



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 05 488 T2 2004.07.01

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 154 589 B1

(51) Int Cl.⁷: H04B 7/08

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 05 488.8

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 309 823.3

(96) Europäischer Anmeldetag: 06.11.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 14.11.2001

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 24.09.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 01.07.2004

(30) Unionspriorität:
549919 14.04.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FI, FR, GB, SE

(73) Patentinhaber:
Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(72) Erfinder:
**Kaminski, Walter Joseph, Long Valley, New Jersey
07853, US; Kolstrud, Arild, Bridgewater, New
Jersey 08807, US**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **Mehrzweigempfangs-System und -Verfahren**

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 eingereicht, 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 Verfahren zur Verarbeitung empfangener Signale und Empfänger.

[0002] Das Versorgungsgebiet eines drahtlosen Kommunikationssystems ist in als Zellen bekannte miteinander verbundene Versorgungsbereiche eingeteilt, wo drahtlose Einheiten über Funkstrecken mit einer die Zelle versorgenden Basestation (BS) kommunizieren. Die Basestation ist an ein Landnetz angekoppelt, beispielsweise über eine Mobilvermittlungsstelle (MSC – Mobile Switching Center), die mit einer Mehrzahl von im gesamten Versorgungsgebiet verteilten Basestationen verbunden ist. In der drahtlosen Kommunikationsindustrie werden einem Dienstanbieter oft zwei oder mehr nicht zusammenhängende bzw. getrennte Frequenzbänder erteilt, die für die drahtlose Übertragung und den drahtlosen Empfang von RF-Kommunikationskanälen zu verwenden sind. In den Vereinigten Staaten empfängt beispielsweise eine Basestation für einen Anbieter von zellulären Kommunikationen im „A“-Band Frequenzkanäle in den Bändern A (825-835 MHz), A' (845-846,5 MHz), und A" (824-825 MHz) und die drahtlosen Einheiten empfangen Frequenzkanäle in den Bändern A (870-880 MHz), A' (890-891,5 MHz) und A" (869-870 MHz). Eine Basestation für einen Anbieter im Band B empfängt Frequenzkanäle in den Frequenzbändern B (835-845 MHz) und B' (846,5-849 MHz) und die drahtlosen Einheiten empfangen Frequenzkanäle in den Frequenzbändern B (880-890 MHz) und B' (891,5-894 MHz). Zusätzlich kann eine Basestation für einen PCS-Anbieter (Personal Communications Systems) Frequenzkanäle von drahtlosen Einheiten auf einem oder mehreren PCS-Bändern (1850 MHz-1910 MHz) empfangen und die drahtlosen Einheiten empfangen Frequenzkanäle auf einem oder mehreren PCS-Bändern (1930-1990 MHz).

[0003] Um die Systemhardwarekosten zu verringern, würde ein Dienstanbieter wünschen, einen gemeinsamen Empfänger für gleichzeitigen Empfang und Verarbeitung von Signalen in den nicht zusammenhängenden Frequenzbändern zu benutzen. Bei einer typischen Empfängerarchitektur wird typischerweise für jedes Frequenzband eine Abwärtsumsetzungsstufe zum Abwärtsmischen und Bearbeiten der Positionierung jedes Frequenzbandes auf Zwischenfrequenzen (ZF) benutzt, so daß die Frequenzbänder der modulierten Analogsignale in ein entsprechendes ZF-Frequenzspektrum umgewandelt werden und von getrennten Analog-Digital-(A/D-)Wandlern mit verringriger Abtastrate abgetastet werden können. Um einen einzigen A/D-Wandler zum Digitalisieren der modulierten Analogsignale in den nicht zusammenhängenden Bändern zu benutzen, würde ein einziger A/D-Wandler mit einer Rate abtasten müssen, die so hoch ist, daß sie beide Frequenzbänder umfaßt. Dies ist eine ineffiziente Lösung, da der A/D-Wandler bei der Abtastung von ungewünschten Frequenzen in

der Lücke zwischen den Frequenzbändern Bandbreite aufbraucht. Zum Verringern der Frequenzlücke zwischen nicht zusammenhängenden Frequenzbändern wird eine Abwärtsmischstufe für jedes der Frequenzbänder zum Abwärtsmischen und Bearbeiten der Positionierung jedes Frequenzbandes auf ZF benutzt, so daß die Bänder enger beieinander liegen, um in eine kleinere Bandbreite für den A/D-Wandler zu passen. Bei einer anderen Lösung zur Verbesserung der effizienten Verwendung der A/D-Wandler-Bandbreite werden beide Frequenzbänder abwärtsgemischt, so daß ein Duplikat eines der Frequenzbänder in die Frequenzlücke zwischen den Frequenzbändern positioniert wird.

[0004] Wenn das ZF-Spektrum von einem A/D-Wandler mit einer Abtastrate abgetastet wird, die größer oder gleich dem Doppelten der kombinierten Signalbandbreite ist, was als Nyquist-Abtastrate bezeichnet werden kann, dreht sich oder faltet sich die A/D-Eingangssignalbandbreite periodisch mit Mehrfachen der Hälfte der Abtastfrequenz um sich selbst. Dabei werden Signalbandbreite und Spiegelbilder der Signalbandbreite periodisch in Frequenzabständen wiederholt, die der Abtastrate des A/D-Wandlers entsprechen. Jedes Duplikat der Signalbandbreite kann als eine Nyquist-Zone bezeichnet werden und die ZF-Signalbandbreite wird auf die erste Nyquist-Zone zwischen um 0Hz und der Hälfte der Abtastfrequenz zurückgefaltet. Die Bandbreite einer Nyquist-Zone entspricht der Nyquist-Bandbreite.

[0005] Die Periodizität der spektralen Dichte im Digitalbereich ist eine Grundeigenschaft abgetasteter Wellenformen, die durch Bestimmung der Fouriertransformierung der zeitlich abgetasteten Wellenform vorhergesagt werden kann. Im allgemeinen tastet der A/D-Wandler mit mindestens der doppelten Signalbandbreite der zusammengesetzten Frequenzbänder (d.h. der Nyquist-Abtastrate) ab, um eine digitale Darstellung des modulierten ZF-Analogssignals zu erhalten. Dementsprechend wird die Abtastrate für den A/D-Wandler so gewählt, daß die Nyquist-Bandbreite die gewünschten Frequenzbänder umfaßt. Je höher die Abtastrate, desto breiter die Nyquist-Bandbreite. Wenn die Wellenform mit einer geringeren Rate als der doppelten Signalbandbreite (der Nyquist-Bandbreite) abgetastet wird, tritt eine unerwünschte Überlappung zwischen den benachbarten periodischen Spektren ein – eine als Rückfaltung bezeichnete wohlbekannte Erscheinung. Dementsprechend werden Abtastrate und ZF-Frequenz so gewählt, daß die Nyquist-Bandbreite das umzusetzende Frequenzband umfaßt und dabei die Abtastrate des A/D-Wandlers herabgesetzt wird, wodurch A/D-Wandler mit niedrigerer Abtastrate und geringeren Kosten benutzt werden können. Je weiter die Trennung bzw. Frequenzlücke zwischen den Frequenzbändern ist, desto schneller erreichen die gegenwärtigen Empfängerarchitekturen einen Punkt, an dem die Verwendung eines einzelnen A/D-Wandlers nicht als praktisch oder effizient angesehen wird.

Wenn die Frequenzbänder weit genug beabstandet sind, wird, wenn gewünscht, eine getrennte Antenne für jedes getrennte Frequenzband benutzt. Bei Mehrantennenarchitekturen, bei denen Antennen unterschiedlichen Frequenzbändern fest zugeordnet sind, wird typischerweise für jeden Antennenweg ein getrennter A/D-Wandler benutzt.

[0006] Drahtlose Kommunikationsbasestationen benutzen ebenfalls mehrere Antennen, die dasselbe Frequenzband empfangen, um ein als N-Weg-Empfangsdiversität bekanntes Verfahren zu unterstützen, um die Auswirkungen von Mehrwegeschwund zu lindern. Die Basestation umfaßt ein oder mehrere Funkgeräte, die N räumlich getrennte Empfangsantennen umfassen („Rx1“ bis „RxN“). Da Mehrwegeschwund eine örtlich begrenzte Erscheinung ist, ist es sehr unwahrscheinlich, daß alle räumlich getrennten Empfangsantennen Mehrwegeschwund zur gleichen Zeit erfahren. Wenn daher ein ankommendes Signal an einer Empfangsantenne schwach ist, wird es an einer der anderen wahrscheinlich zufriedenstellend sein. Wenn beispielsweise die Topographie des Geländes hügelig oder bergig ist, oder wenn Objekte wie Gebäude oder Bäume vorhanden sind, kann ein von einer drahtlosen Einheit übertragenes Signal so absorbiert oder reflektiert werden, daß die Signalgüte an der Basestation nicht gleichförmig ist. Dabei ergeben sich aus der Zerstreuung und Reflexion eines Signals zwischen den vielen zwischen und um die drahtlose Einheit und die Basestation herum befindlichen Objekten viele unabhängige Wege. Die Zerstreuung und Reflexion des Signals erzeugt viele unterschiedliche „Kopien“ des übertragenen Signals („Mehrwegesignale“), die mit verschiedenen Beträgen an Zeitverzögerung, Phasenverschiebung und Dämpfung an der Empfangsantenne der Basestation ankommen. Infolgedessen besteht das an der Basestation von der drahtlosen Einheit empfangene Signal aus der Summe dieser Signale, die jeweils über einen getrennten Weg laufen. Da sich die Mehrwegesignale konstruktiv und destruktiv an der Empfangsantenne der Basestation addieren, können starke örtliche Schwankungen in der Stärke des empfangenen Signals auftreten. Diese Erscheinung ist weithin als Mehrwegeschwund oder schneller Schwund oder Rayleigh-Schwund bekannt.

[0007] Wie im Stande der Technik wohlbekannt ist, können N ankommende Signale jeweils von einer von N Empfangsantennen durch ein Diversity-Kombiniereinrichtung unter Verwendung verschiedener Verfahren (u.B. Auswahl-Diversity, Diversity-Kombination mit linearer Addition, Diversity-Kombination mit maximalem Verhältnis usw.) kombiniert werden, um die ungünstigen Auswirkungen von Mehrwegeschwund zu verringern und den Empfang eines ankommenden Signals zu verbessern. Bei im digitalen Bereich durchgeföhrten Diversity-Kombinationsverfahren werden die ankommenden Analogsignale von den N Empfangsantennen auf getrennten Kanalzweigen gehalten und getrennten Analog-Digi-

tal-(A/D-)Wandlern auf jedem Kanalzweig zur Umwandlung in den digitalen Bereich zugeführt, wo Diversityverfahren zur Verbesserung des Empfangs des ankommenden Signals benutzt werden können. Die Verwendung von mehreren A/D-Wandlern steigert die Kosten und kann durch Inkohärenz zwischen den durch getrennte A/D-Wandler für Analogsignale von den N Empfangsantennen ausgeführten zeitlichen Abtastwerten eine verringerte Leistungsfähigkeit ergeben. Beseitigen jeglicher Inkohärenz zwischen den zeitlichen Abtastwerten der ankommenen Signale von den N Empfangsantennen ist wichtig, wenn genaue Messungen von Zeitverzögerung oder Phasenverschiebung erforderlich ist. Als Alternative können die ankommenden Analogsignale von den N Empfangsantennen vor der Digitalwandlung entsprechend einem im Analogbereich durchgeföhrten Diversityverfahren kombiniert werden und das sich ergebende Analogsignal wird einem einzigen Analog-Digital-(A/D-)Wandler zur Umwandlung in den digitalen Bereich zugeführt.

[0008] Die obigen Empfängerarchitekturen mit mehreren Zweigen nutzen nicht die von A/D-Wandlern bei der Umwandlung von Analogsignalen in den digitalen Bereich bereitgestellte Fähigkeit möglicher Bandbreiten, Flexibilität und/oder Zeit- und/oder Phasen-Kohärenz.

[0009] GB-A-2338853 bezieht sich auf einen Zweibandempfänger, der so aufgebaut ist, daß er die Abwärtsmischung von Signalen, ohne die Verdopplung eines A/D-Wandlers im Empfänger zu erfordern, zuläßt und ein als Sub-Nyquist-Abtastung bekanntes Verfahren benutzt, um eine Alias-Antwort zu nutzen (z.B. bedeutet eine Alias-Antwort, daß es in einem A/D-Wandler-Ausgangssignal nicht möglich ist, zwischen Eingangssignalen in der Nähe der Abtastfrequenz des A/D-Wandlers zu unterscheiden). Es werden zwei Eingangssignale, ein HF-Analogsignal von 900 MHz und eins von 1800 MHz in entsprechende Zwischenfrequenzen (ZF) abwärtsgemischt, die an verschiedenen Teilen der Alias-Antwort des A/D-Wandlers erscheinen. Die ZF unterscheiden sich nur durch ein ganzzahliges Mehrfaches der Abtastfrequenz. Beispielsweise liegt bei dem Empfang von Eingangssignalen mit 900 MHz und 1800 MHz eine optimale ZF für die 900 MHz-Signale im Bereich von 100 MHz, während eine optimale ZF für mit 1800 MHz empfangene Signale im Bereich von 200 MHz liegt. Wenn daher die Abtastrate 13 MHz ist, können die Empfangssoszillatorsignale so gewählt werden, daß die Zwischenfrequenzen bzw. Unterschiede zwischen den zwei ZF ein ganzzahliges Mehrfaches der Abtastfrequenz betragen. Die Bedeutung davon ist, daß es anscheinend zeigt, daß der Empfänger zwei verschiedene HF-Frequenzen digitalisieren kann.

[0010] US-A-5280636 bezieht sich auf eine Kombinationsanordnung.

[0011] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren nach Anspruch 1 bereitgestellt.

[0012] Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Empfänger nach Anspruch 10 bereitgestellt.

[0013] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Empfänger, der empfangene Analogsignale für eine Mehrzahl von Kanalzweigen bereitstellt und auf mindestens einem der Kanalzweige wird die Frequenz des empfangenen Analogsignals unabhängig von den relativen Positionen der entsprechenden Analogsignale im Hochfrequenz-(HF-)Spektrum eingestellt. Die Analogsignale auf den Kanalzweigen werden dann kombiniert und die kombinierten Analogsignale werden in den digitalen Bereich umgewandelt. Beispielsweise umfaßt der Empfänger mindestens eine Antenne, die Hochfrequenz-(HF-)Analogsignale empfängt. Eine Kanalzweiganordnungseinrichtung empfängt die HF-Analogsignale von der (den) Antenne(n) und stellt die HF-Analogsignale für eine Mehrzahl von Kanalzweigen bereit. Eine mindestens einen Frequenzwandler auf mindestens einem jeweiligen der Kanalzweige umfassende Frequenzwandlungsanordnung stellt das Frequenzband der HF-Analogsignale auf dem jeweiligen Kanalzweig unabhängig von den relativen Positionen der entsprechenden Analogsignale im HF-Spektrum der verschiedenen Kanalzweige ein. Die Analogsignale auf den Kanalzweigen werden kombiniert und ein einziger Analog-Digital-Wandler wandelt die kombinierten Analogsignale in Digitalsignale um. Bei der Umwandlung der zusammengesetzten Analogsignale in den digitalen Bereich werden die Frequenzbänder der Analogsignale in einer Mehrzahl von Kanälen der Nyquist-Zone im digitalen Bereich positioniert. Durch richtige Auswahl der Frequenzbänder für die Analogsignale auf den Kanalzweigen und der Abtastrate für den A/D-Wandler kann die verfügbare Bandbreite für den A/D-Wandler wirkungsvoller benutzt und/oder Zeitkohärenz und/oder Phasenkohärenz bereitgestellt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] Weitere Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung können bei der Lektüre der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen offenbar werden. In den Zeichnungen zeigt:

[0015] **Fig. 1** ein allgemeines Blockschaltbild eines Empfängers mit mehreren Zweigen, bei dem die vorliegende Erfindung zum Ausdruck kommt;

[0016] **Fig. 2** ein Blockschaltbild eines Empfängers mit mehreren Zweigen, bei dem die vorliegende Erfindung zum Ausdruck kommt;

[0017] **Fig. 3** die Analogsignale mit den A/D-Eingangs frequenzen und die Duplikate der Analogsignale in den verschiedenen Nyquist-Zonen, die bei einer Ausführungsform des Empfängers mit mehreren Zweigen, der zwei Versionen derselben Frequenzbandes von verschiedenen Antennen empfängt, zur ersten Nyquist-Zone im digitalen Bereich zurückge-

faltet werden;

[0018] **Fig. 4** ein allgemeines Blockschaltbild eines weiteren Empfängers mit mehreren Zweigen, bei dem die vorliegende Erfindung zum Ausdruck kommt; und

[0019] **Fig. 5** die Analogsignale mit den A/D-Eingangs frequenzen und die Duplikate der Frequenzbänder mit den Frequenzen im digitalen Bereich der ersten Nyquist-Zone für den Empfänger mit mehreren Zweigen der **Fig. 4**.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0020] Beispielhafte Ausführungsformen eines Empfängersystems mit mehreren Kanalzweigen, auf dem Signalbandbreiten für HF-Analogsignale bezüglich der Positionen der Signalbandbreiten in der Nyquist-Bandbreite, aber unabhängig von den relativen Positionen der Signalbandbreite(n) auf HF entsprechend den Grundsätzen der vorliegenden Erfindung positioniert sind, werden untenstehend beschrieben. Wenn beispielsweise zwei Frequenzbänder auf mindestens zwei Kanalzweigen Frequenzbändern entsprechen, die um einen gewissen Betrag auf HF voneinander getrennt sind, kann ein gewandeltes Band auf einem Kanalband näher oder weiter entfernt von dem Frequenzband auf dem anderen Kanalzweig sein, wenn es mit den entsprechenden Frequenzbändern auf HF verglichen wird. Die Frequenzbänder auf den mindestens zwei Kanalzweigen weisen Positionen relativ zu den Positionen der entsprechenden Signalbandbreiten in der Nyquist-Bandbreite auf, indem die Frequenzbänder unterschiedliche Teile der Nyquist-Bandbreite eines A/D-Wandlers belegen, aber die Frequenzbänder können unabhängig von ihren Positionen relativ zueinander auf HF positioniert werden.

[0021] Infolgedessen kann in einem Diversity-Umfeld, wenn die zwei Frequenzbänder auf den mindestens zwei Kanalzweigen denselben Frequenzbändern auf HF entsprechen, das Frequenzband auf mindestens einem Kanalzweig in ein anderes Frequenzband als das Frequenzband auf dem mindestens anderen Kanalzweig umgesetzt werden, solange wie die Frequenzbänder unterschiedliche Teile der Nyquist-Bandbreite belegen.

[0022] Unter besonderer Bezugnahme auf **Fig. 1** enthält ein Empfänger **10** N Antennen **12a-n**, die Analogsignale über HF-Kommunikationskanäle empfangen, wobei $N \geq 1$. Die Antenne **12a** könnte eine Mehrfrequenzbandantenne sein. Eine Frequenzkanalisationseinrichtung **13** enthält eine Kanalzweiganordnungseinrichtung **14** wie beispielsweise eine N-Plexer-Filter- oder Kombiniereinrichtung, die die empfangenen HF-Analogsignale oder Teile derselben kombiniert und/oder aufteilt und die empfangenen Analogsignale in X-Kanalzweigen **16a-x** auf gewünschte Weise bereitstellt, wobei $X \geq 2$. Beispielsweise können verschiedene Kanalzweige **16a-x** die Analogsignale für entsprechende HF-Frequenzbän-

der führen, die Kanalzweige **16a-x** können von verschiedenen Antennen oder Antennensätzen und/oder mehreren Kanalzweigen mit Kopien der HF-Analogsignale von mehreren oder dem gleichen Frequenzband empfangene HF-Analogsignale führen. Eine Frequenzwandlungsreinrichtung **18** umfaßt mindestens einen Frequenzwandler **20a-x** auf mindestens einem der Kanalzweige **16a-x** zur Bearbeitung der Positionierung der Analogsignale auf dem jeweiligen Kanalzweig **16a-x** in mindestens ein Zwischenfrequenz-(ZF-)Band, das in der Nyquist-Bandbreite des A/D-Wandlers relativ zum Frequenzband auf mindestens einem weiteren Kanalzweig **16a-x** nicht überlappt. In der vorliegenden Ausführungsform wird jeder Kanalzweig **16a-x** mit einer Frequenzverwandlungsstufe **20a-x** dargestellt, aber die Anzahl von Kanalzweigen muß nicht gleich der Anzahl von Frequenzwandlungsstufen **20a-x** sein.

[0023] Eine Kombinierungsanordnung **22** kombiniert die Analogsignale auf den Kanalzweigen **16a-x** auf die gewünschte Weise. Das sich ergebende zusammengesetzte Analogsignal wird mit Analogsignalen in unterschiedlichen Frequenzbändern einem Analog-Digital-Wandler **24** zugeführt. Die unterschiedlichen Frequenzbänder der Analogsignale werden in nicht überlappende Teile der Nyquist-Bandbreite zurückgefaltet, die durch die Abtastung des zusammengesetzten Analogsignals mit einer größeren Abtastrate als das Doppelte der Bandbreite der kombinierten Bandbreite der unterschiedlichen Frequenzbänder durch den Analog-Digital-(A/D-)Wandler bereitgestellt wird. Bei der Umwandlung des zusammengesetzten Analogsignals in den Digitalbereich verarbeitet der A/D-Wandler **24** das zusammengesetzte Analogsignal in Kanäle der Nyquist-Zone oder Bänder in der ersten Nyquist-Zone. Die Kanäle der Nyquist-Zone im Digitalbereich entsprechen den verschiedenen Frequenzbändern der Analogsignale. Durch Digitalsignal-Verarbeitungsschaltungen **26** können die Digitalsignale aus den Nyquist-Zonen-Kanälen der ersten Nyquist-Zone abgerufen werden, da die verschiedenen Kanäle schließlich in der ersten Nyquist-Zone enden, nachdem die Analog-Eingangssignale beispielsweise unter Verwendung von Digitalfiltern, digitalen Kombiniereinrichtungen, digitalen Detektoren, digitalen Demodulatoren, digitalen Abwärtswandlern wie beispielsweise einem DDC (Digital Down Converter) mit NCO (Numerical Controller Oscillator) zur digitalen Abwärtswandlung der Datenrate (was als Dezimierung, bezeichnet wird) und/oder sonstige digitale Verarbeitung digitalisiert worden sind. Der DDC kann zur weiteren Signalverarbeitung auf die jeweiligen Frequenzen abstimmen. Der Empfänger **10** kann daher die in einem einzelnen A/D-Wandler zur Verfügung stehende Bandbreite wirkungsvoller durch Einstellen der relativen Positionierung der unterschiedlichen HF-Frequenzbänder auf unterschiedlichen Kanalzweigen **16a-x** benutzen.

[0024] In Abhängigkeit von der Ausführungsform

und aufgrund der Flexibilität des Empfängers kann der Empfänger **10** auf verschiedene Weisen implementiert werden, um die mögliche Bandbreite eines A/D-Wandlers wirkungsvoller zu benutzen. Beispielsweise zeigt die **Fig. 2** eine Ausführungsform eines Empfängers **30** mit Antennen **12a-n**, die HF-Analogsignale empfangen. In der Ausführungsform der **Fig. 1** empfängt die Kanalisierungseinrichtung **13** die HF-Analogsignale von Empfangsschaltungen **32a-n** wie beispielsweise rauscharme Verstärker LNA (Low Noise Amplifiers), die mit jeder Antenne **12a-n** verbunden sind. Die Kanalisierungseinrichtung **13** enthält die Kanalzweiganordnungseinrichtung **14**, die in der vorliegenden Ausführungsform ein Kanalnetzwerk ist, das die HF-Analogsignale in denselben und/oder unterschiedlichen Frequenzbändern von den Antennen **12a-n** empfängt. Das Kanalnetzwerk stellt die HF-Analogsignale und/oder einen Teil der selben für einen entsprechenden Kanalzweig **16a-x** bereit. In dieser vorliegenden Ausführungsform umfaßt das Kanalnetzwerk eine Gruppe von XN-Plexer-Filtern oder Kombinierungseinrichtungen mit N Eingängen **34a-x**, wobei jedes der XN-Plexer-Filter oder Kombinierungseinrichtungen mit N Eingängen **34a-x** mit einer der N Antennen **12a-n** verbunden werden kann. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann die Anzahl von Multiplexern oder Kombiniereinrichtungen **34a-x** der Anzahl von Kanalzweigen **16a-x** entsprechen, aber muß es nicht. Die Gruppe von Filtern oder Kombiniereinrichtungen **34a-x** liefert HF-Analogsignale von der mindestens einen Antenne **12a-n** und dem mindestens einen Hochfrequenz-(HF-)Band und eine beliebige Kombination von HF-Signalen von mehreren Antennen **12a-n** und/oder von HF-Signalen mit demselben oder unterschiedlichen Frequenzband (bändern) an mindestens zwei Kanalzweige **16a-x**.

[0025] Die HF-Analogsignale auf den Kanalzweigen **16a-x** werden einer Frequenzverwandlungsanordnung **18** unterworfen, die mindestens eine Frequenzwandlungsstufe auf mindestens einem der mindestens zwei Kanalzweige **16a-x** umfaßt, um Analogsignale mit mindestens zwei verschiedenen Frequenzbändern auf mindestens zwei Kanalzweigen **16a-x** bereitzustellen. Um eines der Frequenzbänder der mindestens zwei verschiedenen Frequenzbänder zu erhalten, können die HF-Analogsignale von zwei oder mehr unterschiedlichen Antennen **12a-n** mit demselben Frequenzband vor oder nach jeglicher Frequenzwandlungsstufe **20a-x** kombiniert werden, beispielsweise unter Verwendung von Signal-Diversity-Kombinierung oder einfache Kombinierung auf HF. Zusätzlich kann die Kanalzweiganordnungseinrichtung **14** eine fest zugeordnete Verbindung (Verbindungen) zwischen einer Antenne **12a-n** oder Diversity-Kombiniereinrichtung und einer Frequenzwandlungsstufe **20a-x** auf einem entsprechenden Kanalzweig **16a-x** umfassen. In der vorliegenden Ausführungsform wird die Positionierung der HF-Signalbandbreite(n) von den N Antennen **12a-n** in Zwi-

schenfrequenz-(ZF-)Bändern durch die Frequenzwandlungsstufen **20a-x** bearbeitet. Bei der Bearbeitung der Positionierung des (der) Frequenzbandes (Frequenzbänder) auf dem (den) Kanalzweig(en) **16a-x** relativ zu dem Frequenzband (den Frequenzbändern) auf dem (den) anderen Kanalzweigen (das (die) das (die) gleiche(n) überlappende(n) oder unterschiedliche(n) Frequenzband (Frequenzbänder) sein kann (können)) wird (werden) das (die) Frequenzband (Frequenzbänder) unabhängig von der relativen Positionierung zwischen dem (den) entsprechenden (entsprechenden) Band (Bändern) positioniert. In Abhängigkeit von der Ausführungsform muß ein Kanalzweig **16a-x** nicht eine Frequenzwandlungsstufe **20a-x** aufweisen, solange wie das mindestens andere Frequenzband unabhängig von der relativen Positionierung zwischen den entsprechenden Frequenzbändern auf HF positioniert ist.

[0026] In der vorliegenden Ausführungsform enthält jede Frequenzwandlerstufe **20a-x** ein Filter **36a-x**, das die ankommenden HF-Signale filtert, um ein in der Frequenz zu wandelndes HF-Frequenzband zu erzeugen. Das (die) von der (den) Frequenzwandlerstufe(n) **20a-x** zu wandelnde(n) HF-Frequenzband(bänder) kann (können) von denselben, unterschiedlichen und/oder überlappenden Frequenzbändern von der mindestens einen Antenne **12a-n** sein und die sich ergebenden Frequenzbänder belegen mindestens zwei verschiedene Frequenzbänder. Bei jeder Frequenzwandlerstufe **20a-x** wird das gefilterte HF-Frequenzband einem Mischer **38a-x** zugeführt, der das Frequenzband der HF-Analogsignale durch Mischen des Frequenzbandes mit einem Empfangsoszillatortsignal von einem Empfangsoszillatator (LO – Local Oscillator) **40a-x** nach dem Verständnis eines Fachmanns umwandelt.

[0027] Die Analogsignale mit den mindestens zwei verschiedenen Frequenzbändern von der Frequenzwandlungsanordnung **18** werden der Kombinierungsanordnung **22** zugeführt. In der vorliegenden Ausführungsform enthält die Kombinierungsanordnung **22** ein Kombinierungs-/Verteilnetzwerk **42**, das die Frequenzbänder von der Frequenzwandlungsanordnung **18** auf gewünschte Weise kombiniert und die Analogsignale auf gewünschte Weise verteilt, beispielsweise in verschiedene Frequenzbänder, um die Analogsignale auf M Kanalwegen **44a-m** bereitzustellen, wobei $M \geq 2$. Die Kanalzweige **16a-x** können den Kanalwegen **44a-m** entsprechen. Als Alternative können die mindestens zwei unterschiedlichen Frequenzbänder auf den Kanalzweigen **16a-x** auf verschiedene Kanalwege **44a-m** aufgeteilt und/oder die Analogsignale von mehreren Kanalzweigen **16a-x** auf einen einzelnen Kanalweg **44a-m** kombiniert, werden.

[0028] In der vorliegenden Ausführungsform enthält das Kombinierungs-/Verteilnetzwerk **42** eine Kombinierungseinrichtung mit X Eingängen **46**, die die Analogsignale auf den Kanalzweigen **16a-x** kombiniert und das Signalspektrum für einen Verteiler mit M

Ausgängen **48** bereitstellt. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann der Verteiler mit M Ausgängen **48** ein M-Plexer-Filter sein, das selektiv ein Frequenzband auf einem entsprechenden Kanalweg **44a-m** erzeugt. Vom M-Plexer-Filter wird die Impedanz selektiv für das Frequenzband bzw. dem Kanal angepaßt, um Verluste zu verringern. Der Verteiler mit M Ausgängen **48** kann ein Verteiler mit M Ausgängen sein, der Duplikate der Signalbandbreite(n) auf den Kanalwegen **44a-m** bereitstellt. Das Kombinierungs-/Verteilnetzwerk **42** ist mit X Eingängen beschrieben worden, die kombiniert und auf M Kanalwege **44a-m** verteilt werden. Die Anzahl von Eingängen bzw. von Kanalzweigen **16a-x** kann der Anzahl von Kanalwegen **44a-m** entsprechen, muß es aber nicht. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann sich der Aufbau und die Art und Weise, auf die für die Kanalzweige **16a-x** bereitgestellte HF-Analogsignale frequenzgewandelt und kombiniert und auf M Kanalwege verteilt werden, ändern.

[0029] Das Frequenzband auf dem Kanalweg **44a-m** kann mindestens einem von zwei verschiedenen Frequenzbändern auf den Kanalzweigen **16a-x**, einer Kombination von Signalen von mindestens zwei verschiedenen Signalzweigen **16a-x** oder einer Teilmenge eines der mindestens zwei Frequenzbänder entsprechen. Von einem Filter **50a-m** auf jedem Kanalweg **44a-m** wird das Frequenzband oder der Kanal durchgelassen, der dem Kanalweg **44a-m** entspricht. Als Alternative können mehrere Kanalwege **44a-m** dasselbe Frequenzband führen, aber mindestens zwei Kanalwege **44a-m** führen unterschiedliche Frequenzbänder, die nicht überlappende Teile der Nyquist-Bandbreite oder unterschiedliche Kanäle der ersten Nyquist-Zone belegen. Bei der vorliegenden Ausführungsform verstärkt ein Verstärker **52a-m** auf jedem Kanalweg **44a-m** die Analogsignale auf dem Kanalweg **44a-m**. Die verstärkten Analogsignale auf den Kanalwegen **44a-m** werden von einer Signalkombinierungseinrichtung **54** wie beispielsweise einer Kombinierungseinrichtung mit M Eingängen oder einem M-Plexer-Filter kombiniert, um ein zusammengefügtes oder kombiniertes Signal von Analogsignalen mit den durch das Filtern der Filter **50a-m** auf den M Kanalwegen **44a-m** diktieren M Frequenzkanälen bereitzustellen. In der vorliegenden Ausführungsform liefert die Signalkombinierungseinrichtung **54** die kombinierten Analogsignale in den verschiedenen Frequenzkanälen an den Verstärker **56** zur Hochleistungs-Signalverstärkung. In Abhängigkeit von der Ausführungsform kann die Verstärkung der ZF-Analogsignale an der Verstärkerstufe **52a-m**, am Verstärker **56** und/oder an anderen Stellen in der Empfängerarchitektur stattfinden. Die kombinierten Analogsignale werden dem Analog-Digitalwandler zugeführt, der die Analogsignale mit einer Abtastrate abtastet, um die modulierten Analogsignale in den Digitalbereich umzuwandeln.

[0030] Bei der Umwandlung der Analogsignale in den Digitalbereich werden die Analogsignale vom

A/D-Wandler **24** mit einer Abtastrate abgetastet und den Analogsignalabtastwerten entsprechende Digitalwerte erzeugt, wie einem Fachmann verständlich sein würde. Die Nyquist-Abtastrate für das modulierte Analogsignal, beispielsweise wo ein Nutzsignal auf ein Trägersignal aufmoduliert ist, kann als mindestens das Doppelte der höchsten Frequenzkomponente des Nutzsignals ungeachtet der Trägerfrequenz, auf die das Nutzsignal aufmoduliert ist, definiert werden. Die Informationen, die Sprache, Daten, Video, Text und/oder sonstige Informationen sein können, werden in der Signalbandbreite geführt. Die Komponente des Nutzsignals mit der höchsten Frequenz ist direkt auf die Signalbandbreite bezogen. Da die Signalbandbreite mit mindestens dem Doppelten der höchsten Frequenzkomponente des Nutzsignals abgetastet wird, kann das Nutzsignal im digitalen Bereich wiedergegeben werden.

[0031] Wenn das Frequenzspektrum von einem A/D-Wandler **24** mit der Abtastrate von mindestens dem Doppelten der kombinierten Signalbandbreite abgetastet wird, was als die Nyquist-Abtastrate bezeichnet werden kann, dreht sich oder faltet sich die Signalbandbreite periodisch um sich selbst mit Frequenz-Mehrfachen oder -Abständen („Nyquist-Zonen“) von der Hälfte der Abtastfrequenz auf eine erste Nyquist-Zone im Digitalbereich von 0 Hz bis zur halben Abtastrate zurück. Dabei wiederholen sich eine Signalbandbreite und ein Spiegelbild der Signalbandbreite periodisch mit Frequenzabständen, die der Abtastrate des A/D-Wandlers entsprechen. Beispielsweise erscheint eine Signalbandbreite in einer ungeradzahligen Nyquist-Zone in derselben relativen Position in ungeradzahligen Nyquist-Zonen zurück zur ersten Nyquist-Zone, erscheint aber als Spiegelbild in den geradzahligen Nyquist-Zonen. Darüberhinaus erscheint eine Signalbandbreite in einer geradzahligen Nyquist-Zone als Spiegelbild in den ungeradzahligen Nyquist-Zonen zurück zur ersten Nyquist-Zone und erscheint dabei in derselben relativen Position in den geradzahligen Nyquist-Zonen. Duplikate der Signalbandbreite(n) werden daher in Abständen von der halben Abtastrate wiederholt. Die Abtastrate für den A/D-Wandler wird so gewählt, daß nach Digitalisierung der Analogsignale die gewünschten Duplikat-Frequenzbänder nicht überlappende Teile oder Kanäle der ersten Nyquist-Zone belegen. Durch die Digitalwandlung werden die erzeugten Informationen effektiv mit einer Rate von weniger oder gleich der Hälfte der Abtastrate in der Bandbreite der ersten Nyquist-Zone bewahrt. Wenn die Abtastrate gesteigert wird, wird die erste Nyquist-Zone bzw. Nyquist-Bandbreite breiter.

[0032] Bei dieser Ausführungsform liefert eine schnelle, Fouriertransformation (FFT – Fast Fourier Transform) der Digitalsignalwerte Signale mit Frequenzbändern (Kanälen der Nyquist-Zone) innerhalb einer Hälfte der Abtastrate („der ersten Nyquist-Zone“), die die umgewandelten Analogsignale darstellt. Wenn die Wellenform mit einer geringeren Rate als

dem Doppelten der Signalbandbreite (der Nyquist-Bandbreite) abgetastet wird, tritt eine unerwünschte Überlappung zwischen benachbarten periodischen Spektren ein – eine mit Rückfaltung bezeichnete wohlbekannte Erscheinung. Dementsprechend wird (werden) die Abtastrate und das (die) ZF-Frequenzband (Frequenzbänder) so gewählt, daß Informationsverlust aufgrund von Rückfaltung vermieden wird und trotzdem ein verbesserter Wirkungsgrad bei der Verwendung der verfügbaren Nyquist-Bandbreite bereitgestellt wird.

[0033] Eine Ausführungsform des Empfängers mit mehreren Zweigen kann von einem Diensteanbieter im zellularen A-Band zur Bereitstellung von Diversity-Empfang im Digitalbereich mit einem einzigen A/D-Wandler benutzt werden. In den Vereinigten Staaten empfängt eine Basestation für einen zellularen Diensteanbieter im „A“-Band Frequenzkanäle in den A- (825-835 MHz), A'- (824-825 MHz) und A-Bändern (845-846,5 MHz). Im vorliegenden Beispiel werden die modulierten Analogsignale in den Frequenzbändern A, A' und A" durch eine erste Antenne **12a** und eine zweite Antenne **12b** empfangen. Die Frequenzbänder A, A' und A" von der ersten Antenne **12a** werden in ein (mehrere) ZF-Band (ZF-Bänder) frequenzumgesetzt und die Frequenzbänder A, A' und A" von der zweiten Antenne **12b** werden in ein (mehrere) unterschiedliches (unterschiedliche) ZF-Band (ZF-Bänder) frequenzumgesetzt. Beim Umwandeln des ZF-Analogsignalspektrums in den Digitalbereich wird vom A/D-Wandler **24** das ZF-Analogsignalspektrum abgetastet und das ZF-Spektrum in die erste Nyquist-Zone (von 0 Hz bis zur Hälfte der Abtastfrequenz) zurückgefaltet. In der ersten Nyquist-Zone werden Duplikate der ZF-Bänder an unterschiedlichen Teilen oder Kanälen der ersten Nyquist-Zone erzeugt, wo die umgewandelten Signale von der ersten und zweiten Antenne **12a** bzw. **12b** bereitgestellt werden. Die Verarbeitungsschaltungen **26** wie beispielsweise ein Digitalsignalprozessor können die umgewandelten Signale erhalten und Diversitykombinierung oder sonstige Verarbeitung an den Signalen auf den getrennten Kanälen der Nyquist-Zone durchführen.

[0034] Fig. 3 zeigt ein Beispiel des Frequenzspektrums im Digitalbereich und mit A/D-Eingangs frequenzen für einen Empfänger, der Diversity für im A-Band empfangene zellulare Signale bereitstellt. Beispielsweise ergibt sich bei Verwendung eines A/D-Wandlers **24** mit einer Abtastrate von 65 Mega-Abtastwerten pro Sekunde (Msps – megasamples per second) (was mehr als das Doppelte der für die zwei Bänder A, A' und A" erforderlichen Signalbandbreite bzw. 25 MHz ist) ein Spektrum, bei dem die A/D-Eingangs frequenzen auf denselben Frequenzen erscheinen, die an den A/D-Wandler angelegt wurden. Zusätzlich dreht sich oder faltet sich das Eingangs-ZF-Spektrum periodisch mit Mehrfachen der Hälfte der Abtastfrequenz um sich selbst zurück zur ersten Nyquist-Zone im Digitalbereich bei ca. 0 Hz bis

zur Hälfte der Abtastrate F_s . Jedes Duplikat des ZF-Spektrums wiederholt mit Mehrfachen der Hälfte der Abtastrate wird als eine Nyquist-Zone bezeichnet. Im vorliegenden Beispiel dreht sich oder faltet sich das ZF-Eingangsspektrum um Mehrfache der Hälfte der Abtastfrequenz mit der Folge von Faltungen bei 0 Hz, 32,5 MHz, 65 MHz und so weiter. Digitalverarbeitungsfrequenzen belegen die erste Nyquist-Zone von ca. 0 Hz bis 32,5 MHz und A/D-Eingangsfrequenzen belegen die zweite Nyquist-Zone (32,5-65 MHz), die dritte Nyquist-Zone (65-97,5 MHz) und so weiter.

[0035] Besonders bezugnehmend auf **Fig. 2** und **Fig. 3** können die HF-Analogsingale in den Bändern A und A" von der ersten Antenne **12a** dem Kanalzweig **16a** zugeführt und durch eine erste Frequenzwandlungsstufe **20a** in ein erstes ZF-Frequenzband abwärtsgemischt werden. Beispielsweise können unter Verwendung eines Bandpaßfilters **36a**, das die HF-Bänder A und A" durchläßt, und eines LO **40a** mit 771,875 MHz die Bänder A und A" von der ersten Antenne **12a** auf ein erstes ZF-Band **60** (52,125-63,125 MHz) in der zweiten Nyquist-Zone abwärtsgemischt werden. Die HF-Analogsingale im HF-Band A' von der ersten Antenne **12a** können dem Kanalzweig **16b** zugeführt und durch eine zweite Frequenzwandlungsstufe **20b** auf ein zweites ZF-Frequenzband herabgemischt werden. Beispielsweise kann unter Verwendung eines Bandpaßfilters **36b**, das das A'-Band durchläßt, und eines LO **40b** mit 794,375 MHz das A'-Band von der ersten Antenne **12a** auf ein zweites ZF-Frequenzband **62** (50,625-52,125 MHz) abwärtsgemischt werden.

[0036] Die HF-Analogsingale in den Bändern A und A" von der zweiten Antenne **12b** können einem dritten Kanalzweig **16c** zugeführt und durch eine dritte Frequenzwandlungsstufe **20c** auf ein drittes ZF-Frequenzband **64** abwärtsgemischt werden. Beispielsweise können unter Verwendung eines Bandpaßfilters **36c**, das die Bänder A und A" durchläßt, und eines LO **40c** mit 740,875 MHz die Bänder A und A" von der zweiten Antenne **12b** auf ein drittes ZF-Frequenzband **64** mit 83,125-94,125 MHz abwärtsgemischt werden. Die HF-Analogsingale im A'-Band von der zweiten Antenne **12b** können einem vierten Kanalzweig **16d** zugeführt und durch eine vierte Frequenzwandlungsstufe **20d** auf ein vierter ZF-Frequenzband **66** abwärtsgemischt werden. Beispielsweise kann unter Verwendung eines Bandpaßfilters **36d**, das das A'-Band durchläßt, und eines LO **40d** mit 750,875 MHz das A'-Band von der zweiten Antenne **12b** auf das vierte ZF-Band **66** mit 94,125-95,625 MHz abwärtsgemischt werden. Die Analogsingale in den verschiedenen ZF-Frequenzbändern auf den Kanalzweigen **16a-d** werden durch eine Kombinierungsanordnung **18** kombiniert und die kombinierten Analogsingale werden dem A/D-Wandler **24** zur Digitalwandlung zugeführt.

[0037] Wenn das ZF-Spektrum von einem A/D-Wandler **24** mit der beispielhaften Abtastrate von

65 Msps abgetastet wird (die größer als das Doppelte der für beide Mengen von Bändern A, A', und A" erforderlichen Signalbandbreite von 25 MHz ist), ergibt sich das Spektrum von **Fig. 3** im Digitalbereich, in dem die A/D-Eingangs frequenzen an denselben ZF-Frequenzen erscheinen, die an den A/D-Wandler **24** angelegt wurden. Zusätzlich dreht sich oder faltet sich das Eingangs-ZF-Spektrum mit Mehrfachen der Hälfte der Abtastfrequenz um sich selbst und stellt dadurch die Nyquist-Zonen her. Dabei werden die Duplikate des Eingangs-ZF-Spektrums periodisch mit Frequenzabständen wiederholt, die der Hälfte der Abtastrate des A/D-Wandlers entsprechen. Die die Signale für die Bänder A, A' und A" enthaltenden interessierenden ZF-Frequenzbänder werden ebenfalls periodisch in den Nyquist-Zonen auf nichtüberlappende Kanäle der Nyquist-Zone in der ersten Nyquist-Zone zurückdupliziert. Beispielsweise werden die Bänder A und A" von der ersten Antenne **12a** auf 1,875-12,875 MHz und das A'-Band der ersten Antenne **12a** auf 12,875-14,375 MHz zurückgefaltet. Weiterhin werden die Bänder A und A" von der zweiten Antenne **12b** auf 18,125-29,125 MHz und das A'-Band von der zweiten Antenne **12b** auf 29,125-30,625 MHz zurückgefaltet.

[0038] Dabei kann der Digitalprozessor **26** von den getrennten, aus dem A/D-Wandler **24** erzeugten Kanälen der Nyquist-Zone die beiden Versionen der umgewandelten Frequenzbänder empfangen, die denselben Bändern A, A' und A" von den zwei verschiedenen Antennen **12a** und **12b** entsprechen. Der Digitalprozessor **26** kann unter Verwendung der entsprechenden umgewandelten Signale auf den verschiedenen Kanälen der Nyquist-Zone eine beliebige gewünschte Diversity-Kombinierung oder Auswahl oder beliebige sonstige Verarbeitung oder Handlungen durchführen. So ermöglicht im vorliegenden Beispiel der Empfänger die Durchführung von Raumdiversity unter Verwendung von Diversityverfahren im Digitalbereich mit einem einzigen A/D-Wandler, der die Analogsingale von den verschiedenen Antennen **12a-b** umwandelt. Durch Verwendung eines einzigen A/D-Wandlers stellt der Empfänger zeit- und/oder phasenkohärente Abtastung verschiedener Versionen desselben Frequenzbandes oder Kanals bereit, die an verschiedenen Antennen empfangen wurden. Dabei wird Zeit- und/oder Phasenkohärenz in Diversityanwendungen bewahrt, wo genaue Zeitverzögerungs- und/oder Phasenverschiebungsmessungen von Bedeutung sein könnten. Als Alternative kann der Empfänger zeit- und/oder phasenkohärente Abtastung zwischen an verschiedenen Antennen im selben (in denselben) und/oder unterschiedlichen Frequenzband (-bändern) empfangenen Signalen durch Verwendung eines einzigen A/D-Wandlers zur Bereitstellung von zeit- und/oder phasenkohärenter Abtastung desselben (derselben) und/oder unterschiedlichen (unterschiedlicher) Frequenzbandes (Frequenzbänder) oder Kanals (Kanäle) bereitstellen, die an verschiedenen Antennen empfangen wurden. An-

dere Anwendungen oder Signalverarbeitungsanordnungen wie beispielsweise Mehrwege-Verringungsmaßnahmen, Ortsbestimmungssysteme, Phasengruppen- und/oder andere intelligenten Antennenanwendungen können Vorteil aus den verbesserten zeit- und/oder phasenohärenen Messungen ziehen.

[0039] Weiterhin verbessert der Empfänger die Flexibilität und Bandbreitennutzung des A/D-Wandlers, indem er unabhängige Positionierung der Frequenzbänder oder Teilmengen derselben relativ zu ihren entsprechenden HF-Analogsignalen in Frequenzbändern ermöglicht, die sich in nichtüberlappende Teile oder Kanäle der ersten Nyquist-Zone zurückfalten. Unabhängige Positionierung kann weiterhin bedeuten, daß das Verhältnis zwischen HF-Frequenzbändern oder innerhalb von HF-Frequenzbändern bei der Positionierung der Frequenzbänder oder Teilmengen derselben, die an den A/D-Wandler angelegt werden, nicht aufrechterhalten werden muß, außer daß die an den A/D-Wandler angelegten Frequenzbänder in nichtüberlappende Bänder oder Kanäle in der ersten Nyquist-Zone zurückgefaltet werden müssen.

[0040] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel eines Empfängers **70** und **Fig. 5** zeigt, wie der Empfänger die Bandbreitennutzung eines A/D-Wandlers durch unabhängige Positionierung von Frequenzbändern, so daß sie in vom A/D-Wandler erzeugte Kanäle der Nyquist-Zone passen, verbessern kann. Bei diesem Beispiel enthält der Empfänger **70** mehrere Antennen **12a-n**. Man sollte beachten, daß eine Mehrbandantenne benutzt werden könnte, bei der die HF-Analogsignale aus den verschiedenen HF-Frequenzbändern unterschiedlichen Kanalzweigen **72a-f** in der Kanalisierungseinrichtung **13** zugeführt werden. In dieser Ausführungsform empfängt die erste Antenne **12a** Frequenzkanäle in den Bändern A (825-835 MHz), A' (824-825 MHz) und A'' (845-846,5 MHz) und die zweite Antenne **12b** empfängt dieselben Frequenzkanäle in den Bändern A (825-835 MHz), A'' (824-825 MHz) und A' (845-846,5 MHz), um Empfangsdiversität wie oben beschrieben bereitzustellen. Die Kanalzweiganordnungseinrichtung **14** stellt das A'-Band von der ersten Antenne **12a** für einen ersten Zweig **72a**, die Bänder A und A'' von der ersten Antenne **12a** für einen zweiten Zweig **72b** und die Bänder A und A'' von der zweiten Antenne **12b** für einen dritten Zweig **12c** und das A'-Band von der zweiten Antenne **12b** für einen vierten Zweig **72d** bereit. In dieser Ausführungsform empfängt die dritte Antenne **12c** HF-Analogsignale im D-Block (1865-1870 MHz) der PCS-Frequenzbänder (Personal Communications System). Die Kanalzweiganordnungseinrichtung **14** führt die HF-Analogsingale in den PCS-Bändern von einer dritten Antenne **12c** einem fünften Zweig **72e** zu. Die vierte Antenne **12d** empfängt AF-Analog-Rundfunksignale im FM-Rundfunk-Frequenzband (88 bis 108 MHz) und die Kanalzweiganordnungseinrichtung **14** führt die FM-Signale von der vierten Antenne **12d** ei-

nem sechsten Zweig **72f** zu.

[0041] Die Gesamtbandbreite der HF-Analogsingale auf den verschiedenen Zweigen **72a-f** beträgt 50 MHz nach Addierung der beiden A-Bänder (12,5 MHz), des 5-MHz-PCS-Bandes und des 20-MHz-FM-Rundfunkbandes. Dabei wird eine Abtastrate für den A/D-Wandler **24** so benutzt, daß die Nyquist-Zonenbandbreite dazu ausreicht, die 50-MHz-Bandbreite der HF-Analogsingale zu bearbeiten. Für beispielhafte Zwecke wird für den A/D-Wandler **24** eine Abtastrate von 100 MHz benutzt, um eine Nyquist-Zonenbandbreite von 50 MHz bereitzustellen (die Hälfte der Abtastrate). In der Praxis kann eine höhere Abtastrate ausgewählt werden, um zusätzliche Bandbreite oder Schutzbänder zwischen den Signalen der verschiedenen Frequenzbänder oder Zweigen bereitzustellen. Die Frequenzwandlungseinrichtung **18** positioniert die HF-Frequenzbänder unabhängig aus den verschiedenen Zweigen in Frequenzbänder, die sich in nichtüberlappende Bänder oder Kanäle in der ersten Nyquist-Zone zurückfalten. Die Frequenzwandlungseinrichtung ändert die Positionierung der HF-Analogsingale auf den mehreren Zweigen **72a-f** relativ dazu, wie die Analogsingale in der Nyquist-Bandbreite positioniert sind und nicht relativ zu ihrer Positionierung auf HF, um verstärkte Nutzung der Nyquist-Bandbreite des A/D-Wandlers **24** zu ermöglichen.

[0042] In dieser Ausführungsform enthält jeder Zweig **72a-f** zum Umwandeln der HF-Analogsingale auf ZF-Frequenzbänder, die sich auf nichtüberlappende Teile oder Kanäle der Nyquist-Bandbreite oder der ersten Nyquist-Zone zurückfalten. Beispielsweise werden die HF-Analogsingale des A'-Bandes auf dem ersten Zweig **72a** von der ersten Frequenzstufe **20a** auf ein Frequenzband von 162,5-164 MHz umgewandelt, indem die HF-Analogsingale mit einem Signal von 682,5 MHz vom LO **40a** vermischt werden. Die HF-Analogsingale der Bänder A und A'' auf dem zweiten Zweig **72b** werden von der zweiten Frequenzstufe **20b** auf ein Frequenzband von 64-75 MHz umgewandelt, indem die HF-Analogsingale mit einem Signal von 760 MHz vom LO **40b** vermischt werden. Die HF-Analogsingale der Bänder A und A'' auf dem dritten Zweig **72c** werden von der dritten Frequenzstufe **20c** auf ein Frequenzband von 137,5-148,5 MHz umgewandelt, indem die HF-Analogsingale mit einem Signal von 686,5 MHz vom LO **40c** vermischt werden. Die HF-Analogsingale des A'-Bandes auf dem vierten Zweig **72d** werden von der vierten Frequenzstufe **20d** auf ein Frequenzband von 150-151,5 MHz umgewandelt, indem die HF-Analogsingale mit einem Signal von 695 MHz vom LO **40d** vermischt werden. Die HF-Analogsingale des D-Blocks im PCS-Band auf dem fünften Zweig **72e** werden von der fünften Frequenzstufe **20e** auf ein Frequenzband von 120-125 MHz umgewandelt, indem die HF-Analogsingale mit einem Signal von 1745 MHz vom LO **40e** vermischt werden. Die HF-Analogsingale des FM-Rundfunkbandes auf dem

sechsten Zweig **72f** werden von der sechsten Frequenzstufe **20f** auf ein Frequenzband von 180-200 MHz aufwärtsgemischt, indem die HF-Analogsignale mit einem Signal von 92 MHz vom LO **40f** vermischt werden.

[0043] Die in den obenerwähnten ZF-Frequenzbändern positionierten Analogsignale können in einer Kombinierungsanordnung **22** kombiniert werden, um vom A/D-Wandler **24** umgewandelt zu werden. Der A/D-Wandler tastet die Analogsignale im ZF-Spektrum ab und erzeugt Signale in der ersten Nyquist-Zone, die den HF-Analogsignalen auf den verschiedenen Zweigen **72a-f** entsprechen, die im ZF-Spektrum positioniert wurden. Im vorliegenden Beispiel, bei dem eine Abtastrate von 100 MHz benutzt wird, reicht die erste Nyquist-Zone von 0 bis 50 MHz mit sechs Kanälen der Nyquist-Zone, aus denen der Digitalprozessor **26** Signale entsprechend den HF-Signalen aus den verschiedenen HF-Bändern oder Zweigen erhalten kann. Beispielsweise entspricht ein erster Kanal der Nyquist-Zone von 0 Hz bis 20 MHz den FM-Rundfunksignalen von der vierten Antenne **12d**. Ein zweiter Kanal der Nyquist-Zone von 20 bis 25 MHz entspricht den Signalen im D-Block des PCS-Bandes von der dritten Antenne **12c**. Ein dritter Kanal der Nyquist-Zone von 25 bis 36 MHz entspricht den Signalen auf den Bändern A und A' von der ersten Antenne **12a** und ein vierter Kanal der Nyquist-Zone von 36 bis 37,5 MHz entspricht den Signalen auf den A'-Bändern von der ersten Antenne **12a**. Ein fünfter Kanal der Nyquist-Zone von 37,5 bis 48,5 MHz entspricht den Signalen auf den Bändern A und A' von der zweiten Antenne **12b** und ein sechster Kanal von der Nyquist-Zone von 48,5 bis 50 MHz entspricht Signalen auf dem A'-Band von der zweiten Antenne **12b**.

[0044] Durch richtige Positionierung der HF-Frequenzbänder in den entsprechenden ZF-Frequenzbändern kann der Empfänger die Nutzung der verfügbaren Nyquist-Bandbreite steigern, die vom A/D-Wandler bereitgestellt wird. Im obigen Beispiel war die gesamte Nyquist-Bandbreite für eine Abtastrate von 100 MHz angefüllt. Bei anderen Ausführungsformen können unterschiedliche Abtastraten zur Erhöhung oder Verringerung der Nyquist-Bandbreite benutzt werden. Bei alternativen Ausführungsformen wird, wenn das HF-Frequenzband in einem gewünschten Teil des Spektrums positioniert wird, Frequenzwandlung der HF-Frequenz unter Umständen nicht durchgeführt. Wenn beispielsweise unter besonderer Bezugnahme auf **Fig. 4** die Abtastrate erhöht werden würde, um eine weitere Nyquist-Bandbreite bereitzustellen, kann durch eine Antenne **76** ein AM-Rundfunkfrequenzband (550-1600 kHz) empfangen und dem kombinierten oder zusammengefügten Analogsignal hinzugefügt werden und der A/D-Wandler **24** könnte die Analogsignale im AM-Frequenzband digitalisieren. Das AM-Rundfunkfrequenzband würde sich im Kilohertzbereich der ersten Nyquist-Zone befinden und erfordert unter

Umständen keine Frequenzwandlung. Dabei könnte der Empfänger Signale von verschiedenen Quellen empfangen wie beispielsweise den Basisstationen für zellulare oder PCS-Systeme, AM- oder FM-Rundfunkstationen und/oder GPS-Satelliten.

[0045] Zusätzlich zu der obenbeschriebenen Ausführungsform sind alternative Konfigurationen der Empfängerarchitektur mit mehreren Analogzweigen möglich, bei denen Bestandteile weggelassen und/oder hinzugefügt sind und/oder Variationen oder Teile der beschriebenen Empfängerarchitektur benutzt werden. Der gewöhnliche Fachmann würde verstehen, daß die verschiedenen, die Empfängerarchitektur und ihre entsprechenden Betriebsparameter und -eigenschaften bildenden Komponenten richtig aneinander angepaßt sein sollten, um einen ordnungsgemäßen Betrieb bereitzustellen. Beispielsweise kann eine Ausführungsform des Empfängersystems zum Empfangen von Signalen von einem nordamerikanischen TDMA-System, einem GSM-System (Global System For Mobile Communication), einem CDMA-System (code division multiple access), einem FDMA-System (frequency division multiple access), GPS (Global Positioning System), FM-Rundfunk und/oder AM-Rundfunk benutzt werden. Dementsprechend kann der Empfänger Analogsignale von unterschiedlichen, die gleichen oder keine Mehrfachzugangsverfahren benutzenden Systems (Systemen) unter Verwendung der gleichen und/oder unterschiedlicher Modulationsverfahren und/oder Verwendung von unterschiedlichen und/oder den gleichen Frequenzbändern oder -anordnungen empfangen und in einem einzigen A/D-Wandler digital wandeln. Die Analogsignale können als breitbandig und/oder schmalbandig gekennzeichnet sein. Zusätzlich sind die Ausführungsformen des Empfängers mit Basestationsempfangsfrequenzen verbundenen Frequenzbändern beschrieben worden, aber die Empfängerarchitektur kann in drahtlosen Einheiten wie beispielsweise Mobileinheiten benutzt werden, die Informationen aus anderen Frequenzbändern wie beispielsweise einem Empfangsband einer drahtlosen Einheit empfangen.

[0046] Weiterhin ist das Empfängersystem unter Verwendung einer bestimmten Konfiguration ausgeprägter Bauteile beschrieben worden, aber es ist zu beachten, daß das Empfängersystem und Teile desselben in anwendungsspezifischen integrierten Schaltungen, softwaregesteuerten Verarbeitungsschaltungen, Firmware, programmierbaren Logikvorrichtungen, Hardware oder sonstigen Anordnungen diskreter Bauteile implementiert werden kann, die ein gewöhnlicher Fachmann anhand der vorliegenden Offenbarung verstehen würde. Obwohl die beispielhafte Ausführungsform mit bestimmten Schaltungen dargestellt ist, kann die Funkmeßarchitektur unterschiedliche Bauteile benutzen, die zusammen ähnliche Funktionen durchführen, wenn sie mit den dargestellten Schaltungen verglichen werden. Was beschrieben worden ist, ist nur beispielhaft für die An-

wendung der Grundsätze der vorliegenden Erfindung. Der Fachmann wird leicht erkennen, daß diese und verschiedene andere Abänderungen, Anordnungen und Verfahren an der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden können, ohne die dargestellten und hier beschriebenen beispielhaften Anwendungen streng zu befolgen und ohne aus dem in den Ansprüchen definierten Rahmen der vorliegenden Erfindung zu weichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verarbeitung empfangener Signale mit folgendem:

Bereitstellen von Analogsignalen auf einer Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b/72a-f**),

Einstellen der Frequenz der Analogsignale auf mindestens einem der Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b/72a-f**),

Kombinieren der Analogsignale und Digitalwandlung der kombinierten Analogsignale, **dadurch gekennzeichnet**, daß

das Einstellen das unabhängige Positionieren jedes der Analogsignale auf der Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b/72a-f**) im bezug darauf, wie die Analogsignale bei ihrer Digitalwandlung in einer Nyquist-Zone zu positionieren sind, so daß die Digitalwandlung der kombinierten Analogsignale Frequenzbänder in im wesentlichen nicht überlappenden Teilen der Nyquist-Zone erzeugt, umfaßt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 mit Empfangen der Analogsignale an mindestens zwei Antennen (**12a-b**).

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bereitstellen folgendes umfaßt:

Benutzen einer ersten Antenne (**12a**) zum Bereitstellen von Analogsignalen eines Frequenzbandes auf einem ersten Kanalzweig (**16a**); und

Benutzen einer zweiten Antenne (**12b**) zum Bereitstellen von Analogsignalen des Frequenzbandes auf einem zweiten Kanalzweig (**16b**).

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bereitstellen folgendes umfaßt:

Benutzen einer ersten Antenne (**12a**) zum Bereitstellen von Analogsignalen eines ersten Frequenzbandes auf einem ersten Kanalzweig (**16a**); und

Benutzen einer zweiten Antenne (**12b**) zum Bereitstellen von Analogsignalen eines zweiten Frequenzbandes auf einem zweiten Kanalzweig (**16b**).

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bereitstellen folgendes umfaßt:

Kombinieren der durch mindestens eine Antenne (**12a**) empfangenen Analogsignale; und

Filtern der Analogsignale auf jedem Kanalzweig (**16a-b**) zum Bereitstellen von Analogsignalen mit einem dem Kanalzweig (**16a-b**) entsprechenden Fre-

quenzband.

6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Bereitstellen folgendes umfaßt:

Empfangen von Analogsignalen von mindestens einer Antenne (**12a**); und
selektives Erzeugen auf jedem Kanalzweig (**16a-b**) von Analogsignalen mit einem dem Kanalzweig (**16a-b**) entsprechenden Frequenzband.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Einstellen die Frequenzwandlung von Analogsignalen auf jedem Kanalzweig (**16a-b**) in ein entsprechendes Zwischenfrequenz-(ZF-)Band umfaßt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bereitstellen das Bereitstellen von Analogsignalen von mindestens zwei Antennen (**12a-b**) auf mindestens zwei Kanalzweige (**16a-b**) umfaßt, und
das Einstellen das Einstellen der Frequenz der Analogsignale auf mindestens einem der mindestens zwei Kanalzweige (**16a-b**) umfaßt, so daß die Analogsignale auf den mindestens zwei Kanalzweigen (**16a-b**) auf unterschiedlichen Frequenzen liegen.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bereitstellen das Bereitstellen von Analogsignalen von mindestens zwei Antennen (**12a-b**) auf mindestens zwei Kanalzweigen (**16a-b**) umfaßt und
das Einstellen das Einstellen der Frequenz der Analogsignale auf mindestens einem der mindestens zwei Kanalzweige (**16a-b**) umfaßt, so daß die Analogsignale auf den mindestens zwei Kanalzweigen (**16a-b**) auf den gleichen Frequenzen liegen.

10. Empfänger (**10**) mit folgendem:
einer mit mindestens einer Antenne (**12a**) verbundenen Kanalzweiganordnungseinrichtung (**14**) zum Empfangen von Analogsignalen und Bereitstellen von Analogsignalen auf einer Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b/72a-f**),
mindestens einer Frequenzwandlungsanordnung (**18**) zum Einstellen der Frequenz der Analogsignale auf mindestens einem der Mehrzahl von Kanalzweigen (**16ab/72a-f**),
einer mit der Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b/72a-f**) verbundenen Kombinierungsanordnung (**22**) zum Kombinieren der Analogsignale, und
einem Analog-Digitalwandler (**24**) zum Empfangen und Digitalwandeln der kombinierten Analogsignale, dadurch gekennzeichnet, daß
die mindestens eine Frequenzwandlungsanordnung (**18**) zur unabhängigen Positionierung jedes der Analogsignale auf der Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b/72a-f**) im bezug darauf, wie die Analogsignale bei ihrer Digitalwandlung in einer Nyquist-Zone zu positionieren sind, aufgebaut ist, so daß der Analog-Digitalwandler (**24**) die kombinierten Analogsignale digitalwandelt, um Frequenzbänder in im wesentlichen nicht überlappenden Teilen der Ny-

quist-Zone zu erzeugen.

11. Empfänger nach Anspruch 10, mit mindestens zwei Antennen (**12a-b**) zum Bereitstellen der Analogsignale für die Kanalweiganordnungseinrichtung (**14**).

12. Empfänger nach Anspruch 11, wobei die Kanalweiganordnungseinrichtung (**14**) zum Bereitstellen von Analogsignalen von einer ersten Antenne (**12a**) eines Frequenzbandes auf einem ersten Kanalzweig (**16a**) und zum Bereitstellen von Analogsignalen von einer zweiten Antenne (**12b**) des Frequenzbandes auf einem zweiten Kanal (**16b**) aufgebaut ist.

13. Empfänger nach Anspruch 11, wobei die Kanalweiganordnungseinrichtung (**14**) zum Bereitstellen von Analogsignalen von einer ersten Antenne (**12a**) eines ersten Frequenzbandes auf einem ersten Kanalzweig (**16a**) und zum Bereitstellen von Analogsignalen von einer zweiten Antenne (**12b**) eines zweiten Frequenzbandes auf einen zweiten Kanalzweig (**16b**) aufgebaut ist.

14. Empfänger nach Anspruch 11, wobei die Kanalweiganordnungseinrichtung (**14**) folgendes umfaßt:

einen Kombinator (**34a-b**) zum Empfangen der Analogsignale von mindestens einer Antenne (**12a**) und Bereitstellen eines Duplikats der Analogsignale auf einer Mehrzahl von Kanalzweigen (**16a-b**), und ein Filter (**36a-b**) auf jedem der Kanalzweige (**16a-b**) zum Bereitstellen von Analogsignalen mit einem dem Kanalzweig (**16a-b**) entsprechenden Frequenzband.

15. Empfänger nach Anspruch 11, wobei die Kanalweiganordnungseinrichtung (**14**) einen Multiplexer (**34a-b**) zum Empfangen der Analogsignale von mindestens einer Antenne (**12a**) und Bereitstellen von Analogsignalen mit einem dem Kanalzweig entsprechenden Frequenzband auf jedem der Kanalzweige (**16a-b**) umfaßt.

16. Empfänger nach Anspruch 10, wobei der mindestens eine Frequenzwandler (**20a**) einen Frequenzwandler (**20a-b**) auf jedem Kanalzweig (**16a-b**) zum Umwandeln von Analogsignalen auf jedem der Kanalzweige in ein entsprechendes Zwischenfrequenz-(ZF-)Band umfaßt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

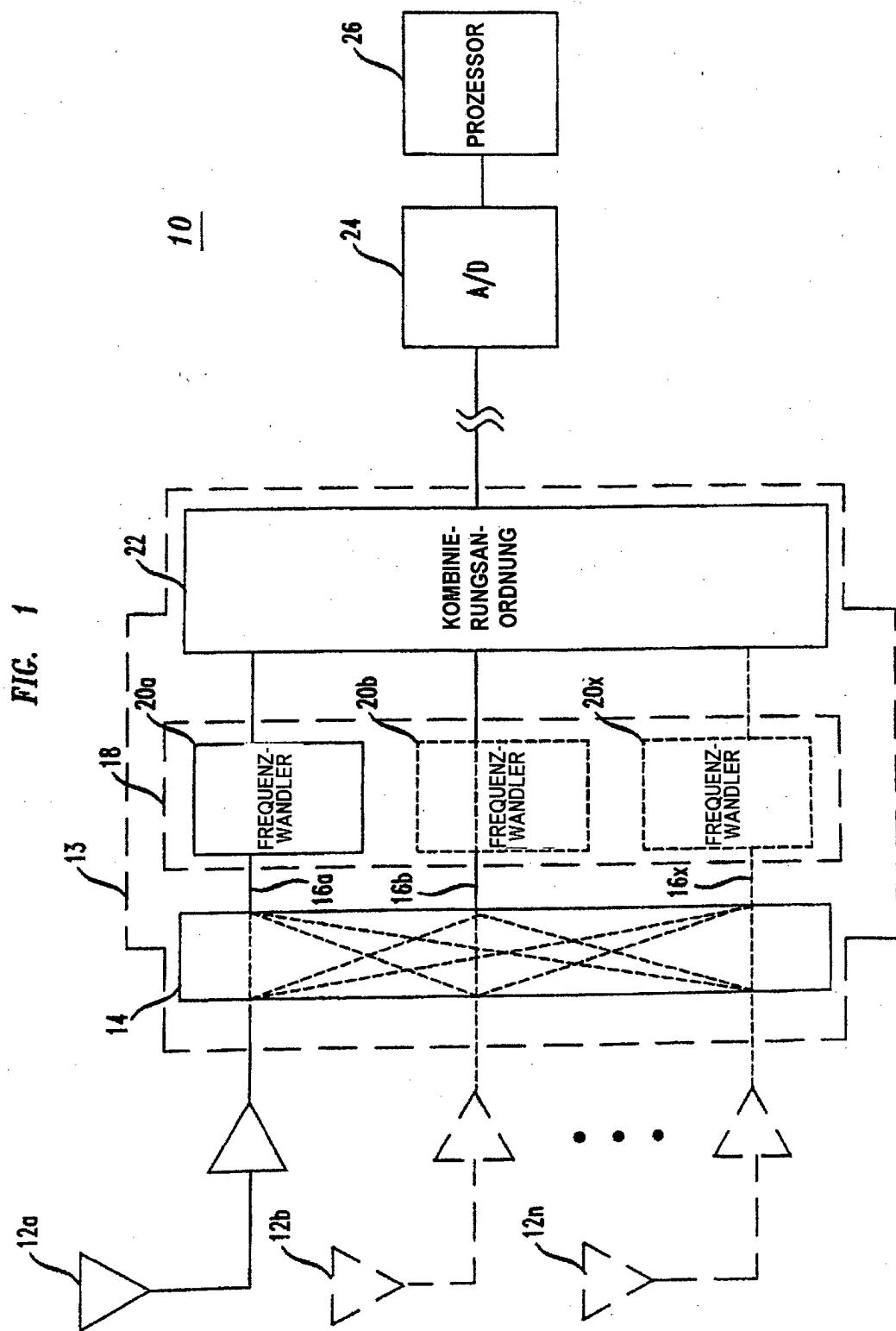


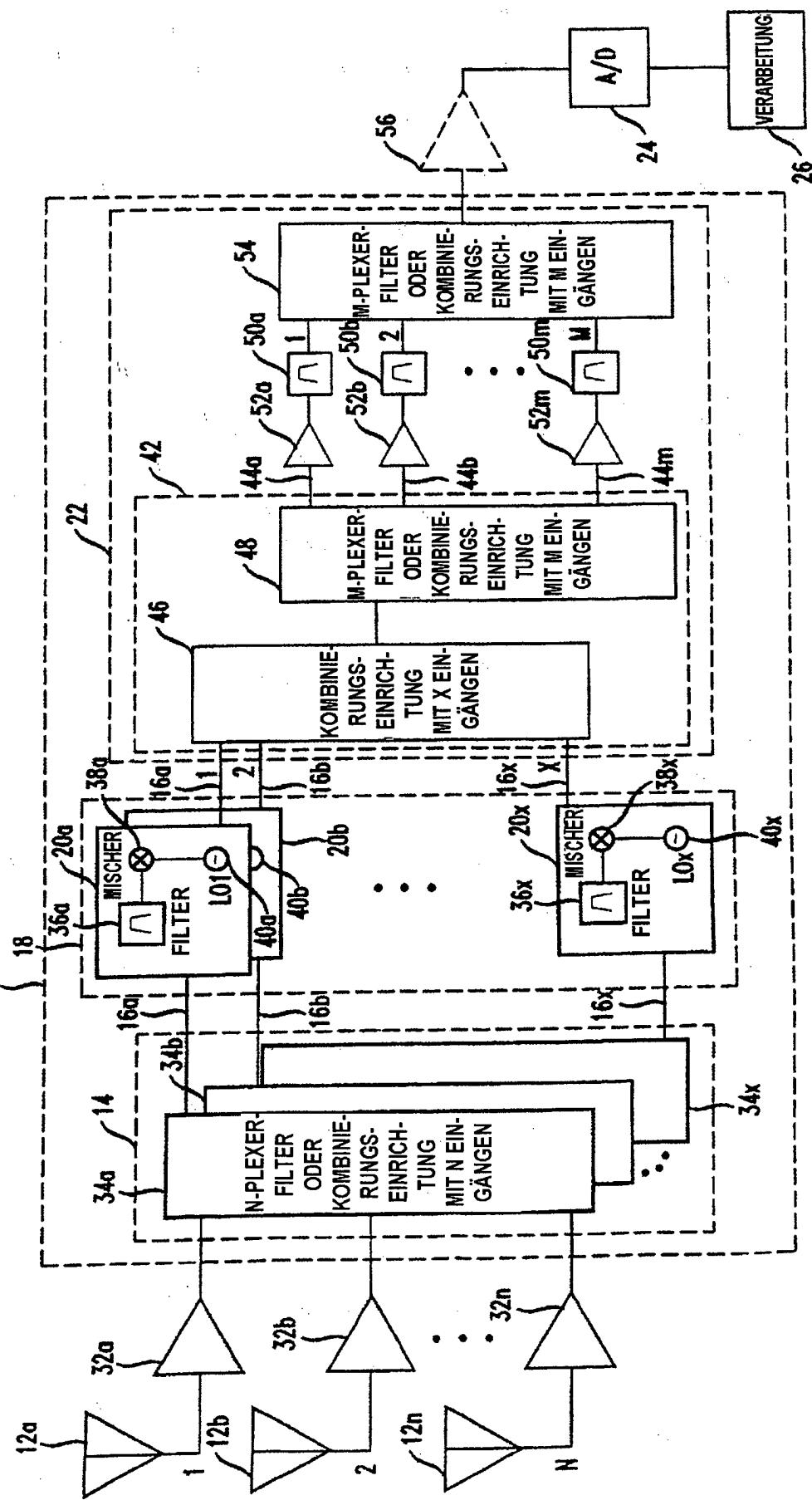
FIG. 230

FIG. 3
Digitalverarbeitung
→ A/D-Eingangs frequenzen

