aufweist:

i) eine Zeit-Lieferungseinrichtung (**504**) zum Liefern eines Zeitsignals, das eine Uhrzeit angibt;

j) eine Empfangseinrichtung (**506**) zum Empfangen eines Empfangssignals, das Informationssignale einer Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und von Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) aufweist, wobei die Empfangseinrichtung (**506**) folgende Merkmale aufweist:

j1) eine Codelieferungseinrichtung (**512**) zum Liefern von Codes der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**);

j2) eine Decodierungseinrichtung (**514**) zum Decodieren des Empfangssignals unter Verwendung der von der Codelieferungseinrichtung (**512**) gelieferten Codes der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**), um den Informationssignalen der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) entsprechende Empfangs-Informationssignale zu erhalten; und

j3) eine Empfangszeit-Bestimmungseinrichtung (**510**) zum Bestimmen der Empfangszeit jedes Empfangs-Informationssignals mit dem Zeitsignal der Zeit-Lieferungseinrichtung (**504**);

k) eine Verarbeitungseinrichtung (**508**) zum Verarbeiten der Empfangs-Informationssignale, wobei die Verarbeitungseinrichtung (**508**) folgende Merkmale aufweist:

k1) eine Extrahierungseinrichtung (**536**) zum Extrahieren der Sendezeiten der Informationssignale der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) aus den Empfangs-Informationssignalen;

k2) eine Laufzeit-Bestimmungseinrichtung (**538**) zum Bestimmen der Laufzeiten der Informationssignale von der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und den Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**) zu der Positionsbestimmungsvorrichtung (**502**) aus den Sendezeiten der Informationssignale und den Empfangszeiten der Empfangs-Informationssignale; und

k3) eine Berechnungseinrichtung (**540**) zum Berechnen der Position des Objekts unter Verwendung der Laufzeiten der Informationssignale und der Positionen der Referenz-Sende-Vorrichtung (**202**) und der Sende-Empfangs-Vorrichtungen (**302**).

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: **DE 100 55 289 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 S 5/12**
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

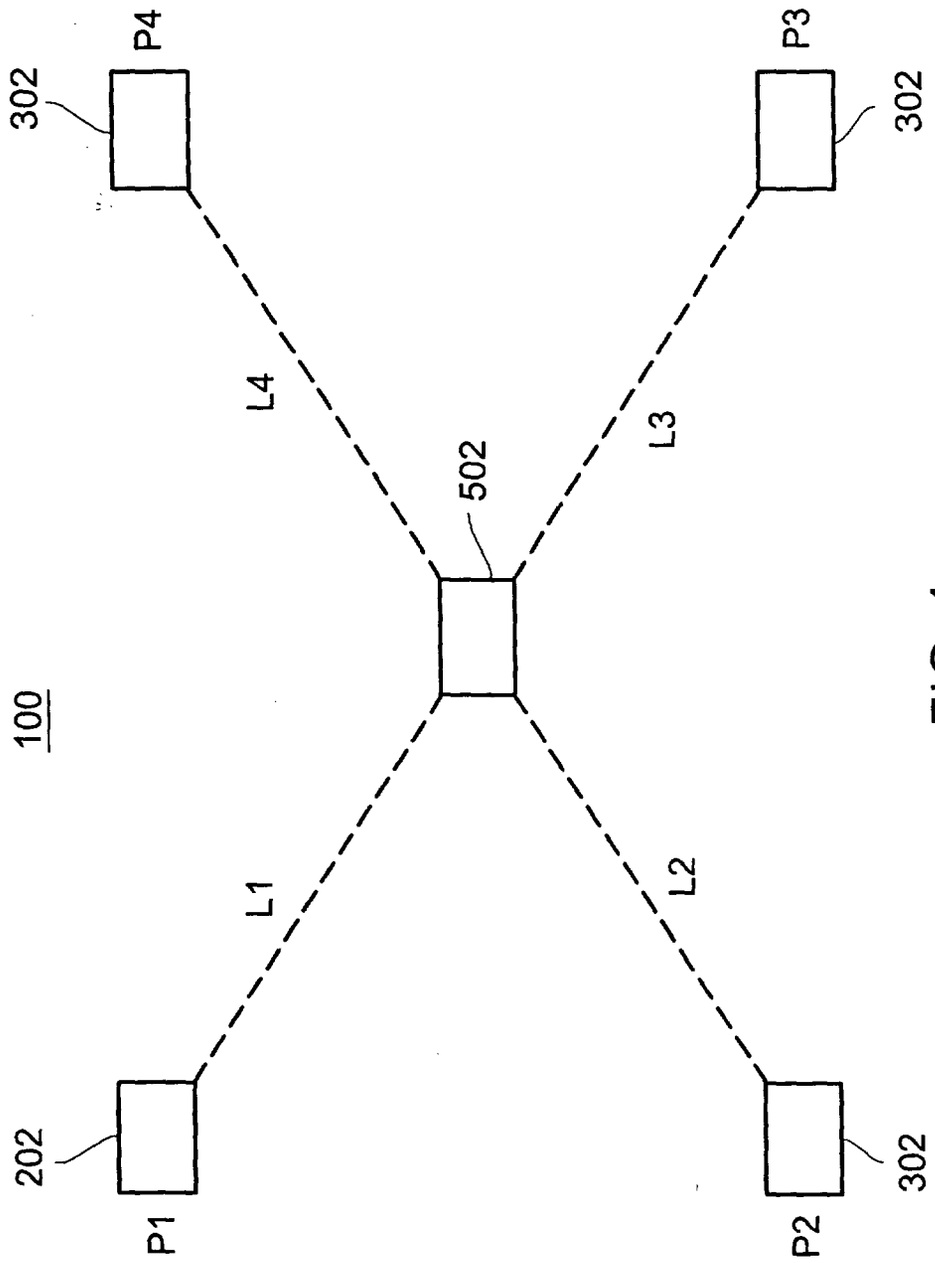

FIG. 1

Nummer: **DE 100 55 289 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 S 5/12**
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

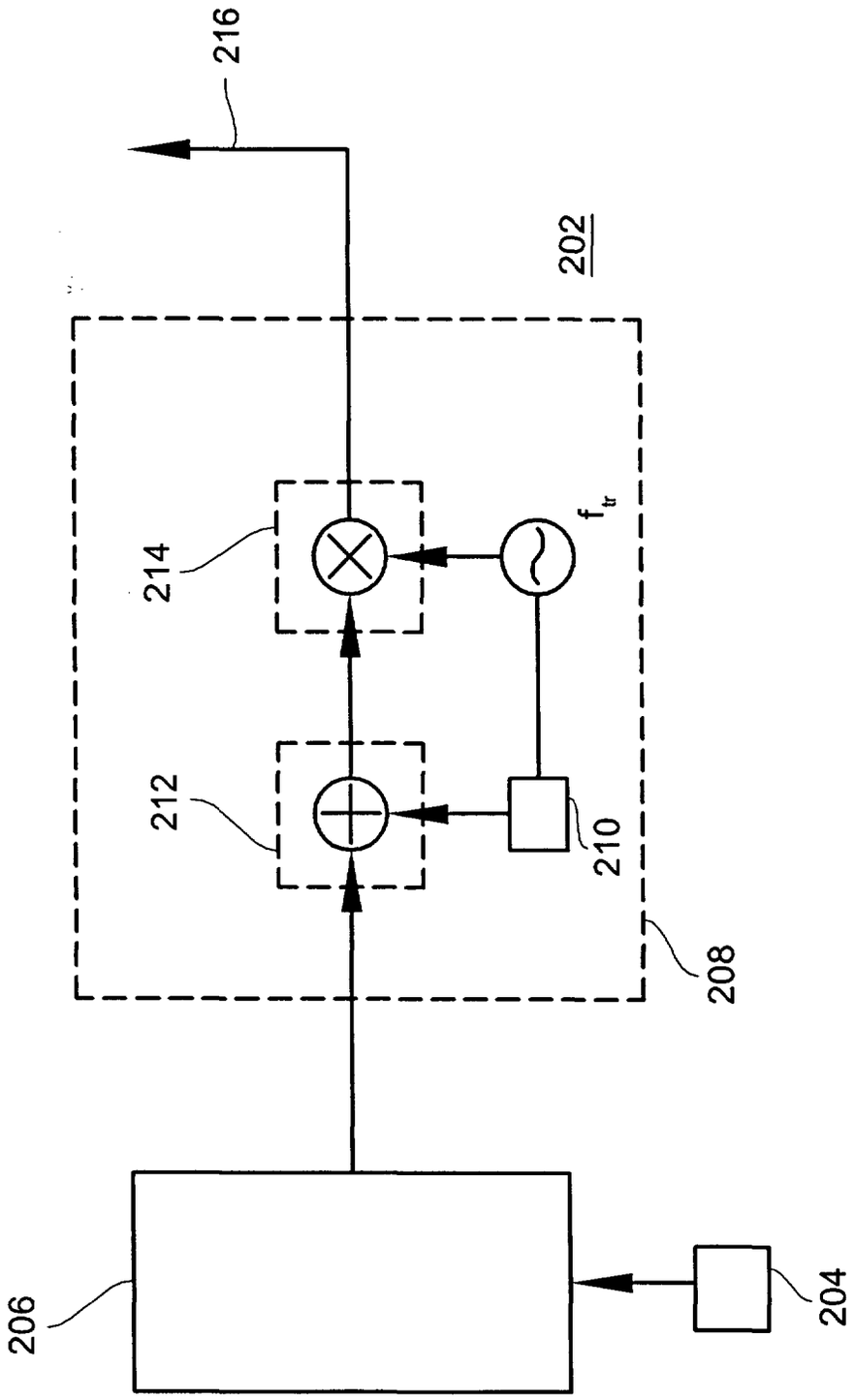

FIG. 2

Nummer: DE 100 55 289 A1
Int. Cl.[7]: G 01 S 5/12
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

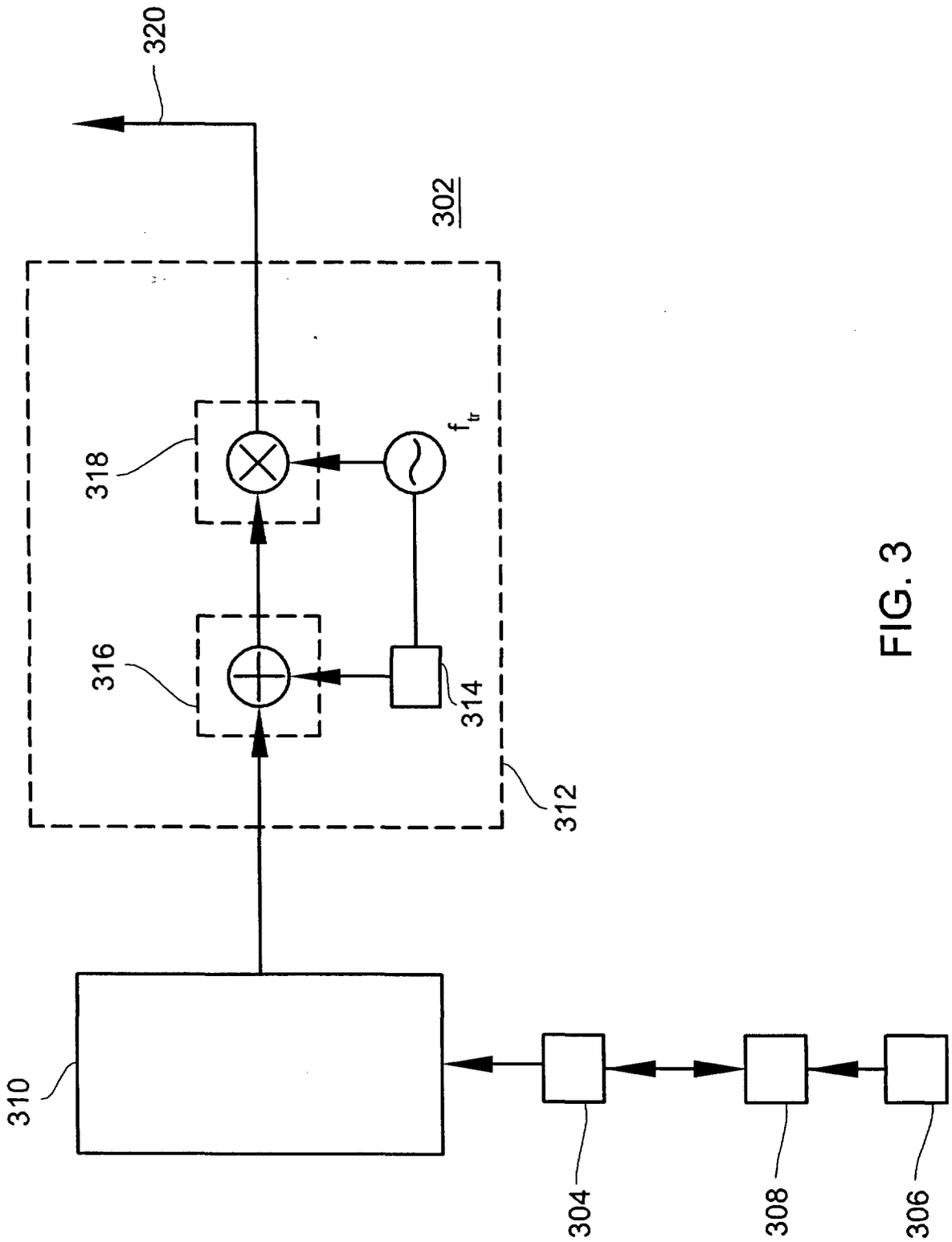

FIG. 3

Nummer: **DE 100 55 289 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 S 5/12**
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

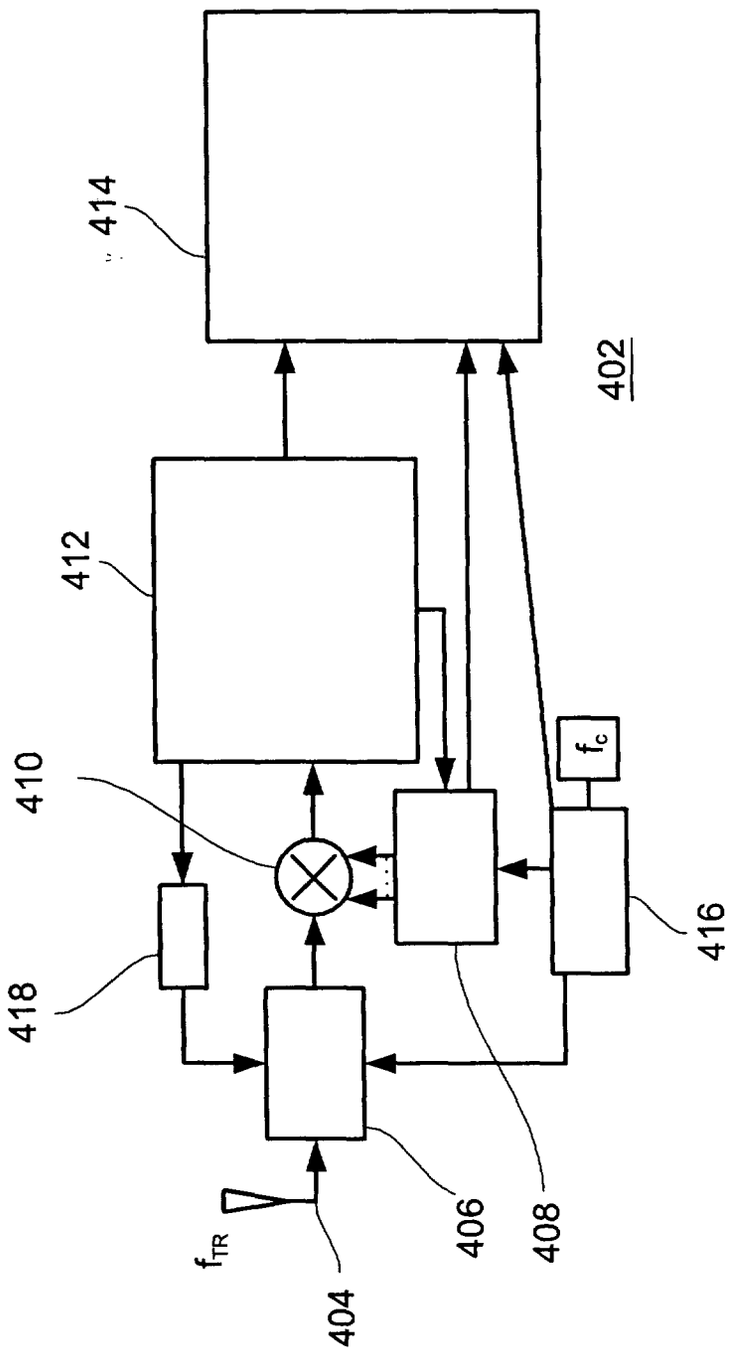

FIG. 4

Nummer: DE 100 55 289 A1
Int. Cl.[7]: G 01 S 5/12
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

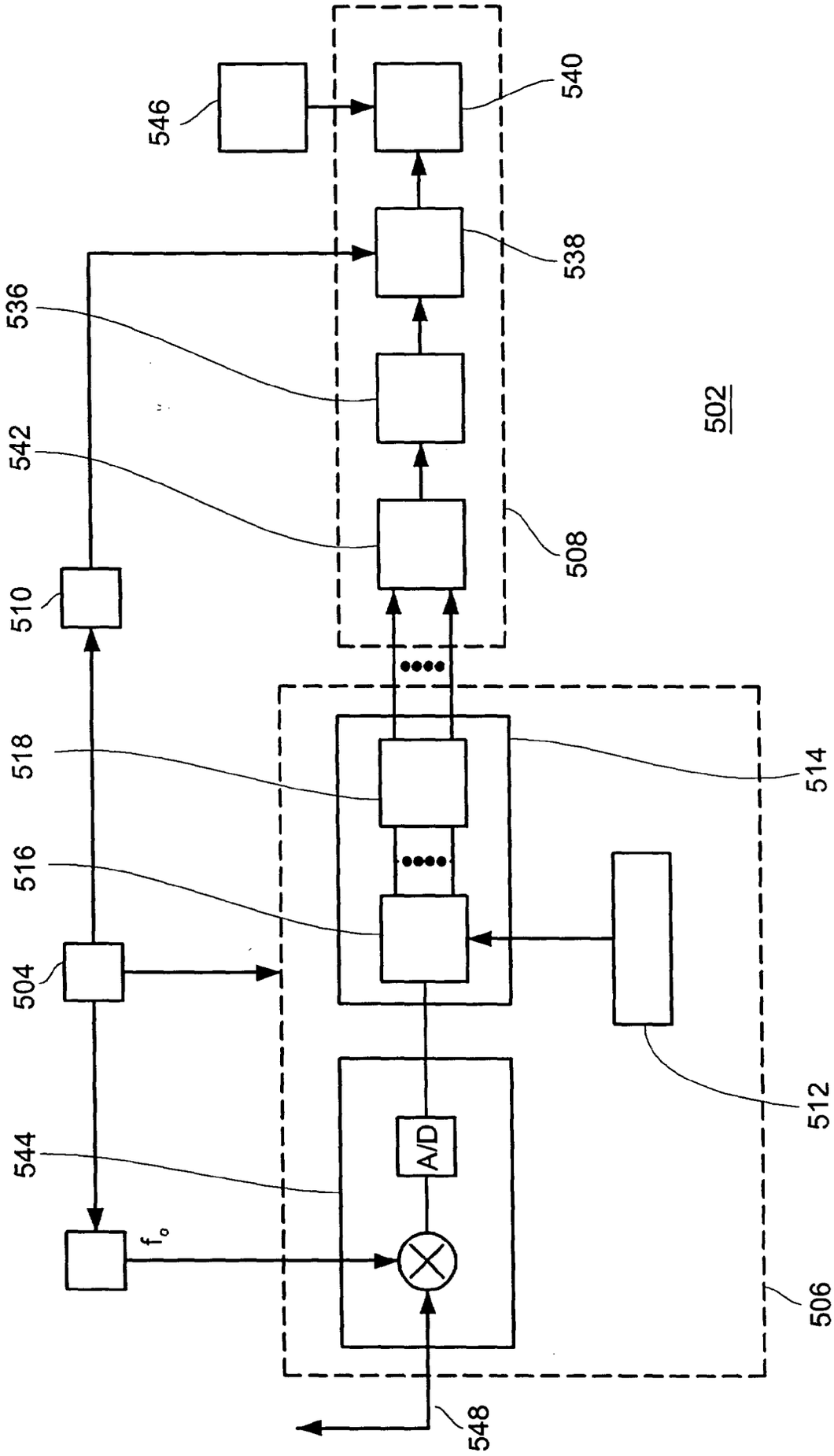

FIG. 5

Nummer: **DE 100 55 289 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 S 5/12**
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

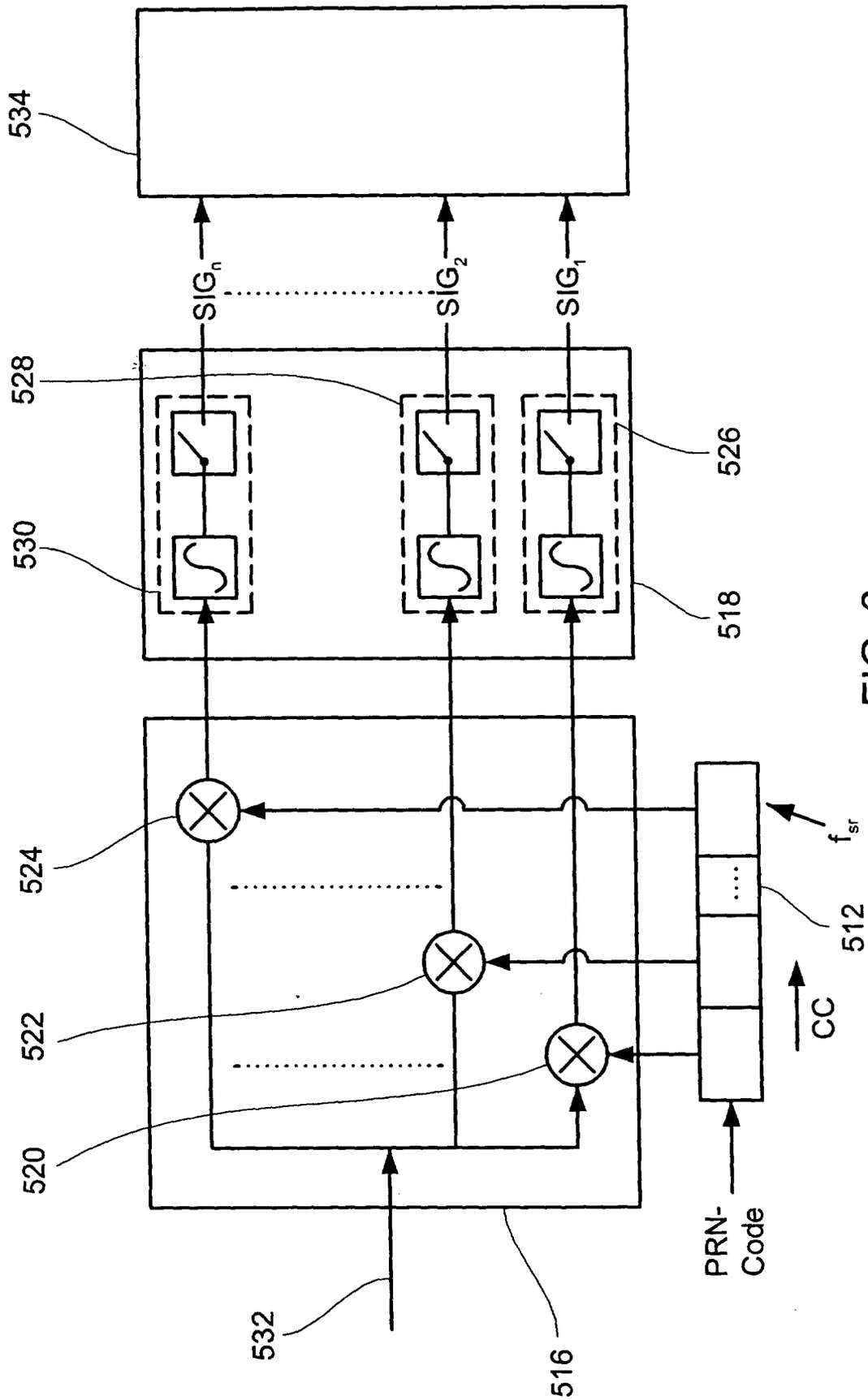

FIG. 6

Nummer: **DE 100 55 289 A1**
Int. Cl.[7]: **G 01 S 5/12**
Offenlegungstag: 29. Mai 2002

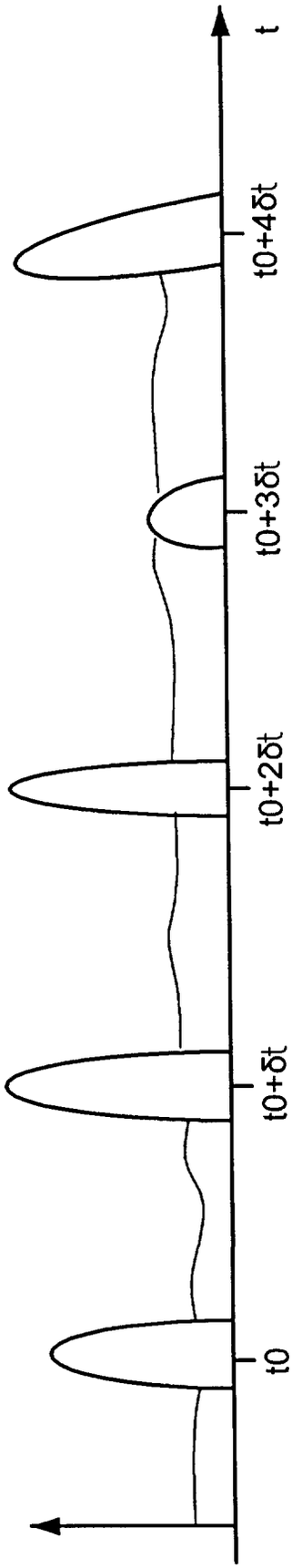

FIG. 7