

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. November 2001 (29.11.2001)

PCT

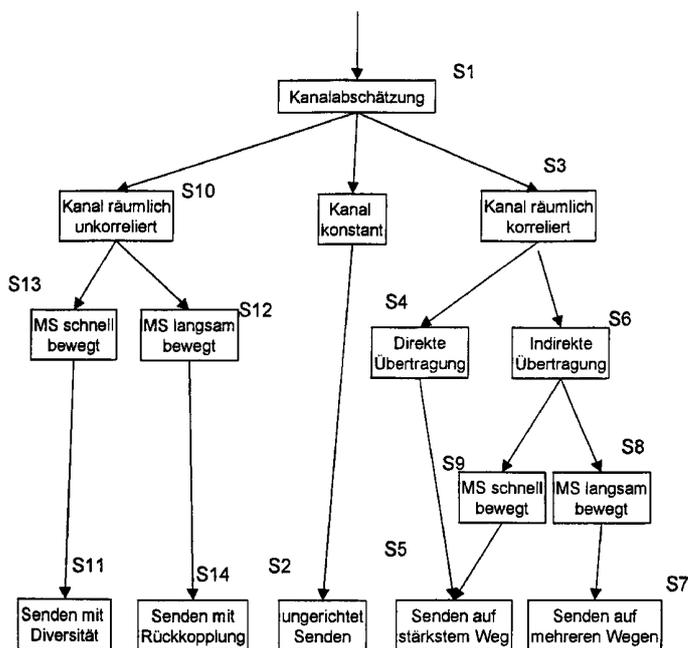
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/91325 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04B 7/06 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01970
- (22) Internationales Anmeldedatum: 22. Mai 2001 (22.05.2001) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BRUNNER, Christopher [DE/DE]; Grabenstr.49, 54516 Wittlich (DE). SEEGER, Alexander [DE/DE]; Wittelsbacher Str.15, 85622 Feldkirchen (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 25 987.1 25. Mai 2000 (25.05.2000) DE (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING THE FORMATION OF A DOWNLINK BEAM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STEuern DER DOWNLINK-STRAHLFORMUNG



- | | |
|--|---|
| S1 Channel estimation | S9 MS moved quickly |
| S10 Spatially uncorrelated channel
Constant channel | S8 MS moved slowly |
| S3 Spatially correlated channel | S11 Transmission with diversity |
| S13 MS moved quickly | S14 Transmission with feedback |
| S12 MS moved slowly | S2 Non-directional transmission |
| S4 Direct transmission | S5 Transmission over the strongest path |
| S6 Indirect transmission | S7 Transmission over several paths |

zum Uplinksignal und gerichtetes Senden

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling the downlink beam in a radio communication system, said radio communication system comprising an antenna system with several antenna elements (AE). The inventive method comprises the following steps: a) examining a received uplink signal sent by a transmitter for the existence of phase correlations between parts of the uplink signal (S1) received from various antenna elements of the antenna system, and b) if a phase correlation is detected (S3), assigning at least one source direction to the uplink signal and sending the downlink signal in the source direction (S5, S7). If a phase correlation is not detected (S10), however, the downlink signal is sent in a non-directional manner in the form of several components (S11) produced using at least one diversity technique.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Steuern des Downlinkstrahls in einem Funk-Kommunikationssystem mit einer mehrere Antennenelemente umfassenden Antenneneinrichtung (AE), mit den Schritten: Untersuchen eines von einem Sender kommend empfangenen Uplink-Signals auf das Bestehen von Phasenkorrelationen zwischen von verschiedenen Antennenelementen der Antenneneinrichtung empfangenen Anteilen des Uplink-Signals (S1), und bei Bestehen einer Phasenkorrelation (S3), Zuordnen wenigstens einer Herkunftsrichtung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 01/91325 A1



(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren zum Steuern der Downlink-Strahlformung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern der Downlink-Strahlformung in einem Funk-Kommunikationssystem mit einer mehrere Antennenelemente umfassenden Antenneneinrichtung.

10 In Funk-Kommunikationssystemen werden Nachrichten (Sprache, Bildinformation oder andere Daten) über Übertragungskanäle mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen (Funkschnittstelle) übertragen. Die Übertragung erfolgt sowohl in Abwärtsrichtung (downlink) von einer Basisstation zu einer Teilnehmerstation,
15 als auch in Aufwärtsrichtung (uplink) von der Teilnehmerstation zur Basisstation.

Signale, die mit den elektromagnetischen Wellen übertragen werden, unterliegen bei ihrer Ausbreitung in einem Ausbrei-
20 tungsmedium u.a. Störungen durch Interferenzen. Störungen durch Rauschen können u.a. durch Rauschen der Eingangsstufe des Empfängers entstehen. Durch Beugungen und Reflektionen durchlaufen Signalkomponenten verschiedene Ausbreitungswege. Dies hat zum einen die Folge, daß ein Signal am Empfänger oft
25 ein Gemisch von mehreren Beiträgen ist, die zwar von einem gleichen Sendesignal herrühren, die aber den Empfänger mehrfach, jeweils aus unterschiedlichen Richtungen, mit unterschiedlichen Verzögerungen, Dämpfungen und Phasenlagen erreichen können. Zum anderen können Beiträge des Empfangssignals
30 kohärent mit wechselnden Phasenbeziehungen beim Empfänger mit sich selbst interferieren und dort zu Auslöschungseffekten auf einem kurzfristigen Zeitmaßstab (fast fading) führen.

Es gibt zwei Klassen von Verfahren, um durch Verwendung von
35 Antenneneinrichtungen mit mehreren Elementen durch schnelles

Fading verursachte Übertragungsstörungen bzw. -unterbrechungen zu bekämpfen.

Die erste Gruppe basiert auf Diversitätstechniken, was vereinfacht gesagt bedeutet, daß das Downlink-Signal auf unterschiedlichen Kanälen zeitgleich übertragen wird, in der Erwartung, daß wenigstens einer dieser Kanäle an der Teilnehmerstation empfangbar sein wird. Es sind verschiedene Diversitätstechniken bekannt, z.B. Code-Diversität (Code Division Transmission Diversity (CDTD, auch als Orthogonal Transmit Diversity (OTD) bezeichnet), „zeitlich geschaltete Übertragungsdiversität“ (Time Switch Transmission Diversity TSTD) oder Auswahlübertragungsdiversität (Selection Transmission Diversity STD). Diese Techniken sind z.B. in Raitola et.al.,
10 Transmission Diversity in Whiteband CDMA, Proceedings of 49th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC'99 - Spring) Houston, Texas beschrieben. Übertragung mit Code-Diversität unter Anwendung von Space Time Block Codes sowie von TSTD ist auch in die Spezifikationen des Third Generation Partnership Project für Mobilfunknetze der 3. Generation aufgenommen worden,
15 siehe 3GTS 25.211 Version 3.1.1 (Technical Specification Group Radio Access Network: Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD), Version 3.1.0, Dezember 1999).

25

Code-Diversität bedeutet, daß jedes Antennenelement der Antenneneinrichtung die gleiche Nutzdatenfolge ausstrahlt, allerdings jeweils unter Verwendung eines anderen orthogonalen Codes codiert. Dabei gewährleistet insbesondere die Verwendung von Space Time Block Codes zur Codierung, daß die Beiträge unterschiedlicher Antennenelemente zum Downlink-Signal sich am Ort des Empfängers nicht gegenseitig auslöschen können. Die Selbstausschaltung eines einzelnen Beitrags ist jedoch nicht ausgeschlossen.

35

Bei TSTD wird das Downlink-Signal von unterschiedlichen Antennenelementen der Antenneneinrichtung jeweils im zeitlichen Wechsel nach einem vorgegebenen Muster ausgestrahlt.

- 5 Diesen Diversitätstechniken ist gemein, daß eine Rückmeldung darüber, mit welcher Qualität der Beitrag der einzelnen Antennenelemente am Empfänger eintrifft, unterbleibt, und daß deshalb die Verteilung von Sendeleistung auf die einzelnen Antennenelemente beim Sender praktisch „blind“ erfolgen muß.
- 10 Diese Techniken verfolgen also gewissermaßen eine Strategie der Risikostreuung: da auf seiten des Senders nicht bekannt ist, welcher von mehreren verfügbaren Codes oder welches Antennenelement zu einem gegebenen Zeitpunkt die beste Übertragung ermöglicht, werden mehrere Codes oder mehrere Antennenelemente gleichzeitig bzw. in schnellem Wechsel eingesetzt,
- 15 in der Erwartung, daß dadurch eine zwar nicht optimale aber brauchbare Übertragungsqualität im Mittel erreicht wird.

- Bei Auswahl-Übertragungsdiversität (STD), ebenfalls bei Raitola, a.a.O. beschrieben, wird auf Grundlage von Rückmeldungen über die Empfangsqualität vom Empfänger an den Sender zwischen Sender-Antennenelementen hin und her geschaltet.
- Diese Technik erlaubt es, die Verwendung von Antennenelementen, die zu einem gegebenen Zeitpunkt keine befriedigende Übertragung ermöglichen, gezielt zu vermeiden und die gesamte
- 25 mittlere Sendeleistung des Senders zu reduzieren.

- Falls sich der Übertragungskanal nur langsam ändert, besteht ferner die Möglichkeit, daß der Empfänger Gewichtungsvektoren ermittelt, mit denen die von den einzelnen Antennenelementen
- 30 ausgestrahlten Beiträge des Downlink-Signals senderseitig gemittelt werden sollten, um ein optimales Signal-Stör-Verhältnis zu ergeben, und diese Gewichtungswerte an den Sender zu übertragen.

All diesen Ansätzen ist gemeinsam, daß sie nur für Antennen-
einrichtungen mit maximal zwei Antennenelementen tauglich
sind. Wenn nämlich Gewichtungsvektoren ermittelt und an den
Sender übertragen werden müssen, nimmt die dafür benötigte
5 Bandbreite mit der Zahl der Antennenelemente zu; die tatsäch-
lich für eine solche Übertragung verfügbare Bandbreite ist
jedoch eng begrenzt. Daher wird die Steuerung durch rücküber-
tragene Gewichtungsvektoren um so träger, je mehr Antenne-
elemente beteiligt sind. Bei den Diversitätstechniken wie
10 OTD, TSTD, erreicht man zwar durch Verwendung zusätzlicher
Antennenelemente einen Diversitätsgewinn; dieser ist jedoch
beim Übergang von zwei auf vier Antennenelemente deutlich ge-
ringer als beim Übergang von einem Antennenelement auf zwei,
d.h. die durch die Steigerung der Zahl der Antennenelemente
15 erzielbaren Vorteile sind gering im Verhältnis zum Aufwand.
Außerdem bieten diese Ansätze keine Lösung für das Problem
der Störung einzelner Empfänger eines Funk-
Kommunikationssystems durch für andere Empfänger bestimmte
Downlink-Signale.

20

Eine Lösung dieses Problems wird durch strahlformende Verfah-
ren erreicht. Als Beispiel für ein solches Verfahren kann DE
198 03188 A1 genannt werden. Aus dieser Schrift ist ein Ver-
fahren bekannt, bei dem eine räumliche Kovarianzmatrix für
25 eine Verbindung von einer Basisstation zu einer Teilnehmer-
station bestimmt wird. In der Basisstation wird ein Eigenvek-
tor aus der Kovarianzmatrix berechnet und für die Verbindung
als ein Strahlformungsvektor verwendet. Die Sendesignale für
die Verbindung werden mit dem Strahlformungsvektor gewichtet
30 und Antennenelementen zur Abstrahlung zugeführt.

Anschaulich gesprochen ermittelt dieses Verfahren in einer
Umgebung mit Mehrwegausbreitung einen Ausbreitungsweg mit gu-
ten Übertragungseigenschaften und konzentriert die Sendeleis-
35 tung der Basisstation räumlich auf diesen Ausbreitungsweg.

Dadurch kann jedoch nicht verhindert werden, daß Interferenzen auf diesem Übertragungsweg kurzfristig zu Signalauslösungen und somit zu Unterbrechungen der Übertragung führen können.

5

Durch die gerichtete Abstrahlung des Downlink-Signals ist es bei diesem Verfahren möglich, Störungen anderer Empfänger durch ein nicht für sie bestimmtes Downlink-Signal erheblich zu reduzieren. Es kann jedoch nicht verhindert werden, daß
10 Interferenzen auf dem gerichteten Ausbreitungsweg kurzfristig zu Signalauslösungen und somit zu Unterbrechungen der Übertragung führen. Außerdem ist das Verfahren darauf angewiesen, daß dem Uplink-Signal eine Herkunftsrichtung zugeordnet werden kann, um das Downlink-Signal gezielt in diese abstrahlen
15 zu können. Dies ist jedoch nicht überall möglich. Insbesondere in Mikrozellen, etwa innerhalb von Gebäuden, kann es infolge von Vielfachreflexion unmöglich sein, einem Uplink-Signal eine Herkunftsrichtung zuzuordnen. In einer solchen Umgebung sind durch Strahlformung keine besseren Übertra-
20 gungsqualitäten erreichbar als durch ungerichtetes Senden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, das es einem Sender in einem Funk-Kommunikationssystem erlaubt, einen Downlink-Strahl in einer
25 jeweils an die aktuelle Sende- und Empfangssituation angepaßten Weise zu steuern.

Die Aufgabe wird durch das Verfahren mit dem Merkmal des Patentanspruchs 1 gelöst. Das Verfahren ist in einer Basissta-
30 tion eines Funk-Kommunikationssystems ausführbar, das eine Antenneneinrichtung mit mehreren Antennenelementen aufweist. Es sieht die Schritte des Untersuchens eines von einer Teilnehmerstation kommend empfangenen Uplink-Signals auf das Bestehen von Phasenkorrelationen zwischen von verschiedenen An-
35 tennenelementen der Antenneneinrichtung empfangenen Anteilen des Uplink-Signals und die Steuerung des Downlink-Strahls in Abhängigkeit von dem Ergebnis dieser Untersuchung vor. Wenn

eine Phasenkorrelation festgestellt wird, wird dem Uplink-Signal wenigstens eine Herkunftsrichtung zugeordnet, und das Downlink-Signal wird gerichtet in diese Herkunftsrichtung gesendet. Wenn das Nichtbestehen einer Phasenkorrelation festgestellt wird, wird das Downlink-Signal ungerichtet in Form von mehreren Beiträgen gesendet, die unter Einsatz wenigstens einer Diversitätstechnik erzeugt werden. Diese Diversitätstechnik kann unter einer Vielzahl verschiedener möglicher Techniken wie etwa Zeit-Diversität, Antennen-Diversität, Code-Diversität, Frequenz-Diversität ausgewählt sein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand von abhängigen Ansprüchen.

Falls bei Bestehen einer Phasenkorrelation zusätzlich das Bestehen eines direkten Übertragungsweges für das Uplink-Signal ermittelt wird, wird das Downlink-Signal zweckmäßigerweise ausschließlich in die Richtung des einen Uplink-Signals gesendet. In diesem Fall wird nur ein einziger Übertragungsweg für das Downlink-Signal genutzt, was aber aufgrund der geringen Anfälligkeit des direkten Übertragungsweges für schnelles Fading vertretbar ist und eine effektive Nutzung der verfügbaren Übertragungskanäle durch die Basisstation erlaubt.

Das Bestehen eines direkten Übertragungsweges ist für die Basisstation vorzugsweise erkennbar an der zeitlichen Unveränderlichkeit desjenigen Beitrags des Uplink-Signals, der die Basisstation mit der geringsten Laufzeit erreicht.

Wenn ein solcher direkter Übertragungsweg nicht vorhanden ist, ist es hingegen zweckmäßig, mehrere Herkunftsrichtungen des Uplink-Signals zu ermitteln und das Downlink-Signal in die mehreren Richtungen gerichtet zu senden, so daß in diesem Fall eine mögliche Auslöschung auf einem Übertragungsweg nicht zu einer Unterbrechung des Empfangs durch die Teilnehmerstation führen kann.

Bei der Untersuchung des Uplink-Signals auf das Bestehen von Phasenkorrelationen wird zweckmäßigerweise eine gemittelte räumliche Kovarianzmatrix der Anteile des Uplink-Signals erzeugt, und das Nichtbestehen von Phasenkorrelationen wird angenommen, wenn die gemittelte Kovarianzmatrix im wesentlichen diagonal ist. Dabei wird man von einer im wesentlichen diagonalen Matrix insbesondere dann sprechen, wenn die nicht-diagonalen Koeffizienten der Matrix in der Größenordnung der Meßgenauigkeit des zur Erzeugung der Kovarianzmatrix eingesetzten Verfahrens liegen.

Ein Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

15

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Mobilfunknetzes

Fig. 2 ein Blockschaltbild der Basisstation;

20

Fig. 3 ein Diagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 1 zeigt die Struktur eines Funk-Kommunikationssystems, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar ist. Es besteht aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC, die untereinander vernetzt sind bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN herstellen. Weiterhin sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden. Jeder Basisstationscontroller BSC ermöglicht wiederum eine Verbindung zu zumindest einer Basisstation BS. Eine solche Basisstation BS kann über eine Funkschnittstelle eine Nachrichtenverbindung zu Teilnehmerstationen MS aufbauen. Hierfür sind wenigstens einzelne der Basisstationen BS mit Antenneneinrichtungen AE ausgerüstet, die mehrere Antennenelemente ($A_1 - A_M$) aufweisen.

35

In Fig. 1 sind beispielhaft Verbindungen V_1, V_2, \dots, V_k zur Übertragung von Nutzinformationen und Signalisierungsinforma-

tionen zwischen Teilnehmerstationen MS1, MS2, ..., MSk, ..., MSn und einer Basisstation BS dargestellt. Unterschiedliche Übertragungswege der Verbindung V_k sind durch Pfeile zwischen der Basisstation BS und der Teilnehmerstation MSk symbolisiert. Ein Operations- und Wartungszentrum OMC realisiert Kontroll- und Wartungsfunktionen für das Mobilfunknetz bzw. für Teile davon. Die Funktionalität dieser Struktur ist auf andere Funk-Kommunikationssysteme übertragbar, in denen die Erfindung zum Einsatz kommen kann, insbesondere für Teilnehmerzugangnetze mit drahtlosem Teilnehmeranschluß.

Figur 2 zeigt schematisch den Aufbau des Empfangsteils einer Basisstation BS zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Basisstation BS umfaßt eine Antenneneinrichtung AE mit mehreren Antennenelementen A_1, A_2, \dots, A_M , die das von der Teilnehmerstation MSk ausgestrahlte Uplink-Signal empfangen. Das ins Basisband umgesetzte Empfangssignal jedes Antennenelements wird einem sogenannten Rake Searcher RS zugeführt, der dazu dient, Laufzeitunterschiede von Beiträgen des Uplink-Signals zu messen, die das Antennenelement auf unterschiedlichen Ausbreitungswegen erreicht haben. Das Empfangssignal liegt ferner an einem Rake-Verstärker RA an, der eine Mehrzahl von Rake-Fingern umfaßt, von denen drei in der Figur dargestellt sind, und die jeweils ein Verzögerungsglied DEL und einen Entspreizer-Entscrambler EE aufweisen. Die Verzögerungsglieder DEL verzögern das Empfangssignal jeweils um einen vom Rake-Searcher RS gelieferten Verzögerungswert $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$. Die Entspreizer-Entscrambler EE liefern an ihren Ausgängen jeweils eine Folge von abgeschätzten Symbolen, wobei die Ergebnisse der Abschätzung für die einzelnen Entscrambler aufgrund unterschiedlicher Phasenlagen des Downlink-Signals zu Entscrambling- und Spreizcode in den einzelnen Fingern des Rake-Verstärkers unterschiedlich sein können.

Die von den Entspreizern-Entscramblern EE gelieferten Symbolfolgen bilden Eingangssignale eines Kombinierers C, der die

Vielzahl von Symbolfolgen zu einer abgeschätzten Symbolfolge zusammenfügt.

In den von den Entspreizern-Entscramblern EE gelieferten Symbolfolgen sind auch die Ergebnisse der Abschätzung von Trainingssequenzen enthalten, die von den Teilnehmerstationen MS1, MS2, ..., MSk, ..., MSn ausgestrahlt werden, und die für die einzelnen Teilnehmerstationen quasi-orthogonal und charakteristisch sind. Ein Signalprozessor SP dient zum Vergleich der Ergebnisse der Abschätzung dieser Trainingssequenzen mit den der Basisstation bekannten, tatsächlich von den Teilnehmerstationen gesendeten Symbolen der Trainingssequenzen. Indem dieser Vergleich jeweils für jeden Finger des Rake-Verstärkers RA, d. h. für jede vom Rake-Searcher RS gefundene Verzögerung bzw. jeden Tap, einzeln durchgeführt wird, kann die Impulsantwort des Übertragungskanals zwischen Basisstation BS und Teilnehmerstation MSk für jedes Antennenelement A_1, A_2, \dots, A_M und jeden Tap einzeln erhalten werden. Der Signalprozessor SP fügt für jeden Tap die Impulsantworten aller Antennenelemente A_1, \dots, A_M in der z.B. aus der zitierten DE 198 03 188 bekannten Weise zu einer räumlichen Kovarianzmatrix R_{xx} zusammen.

Die Auswertung der so erhaltenen Kovarianzmatrizen R_{xx} durch eine Steuereinheit SE wird anhand des Diagramms der Figur 3 näher erläutert. Die Steuereinheit SE bildet zunächst einen Mittelwert \bar{R}_{xx} über eine große Zahl von nacheinander erzeugten Kovarianzmatrizen R_{xx} , um die Einflüsse von schnellem Fading auf den Kanal auszumitteln. Ferner werden Schwankungsbreiten für Koeffizienten der Kovarianzmatrizen ermittelt (Schnitt S1, Kanalabschätzung). Falls diese Schwankungsbreiten kleiner als ein passend festzulegender Grenzwert sind, der Übertragungskanal sich also im Laufe der Zeit nicht ändert, so ist dies ein Hinweis darauf, daß die Teilnehmerstationen und auch Reflektoren, an denen das von der Teilnehmerstation ausgestrahlte Uplink-Signal auf seinem Wege zur Basisstation reflektiert wird, sich nicht bewegen. In einem

solchen Fall ist die Ausmittelung des schnellen Fadings nicht möglich, und die Form der Kovarianzmatrix läßt keinen Rückschluß auf Kanaleigenschaften wie Herkunftsrichtung des Uplink-Signals, mittlere Dämpfung etc. zu.

5

Dieses Ergebnis wird von der Steuereinheit SE an das Sendeteil TX (Fig. 2) der Basisstation weitergegeben, um eine ungerichtete Ausstrahlung des Downlink-Signals zu veranlassen (Schritt S2). Aufgrund der langsamen Veränderlichkeit des Übertragungskanals ist es in diesem Fall möglich, daß die Teilnehmerstation MSk die Beiträge der einzelnen Antennenelemente in dem von ihr empfangenen Downlink-Signal identifiziert, einen Gewichtungsvektor $w^{(k)}$ für die Antennenelemente berechnet, die ihr einen optimalen Empfang ermöglichen, daß sie diesen Gewichtungsvektor $w^{(k)}$ an die Basisstation überträgt und die Basisstation das Downlink-Signal $S_k(t)$ vor dem Abstrahlen durch ein Antennenelement mit dem diesem Antennenelement A_i zugeordneten Koeffizienten $w_i^{(k)}$, $i=1, \dots, M$ des Gewichtungsvektors multipliziert.

20

Wenn die Untersuchung der Schwankungsbreite der Koeffizienten der Kovarianzmatrix \bar{R}_x durch die Steuereinheit SE ergibt, daß der Übertragungskanal nicht konstant ist, so entscheidet die Steuereinheit SE, ob dem empfangenen Uplink-Signal eine Herkunftsrichtung zugeordnet werden kann. Diese Möglichkeit besteht immer dann, wenn eine Phasenbeziehung zwischen von verschiedenen Antennenelementen der Basisstation empfangenen Uplink-Signalen besteht, d.h., wenn die Kovarianzmatrix \bar{R}_x nichtverschwindende Komponenten abseits der Diagonalen aufweist. Die Information über die Herkunftsrichtung des Uplink-Signals ist in den Eigenvektoren der Kovarianzmatrix \bar{R}_x enthalten; ihre Koeffizienten geben die relativen Phasenlagen an, mit denen ein kohärentes Uplink-Signal die einzelnen Antennenelemente erreicht.

35

Wenn eine Phasenbeziehung zwischen den an den einzelnen Antennenelementen eintreffenden Uplink-Signalen existiert, mit

anderen Worten, wenn der Kanal räumlich korreliert ist (Schritt S3), und die Steuereinheit SE dies an den nichtdiagonalen Elementen der Kovarianzmatrix \bar{R}_x erkennt, so ermittelt sie in der Folge, ob eine direkte Übertragungsverbindung
5 zwischen der Basisstation und der Teilnehmerstation besteht. Ein solcher direkter Übertragungsweg ist immer der kürzeste mögliche Übertragungsweg, folglich kann unter mehreren zeitlich gegeneinander versetzten Beiträgen des empfangenen Uplink-Signals nur der früheste einer direkten Übertragungs-
10 verbindung entsprechen. Wenn dieser früheste Beitrag sich ferner durch eine konstante Amplitude auszeichnet, erkennt die Steuereinheit SE daran, daß ein direkter Übertragungsweg vorhanden ist (Schritt S4), und veranlaßt eine gerichtete Ausstrahlung des Downlink-Signals in die dem direkten Über-
15 tragungsweg entsprechende Herkunftsrichtung (Schritt S5). Falls Uplink und Downlink die gleichen Frequenzen benutzen, genügt es für eine solche Strahlformung des Downlink-Strahls, die von den einzelnen Antennenelementen abzustrahlenden Beiträge des Downlink-Signals mit den Koeffizienten desjenigen
20 Eigenvektors $w^{(k)}$ zu gewichten, der diesem Übertragungsweg entspricht. Falls die Frequenzen von Uplink und Downlink unterschiedlich sind, können die Phasen der Komponenten dieses Eigenvektors in dem Fachmann vertrauter Weise in Laufzeitdifferenzen und diese unter Zugrundelegung der Downlink-Frequenz
25 wiederum in Phasendifferenzen umgerechnet werden, um so einen Gewichtungsvektor $w^{(k)}$ für die Strahlformung des Downlink-Strahls zu erhalten.

Falls keine direkte Übertragungsverbindung zwischen Basissta-
30 tion und Teilnehmerstation festgestellt wird (Schritt S6), die bestehenden Übertragungswege also wenigstens eine Reflexion beinhalten, so besteht die Gefahr, daß einer dieser Übertragungswege durch schnelles Fading kurzzeitig ausfällt. Diesem Problem wird begegnet, in dem die Steuereinheit SE in
35 einem solchen Fall nicht nur einen einzigen Eigenvektor $w^{(k)}$ der Kovarianzmatrix ermittelt, sondern aus der Gesamtheit der Eigenvektoren der Kovarianzmatrix diejenigen auswählt, die

die größten Eigenwerte aufweisen. Diese Eigenvektoren entsprechen den Übertragungswegen mit der geringsten Dämpfung. Durch gleichzeitiges Ausstrahlen des Downlink-Signals in die Herkunftsrichtungen von wenigstens zweien dieser Übertra-
5 gungswege (Schritt S7) wird das Risiko einer Übertragungsunterbrechung minimiert.

Einer Weiterentwicklung der Erfindung zufolge kann die Steuereinheit SE im Falle des Nichtbestehens eines direkten Übertragungsweges zusätzlich eine Differenzierung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit vornehmen, mit der sich die Teilnehmerstation relativ zur Basisstation bewegt. Wenn diese Geschwindigkeit sehr groß ist, so führt dies zu einer inhärenten Zeit-Diversität, weil die Teilnehmerstation sich an Stellen, an denen eine destruktive Interferenz des Downlink-Signals stattfindet, jeweils nur sehr kurz aufhält, und dadurch bedingte Empfangsunterbrechungen durch Fehlerkorrektur kompensiert werden können. Die Steuereinheit ist in der Lage, die Bewegungsgeschwindigkeit der Teilnehmerstation anhand der
10 Geschwindigkeit abzuschätzen, mit der sich die Eigenvektoren der gemittelten räumlichen Kovarianzmatrix ändern. Wenn diese Geschwindigkeit unter einem gegebenen Grenzwert bleibt, die Teilnehmerstation sich also langsam bewegt (Schritt S8), wird der Downlink-Strahl auf mehreren Übertragungswegen gleichzeitig abgestrahlt (Schritt S7), wenn die Geschwindigkeit der
15 Teilnehmerstation größer ist (Schritt S9), wird nur in Richtung des Übertragungsweges mit der geringsten Dämpfung abgestrahlt (Schritt S5).

30 Wenn sich der Kanal als räumlich unkorreliert erweist (Schritt S10), ist durch auf die gemittelte räumliche Kovarianz gestützte Strahlformung keine Verbesserung der Übertragungsqualität zu erreichen. In einem solchen Fall veranlaßt die Steuereinheit gemäß einer einfacheren Ausgestaltung des
35 Verfahrens die Ausstrahlung des Downlink-Signals unter Verwendung einer oder mehreren Diversitätstechniken wie etwa OTD, TSTD oder STD (Schritt S11).

Einer Weiterbildung des Verfahrens zufolge kann zusätzlich zwischen schnell und langsam bewegten Teilnehmerstationen unterschieden werden, wobei die Verwendung der genannten Diversitätstechniken Schritt S11) auf schnell bewegte Teilnehmerstationen (Schritt S13) beschränkt bleibt. Im Falle einer langsam bewegten Teilnehmerstation (Schritt S12), bei der sich auch die Eigenschaften des Übertragungskanals langsam ändern, ist wie im bereits oben behandelten Fall des unveränderlichen Kanals die Ausstrahlung des Downlink-Signals unter Verwendung von durch Rückkopplung von der Teilnehmerstation optimierten Gewichtungsvektoren (Schritt S14) bevorzugt. Auf diese Weise ist ein gerichtetes Abstrahlen des Downlink-Signals auch in solchen Situationen möglich, wo das Uplink-signal zu jeder Zeit oder zumindest meistens eine Herkunftsrichtung besitzt, diese Herkunftsrichtung jedoch so schnell variiert, daß sie in der gemittelten Kovarianzmatrix \bar{R}_{xx} nicht mehr erkennbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern des Downlinkstrahls in einem Funk-Kommunikationssystem mit einer mehrere Antennenelemente umfassenden Antenneneinrichtung (AE), mit den Schritten
5 a) Untersuchen eines von einem Sender (MSK) kommend empfangenen Uplink-Signals auf das Bestehen von Phasenkorrelationen zwischen von verschiedenen Antennenelementen der Antenneneinrichtung (AE) empfangenen Anteilen des Uplink-Signals, und
10 b) bei Bestehen einer Phasenkorrelation, Zuordnen wenigstens einer Herkunftsrichtung zum Uplinksignal und gerichtetes Senden des Downlinksignals in die Herkunftsrichtung, und
15 bei Nichtbestehen einer Phasenkorrelation ungerichtetes Senden des Downlinksignals in Form von mehreren unter Einsatz wenigstens einer Diversitätstechnik erzeugten Beiträgen.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei konstantem Kanal das Downlink-Signal ungerichtet in Form von mehreren unter Anwendung wenigstens einer Diversitätstechnik erzeugter Beiträge gesendet wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Diversitätstechnik unter Zeitdiversität, Antennendiversität, Codediversität, Frequenzdiversität ausgewählt wird.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 2 und Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei konstantem und/oder langsam veränderlichem Kanal eine Information über im Downlink-Signal zu verwendende relative Sendeleistungen der Beiträge im Uplink-Signal übertragen wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Bestehen einer Phasenkorrelation

und Bestehen eines direkten Übertragungsweges für das Uplink-Signal die Herkunftsrichtung des Uplink-Signals ermittelt und das Downlinksignal ausschließlich in die Richtung des einen Uplink-Signals gesendet wird.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Bestehen eines direkten Übertragungsweges festgestellt wird, wenn die Amplitude des zeitlich frühesten Beitrags des Uplink-Signals zeitlich unveränderlich ist.

10

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Bestehen einer Phasenkorrelation und Nichtbestehen eines direkten Übertragungsweges für das Uplink-Signal mehrere Herkunftsrichtungen des Uplink-Signals ermittelt und das Downlinksignal in die mehreren Richtungen jeweils gerichtet gesendet wird.

15

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit der Änderung der Herkunftsrichtungen erfaßt wird und daß das Downlink-Signal nur in die Herkunftsrichtung des stärksten Beitrags zum Uplink-Signal gesendet wird, wenn die Geschwindigkeit einen Grenzwert übersteigt.

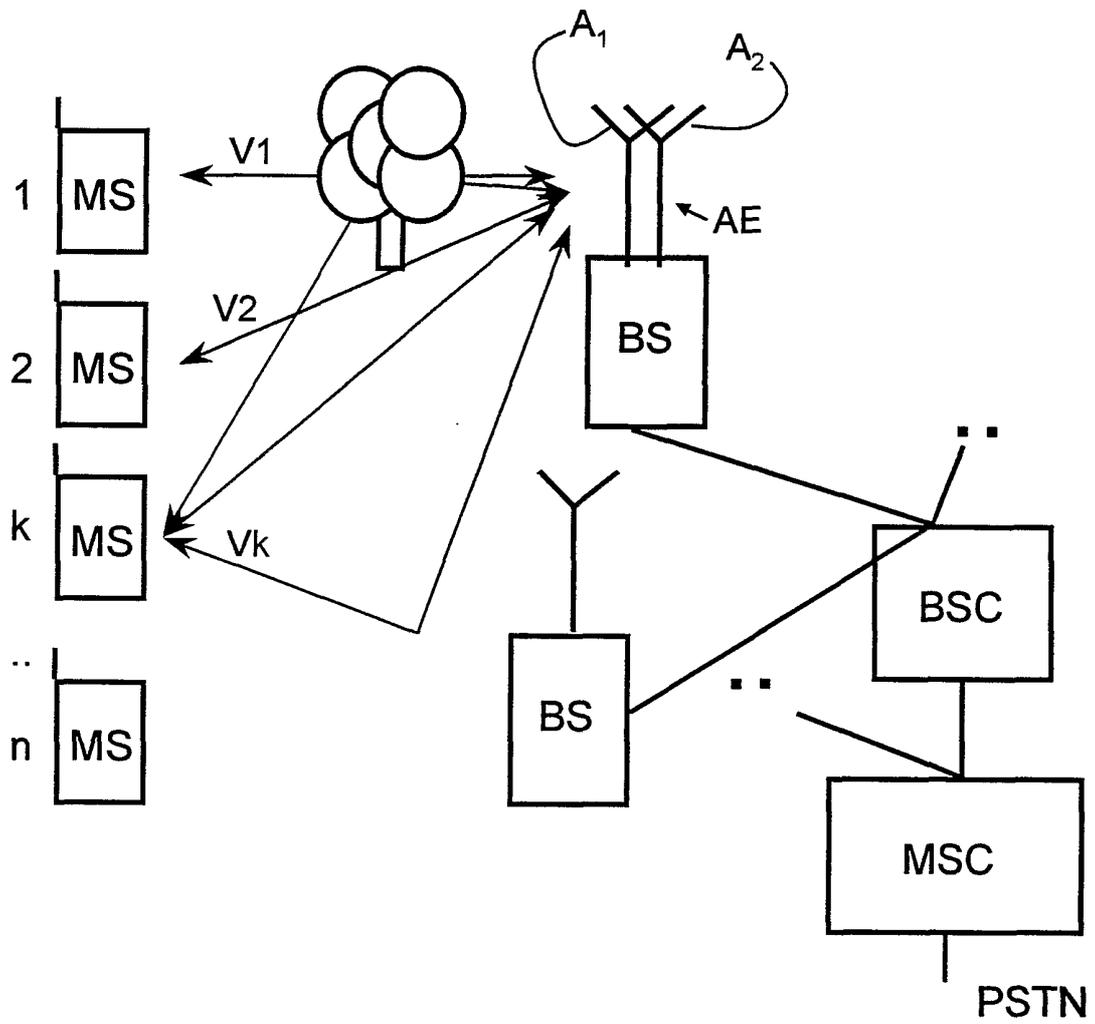
20

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Untersuchung des Uplink-Signals auf das Bestehen von Phasenkorrelationen eine gemittelte Kovarianzmatrix der Anteile des Uplink-Signals erzeugt und das Nichtbestehen von Phasenkorrelation angenommen wird, wenn die gemittelte Kovarianzmatrix im wesentlichen diagonal ist.

25

30

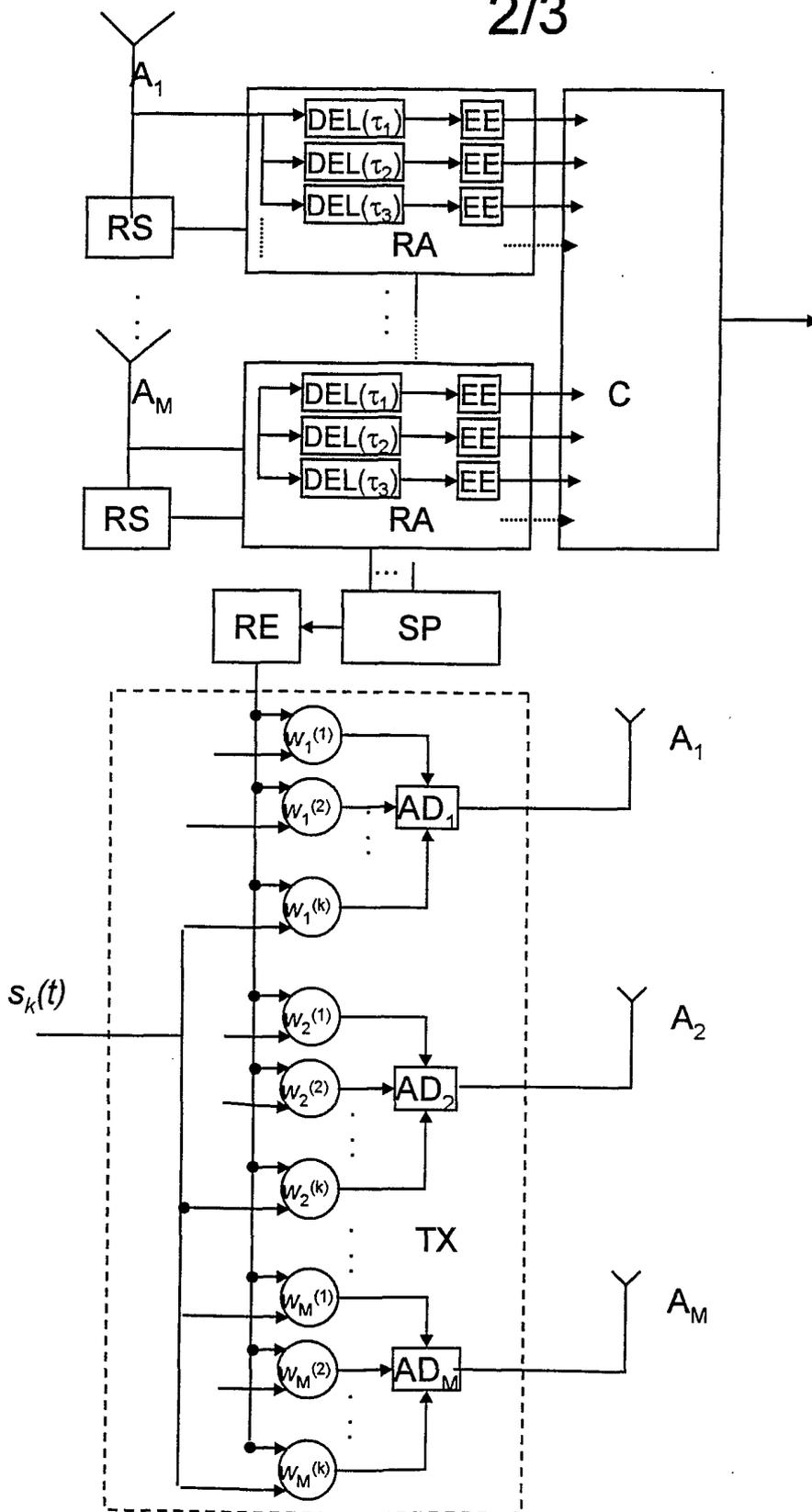
Fig.1



(Stand der Technik)

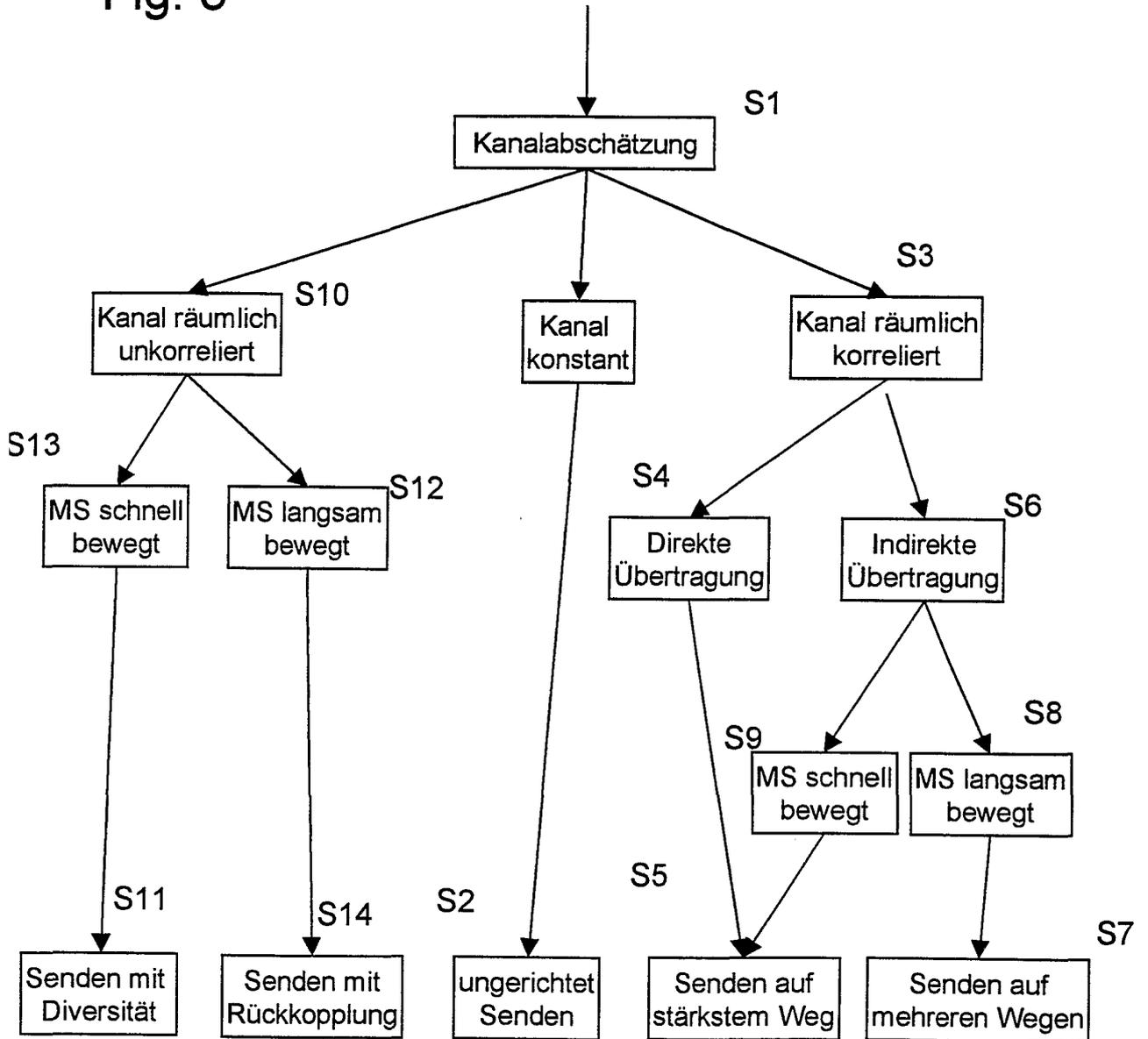
2/3

Fig. 2



3/3

Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 01/01970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B7/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 35764 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;KATZ MARCOS (FI); YLITALO JUHA (FI)) 15 July 1999 (1999-07-15) abstract page 3, line 24 -page 4, line 30	1-9
A	WO 98 27669 A (CWILL TELECOMMUNICATIONS INC) 25 June 1998 (1998-06-25) abstract page 10, line 24 -page 11, line 9 page 11, line 26 -page 12, line 18 page 15, line 1 - line 10	1-9
A	EP 0 817 308 A (ITALTEL SPA) 7 January 1998 (1998-01-07) abstract page 3, line 12 - line 17	1-9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 November 2001

Date of mailing of the international search report

09/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lustrini, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 01/01970

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9935764	A	15-07-1999	FI 980035 A	10-07-1999
			AU 9544198 A	26-07-1999
			CN 1285979 T	28-02-2001
			EP 1053601 A1	22-11-2000
			WO 9935764 A1	15-07-1999
			NO 20003512 A	07-09-2000
WO 9827669	A	25-06-1998	US 6122260 A	19-09-2000
			AU 731437 B2	29-03-2001
			AU 5524398 A	15-07-1998
			EP 0953235 A1	03-11-1999
			JP 2001506833 T	22-05-2001
			WO 9827669 A1	25-06-1998
EP 0817308	A	07-01-1998	IT MI961369 A1	05-01-1998
			EP 0817308 A2	07-01-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

FCI/DE 01/01970

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B7/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B H01Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 99 35764 A (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY ;KATZ MARCOS (FI); YLITALO JUHA (FI)) 15. Juli 1999 (1999-07-15) Zusammenfassung Seite 3, Zeile 24 -Seite 4, Zeile 30	1-9
A	WO 98 27669 A (CWILL TELECOMMUNICATIONS INC) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Zusammenfassung Seite 10, Zeile 24 -Seite 11, Zeile 9 Seite 11, Zeile 26 -Seite 12, Zeile 18 Seite 15, Zeile 1 - Zeile 10	1-9
A	EP 0 817 308 A (ITALTEL SPA) 7. Januar 1998 (1998-01-07) Zusammenfassung Seite 3, Zeile 12 - Zeile 17	1-9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
2. November 2001	09/11/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Lustrini, D
---	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 01/01970

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9935764	A	15-07-1999	FI 980035 A	10-07-1999
			AU 9544198 A	26-07-1999
			CN 1285979 T	28-02-2001
			EP 1053601 A1	22-11-2000
			WO 9935764 A1	15-07-1999
			NO 20003512 A	07-09-2000
WO 9827669	A	25-06-1998	US 6122260 A	19-09-2000
			AU 731437 B2	29-03-2001
			AU 5524398 A	15-07-1998
			EP 0953235 A1	03-11-1999
			JP 2001506833 T	22-05-2001
			WO 9827669 A1	25-06-1998
EP 0817308	A	07-01-1998	IT MI961369 A1	05-01-1998
			EP 0817308 A2	07-01-1998