



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 21 048 T2 2004.04.08

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 947 058 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 21 048.0

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US97/22605

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 951 614.3

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 98/027663

(86) PCT-Anmeldetag: 15.12.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 25.06.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 06.10.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 16.04.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 08.04.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: H04B 7/04

H04B 7/06, H04L 1/06, H04L 1/08

(30) Unionspriorität:

768319 17.12.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Ericsson Inc., Research Triangle Park, N.C., US

(72) Erfinder:

CHENNAKESHU, Sandeep, Cary, US;  
BOTTOMLEY, E., Gregory, Cary, US; DENT, W.,  
Paul, Pittsboro, US

(74) Vertreter:

HOFFMANN · EITLE, 81925 München

(54) Bezeichnung: SYSTEM ZUR VERBESSERUNG DER QUALITÄT EINES EMPFANGENEN FUNKSIGNALS

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

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

**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Funksysteme und genauer auf eine Verbesserung der Effizienz von Frequenzspringen als eine Technik zum Reduzieren der Wirkungen von Schwund in einer geschlossenen Region von Signalausbreitung.

**Geschichte vom Stand der Technik****Funksendeprobleme**

[0002] Die Qualität des Signals, das durch eine Mobilstation von einer Basisstation empfangen wird, wird von Zeit zu Zeit durch natürliche Erscheinungen beeinflusst, die der Verwendung von Funksignalen inhärent sind, um zu kommunizieren. Ein Faktor, der den meisten der Probleme in Bezug auf Funkempfang gemeinsam ist, ist, dass das gewünschte Signal in dem Empfänger zu schwach ist, entweder im Vergleich zu thermischem Rauschen oder im Vergleich zu einem interferierenden Signal. Ein interferierendes Signal kann als ein beliebiges unerwünschtes Signal charakterisiert werden, das durch den Empfänger auf dem gleichen Kanal wie das gewünschte Signal empfänger wird.

[0003] Im Fall von zellulären und Funksystemen, wo alle der Frequenzen in der verfügbaren Bandbreite überall in dem zellulären Gitter wiederverwendet werden, ist die Effizienz des Funksystems allgemein durch den Umfang empfangener interferierender Funksignale an Stelle von thermischem Rauschen begrenzt.

[0004] Ein Phänomen, das auftritt, um die Qualität eines empfangenen Signals innerhalb eines Funksystems zu begrenzen, ist Pfadverlust. Selbst wenn es keine Hindernisse zwischen der Sendeantenne und einer Empfangsantenne gibt, wird das empfangene Signal wegen dem ansteigenden Abstand zwischen der Basisstation und der Mobilstation progressiv schwächer. Die empfangene Signalleistung ist einem Wert irgendwo zwischen der zweiten und vierten Potenz des Abstands zwischen den Sende- und Empfangsantennen umgekehrt proportional.

[0005] Ein häufigeres Sendeproblem in mobilen Funksystemen, die in einer Umgebung verwendet werden, wo es Objekte gibt, wie etwa Gebäude, ist das eines lognormalen Schwundes. Dieses Phänomen tritt als ein Ergebnis der Schattenwirkung auf, die durch Gebäude und natürliche Hindernisse, wie etwa Berge, die sich zwischen den Sende- und Empfangsantennen einer Mobilstation und einer Basisstation befinden, erzeugt wird. Da sich die Mobilstation innerhalb der Umgebung bewegt, vergrößert und verengt sich die empfangene Signalstärke als eine Funktion des Typs von Hindernissen, die sich gegen-

wärtig zwischen den Sende- und Empfangsantennen befinden. Der Begriff "lognormal" kommt von der Tatsache, dass der Logarithmus der empfangenen Signalstärke die Form einer Normalverteilung um einen gewissen Mittelwert der Minimalwerte annimmt, die als Schwundsenken (fading dips) bezeichnet werden, und zwischen denen der Abstand in der Größe von 30 bis 60 Fuß sein kann.

[0006] Ein drittes Phänomen, das Signalstärke innerhalb eines Mobilsystems beeinflusst, das in einer städtischen Umgebung betrieben wird, ist das von Rayleigh-Schwund. Dieser Typ einer Signalverschlechterung tritt auf, wenn das Rundrufsignal von der Sendeantenne zu der Empfangsantenne mehr als einen Pfad nimmt, sodass die Empfangsantenne der Mobilstation nicht nur ein Signal, sondern mehrere empfängt. Eines von diesen vielfachen Signalen kann direkt von der Empfangsantenne kommen, aber mehrere andere werden zuerst durch Gebäude und andere Hindernisse reflektiert, bevor sie die Empfangsantenne erreichen, und sind somit in Phase voneinander leicht verzögert. Der Empfang von mehreren Versionen des gleichen Signals, die in Phase voneinander verschoben sind, führt dazu, dass die Vektorsumme der Signale, die das resultierende zusammengesetzte Signal ist, tatsächlich in der Empfangsantennen empfangen wird. In einigen Fällen kann die Vektorsumme des Empfangssignals sehr niedrig sein, sogar nahe null, was zu einer Schwundsenke führt, worin das empfangene Signal praktisch verschwindet. Im Fall einer beweglichen Mobilstation hängt die Zeit, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schwundsenken wegen Rayleigh-Schwund verstreicht, sowohl von der Frequenz des empfangenen Signals als auch von der Geschwindigkeit, bei der sich das Mobiltelefon bewegt, ab. Der Abstand zwischen zwei Schwundsenken wegen Rayleigh-Schwund kann in der Größenordnung von 7 Zoll für das 900-MHz-Funkband liegen.

[0007] Bezugnehmend auf **Fig. 1A** und **1B** wird ein perspektivisches Modell der Frequenz/Distanz eines Schwundmusters eines empfangenen Signals innerhalb einer typischen Mobilfunk-Betriebsumgebung veranschaulicht. **Fig. 1A** stellt das empfangene Signalfeld eines Funksignals dar, das innerhalb eines städtischen Gebiets bei einer Frequenz von 100 MHz arbeitet, während **Fig. 1B** ein Funksignal darstellt, das in einem städtischen Gebiet mit einer Signalfrequenz von 300 MHz arbeitet. Aus diesen Diagrammen kann gesehen werden, wie die Stärke der Signale variiert, was periodische Schwundsenken schafft, die sowohl von Abstand als auch Frequenz abhängen.

[0008] In dem Fall von digitalen Funksystemen, wie etwa jenen, in denen Modulation im zeitgeteilten Vielfachzugriff (time division multiple access, TDMA) verwendet wird, entstehen andere Schwierigkeiten bei einer Funksendung. Eine dieser Schwierigkeiten, die als Zeitstreuung (time dispersion) bezeichnet wird, tritt auf, wenn ein Signal, das bestimmte digitale Infor-

mation darstellt, an der Empfangsantenne durch ein unterschiedliches nachfolgend gesendetes Symbol wegen Reflexionen des ursprünglichen Signals von einem Objekt weit entfernt von der Empfangsantenne gestört wird. Es wird somit für den Empfänger schwierig zu entscheiden, welches tatsächliche Symbol im gegenwärtigen Moment erfasst wird. Ein anderes Sendephänomen, das der Verwendung von TDMA-Modulation inhärent ist, geschieht wegen der Tatsache, dass jede Mobilstation nur während eines bestimmten zugeordneten Zeitschlitzes des TDMA-Rahmens senden und während der anderen Zeiten still bleiben muss. Andernfalls wird das Mobiltelefon Rufe von anderen Mobiltelefonen stören, denen andere Zeitschlitzte des gleichen Rahmens zugewiesen sind.

#### Konventionelle Lösungen von Funksendeproblemen

[0009] Es wurde eine Reihe von Techniken entwickelt, die verwendet werden, um die Signaldegenerationsphänomene zu bekämpfen, die in Funksendersystemen auftreten. Eine Lösung, die eingesetzt wird, um die Probleme von Schwund eines digitalen Funksignals von sowohl lognormalem Schwund als auch Rayleigh-Schwund zu bekämpfen, ist die von Kodierung und Verschachtelung. Dies ist eine Technik, in der die Information, die verschiedene Elemente digitaler Information darstellt, in Blöcke organisiert ist, und aufeinanderfolgende einer Serie von Blöcken, z. B. jeder mit vier Bits, in Rahmen organisiert sind. Wenn jedes der aufeinanderfolgenden Bits von Information in der gleichen Reihenfolge gesendet werden, wie sie durch den Sprachkodierer generiert werden, würde das Auftreten einer Schwundsenke verschiedene aufeinanderfolgenden Bits von Information vollständig auslöschen, die somit aus dem Kommunikationsstrom verloren gehen und zu einer Lücke in der Sprache führen würden, um aus ihnen erneut erstellt zu werden. Mit der Technik von Verschachtelung jedoch werden die aufeinanderfolgenden Bits von Information systematisch voneinander getrennt und in einem Sendestrom neu angeordnet, in dem sie an Stelle einander benachbart zu sein zeitlich voneinander getrennt sind, wobei jedes ein Bit eines getrennten Blocks von Information bildet. An dem anderen Ende des Sendestroms werden die neu angeordneten Bits aus den Blöcken von Daten entfernt, in denen sie gesendet wurden, und werden erneut aufgebaut, um wiederum benachbart zueinander zu sein. Wenn jedes dieser Bits, das Sprachdaten darstellt, von den anderen Bits getrennt ist, zu denen sie normalerweise zeitlich benachbart sind und unter anderen Bits, die normalerweise zeitlich nicht zueinander benachbart sind, "verschachtelt" sind und dann ein gesamter Block von Bits aus dem Sendestrom während einer Schwundsenke verloren geht, kann mindestens ein bestimmter Teil dieses verlorenen Blocks aus den Bits aufgebaut werden, die während der Senke nicht verloren wurden, da sie in andere

Blöcke verschachtelt wurden, die nicht wegen Schwund verloren wurden. In dem Fall einer beweglichen Mobilstation tritt eine Schwundsenke nur für eine sehr kurze Zeitperiode auf, da das Mobiltelefon durch die Region von Schwund und zurück in ein Gebiet mit gutem Empfang passiert.

[0010] Eine Technik, die verwendet wird, um eine digitale Funksendung gegen Interferenz zu sichern, ist die einer Fehlerkorrekturkodierung, in der die Bits von Information, die zu senden sind, mit einem Korrekturcode codiert werden, sodass wenn Bits während einer Sendung verloren werden, sie mit einem relativ hohen Maß an Genauigkeit an dem Standort des Empfängers durch die Fehlerkorrekturcode-Schaltungstechnik wieder erstellt werden können. Ein Teil der Prozedur, die bei Korrekturkodierung eines digitalen Signalsendestroms verwendet wird, ist der von Verschachtelung.

[0011] Eine Annahme, die bei der Verwendung von Verschachtelungstechniken mit Fehlerkorrekturkodierung inhärent ist, ist die, dass sich das Mobiltelefon bewegt, sodass es eine Schwundsenke relativ schnell passiert und nur einen Verlust von einem relativ kleinen Block der digitalen Information wegen. Dämpfung erfährt, während es sich in der Region der Schwundsenke befindet. In dem Fall von Sendeumgebungen, die sich innen befinden, z. B. in einem Kongresszentrum oder Bürogebäude, bewegt sich eine Mobilstation relativ langsam oder ist vielleicht sogar stationär. Wenn sich somit das Mobiltelefon an einem physischen Standort befindet, der Gegenstand einer Schwundsenke ist, durchläuft es diese Senke nicht schnell und somit geht ein großer Umfang an Information wegen dem Schwund verloren. Verluste von großen Blöcken an Information können nicht durch bloßes Verschachteln und Fehlerkorrekturkodierung korrigiert werden.

[0012] Eine andere Technik, die verwendet wird, um Sendeschwierigkeiten in einem Funksystem zu kompensieren, ist die vom Frequenzspringen. Bei der Verwendung von Frequenzspringen sind die Funksendung und der Empfang für einen zeitlichen Moment auf einer Trägerfrequenz und dann "springen" eine sehr kurze Zeit später die Sendung und der Empfang zu einer unterschiedlichen Frequenz. Wenn ein gesendetes Funksignal auf einer unterschiedlichen Trägerfrequenz ist, ist es nicht dem gleichen Schwundmuster unterworfen, da derartige Muster frequenzabhängig und dadurch für unterschiedliche Frequenzen unterschiedlich sind. Somit kann eine stationäre Mobilstation, die bei einer Trägerfrequenz in dem Tiefpunkt einer Schwundsenke sein kann, bei einer unterschiedlichen Frequenz einen relativ guten Empfang bekommen. Auf diesem Weg wird Frequenzspringen verwendet, um den Umfang an Signalverlust auf ein relativ kurzes Segment der tatsächlichen Sendezeitspanne weiter zu begrenzen und somit der Signalbearbeitungsschaltungstechnik zu erlauben, den Verlust an Rundrufinformation mit Verschachtelung und Fehlerkorrekturkodierung durch

erneutes Aufbauen der verlorenen Abschnitte der Sendung zu kompensieren.

[0013] Ein wichtiger Aspekt von Frequenzspringen ist, dass die zwei oder mehr Trägerfrequenzen, zwischen denen das Signal aufeinanderfolgend springt, jede durch einen bestimmten minimalen Betrag getrennt sein müssen, um unabhängigen Schwund auf den unterschiedlichen Frequenzen zu erfahren. Mit anderen Worten, die Frequenzen, zwischen denen die Signale springen, müssen ausreichend voneinander getrennt sein, sodass wenn das empfangene Signal in einer Frequenz in einer Schwundsenke ist, es in der anderen Frequenz nicht in einer Schwundsenke sein sollte. Falls die beiden Frequenzen sehr eng zueinander sind, ist es wahrscheinlicher, dass das empfangene Signal wegen Schwund in beiden Frequenzen schwach sein wird. Wenn jedoch die beiden Frequenzen voneinander um einen ausreichend großen Wert getrennt sind, dann ist es weniger wahrscheinlich, dass das empfangene Signal in beiden Frequenzen in einer Schwundsenke sein wird. Die Trennung zwischen den beiden Sprungfrequenzen, die ausreichend ist, um unabhängigen Schwund voneinander zu erhalten, wird die Kohärenzbandbreite genannt. Falls jede der beiden Trägerfrequenzen, die zum Springen verwendet werden, innerhalb der Kohärenzbandbreite sind, werden die Signale, die in jeder der beiden Frequenzen empfangen werden, stark korreliert sein. Falls die Trägerfrequenzen um mehr als die Kohärenzbandbreite getrennt sind, dann ist es wahrscheinlich, dass die Signale, die in jeder der beiden Frequenzen empfangen werden, nicht korreliert sein werden und somit zum gleichen Zeitpunkt nicht in einer Schwundbedingung sein werden. Falls die beiden Frequenzen nicht korreliert voneinander sind, wird der Funkempfänger wahrscheinlich nicht einen Schwund in der anderen Frequenz erfahren, wenn eine von ihnen in der Schwundbedingung ist.

[0014] Wenn Frequenzspringen in einem TD-MA-Funksignal verwendet wird und das Signal über eine unterschiedliche Frequenz während jedes der mehreren aufeinanderfolgenden TDMA-Zeitschlitzte springt, wobei jede der unterschiedlichen Trägerfrequenzen vernünftig weit voneinander entfernt ist, dann ist es sehr wahrscheinlich, dass die Signale, die in jedem der Zeitschlitzte empfangen werden, vollständig unkorreliert voneinander sind. Falls Fehlerkorrekturenkodierung und Verschachtelung über die aufeinanderfolgenden Schlitze angewendet wird, in denen das Signal empfangen wird, wird außerdem mindestens eine Hälfte der Bits, die während zwei aufeinanderfolgenden Zeitschlitzten empfangen werden, nicht einer Schwundbedingung unterworfen sein, in welchem Fall die Fehlerkorrekturenkodierung und Verschachtelung eine zufriedenstellende Aufgabe zum Wiederherstellen des vollständigen Signalinhalts ungeachtet des Verlusts an Inhalt von einem der beiden Schlitze erfüllen werden.

[0015] Kohärenzbandbreite und Korrelationsfakto-

ren für Frequenzsprunganwendungen betrachtend, ist die Kohärenzbandbreite der Zeitverzögerungsstreuung des Sendekanals umgekehrt proportional. Die Zeitverzögerungsstreuung tritt wegen Mehrfachpfadausbreitung auf. Die Zeitdifferenz liegt zwischen den frühesten und spätesten Mehrfachpfadsignalen, dem Sichtliniensignal und dem gleichen Signal, das verzögert ist, da eine oder mehr Reflexionen eine Zeitspanne schafft, die sowohl das Hauptsignal als auch seine Hauptechos umfasst, die das meiste der Signalenergie enthalten.

[0016] Die Kohärenzbandbreite eines Signals ist der Zeitverzögerungsstreuung des Signals umgekehrt proportional. In dem Fall von innen implementierten Funkkanälen ist die Zeitverzögerungsstreuung extrem klein, z. B. in der Größenordnung von 50 bis 100 Nanosekunden. Somit wäre die Kohärenzbandbreite für derartige Signale sehr groß, z. B. in der Größenordnung von 10 MHz. Um unabhängigen Schwund in einer Frequenzsprungumgebung zu erhalten, müsste die Frequenzdifferenz zwischen zwei Trägersignalen in der Größenordnung von 10 MHz sein, weit größer als die Bandbreite der meisten praktischen Systeme. Es ist ein noch größeres Problem, die Trägerfrequenz des Signals über drei oder vier getrennte Frequenzen springen zu lassen, was 30 bis 40 MHz an Bandbreite erfordert.

[0017] Ein früherer Ansatz für das Kohärenzbandbreitenproblem war es, beträchtliche Echos des Rundrufsignals durch Verwendung eines zweiten Senders zu schaffen. Durch Verzögern einer Sendung in dem zweiten Sender in der Größenordnung einer Symbolperiode schwindet das zweite Signal unabhängig von dem ersten als eine Funktion der Beabstandung der zweiten Antenne von der ersten. Während der Empfänger diese beiden Signale auflösen kann, ist ein komplexerer Empfänger erforderlich, um die Signalechos zu bewältigen. Das TD-MA-Signal erfordert einen Entzerrer, während CD-MA-Signale einen Rake-Kombinierer erfordern.

[0018] Eine andere Lösung war es, keine Verzögerung zwischen beiden getrennten Sendeantennen zu verwenden, sondern stattdessen die Phasendifferenzen zwischen ihnen zu variieren. Dies bewirkt, dass der Schwund in dem Empfänger zeitlich variiert. Wegen der Beweglichkeit eines Empfängers kann die kombinierte Wirkung jedoch bewirken, dass der Schwund sich zeitlich so schnell ändert, dass die Empfängerbearbeitungsschaltungstechnik damit nicht fertig wird. Falls z. B. der Empfänger einen Kanalverfolger für kohärente Demodulationen hat, kann er nicht richtig funktionieren, falls sich der Schwund zeitlich zu schnell ändert. Falls das Mobiltelefon z. B. gestaltet ist, stationär zu sein, dann kann eine zeitlich variiierende Phase ferner durch den Empfänger nicht verfolgt werden.

[0019] Es gibt deshalb Bedarf an einem gewissen Mechanismus, um die Implementierung von Frequenzspringen über eine begrenzte Bandbreite zu erlauben, um flache Schwundkanäle in Umgebungen

zu korrigieren, wie etwa Funksystemen, die in einer Innenumgebung implementiert sind.

[0020] In der Literaturstelle von Mogensen et al (D1) wird eine Offenlegung der Durchführung einer Antennendiversifizierung für zwei Zweige in auf GSM bezogenen Systemen vorgenommen, wobei Kombinationstechniken für sowohl Auf- als auch Abwärtsverbindung analysiert werden. Mogensen beschreibt Frequenzspringen als ein optionales Netzwerkmerkmal bei GSM. Der Artikel beschreibt weiter ein Diversifizierungsschema zur Sendung eines verzögerten Signals für den Abwärtsverbindungspfad. Die Sendung eines verzögerten Signals ist eine Sendung von einem zweiten dekorrelierten Antennenzweig in der Basisstation, wobei die Sendeverzögerung in dem zweiten Antennenzweig in der Größenordnung von 2-Bit-Perioden bezüglich des ersten Antennenzweigs ist. Das empfangene Signal in der Mobilstation besteht aus zwei dekorrelierten Signalkomponenten mit einem Zeitverzögerungsversatz. Die beiden Signalkomponenten können mittels eines Entzerrers kohärent kombiniert werden, wobei dadurch die Schwundwahrscheinlichkeit reduziert wird. Mogensen beschreibt weiter, dass ein Maximalverhältnistyp von Kombinationsschemata (d.h. angepasster Filter und Soft-Entscheidung) eine Antennendiversifizierungsverstärkung vorsieht, die 3 dB überschreitet, wenn Frequenzspringen aktiviert ist.

[0021] Die Literaturstelle von Yoshida (D2) beschreibt eine Doppelphasenumtastungs- (double shift keying modulation, DSK) Modulationstechnik, die eine künstliche Verzögerung in einem der Diversifizierungszweige inkludiert. **Fig. 1(b)** zeigt ein Funksendesystem, das einen Sender mit einer ersten und zweiten Antenne umfasst, und eine künstliche Verzögerung, die entlang des zweiten Antennenzweiges zwischengeschaltet ist. **Fig. 2** zeigt ein Blockdiagramm einer Basisstation, die eine Verzögerung entlang eines Paares von Signalpfaden umfasst, die in dem Basisbandsignal arbeitet. Die Verzögerung in der Basisstation ist in sowohl den Sende- als auch den Empfangsmodus einbezogen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0022] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Ermöglichen von Frequenzspringen zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz vorgesehen, wobei das Verfahren umfasst:

Senden des Signals von einer ersten Sendeantenne; Senden des gleichen Signals von einer zweiten Sendeantenne nach Verzögern des Signals um eine vorausgewählte Zeitperiode;

Bearbeiten der empfangenen Signale von der ersten und zweiten Sendeantenne in einem Empfänger; Springen lassen der Sendefrequenz von der ersten Frequenz zu der zweiten Frequenz; und Ändern der Zeitperiode der Verzögerung im Basisband als eine Funktion der Frequenz des zu senden-

den Signals.

[0023] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zum Ermöglichen von Frequenzspringen zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz vorgesehen, umfassend:

erste Antenneneinrichtung zum Senden des Signals; zweite Antenneneinrichtung zum Senden des gleichen Signals nach Verzögern des Signals um eine vorausgewählte Zeitperiode;

Bearbeitungseinrichtung zum Bearbeiten der empfangenen Signale von der ersten und zweiten Sendeantenne in einem Empfänger;

Sprungeinrichtung zum Springen lassen der Sendefrequenz von der ersten Frequenz zu der zweiten Frequenz; und

Änderungseinrichtung zum Ändern der Zeitperiode der Verzögerung im Basisband als eine Funktion der Frequenz des zu sendenden Signals.

[0024] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zum Ermöglichen von Frequenzspringen zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz vorgesehen, umfassend:

erste Antenneneinrichtung zum Empfangen des gesendeten Signals in einem Empfänger;

zweite Antenneneinrichtung zum Empfangen des gleichen Signals in dem Empfänger;

Verzögerungseinrichtung zum Verzögern des durch die zweite Antenneneinrichtung empfangenen Signals um eine vorausgewählte Zeitperiode; und

Änderungseinrichtung zum Ändern der Zeitperiode der Verzögerung als eine Funktion der Frequenz des empfangenen Signals.

[0025] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Ermöglichen von Frequenzspringen in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzspringen vorgesehen, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Empfangen eines digitalen Kommunikationssignals mit langsamem Frequenzspringen in einer Vielzahl von unterschiedlichen Antennen und

Ändern der Zeitperiode einer Verzögerung als eine Funktion der empfangenen Frequenz des Kommunikationssignals bei mindestens einer aus der Vielzahl von unterschiedlichen Antennen und

Bearbeiten der durch Verzögerung getrennten Signale, um die effektive Kohärenzbandbreite der bezüglich der einem Frequenzspringen unterzogenen Signale zu erhöhen.

[0026] Das System der vorliegenden Erfindung löst einige der vorangehenden Probleme dadurch, dass der Schwund veranlasst wird, in Trägerfrequenzen verschieden zu sein, ohne dass signifikante Signallechos oder signifikante Zeitschwankungen in dem Signal geschaffen werden. In einer Ausführungsform der Erfindung senden mehrfache Sendeantennen das gleiche Signal mit unterschiedlichen Phasen aus. In einer anderen Ausführungsform wird das Signal,

das in mehrfachen Empfangsantennen empfangen wird, kombiniert, nachdem die Phase von einer oder beiden geändert wurde. In jedem Fall wird die Phasendifferenz als eine Funktion einer Trägerfrequenz geändert. Diese Phasenänderungen können durch Verwenden fester Verzögerungen zwischen Antennen oder durch Verwenden einer Phasenverschiebeeinrichtung implementiert werden, die sich während einer Häufung nicht ändert, sich aber zwischen Häufungen ändert.

[0027] In einem anderen Aspekt inkludiert das System der vorliegenden Erfindung die Erstellung einer Verzögerungsstreuung in einem digitalen Funksignal, um die Kohärenzbandbreite eines Signals zu verringern, sodass Frequenzspringen implementiert werden kann, um Schwundverlust in einer Umgebung zu korrigieren, in der sich das Mobiltelefon relativ langsam bewegt, z. B. in einer Innenumgebung.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0028] Ein vollständigeres Verstehen des Verfahrens und Systems der vorliegenden Erfindung kann durch Bezug auf die folgende detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform(en) erhalten werden, genommen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen, wobei:

[0029] **Fig. 1A** und **1B** Diagramme sind, die den Schwundverlust innerhalb einer mobilen Funkumgebung als eine Funktion des Abstands über zwei unterschiedliche Frequenzen veranschaulichen;

[0030] **Fig. 2** ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Systems ist, das in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist;

[0031] **Fig. 3** eine andere Ausführungsform eines Systems ist, das in Übereinstimmung mit den Unterweisungen der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist;

[0032] **Fig. 4** eine andere Ausführungsform eines Systems ist, das in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist; und

[0033] **Fig. 5** ein Blockdiagramm ist, das die Einführung von Phasenverzögerungen in ein Basisbandsignal durch Drehung der I- und Q-Wellenformen vor einer Modulation veranschaulicht.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0034] In der Implementierung des Systems und Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird eine Phasenänderung in einen von zwei identischen Funksignalpfaden eingeführt und der Grad einer Änderung ist eine Funktion der Trägerfrequenz des Signals. Ein beispielhafter Ansatz ist es, eine feste Verzögerung zu verwenden, sodass die Phasenänderung gleich der Trägerfrequenz ( $H_z$ ) mal der Verzögerung ist, was eine frequenzabhängige Phasenbeziehung zwischen zwei unterschiedlichen Sendeantennen verursacht. Diese Verzögerung kann z. B. mit einer akustischen Oberflächenwellen- (surface acous-

tic wave, SAW) Vorrichtung implementiert werden. Im Gegensatz zu Systemen des Stands der Technik ist die eingeführte Verzögerung sehr klein, sodass keine auflösbarer Echo des Signals generiert werden. Die Verzögerung reicht nur aus, um eine Phasenänderung zu verursachen, die sich für unterschiedliche Sprungfrequenzen unterscheidet.

[0035] Spezieller setzt das System der vorliegenden Erfindung zwei getrennte Antennen bei der Erstellung einer "künstlichen Verzögerungsstreuung" in einem Signal ein, das in einer Umgebung mit begrenzter Bandbreite rundgesendet wird, in der sich das Mobiltelefon relativ langsam bewegt oder statioär ist. Das Signal zu jeder der beiden Antennen wird bezüglich zu dem anderen derart verzögert, dass das empfangene Signal erscheint, sowohl ein Hauptsignal als auch ein sekundäres Signal zu inkludieren. Das Ausmaß der Phasendifferenz zwischen den beiden empfangenen Signalen wird als eine Funktion einer Trägerfrequenz für gesprungene Signale geändert.

[0036] In der Umgebung der Erfindung, die in **Fig. 2** gezeigt wird, sendet ein Sender **21** ein Signal durch eine Ausgangsleitung **22** aus, die in zwei Pfade **23** und **24** gesplittet ist. Das Signal, das sich entlang Pfad **23** bewegt, durchläuft einen Phasenmodifizierer **25** zu einer Sendeantenne **26**. Es kann z. B. ein Sendefilter verwendet werden, um eine ausgewählte Phasenverzögerung einzuführen, die mit einer Frequenz variiert. Das andere Signal durchläuft entlang Leitung **24** zu einer unterschiedlichen Antenne **27**. Die Phasenmodifikation wird in eines der Signale eingeht, um in der Größenordnung eines Bruchteils der Symbolrate zu sein, sodass eine geringfügige Verzögerungsstreuung zwischen den jeweiligen Signalen simuliert wird, die von Antennen **26** und **27** ausgesendet werden. Ein Empfänger **31** empfängt die beiden phasenverschobenen Signale von Antennen **26** und **27** in einer einzelnen Empfangsantenne **32**. In der Empfangsantenne **32** erscheint es, als ob ein kleiner Betrag einer Zeitverzögerungsstreuung aufgetreten ist, sodass ein Entzerrer oder ein Rake-Kombinierer nicht notwendig ist. Stattdessen addieren sich entweder die zwei Signale konstruktiv oder heben sich auf, abhängig von der Position des Empfängers und der Trägerfrequenz.

[0037] Bezugnehmend als Nächstes auf **Fig. 3** wird eine Ausführungsform der Erfindung gezeigt, in der ein Signalsender **41** über eine einzelne Sendeantenne **42** aussendet. Dieses Signal wird durch sowohl eine erste Antenne **43** als auch eine zweite Antenne **44** empfangen. Das Ausgabesignal von der ersten Antenne durchläuft einen Phasenmodifizierer **45** und folglich in einen Kombinierer **46**, in dem es mit dem ungeänderten Signal von Antenne **44** kombiniert wird. Das kombinierte Signal wird dann in den Empfänger **47** eingeführt, der die Signale bearbeitet. Die phasenmodifizierten Signale von Antenne **44** und das ungeänderten Signal von Antenne **44** werden in Kombinierer **46** kombiniert, um eine Verzögerungs-

streuung zwischen den beiden empfangenen Signalen zu simulieren, die in dem Empfänger 47 bearbeitet werden können. Diese simulierte Verzögerungsstreuung erzeugt eine kleinere Kohärenzbandbreite, die effektives Frequenzspringen über eine relativ bescheidene Bandbreite erlaubt, um Schwund des Signals in einer geschlossenen Umgebung zu bekämpfen.

[0038] Die Ausführungsform der Erfindung, die in **Fig. 4** gezeigt wird, ist der von **Fig. 3** ähnlich, in der ein Signalsender 41, der mit einer Sendeantenne 42 verbunden ist, ein Signal sendet, das in einer ersten Empfangsantenne 43 und einer zweiten Empfangsantenne 44 empfangen wird. Die Signale werden in einen Empfänger 47 eingeführt und eines der beiden Signale wird unabhängig von dem anderen bearbeitet, um eine Verzögerung 45 einzuführen und erneut eine Verzögerungsstreuung zu simulieren. Dies reduziert die Kohärenzbandbreite der beiden Signale, was Frequenzspringen über eine vernünftige Frequenzbandbreite erlaubt, um gewisse Schwundverluste zu korrigieren.

[0039] Das System der vorliegenden Erfindung kann auf anderen Wegen implementiert werden. An Stelle einer Verwendung einer Verzögerung könnte z. B. ein gewisser Typ eines Phasenversatzes, der von Frequenzsprung zu Frequenzsprung variiert, eingesetzt werden. In einem Sender könnte eine derartige Verzögerung in einem Basisband durch Drehung der I- und Q-Wellenformen vor einer Modulation eingeführt werden, wie in **Fig. 5** veranschaulicht wird. Es wird eine Drehung mit Schrittweiten von 0, 90, 180 und 270° bevorzugt, sodass die gedrehten Signale I und Q auf die ursprünglichen Signale auf den folgenden einsfachen Wegen bezogen sind:

$$I' = I; Q' = Q(0^\circ).$$

$$I' = -Q; Q' = I(90^\circ).$$

$$I' = -I; Q' = -Q(180^\circ).$$

$$I' = Q; Q' = -I(270^\circ).$$

wobei der Grad einer Drehung zufällig von Sprung zu Sprung gewählt werden oder eine Funktion des Sprungfrequenzsteuersignals sein oder einem regulären festen Muster folgen könnte.

[0040] Eine ähnliche Technik kann verwendet werden, wenn es zwei empfangene Signale gibt. Z. B. können die Signale einfach zusammen addiert werden ( $0^\circ$ ), oder die Differenz der beiden Signale kann genommen werden ebenso wie andere Einrichtungen zum Modifizieren der Signale. In US-Patentanmeldung Seriennummer 07/585,910, erteilt als US-Patent 5,991,331 am 23. November 1999 mit dem Titel "Diversity Receiving System" im Namen von Paul W. Dent und dem Bevollmächtigten der vorliegenden Erfindung zugeordnet, wird selektive Diversifizierung verwendet, um die beste Kombination innerhalb eines Empfangssystems auszuwählen. In der vorliegenden Erfindung spielt jedoch die tatsächliche wünschenswerteste Kombination keine Rolle. Es ist nur das Ändern der Kombination mit aufeinanderfolgenden Frequenzsprüngen auf entweder ei-

nem zufälligen oder einem bekannten Weg, der die Kanalkodierung und Verschachtelung erlaubt, um Verluste wegen Schwund zu eliminieren. Es ist etwas weniger komplexe Schaltungstechnik erforderlich, um diese Funktionen in der vorliegenden Erfindung auszuführen als in dem selektiven Diversifizierungs-optimierungssystem der oben angeführten Anmeldung von Dent.

[0041] In der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die mehrfache Empfängerantennen einsetzt, ist es möglich, dass die gewählte Signalverzögerung in der Größenordnung einer Symbolperiode sein kann. Wenn der Demodulator Echosignale handhaben kann, dann kann in einem derartigen Fall ein Diversifizierungsvorteil ohne der Notwendigkeit von Frequenzspringen erhalten werden. Während es schwierig ist, eines der Antennensignale um so viel wie eine Symbolperiode zu verzögern, kann dies durch Empfängerbearbeitung unter Verwendung von Filtern mit unterschiedlichen Gruppenverzögerungscharakteristika bewerkstelligt werden.

[0042] Es sollte auch beachtet werden, dass während die obige Erfindung für Funksysteme beschrieben wird, sie auch auf andere drahtlose Kommunikationssysteme anwendbar ist. Wie oben beschrieben, können somit Antennen auf eine beliebige Vorrichtung verweisen, die das Signal entweder von dem Sender zu einem Sendemedium oder von dem Sendemedium zu dem Empfänger überträgt. Während Frequenzspringen auftritt, kann der Mehrfachzugriffsansatz innerhalb eines Sprungs auch FDMA, TDMA oder CDMA sein.

[0043] Obwohl eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens und Geräts der vorliegenden Erfindung in den begleitenden Zeichnungen veranschaulicht und in der vorangehenden detaillierten Beschreibung beschrieben wurden, ist zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offengelegte (n) Ausführungsformen begrenzt ist, sondern zu zahlreichen Neuanordnungen, Modifikationen und Substitutionen fähig ist, ohne von dem Geist der Erfindung abzuweichen, wie durch die folgenden Ansprüche dargelegt und definiert.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz, welches Verfahren folgendes aufweist:  
Senden des Signals von einer ersten Sendeantenne (27);

Senden desselben Signals von einer zweiten Sendeantenne (26) nach einem Verzögern des Signals um eine vorausgewählte Zeitperiode;

Verarbeiten der empfangenen Signale von der ersten (27) und der zweiten (26) Sendeantenne in einem Empfänger (31);

Springen lassen der Sendefrequenz von der ersten Frequenz zur zweiten Frequenz; und

Ändern der Zeitperiode der Verzögerung beim Basisband als Funktion der Frequenz des zu sendenden Signals.

2. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 1, wobei:  
das gesendete Signal ein TDMA-Signal ist.

3. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 1, wobei die Verzögerung beim Basisband zwischen dem von der ersten (27) und der zweiten (26) Senderantenne gesendeten Signal relativ zu einer Symbolperiode des digitalen Kommunikationssignals klein ist.

4. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 1, wobei die Zeitperiode der Verzögerung in das zu sendende Signal durch eine Drehung der I- und/oder Q-Wellenformen des Signals vor einer Modulation eingeführt wird.

5. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 1, wobei die Zeitperiode der Verzögerung in das zu sendende Signal mittels einer Vorrichtung für akustische Oberflächenwellen (SAW) eingeführt wird.

6. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz, das folgendes aufweist:  
eine erste Antenneneinrichtung (27) zum Senden des Signals;

eine zweite Antenneneinrichtung (26) zum Senden desselben Signals nach einem Verzögern des Signals um  
eine vorausgewählte Zeitperiode;  
eine Verarbeitungseinrichtung zum Verarbeiten der von der ersten (27) und der zweiten (26) Sendeanntenne empfangenen Signale in einem Empfänger (31);

eine Sprungeinrichtung zum Springen lassen der Sende Frequenz von der ersten Frequenz zur zweiten Frequenz; und  
eine Änderungseinrichtung zum Ändern der Zeitperiode der Verzögerung beim Basisband als Funktion der Frequenz des zu sendenden Signals.

7. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Fre-

quenz nach Anspruch 6, wobei:  
das gesendete Signal ein TDMA-Signal ist.

8. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 6, wobei die Verzögerung beim Basisband, das zwischen den Signalen verwendet wird, die von den unterschiedlichen Antennen gesendet werden, relativ zu einer Symbolperiode des Signals klein ist.

9. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 6, wobei die Zeitperiode der Verzögerung in das zu sendende Signal durch eine Drehung der I- und/oder Q-Wellenformen des Signals vor einer Modulation eingeführt wird.

10. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz, das folgendes aufweist:  
eine erste Antenneneinrichtung (44) zum Empfangen des gesendeten Signals bei einem Empfänger (47);  
eine zweite Antenneneinrichtung (43) zum Empfangen desselben Signals beim Empfänger (47);  
eine Verzögerungseinrichtung (45) zum Verzögern des durch die zweite Antenneneinrichtung (43) empfangenen Signals um eine vorausgewählte Zeitperiode; und  
eine Änderungseinrichtung zum Ändern der Zeitperiode der Verzögerung als Funktion der Frequenz des empfangenen Signals.

11. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 10, wobei:  
das empfangene Signal ein TDMA-Signal ist.

12. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 10, wobei die Verzögerung, die zwischen den Signalen verwendet wird, die durch die unterschiedlichen Antenneneinrichtungen (43 und 44) empfangen werden, relativ zu einer Symbolperiode des Signals klein ist.

13. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 10, das weiterhin folgendes aufweist:  
eine Antenneneinrichtung (42) zum Senden des Signals; und  
eine Sprungeinrichtung zum Springen lassen der Sende Frequenz von der ersten Frequenz zur zweiten

Frequenz.

14. System zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens zwischen einem Signal einer ersten Frequenz und einem Signal einer zweiten Frequenz nach Anspruch 10, das weiterhin folgendes aufweist:

eine Kombinationseinrichtung (**46**) zum Kombinieren des Signals, das bei der ersten Antenneneinrichtung (**44**) empfangen wird, mit dem verzögerten Signal, das bei der zweiten Antenneneinrichtung (**42**) empfangen wird, um ein kombiniertes Signal zu erzeugen; und  
eine Verarbeitungseinrichtung zum Verarbeiten des kombinierten Signals in einem Empfänger (**47**).

15. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit trägem bzw. langsamem Frequenzsprungverfahren, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Empfangen eines digitalen Kommunikationssignals mit langsamem Frequenzsprungverfahren bei einer Vielzahl von unterschiedlichen Antennen (**43** und **44**); Ändern der Zeitperiode einer Verzögerung als Funktion der empfangenen Frequenz des Kommunikationssignals bei wenigstens einer der Vielzahl von unterschiedlichen Antennen (**43** und **44**); und  
Verarbeiten der mittels einer Verzögerung getrennten Signale, um die effektive Kohärenz-Bandbreite der bezüglich der einem Frequenzsprungverfahren unterzogenen Signale zu erhöhen.

16. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, wobei die Verzögerung zwischen dem durch die unterschiedlichen Antennen (**43** und **44**) empfangenen Signal relativ zu einer Symbolperiode des digitalen Kommunikationssignals klein ist.

17. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, wobei die Verzögerung in das empfangene Signal mittels einer Vorrichtung für akustische Oberflächenwellen (SAW) eingeführt wird.

18. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, wobei das empfangene Signal ein TDMA-Signal ist.

19. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, wobei die Verzögerung zwi-

schen den durch die unterschiedlichen Antennen empfangenen Signalen relativ zu einer Symbolperiode des Signals klein ist.

20. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, das weiterhin den Schritt zum Verzögern des Signals aufweist, das durch wenigstens eine der Vielzahl von unterschiedlichen Antennen (**43** und **44**) empfangen wird.

21. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, das weiterhin den Schritt zum Kombinieren der Signale aufweist, die bei jeder der Vielzahl von unterschiedlichen Antennen. (**43** und **44**) empfangen werden, um ein kombiniertes Signal zu erzeugen.

22. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 21, das weiterhin den Schritt zum Erfassen von Informationssymbolen. unter Verwendung des kombinierten Signals aufweist.

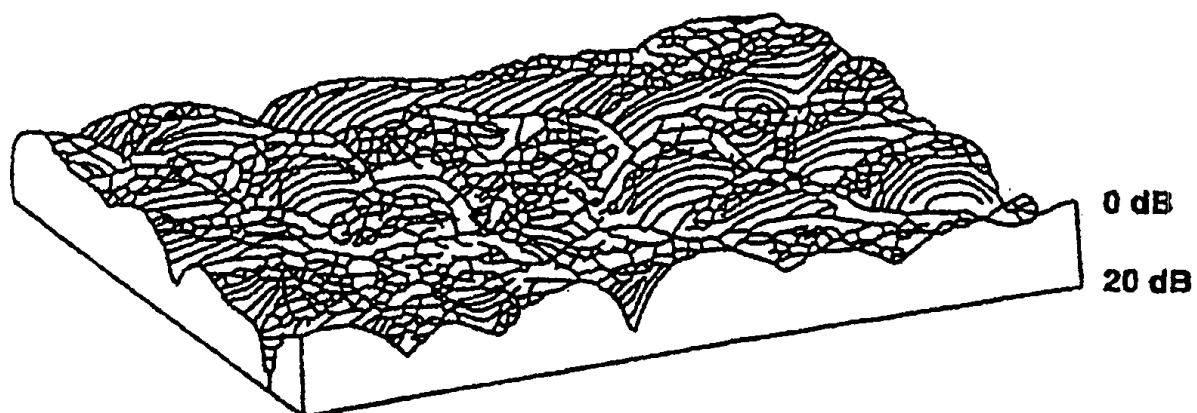
23. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, das weiterhin die folgenden Schritte aufweist:

Senden des Signals von einer Senderantenne (**42**); und  
Springen lassen der Sendefrequenz von der ersten Frequenz zur zweiten Frequenz.

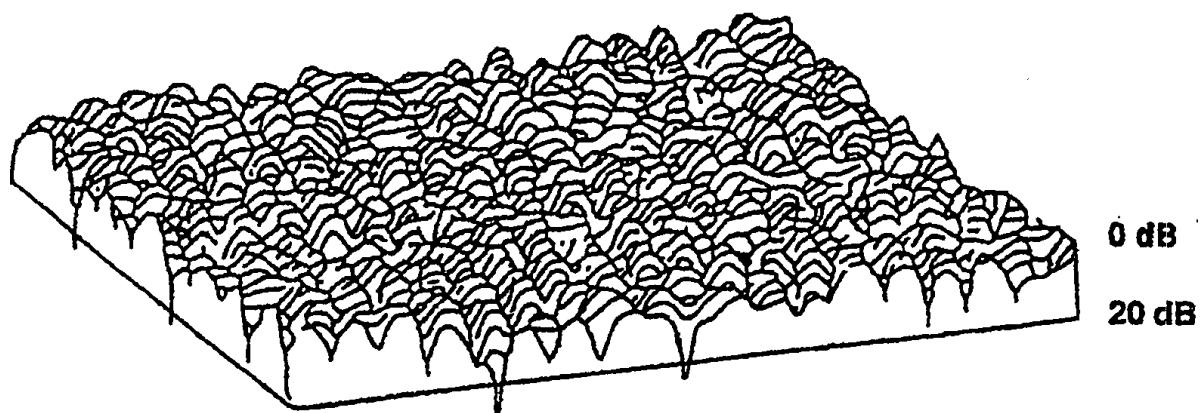
24. Verfahren zum Ermöglichen eines Frequenzsprungverfahrens in einem digitalen Kommunikationssystem mit langsamem Frequenzsprungverfahren nach Anspruch 15, wobei die Verzögerung in das empfangene Signal mittels einer Vorrichtung für akustische Oberflächenwellen (SAW) eingeführt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

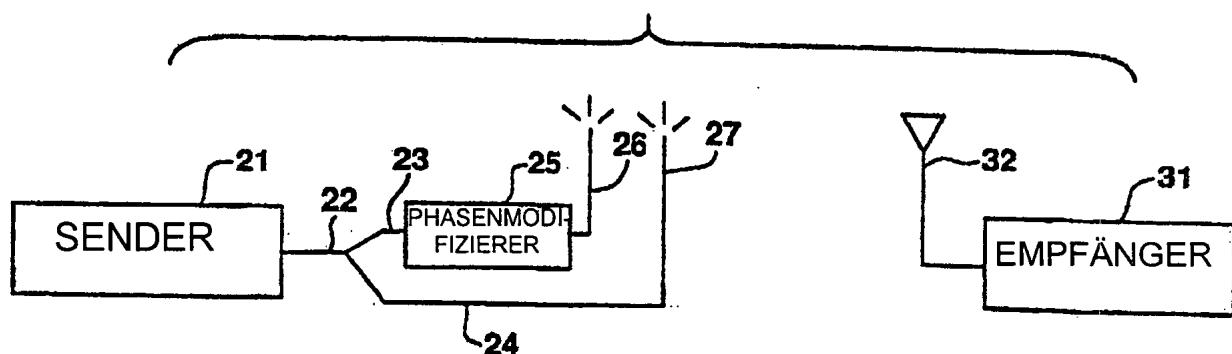
**FIG.1A**



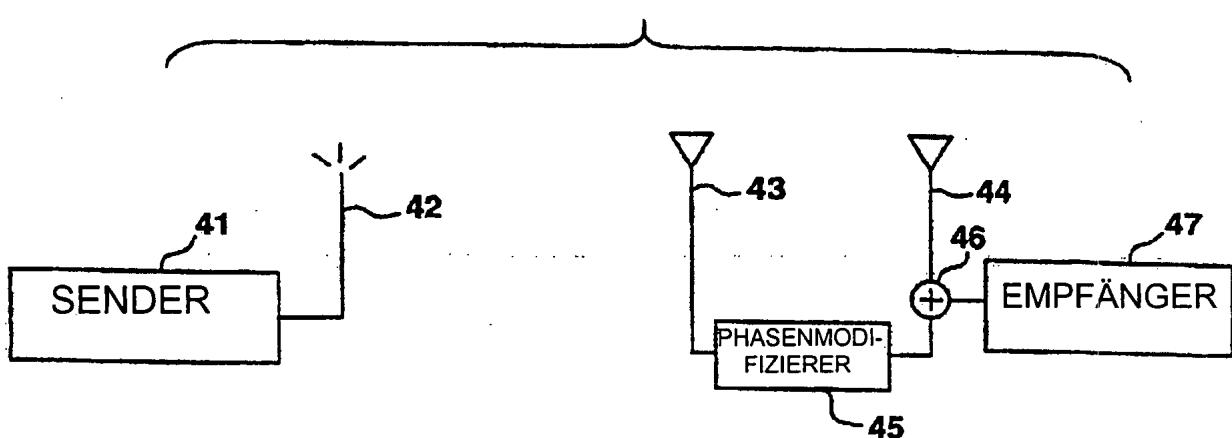
**FIG.1B**



**FIG.2**



**FIG.3**



**FIG.4**

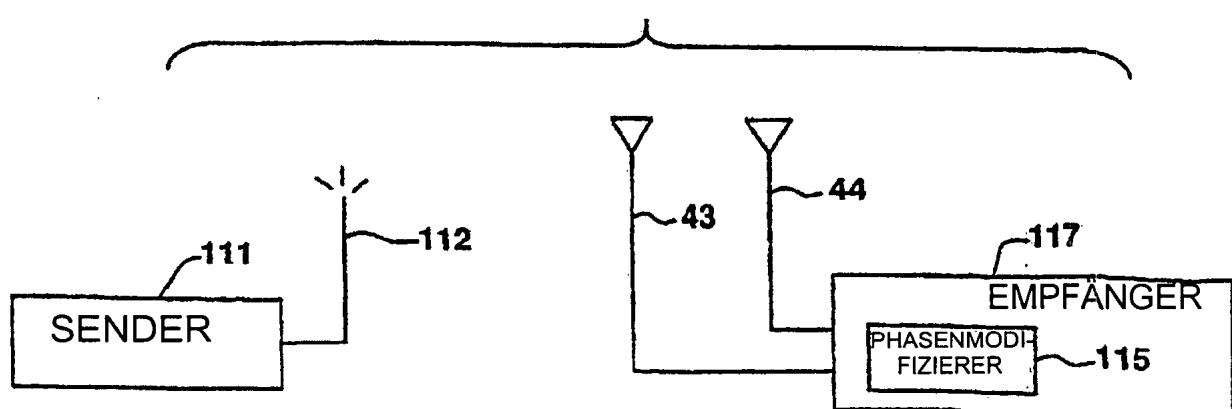


FIG.5

