



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 18 187 T2** 2009.09.17

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 929 823 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 18 187.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/17331**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 953 025.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/014796**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.09.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **09.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.01.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.09.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01S 5/12** (2006.01)  
**G01S 1/04** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**723722                      30.09.1996              US**

(73) Patentinhaber:

**Qualcomm, Inc., San Diego, Calif., US**

(74) Vertreter:

**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und  
Rechtsanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,  
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**LEVANON, Nadav, 52651 Ramat Gan, IL**

(54) Bezeichnung: **PASSIVE POSITIONSBESTIMMUNG MITTELS ZWEIER SATELLITEN IN EINER NIEDRIGEN UMLAUFBAHN**

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

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

**Beschreibung**

## Hintergrund der Erfindung

## I. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf die Positionsbestimmung von Objekten unter Verwendung von Satelliten. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Anwenderterminals in einem Satellitenkommunikationssystem unter Verwendung der Charakteristiken der Kommunikationssignale.

## II. Verwandte Technik

**[0002]** Ein typisches satellitenbasiertes Kommunikationssystem weist mindestens eine terrestrische Basisstation auf (die im Folgenden als Gateway bezeichnet wird), mindestens ein Anwenderterminal (beispielsweise ein mobiles Telefon) und mindestens einen Satelliten zur relaisartigen Verbindung von Kommunikationssignalen zwischen dem Gateway und dem Anwenderterminal. Das Gateway liefert Verbindungen von einem Anwenderterminal zu anderen Anwenderterminals oder Kommunikationssystemen, wie beispielsweise einem terrestrischen Telefonsystem bzw. Festnetztelefonsystem.

**[0003]** Eine Vielzahl von Kommunikationssystemen für mehrfachen Zugriff ist entwickelt worden, um Informationen unter einer großen Anzahl von Systemanwendern zu übertragen. Diese Techniken sehen den zeitgeteilten mehrfachen Zugriff (TDMA – Time Division Multiple Access), den frequenzgeteilten multiplen Zugriff (FDMA = Frequency Division Multiple Access) und den codegeteilten multiplen Zugriff (CDMA = Code Division Multiple Access) über Spreizspektrumtechniken vor, wobei deren Grundlagen in der Technik wohlbekannt sind. Die Anwendung von CDMA-Techniken bei einem Kommunikationssystem mit mehrfachem Zugriff wird offenbart im US-Patent 4 901 307, welches am 13. Februar 1990 ausgegeben wurde, betitelt "Spread Spectrum Multiple Access Communication System Using Satellite Or Terrestrial Repeaters" (Spreizspektrum-Kommunikationssystem mit mehrfachem Zugriff, das Satelliten oder terrestrische Wiederholungsvorrichtungen das Satelliten oder terrestrische Wiederholungsvorrichtungen verwendet), und in der US-Patentanmeldung Seriennr: 08/368570, eingereicht am 4. Januar 1995, betitelt "Method And Apparatus For Using Full Spectrum Transmitted Power In A Spread Spectrum Communication System For Tracking Individual Recipient Face Time And Energy" (Verfahren und Vorrichtung zur Verwendung von über das volle Spektrum übertragene Leistung in einem Spreizspektrum-Kommunikationssystem zur Verfolgung der Phasenzeit und Energie eines einzelnen Empfängers), die beide der An-

melderin der vorliegenden Erfindung zu eigen sind.

**[0004]** Die oben erwähnten Patentdokumente offenbaren Kommunikationssysteme für mehrfachen Zugriff, bei denen eine große Anzahl von im allgemeinen mobilen oder entfernten Systemanwendern Anwenderterminals einsetzen, um mit anderen Systemanwendern oder Anwendern von anderen angeschlossenen Systemen zu kommunizieren, wie beispielsweise einem Schaltnetzwerk für das öffentliche Telefon. Die Anwenderterminals kommunizieren durch Gateways bzw. Schnittstellen und Satelliten unter Verwendung von CDMA-Spreizspektrum-Kommunikationssignalen.

**[0005]** Kommunikationssatelliten bilden Strahlen, die einen "Punkt" (Spot) beleuchten, der durch die Projektion von Satellitenkommunikationssignalen auf die Erdoberfläche erzeugt wird. Ein typisches Satellitenstrahlmuster für einen Spot weist eine Anzahl von Strahlen auf, die in einem vorbestimmten Abdeckungsmuster angeordnet sind. Typischerweise weist jeder Strahl eine Anzahl von sogenannten Unterstrahlen auf (auch als CDMA-Kanäle bezeichnet) die ein gemeinsames geografisches Gebiet bedecken, das jeweils ein unterschiedliches Frequenzband einnimmt.

**[0006]** Bei einem typischen Spreizspektrum-Kommunikationssystem wird ein Satz von vorgewählten Codesequenzen mit Pseudozufallsrauschen (PN = Pseudorandom Noise) verwendet, um die Informationssignale über ein vorbestimmtes spektrales Band zu modulieren (d. h. zu "spreizen"), und zwar vor der Modulation auf ein Trägersignal zur Übertragung als Kommunikationssignale. Die PN-Spreizung, ein Verfahren der Spreizspektrumübertragung, das in der Technik wohlbekannt ist, erzeugt ein Signal zur Übertragung, welches eine viel größere Bandbreite hat als die des Datensignals. In einer vorwärts gerichteten Kommunikationsverbindung (d. h. in einer Kommunikationsverbindung, die bei einem Gateway ihren Ursprung hat und bei einem Anwenderterminal endet, werden PN-Spreizcodes oder Binärsequenzen verwendet, um zwischen Signalen zu unterscheiden, die von einem Gateway über unterschiedliche Strahlen übertragen werden, und zwischen Multipfadsignalen zu unterscheiden. Diese PN-Codes werden typischerweise von allen Kommunikationssignalen innerhalb eines gegebenen Unterstrahls gemeinsam verwendet.

**[0007]** Bei einem typischen CDMA-Spreizspektrum-System werden KanalisierungsCodes verwendet, um zwischen Signalen zu unterscheiden, die für spezielle Anwenderterminals vorgesehen sind, die innerhalb eines Satellitenstrahls auf der Lieferverbindung übertragen werden. D. h., ein einzigartiger orthogonaler Kanal wird für jedes Anwenderterminal auf der Lieferverbindung durch Anwendung eines

"kanalisierenden" Orthogonalcodes vorgesehen. Walsh-Funktionen werden im allgemeinen verwendet, um die Kanalisierungscodes einzurichten, und zwar mit einer typischen Länge, die in der Größenordnung von 64 Code-Chips für terrestrische Systeme und 128 Code-Chips für Satellitensysteme liegt.

**[0008]** Typische CDMA-Spreizspektrum-Kommunikationssysteme, wie beispielsweise offenbart im US-Patent 4 901 307, ziehen die Anwendung einer kohärenten Modulation und Demodulation für Kommunikationsverbindungen des Anwenderterminals auf der Lieferverbindung vor. Bei Kommunikationssystemen, die diesen Ansatz verwenden, wird ein "Pilot"- bzw. "Vortrэгersignal" (auf welches im Folgenden als "Pilotsignal" Bezug genommen wird) als kohärente Phasenreferenz für die Lieferverbindungen verwendet. D. h., ein Vorsignal, welches typischerweise keine Datenmodulation enthält, wird durch ein Gateway über eine Abdeckungsregion übertragen. Ein typisches Pilotsignal wird typischerweise durch jedes Gateway für jeden Strahl übertragen, der für jede verwendete Frequenz verwendet wird. Diese Pilotsignale werden von allen Anwenderterminals gemeinsam verwendet, die Signale von dem Gateway empfangen.

**[0009]** Pilotsignale werden von den Anwenderterminals verwendet, um eine anfängliche Systemsynchronisation und eine Zeit-, Frequenz- und Phasenverfolgung von anderen Signalen zu erhalten, die von dem Gateway übertragen werden. Phaseninformationen, die aus einer Verfolgung eines Pilotsignalträgers erhalten werden, werden als Trägerphasenreferenz für eine kohärente Demodulation von anderen Systemsignalen oder Verkehrssignalen verwendet. Diese Technik gestattet, daß viele Verkehrssignale ein gemeinsames Pilotsignal als Phasenreferenz verwenden, was einen kostengünstigeren und effektiveren Verfolgungsmechanismus vorsieht.

**[0010]** Wenn ein Anwenderterminal nicht in einer Kommunikationsabfolge bzw. Kommunikationssitzung eingeschlossen ist (d. h. das Anwenderterminal nimmt keine Verkehrssignale auf oder sendet irgendwelche) kann das Gateway Informationen zu diesem speziellen Anwenderterminal unter Verwendung eines Signals liefern, das als Melde- bzw. Paging-Signal bekannt ist. Wenn beispielsweise ein Anruf für ein spezielles Mobiltelefon ankommt, alarmiert das Gateway das mobile Telefon mittels eines Paging-Signals. Paging-Signale werden auch verwendet, um Verkehrskanalzuordnungen zu verteilen, um auf Kanalzuordnungen zuzugreifen und für Systemüberlaufinformationen.

**[0011]** Ein Anwenderterminal kann auf ein Paging-Signal antworten, indem es ein Zugriffssignal oder eine Zugriffssonde über die umgekehrte Verbindung sendet (d. h. die Kommunikationsverbindung,

die beim Anwenderterminal den Ursprung hat und beim Gateway endet). Das Zugriffssignal wird auch verwendet, wenn ein Anwenderterminal der Ursprung eines Anrufs ist.

**[0012]** Wenn Kommunikationsvorgänge mit einem Anwenderterminal erforderlich sind, kann das Kommunikationssystem die Position des Anwenderterminals bestimmen müssen. Die Notwendigkeit für die Positionsinformation des Anwenderterminals rührt aus verschiedenen Betrachtungen her. Eine Betrachtung ist, daß das System ein geeignetes Gateway auswählen sollte, um die Kommunikationsverbindung vorzusehen. Ein Aspekt dieser Betrachtung ist die Zuordnung einer Kommunikationsverbindung zu dem ordnungsgemäßen Servicelieferanten (beispielsweise einer Telefongesellschaft). Ein Servicelieferant bzw. Serviceprovider ist typischerweise einem speziellen geografischen Gebiet zugeordnet und behandelt alle Anrufe der Anwender in diesem Gebiet. Wenn eine Kommunikation mit einem speziellen Anwenderterminal erforderlich ist, kann das Kommunikationssystem den Anruf einem Serviceprovider zuordnen, und zwar basierend auf dem Gebiet, innerhalb dem das Anwenderterminal gelegen ist. Um das entsprechende Gebiet zu bestimmen, braucht das Kommunikationssystem die Position des Anwenderterminals. Eine ähnliche Betrachtung kommt auf, wenn Anrufe Service Providern basierend auf politischen Grenzen oder zusammengezogenen Dienstleistungen zugeordnet werden müssen.

**[0013]** Wenn ein Satellitenkommunikationssystem versucht, ein spezielles Anwenderterminal zu lokalisieren, begrenzt es den Umfang seiner Suche in dem es mit der letzten bekannten Position dieses Anwenderterminals beginnt. Die Suche kann wirkungsvoller gemacht werden durch Verbesserung der Genauigkeit der Informationen bezüglich der letzten bekannten Position des Anwenders. Ein Ansatz ist es, regelmäßig die Position des Anwenderterminals zu bestimmen, in dem das Anwenderterminal ein "Beacon-Signal" (Leitsignal) senden muß oder durch einen Zwei-Wege-Austausch der Kommunikationssignale mit dem Anwenderterminal. Da das Anwenderterminal Signale übertragen muß, ist dieser Ansatz als "aktive" Positionsbestimmung bekannt. Verschiedene Positionsbestimmungssysteme sind bekannt.

**[0014]** Ein herkömmlicher Ansatz ist jener, der von dem Transit-System der US-Navy eingesetzt wird. In diesem System führt das Anwenderterminal kontinuierliche Doppler-Messungen eines Signals aus, das von einem Satelliten im niedrigen Erdumlauf (LEO = Low Earth Orbit) ausgesandt wird. Die Messung fährt für mehrere Minuten fort. Das System erfordert gewöhnlicherweise zwei Durchgänge des Satelliten, was eine Wartezeit von mehr als 100 Minuten nötig macht.

**[0015]** Ein weiterer herkömmlicher Ansatz ist jener, der von den Argos- und Sarsat-Systemen eingesetzt wird (Sarsat = Search and Rescue Satellite). Bei diesem Ansatz überträgt das Anwenderterminal ein intermittierendes Leitsignal zu einem Empfänger auf dem Satelliten, der Frequenzmessungen dieses Signals vornimmt. Wenn der Satellit mehr als vier Leitsignale von dem Anwenderterminal aufnimmt, kann er gewöhnlicherweise die Position des Anwenderterminals auflösen. Da das Leitsignal intermittierend ist, ist eine erweiterte Doppler-Messung, wie beispielsweise jene, die von dem Transit-System ausgeführt, nicht verfügbar. Der vorherrschende Nachteil bei diesem Ansatz ist, daß das Anwenderterminal ein Leitsignal übertragen muß.

**[0016]** Ein weiterer herkömmlicher Ansatz ist jener, der von dem Globalpositionsbestimmungssystem (GPS = Global Positioning System) eingesetzt wird. Bei diesem Ansatz sendet jeder Satellit ein mit einem Zeitstempel versehenes Signal, welches die Ephemeriden bzw. Ephemeridendaten des Satelliten mit einschließt. Wenn das Anwenderterminal ein GPS-Signal aufnimmt, mißt das Anwenderterminal die Übertragungsverzögerung relativ zu seinem eigenen Takt bzw. zur eigenen Uhr und bestimmt einen Pseudobereich für die Übertragung der Satellitenposition. Das GPS-System erfordert drei Satelliten für die zweidimensionale Positionsbestimmung und einen vierten Satelliten für die dreidimensionale Positionsbestimmung. Der primäre Nachteil beim GPS-Ansatz ist, daß mindestens drei Satelliten für die Positionsbestimmung erforderlich sind.

**[0017]** Ein Nachteil bei allen oben beschriebenen Ansätzen ist, daß das Anwenderterminal einen getrennten Sender oder Empfänger haben muß, um diese Ansätze zu verwenden, und zwar zusätzlich zu jenem, der erforderlich ist, um die Kommunikationssignale zu verarbeiten.

**[0018]** Ein weiterer herkömmlicher Ansatz ist jener, der in dem ebenfalls zu eigenen US-Patent 5 126 748 offenbart wird, das am 30. Juni 1992 ausgegeben wurde, betitelt "Dual Satellite Navigation System And Method". Dieser Ansatz setzt zwei Satelliten ein, um aktiv die Position eines Anwenderterminals durch Trilateration zu bestimmen. Während sie nützlich ist, ist die durch dieses Verfahren erhaltene Lösung zweischneidig, wobei sie zwei mögliche Positionen liefert. Weitere Informationen sind nötig, um die Doppeldeutigkeit aufzulösen.

**[0019]** Ein aktives Positionsbestimmungsverfahren verbraucht Kommunikationsbandbreite in einer Weise, die keinen Nutzen erzeugt. Es ist auch nötig, daß das Anwenderterminal regelmäßige Sendungen vornimmt. Dies stellt eine signifikante Leistungsabnahme von der Leistungsquelle (wie beispielsweise einer Batterie) für ein mobiles oder in der Hand zu halten-

des Anwenderterminal dar.

**[0020]** Was benötigt und wünschenswert ist, ist daher ein satellitenbasiertes Positionsbestimmungssystem, wobei das Anwenderterminal seine Position passiv bestimmen kann.

**[0021]** US-A-5 412 388 beschreibt ein Funktelekommunikationssystem, welches eine Anzahl von Lagesatelliten in niedrigen Erdumlaufbahnen aufweist. Lokalisierbare Einschreibungseinheiten kommunizieren mit den Satelliten. Eine einzige Einschreibungseinheit kommuniziert mit einem einzelnen Satelliten unter Verwendung von elektromagnetischen Signalen, so daß ein Messungsprozessor eine Doppler-Komponente, eine Fortpflanzungsdauer und Echtzeitmessungen der Signale erhalten kann. Ein Lageprozessor wandelt diese Messungen in eine Lagelösung mit zwei Positionen um. Die Lösung mit zwei Positionen weist eine tatsächliche Position und eine Bildposition auf. Die tatsächliche Position kann in manchen Situationen detektiert werden durch Identifikation einer Zelle, in der die Kommunikationsvorgänge stattfinden. In anderen Situationen kann die tatsächliche Position von der Bildposition durch Detektieren der ostgerichteten Drehung der Erde unterschieden werden. Ein Serviceprozessor bestimmt, welche Qualifikationen bzw. Dinge auf den Kommunikationsservice anzuwenden sind, die von dem System geboten werden. Diese Qualifikationen basieren auf der Lage der Einschreibungseinheiten (Subscriber Unit).

**[0022]** US-A-5 488 378 beschreibt ein Verfahren zur Anwendung eines Wertes von Bereichsraten, die von einem Empfänger beobachtet werden, wie beispielsweise von einem GPS-Empfänger an einer speziellen Lage zusammen mit anderen Satelliteninformationen um die Koordinaten der Punkte auf der Erdoberfläche zu bestimmen, von denen dieser Wert von Bereichsraten beobachtet werden würde. Diese Koordinaten werden in einem auf der Erde zentrierten, auf der Erde festgelegten Koordinatensystem (ECEF-Koordinatensystem, ECEF = Earth Centred, Earth Fixed) gegeben, und sie bilden eine Anordnung von Punkten von gleichen Bereichsraten. Die Koordinaten dieser Punkte liefern Abschätzungen der Lage des GPS-Empfängers.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0023]** Gemäß eines Aspektes der Erfindung ist ein Positionsbestimmungssystem für ein Satellitenkommunikationssystem vorgesehen, das Folgendes aufweist:

ein Anwenderterminal;  
mindestens zwei Satelliten mit bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten; und  
ein Gateway zur Kommunikation mit dem Anwenderterminal durch diese Satelliten;

gekennzeichnet durch

Bereichsdifferenzparameter, die Mittel zur Bestimmung eines Bereichsdifferenzparameters bestimmen, der eine Differenz in dem Bereich von Signalen von den Satelliten darstellt, wie vom Anwenderterminal empfangen;

Bestimmungsmittel für Bereichsratendifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsratendifferenzparameters, der eine Differenz von Bereichsraten von Signalen von den Satelliten darstellt, wie sie vom Anwenderterminal empfangen wurden; und

Positionsbestimmungsmittel zur Bestimmung der Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf bekannten Positionen und Geschwindigkeiten dieser Satelliten, des erwähnten Bereichsdifferenzparameters und des erwähnten Bereichsratendifferenzparameters.

**[0024]** Gemäß eines weiteren Aspektes der Erfindung ist ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Anwenderterminals in einem Kommunikationssystem vorgesehen, welches das Anwenderterminal, mindestens zwei Satelliten mit bekannten Positionen und mit bekannten Geschwindigkeiten und ein Gateway zur Kommunikation mit dem Anwenderterminal durch die Satelliten aufweist, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet wird:

Bestimmung eines Bereichsdifferenzparameters, der eine Differenz des Bereiches von Signalen von den Satelliten darstellt, wie von dem Anwenderterminal aufgenommen;

Bestimmung eines Bereichsratendifferenzratenparameters, der eine Differenz der Bereichsraten der Signale von den Satelliten darstellt, wie von dem Anwenderterminal empfangen; und

Bestimmung der Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten der Satelliten, basierend auf der Bereichsdifferenz und der Bereichsratendifferenz.

**[0025]** Die Erfindung sieht auch ein Anwenderterminal zur Anwendung in einem Kommunikationssystem vor, das mindestens zwei Satelliten mit bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten und ein Gateway zur Kommunikation mit den Anwenderterminals durch die Satelliten aufweist, wobei das Anwenderterminal Folgendes aufweist:

Bestimmungsmittel für Bereichsdifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsdifferenzparameters, der eine Differenz des Bereiches von Signalen von den Satelliten darstellt, wie vom Anwenderterminal empfangen; und

Bestimmungsmittel für Bereichsratendifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsratendifferenzparameters, der eine Differenz der Bereichsraten von den Signalen von den Satelliten darstellt, wie vom Anwenderterminal empfangen;

wobei die Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf bekannten Positionen

und bekannten Geschwindigkeiten der Satelliten, basierend auf dem Bereichsdifferenzparameter und dem Bereichsratendifferenzparameter bestimmt werden kann.

**[0026]** Die Erfindung wird in einem System und einem Verfahren zur passiven und nicht zweideutigen Bestimmung der Position eines Anwenderterminals (beispielsweise eines mobilen Telefons) in einem Satellitenkommunikationssystem verkörpert, wie beispielsweise in einem Satellitenkommunikationssystem im niedrigen Erdumlauf (LEO = Low Earth Orbit). Die Positionsbestimmung wird "passiv" genannt, da das Anwenderterminal nicht senden muß. Das System weist ein Anwenderterminal, mindestens zwei Satelliten mit bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten und ein Gateway (d. h. eine terrestrische Basisstation) zur Kommunikation mit dem Anwenderterminal durch die Satelliten auf. Jeder Satellit sendet Informationen bezüglich seiner Position (auch bekannt als Ephemeris oder Ephemeriden(-Daten)). Das Verfahren weist die Schritte auf, Parameter zu bestimmen, die die räumlichen und zeitlichen Beziehungen zwischen dem Anwenderterminal und den Satelliten beschreiben und die Position des Anwenderterminals unter Verwendung der Parameter und der bekannten Positionen und Geschwindigkeiten der Satelliten aufzulösen.

**[0027]** Es werden zwei Parameter verwendet: Die Bereichsdifferenz und die Bereichsratendifferenz. Der Bereichsdifferenzparameter stellt eine Differenz zwischen (1) einer Distanz zwischen einem Anwenderterminal und einem ersten Satelliten und (2) einer Distanz zwischen diesem Anwenderterminal und einem zweiten Satelliten dar. Der Bereichsratendifferenzparameter stellt die Differenz zwischen (1) einer relativen radialen Geschwindigkeit zwischen einem Anwenderterminal und einem ersten Satelliten und (2) einer relativen radialen Geschwindigkeit zwischen einem Anwenderterminal und einem zweiten Satelliten dar.

**[0028]** Ein iteratives gewichtetes Gauss-Newton-Verfahren der kleinsten Quadrate kann verwendet werden, um die Position des Anwenderterminals basierend auf den verwendeten Parametern und den bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten der Satelliten aufzulösen.

**[0029]** Die Erfindung kann als Teil eines Verfahrens verwendet werden, welches als "distanzbasierte Registrierung" (Distance Based Registration) bekannt ist. Gemäß dieses Verfahrens bestimmt das Anwenderterminal seine Position passiv in regelmäßigen Intervallen, wie oben beschrieben. Wenn das Anwenderterminal bestimmt, daß sich seine Position wesentlich gegenüber der letzten aktiv bestimmten Position verändert hat, registriert sich bei einem Gateway. Ansprechend darauf bestimmt das Gateway ak-

tiv die neue Position des Anwenderterminals. In dieser Weise erhält das Satellitenkommunikationssystem bezüglich der Zeit korrekte und genaue Positionsinformationen für ein Anwenderterminal ohne zu erfordern, daß das Anwenderterminal unnötige Sendungen ausführt.

**[0030]** Ein Vorteil ist, daß dies gestattet, daß ein Anwenderterminal seine Position passiv unter Verwendung von nur zwei Satelliten, wie beispielsweise Satelliten im niedrigen Erdumlauf, bestimmt. Ein weiterer Vorteil ist, daß dies gestattet, daß ein Anwenderterminal bestimmt, wann das Satellitenkommunikationssystem bezüglich einer Veränderung seiner Position zu informieren ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0031]** Die obigen und weiteren Merkmale der Erfindung werden genau in den beigefügten Ansprüchen dargelegt, und zusammen mit ihren Vorteilen werden sie klarer aus der Betrachtung der folgenden detaillierten Beschreibung der beispielhaften Ausführungsbeispiele der Erfindung, die mit Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen dargelegt werden, in denen gleiche Bezugszeichen identische oder funktionell ähnliche Elemente bezeichnen. Zusätzlich bezeichnen die am weitesten links stehenden Ziffern der Bezugszeichen die Zeichnung, in der das Bezugszeichen zuerst erscheint.

**[0032]** In den Zeichnungen stellen die Figuren folgendes dar:

**[0033]** [Fig. 1](#) bildet ein typisches Satellitenkommunikationssystem ab;

**[0034]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften Senders/Empfängers zur Anwendung bei einem Anwenderterminal;

**[0035]** [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Sende- und Empfangsvorrichtung zur Anwendung in einem Gateway;

**[0036]** [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Zeitverfolgungsschleife zur Anwendung in einem Anwenderterminal;

**[0037]** [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Frequenzverfolgungsschleife zur Anwendung in einem Anwenderterminal;

**[0038]** [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) bilden die Unterpunkte von zwei Satelliten und eine Projektion auf der Erdoberfläche von Iso-Konturen der Bereichsdifferenz und der Bereichsratendifferenzparameter ab, die mit den Satelliten in Bezug stehen;

**[0039]** [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm, das einen Be-

trieb abbildet, der die Erfindung verkörpert;

**[0040]** [Fig. 9](#) ist ein Blockdiagramm, das eine beispielhafte Umgebung veranschaulicht, in der die vorliegende Erfindung arbeiten kann; und

**[0041]** [Fig. 10](#) bildet ein Flußdiagramm ab, das einen distanzbasierten Registrierungsverfahren beschreibt, der die Erfindung verkörpert.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

##### I. Einleitung

**[0042]** Die vorliegende Erfindung wird in einem System und einem Verfahren zur passiven Positionsbestimmung eines Anwenderterminals in einem Satellitenkommunikationssystem verkörpert, welches mindestens zwei Satelliten im niedrigen Erdumlauf (LEO = Low Earth Orbit) verwendet. Wie dem Fachmann offensichtlich sein würde, können die Konzepte der vorliegenden Erfindung auf Satellitensysteme angewandt werden, bei denen die Satelliten nicht im niedrigen Erdumlauf laufen, wenn die Relativbewegung zwischen den Satelliten und dem Anwenderterminal ausreicht, um die Bereichsratenmessungen zu erleichtern, die unten beschrieben werden.

**[0043]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird unten im Detail besprochen. Während spezielle Schritte, Konfigurationen und Anordnungen besprochen werden, sei bemerkt, daß dies nur zu Veranschaulichungszwecken getan wird. Ein Fachmann wird erkennen, daß andere Schritte, Konfigurationen und Anordnungen verwendet werden könnten, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0044]** Das Ausführungsbeispiel wird in fünf Teilen beschrieben. Zuerst wird ein typisches Satellitenkommunikationssystem beschrieben. Als zweites werden die Parameter beschrieben, die von dem Positionsbestimmungsverfahren des Systems eingesetzt werden. Als drittes wird das Positionsbestimmungsverfahren bezüglich seiner physikalischen Darstellungen beschrieben. Als viertes wird die Ausführung des Positionsbestimmungsverfahrens beschrieben. Schließlich wird das Merkmal der "distanzbasierten Registrierung" beschrieben.

##### II. Typisches Satellitenkommunikationssystem

**[0045]** [Fig. 1](#) bildet ein typisches Satellitenkommunikationssystem **100** ab. Das Satellitenkommunikationssystem **100** weist ein Gateway **102** auf, Satelliten **104A** und **104B** und Anwenderterminals **106**. Von den Anwenderterminals **106** gibt es im allgemeinen drei Arten: Feste Anwenderterminals **106A**, die typischerweise in permanenten Strukturen montiert sind;

mobile Anwenderterminals **106B**, die typischerweise in Fahrzeugen montiert sind; und tragbare Anwenderterminals **106C**, die typischerweise in der Hand gehalten werden. Das Gateway **102** kommuniziert mit den Anwenderterminals **106** durch Satelliten **104A** und **104B**.

**[0046]** Ein beispielhafter Sender/Empfänger bzw. Transceiver **200** zur Anwendung in einem Anwenderterminal **106** ist in [Fig. 2](#) veranschaulicht. Der Sender/Empfänger **200** verwendet mindestens eine Antenne **210** zur Aufnahme von Kommunikationssignalen, die zu einem analogen Empfänger **214** gesandt werden, wo sie herunterkonvertiert, verstärkt und digitalisiert werden. Ein Duplex-Element **212** wird gewöhnlicherweise verwendet, um zu gestatten, daß die gleiche Antenne sowohl für Sende- als auch für Empfangsfunktionen dient. Jedoch setzen einige Systeme getrennte Antennen zum Betrieb bei unterschiedlichen Frequenzen ein.

**[0047]** Die digitalen Kommunikationssignale, die vom analogen Empfänger **214** ausgegeben werden, werden zumindestens einem digitalen Datenempfänger **216A** gesandt, und zumindestens einem digitalen Suchempfänger **218**. Zusätzliche digitale Datenempfänger **216B–216N** können in einer "Hakenkonfiguration" verwendet werden, um unterschiedliche Niveaus von verschiedenen Signalen zu erhalten, und zwar abhängig von dem akzeptablen Niveau der Komplexität der Einheit, wie es dem Fachmann offensichtlich sein würde. Ein derartig konfigurierter Empfänger wird "Hakenempfänger" genannt, und jeder digitale Datenempfänger **216** wird "Finger" genannt.

**[0048]** Die Finger des Hakenempfängers werden nicht nur für die verschiedenen Signale verwendet, sondern empfangen auch Signale von mehreren Satelliten. Daher werden für Anwenderterminals, die die Positionsbestimmungstechnik der vorliegenden Erfindung mit zwei Satelliten einrichten, mindestens zwei digitale Datenempfänger **216A–216N** verwendet, um Signale von den zwei Satelliten zu empfangen. Zusätzlich kann ein oder mehrere zusätzliche Suchempfänger **218** verwendet werden, um eine Signalaufnahme mit hoher Geschwindigkeit vorzusehen, oder einer oder mehrere können für diese Aufgabe zeitlich aufgeteilt werden.

**[0049]** Mindestens ein Anwenderterminal-Steuerprozessor **220** ist elektrisch mit den digitalen Datenempfängern **216A–216N** und dem Suchempfänger **218** gekoppelt. Der Steuerprozessor **220** sieht unter anderen Funktionen eine grundlegende Signalverarbeitung, eine Zeitsteuerung, eine Leistungs- und Übergabesteuerung oder Koordination und eine Auswahl der für die Signalträger verwendeten Frequenz vor. Eine weitere grundlegende Steuerfunktion, die oft vom Steuerprozessor **220** ausgeführt wird, ist die Auswahl oder Manipulation von PN-Codesequenzen

oder von orthogonalen Funktionen, die zur Verarbeitung von Kommunikationssignalwellenformen zu verwenden sind. Die Signalverarbeitung des Steuerprozessors **220** kann eine Bestimmung der Parameter aufweisen, die von der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden. Solche Berechnungen von Signalparametern, wie beispielsweise eine relative Zeitsteuerung bzw. relative zeitliche Anordnung und Frequenz können die Anwendung von zusätzlichen oder getrennten extra dafür vorgesehenen Schaltungen einschließen, um einen verbesserten Wirkungsgrad oder eine größere Geschwindigkeit bei den Messungen vorzusehen, oder eine verbesserte Zuordnung von Steuerprozessressourcen.

**[0050]** Die Ausgangsgrößen für die Digitaldatenempfänger **216A–216N** werden elektrisch mit der digitalen Anwendergrundbandschaltung **222** innerhalb des Anwenderterminals gekoppelt. Die digitale Anwendergrundbandschaltung **222** weist Verarbeitungs- und Darstellungselemente auf, die verwendet werden, um Informationen zu einem Terminalanwender und von diesem zu übertragen. D. h., Signal- oder Datenspeicherelemente, wie beispielsweise ein transientspeicher oder ein Langzeitdigitalspeicher; Eingabe- und Ausgabevorrichtungen, wie beispielsweise Anzeigeschirme, Lautsprecher, Tastaturterminals und Handanordnungen; A/D-Elemente, Vocoder und andere Sprach- und Analogsignalverarbeitungselemente; usw. bilden alle Teile der Anwendergrundbandschaltung unter Verwendung von Elementen, die in der Technik wohl bekannt sind. Wenn eine Unterscheidungssignalverarbeitung eingesetzt wird, kann die digitale Anwendergrundbandschaltung **222** eine Diversitätskombinationsvorrichtung und einen Decoder aufweisen. Einige dieser Elemente können unter der Steuerung des Steuerprozessors **220** oder in Kommunikation damit arbeiten.

**[0051]** Wenn Sprachdaten oder andere Daten als eine Ausgangsnachricht oder ein Kommunikationssignal vorbereitet werden, das beim Anwenderterminal seinen Ursprung hat, wird die digitale Anwendergrundbandschaltung **222** verwendet, um die erwünschten Daten zur Übertragung zu empfangen, zu speichern, zu verarbeiten und in anderer Weise vorzubereiten. Die digitale Anwendergrundbandschaltung **222** liefert diese Daten zu einem Übertragungsmodulator **226**, der unter der Steuerung des Steuerprozessors **220** arbeitet. Die Ausgangsgröße des Sende- bzw. Übertragungsmodulators **226** wird zu einer Leistungssteuervorrichtung **228** übertragen, die eine Ausgangsleistungssteuerung zu einem Sendeleistungsverstärker **230** zur letztendlichen Sendung des Ausgangssignals von der Antenne **210** zu einem Gateway liefert.

**[0052]** Der Sender/Empfänger **200** kann auch eines oder mehrere Vorkorrekturelemente oder Vorkorrektoren **232** und **234** einsetzen.



**[0053]** Vorzugsweise tritt die Vorkorrektur beim Ausgang der digitalen Leistungssteuervorrichtung **228** bei der Grundbandfrequenz auf. Die Grundband-spektralinformation, die die Frequenzeinstellung mit einschließt, wird auf die geeignete Mittelfrequenz während der Aufwärtsumwandlung übertragen, die in dem Sendeleistungsverstärker **230** ausgeführt wird. Die Vorkorrektur oder Frequenzeinstellung wird unter Verwendung von Techniken erreicht, die in der Technik bekannt sind. Beispielsweise kann die Vorkorrektur durch eine komplexe Signaldrehung bzw. Signalfaltung bewirkt werden, die damit äquivalent ist, wenn man das Signal mit einem Faktor  $e^{j\omega t}$  multipliziert, wobei  $\omega$  auf der Basis von bekannten Satellitenephemeriden und erwünschten Kanalfrequenzen berechnet wird. Dies ist sehr nützlich, wo Kommunikationssignale als in Phase liegende (I-) und Quadraturphasen-(Q-)Kanäle verarbeitet werden. Eine direkte Digitalsynthesevorrichtung kann verwendet werden, um einige der Rotationsprodukte bzw. Drehungsprodukte (Faltungsprodukte) zu erzeugen. Alternativ kann ein digitales Koordinatendrehungsberechnungselement verwendet werden, welches Binärverschiebungen, Addierungen und Subtraktionen einsetzt, um eine Reihe von diskreten Rotationen auszuführen, die die erwünschte Gesamtrotaion zur Folge haben. Solche Techniken und verwandte Komponenten sind in der Technik gut bekannt.

**[0054]** Als eine Alternative kann das Vorkorrekturelement **234** in dem Übertragungspfad der Ausgangsgröße des Sendeleistungsverstärkers **230** angeordnet sein, um die Frequenz des hinauslaufenden Signals einzustellen. Dies kann unter Verwendung von wohl bekannten Techniken erreicht werden, wie beispielsweise eine Aufwärts- oder Abwärtsumwandlung der Getriebewellenform. Jedoch kann die Veränderung der Frequenz am Ausgang des Analogsenders schwieriger sein, da es oft eine Reihe von Filtern gibt, die verwendet werden, um die Wellenform zu formen, und Veränderungen bei dieser Verbindung können mit dem Filterprozeß in Gegenwirkung treten. Alternativ kann das Vorkorrekturelement **234** einen Teil des Frequenzauswahl- oder -steuermechanismus für die analoge Aufwärtsumwandlung- und Modulationsstufe **230** des Anwenderterminals bilden, so daß eine entsprechend eingestellte Frequenz verwendet wird, um das Digitalsignal zu einer erwünschten Übertragungssequenz in einem Schritt umzuwandeln.

**[0055]** Informationen oder Daten, die einem oder mehreren gemessenen Signalparametern für das empfangene Kommunikationssignal entsprechen oder einem oder mehreren geteilten Ressourcensignalen, können zum Gateway unter Verwendung einer Vielzahl von Techniken gesandt werden, die in der Technik bekannt sind. Beispielsweise können die Informationen als ein getrenntes Informationssignal übertragen werden oder können an andere Nachrich-

ten angehängt werden, die von der digitalen Anwendergrundbandschaltung **222** vorbereitet werden. Alternativ kann die Information als vorbestimmte Steuerbits durch einen Übertragungsmodulator **226** oder die Sendeleistungssteuervorrichtung **228** unter der Steuerung des Steuerprozessors **220** eingefügt werden.

**[0056]** Die Digitaldatenempfänger **216A-N** und die Sucherempfänger **218** werden mit Signalkorrelationselementen konfiguriert, um spezifische Signale zu demodulieren und zu verfolgen. Die Sucherempfänger **218** werden verwendet, um nach Pilotsignalen zu suchen, oder nach anderen starken Signalen mit relativ festen Mustern, während die Datenempfänger **216A-N** verwendet werden, um Pilotsignale zu verfolgen oder andere Signale zu demodulieren, die mit den detektierten Pilotsignalen assoziiert sind. Daher können die Ausgangsgrößen dieser Einheiten überwacht werden, um Informationen vorzusehen, die eingesetzt werden, um die Parameter der vorliegenden Erfindung zu berechnen. Informationen bezüglich der Messungen, die vom Anwenderterminal **106** an den empfangenen Kommunikationssignalen oder den aufgeteilten bzw. gemeinsam verwendeten Ressourcensignalen gemacht wurden, können zum Gateway unter Verwendung einer Vielzahl von in der Technik bekannten Techniken gesandt werden. Beispielsweise können die Informationen als ein getrenntes Datensignal übertragen werden oder können an andere Nachrichten angehängt werden, die von der digitalen Anwendergrundbandschaltung **222** vorbereitet wurden. Die Datenempfänger **216A-N** setzen auch Frequenzverfolgungselemente ein, die überwacht werden können, so daß sie Informationen bezüglich der gegenwärtigen Frequenz und Zeitsteuerung an den Steuerprozessor **220** für Signale liefern, die demoduliert werden. Dies wird weiter unten mit Bezugnahme auf die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) besprochen.

**[0057]** Der Steuerprozessor **220** verwendet diese Informationen zur Bestimmung dahingehend, in welchem Ausmaß die empfangenen Signale von einer erwarteten Frequenz versetzt sind, und zwar basierend auf einer lokalen Oszillatorfrequenz, wenn sie auf das gleiche Frequenzband skaliert werden, wie erforderlich. Diese und andere Informationen, die mit Frequenzversetzungen, Fehlern und Doppler-Verschiebungen in Bezug stehen, können in einem oder mehreren Fehler/Doppler-Speicher- oder Memoryelementen **236** gespeichert werden, wie erwünscht. Diese Informationen können durch den Steuerprozessor **220** verwendet werden, um seine Betriebsfrequenz einzustellen, oder können zu Gateways unter Verwendung von verschiedenen Kommunikationssignalen übertragen werden.

**[0058]** Mindestens ein Zeitreferenzelement **238** wird verwendet, um chronologische Informationen zu



erzeugen und zu speichern, wie beispielsweise das Datum und die Tageszeit, um bei der Bestimmung der Satellitenpositionen zu helfen. Die Zeit kann gespeichert und periodisch aktualisiert werden. Die Zeit kann auch periodisch durch ein Gateway geliefert werden. Zusätzlich wird die gegenwärtige Zeit jedes Mal dann gespeichert, wenn ein Anwenderterminal in einen inaktiven Betriebszustand eintritt, wie beispielsweise wenn es "abgeschaltet" wird. Dieser Zeitwert wird in Verbindung mit der "Anschaltzeit" verwendet, um verschiedene zeitabhängige Signalparameter und Positionsveränderungen des Anwenderterminals zu bestimmen.

**[0059]** Zusätzliche Speicher- oder Memoryelemente **240** und **242** können verwendet werden, um spezifische Informationen über Parameter zu speichern, die weiter genauer unten besprochen werden. Beispielsweise kann ein Speicherelement **240** Anwenderterminalmessungen speichern, die bezüglich eines Bereichsratenparameters vorgenommen wurden, wie beispielsweise Differenzen der relativen Frequenzversetzungen zwischen zwei ankommenden Signalen. Ein Speicherelement **242** könnte verwendet werden, um Anwenderterminalmessungen bezüglich eines Bereichsdifferenzparameters zu speichern, wie beispielsweise die Differenzen der Ankunftszeit für zwei Signale. Diese Speicherelemente verwenden Strukturen und Schaltungen, die in der Technik wohl bekannt sind und entweder als getrennte oder separate Elemente oder als eine größere vereinigte Struktur ausgeformt werden können, in der diese Informationen in gesteuerter Weise zum späteren Aufruf gespeichert sind.

**[0060]** Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, wird ein lokaler Oszillator oder Referenzoszillator **250** als Referenz für den Analogempfänger **214** verwendet, um das herein kommende Signal auf das Grundband bei der erwünschten Frequenz herunter zu konvertieren. Er kann auch in mehreren Zwischenumwandlungsschritten eingesetzt werden, falls erwünscht, bis das Signal die erwünschte Grundbandfrequenz erreicht. Wie gezeigt, wird der Oszillator **250** auch als Referenz für den Analogtransmitter **230** zur Aufwärtsumwandlung vom Grundband zur erwünschten Trägerfrequenz verwendet, und zwar für die Übertragungen auf der Rückwärtsverbindung, und als Frequenzstandard oder Referenz für eine Zeitsteuerschaltung **252**. Die Zeitsteuerschaltung **252** erzeugt Zeitsteuerungssignale für andere Stufen oder Verarbeitungselemente innerhalb des Anwenderterminals **200**, wie beispielsweise für die Zeitsteuerverfolgungsschaltungen, die Korrelatoren in den Digitalempfängern **216A–N** und **218**, den Sendemodulator **226**, das Zeitreferenzelement **238** und den Steuerprozessor **220**. Die Zeitsteuerschaltung **252** kann auch konfiguriert sein, um Verzögerungen zu erzeugen, um die relative Zeitsteuerung der Zeitsteuer- oder Taktsignale unter der Prozessorsteuerung zu verzögern oder vorzu-

schieben. D. h., die Zeitverfolgung kann um vorbestimmte Größen eingestellt werden. Dies gestattet auch, daß die Anwendung der Codes von der "normalen" Zeitsteuerung ausgehend vorgeschoben oder verzögert wird, typischerweise um eine oder mehrere Chipperioden, so daß PN-Codes oder Chips, die die Codes ausmachen, mit unterschiedlicher Zeitsteuerung angewandt werden können, wie erwünscht.

**[0061]** Eine beispielhafte Übertragungs- und Aufnahmevorrichtung **300** zur Anwendung in einem Gateway **102** wird in [Fig. 3](#) veranschaulicht. Der Teil des Gateway **102**, der in [Fig. 3](#) veranschaulicht ist, hat einen oder mehrere Analogempfänger **314**, die mit einer Antenne **310** zur Aufnahme von Kommunikationssignalen verbunden sind, die dann herunterkonvertiert, verstärkt und digitalisiert werden, und zwar unter Verwendung von verschiedenen in der Technik wohlbekannten Schemata. Mehrere Antennen **310** werden in einigen Kommunikationssystemen verwendet. Die digitalisierten Signale, die von dem Analogempfänger **314** ausgegeben werden, sind als Eingangsgrößen für das mindestens eine Digitalempfängermodul vorgesehen, das im allgemeinen bei **324** von den gestrichelten Linien angezeigt wird.

**[0062]** Jedes Digitalempfängermodul **324** entspricht Signalverarbeitungselementen, die verwendet werden, um die Kommunikationsvorgänge zwischen einem Gateway **102** und einem Anwenderterminal **106** zu verarbeiten, obwohl gewisse Variationen in der Technik bekannt sind. Ein Analogempfänger **314** kann Eingangsgrößen für viele Digitalempfängermodule **324** vorsehen, und eine Anzahl von solchen Modulen wird typischerweise in Gateways **102** verwendet, um alle Satellitenstrahlen aufzunehmen und möglicherweise Diversitätsmodussignale, die zu irgendeinem gegebenen Zeitpunkt behandelt werden. Jedes Digitalempfängermodul **324** hat einen oder mehrere Digitaldatenempfänger **316** und Suchempfänger **318**. Der Suchempfänger **318** sucht im allgemeinen nach geeigneten anderen Diversitätsbetriebszuständen der Signale als den Pilotsignalen, und verschiedene Sucher können parallel zur Steigerung der Suchgeschwindigkeit verwendet werden. Wenn sie in dem Kommunikationssystem vorgesehen sind, werden mehrere Digitaldatenempfänger **316A–316N** zur Diversitätssignalaufnahme verwendet.

**[0063]** Die Ausgangsgrößen der Digitaldatenempfänger **316** werden an darauf folgende Grundbandverarbeitungselemente **322** geliefert, die eine in der Technik wohlbekannte Vorrichtung aufweisen, die hier nicht genauer dargestellt wird. Die beispielhafte Grundbandanordnung weist Diversitätskombinationsvorrichtungen und -decoder auf, um Multipfadsignale in einer Ausgangsgröße für jeden Anwender zu kombinieren. Die beispielhafte Grundbandvorrich-

tung weist auch Schnittstellenschaltungen auf, um Ausgangsdaten typischerweise zu einem Digital-schalter oder einem Netzwerk zu liefern. Eine Vielzahl von anderen bekannten Elementen, wie beispielsweise Wokodern, Datenmodems und Digitaldatenschalt- und -speicherkomponenten können einen Teil der Grundbandverarbeitungselemente **322** bilden, wobei diese jedoch nicht darauf eingeschränkt sind. Diese Elemente sind wirksam zur Steuerung oder Anleitung der Übertragung von Datensignalen zu einem oder mehreren Übertragungsmodulen **334**.

**[0064]** Signale, die zu den Anwenderterminals **106** zu übertragen sind, sind jeweils elektrisch mit einem oder mehreren geeigneten Übertragungsmodulen **334** gekoppelt. Ein typisches Gateway verwendet eine Anzahl von solchen Übertragungsmodulen **334** zum Vorsehen eines Service für viele Anwenderterminals **106** gleichzeitig, und für verschiedene Satelliten und Strahlen gleichzeitig. Die Anzahl der Übertragungsmodule **334**, die von dem Gateway **102** verwendet werden, wird durch in der Technik wohlbekannte Faktoren bestimmt, wie beispielsweise der Komplexität des Systems, der Anzahl der Satelliten, die gewöhnlicherweise im Sichtfeld sind, der Anwenderkapazität, dem Grad der ausgewählten Diversität usw..

**[0065]** Jedes Übertragungsmodul **334** weist einen Übertragungsmodulator **326** auf, der Daten zur Übertragung im Spreizspektrum moduliert und einen Ausgang hat, der elektrisch mit einer digitalen Sendeleistungssteuervorrichtung **328** gekoppelt ist, die die Übertragungs- bzw. Sendeleistung steuert, die für das herausgehende Digitalsignal verwendet wird. Die digitale Sendeleistungssteuervorrichtung **328** legt im allgemeinen ein minimales Leistungsniveau zum Zweck der Verringerung der Interferenzen und der Zuordnung von Ressourcen an, legt jedoch geeignete Leistungspegel an, falls benötigt, um eine Dämpfung im Übertragungspfad und andere Pfadübertragungscharakteristiken zu kompensieren. Ein PN-Generator **332** wird von dem Übertragungsmodulator **326** beim Spreizen der Signale verwendet. Diese Codeerzeugung kann auch ein funktionelles Teil von einem oder mehreren Steuerprozessoren oder Speicherelementen bilden, die in dem Gateway **102** verwendet werden.

**[0066]** Die Ausgangsgröße der Sendeleistungssteuervorrichtung **328** wird zu einer Additionsvorrichtung **336** übertragen, wo sie mit den Ausgangsgrößen aus anderen Sendeleistungssteuerschaltungen summiert wird. Diese Ausgangsgrößen sind Signale zur Übertragung zu anderen Anwenderterminals **106** mit der gleichen Frequenz und innerhalb des gleichen Strahls, wie die Ausgangsgröße der Leistungsübertragungssteuervorrichtung **328**. Die Ausgangsgröße der Additionsvorrichtung **336** wird zu einem Analogtransmitter bzw. Analogsender **338** zur Digi-

tal/Analog-Umwandlung geliefert, zur Um-Wandlung auf die geeignete RF- bzw. Radiofrequenz- bzw. Hochfrequenzträgerfrequenz, zur weiteren Verstärkung, Filterung und zur Ausgabe zu einer oder mehreren Antennen **340** zur Abstrahlung zu den Anwenderterminals **106**. Die Antennen **310** und **340** können die gleichen Antennen sein, und zwar abhängig von der Komplexität und der Konfiguration des Kommunikationssystems.

**[0067]** Mindestens ein Gatewaysteuerprozessor **320** ist elektrisch mit den Empfängermodulen **324** mit den Übertragungs- bzw. Sendemodulen **334** und der Grundbandschaltung **322** gekoppelt. Diese Einheiten können physikalisch voneinander getrennt sein. Der Steuerprozessor **320** liefert Befehls- und Steuersignale, um Funktionen zu bewirken, wie beispielsweise die Signalverarbeitung, die Zeitsteuersignalerzeugung, die Leistungssteuerung, die Übergabesteuerung, die Diversitätskombination und die System-schnittstellenbildung, wobei diese Funktionen jedoch nicht hierauf eingeschränkt sind. Zusätzlich ordnet der Steuerprozessor **320** PN-Spreizcodes, orthogonale Codesequenzen und spezifische Sender und Empfänger oder Module zur Anwendung in den Kommunikationsvorgängen mit dem Anwender zu. Weiterhin kann der Steuerprozessor **320** verwendet werden, um die Parameter zu berechnen und das Positionsbestimmungsverfahren der vorliegenden Erfindung auszuführen.

**[0068]** Der Steuerprozessor **320** steuert auch die Erzeugung und Leistung der Pilot-, Synchronisations- und Pagingkanalsignale und ihre Koppelung zur Sendeleistungssteuervorrichtung **328**. Der Pilotkanal ist einfach ein Signal, welches nicht von den Daten moduliert wird und ein wiederholtes sich nicht veränderndes Muster oder eine nicht variierende Rahmenstruktur verwenden kann. D. h., die orthogonale Funktion, die verwendet wird, um den Pilotsignalkanal zu bilden, hat im allgemeinen einen konstanten Wert, wie lauter Einsen und Nullen, oder ein wohlbekanntes, sich wiederholendes Muster aus verteilten Einsen und Nullen:

Während der Steuerprozessor **320** elektrisch direkt mit den Elementen eines Moduls gekoppelt sein kann, wie beispielsweise mit einem Übertragungsmodul **334** oder einem Empfangsmodul **324**, weist jedes Modul im allgemeinen einen für ein Modul spezifischen Prozessor auf, wie beispielsweise einen Übertragungs- bzw. Sendeprozessor **330** oder einen Empfangsprozessor **321**, welcher die Elemente dieses Moduls steuert. Somit wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Steuerprozessor **320** elektrisch mit dem Übertragungsprozessor **330** und dem Empfangsprozessor **321** gekoppelt, wie in [Fig. 3](#) gezeigt. In dieser Weise kann ein einziger Steuerprozessor **320** die Betriebsvorgänge einer großen Anzahl von Modulen und Ressourcen wirkungsvoller steuern. Der Übertragungsprozessor **330** steuert die

Erzeugung von und die Signalleistung für die Pilot-, Synchronisations- und Pagingssignale und die Verkehrskanalsignale und ihre jeweilige Koppelung zur Leistungssteuervorrichtung **328**. Der Empfangsprozessor **321** steuert die Such- und PN-Spreizcodes zur Demodulation und Überwachung der empfangenen Leistung. Der Prozessor **321** kann auch bei der Bestimmung von Signalparametern verwendet werden, die bei dem Verfahren der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden, oder kann Informationen detektieren und übertragen, die von dem Anwenderterminal bezüglich dieser Parameter empfangen wurden, wodurch die Belastung des Steuerprozesses **320** verringert wird.

**[0069]** Um Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung einzurichten, können einer oder mehrere Vorkorrektoren oder Frequenzvorkorrektur Elemente **342** und **344** verwendet werden. Vorzugsweise wird ein Vorkorrektur Element **342** verwendet, um die Frequenz der digitalen Ausgangsgröße der Digitalleistungssteuervorrichtung **328** bei einer Grundbandfrequenz einzustellen. Wie im Anwenderterminal wird die Grundbandspektralinformation, die die Frequenzeinstellung mit einschließt, zur entsprechenden Mittelfrequenz während der Aufwärtsumwandlung übertragen, die im Analogtransmitter **338** ausgeführt wird. Die Frequenzvorkorrektur wird unter Verwendung von in der Technik bekannten Techniken erreicht, wie beispielsweise der komplexen Signalrotation, die oben besprochen wurde, wobei der Winkel der Rotation auf der Grundlage von bekannten Satellitenephemeriden und der erwünschten Kanalfrequenz berechnet wird. Wie bei dem Anwenderterminal können andere Signalrotationstechniken und damit in Beziehung stehende Hardware bzw. Komponenten verwendet werden, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0070]** Zusätzlich zur Frequenzvorkorrektur kann es einen Wunsch geben, eine Zeitvorkorrektur zu geben, um die relative Zeitsteuerung der Signale oder der PN-Codes zu verändern. Dies wird im allgemeinen erreicht durch Einstellung von entweder der Co-deerzeugung und der Zeitsteuerung oder einer anderen Signalparameterzeitsteuerung, wenn ein Signal beim Grundband erzeugt wird und auch vor der Ausgabe durch die Leistungssteuervorrichtung **328**. Beispielsweise kann die Steuervorrichtung **320** bestimmen, wann Codes erzeugt werden, und ihre relative Zeitsteuerung und Anwendung auf die Signale, genauso wie wann auf Signale durch den Übertragungsmodulator **326** eingewirkt wird, und diese zu verschiedenen Satelliten durch die Leistungssteuervorrichtung **328** übertragen werden. Jedoch können bekannte Zeitvorkorrektur Elemente oder -schaltungen, die entweder einen Teil der Vorkorrektur Elemente **342** und **344** bilden oder als getrennte (nicht gezeigte) Einheiten ähnlich den Vorkorrektur Elementen **342** und **344** arbeiten, ohne oder mit Zugabe von Fre-

quenzvorkorrektur Elementen verwendet werden, wie erwünscht.

**[0071]** In [Fig. 3](#) ist die Vorkorrekturvorrichtung **342** so gezeigt, daß sie in dem Übertragungspfad vor der Additionsvorrichtung **336** angeordnet ist. Dies gestattet eine individuelle Steuerung über jedes Anwenderterminalsignal, wie erwünscht. Jedoch kann ein einziges Frequenzvorkorrektur Element verwendet werden, wenn eine Vorkorrektur nach der Additionsvorrichtung **336** ausgeführt wird, da die Anwenderterminals den gleichen Übertragungspfad vom Gateway zum Satelliten verwenden.

**[0072]** Als eine Alternative kann eine Vorkorrekturvorrichtung **334** in den Übertragungspfad am Ausgang des Analogtransmitters **338** angeordnet werden, um die Frequenz des herausgehenden Signals einzustellen, und zwar unter Verwendung von wohlbekannten Techniken. Jedoch kann die Veränderung der Frequenz am Ausgang des Analogtransmitters schwieriger sein und kann mit den Signalfilterprozessen in Gegenwirkung treten. Alternativ kann die Ausgangsfrequenz des Analogtransmitters **338** direkt durch den Steuerprozessor **320** eingestellt werden, um eine verschobene Ausgangsfrequenz vorzusehen, die von der normalen Mittelfrequenz versetzt ist.

**[0073]** Das Ausmaß der Frequenzkorrektur, die auf das herausgehende Signal aufgeprägt wird, basiert auf einem bekannten Doppler-Effekt zwischen dem Gateway und jedem Satelliten, durch den die Kommunikation aufgebaut wird. Das Ausmaß der erforderlichen Verschiebung, um dem Doppler-Effekt des Satelliten Rechnung zu tragen, kann durch den Steuerprozessor **320** unter Verwendung von bekannten Satellitenumlaufpositionsdaten berechnet werden. Diese Daten können in einem oder mehreren Speicherelementen **346** gespeichert werden und davon aufgerufen werden, wie beispielsweise aus Nachschautabellen oder Speicherelementen. Diese Daten können auch von anderen Datenquellen vorgesehen werden, falls erwünscht. Eine Vielzahl von wohl bekannten Vorrichtungen, wie beispielsweise RAM- und ROM-Schaltungen oder magnetische Speichervorrichtungen können verwendet werden, um Speicherelemente **346** aufzubauen. Diese Information wird verwendet, um die Doppler-Einstellung für jeden von dem Gateway zu einem gegebenen Zeitpunkt verwendeten Satelliten einzurichten.

**[0074]** Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, liefert eine Zeit-Frequenz-Einheit (TFU = Time and Frequency Unit) **348** Referenzfrequenzsignale für den Analogempfänger **314**. Ein Universalzeit-(UT-)Signal (UT = Universal Time) von einem GPS-Empfänger kann als Teil dieses Prozesses in manchen Anwendungen verwendet werden. Es kann auch in mehreren Zwischenumwandlungsschritten eingesetzt werden, falls erwünscht. Die TFU bzw. Zeit-Frequenz-Einheit **348**

dient auch als Referenz für den Analogtransmitter **338**. Die Zeit-Frequenz-Einheit **348** liefert auch Zeitsteuersignale zu anderen Stufen oder Verarbeitungselementen innerhalb der Übertragungs- und Empfangsvorrichtung **300** des Gateways, so wie die Korrelatoren in den Digitalempfängern **316A-N** und **318**, den Übertragungsmodulator **326** und den Steuerprozessor **320**. Die Zeit-Frequenz-Einheit **348** ist auch konfiguriert, um die relative Zeitsteuerung der (Clock-)Signale zu verzögern oder vorzuschieben, und zwar unter der Steuerung des Prozessors um vorbestimmte Größen, falls erwünscht.

**[0075]** Ein Ausführungsbeispiel der Ausführung von Zeitsteuermessungen ist in [Fig. 4](#) veranschaulicht, die eine Zeitsteuerverfolgungsschleife **400** für ein Anwenderterminal darstellt. Die Art der Zeitsteuerverfolgungsschleife wird als Tau-Dither-Typ bezeichnet, wie in der Technik bekannt ist. In [Fig. 4](#) werden die hereinkommenden Kommunikationssignale vom Analogempfänger typischerweise oversampelt bzw. übertastet und dann in einen Dezimator **402** eingegeben. Der Dezimator **402** arbeitet mit einer vorgewählten Rate und Zeitsteuerung zur Übertragung von nur gewissen Samples bzw. Tastungen auf folgende Stufen im Empfänger.

**[0076]** Die dezimierten Samples werden zu einem Kombinationselement **404** übertragen, typischerweise zu einer Multiplikationsvorrichtung, und zwar zur Kombination mit geeigneten System-PN-Spreizcodes, die von einem PN-Generator oder einer PN-Quelle **406** geliefert werden, um das Signal zu spreizen. Das gespreizte Signal wird zu einem Kombinationselement **408** übertragen, wo es mit geeigneten orthogonalen Codefunktionen  $W_i$  kombiniert wird, die von einem Codegenerator oder einer Codequelle **410** geliefert werden, wo verwendet, um Daten zu erhalten. Die orthogonalen Codefunktionen sind jene, die verwendet werden, um Kommunikationssignalkanäle zu erzeugen. Im allgemeinen werden Pilot- und Pagingssignale für diesen Prozeß verwendet, obwohl andere starke Signale verwendet werden könnten. Daher ist der orthogonale Code im allgemeinen einer, der verwendet wird, um ein Pilot- oder Pagingssignal zu erzeugen, wie in der Technik bekannt sein dürfte. Alternativ können PN-Spreiz-Codes und orthogonale Codes miteinander kombiniert werden und dann mit den Samples bzw. Tastproben in einem einzigen Schritt kombiniert werden, wie es in der Technik bekannt ist.

**[0077]** Die Zeitverfolgungsschaltung kann ein "Früh/Spät-Schema" einsetzen, wie in dem oben besprochenen US-Patent 4 901 307 offenbart. Bei diesem Ansatz wird das Ausmaß, in dem die Zeitsteuerung der hereinkommenden Signale und die Digitalempfänger **216** gleich oder ausgerichtet sind, gemessen durch Aufnahme eines hereinkommenden Datenstroms bei einer Versetzung von einer normierten

Chipzeit. Die Versetzung ist entweder Plus oder Minus einer halben PN-Code-Chipperperiode und wird jeweils entweder als früh oder spät bezeichnet.

**[0078]** Wenn die Zeitsteuerung bzw. zeitliche Anordnung der positiv oder negativ versetzten Daten symmetrisch von der von den normierten entspreizten hereinkommenden Signalspitzen abweicht, ist die Differenz Null, die zwischen den "frühen" und "späten" Samplingwerten gebildet wird. D. h., ein Wert, der durch das Formen einer Differenz zwischen den "späten" und "frühen" Signalen erzeugt wird, geht auf Null, wenn die Chipversetzung um eine Hälfte um die "An-Zeit-Zeitsteuerung" des empfangenen Signals zentriert ist. Wenn die relative Zeitsteuerung, die von den Empfängern **216** verwendet wird, nicht die empfangene Signalzeitsteuerung genau verfolgt, und relativ zu den hereinkommenden Signalen schnell ist, dann erzeugt die Differenz von spät minus früh ein Korrektursignal mit einem positiven Wert. Wenn andererseits die Signalzeitsteuerung zu langsam ist, erzeugt die Differenz ein Korrektursignal mit einem negativen Wert. Es ist leicht offensichtlich, daß eine inverse Beziehung oder eine andere Beziehung ebenfalls eingesetzt werden kann, falls erwünscht.

**[0079]** Um diese Technik einzurichten, wird die Ausgangsgröße des Dezimators gesteuert, so daß sie um ein halbes Chip früher als normalerweise bei der Verwendung zur Demodulation von Signalen auftritt. Die Ausgangsgröße des Dezimators wird dann gespreizt und decodiert, und die daraus resultierenden Daten werden über eine vorgewählte Periode akkumuliert (typischerweise eine Symbolperiode) und zwar in einem Akkumulator **414**. Die akkumulierten Symboldaten liefern Symbolenergien, die in einem Quadrierungselement **416** quadriert werden, um Werte mit nicht negativer Größe für ein "Früh-Signal" zu liefern.

**[0080]** Ein weiterer Satz von Samples wird aufgenommen und summiert oder integriert, und zwar über eine darauf folgende vorgewählte Periode, und zwar unter Verwendung eines Akkumulators **414**. Während dieser Periode jedoch wird ein Satz von Verzögerungselementen **412** verwendet, um die Anordnung der PN-Codes und der orthogonalen Codes um eine Chipperiode zu verzögern. Dies hat den gleichen Effekt wie die Veränderung der Zeitsteuerung der Samples oder die Dezimierung, die Erzeugung einer "späten" Version der gespreizten und decodierten Daten. Diese gespreizten und decodierten Daten werden über die vorgewählte Periode im Akkumulator **414** akkumuliert. Zusätzliche Elemente und Speichervorrichtungen können verwendet werden, falls erwünscht. Die akkumulierten späten Symboldaten werden in dem Quadrierungselement **416** quadriert. Die daraus resultierenden frühen und späten quadrierten Werte werden entweder voneinander subtrahiert oder verglichen, um die erwünschte Zeitsteuer-



differenz zwischen früh und spät in dem Element **418** zu erzeugen. Diese Differenz wird unter Verwendung eines Zeitsteuerfilters **420** gefiltert, um ein "Vorstellungs/Verzögerungs-Signal" **422** zu liefern. Die Zeitsteuerverfolgungsschleife fährt fort zwischen einer Verwendung von nicht verzögerten und verzögerten Codes abzuwechseln, um frühe und späte Symbole zu erzeugen, die verwendet werden, um Werte für das "Vorstellungs/Verzögerungs-Signal" **422** zu erzeugen oder zu aktualisieren. Dies wird weiterhin gemacht, bis die Empfängerzeitsteuerung zurückgesetzt wird, wie beispielsweise wenn der Empfänger deaktiviert wird oder zur Verfolgung eines neuen Signals verschoben wird, wie es dem Fachmann offensichtlich wäre.

**[0081]** Die anfängliche und anlaufende Zeitsteuerung für den Dezimierungsprozeß und die Verzögerung der Codes wird durch eine Schaltung vorgesehen wie beispielsweise eine Zeitsteuerschaltung **424**. D. h., die Zeitsteuerschaltung **424** bestimmt die Zeitsteuerung der Probenauswahl vom Dezimator **402**. Gleichzeitig werden die Erzeugung des PN-Spreizcodes und des orthogonalen Codes ebenfalls durch Signale von der Zeitsteuerschaltung **424** gesteuert. Diese spätere Zeitsteuerung wird manchmal als PN-Enable bzw. PN-Einschalten bezeichnet, da sie die Anwendung von Codes enabled bzw. einschaltet. Es kann auch eine Initialisierung des EPOCH-Zeitsteuersignals geben. Die von der Zeitsteuerschaltung **424** ausgewählte Zeitsteuerung wird durch das Vorstellungs/Verzögerungs-Signal **424** ansprechend auf die Zeitsteuerschlaufenausgangsgröße eingestellt. Im allgemeinen wird die Zeitsteuerung um eine Zeiteinheit bzw. Zeitlänge vorgeschoben, die ein Bruchteil einer Chipperiode ist, beispielsweise 1/8 eines Chips, wobei ein 8-fach-Oversampling (Übertasten) verwendet wird, um das Eingangssignal vor der Dezimierung zu sammeln bzw. aufzunehmen. Die Anwendung von solchen Zeitsteuerungs- und Vorstellungs- und Verzögerungsmechanismen ist in der Technik wohl bekannt.

**[0082]** Die Größe, um die jeder Finger oder jeder Digitalempfänger seine Zeitsteuerung einstellt, um mit einem Eingangssignal synchron zu werden oder sich mit diesem auszurichten, wird verwendet, um die relativen Verzögerungen der Signalkunftszeit zu bestimmen. Dies wird leicht erreicht durch Verfolgung der Gesamtgröße der Zeitveränderung (Vorstellung/Verzögerung) die von der Zeitsteuerschleife **400** verwendet wird. Ein Akkumulator **426** kann verwendet werden, um einfach jedes der Vorstellungs/Verzögerungs-Signale oder -befehle über eine vorgewählte Periode zu akkumulieren und zu summieren. Dies liefert ein gesamtes Ausmaß oder eine Netto-Größe einer benötigten Veränderung zur Ausrichtung des hereinkommenden Signals und der Empfängerzeitsteuerung. Dies stellt eine Versetzung des Signals von einem lokalen Anwenderterminal oder ei-

ner Empfängerzeitsteuerung dar. Wenn die Zeitsteuerung des Anwenderterminals relativ nahe an der des Gateways liegt oder mit dieser synchronisiert ist, könnte dies ein Maß für die Verzögerung liefern, die ein Signal erfährt, wenn es zwischen einem Gateway und einem Anwenderterminal gesendet wird, was eine Berechnung des Bereiches gestattet. Unglücklicherweise verhindern viele Faktoren wie beispielsweise eine Ungenauigkeit eines lokalen Oszillators oder einer Abweichung im allgemeinen solche direkten Berechnungen.

**[0083]** Jedoch können die Zeitsteuereinstellungen von zwei Digitalempfängern **216** verwendet werden, um eine relative Zeit eines Ankunftszeitwertes zu liefern. Hier empfängt jeder Digitalempfänger ein Signal entweder von einem Satelliten **104A** oder **104B** und bestimmt die notwendigen Zeitsteuereinstellungen zur Verfolgung des Signals. Die erforderliche Zeitsteuereinstellung kann entweder direkt zum Steuerprozessor oder zu einem extra dafür vorgesehenen Berechnungselement geliefert werden, wo eine Differenz zwischen den beiden gebildet wird. Diese Differenz zeigt die relative Zeitsteuereinstellung für die Ankunft der zwei Signale beim Anwenderterminal an, was zum Gateway zurückgemeldet werden kann.

**[0084]** Wie zuvor erwähnt, können diese Daten zum Gateway als Teil von anderen Nachrichten oder als extra dafür vorgesehene Zeitinformationssignale gesandt werden. Diese Daten können in transienten Speicherelementen zur späteren Übertragung und Anwendung gespeichert werden. Diese Informationen können auch mit einer gewissen Form eines "Zeitstempels" versehen oder gespeichert werden, der die Zeit der Aufnahme widerspiegelt, so daß ein Gateway eine genaue Zeitbeziehung für die Daten hat und genauer die Position des Anwenderterminals bestimmen kann. Jedoch ist die Genauigkeit, die in Kommunikationssystemen wie oben erwähnt erwünscht ist, nicht eine sehr strenge Anforderung. Wenn die Information innerhalb einer sehr kurzen Zeit von der Aufnahme übertragen wird, ist die Zeitstempelung nicht sehr nützlich. Im allgemeinen werden die Daten innerhalb weniger Datenrahmen bzw. Datenframes dieser Messung gesandt, und wenn es ein Übertragungsproblem gibt, werden die Daten wiederum vor der Übertragung erzeugt, so daß sie nicht mehr als ein Paar Rahmen bzw. Zeitfenster alt sind. Jedoch gestattet die Zeitstempelung mehr Flexibilität bei der Datenübertragung und eine wiederholte Übertragung von Signalen oder Sätzen von Signalen ungeachtet der tatsächlichen Zeit. Anderenfalls wird das System wahrscheinlich feste Zeitsteuerschlitze bzw. Zeitsteuerfenster verwenden und Anforderungen berichten, wenn die Zeitstempelung nicht verwendet wird, um ein gewünschtes Genauigkeitsniveau zu halten.

**[0085]** Der Prozeß ist ähnlich für Signale, die bei einem Gateway empfangen werden, außer daß kein Pilotsignal detektiert wird, und daß die orthogonalen Codes im allgemeinen mit Zugangssondensignalen assoziiert sind. Ein Vorteil für ein Gateway ist, daß die Zeitsteuerung als absolute Zeitreferenz angesehen werden kann. D. h., das Gateway hat eine genaue Systemzeitsteuerung, wie oben erwähnt, und kann genau die Zeitdifferenzen für die Anwendung von PN-Codes oder orthogonalen Codes relativ zu seiner eigenen Zeit bestimmen. Dies gestattet, daß ein Gateway genaue Sende- bzw. Übertragungszeiten oder -distanzen von dem Zustand bestimmt, wo die PN-Codes für jeden Empfänger oder Finger verwendet werden. Diese Übertragungszeiten oder Distanzen können bei einer Bestimmung der Bereichsdifferenzparameter der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Während sie daher in manchen Anwendungen nützlich sind, können die Informationen für jeden Finger getrennt behandelt werden und müssen nicht unter Verwendung eines Elementes **428** kombiniert werden, wie zuvor.

**[0086]** Ein Ausführungsbeispiel zur Ausführung von Frequenzmessungen ist in [Fig. 5](#) veranschaulicht, die eine Übersicht einer Frequenzverfolgungsschleife **500** für ein Anwenderterminal darstellt. Diese Frequenzmessungen können bei der Bestimmung der Bereichsratendifferenzparameter der vorliegenden Erfindung verwendet werden. In [Fig. 5](#) werden Kommunikationssignale von dem Analogempfänger in einen Rotor **502** eingegeben. Der Rotor **502** arbeitet mit einer vorgewählten jedoch einstellbaren Phase zur Entfernung von residuellen Frequenzfehlern oder Versetzungen aus den digitalen Samples, die von einem Analogempfänger am Digitalempfänger oder Finger ankommen.

**[0087]** Wenn CDMA-Signale eingesetzt werden, können die Samples zu einem oder mehreren Kombinationselementen **504** übertragen werden, typischerweise einer Multiplikationsvorrichtung, und zwar zur Kombination mit entsprechenden System-PN-Spreiz-Codes, die von einem oder mehreren Co- oder Codequellen **506** vorgesehen werden, um Daten zu erhalten. Solche PN-Spreiz-Codes und orthogonale Codes können mit dem Signal entweder getrennt oder zusammen in einem einzigen Schritt kombiniert werden. Wo Verkehrskanäle verwendet werden, um die Frequenz einzustellen, kann ein Element zur schnellen Hadamardtransformation (FHT-Element, FHT = Fast Hadamard Transformation) anstelle der Kombinationsvorrichtung **504** und des Codegenerators **506** verwendet werden. Diese Technik wird offenbart im US-Patent Nr. 6/330 291, betitelt "Frequency Tracking for Orthogonal Walsh Modulation", welches der Anmelderin der vorliegenden Erfindung zu eigen ist.

**[0088]** Rotierte, entspreizte und decodierte Signale

werden über eine Symbolperiode im Akkumulator **514** akkumuliert, um ein Datensymbol vorzusehen, und die Ergebnisse werden zu einem Vektorkreuzprodukt-Erzeugungselement oder einem Generator **518** für dieses geliefert. Gleichzeitig wird jedes Symbol zu einem Symbolzeitverzögerungselement **516** geliefert, welches eine Verzögerung um eine Symbolperiode vorsieht, bevor das Symbol zum Kreuzproduktgenerator **518** geliefert wird.

**[0089]** Der Kreuzproduktgenerator **518** bildet ein Vektorkreuzprodukt zwischen einem gegebenen Symbol und dem vorausgehenden Symbol, um eine Phasenveränderung zwischen den Symbolen zu bestimmen. Dies sieht ein Maß für den Fehler in der Phasenrotation vor, welche dem Eingangssignal aufgeprägt wurde. Der Ausgang aus dem Kreuzproduktgenerator **518** wird als eine Frequenzfehlerabschätzung oder ein Einstellfaktor oder Rotor **502** und ein Codegenerator **506** vorgesehen.

**[0090]** Die Zeitsteuerung für die Entspreizungs- und Decodierungsprozesse wird durch eine Schaltung wie beispielsweise eine Zeitsteuerschaltung **524** vorgesehen, wie oben besprochen. Diese Zeitsteuerung kann als eine Ausgangsgröße von der oben besprochenen Zeitsteuerschleife vorgesehen werden.

**[0091]** Die Größe, um die jeder Finger oder Digitalempfänger seine Phase einstellt, um sich mit einem Eingangssignal auszurichten, wird verwendet, um relative Frequenzversetzungen in ankommenden Signalen zu bestimmen. D. h., die Größe, um die die Rotorphase bzw. Drehphase einzustellen ist, um residuelle Fehler in der Signalausrichtung zu entfernen, zeigt die Größe an, um die die hereinkommende Signalfrequenz gegenüber der erwarteten oder lokalen Referenzfrequenz für das Anwenderterminal versetzt ist.

**[0092]** Da das Kommunikationssystem innerhalb von festen Sätzen von Frequenzbändern für Kommunikationssignale arbeitet, erkennen die Empfänger die mittleren oder normierten zu verwendenden Trägerfrequenzen. Jedoch wird als eine Folge von Dopplerverschiebungen und anderen Effekten, die minimal sein können, das ankommende Signal nicht auf der erwarteten mittleren Frequenz sein. Die oben besprochenen Einstellungen definieren eine Versetzung, die verwendet werden kann, um die Dopplerverschiebungen und die tatsächliche Frequenz der ankommenden Signale zu bestimmen.

**[0093]** Dies wird leicht erreicht durch Verfolgung der Gesamtgröße der Veränderung, die durch eine Frequenzverfolgungsschleife **500** eingerichtet wird. Ein Akkumulator **522** kann verwendet werden, um einfach die Phasenveränderungen von den Fehlerabschätzungen, den Signalen oder Befehlen über eine vorgewählte Periode zu akkumulieren. Dies sieht

eine gesamte Veränderungsgröße oder Netto-Veränderungsgröße vor, die benötigt wird, um das herein kommende Signal und die Empfängerfrequenzen auszurichten, und stellt die Frequenzversetzung des Signals vom lokalen Anwenderterminal oder der Empfängerfrequenz skaliert auf das entsprechende Frequenzband dar.

**[0094]** Wie zuvor können diese Daten zum Gateway als Teil von anderen Nachrichten oder als extra dafür vorgesehene Frequenzinformationssignale gesandt werden. Die Daten können in einem transienten Speicher zur späteren Übertragung gespeichert werden und können auch mit einer gewissen Form eines "Zeitstempels" versehen werden. Jedoch ist dies im allgemeinen nicht nötig, da Daten innerhalb weniger Datenrahmen der Messung gesandt werden, und erneut erzeugt werden können, wenn es ein Problem gibt. Anderenfalls wird das System wahrscheinlich feste Zeitsteuerschlitze bzw. Zeitsteuerfenster verwenden und Anforderungen berichten, wenn die Zeitstempelung nicht verwendet wird, um ein erwünschtes Niveau an Genauigkeit beizubehalten.

### III. Verfügbare Parameter

**[0095]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel setzt die vorliegende Erfindung zwei Parameter ein: Die Bereichsdifferenz und die Bereichsratendifferenz. Diese Parameter beschreiben die räumlichen und temporären Beziehungen zwischen dem Anwenderterminal **106** und den Satelliten **104A** und **104B**. Diese Parameter und ihre Messung und Anwendung werden unten beschrieben.

**[0096]** Die [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) bilden die Projektion der ISO-Konturen auf der Erdoberfläche dar, die diese Parameter darstellen. Eine ISO-Kontur eines Parameters ist eine Kurve, die alle Punkte mit dem gleichen Wert des Parameters verbindet. Die [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) bilden die Unterpunkte **614A** und **614B** der zwei Satelliten **104A** bzw. **104B** ab (d. h. die Punkte auf der Erdoberfläche, die direkt unter den Satelliten sind) und eine Projektion auf der Erdoberfläche der ISO-Konturen für die Bereichsdifferenz- und Bereichsratendifferenzparameter, die mit den Satelliten **104A** und **104B** in Bezug stehen. Zwei Achsen, die X-Achse **602A** und die Y-Achse **602B**, die in tausend Kilometern eingeteilt sind, sind vorgesehen, um einen beispielhaften Maßstab zu veranschaulichen.

**[0097]** Bereichsdifferenz. Der Bereichsdifferenzparameter stellt die Distanzen zwischen einem Anwenderterminal **106** und zwei Satelliten **104A** und **104B** dar. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Bereichsdifferenzparameter die Differenz  $dR$  zwischen (1) der Distanz zwischen einem speziellen Anwenderterminal **106** und einem ersten Satelliten **104A** und (2) der Distanz zwischen diesem Anwenderterminal **106** und einem

zweiten Satelliten **104B**. Die Projektion der ISO- $dR$ -Konturen auf der Erdoberfläche beschreibt einen Satz von Hyperbeln, wie von den gestrichelten Linien abgebildet, die im allgemeinen bei **604** in [Fig. 6](#) gezeigt sind, wobei die Kontur mit  $dR = 0$  eine gerade Linie beschreibt.

**[0098]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird  $dR$  durch das folgende Verfahren bestimmt. Zuerst überträgt das Gateway **102** zwei Signale. Das erste Signal wird durch einen ersten Satelliten **104A** zum Anwenderterminal **106** übertragen, und das zweite Signal wird durch einen zweiten Satelliten **104B** zum Anwenderterminal **106** übertragen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die ersten und zweiten Signale bezüglich der Zeit beim Gateway **102** vorkorrigiert, wie oben mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben, so daß sie erneut durch die ersten und zweiten Satelliten **104A** bzw. **104B** übertragen werden, und zwar im wesentlichen gleichzeitig.

**[0099]** Als zweites bestimmt das Anwenderterminal **106** eine Verzögerungsdifferenz zwischen (1) dem Zeitpunkt, bei dem das Anwenderterminal **106** das Signal von dem ersten Satelliten empfangen hat und (2) dem Zeitpunkt, bei dem das Anwenderterminal **106** das Signal vom zweiten Satelliten empfangen hat. Diese Verzögerungsdifferenz wird im Folgenden als  $\Delta t$  bezeichnet. Schließlich bestimmt das Anwenderterminal **106**  $dR$  von  $\Delta t$ . Wie dem Fachmann offensichtlich sein wird, können andere Verfahren eingesetzt werden, um  $dR$  zu erhalten, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0100]** In einem alternativen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird  $\Delta t$  als Bereichsdifferenzparameter verwendet.

**[0101]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die ersten und zweiten Signale Pilotsignale. Wie dem Fachmann offensichtlich werden würde, kann irgend ein geeignetes Signal verwendet werden, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0102]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die ersten und zweiten Signale vom Gateway **102** vorkorrigiert, wie oben besprochen, und zwar vor der Absendung, um sicher zu stellen, daß die PN-Codes der Signale synchronisiert sind (einschließlich geeigneter PN-Codeversetzungen für Unterstrahlen), wenn sie durch die Satelliten **104A** und **104B** erneut übertragen werden, und das Anwenderterminal **106** bestimmt  $\Delta t$  durch Vergleich der Zustände der PN-Codes in den zwei empfangenen Signalen. In einem alternativen Ausführungsbeispiel sind die ersten und zweiten Signale nicht bezüglich der Zeit vorkorrigiert, sondern die Ef-



fekte der Differenz der erneuten Übertragungszeiten zwischen den ersten und zweiten Signalen werden beim Gateway **102** nach der Aufnahme der Signale entfernt. Wie dem Fachmann offensichtlich sein wird, können andere Vorkorrekturverfahren eingesetzt werden, um die Differenz der Pfadlängen zwischen dem Gateway **102** und den Satelliten **104A** und **104B** zu kompensieren.

**[0103]** Bereichsratendifferenz. Der Bereichsratendifferenzparameter (auch bekannt als Doppler-Differenzparameter) beschreibt die Differenz zwischen (1) der Bereichsrate zwischen einem speziellen Anwenderterminal **106** und einem ersten Satelliten **104A** und (2) der Bereichsrate zwischen dem Anwenderterminal **106** und einem zweiten Satelliten **104B**. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Bereichsratendifferenzparameter eine Differenz  $\Delta R$  zwischen (1) einer relativen radialen Geschwindigkeit zwischen einem speziellen Anwenderterminal **106** und einem ersten Satelliten **104A** und (2) einer relativen radialen Geschwindigkeit zwischen diesem Anwenderterminal **106** und einem zweiten Satelliten **104B**.

**[0104]** In einem alternativen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Bereichsratendifferenzparameter die Frequenzdifferenz  $\Delta f$  gemessen beim Anwenderterminal **106** zwischen der Frequenz eines Signals, das vom Gateway **102** durch einen ersten Satelliten **104A** empfangen wird, und der Frequenz des Signals das von dem Gateway **102** durch einen zweiten Satelliten **104B** empfangen wird.  $\Delta R$  steht mit  $\Delta f$  wie folgt in Beziehung:  $\Delta R$  kann berechnet werden durch Multiplikation von  $\Delta f$  mit der Lichtgeschwindigkeit und durch Teilen durch die mittlere Trägerfrequenz. Die Projektion der ISO- $\Delta f$ -Konturen auf der Erdoberfläche beschreibt einen Satz von Kurven, wie von den durchgezogenen Linien in [Fig. 6](#) abgebildet und im allgemeinen bei **606** gezeigt.

**[0105]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird  $\Delta R$  durch das folgende Verfahren bestimmt. Zuerst überträgt das Gateway zwei Signale. Das erste Signal wird durch einen ersten Satelliten **104A** zum Anwenderterminal **106** übertragen, und das zweite Signal wird durch einen zweiten Satelliten **104B** zu diesem Anwenderterminal **106** übertragen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die Frequenzen der ersten und zweiten Signale beim Gateway **102** vorkorrigiert, wie oben besprochen, so daß die Signale, die von den ersten und zweiten Satelliten **104A** und **104B** erneut übertragen werden, die gleiche Frequenz haben.

**[0106]** Als zweites bestimmt das Anwenderterminal **106** die Differenz zwischen (1) der Frequenz des Signals, das von dem ersten Satelliten empfangen wird, und (2) der Frequenz des Signals, das von dem

zweiten Satelliten empfangen wird. Diese Frequenzdifferenz ist  $\Delta f$ . Schließlich berechnet das Anwenderterminal **106**  $\Delta R$  durch Multiplikation von  $\Delta f$  mit der Lichtgeschwindigkeit und durch Teilen des Ergebnisses durch die mittlere Trägerfrequenz der ersten und zweiten Signale. Wie dem Fachmann offensichtlich sein wird, können andere Verfahren eingesetzt werden, um  $\Delta R$  zu erhalten, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0107]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird das erste Signal durch das Gateway **102** vor der Übertragung durch Einstellung der Frequenz des Signals vorkorrigiert, um die Doppler-Verschiebung zu kompensieren, die durch die bekannte relative Bewegung zwischen dem ersten Satelliten **104A** und dem Gateway **102** verursacht wird, und das zweite Signal wird in ähnlicher Weise vorkorrigiert. In einem alternativen Ausführungsbeispiel wird keines der Signale bezüglich der Frequenz vorkorrigiert. Wie einem Fachmann offensichtlich sein würde, können andere Vorkorrekturverfahren eingesetzt werden, um die Bewegung der Satelliten **104A** und **104B** zu kompensieren.

**[0108]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die ersten und zweiten Signale Pilotsignale. Wie dem Fachmann offensichtlich sein wird, kann irgend ein geeignetes Signal verwendet werden, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

#### IV. Positionsbestimmungsverfahren

**[0109]** Die oben beschriebenen Parameter können verwendet werden, um die Position eines Anwenderterminals **106** zu bestimmen. Als eine Hilfe zum Verständnis der vorliegenden Erfindung werden die physikalischen Darstellungen der Parameter als ISO-Parameterkonturen dargestellt, die auf die Erdoberfläche projiziert sind.

**[0110]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung basiert die Positionsbestimmung auf den Bereichsdifferenz- und Bereichsratendifferenzparametern. In [Fig. 6](#) ist der Bereichsdifferenzparameter  $dR$  und der Bereichsratendifferenzparameter ist  $\Delta f$ . [Fig. 6](#) bildet die Fußpunkte **616A** und **616B** der zwei Satelliten **104A** bzw. **104B** ab, und eine Projektion der ISO-Konturen von den Parametern  $dR$  und  $\Delta f$  auf die Erdoberfläche, die mit den Satelliten **104** in Bezug stehen. Eine ISO-Kontur eines Parameters ist eine Kurve, die alle Punkte verbindet, die den gleichen Wert des Parameters haben. Zwei Achsen, die X-Achse **602A** und die Y-Achse **602B**, die in tausend Kilometern unterteilt sind, sind vorgesehen, um eine beispielhafte Scala zu veranschaulichen.

**[0111]** [Fig. 6](#) bildet eine Familie von ISO- $dR$ -Kontu-

ren als gestrichelte Linien ab, wie im allgemeinen bei **604** gezeigt. Jede ISO-dR-Kontur ist eine Hyperbel, die alle Punkte mit dem gleichen Wert von dR verbindet, und eine Grundlinie **612** in einem Winkel von 90 Grad schneidet (das ist eine Linie, die die Fußpunkte **614** der Satelliten **104** verbindet). In **Fig. 6** sind die dR-Konturen in tausend Kilometern unterteilt. Die Kontur für dR = 0 ist ein Normalschnitt der Grundlinie **612**. Die Kontur für dR = +0,5 direkt rechts von der Kontur für dR = 0 verbindet alle Punkte, für die der Bereich des Satelliten **104A** den Bereich des Satelliten **104B** um 500 Kilometer überschreitet.

[0112] **Fig. 6** bildet auch den  $\Delta f$ -Parameter als eine Familie von Kurven ab, die im allgemeinen bei **606** als durchgezogene Linien gezeigt sind, und zwar bezeichnet in kHz. Die Form der  $\Delta f$ -Kurven ist eine Funktion der relativen Geschwindigkeit der Satelliten **104A** und **104B**. Repräsentative Geschwindigkeitsvektoren der Satelliten **104A** und **104B** sind im allgemeinen bei **616A** und **616B** abgebildet, und zwar als Pfeile, die sich entlang der Lauflinie erstrecken. Das Gebiet mit dem Maximum von  $\Delta f$  ist nahe dem Ober- teil der **Fig. 6** zu finden, wo die Fußspuren (d. h. die Linien, die die Fußpunkte verbinden) der Satelliten **104A** und **104B** sich schneiden.

[0113] In einem typischen Fall, wie beispielsweise in jenem der in **Fig. 6** abgebildet ist, laufen die Satelliten **104** nicht in parallelen Pfaden und somit werden sich eine dR-Kontur und eine  $\Delta f$ -Kontur nur einmal und in nahezu rechtem Winkel in der Nachbarschaft eines Anwenderterminals **106** schneiden. Dies liefert eine genaue unzweideutige Positionslösung. Wenn beispielsweise dR = +500 Kilometer ist, und gleichzeitig  $\Delta f$  = +20 kHz, dann ist das Anwenderterminal **106** an der Position **608A** in **Fig. 6**.

[0114] In einem weiteren Fall jedoch wird eine dR-Kontur eine  $\Delta f$ -Kontur zweimal schneiden, oder eine dR-Kontur wird tangential oder nahezu tangential zu einer  $\Delta f$ -Kontur in der Nachbarschaft eines Anwenderterminals **106** sein. Diese Geometrie ist die Folge, wenn die Geschwindigkeitsvektoren der Satelliten **104** parallel oder nahezu parallel sind, was bewirkt, daß die  $\Delta f$ -Konturen in der Nachbarschaft des Anwenderterminals **106** geschlossen sind, wie in **Fig. 7** gezeigt. Wenn beispielsweise mit Bezug auf **Fig. 7** die gemessenen Parameter dR = +500 Kilometer und  $\Delta f$  = +65 kHz sind, dann ist die Lösung zweideutig, da sich diese Konturen bei zwei Punkten **702A** und **702B** schneiden. Dieses Problem wird bezeichnet als "Positionszweideutigkeit".

[0115] Als ein weiteres Beispiel ist, wenn die gemessenen Parameter dR = -1000 Kilometer und  $\Delta f$  = +73 kHz sind, die Lösung sehr empfindlich für Fehler, da diese Konturen nahezu tangential sind, wie beim Punkt **702C** gezeigt. Somit wird ein kleiner Fehler in jedem Parameter einen großen Positionsfehler zur

Folge haben. Dieses Problem wird als Singularität der geometrischen Präzisionsauflösung (GDOP = Geometric Dilution of Precision) bezeichnet. Beide dieser Probleme können durch eine Technik abgemildert werden, die als "distanzbasierte Registrierung" bekannt ist, die unten beschrieben wird.

[0116] **Fig. 8** ist ein Flußdiagramm, welches den Betrieb eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung abbildet. Einer oder mehrere Bereichsdifferenzparameter werden wie oben beschrieben und im Schritt **804** gezeigt bestimmt. Einer oder mehrere Bereichsratendifferenzparameter werden wie oben beschrieben und in einem Schritt **108** gezeigt bestimmt. Dann wird die Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf den bekannten Positionen und Geschwindigkeiten der Satelliten und auf den Bereichsdifferenz- und Bereichsratendifferenzparametern bestimmt, wie in einem Schritt **810** gezeigt und unten beschrieben.

## V. Positionsbestimmungsausführung

[0117] Bevor die Positionsbestimmungsausführung im Detail beschrieben wird, ist es nützlich, zuerst eine beispielhafte Umgebung zu beschreiben, in der das Positionsbestimmungsverfahren der vorliegenden Erfindung arbeiten kann. **Fig. 9** ist ein Blockdiagramm, welches eine solche beispielhafte Umgebung veranschaulicht. Die Umgebung ist ein Computersystem **900**, welches einen Teil des Steuerprozessors **220** und/oder des Steuerprozessors **320** bilden kann. Das Computersystem **900** weist einen oder mehrere Prozessoren auf, wie beispielsweise den Prozessor **904**. Der Prozessor **904** ist mit einem Kommunikationsbus **906** verbunden. Verschiedene Ausführungsbeispiele werden bezüglich dieses beispielhaften Computersystems beschrieben. Nachdem man diese Beschreibung gelesen hat, wird es einem Fachmann in der Technik offensichtlich sein, wie das Positionsbestimmungsverfahren der vorliegenden Erfindung unter Verwendung von anderen Computersystemen, Computerarchitekturen, Hardware- bzw. Komponentenzustandsmaschinen, Nachschautabellen usw. und verschiedenen Kombinationen davon einzurichten ist.

[0118] Das Computersystem **900** weist auch einen Hauptspeicher **908** auf, vorzugsweise einen Arbeitsspeicher (RAM = Random Access Memory) und kann auch einen sekundären Speicher **910** aufweisen. Der sekundäre Speicher **910** kann beispielsweise ein Festplattenlaufwerk **912** und/oder ein Laufwerk **914** für einen entfernbaren Speicher aufweisen, dargestellt als Floppy-Disk-Laufwerk, Magnetbandlaufwerk, optisches Laufwerk usw.. Das Laufwerk **914** für einen entfernbaren Speicher liest von einer entfernbaren Speichereinheit **918** oder schreibt auf diese in wohl bekannter Weise. Die entfernbare Speichereinheit **918** stellt eine Floppy-Disk, ein Magnetband,

eine optische Scheibe usw. dar. Wie klar sein wird, weist die entfernbare Speichereinheit **918** ein vom Computer verwendbares Speichermedium mit darauf gespeicherter Computersoftware und/oder Daten auf.

**[0119]** In alternativen Ausführungsbeispielen kann der sekundäre Speicher **910** andere ähnliche Mittel aufweisen, um zu gestatten, daß Computerprogramme oder andere Anweisungen in das Computersystem **900** geladen werden. Solche Mittel können beispielsweise eine entfernbare Speichereinheit **922** und eine Schnittstelle **920** aufweisen. Beispiele können eine Programmkartusche bzw. einen Programmspeicher und eine Kartuschenschnittstelle (Cartridge Interface) aufweisen (wie beispielsweise bei Videospielvorrichtungen zu finden ist) weiter einen entfernbaren Speicherchip (wie beispielsweise ein EPROM oder ein PROM) und einen assoziierten Sockel und andere entfernbare Speichereinheiten **922** und Schnittstellen **920**, die gestatten, daß Programme und Daten von der entfernbaren Speichereinheit **922** zum Computersystem **900** übertragen werden.

**[0120]** Das Computersystem **900** kann auch eine Kommunikationsschnittstelle **924** aufweisen. Die Kommunikationsschnittstelle **924** gestattet, daß Programme und Daten zwischen dem Computersystem **900** und den externen Vorrichtungen durch einen Kommunikationspfad **926** übertragen werden. Beispiele der Kommunikationsschnittstelle **924** können ein Modem, eine Netzwerkschnittstelle (wie beispielsweise eine Ethernet-Karte), einen Kommunikationsanschluß usw. aufweisen. Software und Daten, die durch die Kommunikationsschnittstelle **924** übertragen werden, liegen in Form von Signalen vor, die elektronische, elektromagnetische, optische oder andere Signale sein können, die von der Kommunikationsschnittstelle **924** durch den Kommunikationspfad **926** aufgenommen werden.

**[0121]** Der Betrieb des Positionsbestimmungsverfahrens der vorliegenden Erfindung wird bezüglich dieser beispielhaften Umgebung beschrieben. Die Beschreibung in dieser Hinsicht ist nur zur Vereinfachung vorgesehen. Es ist nicht beabsichtigt, daß der Betrieb des Positionsbestimmungsverfahrens der vorliegenden Erfindung auf die Anwendung in dieser beispielhaften Umgebung eingeschränkt wird. Tatsächlich wird dem Fachmann nach dem Lesen der folgenden Beschreibung offensichtlich werden, wie das Positionsbestimmungsverfahren der vorliegenden Erfindung in alternativen Umgebungen einzurichten ist.

**[0122]** In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Position des Anwenderterminals **106** bestimmt durch Ausführung des unten beschriebenen Positionsbestimmungsverfahrens auf dem Computersystem **900**. Wie dem Fachmann of-

fensichtlich sein wird, kann das Positionsbestimmungsverfahren durch eine Hardware- bzw. Komponentenzustandsmaschine, durch Nachschautabellen und ähnliches ausgeführt werden, ohne vom Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0123]** Ein  $M \times 1$ -Vektor von Parametern, der mit  $z$  bezeichnet wird, wird aufgebaut, wobei dieser aus den  $M$ -Parametern besteht, die bei der Positionsbestimmung zu verwenden sind. Der Vektor  $z$  kann einen oder mehrere von jedem der oben beschriebenen Parameter aufweisen. Wie es in der Technik wohl bekannt ist, sind die Parameter nicht lineare Funktionen des zweidimensionalen Positionsvektors  $x$  des Anwenderterminals,

$$x = [\text{Breite} \ \text{Länge}]^T \quad (1)$$

wobei der Index "T" die Transponierte einer Matrix oder eines Vektors wie folgt anzeigt:

$$z = h(x) + v \quad (2)$$

wobei der  $M \times 1$ -Vektor  $v$  die Messungsfehler darstellt, und wobei  $h$  die nicht lineare Funktion ist, die die Beziehung zwischen den gemessenen Parametern und der Position des Anwenderterminals **106** beschreibt.  $h$  ist auch eine Funktion der Positionen und Geschwindigkeiten der Satelliten **104A** und **1048**. In einem alternativen Ausführungsbeispiel kann der Positionsvektor  $x$  des Anwenderterminals durch drei kartesische Koordinaten anstatt durch Länge und Breite definiert werden, wie in Gleichung (3) gezeigt.

$$x = [xyz]^T \quad (3)$$

**[0124]** Gemäß des Gauss'schen Verfahrens zur Linearisierung wird eine teilabgeleitete bzw. teilderivative  $M \times K$ -Matrix  $H$  aufgebaut, um nach der Position des Anwenderterminals **106** aufzulösen, wobei  $K$  die Anzahl der unbekannten der Position ist, und wobei das Element  $(m, k)$  die Teilableitung der  $m$ -ten Messung mit Bezug auf den  $k$ -ten Positionsparameter ist, und zwar bestimmt bei einer gegebenen Position  $x$ . Wenn beispielsweise der Positionsvektor die Länge und Breite beschreibt, wie in Gleichung (1) ist  $K = 2$ , und die Elemente in der Spalte mit  $k = 1$  der Matrix  $H$  beschreiben die Teilableitungen mit Bezug auf die Länge des Anwenderterminals **106** und die Elemente in der Spalte  $k = 2$  beschreiben die Teilableitungen mit Bezug auf die Länge des Anwenderterminals **106**. Wenn der Positionsvektor in kartesischen Koordinaten gegeben ist ( $K = 3$ ) beziehen sich die Spalten  $k = (1, 2, 3)$  von  $H$  auf die jeweiligen Koordinaten  $(x, y, z)$ . Wenn kartesische Koordinaten verwendet werden, wird eine zusätzliche Gleichung verwendet, um anzuzeigen, daß die Summe der Quadrate der Koordinaten das Quadrat des Erdradius ist. Die Beziehung zwischen  $x$  und  $H$  wird wie folgt gegeben:

$$H = H(x) = \frac{\partial h}{\partial x}(x) \quad (4)$$

**[0125]** Ein iteratives gewichtetes Verfahren der kleinsten Quadrate wird verwendet, um nach den unbekannten Positionsparametern aufzulösen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist das eingesetzte Verfahren das gewichtete Gauss-Newton-Verfahren, das offenbart wird von H. W. Sorenson in Parameter Estimation – Principles and Problems, New York, Marcel Dekker, 1980. Die iterative Gleichung wird durch folgende Beziehung gegeben:

$$\hat{x}_{i+1} = \hat{x}_i + (\hat{H}^T W \hat{H})^{-1} \hat{H}^T W (z - \hat{z}) \quad (5)$$

wobei  $\hat{x}_i$  und  $\hat{x}_{i+1}$ , die gegenwärtigen bzw. nächsten Positionsabschätzungen sind, und wobei  $W$  eine  $M \times M$ -Gewichtungsmatrix ist. Der Index  $i$  stellt die Iterationszahl dar, wobei  $i = 0$  die erste Iteration darstellt. Matrizen oder Vektoren basierend auf einer Positionsabschätzung werden durch eine Bezeichnung "Λ" angezeigt. Ein Referenzpunkt, wie die letzte bekannte Position des Anwenderterminals **106** wird als eine anfängliche Positionsabschätzung ausgewählt. Wenn keine letzte Position bekannt ist, kann irgend eine Position verwendet werden, wie beispielsweise die Position des Gateway **102**.

$$\hat{H} = H(\hat{x}_i) \quad (6)$$

ist die Teilableitungsmatrix, die bei der gegenwärtigen Positionsabschätzung bestimmt wird, und

$$\hat{z} = h(\hat{x}_i) \quad (7)$$

sind die erwarteten fehlerfreien Parameter, die unter Verwendung der gegenwärtigen Positionsabschätzung bestimmt wurden. Die Iterationen enden, wenn der Unterschied zwischen  $\hat{x}_i$  und  $\hat{x}_{i+1}$ , unter eine vorbestimmte Schwelle fällt. Die Schwelle wird durch die Konstrukteure und/oder Bediener des Systems basierend auf der Genauigkeit des Systems bestimmt, wie dem Fachmann offensichtlich sein wird. Beispielsweise kann die Schwelle auf der Chipgenauigkeit der Messungen und der Chiprate basieren.

**[0126]** Die Elemente der  $M \times M$ -Gewichtungsmatrix  $W$  sehen Mittel vor, um den Einfluß der spezifischen Parameter auf die abgeschätzte Position  $i$  zu betonen, wo es mehr Parameter gibt als unbekannte. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Gewichtungsmatrix  $W$  eine Diagonalmatrix, deren Elemente die relative Genauigkeit widerspiegeln, mit der jeder Parameter bestimmt werden kann. Somit werden die Werte der Elemente basierend auf bekannten Messungsgenauigkeiten des Systems eingestellt, wie dem Fachmann offensichtlich sein dürfte. Daher wird ein Parameter basierend auf einer sehr genauen Messung signifikanter gegeben, als

ein Parameter, der nicht so genau gemessen werden kann. Die Elemente der Gewichtungsmatrix werden auf vorbestimmte Werte initialisiert, können jedoch dynamisch eingestellt werden. Die optimale Genauigkeit wird erhalten, wenn die Gewichtungsmatrix als die inverse (Matrix) der gemessenen Fehlerkovarianzmatrix ausgewählt wird.

**[0127]** Wenn die Messungsfehler gegenseitig unabhängig mit einem Mittel von Null sind und mit folgenden Varianzen:

$$\sigma_m^2, m = 1, 2, \dots, M \quad (8)$$

dann ist  $W$  eine Diagonalmatrix mit den Diagonalelementen  $\sigma_m^2$ .

**[0128]** Bei dieser Auswahl von  $W$  wird die Varianz des  $k$ -ten Elementes des abgeschätzten Positionsvektors  $x$  wie folgt gegeben:

$$\sigma_k^2 = (\hat{H}^T W \hat{H})_{k,k}^{-1}, k:1,2 \quad (9)$$

**[0129]** Schließlich wird der kombinierte theoretische horizontale Positionsfehler in Distanzeinheiten wie folgt gegeben:

$$\sigma_{pos} = R_E \sqrt{\sigma_{k=1}^2 + \sigma_{k=2}^2 \cos^2(lat)} \quad (10)$$

wobei  $R_E$  der Erdradius ist, ( $lat$  = Breite).

**[0130]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel setzt das Positionsbestimmungsverfahren ein glattes Ellipsoidmodell für die Erdoberfläche ein. In einem alternativen Ausführungsbeispiel setzt das Positionsbestimmungsverfahren ein glattes Ellipsoidmodell für die Erdoberfläche ein, wie beispielsweise das Erdmodell WGS-84. Wenn die Werte von  $x$  konvergieren, so daß der Unterschied zwischen  $\hat{x}_i$  und  $\hat{x}_{i+1}$  geringer ist als eine vorbestimmte Schwelle, dann wird ein detailliertes digitales Geländemodell für das geglättete Modell eingesetzt, und die Iterationen fahren fort, bis die Werte von  $x$  konvergieren, so daß der Unterschied zwischen  $\hat{x}_i$  und  $\hat{x}_{i+1}$  geringer ist, als eine zweite vorbestimmte Distanzschwelle. Somit werden irgendwelche Fehler, die durch die Höhe des Anwenderterminals **106** eingeleitet werden, abgemildert. In einem alternativen Ausführungsbeispiel wird das detaillierte digitale Geländemodell nach einer vorbestimmten Anzahl von Iterationen ersetzt. Die Werte der Distanzschwellen und die Anzahl der oben beschriebenen Iterationen werden gemäß verschiedenen Faktoren bestimmt, wie es dem Fachmann offensichtlich sein dürfte.

## VI. Distanzbasierte Registrierung

**[0131]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die vorliegende Erfindung als Teil eines Verfahrens eingesetzt, das als "distanzbasierte Registrie-

rung" bekannt ist, um die Position eines mobilen oder tragbaren Anwenderterminals **106** zu verfolgen. Gemäß dieses Verfahrens bestimmt das Anwenderterminal **106** seine Position passiv wie oben beschrieben in regelmäßigen Intervallen. Wenn das Anwenderterminal **106** bestimmt, daß sich seine Position wesentlich gegenüber der zuletzt aktiv bestimmten Position verändert hat, "registriert" es bei dem Gateway **102**. Ansprechend auf die Registrierung leitet das Gateway **102** die aktive Positionsbestimmung ein. Die Dauer dieser Intervalle und die Größe der Positionsveränderung, die einen Bericht auslösen wird, werden entsprechend verschiedener Faktoren ausgewählt, wie beispielsweise der Geschwindigkeit des Anwenderterminals, der Nähe zu wichtigen Grenzen (wie beispielsweise politischen Grenzen und Grenzen von Servicegebieten bzw. Dienstgebieten, die oben besprochen wurden) usw., wie dem Fachmann offensichtlich sein wird. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel werden diese Faktoren zum Anwenderterminal **106** durch das Gateway **102** heruntergeladen und können modifiziert werden, um eine Steigerung oder Verringerung der Positionsbestimmungsgenauigkeit zu bewirken, wenn sich das Anwenderterminal einer Grenze nähert oder von dieser zurückzieht. In dieser Weise hält das Satellitenkommunikationssystem **100** zeitgerechte und genaue Positionsinformationen für das Anwenderterminal **106** ohne zu erfordern, daß das Anwenderterminal **106** unnötige Übertragungen macht.

**[0132]** Wenn das Anwenderterminal **106** seine Position passiv bestimmt, beginnt es mit seiner zuletzt bestimmten Position als eine Abschätzung seiner gegenwärtigen Position, wie oben beschrieben. Dies wird sich zu einer signifikanten zweideutigen Position auflösen, wird sich jedoch nicht immer zu einer GDOP-Singularität auflösen. Da die Positionsinformationen nicht sofort erforderlich sind, kann das Anwenderterminal **106** einfach für einen kurzen Zeitraum auf die sich schnell verändernde Geometrie der Satelliten **104** warten, um die Messung zu verbessern und zu wiederholen. Dieser Prozeß kann wiederholt werden, bis eine genaue Messung erhalten wird.

**[0133]** [Fig. 10](#) ist ein Flußdiagramm, welches den Betrieb einer distanzbasierten Registrierung gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung beschreibt. Der Prozeß beginnt, wenn die Position eines Anwenderterminals **106** aktiv bestimmt wird, wie in einem Schritt **1002** gezeigt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wo zwei oder mehr Satelliten **104** verfügbar sind, wird die aktive Positionsbestimmung durchgeführt, wie in diesem ebenfalls zu eigenen Patent offenbart: "Unambiguous Position Determination Using Two Low Earth Orbit Satellites" mit der Nummer 6 327 534. Wenn nur ein Satellit **104** verfügbar ist, wird die aktive Positionsbestimmung durchgeführt

wie in dem ebenfalls zu eigenem Patent offenbart: "Position Determination Using One Low Earth Orbit Satellite" mit der Nummer 6 107 959. Wie dem Fachmann offensichtlich sein wird, können andere Verfahren zur aktiven Positionsbestimmung mit der distanzbasierten Registrierung der vorliegenden Erfindung verwendet werden. In einem Schritt **1004** speichert das Anwenderterminal **106** die aktiv bestimmte Position.

**[0134]** Nachdem eine vorbestimmte Zeitperiode vergangen ist, wie in einem Schritt **1006** gezeigt, bestimmt das Anwenderterminal **106** seine Position passiv, wie oben besprochen und im Schritt **1008** gezeigt. Das Anwenderterminal **106** bestimmt dann den erwarteten Positionsfehler  $\sigma_{pos}$  wie oben mit Bezug auf die Gleichung 10 beschrieben, und wie in einem Schritt **1010** gezeigt. Wenn der erwartete Positionsfehler groß ist, wie von der Abzweigung "ja" vom Schritt **1012** angezeigt, wartet das Anwenderterminal **106** auf ein weiteres Intervall, wie in einem Schritt **1006** gezeigt, bevor es wieder passiv seine Position bestimmt.

**[0135]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird bestimmt, ob der erwartete Positionsfehler groß ist, und zwar durch Vergleich von diesem mit einer vorbestimmten Schwelle. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann die Schwelle eingestellt werden, um verschiedene Ableitungsfehler (biss errors) zu kompensieren. Beispielsweise kann die Schwelle so eingestellt sein, daß sie einen Ableitungsfehler kompensiert, der durch die Geschwindigkeit des Anwenderterminals **106** eingeleitet wird.

**[0136]** Wenn jedoch der erwartete Positionsfehler nicht groß ist, wie von der Abzweigung "nein" im Schritt **1012** angezeigt, dann wird die passiv bestimmte Position mit der letzten aktiv bestimmten Position verglichen, wie in einem Schritt **1014** gezeigt. Wenn die Differenz zwischen den verglichenen Positionen groß ist, wie von der Abzweigung "ja" vom Schritt **1016** angezeigt, informiert das Anwenderterminal **106** das Gateway **102**, wie in einem Schritt **1018** gezeigt. Dieser Prozeß ist als "Registrierung" bekannt. Ansprechend darauf initialisiert das Gateway **102** die aktive Positionsbestimmung, wie in einem Schritt **1002** gezeigt.

**[0137]** Wenn jedoch die Differenz zwischen den verglichenen Positionen nicht groß ist, wie von der Abzweigung "nein" vom Schritt **1016** angezeigt, dann wartet das Anwenderterminal **106** auf ein weiteres Intervall, wie in einem Schritt **1006** gezeigt, bevor es wieder passiv seine Position bestimmt.

## VII. Schluß

**[0138]** Während verschiedene Ausführungsbeispiele



le der vorliegenden Erfindung oben beschrieben worden sind, sei bemerkt, daß diese beispielhaft und nicht einschränkend dargestellt worden sind. Es wird dem Fachmann offensichtlich sein, daß verschiedene Veränderungen an der Form und an Details hier vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er in den folgenden Ansprüchen dargelegt wird.

### Patentansprüche

1. Positionsbestimmungssystem für ein Satellitenkommunikationssystem, das Folgendes aufweist: Ein Anwenderterminal (**106**); mindestens zwei Satelliten (**104A**, **104B**) mit bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten; und ein Gateway (**102**) zur Kommunikation mit dem Anwenderterminal durch die Satelliten; gekennzeichnet durch: Bestimmungsmittel (**900**) für Bereichsdifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsdifferenzparameters, der eine Differenz im Bereich der Signale von den Satelliten (**104A**, **104B**) darstellt, wie sie beim Anwenderterminal (**106**) empfangen werden; Bestimmungsmittel (**900**) für Bereichsratendifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsratendifferenzparameters, der eine Differenz der Bereichsraten der Signale von den Satelliten (**104A**, **104B**) darstellt, wie sie beim Anwenderterminal (**106**) empfangen werden; und Positionsbestimmungsmittel (**220**, **240**, **242**) zur Bestimmung der Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf bekannten Positionen und Geschwindigkeiten der Satelliten, des Bereichsdifferenzparameters und des Bereichsratendifferenzparameters.

2. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der Bereichsdifferenzparameter eine Differenz zwischen der Distanz zwischen einem ersten der Satelliten und dem Anwenderterminal und der Distanz zwischen einem zweiten der Satelliten und dem Anwenderterminal darstellt.

3. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der Bereichsdifferenzparameter eine Verzögerungsdifferenz darstellt, wobei das System weiter folgendes aufweist: Verzögerungsdifferenzmessungsmittel (**418**) im Anwenderterminal (**106**) zur Messung einer Verzögerungsdifferenz zwischen einem ersten Signal, das von dem Gateway (**102**) durch einen ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) aufgenommen wurde, und einem zweiten Signal, das von dem Gateway (**102**) durch einen zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) aufgenommen wurde.

4. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 3, das weiter Mittel aufweist, um mindestens eines

der ersten und zweiten Signale bezüglich der Zeit vorzukorrigieren, um Verzögerungen zu kompensieren, die mit der Differenz zwischen (a) der Distanz zwischen dem Gateway (**102**) und dem ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) und (b) der Distanz zwischen dem Gateway (**102**) und dem zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) assoziiert sind.

5. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der Bereichsratendifferenzparameter eine Differenz zwischen (1) einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen einem ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) und dem Anwenderterminal (**106**) und (2) einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen einem zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) und dem Anwenderterminal (**106**) darstellt.

6. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der Bereichsratendifferenzparameter eine Frequenzdifferenz des Systems darstellt, wobei das System weiter Folgendes aufweist: Frequenzdifferenzmessungsmittel (**220**) in dem Anwenderterminal (**106**) zur Messung einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz eines ersten Signals, das von dem Gateway (**102**) durch einen ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) aufgenommen wurde, und einer Frequenz eines zweiten Signals, das von dem Gateway (**102**) durch einen zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) aufgenommen wurde.

7. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 6, das weiter Mittel (**236**) aufweist, um mindestens eines der ersten und zweiten Signale bezüglich der Frequenz vorzukorrigieren, um eine Doppler-Verzögerung zu kompensieren, die durch die Differenz zwischen (a) einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen dem Gateway (**102**) und dem ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) verursacht wurde, und (b) einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen dem Gateway (**102**) und dem zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**).

8. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei das Positionsbestimmungssystem folgendes aufweist:

Mittel (**900**) zur Erzeugung eines  $M \times 1$ -Parametervektors  $z$ , der die Parameter aufweist, wobei  $M$  die Anzahl der bestimmten Parameter ist;

Mittel (**900**) zur Erzeugung eines Positionsvektors  $x$ , der einen anfänglichen Referenzpunkt darstellt;

Mittel (**900**) zur Erzeugung einer Teilableitungsmatrix  $H$ , die Informationen bezüglich der bekannten Positionen und Geschwindigkeiten der Satelliten enthält und eines Erdmodells, welches die Form der Erde beschreibt, wobei die Beziehung zwischen  $x$  und  $H$  wie folgt gegeben wird:

$$H = H(x) = \frac{\partial h}{\partial x}(x)$$

Mittel (**900**) zur Erzeugung einer  $M \times M$ -Gewichtungsmatrix

matrix  $W$  zur Betonung des Einflusses von spezifischen Parametern; und  
Mittel zur Ausführung der iterativen Gleichung:

$$\hat{x}_{i+1} = \hat{x}_i + (\hat{H}^T W \hat{H})^{-1} \hat{H}^T W (z - \hat{z})$$

wobei  $\hat{x}_i$  und  $\hat{x}_{i+1}$  die gegenwärtigen bzw. nächsten Positionsabschätzungen sind, und wobei  $i$  die Zahl der Iterationen darstellt, bis die Differenz von  $\hat{x}_i$  und  $\hat{x}_{i+1}$  unter eine erste vorbestimmte Schwelle fällt.

9. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 8, wobei die Gewichtungsmatrix  $W$  die Inverse der Meßfehlerkovarianzmatrix ist.

10. Verfahren zur Bestimmung der Position eines Anwenderterminals in einem Kommunikationssystem, welches das Anwenderterminal (**106**), mindestens zwei Satelliten (**104A**, **104B**) mit bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten und ein Gateway (**102**) aufweist, um mit dem Anwenderterminal durch Satelliten zu kommunizieren, wobei das Verfahren wie folgt gekennzeichnet wird:

Bestimmung eines Bereichsdifferenzparameters, der eine Differenz des Bereiches von Signalen von den Satelliten (**104A**, **104B**) darstellt, wie beim Anwenderterminal (**106**) aufgenommen;

Bestimmung eines Bereichsratendifferenzparameters, der eine Differenz der Bereichsraten der Signale von den Satelliten (**104A**, **104B**) darstellt, wie beim Anwenderterminal (**106**) empfangen; und

Bestimmung der Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten der Satelliten, der Bereichsdifferenz und der Bereichsratendifferenz.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Bereichsdifferenz eine Differenz zwischen (1) der Distanz zwischen einem ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) und dem Anwenderterminal (**106**) und (2) der Distanz zwischen einem zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) und dem Anwenderterminal (**106**) darstellt.

12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Bereichsdifferenzparameter eine Verzögerungsdifferenz darstellt, und wobei die Bestimmung eines Bereichsratenparameters Folgendes aufweist:

Messung einer Verzögerungsdifferenz zwischen einem ersten Signal, das von dem Gateway (**102**) durch einen ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) aufgenommen wurde, und einem zweiten Signal, das von dem Gateway (**102**) durch einen zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) aufgenommen wurde, am Anwenderterminal (**106**).

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei mindestens eines der ersten und zweiten Signale bezüglich der Zeit vorkorrigiert wird, um Verzögerungen zu

kompensieren, die mit der Differenz zwischen (a) der Distanz zwischen dem Gateway (**102**) und dem ersten der Satelliten (**104A**, **104B**) und (b) der Distanz zwischen dem Gateway (**102**) und dem zweiten der Satelliten (**104A**, **104B**) assoziiert sind.

14. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Bereichsratendifferenzparameter eine Differenz zwischen (1) einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen einem ersten der Satelliten und dem Anwenderterminal und (2) einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen einem zweiten der Satelliten und dem Anwenderterminal darstellt.

15. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Bestimmung der Position des Anwenderterminals weiter Folgendes aufweist:

Übertragung eines ersten Signals von dem Gateway zum Anwenderterminal durch einen ersten der Satelliten und Übertragung eines zweiten Signals von dem Gateway zum Anwenderterminal durch einen zweiten der Satelliten; und

Messung einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ersten Signals und einer Frequenz des zweiten Signals am Anwenderterminal, wobei der erwähnte Bereichsratendifferenzparameter die Frequenz darstellt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei mindestens eines der ersten und zweiten Signale bezüglich der Frequenz vorkorrigiert ist, um die Doppler-Verzögerung zu kompensieren, die durch die Differenz zwischen einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen dem Gateway und dem ersten der Satelliten und einer relativen Radialgeschwindigkeit zwischen dem Gateway und dem zweiten der Satelliten verursacht wird.

17. Anwenderterminal zur Anwendung in einem Kommunikationssystem, das mindestens zwei Satelliten (**104A**, **104B**) mit bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten und ein Gateway (**102**) zur Kommunikation mit den Anwenderterminals (**106**) durch die Satelliten aufweist, wobei das Anwenderterminal Folgendes aufweist:

Bestimmungsmittel (**900**) für Bereichsdifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsdifferenzparameters, der eine Differenz des Bereiches der Signale von den Satelliten (**104A**, **104B**) darstellt, wie sie beim Anwenderterminal (**106**) aufgenommen wurden; und

Bestimmungsmittel (**900**) für Bereichsratendifferenzparameter zur Bestimmung eines Bereichsratendifferenzparameters, der eine Differenz der Bereichsraten von den Signalen von den Satelliten (**104A**, **104B**) darstellt, wie sie beim Anwenderterminal (**106**) empfangen wurden;

wobei die Position des Anwenderterminals auf der Erdoberfläche basierend auf bekannten Positionen und bekannten Geschwindigkeiten der Satelliten,



dem Bereichsdifferenzparameters und dem Bereichsratendifferenzparameters bestimmt werden kann.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

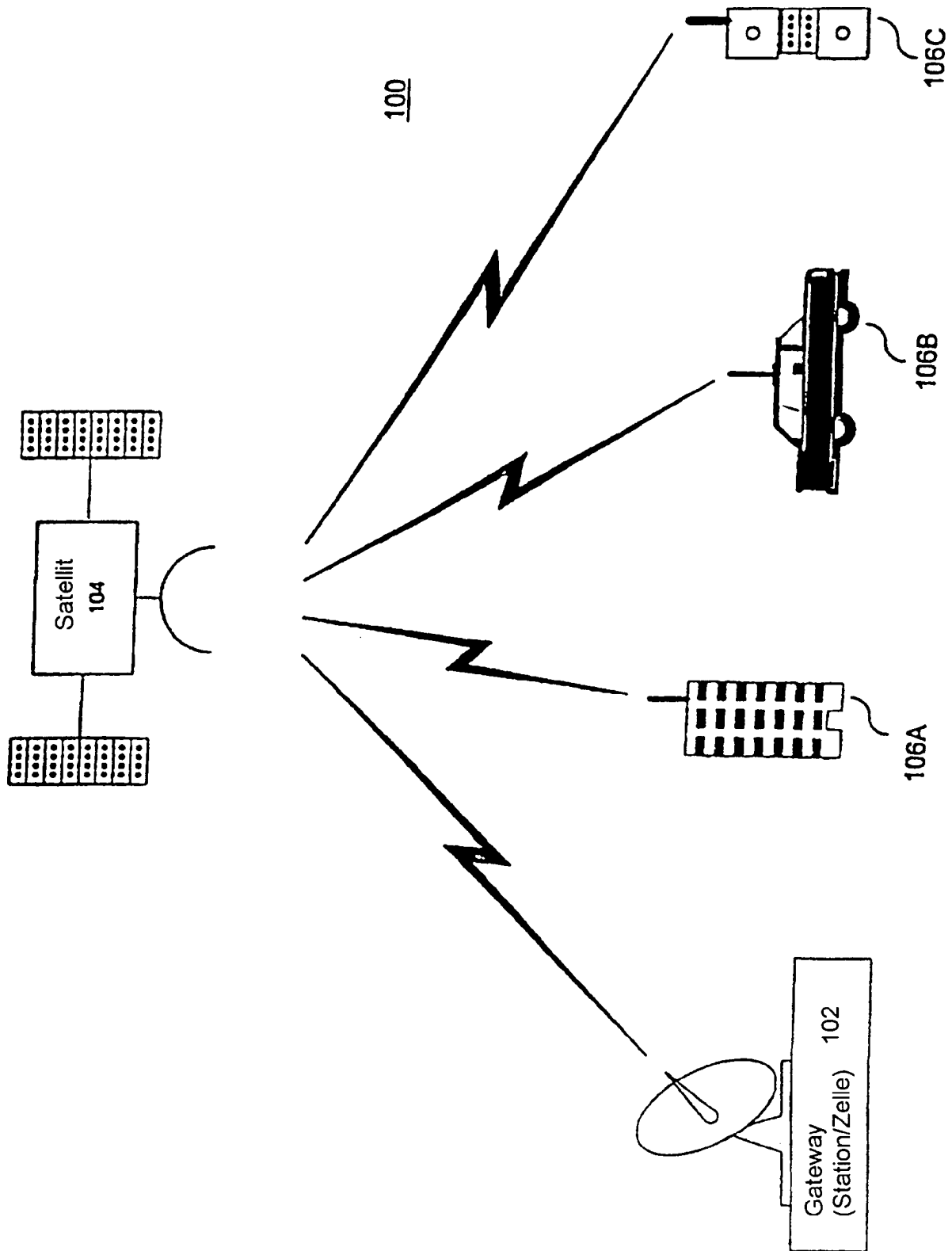


FIG. 1

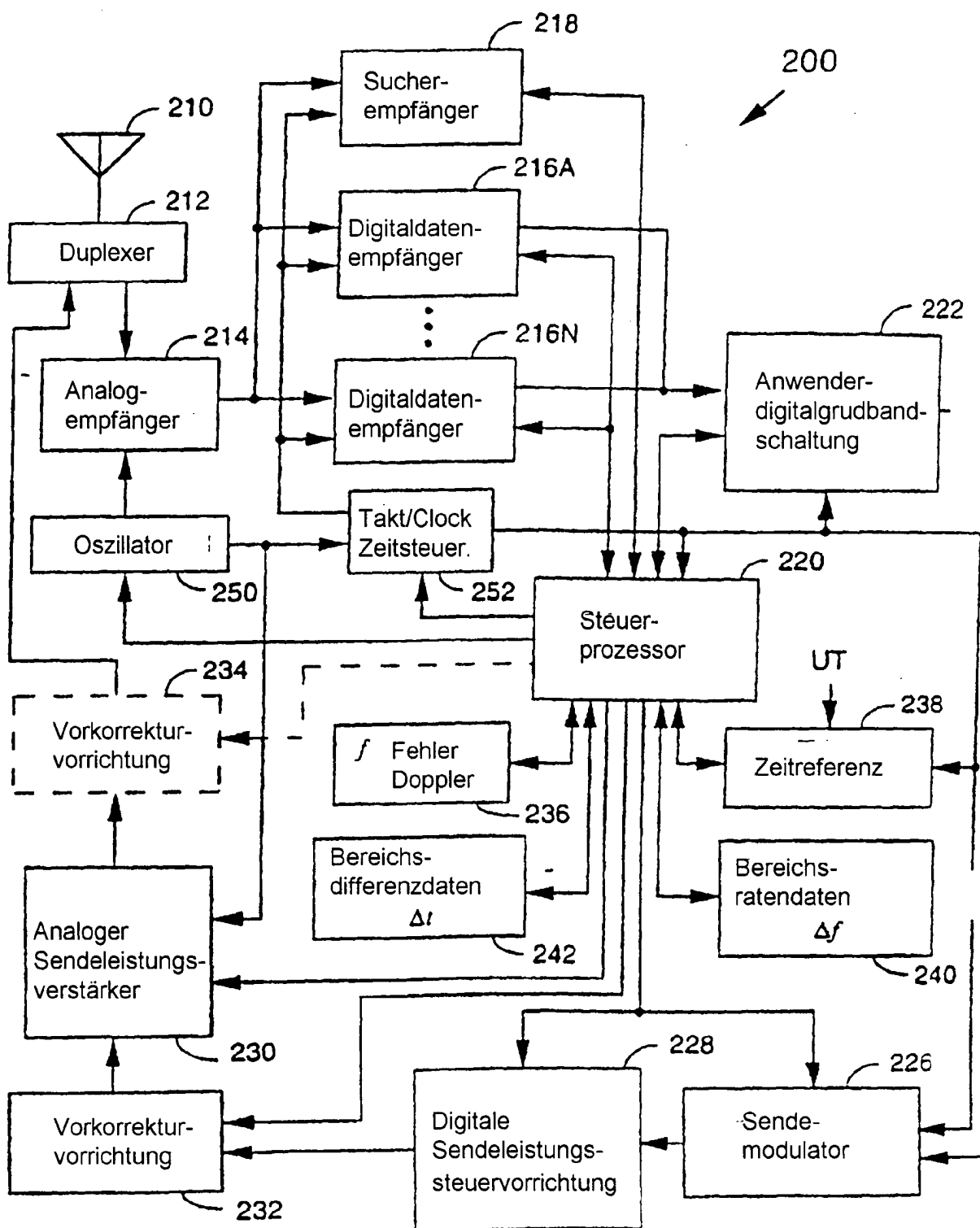


FIG. 2

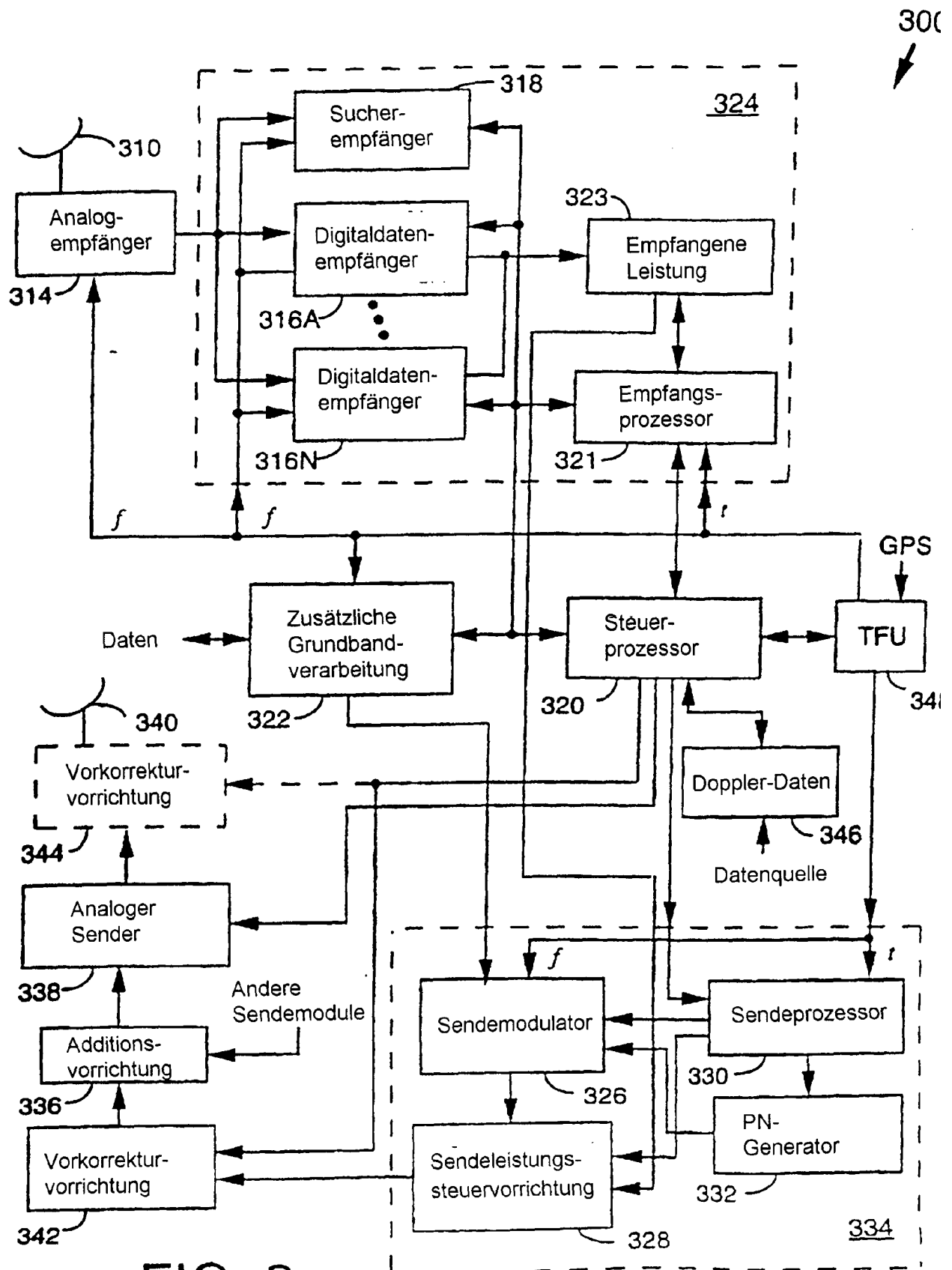


FIG. 3

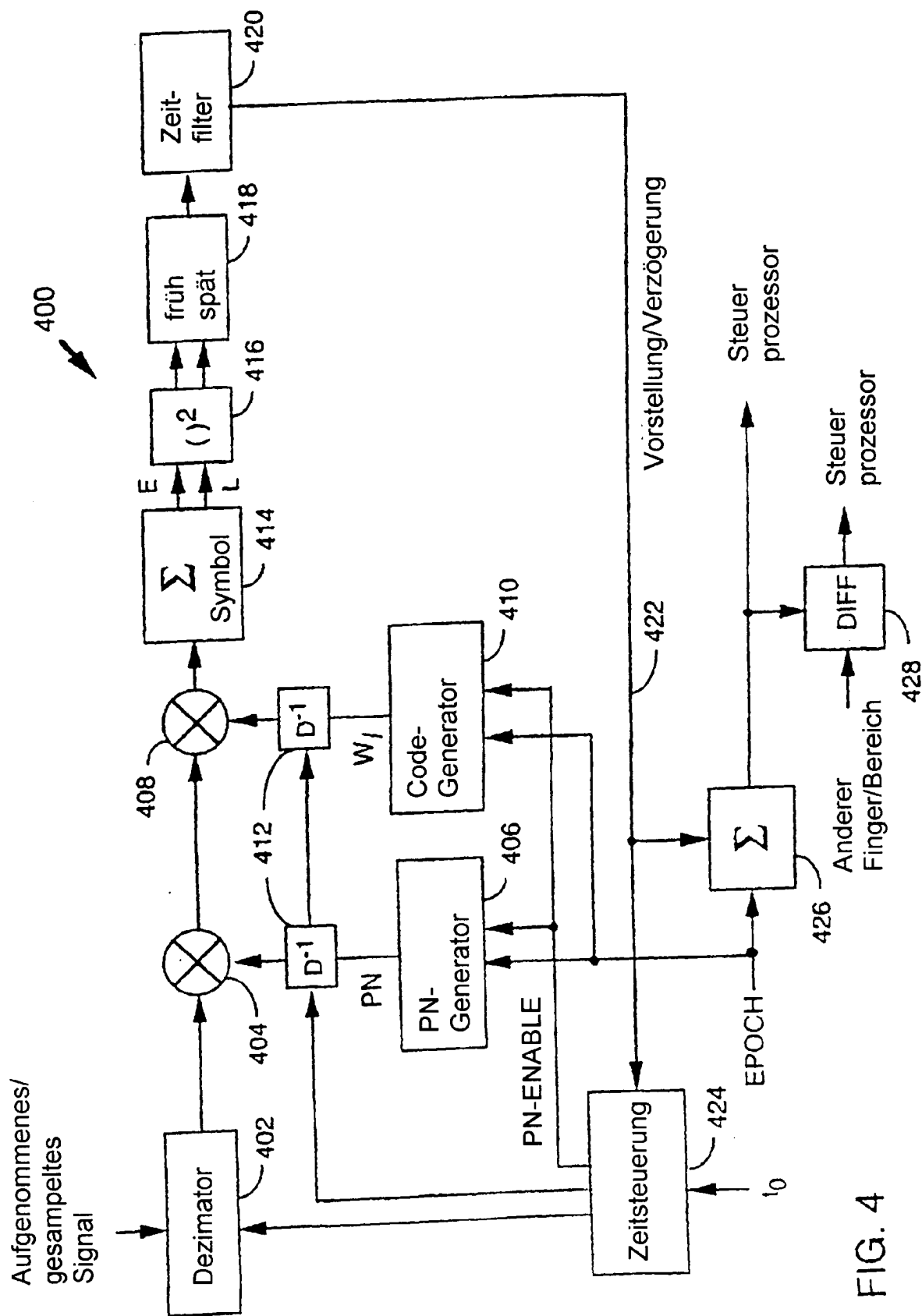


FIG. 4

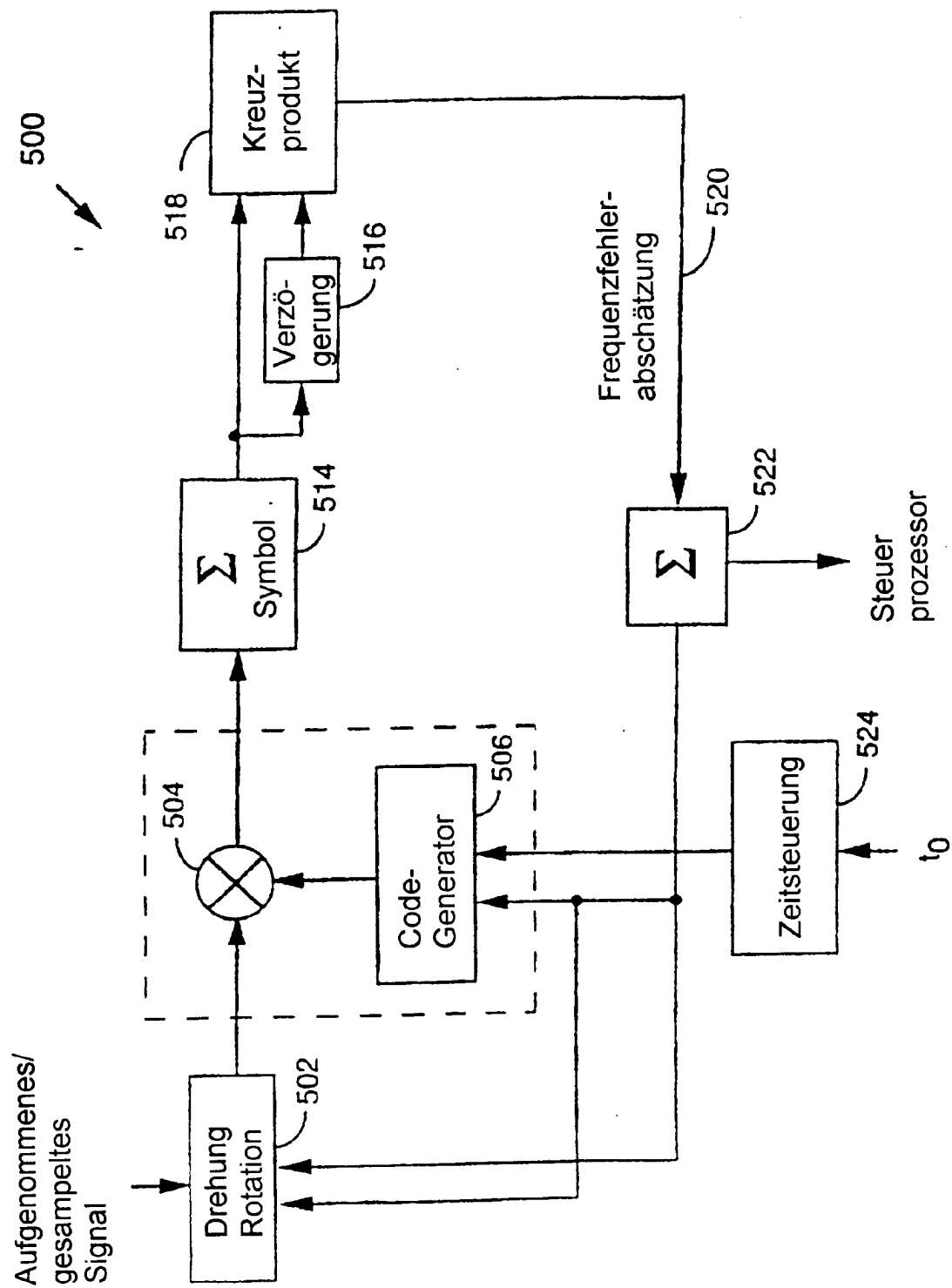


FIG. 5

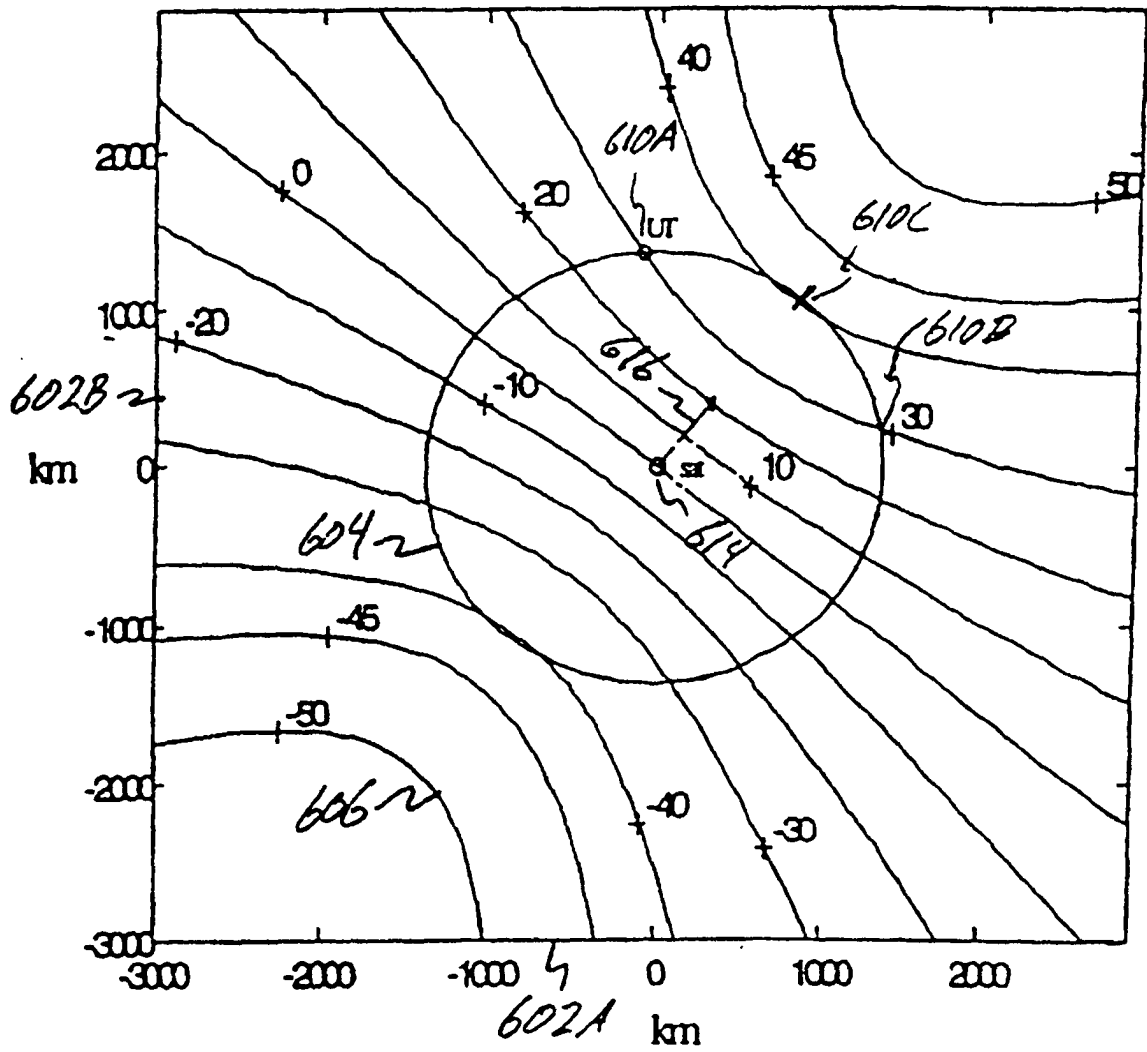


FIG. 6



606  $\Delta f$

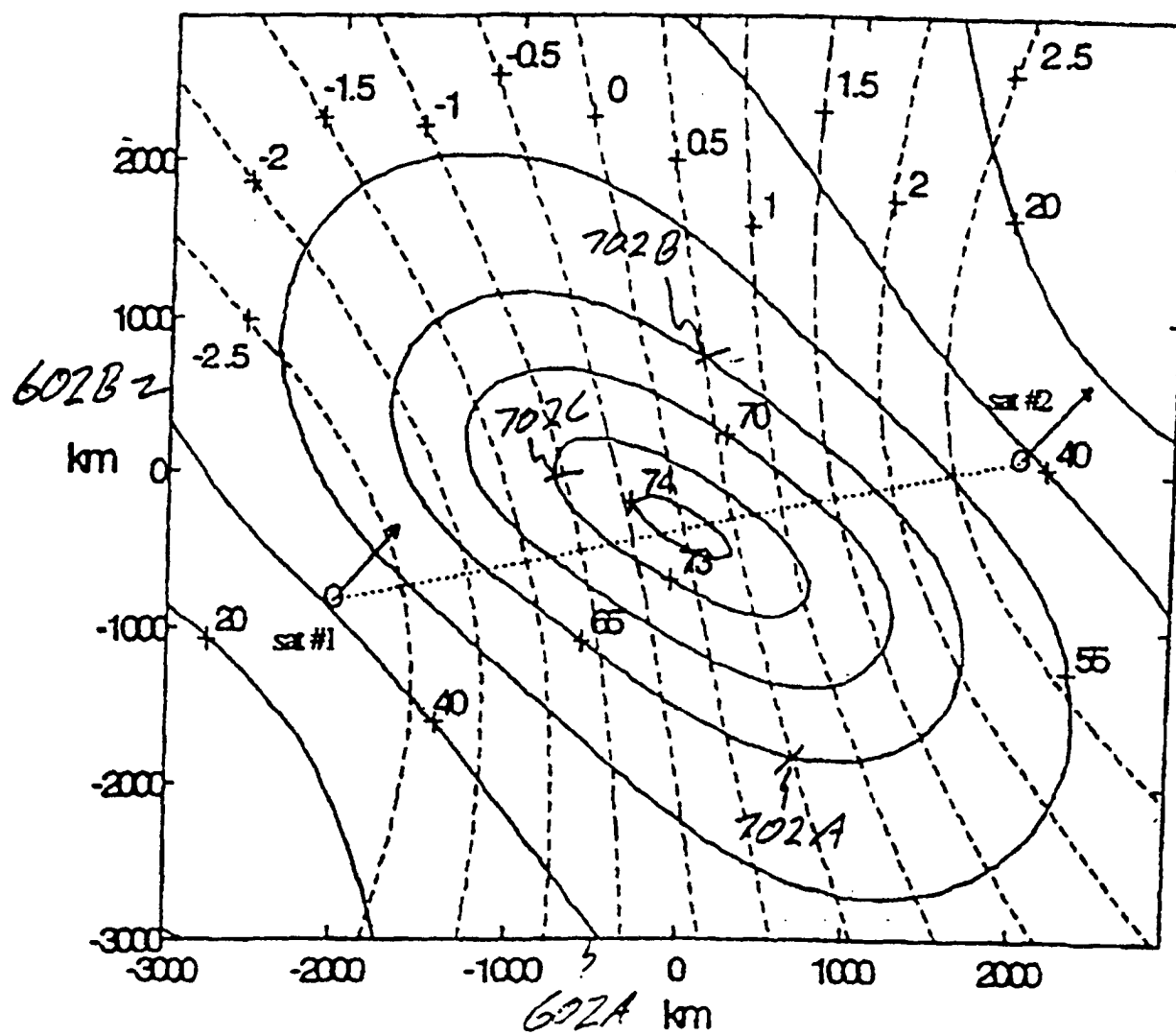


FIG. 7

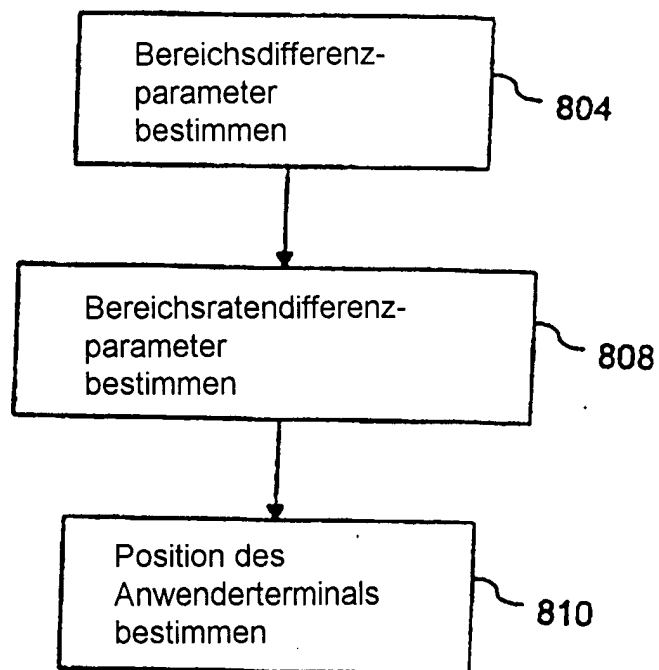
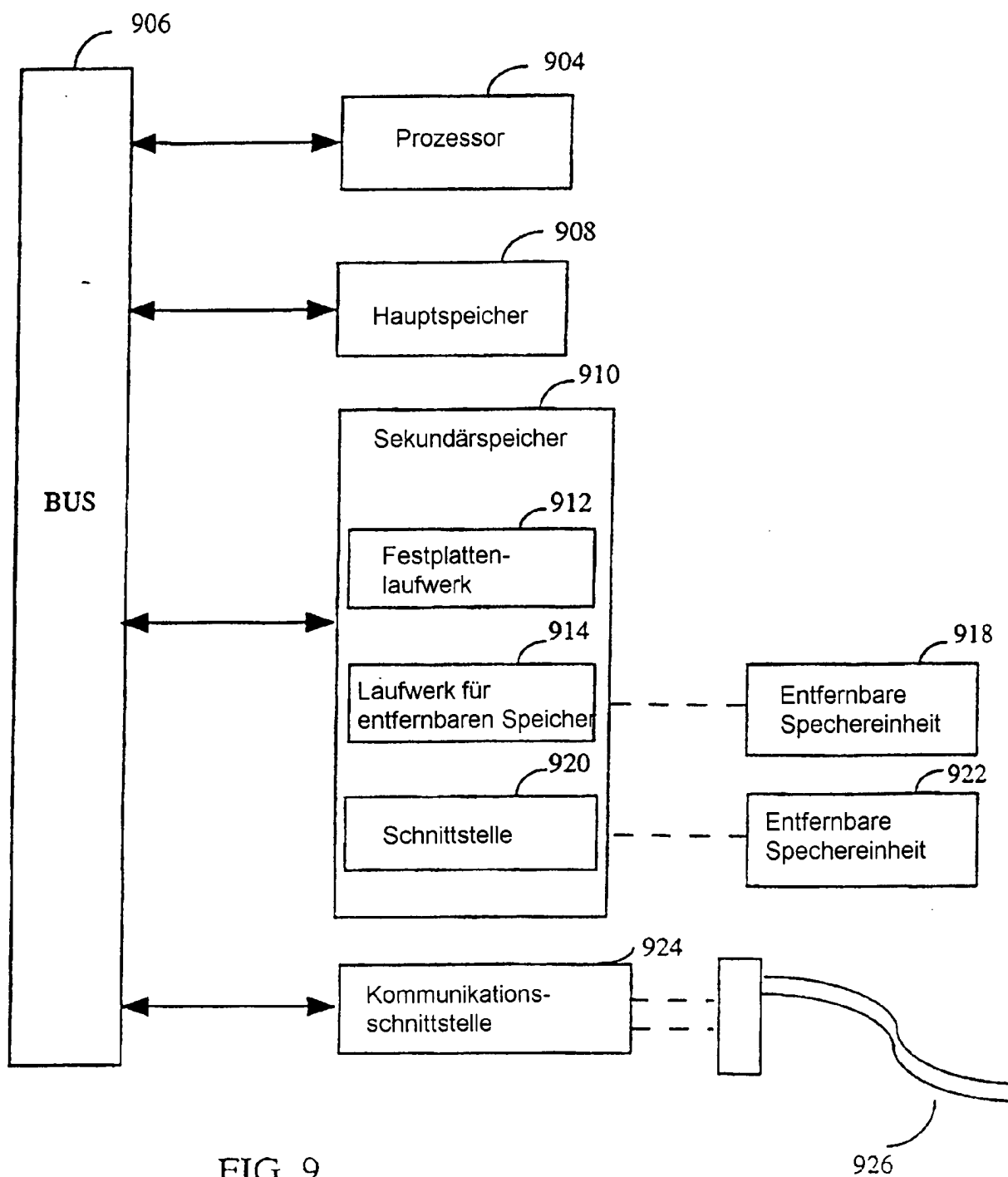


FIG. 8



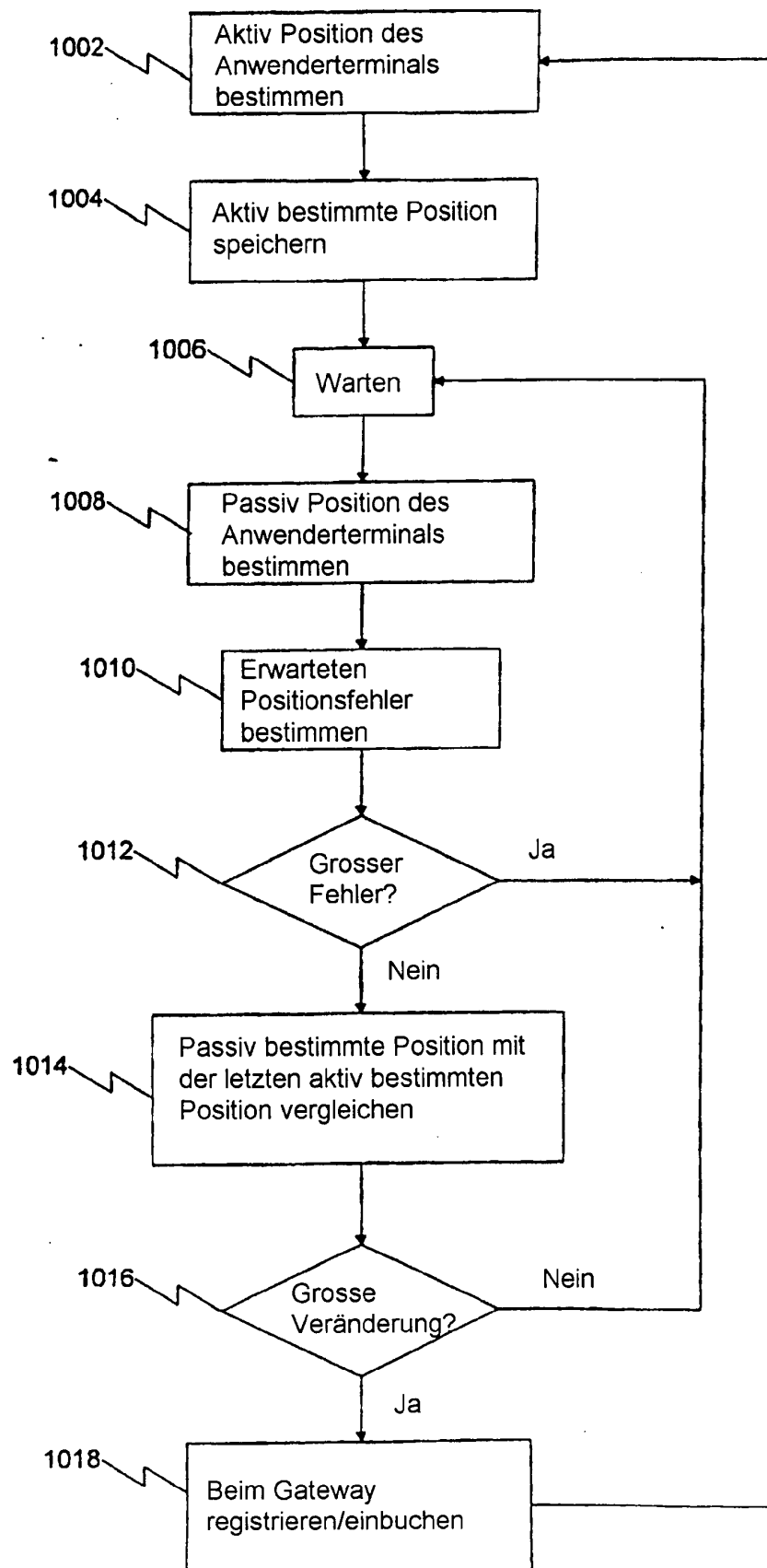


FIG. 10