



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 34 700 T2 2007.10.18**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 112 624 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 34 700.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/20982**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 968 745.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/014900**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **16.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.07.2001**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **03.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.10.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04B 7/005 (2006.01)**  
**H04Q 7/38 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**151391 10.09.1998 US**

(73) Patentinhaber:  
**Qualcomm Inc., San Diego, Calif., US**

(74) Vertreter:  
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und  
Rechtsanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:  
**REZAIIFAR, Ramin, San Diego, CA 92131, US;  
HOLTZMAN, Jack, San Diego, CA 92130, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur verteilte optimale Rückwärtsverbindungsplanung von Betriebsmittel, wie Übertragungsrate und Leistung, in einem drahtlosen Kommunikationssystem**

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

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

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf Kommunikations- bzw. Nachrichtenübermittlungssysteme. Spezieller bezieht sich die Erfindung auf Verfahren und Vorrichtungen zum Einteilen bzw. Planen oder Zuweisen von Ressourcen wie zum Beispiel Rate bzw. Geschwindigkeit und Leistung in einem drahtlosen Kommunikationssystem.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Mehrfachzugriffskommunikationstechniken sind auf dem Gebiet der Technik bekannt, wie zum Beispiel Zeit-Multiplex-Vielfach-Zugriff (Time division multiple access, TDMA) und Frequenz-Multiplex-Vielfach-Zugriff (frequency division multiple access, FDMA). Die Spreizspektrumsmodulationstechniken von Code-Multiplex-Vielfach-Zugriff (code division multiple access, CDMA) sehen jedoch signifikante Vorteile gegenüber anderen Mehrfach-Zugriffs-Modulations-Techniken vor. CDMA-Techniken in einem Kommunikationssystem sind offenbart in dem U.S. Patent Nr. 4,901,307 mit dem Titel „SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR TERRESTRIAL REPEATERS" und dem U.S. Patent Nr. 5,103,459 mit dem Titel „SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING SIGNAL WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", die beide an den Rechteinhaber der vorliegenden Erfindung übertragen worden sind.

**[0003]** Da CDMA ein breitbandiges Signal einsetzt, spreizt es die Signalenergie über eine große Bandbreite. Deshalb beeinflusst frequenzselektives Fading bzw. frequenzselektiver Schwund nur einen kleinen Teil der CDMA-Signalbandbreite. CDMA sieht auch Raum- oder Pfaddiversität über mehrere Signalpfade vor, die gleichzeitig eine Mobilstation oder einen Nutzer mit zwei oder mehreren Zellenstandorten verbinden. Ferner kann CDMA die Mehrwegeumgebung ausnutzen, dadurch dass es zulässt, dass ein Signal, das mit unterschiedlichen Ausbreitungsverzögerungen ankommt separat empfangen und verarbeitet wird. Beispiele von Pfaddiversität sind erläutert in dem U.S. Patent Nr. 5,101,501 mit dem Titel „METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING A SOFT HANDOFF IN COMMUNICATIONS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM" und dem U.S. Patent Nr. 5,109,390 mit dem Titel „DIVERSITY RECEIVER IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", die beide an den Rechteinhaber der vorliegenden Erfindung übertragen worden sind.

**[0004]** CDMA-Modulationstechniken erfordern, dass alle Sender bzw. Übertrager unter präziser Leistungssteuerung stehen, um die Interferenz bzw. Störung in dem System zu verwalten. Falls die Übertragungs- bzw. Sendeleistung von Signalen, die von einer Basisstation zu einem Nutzer gesendet werden (die Vorwärtsverbindung) zu hoch ist, kann dies Probleme kreieren, wie zum Beispiel andere Nutzer zu stören. Die meisten Basisstationen besitzen einen festen Leistungsbetrag mit dem Signale zu senden sind, und können deshalb nur zu einer begrenzten Anzahl von Nutzern senden. Alternativ, falls die Übertragungsleistung von Signalen, die durch die Basisstation gesendet werden, zu niedrig ist, können dann einige Nutzer mehrere fehlerhaft gesendete Rahmen empfangen. Terrestrisches Kanal-Fading bzw. terrestrischer Kanalschwund und andere bekannte Faktoren beeinflussen auch die Sendeleistung von Signalen, die durch die Basisstation gesendet werden. Somit muss jede Basisstation die Sendeleistung der Signale, die sie zu ihren Nutzern sendet, einstellen. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern von Übertragungsleistung ist offenbart in dem U.S. Patent Nr. 5,056,109 mit dem Titel „METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING TRANSMISSION POWER IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM" das an den Rechteinhaber der vorliegenden Erfindung übertragen worden ist.

**[0005]** Bei einem CDMA-Standard, der beschrieben ist in TIA/EIA/IS-95-A Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System, der Telecommunications Industry Association, sendet jede Basisstation, Pilot-, Sync-, Paging- bzw. Rundruf- und Vorwärtsverkehrskanäle zu ihren Nutzern. Bei diesem Standard können auch Leistungssteuersignale oder Codes zwischen jeder Basisstation und den Mobilstationen ausgetauscht werden, um eine geeignete Leistungssteuerung für das System vorzusehen.

**[0006]** Verbesserungen des obigen Standards haben zusätzliche höhere Datenraten bzw. -geschwindigkeiten aufgewiesen. Diese höheren Datenraten helfen Datendienste über herkömmliche Sprachdienste hinaus vorzusehen. Sprachdienste tolerieren typischerweise höhere Fehlerraten als Datendienste (z.B. eine maximale Bit-Fehlerrate (bit error rate, BER) von  $10^{-3}$ ) erfordern jedoch kontinuierliche Bit-Strom-Übertragungen bzw. -Aussendungen ohne Verzögerungen. Die meisten Daten, wie zum Beispiel elektronische Post, Faksimile und

allgemeine Computerdaten können diskontinuierliche bzw. unterbrochene, paketierte Datenübertragungen verwenden. Solche Daten müssen typischerweise mit höheren Bit-Raten als Sprache gesendet werden, sind jedoch unempfindlich gegenüber Verzögerung und erfordern niedrigere Fehlerraten. Zum Beispiel werden Faksimile, allgemeine Computerdaten und Email typischerweise mit Bit-Raten von 8–32 kbps, 0,1–1 Mbps und 9,6–128 kbps und maximalen Bitfehlerraten von  $10^{-4}$ ,  $10^{-9}$  und entsprechend  $10^{-9}$  gesendet. Video erfordert sogar noch höhere Bit-Raten und niedrigere Fehlerraten als Sprache und erfordert, ähnlich zur Sprache, kontinuierliche Bit-Stromübertragungen. Z.B. erfordert Video mit niedriger Auflösung typischerweise eine Bit-Rate von 64–128 kbps und eine maximale BER von  $10^{-5}$ .

**[0007]** Um effizient zu sein, muss ein drahtloses Kommunikationssystem nicht die gleiche Datenrate, Fehler-rate und den gleichen Bit-Strom (Leistung) für alle Dienste basierend auf den höchsten Anforderungen von irgendeinem Dienst vorsehen. Deshalb verwendet ein Stand der Technik dynamische Steueralgorithmen zur Zugangs- oder Registrierungssteuerung, Ressourcenzuweisung und Fehlerwiederherstellung bzw. Fehler-Recovery und bei Bündel- bzw. Burst- oder Paketebenen für eine bestimmte Basisstation. Siehe zum Beispiel A. Sampath, P. Kumar und J. Holtzman „Power Control and Resource Management for a Multimedia CDMA and a Wireless System" PIMRC 1995. Ein derartiges System kann jedoch ad hoc oder sofortige Dienstzuweisung vorsehen, die nicht effizient oder optimiert ist. Jede neue Dienstanfrage bzw. Dienstanforderung wird durch die Basisstation zu der jeweiligen Zeit zugewiesen. Zusätzlich, während eine Basisstation sich selbst für eine sofortige Dienstzuweisung optimieren kann, können derartige Optimierungen wohl auch Störungen bzw. auch Interferenz für benachbarte Basisstationen erzeugen. Falls eine Basisstation sich selbst optimiert, kann Interferenz, die sie von einer benachbarten Basisstation (die sich selbst optimiert) empfängt, dazu führen, dass zwei benachbarte Basisstationen kontinuierlich Interferenz für einander erzeugen und dadurch zu einem instabilen Zustand innerhalb des drahtlosen Kommunikationssystems führen.

**[0008]** EP-A-0 767 548 beschreibt ein Code Multiplex Vielfach Zugriffssystem das last- und interferenzbasierte Nachfragezuweisungsdienste für Nutzer vorsieht.

**[0009]** Jens Sander beschreibt in „Distributed Cochannel Interference Control in Cellular Radio Systems,, IEEE Band 41, Nr. 3, 31. August 1992, Seiten 305 = 311, NY, USA, Sendeleistungssteuerschemata zum Minimieren der Ausfallwahrscheinlichkeit aufgrund von Cokanal-Interferenz.

**[0010]** A. Sampath et. al., beschreiben „Power Control and Resource Management for a Multimedia CDMA Wireless System" in IEEE Conference Proceedings PIMRC 95, Band 1, 27. September 1995, Seiten 21–25, NY, USA.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Eine Lösung für das mögliche Problem von Interferenz zwischen Basisstationen oder Zellenstandorten während einer Ressourcenoptimierung wie zum Beispiel Raten- bzw. Geschwindigkeits- und Leistungsoptimierung ist es, einen zentralen Prozessor oder Selektor einzusetzen, der auf synchrone Art und Weise jede Zelle steuert. Ein zentralisierter Controller bzw. eine zentralisierte Steuereinheit erfordert jedoch komplexe Berechnungen für jede Zelle und die Rechenlast wächst exponentiell mit jeder zusätzlichen Zelle. Des Weiteren erfordert ein zentralisierter Controller Information, die zwischen Basisstationen sowie auch dem zentralisierten Controller zu übertragen ist. Ferner kann es ein derartiger zentralisierter Controller erforderlich machen, das alle Basisstationen Interferenzmessung und Ratenzuweisung gleichzeitig bzw. synchronisiert durchführen, dadurch die Komplexität eines derartigen zentralisierten Ansatzes weiter erhöhend.

**[0012]** [exponentiell mit jeder zusätzlichen Zelle. Des Weiteren erfordert ein zentralisierter Controller Information, die zwischen Basisstationen sowie auch dem zentralisierten Controller zu übertragen ist. Ferner kann es ein derartiger zentralisierter Controller erforderlich machen, das alle Basisstationen Interferenzmessung und Ratenzuweisung gleichzeitig bzw. synchronisiert durchführen, dadurch die Komplexität eines derartigen zentralisierten Ansatzes weiter erhöhend.]

**[0013]** Die Erfinder haben eine Technik entwickelt, bei der jede Basisstation die Ratenzuweisung optimal aber unabhängig von den anderen Basisstationen durchführt. Verschiedene Basisstationen beeinflussen einander durch Interferenz aus der anderen Zelle und modifizieren kontinuierlich ihre Rückwärtsverbindungs-ratenzuweisung basierend auf der empfangenen Interferenz von anderen Zellen und den angefragten bzw. angeforderten Raten von den Mobilstationen. Bei der Technik der Erfinder konvergieren die Basisstationen mit unkoordinierten Optimierungen (d.h. ohne einen zentralen Prozessor) zu einem stabilen Zustand.

[0014] Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist eine verteilte Rückwärtsverbindungsratezuweisungstechnik Rückwärtsverbindungsrate optimal innerhalb jeder Zelle zu, während auch Interferenz zu anderen Zellen auf einen minimalen Pegel gehalten wird. Die Optimierungstechnik maximiert den gesamten Durchsatz in jeder Zelle in Abhängigkeit von einem Satz von Randbedingungen, wie zum Beispiel den folgenden Randbedingungen: maximale Sendeleistung der Mobilstation, angeforderte Rate der Mobilstation, diskretem Satz mit möglichen Raten, maximale gegenüber dem thermischen Rauschen erhöhte Interferenz bzw. maximaler Abstand zur thermischen Interferenz (rise-over-thermal interference) bei der Basisstation und einem minimalen erforderlichen Empfangsfehler pro Bit normalisiert bezüglich Rauschen ( $E_b/N_0$ ).

[0015] Jede Basisstation weist Raten derart zu, dass Interferenz gegenüber anderen Zellen minimiert wird durch Zuweisen höherer Raten an Mobilstationen, die näher zu dem Zentrum der Zelle sind und von niedrigeren Raten an Mobilstationen, die weiter von dem Zentrum der Zelle weg sind.

[0016] In einem weiten Sinn verkörpert ein Aspekt der Erfindung ein Kommunikationssystem, das mindestens erste und zweite Basisstationen aufweist, die Kommunikationssignale mit mindestens ersten bzw. zweiten Nutzerstationen austauschen. Ein Verfahren bei dem Kommunikationssystem ist in Anspruch 1, angegeben. Gemäß anderen Aspekten sind eine Basisstation, ein System und ein computerlesbares Medium gemäß den Ansprüchen 24, 25 bzw. 34 vorgesehen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] In den Figuren identifizieren gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente. Zum Vereinfachen des Identifizierens der Erörterung von irgendeinem bestimmten Element bezieht sich die höchstwertigste Stelle in einem Bezugszeichen bzw. Bezugszahl auf die Nummer der Figur in der das Element zuerst eingeführt wird (z.B. wird das Element **204** zuerst mit Bezug auf [Fig. 2](#) eingeführt und erörtert).

[0018] [Fig. 1](#) stellt ein drahtloses Kommunikationssystem dar, das die Erfindung verkörpert.

[0019] [Fig. 2](#) zeigt ein Blockdiagramm eines Leistungssteuersystems zur Verwendung in dem drahtlosen Kommunikationssystem der [Fig. 1](#).

[0020] [Fig. 3](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine verteilte Ratenzuweisung zwischen zwei Basisstationen von zwei Zellen zeigt.

[0021] [Fig. 4](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine verteilte Ratenzuweisung mit mehr als zwei Basisstationen und assoziierten Zellen zeigt.

[0022] [Fig. 5](#) zeigt ein Anrufflussdiagramm, das das Zuweisen von Raten durch eine Basisstation zeigt, basierend auf Anfragen von einer Mobilstation.

[0023] [Fig. 6](#) zeigt ein Flussdiagramm, das ein Beispiel einer Routine zeigt, die durch die Basisstation der [Fig. 4](#) bei dem optimalen Zuweisen von Raten an Mobilstationen eingesetzt wird.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0024] Ein Kommunikationssystem und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern von Ressourcen wie zum Beispiel Rate- bzw. Geschwindigkeit und Leistung und zum Reduzieren von Signal-Interferenz bzw. Signalstörung in dem System ist hierin im Detail beschrieben. In der folgenden Beschreibung sind zahlreiche spezifische Details vorgesehen, um ein tiefes Verständnis der Erfindung zu ermöglichen. Ein Fachmann auf dem relevanten Gebiet der Technik wird jedoch unmittelbar erkennen, dass die Erfindung ohne diese spezifischen Details oder mit alternativen Elementen oder Schritten ausgeführt werden kann. Bei anderen Instanzen werden wohlbekannte Strukturen und Verfahren nicht im Detail gezeigt, um ein Vernebeln der Erfindung zu vermeiden.

[0025] [Fig. 1](#) illustriert ein beispielhaftes zelluläres Teilnehmerkommunikationssystem **100**, das Mehrfachzugriffstechniken wie zum Beispiel CDMA zum Kommunizieren zwischen Nutzern von Nutzerstationen wie (zum Beispiel Mobiltelefonen) und Zellenstandorten oder Basisstationen verwendet. In [Fig. 1](#) kommuniziert eine mobile Nutzerstation **102** mit einem Basisstationscontroller bzw. einer Basisstationssteuereinrichtung **104** mittels einer oder mehrerer Basisstationen **106a**, **106b** usw. In ähnlicher Weise kommuniziert eine feste Nutzerstation **108** mit dem Basisstationscontroller **104**, aber nur mittels einer oder mehrerer vorherbestimmter und nahe ge-

legen Basisstationen wie zum Beispiel die Basisstationen **106a** und **106b**.

**[0026]** Der Basisstationscontroller **104** ist gekoppelt mit und weist typischerweise auf Schnittstellen- bzw. Interface- und Verarbeitungsschaltkreise zum Vorsehen einer Systemsteuerung für die Basisstationen **106a** und **106b**. Der Basisstationscontroller **104** kann auch gekoppelt sein mit und Kommunizieren mit anderen Basisstationen und möglicherweise sogar mit anderen Basisstationscontrollern. Der Basisstationscontroller **104** ist mit einer Mobilvermittlungsstelle (mobile switching center) **110** gekoppelt, die wiederum mit einem Heimatortsangabenregister (home location register) **112** gekoppelt ist. Während einer Registrierung von jeder Nutzerstation bei dem Beginn von jedem Anruf vergleichen der Basisstationscontroller **104** und die Mobilvermittlungsstelle **110** von den Nutzerstationen empfangene Registrierungssignale mit Daten, die in dem Heimatortsangabenregister **112** enthalten sind, wie es in der Technik bekannt ist. Weiche Übergaben bzw. soft handoffs können stattfinden zwischen dem Basisstationscontroller **104** und anderen Basiscontrollern und sogar zwischen der Mobilvermittlungsstelle **110** und anderen Mobilvermittlungsstellen, wie es dem Fachmann bekannt ist.

**[0027]** Wenn das System **100** Sprach- oder Datenverkehrsanrufe verarbeitet, wird die drahtlose Verbindung mit der Mobilstation **102** und der festen Station **108** durch den Basisstationscontroller **104** hergestellt, aufrechterhalten und beendet, während Kommunikationen mit einem öffentlichen Telefonvermittlungsnetzwerk (public switched telephone network, PSTN) durch die Mobilvermittlungsstelle **110** hergestellt, beibehalten und beendet werden. Während die folgende Diskussion auf Signale fokussiert ist, die zwischen der Basisstation **106a** und der Mobilstation **102** übertragen werden, wird ein Fachmann erkennen, dass die Diskussion in gleicher Weise auf andere Basisstationen und auf die feste Station **108** zutrifft. Die Ausdrücke „Zelle“ und „Basisstation“ werden hierin im Allgemeinen austauschbar verwendet.

**[0028]** Bezugnehmend auf [Fig. 2](#) umfasst die Mobilstation **102** eine Antenne **202**, die Signale überträgt zu und Signale empfängt von der Basisstation **106a**. Ein Duplexer **203** sieht einen Vorwärtsverbindungskanal oder ein Signal von der Basisstation **106a** zu einem Mobilempfängersystem **204** vor. Das Empfängersystem **204** konvertiert das empfangene Signal herunter, demoduliert und decodiert es. Das Empfängersystem **204** sieht dann einen vorher bestimmten Parameter oder einen vorherbestimmten Satz mit Parametern für eine Qualitätsmessungsschaltung **206** vor. Beispiele von Parametern könnten gemessenes Signal-zu-Rausch-Verhältnis (signal-to-noise ratio, SNR) gemessene Empfangsleistung oder Decodier-Parameter wie zum Beispiel Symbolfehlerrate Yamamoto Metrik oder Paritäts-Bit-Prüfanzeige aufweisen. Zusätzliche Details bezüglich des Betriebs der Mobilstation **102** (und der Basisstation **106a**) können, zum Beispiel entnommen werden dem U.S. Patent Nr. 5,751,725 mit dem Titel „METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING THE RATE OF RECEIVED DATA IN A VARIABLE RATE COMMUNICATION SYSTEM“, das an den Rechteinhaber der vorliegenden Erfindung übertragen worden ist.

**[0029]** Die Qualitätsmessungsschaltung **206** empfängt die Parameter von dem Empfängersystem **204** und bestimmt ein Qualitätsmesssignal oder einen Leistungspegel des empfangenen Signals. Die Qualitätsmessschaltung **206** kann Energie pro Bit ( $E_b$ ) oder Energie pro Symbol ( $E_s$ ) Messungen von Teilen oder Fenstern von jedem Rahmen erzeugen. Vorzugsweise werden die Energie pro Bit oder Energie pro Symbol Messungen normalisiert (z.B.  $E_b/N_0$ ) oder normalisiert und umfassen Interferenzfaktoren (z.B.  $E_b/N_t$ ) wie es in der Technik bekannt ist. Basierend auf diesen Messungen erzeugt die Qualitätsmessschaltung **206** ein Leistungspegelsignal.

**[0030]** Ein Leistungssteuerprozessor **208** empfängt das Leistungspegelsignal von der Qualitätsmessschaltung **206** vergleicht das Signal mit einer Schwelle und erzeugt eine Leistungssteuernachricht basierend auf dem Vergleich. Jede Leistungssteuernachricht kann eine Änderung der Leistung für das Vorwärtsverbindungs-signal anzeigen. Alternativ kann der Leistungssteuerprozessor **208** Leistungssteuernachrichten erzeugen, die die absolute Leistung des empfangenen Vorwärtsverbindungs-signals repräsentieren, wie es in der Technik bekannt ist. Der Leistungssteuerprozessor **208** erzeugt vorzugsweise mehrere (z.B. 16) Leistungssteuernachrichten ansprechend auf mehrere Leistungspegelsignale pro Rahmen. Während die Qualitätsmessschaltung **206** und der Leistungssteuerprozessor **208** hierin im Allgemeinen als separate Komponenten beschrieben werden, können solche Komponenten monolithisch integriert werden oder die Operationen, die durch derartige Komponenten durchgeführt werden, können durch einen einzelnen Mikroprozessor durchgeführt werden.

**[0031]** Ein mobiles Übertragungssystem bzw. Mobilübertragungssystem **210** codiert, moduliert, verstärkt und konvertiert die Leistungssteuernachrichten hoch und zwar über den Duplexer **203** und die Antennen **202**. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sieht das Mobilübertragungssystem **210** die Leistungssteuernachricht an einer vorher bestimmten Stelle eines abgehenden Rückwärtsverbindungsrahmens vor.

**[0032]** Das Mobilübertragungssystem **210** empfängt auch Rückwärtsverbindungsverkehrsdaten wie z.B. Sprachdaten oder allgemeine Computerdaten, von dem Nutzer der Mobilstation. Das Mobilübertragungssystem **210** fordert einen bestimmten Dienst (einschließlich Leistung/Rate bzw. Geschwindigkeit) von der Basisstation **106a** an, und zwar basierend auf den zu übertragenden Verkehrsdaten. Im Speziellen fordert das Mobilübertragungssystem **210** eine Bandbreitenzuweisung an, die für den bestimmten Dienst angemessen ist.

**[0033]** Wie später umfangreicher erläutert wird, plant oder weist die Basisstation **106a**, dann Bandbreite (Leistungs/Rate) Ressourcen zu, und zwar basierend auf der Anforderung von der Mobilstation **102** und anderen Nutzern um eine derartige Ressourcenzuweisung zu optimieren.

**[0034]** Die Basisstation **106a** umfasst eine Empfangsantenne **230**, die die Rückwärtsverbindungsrahmen von der Mobilstation **102** empfängt. Ein Empfängersystem **232** der Basisstation **106a** konvertiert den Rückwärtsverbindungsverkehr herunter, verstärkt, demoduliert und decodiert ihn. Ein Rücktransport bzw. backhaul-Transceiver **232** empfängt Rückwärtsverbindungsverkehr und leitet diesen weiter an den Basisstationscontroller **104**. Das Empfängersystem **232** separiert bzw. trennt auch die Leistungssteuernachrichten von jedem Rückwärtsverbindungsverkehrsrahmen und sieht die Leistungssteuernachrichten für einen Leistungssteuerprozessor **234** vor.

**[0035]** Der Leistungssteuerprozessor **234** überwacht die Leistungssteuernachrichten und erzeugt ein Vorwärtsverbindungsleistungssignal für ein Vorwärtsverbindungsendersystem **236**. Entweder erhöht, behält oder verringert das Vorwärtsverbindungsendersystem **236** ansprechend darauf die Leistung des Vorwärtsverbindungsleistungssignal. Das Vorwärtsverbindungsleistungssignal wird dann über eine Sendeantenne **238** gesendet. Zusätzlich analysiert der Leistungssteuerprozessor **234** die Qualität des Rückwärtsverbindungsleistungssignals von der Mobilstation **102** und sieht geeignete Feedback- bzw. Rückkopplungssteuernachrichten für das Vorwärtsverbindungsendersystem **236** vor. Ansprechend darauf sendet das Vorwärtsverbindungsendersystem **236** die Rückkopplungssteuernachrichten über die Sendeantenne **238** über den Vorwärtsverbindungskanal an die Mobilstation **102**. Das Sendersystem **236** empfängt auch Vorwärtsverbindungsverkehrsdaten von dem Basisstationscontroller **104** über den Backhaul-Transceiver **233**. Das Vorwärtsverbindungsendersystem **236** codiert, moduliert und sendet über die Antenne **238** die Vorwärtsverbindungsverkehrsdaten.

**[0036]** Außer es wird hierin anders beschrieben, sind die Konstruktion und der Betrieb von den verschiedenen Blöcken und Elementen die in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) und in den anderen Figuren gezeigt sind von herkömmlichen Design und Betrieb. Somit müssen die Artikelblöcke oder Elemente nicht detaillierter beschrieben werden, weil sie durch den Fachmann auf dem relevanten Gebiet der Technik verstanden werden. Irgendeine zusätzliche Beschreibung wird der Kürze wegen weggelassen und um zu vermeiden die detaillierte Beschreibung der Erfindung unklar zu machen bzw. zu vernebeln. Irgendwelche Modifikationen, die an den Blöcken des Kommunikationssystems **100** der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) oder anderen Systemen notwendig sind, können durch einen Fachmann auf dem entsprechenden Gebiet der Technik unmittelbar durchgeführt werden, basierend auf der hierin zur Verfügung gestellten detaillierten Beschreibung.

**[0037]** Das Leistungsregelsystem (closed-loop power control system) für Mobilstationen, einschließlich der Mobilstation **102** und der Basisstation **106a** stellt die Sendeleistung für jeden Nutzer basierend auf den Ausbreitungsbedingungen für den Nutzer dynamisch ein, um die gleiche Rahmenfehlerrate (frame error rate, FER) für jeden Nutzer für Sprachdienste zu erhalten (z.B. 1% FER). Wie oben erwähnt könnten jedoch viele Nutzer Übertragung für Datendienste anstelle von Sprachdiensten anfordern wie zum Beispiel Faksimile, Email und allgemeine Computerdaten, die alle unempfindlich gegenüber Verzögerung sind, jedoch eine niedrigere FER (oder eine niedrigere Bitfehlerrate (Bit error rate, BER)) erfordern. Ein Nutzer kann sogar Videodienste anfordern, die nicht nur eine niedrigere FER erfordern, sondern auch gegenüber Verzögerungen empfindlich sind. Noch wichtiger ist, dass Video eine höhere Übertragungsrate als Sprache erfordert. Wie hierin umfangreicher beschrieben, weist die Basisstation **106a** Übertragungsraten basierend auf Anforderungen von jedem Nutzer dynamisch zu.

**[0038]** Sprachdienste müssen nicht notwendigerweise eine hohe Bit-Rate besitzen, müssen jedoch typischerweise einen kontinuierlichen Bit-Strom besitzen. Im Gegensatz dazu, erfordern allgemeine Computerdaten- und Email-Dienste höhere Bit-Raten, können jedoch unmittelbar bündeln bzw. bursts oder Pakete mit Daten einsetzen. Um Bündel mit hohen Bit-Raten aufzunehmen, muss die Basisstation **106a** Übertragungen so einteilen bzw. planen, dass die gesamte Interferenz mit allen Nutzern von jener Basisstation nicht übermäßig ist. Eine derartige Planung und Steuerung ist möglich, weil diese Datendienste verzögerungstolerant sind, und somit ihre Übertragungen bzw. Aussendungen geplant werden können. Für CDMA Systeme wie z.B. das System **100** werden beträchtliche Leistungsfähigkeitsgewinne erreicht durch Planen von Datenübertragungen gleich-

zeitig mit oder um Sprachübertragungen herum. Die Basisstation **106a** kann die Übertragungsrate von jedem Bündel oder jedem Paket zur Optimierung steuern. Die Übertragungsrate von jedem Bündel oder Paket ist durch die Menge an Interferenz beschränkt, die die Übertragung sowohl für die eigene Zelle der Basisstation als auch für die unmittelbar benachbarten Zellen verursachen wird (z.B. für die Basisstation **106a** und ihre benachbarte Basisstation **106b**).

**[0039]** Die Basisstation **106a** beginnt eine Ressourcenzuweisungsroutine durch anfängliches Unterscheiden von unterschiedlichen Diensten. Dienste werden unterschieden basierend auf, zum Beispiel, Dienstqualitäts-(quality of Service, QoS)-Anforderung wie zum Beispiel minimal tolerierbare Bit-Fehlerrate (Bit-error rate, BER), FER oder Signal-zu-Interferenz-Verhältnis (signal-to-interference ratio, SIR). Die Basisstation **106a** charakterisiert auch Dienste basierend auf Leistungs- und Raten- bzw. Geschwindigkeitsanforderungen, wie zum Beispiel maximalen Leistungs- und/oder minimalen Bit-Ratenrandbedingungen. Zum Beispiel, falls die mobile Station **102**, Dienste zur Übertragung von kurzen Datennachrichten anfordert, könnte die Mobilstation aufgrund einer kleinen Batteriegröße sehr enge Leistungsgrenzen, aber sehr weite Verzögerungsrandbedingungen (d.h. niedrige Bit-Ratenanforderungen) besitzen. Andererseits, falls die Mobilstation **102** Sprachdienste anfordert, könnte sie sehr strenge Ratenanforderungen besitzen, und zwar im Vergleich zu Leistung oder Bit-Fehler-Raten gegenüber Datendiensten. Falls die Mobilstation **102** Videodienste anfordert, könnte sie hohe Bit-Raten und niedrige Fehlerraten benötigen und könnte intolerant gegenüber Verzögerungen sein.

**[0040]** Wie oben erwähnt ist die Sendeleistung für die Mobilstation **102** steuerbar und die Übertragungsrate kann auf ähnliche Weise steuerbar sein. Bei dem CDMA System **100** der [Fig. 2](#) ist die durch die Mobilstation **102** wahrgenommene Interferenz eine Funktion der Sendeleistungen von störenden Nutzern für die Basisstation **106a** und anderen Basisstationen. Der Interferenzpegel hängt jedoch auch von den Bit-Raten aller anderen Nutzer ab. Eine kleinere Bit-Ratenanforderung impliziert eine niedrigere Übertragungsleistung um die gleiche Qualität zu erlangen. Somit hängt das Problem, die QoS-Anforderung von jedem Nutzer zu erreichen, direkt zusammen mit den Leistungen und den Bit-Raten für alle Nutzer. Tatsächlich sind die Bandbreiten-, Leistungs- und Ratenressourcen alle direkt miteinander verbunden. Um die gewünschte Performance für alle Nutzer zu erreichen, muss deshalb die Basisstation **106a** die Sendeleistung auf Bit-Ratenzuweisungen für ihre Nutzer verwalten.

**[0041]** Mathematisch ist die optimale Rate, die die Basisstation **106a** jeder ihrer Mobilstationen zuweisen sollte, bestimmt durch unabhängiges Lösen der folgenden Optimierungsfunktion:

$$\max_R \sum_{i=1}^N R_i, \quad (1)$$

und zwar in Abhängigkeit von

$$(E_b/N_0)_i = \gamma_i, \quad i=1, \dots, N \quad (2)$$

$$R_{\min,i} \leq R_i \leq R_{\max,i}, \quad i=1, \dots, N \quad (3)$$

$$P_i \leq P_{\max,i}, \quad i=1, \dots, N \quad (4)$$

wobei  $N$  die Anzahl von Mobilstationen ist, die durch die Basisstation **106a** gesteuert werden und  $\gamma_i$  das Ziel  $E_b/N_0$  für die  $i^{\text{te}}$  Mobilstation ist (zum Beispiel 5 dB für Sprache und 5–12 dB für Daten, abhängig von der Datenrate). (Die Basisstation **106a** bildet  $E_b/N_0$  direkt auf eine QoS, z. B. BER der Mobilstation ab.) Bei Gleichung in (1) ist  $R$  ein Vektor, der aus allen Komponenten-Übertragungsraten  $R_i$  ( $R = [R_1, R_2, \dots, R_N]$ ) zusammengesetzt ist. Die Basisstation **106a** nach (1) wählt den Satz mit Raten  $\{R_i\}$  derart, dass die Summe der  $R_i$  maximiert wird, und zwar in Abhängigkeit von den Randbedingungen der Gleichungen (2) bis (4) für alle Nutzer  $N$  in der Zelle. Nach Gleichung (2) korrespondiert  $E_b/N_0$  zu dem Verhältnis der Energie pro Bit zu der gesamten Interferenzdichte. Nach (3) ist  $R_i$  die Rate bzw. Geschwindigkeit für die  $i^{\text{te}}$  Mobilstation, die zwischen den minimalen und maximalen Raten  $R_{\min,i}$  bzw.  $R_{\max,i}$  in dem Vektor  $R$  liegt. Nach Gleichung (4) korrespondiert  $P_i$  zu der Sendeleistung durch die  $i^{\text{te}}$  Mobilstation.

**[0042]** Bei einer allgemeineren Einstellung kann eine gewichtete Summe der Raten

$$\max_R \sum_{i=1}^N R_i$$

maximiert werden. Auf diese Art und Weise können bestimmte Mobilstationen (diejenigen mit größerem

$$\max_R \sum_{i=1}^N R_i$$

bevorzugter behandelt werden, und zwar in dem Sinn, dass ihnen höhere Raten zugewiesen werden. Die Koeffizienten

$$\max_R \sum_{i=1}^N R_i$$

können dann durch die Basisstation als ein Mechanismus zum Erreichen der Dienstqualität (Quality of Service, QoS) verwendet werden.

**[0043]** Nachdem Finden der optimalen Ratenzuweisung für eine Zelle, ergibt sich ein neuer Satz mit Interferenzen von einer Zelle zu einer anderen, der in der nächsten Iterationsrunde verwendet wird. Bezugnehmend auf die [Fig. 3](#) wird die Basisstation **106a** gezeigt als wäre sie in Zelle 1 angeordnet und als kompensiert sie die Interferenz, die durch die Basisstation **106b** in Zelle 2 verursacht wird. In ähnlicher Weise kompensiert die Basisstation **106b** die Störung, die durch die Basisstation **106a** erzeugt wird. [Fig. 3](#) entspricht dem speziellen Fall bei dem nur zwei Zellen interagieren. In [Fig. 3](#) ist  $I_{ij}$  die Interferenz, die durch die Zelle j für die Zelle i verursacht wird.

**[0044]** Das individuelle Zellenoptimierungsproblem (z.B. nur für die Basisstation **106a**) kann durch das folgende lineare Programmierungsproblem angenähert werden:

$$\max_P \sum_{i=1}^N h_i P_i \quad (5)$$

in Abhängigkeit von

$$A_{\min} P \geq (I_{oc} + N_0) W \quad (6)$$

$$A_{\max} P \leq (I_{oc} + N_0) W \quad (7)$$

$$P_i \leq P_{\max,i} \quad i=1, \dots, N \quad (8)$$

und wobei

- 1 der Vektor mit nur Einsen der Größe N ist,
- N die Anzahl von Mobilstationen in der Zelle ist,
- $I_{oc}$  die Interferenz ist, die die Basisstation von anderen Zellen empfängt,
- W die Bandbreite des Systems (z.B. 1,25 MHz) ist,
- $N_0$  die Dichte des zusätzlichen weißen Gaus-förmigen Rauschens (Additive White Gaussian Noise, AWGN) (z.B.  $10^{-6}$ ) ist,
- $h_i$  der Kanalgewinn (Pfadverlust) von der  $i^{\text{ten}}$  Mobilstation zu der Basisstation ist (z.B. 0,25), und
- $A_{\min}$  und  $A_{\max}$   $N \times N$  Matrizen sind, die wie folgt definiert sind:



$$A_{\min} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\min,1}\gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\min,2}\gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_{\min,N}\gamma_N} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$A_{\max} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\max,1}\gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\max,2}\gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_{\max,N}\gamma_N} \end{bmatrix} \quad (10)$$

**[0045]** Die Erfinder haben herausgefunden, dass das Durchführen der optimalen Ratenzuweisung in jeder Zelle, wie oben erörtert, zu einem stabilen System führt und zwar in dem Sinn, dass die durch jede Zelle erzeugte Interferenz zu einem festen Wert hin konvergiert. Mathematisch unter dem Konvergenz-Theorem ausgedrückt sei anfänglich  $I \in \mathbb{R}^{N \times N}$  und  $f: \mathbb{R}^{N \times N} \rightarrow \mathbb{R}^{N \times N}$  eine Abbildung ist, die die folgenden Bedingungen für alle  $I \geq 0$  erfüllt:

- Positivität:  $f(I) > 0$ ;
- Monotonie: Falls  $I > I'$ , dann folgt  $f(I) \geq f(I')$ ;
- Skalierbarkeit: Für alle  $\alpha > 1$ ,  $\alpha f(I) > f(\alpha I)$ ,

wobei all die Matrizen Ungleichungen als komponentenweise Ungleichungen interpretiert werden. Eine Abbildung  $f$ , die die obigen drei Bedingungen erfüllt, ist als Standard bezeichnet worden. Siehe R.A. Yates „A Framework for Uplink Power Control in Cellular Radio Systems“, Journal on Selected Areas in Communications 13(7):1341–1347, September 1995.

**[0046]** Für eine Standard-Abbildung  $f$  mit  $a$  konvergiert die Iteration:

$$I^{(n+1)} = f(I^{(n)}) \quad (11)$$

auf einen einmaligen festen Punkt der Abbildung  $f$  für alle Anfangszustände  $I(0)$  angenommen, dass die Abbildung  $f$  einen Fixpunkt besitzt.

**[0047]** Jetzt unter Anwendung des Konvergenz-Theorems und der Gleichungen (5) bis (8) der individuellen Zellenoptimierung auf eine Mehrfachzellenumgebung, kann gezeigt werden, dass die Mehrfachzellenumgebung in ähnlicher Weise auf einen einmaligen Fixpunkt hin konvergiert. Anfangs sei die Matrix  $I = [I_{ij}]$  die Interferenzmatrix, so dass  $I_{ij}$  die Interferenz ist, die durch die Zelle  $j$  für die Zelle  $i$  verursacht wird. Man beachte, dass definitionsgemäß  $I_{ij}$  Null ist. Deshalb kann die gesamte Interferenz für die Zelle  $i$  von den anderen Zellen  $I_{oci}$  wie folgt geschrieben werden: –

$$I_{oci} = \sum_j I_{ij} \quad (12)$$

**[0048]** Auch sei  $f_i: \mathbb{R}^{N \times N} \rightarrow \mathbb{R}^N$  eine derartige Abbildung, dass unter Voraussetzung der Interferenzmatrix  $I$ , die Interferenz von der Zelle  $j$  zu anderen Zellen  $I_j$  erzeugt wird, und zwar durch Lösen des folgenden Optimierungsproblems:

$$\max_{P_j} \sum_{k=1}^N h_{jk} P_{jk} \quad (13)$$

in Abhängigkeit von:

$$A_{\min} P_j \geq (I_{ocj} + N_0) W \quad (14)$$

$$A_{\max} P_j \leq (I_{ocj} + N_0) W \quad (15)$$

$$P_{jk} \geq 0, k = 1, \dots, N \quad (16)$$

wiederum ist  $h_{jk}$  der Kanalgewinn von einer Mobilstation  $k$  zu einer Basisstation  $j$ . Zum Beispiel, gegeben  $P_j = \{P_{j1}, \dots, P_{jN}\}$  ist die Interferenz von Zelle  $j$  zur Zelle  $i$ ,  $I_{ij}$ ,

$$\sum_{k=1}^N P_{jk} h_{ik}$$

**[0049]** Bezugnehmend auf [Fig. 4](#) wird der Fall mit zwei Zellen der [Fig. 3](#) auf eine Anzahl von  $k$  Zellen erweitert. Jede Zelle 1 bis  $k$  (einschließlich der Basisstationen **106a** und **106b**) bestimmt einen Interferenzwert von den anderen Zellen für jene Zelle (z.B.  $I_{oc,1}$  für Zelle 1 (Basisstation **106a**)). In [Fig. 4](#) repräsentiert ein Interferenzvektor  $I_j$  Interferenz, die durch die Zelle  $j$  gegenüber anderen Zellen erzeugt wird (wobei  $j$  gleich ist zu 1, 2, ...,  $k$ ). Der  $k^{\text{te}}$  Eintrag von diesem Vektor ist die durch die Zelle  $j$  gegenüber der Zelle  $k$  erzeugte Interferenz.

**[0050]** Die Zellen erzeugen dann Raten und entsprechend Interferenzwerte  $I(n+1)$ , die dann iterativ zurückgegeben werden an jede Zelle als Interferenzwerte  $I(n)$ . Bei jeder Iteration wird die Interferenz anderer Zellen von dem vorhergehenden Schritt verwendet zum Berechnen des neuen Satzes mit Rückwärtsverbindungsrate bei jeder Zelle. Dieser neue Satz mit Raten erzeugt die Interferenz für andere Zellen für die nächste Iteration. Die Zellen werden synchron eingestellt mit standardmäßiger Synchronisation (z.B. Rahmensynchronisation gemäß bekannter CDMA Techniken). Während jede Zelle ihre Raten optimiert und Interferenz von anderen Zellen (basierend auf Raten, die sie auswählen) kompensiert, wird die Optimierung für jede Zelle zu einem stabilen Zustand konvergieren, und zwar eher als zu einem instabilen Zustand zu eskalieren, wie hierin erörtert ist. Jede Zelle muss nicht Information mit den anderen Zellen austauschen und jede Zelle muss sich selbst nicht synchron mit anderen Zellen optimieren, damit das System **100** auf einen stabilen optimalen Zustand hin konvergiert. Jede Basisstation bildet ihre Optimierung unabhängig, ohne irgendeine Kenntnis von den Leistungen und Raten, die durch andere Basisstationen für ihre Nutzer zugewiesen werden.

**[0051]** Es kann gezeigt werden, dass unter den obigen Gleichungen (einschließlich Gleichung (13)) die Abbildung  $f$  Standard ist (d.h. die Bedingungen der Positivität, Monotonie und Skalierbarkeit erfüllt). Die Positivitätsbedingung wird mittels Widerspruch bewiesen. Es sei der Vektor  $P_j$  eine Lösung für (13) für einige  $I \geq 0$ , wobei per Definition von  $f$  wir  $P_j \geq 0$  haben. Ohne Verlust der Allgemeinheit wird angenommen, dass  $p_j$  Null ist. Die Gleichung (14) in dem Satz mit Randbedingungen für die Gleichung (13) reduziert sich auf:

$$-h_{j2} p_{j2} - \dots - h_{jN} p_{jN} \geq (I_{ocj} + N_0) W. \quad (17)$$

**[0052]** Die linke Seite der Gleichung 17 ist nicht positiv, während die rechte Seite strikt positiv ist (da  $N_0 > 0$ ). Deshalb ist (17) unmöglich und durch Widerspruch ist  $p_{jk} > 0, k = 1, \dots, N$ . Dies impliziert das

$$I_{ij} = \sum_{k=1}^N P_{jk} h_{ki}$$

strikt positiv für alle  $i$  ist.

**[0053]** Die Bedingung der Monotonie wird bewiesen dadurch dass zunächst  $p^*$  und  $p'^*$  Lösungen für (13) sind, mit  $I_{ocj} = I_{oc}$  bzw.  $I_{ocj} = I'_{oc}$ . Es ist leicht zu sehen, dass:

$$P'^* = P^* \frac{I'_{oc} + N_0}{I_{oc} + N_0} \quad (18)$$

**[0054]** Falls  $I' > I$ , dann ist  $I'_{oc} > I_{oc}$  und aus Gleichung (18) folgt, dass  $P'^* > P^*$ . Durch Anwenden dieses Argumentes auf alle Zellen erhalten wir  $f(I') > f(I)$  was die Bedingung der Monotonie beweist.

**[0055]** Die Bedingung der Skalierbarkeit wird bewiesen, dadurch dass  $p_i$  und  $p_{\alpha i}$  Lösungen (13) sind, und zwar mit  $I_{ocj} = I_{oc}$  bzw.  $I_{ocj} = \alpha I_{oc}$ . Wiederum kann gezeigt werden, dass:

$$P_{\alpha} = P_i \frac{\alpha I_{\infty} + N_0}{I_{\infty} + N_0} < \alpha P_i \quad (19)$$

**[0056]** Gleichung (19) resultiert aus der Annahme, dass  $\alpha > 1$  ist. Aus Gleichung (19) und durch Wiederholen des gleichen Arguments für alle der Zellen folgt dann  $f(\alpha I) < \alpha f(I)$ .

**[0057]** Man beachte, dass in (13) nicht die maximale Sendeleistungsrandbedingung umfasst, die in Gleichung (5) vorhanden ist. Um den Beweis der Konvergenz auf den Fall auszuweiten, dass diese Randbedingung umfasst ist, wird zunächst bemerkt, dass falls die Abbildung  $f$  Standard ist, die folgende Iteration dann zu einem einmaligen Fixpunkt für alle anfänglichen Bedingungen konvergiert:

$$\hat{I}^{(n+1)} = \min\{f(\hat{I}^{(n)})|_{\max}\} \quad (20)$$

**[0058]** Unter Verwendung des obigen Ergebnisses und unter Beachten, dass die  $I_{\max}$  Randbedingung sich direkt auf die maximale Sendeleistungsrandbedingung abbildet, konvergiert die verteilte Ratenzuweisungsroutine für all die anfänglichen Bedingungen bzw. Zustände.

**[0059]** Bezugnehmend auf das Anrufflussdiagramm der [Fig. 5](#) ist ein Beispiel einer durch eine Basisstation durchgeführte Ratenzuweisung gezeigt. Die Mobilstation **102** sieht eine Bandbreitenanforderungsnachricht **502** für die Basisstation **106a** vor, wodurch die Mobilstation eine spezifizierte Bandbreite anfordert, in der ein bestimmter Verkehr (z.B. Sprache oder allgemeine Computerdaten) zu übertragen ist. Ansprechend darauf führt die Basisstation **106a** die Planung bzw. Einteilung mit der oben beschriebenen Technik durch, und diese vollständiger unten mit Bezug auf [Fig. 6](#) beschrieben ist. Nach dem Durchführen einer derartigen Planung sendet die Basisstation **106a** eine Rückwärtsverbindungsratenzuweisungsnachricht **504** an die Mobilstation **102**, die die Mobilstation anweist, ihre Daten mit der zugewiesenen Rate zu übertragen. Ansprechend darauf überträgt bzw. sendet, die Mobilstation die Daten mit der zugewiesenen Rate (als Block **506** gezeigt).

**[0060]** Mit Daten, die geeignet sind, in Bündeln oder Paketen gesendet zu werden, kann die Basisstation **106a** mehrere Rückwärtsverbindungsratenzuweisungsnachrichten **504** an die Mobilstation **102** senden. Ansprechend auf nur die einzelne Bandbreitenanforderungsnachricht **502**, kann die Basisstation **106a** somit mehrere Iterationen der Planungstechnik durchführen und mehrere Rückwärtsverbindungsratenzuweisungsnachrichten **504** ansprechend darauf erzeugen. Ansprechend auf jede Rückwärtsverbindungsratenzuweisungsnachricht **504** überträgt die Mobilstation ein oder mehrere Pakete basierend auf der jüngsten empfangenen Rückwärtsverbindungsratenzuweisungsnachricht. Bei dem IS-95-B Standard existiert keine 1-zu-1 Abbildung zwischen den Bandbreitenanfragenachrichten **502** und den Rückwärtsverbindungsratenzuweisungsnachrichten **504**. In der Tat kann die Basisstation **106a** überhaupt keine Zuweisungsnachricht bei diesem Standard senden.

**[0061]** Bezugnehmend auf [Fig. 6](#) ist die Planungs- bzw. Zeiteinteilungsroutine, die die obigen Techniken anwendet in größerem Detail, als eine allgemeine Routine **600**, gezeigt. Die Routine **600**, in dem folgenden Beispiel, wird durch die Basisstation **106a** durchgeführt, während sie Raten an die Mobilstationen zuweist, einschließlich der Mobilstation **102**. Der Fachmann kann Quellcode erzeugen, basierend auf dem Flussdiagramm der [Fig. 6](#) und der hierin zur Verfügung gestellten detaillierten Beschreibung.

**[0062]** Die Routine **600** beginnt im Schritt **602** in dem die Basisstation **106a** Ratenanfrage- oder Bandbreitenanfragenachrichten von den Mobilstationen empfängt. Im Schritt **604** löst die Basisstation **106a** das obige lineare Programmierungsproblem (5) zum Bestimmen eines Wertes für den Vektor  $P^*$ , basierend auf den Kriterien (2) bis (4). Die Basisstation wendet zum Beispiel ein herkömmliches Simplex-Verfahren zum Lösen eines derartigen Problems an.

**[0063]** Im Schritt **606** findet die Basisstation **106a** einen Ratenvektor  $R^*$  der zu dem Leistungsvektor  $P^*$  korrespondiert, und der auch die  $E_b/N_0$  Anforderungen durch die folgende Beziehung erfüllt:

$$R_i = \frac{W h_i P_i}{\sum_{j \neq i} h_j P_j + N_0 W} \gamma_i \quad i = 1, \dots, N \quad (21)$$

**[0064]** Die obigen  $N \times N$  Matrizen (9) und (10) umfassen den Wert  $\gamma_i$  der zu dem  $E_b/N_0$  Wert für die  $i^{\text{te}}$  Mobilstation korrespondiert. Um den maximalen Abstand über thermische (maximum rise over thermal) Belange zu berücksichtigen, kann die Basisstation **106a** auch die folgenden Kriterien in seiner Optimierung gemäß (5) auf-

nehmen:

$$\frac{\sum_{i=1}^N P_{ij} h_{ij} + I_{oc} + N_o W}{N_o W} \leq \text{maximum rise over thermal} \quad (22)$$

**[0065]** Im Schritt **608**, quantisiert die Basisstation **106a** die Raten  $R^*$ , um einen quantisierten Vektor  $R_Q$  zu erhalten und zwar derart, dass jeder Eintrag des Vektors  $R_Q$  zu einem diskreten gewährbaren Satz mit Raten gehört. Wie oben bemerkt, weist das System **100** einen diskreten Satz mit Raten auf, die von einer niedrigen Rate für Sprachdienst zu hohen Raten für Datendienste (z.B. Video) reichen. Im Schritt **608** identifiziert die Basisstation **106a** deshalb Raten in dem quantisierten Satz mit Raten, die am nächsten zu den Raten in dem Vektor  $R^*$  korrespondieren. Falls die Mobilstation **102** eine minimale Rate erfordert, identifiziert dann die Basisstation **106a** die nächsthöhere quantisierte Rate, selbst, wenn eine quantisierte Rate existiert, die näher ist zu der, aber niedriger ist, als die berechnete Rate.

**[0066]** Im Schritt **610** berechnet die Basisstation **106a** einen quantisierten Leistungsvektor  $P_Q$  entsprechend zu den quantisierten Ratenvektor  $R_Q$  unter Verwendung der folgenden Beziehung:

$$AP_Q = N_o W \mathbf{1} \quad (23)$$

wobei

$$A = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_Q \gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_Q \gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_Q \gamma_N} \end{bmatrix} \quad (24)$$

**[0067]** Im Schritt **612** bestimmt die Basisstation **106a**, ob die berechneten quantisierten Leistungs- und Ratenvektoren  $P_Q$  und  $R_Q$  eine zulässige bzw. durchführbare Lösung vorsehen. Falls dem so ist, sendet dann im Schritt **614** die Basisstation **106a** den Plan mit Raten an die Mobilstationen, als den quantisierten Ratenvektor  $R_Q$ . Zum Beispiel überträgt die Basisstation **106a** die Rückwärtsverbindungsrateanweisung **504** an die Mobilstation **102**, die die bestimmte Rate identifiziert mit der die Mobilstation **102** zu senden hat.

**[0068]** Falls diese Lösung unter Schritt **612** nicht zulässig ist, sortiert dann die Basisstation **106a** im Schritt **616** die Vektoren im quantisierten Leistungsvektor  $P_Q$  in absteigender Reihenfolge. Im Schritt **618** findet die Basisstation **106a** einen Index  $k$  im quantisierten Leistungsvektor  $P_Q$  sodass  $k$  der kleinste Index in dem Vektor  $P_Q$  ist, wobei die Rate, die dem Index  $k$  entspricht, größer ist als die minimale Rate  $R_{\min}$ , das heißt:

$$R_Q[k] > R_{\min} \quad (25)$$

**[0069]** Im Schritt **620** bestimmt die Basisstation **106a**, ob ein derartiger Index  $k$  existiert. Falls dem so ist, reduziert dann die Basisstation **106a** im Schritt **622** die Rate für das nächste  $k$  auf die nächstniedrigere zulässige Rate (d.h. reduziert die Rate  $R_Q[k] =$  nächstniedrigere quantisierte Rate). Danach kehrt die Routine **600** zurück zum Schritt **610**. Falls kein derartiger Index  $k$  im Schritt **620** existiert, sendet die Basisstation **106a** den vorher berechneten Plan mit quantisierten Raten  $R_Q$  an die Mobilstationen.

**[0070]** Wie bei dem obigen Quantisierungsproblem (13) gesehen werden kann, falls die Mobilstation **102** nahe bei der Basisstation **106a** ist, ist ihr Kanalgewinn groß und deshalb das Gewicht des Leistungswerts  $P$  für diese Mobilstation hoch. Im Gegensatz dazu, falls die Mobilstation **102** entfernt von der Basisstation **106a** in der Zelle ist, ist dann ihr Kanalgewinn klein und das Gewicht ihres Wertes  $P$  ist niedrig. Deshalb weist die Optimierungsroutine automatisch höhere Leistungen  $P$  den Mobilstationen zu, die näher zu der Basisstation sind, während die Basisstation optimiert (13). Da die Rate proportional zu der Leistung gemäß Gleichung (21) ist, besitzt die Mobilstation eine umso höhere Leistung  $P$  je näher sie sich zu der Basisstation befindet und

empfängt deshalb eine höhere Rate  $R$ . Während die Basisstation **106a** die Raten (und somit die Leistungen) für ihre Mobilstationen optimiert, optimieren in ähnlicher Weise die Basisstationen **106b** und andere Basisstationen Raten für ihre Mobilstationen. Während derartigen Optimierungen, wie oben gezeigt, berücksichtigt jede Basisstation Interferenz, die durch benachbarte Basisstationen erzeugt wird. Während jede Basisstation, die Ratenzuweisung optimal, unabhängig von anderen Basisstationen durchführt, Modifizieren die Basisstationen mit der obigen Technik kontinuierlich ihre Rückwärtsverbindungsratezuweisungen basierend auf Interferenz von anderen Zellen und Ratenanfragen von den Mobilstationen. Mit der Erfindung konvergieren Basisstationen auf einen stabilen Zustand, und zwar mit unkoordinierten Optimierungen (d.h. ohne ein zentrales Verarbeitungssystem). Während das System **100**, wie oben im Allgemeinen beschrieben worden ist, als führte es eine derartige Optimierung synchron zwischen Zellen durch, kann eine derartige Optimierung auch asynchron durchgeführt werden.

**[0071]** Mit dem erläuterten Ausführungsbeispiel der Erfindung, weist die verteilte Rückwärtsverbindungsratezuweisungstechnik Rückwärtsverbindungsrate innerhalb jeder Zelle optimal zu, wobei auch Interferenz gegenüber anderen Zellen auf einem minimalen Pegel gehalten wird. Die Optimierungstechnik maximiert den gesamten Durchsatz in jeder Zelle (maximiert Raten) in Abhängigkeit von einem Satz mit Randbedingungen, die Folgendes aufweisen: maximale Sendeleistung der Mobilstation, angeforderte Rate der Mobilstation, einem diskreten Satz mit möglichen Raten, maximaler Abstand gegenüber thermischer Interferenz (maximum rise-over-thermal interference) an der Basisstation und einem minimalen erforderlichen Empfangsfehler-pro-Bit normalisiert auf Rauschen ( $E_b/N_0$ ).

**[0072]** Obwohl spezielle Ausführungsbeispiele von und Beispiele für die Erfindung hierin für erläuternde Zwecke beschrieben wurden, können verschiedene äquivalente Modifikationen durchgeführt werden ohne von dem Umfang der Erfindung abzuweichen, wie durch einen Fachmann zu erkennen ist. Zum Beispiel sind Ausführungsbeispiele im Allgemeinen gezeigt und beschrieben als seien sie in Software implementiert und von einem Prozessor ausgeführt. Derartige Software kann auf irgendeinem geeigneten computerlesbaren Medium gespeichert werden, wie zum Beispiel als Microcode, der in einem Halbleiterchip gespeichert ist, als computerlesbare Diskette oder heruntergeladen und gespeichert von einem Server. Die Erfindung könnte in gleicher Weise in Hardware implementiert werden, wie zum Beispiel mittels einem DSP oder ASIC.

**[0073]** Die hierin vorgesehenen Lehren der Erfindung können auf andere Kommunikationssysteme angewendet werden, die nicht notwendigerweise das oben beschriebene beispielhafte Kommunikationssystem sind. Zum Beispiel während die vorliegende Erfindung oben allgemein beschrieben worden ist, als sei sie in dem CDMA Kommunikationssystem **100** eingesetzt, ist die vorliegende Erfindung in gleicher Weise anwendbar auf andere digitale oder analoge zellulare Kommunikationssysteme. Während die Basisstation **106a** oben beschrieben worden ist als Ressourcen optimierend und zuweisend, können derartige Techniken auf eine Nutzerstation angewendet werden. Die Erfindung kann auch modifiziert werden, um Aspekte einzusetzen der Systeme Schaltkreise und Konzepte der verschiedenen Patente, Veröffentlichungen und Standards, die oben beschrieben worden sind.

**[0074]** Diese und andere Änderungen können an der Erfindung durchgeführt werden im Lichte der oben angegebenen Beschreibung. Im Allgemeinen sollten in den folgenden Ansprüchen die Ausdrücke nicht verstanden werden als die Erfindung auf die speziellen in der Spezifikation und in den Ansprüchen offenbarten Ausführungsbeispiele zu beschränken. Entsprechend ist die Erfindung nicht durch die Offenbarung beschränkt, sondern stattdessen ist der Umfang ausschließlich durch die folgenden Ansprüche bestimmt.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Zuweisen bzw. Zuordnen von Ressourcen bzw. Betriebsmitteln in einem Kommunikationssystem (**100**), wobei das Kommunikationssystem (**100**) wenigstens erste und zweite Basisstationen (**106**) besitzt, die Nachrichtenübermittlungs- bzw. Kommunikationsressourcen besitzen, zum Austauschen von Kommunikationssignalen mit wenigstens ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102**, **108**) wobei das Verfahren folgendes aufweist:

an den ersten und zweiten Basisstationen (**106**) empfangen von Anfragen nach bzw. Anforderungen einer Zuordnung bzw. Zuweisung von Ressourcen zum Übertragen einer Art von Daten von den ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102**, **108**) und anderen Nutzerstationen und Zuweisen von Ressourcen an die ersten und zweiten Basisstationen (**106**) ansprechend auf die von den ersten, zweiten und anderen Nutzerstationen (**102**, **108**) empfangenen Anfragen, wobei die erste Basisstation (**106**) die Zuweisung von Ressourcen unabhängig von der Zuweisung von Ressourcen der zweiten Basisstation (**106**) optimiert und Interferenz bzw. Störung mit der zweiten Basisstation (**106**) minimiert, während die zweite Basisstation (**106**) die Zuweisung von Ressour-

cen unabhängig von der Zuweisung von Ressourcen der ersten Basisstation (**106**) optimiert und Interferenz mit der ersten Basisstation (**106**) minimiert;  
 an den ersten und zweiten Basisstationen (**106**) übertragen von ersten und zweiten Zuweisungssignalen an die ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102, 108**), wobei jedes Zuweisungssignal eine Übertragungsrate spezifiziert; und  
 an den ersten und zweiten Nutzerstationen (**102, 108**) übertragen der Art von Daten mit einer Rate bzw. Geschwindigkeit, die in den ersten bzw. zweiten Zuweisungssignalen spezifiziert ist;  
 gekennzeichnet dadurch dass die Zuordnung von Ressourcen an der ersten Basisstation (**106**) für eine Anzahl N von Nutzerstationen (**102, 108**) folgendes aufweist:  
 Lösen (**604**) zum Bestimmen eines Wertes eines Leistungsvektors  $P^*$ , das folgende lineare Programmierungsproblem:

$$\max_P \sum_{i=1}^N h_i P_i,$$

gemäß:

$$A_{\min} P \geq (I_{oc} + N_o) W 1$$

$$A_{\max} P \leq (I_{oc} + N_o) W 1$$

$$P_i \leq P_{\max}, \quad i=1, \dots, N,$$

wobei  $P_i$  der Übertragungsleistung der i-ten Nutzerstation (**102, 108**) entspricht,  $1$  ein Vektor der Größe N mit nur Einsen ist,  $I_{oc} W$  die Interferenz bzw. Störung ist, die die Basisstationen (**106**) von anderen Basisstationen (**106**) empfängt,  $W$  eine Bandbreite des Kommunikationssystems (**100**) ist,  $N_o$  eine Dichte des zusätzlichen weißen Gauss-förmigen Rauschens ist,  $h_i$  ein Kanalgewinn von einer i-ten Nutzerstation (**102, 108**) zu der Basisstation (**106**) ist,  $A_{\min}$  und  $A_{\max}$   $N \times N$  Matrizen sind, die definiert sind durch:

$$A_{\min} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\min,1}\gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\min,2}\gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_{\min,N}\gamma_N} \end{bmatrix},$$

$$A_{\max} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\max,1}\gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\max,2}\gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_{\max,N}\gamma_N} \end{bmatrix}$$

wobei  $(E_b/I_o)_i = \gamma_i$ ,  $i = 1, \dots, N$  ist,  $R_i$  die Rate bzw. Geschwindigkeit für die i-te Nutzerstation (**102, 108**), die zwischen den maximalen und minimalen Raten  $R_{\min,i}$  bzw.  $R_{\max,i}$ ,  $i = 1, \dots, N$  liegt und  $P_i \leq P_{\max}$ ,  $i = 1, \dots, N$ ; und finden (**606**) eines Geschwindigkeits- bzw. Ratenvektors  $R^*$ , der dem Leistungsvektor  $P^*$  entspricht und zwar durch die folgende Beziehung:

$$R_i = \frac{Wh_i P_i}{\left( \sum_{j \neq i} h_j P_j + N_o W \right) \gamma_i}, \quad i = 1, \dots, N.$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Anfragen bzw. Anforderungen für eine Zuweisung von Ressourcen zum Übertragen einer Art von Daten von den Nutzerstationen (**102, 108**) übertragen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das folgendes aufweist:

Quantisieren des Ratenvektors  $R^*$  zum Erlangen eines quantisierten Ratenvektors  $R_Q$ ;

Berechnen eines quantisierten Leistungsvektors  $P_Q$ , dem quantisierten Ratenvektor  $R_Q$  entsprechend, und zwar unter Verwendung der folgenden Beziehung:

$$AP_Q = N_0 W 1$$

wobei

$$A = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_Q \gamma_1} & -h_2 & \cdots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_Q \gamma_2} & \cdots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \cdots & \frac{Wh_N}{R_Q \gamma_N} \end{bmatrix}$$

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das erste Zuweisungssignal einer Planung bzw. Einteilung von Raten für die Nutzerstationen (**102**, **108**) aufweist, und zwar als den quantisierten Ratenvektor  $R_Q$ .

5. Verfahren nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, wobei:

das Übertragen der ersten und zweiten Zuweisungssignale übertragen einer ersten identifizierten Rate zum Übertragen einer ersten Gruppe von Datenpaketen umfasst; und

das Verfahren ferner folgendes aufweist:

Wiederholen des Zuordnens;

Übertragen einer zweiten identifizierten Rate zum Übertragen einer zweiten Gruppe von Datenpaketen.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Übertragen der ersten und zweiten Zuweisungssignale Übertragen von ersten und zweiten identifizierten Raten aufweist.

7. Verfahren nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, wobei das Zuordnen von Ressourcen basiert ist, auf den empfangenen Anfragen, der maximalen Sendeleistung der Nutzerstationen, einem diskreten Satz mit Übertragungsraten, einem maximalen Abstand zur thermischen Interferenz (maximum rise-over-thermal interference) und einer minimal erforderlichen Fehlerrate.

8. Verfahren nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, wobei das Zuordnen, Zuweisen höherer Übertragungsraten für Nutzerstationen (**102**, **108**) aufweist, die einem Zentrum einer Zelle näher sind, in der die erste Basisstation (**106**) angeordnet ist.

9. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das genannte Zuordnen von Ressourcen an jeder Basisstation folgendes aufweist:

Zuordnen von Ressourcen basierend auf den empfangenen Anfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**);

Identifizieren von Zuweisungssignalen entsprechend den optimierten Leistungswerten; und

Wiederholen der Optimierung und Identifizierung, wobei das Wiederholen die Optimierung auf stabile Werte unter den Basisstationen (**106**) konvergieren lässt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

die Anfragen eine Übertragungsratenanfrage aufweisen;

das Zuordnen basiert ist auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**); und

das Übertragen erster und zweiter Zuweisungssignale übertragen erster und zweiter identifizierter Raten aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Zuordnen von Ressourcen synchron basiert ist auf den empfangenen Anfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**).

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

die Anfragen eine Übertragungsratenanfrage aufweisen; und

das Zuordnen von Ressourcen basiert ist auf den empfangenen Ratenanfragen, der maximalen Sendeleistung der Nutzerstationen, einem diskreten Satz von Übertragungsraten, einem maximalen Abstand zur thermischen Interferenz und einer minimalen erforderlichen Fehlerrate.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Anfragen eine Übertragungsratenanfrage aufweisen und die Zuordnung zuweisen höherer Übertragungsraten für Nutzerstationen (**106**, **108**) aufweist, die näher zu einem Zentrum einer Zelle sind, in der die erste Basisstation (**106**) angeordnet ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Zuordnung von Ressourcen an jeder Basisstation folgendes aufweist:  
Zuordnen von Ressourcen basierend auf den empfangenen Anfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**);  
Identifizieren von Zuweisungssignalen entsprechend den optimierten Leistungswerten; und  
Wiederholen des Optimierens und Identifizierens und wobei das Wiederholen das Optimieren auf stabile Werte zwischen den Basisstationen (**106**) konvergieren lässt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:  
die Anfragen eine Übertragungsratenanfrage für Datenpakete aufweisen;  
das Zuordnen von Ressourcen folgendes aufweist:  
Zuordnen basierend auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**); und  
Identifizieren von Raten entsprechend den optimierten Leistungswerten;  
wobei Übertragen bzw. Senden erster und zweiter Zuweisungssignale übertragen einer ersten identifizierten Rate zum Übertragen einer ersten Gruppe von den Datenpaketen aufweist; und  
das Verfahren ferner folgendes aufweist:  
Wiederholen des Zuordnens basierend auf neu empfangenen Ratenanfragen und neuer Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**);  
Identifizieren neuer Raten entsprechend der optimierten neuen Leistungswerte; und  
Übertragen einer zweiten identifizierten Rate zum Übertragen einer zweiten Gruppe der Datenpakete.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Zuordnen synchron basiert ist auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**).

17. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Zuordnen basiert ist auf einem diskreten Satz mit Übertragungsraten und einem maximalen Abstand zur thermischen Interferenz.

18. Verfahren nach Anspruch 15, das ferner an jeder Zelle folgendes aufweist:  
Wiederholen des Empfangens und Zuordnens, wobei das Wiederholen das Optimieren auf stabile Werte unter einer vorherbestimmten Anzahl von Basisstationen (**106**) konvergieren lässt.

19. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei das Zuordnen von Ressourcen basiert ist auf den empfangenen Anfragen durch Gewichten einer Summe der empfangenen Raten oder Leistungen gemäß einer vorherbestimmten Rate oder Leistungswerten und gemäß Interferenz von anderen Basisstationen.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei die vorherbestimmte Rate oder Leistungswerte eine maximale Sendeleistung der Nutzerstationen und einen diskreten Satz von Übertragungsraten aufweisen, und wobei Gewichten einer Summe der angefragten Raten oder Leistungen auch gemäß dem maximalen Abstand zur thermischen Interferenz und minimaler erforderlicher Fehlerrate ist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, folgendes aufweisend:  
an den ersten und zweiten Basisstationen bestimmend von Kanalgewinnen für die ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102**, **108**) und von anderen Nutzerstationen (**102**, **108**),  
wobei das Zuordnen, Zuordnen aufweist, und zwar basierend auf empfangenen angefragten Raten durch Zuweisen höherer Raten für Nutzerstationen (**102**, **108**) die höhere Kanalgewinne besitzen.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das Zuordnen basiert ist auf den empfangenen Ratenanfragen und basiert ist auf Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**) und Identifizieren von Raten entsprechend den optimierten Leistungswerten aufweist.

23. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das Zuordnen basiert ist auf den empfangenen Ratenanfragen,



maximaler Sendeleistung der Nutzerstationen, einem diskreten Satz mit Übertragungsraten, maximal über einen maximalen Abstand zur thermischen Interferenz und minimal erforderlicher Fehlerrate.

24. Eine Basisstation (106) die folgendes aufweist:

Mittel zum Empfangen von Anfragen für eine Zuordnung von Ressourcen bzw. Betriebsmitteln zum Übertragen einer Art von Daten von einer ersten und anderen Nutzerstationen (102, 108);

Mittel zum Zuordnen von Ressourcen ansprechend auf die von den Nutzerstationen (102, 108) empfangenen Anfragen bzw. Anforderungen, wobei die Basisstation angepasst ist zum Optimieren der Zuordnung von Ressourcen unabhängig von der Zuordnung von Ressourcen durch benachbarte Basisstationen (106) und zum Minimieren von Interferenz mit den benachbarten Basisstationen;

Mittel zum Übertragen eines ersten Zuweisungssignals an die erste Nutzerstation (102, 108), wobei das erste Zuweisungssignal eine Übertragungsrate bzw. -Geschwindigkeit spezifiziert;

charakterisiert dadurch dass die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen an der ersten Basisstation (106) für eine Anzahl N von Nutzerstationen (102, 108) folgendes aufweisen:

Mittel zum Lösen, zum Bestimmen eines Wertes eines Leistungsvektors  $P^*$ , das lineare Programmierungsproblem (604):

$$\max_P \sum_{i=1}^N h_i P_i,$$

gemäß

$$A_{\min} P \geq (I_{OC} + N_O) W 1$$

$$A_{\max} P \leq (I_{OC} + N_O) W 1$$

$$P_i \leq P_{\max_i}, \quad i=1, \dots, N,$$

wobei  $P_i$  der Übertragungs- bzw. Sendeleistung durch die i-te Nutzerstation (102, 108) entspricht, 1 ein Vektor mit nur Einsen der Größe N ist,  $I_{OC} W$  die Interferenz ist, die die Basisstation (106) von anderen Basisstationen (106) empfängt  $W$  eine Bandbreite des Kommunikationssystems (100) ist,  $N_O$  eine Dichte von zusätzlichen weißen Gauss-förmigen Rauschen ist,  $h_i$  ein Kanalgewinn von einer i-ten Nutzerstation (102, 108) zu der Basisstation (106) ist,  $A_{\min}$  und  $A_{\max}$   $N \times N$  Matrizen sind, die wie folgt definiert sind:

$$A_{\min} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\min_1} \gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\min_2} \gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_{\min_N} \gamma_N} \end{bmatrix},$$

$$A_{\max} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\max_1} \gamma_1} & -h_2 & \dots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\max_2} \gamma_2} & \dots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \dots & \frac{Wh_N}{R_{\max_N} \gamma_N} \end{bmatrix}$$

wobei  $(E_b/I_O)_i = \gamma_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ ,  $R_i$  die Rate für die i-te Nutzerstation (102, 108) ist, die zwischen den maximalen und minimalen Raten  $R_{\min_i}$ , bzw.  $R_{\max_i}$  mit  $i = 1, \dots, N$  liegt, und  $P_i \leq P_{\max_i}$ ,  $i = 1, \dots, N$ ; und Mittel zum Finden eines Geschwindigkeits- bzw. Ratenvektors  $R^*$ , der dem Leistungsvektor  $P^*$  über die Beziehung (606) korrespondiert:

$$R_i = \frac{Wh_i P_i}{\left( \sum_{j \neq i} h_j P_j + N_o W \right) \gamma_i}, i = 1, \dots, N.$$

25. Ein Nachrichtenübermittlungs- bzw. Kommunikationssystem (**100**) das wenigstens erste und zweite Basisstationen (**106**) besitzt, besitzt Kommunikationsressourcen bzw. -betriebsmittel zum Austauschen von Kommunikationssignalen mit wenigstens ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102, 108**) wobei das Kommunikationssystem folgendes aufweist:

Mittel an den ersten und zweiten Basisstationen (**106**) zum Empfangen von Anfragen für eine Zuordnung von Ressourcen bzw. Betriebsmitteln zum Übertragen einer Art von Daten von den ersten bzw. zweiten Nutzerstationen und anderen Nutzerstationen (**102, 108**);

Mittel zum Zuordnen von Ressourcen an den ersten und zweiten Basisstationen (**106**) ansprechend auf die von den ersten, zweiten und anderen Nutzerstationen empfangenen Anfragen, wobei ein erstes Mittel zum Zuordnen angepasst ist zum Optimieren von Zuordnung unabhängig von der Zuordnung eines zweiten Mittels zum Zuordnen und zum Minimieren von Interferenz mit der zweiten Basisstation (**106**), während die zweiten Mittel zum Zuordnen angepasst sind, zum Optimieren der Zuordnung unabhängig von der Zuordnung der ersten Mittel zum Zuordnen und zum Minimieren von Interferenz mit der ersten Basisstation (**106**); und

Mittel zum Übertragen von ersten und zweiten Zuweisungssignalen an die ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102, 108**) wobei jedes Zuweisungssignal eine Übertragungsrate spezifiziert;

Mittel an den ersten und zweiten Nutzerstationen (**102, 108**) zum Übertragen der Art von Daten mit einer Rate bzw. Geschwindigkeit, die in den ersten bzw. zweiten Zuweisungssignalen spezifiziert ist;

gekennzeichnet dadurch dass die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen an der ersten Basisstation (**106**) für die Anzahl N von Nutzerstationen (**102, 108**) folgendes aufweisen:

Mittel zum Lösen zum Bestimmen eines Wertes eines Leistungsvektors  $P^*$ , des linearen Programmierungsproblems (**604**):

$$\max_P \sum_{i=1}^N h_i P_i,$$

gemäß

$$A_{\min} P \geq (I_{oc} + N_o) W 1$$

$$A_{\max} P \leq (I_{oc} + N_o) W 1$$

$$P_i \leq P_{\max}, \quad i=1, \dots, N,$$

wobei  $P_i$  der Sendeleistung durch die i-te Nutzerstation (**102, 108**) entspricht,  $1$  ein Vektor mit nur Einsen der Größe N ist,  $I_{oc} W$  die Interferenz ist, die die Basisstationen (**106**) von anderen Basisstationen (**106**) empfängt  $W$  eine Bandbreite des Kommunikationssystems (**100**) ist,  $N_o$  eine Dichte des zusätzlichen weißen Gauss-förmigen Rauschens ist,  $h_i$  ein Kanalgewinn von einer i-ten Nutzerstation (**102, 108**) zu der Basisstation (**106**) ist,  $A_{\min}$  und  $A_{\max}$   $N \times N$  Matrizen sind, die wie folgt definiert sind:

$$A_{\min} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\min,1}\gamma_1} & -h_2 & \cdots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\min,2}\gamma_2} & \cdots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \cdots & \frac{Wh_N}{R_{\min,N}\gamma_N} \end{bmatrix},$$

$$A_{\max} = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_{\max,1}\gamma_1} & -h_2 & \cdots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_{\max,2}\gamma_2} & \cdots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \cdots & \frac{Wh_N}{R_{\max,N}\gamma_N} \end{bmatrix}$$

wobei  $(E_b/I_0)_i = \gamma_i$ ,  $i = 1, \dots, N$  ist,  $R_i$  die Rate bzw. Geschwindigkeit für die  $i$ -te Nutzerstation (**102, 108**) ist, die zwischen den maximalen und minimalen Raten  $R_{\min,i}$  bzw.  $R_{\max,i}$  liegt und zwar mit  $i = 1, \dots, N$  und  $P_i \leq P_{\max,i}$ ,  $i = 1, \dots, N$ , und

Mittel zum Finden eines Raten- bzw. Geschwindigkeitsvektors  $R^*$  der dem Leistungsvektor  $P^*$  über die folgende Beziehung (**606**) entspricht

$$R_i = \frac{Wh_i P_i}{\left( \sum_{j \neq i} h_j P_j + N_0 W \right) \gamma_i}, \quad i = 1, \dots, N.$$

26. System nach Anspruch 25, das folgendes aufweist:

Mittel zum Quantisieren des Ratenvektors  $R^*$  zum Erhalten eines quantisierten Ratenvektors  $R_Q$ ; und

Mittel zum Berechnen eines quantisierten Leistungsvektors  $P_Q$  und zwar entsprechend den quantisierten Ratenvektor  $R_Q$  unter Verwendung der Beziehung:

$$AP_Q = N_0 W 1$$

wobei

$$A = \begin{bmatrix} \frac{Wh_1}{R_Q \gamma_1} & -h_2 & \cdots & -h_N \\ -h_1 & \frac{Wh_2}{R_Q \gamma_2} & \cdots & -h_N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -h_1 & -h_2 & \cdots & \frac{Wh_N}{R_Q \gamma_N} \end{bmatrix}.$$

27. System nach Anspruch 25 oder 26 wobei die Mittel zum Empfangen von Übertragungsanfragen Mittel zum Empfangen einer Übertragungsratenanfrage aufweisen, wobei:  
die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen angepasst sind, zum Zuordnen von Ressourcen basierend auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**) und

die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen ferner Mittel aufweisen zum Identifizieren von Raten entsprechend den optimierten Leistungswerten;  
 die Mittel zum Übertragen der ersten und zweiten Zuweisungssignale Mittel aufweisen zum Übertragen erster und zweiter identifizierter Raten.

28. System nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen angepasst sind zum Zuordnen von Ressourcen synchron basierend auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**).

29. System nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Mittel zum Empfangen von Übertragungsanfragen angepasst sind, zum Empfangen einer Übertragungsratenanfrage, und wobei die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen angepasst sind zum Zuordnen von Ressourcen basierend auf den empfangenen Ratenanfragen, der maximalen Sendeleistung der Nutzerstationen, einem diskreten Satz von Übertragungsraten, einem maximalen Abstand zur thermischen Interferenz und minimaler erforderlicher Fehlerrate.

30. System nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Mittel zum Empfangen von Übertragungsratenanfragen eine Übertragungsratenanfrage empfangen und wobei die Mittel zum Einteilen bzw. Planen von Anfragen höhere Übertragungsraten für Nutzerstationen (**102, 108**) zuweisen, die näher einem Zentrum einer Zelle sind, in der die erste Basisstation (**106**) angeordnet ist.

31. System nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen an jeder Basisstation (**106**) angepasst sind, zum Zuordnen von Ressourcen basierend auf den empfangenen Anfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen und die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen an jeder Basisstation (**106**) ferner folgendes aufweisen:

Mittel zum Identifizieren von Zuweisungssignalen entsprechend den optimierten Leistungswerten; und Mittel zum Wiederholen des Optimierens und Identifizierens und wobei die Wiederholung das Optimieren auf stabile Werte zwischen den Basisstationen (**106**) konvergieren lässt.

32. System nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Mittel zum Empfangen von Übertragungsanfragen eine Übertragungsratenanfrage nach Datenpaketen empfangen und wobei die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen angepasst sind zum Zuordnen von Ressourcen basierend auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen und die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen ferner folgendes aufweisen:

Mittel zum Identifizieren von Raten entsprechend den optimierten Leistungswerten, wobei die Mittel zum Übertragen erster und zweiter Zuweisungssignale angepasst sind, zum Übertragen einer ersten identifizierten Rate zum Übertragen einer ersten Gruppe der Datenpakete, die Mittel zum Zuordnen von Ressourcen angepasst sind zum Wiederholen der Zuordnung basierend auf neu empfangenen Ratenanfragen und neuer Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**);

Mittel zum Identifizieren neuer Raten entsprechend den optimierten neuen Leistungswerten; und Mittel zum Übertragen einer zweiten identifizierten Rate zum Übertragen einer zweiten Gruppe der Datenpakete.

33. System nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Mittel zum Empfangen angepasst sind zum Empfangen von Übertragungsratenanfragen nach Datenpaketen, die durch die erste Nutzerstation (**102, 108**) zu übertragen sind, und die Mittel zum Zuordnen angepasst sind, zum:

Zuordnen von Kommunikationsressourcen basierend auf den empfangenen Ratenanfragen und Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**);

Identifizieren von Raten entsprechend den optimierten Leistungswerten, und zwar einschließlich einer ersten identifizierten Rate zur Übertragung einer ersten Gruppe der Datenpakete;

erneutes Zuordnen bzw. Wiederzuordnen der Ressourcen basierend auf neu empfangenen Ratenanfragen und neuer Interferenz von benachbarten Basisstationen (**106**);

Identifizieren neuer Raten entsprechend den optimierten neuen Leistungswerten; und Übertragen einer neuen zweiten identifizierten Rate zum Übertragen einer zweiten Gruppe der Datenpakete.

34. Ein computerlesbares Medium, das darauf Instruktionen gespeichert hat, um Computer in einem Kommunikationssystem (**100**) einschließlich wenigstens erster und zweiter Basisstationen (**106**) die Kommunikationsressourcen besitzen, zum Austauschen von Kommunikationssignalen mit wenigstens ersten bzw. zweiten Nutzerstationen (**102, 108**) zu veranlassen, das Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 23 auszuführen.

Anhängende Zeichnungen

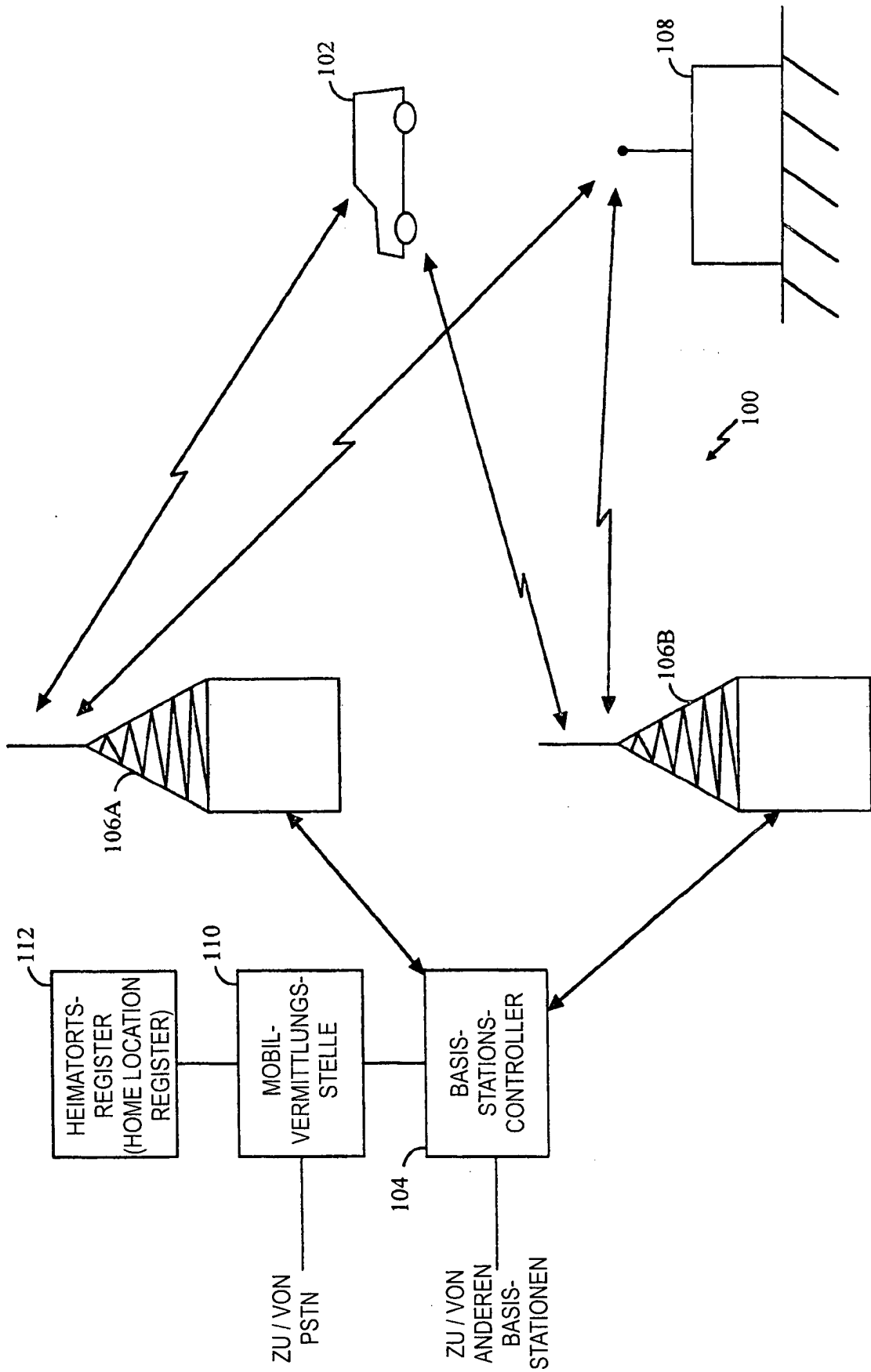


FIG. 1

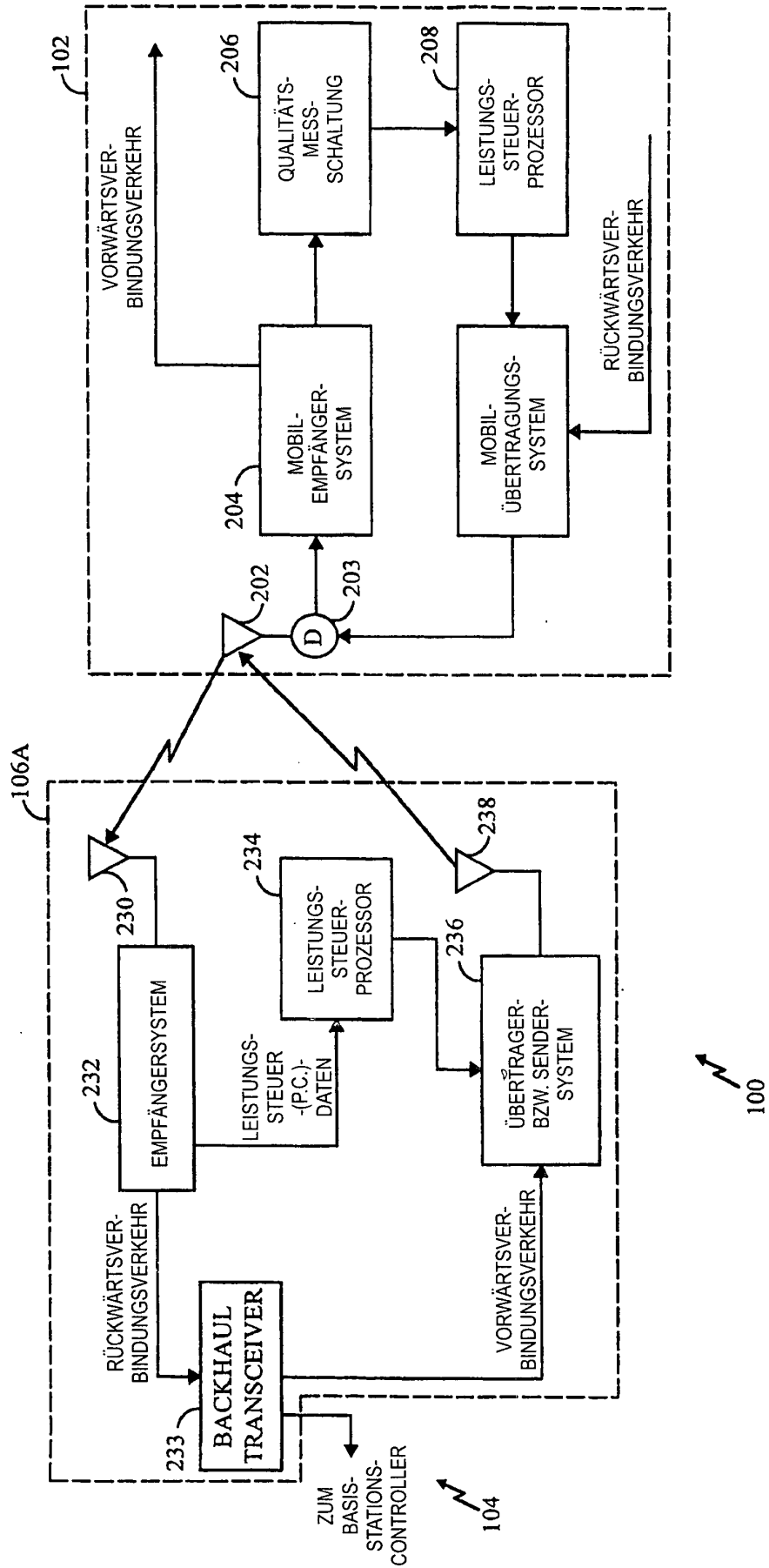


FIG. 2

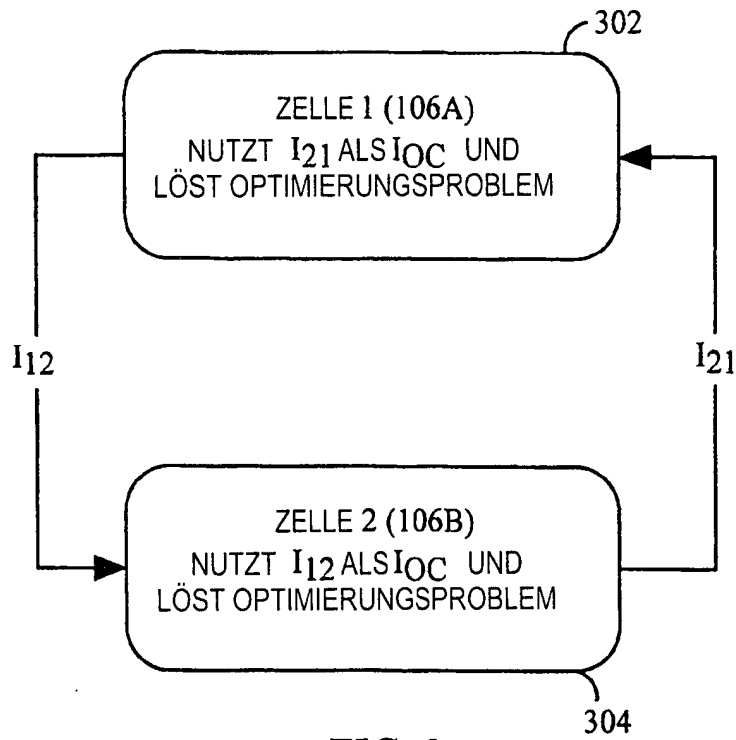


FIG. 3

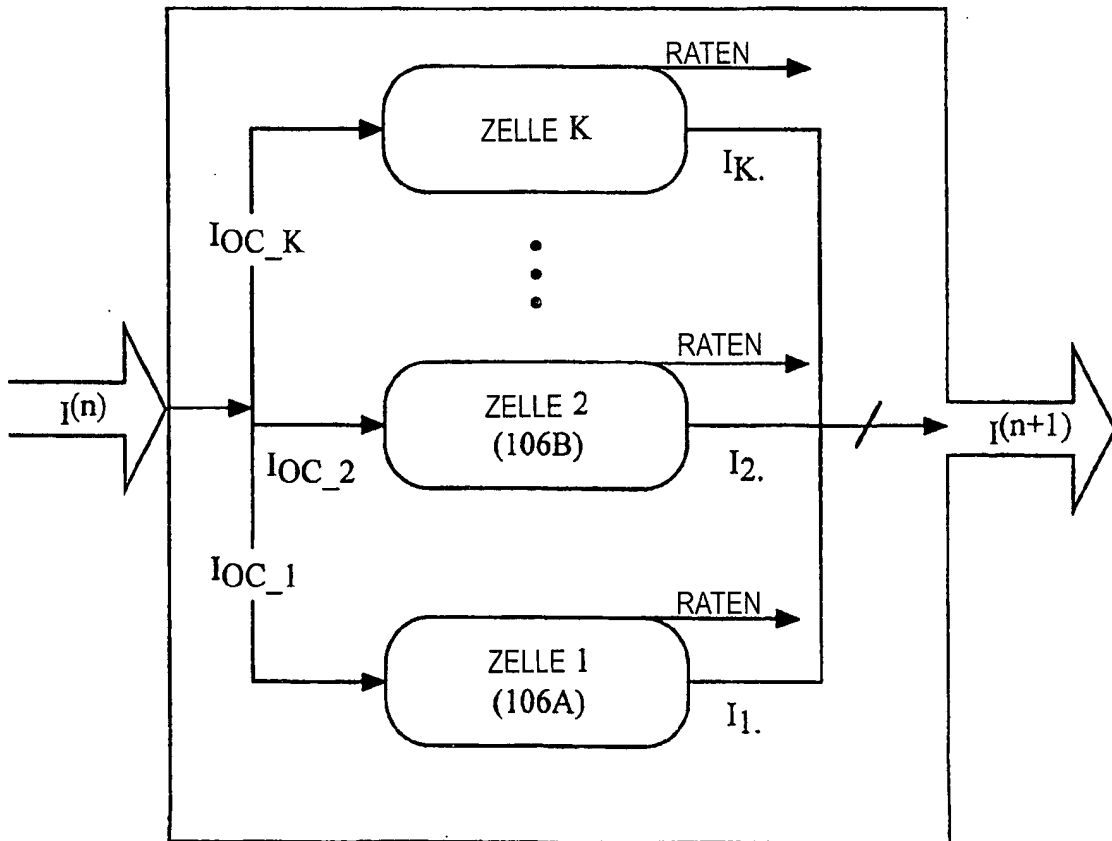


FIG. 4

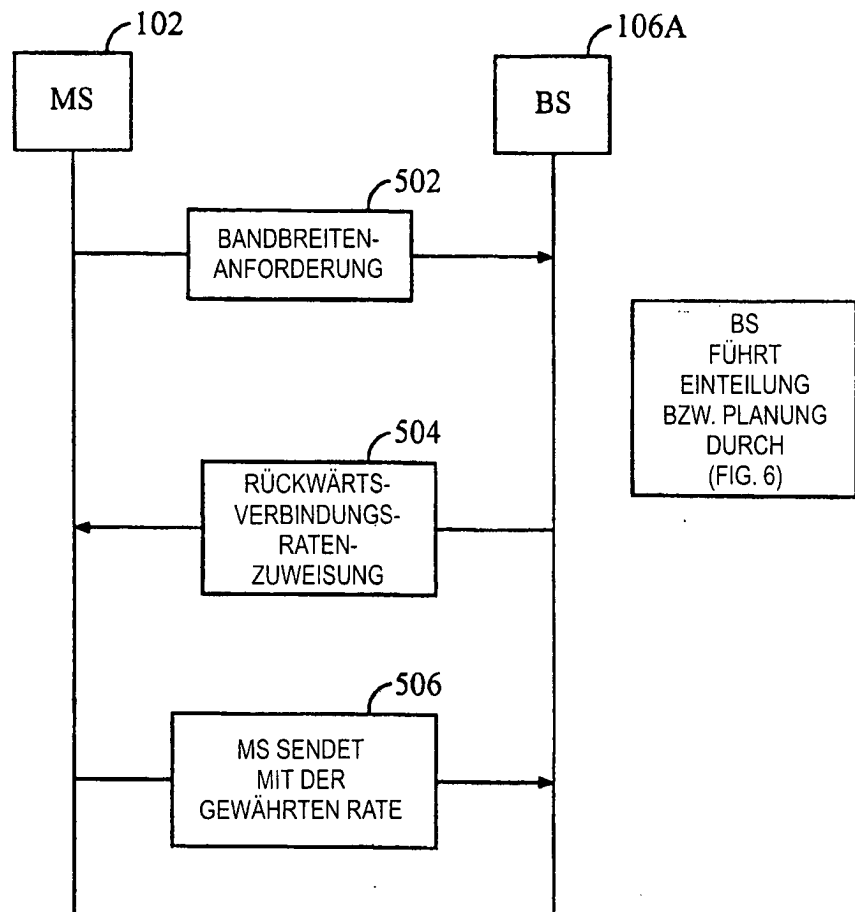


FIG. 5



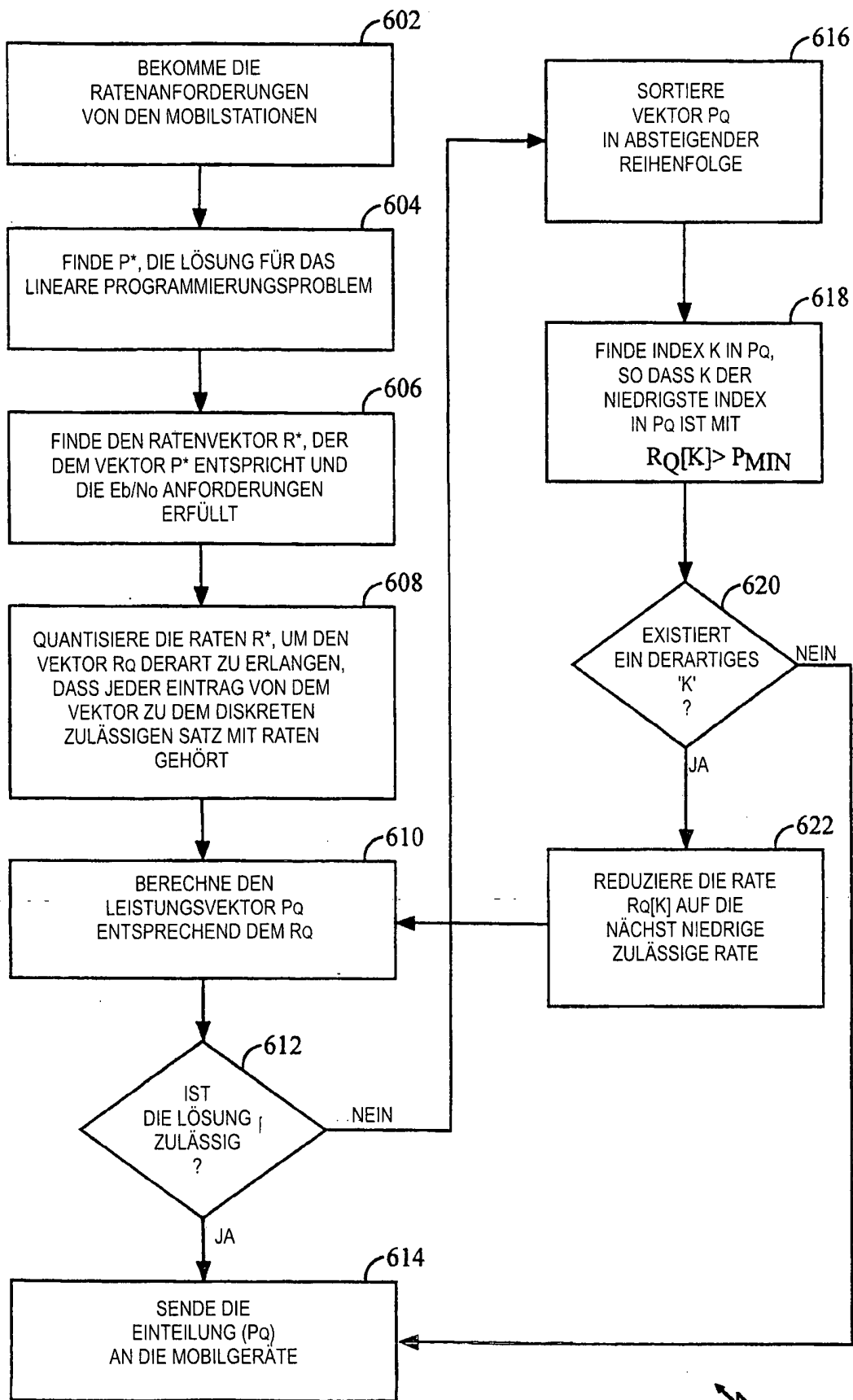


FIG. 6

600