



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 16 933 T2 2005.12.15

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 206 889 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 16 933.2

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/19555

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 953 649.1

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 01/010154

(86) PCT-Anmeldetag: 02.08.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 08.02.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 22.05.2002

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 22.12.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 15.12.2005

(51) Int Cl.⁷: H04Q 7/34

H04N 7/173, G01S 3/50

(30) Unionspriorität:

365702 02.08.1999 US

(73) Patentinhaber:

ITT Mfg. Enterprises, Inc., Wilmington, Del., US

(74) Vertreter:

Verscht, T., Dipl.-Phys.(Univ.), Pat.-Anw., 80797
München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

MCCRADY, D., Dennis, Holmdel, US; DOYLE, J.,
Lawrence, Hazlet, US; FORSTROM, Howard,
Fairlawn, US

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR ORTUNG EINES MOBIL-ENDGERÄTS MITTELS ZEITGER-
BERN VON GERINGER GENAUIGKEIT

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 eingelebt, 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**QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG**

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität aus der US-Patentanmeldung Serien-Nr. 09/365,702, mit dem Titel „Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts unter Verwendung von Uhren niedriger Genauigkeit“, eingereicht am 2. August 1999.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG**Gebiet der Erfindung**

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Positionsierungssystem zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts bzw. Mobilgeräts und insbesondere auf ein System, das eine Zwei-Wege-Übertragung von Spread-Spektrum- bzw. Spreiz-Spektrum-Vermessungs- bzw. Ausbreitungssignalen zwischen dem Mobilkommunikationsgerät und Referenz- bzw. Bezugskommunikationsgeräten mit Uhren bzw. Zeitgebern relativ niedriger Genauigkeit verwendet, um schnell und genau die Position des Mobilkommunikationsgeräts in Anwesenheit von ernster bzw. starker Multipfad- bzw. Vielpfadinterferenz bzw. – störungen zu bestimmen.

Beschreibung der verwandten Technik

[0003] Die Fähigkeit, schnell und genau den physischen Ort eines Mobilkommunikationsgeräts zu bestimmen, wäre in einer Vielzahl von Anwendungen von großem Nutzen. In einem militärischen Zusammenhang ist es wünschenswert, den Ort von Militärpersonal und/oder – ausrüstung während der Koordination von Feldoperationen und Rettungsmissionen, einschließlich von Szenarien, bei denen Signale von herkömmlichen Positionsbestimmungssystemen, wie zum Beispiel Signalen des globalen Positionierungssystems (GPS), nicht verfügbar sein können (z.B. innerhalb eines Gebäudes), zu kennen. Allgemeiner könnten geeignet ausgerüstete Mobilkommunikationsgeräte verwendet werden, die Position von Personal und Ressourcen, die sich sowohl drinnen oder draußen befinden, zu verfolgen, und zwar einschließlich aber nicht beschränkt auf: Polizei, die mit taktischen Operationen beschäftigt ist; Feuerwehrleute, die sich in der Nähe oder innerhalb eines brennenden Gebäudes befinden; medizinisches Personal und Ausrüstung in einer medizinischen Einrichtung oder unterwegs zu einem Notfallschauplatz, einschließlich von Ärzten, Krankenschwestern, Sanitätern und Notarztwagen; und Personal, das in Such- und Rettungsoperationen involviert ist. Ein integriertes Positionsierungskommunikationsgerät würde ebenfalls gestatten, hochwertige Stücke bzw.

[0004] Gegenstände zu verfolgen und zu orten, ein-

schließlich derartiger Gegenstände wie Personalcomputer, Laptop-Computer, tragbare elektronische Geräte, Gepäck, (Akten)taschen, wertvolles Inventar und gestohlene Automobile. In städtischen Umgebungen, in denen herkömmliche Positionsbestimmungssysteme eine größere Schwierigkeit haben, betrieben zu werden, wäre es wünschenswert, zuverlässig Flotten von kommerziellen oder industriellen Fahrzeugen, einschließlich von Lastkraftwagen, Bussen und Mietfahrzeugen zu verfolgen. Das Verfolgen von Leuten, die ein Mobilkommunikationsgerät tragen, ist ebenfalls in einer Anzahl von Zusammenhängen wünschenswert, und zwar einschließlich, aber nicht beschränkt auf: Kinder in einer überfüllten Umgebung, wie zum Beispiel einem Einkaufszentrum, Vergnügungspark oder Touristenattraktion; Ortung von Personal innerhalb eines Gebäudes; und Ortung von Gefangenen in einer Hafteinrichtung.

[0005] Die Fähigkeit, die Position eines Mobilkommunikationsgeräts zu bestimmen, besitzt ebenfalls eine Anwendung beim Orten der Position von zellulären Telefonen bzw. Mobiltelefonen. Anders als bei herkömmlichen landgestützten/drahtverbundenen Telefonen kann die Ortung von herkömmlichen Mobiltelefonen nicht automatisch durch Notrufsysteme (z.B. das 911 System in den Vereinigten Staaten) bestimmt werden, wenn ein Notruf platziert wird. Somit kann keine Assistenz bzw. Hilfestellung vorgesehen werden, falls der Anrufer nicht sprechen kann, um seinen oder ihren Ort zu kommunizieren (z.B. wenn der Anrufer bewusstlos ist, erstickt oder gegen seinen Willen festgehalten wird). Die Fähigkeit, die Position von Mobiltelefonen zu bestimmen, könnte verwendet werden, um den Ort festzulegen, von welchem ein Notruf gemacht wurde. Derartige Information könnte ebenfalls verwendet werden, um beim Zellnetzwerkmanagement zu helfen.

[0006] Natürlichweise, in Fällen, in denen ein Mobilkommunikationsgerät primär verwendet wird, um Sprach- oder Dateninformation zu senden oder zu empfangen, wäre es wünschenswert, Positionsierungsfähigkeiten derart zu inkorporieren, dass das Gerät Positionsierung kommunizieren und ermitteln kann, und zwar zur selben Zeit ohne Unterbrechung der Sprach- oder Datenkommunikation.

[0007] Unter herkömmlichen Techniken, die verwendet werden, um die Position eines Mobilkommunikationsgeräts zu bestimmen, ist der Empfang bei dem Mobilkommunikationsgerät von mehrfachen Zeitsteuerungssignalen, die jeweils von mehrfachen Sendern an verschiedenen bekannten Orten (z.B. Satelliten des globalen Positionierungssystems (GPS) oder landgestützte Sender) gesendet bzw. übertragen werden. Durch Bestimmen des Abstands bzw. der Entfernung bzw. des Bereichs zu jedem Sender aus der Ankunftszeit der Zeitstörungssignale kann das Mobilkommunikationsgerät seine Position

unter Verwendung von Triangulierung berechnen.

[0008] Die Genauigkeit und Operabilität von derartigen Positionsierungstechniken kann in der Anwesenheit von Multipfad- bzw. Vielpfadinterferenzen bzw. -störungen verschlechtert werden, die von einem Signal verursacht werden, das von einem Sender zu dem Empfänger entlang von mehreren unterschiedlichen Pfaden läuft, und zwar einschließlich einem direkten Pfad und mehrfachen längeren Pfaden, über die das Signal von Gegenständen oder anderen signalreflektierenden Medien wegreflektiert wird. Unglücklicherweise kann Vielpfadinterferenz am ernstesten in einigen von gerade den Umgebungen sein, in denen Positionsierungstechniken deren größte Nützlichkeit haben, wie zum Beispiel in städtischen Umgebungen und/oder innerhalb von Gebäuden, da künstliche Strukturen Möglichkeiten für Signale erzeugen, reflektiert zu werden, wodurch Signale veranlasst werden, an dem Empfänger über eine Anzahl von unterschiedlichen Pfaden anzukommen.

[0009] In Positionsierungssystemen wurden Versuche unternommen, die Effekte der Vielpfadinterferenz abzuschwächen. Ein Beispiel eines berichteten Systems, um die Positionsierung in einer Vielpfadumgebung vorzusehen, wird von Peterson et al. in „Spread Spectrum Indoor Geolocation“, Navigation: Journal of The Institute of Navigation, Bd. 45, Nr. 2, Sommer 1998, vorgestellt, was vollständig durch diese Bezugnahme hier inkorporiert ist. In dem darin beschriebenen System (das im Folgenden als das Peterson-System bezeichnet wird) sendet der Sender einer mobilen Funkeinrichtung kontinuierlich eine modulierte, pseudozufällige Rausch-(PRN)-Sequenz, und zwar mit einer Trägerfrequenz von 258,5 MHz und einer Chippingrate von 23,5 MHz. Der Sender wird von einer Batterie versorgt und kann deshalb leicht innerhalb eines Gebäudes transportiert werden. Vier breitbandige Antennen, die auf dem Dach eines Testorts angeordnet sind, empfangen das von der Mobilfunkeinrichtung gesendete Signal. Die Signale werden von den Antennen an vier entsprechende Empfänger über ein Kabel mit niedrigem Verlust gefördert, das sich von dem Dach zu den in einem zentralen Ort angeordneten Empfängern erstreckt. Die Empfänger demodulieren das von der mobilen Funkeinrichtung gesendete Signal unter Verwendung einer Analog-Nach-Digital-(A/D)-Wandler-Leiterplatte bzw. -Board, die innerhalb eines Host-Personalcomputers (PC) angeordnet ist, das das Signal bei 1,7s Intervallen für 5,5 ms abtastet und die Rohdaten verarbeitet, um die Ankunftszeit (TOA) zu bestimmen. Das System verwendet zwei Empfänger-Computer, und zwar jeder mit einem darin befindlichen Dualkanal-A/D-Board. Die Ausgangsgröße von den Empfängerkästen wird in ein Dualkanal-A/D-Board auf zwei Hostcomputern gespeist. Jeder der Hostcomputer verarbeitet das Signal auf jedem Kanal des A/D-Boards, um die TOA für jeden Kanal relativ zu ei-

nem Trigger bzw. Auslöser zu bestimmen, der beiden Kanälen auf dem A/D-Board gemein ist. Der TOA-Algorithmus basiert auf dem Finden der Vorderflanke der Kreuzkorrelationsfunktion der PRN-Sequenz, die an dem Ausgang des Korrelators unter Verwendung von Frequenzbereichstechniken verfügbar ist. Die TOAs werden über ein drahtloses lokales Netzwerk an das RAM-Laufwerk eines dritten Computers, der als der Basiscomputer agiert, übertragen. Aus den TOAs berechnet der Basiscomputer Zeitunterschiede (TDs) und bestimmt die zweidimensionale Position des Senders. Die Position wird dann in Echtzeit auf einen Gebäudeplan gezeichnet.

[0010] Das Peterson-System leidet an einer Anzahl von Unzulänglichkeiten. Der Bereich zwischen der Zielfunkeinrichtung und jeder Referenzfunkeinrichtung wird durch Messen der Zeitdauer, die für ein Signal erforderlich ist, um zwischen den Funkeinrichtungen zu reisen, bestimmt. Diese Information kann nur aus einer Ein-Weg-Kommunikation bestimmt werden, falls die Zielfunkeinrichtung und die Referenzfunkeinrichtungen auf dieselbe Zeitreferenz synchronisiert bleiben. D.h. die sendende Funkeinrichtung ermittelt die Zeit des Sendens des Signals auf der Grundlage ihrer lokalen Uhr und die empfangende Funkeinrichtung bestimmt die Ankunftszeit des Signals auf der Grundlage ihrer lokalen Uhr, die konstant auf dieselbe Zeitreferenz wie die Uhr des Senders synchronisiert sein muss. Die Signalausbreitungszeit kann dann im Wesentlichen durch Subtrahieren der Sendezeit von der Ankunftszeit bestimmt werden.

[0011] Weil das Peterson-System diese Ein-Weg-Messtechnik verwendet, erfordert das System eine Synchronisierung zwischen den Uhren des Senders und der vier Empfänger. Unglücklicherweise kann die präzise Zeitsynchronisation, die erforderlich ist, um die Dauer der Signalausbreitung genau zu messen, keine signifikante Zeitdrift von irgendwelchen lokalen Uhren über die Zeit tolerieren. Folglich müssen alle Uhren des Systems in hohem Maße genau (d.h. von der Größenordnung 0,03 Teile pro Million (ppm)) sein, wodurch die Kosten und Komplexität des Systems erhöht werden.

[0012] Das Erfordernis, in dem Peterson-System die Sender- und Empfängeruhren synchronisiert zu halten, hat weitere Implikationen auf die Genauigkeit der aus den Ein-Weg-Vermessungssignalen gemachten Positionsabschätzungen. Asynchrone Ereignisse treten innerhalb jeder Funkeinrichtung auf, die nicht einfach charakterisiert oder im voraus vorhergesagt werden können. Diese Ereignisse führen Fehler in die Funkeinrichtung bezüglich der Kenntnisse der tatsächlichen Sendezeit und Ankunftszeit ein, wodurch die Genauigkeit der Abstands- bzw. Entfernung- und Positionsabschätzungen verschlechtert wird.

[0013] Da das Petersons Testsystem entwickelt wurde, um die Machbarkeit von einer Geoortung innerhalb von Gebäuden zu demonstrieren, spricht es eine Anzahl von technischen Punkten, die erforderlich sind, um ein kommerziell nützliches System zu konstruieren, nicht an. Zum Beispiel sind die Empfängerantennen fixiert bzw. fest befestigt (immobil) und mit Empfängern an einem entfernten Ort verkabelt. Folglich ist das System nicht an variierende Sendebzw. Übertragungsbedingungen adaptierbar und kann nicht sich für Szenarien einstellen oder kompensieren, bei denen die interessierende Funkeinrichtung nicht mit einem oder mehreren der Referenzempfänger kommunizieren kann. Die Signalverarbeitung und -analyse werden mit Personalcomputern von Standardgröße und weiterer platzaufwendiger experimenteller Ausrüstung durchgeführt. Das System verwendet eine relativ niedrige Chippingrate und bleibt anfällig für Vielpfadinterferenz, was sich auf die Genauigkeit und Operabilität des Systems auswirkt. Ferner ist die durch das System bestimmte Position einer Funkeinrichtung lediglich eine zweidimensionale Position (d.h. in einer horizontalen Ebene).

[0014] Demzufolge verbleibt eine Notwendigkeit für ein kommerziell machbares Positionsierungssystem, das fähig ist, schnell und genau die dreidimensionale Position, und zwar innerhalb und außerhalb von Gebäuden, eines kompakten Mobilkommunikationsgeräts bei Vorhandensein von starker Vielpfadinterferenz zur Verwendung in den zuvor genannten praktischen Anwendungen zu bestimmen.

[0015] Bezuglich des Standes der Technik wird ferner auf das US-Patent 5,912,644 aufmerksam gemacht, aus dem ein Spread-Spektrum-Positionsbestimmungs-, -Vermessungs- und – Kommunikationssystem bekannt ist. Das System besteht aus einer handgehaltenen oder anderweitig mobilen Vorrichtung, die handgetragen oder in Wägen oder Fahrzeugen installiert sein kann, Referenzstationen mit fixierter Position, die überall in der Nähe der interessierenden Betriebsregion verteilt sind, und einer zentralen Referenzstation. Die mobile Vorrichtung umfasst einen Spread-Spektrum-Sendeempfänger, eine Eingabeinheit und eine Ausgabeeinheit.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung schnell, zuverlässig und genau die dreidimensionale Position eines Mobilkommunikationsgeräts in einer Vielzahl von Umgebungen, und zwar einschließlich städtischen Gebieten und innerhalb von Gebäuden, in denen Vielpfadinterferenz groß sein kann, zu bestimmen.

[0017] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, ein kompaktes, handgehaltenes oder portables Mobilkommunikationsgerät vorzusehen, das Po-

sitionsortungsfähigkeiten besitzt, die in einem weiten Feld von Anwendungen nützlich sind, und zwar einschließlich der Ortung und/oder Verfolgen von Leuten und Gegenständen, wie zum Beispiel: Militärpersonal und -ausrüstung, Notfallpersonal und -ausrüstung, wertvolle Gegenstände, Fahrzeuge, Mobiltelefone, Kinder und Gefangene.

[0018] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, die Effekte von Interferenz bzw. Störung, die durch Vielpadsignalausbreitung in einem Positionsierungssystem verursacht werden, zu minimieren, wodurch hochgenaue dreidimensionale Positionsabschätzungen sogar unter starken Vielpfadbedingungen vorgesehen werden.

[0019] Es ist ein noch weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, die Kosten eines Positiondetektionssystems zu reduzieren, indem man die Notwendigkeit für die Synchronisation auf dieselbe Zeitsteuerungsreferenz überall in dem System vermeidet, wodurch die Notwendigkeit für bestimmte teure Komponenten, wie zum Beispiel hochgenaue Uhren, eliminiert wird.

[0020] Es ist ein noch weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, Spread-Spektrum-Chipping-Raten und -Bandbreiten der Spitzentechnologie zu verwenden, um Vielpfadinterferenz zu reduzieren und Positionsmeßgenauigkeit in einem Positionsierungssystem zu verbessern.

[0021] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, Vielpfadinterferenz von Direktpadsignalen zu trennen, um die Ankunftszeit des Direktpadsignals genau zu bestimmen, um Abstand bzw. Entfernung genau zu bestimmen.

[0022] Ein noch weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, Fehler zu minimieren, die durch Verarbeiten von Verzögerungen verursacht werden, die schwierig zu charakterisieren oder genau vorherzusagen sind.

[0023] Ein noch weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein selbstheilendes System vorzusehen, wobei ein Mobilkommunikationsgerät sich adaptiv auf irgendeine Kombination von festen bzw. fixierten Funkeinrichtungen und anderen mobilen Funkeinrichtungen verlassen kann, um seine eigene Position unter variierenden Kommunikationsbedingungen zu bestimmen.

[0024] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Konstruktions- und Herstellungskosten eines positionsortenden Mobilkommunikationsgeräts zu minimieren, indem man viel von der existierenden Hardware- und Softwarefähigkeit eines herkömmlichen Mobilkommunikationsgeräts verwendet.

[0025] Ein noch weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, Positionsierungsfähigkeiten in ein Mobilkommunikationsgerät zu inkorporieren, das verwendet wird, um Sprach- oder Dateninformation derart zu senden oder zu empfangen, dass das Gerät kommunizieren und gleichzeitig seine Position ermitteln bzw. bestimmen kann, und zwar ohne eine Störung bzw. Unterbrechung der Sprach- oder Datenkommunikation.

[0026] Die vorgenannten Ziele werden einzeln und in Kombination erreicht und es ist nicht beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung dahingehend ausgelegt wird, es zu erfordern, zwei oder mehr der Ziele zu kombinieren, es sei denn, es wird durch die hier angefügten Patentansprüche explizit erforderlich gemacht.

[0027] Gemäß der vorliegenden Erfindung sieht ein Positionsierungskommunikationssystem genaue, zuverlässige, dreidimensionale Positionsierung eines handgehaltenen oder tragbaren Spread-Spektrum-Kommunikationsgeräts innerhalb von Millisekunden ohne eine Unterbrechung von Sprach- oder Datenkommunikationen vor. Unter Verwendung von Spread-Spektrum-Wellenformen und -Verarbeitungstechniken ist das System der vorliegenden Erfindung fähig, Positionsierung auf eine Genauigkeit von weniger als einem Meter in einer starken Vielpfadumgebung zu bestimmen.

[0028] Genauer verwendet das System der vorliegenden Erfindung eine Zwei-Wege-, Hin-und-Zurück-Vermessungsnachrichtenschema, bei dem die Ankunftszeit der Vermessungsnachrichten genau bestimmt wird, um genaue Vermessungsabschätzungen zu ergeben, die verwendet werden, um die Position einer Mobilfunkeinrichtung bzw. mobilen Funkeinrichtung über Trilateration zu berechnen. Eine Master- oder Target- bzw. Ziel-Mobilfunkeinrichtung sendet ausgehende Vermessungsnachrichten an mehrere Referenzfunkeinrichtungen, die durch Senden von Antwortvermessungsnachrichten, die den Ort der Referenzfunkeinrichtung und der Nachrichtendurchlaufzeit (d.h. die Zeit zwischen dem Empfang der ausgehenden Vermessungsnachricht und dem Senden der Antwortvermessungsnachricht) anzeigen, antworten bzw. ansprechen. Auf einen Empfang der Antwortvermessungsnachricht hin bestimmt die Masterfunkeinrichtung die Signalausbreitungszeit und daher den Abstand bzw. die Entfernung, indem die Durchlaufzeit und die internen Verarbeitungsverzögerungen von der vergangenen Zeit zwischen dem Senden der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Ankunftszeit der Antwortnachricht subtrahiert werden. Auf diese Weise müssen die einzelnen Funeinrichtungen nicht auf eine gemeinsame Zeitreferenz synchronisiert sein, wodurch die Notwendigkeit für hochgenaue Systemuhren eliminiert wird, die in herkömmlichen zeitsynchronisierten Systemen erfor-

derlich sind. Die kurzen Vermessungsnachrichten können auf eine nicht störende Art mit Sprach- und Datennachrichten durchsetzt sein, um Positionsdetektionsfähigkeiten ohne Störung bzw. Unterbrechung von Sprach- und Datenkommunikationen vorzusehen.

[0029] Um hochgenaue Vermessungsabschätzungen vorzusehen, wird die Ankunftszeit der Vermessungsnachrichten präzise geschätzt. Durch Durchführen einer internen Verzögerungskalibrierung können Fehler, die von schwierig vorherzusagenden internen Sender- und Empfängerverzögerungsvariationen verursacht werden, minimiert werden. Das System verwendet Spread-Spektrum-Chipping-Raten und -Bandbreiten der Spitzentechnologie, um Vielpfadinterferenz zu reduzieren, wobei existierende Hardware und Software ausgenutzt wird, um einen Teil der TOA-Abschätzungsverarbeitung durchzuführen. Vorderflankenkurvenfitten bzw. -anpassen wird verwendet, um genau die Vorderflanke einer Akquisitions- bzw. Erfassungssequenz in der Vermessungsnachricht zu lokalisieren, um weiter den Effekt von Vielpfadinterferenz auf TOA-Abschätzungen zu verringern. Die Stärke bzw. Heftigkeit von Vielpfadinterferenz wird bestimmt, indem man die Impulsbreite der Erfassungssequenz auswertet. Falls es durch starken Vielpfad erforderlich gemacht wird, wird Frequenzdiversität verwendet, um Vielpfadinterferenz bezüglich dem Direktpfadsignal zu orthogonalisieren, wobei eine optimale Trägerfrequenz identifiziert und verwendet wird, um die TOA zu schätzen, um die Bedeutung von Vielpfadinterferenz zu minimieren.

[0030] Ferner ist das System der vorliegenden Erfindung selbstheilend. Anders als herkömmliche Systeme, die eine Kommunikation mit einem bestimmten Satz von ortsfesten Referenzfunkeinrichtungen erfordern, kann das System der vorliegenden Erfindung einen Satz von Referenzfunkeinrichtungen verwenden, der feste und/oder mobile Funkeinrichtungen aufweist, wobei der Satz von Funkeinrichtungen, auf dem man sich verlässt, um den Ort eines Mobilkommunikationsgeräts zu bestimmen, über die Zeit variieren kann, und zwar abhängig von Übertragungsbedingungen und dem Ort des Mobilkommunikationsgeräts. Irgendeine Kombination von festen oder mobilen Funkeinrichtungen mit bekannten Positionen kann als die Referenzfunkeinrichtungen für eine andere mobile Funkeinrichtung in dem System verwendet werden, wodurch eine Adaptierbarkeit unter variierenden Bedingungen vorgesehen wird.

[0031] Die Vermessungs- und Positionsierungs-technik der vorliegenden Erfindung ist in einer breiten Vielzahl von Anwendungen nützlich, einschließlich der Ortung und/oder dem Verfolgen von Leuten und Gegenständen, wie zum Beispiel: Militärpersonal und -ausrüstung, Notfallpersonal und -ausrüstung, wertvolle Gegenstände, Fahrzeuge, Mobiltelefone, Kin-

der und Gefangene.

[0032] Die obigen und noch weitere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden auf ein Studium der folgenden detaillierten Beschreibung eines spezifischen Ausführungsbeispiels davon hin offenbar werden, und zwar besonders, wenn es in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen erfolgt, wobei entsprechende Bezugszeichen in den unterschiedlichen Figuren verwendet werden, um entsprechende Komponenten zu bezeichnen.

[0033] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Mobilkommunikationsgerät gemäß Patentanspruch 1. Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts gemäß Patentanspruch 12. Schließlich bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Positionsierungssystem zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts gemäß Patentanspruch 14.

[0034] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen offenbart.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] [Fig. 1](#) ist eine diagrammatische Ansicht des Betriebsaufbaus bzw. -setups des Positionsierungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0036] [Fig. 2](#) ist ein Nachrichtenzeitsteuerungsdiagramm, das ein modifiziertes CSMA-CA-Protokoll darstellt, das nützlich ist, um Vermessungsnachrichten gemäß einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung auszutauschen.

[0037] [Fig. 3](#) stellt die Struktur einer anfänglichen ausgehenden Vermessungsnachricht dar, die von der Masterfunkeinrichtung gemäß einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gesendet wird.

[0038] [Fig. 4](#) stellt die Zeitsteuerung der durch die Masterfunkeinrichtung und die Referenzfunkeinrichtungen während der Vermessungsnachrichtsequenz gemäß einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung durchgeföhrten internen Verzögerungskalibrierung dar.

[0039] [Fig. 5](#) ist ein funktionales Blockdiagramm, das die interne Verzögerungskalibrierungsverarbeitung darstellt, die von der Masterfunkeinrichtung und den Referenzfunkeinrichtungen gemäß einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung durchgeföhr wird.

[0040] [Fig. 6](#) ist ein funktionales Blockdiagramm, das die Erfassungsverarbeitung darstellt, die verwendet

wird, um die Kommunikationserfassungssequenz der Vermessungsnachrichten gemäß einem beispielhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu detektieren.

[0041] [Fig. 7](#) ist ein funktionales Blockdiagramm, das die Verarbeitung darstellt, die durchgeföhr wird, um die Ankunftszeit einer Vermessungsnachricht zu bestimmen, die eine Evaluierung und Trennung von Vielpfadinterferenz von dem Direktpfadsignal mit sich bringt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0042] Gemäß der vorliegenden Erfindung sieht ein handgehaltenes oder tragbares Spread-Spektrum-Kommunikationsgerät genaue, zuverlässige Positionsierungsinformation innerhalb von Millisekunden ohne Unterbrechung von Sprach- oder Datenkommunikationen vor. Unter Verwendung von Spread-Spektrum-Wellenformen und -Verarbeitungstechniken ist das System der vorliegenden Erfindung fähig, Positionsierung bis zu einer Genauigkeit von weniger als einem Meter in einer starken Vielpadumgebung zu bestimmen. Insbesondere wird ein Zwei-Wege-Ankunftszeit-Nachrichtenschema verwendet, um die zu vorgenannten Ziele zu erreichen, während die Notwendigkeit für hochgenaue Systemuhren, die bei herkömmlichen zeitsynchronisierten Systemen erforderlich sind, eliminiert wird. Durch das Durchführen von interner Verzögerungskalibrierung, Frequenzdiversität und Vorderflankensignalenkurvenfitting kann eine hochgenaue Abschätzung von Vermessungssignalankunftszeit erhalten werden, was die Genauigkeit der Vermessungs- bzw. Abstands- und darauf basierenden Positions berechnungen sicherstellt. Anders als herkömmliche Systeme, die eine Kommunikation mit einem bestimmten Satz von ortsfesten Referenzfunkeinrichtungen erfordern, kann das System der vorliegenden Erfindung einen Satz von Referenzfunkeinrichtungen verwenden, das feste und/oder mobile Funkeinrichtungen aufweist, wobei der Satz von Funkeinrichtungen, auf die man sich verlässt, um den Ort eines Mobilkommunikationsgeräts zu bestimmen, über die Zeit variieren kann, und zwar abhängig von Übertragungs- bzw. Sendebedingungen und dem Ort des Mobilkommunikationsgeräts.

[0043] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) weist ein Positionsierungssystem **10** ein Target- bzw. Ziel- oder „Master“-Mobilkommunikationsgerät oder „Funkeinrichtung“ **12** auf, das mit vier Referenzkommunikationsgeräten **14, 16, 18** und **20** kommuniziert bzw. in Verbindung steht. Wie hier und in den Patentansprüchen verwendet, ist ein Mobilkommunikationsgerät oder mobile Funkeinrichtung irgendein tragbares Gerät, das fähig ist, Kommunikationssignale zu senden und/oder zu empfangen, und zwar einschließlich

aber nicht beschränkt auf: eine handgehaltene oder am Körper befestigte Funkeinrichtung; irgendein Typ von Mobiltelefon (z.B. analogzelluar, digitalzelluar oder satellitengestützt); ein Pager oder Piepser-Gerät; eine Funkeinrichtung, die auf einem landgestützen Fahrzeug oder Luftfahrzeug getragen wird, darin eingebaut oder darin eingebettet bzw. integriert ist; oder irgendein tragbares elektronisches Gerät, das mit drahtlosen Sende- und Empfangsfähigkeiten ausgerüstet ist.

[0044] Jede der Referenzfunkeinrichtungen **14, 16, 18** und **20** kann irgendeine Funkeinrichtung sein, die an einer bekannten Position angeordnet ist, die fähig ist, mit der Masterfunkeinrichtung **12** auf die hier beschriebene Art zu kommunizieren, um Positions- und vermessungsbezogene Information zu befördern. Zum Beispiel kann eine oder mehrere der Referenzfunkeinrichtungen eine funkfeuerartige bzw. hakenartige Funkeinrichtung sein, die an einem bekannten Ort, wie zum Beispiel auf einem Turm oder Gebäude, fest befestigt ist. Eine oder mehrere der Referenzfunkeinrichtungen können ebenfalls eine mobile Funkeinrichtung sein, die fähig ist, ihre Position von anderen Quellen, wie zum Beispiel von einem Empfang von Signalen des globalen Positionierungssystems (GPS) oder davon, dass sie gegenwärtig an einer überwachten bzw. beobachteten Position ist, deren Koordinaten bekannt sind und in die Funkeinrichtung eingegeben werden (die Referenzfunkeinrichtungen sind nicht selbst GPS-Satelliten), zu bestimmen. Schließlich, wie in größerer Einzelheit im Folgenden beschrieben wird, können eine oder mehrere der Referenzfunkeinrichtungen, auf die sich eine besondere Zielfunkeinrichtung verlässt, ein weiteres Mobilkommunikationsgerät sein, das ähnlich oder identisch zu der Masterfunkeinrichtung ist, wobei die Referenzfunkeinrichtung ihre eigene Position gemäß der Technik der vorliegenden Erfindung bestimmt (in diesem Fall funktioniert die „Referenz“-Funkeinrichtung sowohl als eine Referenzfunkeinrichtung für andere Funkeinrichtungen als auch als ihre eigene „Master“-Funkeinrichtung). Die Tatsache, dass jede Referenzfunkeinrichtung potentiell eine mobile Funkeinrichtung sein kann, ist in [Fig. 1](#) durch die Bezeichnung „(MOBIL)“ neben jeder der Referenzfunkeinrichtungen **14, 16, 18** und **20** angezeigt.

[0045] Die Masterfunkeinrichtung **12** kommuniziert mit den vier Referenzfunkeinrichtungen **14, 16, 18** und **20**, um ihren Ort in drei Dimensionen zu bestimmen. Spezifisch weist die Masterfunkeinrichtung **12** und jede der Referenzfunkeinrichtungen **14, 16, 18** und **20** eine Antenne auf, die mit einem Sender und einem Empfänger zum Senden und Empfangen von Vermessungsnachrichten gekoppelt ist. Die Antenne, der Sender und der Empfänger von jeder Funkeinrichtung kann ebenfalls für andere Kommunikationen, wie zum Beispiel Sprach- oder Datennachrichten bzw. -botschaften, verwendet werden. Die An-

kunftszeit (TOA) der zwischen der Master- und den Referenzfunkeinrichtungen gesendeten Vermessungsnachrichten wird verwendet, um den Abstand zu jeder Referenzfunkeinrichtung zu bestimmen, und Trilateration wird dann verwendet, um aus den Abstandsmessungen den Ort der Masterfunkeinrichtung bezüglich der Referenzfunkeinrichtungen zu bestimmen. Jede Referenzfunkeinrichtung muss ihre eigene Position kennen und diese Information an die Masterfunkeinrichtung liefern, um es der Masterfunkeinrichtung zu ermöglichen, ihre Position aus den Vermessungsnachrichten, die mit den Referenzfunkeinrichtungen ausgetauscht werden, zu bestimmen.

[0046] Wichtigerweise verwendet das System der vorliegenden Erfindung ein Zwei-Wege- oder Hin- und Zurück-Vermessungsnachrichtschema, anstelle eines Ein-Weg-TOA-Schemas, wie zum Beispiel diejenigen, die herkömmlicherweise verwendet werden, um Abstände zu schätzen. Wie man aus den Doppelpfeilen in [Fig. 1](#) erkennt, sendet die Masterfunkeinrichtung **12** zu jeder der Referenzfunkeinrichtungen **14, 16, 18** und **20** eine anfängliche ausgehende Vermessungsnachricht und empfängt von jeder Referenzfunkeinrichtung zurück eine Antwortvermessungsnachricht. Zum Beispiel tauscht die Masterfunkeinrichtung **12** sequenziell eine Vermessungsnachricht mit jeder einzelnen Referenzfunkeinrichtung aus, und zwar indem zuerst Vermessungsnachrichten mit der Referenzfunkeinrichtung **14** ausgetauscht werden, dann mit der Referenzfunkeinrichtung **16**, etc.

[0047] Mittels eines nicht beschränkenden Beispiels, um existierende Hardware und Software, die man in bestimmten Funkeinrichtungen findet, auszunützen, kann das Nachrichten(übermittlungs)protokoll, das zur Vermessung verwendet wird, von dem Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance (CSMA-CA) -Protokoll, das von diesen Funkeinrichtungen verwendet wird, abgeleitet werden. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, werden die Request-to-Send (RTS) bzw. Anforderung-zu-Senden- und Clear-to-Send (CTS) (Freigabe-zu-Senden)-Nachrichten des CSMA-CA-Protokolls beibehalten, um eine anfängliche ausgehende Vermessungsnachricht bzw. eine Antwortvermessungsnachricht vorzusehen und die Nachricht-(Message) und Bestätigungs (Acknowledgement) -Pakete des CSMA-CA-Protokolls müssen nicht verwendet werden. Die RTS-Nachricht kann angepasst bzw. adaptiert werden, und zwar zur Verwendung als die anfängliche ausgehende Vermessungsnachricht, die von der Masterfunkeinrichtung zu den Referenzfunkeinrichtungen gesandt wird (bezeichnet als RTS-T in den Figuren) und die CTS-Nachricht kann angepasst bzw. adaptiert werden zur Verwendung als die Antwortvermessungsnachricht, die von jeder der Referenzfunkeinrichtungen zu der Masterfunkeinrichtung gesendet wird (bezeichnet als TOA-Nachr. in den Figuren). Das Format

der Standard-RTS- und CTS-Nachrichten kann modifiziert werden, um das Vermessungsnachrichten(übermittlungs)schema der vorliegenden Erfindung zu unterstützen, wie in größerer Einzelheit im Folgenden erläutert wird. Wie bei Standard-RTS- und -CTS-Nachrichten können die Vermessungsnachrichten der vorliegenden Erfindung mit Sprach- und Datenkommunikationsnachrichten verschränkt bzw. verschachtelt (interleaved) sein, um den Austausch von Vermessungsnachrichten ohne Störung bzw. Unterbrechung von Sprach- und Datenkommunikationen zu gestatten. Selbstverständlich wird verstanden werden, dass das Nachrichtenschema der vorliegenden Erfindung nicht auf irgendein besonderes Protokoll beschränkt ist und irgendeine geeignete Nachrichtenstruktur, die das Senden einer ausgehenden Vermessungsnachricht und einer Antwortvermessungsnachricht gestattet, verwendet werden kann, um die vorliegende Erfindung zu implementieren.

[0048] Unter erneuter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) beginnt die Vermessungsnachrichtsequenz damit, dass die Masterfunkeinrichtung eine anfängliche ausgehende Vermessungsnachricht RTS-T zu einer besonderen Referenzfunkeinrichtung sendet (der Prozess wird mit jeder Referenzfunkeinrichtung in einer Reihenfolge wiederholt). Die Referenzfunkeinrichtung empfängt die RTS-T-Nachricht nach einer Verzögerung, die proportional zu dem Abstand von der Masterfunkeinrichtung ist, und bestimmt die Ankunftszeit der RTS-T-Nachricht. Darauffolgend sendet die Referenzfunkeinrichtung eine Antwortvermessungsnachricht (TOA-Nachr.) an die Masterfunkeinrichtung. Das TOA-Nachrichtenpaket zeigt die Durchlaufzeit bei der Referenzfunkeinrichtung an, d.h. die Zeit zwischen der Ankunft der RTS-T-Nachricht und dem Senden der entsprechenden TOA-Nachricht. Die Masterfunkeinrichtung bestimmt die Ankunftszeit der TOA-Nachricht und leitet den Abstand zu der Referenzfunkeinrichtung aus der Kenntnis der Hin- und Zurück-Verzögerungszeit und der Durchlaufzeit ab.

[0049] Ein Beispiel einer RTS-T-Wellenform **22**, die geeignet ist, um genau die Ankunftszeit der RTS-T-Nachricht zu bestimmen, ist in [Fig. 3](#) gezeigt. Die Wellenform weist einen Erfassungs- bzw. Akquisitionsteil gefolgt von einem Datenteil auf. Der Erfassungsteil der Wellenform beginnt mit einer Kommunikationserfassungssequenz (Komm. Erfassung) **24**, der sechzehn 4 μ s Symbole mit jeweils 128 Chips aufweist. Die Kommunikationserfassungssequenz ist dieselbe wie die Kommunikationserfassungssequenz in einer herkömmlichen RTS-Wellenform des CS-MA-CA-Protokolls. Folglicherweise können existierende Hardware und Software in dem Empfänger der Referenzfunkeinrichtungen des exemplarischen Ausführungsbeispiels verwendet werden, um die Ankunft der RTS-T-Nachricht zu detektieren. Der Erfassungsteil der RTS-T-Nachricht weist ebenfalls eine Ankunftszeit (TOA)-Synchronisationssequenz **26** auf,

die 4096 Chips (128 μ s in Dauer) aufweist. Wie in größerer Einzelheit im Folgenden erläutert wird, wird die TOA-Synchronisationssequenz in Verbindung mit der Kommunikationserfassungssequenz verwendet, um genau die Ankunftszeit zu bestimmen.

[0050] Der Datenteil der RTS-T-Nachricht weist eine Zieladresse **28** (16 Bit, 64 μ s) und weitere Daten (16 Bit, 64 μ s) auf. Das Zieladressfeld wird verwendet, um die Referenzfunkeinrichtung anzuzeigen, an welche die Masterfunkeinrichtung die RTS-T-Nachricht richtet. Das weitere Datenfeld kann Information, wie z. B. die Identifikation der Masterfunkeinrichtung, ein Flag bzw. Statusbit oder Daten, die einen Vermessungsmodus anzeigen, oder Information, die sich auf den Zustand der Vielpfadinterferenz bezieht, aufweisen.

[0051] Die Antwortvermessungsnachricht (TOA-Nachr.), die von jeder Referenzfunkeinrichtung an die Masterfunkeinrichtung gesendet wird, enthält ebenfalls einen Erfassungsteil mit einer Kommunikationserfassungssequenz und einer TOA-Erfassungssequenz. In dem Datenteil der TOA-Nachricht identifiziert die Referenzfunkeinrichtung die Zielmasterfunkeinrichtung und kann ebenfalls sich selbst als die Nachrichtenquelle identifizieren. Die TOA-Nachricht enthält ferner eine Abschätzung der Durchlaufzeit bzw. Wendezeit am fernen Ende, was die Zeitdauer zwischen der Ankunftszeit der RTS-T-Nachricht bei der Referenzfunkeinrichtung und dem Zeitpunkt des Sendens der TOA-Nachricht von der Referenzfunkeinrichtung ist. Die TOA-Nachricht enthält ebenfalls Nachrichteninformation, die den gegenwärtigen Ort der Referenzfunkeinrichtung anzeigt. Diese Information kann aus der Tatsache gewusst werden, dass die Referenzfunkeinrichtung an einem Ort ist, dessen Koordinaten bekannt sind, und zwar von GPS-Signalen, die von der Referenzfunkeinrichtung empfangen und verarbeitet werden, oder durch Verwenden der Technik der vorliegenden Erfindung durch Vermessen von funkfeuerartigen bzw. bakenartigen Funkeinrichtungen oder anderen mobilen Funkeinrichtungen.

[0052] Durch präzise Kenntnis der Zeit des Sendens der ausgehenden Vermessungsnachricht, der Durchlaufzeit am fernen Ende bei der Referenzfunkeinrichtung (geliefert an die Masterfunkeinrichtung in der Antwortvermessungsnachricht), der Ankunftszeit der Antwortvermessungsnachricht und der internen Sende-/Empfangsverarbeitungsverzögerungen, kann die Masterfunkeinrichtung präzise die Zwei-Wege-Signalausbreitungszeit zwischen ihr selbst und jeder Referenzfunkeinrichtung bestimmen. Genauer ist die Zwei-Wege- oder Hin- und Zurück-Ausbreitungszeit (T_{RT}) die Ankunftszeit (TOA) der Antwortnachricht minus der Sendezeit (TT) der ausgehenden Nachricht minus der Dauer der Durchlaufzeit (ΔT_{TA}) und interner Verarbeitungsverzögerungen innerhalb der Masterfunkeinrichtung ΔT_{ID} (die internen Verarbei-

tungsverzögerungen der Referenzfunkseinheit sind in die Durchlaufzeit ΔT_{TA} inkorporiert).

$$T_{RT} = TOA - TT - \Delta T_{TA} - \Delta T_{ID} \quad (1)$$

[0053] Obwohl gesondert in der Gleichung (1) repräsentiert, kann das Berücksichtigen der internen Verarbeitungsverzögerungen als Teil des genauen Bestimmens der Ankunftszeit TOA und der Sendezeit TT angesehen werden; somit kann die Hin-und-Zurück-Signalausbreitungszeit T_{RT} allgemeiner als die Differenz zwischen a) der vergangenen Zeit zwischen der Sendezeit der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Ankunftszeit der Antwortvermessungsnachricht und b) der Durchlaufzeit ΔT_{TA} beschrieben werden.

[0054] Ist einmal die Zwei-Wege-Signalausbreitungszeit bestimmt, kann dann der Abstand leicht als die Geschwindigkeit des Signals durch das Ausbreitungsmedium (z.B. die Geschwindigkeit von Licht durch Luft) multipliziert mit der Ein-Weg-Ausbreitungszeit berechnet werden.

$$\text{Abstand} = (\text{Geschwindigkeit})(T_{RT})/2 \quad (2)$$

[0055] Man beachte, dass die Sendezeit der ausgehenden Vermessungsnachricht (TT) von der Masterfunkseinrichtung in ihrem eigenen Zeitbezugssystem bekannt ist. Ebenso ist die Ankunftszeit (TOA) der Antwortvermessungsnachricht der Masterfunkseinrichtung in ihrem eigenen Zeitbezugssystem bekannt. Die Durchlaufzeit (ΔT_{TA}) ist eine absolute Zeitdauer, und zwar ohne Bezug zu einer bestimmten Zeitsteuerungsreferenz irgendeiner lokalen Uhr. D.h. die Durchlaufzeit wird von der Referenzfunkseinrichtung als die Differenz zwischen der Sendezeit der Antwortnachricht, die von der Referenzfunkseinrichtung gesendet wird, und der Ankunftszeit der ausgehenden Vermessungsnachricht bei der Referenzfunkseinrichtung bestimmt. Während die Ankunftszeit und die Sendezeit bei der Referenzfunkseinrichtung in dem Zeitbezugssystem der lokalen Uhr der Referenzfunkseinrichtung bestimmt werden, ist die resultierende Zeitdifferenz (ΔT_{TA}) unabhängig von dem Referenzzeitbezugssystem der Referenzfunkseinrichtung. Somit kann die Hin-und-Zurück-Ausbreitungszeit (T_{RT}) von der Masterfunkseinrichtung in ihrer eigenen Zeitsteuerungsreferenz, die von ihrer lokalen Uhr gehalten wird, bestimmt werden, und zwar ohne einen Bezug zu oder Synchronisation mit der Zeitsteuerungsreferenz von irgendeiner der Uhren der Referenzfunkseinrichtungen (d.h. Systemsynchronisation ist nicht erforderlich). Im Effekt „startet“ die Masterfunkseinrichtung „eine Stoppuhr“, wenn die ausgehende Vermessungsnachricht übertragen wird, „stoppt die Stoppuhr“, wenn die Antwortvermessungsnachricht ankommt, und subtrahiert dann die Durchlaufzeit und interne Verarbeitungsverzögerungen von der „vergangenen Zeit der Stoppuhr“, um die Dauer der

Hin-und-Zurück-Signalausbreitung zu erhalten.

[0056] Der Zwei-Wege- oder Hin-und-Zurück-Nachrichten(übermittlungs)ansatz eliminiert die Notwendigkeit, die lokalen Uhren der Masterfunkseinrichtung und der Referenzfunkseinrichtungen auf dieselbe Zeitsteuerungsreferenz zu synchronisieren. Folglich können die lokalen Uhren eine relativ niedrige Genauigkeit besitzen, wodurch die Systemkomplexität und – kosten verringert werden. D.h. konventionelle Systeme, die eine Synchronisation der lokalen Uhren aufrechterhalten, benötigen hochgenaue Uhren (z.B. 0,03 ppm) und eine periodische Synchronisationsverarbeitung, um die Uhren daran zu hindern, relativ zueinander über die Zeit zu drifteten bzw. abzuweichen. Im Gegensatz dazu können die Uhren der vorliegenden Erfindung zum Beispiel bis ungefähr 1 ppm genau sein. Wie hier verwendet, bezeichnet der Ausdruck „Uhr(en) mit niedriger Genauigkeit“ eine Uhr, die eine niedrige Genauigkeit relativ zu der Genauigkeit von gegenwärtigen Uhren gemäß Spitzentechnologie, die in zeitsynchronisierten Systemen verwendet werden, besitzen, und speziell eine Genauigkeit in dem Bereich zwischen ungefähr 0,5 ppm und 10 ppm. Während die Uhren der vorliegenden Erfindung eine signifikante Drift über die Zeit erfahren werden, beeinträchtigt dieses Driften nicht die Systemleistungsfähigkeit, weil das System sich nicht auf die Synchronisation der Uhren verlässt. Genauer betrachtet das System der vorliegenden Erfindung die Hin-und-Zurück-Verzögerungszeit von Signalen zwischen dem Master- und Referenzfunkseinrichtungen. Sogar mit Uhren mit relativ niedriger Genauigkeit ist die instantane oder kurzfristige Drift oder Variation, die von der lokalen Uhr der Masterfunkseinrichtung während der kurzen Hin-und-Zurück-Verzögerungszeit erfahren wird, und von den lokalen Uhren der Referenzfunkseinrichtungen während der noch kürzeren Durchlaufzeiten unbedeutend.

[0057] Wie man aus dem vorhergehenden verstehen kann, müssen die Funkeinrichtungen der vorliegenden Erfindung fähig sein, die Sendezeit bzw. den Sendezeitpunkt und die Ankunftszeit bzw. Ankunftszeitpunkt der Vermessungsnachrichten genau zu bestimmen, um genau den Abstand zwischen den Funkeinrichtungen zu messen, und um genau die Position der Masterfunkseinrichtung abzuschätzen. Die vorliegende Erfindung weist eine Anzahl von Techniken auf, um genau die wahre Ankunftszeit und Sendezeit zu bestimmen, und zwar sogar in der Anwesenheit von starker Vielpfadinterferenz, die herkömmlicherweise dazu neigt, die Genauigkeit der Ankunftszeitabschätzung zu verschlechtern.

[0058] Wie zuvor erläutert wurde, treten asynchrone Ereignisse innerhalb jeder Funkeinrichtung auf, die nicht leicht charakterisiert oder im voraus vorhergesagt werden können. Diese Ereignisse führen Fehler in die Funkeinrichtung ein, und zwar bezüglich der

Kenntnis der tatsächlichen Sendezeit und Ankunftszeit, wodurch die Genauigkeit der Abstands- und Positionsabschätzungen verschlechtert wird. Anders ausgedrückt ist die Zeit, die es braucht, damit ein Signal innerhalb jeder Funkeinrichtung verarbeitet werden kann, nicht über die Zeit konstant, und anzunehmen, dass die Verarbeitungsverzögerung einen festen Wert hat, führt eine Ungenauigkeit in die Abschätzungen der Ankunftszeit und der Sendezeit ein.

[0059] Gemäß der vorliegenden Erfindung, um Verarbeitungsverzögerungszeitsteuerungsfehler zu minimieren, die von asynchronischen Ereignissen resultieren, die innerhalb der Signalprozessoren der Funkeinrichtungen auftreten, führt jede Funkeinrichtung eine interne Verzögerungskalibrierung in naher zeitlicher Nähe zu der Sendezeit der Vermessungsnachrichten durch, um genau die tatsächlichen internen Prozessorzeitverzögerungen abzuschätzen, die auftreten, wenn die Vermessungsnachrichten verarbeitet werden.

[0060] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#), initiiert die Masterfunkeinrichtung den TOA-Vermessungsprozess durch Durchführen einer internen Verzögerungskalibrierung unter Verwendung einer Zurückschleifung durch eine Schaltung bzw. Abschwächungsglied **40**, um interne Verzögerungen ($T_{mt} + T_{mr}$) in der Masterfunkeinrichtung zu Korrekturzwecken zu bestimmen. Mehrfache Versuche, zum Beispiel zehn, werden durchgeführt und gemittelt, um die Varianz der Verzögerungsabschätzung zu reduzieren. Die Verzögerung T_{mt} ist die Masterfunkeinrichtungssenderverzögerung. Sie ist die Summe der Verzögerungen durch das Sendemodem (Tx mdm) **42**, wo das Sendesignal implementiert ist, das Sendebasisband-zu-Zwischenfrequenz-(BB-ZF)-Wandlung **44**, und der Sendefunk(einrichtungs)frequenz-(Tx HF)-Analogschaltungsanordnung **46** der Masterfunkeinrichtung. Die Verzögerung T_{mr} ist die Masterfunkeinrichtungsempfängerverzögerung. Sie ist die Summe der Verzögerungen durch die Empfangsfunk(einrichtungs)frequenz-(Rx HF)-Analogschaltungsanordnung **48** der Masterfunkeinrichtung, der ZF-BB-Wandlung **50** und des Empfangsmodems (Rx mdm) **52**, wo die Modulationsverarbeitung auftritt.

[0061] Ist einmal die Verzögerungskalibrierung vollendet, beginnt die Masterfunkeinrichtung die TOA-Vermessungsnachrichtsequenz durch Senden der RTS-T ausgehenden Vermessungsnachricht an die Referenzfunkeinrichtung mit zum Beispiel einem Bitsatz in dem TOA-Datenfeld, das den TOA-Vermessungsmodus anzeigt. Die Referenzfunkeinrichtung empfängt die RTS-T, liest das TOA-Datenbit, führt eine interne Verzögerungskalibrierung unter Verwendung einer Zurückschleifung durch eine Schaltung bzw. Abschwächungsglied **54** durch, um die interne Referenzfunkeinrichtungsverzögerung

($Trt + Trr$) zu bestimmen, fügt eine Kurve, um die Durchlaufzeitverzögerung (wie im folgenden beschrieben) zu verfeinern und bildet die TOA-Nachricht. Die TOA-Nachricht weist Daten, die den Ort der Referenzfunkeinrichtung (z.B. GPS-Ortungsdaten) anzeigen, Ergebnisse der Verzögerungskalibrierung und Durchlaufsverzögerungsverfeinerung aus den Kurvenfitten, auf. Die Verzögerung Trr ist die Referenzfunkeinrichtungsempfängerverzögerung. Sie ist die Summe der Verzögerungen durch die Rx HF Analogschaltungsanordnung **56** der Funkeinrichtung, der ZF-BB-Wandlung **58** und des Rx-Modems **60**, wo die Demodulationsverarbeitung auftritt. Die Verzögerung Trt ist die Referenzfunkeinrichtungssenderverzögerung. Sie ist die Summe der Verzögerungen durch das Tx-Modem **62**, die Sende-BB-ZF-Wandlung **64**, und die Tx HF-Analogschaltungsanordnung **66** der Referenzfunkeinrichtung. Die TOA-Nachricht wird zurück an die Masterfunkeinrichtung gesendet, welche die finale Ein-Weg-TOA, Abstand und Relativposition berechnet.

[0062] Der Wert für die Master- und Referenzfunkfeinrichtungsantennenverzögerung Ta (siehe [Fig. 4](#)) ist eine Konstante, die in die Funkeinrichtungen vorgeladen ist, und mit den Ergebnissen der Verzögerungskalibrierung kombiniert wird, um eine Referenz der TOA für die Antennen/Luft-Schnittstelle zu bilden. Die Verzögerung Ta wird durch Messen der Verzögerung durch eine große Probe von Antennen und Verkabelung, über einen Bereich von Betriebstemperaturen, und Berechnen des Mittelwerts und der Standardabweichung der gemessenen Werte bestimmt. Man beachte, dass Verkabelungsverzögerungen für eine Verkabelung zwischen der Antenne und der Elektronik in Ta eingeschlossen sind.

[0063] Somit wird die interne Verarbeitungsverzögerung der Masterfunkeinrichtung ΔT_{ID} , die man in der Gleichung (1) erkennt, von den Masterfunkeinrichtungssender- und -empfängerverzögerungen T_{mt} und T_{mr} , die aus dem Kalibrierungsprozess und der geschätzten Antennenverzögerung Ta bestimmt wurden, bestimmt. Ähnlich weist die Abschätzung der Dauer der Durchlaufzeit TT die Referenzfunkeinrichtungssender- und -empfängerverzögerungen Trt und Trr auf, die aus dem Kalibrierungsprozess und der geschätzten Antennenverzögerung Ta bestimmt wurden. Die gesamte vergangene Zeit zwischen dem Senden der ausgehenden Vermessungsnachricht und dem Empfang der Antwortvermessungsnachricht, die von der Masterfunkeinrichtung gemessen wird, weist eine Zeit auf, die der Ausbreitung der Nachrichtensignale zugeordnet werden kann, und eine Zeit, die Verarbeitungsverzögerungen innerhalb der Funkeinrichtungen zugeordnet werden kann. Durch genaues Abschätzen und Heraussubtrahieren der Zeit, die Verarbeitungsverzögerungen zugeordnet werden können bzw. zuschreibbar sind, kann die Signalausbreitungszeit (und daher der Abstand) ge-

nauer bestimmt werden.

[0064] Die interne Verzögerungskalibrierung, die in den Funkeinrichtungen der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird, ist einer der Schlüssel, um eine wiederholbare Genauigkeit mit Niedrigauflösungssuhren zu erhalten. Im Wesentlichen, durch Senden von Kalibrierungssignalen durch dieselbe Verarbeitung, die verwendet wird, um darauffolgend die tatsächliche Vermessungsnachricht zu senden, können schwierig zu charakterisierende Verarbeitungsverzögerungsvariationen herauskalibriert werden, um eine genauere Messung zu erhalten. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, kann der Masterfunkeinrichtungskalibrierungsprozess gerade bzw. kurz vor dem Starten der Stoppuhr bzw. des Timers, der die Dauer der Hin-und-Zurück-Nachrichtzeit misst, durchgeführt werden und die Referenzfunkeinrichtungskalibrierung kann während der Durch-Laufzeit bei der Referenzfunkeinrichtung durchgeführt werden. Im Allgemeinen kann die Kalibrierung in den Funkeinrichtungen an irgendeinem Zeitpunkt durchgeführt werden, der kurz vor dem Senden der Vermessungssignale (z.B. innerhalb von Millisekunden) liegt. Zum Beispiel, falls darauffolgende Vermessungsnachrichten zwischen der Master- und Referenzfunkeinrichtung ausgetauscht werden, und zwar unmittelbar nach dem anfänglichen Austausch, muss die Kalibrierung nicht für diese darauffolgenden Nachrichten wiederholt werden (siehe [Fig. 4](#)).

[0065] Ein weiterer Aspekt, um genau den Abstand zwischen der Masterfunkeinrichtung und den Referenzfunkeinrichtungen zu bestimmen, ist die präzise Abschätzung der Ankunftszeit der ausgehenden Vermessungsnachricht bei der Referenzfunkeinrichtung und der Ankunftszeit der Antwortvermessungsnachricht bei der Masterfunkeinrichtung. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Zeitsteuerung bzw. das Timing der Vorderflanke einer Synchronisierungssequenz der Vermessungsnachricht genau dadurch bestimmt, dass man die Vielpfadinterferenz beurteilt und vermeidet, die die Genauigkeit der Ankunftszeitabschätzung verschlechtern kann. Insbesondere wird ein zweistufiges Signalerfassungsschema verwendet, unter Verwendung der Kommunikationserfassungssequenz und der TOA-Synchronisationssequenz der RTS-T und TOA-Nachrichten. Eine Detektion der Kommunikationserfassungssequenz wird verwendet, um die Erfassung der TOA-Synchronisationssequenz auszulösen bzw. zu triggern, in der die Ankunftszeit präzise abgeschätzt wird.

[0066] Ein funktionales Blockdiagramm, das die Erfassung bzw. Akquisition der Kommunikationserfassungssequenz der Spread-Spektrum-RTS-T-Nachricht bei jeder Referenzfunkeinrichtung (und der Erfassung der TOA-Nachrichten bei der Masterfunkeinrichtung) darstellt, ist in [Fig. 6](#) gezeigt. Nach einer

Analog-nach-Digital (A/D)-Wandlung, wird die Kommunikationserfassungssequenz in der Form eines komplexen Spread-Spektrum-Signals verarbeitet, um eine Zeitsynchronisierung für das Modem der Referenzfunkeinrichtung vorzusehen. Speziell verwendet die Erfassungsdetectionsverarbeitung digitales, angepasstes Filtern und Barker-Code-Korrelation, um die gesendete Kommunikationserfassungswellenform zu detektieren und die erforderliche Zeitsteuerungsinformation abzuleiten. Mittels eines Beispiels kann der Kommunikationserfassungsprozessor **70** konfiguriert sein, die folgenden Betriebsanforderungen zu erfüllen: Wahrscheinlichkeit der Detektion = 99,5%, Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms = 10^{-6} , die Detektionszeit wird auf 1/4 eines Chips bestimmt.

[0067] Der Kommunikationserfassungsprozessor **70** weist einen digitalen angepassten Filter (DMF) **72** ($N=128$) auf, der Koeffizienten besitzt, die an die Länge 128 PN-Sequenz angepasst ist, d.h. Chippen von jedem der sechzehn, 4 Sek Komm. Erfassungssymbole. Der DMF **72** entspreizt jedes der Symbole und sieht ein Spitzenansprechverhalten bzw. Spitzenansprechen vor, wenn er mit jedem Symbol ausgerichtet ist. Die PN-Sequenz kann identisch für jedes der sechzehn Segmente sein. Der DMF **72** kann zum Beispiel bei 32 MHz getaktet sein, wodurch sich 128 Koeffizienten für den Inphase (I)-Filterabschnitt und 128 Koeffizienten für den Quadratur (Q)-Filterabschnitt ergeben. Die DMF-Koeffizienten können programmierbar sein.

[0068] Ein Differenz- bzw. Differentialdetektor **74** vergleicht die Phase des empfangenen Signals zwischen zwei aufeinanderfolgenden Symbolintervallen. Genauer weist der Differenzdetektor **74** eine komplexe Verzögerungseinheit **76** auf, die die Ausgangsgröße des DMF **72** um ein Symbolintervall verzögert, ein komplexe Konjugiereinheit **78**, die das komplexe Konjugierte des verzögerten Signals bildet, und einen Komparator **80**, der die Ausgangsgröße des DMF **72** und das verzögerte, komplexe Konjugierte des Ausgangs des DMF **72** empfängt, und die Differenzdetektorausgangsgröße erzeugt. Die Entscheidungsvariable ist proportional zu der Phasendifferenz zwischen diesen zwei komplexen Zahlen, die für BPSK aus dem Realteil der Differenzdetektorausgangsgröße extrahiert werden kann (siehe Block **82**).

[0069] Der Realteil der Differenzdetektorausgangsgröße wird im Quantisierer **84** quantisiert und an einen Symbolsequenzkorrelator **86**, wie z.B. einem Barker-Code-Korrelator, geliefert. Die Ausgangsgröße des Barker-Code-Korrelators wird mit einer Detektionsschwelle **88** verglichen. Falls die Detektionsschwelle überschritten wird, wird eine Kommunikationsdetektion deklariert bzw. festgestellt.

[0070] Die erste Stufe der zweistufigen Signalerfassungsverarbeitung (d.h. Detektion der Kommunikati-

onserfassungssequenz) ist dieselbe wie die Verarbeitung, die verwendet wird, um die Kommunikationserfassungssequenz der herkömmlichen RTS-Nachricht in dem CSMA-CA-Protokoll zu detektieren, wodurch gestattet wird, existierende Hardware und Software zu verwenden. Der Kommunikationserfassungsprozessor **70** behandelt die Kommunikationserfassungssequenz als eine Sequenz von sechzehn 128 Chip-Symbolen und verwendet deshalb einen relativ kurzen angepassten Filter ($N = 128$), was eine bescheidene Menge an Verarbeitung zur Folge hat. Diese bescheidene Verarbeitungslast ist wünschenswert, da der Empfänger diese Verarbeitung kontinuierlich durchführen muss, um die Kommunikationserfassungssequenz (deren Ankunftszeit a priori nicht bekannt ist) zu detektieren.

[0071] Während das Detektionsergebnis des Kommunikationserfassungsprozesses verwendet werden kann, um die TOA der Vermessungsnachricht abzuschätzen (d.h. ein einstufiger TOA-Abschätzprozess), kann eine genauere Abschätzung erhalten werden, indem man ein längeres Symbol mit einem längeren angepassten Filter verarbeitet. Jedoch würde das kontinuierliche Laufen eines längeren angepassten Filters exzessive Verarbeitung erfordern. Demzufolge verwendet das System der vorliegenden Erfindung einen zweistufigen Prozess, wobei die Detektion der Kommunikationserfassungssequenz eine zweite Stufe auslöst bzw. triggert, in welcher ein längeres Erfassungssymbol mit einem längeren angepassten Filter verarbeitet wird (d.h. TOA-Synchronisationsverarbeitung). Diese zusätzliche Verarbeitung ist nur über eine begrenzte Zeitperiode erforderlich, die durch die Detektion der Kommunikationserfassungssequenz identifiziert wird, wodurch exzessive Verarbeitung verhindert wird.

[0072] Der TOA-Abschätzalgorismus gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 7](#) gezeigt. Man beachte, dass die TOA-Verarbeitung in sowohl der Referenzfunkeinrichtung auf einen Empfang der ausgehenden RTS-T-Vermessungsnachricht hin als auch in der Masterfunkeinrichtung auf einen Empfang der Antwort-TOA-Vermessungsnachricht hin auftritt. Während der Detektionsverarbeitung der Kommunikationserfassungssequenz der Vermessungsnachricht (Block **70**) wird die TOA-Synchronisationssequenz im Puffer **90** gepuffert bzw. zwischengespeichert. Die Detektion der Kommunikationserfassungssequenz löst aus, dass der TOA-Prozessor **92** die gepufferte TOA-Synchronisationssequenz verarbeitet. Angepasstes Filtern wird auf die 4096 Chip-TOA-Synchronisationssequenz unter Verwendung eines digitalen angepassten Filters ($N = 4096$) durchgeführt. Nach dem Durchführen einer Betragsfunktion (Block **94**) wird die gefilterte TOA-Synchronisationssequenz auf einen Impulsbreiten-Auswerter bzw. -Evaluator **96** angewendet, der die Stärke der Vielpadinterferenz

zwischen der Masterfunkeinrichtung und der Referenzfunkeinrichtung bei der Frequenz der Vermessungsnachricht bestimmt. Im Wesentlichen wird ein Replikat der vielpadfreien Korrelationsfunktion der TOA-Synchronisationssequenz aus dem angepassten Filter in dem Impulsbreiten-Auswerter **96** gespeichert (d.h. das vielpadfreie Impulsformprofil ist bekannt). Der Impulsbreiten-Auswerter **96** bewegt das Impulsformreplikat durch das Profil des Ausgangs des angepassten Filters **92** und führt einen Fehlerfit nach der Methode der kleinsten Quadrate durch, um einen groben Kurvenfit bzw. – anpassung zwischen der Replikatimpulsform und der Ausgangsgröße des angepassten Filters zu erreichen, um die Zeitsteuerung des Direktpadsignals und darauffolgender Vielpadsignale zu identifizieren (zu der Zeit des Direktpadsignals und des Vielpadsignals wird das angepasste Filterprofil ähnlich dem Replikatprofil sein). Auf diese Weise kann der Impulsbreiten-Auswerter **96** die Trennung in Abhängigkeit von Chips, zwischen dem Direktpadsignal und dem nächsten wesentlichen Vielpadinterferenzsignal, bestimmen.

[0073] Der TOA-Prozessor kann konfiguriert sein, um ein oder mehrere Niveaus von TOA-Genauigkeit vorzusehen. In dem in [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ist der TOA-Prozessor fähig, zwei auswählbare Niveaus von Genauigkeit vorzusehen; eine Ein-Meter-Genauigkeit und eine Drei-Meter-Genauigkeit (die Genauigkeit bezieht sich auf die resultierende Abstandsabschätzung). Die gewünschte Genauigkeit-Betriebsart bzw. -Modus kann von der Masterfunkeinrichtung oder von einem Systemcontroller eingestellt werden und kann an die Referenzfunkeinrichtung in der anfänglichen RTS-T-Nachricht oder einer anderen vorhergehenden Nachricht gefördert bzw. geliefert werden.

[0074] Falls der Impulsbreiten-Auswerter bestimmt, dass die Vielpadinterferenz von dem Direktpadsignal um mehr als eine vorbestimmte Anzahl von Chipbreiten getrennt ist, wird die Vielpadinterferenz als nicht wesentlich für die Beeinflussung der TOA-Abschätzung klassifiziert. In dem beispielhaften Ausführungsbeispiel, das in [Fig. 7](#) gezeigt ist, falls die Vielpadinterferenz von dem Direktpadsignal um mehr als drei Chipbreiten getrennt ist, wird die Vielpadinterferenz als unwesentlich angesehen. Optional können mehr als eine Chipbreitenschwelle verwendet werden, um eine verfeinerte Abschätzung der Stärke der Vielpadinterferenz vorzusehen.

[0075] Wenn die Vielpadinterferenz von dem Impulsbreiten-Auswerter **96** als unwesentlich beurteilt wird, wird die TOA-Abschätzung über einen Kurvenfitalgorismus unter Verwendung der Vorderflankenproben bzw. -samples plus zwei (Abtast-)Proben nach der Spitze erhalten. Proben nach der Spitze können verwendet werden, weil der Vielpad sie in diesem Fall nicht verfälschen wird. Eine hochgenaue

TOA-Messung (z.B. eine Genauigkeit von einem Meter) wird in diesem Fall erhalten, und zwar unabhängig von der ausgewählten Genauigkeitsbetriebsart.

[0076] Die resultierende TOA-Messung wird auf die zuvor genannte Art verarbeitet, um genau den Abstand zwischen der Masterfunkeinrichtung und der Referenzfunkeinrichtung zu bestimmen (d.h. bei der Referenzfunkeinrichtung wird die TOA-Abschätzung verwendet, um genau die Durchlaufzeit zu bestimmen, und bei der Masterfunkeinrichtung, wird die TOA-Abschätzung verwendet, um genau die Hin- und Zurück-Ausbreitungszeit zu bestimmen). Die resultierende Abstandsabschätzung, zusammen mit der TOA-Genauigkeitsabschätzung (z.B. ein Meter oder drei Meter), wird an eine Navigations-Kalmanfilter (nicht gezeigt) geliefert, der die Ortungslösung der Masterfunkeinrichtung verfolgt.

[0077] Gemäß dem beispielhaften, in [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsbeispiel, falls der Impulsbreiten-Auswerter **96** bestimmt, dass die Trennung zwischen dem Direktpfadsignal und dem nächsten Vielpfadsignal weniger als eine vorbestimmte Anzahl von Chipbreiten ist (z.B. drei) wird die Vielpfadinterferenz als wesentlich klassifiziert. Im diesem Fall unterscheidet sich die Verarbeitung, und zwar abhängig, ob eine hochgenaue (z.B. ein Meter) TOA-Betriebsart bzw. -Modus oder eine TOA-Betriebsart bzw. -Modus mit niedrigerer Genauigkeit (z.B. drei Meter) ausgewählt wurde. Falls eine Betriebsart niedrigerer Genauigkeit (z.B. drei Meter) ausgewählt wurde, wird ein Vorderflankenkurvenfit **100** implementiert, um die TOA abzuschätzen. Man beachte, dass in diesem Fall Proben bzw. Samples nach der Spitze bzw. dem Peak nicht verwendet werden, da die Vielpfadinterferenz wahrscheinlich diese Proben verfälschen würde. Zusätzlich zu dem Berichten der niedrigeren Genauigkeit der TOA-Abschätzung an den Kalmanfilter, wird eine Vielpfadwarnung an den Kalmanfilter weitergeleitet, um den zugehörigen Filtergain bzw. -verstärkung zu verringern.

[0078] Andererseits, falls die Vielpfadinterferenz als wesentlich klassifiziert wird und die hochgenaue (z.B. ein Meter) Betriebsart ausgewählt wurde, implementiert der TOA-Prozessor einen Prozess, welcher Frequenzdiversität verwendet, um eine optimale Sende- bzw. Übertragungsfrequenz zu identifizieren, welche die Vielpfadinterferenz minimiert. Man beachte, dass die Fähigkeit, zu deklarieren bzw. zu erklären, dass eine Frequenzdiversitätsverarbeitung ausgeführt wird, in einer oder von beiden der Referenzfunkeinrichtung (auf eine Verarbeitung der ausgehenden RTS-T-Vermessungsnachricht hin) und der Masterfunkeinrichtung (auf eine Verarbeitung der Antwort-TOA-Vermessungsnachricht hin) liegen kann.

[0079] Wenn man den Fall betrachtet, in dem die Masterfunkeinrichtung konfiguriert ist, um die Not-

wendigkeit für Frequenzdiversität zu erklären, identifiziert die Masterfunkeinrichtung den Satz von M Trägerfrequenzen, der verwendet wird, um eine Sequenz von M ausgehenden Vermessungsnachrichten und M entsprechenden Antwortvermessungsnachrichten zu senden (Block **102**). Falls die Referenzfunkeinrichtung konfiguriert ist, um die Notwendigkeit für Frequenzdiversitätsverarbeitung zu erklären, kann sie die Masterfunkeinrichtung in der Antwort-TOA-Vermessungsnachricht von der Notwendigkeit, diesen Prozess zu initiieren, notifizieren. Diese Frequenzen bezeichnet man „Ping“-Frequenzen, da eine schnelle Aufeinanderfolge von M unterschiedlichen Frequenzsignalen oder mehrfache „Pings“ zwischen den Funkeinrichtungen zur Suche einer optimalen Frequenz übertragen bzw. gesendet werden. Unter Verwendung der Impulsbreiteninformation werden die Anzahl der Pings und die Pingfrequenzen bestimmt und die Steuerinformation wird an das HF-Teilsystem der Masterfunkeinrichtung übertragen. Unterschiedliche Frequenzen erzeugen unterschiedliche Trägerphasen beim Vielpfad. Die Vermessungsleistungsfähigkeit ist am besten, wenn die Trägerphase des Vielpfads 90° bezüglich dem direkten Pfad ist. Falls diese Orthogonalitätsbedingung erfüllt ist, sind der Direktpfad und der Vielpfad derart getrennt, dass der Direktpfad präziser mit minimalen Effekten für den Vielpfad kurvengefittet werden kann.

[0080] Die Auswahl der Anzahl M von Pingfrequenzen und die einzelnen Pingträgerfrequenzen können auf irgendeine Anzahl von Arten bestimmt werden. Zum Beispiel kann eine feste Anzahl von Trägerfrequenzen (z.B. $M = 8$, einschließlich der ersten bereits übertragenen Frequenz) bei dem bzw. als Satz von Frequenzen, der einen vorbestimmten Frequenzbereich abdeckt, verwendet werden (z.B. Trägerfrequenzen bei 2 MHz-Inkrementen, die einen 15 MHz Bereich abdecken). Alternativ kann die Anzahl von Versuchen/Frequenzen von 1 bis M ausgewählt werden, und zwar abhängig von der Stärke des Vielpfads. Allgemeiner können die Pingfrequenzen berechnet werden oder vorbestimmt werden, um effektiv die Inphase- und Quadratur-Proben bzw. -Samples bei dem Ausgang des DMF durch die Trägerphase in 15° -Inkrementen (oder anderen Inkrementen) zu drehen, um die Frequenz zu finden, die am besten die Phase der Vielpfadinterferenz bezüglich dem Direktpfadsignal orthogonalisiert.

[0081] Ist einmal die Anzahl M der Vermessungsnachrichtaustausche und sind die Pingfrequenzen bestimmt oder ausgewählt, werden die nächsten $M-1$ TRS-T/TOA Nachrichtaustausche übertragen, und zwar unter Verwendung von unterschiedlichen Trägerfrequenzen für jeden Austausch. Diese darauffolgenden $M-1$ RTS/TOA-Nachrichtaustausche können gekürzte Pakete verwenden, die den Erfassungsteil und Funkeinrichtungsidentifikationsnummern (bezeichnet mit einem „S“-Suffix auf den TOA-Nachrich-

ten in [Fig. 4](#)) aufweisen. Verzögerungskalibrierungen und GPS-Daten sind aufgrund der schnellen Rate, bei welcher diese Pakete ausgetauscht werden, nicht erforderlich.

[0082] Unter erneuter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) verarbeitet der TOA-Prozessor die Kommunikationserfassungssequenz und die TOA-Synchronisationssequenz von jeder der M Vermessungsnachrichten auf dieselbe Art wie die anfängliche Vermessungsnachricht. Spezifisch, auf eine Detektion der Kommunikationserfassungssequenz hin, wird die TOA-Synchronisationssequenz angepasst gefiltert (wobei die Trägerfrequenz berücksichtigt wird), der Betrag wird bestimmt und das resultierende Signal wird durch einen Impulsbreiten-Auswerter ausgewertet, um die Nähe der Vielpfadinterferenz zu dem Direktpfadsignal zu bestimmen (siehe Blöcke **104**, **106** und **108**). Die Ergebnisse der Impulsbreiten-Auswertung von jeder der M Vermessungsnachrichten und die Ausgangsgröße des angepassten Filters werden in einem Puffer **110** gespeichert. Auf eine Vollendung der M Versuche hin, wird die Frequenz, die die beste Vielpfaddiskriminierung besitzt, identifiziert (Block **112**), und ein Vorderflankenkurvenfit **114** wird auf die Ausgangsgröße des entsprechenden angepassten Filters durchgeführt, um die TOA abzuschätzen. Spezifisch werden die Daten abgesucht, um die Frequenz zu finden, bei der eine optimale Impulsbreite bei der Trägerphase mit der kürzesten Pfadverzögerung auftritt. Die resultierende TOA-Messung wird auf die zuvor genannte Art verarbeitet, um genau den Abstand zwischen der Masterfunkeinrichtung und der Referenzfunkeinrichtung zu bestimmen, und die Abstandsabschätzung und die TOA-Genauigkeitsabschätzung werden an den Navigations-Kalmanfilter geliefert, um die Position der Masterfunkeinrichtung zu aktualisieren.

[0083] Man beachte, dass die TOA-Synchronisationssequenz nicht streng von dem System der vorliegenden Erfindung gefordert wird; der Empfänger kann direkt die Kommunikationserfassungssequenz, um Vielpfadinterferenz auszuwerten, und einen Kurvenfit, um die Vorderflanke des Signals zu bestimmen, verwenden. Zum Beispiel kann die Kommunikationserfassungssequenz kontinuierlich gepuffert bzw. zwischengespeichert werden und auf eine Detektion hin, kann ein längerer angepasster Filter ($N=2048$), der die Kommunikationserfassungssequenz als ein langes Symbol behandelt, verwendet werden, um die TOA-Abschätzung durchzuführen. In diesem Fall kann die relativ grobe Abschätzung der TOA, die durch die Kommunikationserfassungsverarbeitung vorgesehen wird, verwendet werden, um den Zeitbereich zu beschränken, über den der TOA-Prozessor die Kommunikationserfassungssequenz mit dem angepassten Filter mit Länge von 2048 angepasst filtert. Die TOA-Verarbeitung ist ansonsten der [Fig. 7](#) gezeigten TOA-Verarbeitung ähnlich (der DMF

würde 2048 Chips lang anstelle von 4096 sein). Jedoch kann eine präzisere Abschätzung unter Verwendung der TOA-Synchronisationssequenz, die oben beschrieben wurde, erhalten werden, da die 4096 Chip TOA-Synchronisationssequenz überlegene Signaleigenschaften, wie z.B. niedrigere Nebenmaxima bzw. Seitenkeulen, ergibt.

[0084] Während eine besondere Implementierung der TOA-Verarbeitung in Verbindung mit [Fig. 7](#) beschrieben wurde, wird verstanden werden, dass eine andere Implementierung und Variationen in dem TOA-Verarbeitungsschema innerhalb des Schutzmangels der Erfindung fallen. Zum Beispiel, falls eine hochgenaue TOA-Betriebsart ausgewählt wird, können die Funkeinrichtungen automatisch Vermessungsnachrichten bei M unterschiedlichen Frequenzen austauschen, ohne dass zuerst bei einer ersten Frequenz ausgewertet wird, ob die Vielpfadinterferenz wesentlich ist (wie in dem oben beschriebenen Algorithmus erforderlich ist), und ein einzelner Vermessungsnachtaustausch kann immer in der TOA-Betriebsart mit niedriger Genauigkeit verwendet werden. Während automatisch in der hochgenauen Betriebsart das Senden von mehrfachen Hin-und-Zurück-Vermessungsnachrichten erforderlich ist, könnte dieser Ansatz potenziell eine einfachere Nachrichten(übermittlungs)implementierung vorsehen, da es keine Notwendigkeit bzw. Eventualität zum Entscheiden, ob oder ob nicht zusätzliche Vermessungsnachrichten nach dem ersten Nachrichtenaustausch gesendet werden sollen, gibt.

[0085] Die Masterfunkeinrichtung bestimmt ihre eigene Position aus dem gemessenen Abstand zu jeder der Referenzfunkeinrichtungen über eine Trilaterationstechnik, die zum Beispiel eine herkömmliche Trilaterationstechnik sein kann. Ist einmal die Position der Masterfunkeinrichtung bestimmt, kann die Masterfunkeinrichtung diese Information an andere Funkeinrichtungen liefern, oder an eine Steuervorrichtung oder einen Koordinator bzw. eine Koordinationseinrichtung, die das Verfolgen und/oder Abbilden der Masterfunkeinrichtung und vielleicht von anderen zugehörigen mobilen Funkeinrichtungen durchführt. Die Vermessungs-/Positionsortungsverarbeitung kann periodisch durchgeführt werden oder initiiert werden, und zwar von der Masterfunkeinrichtung oder einer Systemsteuervorrichtung, wie es erforderlich ist.

[0086] Wie man aus der obigen Beschreibung versteht, gestattet das Mobilkommunikationsgerät dem Positionsierungssystem der vorliegenden Erfindung selbstheilend zu sein. Das heißt, in Situationen mit einer Anzahl von mobilen Funkeinrichtungen kann jede Funkeinrichtung fähig sein, sowohl als eine Masterfunkeinrichtung, um ihre eigene Position zu bestimmen, als auch aus einer Referenzfunkeinrichtung für andere mobile Funkeinrichtungen zu dienen. Somit,

wenn eine besondere mobile Funkeinrichtung nicht adäquate Vermessungssignale von einem aktuellen Satz von Referenzfunkeinrichtungen empfangen kann, kann die mobile Funkeinrichtung den Satz von Referenzfunkeinrichtungen ändern, und zwar um mobile Funkeinrichtungen aufzuweisen, deren Vermessungssignale akzeptabel sind. Zum Beispiel kann eine erste mobile Funkeinrichtung sich auf vier Referenzfunkeinrichtungen verlassen, die fest oder GPS-basiert sind. Eine zweite mobile Funkeinrichtung kann derart positioniert sein, dass die Signalstärke von einer der festen oder GPS-basierten Referenzfunkeinrichtungen zu schwach ist oder die Positionsgeometrie derart ist, dass die vier festen/GPS-basierten Referenzfunkeinrichtungen keine genaue dreidimensionale Information vorsehen (z.B. zwei sind entlang derselben Sichtlinie). In diesem Fall kann die zweite mobile Funkeinrichtung die erste mobile Funkeinrichtung als eine der Referenzfunkeinrichtungen verwenden, falls dies bessere Ergebnisse vorsieht. Diese Flexibilität ist im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen, bei denen mobile Funkeinrichtungen sich auf feste Sender für den Empfang von Vermessungssignalen verlassen müssen und nicht eine Abstandsbestimmung von anderen mobilen Funkeinrichtungen zur Positionsbestimmung durchführen können.

[0087] Während in [Fig. 1](#) eine Kommunikation mit vier Referenzfunkeinrichtungen gezeigt ist, wird verstanden werden, dass die Masterfunkeinrichtung der vorliegenden Erfindung Vermessungsnachrichten mit irgendeiner Vielzahl von Referenzfunkeinrichtungen kommunizieren kann. Zum Beispiel kann die Masterfunkeinrichtung eine gewisse Positionsinformation aus der Kommunikation mit so wenigen wie zwei Referenzfunkeinrichtungen bestimmen. Ferner kann die Masterfunkeinrichtung Vermessungsnachrichten mit mehr als vier Referenzfunkeinrichtungen austauschen, und dynamisch die besten vier Abstandsmessungen auswählen, und zwar zu jeder Zeit, wenn der Positionsbestimmungsprozess durchgeführt wird, und zwar auf der Grundlage von Signalstärke der TOA-Nachrichten, Geometrie, etc. Auf diese Art kann zum Beispiel die Masterfunkeinrichtung ihre vier nächsten Nachbarn als die Referenzfunkeinrichtungen bestimmen und verwenden.

[0088] Die Hardware, die erforderlich ist, um das System der vorliegenden Erfindung zu implementieren, passt leicht innerhalb des physikalischen Fußabdrucks bzw. Abmessungen einer handgehaltenen Spreiz-Spektrum- bzw. Spread-Spektrum-Funkeinrichtung, was dem System gestattet, in einer großen Vielzahl von Anwendungen verwendet zu werden. Zum Beispiel, um ein Situationsbewusstsein bei militärischen Übungen vorzusehen, kann das System der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um den Ort von Militärpersonal und/oder – ausrüstung während der Koordination von Feldoperationen be-

stimmen und verfolgen. Dies würde besonders nützlich in Szenarien sein, bei denen GPS-Signale schwach oder nicht verfügbar sind, und zwar aufgrund von atmosphärischen Bedingungen, dem Gelände oder dem Ort der Funkeinrichtung innerhalb eines Gebäudes, oder um die Genauigkeit der GPS-Positionsinformation zu fördern und zu verstärken. Die Positionsinformation kann von einem Kommandeur verwendet werden, um dynamisch die aktuelle Position von Personal und Ausrüstung abzubilden bzw. auf einer Karte darzustellen, und um weitere Bewegungen zu koordinieren. Ferner können die einzelnen mobilen Funkeinrichtungen Positionsinformation für anderes verwandtes Personal empfangen und anzeigen, so dass Soldaten im Feld mit Situationsbewusstsein für deren unmittelbare Umgebung versorgt werden.

[0089] Das System der vorliegenden Erfindung kann ebenfalls verwendet werden, um nicht-militärisches Personal und Ressourcen, die sowohl drinnen oder draußen angeordnet sind, zu orten und zu verfolgen, und zwar einschließlich aber nicht beschränkt auf: Polizei, die sich mit taktischen Operationen beschäftigt; Feuerwehrleute, die sich in der Nähe oder innerhalb eines brennenden Gebäudes befinden; medizinisches Personal und Ausrüstung in einer medizinischen Einrichtung oder unterwegs zu einem Schauplatz eines Notfalls; und Personal, das bei Such- und Rettungsoperationen involviert ist.

[0090] Das System der vorliegenden Erfindung kann ebenfalls verwendet werden, um hochwertige Gegenstände zu verfolgen, indem man Gegenstände mit einem Anhänger bzw. Tag versieht oder eine mobile Funkeinrichtung in Gegenstände, wie zum Beispiel Personalcomputer, Laptop-Computer, tragbare elektronische Geräte, Gepäck (z.B. für eine Ortung innerhalb eines Flughafens), (Akten)taschen, wertvolles Inventar und gestohlene Automobile, einbaut bzw. integriert.

[0091] In städtischen Umgebungen, in denen herkömmliche Positionsbestimmungssysteme mehr Schwierigkeiten beim Betrieb haben, könnte das System der vorliegenden Erfindung zuverlässigigerweise Flotten von kommerziellen und industriellen Fahrzeugen, einschließlich Lastkraftwagen, Bussen und Mietfahrzeugen, die mit mobilen Funkeinrichtungen ausgerüstet sind, verfolgen. Das Verfolgen von Leuten, die ein Mobilkommunikationsgerät tragen, ist ebenfalls in einer Anzahl von Zusammenhängen wünschenswert, und zwar einschließlich aber nicht beschränkt auf: Kinder in einer überfüllten Umgebung, wie zum Beispiel einem Einkaufszentrum, Vergnügungspark oder Touristenattraktion; Ortung von Personal innerhalb eines Gebäudes; Ortung von Gefangenen in einer Hafteinrichtung. Die mobile Funkeinrichtung könnte am Körper getragen werden, und zwar indem man die Funkeinrichtung in Bekleidung,

wie zum Beispiel einem Armband, einer Halskette, einer Tasche oder der Sohle eines Schuhs, inkorporiert.

[0092] Das System der vorliegenden Erfindung besitzt ebenfalls eine Anwendung beim Orten der Position von Mobiltelefonen. Durch den Einbau der Vermessungs- und Positionsierungsfähigkeiten der vorliegenden Erfindung in ein herkömmliches Mobiltelefon kann der Ort des Telefons bestimmt werden, wenn ein Notruf gemacht wird, oder zu irgendeiner anderen nützlichen Zeit. Diese Fähigkeit könnte ebenfalls dazu verwendet werden, beim Zellennetzwerkmanagement zu unterstützen (d.h. bei Zellenabgabe- bzw. Zellenübergabeentscheidungen).

[0093] Während die vorliegende Erfindung oben im Zusammenhang eines Systems beschrieben wurde, das elektromagnetische Signale durch die Luft sendet und empfängt, wird man verstehen, dass die Zwei-Wege-Hin-und-Zurück-Vermessungstechnik, einschließlich der internen Verzögerungskalibrierung und der TOA-Verarbeitung, in anderen Medien und mit anderen Typen von Signalen verwendet werden kann, und zwar einschließlich, aber nicht beschränkt auf: elektromagnetische Signale, die durch feste Materialien, Wasser oder in einem Vakuum übertragen werden; Druckwellen oder akustische Signale, die durch irgendein Medium (z.B. seismische, Sonar- oder Ultraschall-Wellen) übertragen werden.

[0094] Nachdem die bevorzugten Ausführungsbeispiele von neuen und verbesserten Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts unter Verwendung von Uhren niedriger Genauigkeit beschrieben worden sind, glaubt man, dass andere Modifikationen, Variationen und Veränderungen angesichts der hier ausgeführten Lehre einem Fachmann vorgeschlagen werden. Deshalb wird verstanden, dass alle derartigen Variationen, Modifikationen und Veränderungen innerhalb des Schutzmfangs der vorliegenden Erfindung, wie durch die beigefügten Patentansprüche definiert wird, fallen dürften.

Patentansprüche

1. Ein Mobilkommunikationsgerät (12) geeignet zum Austausch von Vermessungsnachrichten mit einer Vielzahl von Referenzkommunikationsgeräten (14, 16, 18, 20) mit bekannten Positionen, wobei jedes geeignet ist, Vermessungsnachrichten zu senden und zu empfangen, wobei das Mobilkommunikationsgerät (12) Sendemittel zum Senden einer ausgehenden Vermessungsnachricht an jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) und Empfangsmittel zum Empfangen einer Antwortvermessungsnachricht, die von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) ansprechend auf die ausgehende Vermessungsnachricht gesendet wurde,

aufweist, und wobei das Mobilkommunikationsgerät (12) Entfernungsbestimmungsmittel zum Bestimmen der Entfernung zu jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) aus einer Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Antwortvermessungsnachricht und Mittel zum Bestimmen der Position des Mobilkommunikationsgeräts (12) aus den bekannten Positionen der Referenzkommunikationsgeräte (14, 16, 18, 20) und der Entfernung zu jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendemittel eine Vielzahl von ausgehenden Vermessungsnachrichten bei einer Vielzahl von Frequenzen an jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) senden und die Empfangsmittel von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) eine Vielzahl von Antwortvermessungsnachrichten bei der Vielzahl von Frequenzen empfangen, und dass das Mobilkommunikationsgerät (12) Mittel aufweist, um die Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit unter Verwendung der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Antwortvermessungsnachricht bei einer der Frequenzen, welche die Vielpfadinterferenz minimiert, zu bestimmen.

2. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ausgehende Vermessungsnachricht ein Ziel-Referenzkommunikationsgerät identifiziert, und die Antwortvermessungsnachricht Positionsinformation enthält, die die Position des Referenzkommunikationsgeräts und die Durchlaufzeit bei dem Referenzkommunikationsgerät anzeigt.

3. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Referenzkommunikationsgerät eines von folgenden ist: ein fixiertes Kommunikationsgerät, das permanent an einer bekannten Position angebracht ist; und ein weiteres Mobilkommunikationsgerät.

4. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) fähig ist, zu variieren, welche unter einem Satz von Kommunikationsgeräten als die Referenzkommunikationsgeräte (14, 16, 18, 20) dienen.

5. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) eine Ankunftszeit der Antwortvermessungsnachricht unter Verwendung eines Vorderflankenkurvenfits bestimmt; und jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) eine Ankunftszeit der ausgehenden Vermessungsnachricht unter Verwendung eines Vorderflankenkurvenfits bestimmt.

6. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach ei-

nem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) konfiguriert ist, die Ankunftszeit der Antwortvermessungsnachricht in einer von einer Vielzahl von Genauigkeitsbereichen zu bestimmen.

7. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) eine interne Verzögerungskalibrierung durchführt, um interne Sender- und Empfänger-Zeitsteuerungsverzögerungen zu schätzen, und die geschätzten internen Sender- und Empfänger-Zeitsteuerungsverzögerungen zum Bestimmen der Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit zu bestimmen; und jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) eine interne Verzögerungskalibrierung durchführt, um interne Sender- und Empfänger-Zeitsteuerungsverzögerungen zu schätzen, und die geschätzten internen Sender- und Empfänger-Zeitsteuerungsverzögerungen zum Bestimmen der Durchlaufzeit verwendet, wobei vorzugsweise: die von dem Mobilkommunikationsgerät (12) durchgeführte interne Verzögerungskalibrierung mehrfache Versuche des Messens einer Zeit, die erforderlich ist, um eine nichtgesendete Vermessungsnachricht durch einen Sender und Empfänger des Mobilkommunikationsgeräts (12) zu schleifen, und Berechnen einer durchschnittlichen Verzögerung aus den mehrfachen Versuchen aufweist; und die von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) durchgeführte interne Verzögerungskalibrierung mehrfache Versuche des Messens einer Zeit, die erforderlich ist, um eine nichtgesendete Vermessungsnachricht durch einen Sender und Empfänger des Referenzkommunikationsgeräts (14, 16, 18, 20) zu schleifen, und Berechnen einer durchschnittlichen Verzögerung aus den mehrfachen Versuchen aufweist.

8. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) eine Uhr aufweist, die geeignet ist, eine lokale Zeitsteuerungsreferenz aufrechtzuerhalten, wobei das Mobilkommunikationsgerät (12) eine Sendezeit der ausgehenden Vermessungsnachricht und eine Ankunftszeit der Antwortvermessungsnachricht gemäß der lokalen Zeitsteuerungsreferenz bestimmt; und jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) eine Uhr aufweist, die geeignet ist, eine lokale Zeitsteuerungsreferenz aufrechtzuerhalten, die nicht mit der lokalen Zeitsteuerungsreferenz der Uhr des Mobilkommunikationsgeräts (12) synchronisiert ist, wobei jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) eine Ankunftszeit der ausgehenden Vermessungsnachricht und eine Sendezeit der Antwortvermessungsnachricht gemäß der lokalen Zeitsteue-

rungsreferenz des Referenzkommunikationsgeräts (14, 16, 18, 20) bestimmt, wobei vorzugsweise die Uhr des Mobilkommunikationsgeräts (12) und die Uhr jedes der Referenzkommunikationsgeräte (14, 16, 18, 20) Uhren mit einer niedrigen Genauigkeit mit einer Genauigkeit in dem Bereich zwischen ungefähr 0,5 ppm und 10 ppm sind.

9. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ausgehende Vermessungsnachricht und die Antwortvermessungsnachricht einen Erfassungsteil aufweisen; und das Mobilkommunikationsgerät (12) und jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) einen zweistufigen Signalerfassungsprozessor aufweisen, der geeignet ist, die Ankunftszeit (TOA) der Antwortvermessungsnachricht bzw. der ausgehenden Vermessungsnachricht zu bestimmen, wobei der zweistufige Signalerfassungsprozessor einen Detektionsprozessor zum Detektieren des Erfassungsteils und einen TOA-Synchronisationsprozessor zum genauen Bestimmen der Ankunftszeit aus dem Erfassungsteil aufweist, wobei der Detektionsprozessor den Betrieb des TOA-Synchronisationsprozessors auslöst.

10. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Erfassungsteil eine Kommunikationserfassungssequenz und eine TOA-Synchronisationssequenz aufweist, wobei der Detektionsprozessor mit der Kommunikationserfassungssequenz arbeitet und der TOA-Synchronisationsprozessor mit der TOA-Synchronisationssequenz arbeitet.

11. Das Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) eine handgeholtene Funkeinrichtung ist.

12. Ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts (12) durch Austauschen von Nachrichten zwischen dem Mobilkommunikationsgerät (12) und einer Vielzahl von Referenzkommunikationsgeräten (14, 16, 18, 20) mit bekannten Positionen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- (a) Senden einer ausgehenden Vermessungsnachricht von dem Mobilkommunikationsgerät (12) an jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20);
- (b) Senden einer Antwortvermessungsnachricht von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) an das Mobilkommunikationsgerät (12) entsprechend auf die ausgehende Vermessungsnachricht;
- (c) Bestimmen der Entfernung zwischen dem Mobilkommunikationsgerät (12) und jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) aus einer Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit der ausgehenden

Vermessungsnachricht und der Antwortvermessungsnachricht, die zwischen dem Mobilkommunikationsgerät (12) und dem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) ausgetauscht werden; und (d) Bestimmen der Position des Mobilkommunikationsgeräts (12) aus den bekannten Positionen der Referenzkommunikationsgeräte (14, 16, 18, 20) und der Entfernung zu jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

(e) Senden einer Vielzahl von ausgehenden Vermessungsnachrichten bei einer Vielzahl von Frequenzen von dem Mobilkommunikationsgerät (12) an jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20); und (f) Senden einer Vielzahl von Antwortvermessungsnachrichten von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) an das Mobilkommunikationsgerät (12) bei der Vielzahl von Frequenzen;

wobei der Schritt (c) das Bestimmen der Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit unter Verwendung der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Antwortvermessungsnachricht bei einer der Frequenzen, welche die Vielpfadinterferenz minimiert, aufweist.

13. Das Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 ist.

14. Ein Positionsierungssystem (10) zum Bestimmen der Position eines Mobilkommunikationsgeräts (12), das folgendes aufweist:

eine Vielzahl von Referenzkommunikationsgeräten (14, 16, 18, 20) mit bekannten Positionen, wobei jedes geeignet ist, Vermessungsnachrichten zu senden und zu empfangen; und ein Mobilkommunikationsgerät (12), das geeignet ist, Vermessungsnachrichten mit den Referenzkommunikationsgeräten (14, 16, 18, 20) auszutauschen, wobei das Mobilkommunikationsgerät (12) Sendemittel zum Senden einer ausgehenden Vermessungsnachricht an jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) und Empfangsmittel zum Empfangen einer Antwortvermessungsnachricht, die von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) ansprechend auf die ausgehende Vermessungsnachricht gesendet wurde, aufweist, wobei das Mobilkommunikationsgerät (12) Entfernungsbestimmungsmittel zum Bestimmen der Entfernung zu jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) aus einer Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Antwortvermessungsnachricht und Mittel zum Bestimmen der Position des Mobilkommunikationsgeräts (12) aus den bekannten Positionen der Referenzkommunikationsgeräte (14, 16, 18, 20) und der Entfernung zu jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendemittel eine Vielzahl von ausgehenden Vermessungsnachrichten bei einer Vielzahl von Fre-

quenzen an jedes Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) senden, und die Empfangsmittel von jedem Referenzkommunikationsgerät (14, 16, 18, 20) eine Vielzahl von Antwortvermessungsnachrichten bei der Vielzahl von Frequenzen empfangen, und dadurch, dass das Mobilkommunikationsgerät (12) Mittel zum Bestimmen der Hin- und Zurück-Signalausbreitungszeit unter Verwendung der ausgehenden Vermessungsnachricht und der Antwortvermessungsnachricht bei einer der Vielzahl von Frequenzen, welche die Vielpfadinterferenz minimiert, aufweist.

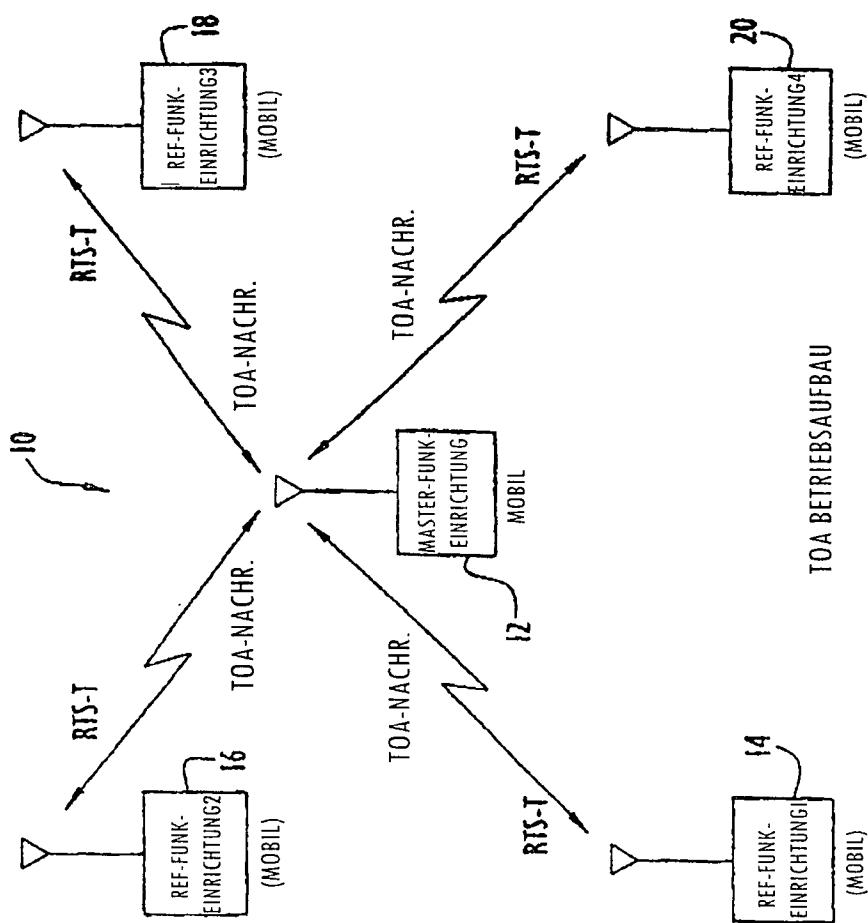
15. Das System (10) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der Referenzkommunikationsgeräte (14, 16, 18, 20) ein weiteres Mobilkommunikationsgerät ist.

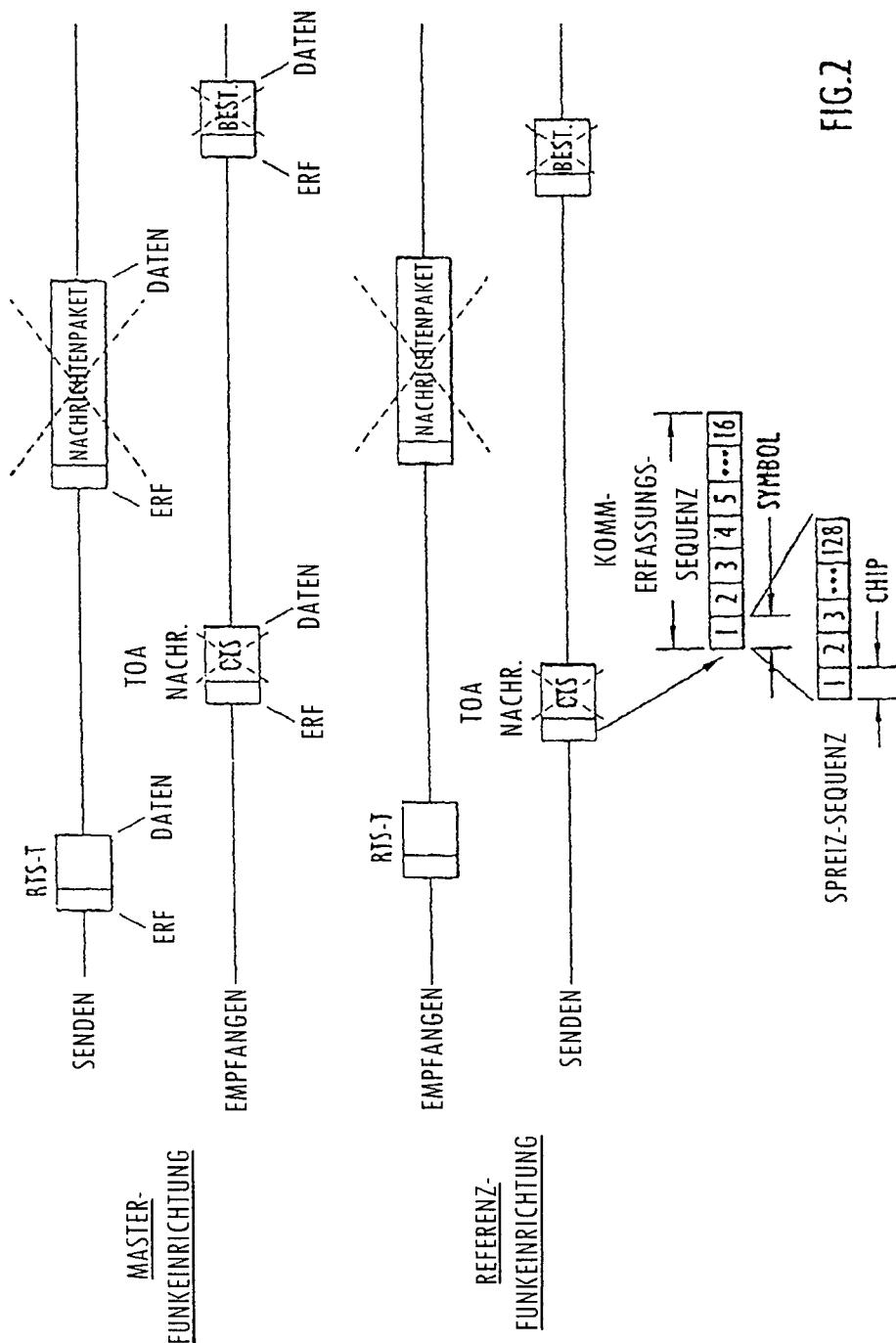
16. Das System (10) nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das System (10) ein Mobilkommunikationsgerät (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. I





MODIFIZIERTES CSMA-CA PROTOKOLL ZUR VERMESSUNG

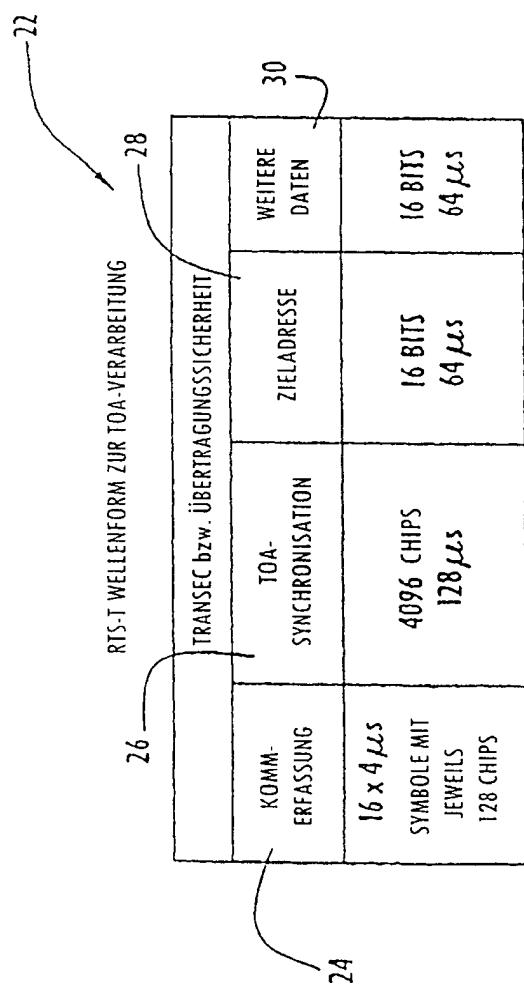


FIG.3

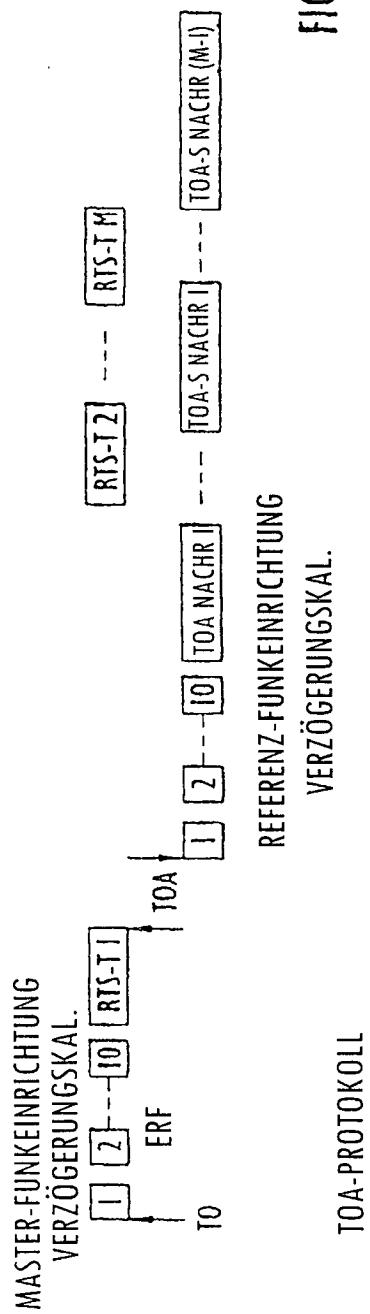


FIG.4

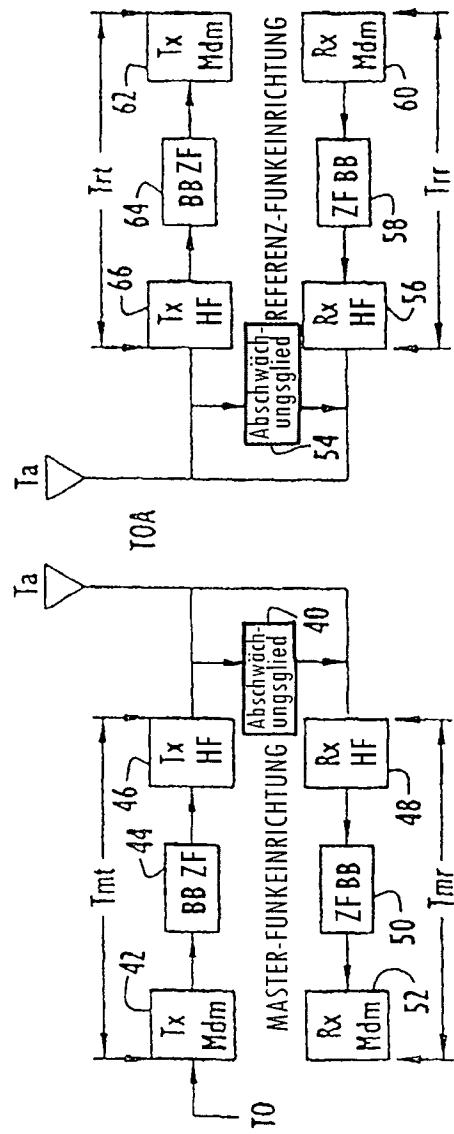


FIG.5

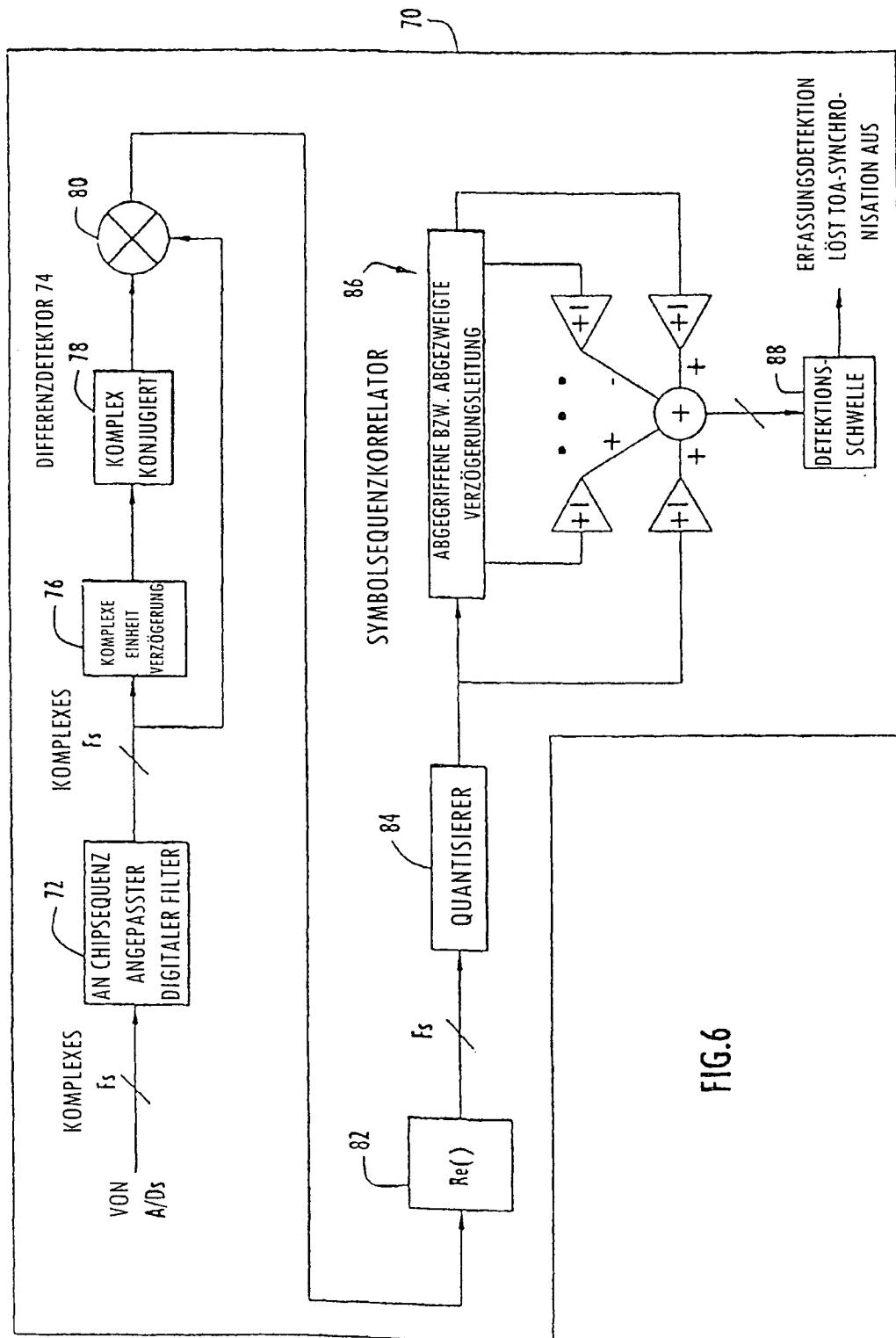


FIG.6

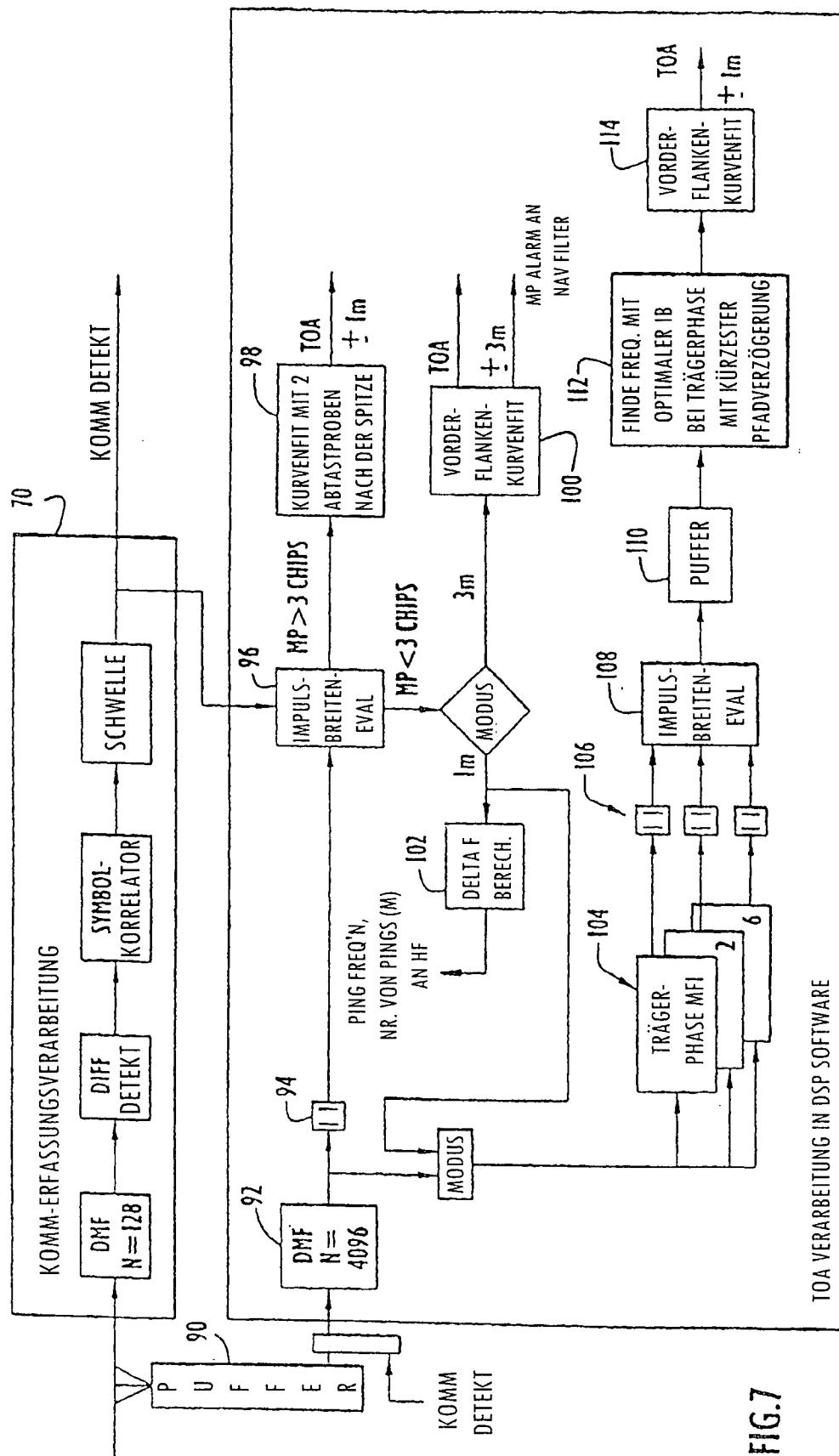


FIG.7

TOA VERARBEITUNG IN DSP SOFTWARE