



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 08 829 T2** 2007.08.02

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 480 053 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 08 829.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP03/01924**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 706 996.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/071302**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.02.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **28.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.11.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **04.10.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01S 5/14** (2006.01)

H04B 1/707 (2006.01)

G01S 1/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2002047505 25.02.2002 JP

(73) Patentinhaber:
Sony Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
**TERANISHI, Koichiro c/o SONY CORPORATION,
Tokyo 141-0001, JP; TANAKA, Katsuyuki c/o
SONY CORPORATION, Tokyo 141-0001, JP; HORI,
Katsuya c/o SONY CORPORATION, Tokyo
141-0001, JP**

(54) Bezeichnung: **GPS-EMPFÄNGERVORRICHTUNG UND EMPFANGSVERFAHREN**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen GPS-Empfänger (GPS = Global Positioning System (globales Positionierungs- bzw. Ortsbestimmungssystem)) und ein GPS-Signalempfangsverfahren, die für tragbare Navigationssysteme und Navigationssysteme von beweglichen Körpern wie beispielsweise Automobilen, Flugzeug, Wasserfahrzeug benutzt werden.

[0002] Bei einem GPS-System, das einen künstlichen Satelliten (GPS-Satellit) zum Messen von Orten bzw. Positionen von beweglichen Körpern benutzt, hat ein GPS-Empfänger eine Basisfunktion zum Empfang von Signalen von vier oder mehr GPS-Satelliten, Berechnen einer Empfängerposition von empfangenen Signalen und Mitteilen einem Benutzer die Empfängerposition.

[0003] Der GPS-Empfänger demoduliert ein Signal vom GPS-Satelliten, um die Orbitaldaten des GPS-Satelliten zu erhalten. Der GPS-Empfänger leitet dann die dreidimensionale Position des Empfängers unter Benutzung simultaner Gleichungen aus dem Orbit des GPS-Satelliten und einer Zeitinformation und der empfangenen Verzögerungszeit des Signals ab. Es werden vier GPS-Satelliten benötigt, um empfangene Signale zu erhalten, da zwischen der inneren Zeit des GPS-Empfängers und der Satellitenzeit ein Fehler auftritt und es notwendig ist, einen Effekt des Fehlers zu beseitigen.

[0004] Ein Haushalts-GPS-Empfänger empfängt für Positionierungsoperationen vom GPS-Satelliten eine als ein L1-Band bezeichnete Spektrum-gespreizte Signalwelle und einen C/A-Code (C/A = Clear and Acquisition (Löschung und Erfassung)).

[0005] Der C/A-Code ist ein PN-Sequenzcode (PN = Pseudorandom Noise (Pseudozufallsrauschen)), beispielsweise ein Gold-Code, der eine Übertragungssignalrate (Takt- bzw. Chiprate) von 1,023 MHz und eine Codelänge von 1023 aufweist. Der C/A-Code ist ein BPSK-moduliertes Signal (BPSK = Binary Phase Shift Keying (binäre Phasenumtastung bzw. Zweiphasenumtastung)), das mittels einer Signalspreizung von 50 bps-Daten aus einer Trägerwelle (nachfolgend als Träger bezeichnet) gebildet ist, die (der) eine Frequenz 1575,42 MHz aufweist. Da in diesem Fall die Codelänge 1023 ist, weist der C/A-Code, wie in **Fig. 28(A)** gezeigt, eine Wiederholung von PN-Sequenzcodes mit einem Zyklus von 1023 Takten bzw. Chips auf (das heißt, ein einzelner Zyklus = 1 Millisekunde).

[0006] Ein PN-Sequenzcode des C/A-Codes ist für jeden GPS-Satelliten eindeutig. Der GPS-Empfänger wird vorher konfiguriert, um detektieren zu können, welcher GPS-Satellit welchen PN-Sequenzcode be-

nutzt. Eine (zu beschreibende) Navigationsmitteilung wird benutzt, um anzuzeigen, von welchem GPS-Satelliten der GPS-Empfänger an einem gegebenen Punkt und zu einer gegebenen Zeit Signale empfangen kann. Während beispielsweise einer dreidimensionalen Positionierung empfängt der GPS-Empfänger Radiowellen, die an dem Punkt und zu der Zeit von vier oder mehr GPS-Satelliten verfügbar sind, wendet auf die Radiowellen eine inverse Spektrumspreizung an und führt eine Positionierungsoperation aus, um seine eigene Position zu finden.

[0007] Wie in **Fig. 28(B)** gezeigt wird ein einzelnes Bit von Satellitensignaldaten als 20 Zyklen des PN-Sequenzcodes, das heißt in Einheiten von 20 Millisekunden übertragen. Das heißt, die Datenübertragungsrate ist 50 bps. Das auf „1“ oder „0“ gesetzte Bit invertiert einen einzelnen Zyklus des PN-Sequenzcodes, das heißt 1023 Takte bzw. Chips.

[0008] Wie in **Fig. 28(C)** gezeigt bildet das GPS ein einzelnes Wort in Einheiten von 30 Bits (600 Millisekunden). Wie in **Fig. 28(D)** gezeigt weist ein einzelner Subrahmen (6 Sekunden) 10 Wörter auf. Wie in **Fig. 28(E)** gezeigt ist dem ersten Wort in einem Subrahmen immer eine Präambel als ein spezifiziertes Bitmuster vorangesetzt, selbst wenn Daten aktualisiert werden. Daten werden nach der Präambel übertragen.

[0009] Ein einzelner Rahmen (30 Sekunden) weist fünf Subrahmen auf. Eine Navigationsmitteilung wird in Einheiten von Einrahmendaten übertragen. Die ersten drei Subrahmen in Einrahmendaten bilden satellitenspezifische Information, die als Ephemeriden- bzw. Ephemerisinformation bezeichnet wird. Diese Information enthält einen Parameter zum Finden des Orbits des Satelliten und die Zeit zum Übertragen des Signals vom Satelliten.

[0010] Alle GPS-Satelliten weisen Atomuhren auf, so dass jeder GPS-Satellit unter der Überwachung einer Bodenstation die gemeinsame Zeitinformation benutzen kann. Die Ephemeris in einer Navigationsmitteilung vom GPS-Satelliten enthält Daten, welche die Zeit, das heißt Wochennummer und TOW (Time of Week (Zeit einer Woche)) darstellen.

[0011] Die Wochennummer ist 10-Bit-Daten, die 0 bis 1023 darstellen, und wird vom 6. Januar (Sonntag) 1980 an als nullte Woche beginnend jede Woche inkrementiert. Die TOW ist 17-Bit-Daten, die 0 bis 100800 ($= 3600 \times 24 \times 7/6$) darstellen und am Sonntag von 0:00 a.m. (Vormittag) an beginnend alle 6 Sekunden inkrementiert wird.

[0012] Der GPS-Empfänger kann durch Erhalten der Wochennummer und der TOW von den empfangenen Navigationsdaten eine absolute Zeit finden. Ein Wert kleiner als 6 Sekunden kann mit der

GPS-Satellitenzeit entsprechend der Genauigkeit eines Referenzoszillators des GPS-Empfängers während eines Prozesses, bei dem GPS-Empfänger zu einem Signal vom GPS-Satelliten peilt, synchron gehen. Der PN-Sequenzcode des GPS-Satelliten wird mit der Atomuhr synchronisiert erzeugt.

[0013] Die Orbitinformation in der Ephemerisinformation wird in einem Intervall von mehreren Stunden aktualisiert und bleibt ungeändert, bis sie aktualisiert wird. Die Orbitinformation in der Ephemerisinformation kann im Speicher des GPS-Empfängers gespeichert werden, um die gleiche Information für mehrere Stunden genau wiederbenutzen zu können.

[0014] Die verbleibenden zwei Subrahmen in einem einzelnen Rahmen einer Navigationsmitteilung bilden eine sogenannte Almanachinformation, die von allen Satelliten gemeinsam übertragen wird. Die Almanachinformation erfordert 25 Rahmen zum Erhalten der ganzen Information und weist Information über annähernde Positionen der GPS-Satelliten, Information, die verfügbare GPS-Satelliten anzeigt, und dgl. auf.

[0015] Die Almanachinformation wird wenigstens einmal in sechs Tagen aktualisiert und bleibt ungeändert, bis sie aktualisiert wird. Die Almanachinformation ist für mehrere Monate wirksam bzw. gültig, wenn sie zum Zweck des Finders angenäherter Positionen von GPS-Satelliten benutzt wird. Jedoch ist es für den GPS-Empfänger wünschenswert, die Almanachinformation geeignet zu aktualisieren und die neuesten Daten zu halten.

[0016] Um vom GPS-Satelliten ein Signal zu empfangen und die oben erwähnten Daten zu erhalten muss zuerst ein Träger entfernt werden. Das Signal vom GPS-Satelliten wird durch die Benutzung PN-Sequenzcodes (nachfolgend als PN-Code bezeichnet), der im GPS-Empfänger bereitgestellt ist und äquivalent zu dem für den zu empfangenden GPS-Satelliten benutzten C/A-Code ist, einer Phasensynchronisation mit dem C/A-Code unterworfen. Auf diese Weise wird das Signal vom GPS-Satelliten erfasst. Dann wird eine inverse Spektrumspreizung ausgeführt. Nachdem die Phasensynchronisation mit dem C/A-Code erfolgreich und die inverse Spreizung ausgeführt ist, werden Bits detektiert. Es wird möglich, eine Navigationsmitteilung zu erhalten, welche die Zeitinformation und dgl. vom GPS-Satellitensignal enthält.

[0017] Vom GPS-Satelliten werden mittels einer Phasensynchronisationswiedergewinnung für den C/A-Code Signale erfasst. Die Phasensynchronisationswiedergewinnung detektiert eine Korrelation zwischen dem PN-Code des GPS-Empfängers und dem PN-Code im Signal vom GPS-Satelliten. Es wird angenommen, dass beide miteinander synchronisiert

sind, wenn aus Korrelationsdetektionsresultat einen Korrelationswert bereitstellt, der beispielsweise größer als ein vorbestimmter Wert ist. Wenn angenommen wird, dass beide nicht zueinander synchronisiert sind, wird zur Steuerung der PN-Code-Phase GPS-Empfängers zur Synchronisation mit dem PN-Code des Signals vom GPS-Satelliten eine gewisse Synchronisationstechnik benutzt.

[0018] Wie oben erwähnt enthält das Signal vom GPS-Satelliten (GPS-Signal) mittels eines Signals, dessen Daten durch den PN-Code (Spreizcode) gespreizt sind, einen BPSK-modulierten Träger. Damit der GPS-Empfänger das GPS-Signal empfängt, ist es notwendig, eine Synchronisation nicht nur mit dem Spreizcode, sondern auch dem Träger und den Daten herzustellen. Jedoch ist es unmöglich, eine Synchronisation mit dem Spreizcode und dem Träger unabhängig herzustellen.

[0019] Es ist generelle Praxis, dass der GPS-Empfänger die Trägerfrequenz des GPS-Signals in eine Zwischenfrequenz innerhalb mehrerer Megahertz umsetzt und den oben erwähnten Synchronisationsdetektionsprozess unter Benutzung des Zwischenfrequenzsignals ausführt. Ein Träger im Zwischenfrequenzsignal weist auf: einen Frequenzfehler aufgrund der Dopplerverschiebung hauptsächlich entsprechend einer Bewegungsgeschwindigkeit des GPS-Satelliten und einen im GPS-Empfänger beim Umsetzen des GPS-Signals in das Zwischenfrequenzsignal erzeugten Frequenzfehler eines Lokaloszillators.

[0020] Aufgrund dieser Frequenzfehlerfaktoren weist das Zwischenfrequenzsignal eine unbekannte Trägerfrequenz auf. Es ist notwendig, nach der Frequenz zu suchen. Ein Synchronisationspunkt (Synchronisationsphase) in einem einzelnen Zyklus des PN-Codes hängt von einer positionellen Beziehung zwischen dem GPS-Empfänger und dem GPS-Satelliten ab und ist deshalb unbekannt. Demgemäß ist, wie oben erwähnt, eine gewisse Synchronisationstechnik notwendig.

[0021] Ein herkömmlicher GPS-Empfänger benutzt die eine Frequenzsuche nach dem Träger benutzende Synchronisationstechnik, einen Schiebe- bzw. Gleitkorrelator (sliding correlator), eine DLL (Delay Locked Loop (Verzögerungsverriegelungsschleife) und eine Costasschleife. Dies wird unten weiter beschrieben.

[0022] Ein Takt zur Steuerung eines Generators für den PN-Code des GPS-Empfängers ist generell durch Teilen eines für den GPS-Empfänger vorhandenen Referenzfrequenzoszillators verfügbar. Für den Referenzfrequenzoszillator wird ein hochgenauer Oszillator benutzt. Ein Ausgangssignal aus dem Referenzfrequenzoszillator wird zum Erzeugen eines

Lokalszillationssignals zur Umsetzung eines vom GPS-Satelliten empfangenen Signals in ein Zwischenfrequenzsignal benutzt.

[0023] [Fig. 29](#) stellt die Frequenzsuche schematisch dar. Die Frequenzsuche nimmt für ein Taktsignal zur Steuerung des Generators für den PN-Code des GPS-Empfängers eine Frequenz f_1 an. Die Frequenzsuche verschiebt die Phasensynchronisationswiedergewinnung für den PN-Code, das heißt die PN-Code-Phase sequentiell um den Betrag eines einzelnen Takts bzw. Chips zu einer Zeit. Die Frequenzsuche detektiert eine Korrelation zwischen dem empfangenen GPS-Signal und dem PN-Code bei der korrespondierenden Chipphase. Die Frequenzsuche detektiert einen Spitzenwert für die Korrelation zum Detektieren einer Phase zur Herstellung der Synchronisation.

[0024] Wenn das Taktsignal die Frequenz 1 bzw. f_1 aufweist, ist es möglich, dass die Synchronisationsphase nicht bei allen Phasensynchronisationswiedergewinnungen für 1023 Chips verfügbar ist. In einem solchen Fall ändert die Frequenzsuche ein Teilungsverhältnis für den Referenzfrequenzoszillator, ändert die Frequenz des Steuerungstaktsignals in eine Frequenz f_2 und führt eine Phasensynchronisationswiedergewinnung für 1023 Chips aus. Diese Operation wird schrittweise wiederholt, wobei, wie in [Fig. 29](#) gezeigt, die Frequenz des Steuerungstaktsignals geändert wird. Die Frequenzsuche arbeitet wie oben erwähnt.

[0025] Wenn die Frequenzsuche eine synchronisierbare Frequenz des Steuerungstaktsignals detektiert, wird die detektierte Taktfrequenz zur Ausführung der endgültigen PN-Code-Phasensynchronisation benutzt. Dies ermöglicht die Erfassung von Satellitensignalen trotz einer Oszillationsfrequenzabweichung im Quarzfrequenzoszillator.

[0026] Wenn vom GPS-Satelliten zur Positionierung entsprechend einer herkömmlicher Weise Signale kontinuierlich empfangen werden, wird die Synchronisation für den Träger und den PN-Code erfasst und die erfasste Synchronisation gehalten. Aus diesem Grund ist es notwendig, Schaltungen im GPS-Empfänger, insbesondere Schaltungen für die DLL und die Costasschleife kontinuierlich zu betreiben.

[0027] Außerdem erfordert die Positionierungsoperation, wie in [Fig. 30](#) gezeigt, einen Abstand (Bereich) zwischen einem Empfänger P und einem GPS-Satelliten ST1 oder ST2. Der Bereich kann in einem spezifizierten Zyklus wie beispielsweise alle 0,5, 1 oder 2 Sekunden ausreichend erhalten werden. Normalerweise wird, wie in [Fig. 31](#) gezeigt, der Bereich in einem relativ kurzen Intervall wie beispielsweise 0,1 Sekunden (100 Millisekunden) gemessen, um den Bereich immer genau zu erhalten.

[0028] Folglich ist der GPS-Empfänger immer in Vollbetrieb, wodurch der Energie- bzw. Leistungsverbrauch für den GPS-Empfänger erhöht wird. Zum Betrieb ist der GPS-Empfänger auf einem beweglichen Körper befestigt oder wird von einem Benutzer getragen. Es ist wichtig, den GPS-Empfänger unter Benutzung der Energie bzw. Leistung von einer Batterie für eine so lange Zeit wie möglich genau zu betreiben.

[0029] Um den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers zu erniedrigen, wird ein intermittierender Betrieb zum wiederholten Ein- oder Ausschalten des GPS-Empfängers in Betracht gezogen.

[0030] Jedoch kann ein intermittierender Betrieb des GPS-Empfängers im Vergleich zum Zustand einer ständigen Aktivierung der Leistung bzw. Energie die GPS-Empfängerbetriebseigenschaften wie beispielsweise Positionierungsempfindlichkeit oder Positionierungsgeschwindigkeit einbüßen. Ein intermittierender Betrieb des GPS-Empfängers kann eine genaue Positionierung unmöglich machen, nur eine annähernde Position des GPS-Empfängers detektieren oder Zeit zum Detektieren einer genauen Position verbrauchen.

[0031] Die oben erwähnten Probleme werden besonders kritisch, wenn ein Benutzer einen intermittierenden Betrieb manuell ausführt oder wenn ein intermittierender Betrieb in einem Zyklus ausgeführt wird, der einen Erfassungszyklus von Bereichsdaten oder einen Ausgabezyklus einer die laufende Position des GPS-Empfängers anzeigenden Positionierungsinformation nicht berücksichtigt.

[0032] Die vorliegende Erfindung ist in Anbetracht des Vorhergehenden ausgeführt worden. Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen GPS-Empfänger und ein GPS-Signalempfangsverfahren bereitzustellen, die Daten in einem für Bereichsberechnungsbereichsdaten benötigten Bereich ohne Verschlechterung der Betriebseigenschaften wie beispielsweise Positionierungsempfindlichkeit und Positionierungsgeschwindigkeit periodisch erhalten und den Energieverbrauch konservieren können.

[0033] PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Vol. 2000, Nr. 19, 5. Juni 2001 (2001-06-05) und die japanische Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. JP-A-2001 042023 offenbaren ein Intermittierendpositionierungsverfahren und eine Intermittierendpositionierungseinrichtung, bei denen erzeugte Basistakte während einer Ruheperiode aufgezählt werden. Zur Zeit einer Detektierungsvollendung der Ruheperiode wird als Resultat der Aufzählung die Zufuhr von Energie bzw. Leistung zu einer Frequenzumsetzungseinrichtung gestartet und die Zufuhr von Basistakten zur Frequenzumsetzungseinrichtung und einer Signalverarbeitungseinrichtung gestartet. Energie bzw.

Leistung wird der Signalverarbeitungseinrichtung während der Ruheperiode zugeführt. Ein anderer Prozessor sagt einen Synchronzustand vorher, den eine Frequenzphasensynchronisationsschleife zur Zeit eines Startens einer nächsten Positionierungsperiode vor dem Übergang von einer Positionierungsperiode zu einer Ruheperiode nehmen sollte, und stellt bei einer Trägererzeugungseinrichtung und einer Codeerzeugungseinrichtung einen Synchronzustand ein. Infolgedessen werden eine Trägerfrequenz und eine Spektrumspreizphase auf Basis eines Zustands der Frequenzphasensynchronisationsschleife und einer Länge der deaktivierten (Ruhe-)Periode geschätzt. Auch kann die Frequenzphasensynchronisationsschleife auf Basis eines Resultats der Schätzung während einer Positionierungsperiode nach Vollendung der deaktivierten Periode arbeiten.

[0034] Das US-Patent Nr. US-A-6 121 921 offenbart eine Technik, bei der ein GPS-Empfänger eine Positionierung regulär ausführt. Ein Mikroprozessor betreibt einen Schalter zum Stoppen der Zufuhr von Energie bzw. Leistung zum GPS-Empfänger, wenn vom Empfänger Positionsdaten für ein vorbestimmtes Intervall nicht ausgegeben werden, da eine Anzahl von GPS-Signalen nicht empfangen wird. Der GPS-Empfänger speichert Phasendaten für einen Codegenerator gerade bevor der Mikroprozessor die Zufuhr von Energie bzw. Leistung zum GPS-Empfänger stoppt. Wenn die Energie bzw. Leistung eingeschaltet wird, benutzt das GPS die Phasendaten zur Erfassung von GPS-Signalen. Infolgedessen wird der Betrieb des GPS-Empfängers gestoppt, wenn die Positionierung innerhalb einer vorbestimmten Zeitperiode nicht vervollständigt werden kann, und das neueste Positionsergebnis des GPS-Empfängers wird in Reaktion auf eine Anforderung seitens einer externen Einrichtung ausgegeben.

[0035] Die US-Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. 2001/019316 A1 offenbart einen Aufbau, bei dem ein GPS-Empfänger Frequenzgenauigkeit, Zeitgenauigkeit und eine Navigationsmitteilung hält und Start und Bereitschaft bzw. Standby durch Berücksichtigung einer Zunahme von Fehlern während einer Standbyperiode wiederholt. Frequenzeinstellungen eines spannungsgesteuerten Oszillators werden unmittelbar vor Eintritt in den Standbymodus gespeichert.

[0036] Die vorliegende Erfindung stellt einen GPS-Empfänger gemäß Anspruch 1 und ein GPS-Signalempfangsverfahren gemäß Anspruch 5 bereit.

[0037] Die Synchronisationshalteeinrichtung wird infolgedessen zum genauen Erhalten von Übertragungsdaten in einem spezifizierten Zyklus benutzt. Nach Erhalt der Übertragungsdaten stoppt die Synchronisationshalteeinrichtung, bis es Zeit ist, die

nächsten Übertragungsdaten zu erhalten. Demgemäß kann der Energie- bzw.

[0038] Leistungsverbrauch gesichert bzw. gespart werden. Außerdem können Bereichsdaten in einem spezifizierten Zyklus zum Berechnen des Bereichs erhalten werden.

[0039] Ein GPS-Empfänger gemäß der vorliegenden Erfindung kann aufweisen: eine Anfangs- bzw. Initialwertschätzeinrichtung zum Schätzen der Trägerwellenfrequenz und der Spreizcodephase, die als die Anfangs- bzw. Initialwerte zu benutzenden sind, entsprechend dem Ausgabezyklus der Positionsinformation durch Benutzung der eine Information hinsichtlich eines Orbits, einer Position, Geschwindigkeit und Zeit umfassenden erhaltenen Übertragungsdaten, und eine Betriebszeitschätzeinrichtung zum Schätzen einer Betriebszeit der Synchronisationshalteeinrichtung in Reaktion auf einen Ausgabezyklus der Positionsinformation, wobei die Steuerungseinrichtung die Synchronisationshalteeinrichtung auf Basis der Trägerwellenfrequenz und der Spreizcodephase, die in der Initialwertschätzeinrichtung geschätzt werden, und der geschätzten Betriebszeit, die in der Betriebszeitschätzeinrichtung geschätzt wird, steuert.

[0040] In diesem Fall erhöht, wenn der GPS-Empfänger einen intermittierenden Betrieb ausführt, eine Erhöhung eines Ausgangszyklus für Positionierungsinformation auch die Stoppzeit für die Synchronisationshalteeinrichtung. Eine Trägerwellenfrequenz und eine Spreizcodephase, die für die jüngste Stoppbedingung gültig sind, differieren von tatsächlichen Werten, was eine lange Zeit zur Herstellung der Trägersynchronisation und der Spreizcodephasensynchronisation erfordert.

[0041] In diesem Fall schätzt die Initialwertschätzeinrichtung die Trägerwellenfrequenz und die Spreizcodephase, die als Initialwerte für die Synchronisationshalteeinrichtung zu benutzen sind. Die Betriebszeitschätzeinrichtung schätzt die Betriebszeit für die Synchronisationshalteeinrichtung. Die Steuerungseinrichtung steuert die Synchronisationshalteeinrichtung auf Basis der geschätzten Trägerwellenfrequenz und Spreizcodephase und geschätzten Betriebszeit. Auf diese Weise ist es möglich, Übertragungsdaten von den künstlichen Satelliten ohne Verschlechterung der Positionierungsempfindlichkeit und -geschwindigkeit zu erhalten.

[0042] Ein GPS-Empfänger gemäß der vorliegenden Erfindung kann die im Anspruch 3 dargelegten Merkmale aufweisen. In diesem Fall braucht der GPS-Empfänger kein Signal vom künstlichen Satelliten zu empfangen und es abwärts umzusetzen, während die Synchronisationshalteeinrichtung inaktiv ist.

Die Steuerungseinrichtung stellt eine Steuerung zum intermittierenden Betrieb der Frequenzumsetzungseinrichtung synchron mit Start und Stoppbedingungen der Synchronisationshalteeinrichtung bereit. Auf diese Weise ist es möglich, zusätzlich zur Synchronisationshalteeinrichtung den Energie- bzw. Leistungsverbrauch der Frequenzumsetzungseinrichtung zu sichern bzw. sparen (save).

[0043] Ein GPS-Empfänger gemäß der vorliegenden Erfindung kann die in Anspruch 4 dargelegten Merkmale aufweisen. In diesem Fall benutzt der GPS-Empfänger den Synchronisationshalteabschnitt, der den Costasschleifenabschnitt und den Verzögerungsverriegelungsschleifenabschnitt aufweist, die konventionell konfiguriert sind, um kontinuierlich zu arbeiten. Der Costasschleifenabschnitt und der Verzögerungsverriegelungsschleifenabschnitt sind konfiguriert, um intermittierend zu arbeiten.

[0044] Dies kann den Energie- bzw. Leistungsverbrauch effizient sichern bzw. sparen. Außerdem können die Positionierungsempfindlichkeit und -geschwindigkeit durch Schätzen der Betriebszeit oder Initialwerte, die für den Costasschleifen- und den Verzögerungsverriegelungsschleifenabschnitt benutzt werden, und Benutzen eines Schätzungsergebnisses zur Steuerung des Costasschleifen- und des Verzögerungsverriegelungsschleifenabschnitts gegen eine Verschlechterung geschützt werden.

[0045] Die Erfindung wird nun mittels eines illustrativen Beispiels anhand der beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben, in denen:

[0046] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm ist, das eine Ausführungsform eines GPS-Empfängers gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0047] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm ist, das ein Beispiel eines Frequenzumsetzungsabschnitts bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger zeigt;

[0048] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm ist, das ein Beispiel eines Synchronisationserfassungsabschnitts bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger zeigt;

[0049] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm ist, das eine Funktion eines DSP bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitt und einen im DSP ausgeführten Synchronisationserfassungsprozess zeigt;

[0050] [Fig. 5](#) ein Beispiel eines Spektrums für ein Korrelationsdetektionsausgangssignal zeigt;

[0051] [Fig. 6](#) ein anderes Beispiel des Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0052] [Fig. 7](#) ein noch anderes Beispiel des Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0053] [Fig. 8](#) ein Blockdiagramm ist, das ein anderes Beispiel (1) der Funktion des DSP bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitt und des im DSP ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0054] [Fig. 9](#) ein Teil eines Flussdiagramms zur Beschreibung von Operationen in dem die in [Fig. 8](#) gezeigte Funktion aufweisenden DSP ist;

[0055] [Fig. 10](#) ein anderer Teil eines Flussdiagramms zur Beschreibung von Operationen des die in [Fig. 8](#) gezeigte Funktion aufweisenden DSP ist;

[0056] [Fig. 11](#) ein Blockdiagramm ist, das ein noch anderes Beispiel (2) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0057] [Fig. 12](#) ein Blockdiagramm ist, das ein noch anderes Beispiel (2) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0058] [Fig. 13](#) ein Blockdiagramm ist, das ein noch anderes Beispiel (2) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozess zeigt;

[0059] [Fig. 14](#) ein noch anderes Beispiel (3) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses darstellt;

[0060] [Fig. 15](#) ein noch anderes Beispiel (3) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0061] [Fig. 16](#) ein noch anderes Beispiel (3) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0062] [Fig. 17](#) ein noch anderes Beispiel (3) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses zeigt;

[0063] [Fig. 18](#) Details eines noch anderen Beispiels (3) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses schematisch darstellt;

[0064] [Fig. 19](#) Details eines noch anderen Beispiels (3) des im DSP des in [Fig. 1](#) gezeigten Synchronisationserfassungsabschnitts ausgeführten Synchronisationserfassungsprozesses schematisch darstellt;

[0065] [Fig. 20](#) ein Teil eines Flussdiagramms zum

Zeigen von Operationen in dem in [Fig. 13](#) gezeigten DSP ist;

[0066] [Fig. 21](#) ein anderer Teil eines Flussdiagramms zum Zeigen von Operationen in dem in [Fig. 13](#) gezeigten DSP ist;

[0067] [Fig. 22](#) ein Blockdiagramm ist, das ein Beispiel eines Synchronisationshalteabschnitts bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger;

[0068] [Fig. 23](#) ein Blockdiagramm ist, das ein Beispiel eines Steuerungsabschnitts bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger zeigt;

[0069] [Fig. 24](#) einen bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger ausgeführten intermittierenden Betrieb darstellt;

[0070] [Fig. 25](#) ein Flussdiagramms zum Zeigen eines bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger ausgeführten intermittierenden Betriebs ist;

[0071] [Fig. 26A](#) bis [Fig. 26C](#) Änderungsbetriebszeiten während intermittierender Betriebe darstellen;

[0072] [Fig. 27](#) Gleichungen zeigt, die für die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt werden;

[0073] [Fig. 28](#) eine Konfiguration eines Signals von einem GPS-Satelliten zeigt;

[0074] [Fig. 29](#) einen herkömmlichen Synchronisationsprozess für Träger und Spreizcodes schematisch darstellt;

[0075] [Fig. 30](#) Bereiche darstellt, die beim GPS-Empfänger für einen Positionierungsbetrieb benutzt werden;

[0076] [Fig. 31](#) ein Timing zum Messen eines Bereichs bei einem herkömmlichen GPS-Empfänger schematisch darstellt.

[0077] Das Folgende beschreibt anhand der beigefügten Zeichnungen eine Ausführungsform des GPS-Empfängers und des Empfangsverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0078] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das einen GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform zeigt, bei welcher der GPS-Empfänger und das Empfangsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung angewendet sind. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt weist der GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform eine Antenne **1**, einen Verstärker **2**, ein BPF (Bandpassfilter) **3**, einen Frequenzumsetzungsabschnitt **4**, einen Synchronisationserfassungsabschnitt **5**, einen Synchronisationshalteabschnitt **6**, einen Steuerungsab-

schnitt **7**, einen Zeitsteuerungs- bzw. Timinggenerator **8** zum Erzeugen eines jedem Teil zugeführten Taktsignals, einen Energieversorgungs-Steuerungsabschnitt **9**, einen Kristalloszillator (in [Fig. 1](#) mit XO (crystal oscillator) bezeichnet) und einen temperaturkompensierten Kristalloszillator **11** (nachfolgend als TCXO (temperature compensated crystal oscillator) bezeichnet) auf.

[0079] Außerdem weist der GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, Energie- bzw. Leistungs-Ein/Aus-Schalter **21**, **22**, **23** und **24** auf. Der Schalter **21** schaltet die dem Frequenzumsetzungsabschnitt **4** zugeführte Energie bzw. Leistung ein oder aus. Der Schalter **22** schaltet die dem Synchronisationserfassungsabschnitt **5** zugeführte Energie bzw. Leistung ein oder aus. Der Schalter **23** schaltet die dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zugeführte Energie bzw. Leistung ein oder aus. Der Schalter **24** schaltet die dem Steuerungsabschnitt **7** zugeführte Energie bzw. Leistung ein oder aus.

[0080] Der Steuerungsabschnitt **7** steuert den Energieversorgungs-Steuerungsabschnitt **9** führt Schaltersteuerungssignale CT1, CT2, CT3 und CT4 zu, welche die jeweiligen Schalter **21**, **22**, **23** bzw. **24** zum Schalten steuern. Das heißt, die Energie- bzw. Leistungs-Ein/Aus-Steuerung ist für jeden vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4**, Synchronisationserfassungsabschnitt **5**, Synchronisationshalteabschnitt **6** und Steuerungsabschnitt **7** unabhängig verfügbar.

[0081] Der Energieversorgungsabschnitt **9** und die Schalter **21**, **22**, **23** und **24** implementieren intermittierende Betriebe für die jeweiligen Schaltungen, welche den Energie- bzw. Leistungsverbrauch ohne Verschlechterung der Positionierungsempfindlichkeit oder -geschwindigkeit sichern bzw. sparen. In [Fig. 1](#) korrespondiert ein von einer gestrichelte Linie umschlossener Bereich mit einer IC (integrated circuit (integrierte Schaltung)).

[0082] Zuerst beschreibt das folgende die Konfiguration und Betriebe des GPS-Empfängers gemäß der Ausführungsform, bevor ein intermittierender Betrieb des GPS-Empfängers gemäß der Ausführungsform beschrieben wird. Von einem GPS-Satelliten wird an der Antenne **1** ein Hochfrequenz-GPS-Signal empfangen und dem Verstärker **2** zugeführt.

[0083] Wie oben erwähnt wird das Hochfrequenz-GPS-Signal von jedem GPS-Satelliten übertragen bzw. gesendet. Dieses Signal wird durch BPSK-Modulieren eines Trägers mit einer Frequenz von 1575,42 MHz aus 50 bps-Übertragungsdaten unter Benutzung eines Spektrumspreizsignals (D/A-Code) gemäß einem PN-Code (Spreizcode) mit einer Übertragungssignalarate von 1,023 MHz und einer Codelänge von 1023 und einem für jeden GPS-Satel-

liten bestimmten Muster gebildet.

[0084] Der Verstärker **2** verstärkt das zugeführte Hochfrequenz-GPS-Signal auf einen spezifizierten Pegel und führt es dem BPF **3** zu. Das BPF **3** entfernt unnötige Komponenten aus dem zugeführten Hochfrequenz-GPS-Signal und führt dem Frequenzumsetzungsabschnitt **4** das von unnötigen Komponenten befreite hochfrequente GPS-Signal zu.

Über den Frequenzumsetzungsabschnitt]

[0085] Der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** abwärts umsetzt bzw. abwärts mischt das zugeführte Hochfrequenz-GPS-Signal in ein Zwischenfrequenz-GPS-Signal, das heißt ein Zwischenfrequenzsignal und setzt dieses Signal analog-digital um, um Daten {nachfolgend als IF-Daten bezeichnet (IF = intermediate frequency (Zwischenfrequenz))} zu erzeugen. Der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** führt dann diese IF-Daten dem Synchronisationserfassungsabschnitt **5** und dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zu.

[0086] [Fig. 2](#) stellt ein Konfigurationsbeispiel des Frequenzumsetzungsabschnitts **4** dar. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt weist der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** einen Verstärker **41**, eine Frequenzumsetzungsschaltung (nachfolgend als IF-Umsetzungsschaltung bezeichnet) **42**, einen Verstärker **43**, ein TPF (Tiefpassfilter) **44**, einen Analog/Digital-Umsetzer (nachfolgend als A/D-Umsetzer bezeichnet) **45** und eine Lokaloszillationsschaltung **46**, die so konfiguriert ist, dass sie ein Frequenzsynthesizer ist, auf.

[0087] Ein 1575,42 MHz-Hochfrequenz-GPS-Signal wird vom BPF **3** der IF-Umsetzungsschaltung **42** über den Verstärker **41** zugeführt. Ein Ausgangssignal aus dem TCXO **11** wird der Lokaloszillationsschaltung **46** zugeführt, wodurch vom TCXO **11** ein Lokaloszillationsausgangssignal mit der festen Ausgangsfrequenz und dem festen Frequenzverhältnis bereitgestellt wird.

[0088] Das Lokaloszillationsausgangssignal von der Lokaloszillationsschaltung **46** wird der IF-Umsetzungsschaltung **42** zugeführt. Das 1575,42 MHz-Hochfrequenz-GPS-Signal (RF) wird in ein niedrigeres 1,023 MHz-Zwischenfrequenz-GPS-Signal (IF) umgesetzt. Das Zwischenfrequenz-GPS-Signal wird im Verstärker **43** verstärkt, wird im TPF **44** bandbegrenzt und wird dann dem A/D-Umsetzer **45** zugeführt. Der A/D-Umsetzer **45** setzt das zugeführte Zwischenfrequenz-GPS-Signal in ein digitales Signal um, um IF-Daten zu erzeugen, und führt sie dem Synchronisationserfassungsabschnitt **5** und dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zu.

[Über den Synchronisationserfassungsabschnitt]

[0089] Der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** speichert die zugeführten IF-Daten für eine spezifizierte Periode und führt einen Prozess aus, um die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation für die IF-Daten schnell zu erfassen. Der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** detektiert eine C/A-Codephase, eine Trägerfrequenz, einen Korrelationsspitzenpegel und eine Satellitennummer und führt diese Daten dem Steuerungsabschnitt **7** zu.

[0090] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Konfigurationsbeispiel des Synchronisationserfassungsabschnitts **5** zeigt. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt weist der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** einen Abtaster **51**, einen RAM (Random Access Memory (Direktzugriffsspeicher)) **52**, einen DSP (Digital Signal Processor (Digitalsignalprozessor)) **53**, einen RAM **54** und einen ROM (Read Only Memory (Nurlesespeicher)) **55** auf.

[0091] Die IF-Daten vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4** werden dem Abtaster **51** zugeführt. Der Abtaster **51** tastet die zugeführten IF-Daten unter Benutzung eines Signals mit einer spezifizierten Frequenz ab schreibt die abgetasteten IF-Daten in den RAM **52**, um die spezifizierte Menge von IF-Daten im RAM **52** zu speichern.

[0092] Der RAM **54** wird hauptsächlich als Arbeitsbereich für Prozesse im DSP **53** benutzt. Der ROM **55** speichert im DSP **53** ausgeführte Programme und für Prozesse benötigte Daten.

[0093] Der DSP **53** führt einen Synchronisationserfassungsprozess unter Benutzung der FFT (Fast Fourier Transform (schnelle Fouriertransformation)) für die im RAM **52** gespeicherten IF-Daten und den vom lokalen Gerät erzeugten PN-Code aus, um die C/A-Codephase, die Trägerfrequenz und den Korrelationsspitzenpegel, wie sie oben erwähnt sind, zu detektieren.

[Spezifische Konfiguration und Operationen des Synchronisationserfassungsabschnitts]

[0094] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das spezifische Operationen des DSP **53** zeigt. DSP **53** hat die Funktionen eines Spreizcodeerzeugungsabschnitts **534**, von FFT-Verarbeitungsabschnitten **531** und **535**, eines Multiplikationsabschnitts **533**, eines Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitts **537** und eines Korrelationspunktdetektionsabschnitts **538** und ist konfiguriert, um ein sogenanntes angepasstes Digitalfilter (digital matched filter) zu sein.

[0095] Die IF-Daten (empfangenes Signal) werden in den RAM **52** des Synchronisationserfassungsab-

schnitts **5** geschrieben und für jeden Zyklus (1023 Chips) des C/A-Codes gelesen. Der FFT-Verarbeitungsabschnitt **531** wendet am gelesenen Signal einen FFT-Prozess an. Das FFT-Resultat wird in den Speicher **532** geschrieben. Beispielsweise wird ein durch Klammern in [Fig. 4](#) angedeuteter ungenutzter Bereich des RAM **52** als der Speicher **532** benutzt. Nachdem es in den Speicher **532** geschrieben ist, wird das FFT-Resultat der IF-Daten gelesen, wobei seine Leseposition gesteuert wird, und dem Multiplikationsabschnitt **533** zugeführt, was unten detaillierter beschrieben wird.

[0096] Gemäß der Ausführungsform erzeugt der DSP **53** einen PN-Code mit einem spezifizierten Muster, beispielsweise auf Basis von im ROM **55** gespeicherter Information. Zu dieser Zeit korrespondiert der zu erzeugende PN-Code mit einem einzelnen Zyklus (1023 Chips), der die gleiche Sequenz wie der für den PN-Code, der vom GPS-Satelliten für ein im DSP **53** zu verarbeitendes Signal benutzt wird, aufweist.

[0097] Der im DSP **53** zu erzeugende Einzyklus-PN-Code wird dem FFT-Verarbeitungsabschnitt **535** zur FFT-Verarbeitung zugeführt. Das Resultat wird in den Speicher **536** geschrieben. Beispielsweise wird, wie in [Fig. 4](#) durch Klammern angedeutet, der RAM **54** für den Speicher **536** benutzt. Wie in einem gewöhnlichen Fall werden FFT-Resultate vom Speicher **536** in aufsteigender Ordnung von Frequenzen gelesen und dem Multiplikationsabschnitt **533** zugeführt.

[0098] Der Multiplikationsabschnitt **533** multipliziert ein FFT-Resultat der IF-Daten als ein vom Speicher **532** empfangenes Signal und ein FFT-Resultat des PN-Codes vom Speicher **536** miteinander, um einen Grad einer Korrelation zwischen den IF-Daten und dem PN-Code in einem Frequenzbereich zu berechnen. Hier multipliziert der Multiplikationsabschnitt **533** eine komplexkonjugierte entweder der diskreten Fouriertransformation des empfangenen Signals oder der diskreten Fouriertransformation des Spreizcodes mit der anderen. Das Multiplikationsresultat wird dem Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitt **537** zugeführt. Das Signal im Frequenzbereich wird in ein Signal im Zeitbereich zurückgebracht.

[0099] Ein vom Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitt **537** erhaltenes Invers-FFT-Resultat ist äquivalent zu einem Korrelationsdetektionssignal zwischen den IF-Daten und dem PN-Code im Zeitbereich. Dieses Korrelationsdetektionssignal wird dem Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** zugeführt. Der Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** stellt fest, ob die IF-Daten und der PN-Code synchronisiert sind oder nicht. Wenn festgestellt wird, dass sie synchronisiert sind, detektiert der Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** die Phase eines Spitzenwerts für das Kor-

relationsdetektionssignal als einen Korrelationspunkt.

[0100] Das Korrelationsdetektionssignal zeigt in jeder Takt- bzw. Chipphase für einen einzelnen Zyklus des Spreizcodes einen Korrelationswert an. Es kann den Fall geben, dass der Spreizcode in den IF-Daten mit dem Spreizcode (PN-Code) vom Spreizcodeerzeugungsabschnitt **534** synchronisiert ist. In diesem Fall wird, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, eine Korrelationswellenform erhalten, bei der die Korrelation für eine von 1023-Chipphasen einen Spitzenwert anzeigt, der einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet. Die Chipphase für diesen Spitzenwert wird eine Korrelationspunktphase.

[0101] Andererseits wird die den wie in [Fig. 5](#) gezeigten Spitzenwert aufweisende Korrelationswellenform nicht erhalten, wenn der Spreizcode in den IF-Daten nicht mit dem Spreizcode vom Spreizcodeerzeugungsabschnitt **534** synchronisiert ist. Jede der Chipphasen verursacht keine Spitze, die den vorbestimmten Schwellenwert überschreitet.

[0102] Abhängig davon, ob im Korrelationsdetektionssignal, das dem Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** zugeführt wird, ein den vorbestimmten Wert überschreitender Spitzenwert existiert, stellt der Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** beispielsweise fest, ob die IF-Daten als ein empfangenes Signal mit dem im GPS-Empfänger zu erzeugenden PN-Code synchronisiert sind oder nicht. Wenn festgestellt wird, dass die Synchronisation gefunden ist, detektiert der Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** die Phase für den oben erwähnten Spitzenwert als einen Korrelationspunkt.

[0103] Die oben erwähnte Beschreibung berücksichtigt nicht Trägerkomponenten in den IF-Daten. Tatsächlich enthält jedoch, wie durch die Gleichung (3) in [Fig. 27](#) angezeigt, das empfangene Signal $r(n)$ einen Träger. In Gleichung (3) bedeuten A die Amplitude, $d(n)$ die Daten, f_0 die Trägerwinkelfrequenz in einem Zwischenfrequenzsignal und $n(n)$ das Rauschen.

[0104] Es sei angenommen, dass der Abtaster **51** die Abtastfrequenz f_s und die Abtastzählung N , das heißt $0 \leq n < N$ und $0 \leq k < N$ benutzt. Nach der diskreten Fouriertransformation ist die Beziehung zwischen der diskreten Frequenz k und der tatsächlichen Frequenz f gleich $f = k \cdot f_s / N$ unter der Bedingung $0 \leq k \leq N/2$ oder $f = (k-N) \cdot f_s / N$ ($f < 0$) unter der Bedingung $N/2 < k < N$. Gemäß der Diskret-Fouriertransformationscharakteristik jedoch zeigt $R(k)$ oder $C(k)$ eine Zirkularität mit $k < 0$ oder $k \geq N$.

[0105] Um die Daten $d(n)$ aus dem empfangenen Signal $r(n)$ zu erhalten, ist es notwendig, Trägerkomponenten durch Synchronisieren des Spreizcodes

$c(n)$ mit dem Träger $\cos 2\pi n f_0$ zu entfernen. Wenn in Gleichung (2) der [Fig. 27](#) (unten zu beschreiben) nur $R(k)$ Trägerkomponenten aufweist, wird die in [Fig. 5](#) gezeigte Korrelationswellenform nicht erhalten.

[0106] Die Ausführungsform wendet eine einfache Konfiguration zur Ausführung nur des FFT-Prozesses im Frequenzbereich an, um Trägerkomponenten durch Synchronisieren des Spreizcodes $c(n)$ mit dem Träger $\cos 2\pi n f_0$ entfernen zu können.

[0107] Das heißt, der FFT-Verarbeitungsabschnitt **531** stellt ein FFT-Resultat von IF-Daten als ein vom GPS-Satelliten empfangenes Signal bereit. Normalerweise werden FFT-Resultate vom Speicher **532** in aufsteigender Ordnung von Frequenzen von Frequenzkomponenten im empfangenen Signal gelesen und dem Multiplikationsabschnitt **533** zugeführt. Gemäß der Ausführungsform fungiert der GSP **53** als ein Leseadressensteuerungsabschnitt. Leseadressen werden unter der Steuerung des GPS **53** schiebe- bzw. schaltgesteuert, um aus dem Speicher **532** FFT-Resultate der IF-Daten sequentiell zu lesen.

[0108] Dem DSP **53** wird Information über die Trägerfrequenz des empfangenen Signals zugeführt. Diese Information wird durch genaue Schätzung des Dopplerverschiebungsbetrags für den GPS-Satelliten, von dem das empfangene Signal erhalten wird, und durch genaue Kalibrierung der Oszillationsfrequenz und der Zeitinformation im GPS-Empfänger detektiert. Die Information über die Trägerfrequenz kann nur im Innern des GPS-Empfängers erzeugt werden. Normalerweise kann die Information über ein Kommunikationsnetzwerk und dergleichen auch von außen erhalten werden.

[0109] Der DSP **53** verschiebt bzw. schaltet eine Leseadresse für die Anzahl von Trägerfrequenzen auf Basis der erhaltenen Information über die Trägerfrequenz, liest sequentiell FFT-Resultate der IF-Daten als das vom Speicher **532** empfangene Signal und führt die gelesenen FFT-Resultate dem Multiplikationsabschnitt **533** zu.

[0110] Auf diese Weise werden FFT-Resultate des empfangenen Signals $r(n)$ durch Verschieben bzw. Schalten der Leseadressen für die Anzahl von Trägerfrequenzen im empfangenen Signal aus dem Speicher **532** gelesen. Wie unten beschrieben wird ist es möglich, ein FFT-Resultat zu erhalten, das dem des vom Trägerkomponenten freien empfangenen Signals äquivalent ist. Weiter ist es möglich, ein Korrelationsdetektionsausgangssignal, das, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, eine Spitze beim Korrelationspunkt aufweist, durch inverses Diffundieren eines Resultats einer Multiplikation des von Trägerkomponenten freien FFT-Resultats mit dem FFT-Resultat für einen einzelnen Zyklus des Spreizcodes zuverlässig zu erhalten.

[0111] Wie unten beschrieben wird ist eine Alternative zu dem Verfahren zur Steuerung von Leseadressen für FFT-Resultate aus dem Speicher **532** bereitgestellt. Trägerkomponenten im empfangenen Signal $r(n)$ werden durch Steuerung von Leseadressen für die FFT-Resultate des Spreizcodes aus dem Speicher **536** zu FFT-Resultaten des Spreizcodes addiert. Es ist auch möglich, mehr Trägerkomponenten mittels der Multiplikation im Multiplikationsabschnitt **533** praktisch zu entfernen.

[0112] Das Folgende beschreibt detaillierter eine Entfernung von Trägerkomponenten durch die Synchronisation zwischen einem empfangenen Signaltträger und dem PN-Code (Spreizcode) durch Steuerung von Leseadressen aus dem Speicher **532** oder **536** sowie Angepasstdigitalfilteroperationen beim DSP **53**.

[0113] Gemäß der Ausführungsform führt der DSP **53** Angepasstdigitalfilterprozesse aus. Das Prinzip eines Angepasstdigitalfilterprozesses basiert auf einem Theorem, dass, wie durch Gleichung (1) in [Fig. 27](#) angezeigt, eine Faltungs-Fouriertransformation im Zeitbereich eine Multiplikation im Frequenzbereich wird.

[0114] In Gleichung (1) bedeuten $r(n)$ das empfangene Signal im Zeitbereich und $R(k)$ seine diskrete Fouriertransformation. Das Symbol $c(n)$ stellt den Spreizcode vom Spreizcodeerzeugungsabschnitt und $c(k)$ seine diskrete Fouriertransformation dar. Das Symbol n ist die diskrete Zeit und k die diskrete Frequenz. Das Symbol $F[\]$ bedeutet die Fouriertransformation.

[0115] Wenn eine Korrelationsfunktion für zwei Signale $r(n)$ und $c(n)$ neu als $f(n)$ definiert wird, stellt die diskrete Fouriertransformation $F(k)$ für $f(n)$ die durch die Gleichung (2) in [Fig. 27](#) angezeigte Relation dar. Wenn deshalb gegeben ist, dass $r(n)$ das Signal vom A/D-Umsetzer **45** in [Fig. 2](#) ist und $c(n)$ der Spreizcode vom Spreizcodeerzeugungsabschnitt **534** ist, kann die Korrelationsfunktion $f(n)$ für $r(n)$ und $c(n)$ in der folgenden Prozedur unter Benutzung der oben erwähnten Gleichung (2) ohne Benutzung der gewöhnlichen definierenden Gleichung berechnet werden.

- Berechne die diskrete Fouriertransformation $R(k)$ für das empfangene Signal $r(n)$.
- Berechne eine komplexkonjugierte der diskreten Fouriertransformation $C(k)$ für den Spreizcode $c(n)$.
- Berechne $F(k)$ in Gleichung (2) unter Benutzung von $R(k)$ und der komplexkonjugierten von $C(k)$.
- Berechne die Korrelationsfunktion $f(n)$ unter Benutzung einer inversen diskreten Fouriertransformation für $F(k)$.

[0116] Wie oben erwähnt stellt, wenn der im emp-

fangenen Signal $r(n)$ enthaltene Spreizcode mit dem Spreizcode $c(n)$ aus dem Spreizcodeerzeugungsabschnitt **534** übereinstimmt, die bei der oben erwähnten Prozedur berechnete Korrelationsfunktion $f(n)$ die Zeitwellenform dar, die beim Korrelationspunkt eine in [Fig. 5](#) gezeigte Spitze bewirkt. Wie oben erwähnt ist es, da die Ausführungsform die Beschleunigungsalgorithmen einer FFT und einer inversen FFT bei der diskreten Fouriertransformation und der inversen Fouriertransformation anwendet, möglich, die Korrelation im Vergleich zur Berechnung auf Basis der Definition sehr schnell zu berechnen.

[0117] Das Folgende beschreibt die Synchronisation zwischen einem im empfangenen Signal $r(n)$ enthaltenen Träger und dem Spreizcode.

[0118] Wie oben erwähnt weist, wie durch die Gleichung (3) in [Fig. 27](#) angezeigt, das empfangene Signal $r(n)$ einen Träger auf. Um vom empfangenen Signal $r(n)$ die Daten $d(n)$ zu erhalten ist es notwendig, den Träger durch Synchronisieren des Spreizcodes $c(n)$ und des Trägers $\cos 2\pi n f_0$ zu beseitigen. Wenn ein Träger nur in $R(k)$ der Gleichung (2) in [Fig. 27](#) enthalten ist, kann die in [Fig. 5](#) gezeigte Korrelationswellenform nicht erhalten werden.

[0119] Die Trägerfrequenz f_0 für das empfangene Signal $r(n)$ wird bekannt, wenn der Dopplerverschiebungsbetrag genau berechnet bzw. geschätzt wird und die Oszillationsfrequenz und die Zeitinformation im GPS-Empfänger genau sind. In diesem Fall ist, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, vor dem FFT-Verarbeitungsabschnitt **531** ein Multiplikationsabschnitt **541** vorhanden. Der Multiplikationsabschnitt **541** multipliziert das empfangene Signal $r(n)$ mit der Trägerfrequenz f_0 aus einem Signalerzeugungsabschnitt **542** zu einer Frequenzumsetzung. Auf diese Weise ist es möglich, Trägerkomponenten vom empfangenen Signal $r(n)$ vor Ausführung der FFT zu beseitigen.

[0120] In diesem Fall stellt der Speicher **532** ein FFT-Resultat des empfangenen Signals $r(n)$ bereit, das frei von seiner Trägerkomponente ist. Der Multiplikationsabschnitt **533** multipliziert dieses FFT-Resultat mit einem FFT-Resultat des Spreizcodes $c(n)$. Es ist möglich, vom Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitt **537** zuverlässig eine Zeitwellenform als ein Ausgangssignal zu erhalten, die, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, beim Korrelationspunkt eine Spitze bewirkt.

[0121] Das gleiche Resultat wird, wie in [Fig. 6](#) in Klammern angedeutet, durch Addieren einer Trägerkomponente zum Spreizcode ohne Entfernung der Trägerkomponente vom empfangenen Signal $r(n)$ erhalten. Zu diesem Zweck ist vor dem FFT-Verarbeitungsabschnitt **535** für den Spreizcode $c(n)$ der Multiplikationsabschnitt **541** vorhanden. Der Multiplikationsabschnitt **541** multipliziert den Spreizcode $c(n)$ mit dem Träger der Frequenz f_0 vom Signalerzeugungsabschnitt **542**.

ungsabschnitt **542**.

[0122] Im diesem Fall geht eine in dem vom Speicher **532** gelesenen FFT-Resultat des empfangenen Signals enthaltene Trägerkomponente synchron mit einer in dem vom Speicher **536** gelesenen FFT-Resultat des Spreizcodes addierten Trägerkomponente. Demgemäß stellt der Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitt **537** ein Korrelationsdetektionsausgangssignal bereit, das beim Korrelationspunkt eine in [Fig. 5](#) gezeigte Spitze zeigt.

[0123] Wenn das oben erwähnte Verfahren nach [Fig. 6](#) zum Multiplizieren eines Zeitbereichssignals mit einem Trägerfrequenzsignal benutzt wird, ist es insbesondere notwendig, den Multiplikationsabschnitt zum Beseitigen von Trägerkomponenten zu benutzen. Dieses Verfahren verursacht die Nachteile einer Komplizierung der Konfiguration und einer Verlangsamung der Verarbeitungsgeschwindigkeit für die Multiplikationsoperation.

[0124] Gemäß der FFT-Charakteristik kann die oben erwähnte Frequenzmultiplikation als die Gleichung (4) in [Fig. 27](#) ausgedrückt werden. Bei dieser Gleichung (4) ist $F[]$ die diskrete Fouriertransformation, ist $\Phi 0$ die Phasendifferenz mit dem Träger, und bezeichnet k_0 das mit f_0 korrespondierende k , wobei $f_0 = k_0 \cdot f_s / N$. Gemäß der Gleichung (4) wird, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, die FFT für das Frequenz-umgesetzte empfangene Signal $r(n)$ äquivalent zu $R(k)$, da die FFT für $R(n)$ um die Trägerfrequenz k_0 verschoben ist.

[0125] Gemäß der oben erwähnten Beschreibung kann die Konfiguration nach [Fig. 6](#) durch die Konfiguration nach [Fig. 7](#) ersetzt werden. Beim Lesen von FFT-Resultaten für das empfangene Signal oder den Spreizcode vom Speicher **532** oder **536** verschiebt bzw. schaltet die Konfiguration nach [Fig. 7](#) die korrespondierenden Leseadressen um den Betrag der Trägerfrequenz, anstatt die Trägerfrequenz und das empfangene Signal $r(n)$ oder den Spreizcode $z(n)$ miteinander zu multiplizieren.

[0126] Wenn bei [Fig. 7](#) das empfangene Signal $r(n)$ geschaltet wird, wird die Abwärtsumsetzung ausgeführt, um $k_0 > 0$ zu ermöglichen. Wenn der Spreizcode $c(n)$ geschaltet wird, wird die Aufwärtsmischung bzw. -umsetzung ausgeführt, um $k_0 < 0$ zu ermöglichen.

[0127] Wie oben erwähnt wird der Signalerzeugungsabschnitt **542** nach [Fig. 6](#) unnötig, wenn die durch die Gleichung (4) angezeigte FFT-Charakteristik benutzt wird. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt braucht er für eine vereinfachte Konfiguration und Hochgeschwindigkeitsverarbeitung nur Adressenphasen zum Lesen von FFT-Resultaten vom Speicher zu verschieben bzw. schalten.

[0128] Die Phasendifferenz Φ_0 in Gleichung (4) ist unbekannt und deshalb in [Fig. 4](#) fortgelassen. Beispielsweise wird eine Korrelationsfunktion $f'(n)$ mit $0 \leq n < N$ als ein durch die Gleichung (5) in [Fig. 27](#) berechnetes Operationsresultat der inversen FFT für $F'(k)$ erhalten und wird eine komplexe Zahl. Wenn angenommen wird, dass ihr Realteil $f_R'(n)$ und der Imaginärteil $f_I'(n)$ ist, wird die Amplitude $|f'(n)|$ wie durch die Gleichung (6) in [Fig. 27](#) angezeigt bei der Korrelationspitze erhalten. Die Phase Φ wird wie durch die Gleichung (7) in [Fig. 27](#) angezeigt erhalten. Demgemäß kann sie vorzugsweise zum Fortlassen der Multiplikation $\exp(j\Phi_0)$ auf der rechten Seite der Gleichung (4) benutzt werden. Die Phase Φ nimmt einen Wert an, der durch Addieren der Phasendifferenz Φ_0 in Gleichung (4) zu zwei Werten, die mit dem Code der Daten $d(n)$ korrespondieren und sich um den Betrag π unterscheiden, gefunden wird.

[0129] Ausgangssignale der Blöcke in [Fig. 4](#) zeigen, wie oben erwähnt, die Signalausgaben $r(n)$ und $c(n)$ und die Operationsresultate $R(k)$, $C(k)$ sowie $f'(n)$ an. Auf diese Weise benutzt der GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform die FFT, um das angepasste Digitalfilter zu konfigurieren. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist der GPS-Empfänger konfiguriert, um ein FFT-Resultat des empfangenen Signals und des Spreizcodes durch Verschieben bzw. Schalten von Speicheradressen um den Betrag der Trägerfrequenz miteinander zu multiplizieren. Der Korrelationspunkt n_p kann beispielsweise als die in [Fig. 4](#) gezeigte Wellenform erhalten werden. Wenn der Korrelationspunkt n_p in Bezug auf vier GPS-Satelliten, das heißt vier Typen von Spreizcodes $c(n)$ gefunden ist, ist es möglich, die Position des GPS-Empfängers zu berechnen.

[0130] Gemäß der Ausführungsform erfordert der eine FFT benutzende Angepasstdigitalfilterprozess keine Multiplikation im Zeitbereich, um einen Träger im empfangenen Signal mit dem Spreizcode zu synchronisieren. Während der Multiplikation zwischen FFT-Resultaten des empfangenen Signals und des Spreizcodes im Frequenzbereich benutzt die Ausführungsform das einfache Verfahren eines Verschiebens bzw. Schaltens eines der FFT-Resultate des empfangenen Signals und des Spreizcodes, um eine Beseitigung von Trägerkomponenten im empfangenen Signal zu ermöglichen.

[0131] Das Beispiel nach [Fig. 4](#) verschiebt bzw. schaltet eine Leseadresse im Speicher für das FFT-Resultat $R(k)$ des empfangenen Signals. Außerdem kann es vorzuziehen sein, eine Leseadresse im Speicher für das FFT-Resultat $C(k)$ des Spreizcodes in einer zum Verschieben bzw. Schalten für das FFT-Resultat $R(k)$ des empfangenen Signals umgekehrten Richtung zu verschieben bzw. schalten. Dies bedeutet eine Aufwärtsumsetzung im Multiplizierer.

[0132] Die oben erwähnte Ausführungsform stellt den Spreizcodeerzeugungsabschnitt **534** und den FFT-Verarbeitungsabschnitt **535** separat bereit. Außerdem kann es vorzuziehen sein, vorher die FFT auf die mit den jeweiligen GPS-Satelliten korrespondierenden Spreizcodes anzuwenden und die Spreizcodes im Speicher zu speichern. Dies macht es möglich, die FFT-Berechnung für den Spreizcode $c(n)$ fortzulassen, wenn ein Satellitensignal empfangen wird.

[0133] Auf diese Weise führt der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** des GPS-Empfängers gemäß der Ausführungsform einen eine FFT benutzenden Synchronisationserfassungsprozess schnell aus, detektiert C/A-Codephasen, Trägerfrequenzen, Korrelationsspitzenpegel und Satellitennummern und teilt sie dem Steuerungsabschnitt **7** mit. Der Steuerungsabschnitt **7** führt diese dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zu.

[0134] Wie in [Fig. 1](#) mit gestrichelter Linie angedeutet kann der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** dem Synchronisationshalteabschnitt **6** die C/A-Codephasen, Trägerfrequenzen, Korrelationsspitzenpegel und Satellitennummern, die im Synchronisationserfassungsabschnitt **5** detektiert werden, direkt mitteilen.

[Anderes Beispiel (1) einer spezifischen Konfiguration und von spezifischen Operationen des Synchronisationserfassungsabschnitts]

[0135] Das Beispiel nach [Fig. 4](#) benutzt eine bekannte Trägerfrequenz im vom GPS-Satelliten empfangenen Signal. Ein unten zu beschreibendes anderes Beispiel benutzt eine unbekanntes Trägerfrequenz. [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm, das eine spezifische Konfiguration und Operationen des Synchronisationserfassungsabschnitts **5** gemäß diesem Beispiel zeigt. Die miteinander korrespondierenden Teile des Synchronisationserfassungsabschnitts **5** des GPS-Empfängers in den [Fig. 8](#) und [Fig. 4](#) sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0136] Bei diesem Beispiel wird, wie in [Fig. 8](#) gezeigt, ein Korrelationsdetektionsausgangssignal vom Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** einem Leseadressensteuerungsabschnitt **539** zugeführt. Der Leseadressensteuerungsabschnitt **539** steuert die Schaltbeträge von Leseadressen aus dem Speicher **532** für FFT-Resultate des empfangenen Signals $r(n)$ auf Basis eines Korrelationsdetektionsausgangssignals aus dem Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** in Bezug auf eine von vergangenen Daten bestimmte geschätzte Adresse. Auf diese Weise ermöglicht der Leseadressensteuerungsabschnitt **539** dem Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538**, eine wie in [Fig. 5](#) gezeigte Spitze zu erhalten. Wenn der Korrelationspunktdetektionsabschnitt **538** die wie in

Fig. 5 gezeigte Spitze sukzessive erhält, stoppt der Leseadressensteuerungsabschnitt **539** die Umschaltsteuerung von Leseadressen durch Bestimmen des Verschiebe- bzw. Schaltbetrags zu dieser Zeit.

[0137] Das Folgende beschreibt einen Prozessfluss im DSP **53** des Synchronisationserfassungsabschnitts **5** gemäß diesem Beispiel in Bezug auf Flussdiagramme in den **Fig. 9** und **Fig. 10**. Die Flussdiagramme in den **Fig. 9** und **Fig. 10** korrespondieren mit Softwareprozessen im DSP **53**.

[0138] Der A/D-Umsetzer **45** im Frequenzumsetzungsabschnitt **4** setzt das IF-Signal (empfangenes Signal) in ein digitales Signal um, das dann im Speicher **52** als ein Signal $r(n)$ gespeichert wird (Schritt S1). Der FFT-Verarbeitungsabschnitt **531** wendet auf das Signal $r(n)$ eine FFT an. Das FFT-Resultat $R(k)$ wird in den Speicher **532** geschrieben (Schritt S2). Der Prozess platziert dann das FFT-Resultat $C(k)$ des Spreizcodes im Speicher **536**, wobei der Spreizcode mit dem GPS-Satelliten korrespondiert, von dem das Signal empfangen wird (Schritt S3).

[0139] Der Prozess bestimmt von den vergangenen Daten einen Initialwert k_0' für den Verschiebe- bzw. Schaltbetrag von Leseadressen aus dem Speicher **532** für das FFT-Resultat $R(k)$ des empfangenen Signals $r(n)$ (Schritt S4). Der Prozess definiert und bestimmt den Initialwert k_0' so, dass er ein Verschiebe- bzw. Schaltbetrag k' von Leseadressen aus dem Speicher **532** ist, und stellt die Anzahl m von Änderungen für die Schaltsteuerung auf den Initialwert $m = 0$ ein (Schritt S5).

[0140] Der Prozess liest das FFT-Resultat $R(k)$ des empfangenen Signals $r(n)$ durch Verschieben bzw. Schalten der Leseadresse um k' aus dem Speicher **532** (Schritt S6). Der Prozess multipliziert dann das gelesene FFT-Resultat $R(k-k')$ mit dem FFT-Resultat des Spreizcodes, um eine Korrelationsfunktion $F'(k)$ zu finden (Schritt S7).

[0141] Der Prozess führt für die Korrelationsfunktion $F'(k)$ eine inverse FFT aus, um eine Funktion $f'(n)$ im Zeitbereich zu finden (Schritt S8). Der Prozess findet einen Spitzenwert $f'(np)$ für die Funktion $f'(n)$ (Schritt S9). Es wird festgestellt, ob der Spitzenwert $f'(np)$ größer als ein vorbestimmter Schwellenwert f_{th} ist oder nicht (Schritt S11).

[0142] Wenn das beim Schritt S11 festgestellte Resultat zeigt, dass der Spitzenwert $f'(np)$ kleiner als der vordefinierte Schwellenwert f_{th} ist, wird angenommen, dass kein Korrelationspunkt detektiert ist. Der Prozess bestimmt, ob die Anzahl m von Änderungen für die Verschiebe- bzw. Schaltsteuerung kleiner als der vorbestimmte Maximumwert m_{max} ist oder nicht (Schritt S16). Wenn festgestellt wird, dass die Anzahl

m von Änderungen für die Schaltsteuerung kleiner als der vorbestimmte Maximumwert m_{max} ist, inkrementiert der Prozess die Anzahl m von Änderungen für die Schaltsteuerung um 1 ($m = m + 1$), konfiguriert den neuen Verschiebe- bzw. Schaltbetrag k' so, dass er $k' = k' + (-1)^m \times m$ ist (Schritt S17), und kehrt zum Schritt S6 zurück. Der Prozess wiederholt dann die oben erwähnten Schritte ab S6.

[0143] Wenn festgestellt wird, dass die Anzahl m von Änderungen für die Verschiebe- bzw. Schaltsteuerung größer oder gleich dem vorbestimmten Maximumwert m_{max} ist, stellt der Prozess fest, ob der oben erwähnte Spreizcodesynchronisationssuchprozess für alle Satelliten vollendet ist oder nicht (Schritt S14). Wenn festgestellt wird, dass der Spreizcodesynchronisationssuchprozess für alle Satelliten vollendet ist, endet die Suchoperation (Schritt S18).

[0144] Wenn beim Schritt **514** festgestellt wird, dass es einen Satelliten gibt, für den die Spreizcodesynchronisationssuche nicht vollendet ist, wählt der Prozess den Satelliten aus, für den die Spreizcodesynchronisationssuche auszuführen ist. Der Prozess ändert den Spreizcode in $c(n)$, das vom ausgewählten Satelliten zu benutzen ist (Schritt S15). Der Prozess kehrt dann zum Schritt S3 zurück und wiederholt die nach S3 folgenden Schritte.

[0145] Wenn beim Schritt S11 festgestellt wird, dass der Spitzenwert $f'(np)$ größer als der vorbestimmte Schwellenwert f_{th} ist, detektiert der Prozess die diskrete Zeit (Spreiudephase) np , die den Spitzenwert $f'(np)$ annimmt, als Korrelationspunkt. Während der Initialwert k_0' für den Verschiebe- bzw. Schaltbetrag von Leseadressen vom Speicher **532** für das FFT-Resultat $R(k)$ definiert wird, setzt der Prozess den Initialwert k_0' zu dieser Zeit auf den Schaltbetrag k' (Schritt S12).

[0146] Der Prozess stellt fest, ob der vierte Korrelationspunkt np detektiert ist oder nicht (Schritt S13). Wenn festgestellt wird, dass der vierte Korrelationspunkt detektiert ist, geht, was unten beschrieben wird, der Prozess zu einem Empfängerpositionsrechnungsprozess und einem Synchronisationshalteprozess im Synchronisationshalteabschnitt **6** weiter. Es ist möglich, vom gelesenen Adressenschaltbetrag k' den Dopplerverschiebebetrag für den empfangenen GPS-Satelliten und einen Oszillationsfrequenzfehler im GPS-Empfänger zu schätzen, wenn der beim Schritt S12 detektierte Korrelationspunkt np erhalten ist. Das heißt, es ist möglich, die Trägerfrequenz des empfangenen Signals zu detektieren.

[0147] Wenn beim Schritt **513** festgestellt wird, dass die Anzahl detektierter Korrelationspunkte np kleiner als 4 ist, stellt der Prozess fest, ob der oben beschriebene Spreizcodesynchronisationssuchprozess für alle Satelliten vollendet ist oder nicht (Schritt S14).

Wenn festgestellt wird, dass der Spreizcodesynchronisationssuchprozess für alle Satelliten vollendet ist, endet die Suchoperation (Schritt S18).

[0148] Wenn beim Schritt **514** festgestellt wird, dass es einen Satelliten gibt, für den die Spreizcodesynchronisationssuche nicht vollendet ist, wählt der Prozess den nächsten Satelliten aus, für den die Spreizcodesynchronisationssuche auszuführen ist. Der Prozess ändert den Spreizcode in $c(n)$, das vom ausgewählten Satelliten zu benutzen ist (Schritt S15). Der Prozess kehrt dann zum Schritt S3 zurück und wiederholt die nach S3 folgenden Schritte. [Fig. 8](#) zeigt auch die oben erwähnten Signalausgaben und Operationsresultate.

[0149] Wie oben erwähnt kann, selbst wenn im vom GPS-Satelliten empfangenen Signal eine unbekannte Trägerfrequenz enthalten ist, dieses Beispiel Trägerfrequenzkomponenten durch extensive Benutzung von FFT-Prozessen im Frequenzbereich und Detektieren der Synchronisation zwischen dem empfangenen Signalträger und dem Spreizcode beseitigen. Demgemäss ist es möglich, unter Benutzung des FFT-basierten angepassten Digitalfilters einen Korrelationspunkt zwischen dem empfangenen GPS-Signal und dem Spreizcode schnell und einfach zu finden.

[0150] Dieses Beispiel kann auch die FFT-Berechnung für den Spreizcode $c(n)$ während eines Satellitensignalempfangs durch vorheriges Anwenden der FFT auf mit den jeweiligen GPS-Satelliten korrespondierende Spreizcodes und Speichern der Spreizcodes im Speicher fortgelassen werden.

[Anderes Beispiel (2) einer spezifischen Konfiguration und von Operationen des Synchronisierungserfassungsabschnitts]

[0151] Wie oben erwähnt wird, wenn das angepasste Digitalfilter zum Detektieren eines Korrelationspunkts zwischen dem empfangenen Signal und dem Spreizcode benutzt wird, ein einzelner Zyklus des Spreizcodes normalerweise als eine Einheitsdatenlänge zum Detektieren des Korrelationspunkts definiert.

[0152] Wie oben erwähnt ist in einem von einem GPS-Satelliten empfangenen Signal ein einzelnes Datenbit äquivalent zu 20 Zyklen eines Spreizcodes. Der Code benutzt für diese 20 Zyklen das gleiche Muster. Auf Basis dieses Merkmals benutzt das Beispiel hier mehrere Spreizcodezyklen als die Einheitsdatenlänge zum Detektieren des Korrelationspunkts zwischen dem empfangenen Signal und dem Spreizcode mittels des passenden Digitalfilters.

[0153] Die Empfangsempfindlichkeit verbessert sich durch Ausführen der FFT-Operation für empfan-

gene Signale in Einheiten von mehreren Spreizcodezyklen. Eine Suche nach Trägerfrequenzen wird leichter als das Verfahren zum Akkumulieren von Signalen im gleichen Zeitbereich. Dieses Beispiel (anderes Beispiel (2)) wird unten weiter erläutert.

[0154] Es gibt existierende Beispiele zum Detektieren eines Korrelationspunkts für Einzyklusdaten, die für M Zyklen (M ist 2 oder eine größere ganze Zahl) des Spreizcodes im Zeitbereich akkumuliert werden (siehe beispielsweise US-Patent Nr. 4 998 111 oder „An Introduction to Snap Track™ Server-Aided GPS Technology, ION GPS-98 Proceedings“).

[0155] Wie in [Fig. 11](#) gezeigt akkumuliert das Verfahren für die existierenden Beispiele Resultate einer Multiplikation zwischen dem empfangenen Signal $r(n)$ und dem Spreizcode für M Zyklen. Das Verfahren für die existierenden Beispiele verbessert das C/N-Verhältnis durch Benutzung der Periodizität von vom GPS-Satelliten empfangenen Signalen und der statistischen Charakteristik von Rauschen. Wenn der Empfangensignalträger vorher mit dem Spreizcode synchron geht, verbessert sich das C/N-Rauschen M -fach. Deshalb verbessert sich die Empfangsempfindlichkeit (Empfindlichkeit zum Detektieren des Korrelationspunkts) M -fach.

[0156] Wenn jedoch der Empfangensignalträger nicht mit dem Spreizcode synchron geht, werden M Träger mit unterschiedlichen Phasen akkumuliert. Als ein Akkumulationsresultat wird das GPS-Signal selbst verschoben, was eine Detektion der Korrelationsspitze unmöglich macht.

[0157] Wenn eine Trägerfrequenz unbekannt ist, ist es notwendig, nach der Trägerfrequenz zu suchen. Dies macht eine ineffiziente Operation zur Ausführung einer Akkumulation für jede zu suchende Frequenz notwendig.

[0158] Im Gegensatz dazu können die oben erwähnten, anhand der [Fig. 4](#) und [Fig. 8](#) beschriebenen Beispiele eine Synchronisation zwischen dem Empfangensignalträger und dem Spreizcode mittels des einfachen Verfahrens zum Verschieben bzw. Schalten von Leseadressen für FFT-Resultate aus dem Speicher im Frequenzbereich gewährleisten. Demgemäss ist es möglich, den Akkumulationseffekt zu maximieren.

[0159] Ähnlich wie das anhand der [Fig. 8](#) schon beschriebene Verfahren sucht das Beispiel hier nach Trägerfrequenzen unter der Annahme, dass in dem vom GPS-Satelliten empfangenen Signal eine unbekannte Trägerfrequenz enthalten ist. Zu dieser Zeit wird die FFT für das empfangene Signal $r(n)$ bei allen M Zyklen des Spreizcodes ausgeführt. Für Trägerfrequenzen des empfangenen Signals wird bei allen M Zyklen eines Spreizcodes durch Steuern des Ver-

schiebe- bzw. Schaltbetrags von Leseadressen für FFT-Resultate des empfangenen Signals vom Speicher eine Suche ausgeführt.

[0160] Bei der oben erwähnten [Fig. 27](#) sind die Daten $d(n)$ in Gleichung (3) auf den Wert 1 oder -1 fixiert und sind deshalb während M Zyklen des Spreizcodes unter der Bedingung $M \leq 20$ vernachlässigbar. Die Gleichung (3) wird dann $r(n) = A c(n) \cos 2\pi n f_0 + n(n)$. Wenn für die M -Zykluslänge die diskrete Fouriertransformation angewendet wird, wird die Anzahl von Datenelementen als $M \times N$ ausgedrückt, wobei N die Anzahl von Datenelementen für einen einzelnen Zyklus des Spreizcodes ist. Nach der diskreten Fouriertransformation wird die Beziehung zwischen k und der tatsächlichen Frequenz f unter der Bedingung $0 \leq k \leq MN/2$ mit Bezug auf die Abtastfrequenz f_s gleich $f = k f_s / MN$ oder unter der Bedingung $MN/2 < k < MN$ gleich $f = (k - MN) f_s / MN$ ($f < 0$). Die Auflösung bzw. das Ergebnis wird mit M multipliziert.

[0161] Jedoch ist der Spreizcode $c(n)$ ein zyklisches Signal. Wenn die Zeit für einzelne Zykluslänge als T angenommen wird, ($T =$ eine Millisekunde für den GPS-C/A-Code), gibt es keine Frequenzkomponente, die eine Genauigkeit von $f = 1/T$ oder niedriger aufweist. Nach der diskreten Fouriertransformation zeigt das FFT-Resultat $R(k)$ ($0 \leq k < MN$) des empfangenen Signals $r(n)$ den Spreizcode $c(n)$, dessen Frequenzkomponenten sich bei allen M Datenelementen, das heißt bei einem Punkt von N Datenelementen aus MN Datenelementen konzentrieren. Die Amplitude wird für M Zyklen akkumuliert und wird deshalb M -mal größer als die Anzahl gleicher Frequenzkomponenten pro Frequenzlänge. [Fig. 12](#) zeigt ein Spektrumbeispiel unter der Bedingung $M = 4$.

[0162] Gemäß dem Beispiel nach [Fig. 12](#) gibt es bei jedem vierten Zyklus ein Signalspektrum. Dazwischen wird keine Signalkomponente gefunden. Mit Ausnahme eines Punkts von N Datenelementen weist der Spreizcode $c(n)$ keine Frequenzkomponente auf. Da das Rauschen $n(n)$ in vielen Fällen ein nicht zyklisches Signal ist, wird die Energie durch alle MN Frequenzkomponenten hindurch dispersiert. Deshalb verbessert sich wie die Akkumulation im Zeitbereich das C/N-Verhältnis in der Gesamtsumme von N -Frequenzkomponenten für den Spreizcode $c(n)$ im FFT-Resultat $R(k)$ des empfangenen Signals $r(n)$ M -fach.

[0163] Wenn das empfangene Signal $r(n)$ die Trägerkomponente $\cos 2\pi n f_0$ in Gleichung (3) der [Fig. 27](#) nicht aufweist, konzentriert sich die Frequenzkomponente des Spreizcodes $c(n)$ im FFT-Resultat $R(k)$ bei $k = i \times M$ ($0 \leq i < N$). Tatsächlich existiert die Trägerkomponente. Bei diesem Beispiel wird eine Leseadresse für das FFT-Resultat $R(K)$ aus dem Speicher als $k = (i \times M) - k_0$ pro Spreizcodezyklus definiert. Die Leseadresse wird zyklisch um den Betrag

der Trägerfrequenz k_0 verschoben bzw. geschaltet.

[0164] Die Gesamtkonfiguration des oben erwähnten Beispiels ist die gleiche wie die in [Fig. 8](#) gezeigte. Andererseits sind die im Speicher **52** gespeicherten IF-Daten äquivalent zu M Zyklen des Spreizcodes. [Fig. 13](#) zeigt eine Konfiguration, welche die oben erwähnten Prozessoperationen bezüglich der internen Konfiguration des DSP **53** reflektiert. [Fig. 13](#) nimmt $0 \leq K < MN$ und $0 \leq k < N$ an.

[0165] Der FFT-Verarbeitungsabschnitt **531** stellt ein FFT-Resultat $R(K)$ bereit, dessen FFT-Operationseinheit äquivalent zu M Zyklen eines Spreizcodes sind. Das FFT-Resultat $R(K)$ wird in den Speicher **532** geschrieben. Das FFT-Resultat wird aus dem Speicher **532** gelesen, wobei Leseadressen schiebe- bzw. schaltgesteuert werden, und dem Multiplikationsabschnitt **533** zugeführt. Das FFT-Resultat wird mit einem FFT-Resultat des Spreizcodes $c(n)$ aus dem Speicher **536** multipliziert.

[0166] Bei diesem Beispiel ist die vom Multiplikationsabschnitt **533** erhaltene Korrelationsfunktion $F(k)$ als Gleichung (8) in [Fig. 27](#) ausgedrückt. In der Gleichung (8) ist k in der komplexkonjugierten für das FFT-Resultat $C(k)$ des Spreizcodes enthalten, und k_0 ist als $f_0 = k_0 \cdot f_s / MN$ ausgedrückt.

[0167] Zu dieser Zeit stellt der Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitt **537** nach [Fig. 13](#) die Korrelationsfunktion $f'(n)$ bereit, deren Spitze den M Zyklen von $R(K)$ aufweisenden Spreizcode umfasst. Dort erscheinen M Spitzen im Bereich $0 \leq n < MN$.

[0168] Jedoch muss noch ein Korrelationspunkt pro Spreizcodezyklus detektiert werden. Wie bei den Beispielen nach den [Fig. 4](#) und [Fig. 8](#) muss der Invers-FFT-Verarbeitungsabschnitt **537** eine Berechnung nur im Bereich $n < N$ ausführen, was die Notwendigkeit zur Berechnung im Bereich $N \leq n < MN$ eliminiert.

[0169] Wie oben erwähnt bestimmt dieses Beispiel die Anzahl von FFTs für das empfangene Signal $r(n)$ durch Multiplizieren eines einzelnen Zyklus des Spreizcodes mit M . Es ist möglich, die Empfindlichkeit zum Detektieren eines Korrelationspunkts, das heißt die Empfangsempfindlichkeit zu verbessern.

[0170] Dieses Beispiel kann auch die FFT-Berechnung für den Spreizcode $c(n)$ während eines Satellitensignalempfangs durch vorher Anwenden der FFT auf mit jeweiligen GPS-Satelliten korrespondierende Spreizcodes und Speichern der Spreizcodes im Speicher fortlassen.

[Anderes Beispiel (3) einer spezifischen Konfiguration und von Operationen des Synchronisationserfassungsabschnitts]

[0171] Das oben erwähnte andere Beispiel (2) einer spezifischen Konfiguration und von Operationen des Synchronisationserfassungsabschnitts ermöglicht eine Suche nach unbekanntem Trägerfrequenzen und verbessert die Empfangsempfindlichkeit durch Ausführen eines FFT-Prozesses für das M Zyklen ($M > 1$) eines Spreizcodes aufweisende empfangene Signale $r(n)$. Jedoch wird die Anzahl von Datenabtastungen MN , das heißt N Abtastungen pro Spreizcodezyklus multipliziert mit M , was die FFT-Berechnungszeit und die Kapazität des Speichers **532** in [Fig. 13](#) erhöht. Das Beispiel hier (anderes Beispiel (3)) verbessert dieses Problem der Speicherkapazität.

[0172] Wenn M Zyklen ($M > 1$) eines Spreizcodes wie beim Beispiel nach [Fig. 12](#) als eine FFT-Prozesseinheit definiert werden, sind Komponenten zwischen allen M Frequenzkomponenten unnötig.

[0173] Hier wird das FFT-Resultat $R(K)$ mit $0 \leq K < MN$ in M Sätze wie beispielsweise $R(i \times M)$, $R(i \times M + 1)$, $R(i \times M + 2)$, ..., $R(i \times M + M - 1)$ mit $0 \leq i < N$ geteilt. Wenn das FFT-Resultat $R(K)$ in vier Sätze ($M = 4$) geteilt wird, zeigen die [Fig. 14](#) bis [Fig. 17](#) Beispiele geteilter Spektren in den jeweiligen Sätzen. Obgleich die Trägerfrequenz unbekannt ist, enthält einer der M Sätze eine Energie des GPS-Signals, für das die Korrelation detektiert werden muss. Die Beispiele in den [Fig. 14](#) bis [Fig. 17](#) zeigen, dass der $R(i \times M)$ -Satz in [Fig. 14](#) eine Frequenzkomponente des empfangenen Signals $r(n)$ enthält und die verbleibenden drei geteilten Spektren nur Rauschen enthalten.

[0174] Bei einem tatsächlichen Signal ist die Trägerfrequenz k_0 nicht genau $k' = k_0$. Wenn sich beispielsweise k_0' zwischen k_0' und $k_0' + 1$ befindet, werden sowohl in $k' = k_0'$ als auch $k' = k_0' + 1$ Korrelationen detektiert. Die Frequenz näher bei k_0 zeigt eine größere Korrelation an.

[0175] Wenn das FFT-Resultat $R(K)$ in M Sätze geteilt wird, wobei M durch Erheben von zwei zu irgendeinem Exponenten erhalten wird, kann jeder Satz entsprechend der Charakteristik der FFT-Berechnungsprozedur unabhängig berechnet werden.

[0176] [Fig. 18](#) zeigt einen Fluss von Signalen zur FFT-Berechnung von acht Datenelementen $g(0)$ bis $g(7)$. Wenn das FFT-Resultat $G(K)$ in [Fig. 18](#) in alle vierten Daten geteilt wird, sind vier Sätze wie beispielsweise $G(0)$, $G(4)$, $G(1)$, $G(5)$, $G(2)$, $G(6)$ und $G(3)$, $G(7)$ bereitgestellt. Wenn nur $G(0)$, $G(4)$ berücksichtigt werden, ist klar, dass nur die in [Fig. 19](#) gezeigte Berechnung ausreichend ist. Dieses Berechnungsschema ist das gleiche wie das für die an-

deren Sätze ($G(1)$, $G(5)$), ($G(2)$, $G(6)$) und ($G(3)$, $G(7)$).

[0177] Wenn diese vier Sätze von Daten einer nach dem andern verifiziert werden, wird der Satz ($G(0)$, $G(4)$) zuerst berechnet. Nachdem er verifiziert ist, gibt der Prozess den Speicher zum Speichern von ($G(0)$, $G(4)$) frei und geht zum nächsten Satz. Die verbleibenden Sätze ($G(1)$, $G(5)$), ($G(2)$, $G(6)$) und ($G(3)$, $G(7)$) werden der Reihe nach berechnet. Der Speicher wird freigegeben, wenn jeder Satz verifiziert worden ist. Eine Sequenz dieser Operationen verbraucht nur ein Viertel der für die FFT zum Finden von $G(0)$ bis $G(7)$ zu einer Zeit erforderlichen Speicherkapazität. Die Anzahl von Multiplikationen bleibt ungeändert, gleichgültig ob jeder der M Sätze individuell berechnet wird oder die ganzen M Sätze von der FFT zu einer Zeit berechnet werden.

[0178] Die gleiche Technik wie das oben erwähnte Beispiel kann durch Definieren von M so, dass es eine zu irgendeinem Exponenten erhobene 2 ist, auf $R(i \times M)$, $R(i \times M + 1)$, $R(i \times M + 2)$, ..., und $R(i \times M + M - 1)$ angewendet werden. Die Speicherkapazität zum Speichern des FFT-Resultats muss nur $1/M$ von MN , das heißt N sein. Wenn ein Versuch gemacht wird, den Korrelationspunkt in der Ordnung von $R(i \times M)$, $R(i \times M + 1)$, $R(i \times M + 2)$, ..., und $R(i \times M + M - 1)$ zu detektieren, kann der Korrelationspunkt bei einem Zwischensatz detektiert werden. Die verbleibenden Sätze brauchen nicht verifiziert zu werden. Es wird erwartet, dass die Verarbeitungszeit im Vergleich zu dem Detektionsverfahren zur Anwendung des FFT-Prozesses auf das empfangene Signal für alle M Zyklen des Spreizcodes zu einer Zeit verkürzt wird.

[0179] Die [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) zeigen Flussdiagramme für den Spreizcode und eine Trägersynchronisation beim oben erwähnten Beispiel. Um die Anzahl von FFTs zu minimieren, sucht das Beispiel nach den [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) in jedem FFT-Satz nach Trägerfrequenzen und detektiert die Korrelation für alle Satelliten auf die zu zielen ist. Die Flussdiagramme nach den [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) korrespondieren mit Softwareprozessen im Synchronisationserfassungsabschnitt **5** des DSP **53**.

[0180] Der Prozess initialisiert eine Variable j ($0 \leq j \leq M$) für die Anzahl von Sätzen, um $R(K)$ zu dividieren, wobei nur ($0 \leq K < MN$) und $K = i \times M + j$ gilt (Schritt S21). Der A/D-Umsetzer **45** im Frequenzumsetzungsabschnitt **4** setzt das empfangene Signal in ein digitales Signal um, das dann im Speicher **52** als Signal $r(n)$ gespeichert wird, wobei ($0 \leq n \leq MN$) gilt (Schritt S22). Der FFT-Verarbeitungsabschnitt **511** wendet auf das Signal $r(n)$ eine FFT an und schreibt ihr FFT-Resultat $R(K)$ in den Speicher **532**, wobei $K = i \times M + j$ gilt (Schritt S23). Unter der Annahme, dass es ein FFT-Resultat $C(k)$ des mit dem GPS-Satelliten, von dem das Signal empfangen wurde, korrespon-

dierenden Spreizcodes gibt, wird das FFT-Resultat $C(k)$ in den Speicher **536** gesetzt (Schritt S24).

[0181] Auf Basis beispielsweise der vergangenen Daten bestimmt der Prozess einen Initialwert k_0' für den Verschiebe- bzw. Schaltbetrag von Leseadressen aus dem Speicher **532** für das FFT-Resultat $R(K)$ des empfangenen Signals $r(n)$ (Schritt S25). Der Prozess definiert den bestimmten Initialwert k_0' so, dass er der Verschiebe- bzw.

[0182] Schaltbetrag k' von Leseadressen aus dem Speicher **532** ist, und setzt die Anzahl m von Änderungen für den Schaltbetrag auf einen Initialwert wie beispielsweise $m = 0$ (Schritt S5).

[0183] Der Prozess liest das FFT-Resultat $R(K)$ des empfangenen Signals $r(n)$ durch Verschieben bzw. Schalten der Leseadresse um k' aus dem Speicher **532** (Schritt S27). Der Prozess multipliziert dann das gelesene FFT-Resultat $R(K-k')$ mit dem FFT-Resultat des Spreizcodes, um eine Korrelationsfunktion $F'(k)$ zu finden (Schritt S28).

[0184] Der Prozess führt dann eine inverse FFT für die Korrelationsfunktion $F'(k)$ aus, um eine Funktion $f(n)$ im Zeitbereich zu finden (Schritt S29). Der Prozess findet einen Spitzenwert $f(np)$ für die Funktion $f(n)$ (Schritt S30). Es wird festgestellt, ob der Spitzenwert $f(np)$ größer als ein vorbestimmter Schwellenwert f_{th} ist oder nicht (Schritt S31).

[0185] Wenn das Feststellungsergebnis beim Schritt S31 zeigt, dass der Spitzenwert $f(np)$ kleiner als der vordefinierte Schwellenwert f_{th} ist, wird angenommen, dass kein Korrelationspunkt detektiert ist. Der Prozess stellt fest, ob die Anzahl m von Änderungen für die Verschiebe- bzw. Schaltsteuerung kleiner als der vordefinierte Maximumwert m_{max} ist oder nicht (Schritt S32). Wenn festgestellt wird, dass die Anzahl m von Änderungen für die Schaltsteuerung kleiner als der vordefinierte Maximumwert m_{max} ist, inkrementiert der Prozess die Anzahl m von Änderungen für die Schaltsteuerung um 1 ($m = m + 1$), konfiguriert den neuen Schaltbetrag so, dass er $k' = k' + (-1)^m \times m$ ist (Schritt S33), und kehrt zum Schritt S27 zurück. Der Prozess wiederholt dann die oben erwähnten Schritte ab S27.

[0186] Wenn festgestellt wird, dass die Anzahl m von Änderungen für die Schaltsteuerung größer oder gleich dem vordefinierten Maximumwert m_{max} ist, stellt der Prozess fest, ob der oben erwähnte Spreizcodesynchronisationssuchprozess für alle Satelliten vollendet ist oder nicht (Schritt S36). Wenn festgestellt wird, dass der Spreizcodesynchronisationssuchprozess für alle Satelliten vollendet ist, stellt der Prozess fest, ob die Variable j kleiner als der Maximumwert M ist oder nicht (Schritt S38). Wenn die Variable j kleiner als der Maximumwert M ist, inkremen-

tiert der Prozess die Variable j (Schritt S39). Der Prozess kehrt dann zum Schritt S23 zurück und wiederholt die oben erwähnten Schritte ab S23.

[0187] Wenn beim Schritt S38 festgestellt wird, dass die Variable größer oder gleich dem Maximumwert M ist, endet die Suchoperation (Schritt S40).

[0188] Wenn beim Schritt S36 festgestellt wird, dass es einen Satelliten gibt, für den die Spreizcodesynchronisationssuche nicht vollendet ist, wählt der Prozess den nächsten Satelliten aus, für den die Spreizcodesynchronisationssuche auszuführen ist. Der Prozess ändert den Spreizcode in $c(n)$, der vom ausgewählten Satelliten zu benutzen ist (Schritt S37). Der Prozess kehrt dann zum Schritt S24 zurück und wiederholt die folgenden Schritte nach S24.

[0189] Wenn beim Schritt S31 festgestellt wird, dass der Spitzenwert $f(np)$ größer als der vordefinierte Schwellenwert f_{th} ist, detektiert der Prozess die diskrete Zeit (Spreizcodephase) np , die den Spitzenwert $f(np)$ annimmt, als einen Korrelationspunkt. Während der Initialwert k_0' für den Verschiebe- bzw. Schaltbetrag von Leseadressen vom Speicher **532** für das FFT-Resultat $R(k)$ definiert wird, setzt der Prozess den Initialwert k_0' zu dieser Zeit auf den Verschiebe- bzw. Schaltbetrag k' (Schritt S34).

[0190] Der Prozess stellt fest, ob der vierte Korrelationspunkt np detektiert ist oder nicht (Schritt S35). Wenn festgestellt wird, dass der vierte Korrelationspunkt detektiert ist, geht der Prozess zum Empfängerpositionsberechnungsprozess und Synchronisationshalteprozess weiter. Es ist möglich, den Dopplerverschiebungsbetrag für den empfangenden GPS-Satelliten und einen Oszillationsfrequenzfehler im GPS-Empfänger vom Leseadressenschaltbetrag k' zu schätzen, wenn der beim Schritt S34 detektierte Korrelationspunkt np erhalten wird.

[0191] Wenn beim Schritt S35 festgestellt wird, dass die Anzahl von detektierten Korrelationspunkten np kleiner als 4 ist, geht der Prozess zum Schritt S36 weiter und führt die folgenden Schritte nach S36 aus.

[0192] Wenn die Trägerfrequenz wie bei dem anhand der [Fig. 4](#) beschriebenen Verfahren bekannt ist, ist es nur notwendig, nur einen relevanten Satz aus $R(i \times M)$, $R(i \times M + 1)$, $R(i \times M + 2)$, ... und $R(i \times M + M - 1)$, zu berechnen. In diesem Fall ist es ähnlich möglich, das Verfahren zur Anwendung der FFT auf das empfangene Signal in Einheiten von Zeitintervallen, die mehrere Zyklen eines Spreizcodes umfassen, zu benutzen.

[0193] Ein Gleitkorrelator als eine herkömmliche Technik erfordert im Prinzip beträchtliche Zeit. Im Gegensatz dazu stellen die oben erwähnten vier Beispiele die Verfahren zur Erfassung einer Synchroni-

sation zwischen dem Spreizcode des GPS-Empfängers und dem Träger bereit, um die Verarbeitungszeit durch die Benutzung des Hochgeschwindigkeits-GPS und dgl. stark verkürzen zu können.

[0194] Wenn die oben erwähnte Beschreibung der Ausführungsform die vorliegende Erfindung auf von GPS-Satelliten empfangene Signale angewendet hat, so ist die vorliegende Erfindung nicht auf Signale von GPS-Satelliten beschränkt. Die vorliegende Erfindung ist auch bei allen Fällen einer Erfassung einer Synchronisation zwischen einem Spreizcode eines empfangenen Signals und einem Träger anwendbar, selbst wenn die Trägerwelle des empfangenen Signals mit einem Signal moduliert ist, das Daten enthält, die vom Spreizcode spektrumgespreizt sind.

[Über den Synchronisationshalteabschnitt]

[0195] Der Synchronisationshalteabschnitt **6** konfiguriert C/A-Codephasen, Trägerfrequenzen und Satellitennummern, die vom Synchronisationserfassungsabschnitt **5** über den Steuerungsabschnitt **7** entsprechend dieser Stücke von Information zugeführt werden. Der Synchronisationshalteabschnitt **6** erfasst schnell die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation für IF-Daten vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4**. Der Synchronisationshalteabschnitt **6** hält dann die erfasste Trägerfrequenzsynchronisation und C/A-Codephasensynchronisation.

[0196] In diesem Fall benutzt der Synchronisationshalteabschnitt **6** die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation, die im Synchronisationserfassungsabschnitt **5** erfasst werden, um die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation sogleich zu halten und den synchronisierten Zustand aufrechtzuerhalten. Bei dieser Ausführungsform weist der Synchronisationshalteabschnitt **6** eine Costasschleife und eine DLL (Delay Locked Loop (Verzögerungsverriegelungsschleife)) auf.

[0197] [Fig. 22](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Konfigurationsbeispiel des Synchronisationshalteabschnitts **6** zeigt. In [Fig. 22](#) ist eine Costasschleife **61** durch die Bezugszeichen **612** bis **619** bezeichnet. In [Fig. 22](#) ist eine DLL **62** durch die Bezugszeichen **621** bis **644** bezeichnet.

[0198] Die Costasschleife **61** hält die Trägerfrequenzsynchronisation und extrahiert Navigationsmitteilungen als Übertragungsdaten. Die DLL **62** hält die C/A-Codephasensynchronisation. Die Costasschleife **61** und die DLL **26** führen zusammen eine inverse Spektrumspreizung für IF-Daten als ein empfangenes Signal aus, um vor der Spektrumspreizung unter Benutzung des gleichen PN-Codes wie des Spektrumspreiz-PN-Codes ein Signal zu erhalten. Außer-

dem demodulieren die Costasschleife **61** und die DLL **26** das Signal vor der Spektrumspreizung, um eine Navigationsmitteilung zu erhalten und diese Mitteilung dem Steuerungsabschnitt **7** zuzuführen. Das Folgende beschreibt Operationen der Costasschleife **61** und der DLL **62** spezieller.

(Über die Costasschleife **61**)

[0199] Die IF-Daten vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4** werden Multiplizierern **611**, **621** und **631** im Synchronisationshalteabschnitt **6** zugeführt. Wie in [Fig. 22](#) gezeigt werden den Multiplizierern **611**, **621** und **631** ein passender (prompter) PN-Code P, ein vorgesetzter (früher) PN-Code E bzw. ein verzögerter (später) PN-Code L jeweils von einem PN-Codegenerator **644** (in [Fig. 22](#) als PNG angedeutet) zugeführt.

[0200] Wie unten beschrieben wird erzeugt der PN-Codegenerator **644** den prompten PN-Code P, den frühen PN-Code E und den späten PN-Code L auf Basis von Signalen aus einem NCO **643**. In diesem Fall wird dem NCO **643** eine Frequenzinformation zugeführt, die im Steuerungsabschnitt **7** auf Basis eines im Synchronisationserfassungsabschnitts **5** erfassten Resultats konfiguriert wird. Der NCO **643** bildet ein Signal zur Steuerung des PN-Codegenerators **644**, um einen PN-Code zu erzeugen, der gleich dem spektrumgespreizten PN-Code ist, der die IF-Daten als ein zum Synchronisationshalten zielendes empfangenes Signal spektrumspreizt und eine passende Phase ohne Verstärkung oder Verlust aufweist. Der NCO **643** führt dann dieses Signal dem PN-Codegenerator **644** zu.

[0201] Wie oben erwähnt führt der PN-Codegenerator **644** den passenden (prompten) PN-Code P den vorgesetzten (frühen) PN-Code E und den verzögerten (späten) PN-Code L den Multiplizierern **611**, **621** bzw. **631** auf Basis des Signals aus dem NCO **643** zu. Der passende (prompte) PN-Code P ist der gleiche wie der spektrumgespreizte PN-Code, der die IF-Daten als ein zum Synchronisationshalten zielendes empfangenes Signal spektrumspreizt und eine passende Phase ohne Verstärkung oder Verlust aufweist. Der vorgesetzte (frühe) PN-Code E ist so konfiguriert, dass er die Phase um einen spezifizierten Betrag in Bezug auf den passenden (prompten) PN-Code P vorbringt. Der verzögerte (späte) PN-Code L ist so konfiguriert, dass er die Phase um einen spezifizierten Betrag in Bezug auf den passenden (prompten) PN-Code P verzögert.

[0202] Vor der Costasschleife **61** ist ein Multiplizierer **611** vorhanden. Der Multiplizierer **611** multipliziert IF-Daten vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4** mit dem prompten PN-Code P vom PN-Codegenerator **644** für eine inverse Spektrumspreizung. Der Multiplizierer **611** führt der Costasschleife **61** ein invers ge-

spreiztes Signal zu.

[0203] Wie in [Fig. 22](#) gezeigt weist die Costasschleife **61** einen numerisch gesteuerten Oszillator (nachfolgend als NCO (numerically controlled oscillator) bezeichnet) **612**, Multiplizierer **613** und **614**, TPFs (Tiefpassfilter) **615** und **616**, einen Phasendetektor **617**, ein Schleifenfilter **618** und einen Korrelationsdetektor **619** auf.

[0204] Ein im Multiplizierer **611** invers gespreiztes Signal wird den Multiplizierern **613** und **614** in der Costasschleife **61** zugeführt. Außerdem wird, wie in [Fig. 22](#) gezeigt, dem Multiplizierer **613** ein I-Signal (Sinus) zugeführt, wird dem Multiplizierer **614** ein Q-Signal (Cosinus) zugeführt. Das I- und Q-Signal werden im NCO **612** entsprechend Trägerfrequenzen als Frequenzinformation vom Steuerungsabschnitt **7** gebildet.

[0205] Der Multiplizierer **613** multipliziert die invers gespreizten IF-Daten und das I-Signal vom NCO **612** miteinander und führt sein Resultat über das TPF **615** dem Phasendetektor **617** zu. Der Multiplizierer **614** multipliziert die gespreizten IF-Daten und das Q-Signal vom NCO **612** miteinander und führt sein Resultat über das TPF **616** dem Phasendetektor **617** zu.

[0206] Den TPFs **615** und **616** wird vom Steuerungsabschnitt **7** eine Grenzfrequenzinformation zugeführt, und sie entfernen Außerbandrauschen vom zugeführten Signal. Auf Basis von Ausgangssignalen von den TPFs **615** und **616** detektiert der Phasendetektor **617** einen Phasenfehler zwischen dem IF-Datenträger und dem vom NCO **612** erzeugten Signal beispielsweise in einem Intervall von 1 Millisekunde. Der Phasendetektor **617** führt den Phasenfehler über das Schleifenfilter **618** dem NCO **612** zu. Auf diese Weise wird der NCO **612** so gesteuert, dass die Phase des Ausgangsträgersignals vom NCO **612** einer Trägerkomponente im empfangenen Signal folgt.

[0207] Das Schleifenfilter **618** in der Costasschleife **61** integriert entsprechend Parametern, die vom Steuerungsabschnitt zugeführt werden, den Phasenfehler vom Phasendetektor **617** und bildet ein NCO-Steuerungssignal zur Steuerung des NCO **612**. Wie oben erwähnt wird der NCO **612** auf Basis des NCO-Steuerungssignals vom Schleifenfilter **618** so gesteuert, dass die Phase des Ausgangsträgersignals vom NCO **612** einer Trägerkomponente im empfangenen Signal folgt.

[0208] Ausgangssignale von den TPFs **615** und **616** in der Costasschleife **61** werden dem Korrelationsdetektor **619** zugeführt. Der Korrelationsdetektor **619** multipliziert die von den TPFs **615** und **616** zugeführten Ausgangssignale mit sich selbst, führt eine Addition aus und gibt das Resultat aus. Das Ausgangssignal vom Korrelationsdetektor **619** zeigt einen Korre-

lationswert (P) zwischen den IF-Daten und dem prompten PN-Code P vom PN-Codegenerator **614** an. Der Korrelationswert (P) wird gespeichert, beispielsweise in einem Register (nicht gezeigt), um vom Steuerungsabschnitt **7** benutzt zu werden.

[0209] Auf Basis des Korrelationswerts (P) vom Korrelationsdetektor **619** stellt der Steuerungsabschnitt **7** fest, ob die Trägerfrequenzsynchronisation verriegelt oder nicht verriegelt ist. Wenn sie nicht verriegelt ist, steuert der Steuerungsabschnitt **7** die Costasschleife **61**, um die Trägerfrequenz einzubringen und zu verriegeln.

[0210] Das TPF **615** gibt demodulierte Übertragungsdaten aus. Diese Daten werden decodiert und konfiguriert, um im Steuerungsabschnitt **7** als eine Navigationsmitteilung benutzt zu werden.

(Über die DLL **62**)

[0211] Ein Multiplizierer **621** multipliziert IF-Daten vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4** mit dem frühen PN-Code E vom PN-Codegenerator **644** für eine inverse Spektrumspreizung. Der Multiplizierer **621** führt ein invers gespreiztes Signal Multiplizierern **622** und **623** in der DLL **62** zu. Wie oben erwähnt wird dem Multiplizierer **622** das im NCO **612** gebildete I-Signal zugeführt. Dem Multiplizierer **623** wird das im NCO **612** gebildete Q-Signal zugeführt.

[0212] Der Multiplizierer **622** multipliziert die invers gespreizten IF-Daten und das I-Signal vom NCO **612** miteinander und führt sein Resultat über das TPF **624** dem Korrelationsdetektor **626** zu. Ähnlich multipliziert der Multiplizierer **623** die invers gespreizten IF-Daten und das Q-Signal vom NCO **612** miteinander und führt sein Resultat über das TPF **625** dem Korrelationsdetektor **626** zu. Wie den TPFs **615** und **616** in der Costasschleife **61** wird den TPFs **624** und **625** vom Steuerungsabschnitt **7** Grenzfrequenzinformation zugeführt, und sie entfernen Außerbandrauschen vom zugeführten Signal.

[0213] Der Korrelationsdetektor **626** multipliziert die von den TPFs **624** und **625** zugeführten Ausgangssignale mit sich selbst, führt eine Addition aus und gibt das Resultat aus. Das Ausgangssignal vom Korrelationsdetektor **626** zeigt einen Korrelationswert (E) zwischen den IF-Daten und dem frühen PN-Code E vom PN-Codegenerator **644** an. Der Korrelationswert (E) wird dem Phasendetektor **641** zugeführt und gespeichert, beispielsweise in einem Register (nicht gezeigt), um vom Steuerungsabschnitt **7** benutzt zu werden.

[0214] Ähnlich multipliziert ein Multiplizierer **631** IF-Daten vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4** mit dem späten PN-Code L vom PN-Codegenerator **644** für eine inverse Spektrumspreizung. Der Multiplizie-

rer **631** führt ein invers gespreiztes Signal Multiplizieren **632** und **633** in der DLL **62** zu. Wie oben erwähnt wird dem Multiplizierer **632** das im NCO **612** gebildete I-Signal zugeführt. Dem Multiplizierer **633** wird das vom NCO **612** gebildete Q-Signal zugeführt.

[0215] Der Multiplizierer **632** multipliziert die invers gespreizten IF-Daten und das I-Signal vom NCO **612** miteinander und führt sein Resultat über das TPF **634** dem Korrelationsdetektor **636** zu. Ähnlich multipliziert der Multiplizierer **633** die invers gespreizten IF-Daten und das Q-Signal vom NCO **612** miteinander und führt sein Resultat über das TPF **635** dem Korrelationsdetektor **626** zu. Wie bei den oben erwähnten TPFs **624** und **625** wird den TPFs **634** und **635** vom Steuerungsabschnitt **7** Grenzfrequenzinformation zugeführt, und sie entfernen Außerbandrauschen vom zugeführten Signal.

[0216] Der Korrelationsdetektor **636** multipliziert die von den TPFs **634** und **635** zugeführten Ausgangssignale mit sich selbst, führt eine Addition aus und gibt das Resultat aus. Das Ausgangssignal vom Korrelationsdetektor **636** zeigt einen Korrelationswert (L) zwischen den IF-Daten und dem späten PN-Code L vom PN-Codegenerator **644** an. Der Korrelationswert (L) wird dem Phasendetektor **641** zugeführt und gespeichert, beispielsweise in einem Register (nicht gezeigt), um vom Steuerungsabschnitt **7** benutzt zu werden.

[0217] Dem Phasendetektor **641** wird der Korrelationswert (E) vom Korrelationsdetektor **626** und der Korrelationswert (L) vom Korrelationsdetektor **636** zugeführt, und er detektiert einen Phasenfehler zwischen beiden. Der Phasendetektor **641** bildet ein Signal zum Einstellen eines Ausgangssignals vom NCO, das dem PN-Codegenerator **644** zuzuführen ist, so dass die Korrelationswerte (E) und (L) auf Basis des Phasenfehlers der gleiche Pegel werden. Der Phasendetektor **641** führt das Signal über ein Schleifenfilter **642** dem NCO **643** zu.

[0218] Wie oben erwähnt wird dem NCO **643** Frequenzinformation zugeführt, die eine Anfangs- bzw. Initialfrequenz vom Steuerungsabschnitt **7** entsprechend einem Halteresultat vom Synchronisationserfassungsabschnitt **5** anzeigt. Der NCO **643** erzeugt ein Signal zum Betreiben des PN-Codegenerators **644**, um einen mit dem die IF-Daten als ein Signal vom angezielten GPS-Satelliten Spektrum-spreizenden PN-Code synchronisierten PN-Code zu erzeugen. Wie oben erwähnt stellt der NCO **643** die Phase eines dem PN-Codegenerator **644** über das Schleifenfilter **642** zuzuführenden Signals auf Basis des Signals vom Phasendetektor **641** ein.

[0219] Auf diese Weise wird an der Phase eines im PN-Codegenerator **644** zu erzeugenden PN-Codes entsprechend dem Signal vom NCO **643** eine Einstel-

lung gemacht. Der im PN-Codegenerator **644** erzeugte prompte PN-Code P kann der PN-Codespektrumspreizung der IF-Daten folgen. Es ist möglich, die inverse Spektrumspreizung für die IF-Daten unter Benutzung des prompten PN-Codes P genau auszuführen. Die Costasschleife **61** kann Empfangsdaten demodulieren.

[0220] Wie das oben erwähnte Schleifenfilter **618** in der Costasschleife **61** integriert das Schleifenfilter **642** in der DLL **62** auf Basis von Parametern, die vom Steuerungsabschnitt **7** zugeführt werden, Phasenfehlerinformation vom Phasendetektor **641** und bildet ein NCO-Steuerungssignal zur Steuerung des NCO **643**.

[0221] Auf diese Weise synchronisiert und hält der Synchronisationshalteabschnitt **6** die durch die Spreizspektrumsmodulation verarbeiteten IF-Daten. Die Costasschleife **61** im Synchronisationshalteabschnitt **6** demoduliert eine Navigationsmitteilung als Übertragungsdaten. Wie oben erwähnt stellt das TPF **615** ein demoduliertes Ausgangssignal der Navigationsmitteilung bereit. Die Navigationsmitteilung wird einer Datendemodulationsschaltung (nicht gezeigt) zugeführt und in Daten demoduliert, die dem Steuerungsabschnitt **7** zugeführt werden können. Die Navigationsmitteilung wird dann dem Steuerungsabschnitt **7** zugeführt und zur Positionierungsberechnung benutzt.

[0222] Tatsächlich ist es notwendig, Signale von mehreren unterschiedlichen GPS-Satelliten empfangen und die Signale gleichzeitig verarbeiten zu können. Zu diesem Zweck ist der Synchronisationshalteabschnitt **6** konfiguriert, um einen Teil zu aufzuweisen, der wenigstens vier Costasschleifen **61** und DLLs **62** aufweist. Der jede von parallel bereitgestellten Costasschleifen **61** und DLLs **62** aufweisende Teil erfasst (inkorporiert) und hält Synchronisationen für die Trägerfrequenz und den D/A-Code, wie sie oben erwähnt sind, um Navigationsmitteilungen zu erhalten.

[Über den Steuerungsabschnitt]

[0223] Der Steuerungsabschnitt steuert jeden Teil des GPS-Empfängers gemäß der Ausführungsform. Außerdem werden dem Steuerungsabschnitt **7** vom Synchronisationshalteabschnitt **6** Navigationsmitteilungen zugeführt, um Positionierungsoperationen oder unterschiedliche Zeitdetektionen (Zeitmessungen) auszuführen.

[0224] [Fig. 23](#) stellt schematisch ein Konfigurationsbeispiel des Steuerungsabschnitts **7** dar. Wie in [Fig. 23](#) gezeigt weist der Steuerungsabschnitt eine CPU (Central Processing Unit (Zentraleinheit)) **71**, einen ROM (Read Only Memory (Nurlesespeicher)) **72**, einen RAM (Random Access Memory (Direktzugriffs-

speicher)) **73**, einen Zeitzähler **74** und eine RTC (Real Time Clock (Echtzeituhr)) **75** auf.

[0225] Der ROM **72** speichert unterschiedliche Daten, die für Programme und Prozesse, die in der CPU **71** ausgeführt werden, speichert. Der RAM **73** wird hauptsächlich als ein Arbeitsbereich zum temporären Speichern von Zwischenresultaten während unterschiedlicher Prozesse benutzt. Der Zeitzähler **74** und die RTC **75** werden für unterschiedliche Zeitdetektionen (Zeitmessungen) benutzt.

[0226] Wie oben erwähnt hält der Steuerungsabschnitt **7** des GPS-Empfängers gemäß der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform schnell die Synchronisation der Trägerfrequenz des empfangenen Signals und die Phasensynchronisation des C/A-Codes. Auf Basis des Erfassungsergebnisses steuert der Steuerungsabschnitt **7** den Synchronisationshalteabschnitt **6**, um die Synchronisation der Trägerfrequenz des empfangenen Signals und die Phasensynchronisation des C/A-Codes sogleich aufzunehmen. Der Steuerungsabschnitt **7** hält die Synchronisation, um Bitdaten als Navigationsdaten zu erhalten, und führt eine Positionierungsoperation aus. Der Steuerungsabschnitt **7** kann die laufende Position genau berechnen und sie über einen Host-I/O-Anschluss **31** (I/O = input/output (Eingang/Ausgang)) ausgeben.

[0227] Bei [Fig. 1](#) wird dem Timinggenerator **8** ein Referenzfrequenzsignal vom TCXO **11** zugeführt, und er multipliziert es und dividiert es, um ein Taktsignal zu bilden, das jeder Komponente zuzuführen ist. Der Timinggenerator **8** führt das Taktsignal jeder der Komponenten wie beispielsweise der CPU, der Synchronisationserfassungsabschnitt **5**, dem Synchronisationshalteabschnitt **6** und dgl. zu, um beobachtete Elemente jeder Komponente zum Betrieb freizugeben.

(Über intermittierenden Betrieb)

[0228] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt benutzt der GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform einen Energie- bzw. Leistungssteuerungsabschnitt **9**, der vom Steuerungsabschnitt **7** gesteuert wird, um Steuerungsschalter **21**, **22**, **23** und **24** individuell zu steuern. Die Schalter **21**, **22**, **23** und **24** korrespondieren mit dem Frequenzumsetzungsabschnitt **4**, dem Synchronisationserfassungsabschnitt **5**, dem Synchronisationshalteabschnitt **6** bzw. dem Steuerungsabschnitt **7** und schalten für diese Abschnitte vorhandene Energieversorgungen ein oder aus.

[0229] Der GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform steuert eine Energie- bzw. Leistungszufuhr zum Synchronisationshalteabschnitt **6**, der konfiguriert ist, um eine sogenannte Rückkopplungsschleife zu sein. Der GPS-Empfänger betreibt den Synchronisationshalteabschnitt **6** intermittierend, um

den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers zu erniedrigen. Der GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform misst nicht einen Bereich in einem sehr kurzen Zyklus wie beispielsweise 100 Millisekunden. Wie in [Fig. 31](#) gezeigt misst der GPS-Empfänger einen Bereich jede Sekunde, das heißt in einem ausreichend zu benutzendes Zeitintervall, um Positionierungsinformation, welche die laufende Position des GPS-Empfängers anzeigt, zu berechnen und auszugeben. Das Folgende beschreibt einen intermittierenden Betrieb des GPS-Empfängers, wenn der GPS-Empfänger konfiguriert ist, um jede Sekunde die Positionierungsinformation, welche die laufende Position des GPS-Empfängers anzeigt, zu berechnen und auszugeben.

[0230] Drücken eines Energieversorgungsschalters für den GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform schaltet die Energie bzw. Leistung für den GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform ein, um die Energie bzw. Leistung jeder Komponente des GPS-Empfängers zuzuführen. In diesem Fall schaltet der Energie- bzw.

[0231] Leistungssteuerungsabschnitt **9** die Schalter **21**, **22** und **24** ein. Demgemäß werden auch der Frequenzumsetzungsabschnitt **4**, der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** und der Steuerungsabschnitt **7** aktiviert.

[0232] An der Antenne **1** wird ein Hochfrequenz-GPS-Signal vom GPS-Satelliten empfangen. Das empfangene Signal wird über den Verstärker **2** und das BPF **3** dem Frequenzumsetzungsabschnitt **4** zugeführt. Der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** setzt das Signal in ein Zwischenfrequenz-GPS-Signal abwärts um und führt das Signal dem Synchronisationserfassungsabschnitt **5** und dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zu.

[0233] Wie oben erwähnt ist der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** so konfiguriert, dass er ein angepasstes Filter ist. Unter Benutzung der FFT erfasst der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** schnell die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation. Der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** führt dann dem Steuerungsabschnitt **7** eine erfasste Phasensynchronisation für die Trägerfrequenz und den C/A-Code zu.

[0234] Auf Basis der Information vom Synchronisationserfassungsabschnitt **5** ordnet der Steuerungsabschnitt **7** notwendige Information wie beispielsweise die erfasste Trägerfrequenz und C/A-Codephasensynchronisation dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zu. Unter der Steuerung des Steuerungsabschnitts **7** bildet der Energie- bzw. Leistungssteuerungsabschnitt **9** ein Schaltsteuerungssignal CT3, das den Zustand des Schalters **23** von aus in ein ändert. Der Leistungssteuerungsabschnitt **9** führt dieses Signal

dem Schalter **23** zu, um ihn einzuschalten. Auf diese Weise wird dem Synchronisationshalteabschnitt **6** Energie bzw. Leistung zugeführt, und er arbeitet, um vom beabsichtigten GPS-Satelliten ein GPS-Signal schnell zu erfassen und dieses Signal zu halten.

[0235] Wie oben erwähnt sucht der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** in einem relativ weiten Bereich nach der Phasensynchronisation für die Trägerfrequenz und den C/A-Code und erfasst diese. Dieses Erfassungsergebnis wird zur Steuerung des Synchronisationshalteabschnitts **6** benutzt. Der Synchronisationshalteabschnitt **6** braucht in einem nur begrenzten Bereich nur nach der Phasensynchronisation für die Trägerfrequenz und den C/A-Code zu suchen, was es möglich macht, die Phasensynchronisation sehr schnell zu erfassen.

[0236] Es tritt ein Warten bis zum Finden einer Anpassung zwischen der Phasensynchronisation für die Trägerfrequenz und den C/A-Code auf. Die Wartezeit zur Erfassung kann mit einer Verarbeitungsgeschwindigkeit der CPU **71** oder unter anderen Bedingungen variieren. Wenn einmal die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation erfasst sind, hält der Synchronisationshalteabschnitt **6** die Synchronisation, erhält Bereichsdaten wie beispielsweise eine GPS-Signalübertragungszeit, die zur Positionsberechnung notwendig sind, und führt diese Daten dem Steuerungsabschnitt **7** zu. Zu dieser Zeit kann es vorteilhaft sein, notwendige Bereichsdaten hinsichtlich eines Filters zu erhalten, um Bereichsunebenheiten zu erniedrigen.

[0237] Wenn die notwendige Menge von Bereichsdaten erhalten ist, steuert der Steuerungsabschnitt **7** den Energie- bzw. Leistungssteuerungsabschnitt **9**, um den Schalter **23** auszuschalten. Das heißt, der Leistungssteuerungsabschnitt **9** bildet ein Schaltsteuerungssignal CT3, das den Zustand des Schalters **23** von ein in aus ändert. Der Leistungssteuerungsabschnitt **9** führt dieses Signal dem Schalter **23** zu, um ihn auszuschalten. Dies stoppt die Zufuhr der Energie bzw. Leistung zum Synchronisationshalteabschnitt **6**. Der Synchronisationshalteabschnitt **6** stoppt den Betrieb, um den Energie bzw. Leistungsverbrauch zu erniedrigen.

[0238] Danach berechnet der Steuerungsabschnitt **7** unter Benutzung der erhaltenen Bereichsdaten eine Position. Der Steuerungsabschnitt **7** führt einen Prozess aus, um dem GPS-Empfänger zu ermöglichen, die berechnete Positionierungsinformation, welche die laufende Position des GPS-Empfängers anzeigt, auszugeben. Der GPS-Empfänger ist konfiguriert, um jede Sekunde die Positionierungsinformation, welche die laufende Position des GPS-Empfängers anzeigt, auszugeben. Wenn es 0,5 Sekunden braucht, um Bereichsdaten zu erhalten, die zum Berechnen der Positionierungsinformation benötigt wer-

den, kann der Synchronisationshalteabschnitt **6** den Betrieb während 0,5 Sekunden, nach denen die Bereichsdatenerfassung bis zum Berechnen und Ausgeben der Positionierungsinformation beendet ist, stoppen.

[0239] [Fig. 24](#) stellt aktive und inaktive Perioden für den Synchronisationshalteabschnitt **6** gemäß diesem Beispiel dar. Wie in [Fig. 24](#) gezeigt berechnet der Synchronisationshalteabschnitt **6** die Positionierungsinformation, welche die laufende Position des GPS-Empfängers anzeigt, jede Sekunde und gibt sie aus. Wenn es für den Synchronisationshalteabschnitt **6** 0,5 Sekunden braucht, um die Bereichsdaten zu erhalten, kann der Synchronisationshalteabschnitt den Betrieb während 0,5 Sekunden nach Erfassung der Bereichsdaten bis zur Ausgabe der Positionierungsinformation den Betrieb stoppen.

[0240] Nachdem die Positionierungsinformation ausgegeben ist, wird die Energie bzw. Leistung dem inaktiven Synchronisationshalteabschnitt **6** zugeführt, um ihn zu betreiben. Nach dem Einbringen und Halten der Synchronisation, um die Bereichsdaten zu erhalten, stoppt die Energie- bzw. Leistungszufuhr zum Synchronisationshalteabschnitt **6**. Auf diese Weise arbeitet und stoppt der Synchronisationshalteabschnitt **6** annähernd alle 0,5 Sekunden. Dies macht es möglich, die Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts **6** auf fast die Hälfte der konstanten Betriebszeit zu verkürzen. Es ist möglich, den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers auf die reduzierte Betriebszeit zu reduzieren.

[0241] Wenn das Beispiel des intermittierenden Betriebs nur des Synchronisationshalteabschnitts **6** beschrieben worden ist, so ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann es vorzuziehen sein, die Start- und Stoppbedingungen des Frequenzumsetzungsabschnitts **4** synchron mit dem Start- und Stoppbedingungen des Synchronisationshalteabschnitts **6** zu steuern. Wenn der Synchronisationshalteabschnitt **6** inaktiv ist, wird das GPS-Signal als das empfangene Signal nicht verarbeitet, selbst wenn es dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zugeführt wird. Während der Synchronisationshalteabschnitt **6** stoppt, verursacht ein Stoppen von Operationen bzw. Berieben des Frequenzumsetzungsabschnitts **7** kein Problem.

[0242] Während bei diesem Beispiel die Positionierungsinformation jede Sekunde ausgegeben wird, kann es nach der Bereichsdatenerfassung bis zur Positionierungsinformationsberechnung weniger als eine Sekunde dauern. Während dieser Periode kann es vorzuziehen sein, die Zufuhr der Energie bzw. Leistung zu den gesamten Schaltungsteilen wie beispielsweise dem Synchronisationserfassungsabschnitt und dem Steuerungsabschnitt **7** zu stoppen oder zu stoppen, dass sie arbeiten. Dies kann den

Energie- bzw. Leistungsverbrauch weiter reduzieren.

[0243] Das Folgende beschreibt weiter den oben erwähnten intermittierenden Betrieb insbesondere des Synchronisationshalteabschnitts **6** anhand eines Flussdiagramms der [Fig. 25](#). [Fig. 25](#) ist ein Flussdiagramm zum Beschreiben des intermittierenden Betriebs des GPS-Empfängers gemäß der Ausführungsform. Das Flussdiagramm stellt einen Prozess bereit, wenn beispielsweise die Energie bzw. Leistung an den GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform angelegt ist.

[0244] Wenn die Energie bzw. Leistung an den in [Fig. 1](#) gezeigten GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform angelegt ist, wird die Energie bzw. Leistung auch an die Teile anders als der Synchronisationshalteabschnitt **6** angelegt. Dem Synchronisationserfassungsabschnitt **5** werden vom Frequenzumsetzungsabschnitt **4** IF-Daten zugeführt, und er führt den Synchronisationserfassungsprozess schnell aus, um Information wie beispielsweise die Trägerfrequenz und/oder die C/A-Codephase schnell zu erfassen (Schritt S101).

[0245] Auf Basis der Information wie beispielsweise der Trägerfrequenz und der C/A-Codephase, die beim Schritt S101 erfasst werden, setzt der Prozess Initialwerte, die für Operationen bzw. Betriebe des Synchronisationshalteabschnitts **6** notwendig sind (Schritt S102). Im GPS-Empfänger gemäß der Ausführungsform setzt der Steuerungsabschnitt **7** Initialwerte für den Synchronisationshalteabschnitt **6**. Danach steuert der Steuerungsabschnitt **7** den Energie- bzw.

[0246] Leistungssteuerungsabschnitt **9**, um den für den Synchronisationshalteabschnitt **6** vorhandenen Schalter **23** einzuschalten und den Synchronisationshalteabschnitt **6** zu betreiben (Schritt S103).

[0247] Dieses Beispiel steuert den Energie- bzw. Leistungs-Ein/Aus-Zustand des Frequenzumsetzungsabschnitts **4** synchron mit dem Energie- bzw. Leistungs-Ein/Aus-Zustand des Synchronisationshalteabschnitts **6**. Jedoch wird der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** zur Synchronisationserfassung eingeschaltet, unmittelbar nachdem die Energie bzw. Leistung zugeführt wird. Aus diesem Grund wird der Prozess zum Einschalten des Frequenzumsetzungsabschnitts **4** von dem wiederholt auszuführenden ersten Prozess beim Schritt S103 fortgelassen.

[0248] Der zweite oder spätere Prozess beim Schritt S103 schaltet den für den Frequenzumsetzungsabschnitt **4** vorgesehenen Schalter **21** ein. Dies ermöglicht dem inaktiven Frequenzumsetzungsabschnitt **4**, synchron mit dem Synchronisationserfassungsabschnitt **6** zu arbeiten.

[0249] Nach dem Prozess beim Schritt S103 führt der Synchronisationshalteabschnitt **6** die Synchronisationserfassung für das GPS-Signal auf Basis der als ein Resultat der Erfassung seitens des vom Steuerungsabschnitt **7** initialisierten Synchronisationserfassungsabschnitts **5** schnell aus. Deshalb wartet der Synchronisationshalteabschnitt **6**, bis die Synchronisation erfasst ist (Schritt S104). Wenn die Synchronisation erfasst ist, ist der Synchronisationshalteabschnitt **6** danach zum Halten der Synchronisation bereit. Der Synchronisationshalteabschnitt **6** erfasst Bereichsdaten, die zur Berechnung des Bereichs notwendig sind, und führt die Bereichsdaten dem Steuerungsabschnitt **7** zu (Schritt S105).

[0250] Nach Erfassung der Bereichsdaten steuert der Steuerungsabschnitt den Energie- bzw. Leistungssteuerungsabschnitt **9**, um den Schalter **23** für den Synchronisationshalteabschnitt **6** und den Schalter **21** für den Frequenzumsetzungsabschnitt **4** auszuschaalten. Auf diese Weise stoppt der Steuerungsabschnitt **7** Operationen bzw. Betriebe des Synchronisationshalteabschnitts **6** und des Frequenzumsetzungsabschnitts **4** (Schritt S106).

[0251] Der Steuerungsabschnitt **7** benutzt die erfassten Bereichsdaten, um die Position des GPS-Empfängers zu berechnen (Schritt S107). Der Steuerungsabschnitt **7** gibt dann die berechnete und erhaltene Information (Positionierungsinformation), welche die Position des Empfängers anzeigt, aus (Schritt S108). Danach wird, wie in [Fig. 25](#) gezeigt, der Prozess beim Schritt S102 und später wiederholt.

[0252] Wenn die Positionierungsinformation jede Sekunde ausgegeben wird, müssen der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** und der Synchronisationshalteabschnitt **6**, wie in [Fig. 25](#) gezeigt, für annähernd 0,5 Sekunden arbeiten. Der Frequenzumsetzungsabschnitt **4** und der Synchronisationshalteabschnitt **6** stoppen annähernd 0,5 Sekunden nach der Bereichsdatenerfassung bis zur Positionierungsdatenausgabe. Demgemäß ist es möglich, den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers ohne Beeinflussung einer Sequenz des Positionierungsprozesses für den GPS-Empfänger zu reduzieren.

[0253] Wenn die oben erwähnte Ausführungsform das Beispiel der Ausgabe der Positionierungsinformation jede Sekunde beschrieben hat, so ist der Ausgabezyklus (das Ausgabeintervall) der Positionierungsinformation nicht auf eine Sekunde beschränkt. Der Ausgabezyklus der Positionierungsinformation kann kürzer oder länger als eine Sekunde, beispielsweise wenn der Ausgabezyklus der Positionierungsinformation auf zwei oder drei Sekunden erhöht wird, sein.

[0254] Ein langer Zyklus für die Positionierungsinformationsausgabe erhöht einen Fehler des für den

Synchronisationshalteabschnitt 6 zu definierenden Initialwerts. Als ein Resultat braucht es eine lange Zeit zum Erfassen der Trägersynchronisation und der C/A-Codephasensynchronisation. Um dies zu lösen ist es vorzuziehen, die Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts 6 oder Betriebszeiten des Synchronisationshalteabschnitts 6 und des Frequenzumsetzungsabschnitts 4 entsprechend dem Zyklus der Positionierungsinformationsausgabe ändern zu können.

[0255] Die Fig. 26A bis Fig. 26C zeigen Fälle einer Änderung der Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts. Wie beispielsweise in Fig. 26A gezeigt spezifiziert ein Standardmodus einen Zyklus T für die Positionierungsinformationsausgabe. Es sei angenommen, dass für den ab der Synchronisationseinbringung startenden und bis zur Bereichsdatenerfassung haltenden Prozess annähernd die Zeit T/2 erforderlich ist. In diesem Fall wird der Synchronisationshalteabschnitt 6 bei wenigstens annähernd T/2 zum Stoppen gebracht. Während dieser Zeit werden die erfassten Bereichsdaten für eine Positionierungsoperation benutzt, um die Positionierungsinformation auszugeben.

[0256] Fig. 26B zeigt einen sogenannten Kurzmodus, dessen Ausgabezyklus TS der Positionierungsinformation kürzer als der Zyklus T des Standardmodus nach Fig. 26A ist. Im Kurzmodus besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für abweichende Werte wie beispielsweise der für den Synchronisationshalteabschnitt 6 definierten Trägerfrequenz, während der Synchronisationshalteabschnitt 6 stoppt. Er braucht für den ab der Synchronisationseinbringung startenden und bis zur Bereichsdatenerfassung haltenden Prozess TS/2 oder weniger. Das heißt, es wird berücksichtigt, dass der Kurzmodus im Vergleich zum Standardmodus eine kürzere Zeit für den ab der Synchronisationseinbringung startenden und bis zur Bereichsdatenerfassung haltenden Prozess braucht. In einem solchen Fall sollte der Synchronisationshalteabschnitt 6 konfiguriert sein, um die Betriebszeit kürzen zu können.

[0257] Fig. 26C zeigt einen sogenannten Langmodus, dessen Ausgabezyklus TL der Positionierungsinformation länger als der Zyklus T des Standardmodus nach Fig. 26A ist. Im Langmodus besteht eine große Wahrscheinlichkeit für eine Abweichung von Werten wie beispielsweise der für den Synchronisationshalteabschnitt 6 definierten Trägerfrequenz, während der Synchronisationshalteabschnitt 6 stoppt. Im Vergleich zum Standardmodus erfordert der Langmodus eine längere Zeit für den ab der Synchronisationserfassung startenden und bis zur Bereichsdatenerfassung haltenden Prozess. In einem solchen Fall sollte der Synchronisationshalteabschnitt 6 konfiguriert sein, um die Betriebszeit erweitern zu können.

[0258] Bei dem in Fig. 26C gezeigten Langmodus sei angenommen, dass es möglich ist, die für den ab der Synchronisationseinbringung startenden und bis zur Bereichsdatenerfassung haltenden Prozess erforderliche Zeit TL/2 zu kürzen. In einem solchen Fall ist es möglich, eine längere Zeit zum Stoppen des Synchronisationshalteabschnitts 6 zu gewährleisten, was die Möglichkeit einer Energiesicherung bzw. -einsparung erhöht.

[0259] Es ist möglich, die Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts 6 durch Bereitstellen einer Steuerung zum Ein- oder Ausschalten des Schalters 23 in Fig. 1 zu ändern. Das heißt, eine Erweiterung des Ein-Zustands des Schalters 23 erweitert die Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts 6. Im Gegensatz dazu verkürzt eine Kürzung des Ein-Zustands des Schalters 23 die Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts 6.

[0260] Außerdem ist es möglich, die Zeit zum Stoppen des Synchronisationshalteabschnitts 6 entsprechend der Zeit zum Betreiben des Synchronisationshalteabschnitts 6 zu variieren. Es ist auch möglich, die Zeit zum Stoppen des Synchronisationshalteabschnitts 6 als die für die Positionierungsoperation benötigte Zeit zu spezifizieren.

[0261] Wie oben erwähnt läßt ein langer Zyklus zur Positionierungsinformationsausgabe Werte wie beispielsweise die für den Synchronisationshalteabschnitt 6 benutzte Trägerfrequenz abweichen, wodurch die Zeit für die Synchronisationseinbringung verbraucht wird. Ähnlich bewegt, selbst wenn die Positionierungsinformation in einem kurzen Zyklus ausgegeben wird, bewegt eine Bereitstellung des GPS-Empfängers mit viel Beschleunigung den GPS-Empfänger stark in einer kurzen Zeit. Da der Synchronisationshalteabschnitt 6 die Synchronisationseinbringung schwierig macht, besteht die Möglichkeit einer Abweichung von Werten wie beispielsweise der für den Synchronisationshalteabschnitt 6 benutzten Trägerfrequenz.

[0262] Es sei der Fall in Betracht gezogen, bei dem die Positionierungsinformation in einem langen Zyklus ausgegeben wird oder die Beschleunigung des GPS-Empfängers einen spezifizierten Wert überschreitet. In einem solchen Fall kann es vorzuziehen sein, spezifizierte Werte wie beispielsweise die für den Synchronisationshalteabschnitt 6 benutzte Trägerfrequenz von der Orbitinformation, Positionsinformation den Geschwindigkeitsdaten, Zeitdaten und dgl. des GPS-Satelliten, soweit sie vom Steuerungsabschnitt 7 erfasst werden, zu schätzen. Diese Stücke von Information können dem Synchronisationshalteabschnitt 6 neu zugeordnet werden und ihn starten.

[0263] Dieses Verfahren kann die Notwendigkeit ei-

ner zu langen Zeit für die Synchronisationserfassung im Synchronisationshalteabschnitt **6** verhindern. Es ist möglich, den Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers zu reduzieren.

[0264] Es kann den Fall geben, dass die Betriebszeit des Synchronisationshalteabschnitts **6** entsprechend dem Ausgabezyklus von Positionierungsdaten geändert wird. In diesem Fall kann der Steuerungsabschnitt **7** einen Initialwert wie beispielsweise die Trägerfrequenz und die Betriebszeit, die dem Synchronisationshalteabschnitt **6** zuzuordnen sind, schätzen. Die geschätzten Werte können zum Starten oder Stoppen von Operationen zur Steuerung benutzt werden. Der Steuerungsabschnitt **7** kann die Information wie beispielsweise den Ausgabezyklus der Positionierungsinformation, Orbitinformation, Positionsinformation, Geschwindigkeitsdaten, Zeitdaten und dgl. zur Schätzung benutzen.

[0265] Wenn die oben erwähnte Ausführungsform intermittierende Betriebe des Synchronisationshalteabschnitts **6** oder des Synchronisationshalteabschnitts **6** und des Frequenzumsetzungsabschnitts **4** beschrieben hat, so ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt. Wie beispielsweise beim Flussdiagramm nach [Fig. 25](#) gezeigt führt der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** die Synchronisationserfassung für GPS-Signale nur unmittelbar nach der Energieeinschaltsequenz schnell aus und wird danach nicht benutzt.

[0266] Nach dem Prozess beim Schritt S101 der [Fig. 25](#) wird vorzugsweise der Schalter **22** für den Synchronisationserfassungsabschnitt ausgeschaltet, um seinen Betrieb zu stoppen. Anstatt zu erlauben, dass der Steuerungsabschnitt **7** wie oben erwähnt die Information wie beispielsweise die für den Synchronisationshalteabschnitt **6** zu definierende Trägerfrequenz schätzt, kann es vorzuziehen sein, den Synchronisationserfassungsabschnitt zu betreiben, wie es zum Erfassen der Trägerfrequenzsynchronisation und der C/A-Codephasensynchronisation notwendig ist. Das Resultat kann für den Synchronisationshalteabschnitt **6** definiert werden.

[0267] Deshalb kann es vorzuziehen sein, den Energie- bzw. Leistungs-Ein/Aus-Zustand des Synchronisationserfassungsabschnitts **5** synchron mit dem Energie- bzw. Leistungs-Ein/Aus-Zustand des Synchronisationshalteabschnitts **6** zu steuern.

[0268] Außerdem kann es vorzuziehen sein, den Synchronisationserfassungsabschnitt **5** in einem relativ langen Zyklus, der die genaue Synchronisationserfassung der Trägerfrequenz und der C/A-Code-Phase durch Ausführen der Synchronisationserfassung erfordert, ein- oder auszuschalten. Das heißt, der Synchronisationserfassungsabschnitt **5** kann mit einem längeren Zyklus als die Steuerung

zum Ein- oder Ausschalten des Synchronisationshalteabschnitts **6** ein- oder ausgeschaltet werden.

[0269] Es ist auch möglich, einen GPS-Empfänger zu konfigurieren, der den zu einer Hochgeschwindigkeitssynchronisationserfassung fähigen Synchronisationserfassungsabschnitt **5** nicht aufweist. In diesem Fall ist es möglich, den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers durch intermittierendes Betreiben des Synchronisationshalteabschnitts oder des Synchronisationshalteabschnitts und des Frequenzumsetzungsabschnitts zu sichern bzw. sparen. Das heißt, die vorliegende Erfindung kann bei dem GPS-Empfänger angewendet werden, der das Synchronisationserfassungs- und -haltemerkmal, das die Costasschleife und die DLL aufweist, ausführt.

[0270] Der Synchronisationshalteabschnitt ist nicht auf die Konfiguration beschränkt, welche die Costasschleife und die DLL aufweist. Natürlich kann der Synchronisationshalteabschnitt eine Schaltung aufweisen, die mittels eines anderen Verfahrens die Trägerfrequenzsynchronisation und die C/A-Codephasensynchronisation erfassen und halten und Übertragungsdaten demodulieren und extrahieren kann.

[0271] Wenn die oben erwähnte Ausführungsform intermittierende Betriebe durch Steuerung der Leistungszufuhr zu jedem Block des GPS-Empfängers ausführt, so ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt. Anstelle der Steuerung der Energie- bzw. Leistungszufuhr kann es zum Beispiel vorzuziehen sein, die Zufuhr eines Taktsignals zum Stoppen einer Verarbeitung eines intendierten Blocks zur Energie- bzw. Leistungsverbrauchssicherung bzw. -einsparung zu stoppen.

[0272] Wie oben erwähnt kann die vorliegende Erfindung beispielsweise den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers reduzieren, selbst wenn die Positionierungsinformation in einem spezifizierten Zyklus kontinuierlich ausgegeben wird.

[0273] Es kann vorzuziehen sein, die Betriebszeiten für den Synchronisationshalteabschnitt und dgl. ändern zu können. In diesem Fall ist es möglich, den Grad des Energie- bzw. Leistungsverbrauchs des GPS-Empfängers zu ändern und den Energie- bzw. Leistungsverbrauch des GPS-Empfängers ohne Verschlechterung der GPS-Empfängerbetriebseigenschaften wie beispielsweise die Positionierungsempfindlichkeit und die Positionierungsgeschwindigkeit effektiv zu erniedrigen.

[0274] Wenn der Synchronisationshalteabschnitt oder die anderen Abschnitte intermittierend betrieben werden, ist es möglich, vom GPS-Signal bereitgestellte Navigationsdaten effektiv zu erhalten.

[0275] Ein intermittierender Betrieb wird ausgeführt, nachdem die notwendigen Navigationsdaten erfasst sind. Nach dem Stoppen startet der Betrieb ohne erhaltene Navigationsdaten nicht neu. Es wird möglich, die Synchronisation schnell zu erfassen und halten und die Bereichsdaten unter Benutzung der schon erhaltenen Daten zu erhalten.

Patentansprüche

1. GPS-Empfänger, aufweisend:

eine Frequenzumsetzungseinrichtung (4) zur Umsetzung eines von einem künstlichen Satelliten als Übertragungsdaten übertragenen Hochfrequenz-GPS-Signals in ein Zwischenfrequenz-GPS-Signal durch Modulieren einer Trägerwelle durch ein mit einem Spreizcode Spektrum-gespreiztes Signal, eine Synchronisationserfassungseinrichtung (5) zum Empfang des von der Frequenzumsetzungseinrichtung zugeführten Zwischenfrequenz-GPS-Signals, Erfassen einer Synchronisation der Trägerwelle und Phasensynchronisation des Spreizcodes und Ausgeben der erfasste Trägerwelle und des erfassten Spreizcodes, eine Synchronisationshalteeinrichtung (6) zum Erhalten der Übertragungsdaten durch Halten der erfassten Synchronisation der Trägerwelle und Phasensynchronisation des Spreizcodes und Empfang des von der Frequenzumsetzungseinrichtung zugeführten Zwischenfrequenz-GPS-Signals, eine Positionierungsbetriebseinrichtung (7) zur Ausführung eines Positionierungsbetriebs durch Benutzung der durch die Synchronisationshalteeinrichtung (6) erhaltenen Übertragungsdaten und Ausgeben einer laufenden Position anzeigenden Positionierungsinformation, und eine Steuerungseinrichtung (7, 9, 23) zur Steuerung eines Startens und Stoppens der Synchronisationshalteeinrichtung (6) zum Realisieren eines intermittierenden Betriebs der Ausgabe der Positionierungsinformation, wobei die Steuerungseinrichtung (7, 9, 23) betriebsfähig ist zum Steuern der Synchronisationshalteeinrichtung (6) zum Stoppen des Betriebs nach einem Empfang der Übertragungsdaten und Neustarten des Betriebs nach einer vorbestimmten Zeitperiode, wobei die vorbestimmte Zeitperiode in Reaktion auf einen vorgeählten Zyklus (T, TS, TL) des intermittierenden Betriebs der Ausgabe der Positionierungsinformation bestimmt wird, und Neustarten des Betriebs der Synchronisationshalteeinrichtung (6) durch Benutzung einer Trägerwellenfrequenz und einer Spreizcodephase, die bei einem am kürzesten zurückliegenden Stopp der Synchronisationshalteeinrichtung (6) erhalten werden, als Initialwerte.

2. GPS-Empfänger nach Anspruch 1, aufweisend:

eine Initialwertschätzeinrichtung (7) zum Schätzen der als die Initialwerte zu benutzenden Trägerwellenfrequenz und Spreizcodephase entsprechend dem Ausgabezyklus der Positionierungsinformation durch Benutzung der eine Information hinsichtlich eines Orbits, einer Position, Geschwindigkeit und Zeit umfassenden erhaltenen Übertragungsdaten und eine Betriebszeitschätzeinrichtung (7) zum Schätzen einer Betriebszeitperiode der Synchronisationshalteeinrichtung (6) in Reaktion auf den Ausgabezyklus der Positionierungsinformation, wobei die Steuerungseinrichtung (7, 8, 23) betriebsfähig ist zum Steuern der Synchronisationshalteeinrichtung (6) auf Basis der in der Initialwertschätzeinrichtung geschätzten Trägerwellenfrequenz und Spreizcodephase und der von der Betriebszeit-Schätzeinrichtung geschätzten Betriebszeitperiode.

3. GPS-Empfänger nach Anspruch 1, wobei die Steuerungseinrichtung (7, 9, 23) betriebsfähig ist zum Steuern eines Stoppens und Neustartens der Frequenzumsetzungseinrichtung (4) synchron mit dem Stoppen und Neustarten der Synchronisationshalteeinrichtung (6) und Steuern eines Stoppens und Neustartens der Synchronisationserfassungseinrichtung (5) und des Stoppens und Neustartens der Synchronisationshalteeinrichtung (6) derart, dass das Stoppen und Neustarten beider Einrichtungen (5, 6) übereinstimmen oder die Synchronisationserfassungseinrichtung (5) eine längere Periode als die Synchronisationshalteeinrichtung (6) aufweist.

4. GPS-Empfänger nach Anspruch 1, wobei die Synchronisationserfassungseinrichtung (5) als ein Digitalfilter konfiguriert ist, das eine erste Umsetzungsschaltung (531) zur Ausführung einer ersten Fourier-Transformation des Zwischenfrequenz-GPS-Signals zur Erfassung der Synchronisation einer Trägerwelle und der Phasensynchronisation eines Spreizcodes, eine zweite Umsetzungsschaltung (535) zum Ausführen einer ersten Fourier-Transformation des Spreizcodes, eine Multiplikationsschaltung (533) zum Multiplizieren von Ausgangssignalen von der ersten Umsetzungsschaltung (531) und der zweiten Umsetzungsschaltung (535), eine Inversumsetzungsschaltung (537) zum Ausführen einer inversen Transformation eines Ausgangssignals von der Multiplikationsschaltung (533) und eine Korrelationspunkt-Detektorschaltung (538) zum Detektieren eines Korrelationspunkts von einem Ausgangssignal von der Inversumsetzungsschaltung aufweist, und die Synchronisationshalteeinrichtung (6) einen Costasschleifenabschnitt (61) zum Erfassen und Halten einer Synchronisation der Trägerwelle und einen Verzögerungsverriegelungsschleifenabschnitt (62) zum Erfassen und Halten einer Phasensynchronisa-

tion des Spreizcodes aufweist.

5. GPS-Signalempfangsverfahren, aufweisend: einen Frequenzumsetzungsschritt (4) zur Umsetzung eines von einem künstlichen Satelliten als Übertragungsdaten übertragenen Hochfrequenz-GPS-Signals in ein Zwischenfrequenz-GPS-Signal durch Modulieren einer Trägerwelle durch ein mit einem Spreizcode Spektrum-gespreiztes Signal, einen Synchronisationserfassungsschritt(5) zum Empfang des vom Frequenzumsetzungsschritt zugeführten Zwischenfrequenz-GPS-Signals, Erfassen einer Synchronisation der Trägerwelle und Phasensynchronisation des Spreizcodes und Ausgeben der erfassten Trägerwelle und des erfassten Spreizcodes, einen Synchronisationshalteschritt (6) zum Erhalten der Übertragungsdaten durch Halten der erfassten Synchronisation der Trägerwelle und Phasensynchronisation des Spreizcodes und Empfang des von der Frequenzumsetzungseinrichtung zugeführten Zwischenfrequenz-GPS-Signals, einen Positionierungsbetriebsschritt (7) zum Ausführen eines Positionierungsbetriebs durch Benutzung der durch den Synchronisationshalteschritt (6) erhaltenen Übertragungsdaten und Ausgeben einer laufende Position anzeigenden Positionierungsinformation, und einen Steuerungsschritt (7, 9, 23) zu einem Starten und Stoppen des Synchronisationshalteschritts (6) zum Realisieren eines intermittierenden Betriebs einer Ausgabe der Positionierungsinformation, wobei der Steuerungsschritt (7, 9, 23) aufweist: Steuern des Synchronisationshalteschritts (6) zum Stoppen des Betriebs nach einem Empfang der Übertragungsdaten und Neustarten des Betriebs nach einer vorbestimmten Zeitperiode, wobei die vorbestimmte Zeitperiode in Reaktion auf einen vorgeählten Zyklus (T, TS, TL) des intermittierenden Betriebs der Ausgabe der Positionierungsinformation bestimmt wird, und Neustarten des Synchronisationshalteschritts (6) durch Benutzen einer Trägerwellenfrequenz und einer Spreizcodephase, die bei einem am kürzesten zurückliegenden Stopp des Synchronisationshalteschritts (6) erhalten werden, als Initialwerte.

6. GPS-Signalempfangsverfahren nach Anspruch 5, aufweisend: einen Initialwertschätzschritt (7) zum Schätzen der als Initialwerte zu benutzenden Trägerwellenfrequenz und Spreizcodephase entsprechend dem Ausgabezyklus der Positionierungsinformation durch Benutzen der eine Information hinsichtlich eines Orbits, einer Position, Geschwindigkeit und Zeit umfassenden erhaltenen Übertragungsdaten, und einen Betriebszeitschätzschritt (7) zum Schätzen einer Betriebszeitperiode des Synchronisationshalteschritts (6) in Reaktion auf den Ausgabezyklus der Positionierungsinformation, wobei der Steuerungsschritt (7, 9, 23) ein Steuern

des Synchronisationshalteschritts (6) auf Basis der beim Initialwertschätzschritt geschätzten Trägerwellenfrequenz und Spreizcodephase und der beim Betriebszeitschätzschritt geschätzten Betriebszeitperiode aufweist.

7. GPS-Signalempfangsverfahren nach Anspruch 5, wobei der Steuerungsschritt (7, 9, 23) aufweist:

Steuern eines Stoppens und Neustartens des Frequenzumsetzungsschritts (4) synchron mit dem Stoppen und Neustarten des Synchronisationshalteschritts (6) und

Steuern eines Stoppens und Neustartens des Synchronisationserfassungsschritts (5) und des Stoppens und Neustartens des Synchronisationshalteschritts (6) derart, dass das Stoppen und Neustarten beider Schritte (5, 6) übereinstimmen oder der Synchronisationserfassungsschritt (5) eine längere Periode als der Synchronisationshalteschritt (6) aufweist.

8. GPS-Signalempfangsverfahren nach Anspruch 5, wobei

der Synchronisationserfassungsschritt (5) ein Digitalfilterungsschritt ist, der einen ersten Umsetzungsschritt (531) zum Ausführen einer ersten Fourier-Transformation des Zwischenfrequenz-GPS-Signals zum Erfassen der Synchronisation einer Trägerwelle und der Phasensynchronisation eines Spreizcodes, einen zweiten Umsetzungsschritt (535) zum Ausführen einer ersten Fourier-Transformation des Spreizcodes, einen Multiplikationsschritt (533) zum Multiplizieren von Ausgangssignalen des ersten Umsetzungsschritts (531) und des zweiten Umsetzungsschritts (535), einen Inversumsetzungsschritt (537) zum Ausführen einer inversen Transformation eines Ausgangssignals des Multiplikationsschritts (533) und einen Korrelationspunkt-Detektionsschritt (538) zum Detektieren eines Korrelationspunkts von einem Ausgangssignal des Inversumsetzungsschritts aufweist, und

der Synchronisationshalteschritt (6) eine Anwendung eines Costasschleifenabschnitts (61) zum Erfassen und Halten einer Synchronisation der Trägerwelle und einen Verzögerungsverriegelungsschleifenabschnitt (63) zum Erfassen und Halten einer Phasensynchronisation des Spreizcodes aufweist.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

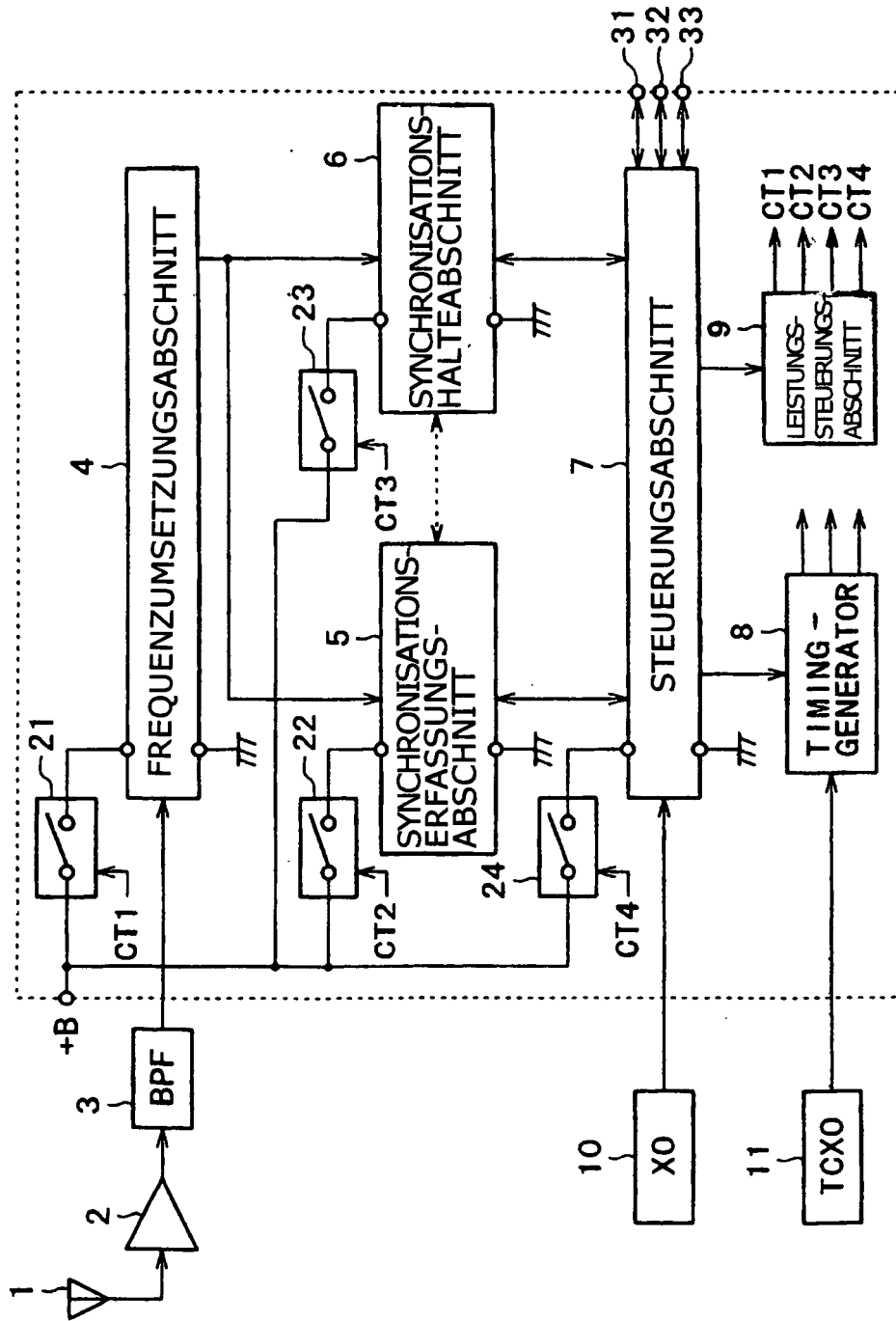


FIG. 2

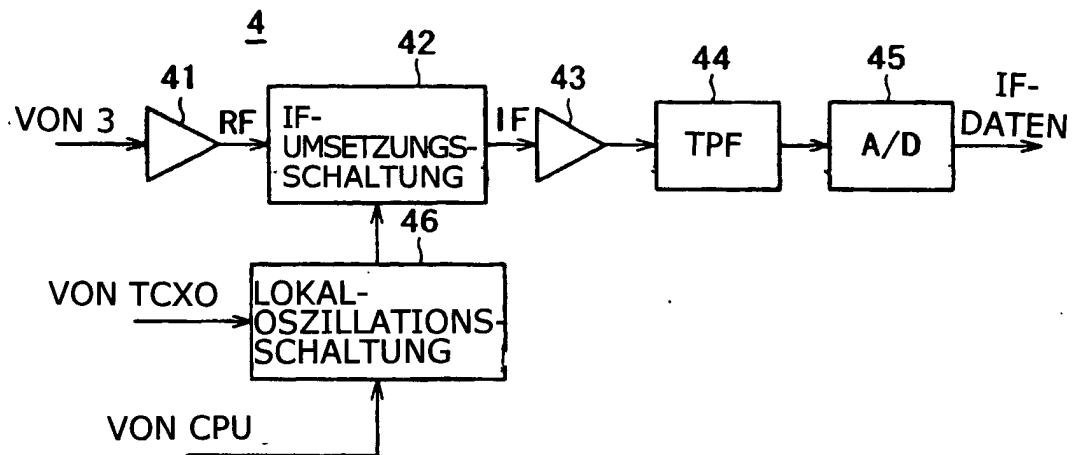


FIG. 3

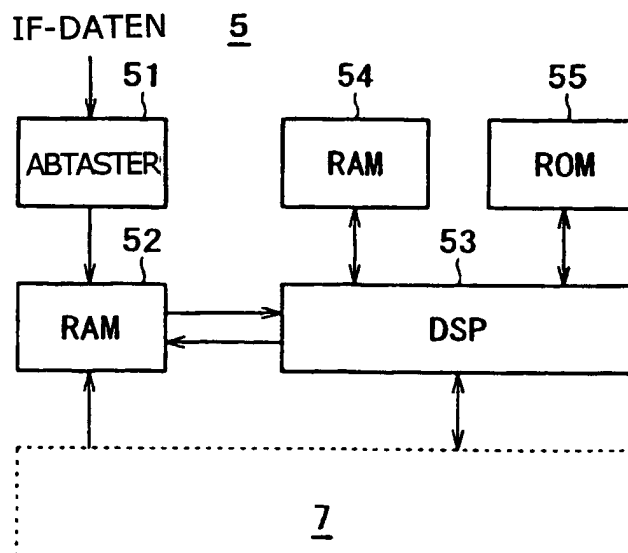


FIG. 4

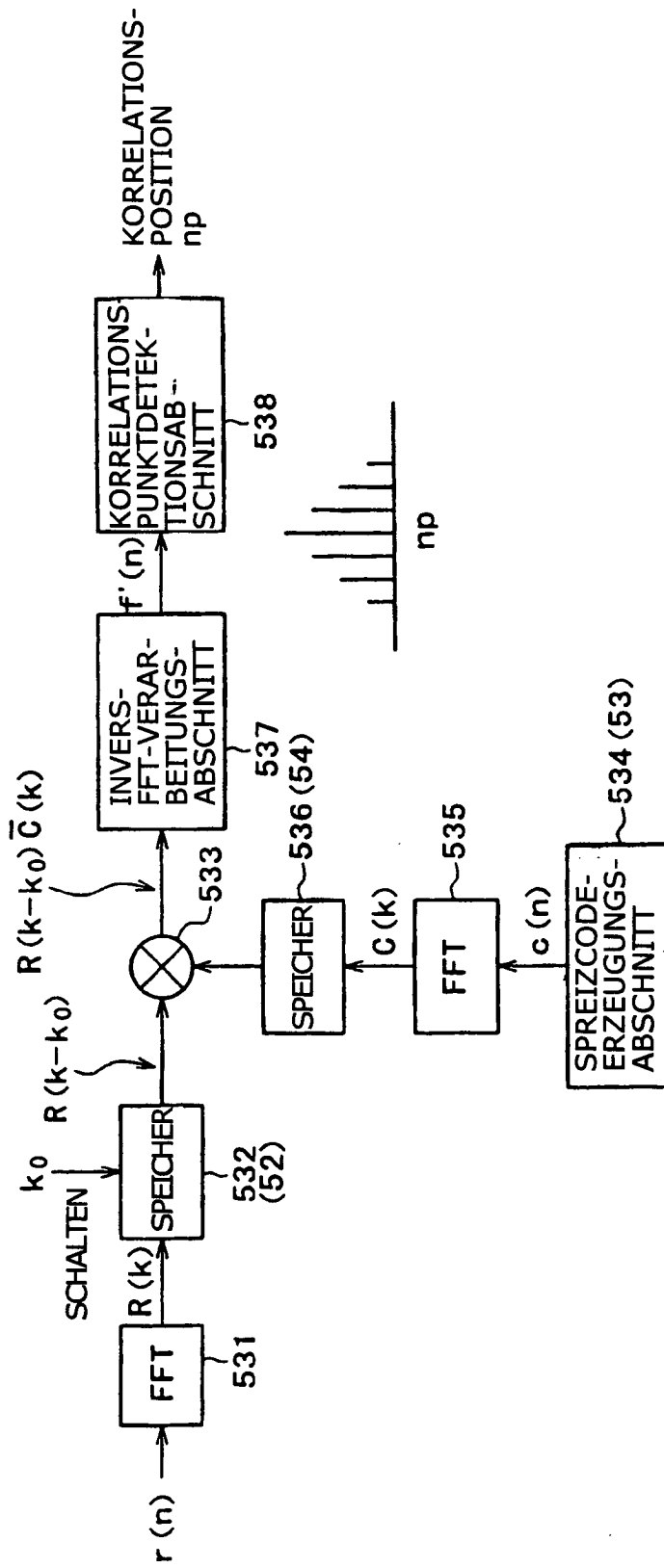


FIG. 5

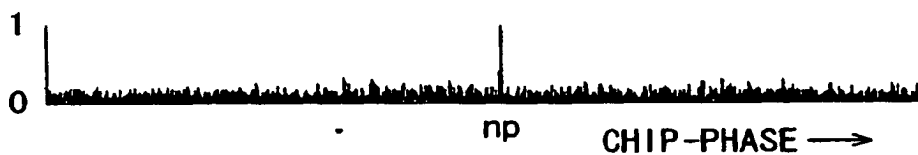


FIG. 6

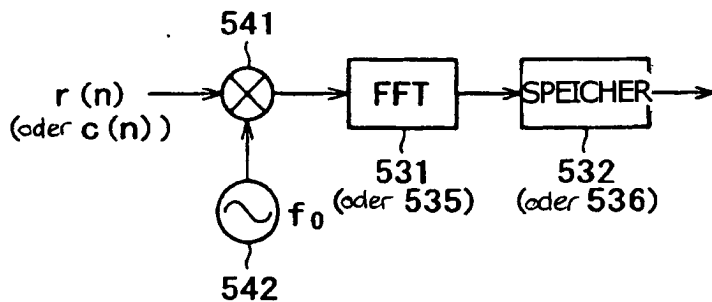


FIG. 7

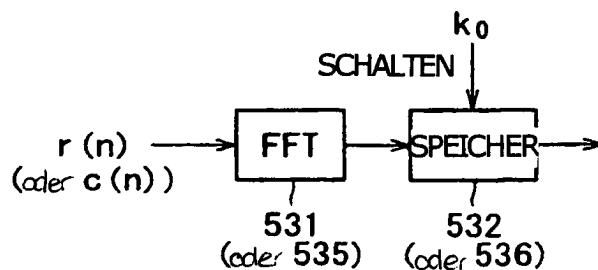


FIG. 8

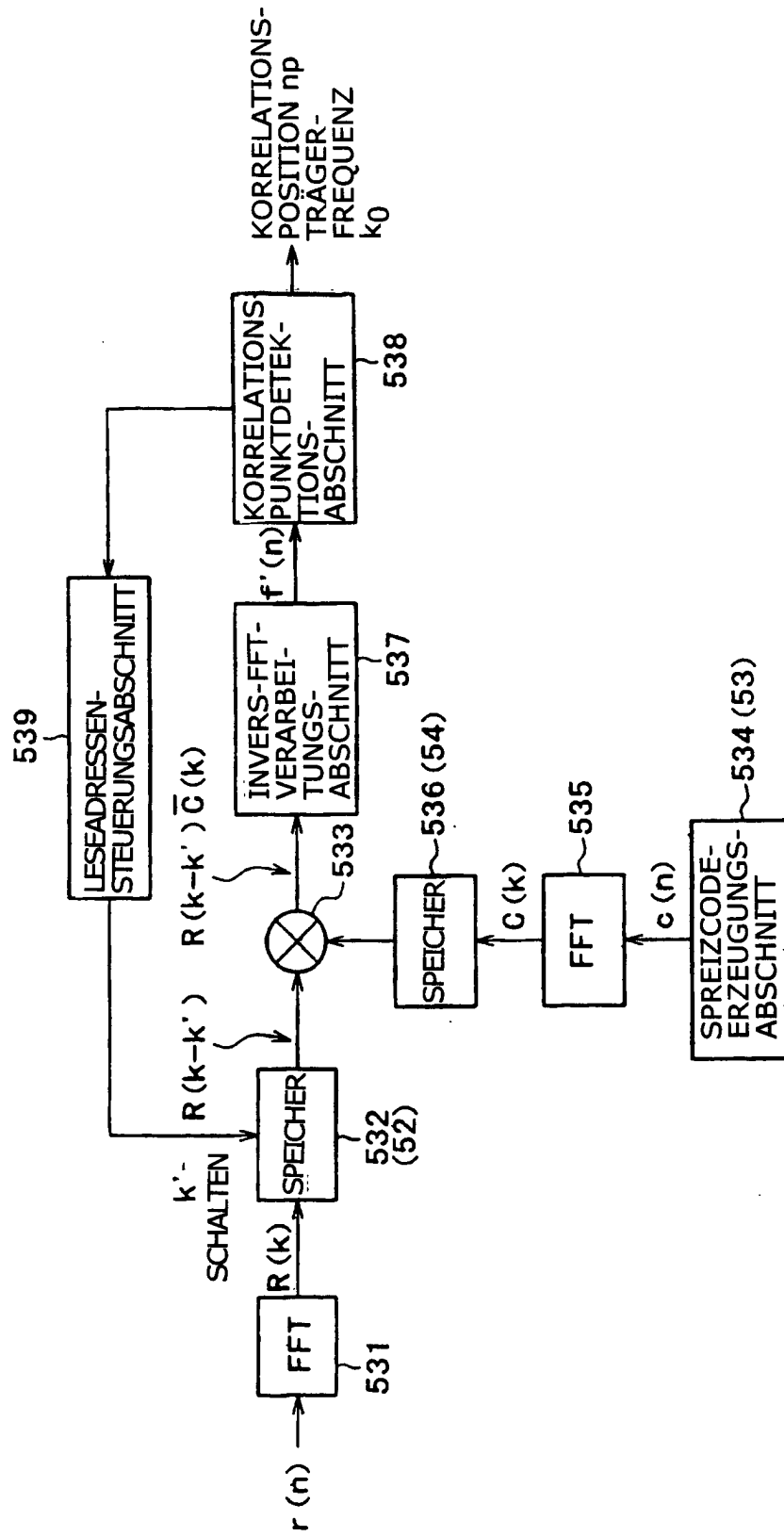


FIG. 9

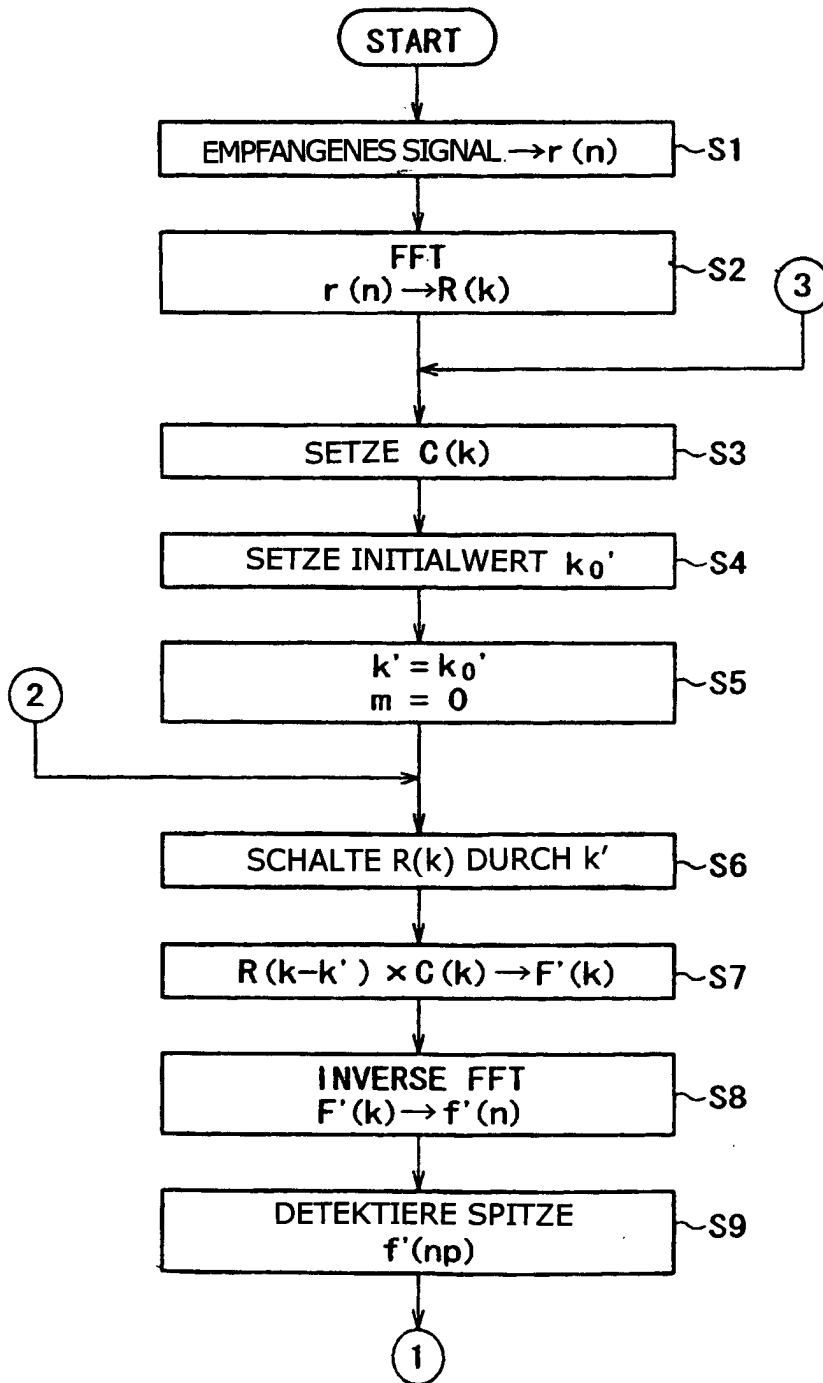


FIG. 10

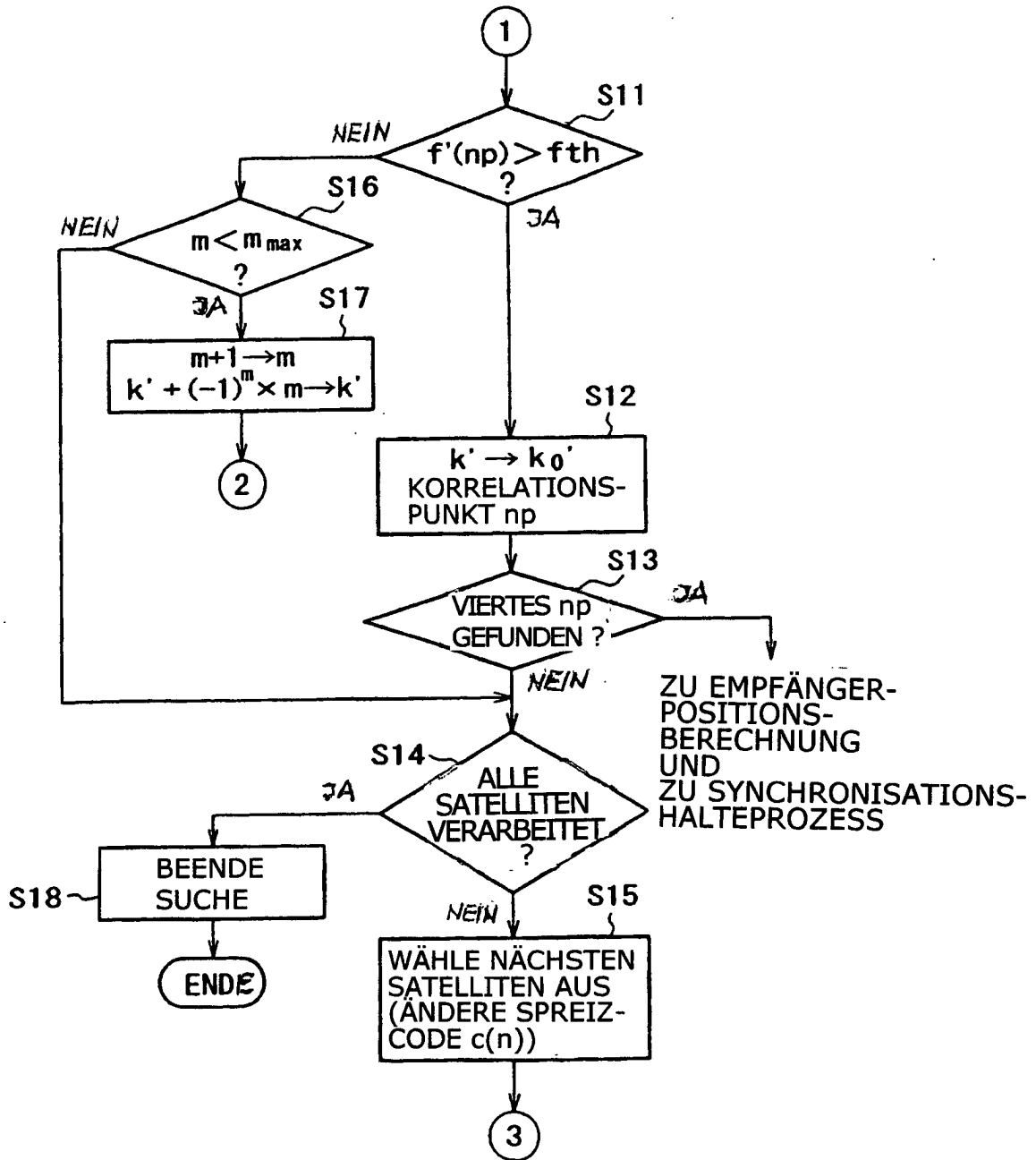


FIG. 11

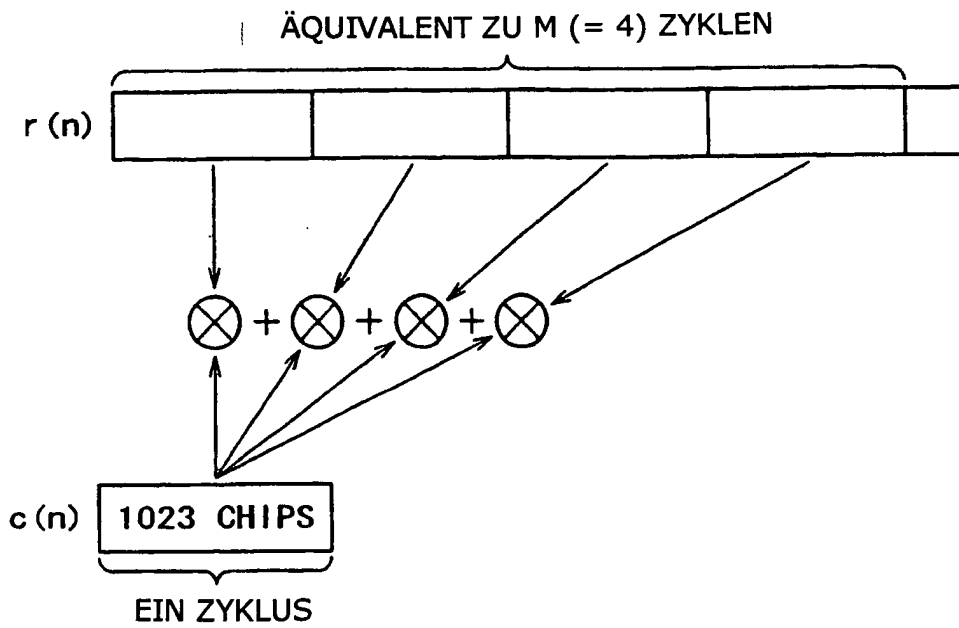


FIG. 12

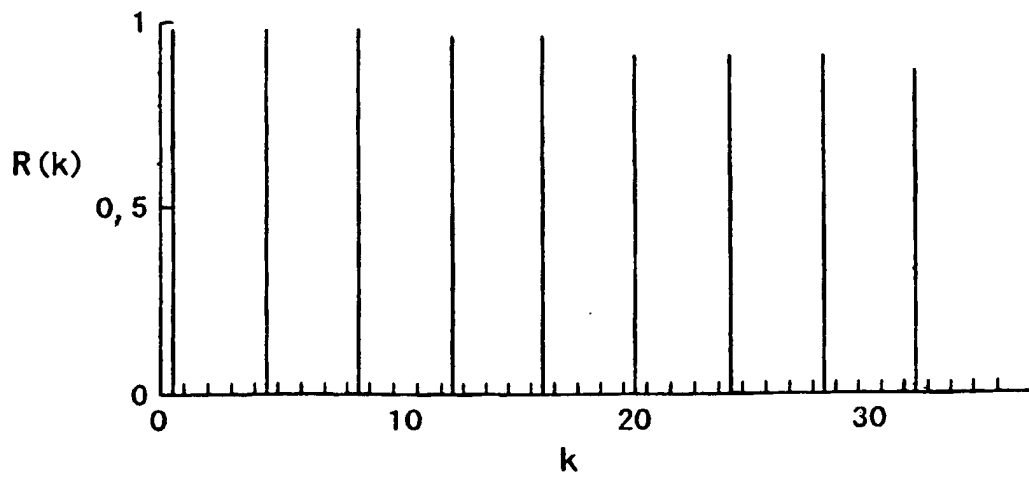


FIG. 13

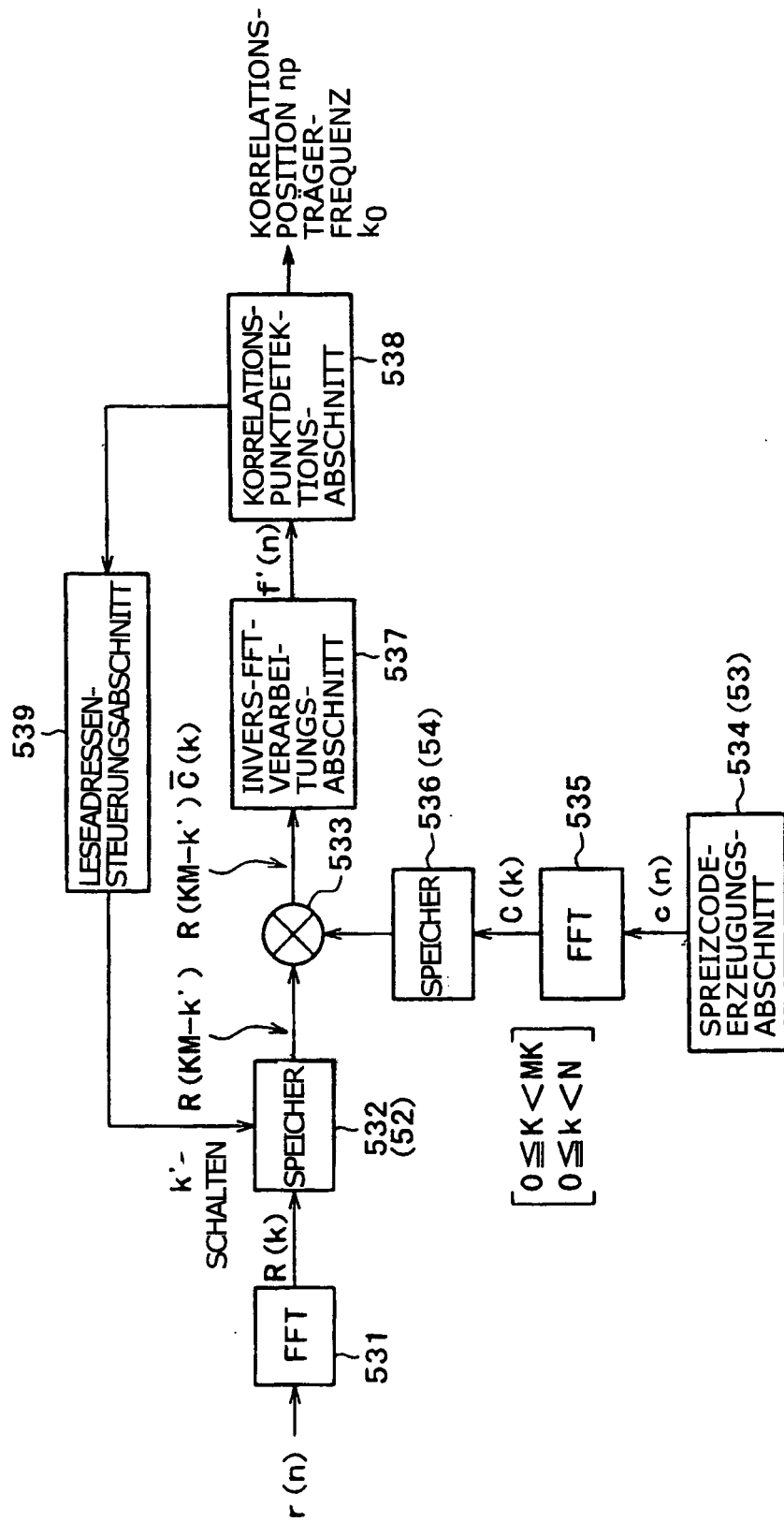


FIG. 14

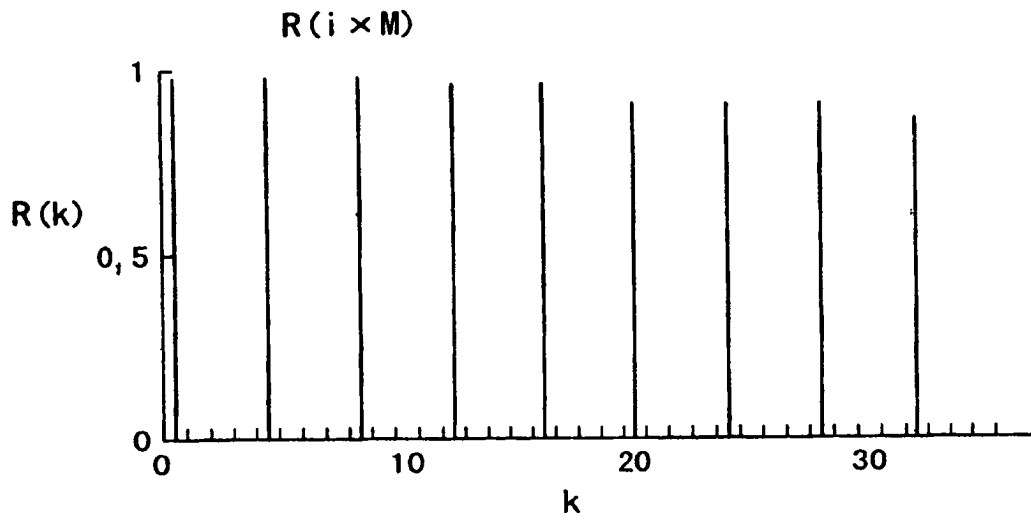


FIG. 15

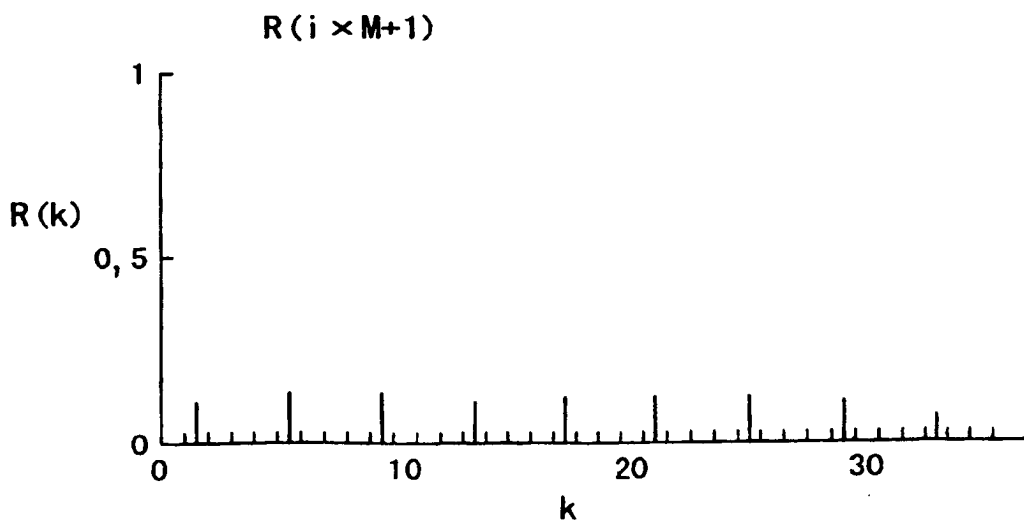


FIG. 16

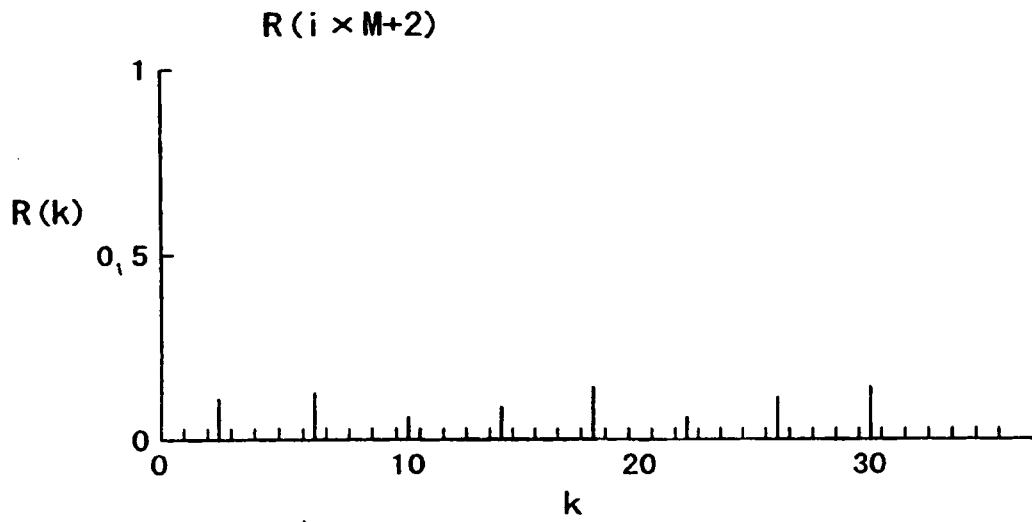


FIG. 17

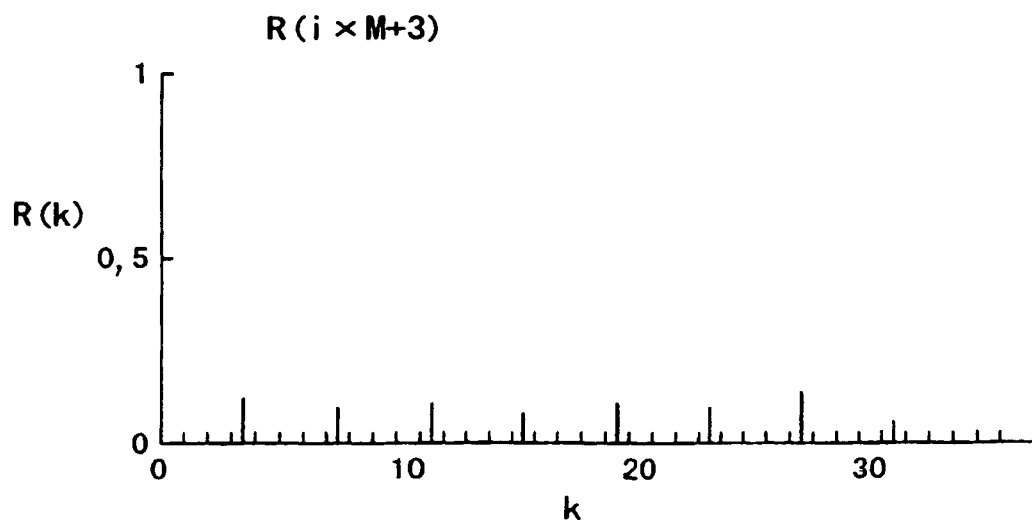


FIG. 18

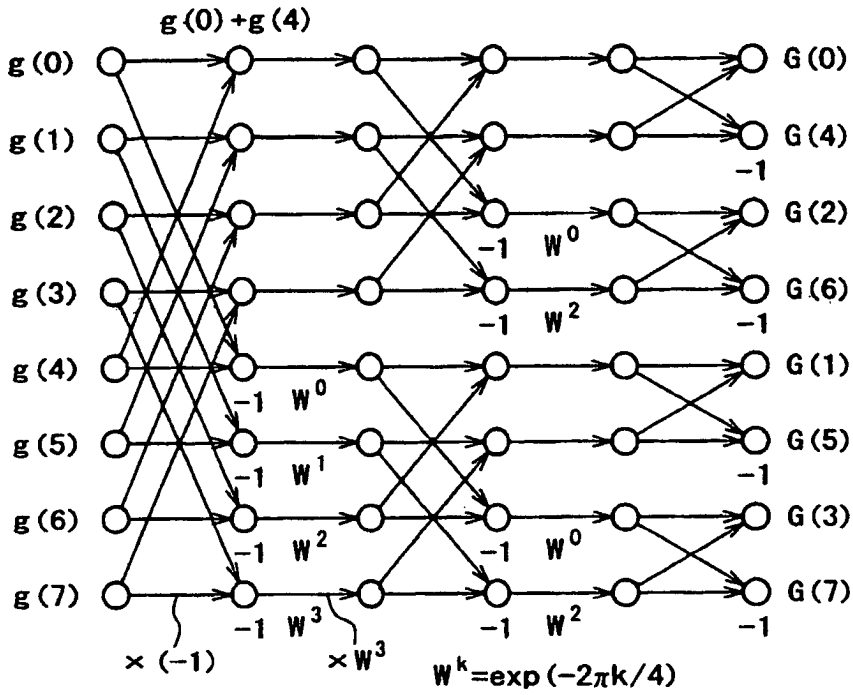


FIG. 19

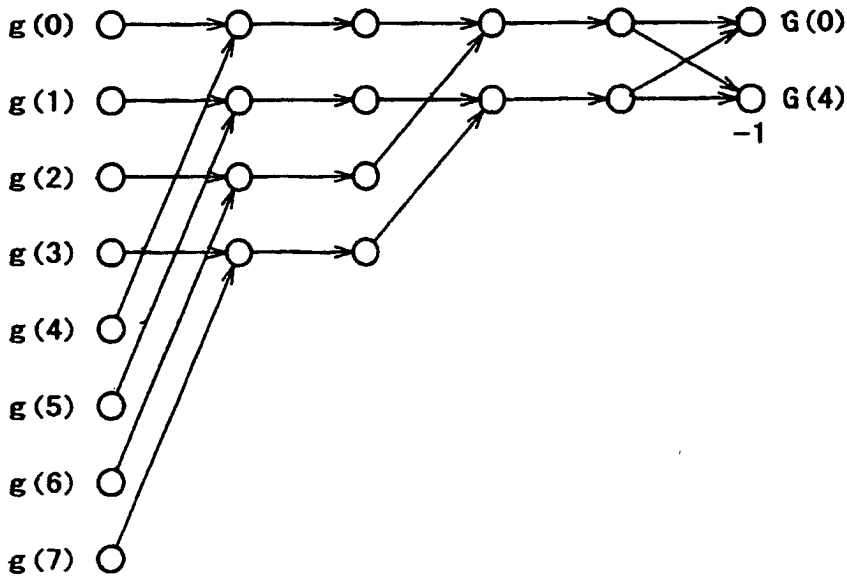


FIG. 20

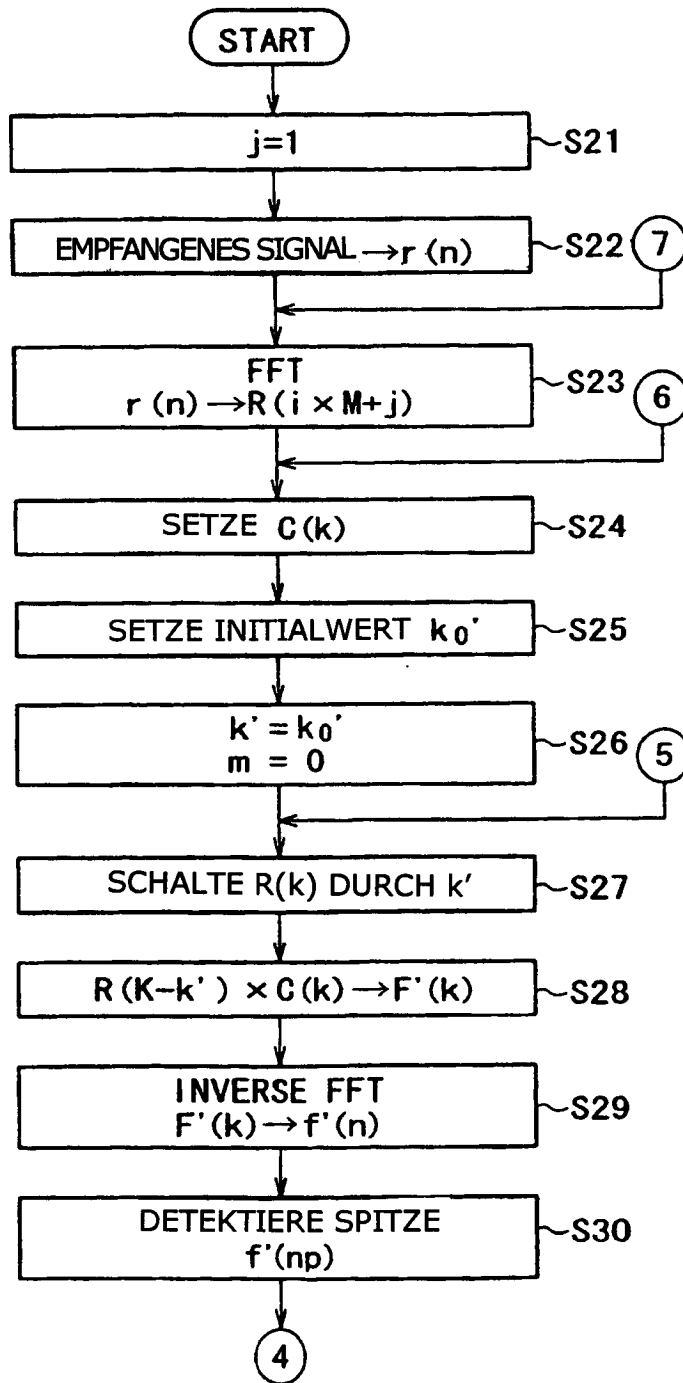


FIG. 21

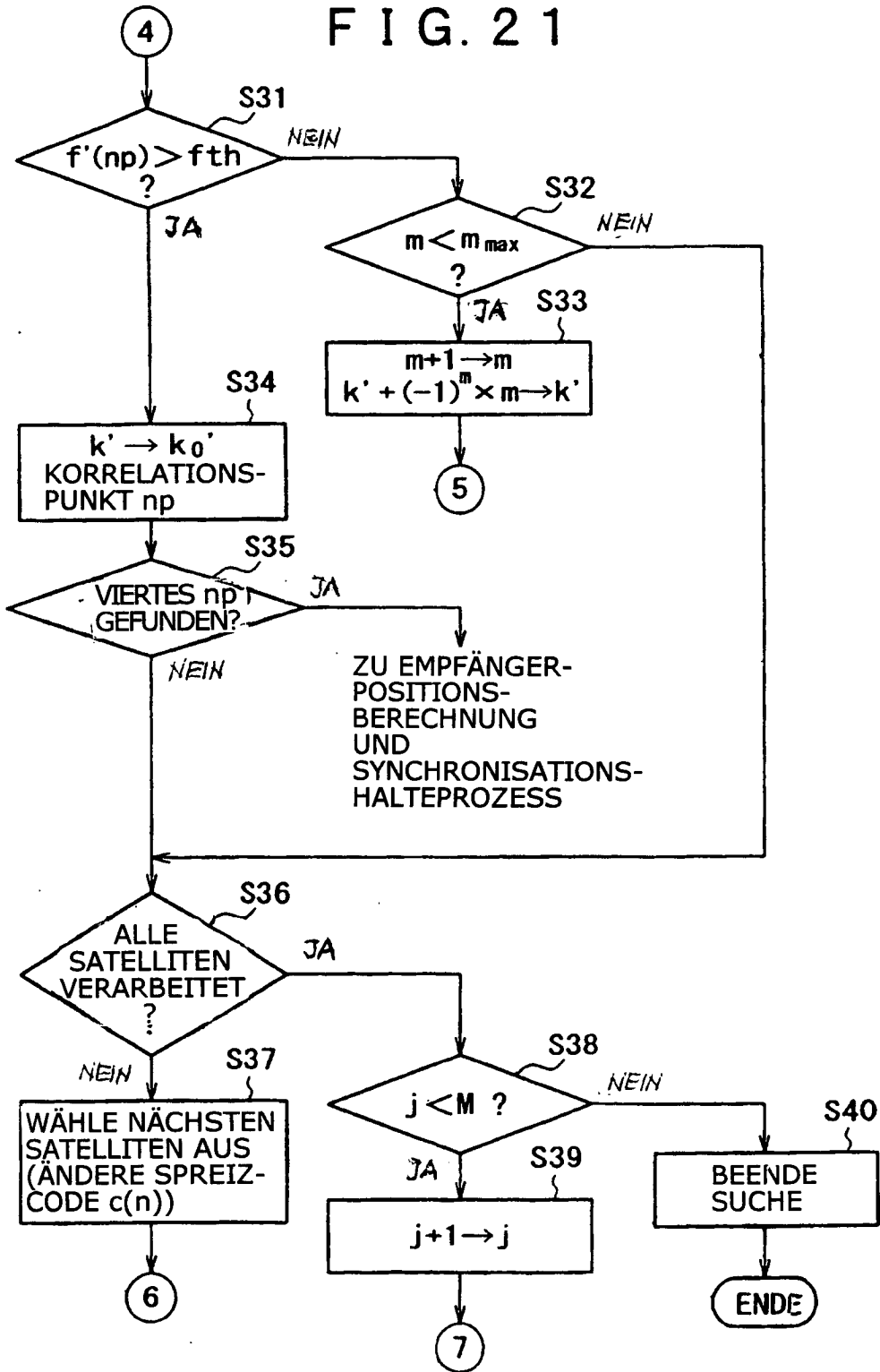


FIG. 22

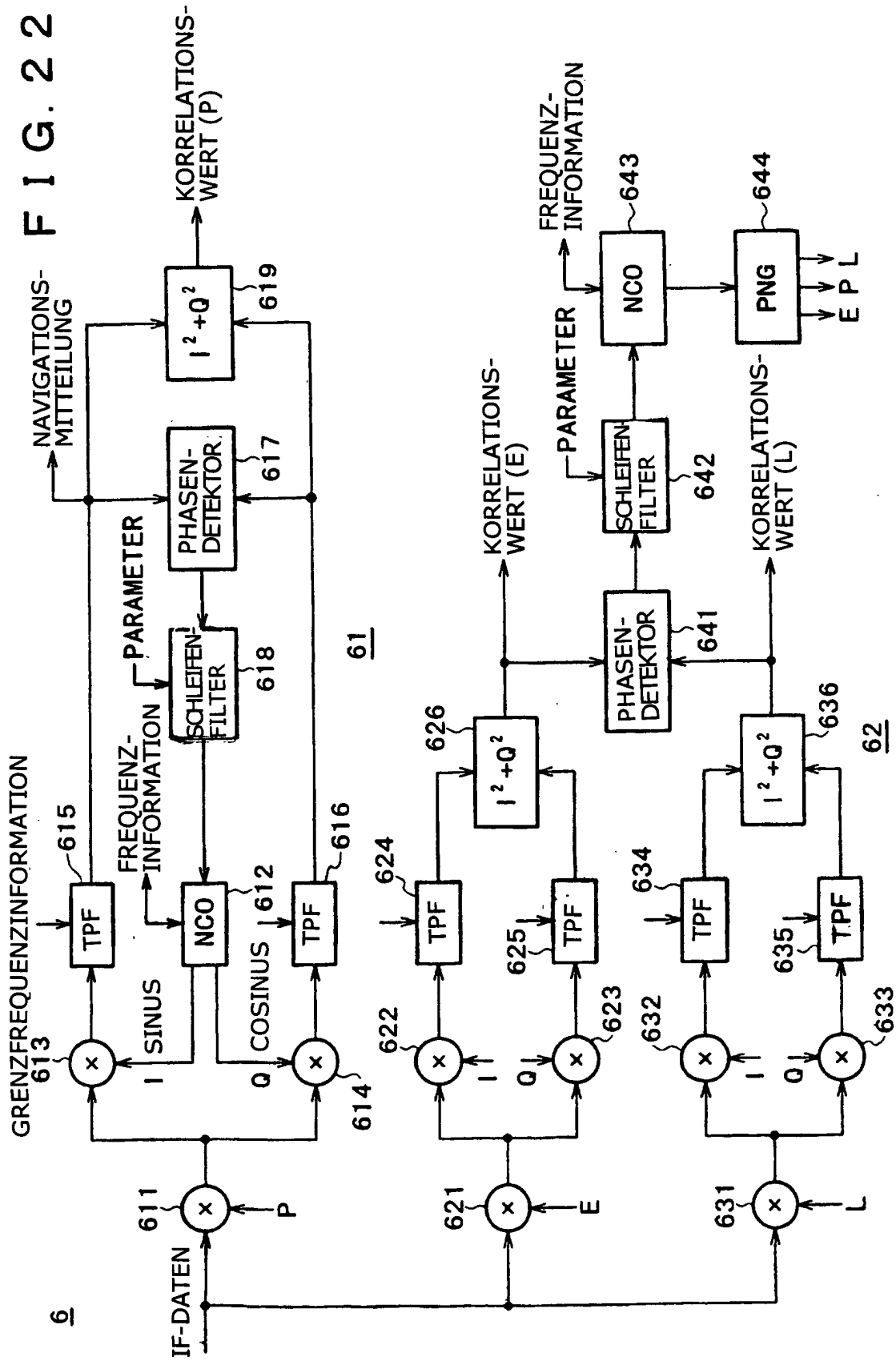


FIG. 23

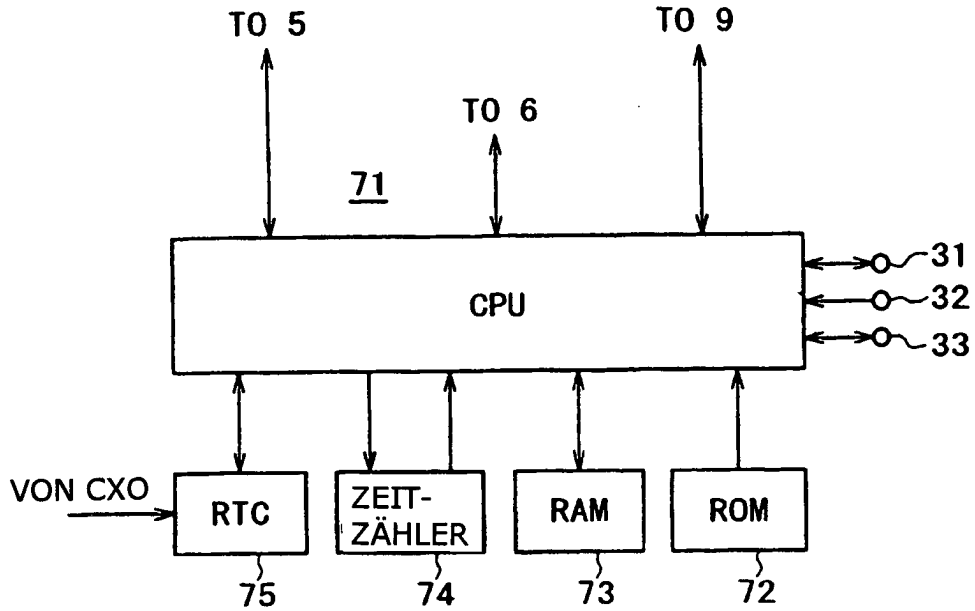


FIG. 24

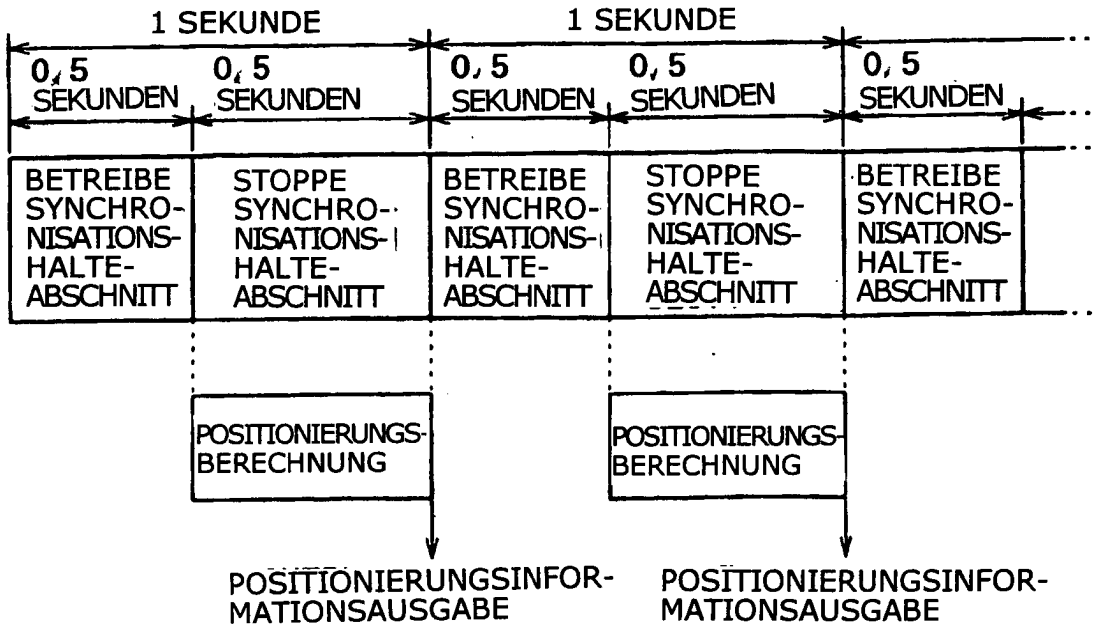


FIG. 25

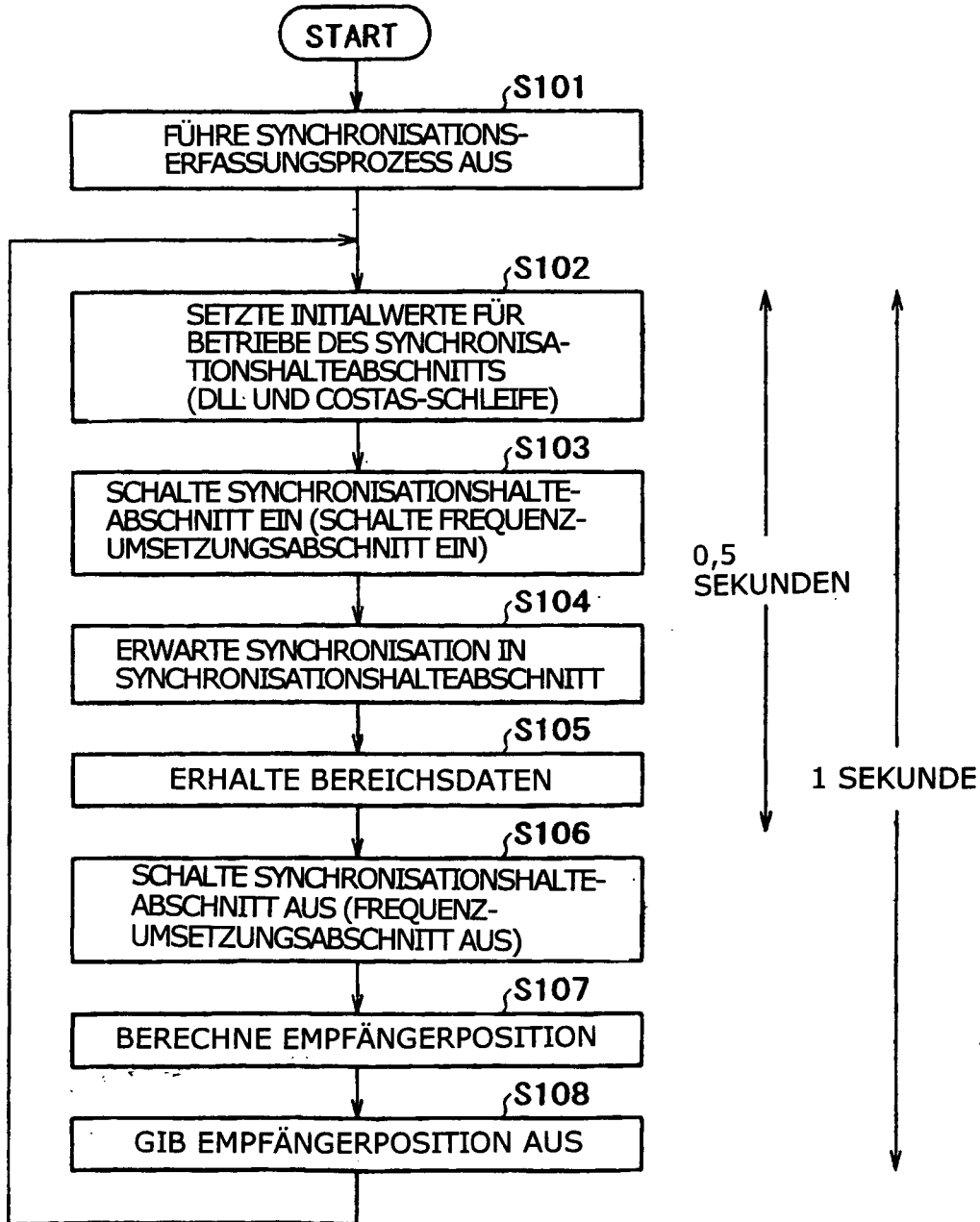


FIG. 26 A

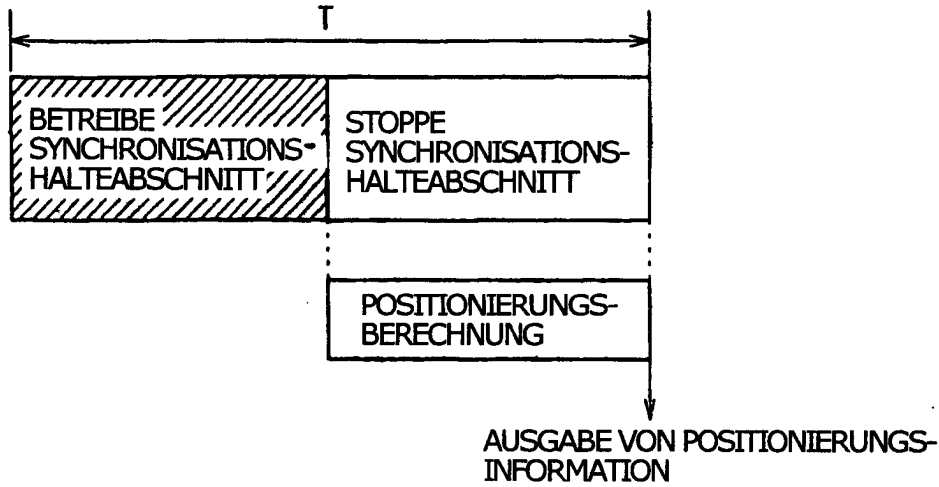


FIG. 26 B

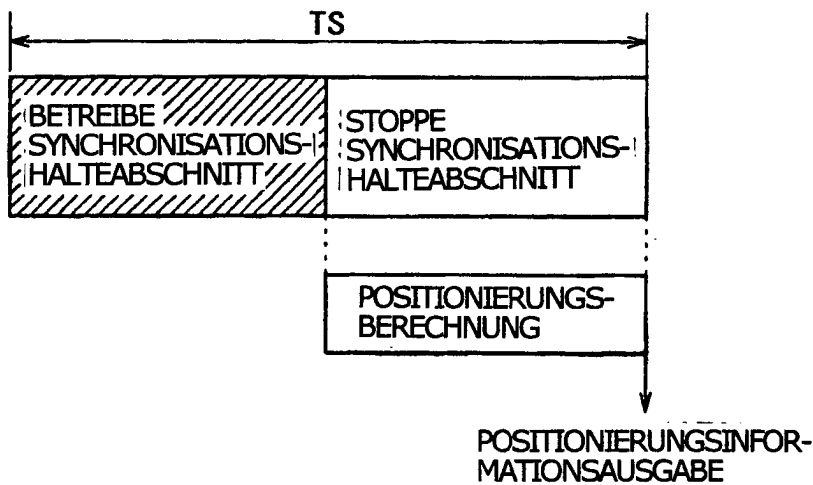
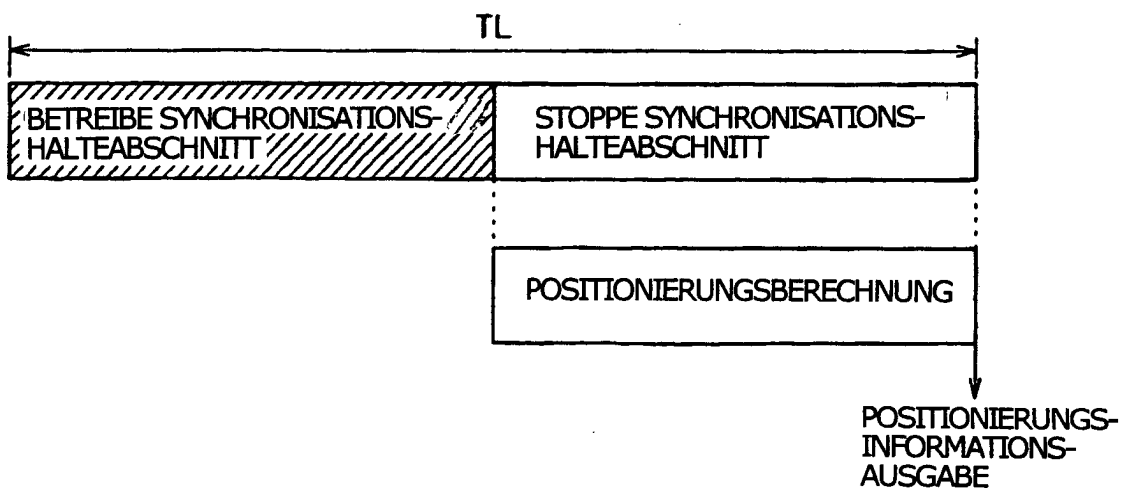


FIG. 26 C



F I G. 2 7

[GLEICHUNG (1)]

$$F[r(n) * c(n)] \longleftrightarrow F(k) = R(k) C(k)$$

[GLEICHUNG (2)]

$$F(k) = R(k) \bar{C}(k) \quad (\text{WOBEI DAS SYMBOL } \bar{\text{DIE}} \text{ KOMPLEXKONJUGIERTE DARSTELLT})$$

[GLEICHUNG (3)]

$$r(n) = A \cdot d(n) \cdot c(n) \cdot \cos 2\pi n \cdot f_0 + n(n)$$

[GLEICHUNG (4)]

$$F[r(n) \cdot \exp(j2\pi n f_0 + \phi_0)] = \exp(j\phi_0) R(k - k_0)$$

[GLEICHUNG (5)]

$$F'(k) = R(k - k_0) \bar{C}(k)$$

[GLEICHUNG (6)]

$$|f'(n)| = \sqrt{f_{R'}(n)^2 + f_{I'}(n)^2}$$

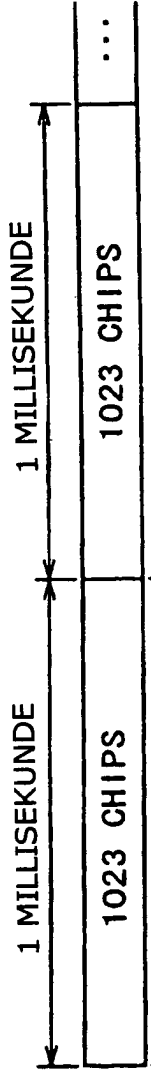
[GLEICHUNG (7)]

$$\phi = \tan^{-1}(f_{I'}(n) / f_{R'}(n))$$

[GLEICHUNG (8)]

$$F'(k) = R(k - k') \bar{C}(k) = R(k - k_0) \bar{C}(k)$$

FIG. 28A



C/A CODE

FIG. 28B

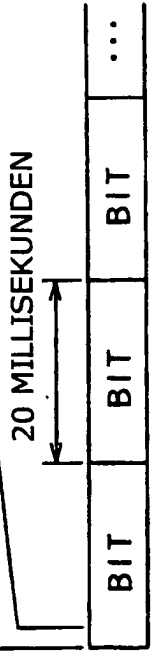


FIG. 28C

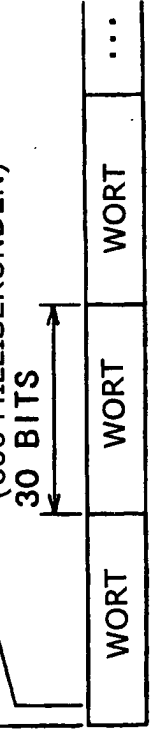


FIG. 28D



FIG. 28E

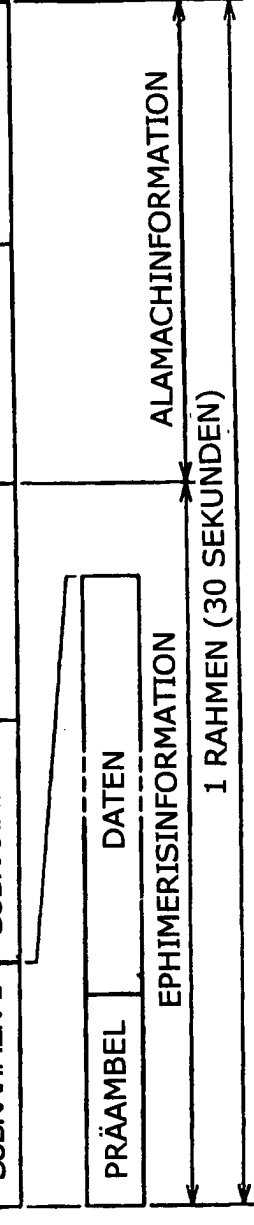


FIG. 29

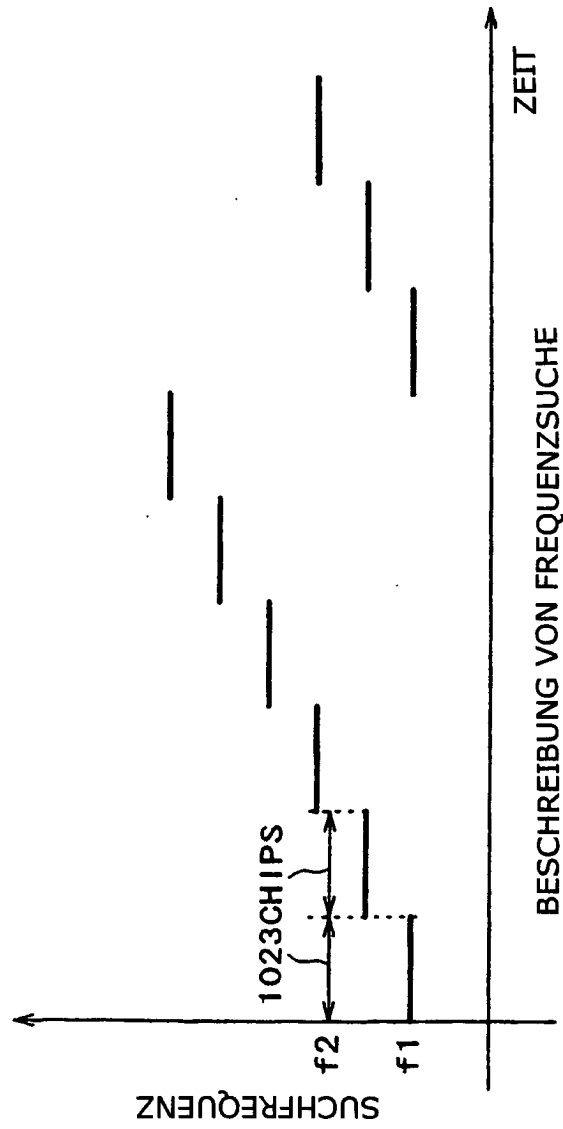


FIG. 30

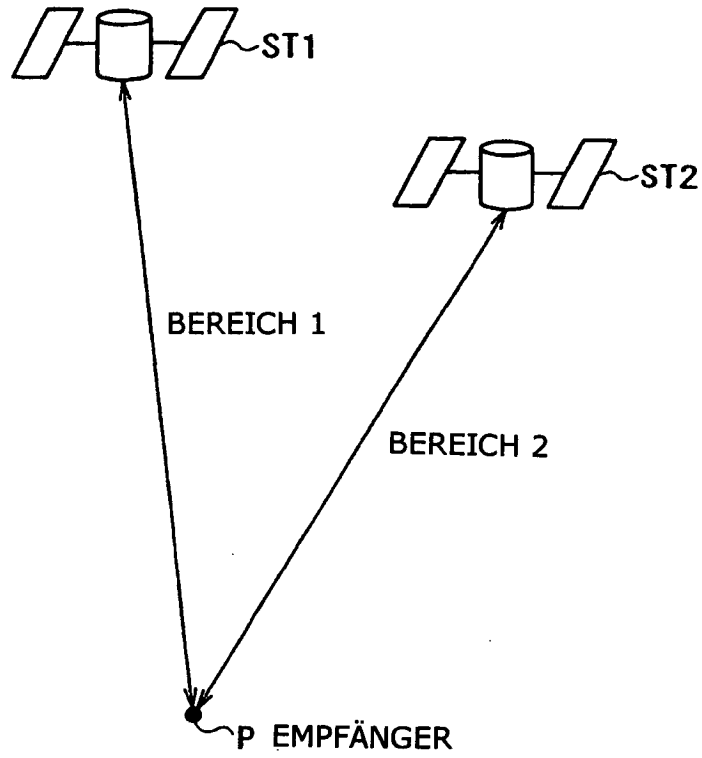


FIG. 31

