



(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1400/2002 (51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **H01Q 21/00**  
(22) Anmeldetag: 18.09.2002  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.07.2003  
(45) Ausgabetag: 25.02.2004

(56) Entgegenhaltungen:  
H. HOMMA UND A. TOSKALA, "WCDMA FOR UMTS - RADIO ACCESS FOR THIRD GENERATION MOBILE COMMUNICATIONS", J. WILEY & SONS, LTD., 2001, ISBN 0 471 48687 6, S. 307-312  
J. FUHL, "SMART ANTENNAS FOR SECOND AND THIRD GENERATION MOBILE COMMUNICATIONS SYSTEMS", DISSERTATION, TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN, 1997  
(WWW.NT.TUWIEN.AC.AT/MOBILE/THESES-FINISHED)  
J. LAIHO ET AL, "RADIO NETWORK PLANNING AND OPTIMISATION FOR UNMTS", JOHN WILEY & SONS, LTD, 2002, ISBN 0 471 48653 1, S. 149-182

(56) Entgegenhaltungen:  
M. PIZARROSO ET AL., "PLANNING UMTS WITH ADAPTIVE ANTENNAS", ACTS MOBILE TELECOMMUNICATIONS SUMMIT, STORMS PROJECT, CEC DELIVERABLE A016/TDE/TID/DS/L/052/B1, ISSUE 1.0, NOVEMBER 1997

Fortsetzung auf Blatt 2

(73) Patentinhaber:  
SYMENA SOFTWARE UND CONSULTING GMBH  
A-1040 WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR INTERFERENZERMITTLUNG IN MEHRANTENNENSYSTEMEN MIT ADAPTIVEN ANTENNEN

(57) Zur Interferenzermittlung in Mehrantennensystemen mit adaptiven Antennen in der Abwärtsstrecke werden für mögliche Teilnehmer (23, 24, 25, 26) in Versorgungsgebieten von Sendestationen (20, 21, 22) jeweils Anteile von Sendeleistungen der zugehörigen Sendestationen sowie von anderen Sendestationen, die für jeweils andere Teilnehmer vorgesehen sind und vom jeweiligen Teilnehmer als Störleistung empfangen werden, auf der Basis von Strahlformungs-Größen zur Interferenzermittlung aufsummiert, wobei die vom betrachteten Teilnehmer (z.B. 24) empfangenen Anteile (z.B. 20.23') von Sendeleistungen (z.B. 20.23), die von der jeweils zugehörigen Sendestation (z.B. 20) im betrachteten Versorgungsgebiet für andere (z.B. 23) als den jeweils betrachteten Teilnehmer (z.B. 24) ausgesendet werden, mit einem Reduktionsfaktor ( $\alpha$ ) multipliziert als Störleistung berücksichtigt werden, und dass als zusätzliche Interferenzquellen zumindest die von der jeweils zugehörigen Sendestation (20) in das betrachtete Versorgungsgebiet gesendete Kontrollinformation ( $I^{\text{Intra}}$ ) sowie die von den anderen Sendestationen (21, 22) in das Versorgungsgebiet gesendeten Kontrollinformationen ( $I^{\text{Inter}}$ ) als Störleistungs-Anteil ermittelt werden.

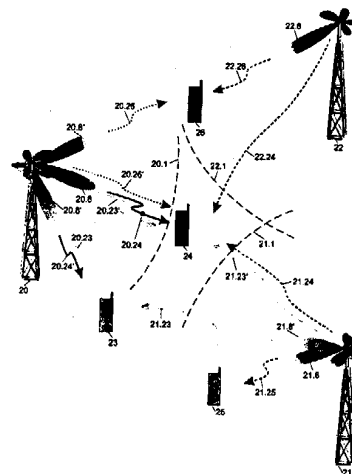


Fig. 8

AT 411 555 B

(56) Entgegenhaltungen (Fortsetzung):

K.I. PEDERSEN, P.E. MOGENSEN, B.H. FLEURY, "A STOCHASTIC MODEL OF THE TEMPORAL AND AZIMUTHAL DISPERSION SEEN AT THE BASE STATION IN OUTDOOR PROPAGATION ENVIRONMENTS", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 49, NR. 2, MÄRZ 2000, S. 437-447

A.F. NAGUIB, A. PAULRAJ, T. KAILATH, "PERFORMANCE OF CDMA CELLULAR NETWORKS WITH BASE-STATION ANTENNA ARRAYS: THE DOWNLINK", IEEE TRANSACTION ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 43, S. 795-799

E. TIIROLA AND J. YLITALO, "PERFORMANCE EVALUATION OF FIXED-BEAM BEAMFORMING IN WCDMA DOWNLINK", IEEE CONFERENCE ON VEHICULAR TECHNOLOGY, S. 700-704, 2000

BUBLIN ET AL, "SYSTEM-LEVEL SIMULATION FOR SMART ANTENNAS FOR 3G MOBILE SYSTEMS USING TD-CDMA", PROCEEDINGS 4<sup>TH</sup> EUROPEAN PERSONAL MOBILE COMMUNICATIONS CONFERENCE EPMCC 2001, WIEN, FEB. 20.-22., 2001

J. LEE AND R. ARNOTT, "SYSTEM PERFORMANCE OF MULTI-SECTOR SMART ANTENNA BASE STATIONS FOR WCDMA", IN PROC. 3G MOBILE COMMUNICATION TECHNOLOGIES, 26.-28. MÄRZ, 2001

T. NEUBAUER, H. JÄGER, J. FUHL, E. BONEK, "MEASUREMENT OF THE BACKGROUND NOISE FLOOR IN THE UMTS FDD UPLINK BAND", 4<sup>TH</sup> EUROPEAN PERSONAL MOBILE COMMUNICATIONS CONFERENCE, EPMCC WIEN, 20.-22. FEBRUAR, 2001

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Interferenzermittlung gemäß dem einleitenden Teil von Anspruch 1.

Es ist bekannt, dass die Richtcharakteristik einer aus mehreren Einzelantennen bestehenden Gruppenantenne elektrisch verändert werden kann, um sie so adaptiv an die jeweilige Situation in einem Funksystem anzupassen. Diese adaptiven Antennen wurden erstmals in der Radartechnik für militärische Zwecke eingesetzt. Durch den Einsatz adaptiver Antennen in Funksystemen ergibt sich eine Reihe von Vorteilen, wie z.B. eine Reduktion der notwendigen Sendeleistung, eine Reduktion der Störaussendung (Interferenz), eine Erhöhung der Reichweite und eine Erhöhung der Kapazität des Mobilfunksystems.

Weiters kann eine Reduktion der Verzögerungsaufspreizung (Zeitdispersion des Funkkanals) und in der Folge eine Reduktion der Symbolaufspreizung erzielt werden. Dadurch wird die Interferenz von aufeinander folgenden Datenbits reduziert, womit die Datenrate erhöht werden kann. Diese Verbesserung kann auch zur Steigerung der Qualität der Übertragung (Bitfehlerrate) verwendet werden. Es können jedoch nicht wirklich alle Vorteile gleichzeitig genutzt werden. Für den Betrieb von Mehrantennensystemen (adaptiven Antennen) ist es deshalb von entscheidender Bedeutung, die wesentlichen Vorteile individuell zu nutzen. Zumeist will man Vorteile hinsichtlich Erhöhung der Reichweite und Steigerung der Kapazität des Mobilfunksystems nutzen, was unmitelbar eine Reduktion sowohl der Investitionskosten als auch der Betriebskosten zur Folge hat. Mobilfunksysteme der so genannten dritten Generation (IMT-2000 Familie), vgl. H. Homma und A. Toskala, „WCDMA for UMTS - Radio Access for Third Generation Mobile Communications“, J. Wiley & Sons, Ltd, 2001, ISBN 0 471 48687 6, S. 307-312, sind im Allgemeinen interferenzbegrenzt, d.h. die Kapazität des Systems ist durch die Störleistung bzw. Interferenz, die sich aus der Summe der Sendeleistungen zu den einzelnen Teilnehmern ergibt, begrenzt.

Da das Frequenzspektrum für ein Funksystem begrenzt ist, muss die spektrale Effizienz des Systems erhöht werden, damit die Anzahl der Teilnehmer gesteigert werden kann. Dazu wurden für die dritte Generation der Mobilfunksysteme bereits in der Standardisierung Mehrantennensysteme berücksichtigt. Im Allgemeinen gibt es verschiedene Methoden, Mehrantennensysteme zu implementieren. Beispiele hierfür sind die sog. „Switched beam“-Methode, bei der ein einziger Empfänger zwischen mehreren fix vorgegebenen Strahlenformungen ausgewählt wird; dann die Methode des räumlichen Filterns, wobei die Antennensignale im Basisband mit komplexen Antennengewichten multipliziert und anschließend kohärent addiert werden; und schließlich die Raum-Zeit-Verarbeitung, wobei die zeitliche Verzögerung der Antennensignale ebenfalls mit berücksichtigt wird und die Antennengewichte gemeinsam mit der räumlichen Information ermittelt werden. Ein guter Überblick über mögliche Implementierungen von adaptiven Antennen findet sich in J.Fuhl, „Smart Antennas for Second and Third Generation Mobile Communications Systems“, Dissertation, Technische Universität Wien, 1997 ([www.nt.tuwien.ac.at/mobile/theses\\_finished](http://www.nt.tuwien.ac.at/mobile/theses_finished)).

Für die tatsächliche Implementierung von Mehrantennensystemen ist die Planung der Funkssysteme eine wichtige Voraussetzung. Werden in Funksystemen der zweiten Generation (z.B. GSM) Datenraten von etwa 10kbit/s pro Teilnehmer übertragen, so soll diese Datenrate in Systemen der dritten Generation (z.B. UMTS) bis zu 2Mbit/s pro Teilnehmer gesteigert werden.

Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die spektrale Effizienz für Systeme der dritten Generation nicht wesentlich höher ist als jene für Systeme der zweiten Generation. Geht man nun von ähnlichen Teilnehmerzahlen für den Vollausbau der dritten Generation aus, wie sie derzeit in GSM gegeben sind, so muss die Anzahl der nötigen Sendestationen dramatisch erhöht werden, damit der Funkverkehr vom Netz getragen werden kann. Untersuchungen haben gezeigt, dass etwa dreimal so viele Sendestationen für den Vollausbau der dritten Generation benötigt werden, wie sie nach Vollausbau der zweiten Generation bereits aufgebaut sind. Mehrantennensysteme werden mithelfen, diese Anzahl drastisch zu reduzieren.

Eine möglichst exakte Netzplanung gilt daher als Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Mehrantennensystemen. Dabei gilt es aufgrund unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften zwischen der Aufwärtstrecke (Übertragung vom Teilnehmer zur festen Sendestation) und der Abwärtstrecke (Übertragung von der festen Sendestation zum Teilnehmer) zu unterscheiden.

Ziel jeder Funknetzplanung ist es, ein möglichst genaues Modell der physikalischen Eigenschaften und Gegebenheiten zu erstellen. Das bedeutet, dass sowohl feste Sendestationen als auch Teilnehmer modelliert werden müssen, wobei dann untersucht wird, ob jeder der Teilnehmer

in diesem Funknetz versorgt werden kann oder nicht. Dazu muss ermittelt werden, ob einem Teilnehmer eine ausreichend gute Verbindungsqualität von den festen Sendestationen zur Verfügung gestellt werden kann. Als Maß dafür gilt das Signal-zu-Stör-und-Rauschverhältnis, das sowohl die empfangene Signalleistung, als auch die resultierende Stör- und Rauschleistung am Ort des Teilnehmers angibt.

Für die Berechnung der Signalleistung in der Abwärtsstrecke bei der Verwendung von Mehrantennensystemen wurden bereits verschiedene Ansätze beschrieben. So wird vorgeschlagen, einen zusätzlichen Gewinn, der durch die Strahlformung entsteht, beim vom Teilnehmer empfangenen Signal zu addieren; dieser Gewinn reduziert das vom Teilnehmer benötigte Signal-zu-Stör-und-Rauschverhältnis, vgl. J. Laiho et al., „Radio Network Planning and Optimisation for UMTS“, John Wiley & Sons, Ltd, 2002, ISBN 0 471 486653 1, S. 149-182. Diese Methode funktioniert jedoch nur, wenn einerseits der Gewinn durch die Strahlformung konstant für alle Teilnehmer ist, und andererseits sich der Teilnehmer immer in der Hauptstrahlrichtung der Strahlformung befindet. Diese Bedingungen sind jedoch oft nicht erfüllt, da die Teilnehmer in beliebigen Richtungen verteilt sind und somit der relative Winkel zur Antennengruppe nicht als konstant angenommen werden kann.

Ein weiterer Vorschlag im Stand der Technik geht dahin, dass man den Gewinn in der Signalleistung als statistische Variable addiert, vgl. M. Pizarroso et al., "Planning UMTS with Adaptive Antennas", Acts Mobile Telecommunications Summit, STORMS Project, CEC Deliverable A016/TDE/TID/DS/L/052/b1, Issue 1.0, November 1997. Die Statistik des Gewinns wird dabei anhand der implementierten Algorithmen zur Strahlformung ermittelt und berücksichtigt. Sowohl die Ermittlung als auch die Zuordnung der statistischen Gewinne erfolgen dabei aber nicht als Funktion der tatsächlichen räumlichen Position der Teilnehmer.

Es ist weiters bekannt, dass für Simulationen mit nur einer festen Sendestation genauere Methoden zur Ermittlung der Signalleistung, basierend auf den Strahlformungsalgorithmen existieren, vgl. dazu z.B. K.I.Pedersen, P.E. Mogensen, B.H. Fleury, "A Stochastic Model of the Temporal and Azimuthal Dispersion Seen at the Base Station in Outdoor Propagation Environments", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, Nr. 2, März 2000, S. 437-447. Diese Methoden sind aber für die Modellierung von ganzen Netzen aufgrund der zu hohen Komplexität nicht anwendbar.

Ein wesentlich größeres Problem stellt die Berechnung der Interferenz- und Rauschleistung in der Abwärtsstrecke in Funksystemen; mit Mehrantennensystemen dar, da die resultierende Störleistung bei jedem einzelnen Teilnehmer berechnet werden muss. Dennoch sind verschiedene Vorschläge zur Berechnung der Stör- und Rauschleistung bei Verwendung von Mehrantennensystemen bekannt.

Ein Ansatz ist, dass die empfangene Interferenz mittelwertfrei als Gauß-verteilte Zufallsvariable definiert wird, vgl. z.B. A.F. Naguib, A. Paulraj, T. Kailath, "Performance of CDMA cellular networks with Base Station Antenna Arrays - The downlink", IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol. 43, pp. 691-698, August 1994. Diese Definition wäre aber nur richtig, wenn es unendlich viele Sendeanlagen gäbe, die im Raum gleichverteilt und mit der gleichen Leistung betrieben werden. Weiters muss hier davon ausgegangen werden, dass die festen Sendestationen die Sendeleistung gleichmäßig in den Raum verteilen, was eine Gleichverteilung der Teilnehmer voraussetzt. Das ist aber praktisch nicht der Fall. Der Grund liegt darin, dass einerseits die Teilnehmer nur in den seltensten Fällen geografisch gleichverteilt sind, und andererseits in Funksystemen der dritten Generation Teilnehmer mit verschiedenen Datenraten gleichzeitig bedient werden müssen. Bei gleicher Entfernung benötigt aber somit ein Dienst mit einer 10mal so hohen Datenrate (z.B.: 10kbit/s und 100kbit/s) etwa 10mal so viel Sendeleistung. Da Datenraten bis zu 2Mbit/s theoretisch möglich sind, ist leicht zu zeigen, dass diese Gleichverteilung der Interferenz nicht gegeben sein kann.

Eine ähnliche Methode geht davon aus, dass die Interferenz als mittlere Sendeleistung der Verkehrskanäle sowohl der eigenen Basisstation (intra-zellular) als auch der anderen Basisstationen (inter-zellular) ermittelt werden kann, vgl. z.B. E. Tiirola and J. Ylitalo, „Performance Evaluation of Fixed-Beam Beamforming in WCDMA Downlink“, IEEE Conference on Vehicular Technology, pp. 700-704, 2000. Hinzu kommt noch die mittlere Interferenz durch die Pilotkanäle. Ein wesentlicher Nachteil besteht hier darin, dass keine räumliche Information für die Berechnung der Interferenz verwendet wird und somit die gleichen Probleme wie oben dargestellt auftreten, d.h. eine

räumliche Gleichverteilung, wie bei dieser Methode vorausgesetzt, nur sehr selten auftreten wird.

Weiters kann die Interferenz anhand statistischer Methoden berechnet werden, d.h. es wird für jede einzelne Verbindung ein zufälliger Wert anhand einer Statistik zum jeweiligen Signal dazugezählt, vgl. z.B. M. Pizzaroso, et. al., "Planning UMTS with Adaptive Antennas", Acts Mobile Telecommunications Summit, Storms Project, Rhodos, June 1998. Aus dieser statistischen Signalüberlagerung ergibt sich somit ein Summensignal, das der von einer festen Sendestation gesendeten Störleistung entspricht. Daraus kann wie bereits oben erwähnt kein Zusammenhang mit dem tatsächlichen System und den darin enthaltenen geografischen Verteilungen und Charakteristika gebildet werden, was die Genauigkeit der Planung stark reduziert.

Eine weitere bekannte Möglichkeit zur Bestimmung der Interferenz für einen einzelnen Teilnehmer in einem Funksystem für die Modellierung der Abwärtsstrecke eines Funksystems mit Mehrantennensystemen beruht auf der Ermittlung einer segmentierten und gemittelten Interferenzverteilung an einer Basisstation mit einer Antennengruppe, vgl. z.B. Bublin et.al., „System level Simulation for smart antennas for 3G mobile Systems using TD-CDMA“, Proceedings 4th European Personal Mobile Communications Conference EPMCC 2001, Vienna, Feb. 20-22, 2001. Die bei dieser Methode verwendete gemittelte Verteilung beinhaltet aber nicht die tatsächlich auftretenden Werte der Interferenz, sondern nur Mittelwerte. Weiters wird davon ausgegangen, dass die Interferenz für einen Teilnehmer, die durch dieselbe Sendestation hervorgerufen wird, die den Teilnehmer auch mit Signalleistung versorgt (Intra-Zell-Interferenz), vernachlässigt werden kann. Diese Annahme ist aber nur bei gleichzeitiger Erfüllung folgender Voraussetzungen gültig: i) Verwendung eines Zeitmultiplexverfahrens (TDD), ii) Joint detection (gleichzeitige Signalschätzung) im Endgerät des Teilnehmers, iii) perfekte Funktionsweise der Signaldetektion, iv) die Orthogonalitätseigenschaften zwischen den einzelnen Codes, mit denen die unterschiedlichen Teilnehmer in einem Versorgungsgebiet identifiziert werden können, sind perfekt. Durch die Mehrwegeausbreitung der einzelnen Signale gehen jedoch vor allem die perfekten Orthogonalitätseigenschaften zwischen den einzelnen Codes verloren. Daher beschränkt sich die Gültigkeit dieser Methode auf einen Spezialfall. In Frequenzduplexsystemen ist diese Methode nicht anwendbar.

Bei einem weiteren, den Ausgangspunkt für die vorliegende Erfindung darstellenden Verfahren gemäß Stand der Technik wird davon ausgegangen, dass über den selben Pfad, über den das Signal empfangen wird, keine Interferenz empfangen wird (vgl. J. Lee und R. Arnott, „System performance of multi-sector smart antenna base stations for WCDMA“, in Proc. 3G Mobile Communication Technologies, 26.-28. March, 2001). Diese Bedingung trifft aber nur bei Sichtverbindung zwischen Sendestation und Teilnehmer zu, da ansonsten aufgrund der Mehrwegeausbreitung auch entsprechende Störleistung auf dem Signalpfad empfangen wird. Bei dieser Methode wird weiters vorausgesetzt, dass alle Wellen mit gleicher mittlerer Leistung und mit gleichen Einfallswinkeln an den Antennen ankommen, was nicht der Realität entspricht. Auch ist der Ansatz ungültig, dass die Störleistung in der Abwärtsstrecke mit der Anzahl der Antennenelemente zu multiplizieren ist. Weiters beschreibt die Inter-sector-Interferenz in der dargestellten Form nicht die Interferenz pro Pfad, sondern bereits die Summe der Pfade, da bereits die Summe der Störleistungen gebildet wurde. Auch das führt zu einem ungeeigneten Ergebnis. Problematisch ist bei dieser Methode überdies, dass andere Interferenz-Quellen vernachlässigt werden, wobei der vorliegenden Erfindung die Erkenntnis zugrunde liegt, dass zumindest einige Interferenz-Quellen das Ergebnis der Interferenz-Ermittlung ganz wesentlich beeinflussen können.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Interferenzermittlung vorzusehen, mit dem in effizienter Weise die exakte Ermittlung der Interferenz in Systemen mit Strahlformung ermöglicht wird, so dass eine genaue Netzplanung und Optimierung und somit eine Erhöhung der Anzahl der von einer Basisstation (Sendestation) versorgbaren Benutzer bzw. eine Senkung der Investitionskosten durch Minimierung der erforderlichen Basisstationen erzielt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung ein Verfahren wie in Anspruch 1 angegeben vor. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert.

Beim vorliegenden Verfahren werden zur Interferenzermittlung nicht nur die Informationen über die Strahlformung zur Versorgung der einzelnen Teilnehmer schlechthin berücksichtigt, sondern auch ohne Strahlformung gesendete Kontrollinformationen zur Ermittlung der Interferenz am Ort der Teilnehmer herangezogen. Kontrollinformation muss allen Teilnehmern im Versorgungsgebiet zur Verfügung stehen und kann somit nicht mittels Strahlformung gesendet werden. Bei der Ermitt-

lung der Interferenz wird bei der bekannten Technik die Kontrollinformation nicht berücksichtigt, was zu einer deutlichen Fehleinschätzung der Interferenzsituation führt. Auch wird zwischen der Interferenz, die durch die feste Sendestation begründet ist, die den jeweiligen Teilnehmer auch mit Signalleistung versorgt, und der Interferenz, die durch benachbarte feste Sendestationen, die im Normalfall keinen Anteil an der Signalleistung des jeweiligen Teilnehmers liefern, unterschieden.

Bevorzugt wird auch gesondert die Interferenz jener festen Sendestationen berücksichtigt, die zusätzlich einen festen Beitrag zur Sendeleistung liefern. Im UMTS-System heißen diese „Soft (bzw. softer) Handover“- Basisstationen. Bei UMTS kann nämlich ein Mobilgerät von verschiedenen Sendestationen gleichzeitig die gleiche Information erhalten, und somit von mehreren Sendestationen ein Nutz-Signal empfangen. Die Mobilstation kombiniert dann diese Signale. Das hat verschiedene Gründe und wird als "Soft Handover" bezeichnet, also eine Betriebsart, wo die Mobilstation nicht entweder von der einen oder von der anderen Basisstation bedient wird, sondern gleichzeitig von mehreren Sendestationen bedient wird. Eine Sendestation hat aber dominierenden Einfluss, und diese wird auch als "serving base station" - "bedienende Basisstation" - bezeichnet.

Die erfindungsgemäße Technik ist weiters uneingeschränkt von den Ausbreitungsverhältnissen elektromagnetischer Wellen anwendbar. Auch wird keine Annahme bzw. Beschränkung betreffend die in der Sendeanlage verwendete Art der Strahlformung getroffen, sodass die Erfindung keinerlei Einschränkung der Art unterliegt, wie die Signale der Einzelantennen kombiniert werden und somit die Gruppencharakteristik geformt wird. Es gibt überdies keinerlei Beschränkungen betreffend den Frequenzbereich, in dem die Erfindung eingesetzt wird, und keine Einschränkungen zur Zugangstechnologie auf der Funkschnittstelle, sodass keinerlei Beschränkungen auf ein Frequenz-, Zeit- oder Codeduplex Verfahren bestehen.

Es werden ferner keinerlei einschränkende Voraussetzungen über die Auflösung oder Genauigkeit der Richtungsinformationen getroffen, die zur Ermittlung der Interferenz zu Grunde gelegt werden, sodass keinerlei Einschränkungen vorliegen, und ebenso wenig darüber, wie die Richtungsinformationen in der Sendeanlage ermittelt werden.

Für die Erfindung ist es auch gleichgültig, in welcher Form die Richtungsinformation vorliegt, also ob in der räumlichen Kovarianzmatrix, oder ob in Form von bevorzugten Senderichtungen, die durch fest verschaltete Einzelantennen hervorgerufen werden. Ferner können beliebige Antennencharakteristiken zur Abstrahlung der Kontrollinformation vorliegen.

Es werden überdies keinerlei einschränkende Annahmen über die konkrete Verteilung der Sendestationen oder der Teilnehmer bzw. über Art und Anzahl der Sendestationen und/oder der Teilnehmer getroffen. Insbesondere gibt es keinerlei Einschränkungen bezüglich der Anzahl der Sendestationen, die zu einer exakten Ermittlung der Interferenz in der Abwärtsstrecke nötig sind.

Computersimulationen haben im Übrigen ergeben, dass bei Zugrundelegung eines Netzes mit 75 Zellen (Versorgungsgebieten) die Kapazität um einen Wert in der Größenordnung von ca. 10% - abhängig von verschiedenen Randbedingungen - korrekter eingeschätzt werden kann, wenn die erfindungsgemäße Technik angewendet wird, d.h. es ergibt sich tatsächlich in einem solchen Netz eine Reduktion der erforderlichen Sendestationen um ca. 10%, was eine ganz wesentliche Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik darstellt.

Der Reduktionsfaktor  $\alpha$  ist im allgemeinen Fall von jeder einzelnen Verbindung zwischen der betrachteten Sendestation und dem betrachteten Teilnehmer, d.h. der betrachteten Mobilstation oder dem betrachteten Benutzer, abhängig. Dieser Reduktionsfaktor wird zweckmäßigerweise aufgrund von empirischen Untersuchungen festgestellt, und er liegt zwischen 0 und 1. Es ist dabei durchaus möglich, dass der Reduktionsfaktor  $\alpha$  für alle Teilnehmer in einer Zelle, d.h. in einem Versorgungsgebiet, oder sogar im gesamten Netz als gleich anzunehmen ist.

Ein vergleichbarer Reduktionsfaktor kann im Übrigen auch bei der Berücksichtigung der ohne Strahlformung ausgesendeten Kontroll-Information in der gegebenen Zelle angenommen werden, wobei mit Vorteil, wie die Berechnungen gezeigt haben, die Reduktionsfaktoren als gleich angenommen werden können, so dass die Berechnung vereinfacht wird. Der Reduktionsfaktor  $\alpha$  kann auch als Interferenz-Unterdrückungsfaktor bezeichnet werden, und er ist ein Maß für die Mehrwege-Ausbreitung in der jeweiligen Zelle des Mobilfunknetzes: beispielsweise wird in einem CDMA-System die Orthogonalität von an sich orthogonalen Sendesignalen durch eine sich ergebende Mehrwege-Ausbreitung (z.B. durch Reflexionen der Funksignale an Gebäuden) verschlechtert. Ohne eine solche Mehrwege-Ausbreitung, d.h. bei einem idealen Kanal, kann der Faktor  $\alpha = 0$

gesetzt werden, so dass dieser Anteil der Interferenz unterdrückt wird. Bei einer sehr starken Mehrwege-Ausbreitung kann das Sendesignal jedoch fast vollständig als Interferenz wirken, d.h. der Reduktionsfaktor  $\alpha$  ist annähernd gleich 1.

Wie bereits ausgeführt, berücksichtigt die vorliegende Technik auch im Fall von UMTS-Systemen die sog. Soft-Handover-Verbindungen, wo eine Mobilstation von zwei benachbarten Sendestationen versorgt wird, und auch hier kann ein entsprechender Reduktionsfaktor  $\alpha$  bei den von der bedienenden Sendestation ausgesendeten Funksignalen angesetzt werden. Der Reduktionsfaktor kann auch hier wieder in seiner Größe gleich dem allgemeinen Reduktionsfaktor  $\alpha$  für die betroffene Zelle gleichgesetzt werden.

Von Vorteil hat es sich erfindungsgemäß weiters auch erwiesen, wenn als zusätzliche Interferenzquelle im Fall von Systemen mit mehreren Codebäumen auch Störleistung aufgrund von mittels unterschiedlichem Codebaum gesendeter Signalinformation, unter Berücksichtigung der möglichen Reduktion der Orthogonalität unter den Codebäumen, berücksichtigt wird.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil wird bei der erfindungsgemäßen Technik erzielt, wenn bei der Ermittlung der Störleistung als zusätzliche Interferenzquelle auch das jeweils beim gegebenen Teilnehmer auftretende allgemeine Rauschen berücksichtigt wird.

Für die Erzielung einer vereinfachten Berechnung ist es schließlich günstig, wenn bei der Berechnung der Störleistungs-Anteile der jeweils anderen (benachbarten) Sendestationen nur jener Teil berücksichtigt wird, für den die Annahme einer gleichmäßigen Störleistungsverteilung noch nicht zulässig ist, und dass darüber hinausgehend eine gemittelte Sendeleistung zugrunde gelegt wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Es zeigen: Fig. 1 schematisch eine lineare Antennengruppe mit einer einfallenden Welle, zur Veranschaulichung von Wegunterschieden; Fig. 2 schematisch eine Vorrichtung zur Strahlformung, wobei mehrere Antennenelemente gezeigt sind; Fig. 3 eine Darstellung der Strahlformung in der Abwärtsstrecke, wobei verschiedene Teilnehmer mit verschiedenen Datenraten schematisch veranschaulicht sind; Fig. 4 ein Antennenrichtdiagramm einer konventionellen Sendeantenne mit einem 3dB-Öffnungswinkel von etwa 65°; Fig. 5 ein Antennendiagramm mit Strahlformung in der Abwärtsstrecke; Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Funksystems, wobei vier Teilnehmer und drei Sendestationen dargestellt sind, welche die Interferenz gleichmäßig bzw. entsprechend dem Antennenrichtdiagramm, senden; Fig. 7 ein Beispiel für eine Teilnehmerverteilung, bei der sich die Interferenz durch Strahlformung besonders stark auswirkt; und Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Funksystems, wobei die Sendestationen die Interferenz entsprechend der Strahlformung zu den einzelnen Teilnehmern senden.

Die Ermittlung der Interferenz in der Abwärtsstrecke von zellularen Mobilfunksystemen mit Mehrantennensystemen an der Basisstation für einen Teilnehmer ist für die Berechnung der Sendeleistung an der mit dem Teilnehmer verbundenen Sendestation nötig, die für den Teilnehmer mindestens gesendet werden muss, damit der Teilnehmer ausreichende Verbindungsqualität (kleine Bitfehlerrate BER bzw. ausreichendes Signal-Stör-Verhältnis SIR) erfährt.

Diese minimale Sendeleistung muss für jeden einzelnen Teilnehmer im System ermittelt werden, damit die Auslastung der Sendestationen berechnet werden kann. Wird die physikalisch auftretende Interferenz überschätzt, so wird die den Teilnehmer bedienende Sendestation aufgefordert, mit höherer Signalleistung zu senden, damit der gewünschte Teilnehmer ein ausreichendes Störverhältnis und somit eine ausreichende Übertragungsqualität erfährt. Eine fälschliche Erhöhung der Sendeleistung bewirkt nicht nur eine Reduktion der noch für andere Teilnehmer an derselben Sendestation zur Verfügung stehenden Signalleistung, sie bewirkt auch eine reale Erhöhung der modellierten Interferenz für alle Teilnehmer im System. Das wiederum hat zur Folge, dass diese Teilnehmer - jeder für sich - wiederum eine höhere Signalleistung anfordern, damit deren minimales Störverhältnis erreicht werden kann. Der Effekt dieser Fehleinschätzung ist, dass wesentlich mehr Sendestationen errichtet werden als tatsächlich benötigt werden, was eine deutliche Erhöhung sowohl bei den Investitionskosten als auch bei den Betriebskosten bedeuten würde.

Eine Unterschätzung der tatsächlich physikalisch auftretenden Interferenz bewirkt einen Netzaufbau, der den Vorgaben nicht entspricht und die Qualität im System nicht aufrechterhalten kann. Weiters lässt eine Falscheinschätzung der tatsächlichen Interferenz keine Optimierung der Systemkonfiguration zu.

In Fig. 1 ist im Einzelnen schematisch eine aus einer Richtung 2 auf Antennenelemente 1.1, 1.2 ... 1.M einfallende Welle gezeigt. Ferner bezeichnet d den Abstand zwischen den einzelnen Antennenelementen 1.1, 1.2... und L den Wegunterschied der Welle von einem Antennenelement, z.B. 1.1, zum nächsten Antennenelement, z.B. 1.2. Da die Zeit, die die Welle zum Überwinden des Wegunterschiedes L benötigt, im Allgemeinen sehr klein gegenüber der Zeitdauer eines Bits in einem zellularen Mobilfunksystem ist, entspricht der Wegunterschied der elektromagnetischen Welle von einem Antennenelement zum nächsten einem Phasenunterschied des Empfangssignals, der sich aus der Trägerfrequenz f des gesendeten Signals, der Lichtgeschwindigkeit c (bzw. der Wellenlänge  $\lambda$ , mit  $\lambda = c/f$ ) und dem einfallenden Winkel  $\Theta$  errechnen lässt. Fasst man die einzelnen Phasenunterschiede zwischen den Antennenelementen in einem Vektor zusammen, so erhält man den sog. „Array Steering Vector“ der Gruppenantenne mit M Einzelantennen.

$$\mathbf{c}(\Theta) = \left[ 1, e^{-j2\pi \frac{d}{\lambda} \sin(\Theta)}, \dots, e^{-j2\pi \frac{d}{\lambda} \sin(\Theta)(M-1)} \right]^T$$

$[\cdot]^T$  bezeichnet dabei die Transponierte eines Vektors.

Fig. 2 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Strahlformung. Im Einzelnen ist in Fig. 2 eine in Fig. 1 dargestellte Gruppenantenne 1 gezeigt, bei der die Antennensignale zur Verarbeitung in der Sendeanlage weitergeleitet werden. Als Beispiel für eine mögliche Implementierung veranschaulicht dabei Fig. 2 schematisch die Funktionsblöcke, die in einer Sendeanlage zur Verarbeitung der Signale nötig sind. Die an den Antennenelementen 1.1-1.M empfangenen Signale werden in einem Filter 3 gefiltert und verstärkt, in einem Misch- und Digitalisier-Modul 4 werden die Signale in das Basisband gemischt, gefiltert, verstärkt und digitalisiert, und in einem Rechenmodul 5 werden die Signale mit Hilfe entsprechender Algorithmen kombiniert. Für die Abwärtsstrecke verläuft der Signalfluss umgekehrt.

In Fig. 3 ist eine Strahlformung mit einem Mehrantennensystem 1 (einer Gruppenantenne) schematisch dargestellt. Im Einzelnen sind in Fig. 3 das Mehrantennensystem 1 mit einem Richtdiagramm und sechs Teilnehmer 6.1 ... 6.6 gezeigt, wobei annahmsweise drei Teilnehmer 6.1, 6.3 und 6.4 Teilnehmer mit niedriger Datenrate und drei Teilnehmer 6.2, 6.5 und 6.6 Teilnehmer mit hoher Datenrate sind. Die schematisch dargestellte Strahlformung 7 legt entsprechend dem Strahlformungsalgorithmus in der Sendestation die Hauptkeule der Strahlformung in der Abwärtsrichtung so in einer Richtung 8 zu einem gewünschten Teilnehmer, z.B. zum Teilnehmer 6.2 (mit hoher Datenrate), dass möglichst wenig Störleistung (Interferenz) in die Richtung der Teilnehmer 6.5 und 6.6 gesendet wird.

In zellularen Mobilfunknetzen ohne Mehrantennensystemen werden so genannte Sektorantennen verwendet, die dadurch gekennzeichnet sind, dass das Antennenrichtdiagramm in einem bestimmten Sektor die Sendeleistung in der Abwärtsstrecke möglichst gleichmäßig verteilt. Charakterisiert werden Sektorantennen durch den Öffnungswinkel, der angibt, wie groß der Winkelbereich ist, indem das Antennendiagramm um weniger als 3dB gegenüber der Hauptrichtung abfällt. Ein Antennendiagramm 9 für eine Sektorantenne mit einem 3dB-Öffnungswinkel von 65° ist schematisch in Fig. 4 dargestellt. Derartige bzw. ähnliche Antennendiagramme werden auch zum Senden der Kontrollinformationen für das von einer Sendestation abgedeckte Versorgungsgebiet verwendet.

Die Aufgabe von Mehrantennensystemen und der damit verbundenen Strahlformung ist es, die Signalleistung zur Datenübermittlung an einen spezifischen Teilnehmer 6.x nicht gleichmäßig wie in Fig. 4, sondern hauptsächlich in Richtung des gewünschten Teilnehmers 6.x zu senden und möglichst wenig Leistung in Richtung der restlichen Teilnehmer abzustrahlen, da diese Leistung dort als Störleistung wirkt. In Fig. 5 ist nun ein Antennendiagramm 10 eines Mehrantennensystems dargestellt, das einen Gewinn in Richtung des gewünschten Teilnehmers 6 erzeugt und gleichzeitig möglichst wenig Leistung in Richtungen 11 und 12 (andere Teilnehmer) absendet. Das bewirkt nicht nur, dass weniger Störleistung bei den einzelnen Teilnehmern empfangen wird, sondern auch, dass in Summe weniger Signalleistung nötig ist.

Zur systemweiten Berechnung der Interferenz wird im Stand der Technik nun oft angenommen, dass die Interferenz als gemittelter Wert in einem Sektor gleichmäßig abgestrahlt wird, was eine Fehleinschätzung der tatsächlich physikalisch empfangenen Interferenz beim jeweiligen Teilneh-

mer gleichkommt. Das entspricht der schematischen Darstellung in Fig. 6. Im Einzelnen sind in Fig. 6 drei Sendestationen 13, 14 und 15 ohne Mehrantennensysteme und vier Teilnehmer 6.1, 6.2, 6.3 und 6.5 schematisch dargestellt.

5 In Fig. 7 ist ein Beispiel dafür gezeigt, wie sehr die Annahme einer gleichmäßig verteilten Interferenz bei Mehrantennensystemen der physikalischen Realität widersprechen kann. Im Einzelnen sind in Fig. 7 zwei Sendestationen 16, 17 gezeigt, die jeweils Strahlformungen 8, 8' in die Richtung der jeweils gewünschten Teilnehmer 6.3 und 6.5 unternehmen, wobei die jeweils zusätzlichen Teilnehmer 6.1, 6.2 bzw. 6.4, 6.6, die von einer Sendestation 16 bzw. 17 kontrolliert werden, so wenig wie möglich gestört werden sollen. Deshalb sendet die Sendestation 16 mit der Strahlformung 8 möglichst wenig Signalleistung, die für den Teilnehmer 6.3 bestimmt ist, in die Richtung der Teilnehmer 6.2 und 6.1, und Entsprechendes gilt für die Sendestation 17.

10 So wie in Fig. 7 dargestellt ist es aber nun möglich, dass die Sendestation 16 ihre Hauptrichtung 18 der Strahlformung 8 in Richtung des Teilnehmers 6.3 ausrichtet, und dabei den Teilnehmer 6.5 maximal stört. Betrachtet man den umgekehrten Fall, nämlich dass Sendestation 17 durch Strahlformung 8' in Richtung des Teilnehmers 6.5 den Teilnehmer 6.3 maximal stört, so kommt hinzu, dass der Teilnehmer 6.5 eine wesentlich höhere Datenrate als der Teilnehmer 6.3 hat und somit auch wesentlich mehr Signalleistung von der Sendestation 17 beansprucht, was zu einer weiteren Verstärkung des Störeffektes für Teilnehmer 6.3 führt. Die Annahme einer gleichmäßig verteilten Störleistung trifft somit ersichtlich nicht zu.

20 Nachfolgend wird nun anhand von Fig. 8 eine Technik beschrieben, die diese ungleichförmige Verteilung der Störung berücksichtigt, sodass die Interferenz beim Teilnehmer exakt ermittelt werden kann.

Im Einzelnen zeigt Fig. 8 drei Sendestationen (Basisstationen) 20, 21 und 22 und vier Teilnehmer 23, 24, 25 und 26. Dabei befinden sich annahmeweise zwei Teilnehmer 23, 24 im Versorgungsgebiet der Sendestation 20, ein Teilnehmer 25 im Versorgungsgebiet der Sendestation 21 und ein Teilnehmer 26 im Versorgungsgebiet der Sendestation 22; weiters wird der Teilnehmer 23 gleichzeitig von der Sendestation 20 und von der Sendestation 21 mit Signalleistung versorgt, und überdies wird der Teilnehmer 26 gleichzeitig von den Sendestationen 20 und 22 mit Signalleistung versorgt. Diese beiden Teilnehmer 23 und 26 sind somit im beschriebenen "Soft-Handover".

30 Von jeder der drei Sendestationen 20, 21 und 22 werden Kontrollinformationen in das ganze jeweilige Versorgungsgebiet gesendet, was mit den strichlierten Linien 20.1, 21.1 und 22.1 dargestellt ist. Diese Kontrollinformationen sind notwendig, damit jeder Teilnehmer zellenspezifische Informationen, wie beispielsweise Synchronisierungsinformationen der jeweiligen Sendestation, erhalten kann.

35 Jeder Teilnehmer 23 bis 26 erhält von der ihn versorgenden Sendestation 20 bis 22 Teilnehmer-spezifische Nutzdaten, die lediglich für diesen Teilnehmer bestimmt sind. Diese Informationen werden bei Mehrantennensystemen mittels Strahlformung nur in die Richtung des gewünschten Teilnehmers gesendet. In Fig. 8 ist das durch die Information 20.23 zum Teilnehmer 23, durch die Information 20.24 zum Teilnehmer 24, durch die Information 21.25 zum Teilnehmer 25 und durch die Information 22.26 zum Teilnehmer 26 dargestellt. Da jedes reale Antennendiagramm keine perfekte Trennung von gewünschten und nicht gewünschten Teilnehmern bzw. Unterdrückung von nicht gewünschten Teilnehmern zulässt, wird durch die Signalleistungen 20.23, 20.24, 21.25 und 22.26 automatisch auch Störleistung zu den jeweils anderen Teilnehmern (z.B. 24, 25 und 26, ausgehend von der Sendestation 20) gesendet.

45 Zur besseren Veranschaulichung soll jetzt beispielhaft nur die Situation für den Teilnehmer 24 betrachtet werden. Die Störleistung, die dieser Teilnehmer 24 empfängt, setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- a) Störleistung aufgrund der Kontrollinformationen (z.B. 20.1), die die eigene Sendestation (z.B. 20) aussendet. Aufgrund der Mehrwegeausbreitung im Funkkanal kann diese Kontrollinformation nicht perfekt entschlüsselt werden und liefert somit einen Störanteil.
- 50 b) Störleistung aufgrund der Kontrollinformationen (z.B. 21.1, 22.1), die von den benachbarten Sendestationen (z.B. 21 bzw. 22) gesendet werden.
- c) Signalinformation, die von derselben Sendestation (z.B. 20) an einen anderen Teilnehmer (z.B. 23) im selben Versorgungsgebiet sendet. Diese Signalinformation (z.B. 20.23), die von der betreffenden Sendestation (z.B. 20) über die Strahlformung (z.B. 20.8') an diesen Teilnehmer (z.B. 23)

gesendet wird, wird automatisch über die gleiche Strahlformung zu einem Teil an den zu untersuchenden Teilnehmer 24 gesendet (vgl. strichlierten Pfeil 20.23' in Fig. 8), wo sie als Störung wirkt.

d) Signalinformation, die von derselben Sendestation, z.B. 20, an einen Teilnehmer, z.B. 26, außerhalb des Versorgungsgebietes als zusätzliche Soft-Handover-Verbindung gesendet wird, also an einen Teilnehmer, der von mehr als einer Sendestation - gemäß Fig.8, 20 und 22 - versorgt wird. Diese Signalinformation 20.26, die von der Sendestation 20 über die Strahlformung 20.8" an den Teilnehmer 26 gesendet wird, der sich im Versorgungsgebiet der Sendestation 22 befindet, wird zum Teil (s. 20.26') an den Teilnehmer 24 gesendet, und wirkt dort als Störung.

e) Signalinformation, die von einer benachbarten Sendestation, z.B. 21, zu einem Teilnehmer, z.B. 23, gesendet wird, der mehr als eine versorgende Sendestation hat (sogenannte Soft-Handover-Verbindungen). Der Teilnehmer 23 wird beispielsweise sowohl von Sendestation 20 als auch von Sendestation 21 mit Signalinformation versorgt. Der mit Sendeleistung versorgte Teilnehmer 23 befindet sich aber nicht im eigentlichen Versorgungsgebiet der zweiten Sendestation 21, sondern im Versorgungsgebiet der ersten Sendestation 20. So wird die von der Sendestation 21 zum „in Soft Handover“ befindlichen Teilnehmer 23 gesendete Signalleistung 21.23 zum Teil als Störleistung 21.23' an den Teilnehmer 24 gesendet.

f) Signalinformation, die - im Spezialfall UMTS - mittels eines unterschiedlichen Codebaums (vgl. H. Holma und A. Toskala, „WCDMA for UMTS - Radio Access for Third Generation Mobile Communications“, J. Wiley & Sons, Ltd, 2001) gesendet wird. Üblicherweise wird nur ein Codebaum pro Sendestation verwendet. Aus Mangel an verfügbaren Codes kann aber ein zweiter Codebaum zusätzlich verwendet werden. In diesem Fall sind beide Codebäume aber nicht mehr völlig zueinander orthogonal, und eine zusätzliche Störung entsteht.

g) Signalinformation, die von einer benachbarten Sendestation zu einem Teilnehmer im Versorgungsgebiet der benachbarten Sendestation gesendet wird. Die Sendestation muss dabei nicht einmal in unmittelbarer Nachbarschaft liegen. So wird die von der Sendestation 21 bzw. 22 zu den Teilnehmern 25 bzw. 26 ausgesendete Signalleistung 21.25 bzw. 22.26 gleichzeitig zu einem Teil als Störleistung 21.24 bzw. 22.24 an den Teilnehmer 24 gesendet.

h) Thermisches Hintergrundrauschen und "man-made"-Rauschen. Dieser Term lässt sich nicht beeinflussen und ist in erster Linie durch die Position der Empfangsstation, z.B. 24, gegeben, vgl. T. Neubauer, H. Jäger, J. Fuhl, E. Bonek, "Measurement of the Background Noise Floor in the UMTS FDD Uplink Band", 4th European Personal Mobile Communications Conference, EPMCC.Vienna, 20-22.Feb. 2001.

Mathematisch lässt sich die Interferenzberechnung wie folgt darstellen, wobei hier als Beispiel die Strahlformung in üblicher Weise mittels Gewichtsvektoren  $w$  und räumlichen Kovarianzmatrizen  $R$  berechnet werden. Eine alternative Möglichkeit wäre beispielsweise auch eine Superposition der einzelnen fix vorgegebenen möglichen Strahlformungen mit den jeweils entsprechenden Gewichtungen durch die Sendeleistung.

Die verallgemeinerte Schreibweise, ohne Einschränkung auf Art und Anzahl der Teilnehmer und der Sendestationen, sowie ohne Einschränkung bezüglich der tatsächlich implementierten Strahlformung ergibt sich zu

$$\begin{aligned}
 I_{z,k} &= \alpha_{z,k} \cdot I_{z,k}^{Intra,control} + \sum_{\substack{\hat{z}=1 \\ \hat{z} \neq z}}^Z I_{\hat{z},k}^{Inter,control} + \\
 &+ \alpha_{z,k} \cdot \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq k}}^{Q_z} P_{z,q}^{TX} \cdot w_{z,q}^H R_{z,k} w_{z,q} + \\
 &+ \alpha_{z,k} \cdot \sum_{\substack{z'=1 \\ z' \neq k}}^{Z'} \sum_{q'=1}^{Q_{z'}} P_{z',q'}^{TX} \cdot w_{z',q'}^H R_{z',k} w_{z',q'} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{q''=1}^{Q_{z''}} \sum_{\substack{z''=1 \\ z'' \neq z}}^{Z''} P_{z'',q''}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{z'',q''}^H \mathbf{R}_{z'',k} \mathbf{w}_{z'',q''} + \\
 & + (\alpha_{z,k} \cdot \beta_{z,k} - \beta_{z,k} + 1) \cdot \sum_{\substack{z'''=1 \\ z''' \neq z}}^{Z'''} \sum_{q'''=1}^{Q_{z'''}} P_{z''',q'''}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{z''',q'''}^H \mathbf{R}_{z''',k} \mathbf{w}_{z''',q'''} + \\
 & + \sum_{\substack{\hat{z}=1 \\ \hat{z} \neq z}}^Z \sum_{\substack{\hat{q}=1 \\ \hat{q} \neq k}}^{Q_{\hat{z}}} P_{\hat{z},\hat{q}}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{\hat{z},\hat{q}}^H \mathbf{R}_{\hat{z},k} \mathbf{w}_{\hat{z},\hat{q}} + N_{z,k}^t
 \end{aligned}$$

5

10

15 wobei  $I_{z,k}$  die empfangene Störleistung jenes Teilnehmers ist, der als k-ter Teilnehmer von der Sendestation z eindeutig identifiziert werden kann bzw. im Versorgungsgebiet dieser Sendestation z liegt.

20 Der Term  $\alpha_{z,k}$  ist ein allgemeiner Term, der die Interferenz, hervorgerufen durch die Sendeleistungsanteile jener Sendestation z, die auch die Signalleistung zum Teilnehmer k der Sendestation z sendet, reduziert. Der Faktor  $\alpha_{z,k}$  bezeichnet somit einen Interferenzunterdrückungsfaktor, der vom Funkkanal zwischen der z-ten Sendestation und der k-ten Mobilstation abhängt. Als Beispiel kann angeführt werden, dass in einem CDMA System die Orthogonalität von zwei an sich perfekt orthogonalen Sendesignalen durch die Mehrwegeausbreitung verschlechtert wird. Ohne Mehrwegeausbreitung (idealer Kanal) ist  $\alpha_{z,k}=0$  (völlige Unterdrückung der Interferenz); bei sehr starker

25 Mehrwegeausbreitung kann das Sendesignal vollständig als Interferenz wirken, d.h.  $\alpha_{z,k}=1$ .  
 Der Term  $I_{z,k}^{Intra,control}$  bezeichnet jene Störleistung, die durch die in das ganze Versorgungsgebiet der Sendestation z ausgesendete Kontrollinformation hervorgerufen wird.

30 In entsprechender Weise bezeichnet der Term  $\sum_{\substack{\hat{z}=1 \\ \hat{z} \neq z}}^Z I_{\hat{z},k}^{Inter,control}$  jene Störleistung, die durch die von den benachbarten Sendestationen  $\hat{z}$ , ohne die z-te Sendestation, in deren Versorgungsgebiet sich der k-te Teilnehmer befindet, ausgesendeten Signalleistungen hervorgerufen wird. Die Anzahl dieser Sendestationen im gesamten System beträgt dabei Z.

35 Der Term in der zweiten Zeile der vorstehenden Beziehung inkludiert jene Sendeleistung, die spezifisch zu jedem q-ten Teilnehmer (ungleich dem k-ten Teilnehmer) mittels Strahlformung von jener Sendestation z ausgesendet wird, in deren Versorgungsgebiet sich der k-te Teilnehmer befindet und die somit für den k-ten Teilnehmer als Störleistung gilt. Die Störleistung für den k-ten Teilnehmer berechnet sich dabei wie oben beschrieben aus der Strahlformung für die Signalleistung des q-ten (ungleich k-ten) Teilnehmers, gewichtet mit der Signalleistung des q-ten (ungleich k-ten) Teilnehmers, in Richtung des gewünschten, also k-ten Teilnehmers. Das lässt sich mathematisch beispielsweise - in an sich bekannter Weise - mittels der Gewichtsvektoren  $\mathbf{w}_{z,q}$  zur Strahlformung in Richtung des q-ten Teilnehmers der z-ten Sendestation und der räumlichen Kovarianzmatrix  $\mathbf{R}_{z,k}$  des k-ten Teilnehmers an der z-ten Sendestation beschreiben.  $\mathbf{w}^H$  bezeichnet dabei die hermitisch Transponierte des Gewichtsvektors  $\mathbf{w}$ .  $P_{z,q}^{TX}$  beschreibt jene Sendeleistung, die von der

45

45 z-ten Sendestation für den q-ten Teilnehmer gesendet wird. Da sich nur eine endliche Anzahl  $Q_z$  von Teilnehmern im Versorgungsgebiet der z-ten Sendestation befindet, ist auch nur eine Anzahl  $Q_2$  von Teilnehmern für die Bestimmung der Interferenz dieser Sendestation für den k-ten Teilnehmer zu berücksichtigen.  
 50 Der Term in der dritten Zeile berücksichtigt sodann jene Interferenz, die durch die Soft-(oder Softer)-Handover-Verbindungen zu Teilnehmern im Versorgungsgebiet benachbarter Sendestationen zustande kommt.  $Q'_z$  bezeichnet dabei die Anzahl jener Teilnehmer, die mehr als eine versorgende Sendestation haben, sich im Versorgungsgebiet der z'-ten Sendestation befinden und von der z-ten Sendestation Signalleistung erhalten.  $Z'$  ist dabei die Anzahl jener Sendestationen, in deren Versorgungsgebiet sich Teilnehmer mit Soft-Handover-Verbindungen zur z-ten Sendestation

55

z-ten Sendestation nimmt, wird diese mit Reduktionsfaktor  $\alpha_{z,k}$  reduziert.

Der Term in der vierten Zeile berücksichtigt jene Interferenz, die durch die Soft-Handover-Verbindungen benachbarter Sendestationen zu Teilnehmern im Versorgungsgebiet der z-ten Sendestation zustande kommen.  $Q_z$  bezeichnet dabei die Anzahl jener Teilnehmer im Versorgungsgebiet der z-ten Sendestation, die mehr als eine versorgende Sendestation haben und zusätzlich von benachbarten Sendestationen Signalleistung erhalten.  $Z_q$  ist dabei die Anzahl jener Sendestationen, die zu den jeweiligen Teilnehmern q im Versorgungsgebiet der z-ten Zelle eine Soft-Handover-Verbindung haben.

Der Term in der fünften Zeile berücksichtigt jene Interferenz, die durch Verwendung eines zusätzlichen Codebaumes entsteht. Wird keine Information über einen zusätzlichen Codebaum gesendet, so ist die Anzahl der Teilnehmer, die einen anderen Codebaum verwenden, gleich 0, also  $Q_z'' = 0$ , und der gesamte Term der fünften Zeile fällt weg. Wird jedoch Information über einen zusätzlichen Codebaum gesendet, so ist  $Q_z'' \neq 0$ , und es wird die Interferenzreduktion gemäß Faktor  $\alpha_{z,k}$  für alle Teilnehmer  $Q_z''$  die einen anderen Codebaum verwenden als der k-te Teilnehmer im Versorgungsgebiet der z-ten Sendestation, durch den Faktor  $(\alpha_{z,k} \beta_{z,k} - \beta_{z,k} + 1)$  ersetzt.  $\beta_{z,k}$  ist darin ein Maß für die Reduktion der Orthogonalität unter den Codebäumen und hat den Wertebereich  $[0..1]$ . Das bedeutet, dass für den Grenzfall  $\beta_{z,k} = 1 - \epsilon$ , so dass der Ausdruck  $(\alpha_{z,k} \beta_{z,k} - \beta_{z,k} + 1) = \alpha_{z,k} + \epsilon'$  ist, fast keine zusätzliche Interferenz entsteht. Für  $\beta_{z,k} = 0 + \epsilon$  gilt, dass die Orthogonalität unter den Codebäumen beinahe völlig zerstört wurde und es keine Reduktion der Interferenz im eigenen Versorgungsgebiet mehr gibt. Es folgt  $(\alpha_{z,k} \beta_{z,k} - \beta_{z,k} + 1) = 1 - \epsilon''$ .  $(\alpha_{z,k} \beta_{z,k} - \beta_{z,k} + 1)$  hat somit den Wertebereich  $[\alpha_{z,k}..1]$ .  $\epsilon, \epsilon'$  und  $\epsilon''$  sind beliebig klein.  $Z''$  ist die Anzahl jener Sendestationen, in deren Versorgungsgebiet sich Teilnehmer  $Q_z''$ , aufhalten, die von der z-ten Sendestation Signalleistung erhalten (also Soft-Handover-Verbindungen mit der z-ten Sendestation).

Weiters kommt (vgl. den 1. Term in der 6. Zeile der vorstehenden Beziehung) zur Interferenz für den k-ten Teilnehmer an der z-ten Sendestation hinzu, dass die benachbarten Sendestationen aufgrund der Strahlformung zu den in ihrem Versorgungsgebiet liegenden Teilnehmern, Störleistungen in Richtung des k-ten Teilnehmers der z-ten Sendestation senden. Daher sind für alle Sendestationen  $\hat{z} \neq z$  die jeweils zu den entsprechenden im Versorgungsgebiet der Sendestationen  $\hat{z} \neq z$  befindlichen Teilnehmern  $\hat{q}$  mittels Strahlformung (aber gegebenenfalls auch ohne) gesendeten Signalleistungen als Störleistung zum k-ten Teilnehmer an der z-ten Sendestation hinzuzuzählen.  $P_{\hat{z},\hat{q}}^{TX}$  bezeichnet dabei die Sendeleistung, die von der  $\hat{z} \neq z$ -ten Sendestation zum q-ten Teilnehmer gesendet wird. Die Superposition aller Störterme aller Z-Sendestationen ergibt somit die Störleistung am k-ten Teilnehmer der z-ten Sendestation.

Der Term  $N_{z,k}^t$  gibt schlussendlich die Summe aus thermischen Hintergrundrauschen und sog. man-made-Rauschen an, die von jedem k-ten Teilnehmer an der z-ten Sendestation identifiziert werden kann. Im Stand der Technik wird bei der Planung davon ausgegangen, dass dieser Term eine statistische unabhängige Größe von der Umgebung ist, d.h.  $N_{z,k}^t = N^t$ . Das widerspricht den Erkenntnissen von Messungen, die gezeigt haben, dass  $N_{z,k}^t$  sehr stark von der jeweiligen Position der Antenne abhängt.

Eine Vereinfachung bei der Ermittlung der Interferenz und somit eine Verringerung des zur Ermittlung notwendigen Aufwandes kann sich dadurch ergeben, dass die (im 1. Term der 6. Zeile angegebene) Störleistung jener Sendestationen, deren Beitrag und Einfluss zur gesamten am k-ten Teilnehmer der z-ten Sendestation auftretenden Störleistung bereits hinreichend klein ist, so dass eine gleichmäßig verteilte Störleistung angenommen werden kann.

Somit lässt sich ohne Einschränkung der Allgemeinheit die am k-ten Teilnehmer der z-ten Sendestation auftretende Störleistung  $I_{z,k}$  wie folgt ermitteln:

$$\begin{aligned} \tilde{I}_{z,k} &= \alpha_{z,k} \cdot I_{z,k}^{Intra,control} + \sum_{\substack{\hat{z}=1 \\ \hat{z} \neq z}}^Z I_{\hat{z},k}^{Inter,control} + \\ &+ \alpha_{z,k} \cdot \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq k}}^{Q_z} P_{z,q}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{z,q}^H \mathbf{R}_{z,k} \mathbf{w}_{z,q} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \alpha_{z,k} \cdot \sum_{\substack{z'=1 \\ z' \neq k}}^{Z'} \sum_{q'=1}^{Q_{z'}} P_{z',q'}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{z',q'}^H \mathbf{R}_{z',k} \mathbf{w}_{z',q'} + \\
 & + \sum_{q''=1}^{Q_z''} \sum_{\substack{z''=1 \\ z'' \neq z}}^{Z''} P_{z'',q''}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{z'',q''}^H \mathbf{R}_{z'',k} \mathbf{w}_{z'',q''} + \\
 & + (\alpha_{z,k} \cdot \beta_{z,k} - \beta_{z,k} + 1) \cdot \sum_{\substack{z'''=1 \\ z''' \neq z}}^{Z'''} \sum_{q'''=1}^{Q_{z'''}} P_{z''',q'''}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{z''',q'''}^H \mathbf{R}_{z''',k} \mathbf{w}_{z''',q'''} + \\
 & + \sum_{\substack{\tilde{z}=1 \\ \tilde{z} \neq z}}^{\tilde{Z}} \sum_{\substack{\tilde{q}=1 \\ \tilde{q} \neq k}}^{Q_{\tilde{z}}} P_{\tilde{z},\tilde{q}}^{TX} \cdot \mathbf{w}_{\tilde{z},\tilde{q}}^H \mathbf{R}_{\tilde{z},k} \mathbf{w}_{\tilde{z},\tilde{q}} + \\
 & + \sum_{\substack{\tilde{z}=\tilde{Z}+1 \\ \tilde{z} \neq \tilde{q} \\ \tilde{z} \neq z}}^{\tilde{Z}} \frac{\overline{P}_{\tilde{z}}^{TX}}{\overline{L}_{\tilde{z},k}} + N_{z,k}^t
 \end{aligned}$$

5

10

15

20

25

Dabei wird die exakte Berechnung der Störleistung der benachbarten Sendestationen (s. 6. Zeile) nur bis zu einer Anzahl von  $\tilde{Z}$  ( $\tilde{Z} < Z$ ) durchgeführt, da bei diesen Sendestationen eine gleichmäßige Störleistungsverteilung noch nicht zulässig ist. Erst wenn diese zulässig ist (Untersuchungen haben gezeigt, dass dies vom jeweiligen Ausbreitungsszenario abhängt), kann die vereinfachte gleichmäßige Zuzählung der Störterme erfolgen (s. 1. Ausdruck in der 7. Zeile). Diese Vereinfachung ist dadurch gekennzeichnet, dass die gemittelte Sendeleistung der  $\tilde{Z}$ -ten Sendestation um die mittlere Streckendämpfung  $\overline{L}_{\tilde{z},k}$ , welche zwischen der  $\tilde{Z}$ -ten Sendestation und dem k-ten Teilnehmer der z-ten Sendestation auftritt, reduziert (dividiert) wird.

30

35

Wie bereits erwähnt bedarf die Ermittlung der Störleistung in eine durch Strahlformung hervorgerufene Vorzugsrichtung in der Abwärtsstrecke nicht notwendigerweise der Gewichtsvektoren oder der Information der Kovarianzmatrix.

40

Ein Beispiel basierend auf der schematischen Darstellung in Fig. 8 soll dies veranschaulichen. So kann die erfindungsgemäße Technik beispielsweise dadurch implementiert werden, dass die - durch die von der Sendestation 21 mittels Strahlformung 21.8 an den Teilnehmer 25 gesendete Signalleistung 21.25 - in Richtung des Teilnehmers 25 hervorgerufene Störleistung 21.24 dadurch berechnet wird, dass ein vorgegebenes, beliebiges Antennendiagramm mit einer Amplitude entsprechend der Signalleistung 21.25 gewichtet wird. Schließlich wird lediglich der für die Störleistung 21.24 relevante Bereich des modifizierten Antennendiagramms (bzw. Leistungsdichtediagramms) zur Ermittlung der Störleistung 21.24 herangezogen.

45

### PATENTANSPRÜCHE:

50

1. Verfahren zur Interferenzermittlung in Mehrantennensystemen mit adaptiven Antennen in der Abwärtsstrecke, wobei für mögliche Teilnehmer in Versorgungsgebieten von Sendestationen jeweils Anteile von Sendeleistungen der zugehörigen Sendestationen sowie von anderen Sendestationen, die für jeweils andere Teilnehmer vorgesehen sind und vom jeweiligen Teilnehmer als Störleistung empfangen werden, auf der Basis von Strahlfor-

55

mungs-Größen zur Interferenzermittlung aufsummiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass die vom betrachteten Teilnehmer empfangenen Anteile von Sendeleistungen, die von der jeweils zugehörigen Sendestation im betrachteten Versorgungsgebiet für andere als den jeweils betrachteten Teilnehmer ausgesendet werden, mit einem Reduktionsfaktor ( $\alpha$ ) multipliziert als Störleistung berücksichtigt werden, und dass als zusätzliche Interferenzquellen zumindest die von der jeweils zugehörigen Sendestation in das betrachtete Versorgungsgebiet gesendete Kontrollinformation ( $I^{\text{intra}}$ ) sowie die von den anderen Sendestationen in das Versorgungsgebiet gesendeten Kontrollinformationen ( $I^{\text{inter}}$ ) als Störleistungs-Anteil ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die von der zugehörigen Sendestation gesendete Kontrollinformation ( $I^{\text{intra}}$ ) mit einem Reduktionsfaktor ( $\alpha$ ) multipliziert berücksichtigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kontrollinformations-Reduktionsfaktor ( $\alpha$ ) in seiner Größe gleich dem Reduktionsfaktor ( $\alpha$ ) für die Berücksichtigung der Anteile der zu den anderen Teilnehmern gesendeten Signalleistungen ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Fall einer "Soft-Handover"-Verbindung eines Teilnehmers mit zwei benachbarten Sendestationen die von diesen benachbarten Sendestationen zu anderen Teilnehmern gesendeten Teile der Sendeleistung als Störleistung berücksichtigt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zu den anderen Teilnehmern gesendeten Teile der Sendeleistung mit einem Reduktionsfaktor multipliziert als Störleistung berücksichtigt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Reduktionsfaktor in seiner Größe gleich dem Reduktionsfaktor für die Berücksichtigung der Anteile der zu den anderen Teilnehmern gesendeten Signalleistungen ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als zusätzliche Interferenzquelle im Fall von Systemen mit mehreren Codebäumen auch Störleistung aufgrund von mittels unterschiedlichem Codebaum gesendeter Signalinformation, unter Berücksichtigung der möglichen Reduktion der Orthogonalität unter den Codebäumen, berücksichtigt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung der Störleistung als zusätzliche Interferenzquelle auch das jeweils beim gegebenen Teilnehmer auftretende allgemeine Rauschen ( $N^{\text{t}}$ ) berücksichtigt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Berechnung der Störleistungs-Anteile der jeweils anderen (benachbarten) Sendestationen nur jener Teil berücksichtigt wird, für den die Annahme einer gleichmäßigen Störleistungsverteilung noch nicht zulässig ist, und dass darüber hinausgehend eine gemittelte Sendeleistung zugrunde gelegt wird.

**HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN**

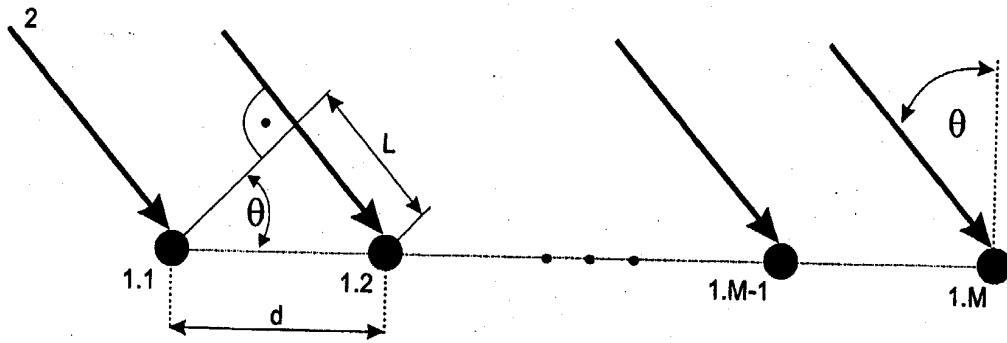


Fig. 1

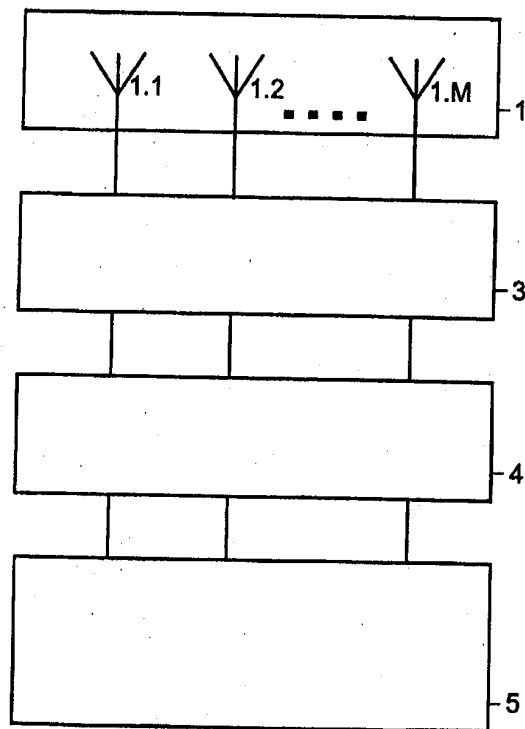


Fig. 2

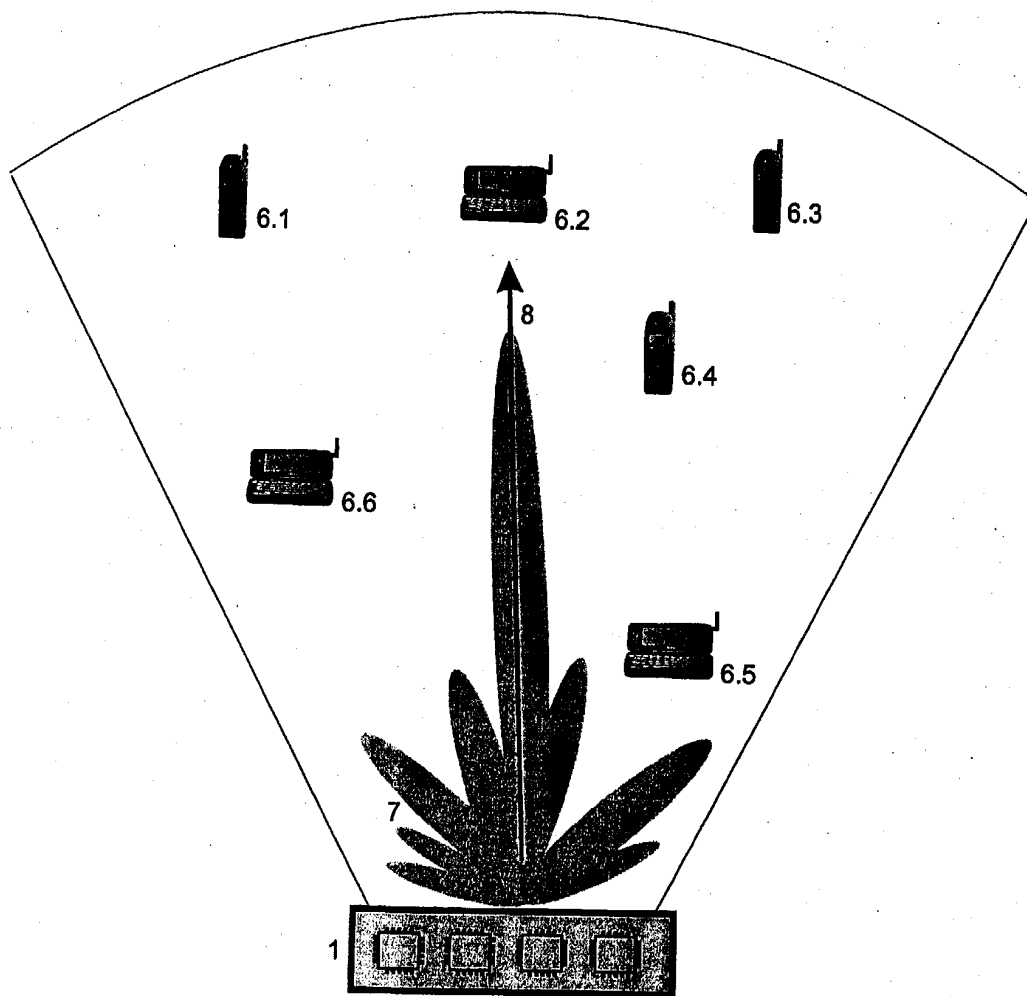


Fig. 3

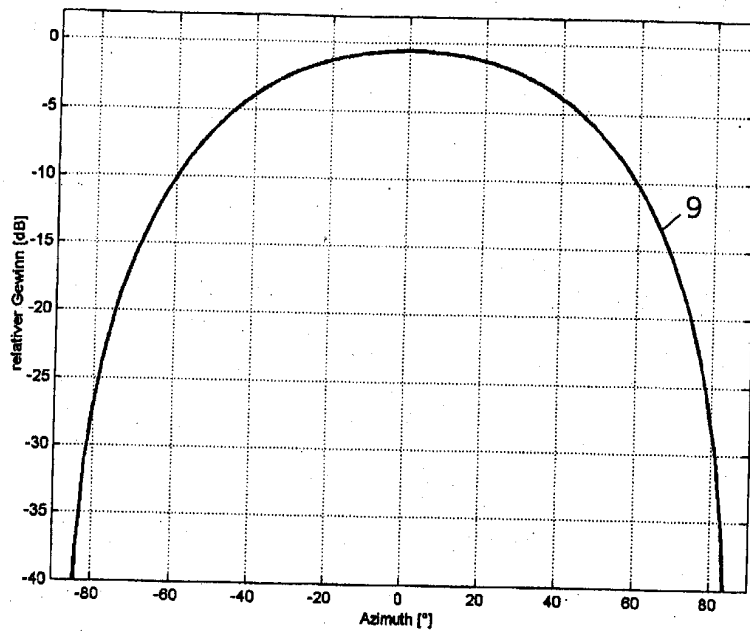


Fig. 4

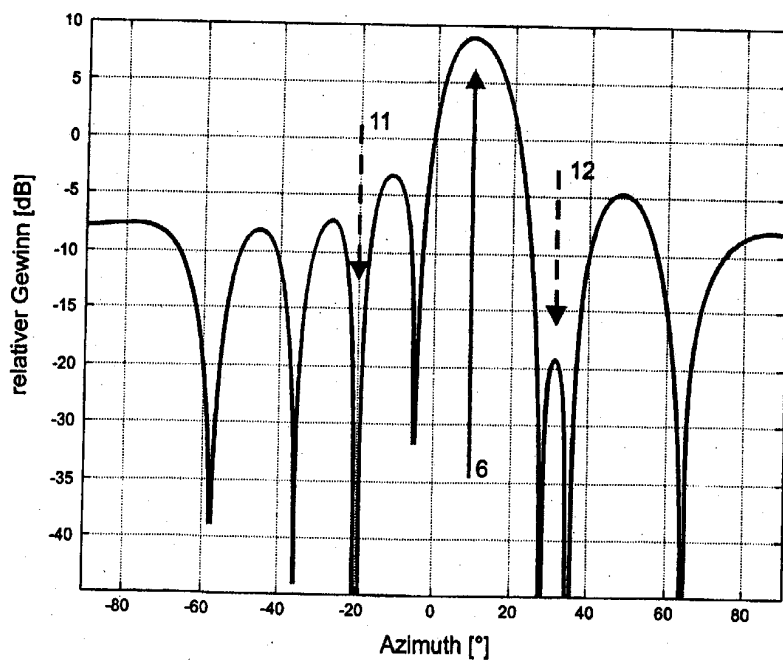


Fig. 5

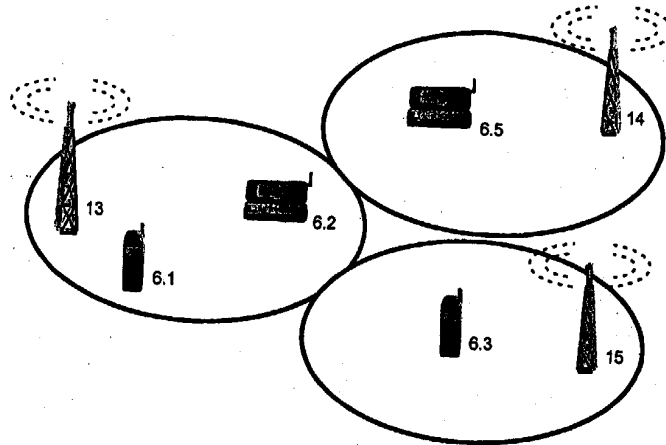


Fig. 6

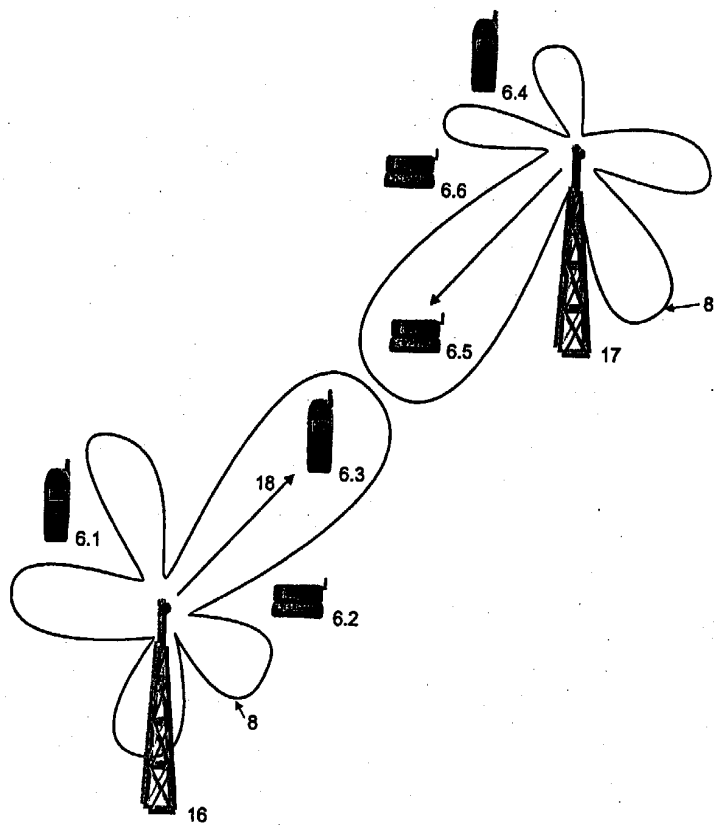


Fig. 7

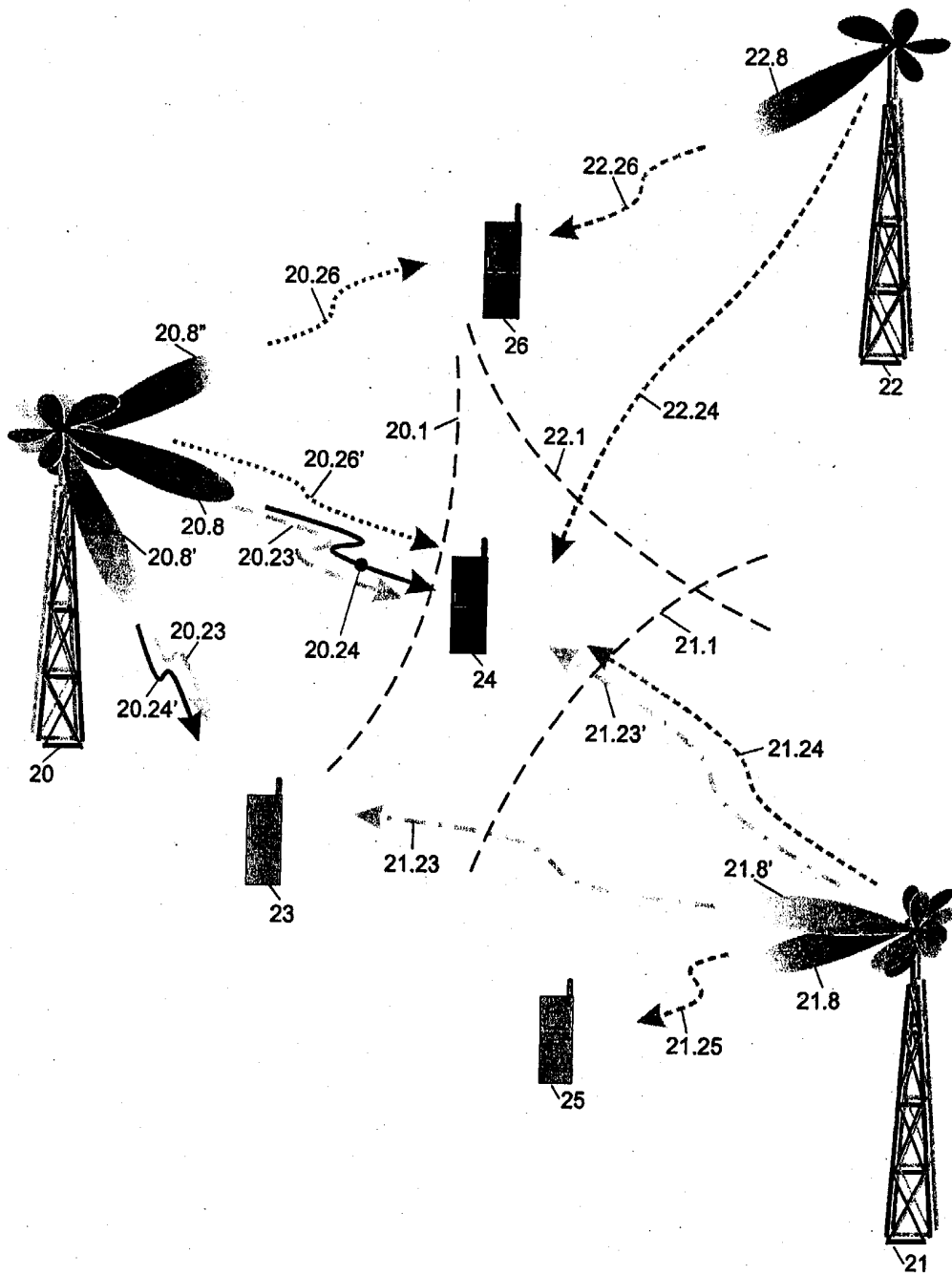


Fig. 8