



(10) **DE 10 2015 208 344 A1** 2016.11.10

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 208 344.6**

(22) Anmeldetag: **06.05.2015**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2016**

(51) Int Cl.: **H04W 74/00 (2009.01)**

(71) Anmelder:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

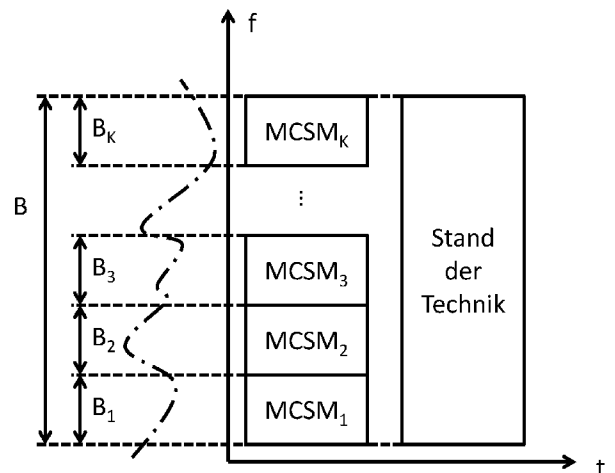
(74) Vertreter:
RCD-PATENT, 52134 Herzogenrath, DE

(72) Erfinder:
Monsees, Fabian, M.Sc., 28211 Bremen, DE;
Woltering, Matthias, Dipl.-Ing., 28213 Bremen, DE;
Dekorsy, Armin, Prof. Dr. Ing., 28357 Bremen, DE;
Bockelmann, Carsten, Dr. Ing., 28832 Achim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System, wobei das System Verbindungen zwischen einer Basisstation (BSS) und einer Vielzahl von Endgeräten (UE_1, UE_2, \dots) bereitstellen kann, wobei mehrere Endgeräten (UE_1, UE_2, \dots) gleichzeitig auf dasselbe Übertragungsmedium zugreifen können, wobei das System eine Mehrträger-Modulation (MCM) mit einer Menge N von Trägern verwendet, wobei ein Endgerät ($UE_1; UE_2; \dots$) jeweils mindestens eine Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern verwendet, wobei $M_1, M_2 < N$ ist, und wobei ein erstes Endgerät (UE_1) eine erste Untermenge M_1 von Trägern verwendet und ein zweites Endgerät (UE_2) eine zweite Untermenge M_2 von Trägern verwendet, wobei zumindest ein Träger der ersten Untermenge M_1 auch Teil der zweiten Untermenge M_2 ist, wobei weiterhin die Basisstation (BSS) mittels Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) eine Übertragung des Endgerätes ($UE_1; UE_2; \dots$) aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern detektiert wird.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Zum gegenwärtigen Zeitpunkt zeichnet sich eine massive Bedarfszunahme an Kommunikation im Allgemeinen und insbesondere Datenkommunikation ab, wobei die zu übertragende Informationsmenge eher gering ist.

[0002] Ein beispielhafter Vertreter dieses Kommunikationstypus ist die sogenannte Kommunikation vom Maschinentyp (engl. Machine Type Communication), die eine Ausformung in der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (im Englischen auch als Machine-to-Machine-communication oder kurz M2M bezeichnet) findet. Dies wird oft auch als Internet der Dinge beschrieben.

[0003] Hierbei zeichnet sich ab, dass von einer Vielzahl von Geräten nur sporadisch Daten versandt werden.

[0004] Dabei stellt der massive Zugriff durch eine Vielzahl von Geräten auf das Übertragungsmedium – im ISO/OSI-Modell auf den Physical Layer PHY - ein ernstes Problem dar.

[0005] Dies soll nachfolgend an Hand der **Fig. 1** und **Fig. 2** näher illustriert werden.

[0006] In **Fig. 1** ist ein typisches Szenario zu sehen, in dem ein Vielzahl von Endgeräten $UE_1, UE_2, UE_3, \dots, UE_K$ über ein nicht näher spezifiziertes Übertragungsmedium mit einer Zentralstation BSS kommunizieren. D.h. das System ist ein Mehrbenutzer-System.

[0007] Die Zeiten t , in denen ein Endgerät $UE_1, UE_2, UE_3, \dots, UE_K$ mit der Zentralstation BSS kommunizieren sind in den jeweiligen Diagrammen rechts des jeweiligen Endgerätes durch ein schräg schraffierten Bereich gekennzeichnet.

[0008] Dabei wäre es im Prinzip wünschenswert, wenn mehrere Endgeräte wie in **Fig. 1** gezeigt parallel mit der Zentralstation BSS kommunizieren könnten. D.h. mehrere Endgeräten UE_1, UE_2, \dots könnten gleichzeitig auf dasselbe Übertragungsmedium zugreifen.

[0009] Am Beispiel einer drahtlosen Kommunikation, wie sie z.B. in einem drahtlosen Mobilfunkkommunikationssystem des 3rd Generation Partnership Project (3GPP) stattfinden könnte, soll nun der typische Ablauf gemäß Stand der Technik aufgezeigt werden.

[0010] Wie in **Fig. 2** gezeigt, würde ein Endgerät UE_1, UE_2, \dots zunächst den Zugriff auf ein Datenübertragungsmedium sich sichern.

[0011] In einem drahtlosen Kommunikationssystem kann dies beispielsweise über eine Access Reservation über einen Kontroll-Kanal vorgenommen werden. Je nach verwendetem Zugriffs-Schema (z.B. orderly TDMA) kann zudem ein Scheduled Access Request verwendet werden. Typischerweise wird der sichere Erhalt einer Access Reservation durch ein Reservation Ack bzw. die Gewährung eines Access Requests durch ein Ack dem betreffenden Endgerät signalisiert.

[0012] Erst nachdem das Datenübertragungsmedium für die Übertragung von Daten von dem Endgerät an die Zentralstation BSS allokiert ist können nun die Daten tatsächlich versandt werden.

[0013] In einem solchen Szenario steht die jeweils verfügbare Bandbreite B häufig nur einem Endgerät zur Verfügung.

[0014] Ohne weiteres ist ersichtlich, dass in dem gegebenen Rahmen – sei er drahtlos oder drahtgebunden – der Aufwand für den Versand von Nutz-Daten erheblich ist und in Zweifel sogar die Datenmenge, die für die Allokation versandt werden, größer oder sogar deutlich größer als die Menge der Nutz-Daten ist.

[0015] Ausgehend von dieser Situation ist es Aufgabe der Erfindung ein System und zugehörige Verfahren zur Verfügung zu stellen, die eine verbesserte Nutzung der zur Verfügung stehenden Bandbreite ermöglicht.

[0016] Die Aufgabe wird gelöst, durch ein System gemäß Anspruch 1 bzw. durch Verfahren gemäß Anspruch 4 und 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind insbesondere Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0017] Nachfolgend wird die Erfindung näher unter Bezug auf die Figuren erläutert. In diesen zeigt:

[0018] **Fig. 1** eine beispielhafte Situation eines Kommunikationssystems in dem die Erfindung Verwendung finden kann,

[0019] **Fig. 2** einen beispielhaften Kommunikationsablauf in Systemen gemäß Stand der Technik,

[0020] **Fig. 3** einen beispielhaften Kommunikationsablauf in Systemen gemäß der Erfindung,

[0021] **Fig. 4** einen beispielhaften Vergleich des Ressourcenverbrauchs bei einem erfindungsgemäßen System gegenüber Systemen aus dem Stand der Technik,

[0022] **Fig. 5** eine beispielhafte schematische Aufteilung von Schritten gemäß Ausführungsformen der

Erfindung in Bezug auf erfindungsgemäße Endgeräte,

[0023] Fig. 6 einen beispielhaften Vergleich des Ressourcenverbrauchs bei einem erfindungsgemäßen System gegenüber Systemen aus dem Stand der Technik, und

[0024] Fig. 7 eine beispielhafte schematische Aufteilung von Schritten gemäß Ausführungsformen der Erfindung in Bezug auf erfindungsgemäße Basisstationen.

[0025] Obwohl nachfolgend die Erfindung in Bezug auf ein drahtloses Kommunikationssystem beschrieben werden wird ist die erfinderische Idee in gleicher Weise auch in drahtgebunden Kommunikationssystemen anwendbar. Insofern ist die nachfolgende Beschreibung nicht auf drahtlose Kommunikationssysteme beschränkt.

[0026] Weiterhin, obwohl nachfolgend die Erfindung in Bezug auf Kommunikationssysteme des 3rd Generation Partnership Projects (3GPP) beschrieben wird, ist die Erfindung nicht auf diese Kommunikationssysteme beschränkt. Insbesondere ist die Erfindung auf alle Mehrträger-Übertragungssysteme mit einer Vielzahl von Nutzern anwendbar.

[0027] Ohne Beschränkung der Allgemeinheit der Erfindung ist diese auf unterschiedliche Zugriffsarten anwendbar. D.h. soweit in der folgenden Beschreibung auf eine Zugriffsart Bezug genommen wird, ist diese immer nur exemplarisch zu verstehen.

[0028] Ganz allgemein bezieht sich die Erfindung auf den physikalischen Zugriff auf das Übertragungsmedium.

[0029] Nunmehr soll in Bezug auf die Fig. 4 die Erfindung näher erläutert werden. In einem erfindungsgemäßen Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System werden Verbindungen zwischen einer Basisstation BSS und einer Vielzahl von Endgeräten UE₁, UE₂, ... ermöglicht. Dabei ist die Bezeichnung Basisstation BSS als auch die Bezeichnung Endgerät UE₁, UE₂, ... stark an den typischen Sprachgebrauch des Mobilfunks angelehnt.

[0030] Allerdings ist die Erfindung hierauf nicht beschränkt. Beispielsweise findet eine Übertragung mittels Mehrträger (engl. Multi-Carrier) auch in anderen, drahtgebundenen System Verwendung, beispielsweise DSL oder Powerline, als auch in anderen drahtlosen System, beispielsweise WLAN (z.B. IEEE 802.11 a/g/n), WiMax (z.B. IEEE 802.16.2-2004) oder Bluetooth. Insofern ist die Basisstation BSS in Bezug auf die Kommunikation einer Zentralstation wie eingangs beschreiben vergleichbar.

[0031] In einem Mehrträger System werden die zu versendenden Daten in der Frequenzdomäne anstatt in der Zeitdomäne übertragen.

[0032] Innerhalb des Systems können mehrere Endgeräten UE₁, UE₂, ... gleichzeitig auf dasselbe Übertragungsmedium zugreifen. Zudem können mehrere Endgeräten UE₁, UE₂, ... die gleiche physikalische Ressource (Zeit und Frequenz) verwenden.

[0033] Ein typischer Ablauf eines Zugriffs eines Endgerätes UE₁ wird in Fig. 3 gezeigt. Dabei sendet das Endgerät UE₁ unmittelbar, d.h. ohne vorherige Allokation des Mediums, seine Daten an die Basisstation BSS. Werden diese erfolgreich aufgenommen kann je nach Art des Verbindungsprotokolls eine Bestätigung Ack von der Basisstation BSS an das Endgerät UE₁ zurück gesandt werden (verbindungsorientiert, bestätigt) oder eine solche Meldung kann unterbleiben (verbindungslos, unbestätigt). Ein derartiger zugriff kann auch als direct random access bezeichnet werde.

[0034] Werden beispielsweise allgemeine Zustandsdaten eines Endgerätes versandt, die nicht sicherheitsrelevant sind, kann eine Meldung unterbleiben.

[0035] Je nach Ausgestaltung ist das Endgerät UE₁ in der Lage, z.B. bei einem verbindungsorientiertem Aufbau, die Nachricht nach Abwarten, ob eine Bestätigung Ack erhalten wurde, erneut zu versenden.

[0036] Das System selbst verwendet eine Mehrträger-Modulation (MCM) mit einer Menge N von Trägern. Die Art und Weise wie diese Träger moduliert werden (z.B. Discrete Multitone, COFDM, etc.) ist für das Verständnis der Anmeldung nicht nötig.

[0037] Dabei verwenden die Endgerät UE₁; UE₂; ... jeweils mindestens eine Untermenge M₁, M₂, ... von Trägern der Menge N von Trägern. D.h. Endgerät UE₁ verwendet Untermenge M₁, Endgerät UE₂ verwendet Untermenge M₂, usw. Dabei stellen die jeweiligen Untermengen immer nur einen Teil der Gesamtmenge N an Trägern dar, d.h. es gilt M₁, M₂ < N. Ohne weiteres können Teilmengen sowohl gleiche Anzahlen (M₁ = M₂) als auch unterschiedliche Anzahlen (M₁ <> M₂) von Trägern aufweisen.

[0038] Im nachfolgenden wird angenommen, dass ein erstes Endgerät UE₁ eine erste Untermenge M₁ von Trägern verwendet und eine zweites Endgerät UE₂ eine zweite Untermenge M₂ von Trägern verwendet, wobei zumindest ein Träger der ersten Untermenge M₁ auch Teil der zweiten Untermenge M₂ ist.

[0039] In bisherigen Ansätzen wurde stets die gesamte Bandbreite an N Trägern als Medienzugriff verwendet. D.h. in einem CDMA System hätte jedes Endgerät UE₁; UE₂; ... die volle Bandbreite al-

lokiert und die Daten auf die Frequenzdomäne verteilt. Hiermit wird angesichts der geringen Datenmenge ein erheblicher Aufwand getrieben, denn die Ressource Bandbreite ist durch ein einzelnes Endgerät ausgelastet, wobei die Bandbreite tatsächlich nicht benötigt wird. Da die volle Bandbreite genutzt wird, muss auch die Frequenzantwort des physikalischen Kanals, dass die Übertragungsfunktion, am Empfänger bestimmt werden. Dies ist eine komplexe Aufgabe, die sehr viel Aufwand erfordert.

[0040] Wie aus **Fig. 4** ersichtlich wird, benötigt ein MCSM System, welches der Bandbreite eines Endgerätes $UE_1; UE_2; \dots$ entspricht, auf Grund der geringeren Anzahl von Trägern M_1, M_2, \dots eine deutlich geringere Bandbreite als ein System aus dem Stand der Technik.

[0041] In dem nun vorgeschlagen System kann man die Eigenschaft des Sender/der Sender TX, d.h. der Endgeräte $UE_1; UE_2; \dots$, vorteilhaft ausgenutzt werden, nämlich, dass die Signale als dünn besetzt (engl. sparse) wahrgenommen werden.

[0042] Diese Eigenschaft der Signale – die „dünnbesetztheit“ der Signale – wird durch eine geringe Aktivität der Endgeräte $UE_1; UE_2; \dots$, z.B. von Sensoren, hervorgerufen, sodass zu einem bestimmten Zeitpunkt nur eine kleine Menge der gesamten Endgeräte $UE_1; UE_2; \dots$ aktiv ist, wie es z.B. in **Fig. 1** zu sehen ist.

[0043] Nunmehr kann die Basisstation BSS mittels Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) eine Übertragung des Endgerätes $UE_1; UE_2; \dots$ aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern detektieren.

[0044] Es sei zudem angemerkt, dass die Zahl der Träger der Untermengen M_1, M_2, \dots nicht notwendigerweise identisch sein muss. Bei der Wahl können der Trägeranzahl können auch Erwägungen der zu übertragenden Datenmenge, der Datenrate, der Übertragungssicherheit, etc., Anforderungen höherer Schichten im ISO/OSI-Modell, etc. Berücksichtigung finden. Zudem ist das Prinzip des Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) nicht auf Untermengen $M_1, M_2, \dots < N$ beschränkt, sondern das Prinzip kann in gleicher Weise auch auf $M_1, M_2, \dots \leq N$ angewendet werden.

[0045] In einer Ausgestaltung der Erfindung können die Träger zumindest einer der Untermenge M_1, M_2, \dots benachbart sein. In **Fig. 6** ist eine beispielhafte Verwendung der Bandbreite B im Vergleich zum Stand der Technik in Bezug auf ein Zeit-Frequenz-Raster (engl. Time-frequency grid) in einem beispielhaften CDMA-System gezeigt.

[0046] Hier verwenden jeweils einzelne Endgeräte $UE_1; UE_2; \dots$ zusammen jeweils einen Teil der zur Verfügung stehenden Bandbreite B . Beispielsweise könnte Endgerät UE_1 hier den Bandbreitenanteil B_1 entsprechend einem Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System (engl. Multicarrier Compressed Sensing Multiuser System) $MCSM_1$ verwenden, während ein weiteres Endgerät UE_2 hier den Bandbreitenanteil B_2 entsprechend einem Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System $MCSM_2$ verwendet, D.h. die jeweiligen Endgerät $UE_1; UE_2; \dots$ können zeitlich parallel Kontakt zur Basisstation BSS aufnehmen. Beispielsweise verwenden die Endgerät UE_1, UE_2 die gleichen Unterträger und somit die gleiche Bandbreite, d.h. die Endgerät UE_1, UE_2 verwenden die gleiche physikalische Ressource (Zeit-Frequenz Ressource). Da beide Endgerät UE_1, UE_2 in einem System befindlich sind, wird durch die gegenüber dem Stand der Technik erfolgende Mehrfachbelegung von Ressourcen Bandbreite gespart. Somit wird eine deutliche höhere Granularität bei gleichzeitig geringer Komplexität und effektiverer Bandbreitennutzung ermöglicht.

[0047] Ein beispielhafter Base-Station-Empfänger BSS-RX für ein solches Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System ist demnach wie in **Fig. 7** beispielhaft gezeigt zum Empfang der Menge N von Trägern eingerichtet. Dieser Empfang unterscheidet sich nicht von üblichen Systemen und kann entsprechend einer typischen Mehrträger-Verarbeitung im Block MT- Verarbeitung ausgestaltet sein und z.B. eine Umwandlung der Daten aus der Zeitdomäne in die Frequenzdomäne zur Verfügung stellen.

[0048] Hierzu nachgeschaltet kann die Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern mittels Compressed Sensing Multiuser Detection im Block CS-MUD verarbeitet werden.

[0049] Dabei ist die Verarbeitung in jeglicher Weise möglich, d.h. es kann eine parallel Verarbeitung von verschiedene Teilübertragungssystemen $MCSM_1, MCSM_2, \dots$ entsprechend den Endgeräte $UE_1; UE_2; \dots$ oder eine serielle Verarbeitung oder Mischformen hiervon vorgesehen sein.

[0050] Wesentlich ist, dass die Verarbeitung wiederum die Eigenschaft des Sender/der Sender TX, d.h. der Endgeräte $UE_1; UE_2; \dots$, vorteilhaft ausnutzt, nämlich, dass die Signale als dünn besetzt (engl. sparse) wahrgenommen werden.

[0051] Nunmehr kann die Basisstation BSS mittels Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) eine Übertragung des Endgerätes $UE_1; UE_2; \dots$ aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern detektieren.

[0052] Dabei wird die Eigenschaft typischer Maschinenkommunikation genutzt, dass ein typisches Endgerät eher nur sporadisch aktiv ist, sodass in aller Regel selbst bei einer hohen Anzahl von Endgeräten lediglich ein (kleiner) Bruchteil zu einem gegebenen Zeitpunkt Daten sendet. Eine derartig sporadische Nutzung kann auch als dünn besetzte Mehrbenutzer-Signale (engl. sparse multiuser signals) an der Basisstation BSS verstanden werden.

[0053] Ganz allgemein kann man dies auch mit den nachfolgenden Verfahrensschritten beschreiben. Zunächst werden durch den Base-Station-Empfänger BSS-RX eine Menge N von Trägern empfangen. Anschließend wird aus mindestens einer Untermenge M_1, M_2, \dots der Menge N von Trägern mittels Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) eine Übertragung eines Endgerätes $UE_1; UE_2; \dots$ aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern detektiert.

[0054] Ohne weiteres kann der Detektionsschritt sowohl eine Aktivitätsdetektion als auch eine Datenschätzung aus einem dünn besetzten Multi-User-Signal bereitstellen. Vorteilhafterweise kann dabei zunächst eine Aktivitätsdetektion (MUD) vorgenommen werden, z.B. $MCSM_3$ ist aktiv, und anschließend wird zumindest auf die hiervon betroffenen Untermenge M_3 der Träger N das Compressed Sensing (CS) angewendet werden.

[0055] Compressed Sensing ist eine Methode der Signalverarbeitung, die es erlaubt effizient ein Signal zu erhalten und zu rekonstruieren, indem Lösungen zu einem unterbestimmten linearen System gesucht werden. Dabei wird ausgenutzt, dass hierfür durch Optimierung in Bezug auf die dünne Besetztheit (engl. sparsity) es ausreicht erheblich weniger Samples auszuwerten, als es durch das Shannon-Nyquist Abtast-Theorem ansonsten zu erwarten wäre.

[0056] Je nach verwendetem höherem Übertragungsprotokoll (im ISO/OSI-Modell) kann nunmehr der erfolgte Empfang wie in **Fig. 3** gezeigt durch den Versand einer Bestätigung ACK an das Endgerät $UE_1; UE_2; \dots$ berichtet werden und somit angezeigt werden, dass das Senden erfolgreich war.

[0057] In einem entsprechend ausgestalteten Endgerät, welches in Bezug auf den Sender TX des Endgerätes $UE_1; UE_2; \dots$ beispielhaft schematisch in **Fig. 5** gezeigt ist, können in entsprechender Weise die nachfolgenden Schritte implementiert sein.

[0058] Zunächst wird zumindest eine Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern ausgewählt, wobei $M_1, M_2 < N$ ist. Die Auswahl kann beispielsweise seitens einer höheren Schicht (im ISO/OSI-Modell) zuvor bestimmt oder ausgehandelt wor-

den sein und ist für das weitere Verständnis der Erfindung nicht nötig.

[0059] Anschließend können die zu versendenden Daten des Endgerätes in einem Block Mod moduliert auf eine Vielzahl von (logischen) Trägern in einem Block Spread aufgeteilt und diese mittels eines Block Map auf die Untermenge M_1, M_2, \dots von (physikalischen) Trägern der Menge N von Trägern verteilt werden. Dies ist natürlich lediglich beispielhaft zu verstehen und abhängig vom verwandten Modulationschema kann dies geeignet in einem oder mehreren Blöcken implementiert sein.

[0060] Anschließend können die so modulierten und verteilten Daten an die Basisstation BSS gesendet werden.

[0061] Je nach verwendetem höherem Übertragungsprotokoll (im ISO/OSI-Modell) kann nunmehr der erfolgte Empfang wie in **Fig. 3** gezeigt durch den Empfang einer Bestätigung ACK von der Basisstation BSS berichtet werden und somit angezeigt werden, dass das Senden erfolgreich war.

[0062] Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das Endgerät UE_1, UE_2, \dots vor dem Senden zunächst versucht Aktivität auf einem oder mehreren Trägern der Menge N von Trägern zu detektieren. Dies kann z.B. dazu verwendet werden, die Kanalqualität in der entsprechenden Bandbreite $B_1, B_2, \dots B_k$ abzuschätzen, und/oder die Auswahl einer Untermenge M_1, M_2, \dots oder aber generell die Freigabe zum Senden bei Nichtaktivität auf der entsprechenden Bandbreite zu erhalten.

[0063] Besonders vorteilhaft kann die Erfindung dann eingesetzt werden, wenn die Bandbreite der Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern kleiner oder gleich der Kohärenzbandbreite B_C des (Teil-)Kanals ist.

[0064] Die Kohärenzbandbreite B_C (in Hertz) kann mittels

$$B_C \approx \frac{1}{T_{\max}}$$

berechnet werden. Hierbei ist T_{\max} die Zeitdifferenz zwischen dem Beginn und dem Ende der Kanalimpulsantwort. Dieses wird auch als Delay Spread bezeichnet.

[0065] Der Vorteil hiervon ist, dass wenn die Bandbreite $B_1, B_2, \dots B_k \leq B_C$ ist, dass man nun innerhalb der Bandbreite $B_1, B_2, \dots B_k$ wenn überhaupt nur eine sehr einfache Kanalabschätzung benötigt, womit der Design- und Implementierungsaufwand sinkt. Zudem können dann nicht-kohärente Modulationskonzepte, wie z.B. ein differentielles Modulationsche-

ma, verwenden kann, die wiederum zu einer verringerten Komplexität führen, da beispielsweise keine Kanalabschätzung mehr nötig ist. D.h. wenn in **Fig. 6** die Bedingung $B_1, B_2, \dots, B_k \leq B_C$ erfüllt ist, verwendet jedes der Teil-System $MCSM_1, MCSM_2, \dots$ nur eine kleine Bandbreite des Gesamtkanals, sodass die strich-punktierte Übertragungsfunktion des Kanals innerhalb der jeweiligen Bandbreite B_1, B_2, \dots, B_k als (nahezu) konstant angenommen werden kann.

[0066] Es sei angemerkt, dass das System zudem erlaubt, die Untermenge M zu variieren, d.h. bei einer ersten Aussendung eine Untermenge M_1 und bei einer zweiten Untermenge eine andere Untermenge $M_2 \dots$ zu verwenden. Hierdurch kann Bezug auf die Zeit Diversität gewonnen werden.

[0067] Wie bereits eingangs beschrieben kann die Erfindung auf unterschiedlichsten drahtlosen oder drahtgebundenen Systemen Anwendung finden. Sie ist jedoch insbesondere zur Verwendung in einem drahtlosen Kommunikationssystem, und insbesondere zur Verwendung in einem UMTS, LTE, Mobilfunksystem der 5. Generation, WiFi, oder iDEN Kommunikationssystem geeignet. Allgemein kann die Erfindung in jedem Mehrträgerschema Verwendung finden, insbesondere können orthogonale Mehrträgerschemata in Kombination mit CDMA, auch als MC/OFDM-CDMA bezeichnet, als Basis dienen.

[0068] Beispielsweise kann in einem LTE System (oder vergleichbaren Systemen) die Erfindung wie folgt Anwendung finden. Aus dem typischerweise vorhanden N Trägern für eine normale Bandbreite B wird eine Untermenge M gebildet. Die modulierten Daten werden sodann mittels einer Spreizsequenz auf M Unterträger abgebildet. In einem CDMA (Code Division Multiple Access) System werden beispielsweise die CDMA Sequenzen in der Frequenzdomäne (Senderseitig) nur auf die Untermenge M angewendet. Die Empfängerseite verwendet Compressed Sensing - Multi User Detection und nutzt so die Eigenschaft aus, dass das Signal als dünn besetzt erscheint.

[0069] Mittels der Verwendung von CS-MUD ist es zudem möglich sowohl eine Aktivitäts-Detektion als auch eine Ableitung der gesendeten Daten in einem bereitzustellen. Hierdurch wird eine sichere Datenübertragung erheblich erleichtert.

[0070] Mittels der Erfindung wird die Eigenschaft typischer Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, nämlich, dass die Kommunikation eher dünn besetzt ist, ausgenutzt. Hierdurch können dramatische Bandbreiteneinsparungen gegenüber dem Stand der Technik von mehr als 50% realisiert werden, wobei der Bandbreitengewinn im Wesentlichen eine Funktion der Anzahl der verwendeten Unter-

menge M_1, M_2, \dots von Trägern in Bezug zu der Anzahl N von Trägern insgesamt ist.

[0071] Zudem kann nunmehr das tatsächlich für diese Träger verwendet Modulationsschema nicht-koherent gewählt werden, da die Bandbreite der verwendeten Untermenge kleiner oder gleich der Kohärenzbandbreite B_C gewählt werden kann. Hierdurch kann die Kanalabschätzung dramatisch vereinfacht werden oder entfallen.

[0072] Zudem kann, wenn die Bandbreite der verwendeten Untermenge kleiner oder gleich der Kohärenzbandbreite B_C gewählt ist, die Kanalabschätzung sogar entfallen.

[0073] Mittels der Erfindung wird zudem die zur Verfügung stehende Bandbreite besser als in herkömmlichem System genutzt, da nun eine Vielzahl von Endgeräten $UE_1; UE_2; \dots$ mit einer Basisstation BSS entsprechende Teil-Systemen $MCSM_1; MCSM_2; \dots$ bilden und somit die gesamte Bandbreite B besser nutzen können, da diese nun parallel mit der Basisstation kommunizieren können. Hierdurch wird es z.B. ein CDMA-System auch ermöglicht das Zeit-Frequenz-Raster (engl. time-frequency grid) dynamisch zu allokalieren.

[0074] Da das erfindungsgemäße System auch als Direktzugriffs-System wie in **Fig. 3** dargestellt ausgelegt ist, sinkt der Nachrichtenoverhead (control signaling), sodass auch hierdurch eine verbesserte Bandbreitennutzung ermöglicht wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- IEEE 802.11 a/g/n [0030]
- IEEE 802.16.2-2004 [0030]

Patentansprüche

1. Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System,

- wobei das System Verbindungen zwischen einer Basisstation (BSS) und einer Vielzahl von Endgeräten (UE_1, UE_2, \dots) bereitstellen kann, wobei mehrere Endgeräten (UE_1, UE_2, \dots) gleichzeitig auf das selbe Übertragungsmedium zugreifen können,
- wobei das System eine Mehrträger-Modulation (MCM) mit einer Menge N von Trägern verwendet,
- wobei ein Endgerät ($UE_1; UE_2; \dots$) jeweils mindestens eine Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern verwendet,
- wobei $M_1, M_2 < N$ ist, und wobei ein erstes Endgerät (UE_1) eine erste Untermenge M_1 von Trägern verwendet und ein zweites Endgerät (UE_2) eine zweite Untermenge M_2 von Trägern verwendet, wobei zumindest ein Träger der ersten Untermenge M_1 auch Teil der zweiten Untermenge M_2 ist,
- wobei weiterhin die Basisstation (BSS) mittels Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) eine Übertragung des Endgerätes ($UE_1; UE_2; \dots$) aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern detektiert wird.

2. Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Träger zumindest einer der Untermengen benachbart sind.

3. Base-Station-Empfänger (BSS-RX) für ein Mehrträger Compressed Sensing Multi-User System gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Base-Station-Empfänger (BSS-RX) zum Empfang der Menge N von Trägern eingerichtet ist, wobei nachgeschaltet die Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern mittels Compressed Sensing Multiuser Detection verarbeitet wird, um eine Übertragung des Endgerätes ($UE_1; UE_2; \dots$) aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern zu detektieren.

4. Verfahren für einen Base-Station-Empfänger (BSS-RX) gemäß Anspruch 3, aufweisend die Schritte:

- Empfangen einer Menge N von Trägern,
- wobei anschließend aus mindestens einer Untermenge M_1, M_2, \dots der Menge N von Trägern mittels Compressed Sensing Multiuser Detection (CS-MUD) eine Übertragung eines Endgerätes ($UE_1; UE_2; \dots$) aus der Vielzahl der empfangenen Menge N von Trägern detektiert wird, wobei hierbei sowohl eine Aktivitätsdetektion als auch eine Datenschätzung aus einem dünn besetzten Multi-User-Signal vorgenommen wird.

5. Verfahren für einen Base-Station-Empfänger (BSS-RX) nach Anspruch 4, weiterhin aufweisend den Schritt des Verarbeitens der Menge N von Trä-

gern, wobei ein in der Zeitdomäne vorliegendes Signal in die Frequenzdomäne transferiert wird.

6. Verfahren für einen Base-Station-Empfänger (BSS-RX) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, weiterhin aufweisend den Schritt des Versendens einer Bestätigung (ACK) an das Endgerät ($UE_1; UE_2; \dots$), dass das Senden erfolgreich war.

7. Verfahren für ein Endgerät (UE_1, UE_2, \dots) in einem System nach Anspruch 1 oder 2, aufweisend die Schritte:

- Auswählen zumindest einer Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern verwendet, wobei $M_1, M_2 < N$ ist,
- Modulation und Verteilung von zu sendenden Daten des Endgerätes (UE_1, UE_2, \dots) auf die Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern,
- Senden der modulierten und verteilten Daten an eine Basisstation (BSS).

8. Verfahren für ein Endgerät (UE_1, UE_2, \dots) nach Anspruch 7, weiterhin aufweisend den Schritt des Detektierens von Aktivität auf einem oder mehreren Trägern der Menge N von Trägern.

9. Verfahren für ein Endgerät (UE_1, UE_2, \dots) nach Anspruch 7 oder 8, weiterhin aufweisend den Schritt des Abwartens einer Bestätigung (ACK) seitens der Basisstation (BSS), dass das Senden erfolgreich war.

10. Verfahren für ein Endgerät (UE_1, UE_2, \dots) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 bis 9, wobei die Auswahl auf Basis einer Kanalqualitätsabschätzung in Bezug auf eine Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern vorgenommen wird.

11. Verfahren für ein Endgerät (UE_1, UE_2, \dots) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei die Bandbreite der Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern kleiner oder gleich der Kohärenzbandbreite des Kanals ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Untermenge M_1, M_2, \dots von Trägern der Menge N von Trägern mit einem nichtkohärentem differenziellen Modulationsschema moduliert werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren in einem drahtlosen Kommunikationssystem verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren in einem UMTS, LTE, Mobilfunksystem der 5. Generation, WiFi, oder iDEN Kommunikationssystem verwendet wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Träger in den Untermengen M_1, M_2, \dots gleich ist.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Endgerät (UE_1, UE_2, \dots) Maschinenkommunikation zur Verfügung stellt.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

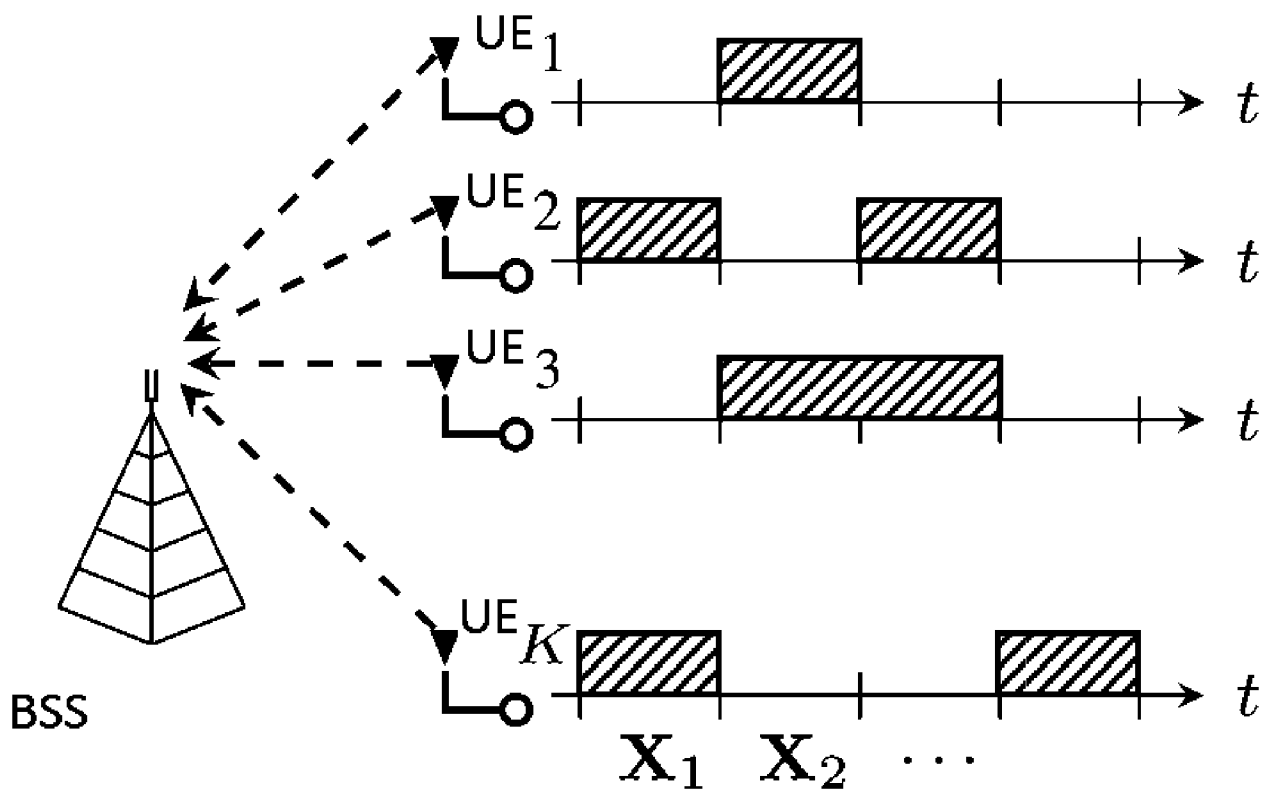


Fig. 1

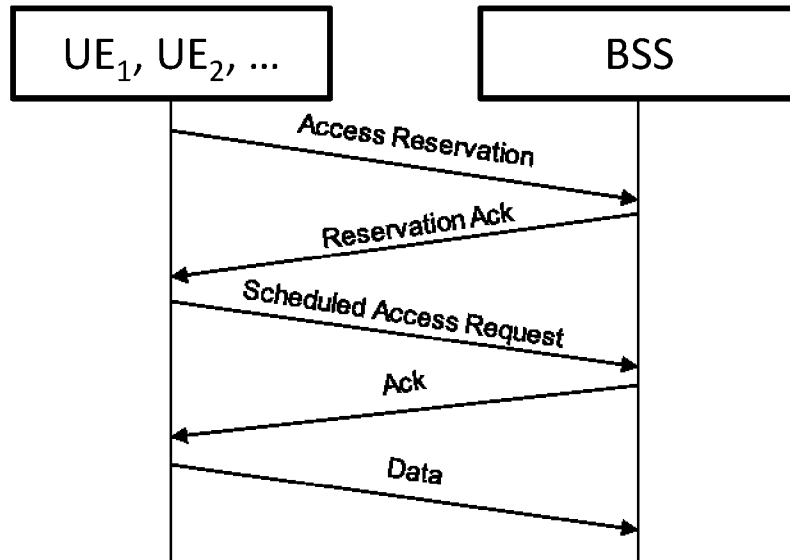


Fig. 2

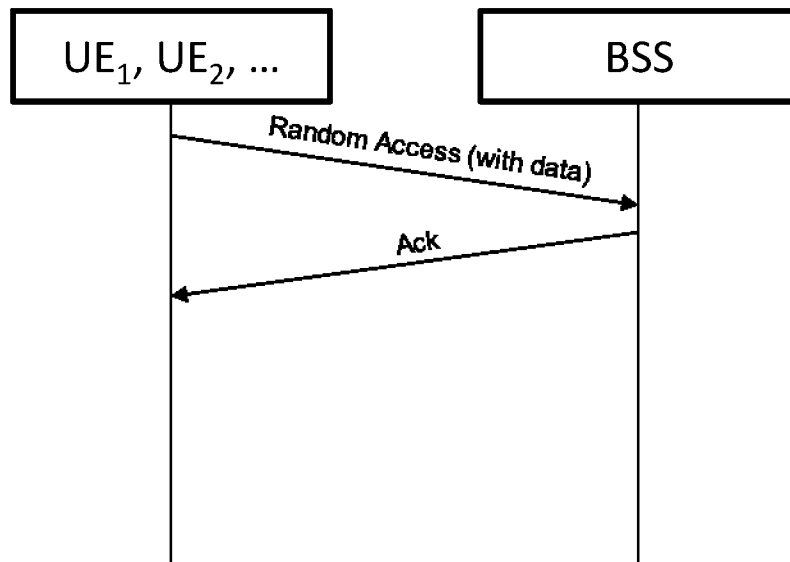


Fig. 3

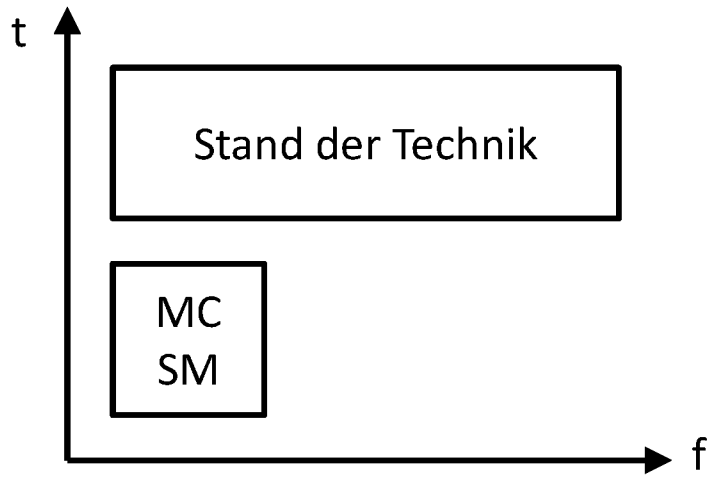


Fig. 4

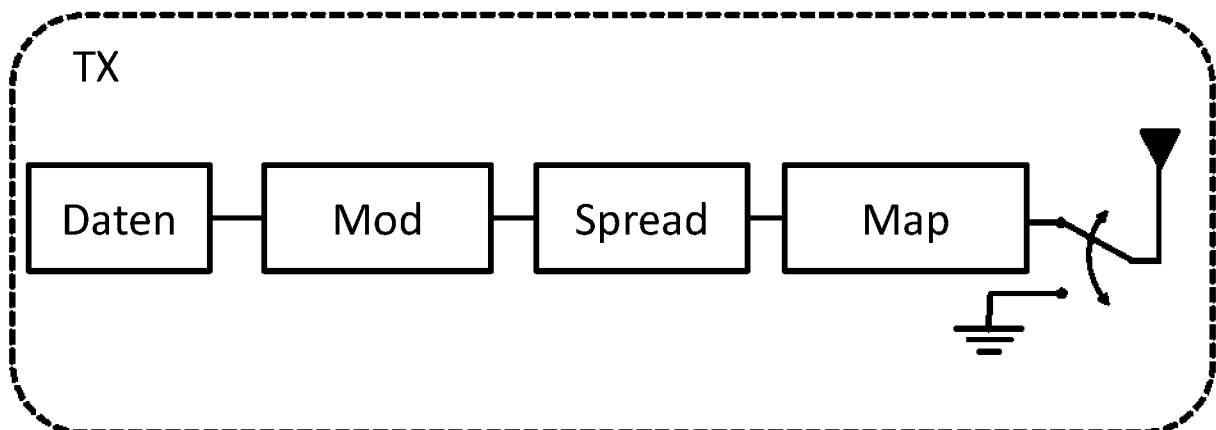


Fig. 5

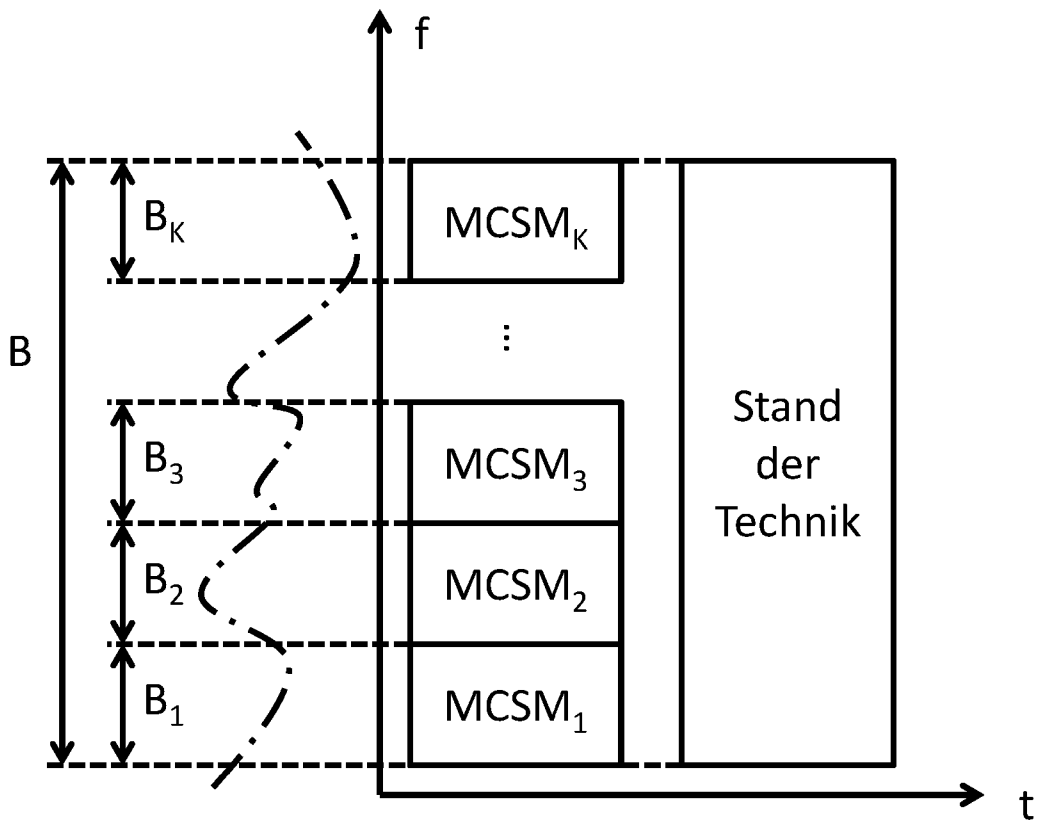


Fig. 6

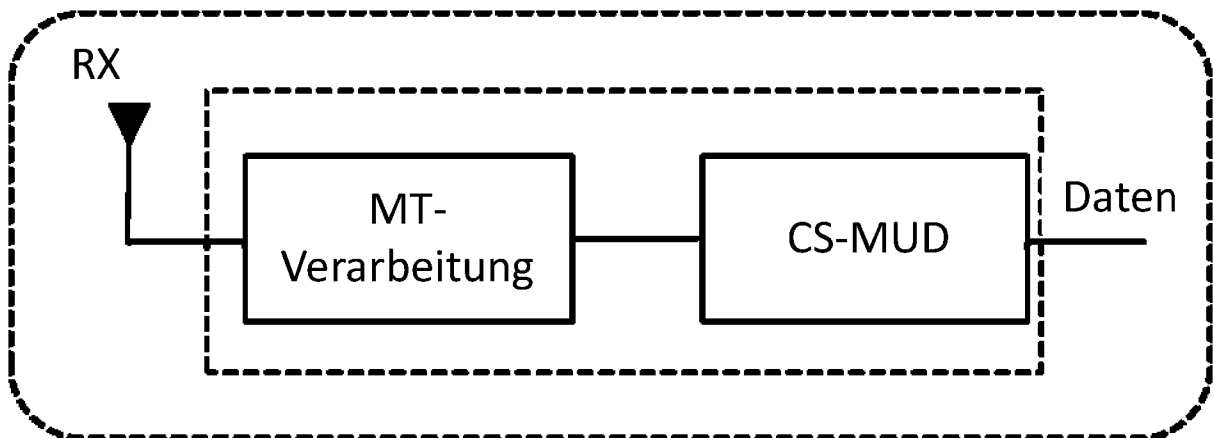


Fig. 7