



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 24 782.6**
 (22) Anmeldetag: **21.05.2001**
 (43) Offenlegungstag: **12.12.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **21.06.2012**

(51) Int Cl.: **H04L 27/32 (2006.01)**
H04B 7/26 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Intel Mobile Communications Technology GmbH,
 85579, Neubiberg, DE**

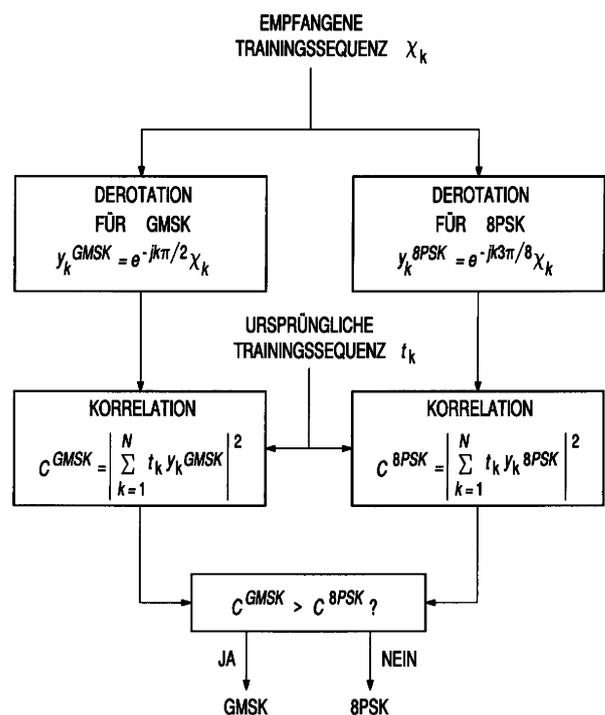
(74) Vertreter:
**Patentanwälte Lambsdorff & Lange, 81673,
 München, DE**

(72) Erfinder:
Yang, Bin, 81735, München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Übermittlung und Erkennung der Modulationsart in digitalen Kommunikationssystemen mittels eines der Trainingssequenz aufgeprägten Phasenrotationsfaktors**

(57) Hauptanspruch: Send- und Empfangsverfahren in einem digitalen Telekommunikationssystem, bei welchem
 – senderseitig jedes Datensymbol einer vorgegebenen, dem Empfänger bekannten Ausgangssequenz (t_k), insbesondere der Trainingssequenz eines Datenbursts, um einen für die verwendete Modulationsart spezifischen Phasenrotationsfaktor rotiert wird,
 – empfängerseitig die Datensymbole um verschiedene Phasenrotationsfaktoren rück- oder derotiert werden und die dadurch erhaltenen Sequenzen (y_k) mit der Ausgangssequenz (t_k) verglichen werden, und
 – empfängerseitig der Vergleich in der Weise durchgeführt wird, daß zwischen den erhaltenen Sequenzen (y_k) und der Ausgangssequenz (t_k) eine Korrelationsfunktion gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrelationsfunktion auf Basis einer mit einer gewissen Genauigkeit bereits bekannten zeitlichen Lage der im Empfangssignal enthaltenen Ausgangssequenz gebildet wird.



(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US	5 289 476	A
WO	00/ 10 301	A2
WO	01/ 03 397	A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf digitale Kommunikationssysteme, insbesondere auf Mobilfunksysteme. Dabei bezieht sich die Erfindung im besonderen auf ein Sende- und Empfangsverfahren und einen Empfänger in einem digitalen Telekommunikationssystem nach dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

[0002] Als Übergangstandard zwischen den Mobilfunkstandards GSM/GPRS und UMTS wurde der Standard EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) sowie der zugehörige Paketdienst EGPRS (Enhanced GPRS) definiert. In dem EDGE-Standard wird sowohl die GMSK- als auch die 8-PSK-Modulation verwendet. Die GMSK-Modulation verwendet einen Signalraum mit den Signalpunkten +1 und -1, während bei der 8-PSK-Modulation ein Signalraum mit acht Signalpunkten verwendet wird. Wenn die bei der Informationsübertragung zwischen einem Sender und einem Empfänger zu verwendende Modulationsart nicht fest vorgegeben ist, so muss der Empfänger über die verwendete Modulationsart informiert werden.

[0003] In der WO 00/10301 A2 wird ein Verfahren zur Übermittlung und Erkennung der Modulationsart in digitalen Kommunikationssystemen beschrieben, welches von der in einem Datenburst vorhandenen Trainingssequenz Gebrauch macht. Jeder Datenburst umfasst eine fest vorgegebene Trainingssequenz bestehend aus einer dem Empfänger bekannten Abfolge von Datensymbolen, die im Empfänger für Zwecke der Kanalschätzung eingesetzt wird. In der erwähnten Druckschrift wird vorgeschlagen, jede denkbare Modulationsart mit einem bestimmten Phasenrotationsfaktor zu kennzeichnen und die Trainingssequenz mit dem Phasenrotationsfaktor zu beaufschlagen, d. h. die in ihr enthaltenen Datensymbole mit dem Phasenrotationsfaktor zu rotieren. Vorzugsweise wird dabei derselbe Phasenrotationsfaktor verwendet, der auch für die Modulation der Nutzdaten zum Einsatz kommt. Bekanntermaßen zeichnen sich die GMSK- und die 8-PSK-Modulation durch eine unterschiedliche Symbolrotation aus. Während die GMSK-Modulation jedes Sendesymbol um 90 Grad weiterdreht, führt die 8-PSK-Modulation eine Drehung von 67,5 Grad pro Sendesymbol aus. Die solchermaßen phasenrotierten Datensymbole der übertragenen Trainingssequenz können im Empfänger derart ausgenutzt werden, dass zum Beginn jeden Datenbursts die empfangene Trainingssequenz in einer Anzahl von Datenpfaden um eine entsprechende Anzahl von Phasenrotationsfaktoren zurückgedreht wird. In dem genannten Beispiel der zwei Modulationsarten GMSK- und 8-PSK-Modulation wird also die empfangene Trainingssequenz um jeweils 90 und 67,5 Grad zurückgedreht. Danach wird die empfangene und zurückgedrehte Trainingssequenz mit einer Trainingssequenz verglichen, die mit einer aus einer Kanalschätzung gewonnenen Kanalfilterfunktion beaufschlagt wurde. Der Vergleich erfolgt durch Subtraktion dieser Trainingssequenzen voneinander, Aufsummieren der quadrierten Differenzen und Detektion des Minimums.

[0004] Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass in jedem der für die Derotation mit den verschiedenen Phasenrotationsfaktoren vorgesehenen Datenpfade eine Kanalschätzung durchgeführt werden muss und erst nach erfolgter Kanalschätzung und Beaufschlagung der ursprünglichen Trainingssequenz mit den Kanalparametern durch die genannte Kanalfilterfunktion der Vergleich mit der empfangenen und jeweils zurückrotierten Trainingssequenz erfolgen kann. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und erfordert eine Vielzahl von Schaltungseinheiten in dem Empfänger.

[0005] Die Druckschrift US 5,289,476 A beschreibt ein Kommunikationssystem, bei welchem in einer Sender-/Empfängervorrichtung eine Präambel erzeugt wird, mit welcher durch Auswahl aus zwei vorbestimmten Synchronisationsmustern die Übertragungs-(Modulations-)Art kodiert wird.

[0006] Die Druckschrift WO 01/03397 A1 beschreibt ein Kommunikationssystem mit einem Sender und einem Empfänger, bei welchem die verwendete Modulationsart dem Empfänger übermittelt wird, indem eine Korrelation zwischen empfangenen Signalen und bestimmten Signalen, die die Modulationsarten repräsentieren, ausgewertet wird.

[0007] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Aufwand für die Detektion der Modulationsart in Empfängern digitaler Kommunikationssysteme zu reduzieren.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Die Erfindung geht zunächst von der wesentlichen Erkenntnis aus, dass es nicht zwingend notwendig ist, in jedem Datenpfad des Empfängers, in dem eine Rück- oder Derotation der empfangenen Trainingssequenz durchgeführt wird, eine Kanalschätzung durchzuführen. Die Erfindung verzichtet bewusst auf die Ka-

nalschätzung in diesem frühen Stadium der Detektion der Modulationsart. Stattdessen wird jede empfangene und derotierte Trainingssequenz direkt mit der ursprünglichen, ungefilterten Trainingssequenz verglichen. Der Vergleich erfolgt durch eine Korrelation, d. h. eine Multiplikation der beiden Trainingssequenzen miteinander. Die Modulationsart bestimmt sich danach, welcher Phasenrotationsfaktor in dem jeweiligen Datenpfad bei der Rückrotation und der anschließenden Korrelation ein Maximum erzielt.

[0010] Dabei ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, die üblicherweise in einem Datenburst vorhandene Trainingssequenz in der beschriebenen Weise zu verwenden. Es kann auch im Prinzip jede andere Sequenz von Informationsdaten, die bei der Kommunikation ohnehin übermittelt wird, in der erfindungsgemäßen Weise ausgenutzt werden, um eine Information über die Modulationsart zu übermitteln.

[0011] Im Gegensatz zu der eingangs erwähnten Druckschrift WO 00/10301 A2 benötigt die vorliegende Erfindung keine Kanalschätzungen für die Detektion der Modulationsart, da eine Korrelation zwischen der empfangenen und derotierten Trainingssequenz mit der ursprünglichen, ungefilterten Trainingssequenz durchgeführt wird. Die ursprüngliche Trainingssequenz wird somit vor der Durchführung des Korrelationsschritts nicht einer Kanalfilterfunktion unterworfen. Erfindungsgemäß müssen somit nur eine Anzahl Datenpfade in dem Empfänger bereitgestellt werden, in denen jeweils Derotationen der empfangenen Trainingssequenz um vorgegebene Phasenrotationsfaktoren durchgeführt werden, wobei in jedem Datenpfad im Anschluss an die Derotation eine Korrelation durchgeführt wird, bei welcher die empfangene und derotierte Trainingssequenz mit der ursprünglichen, ungefilterten Trainingssequenz korreliert wird. Eine Kanalschätzung wird erst im Anschluss an die Detektion der Modulationsart durchgeführt.

[0012] Ein weiterer Unterschied zu der bereits genannten gattungsbildenden Druckschrift besteht in der Art des mathematischen Vergleichs der Trainingssequenzen. Während bei dem genannten Stand der Technik die zu vergleichenden Trainingssequenzen voneinander subtrahiert werden, wird erfindungsgemäß eine Korrelationsfunktion gebildet. Da die zeitliche Position der Trainingssequenz innerhalb des empfangenen Datenbursts nur bis zu einer bestimmten Genauigkeit bekannt ist, kann auch vorgesehen sein, dass in jedem Datenpfad die Derotation und Korrelation mehrfach nacheinander durchgeführt wird, wobei die in dem Korrelationsschritt miteinander zu multiplizierenden Trainingssequenzen zeitlich inkrementell gegeneinander verschoben werden und aus diesen mehrfachen Korrelationsschritten das maximale Korrelationsergebnis ermittelt wird.

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Verwendung der beiden Modulationsarten GMSK (Gaussian minimum shift keying) und 8-PSK (8-ary phase shift keying).

[0014] Die GMSK-Modulation kann durch eine Amplitudenmodulation approximiert und demzufolge wie folgt interpretiert werden:

1. Ein zugeführtes Bit b_k ($= 0, 1$) wird auf ein Symbol a_k ($= +1, -1$) abgebildet, wobei k ein diskretes Zeitmoment bedeutet.
2. Die GMSK-Symbole a_k werden mit $\pi/2$ Radianen pro Symbol rotiert:

$$s_k = e^{jk\pi/2} a_k = j^k a_k \quad (1)$$

3. Die rotierten GMSK-Symbole s_k werden mit einem Impulsfilter gefiltert:

$$\tilde{\chi}_k = \sum_{i=0}^L h_i s_{k-i} \quad (2)$$

[0015] $\tilde{\chi}_k$ ist das modulierte Basisbandsignal, welches mit der gewünschten Trägerfrequenz gemischt und dann zu der Antenne übertragen wird.

[0016] Die 8-PSK-Modulation wird auf ähnliche Weise definiert. Sie unterscheidet sich jedoch von der GMSK-Modulation in der Anzahl der auf ein Symbol abgebildeten Bits und in der Rotation:

1. Eine Gruppe von drei zugeführten Bits $\{b_{3k}, b_{3k+1}, b_{3k+2}\}$ wird auf ein 8-PSK-Symbol $a_k = e^{jn\pi/4}$ ($0 \leq n \leq 7$) abgebildet.
2. Die 8-PSK Symbole a_k werden mit $3\pi/8$ Radianen pro Symbol rotiert:

$$s_k = e^{jk3\pi/8} a_k \quad (3)$$

3. Die rotierten 8-PSK-Symbole s_k werden mit einem Impulsfilter gefiltert:

$$\tilde{x}_k = \sum_{i=0}^L h_i s_{k-i} \quad (4)$$

[0017] Ein 8-PSK-Datensymbol enthält somit den dreifachen Informationsgehalt wie ein GMSK-Datensymbol. Daher wird die 8-PSK-Modulation für hohe Datenübertragung verwendet, während die GMSK-Modulation für niedrige Datenübertragung verwendet wird.

[0018] Bei dem EDGE-Standard können beide Modulationsarten verwendet werden und die Modulationsart kann von Burst zu Burst geändert werden. Der EDGE-Empfänger kennt zunächst die Modulationsart nicht, in der die ihm von dem Sender übermittelten Daten moduliert sind. Für jeden Burst erkennt der EDGE-Empfänger lediglich einen Block von komplexwertigen Basisband-Eingangsdaten x_k und muss selbst eine Entscheidung über die verwendete Modulationsart treffen. Diese Herangehensweise wird daher auch als blinde Modulationsdetektion bezeichnet.

[0019] Erfindungsgemäß wird dem ausgesendeten Signal eine Information über die verwendete Modulationsart aufgeprägt und hierfür die dem Empfänger bekannte vorgegebene Trainingssequenz verwendet, die in jedem GSM/EDGE-Burst enthalten ist. Die Datensymbole der Trainingssequenz werden senderseitig mit einem Phasenrotationsfaktor rotiert, der auch für die Modulation der Nutzsignale eingesetzt wird, wobei prinzipiell hierfür auch ein anderer Phasenrotationsfaktor eingesetzt werden kann.

[0020] In der einzigen Zeichnungsfigur ist dieses Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren der blinden Modulationsdetektion schematisch dargestellt.

[0021] Die Figur zeigt das Ablaufschema für die blinde Modulationsdetektion in einem Empfänger. Aus einer empfangenen Trainingssequenz x_k werden zwei Proben (Samples) erzeugt und in zwei Datenpfade entsprechend der beiden Modulationsarten eingespeist. In der Figur bezeichnet \tilde{x}_k ($k = 1, 2, \dots, N$) die empfangene Trainingssequenz. N bezeichnet die Länge der Trainingssequenz. t_k ($k = 1, 2, \dots, N$) bezeichnet die ursprüngliche Trainingssequenz, welche in dem Empfänger gespeichert ist.

[0022] In den Datenpfaden wird zunächst die empfangene Trainingssequenz x_k um $-\pi/2$ pro Symbol bei GMSK und um $-3\pi/8$ pro Symbol bei 8-PSK derotiert.

[0023] Nach der Derotation wird die empfangene und jeweils derotierte Trainingssequenz y_k mit der ursprünglichen Trainingssequenz t_k korreliert. Da die Korrelation aufgrund der unbekanntenen Phase des Signals komplexwertig sein kann, wird nach der Summation über die Produkte bei den einzelnen Zeitmomenten k die quadratische Magnitude der Korrelation berechnet.

[0024] Schließlich wird das Korrelationsergebnis zwischen GMSK und 8-PSK verglichen. Falls die empfangene und derotierte Trainingssequenz y_k^{GMSK} eine stärkere Ähnlichkeit mit der ursprünglichen Trainingssequenz t_k als die empfangene und derotierte Trainingssequenz y_k^{8PSK} aufweist, d. h. $c^{\text{GMSK}} > c^{\text{8PSK}}$, wird detektiert, dass der entsprechende Datenburst mit der Modulationsart GMSK moduliert ist. Andernfalls wird detektiert, dass die Modulationsart 8-PSK ist.

[0025] Nach dieser blinden Modulationsdetektion kann der Demodulator dann mit der Kanalschätzung beginnen.

[0026] Aufgrund der Tatsache, dass Unsicherheiten über die zeitliche Lage der empfangenen Trainingssequenz innerhalb des Datenbursts bestehen können, kann vorgesehen sein, dass die Korrelation in jedem Datenpfad mehrfach nacheinander ausgeführt wird, indem die miteinander zu korrelierenden Trainingssequenzen zeitlich gegeneinander verschoben werden. Es wird also zunächst auf der Basis bestimmter Annahmen über die zeitliche Lage der Trainingssequenz eine erste Korrelation in jedem Datenpfad durchgeführt. Anschließend können die Datensymbole der zu korrelierenden Sequenzen t_k und y_k erneut dem Korrelator zugeführt werden und geringfügig gegeneinander versetzt werden. Von mehreren solcherart ausgeführten Korrelationen wird dann das Maximum ausgewählt.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren zur automatischen Erkennung der verwendeten Modulationsart zeichnet sich durch eine hohe Treffsicherheit mit einem im Vergleich zum Stand der Technik geringen Aufwand aus.

Patentansprüche

1. Sende- und Empfangsverfahren in einem digitalen Telekommunikationssystem, bei welchem
 - senderseitig jedes Datensymbol einer vorgegebenen, dem Empfänger bekannten Ausgangssequenz (t_k), insbesondere der Trainingssequenz eines Datenbursts, um einen für die verwendete Modulationsart spezifischen Phasenrotationsfaktor rotiert wird,
 - empfängerseitig die Datensymbole um verschiedene Phasenrotationsfaktoren rück- oder derotiert werden und die dadurch erhaltenen Sequenzen (y_k) mit der Ausgangssequenz (t_k) verglichen werden, und
 - empfängerseitig der Vergleich in der Weise durchgeführt wird, daß zwischen den erhaltenen Sequenzen (y_k) und der Ausgangssequenz (t_k) eine Korrelationsfunktion gebildet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass die Korrelationsfunktion auf Basis einer mit einer gewissen Genauigkeit bereits bekannten zeitlichen Lage der im Empfangssignal enthaltenen Ausgangssequenz gebildet wird.
2. Sende- und Empfangsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Korrelationsfunktion zwischen den erhaltenen Sequenzen und der ursprünglichen, ungefilterten Ausgangssequenz gebildet wird.
3. Sende- und Empfangsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die verwendete Modulationsart auf der Basis des Maximums der Korrelationsfunktion detektiert wird.
4. Sende- und Empfangsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Korrelationsfunktion mehrmals hintereinander gebildet wird und ausgehend von der mit einer gewissen Genauigkeit bereits bekannten zeitlichen Lage der im Empfangssignal enthaltenen Ausgangssequenz die erhaltenen Sequenzen und die Ausgangssequenz zeitlich geringfügig gegeneinander verschoben werden.
5. Empfänger eines digitalen Telekommunikationssystems, welcher aufweist:
 - Mittel zum Empfangen eines von einem Sender übersandten Datensignals, welches eine dem Empfänger bekannte Ausgangssequenz enthält, in welcher jedes Datensymbol um einen Phasenrotationsfaktor rotiert ist,
 - Mittel zum Derotieren der Datensymbole der empfangenen Ausgangssequenz um verschiedene Phasenrotationsfaktoren, und
 - Mittel zum Bilden von Korrelationsfunktionen zwischen den erhaltenen und rückrotierten Sequenzen und der Ausgangssequenz, insbesondere der ursprünglichen ungefilterten Ausgangssequenz,
dadurch gekennzeichnet, dass die Korrelationsfunktionen auf Basis einer mit einer gewissen Genauigkeit bereits bekannten zeitlichen Lage der im Empfangssignal enthaltenen Ausgangssequenz gebildet werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

