



(10) **DE 10 2012 007 692 A1** 2012.10.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 007 692.4**

(22) Anmeldetag: **19.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **25.10.2012**

(51) Int Cl.: **H04B 1/69 (2012.01)**

(30) Unionspriorität:

1106609.9	19.04.2011	GB
1107562.9	06.05.2011	GB

(74) Vertreter:

Olswang Germany LLP, 80539, München, DE

(71) Anmelder:

**Cambridge Silicon Radio Ltd., Cambridge,
Cambridgeshire, GB**

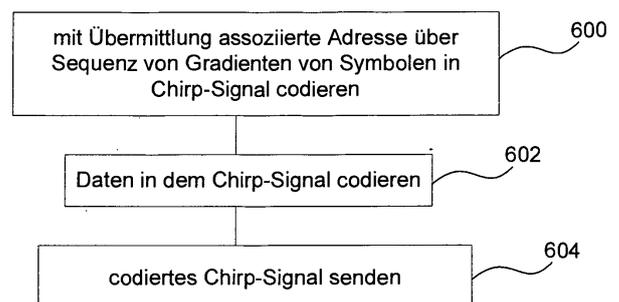
(72) Erfinder:

Hiscock, Paul Dominic, Cambridge, GB

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **CHIRP-ÜBERMITTLUNGEN**

(57) Zusammenfassung: Sender, der ausgelegt ist, ein Daten-Chirp-Signal zu einem Empfänger zu übermitteln, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirps umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und der Sender umfasst: ein Adressencodierungsmodul, das ausgelegt ist, eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu codieren; ein Datencodierungsmodul, das ausgelegt ist, Daten in dem Chirp-Signal über den Zeichenwert jedes Chirps zu codieren; und ein Sendemodul, das ausgelegt ist, das Daten-Chirp-Signal zum Empfänger zu senden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft Chirp-Übermittlungen und insbesondere das Adressieren von Chirp-Übermittlungen an einen Empfänger.

[0002] Das Chirp-Modulationsverfahren ist ein Modulationsverfahren, bei dem die Frequenz eines Signals (Chirp) über die Zeit hinweg in einer Bandbreite von F_s Hz linear variiert. Ein Chirp mit einem positiven Gradienten in der Frequenz-Zeit-Ebene wird im Allgemeinen als ein UP-Chirp bezeichnet, zum Beispiel Chirp 1 und Chirp 2 in [Fig. 1](#). Ein Chirp mit einem negativen Gradienten in der Frequenz-Zeit-Ebene wird im Allgemeinen als ein Down-Chirp bezeichnet, zum Beispiel Chirp 3 in [Fig. 1](#). Ein Chirp kann durch eine Sequenz von N Abtastwerten repräsentiert werden. Ein oder mehrere identische zusammenhängende Chirps können ein Zeichen bilden, das einen zu übermittelnden Datenwert repräsentiert. Ein Chirp kann mathematisch folgendermaßen repräsentiert werden:

$$C(g, p) = e^{j\pi g(n-fn(p))(n+1-fn(p))/N} \quad (\text{Gleichung 1})$$

[0003] Dabei ist g der Gradient des Chirps, N die Anzahl der Abtastwerte in der Sequenz, n ein Abtastwert in der Sequenz, p der Wert des Zeichens, $fn(p)$ eine Funktion, die p auf den empfangenen Chirp codiert, die implizit auch eine Funktion von g , n , N und anderen Konstanten sein kann, und C die empfangene Chirp-Sequenz, die normalerweise für alle ganzzahligen Werte von n von 0 bis $N - 1$ der Reihe nach ausgewertet wird. Die Anzahl gültiger Werte von p ist die Zeichenmengengröße, die nominal N ist. Die Zeichenmengengröße kann jedoch abhängig von der Qualität der Strecke größer oder kleiner als N sein. Der Wert von g kann einen beliebigen Wert von mehr als 0 und weniger als N aufweisen. Vorzugsweise ist g eine ganze Zahl zwischen 1 und $N - 1$. Aufgrund der modularen Beschaffenheit dieses Ausdrucks werden von $N - 1$ rückwärts negative Gradienten erhalten. Daher ist $N - 2$ einem negativen Gradienten von -2 äquivalent. Wenn es mehr als einen identischen zusammenhängenden Chirp in einem Zeichen (Symbol) gibt, vermittelt jedes Chirp einzeln denselben Wert, der der Zeichenwert des Zeichens ist.

[0004] Chirp 1 in [Fig. 1](#) hat eine Startfrequenz von $-F_s/2$ und einen Gradienten von 1. Es nimmt in der Frequenz über einen Zeitraum von N Abtastwerten bei einer Abtastrate von F_s linear zu, um eine Frequenz in der Nähe von $+F_s/2$ zu erreichen. Da dies ein komplexes abgetastetes System ist, ist $+F_s/2$ dasselbe wie $-F_s/2$. Mehrere Chirps sind gewöhnlich zusammenhängend, können aber mit einer unterschiedlichen Frequenz beginnen. Die Signalphase wird typischerweise im gesamten Verlauf einer Sequenz von Chirps kontinuierlich gemacht. Mit ande-

ren Worten beginnt, nachdem das Signal bei $n = N - 1 + F_s/2$ erreicht hat, das nächste Zeichen wieder mit $n = 0$. [Fig. 1](#) zeigt ein Beispiel, bei dem zwei aufeinanderfolgende Chirps denselben Zeichenwert aufweisen, während das dritte Chirp verschieden ist. Bei $n = N$ tritt eine anscheinende Diskontinuität in der Frequenz zwischen Chirp 1 und Chirp 2 auf.

[0005] Chirp 4 in [Fig. 2](#) hat einen Gradienten von 2 und eine Startfrequenz von $-F_s/2$. Da er zweimal den Gradienten der Chirps von [Fig. 1](#) aufweist, nimmt er in der Hälfte der Anzahl von Abtastwerten wie die Chirp in [Fig. 1](#) in der Frequenz linear auf $+F_s/2$ zu, d. h. er erreicht nach nahezu $N/2$ Abtastwerten nahezu $+F_s/2$. Das Chirp kehrt dann in der Frequenz um. Da dies ein abgetastetes System ist, sind diese Frequenzumkehrungen tatsächlich kontinuierlich und weisen eine kontinuierliche Phase auf. Das Chirp wiederholt den Frequenzdurchlauf von $-F_s/2$ bis $+F_s/2$ zwischen den Abtastwerten $N/2$ und N .

[0006] Die Chirps weisen außerdem von einem Ende des Chirps zum anderen eine kontinuierliche Frequenz und Phase auf. Eine zyklische Verschiebung der Abtastwerte, aus denen ein Chirp besteht, erzeugt einen anderen gültigen Chirp.

[0007] In Kommunikationssystemen, bei denen eine sendende Einrichtung mit einer spezifischen entfernten Einrichtung kommunizieren möchte, "adressiert" die sendende Einrichtung die entfernte Einrichtung, um eine Verbindung mit dieser entfernten Einrichtung herzustellen. Es ist bekannt, eine spezifische Einrichtung durch Verwendung einer mit dieser Einrichtung assoziierten spezifischen Frequenz zu adressieren. Dieser Ansatz ist problematisch, weil die Anzahl der Empfänger, die die sendende Einrichtung adressieren kann, durch die Anzahl verschiedener verfügbarer Frequenzen begrenzt wird. Bei fortschrittlicheren Methoden broadcastet ein Sender ein "Adress"-Paket, das eine spezifische Einrichtung identifiziert, mit der er sich verbinden möchte. Mehrere Einrichtungen empfangen das Adresspaket und decodieren es, um zu bestimmen, ob die folgende Übertragung für sie bestimmt ist. Die identifizierte Einrichtung empfängt dann die verbleibende Übertragung weiter von dem Sender. Bei einer Modifikation dieses Ansatzes ist es bekannt, die Adresse des Empfängers in den Header eines Pakets aufzunehmen, dessen Nutzinformationsteil die zu dieser spezifischen Einrichtung zu übermittelnde Nachricht umfasst. Bei beiden diesen letzteren Ansätzen werden Pakete, die ansonsten zum Führen von Verkehrsdaten benutzt worden wären, teilweise oder ganz ausschließlich zum Führen von Adressierungsinformationen verwendet.

[0008] Die Verwendung von ganzen oder teilweisen Paketen zum Adressieren ist für Systeme, die hohe Datenraten benutzen und auf Einrichtungen mit großen Energiereserven operieren, geeignet.

Chirp-Übermittlungen werden jedoch typischerweise in Systemen verwendet, die unter Verwendung von niedrigen Datenraten und Kurznachrichten operieren, und in Umgebungen, bei denen es mehrere gleichzeitig sendende Einrichtungen geben könnte. Beim Betrieb unter Verwendung von Chirp-Signalen mit niedriger Datenrate verringert die Verwendung von Chirp-Signalen teilweise oder ganz zum Führen der Adresse des Empfängers die Menge von Verkehrsdaten, die durch die Chirp-Signale geführt werden kann, signifikant weiter. Zusätzlich werden Chirp-Signale typischerweise zwischen Einrichtungen mit geringer Leistung, wie zum Beispiel batteriebetriebenen Handgeräten, übermittelt. Die zum Decodieren der Adressierungs-Chirps zusätzlich zu den Verkehrsdaten führenden Chirp erforderliche Verarbeitungsleistung ist eine zusätzliche Quelle von Leistungsverlust bei einer Einrichtung mit geringer Leistung. Ferner sind Empfänger mit geringer Leistung typischerweise nur in der Lage, einen einzigen Sender auf einmal anzuhören. Wenn es viele sendende Einrichtungen gibt, insbesondere wenn sie dieselbe Frequenz benutzen, kann sich ein Empfänger in der Situation befinden, die Adressen vieler Nachrichten zu empfangen und zu decodieren, von denen die meisten unerwünscht sind. Dies ist nicht nur ein zusätzlicher Leistungsverlust, sondern der Empfänger kann auch eine erwünschte Nachricht verpassen, weil er zufällig gerade zu diesem Zeitpunkt eine unerwünschte Nachricht empfing und decodierte.

[0009] Somit wird ein verbessertes Verfahren zum Adressieren von Chirp-Übermittlungen an einen bestimmten Empfänger benötigt, das für Systeme geeignet ist, die unter Verwendung von niedrigen Datenraten, geringer Stromversorgung und kurzen Nachrichten operieren und in Umgebungen, bei denen es mehrere gleichzeitig sendende Einrichtungen geben könnte.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt wird ein Sender bereitgestellt, der ausgelegt ist, ein Daten-Chirp-Signal zu einem Empfänger zu übermitteln, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirp umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und der Sender umfasst: ein Adressencodierungsmodul, das ausgelegt ist, eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse über (bzw. durch) die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu codieren; ein Datencodierungsmodul, das ausgelegt ist, Daten in dem Chirp-Signal über (bzw. durch) den Zeichenwert jedes Chirps zu codieren; und ein Sendemodul, das ausgelegt ist, das Daten-Chirp-Signal zum Empfänger zu senden.

[0011] Geeigneterweise ist das Adressencodierungsmodul ferner ausgelegt, die mit der Übermitt-

lung assoziierte Adresse über eine Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals zu codieren.

[0012] Geeigneterweise ist die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Empfängers.

[0013] Geeigneterweise ist der Sender ferner ausgelegt, mit einem oder mehreren weiteren Empfängern zu kommunizieren, wobei das Adressencodierungsmodul ferner ausgelegt ist, die Adresse jedes Empfängers über eine andere Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu codieren.

[0014] Geeigneterweise ist die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Senders.

[0015] Geeigneterweise wird jedes Chirp durch eine Sequenz von N Abtastwerten repräsentiert, wobei die N Abtastwerte zyklisch verschiebbar sind, dergestalt, dass der Zeichenwert des Chirps durch die zyklische Phase der N Abtastwerte definiert wird.

[0016] Geeigneterweise wird der Zeichenwert eines Chirps durch die folgende Gleichung definiert:

$$C(g, p) = e^{j\pi g(n-fn(p))(n+1-fn(p))/N}$$

[0017] Dabei ist C die Chirp-Sequenz, g ist der Gradient des Chirps, n ist ein Abtastwert in der Chirp-Sequenz, p ist der Zeichenwert und N ist die Anzahl der Abtastwerte in der Sequenz.

[0018] Gemäß einem zweiten Aspekt wird ein Empfänger bereitgestellt, der ausgelegt ist, ein Daten-Chirp-Signal von einem Sender zu empfangen, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirp umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und der Empfänger umfasst: ein Empfangsmodul, das ausgelegt ist, das Daten-Chirp-Signal von dem Sender zu empfangen; ein Adressendecodierungsmodul, das ausgelegt ist, eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse aus der Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu decodieren; und ein Datendecodierungsmodul, das ausgelegt ist, Daten in dem Chirp-Signal aus dem Zeichenwert jedes Chirps zu decodieren.

[0019] Geeigneterweise ist das Adressendecodierungsmodul ferner ausgelegt, die mit der Übermittlung assoziierte Adresse über eine Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals zu decodieren.

[0020] Geeigneterweise ist der Empfänger ausgelegt, das Decodieren des Chirp-Signals zu beenden, wenn bestimmt wird, dass die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal nicht mit der Se-

quenz von Gradienten der mit der Übermittlung assoziierten Adresse übereinstimmt.

[0021] Geeigneterweise umfasst der Empfänger ferner ein Synchronisationsmodul, das ausgelegt ist, den Empfänger unter Verwendung wenigstens eines Zeichens mit einem Gradienten der Sequenz von Gradienten, die die mit der Übermittlung assoziierte Adresse codiert, mit dem Daten-Chirp-Signal zu synchronisieren.

[0022] Gemäß einem dritten Aspekt wird ein Verfahren zum Übermitteln eines Daten-Chirp-Signals zu einem Empfänger bereitgestellt, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirps umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und das Verfahren umfasst: Codieren einer mit der Übermittlung assoziierten Adresse im Sender über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal; Codieren von Daten in dem Chirp-Signal im Sender über den Zeichenwert jedes Chirps; und Senden des Daten-Chirp-Signals zum Empfänger.

[0023] Geeigneterweise umfasst das Verfahren ferner: Empfangen des Daten-Chirp-Signals von dem Sender; Decodieren der mit der Übermittlung assoziierten Adresse im Empfänger aus der Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal; und Decodieren von Daten in dem Chirp-Signal im Empfänger aus dem Zeichenwert jedes Chirps.

[0024] Geeigneterweise umfasst das Verfahren ferner ein Beenden der Decodierung des Chirp-Signals, wenn bestimmt wird, dass die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal nicht mit der Sequenz von Gradienten der mit der Übermittlung assoziierten Adresse übereinstimmt.

[0025] Geeigneterweise umfasst das Verfahren ferner ein Codieren der mit der Übermittlung assoziierten Adresse über eine Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals.

[0026] Geeigneterweise umfasst das Verfahren ferner ein Kommunizieren mit einem oder mehreren weiteren Empfängern, wobei im Sender die Adresse jedes Empfängers über eine andere Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal codiert wird.

[0027] Geeigneterweise umfasst das Verfahren ferner das Synchronisieren des Empfängers mit dem Daten-Chirp-Signal unter Verwendung wenigstens eines Zeichens mit einem Gradienten der Sequenz von Gradienten, die die mit der Übermittlung assoziierte Adresse codiert.

[0028] Die folgende Offenbarung wird nun anhand von Beispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0029] **Fig. 1** eine Sequenz von Chirps in der Frequenz-Zeit-Ebene;

[0030] **Fig. 2** ein Chirp mit einem Gradienten von 2 in der Frequenz-Zeit-Ebene;

[0031] **Fig. 3** Codierung von Daten über die Startfrequenz eines Chirps;

[0032] **Fig. 4** ein schematisches Schaubild der beispielhaften Komponenten eines Chirp-Empfängers;

[0033] **Fig. 5** ein schematisches Schaubild eines Chirp-Korrelators;

[0034] **Fig. 6** ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Übermitteln eines Daten-Chirps;

[0035] **Fig. 7** ein schematisches Schaubild der beispielhaften Komponenten eines Chirp-Senders; und

[0036] **Fig. 8** ein schematisches Schaubild der beispielhaften Komponenten eines Chirp-Empfängers.

[0037] Die folgende Offenbarung betrifft ein Chirp-Kommunikationsverfahren zum Übermitteln eines Daten-Chirp-Signals von einem Sender zu einem Empfänger. Geeigneterweise erfolgt die Übermittlung zu einem spezifisch adressierten Empfänger. Als Alternative erfolgt die Übermittlung zu einem oder mehreren von mehreren Empfängern in einer Broadcast-Verbindung. Das Daten-Chirp-Signal umfasst mehrere Zeichen. Jedes Zeichen umfasst ein oder mehrere identische Chirps. Jedes Zeichen weist einen Gradienten auf, der von anderen Zeichen in dem Chirp-Signal verschieden sein kann. Eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse wird über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal codiert. Als Alternative wird die mit der Übermittlung assoziierte Adresse sowohl über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal als auch die Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals codiert. Geeigneterweise ist die mit der Übermittlung assoziierte Adresse die Adresse des Empfängers. Als Alternative ist bei einer Broadcast-Verbindung die mit der Übermittlung assoziierte Adresse die Adresse des Senders. Die Verkehrsdaten werden über den Zeichenwert jedes Zeichens in dem Chirp-Signal codiert. Die Verkehrsdaten sind von den Adressdaten verschieden. Der Sender ist ausgelegt, ein auf diese Weise codiertes Daten-Chirp-Signal zu senden, und der Empfänger ist ausgelegt, ein auf diese Weise codiertes Daten-Chirp-Signal zu empfangen. Dieser Prozess wird in den folgenden Beispielen weiter beschrieben.

[0038] Wie zuvor beschrieben, kann ein Chirp in dem Chirp-Signal durch eine Sequenz von N Abtastwerten repräsentiert werden. Ein oder mehrere identische zusammenhängende Chirps können ein Zeichen bilden, das einen zu übermittelnden Datenwert repräsentiert. Mathematisch kann ein Chirp-Signal folgendermaßen repräsentiert werden:

$$C(g, p) = e^{j\pi g(n-fn(p))(n+1-fn(p))/N} \quad (\text{Gleichung 1})$$

[0039] Dabei ist g der Gradient des Chirps, N die Anzahl der Abtastwerte in der Sequenz, n ein Abtastwert in der Sequenz, p der Wert des Zeichens, $fn(p)$ eine Funktion, die p auf den empfangenen Chirp codiert, die implizit auch eine Funktion von g , n , N und anderen Konstanten sein kann, und C die empfangene Chirp-Sequenz, die normalerweise für alle ganzzahligen Werte von n von 0 bis $N - 1$ der Reihe nach ausgewertet wird. Die Anzahl gültiger Werte von p ist die Zeichenmengengröße, die nominal N ist. Die Zeichenmengengröße kann jedoch abhängig von der Qualität der Verbindung größer oder kleiner als N sein. Der Wert von g kann einen beliebigen Wert von mehr als 0 und weniger als N aufweisen. Vorzugsweise ist g eine ganze Zahl zwischen 1 und $N - 1$. Aufgrund der modularen Beschaffenheit dieses Ausdrucks werden von $N - 1$ rückwärts negative Gradienten erhalten. Daher ist $N - 2$ zu einem negativen Gradienten von -2 äquivalent. Wenn es mehr als einen identischen zusammenhängenden Chirp in einem Zeichen gibt, vermittelt jedes Chirp einzeln denselben Wert, der der Zeichenwert des Zeichens ist.

[0040] Chirps haben mehrere Eigenschaften, die durch einen Sender konfigurierbar sind. Eine solche Eigenschaft ist der Zeichenwert p . Die N Abtastwerte eines Chirps sind zyklisch verschiebbar. Zum Beispiel kann die bestimmte zyklisch verschobene Position der Abtastwerte in einem Chirp relativ zu einer Vorgabeposition verwendet werden, um den Zeichenwert zu definieren. Mit anderen Worten kann die zyklische Phase der N Abtastwerte eines Chirps mit dem Zeichenwert in Beziehung gesetzt werden. Es gibt N verschiedene zyklische Phasen eines Chirps und daher in diesem Beispiel N verschiedene mögliche Zeichenwerte. Geeigneterweise wird der Zeichenwert p verwendet, um Daten zu transportieren. Die Menge an Daten, die durch den Zeichenwert eines Zeichens transportiert wird, hängt von dem Wert von N ab. Wenn zum Beispiel N gleich 257 ist, gibt es 257 verschiedene mögliche Zeichenwerte. Folglich könnte der detektierte Zeichenwert verwendet werden, um ungefähr 8 Bit Daten zu transportieren. Wenn zum Beispiel p gleich 10 ist, könnte dies als die 8 Bit 00001010 interpretiert werden. Ähnlich könnte, wenn p 40 ist, dies als die 8 Bit 00101000 interpretiert werden. Es können weitere Bits dadurch codiert werden, ob das Chirp ein Up-Chirp oder ein Down-Chirp ist.

[0041] Geeigneterweise wird der Wert p des Zeichens verwendet, um Daten zu transportieren. Geeigneterweise wird dies durch Steuern der Startfrequenz des Chirps erzielt. Als Alternative wird dies durch Auswerten von Gleichung 1 unter Verwendung der ausgewählten p Werte erzielt. **Fig. 3** zeigt das Konzept des Verwendens des Zeichenwerts p zum Transportieren von Daten, wobei zwei Chirps gezeigt sind, die beide einen Einheitsgradienten aufweisen. Chirp 1 besitzt eine Startfrequenz von $-Fs/2$. Der Zeichenwert p von Chirp 1 ist dergestalt, dass die Frequenz des Chirps über N Abtastwerte auf $+Fs/2$ zunimmt. Chirp 2 besitzt eine Startfrequenz von $-Fs/4$. Der Zeichenwert p von Chirp 2 ist dergestalt, dass die Frequenz des Chirps in weniger als N Abtastwerten auf $+Fs/2$ zunimmt und dann nach N Abtastwerten bis auf $-Fs/2$ abfällt und zu $-Fs/4$ zurückkehrt. Geeigneterweise detektiert der Chirp-Empfänger den Zeichenwert jedes Zeichens in dem Chirp-Signal, um die Daten in dem Chirp-Signal zu decodieren.

[0042] Der Gradient jedes Zeichens des Chirp-Signals ist durch den Sender konfigurierbar. Geeigneterweise wird bei einem Peer-to-Peer-Verbindungsverfahren die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal verwendet, um den Empfänger zu identifizieren, der adressiert wird. Geeigneterweise codiert der Sender die Zeichen in dem Chirp-Signal mit der Sequenz von Gradienten, die den Empfänger identifizieren, mit dem er versucht zu kommunizieren. Somit verwendet der Sender zur Kommunikation mit verschiedenen Empfängern verschiedene Sequenzen von Gradienten, wobei jede Sequenz von Gradienten für den Empfänger spezifisch ist, der adressiert wird. Ähnlich ist jeder Empfänger ausgelegt, Chirp-Signale zu empfangen, die mit der Sequenz von Gradienten codiert sind, die diesen Empfänger identifiziert.

[0043] Geeigneterweise sendet bei einem Broadcastverbindungsverfahren der Broadcastsender unter Verwendung einer öffentlich bekannten Adresse. Der Wert der Adresse ist mit seinem bestimmten Zweck assoziiert. Zum Beispiel verwendet ein Broadcastsender zur Verwendung bei der Bereitstellung von Positionierungsinformationen eine Adresse aus einer Menge von vordefinierten Adressen, die für Positionierungssysteme reserviert sind. Ein Empfänger zum Empfangen einer solchen Broadcastnachricht ist ausgelegt, Chirp-Signale zu empfangen, die mit der Sequenz von Gradienten codiert sind, die mit der öffentlich bekannten Adresse übereinstimmen, die mit dieser Rundsendenachricht assoziiert ist. Diese Adresse kann die des spezifischen Broadcastsenders sein. Als Alternative kann diese Adresse die einer Gruppe von Broadcastsendern sein. Es wird nun auf **Fig. 4** verwiesen, die ein schematisches Schaubild der beispielhaften Komponenten eines Chirp-Empfängers ist.

[0044] Ein Chirp-Signal wird im Chirp-Empfänger empfangen und die Abtastwerte eines empfangenen Chirps des Chirp-Signals werden in das Puffermodul **400** eingegeben. Geeigneterweise umfasst das Puffermodul **400** zwei Puffer. Dadurch kann ein Eingangspuffer Abtastwerte empfangen, während der Ausgangspuffer gelesen wird. Wenn der Eingangspuffer voll wird, werden die zwei Puffer gegeneinander ausgetauscht, so dass die Eingangsabtastwerte ohne Verlust weiter abgetastet und gespeichert werden können. Wenn ein Gradient aus einer Menge von Chirp-Gradienten erwartet wird, zum Beispiel beim Decodieren von zusätzlichen Zeichenbits durch Verwendung von 2^K Gradienten zum Repräsentieren von K Bits zusätzlicher Informationen oder wenn erwünscht ist, mit einer von mehreren Einrichtungen mit verschiedenen vordefinierten Gradienten zu kommunizieren, kann der Ausgangspuffer mehrmals gelesen werden (einmal für jeden möglichen Gradienten). Mit geeignet schnellen digitalen Verarbeitungstaktraten können diese Puffer ein Mittel zum Decodieren und Verfolgen von empfangenen Chirps in Echtzeit bereitstellen. Die von dem Puffermodul **400** empfangenen Chirp-Abtastwerte werden in den Chirp-Multiplizierer **402** eingegeben.

[0045] Der Chirp-Generator **404** erzeugt ein Referenz-Chirp, der einen Gradienten g' aufweist, der sich um einen festen Wert v von dem Gradienten g des von dem Puffermodul **400** ausgegebenen Chirp unterscheidet. Vorzugsweise ist dieser feste Wert 1 . Vorzugsweise ist $g - g' = 1$. Vorzugsweise besitzt der Referenz-Chirp dieselbe Anzahl von Abtastwerten in einem Chirp N , dieselbe Abtastrate (Bandbreite) und Mittenfrequenz wie der von dem Puffermodul **400** ausgegebene Chirp. Geeigneterweise operiert der Empfänger gemäß einem Protokoll, bei dem der Gradient, die Abtastrate, die Anzahl der Wiederholungen eines Chirps in einem Zeichen, die Anzahl der Abtastwerte N in einem Chirp und die Frequenzsprungsequenz jedes Zeichens in dem Chirp-Signal dem Empfänger vor dem Empfangen des Chirp-Signals bekannt sind. Diese Eigenschaften können durch das Protokoll definiert werden. Diese Eigenschaften können öffentlich bekannt sein. Als Alternative können eine oder mehrere dieser Eigenschaften zwischen dem Sender und dem Empfänger vor der Übermittlung des Chirp-Signals ausgehandelt werden.

[0046] Der Chirp-Multiplizierer **402** multipliziert das empfangene Chirp mit dem Konjugierten des durch den Chirp-Generator **404** erzeugten Referenz-Chirps. Die gemischte Chirp-Ausgabe des Chirp-Multiplizierers **802** wird in den Korrelator **408** eingegeben.

[0047] Der Korrelator **408** korreliert das gemischte Chirp mit der Konjugation eines Festkorrelations-Chirp. Das Festkorrelations-Chirp besitzt einen Gradienten, der gleich dem festen Wert v ist. Vorzugswei-

se besitzt das Festkorrelations-Chirp einen Einheitsgradienten. [Fig. 5](#) zeigt ein ausführlicheres Schaubild eines beispielhaften Korrelators **408**. Die N Abtastwerte des von dem Chirp-Multiplizierer **404** ausgegebenen gemischten Chirp-Signals werden zuerst in ein N -stufiges zirkuläres Schieberegister **502** eingegeben. Das Festgradienten-Korrelations-Chirp-Signal besteht aus einem Chirp von N Abtastwerten, die in das Korrelations-Chirp-Modul **508** vorgeladen werden. Der Schiebezahl **504** wird mit der Anzahl von Verschiebungen und daher der Anzahl der Ausgaben des Korrelators **408** vorgeladen. Während des Normalbetriebs wird der Schiebezahl **504** mit N vorgeladen, bei Verwendung von reduzierten Zeichenalphabeten oder wenn N nicht Prim ist, könnte der Schiebezahl **504** jedoch kleiner als N sein. Der Korrelator **408** umfasst N komplexe Multiplizierer **506**, die jeweils eine komplexe Eingabe aus den Abtastwerten des N -stufigen zirkulären Schieberegisters **502** und die entsprechende komplexe Eingabe aus dem Korrelations-Chirp-Modul **508** nehmen. Die Ausgabe der N komplexen Multiplizierer wird dann in dem Addierer **510** summiert, um einen einzigen Abtastwert des komplexen Korrelators zu ergeben, der von dem Korrelator **408** ausgegeben wird. Für jede sukzessive Korrelation rotiert das N -stufige zirkuläre Schieberegister **502** um 1 . Wenn der Abtastwert am Anfang des N -stufigen zirkulären Schieberegisters für eine Korrelation s ist, ist der Abtastwert am Anfang des N -stufigen zirkulären Registers für die nächste Korrelation $s - 1$. Auf diese Weise führt der Korrelator eine Korrelation zwischen dem Festgradienten-Korrelations-Chirp und N zyklischen Phasen des gemischten Chirps durch, wodurch N Ausgaben erzeugt werden. Wenn das empfangene Chirp, das Referenz-Chirp und das Festkorrelations-Chirp Gradienten dergestalt aufweisen, dass $g - g' \neq v$ ist, gibt der Korrelator für alle zyklischen Phasen kleine Werte aus. Dies ist der Fall, wenn der Chirp-Empfänger nicht ausgelegt ist, das Chirp-Signal korrekt zu empfangen. Wenn das empfangene Chirp, das Referenz-Chirp und das Festkorrelations-Chirp Gradienten dergestalt aufweisen, dass $g - g' = v$ ist, gibt der Korrelator eine starke Korrelationsspitze aus, wenn die zyklische Phase des gemischten Chirps mit der des Festgradienten-Korrelations-Chirp übereinstimmt, und an anderen Positionen kleinere Werte. Auf diese Weise identifiziert die Position der Korrelationsspitze den Zeichenwert des Chirps. Die in dem Chirp codierten Daten werden dann aus dem Zeichenwert des Chirps bestimmt.

[0048] Geeigneterweise wird die Ausgabe des Korrelators **408** in ein Absolutwertmodul **410** eingegeben. Das Absolutwertmodul gibt den Betrag des komplexen Eingangssignals aus dem Korrelator **408** zurück. Geeigneterweise wird die Ausgabe des Absolutwertmoduls **810** in einen Integrierer **412** eingegeben. Bei bestimmten Sender-Empfänger-Konfigurationen umfasst das empfangene Chirp-Signal eine Menge von einzelnen Chirps, die alle identisch sind, d. h.

sie weisen denselben Gradienten und Zeichenwert auf. Der Integrierer ist ausgelegt, die entsprechenden Korrelatorausgaben jedes der einzelnen Chirps zu integrieren. Somit integriert der Integrierer zum Beispiel die Korrelatorausgabe jedes einzelnen Chirps für den Fall, dass sich das N-stufige zirkuläre Schieberegister in der Position $s = 1$ befindet. Ähnlich integriert der Integrierer die Korrelatorausgabe jedes einzelnen Chirps für den Fall, dass sich das N-stufige zirkuläre Schieberegister in der Position $s = 2$ befindet und so weiter. Der Integrierer führt die Integration durch, indem er die N Abtastwerte der Korrelatorausgabe für eine spezifische s-Position des ersten Chirps in der Menge in den Puffern **414** speichert. Dann ruft er diese gespeicherten N Abtastwerte aus den Puffern **414** ab und führt eine Mittelung dieser mit den N Abtastwerten der entsprechenden Korrelatorausgabe des zweiten Chirps in der Menge durch. Dann speichert er diese gemittelte Ausgabe in den Puffern **414**. Er ruft dann diese gespeicherten N Abtastwerte aus den Puffern **414** ab und führt eine Mittelung dieser mit den N Abtastwerten der entsprechenden Korrelatorausgabe aus dem dritten Chirp in der Menge durch. Die Iteration wird fortgesetzt, bis alle Chirps in der Chirp-Menge integriert worden sind. Diese Integrationstechnik ist eine nicht-kohärente Integration. Bei einem Ansatz werden alle Abtastwerte aus wiederholten Chirps in einem Speicher gespeichert, bevor eine Mittelung durchgeführt wird. Wenn der Speicher begrenzt ist, könnte der Integrierer als Alternative die Mittelung unter Verwendung von N IIR-Filtern (Infinite Impulse Response) durchführen, mit Koeffizienten, die geeignet für die erwartete Anzahl identischer Chirps in einem Zeichen gewählt sind.

[0049] Bei einer alternativen Implementierung kann die Empfängereinrichtung von **Fig. 4** so modifiziert werden, dass das Absolutwertmodul **410** nach dem Integrierer **412** kommt. In diesem Fall ist der Integrierer **412** ein komplexer Integrierer. In diesem Fall ist die Integrationstechnik eine kohärente Integration.

[0050] Falls der Frequenzdrift zwischen Sender und Empfänger klein genug ist, führt diese integrierte Ausgabe zu einer genaueren Korrelationsspitzendetektion, die in dem Spitzendetektionsmodul **416** durchgeführt wird.

[0051] Der Empfänger operiert gemäß einem Protokoll, bei dem der Gradient, die Abtastrate, die Anzahl der Wiederholungen eines Chirps in einem Zeichen, die Anzahl der Abtastwerte N in einem Chirp und die Mittenfrequenz jedes Zeichens in dem Chirp-Signal dem Empfänger vor dem Empfangen des Chirp-Signals bekannt sind. Dadurch kann der Empfänger den korrekten Referenz-Chirp erzeugen und das gemischte Chirp korrekt mit dem Festgradienten-Korrelations-Chirp korrelieren. Wenn der Empfänger das falsche Referenz-Chirp erzeugt, zum Beispiel einen mit dem falschen Gradienten, weist die Korrelator-

ausgabe keine Korrelationsspitzen auf, wodurch der Empfänger die in dem Chirp-Signal codierten Daten bestimmen kann.

[0052] **Fig. 6** zeigt ein Verfahren zum Übermitteln eines Daten-Chirp-Signals zu einem Empfänger. Im Schritt **600** codiert der Sender eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal. Geeigneterweise ist die Adresse die des Empfängers. Geeigneterweise ist bei einer Broadcastübertragung die Adresse die öffentlich bekannte Adresse des Broadcastsenders. Jeder Empfänger besitzt eine andere Sequenz von Gradienten, die seine Adresse definiert. Die Adresse jedes Empfängers in dem System kann öffentlich sein. Zum Beispiel kann die Adresse jedes Empfängers durch das Protokoll definiert werden. Als Alternative kann die Adresse des Empfängers zwischen dem Sender und dem Empfänger vor der Übermittlung des Chirp-Signals ausgehandelt werden. Der Sender wählt die Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal dafür, Übereinstimmung mit der die mit der Übermittlung assoziierte Adresse definierenden Sequenz von Gradienten zu erzielen. Geeigneterweise wird der Gradient jedes Zeichens größer als 0 und kleiner als N gewählt. In Schritt **602** codiert der Sender Daten über die Zeichenwerte jedes Chirp-Signals wie zuvor beschrieben. Als Alternative wird Gleichung 1 ausgewertet, um Daten und die Adresse in dem Chirp-Signal zu codieren. In diesem Fall werden die Schritte **600** und **602** durch Auswerten von Gleichung 1 gleichzeitig ausgeführt. Im Schritt **604** sendet der Sender das codierte Chirp-Signal zum Empfänger. Geeigneterweise sendet der Sender Pakete. Geeigneterweise besitzt jedes Paket einen Synchronisations-Header, der von einem Nutzinformationsteil gefolgt wird. Der Nutzinformationsteil umfasst das codierte Chirp-Signal. **Fig. 6** impliziert keine Sequenz von Schritten. Der Sender kann die mit der Übermittlung assoziierte Adresse vor dem Codieren der Verkehrsdaten auf das Chirp-Signal, gleichzeitig damit oder danach auf das Chirp-Signal codieren.

[0053] Typischerweise beträgt die Länge einer Adresse zwischen 16 und 64 Bit. Wenn zum Beispiel N 257 ist, gibt es 257 mögliche Gradienten, wodurch 8 Bit Adressdaten transportiert werden können. Zwischen 2 und 8 Zeichen mit spezifizierten Gradienten transportieren daher die Adressinformationen. Der Gradient nachfolgender Zeichen kann dann zu einer vordefinierten Sequenz oder einer von mehreren vordefinierten Sequenzen zurückkehren. Mehrere vordefinierte Sequenzen erlauben das parallele Übertragen von zusätzlichen Steuerbits mit dem normalen Nutzinformationsteil.

[0054] Geeigneterweise kommuniziert der Sender mit mehreren Empfängern. Zum Beispiel kann der Sender in verschiedenen Zeitschlitzten mit verschie-

denen Empfängern kommunizieren. Geeigneterweise codiert der Sender das Chirp-Signal an jeden Empfänger mit der Adresse dieses Empfängers durch Festsetzen der Sequenz von Gradienten des Chirp-Signals dafür, Übereinstimmung mit der die Adresse dieses Empfängers definierenden Sequenz von Gradienten zu erzielen. Als Alternative kann der Sender in demselben Zeitschlitz unter Verwendung einer Broadcastnachricht zu verschiedenen Empfängern senden. Geeigneterweise codiert der Sender das Chirp-Signal an jedem Empfänger mit der Adresse des Senders durch Festsetzen der Sequenz von Gradienten des Chirp-Signals dafür, Übereinstimmung mit der die Adresse des Senders definierenden Sequenz von Gradienten zu erzielen.

[0055] Geeigneterweise wird die mit der Übermittlung assoziierte Adresse durch eine Kombination der Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal und der Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals codiert. Geeigneterweise definiert die Frequenzsprungsequenz die Mittenfrequenz jedes Zeichens dergestalt, dass die Mittenfrequenz jedes Zeichens sich von anderen Zeichen in dem Chirp-Signal unterscheiden kann. Geeigneterweise vereinbaren der Sender und der Empfänger im Voraus die Frequenzsprungsequenz. Die Frequenzsprungsequenz kann vor der Übermittlung des Chirp-Signals zwischen dem Sender und dem Empfänger ausgehandelt werden. Die Frequenzsprungsequenz kann durch das Protokoll definiert werden. Als Alternative kann die Frequenzsprungsequenz im Voraus als Teil eines Broadcast-Adressierungsschemas statisch definiert werden. Um lokale Störungen zu berücksichtigen, kann eine von mehreren bekannten Frequenzsprungsequenzen verwendet werden. Geeigneterweise besitzen aufeinanderfolgende Zeichen Mittenfrequenzen, die mit aufeinanderfolgenden Sprüngen in der Frequenzsprungsequenz übereinstimmen.

[0056] In einem beispielhaften System wird vor dem Decodieren der Adresse ein Empfänger zuerst auf ein empfangenes Chirp-Signal von einem Sender synchronisiert. Als Alternative kann die Synchronisation mit der Adresssendecodierung kombiniert werden, so dass bestimmte oder alle der Zeichen, die die Adresse bilden, auch zum Erhalten von Synchronisation verwendet werden. Synchronisation umfasst das Identifizieren des Zeichenzeitoffsets und Frequenzoffsets zwischen dem Sender und Empfänger. Nach dieser Identifikation korrigiert der Chirp-Empfänger das Frequenzoffset und richtet die Zeichenflanken aus, um das Zeitoffset zu korrigieren. Synchronisation kann durch Verwendung einer öffentlichen Trainingssequenz erzielt werden, die allen Nachrichten in dem System vorangestellt wird. Solche Synchronisationstechniken sind in der Technik bekannt.

[0057] Als Alternative wird Synchronisation durch Voranstellen von mehreren Synchronisationszeichen an Chirp-Nachrichten erzielt. Jedes Zeichen umfasst mehr als ein Chirp. Vorzugsweise sind die Gradienten und Zeichenwerte der Chirps bekannt. Bestimmte oder alle dieser Synchronisationszeichen können auch verwendet werden, um einen Teil der Adresse zu bilden, wobei der Chirp-Gradient wie zuvor beschrieben verwendet wird, aber mit einem festen und bekannten Wert. Vorzugsweise ist dieser Wert 0. Chirp-Signale umfassen ein Signal, das seine Frequenz linear über die Zeit hinweg ändert. Wenn ein Chirp-Signal sowohl einem Timing- als auch einem Frequenzoffset unterzogen wird, wird daher das Chirp-Signal gemäß einem vorhersehbaren Modell geändert. Wenn mehrere zusammenhängende Chirp-Zeichen mit verschiedenen jeweiligen Gradienten jeweils wie in [Fig. 4](#) abgebildet gemischt und korreliert werden, wird die Anzahl und Position der entsprechenden Korrelatorausgabespitzen aufgezeichnet. Wenn die falsche Sequenz von Gradienten empfangen wird, gibt der Korrelator keine ausreichenden Spitzen aus und der Empfänger synchronisiert sich nicht. In diesem Fall wird der Synchronisationsprozess von dem ersten erwarteten Synchronisationszeichen an neu gestartet. Wenn die korrekte Sequenz von Gradienten empfangen wird, gibt der Korrelator eine oder mehrere Spitzen für jedes Synchronisationszeichen aus. Geeigneterweise kann zwischen den beobachteten Spitzenpositionen und denen aus dem vorhersehbaren Modell ein Fehlerwert konstruiert werden, wenn er einer Frequenz- und Zeitoffsethypothese unterliegt. Geeigneterweise kann dieses Fehlersignal durch Justieren der Frequenz- und Zeitoffsethypothese und Neuauswerten des Modells minimiert werden. In der Praxis umfassen aufgrund der modularen Beschaffenheit des Problems die Unbekannten außerdem einen ganzzahligen Umklappwert (Wrap-Wert) für die Spitzenposition jedes Chirps, der auch hypothetisiert ist. Somit erfolgen mehrere Minimierungen für alle möglichen ganzzahligen Umklappkombinationen (Wrap-Kombinationen). Es wird die unbekannteste Parametermenge mit dem insgesamt niedrigsten Fehler gewählt. Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass das Problem gegenüber Fehlern in ganzen Chirp-Perioden beim Messen von Spitzenpositionen robust wird. Geeigneterweise wird ein zusätzliches Synchronisationszeichen zur Auswahl eines bestimmten Chirps zu dem Chirp-Signal hinzugefügt. Als Alternative könnte dieses zusätzliche Zeichen einen Teil der nachfolgenden Nachricht oder der verbleibenden Adressenzeichen bilden.

[0058] Jeder Empfänger ist ausgelegt, ein Chirp-Signal zu empfangen, das Zeichen umfasst, die die Sequenz von Gradienten aufweisen, die die mit der Übermittlung assoziierte Adresse definiert. Zum Beispiel kann die Adresse durch die Gradientensequenz 6, 2, 220, 1, 41, 5 definiert werden. In diesem Fall kann der Chirp-Generator **404** des Empfängers aus-

gelegt sein, Referenz-Chirps zu erzeugen, die die Gradientensequenz 5, 1, 219, 0, 40, 4 aufweisen. Nach der Synchronisation führt der Chirp-Empfänger dem Chirp-Mischer und -Korrelator Chirp-Signale zu. Dem Chirp-Mischer werden mit der erwarteten Gradientensequenz erzeugte Referenz-Chirp-Signale zugeführt. Sollten alle erwarteten Gradienten in Bezug auf Reihenfolge übereinstimmen, erzeugt der Korrelator die entsprechende Anzahl von Spitzen. Der Prozessor detektiert diese Spitzen und kann entscheiden, dass er die korrekte Adresse empfangen hat. Die Positionen dieser Spitzen sind auch die Zeichenwerte der ersten Zeichen des Pakets. Daher haben die Adressinformationen sehr wenig Zeit oder Verarbeitungsleistung gekostet. Der Rest des Pakets kann dann wie zuvor beschrieben gelesen und decodiert werden. Das Kombinieren von Adress- und Datenbit in einem einzigen Zeichen ist insbesondere in kurzen Nachrichten, die nur einige wenige Bit umfassen können, signifikant.

[0059] Sollten ein oder mehrere Gradienten der empfangenen Chirps nicht mit den erwarteten Gradienten übereinstimmen, erzeugen als Alternative die entsprechenden Korrelatorausgaben keine Spitze. Der Prozessor kann interpretieren, dass dies bedeutet, dass die Adresse ungültig ist. Geeigneterweise entscheidet der Prozessor, nach der ersten fehlenden Spitze neu zu synchronisieren. Als Alternative kann der Prozessor einige wenige fehlende Spitzen gestatten, bevor er neu synchronisiert. Dadurch wird die Zeit minimiert, für die der Empfänger nicht dafür verfügbar ist, nach an ihn adressierten Nachrichten zu horchen. Geeigneterweise leert der Empfänger das Puffermodul **400** eines etwaigen übrigen empfangenen Signals, nachdem bestimmt wird, dass das Signal nicht an ihn adressiert war.

[0060] Durch Kombinieren von Adress- und Datenbits in einer einzigen Zeichenperiode und Abbrechen der Adressendetektion im frühestmöglichen Moment wird verschwendete Leistung und Zeit minimal gehalten. Dies ist ein Schlüsselgesichtspunkt in einem System mit geringer Leistung, bei dem mehrere Einrichtungen möglicherweise gleichzeitig und auf derselben Frequenz senden.

[0061] [Fig. 7](#) zeigt ein schematisches Schaubild eines beispielhaften Senders gemäß den hier beschriebenen Verfahren. Wenn die mit der Übermittlung assoziierte Adresse zwischen dem Sender und dem Empfänger vor der Übermittlung des Chirp-Signals ausgehandelt wird, werden die Aushandlungsübermittlungen durch das Sendemodul **704** zu einem Empfänger gesendet und Aushandlungsübermittlungen von einem Empfänger werden durch das Empfangsmodul **706** empfangen. Der Prozessor **702** des Senders **700** ist ausgelegt, diese Aushandlungsschritte auszuführen. Der Prozessor **702** ist ferner ausgelegt, das Adressencodierungsmodul **708** über

die mit der Übermittlung assoziierte Adresse zu informieren, mit der der Sender kommunizieren soll. Das Adressencodierungsmodul **708** ist ausgelegt, durch den Chirp-Generator **710** erzeugte Chirp wie durch den Prozessor **702** angewiesen zu codieren. Das Datencodierungsmodul **712** ist ausgelegt, zu sendende **714** Daten über den Zeichenwert jedes Chirp zu codieren. Das Sendemodul **704** sendet das codierte Chirp-Signal dann zum Empfänger.

[0062] [Fig. 8](#) zeigt ein schematisches Diagramm eines beispielhaften Empfängers gemäß den hier beschriebenen Verfahren. Wenn die mit der Übermittlung assoziierte Adresse zwischen dem Sender und Empfänger vor der Übermittlung des Chirp-Signals ausgehandelt wird, werden die Aushandlungsübermittlungen durch das Sendemodul **804** zu einem Sender gesendet und Aushandlungsübermittlungen von einem Sender werden durch das Empfangsmodul **806** empfangen. Der Prozessor **802** des Empfängers **800** ist ausgelegt, diese Aushandlungsschritte auszuführen. Geeigneterweise umfasst das Empfangsmodul **806** das Modul **400** von [Fig. 4](#). Das Adressendecodierungsmodul **808** ist ausgelegt, Chirp wie durch den Prozessor **802** angewiesen zu decodieren. Geeigneterweise umfasst das Adressendecodierungsmodul **808** den Chirp-Generator **404** und den Chirp-Multiplizierer **402** von [Fig. 4](#). Das Datendecodierungsmodul **810** ist ausgelegt, Daten in dem Chirp-Signal über den Zeichenwert jedes Chirp zu decodieren. Geeigneterweise umfasst das Decodierungsmodul **810** den Korrelator **408**, das Absolutwertmodul **410**, den Integrierer **412** und **414** und den Spitzendetektor **416** von [Fig. 4](#). Der Empfänger bestimmt dadurch die empfangenen Daten **812**.

[0063] [Fig. 4](#), [Fig. 5](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen schematische Diagramme von beispielhaften Komponenten von Empfängern, einen Korrelator und einen Sender gemäß den hier beschriebenen Verfahren. Diese Figuren zeigen das Layout dieser Einrichtungen über Funktionskästen. Die Operationen eines oder mehrerer dieser Funktionskästen können kombiniert werden. Zum Beispiel werden geeigneterweise im Sender die Operationen des Adressencodierungsmoduls, des Datencodierungsmoduls und des Chirp-Generators in Kombination durch den Chirp-Generator ausgeführt. In diesem Beispiel sind die zu sendenden Daten und der Adressparameter Eingaben für den Chirp-Generator. Der Chirp-Generator erzeugt dann Verkehrsdaten und einen adressencodierten Chirp oder Chirp gemäß den Eingaben für den Chirp-Generator. Geeigneterweise empfängt das Sendemodul den erzeugten Chirp oder die Chirps und die Mittenfrequenz, die es vor dem Senden der gemischten Ausgabe zu einem Empfänger mischt. Es versteht sich, dass diese Figuren nicht die herkömmlichen Komponenten dieser Einrichtungen darstellen, die Fachleuten bekannt sind.

[0064] In einem speziellen Beispiel umfasst das zu übermittelnde Daten-Chirp-Signal Chirps, wobei jedes Chirp durch einen Zadoff-Chu-Code beschrieben wird.

[0065] Geeigneterweise besitzen zusammenhängende Zeichen verschiedene Zadoff-Chu-Codes. Die Gradienten zusammenhängender Zeichen können verschieden sein. Die Sequenz von Gradienten und daher die Sequenz von Zadoff-Chu-Codes wird durch die Adresse der Übermittlung bestimmt. Geeigneterweise besitzen zusammenhängende Zeichen außerdem wie durch eine Frequenzsprungsequenz definiert verschiedene Mittenfrequenzen. Die Verwendung verschiedener Zadoff-Chu-Codes für jedes Zeichen gewährleistet einen Grad codierter Trennung, wodurch mehr als ein Benutzer gleichzeitig das Frequenzspektrum benutzen können.

[0066] Das hier beschriebene Kommunikationsverfahren ist ein Verfahren mit geringerer Leistung als das beschriebene Verfahren aus dem Stand der Technik. Die Adresse eines Empfängers ist in einer Eigenschaft der Chirps in dem Chirp-Signal (d. h. dem Gradienten) enthalten, während die Verkehrsdaten in einer anderen Eigenschaft der Chirps in dem Chirp-Signal (d. h. dem Zeichenwert der Chirps) enthalten sind. Geeigneterweise ist keine spezielle Frequenz für Kommunikation mit einer speziellen Einrichtung reserviert. Deshalb können viele Einrichtungen zur selben Zeit dieselbe Frequenz benutzen. Zusätzlich werden geeigneterweise keine zusätzlichen Chirps in dem Chirp-Signal ausschließlich zum Adressieren des Empfängers benutzt. Es werden dieselben Chirps sowohl zum Adressieren des Empfängers als auch zum Transportieren von Verkehrsdaten verwendet. Dies ist besonders für Systeme mit niedrigen Datenraten, die kurze Nachrichten benutzen, effektiv, weil es dadurch möglich wird, mehr von dem Chirp-Signal den Verkehrsdaten zu widmen als bei den beschriebenen Systemen aus dem Stand der Technik. Die Verwendung verschiedener Sequenzen von Gradienten zum Adressieren verschiedener Empfänger stellt aufgrund der großen Anzahl verschiedener Permutationen der Sequenz von Gradienten ein Mittel zum einzelnen Adressieren einer großen Anzahl von Empfängern bereit. Wenn die Sequenz von Gradienten zusätzlich zu einer Frequenzsprungsequenz verwendet wird, um eine spezielle Einrichtung zu adressieren, nimmt die Anzahl einzeln adressierbarer Empfänger aufgrund von sogar noch mehr verschiedenen Permutationen der Variablen sogar noch mehr zu.

[0067] Geeigneterweise werden der hier beschriebene Empfänger und Sender in einem System implementiert, das gemäß Bluetooth-Protokollen arbeitet.

[0068] Vorzugsweise werden der hier beschriebene Empfänger und Sender in Hardware implementiert.

Als Alternative können der hier beschriebene Empfänger und Sender in Software implementiert werden.

[0069] Geeigneterweise werden der hier beschriebene Empfänger und Sender bei der Funkkommunikation mit langer Reichweite implementiert. Typischerweise werden Chirps für Implementierungen verwendet, die eine niedrige Datenrate und niedrige Leistung verwenden. Der Empfänger und Sender sind für Verwendung bei Funkkommunikation mit hoher Empfindlichkeit geeignet. Beispielhafte Implementierungen des Empfängers und Senders sind in einem Temperatursensor, einem Walkie-Talkie oder einem drahtlosen Headset.

[0070] Die Anmelderin möchte betonen, dass die vorliegende Erfindung ein beliebiges Merkmal oder eine beliebige Kombination von Merkmalen umfassen kann, die hier entweder implizit oder explizit offenbart werden, oder eine beliebige Verallgemeinerung davon, ohne Beschränkung des Schutzzumfangs irgendwelcher der vorliegenden Ansprüche. Angesichts der obigen Beschreibung ist Fachleuten ersichtlich, dass innerhalb des Schutzzumfangs der Erfindung verschiedene Modifikationen vorgenommen werden können.

Patentansprüche

1. Sender, der ausgelegt ist, ein Daten-Chirp-Signal zu einem Empfänger zu übermitteln, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirps umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und der Sender umfasst:
 - ein Adressencodierungsmodul, das ausgelegt ist, eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu codieren;
 - ein Datencodierungsmodul, das ausgelegt ist, Daten in dem Chirp-Signal über den Zeichenwert jedes Chirps zu codieren; und
 - ein Sendemodul, das ausgelegt ist, das Daten-Chirp-Signal zum Empfänger zu senden.
2. Sender nach Anspruch 1, wobei das Adressencodierungsmodul ferner ausgelegt ist, die mit der Übermittlung assoziierte Adresse über eine Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals zu codieren.
3. Sender nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Empfängers ist.
4. Sender nach Anspruch 3, der ferner ausgelegt ist, mit einem oder mehreren weiteren Empfängern zu kommunizieren, wobei das Adressencodierungsmodul ferner ausgelegt ist, die Adresse jedes Emp-

fängers über eine andere Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu codieren.

5. Sender nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Senders ist.

6. Sender nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jedes Chirp durch eine Sequenz von N Abtastwerten repräsentiert wird, wobei die N Abtastwerte zyklisch so verschiebbar sind, dass der Zeichenwert des Chirps durch die zyklische Phase der N Abtastwerte definiert wird.

7. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Zeichenwert eines Chirps durch die Gleichung:

$$C(g, p) = e^{j\pi g(n-fn(p))(n+1-fn(p))/N}$$

definiert wird, wobei C die Chirp-Sequenz, g der Gradient des Chirps, n ein Abtastwert in der Chirp-Sequenz, p der Zeichenwert und N die Anzahl der Abtastwerte in der Sequenz ist.

8. Empfänger, der ausgelegt ist, ein Daten-Chirp-Signal von einem Sender zu empfangen, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirps umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und der Empfänger umfasst:

ein Empfangsmodul, das ausgelegt ist, das Daten-Chirp-Signal von dem Sender zu empfangen;
ein Adressendecodierungsmodul, das ausgelegt ist, eine mit der Übermittlung assoziierte Adresse aus der Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal zu decodieren; und
ein Datendecodierungsmodul, das ausgelegt ist, Daten in dem Chirp-Signal aus dem Zeichenwert jedes Chirps zu decodieren.

9. Empfänger nach Anspruch 8, wobei das Adressendecodierungsmodul ferner ausgelegt ist, die mit der Übermittlung assoziierte Adresse über eine Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals zu decodieren.

10. Empfänger nach Anspruch 8 oder 9, der ausgelegt ist, das Decodieren des Chirp-Signals zu beenden, wenn bestimmt wird, dass die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal nicht mit der Sequenz von Gradienten der mit der Übermittlung assoziierten Adresse übereinstimmt.

11. Empfänger nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Empfängers ist.

12. Empfänger nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Senders ist.

13. Empfänger nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei jedes Chirp durch eine Sequenz von N Abtastwerten repräsentiert wird, wobei die N Abtastwerte zyklisch so verschiebbar sind, dass der Zeichenwert des Chirps durch die zyklische Phase der N Abtastwerte definiert wird.

14. Empfänger nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei der Zeichenwert eines Chirp durch die Gleichung:

$$C(g, p) = e^{j\pi g(n-fn(p))(n+1-fn(p))/N}$$

definiert wird, wobei C die Chirp-Sequenz, g der Gradient des Chirps, n ein Abtastwert in der Chirp-Sequenz, p der Zeichenwert und N die Anzahl der Abtastwerte in der Sequenz ist.

15. Empfänger nach einem der Ansprüche 8 bis 14, der ferner ein Synchronisationsmodul umfasst, das ausgelegt ist, den Empfänger unter Verwendung wenigstens eines Zeichens mit einem Gradienten der Sequenz von Gradienten, die die mit der Übermittlung assoziierte Adresse codiert, mit dem Daten-Chirp-Signal zu synchronisieren.

16. Verfahren zum Übermitteln eines Daten-Chirp-Signals zu einem Empfänger, wobei das Chirp-Signal wenigstens ein Zeichen umfasst, jedes Zeichen ein oder mehrere identische Chirps umfasst, jedes Zeichen einen anderen Gradienten zu einem anderen Zeichen in dem Chirp-Signal aufweist, jedes Chirp einen Zeichenwert codiert und das Verfahren umfasst: Codieren einer mit der Übermittlung assoziierten Adresse im Sender über die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal; Codieren von Daten in dem Chirp-Signal im Sender über den Zeichenwert jedes Chirps; und Senden des Daten-Chirp-Signals zum Empfänger.

17. Verfahren nach Anspruch 16, ferner umfassend: Empfangen des Daten-Chirp-Signals von dem Sender; Decodieren der mit der Übermittlung assoziierten Adresse im Empfänger aus der Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal; und Decodieren von Daten in dem Chirp-Signal im Empfänger aus dem Zeichenwert jedes Chirps.

18. Verfahren nach Anspruch 17, ferner umfassend ein Beenden des Decodierens des Chirp-Signals, wenn bestimmt wird, dass die Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal nicht mit der Sequenz von Gradienten der mit der Übermittlung assoziierten Adresse übereinstimmt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, ferner umfassend ein Codieren der mit der Übermittlung assoziierten Adresse über eine Frequenzsprungsequenz des Chirp-Signals.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Empfängers ist.

21. Verfahren nach Anspruch 20, ferner umfassend ein Kommunizieren mit einem oder mehreren weiteren Empfängern, wobei im Sender die Adresse jedes Empfängers über eine andere Sequenz von Gradienten der Zeichen in dem Chirp-Signal codiert wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die mit der Übermittlung assoziierte Adresse eine Adresse des Senders ist.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, wobei jedes Chirp durch eine Sequenz von N Abtastwerten repräsentiert wird, wobei die N Abtastwerte zyklisch so verschiebbar sind, dass der Zeichenwert des Chirps durch die zyklische Phase der N Abtastwerte definiert wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, wobei der Zeichenwert eines Chirps definiert wird durch die Gleichung:

$$C(g, p) = e^{j\pi g(n-fn(p))(n+1-fn(p))/N}$$

wobei C die Chirp-Sequenz, g der Gradient des Chirps, n ein Abtastwert in der Chirp-Sequenz, p der Zeichenwert und N die Anzahl der Abtastwerte in der Sequenz ist.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 24, ferner umfassend ein Synchronisieren des Empfängers mit dem Daten-Chirp-Signal unter Verwendung wenigstens eines Zeichens mit einem Gradienten der Sequenz von Gradienten, die die mit der Übermittlung assoziierte Adresse codiert.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Frequenz

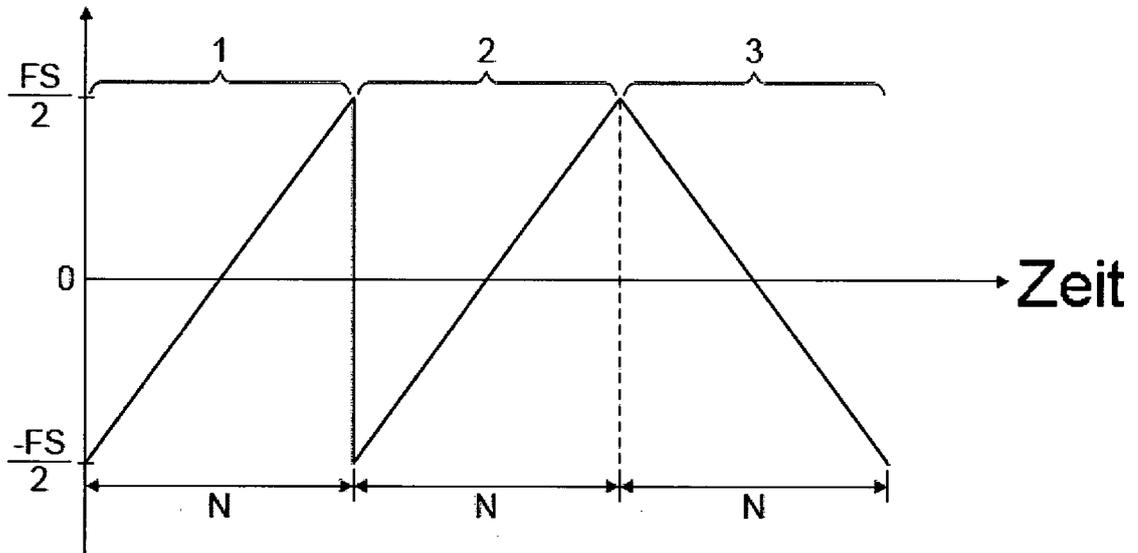


FIG. 1

Frequenz

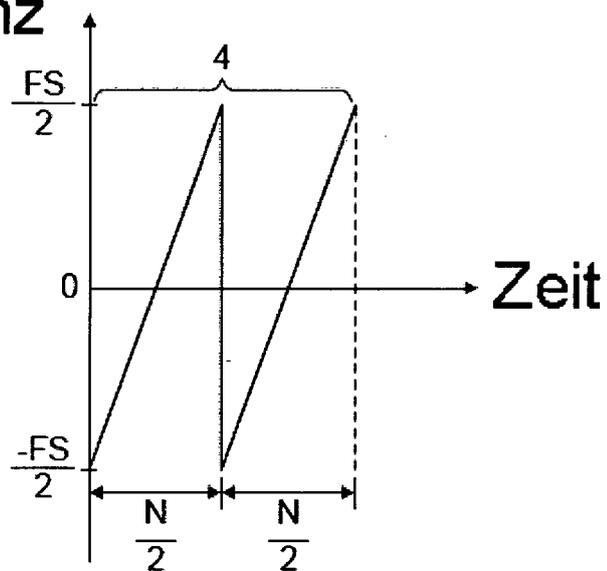


FIG. 2

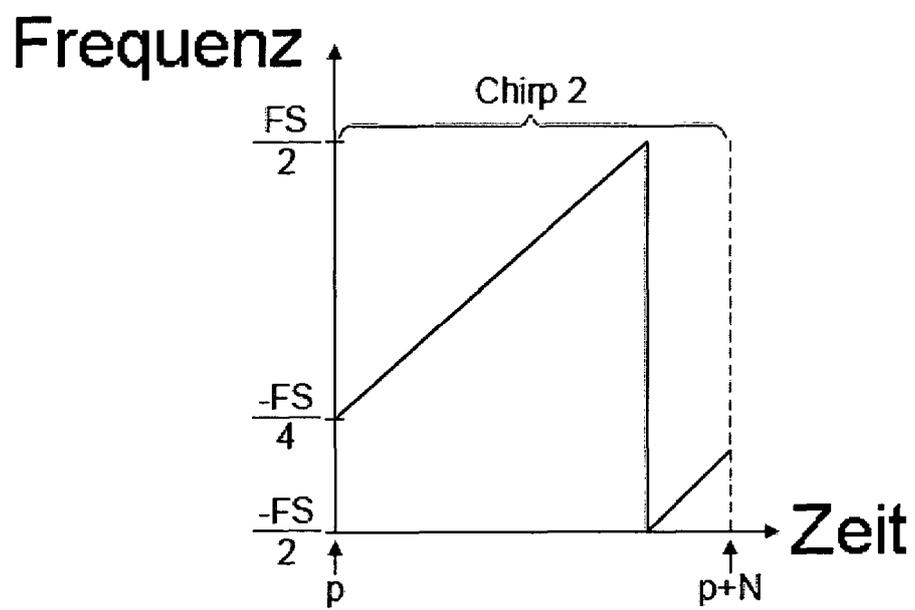
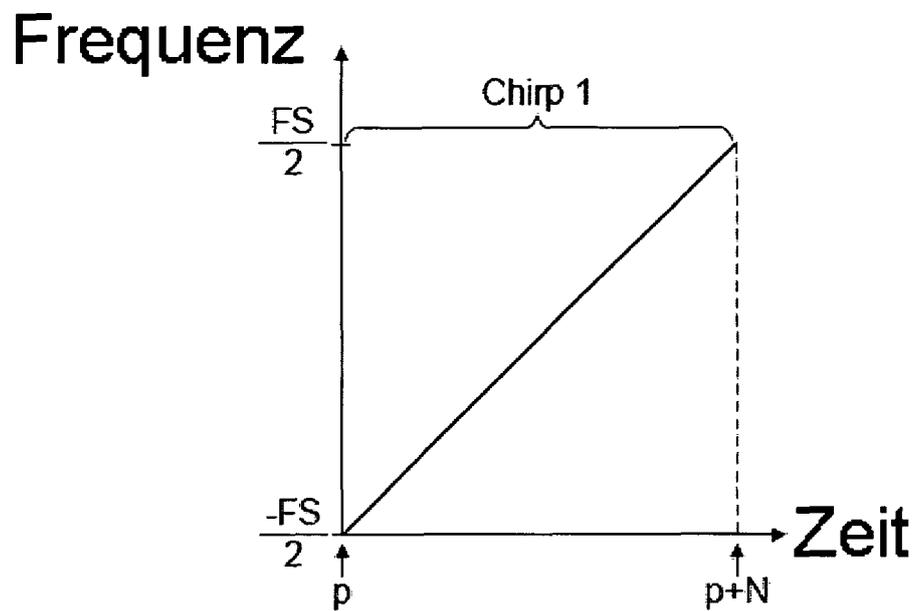


FIG. 3

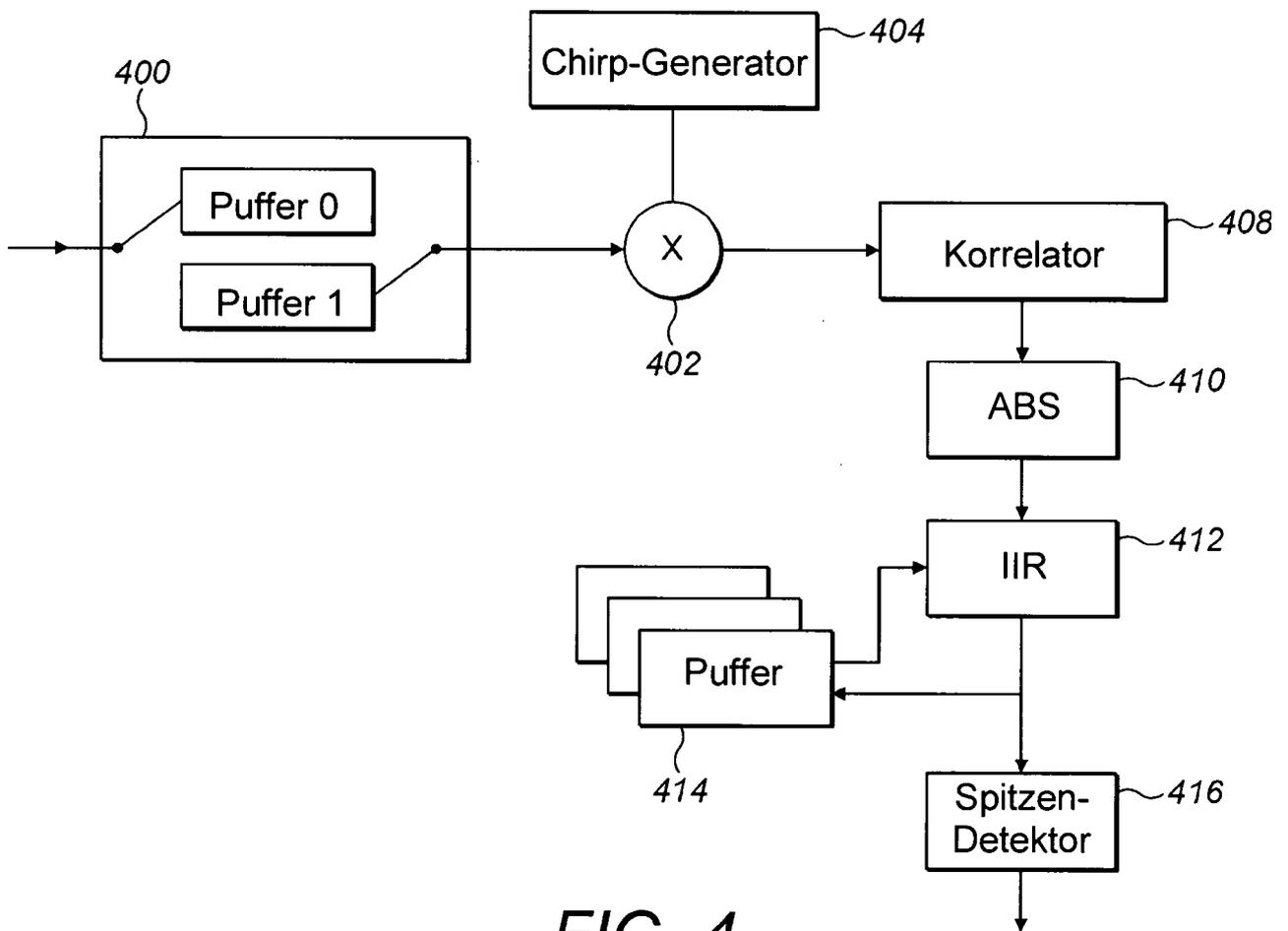


FIG. 4

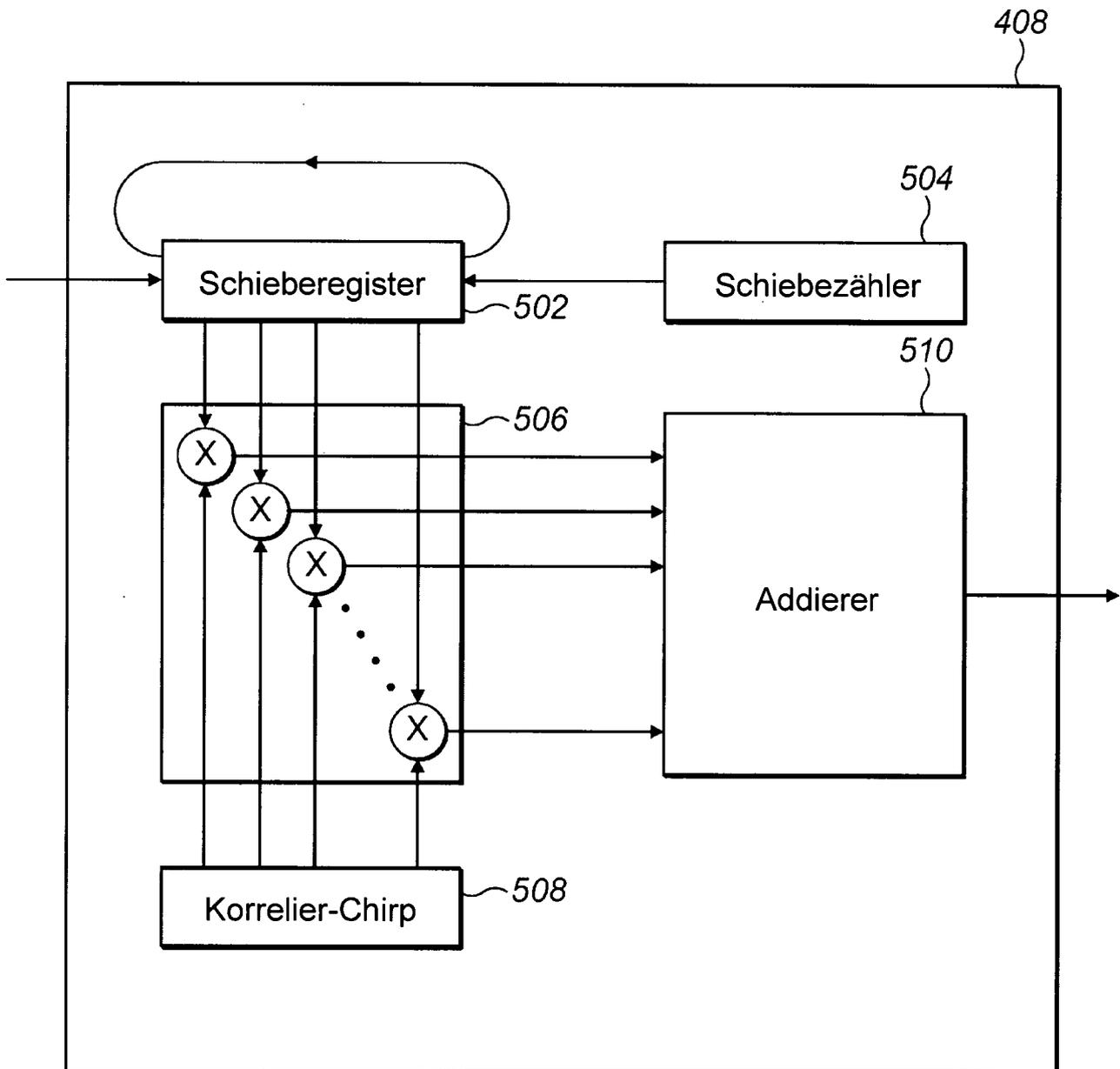


FIG. 5

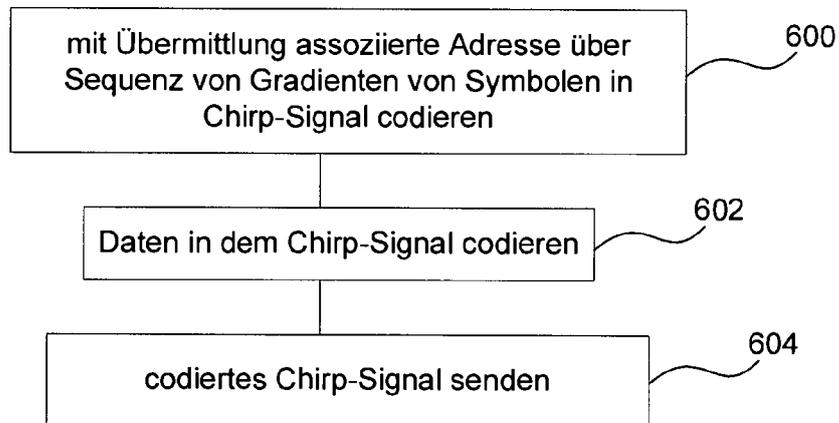


FIG. 6

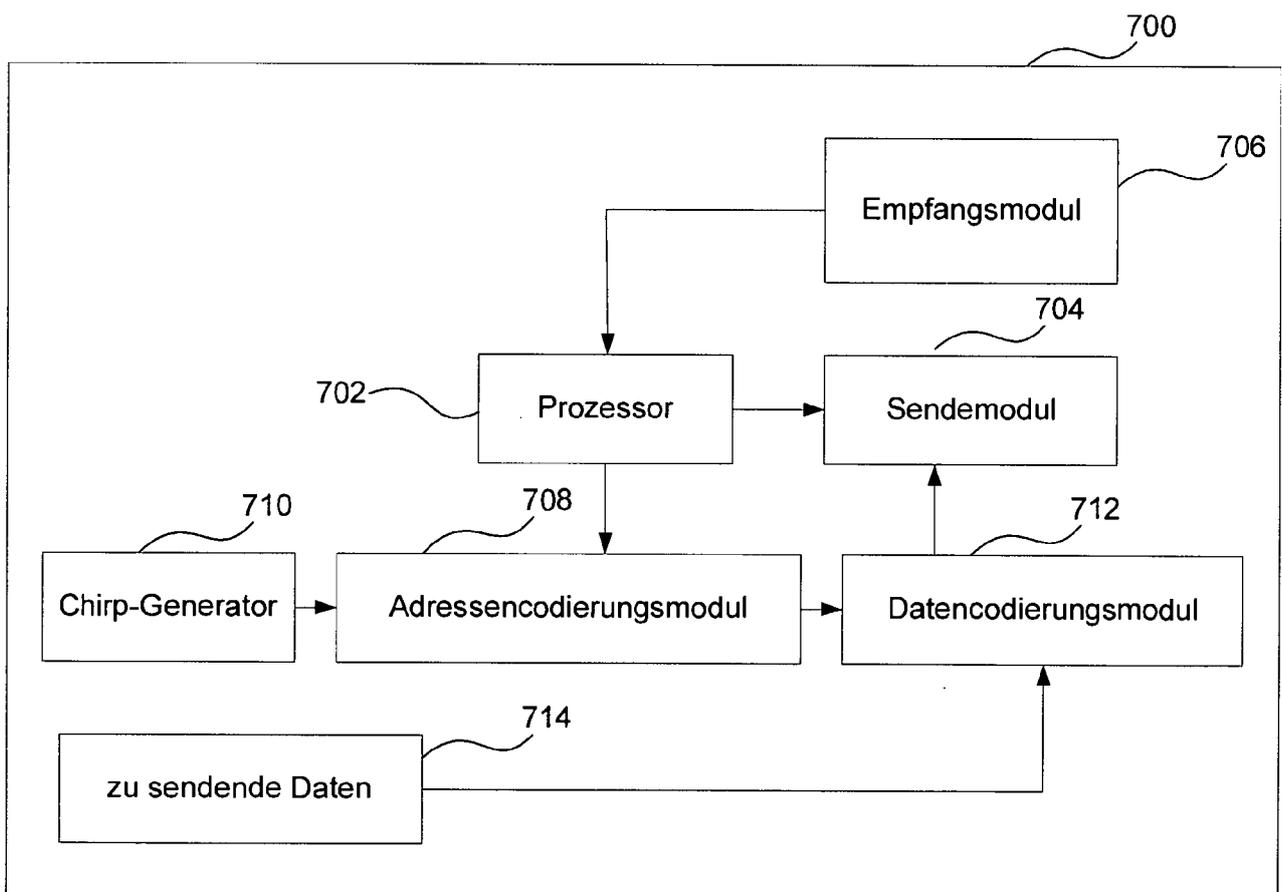
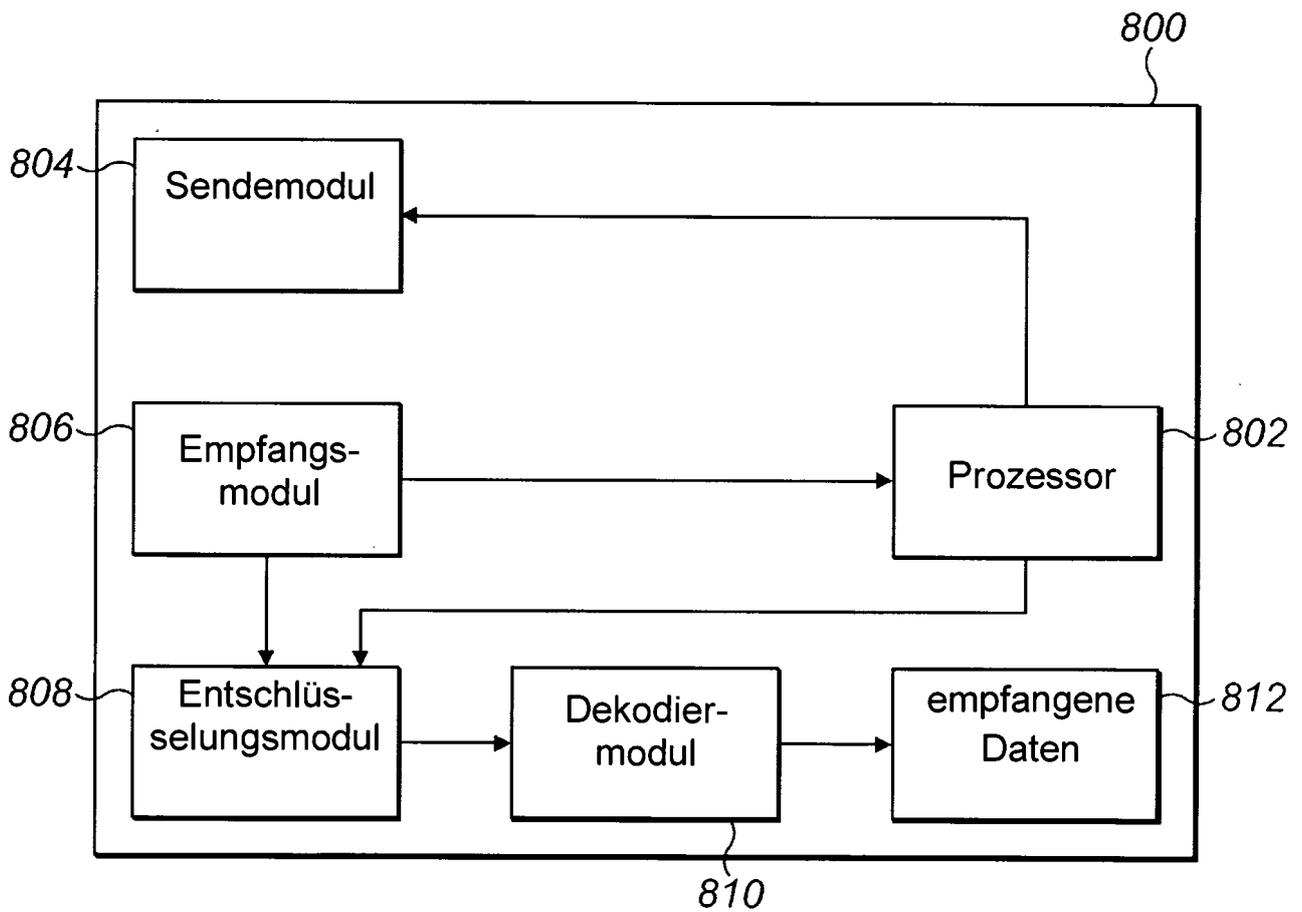


FIG. 7

**FIG. 8**