



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2009 001 813.0
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/EP2009/063085
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2010/040799
(86) PCT-Anmelddatum: 08.10.2009
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 15.04.2010
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 26.01.2012
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 26.02.2015

(51) Int Cl.: H04W 24/02 (2009.01)
H04W 52/06 (2009.01)
H04W 52/18 (2009.01)

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

(30) Unionspriorität:
12/249,077 10.10.2008 US

(73) Patentinhaber:
Avaya Inc., Basking Ridge, N.J., US

(74) Vertreter:
**Tergau & Walkenhorst Patentanwälte -
Rechtsanwälte, 60322 Frankfurt, DE**

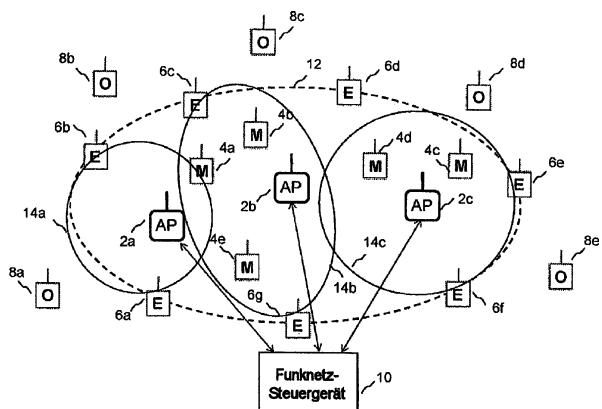
(72) Erfinder:
**Bevan, David, Hertfordshire, GB; Jeffries,
Andrew, Essex, GB; Gale, Simon, Hertfordshire,
GB; Hall, Steven, Essex, GB**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: Optimieren der Abdeckung von drahtlosen Netzen

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Optimieren der Hochfrequenz-Feldstärke in einem Funkkommunikationsnetz, wobei das Netz einen drahtlosen Zugangspunkt umfasst, der dafür angeordnet ist, ein Signal mit einem konfigurierbaren Leistungspegel zu übertragen, die Hochfrequenz-Feldstärke von dem übertragenen Signalleistungspegel abhängig ist und das Netz ferner mehrere Sensoren umfasst, wobei jeder Sensor eine definierte Position in Bezug auf ein festgelegtes Gebiet der drahtlosen Abdeckung hat, wobei das Verfahren Folgendes umfasst: das Empfangen des von dem drahtlosen Zugangspunkt übertragenen Signals an jedem Sensor, das Messen der Leistung des empfangenen Signals an jedem Sensor, wobei die empfangene Signalleistung von der Hochfrequenz-Feldstärke an der Position des Sensors abhängig ist, und das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der gemessenen Leistung an jedem Sensor und einem zu erwartenden Leistungspegel an jedem Sensor, wobei der zu erwartende Leistungspegel an jedem Sensor von der Position jedes Sensors in Bezug auf das festgelegte Gebiet der drahtlosen Abdeckung abhängt, wobei wenigstens einer der Sensoren am Rand oder außerhalb des festgelegten Gebietes der drahtlosen Abdeckung angeordnet ist, und das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von der Minimierung einer Zielfunktion, wobei die Zielfunktion Beiträge von zwei

oder mehr Sensoren umfasst, die ausgewählt sind aus einer Gruppe, die Folgendes umfasst: einen ersten Sensor am Rand des festgelegten Abdeckungsgebietes, wobei der Beitrag des ersten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer Zunahme als Abweichung von einer Zielleistung des empfangenen Signals zunimmt, ...



(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2009 001 813 B4 2015.02.26**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|----|------------------|----|
| US | 6 340 948 | B1 |
| US | 7 184 770 | B1 |
| US | 7 184 777 | B2 |
| US | 2004 / 0 077 354 | A1 |
| US | 2006 / 0 023 648 | A1 |
| US | 2006 / 0 099 984 | A1 |
| US | 2006 / 0 203 746 | A1 |
| US | 2007 / 0 082 677 | A1 |
| US | 2008 / 0 102 881 | A1 |

Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen Datenübertragungsnetze und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Optimieren der Abdeckung von Netzen, die drahtlose Zugangspunkte einschließen.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Datenübertragungsnetze schließen häufig Elemente ein, die durch eine drahtlose Verbindung verbunden sind. Es gibt viele Vorteile einer drahtlosen Verbindung, insbesondere das Gewährleisten einer Mobilität eines drahtlos verbundenen Geräts und die Zweckmäßigkeit und mögliche Kosteneinsparungen, die mit der Verringerung der verdrahteten Infrastruktur verbunden sind. Typischerweise kann innerhalb eines örtlichen Gebiets eine Zahl von ortsfesten drahtlosen Zugangspunkten eingesetzt werden, zu denen mobile Geräte drahtlose Verbindungen herstellen können, wobei die Verbindungen typischerweise einem Industriestandard, wie beispielsweise einem IEEE-802.11-Standard, zum Beispiel IEEE 802.11n, entsprechen. Vorzugsweise sind die drahtlosen Verbindungspunkte auf eine solche Weise angeordnet, dass sie eine nutzbare Abdeckung in dem betreffenden Gebiet ergeben, und sind durch verdrahtete oder drahtlose Verbindungen mit einem Datennetz verbunden. Jedoch unterliegt die verfügbare drahtlose Bandbreite typischerweise Begrenzungen auf Grund der durch die Regulierungsbehörden auferlegten Bandbreitenzuweisung, und so ist es wünschenswert, sicherzustellen, dass das drahtlose Betriebsmittel auf eine effiziente Weise verwendet wird. Dies wird typischerweise durch eine sorgfältige Planung der Standortwahl, der Übertragungsleistung und der Betriebsfrequenz der drahtlosen Verbindungspunkte erreicht.

[0003] Mit dem Wachstum der Verwendung von drahtlosen Netzen wird es zunehmend wahrscheinlicher, dass ein drahtloses Netz angrenzend an ein anderes Netz liegt. Zum Beispiel kann ein Netz nahe einem Netz liegen, das durch ein anderes Unternehmen verwendet wird, das ein angrenzendes Gebäude nutzt, so dass es möglich ist, dass zwischen den Netzen eine Überlagerung zu erleben ist. Ferner ist es oft auf Grund von Erwägungen der Netzsicherheit unerwünscht, dass eine drahtlose Verbindung außerhalb eines gewünschten Abdeckungsgebiets möglich ist. Es ist dementsprechend wünschenswert, die Abdeckung auf innerhalb eines definierten Gebiets, typischerweise eines Gebäudes oder Unternehmens, einzuschränken. Es kann gesagt werden, dass ein Standort eine drahtlose Abdeckung hat, falls an diesem Standort ein Signal mit einer annehmbaren Qualität empfangen werden kann; es gibt eine Zahl von

gut bekannten Maßen der Signalqualität, die verwendet werden können, um die Abdeckung zu definieren, darunter der Signalleistungspegel, der Signal-Geräusch-und-Störabstand und die Bitfehlerquote. Typischerweise kann ein drahtloses Netz in einem nicht lizenzierten Band, zum Beispiel dem industriellen, wissenschaftlichen und medizinischen nicht lizenzierten Bänder bei etwa 2,4 GHz oder 5 GHz arbeiten, in denen viele andere Geräte, wie beispielsweise Videosender, arbeiten können. Darüber hinaus können Geräte, wie beispielsweise Mikrowellenherde, Nebensignale innerhalb dieser Bänder aussenden, die möglicherweise in Konflikt mit dem Betrieb eines drahtlosen Netzes geraten, das innerhalb des gleichen Frequenzbandes arbeitet.

[0004] Es ist bekannt, dass Sensoren als eine Hilfe bei der Planung eines drahtlosen Netzes in Bezug auf Standortwahl, Übertragungsleistung und Betriebsfrequenz von Zugangspunkten verwendet werden; solche Sensoren können die empfangene Signalleistung von Übertragungen von Zugangspunkten innerhalb des Netzes messen sowie Störsignale von anderen Netzen und anderen Geräten erfassen. Die empfangene Signalleistung steht in Beziehung zu der Hochfrequenz-Feldstärke an dem Standort der Antenne des Sensors, entsprechend der Verstärkung der Antenne. Eine Messung der empfangenen Signalleitung kann folglich als ein Hinweis auf die Hochfrequenz-Feldstärke verwendet werden.

[0005] Solche Sensoren sind typischerweise in der Hand zu haltende Geräte und können zum Beispiel dafür verwendet werden, nach aktiven Zugangspunkten in einem gegebenen Gebiet zu suchen. Die Sensoren können eine Spektralanalysefunktion, um Frequenzen zu identifizieren, die durch Signale und Überlagerung besetzt sind, und eine Signalanalyse, um Signale von Überlagerung zu unterscheiden, durchführen. Die Sensoren können eine Suche nach verfügbaren Zugangspunkten durchführen, wobei die Suche passives oder aktives Abtasten einbezieht; das passive Abtasten schließt einfach das Messen von empfangenen Signale ein, und das aktive Abtasten schließt das Senden einer Bakensonde ein, wobei verfügbare Zugangspunkte dafür programmiert werden können, darauf anzusprechen.

[0006] Es ist bekannt, dass Sensoren mit einem Server und einer Netzverwaltungsstation verbunden werden können, wie es zum Beispiel in der US 7 184 777 B2 offenbart wird. Ein solches System kann eine Leistungsverwaltungs-einrichtung einschließen, um Maßnahmen einzuleiten, um die Auswirkung von aktuellen Hochfrequenzbedingungen zu mildern. Die Leistungsverwaltungseinrichtung kann Zugangspunkte so konfigurieren, dass sie auf anderen Kanälen arbeiten, oder als Reaktion auf einen durch Sensoren erfassten hohen Störpegel die Sendeleistung eines Zugangspunktes anpassen.

[0007] Weitere Verfahren und Systeme in diesem Zusammenhang sind aus der US 7 184 770 B1, der US 2006/0 099 984 A1, der US 2008/0 102 881 A1, der US 6 340 948 B1, der US 2004/0 077 354 A1, der US 2007/0 082 677 A1, der US 2006/0 203 746 A1 und der US 2006/0 023 648 A1 bekannt.

[0008] Typischerweise kann die Planung eines drahtlosen Netzes mit Hilfe eines Planungswerkzeugs, wie beispielsweise der Serie 2300 der Nortel-WLAN-Management-Software. Solche Werkzeuge stellen typischerweise ein Verfahren für das Eingeben einer Karte eines Gebietes, in dem eine drahtlose Abdeckung erforderlich ist, in ein Modell bereit, und ein Bediener kann zu der Karte Einzelheiten von bekannten Hochfrequenz-Hindernissen hinzufügen. Das Werkzeug kann die Hochfrequenz-Abdeckung innerhalb des Gebietes vorhersagen, und die Betriebsleistungen und -frequenzen können innerhalb des Modells einstellbar sein, um ein erforderliches Abdeckungsgebiet zu ergeben. Jedoch ist die Genauigkeit des Modells durch die Dateneingabe durch einen Bediener begrenzt; die Ausbreitungsbedingungen können komplex sein, und nicht alle Hochfrequenz-Hindernisse und -reflexionen mögen erkannt werden. Ferner kann die Flexibilität bei der Standortwahl für Zugangspunkte durch praktische Einschränkungen begrenzt sein, und die Einstellung der Sendeleistung und der Betriebsfrequenz von Zugangspunkten gibt einen begrenzten Rahmen für das Optimieren der Abdeckung ab.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, die diese Nachteile in Angriff nehmen.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren nach Anspruch 1 bereitgestellt. Es ist ein Vorteil des Anordnens wenigstens eines Sensors am Rand eines festgelegten Abdeckungsgebietes, dass die Abdeckung durch das Begrenzen der Abdeckung auf innerhalb des festgelegten Gebietes optimiert werden kann. Es ist ein Vorteil des Anordnens wenigstens eines Sensors außerhalb eines festgelegten Abdeckungsgebietes, dass die Abdeckung durch das Minimieren der Abdeckung außerhalb des festgelegten Gebietes optimiert werden kann. Das Regeln der übertragenen Leistung von dem Zugangspunkt in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der gemessenen Leistung an jedem von mehreren Sensoren und einem zu erwartenen Leistungspegel an jedem der mehreren Sensoren und in Abhängigkeit von der Position jedes Sensors hat den Vorteil, dass die Regelung entsprechend einem vordefinierten Algorithmus umgesetzt werden kann, der Kompromisse zwischen den möglicherweise miteinander in Widerspruch stehenden Anforderungen an jedem Sensor festlegt, so dass die Über-

einstimmung zwischen der sich ergebenden drahtlosen Abdeckung und dem festgelegten Abdeckungsgebiet optimiert wird.

[0011] Vorzugsweise wird eine Abstrahlungscharakteristik von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von der Messung der Leistung an jedem Sensor und der Position jedes Sensors im Verhältnis zu einem festgelegten Abdeckungsgebiet geregelt. Es ist ein Vorteil des Regeln der Abstrahlungscharakteristik, dass die übertragene Leistung des Zugangspunktes in Abhängigkeit von der Richtung geregelt werden kann, so dass die Abdeckung effektiver innerhalb eines gewünschten Abdeckungsgebietes maximiert und außerhalb des gewünschten Abdeckungsgebietes minimiert werden kann, als dies durch einen Zugangspunkt mit einer festgelegten Abstrahlungscharakteristik erreicht werden kann.

[0012] Vorteilhafterweise wird der Störabstand des empfangenen Signals an jedem Sensor gemessen, und die Regelung der Abstrahlungsleistung des Zugangspunktes ist von der Messung abhängig. Es ist ein Vorteil davon, dass die Abdeckung in Bezug auf den Störabstand optimiert werden kann, was eine genauere Vorhersage der Abdeckung gewährleistet, falls eine Überlagerung zu erleben ist, als dies durch eine Messung der Signalleistung allein erreicht werden kann.

[0013] Zweckmäßigerweise umfasst das Netz mehrere Zugangspunkte, und das Regeln der übertragenen Leistung der Zugangspunkte ist abhängig von der Leistung des besten Servers, der an jedem Sensor empfangen wird. Der beste Server ist derjenige Zugangspunkt, der das beste Signal in Bezug auf die Signalstärke an einem Sensor bereitstellt. Es ist ein Vorteil des Messens der Signalstärke des besten Servers, dass eine Zielfunktion repräsentativ für die in einem Netz von mehreren Zugangspunkten erreichte Abdeckung sein wird.

[0014] Vorteilhafterweise wird die Gesamtleistung von empfangenen Signalen an jedem Sensor gemessen. Dies ist eine Annäherung an die Signalleistung des besten Servers und hat den Vorteil, eine wirtschaftliche Sensorumsetzung zu ermöglichen.

[0015] Vorzugsweise ist die übertragene Leistung jedes Zugangspunktes abhängig von der Verkehrsbelastung des Zugangspunktes. Dies hat einen Vorteil darin, dass in einem Netz aus mehreren Zugangspunkten das Abdeckungsgebiet eines stark belasteten Zugangspunktes verringert werden kann und dasjenige eines schwach belasteten Zugangspunktes gesteigert werden kann, wodurch die Belastung in dem Netz ausgeglichen und möglicherweise eine Netzüberlastung gemindert wird. Dieser Ausgleich kann durch das Minimieren einer Zielfunktion erreicht

werden, wobei ein Beitrag zu der Zielfunktion auf der Verkehrsbelastung beruht.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung, die ein drahtloses Kommunikationsnetz nach einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

[0017] **Fig. 2** zeigt einen typischen Beitrag zu einer Zielfunktion für einen Sensor, der außerhalb eines festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, als eine Funktion der empfangenen Leistung,

[0018] **Fig. 3** zeigt einen typischen Beitrag zu einer Zielfunktion für einen Sensor, der am Rand eines festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, als eine Funktion der empfangenen Leistung,

[0019] **Fig. 4** zeigt einen typischen Beitrag zu einer Zielfunktion für einen Sensor, der innerhalb eines festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, als eine Funktion der empfangenen Leistung,

[0020] **Fig. 5** zeigt Abdeckungsgebiete eines Zugangspunktes, der eine geregelte Antennencharakteristik einsetzt,

[0021] **Fig. 6** zeigt einen Zugangspunkt nach einem Aspekt der Erfindung,

[0022] **Fig. 7** zeigt ein Speisenetz und Richtanten nach einem Aspekt der Erfindung,

[0023] **Fig. 8** zeigt Abdeckungsgebiete von Antennenkeulen innerhalb eines Netzes nach einem Aspekt der Erfindung,

[0024] **Fig. 9** zeigt ein Mehrsprungnetz von Sensoren in einem Netz nach einem Aspekt der Erfindung,

[0025] **Fig. 10** ist eine Darstellung, die einen typischen logischen Fluss von Nachrichten in einem System mit einem Zugangspunkt, umgesetzt als eine Ausführungsform der Erfindung, zeigt, und

[0026] **Fig. 11** ist eine Darstellung, die einen typischen logischen Fluss von Nachrichten in einem System mit zwei Zugangspunkten, jeder mit vier Keulen, umgesetzt als eine Ausführungsform der Erfindung, zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0027] Im Allgemeinen ist die vorliegende Erfindung auf Verfahren und Vorrichtung zum Optimieren der Abdeckung von Netzen, die drahtlose Zugangspunkte einschließen, gerichtet.

[0028] Als Beispiel wird nun eine Ausführungsform der Erfindung im Kontext eines Gebietes, wie beispielsweise eines Betriebsgeländes, beschrieben, das mit einem Netz von drahtlosen Zugangspunkten versehen ist, die ebenfalls als Verbindungspunkte oder Basisstationen bezeichnet werden können, mit denen ein oder mehrere Benutzergerät(e) drahtlose Verbindungen herstellen kann/können. Die Zugangspunkte werden typischerweise Sende-/Empfangseinrichtungen, die für eine drahtlose Verbindung geeignet sind, und ebenfalls eine verdrahtete Verbindung zu einem weiteren Abschnitt eines Datennetzes, das ein Unternehmensnetz einschließlich einer Datenzentrale an einem anderen Standort sein kann, einschließen, oder sie können eine Verbindung zum Internet einschließen. Verschiedene Arten von Geräten, die mit einer drahtlosen Sende-/Empfangseinrichtung ausgestattet sind, können über die Zugangspunkte mit dem Netz verbunden werden, wie beispielsweise Arbeitsplatzrechner (PCs) und mobile Dateneinheiten, wie beispielsweise PDAs (persönliche digitale Assistenten), die innerhalb des drahtlosen Abdeckungsgebietes eines Zugangspunktes und ebenfalls zwischen Zugangspunkten innerhalb des Betriebsgeländes bewegt werden können.

[0029] Die vorliegende Erfindung kann auf Datennetze angewendet werden, die dazu verwendet werden, jegliche Art von Daten zu übermitteln, einschließlich von digital codierten Sprachsignalen, Audiosignalen im Allgemeinen, Bildern und Videoströme, aber nicht darauf begrenzt. Die drahtlosen Signale können Industriestandards, wie beispielsweise IEEE 802.11 WiFi, entsprechen, könnten aber ebenfalls anderen Industriestandards, wie beispielsweise Ultrabreitband-Funk oder einem firmenspezifischen Standard entsprechen oder könnten keinem bestimmten akzeptierten Standard entsprechen.

[0030] **Fig. 1** zeigt ein Netz nach einer Ausführungsform der Erfindung, das drei Zugangspunkte **2a**, **2b** und **2c**, die innerhalb eines festgelegten Abdeckungsgebietes **12** angeordnet sind, und Sensoren, die an drei Arten von Standorten eingesetzt sind, umfasst, wobei die Sensoren, die innerhalb des gewünschten Abdeckungsgebietes eingesetzt sind, als Mitten- oder „M“-Sensoren **4a...4e** bezeichnet werden, diejenigen, die am Rand des gewünschten Abdeckungsgebietes eingesetzt sind, als Rand- oder „E“-Sensoren **6a...6e** bezeichnet werden, und diejenigen, die außerhalb des Abdeckungsgebietes angeordnet sind, als Außen- oder „O“-Sensoren bezeichnet werden. Das gewünschte Abdeckungsgebiet ist ein Gebiet, typischerweise durch einen Netzplaner oder -administrator festgelegt, in dem beabsichtigt ist, dass eine Hochfrequenzverbindung zwischen einem Benutzergerät und einem Zugangspunkt oder einem von mehreren Zugangspunkten hergestellt werden kann. In einem Gebäude kann das Gebiet zweckmäßigerweise in Bezug auf einen Bereich der Grund-

fläche definiert werden, über den Benutzer in der Lage sein sollen, ein Hochfrequenz-(HF-)Signal mit einer annehmbaren Qualität zu empfangen, wobei die Qualität typischerweise durch einen Signalpegel definiert wird. Es wird daher angenommen, dass der Abdeckungsbereich ein Volumen oder ein Gebiet darstellt, das sich oberhalb der Grundfläche erstreckt, in dem vernünftigerweise zu erwarten ist, dass Benutzergeräte positioniert werden, dessen Höhe von der Anwendung abhängen wird; zum Beispiel kann es in einem Lagerhaus ein gewünschtes Abdeckungsgebiet geben, dass sich bis zu einer größeren Höhe erstreckt als in einem Büroraum. So ist zu erkennen, dass, obwohl die festgelegte Abdeckung zweckmäßigerweise als eine Fläche beschrieben wird, die Erfindung nicht auf die Optimierung der Abdeckung einer zweidimensionalen Fläche begrenzt ist; die Abdeckung kann ebenfalls in der vertikalen Dimension und innerhalb des dreidimensionalen Raumes optimiert werden. Die Sensoren können zum Beispiel zusätzlich dazu, dass sie an den Wänden eines Gebäudes eingesetzt werden, an Fußböden und Decken eingesetzt werden.

[0031] Jeder Sensor steht in Verbindung mit einem Funknetz-Steuergerät, das ortsnah zu den Zugangspunkten oder an einem von denselben entfernten Standort angeordnet sein kann; die Kommunikation kann mit Hilfe des durch die Zugangspunkte verwendeten Funkbetriebsmittels oder durch ein anderes Funkbetriebsmittel erfolgen, das möglicherweise nach einem anderen Standard arbeitet als dasjenige, das für die Kommunikation zwischen den Zugangspunkten und dem Benutzergerät verwendet wird. Zum Beispiel können die Zugangspunkte in einem 5-Ghz-WiFi-Band arbeiten, und die Kommunikation zwischen den Sensoren und dem Funknetz-Steuergerät kann die Verwendung des 2,4-GHz-Wi-Fi-Bandes einschließen oder umgekehrt.

[0032] Alternativ oder zusätzlich dazu können die Sensoren unter Verwendung eines Funkprotokolls, das für Kommunikationen mit niedriger Übertragungsgeschwindigkeit optimiert ist, wie beispielsweise Zigbee, oder eines anderen für Sensornetze anwendbaren Protokolls mit dem Funknetz-Steuergerät kommunizieren. Die Sensoren können kleine, billige Geräte mit niedriger Leistung sein, und sie können Energie aus der Umgebung beziehen, so dass kein Bedarf daran besteht, dass den Sensoren eine Batterie oder Netzstromleistung bereitgestellt wird. Die Sensoren können durch die Modulation eines reflektierten Hochfrequenzsignals kommunizieren, wie es auf dem Gebiet von Hochfrequenz-ID-Etiketten gut bekannt ist, wodurch ein Betrieb mit niedriger Leistung ermöglicht wird.

[0033] Alternativ dazu können die Sensoren durch eine Quelle von Netzstrom gespeist werden und können daher zweckmäßigerweise innerhalb eines

Gehäuses angeordnet sein, das in eine Netzstrom-Steckdose eingesteckt werden kann. Die Kommunikation zwischen dem Sensor und dem Funknetz-Steuergerät kann zweck-mäßigerweise zum Teil durch Kommunikationstechniken auf Stromleitungen erfolgen, durch die Signale von dem Sensor zu einem zweckmäßigen Standort für eine Verbindung zu einer Datenleitung zu dem Funknetz-Steuergerät gesendet werden können.

[0034] Im Allgemeinen sind die außerhalb des Abdeckungsgebietes positionierten Sensoren dafür angeordnet, andere Kommunikationsmittel als das durch die Zugangspunkte verwendete Funkbetriebsmittel zu verwenden. Jedoch können in manchen Fällen die außerhalb des gewünschten Abdeckungsgebietes positionierten Sensoren dazu in der Lage sein, das durch die Zugangspunkte verwendete Funkbetriebsmittel zu verwenden, falls die Kommunikation mit einer niedrigen Übertragungsgeschwindigkeit erfolgt, was es ermöglicht, dass eine Verbindung mit einem niedrigeren Geräuschabstand hergestellt wird, als es für eine Kommunikation zu einem Benutzergerät in Verbindung mit dem Zugangspunkt annehmbar wäre.

[0035] Wie in **Fig. 1** illustriert, steht das Funknetz-Steuergerät **10** über eine Datenleitung, typischerweise eine herkömmliche verdrahtete Telekommunikationsverbindung, die ein Bauteil haben kann, das eine Funk- oder andere Verbindung einschließt, in Verbindung mit den drahtlosen Zugangspunkten **2a**, **2b**, **2c**. Das Funknetz-Steuergerät **10** regelt die abgestrahlte Leistung und vorzugsweise ebenfalls die Abstrahlungscharakteristik von jedem drahtlosen Zugangspunkt, in Abhängigkeit von Messungen an jedem Sensor und der Position jedes Sensors im Verhältnis zu einem gewünschten Abdeckungsgebiet. Die Abstrahlungscharakteristik und/oder die Übertragungsleistung jedes Zugangspunktes werden derart geregelt, dass der Verbund der Abdeckungsgebiete **14a**, **14b**, **14c** der drahtlosen Zugangspunkte so eng wie möglich dem gewünschten Abdeckungsgebiet **12** entspricht. Bei dem Beispiel von **Fig. 1** wird der Zugangspunkt **2c** mit einer ungerichteten Abstrahlungscharakteristik gezeigt; das Abdeckungsgebiet **14c** wird durch die Sendeleistung des Zugangspunktes **2c** geregelt. Die Zugangspunkte **2a** und **2b** werden mit einem Abdeckungsgebiet gezeigt, das durch die Regelung der abgestrahlten Leistung und/oder durch die Regelung der Abstrahlungscharakteristik der jeweiligen Zugangspunkte bestimmt wird.

[0036] Die Regelung der Abstrahlungsleistung und/oder der Abstrahlungscharakteristika der Zugangspunkte **2a**, **2b**, **2c** kann mit Hilfe der Minimierung einer Kostenfunktion, auch als Zielfunktion bezeichnet, erfolgen. Die Zielfunktion beruht auf einer Kombination von Beiträgen von den Sensoren, wobei die Zielfunktion so gestaltet ist, dass ihre Minimierung zu ei-

ner Situation, näher an einer gewünschten Lösung, führt; dies kann eine Feldstärkencharakteristik sein, die einen Bereich der drahtlosen Abdeckung ergeben wird, der so optimiert ist, dass er einem gewünschten oder festgelegten Abdeckungsgebiet so nahe wie möglich kommt. Wie bereits erwähnt worden ist, kann gesagt werden, dass ein Standort eine drahtlose Abdeckung hat, falls an diesem Standort ein Signal mit einer annehmbaren Qualität empfangen werden kann, die zum Beispiel durch den Signalleistungspegel, den Signal-Geräusch-und-Störabstand oder die Bitfehlerquote definiert sein kann. Jedes dieser Maße ist mit der Hochfrequenz-Feldstärke an dem fraglichen Standort verknüpft. Das Ziel der Minimierung der Zielfunktion kann als die Optimierung der Charakteristik der Hochfrequenz-Feldstärke angesehen werden. Das Funknetz-Steuergerät **10** regelt daher die Abstrahlungscharakteristik und/oder die Übertragungsleistung jedes Zugangspunktes auf eine solche Weise, dass die Zielfunktion minimiert wird.

[0037] Es sei darauf verwiesen, dass eine Ausführungsform der Erfindung einfach einen einzigen Zugangspunkt umfassen kann. In diesem Fall ist eine Zielfunktion derart vordefiniert, dass eine Minimierung der Zielfunktion, typischerweise unter der Kontrolle des Funknetz-Steuergerätes, zu einer Optimierung der Feldstärke führt, die sich aus der Abstrahlung der Leistung ergibt, die von dem Zugangspunkt übertragen wird.

[0038] **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 4** zeigen typische Funktionen, welche die Leistungsmessung eines durch einen Sensor empfangenen Signals mit einem Beitrag **16** von diesem Sensor zu einer Zielfunktion verknüpfen. Die Figuren zeigen jeweils die Beziehungen zwischen der durch einen Sensor empfangenen Leistung und dem Beitrag von dem Sensor, für einen Sensor, der außerhalb des gewünschten Abdeckungsgebietes des Netzes (**Fig. 2**), am Rand des Gebietes (**Fig. 3**) und innerhalb des Gebietes (**Fig. 4**) angeordnet ist. In diesem Fall ist die Zielfunktion eine Funktion, die dafür gestaltet ist, sich in Abhängigkeit von der Entsprechung zwischen der Abdeckung des Netzes und einer gewünschten Abdeckungscharakteristik zu verändern. Zum Beispiel kann die Zielfunktion abnehmen, wenn die Abdeckung innerhalb eines gewünschten Gebietes zunimmt, kann aber zunehmen, falls außerhalb des gewünschten Abdeckungsgebietes ein gesteigertes Maß an Leistung erfasst wird.

[0039] Wie aus **Fig. 2** zu ersehen ist, kann der Beitrag **16** zu der Zielfunktion von einem Sensor, der außerhalb des gewünschten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, unterhalb eines maximalen annehmbaren Wertes der empfangenen Leistung gleichbleibend sein und für empfangene Leistungen oberhalb dieses Wertes zunehmen. Der annehmbare Wert der empfangenen Leistung, der auch als Schwellenwert bezeichnet wird, wird hier als -95 dBm innerhalb

des Betriebskanals einer drahtlosen Verbindung (typischerweise 20 MHz) gezeigt; die Schwelle ist bei einem Pegel festgesetzt, bei dem es unwahrscheinlich ist, dass eine Verbindung möglich ist. Der Schwellenwert kann entsprechend den Anforderungen eines bestimmten Systems auf andere Pegel festgesetzt werden; zum Beispiel kann es zweckmäßig sein, den Schwellenwert in einem bestimmten System auf die Geräuschuntergrenze festgesetzt werden. Die Kurve, die den Beitrag **16** zu einer Zielfunktion für empfangene Leistungen oberhalb der Schwelle definiert, kann auf eine zweckmäßige Gestalt festgesetzt werden, die dem wahrgenommenen Nachteil oder Vorteil entspricht, der mit dem Empfang eines Signals mit einem gegebenen Leistungspegel verknüpft ist. Zum Beispiel kann eine zweckmäßige Form der Kurve das Quadrat des Logarithmus des Verhältnisses der empfangenen Leistung zu der Schwellenleistung, das heißt, das Quadrat eines Dezibelwertes, sein. Alternativ dazu kann sich eine lineare, logarithmische oder polynomiale Beziehung zwischen dem empfangenen Leistungspegel und dem Beitrag zu der Zielfunktion oder eine Kombination dieser Beziehungen als vorteilhaft erweisen. Ähnliche Erwägungen gelten für die Beiträge zu den Zielfunktionen, wie sie in **Fig. 3** und **Fig. 4** illustriert werden.

[0040] Wie in **Fig. 3** illustriert, kann für einen Sensor, der am Rand eines festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, der Beitrag **16** zu der Zielfunktion zunehmen, wenn die empfangene Leistung unter oder über einen Wert, der einem minimalen annehmbaren Signalpegel entspricht, abweicht. Bei dem illustrierten Fall wird ein Leistungspegel von -70 dBm als ein minimaler annehmbarer Signalpegel gezeigt, wieder angenommen als gemessen in einer Bandbreite von 20 MHz ; der annehmbare Pegel ist systemspezifisch und wird von dem Modulationsformat und der beabsichtigten Übertragungsgeschwindigkeit abhängen. Zusätzlich kann der annehmbare Pegel von der Überlagerungsumgebung abhängen, so dass, falls eine Überlagerung zu erwarten ist, ein höherer annehmbarer Signalpegel festgesetzt werden kann, als wenn die Umgebung überlagerungsfrei ist.

[0041] Wie in **Fig. 4** illustriert, kann für einen Sensor, der innerhalb eines festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, der Beitrag **16** zu der Zielfunktion zunehmen, wenn die empfangene Leistung entweder unter einen Wert, der einem minimalen annehmbaren Signalpegel entspricht, abweicht. Wie bei dem Fall von **Fig. 3** wird ein Leistungspegel von -70 dBm als ein minimaler annehmbarer Signalpegel gezeigt. Falls die empfangene Signalleistung oberhalb des annehmbaren Pegels liegt, ist der Beitrag zu der Zielfunktion gleichbleibend; dies illustriert, dass es, verglichen mit einem mit dem annehmbaren Pegel empfangenen Signal, keinen wahrgenommenen Vorteil bei einer Signalleistung oberhalb des annehmbaren Pegels gibt. Typischerweise kann der gleich-

bleibende Wert null betragen, aber es können entsprechend der Form der Zielfunktion andere Werte erwünscht sein; in einigen Fällen kann es einen Wert in einem nicht gleichbleibenden Wert geben; zum Beispiel kann der Beitrag zu der Zielfunktion über einen festgelegten maximalen wünschenswerten empfangenen Leistungspegel ansteigen, um zum Beispiel den Energieverbrauch in dem Netz zu minimieren, da der Energieverbrauch mit der übertragenen Leistung von dem Zugangspunkt oder den zugangspunkten verknüpft sein kann.

[0042] In jedem der in **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 4** illustrierten Fälle ist die Signalleistung vorzugsweise die Leistung des besten Servers, gesehen durch den Sensor, das heißt, des Zugangspunktes, der das beste Signal in Bezug auf Signalpegel oder Störabstand bereitstellt. Die Auswahl eines Zugangspunktes als bester Server kann sich ändern, wenn das Steuergerät die Abdeckungscharakteristik optimiert. Es ist folglich zu erkennen, dass der Anpassungsvorgang, durch den die Zielfunktion minimiert wird, als ein iterativer Vorgang fortschreitet, der, zum Beispiel auf Grund der Auswahl eines anderen besten Servers zum Erzeugen der Ausgabe eines Sensors, Diskontinuitäten erleben kann.

[0043] Bei einer Variante kann, als eine Näherung zu der Auswahl des besten Servers, die an einem Sensor empfangene Gesamtleistung der Server dazu verwendet werden, den Beitrag zu der Zielfunktion zu berechnen. Diese Näherung kann darin vorteilhaft sein, dass sie die Gestaltung der Sensoren vereinfacht und daher möglicherweise die Kosten und den Energieverbrauch der Sensoren minimiert.

[0044] Es ist möglich, die Sendeleistungen und/oder die Abstrahlungscharakteristika der Zugangspunkte unter Verwendung einer Vielzahl von Algorithmen zu regeln, wodurch die Zielfunktion minimiert werden kann. Es sei darauf verwiesen, dass die Minimierung einer Zielfunktion oder Kostenfunktion äquivalent zum Maximieren einer Funktion ist, die eine Gütezahl für die Abdeckung darstellt. Ein gut bekanntes Verfahren zum Minimieren einer Zielfunktion ist der Nelder-Mead-Downhill-Simplex-Algorithmus. Ein solcher Algorithmus arbeitet durch das Stören steuerbarer Variablen, wie beispielsweise einer Übertragungsleistung, der Dämpfung einer Antennenkeule oder eines auf ein Antennenelement angewendeten komplexen Gewichts, und das Messen der Auswirkung der Störung auf die Zielfunktion. Danach werden die steuerbaren Variablen aktualisiert, um die Zielfunktion zu minimieren. Es sind andere Algorithmen zum Minimieren einer Zielfunktion gut bekannt, wie beispielsweise ein einfacher sequentieller Störungsalgorithmus, bei dem jede Variable nacheinander einzeln gestört wird und eine Aktualisierung in der Richtung vorgenommen wird, welche die Zielfunktion minimiert.

[0045] **Fig. 5** illustriert die Regelung der Abstrahlungscharakteristik eines Zugangspunktes **2** durch die Regelung der Verstärkung, die auf mehrere Antennenkeulen angewendet wird. Die Abdeckungsgebiete **14a**, **14b**, **14c** und **14d** der jeweiligen Keulen werden durch die Regelung der Verstärkung der jeweiligen Keulen verändert. Es wird das Beispiel von vier Keulen gezeigt, aber es wird zu erkennen sein, dass eine beliebige Zahl von Keulen eingesetzt werden kann, einschließlich von Keulen, die sowohl in der Erhöhung als auch im Azimut variieren, wodurch eine dreidimensionale Abstrahlungscharakteristik gebildet wird.

[0046] In den Überlappungsbereichen zwischen den Abdeckungsgebieten der Keulen, zum Beispiel dem Überlappungsgebiet zwischen den Abdeckungsgebieten **14a** und **14b**, kann eine Überlagerung zwischen den jeweiligen Keulen Nullen in der Abstrahlungscharakteristik bewirken, die in Bezug auf ein Maximieren der Abdeckung unerwünscht sind. Um die Bildung von Nullen zu vermeiden, wird in der US-Patentschrift US7181245 des Anmelders offenbart, dafür zu sorgen, dass die Keulen, die räumlich benachbart sind, auf rechtwinkeligen Polarisierungen betrieben werden, wodurch eine Überlagerung zwischen benachbarten Keulen vermieden wird.

[0047] **Fig. 6** zeigt in schematischer Form einen Zugangspunkt **2**, der die Keulencharakteristika von **Fig. 5** umsetzen kann. Ein Funknetz-Steuergerät **10** hat ein Antennenspeisenetz **20** unter Kontrolle, das Signale zu und von einer Funk-Sende-/Empfangseinrichtung **22** an Richtantennen **18a**, **18b**, **18c**, **18d** einspeist. Die Richtantennen können mit Elementen angeordnet sein, die mit rechtwinkeligen Polarisierungen senden/empfangen. Es kann zwei oder mehr Funkkanäle, z.B. Diversity-Zweige, geben, die von der Sende-/Empfangseinrichtung **22** über jeweilige Verbindungen **21a**, **21b** mit dem Speisenetz **20** verbunden sind; die Kanäle können dazu verwendet werden, auf verschiedenartigen Antennencharakteristika, zum Beispiel verschiedenenartigen Polarisierungscharakteristika, zu arbeiten.

[0048] **Fig. 7** zeigt das Speisenetz **20** und die Richtantennen **17a**, **18b**, **18c** und **18d** von **Fig. 6** detaillierter. Das Speisenetz arbeitet nach dem gut bekannten Prinzip, dass eine ungleiche Leistungsteilung verlustlos durch ein Netz von antiparallel geschalteten 3-dB-Hybridschaltungen mit zwischen denselben angeordneten Phasenschiebern auf einem Arm erreicht werden kann; die Einstellung des Phasenschiebers bestimmt die Leistungsteilung, was die Ineffizienz einer Verwendung von Dämpfungsgliedern vermeidet.

[0049] Das Funktionsprinzip mag durch das Be trachten von 3-dB-Hybridschaltungen **24a** und **24b** veranschaulicht werden. Die Einstellung eines Phasenschiebers **26a** bestimmt die Teilung der Leistung,

die an einen Anschluss A der 3-dB-Hybridschaltung **24a**, zwischen Anschlüssen B und C der 3-dB-Hybridschaltung **24b**, angelegt wird. Eine Folge von ähnlichen veränderlichen Teilerstrukturen ist so angeordnet, dass eine bei **21a** an das Speisenetz **20** angelegte Eingangsleistung zwischen Antennenelementen VA, HB, VC und HD der Richtantennen **18a**, **18b**, **18c** bzw. **18d** geteilt wird, wobei V eine vertikale Polarisation bedeutet und H eine horizontale Polarisation bedeutet. Es wird zu erkennen sein, dass die Bezeichnungen der Polarisation willkürlich sind und andere rechtwinklige Paare von Polarisationszuständen, wie beispielsweise eine lineare +/-45-Grad-Polarisation oder eine linksdrehende und eine rechtsdrehende zirkulare Polarisation, verwendet werden könnten. Die Leistungsteilung wird durch die Einstellungen der Phasenschieber **26a**, **26b** und **26d** bestimmt, wie sie durch das Funknetz-Steuergerät **10** geregelt werden.

[0050] Ähnlich wird eine bei **21b** an das Speisenetz **20** angelegte Eingangsleistung zwischen den Antennenelementen HA, VB, HC und VD der Richtantennen **18a**, **18b**, **18c** bzw. **18d** geteilt. Die Leistungsteilung wird ähnlich durch die Einstellungen der Phasenschieber **26d**, **26e** und **26f** bestimmt, wie sie durch das Funknetz-Steuergerät **10** geregelt werden.

[0051] Für Multiple-In-Multiple-Out-(MIMO-)Anwendungen, wie sie eingesetzt werden können, wenn der Standard IEEE 802.11n verwendet wird, können zwei MIMO-Zweige MIMO1 und MIMO2 jeweilige Anschlüsse **21a** und **21b** des Speisenetzes **20** umfassen. Dementsprechend sind Ausführungsformen der Erfindung besonders für eine Verwendung mit solchen MIMO-Anwendungen geeignet.

[0052] Es können alternative Anordnungen umgesetzt werden, bei denen die 3-dB-Hybridschaltungen **24d**, **24e**, **24j** und **24k** mit jeweiligen Antennenelementen der Richtantennen **18a**, **18b**, **18c** und **18d** verbunden sind, die sich von den in **Fig. 7** gezeigten unterscheiden. Im Prinzip kann eine beliebige Vertauschung umgesetzt werden, bei der ein gegebener MIMO-Eingang **21a** oder **21b** mit vier Antennenelementen verbunden ist. Im Allgemeinen ist es vorzuziehen, dass jeder MIMO-Eingang **21a** oder **21b** mit Antennenelementen verbunden sein sollte, deren Abdeckungsbereich nicht übereinstimmt, um die beste Kontrolle der Abdeckung zu ergeben. Es ist ebenfalls vorzuziehen, dass die benachbarten Keulen für einen gegebenen MIMO-Eingang **21a** oder **21b** rechtwinklig polarisiert sind, um eine Überlagerung in jeglichem Überlagerungsbereich zwischen den Keulen zu vermeiden.

[0053] Für einen Fachmann wird es offensichtlich sein, dass das Speisenetz von **Fig. 7** erweitert werden kann, um eine beliebige Zahl von Antennenelementen zu speisen, durch die Verwendung einer ge-

eigneten Zahl von hintereinandergeschalteten Leistungsteilern, wobei die Leistungsteiler zum Beispiel, wie es bereit erwähnt worden ist, durch antiparallel geschaltete 3-dB-Hybridschaltungen und einen Phasenschieber, wie in **Fig. 7** durch die Elemente **24a**, **24b** und **26a** illustriert, gebildet werden.

[0054] **Fig. 8** illustriert die Auswirkung der Regelung von Keulenverstärkungen der Zugangspunkte **2a**, **2b**, **2c**, wobei die Zugangspunkte so konfiguriert sind, wie es durch **Fig. 6** illustriert wird. Die Abdeckungsgebiete **14a...14l** der jeweiligen Keulencharakteristika werden unter der Kontrolle des Funknetz-Steuergerätes **10** dafür eingestellt, die Abdeckung innerhalb des festgelegten gewünschten Abdeckungsgebietes **12**, wie weiter oben beschrieben, zu optimieren.

[0055] **Fig. 9** illustriert ein Verfahren zum Kommunizieren zwischen den Sensoren eines Netzes, wie beispielsweise des durch **Fig. 1** illustrierten, und einem Funknetz-Steuergerät **10**. Ein Sensor-Zugangspunkt **28** wird für eine Kommunikation mit Sensoren **4a...4e**, **6a...6g** und **8a...8d** bereitgestellt. Wie bereits erwähnt kann die Kommunikation in einem Band erfolgen, das nicht durch die drahtlose Zugangspunkte für eine Kommunikation mit Benutzergeräten verwendet wird.

[0056] Es ist zu sehen, dass **Fig. 9** Sensoren illustriert, die in einem Mehrsprungnetz verbunden sind, wobei jeder Sensor dafür angeordnet ist, eine Nachricht von einem Sensor zu einem anderen weiterzuleiten; zum Beispiel ist der Außensensor **8a** über eine Funkkommunikationsverbindung, die als ein „Sprung“ bezeichnet wird, mit dem Randsensor **6b** und danach über die Außensensoren **8b** und **8c** mit dem Sensorzugangspunkt **28** verbunden. Der Sensorzugangspunkt **28** kann, wie bereits erwähnt, in einem anderen Frequenzband arbeiten als die Nutzinformationszugangspunkte **2a**, **2b**, **2c**. Auf diese Weise kann durch den Einsatz eines einzigen Sensorzugangspunktes die Kommunikation mit den Sensoren über ein weites Gebiet aufrechterhalten werden. Dies ist wirtschaftlich in Bezug auf die eingesetzte Hardware, und die verhältnismäßig niedrige Übertragungsgeschwindigkeit der Sensordaten ist gut für eine Übertragung auf diese Mehrsprungweise geeignet, die Frequenzen auf eine zeitlich verteilte Weise mehrfach verwenden kann, was zu einer verhältnismäßig niedrigen Datenbreite, aber einer wirtschaftlichen Verwendung des Funkspektrums führt.

[0057] Folglich ist ein Netz von Sensoren vorgesehen, bei dem die Sensoren um den Umfang eines festgelegten gewünschten Abdeckungsgebietes eingesetzt werden und vorzugsweise ebenfalls innerhalb und außerhalb des Gebietes eingesetzt werden. Vorzugsweise sind die Sensoren klein, billig und idealerweise durch Batterien niedriger Leistung gespeist oder selbstgespeist durch Energiebezug aus

der Umgebung. Es kann eine große Zahl von eingesetzten Sensoren geben, die auf Grund der kurzen Entfernungen zwischen den Sensoren auf eine Mehrsprungweise bei niedriger Sendeleistung kommunizieren. Die Sensoren können zum Beispiel über die Wände, Decken und Fußböden eines Gebietes innerhalb eines Gebäudes verteilt sein, so dass die Abdeckung innerhalb dieses Gebietes eingeschränkt werden kann, durch die Regelung von Übertragungsleistungen und/oder Antennencharakteristika von Zugangspunkten innerhalb des Gebietes als Reaktion auf Messungen an den Sensoren. Dies ermöglicht eine überlagerungsfreie Koexistenz zwischen den Netzen benachbarter Unternehmen und verbessert die Netzsicherheit. Zusätzlich ermöglicht das Minimieren der Übertragungsleistung, während eine angemessene Abdeckung aufrechterhalten wird, dass der Energieverbrauch eines drahtlosen Netzes minimiert wird, mit daraus folgenden Vorteilen in Bezug auf verringerte Betriebskosten und eine niedrigere CO₂-Bilanz.

[0058] Fig. 10 zeigt die typische Nachrichtenübermittlung bei einer Ausführungsform der Erfindung, wobei die Übertragungsleistung eines Zugangspunktes **2** durch ein Funknetz-Steuergerät **10** in Abhängigkeit von Ausgaben von den Sensoren **4, 6, 8** geregelt wird. Die typische Funktionsweise schließt die folgenden Schritte ein, die typischerweise iterativ ausgeführt werden; das heißt, die Übertragungsparameter können durch eine Zahl von Iterationszyklen allmählich verändert werden. Ein erster Schritt schließt das Messen der an den Sensoren empfangenen Leistung ein; wie bereits erörtert, kann die empfangene Leistung an einem Mittelsensor **4**, einem Randsensor **6** und einem Außensensor **8** gemessen werden (Schritt S10.1). Von jedem Sensor wird eine Nachricht an das Funknetz-Steuergerät gesendet, welche die empfangene Leistung angibt und den Sensor identifiziert. Auf den Empfang jeder Nachricht hin berechnet das Funknetz-Steuergerät einen Beitrag zu einer Zielfunktion, auf der Grundlage einer Beitragsfunktion, die von dem Standort des Sensors abhängig ist (Schritt S10.2); der Standort kann zum Beispiel in die Kategorien Mitte, Rand oder Außen eingeteilt sein. Es können andere Kategorien des Standortes verwendet werden und tatsächlich könnten die Koordinaten des Sensors verwendet werden, um den Beitrag zu der Zielfunktion als einer stetigen Funktion zu wichten. Zum Beispiel kann der Beitrag eines Außensensors entsprechend der Entfernung zwischen dem Standort des Sensors und dem Rand des festgelegten Abdeckungsgebietes gewichtet werden. Es sei darauf verwiesen, dass als eine Alternative dazu der Beitrag zu der Zielfunktion an jedem Sensor berechnet werden kann und die an das Funknetz-Steuergerät gesendete Nachricht dann den berechneten Beitrag befördert; das heißt, Schritt S10.1 wird an den Sensoren ausgeführt.

[0059] Die berechneten Beiträge können danach kombiniert werden, um eine Zielfunktion auszuwerten (Schritt S10.3). Ein einfaches Verfahren der Kombination schließt das Addieren jedes berechneten Beitrages ein. Alternativ dazu können die berechneten Beiträge entsprechend einem vorbestimmten Faktor gewichtet und danach zueinander addiert werden. Solche vorbestimmten Faktoren können zum Beispiel die relative Bedeutung des Empfangens eines guten Signals an einem Sensor M reflektieren. Die Zielfunktion und die Funktionen, welche die Beiträge zu der Zielfunktion von den Sensoren bestimmen, werden typischerweise durch einen Netzbediener oder Netzgestalter vorbestimmt. Typischerweise kann eine vorgegebene Zielfunktion durch einen Geräteverkäufer bereitgestellt werden.

[0060] Danach können die Übertragungsparameter auf der Grundlage des berechneten Wertes der Zielfunktion optimiert werden (Schritt S10.4). Nach einem typischen Störungsalgorithmus wird ein Übertragungsparameter, wie beispielsweise die Sendeleistung, nach oben gestört, das heißt, um ein kleines Ausmaß, typischerweise weniger als 3 dB, gesteigert, und die Zielfunktion wird auf der Grundlage der Messungen der empfangenen Leistung an den Sensoren berechnet. Danach wird der Übertragungsparameter an den Zugangspunkt **2** gesendet, zum Beispiel als Nachricht TXP, welche die Sendeleistung angibt (Schritt S10.5). Die Übertragungsleistung des Zugangspunktes wird als Reaktion auf die Nachricht festgesetzt (Schritt S10.6). Danach wird der Übertragungsparameter nach unten gestört, das heißt, um ein kleines Ausmaß verringert, und die Zielfunktion wird erneut auf der Grundlage der Messungen der empfangenen Leistung an den Sensoren berechnet. Danach wird der Übertragungsparameter in derjenigen Richtung aktualisiert, die den niedrigeren Wert der Zielfunktion erzeugte. Es ist folglich zu sehen, dass die Zielfunktion durch den in Fig. 10 illustrierten Vorgang durch eine Zahl von Iterationen minimiert wird.

[0061] Fig. 11 zeigt die typische Nachrichtenübermittlung bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, wobei die Übertragungsparameter von zwei Zugangspunkten **2a, 2b** durch ein Funknetz-Steuergerät **10** in Abhängigkeit von Ausgaben von den Sensoren **4, 6, 8** geregelt werden. Bei diesem Beispiel hat jeder Zugangspunkt **4** Keulen **14a...14d** und **14e...14h**, und die Übertragungsparameter stellen die Sendeleistung der jeweiligen Keulen dar. Die typische Funktionsweise ist ähnlich der des in Fig. 10 gezeigten Systems und wird iterativ durchgeführt; in diesem Fall sind jedoch weitere Iterationen erforderlich, da nacheinander die Leistung jeder Keule gestört wird. Die Übertragungsparameter können alternativ gestört werden, und die Zielfunktion kann durch den gut bekannten Nelder-Downhill-Simplex-Algorithmus optimiert werden, der typischerweise eine Minimie-

rung der Zielfunktion unter Verwendung von weniger Schritten als der weiter oben beschriebene einfache Aufwärts-/Abwärts-Störungsalgorithmus erreichen kann.

[0062] Die obigen Ausführungsformen sind als illustrative Beispiele der Erfindung zu verstehen. Es sollte sich verstehen, dass jegliches in Bezug auf eine beliebige Ausführungsform beschriebene Merkmal allein oder in Kombination mit anderen beschriebenen Merkmalen verwendet werden kann und ebenfalls in Kombination mit einem oder mehreren Merkmalen einer beliebigen anderen der Ausführungsformen oder einer beliebigen Kombination von beliebigen anderen der Ausführungsformen verwendet werden kann. Ferner können weiter oben nicht beschriebene Äquivalente und Modifikationen ebenfalls verwendet werden, ohne vom Rahmen der Erfindung abzuweichen, der in den beigefügten Ansprüchen definiert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Optimieren der Hochfrequenz-Feldstärke in einem Funkkommunikationsnetz, wobei das Netz einen drahtlosen Zugangspunkt umfasst, der dafür angeordnet ist, ein Signal mit einem konfigurierbaren Leistungspegel zu übertragen, die Hochfrequenz-Feldstärke von dem übertragenen Signalleistungspegel abhängig ist und das Netz ferner mehrere Sensoren umfasst, wobei jeder Sensor eine definierte Position in Bezug auf ein festgelegtes Gebiet der drahtlosen Abdeckung hat, wobei das Verfahren Folgendes umfasst: das Empfangen des von dem drahtlosen Zugangspunkt übertragenen Signals an jedem Sensor, das Messen der Leistung des empfangenen Signals an jedem Sensor, wobei die empfangene Signalleistung von der Hochfrequenz-Feldstärke an der Position des Sensors abhängig ist, und das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der gemessenen Leistung an jedem Sensor und einem zu erwartenden Leistungspegel an jedem Sensor, wobei der zu erwartende Leistungspegel an jedem Sensor von der Position jedes Sensors in Bezug auf das festgelegte Gebiet der drahtlosen Abdeckung abhängt, wobei wenigstens einer der Sensoren am Rand oder außerhalb des festgelegten Gebietes der drahtlosen Abdeckung angeordnet ist, und das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von der Minimierung einer Zielfunktion, wobei die Zielfunktion Beiträge von zwei oder mehr Sensoren umfasst, die ausgewählt sind aus einer Gruppe, die Folgendes umfasst: einen ersten Sensor am Rand des festgelegten Abdeckungsgebietes, wobei der Beitrag des ersten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer Zunahme als Abweichung von einer Zielleistung des empfangenen Signals zunimmt,

einen zweiten Sensor, wobei der zweite Sensor innerhalb des festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, wobei der Beitrag des zweiten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer zunehmenden empfangenen Signalleistung bis zu der Zielleistung des empfangenen Signals abnimmt und die im Wesentlichen gleichbleibend ist, wenn die Signalleistung oberhalb der Zielsignalleistung liegt, und einen dritten Sensor, wobei der dritte Sensor außerhalb des festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, wobei der Beitrag des dritten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer zunehmenden empfangenen Signalleistung oberhalb einer Schwelle der empfangenen Signalleistung zunimmt und die im Wesentlichen gleichbleibend ist, wenn die Signalleistung unterhalb der Schwelle liegt, wobei die Schwelle niedriger ist als die empfangene Zielleistung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner Folgendes umfasst: das Regeln einer Abstrahlungscharakteristik des von dem drahtlosen Zugangspunkt übertragenen Signals in Abhängigkeit von der Messung an jedem Sensor und in Abhängigkeit von der Position jedes Sensors im Verhältnis zu einem festgelegten Abdeckungsgebiet, wobei die Regelung auf der Grundlage der Differenz zwischen der gemessenen Leistung und einem zu erwartenden Leistungspegel an jedem Sensor erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, welches das Anwenden von Elementgewichtungswerten auf die Elemente eines Antennenfeldes einschließt, um dadurch die Abstrahlungscharakteristik zu regeln.
4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Zugangspunkt eine Antennenanordnung umfasst, die mehrere Keulen bildet, wobei das Verfahren das Anwenden mehrerer Verstärkungscharakteristika auf mehrere Antennenkeulen umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Antennenanordnung mehrere Antennenelemente umfasst, die jeweils so angeordnet sind, dass sie eine Keule erzeugen, die räumlich benachbart zu einer durch ein anderes Antennenelement erzeugten Keule ist, wobei das Verfahren das Anordnen für jedes Antennenelement umfasst, so dass es mit einem wechselseitig rechtwinkligen Polarisationszustand in Bezug auf ein Antennenelement abstrahlt, das eine räumlich benachbarte Keule erzeugt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, welches das Regeln der Abstrahlungscharakteristik der Antennenanordnung durch das ungleiche Teilen der Übertragungsleistung zwischen den Antennenkeulen umfasst.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das Folgendes umfasst: das Messen des Signal-Störabstandes des empfangenen Signals an je-

dem Sensor, wobei die übertragene Leistung in Abhängigkeit von der Messung des Signal-Störabstandes des empfangenen Signals an jedem Sensor geregelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Netz mehrere drahtlose Zugangspunkte umfasst, wobei das Verfahren ferner Folgendes umfasst: das Empfangen mehrerer Signale an jedem Sensor, wobei jedes Signal von einem der mehreren drahtlosen Zugangspunkte übertragen wird, das Auswählen eines drahtlosen Zugangspunktes als bester Server für jeden Sensor und das Messen der Leistung des von dem besten Server empfangenen Signals an jedem Sensor, wobei die übertragene Leistung in Abhängigkeit von der Messung des von dem besten Server empfangenen Signals an jedem Sensor geregelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, das Folgendes umfasst: das Regeln der von dem besten Server abgestrahlten Leistung in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung des Zugangspunktes, wobei die übertragene Leistung entsprechend einem Algorithmus geregelt wird, der die übertragene Leistung von einem Zugangspunkt steigert, falls die Belastung zunimmt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Netz mehrere drahtlose Zugangspunkte umfasst, wobei das Verfahren ferner Folgendes umfasst: das Empfangen mehrerer Signale an jedem Sensor, wobei jedes Signal von einem der mehreren drahtlosen Zugangspunkte übertragen wird, und das Messen der Gesamtleistung der empfangenen Signale an jedem Sensor, wobei die übertragene Leistung in Abhängigkeit von der Messung der Gesamtleistung der empfangenen Signale an jedem Sensor geregelt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das Folgendes umfasst: das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt, wobei die Regelung von der Minimierung einer Zielfunktion abhängig ist, wobei die Zielfunktion einen Beitrag von einem Sensor am Rand eines festgelegten Abdeckungsgebietes umfasst, wobei der Beitrag eine Charakteristik hat, die mit einer Zunahme als Abweichung von einer Zielleistung des empfangenen Signals zunimmt.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die übertragene Leistung in Abhängigkeit von der Minimierung einer Zielfunktion, in Abhängigkeit von der bestimmten Abhängigkeit der Zielfunktion von der abgestrahlten Leistung des Zugangspunktes, geregelt wird.

13. Rechnerlesbares Medium, das mit rechnerausführbaren Anweisungen codiert ist, um zu veranlassen, dass ein Prozessor ein Funknetz-Steuergerät dafür konfiguriert, die Abdeckung eines Funkkommunikationsnetzes nach dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu optimieren.

14. Funkkommunikationsnetz, das einen drahtlosen Zugangspunkt, der ein Signal überträgt, und mehrere Sensoren umfasst, wobei jeder Sensor eine definierte Position in Bezug auf ein festgelegtes Gebiet der drahtlosen Abdeckung hat, wobei das Netz ferner Folgendes umfasst: einen Empfänger für das Empfangen des von dem drahtlosen Zugangspunkt übertragenen Signals an jedem Sensor, einen Detektor für das Messen der Leistung des empfangenen Signals an jedem Sensor, wobei die empfangene Signalleistung von der Hochfrequenz-Feldstärke an der Position des Sensors abhängig ist, und ein Funknetz-Steuergerät für das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der gemessenen Leistung an jedem Sensor und einem zu erwartenden Leistungspegel an jedem Sensor, wobei der zu erwartende Leistungspegel an jedem Sensor von der Position jedes Sensors in Bezug auf das festgelegte Gebiet der drahtlosen Abdeckung abhängt, wobei wenigstens einer der Sensoren am Rand oder außerhalb des festgelegten Gebietes der drahtlosen Abdeckung angeordnet ist, um dadurch die Hochfrequenz-Feldstärke zu optimieren, und das Regeln der übertragenen Leistung von dem drahtlosen Zugangspunkt in Abhängigkeit von der Minimierung einer Zielfunktion, wobei die Zielfunktion Beiträge von zwei oder mehr Sensoren umfasst, die ausgewählt sind aus einer Gruppe, die Folgendes umfasst: einen ersten Sensor am Rand des festgelegten Abdeckungsgebietes, wobei der Beitrag des ersten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer Zunahme als Abweichung von einer Zielleistung des empfangenen Signals zunimmt, einen zweiten Sensor, wobei der zweite Sensor innerhalb des festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, wobei der Beitrag des zweiten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer zunehmenden empfangenen Signalleistung bis zu der Zielleistung des empfangenen Signals abnimmt und die im Wesentlichen gleichbleibend ist, wenn die Signalleistung oberhalb der Zielsignalleistung liegt, und einen dritten Sensor, wobei der dritte Sensor außerhalb des festgelegten Abdeckungsgebietes angeordnet ist, wobei der Beitrag des dritten Sensors eine Charakteristik hat, die mit einer zunehmenden empfangenen Signalleistung oberhalb einer Schwelle der empfangenen Signalleistung zunimmt und die im Wesentlichen gleichbleibend ist, wenn die Signalleistung unterhalb der Schwelle liegt, wobei die Schwelle niedriger ist als die empfangene Zielleistung.

15. Funkkommunikationsnetz nach Anspruch 14, wobei die Antennenanordnung Folgendes umfasst: mehrere Antennenelemente, die dazu in der Lage sind, mehrere Keulen zu bilden, und ein regelbares Speisenetz, das dazu in der Lage ist, die Verstär-

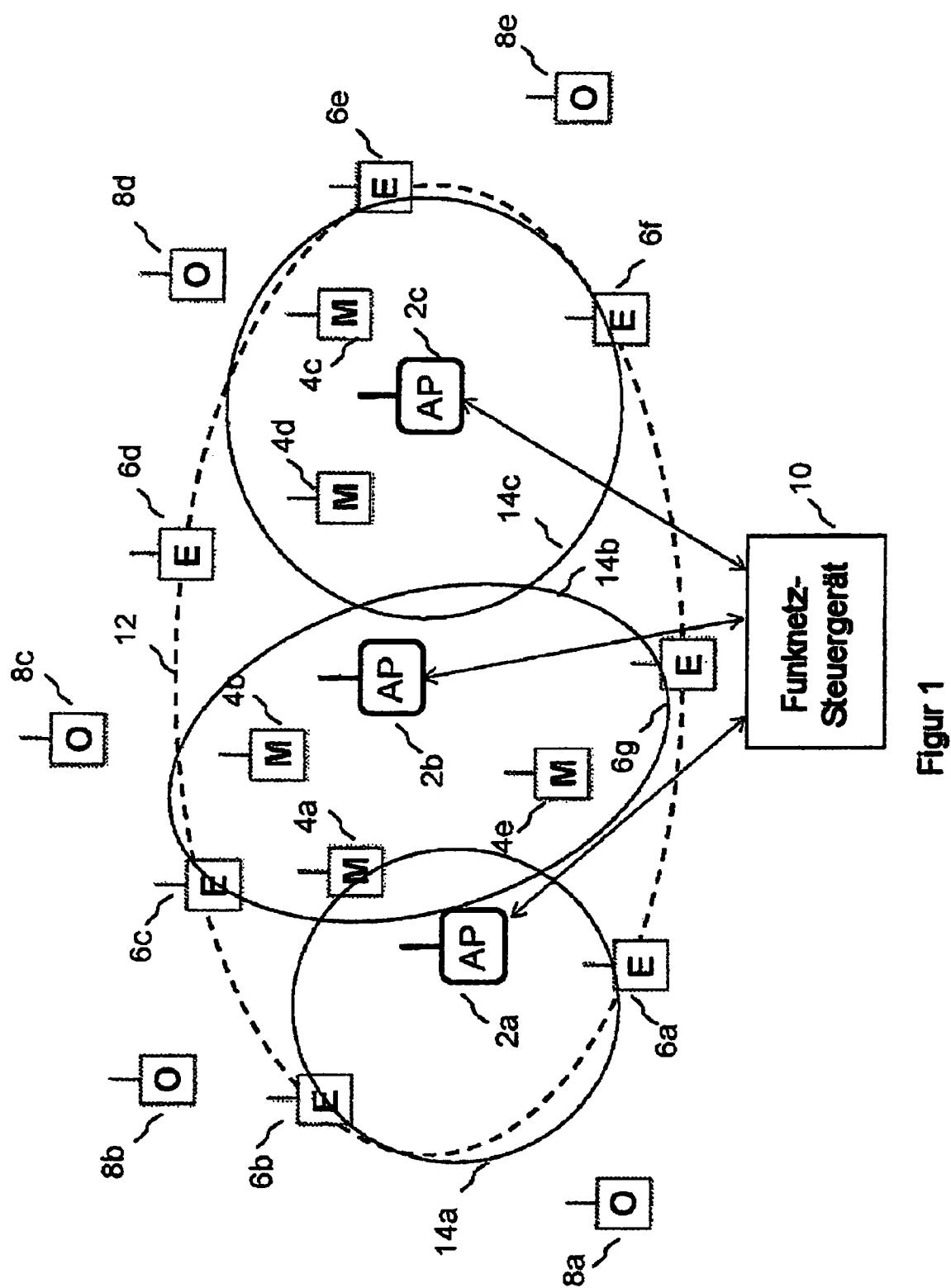
kung jeder Antennenkeule festzusetzen, wobei räumlich benachbarte Keulen so ausgestattet sind, dass sie mit wechselseitig rechtwinkliger Polarisation abstrahlen.

16. Funkkommunikationsnetz nach Anspruch 15, wobei das regelbare Speisenetz einen Leistungsteiler umfasst, der dazu in der Lage ist, die Sendeleistung ungleich zwischen Antennenkeulen zu teilen, die innerhalb von gegenüberliegenden Quadranten einer Azimut-Abstrahlungscharakteristik angeordnet sind.

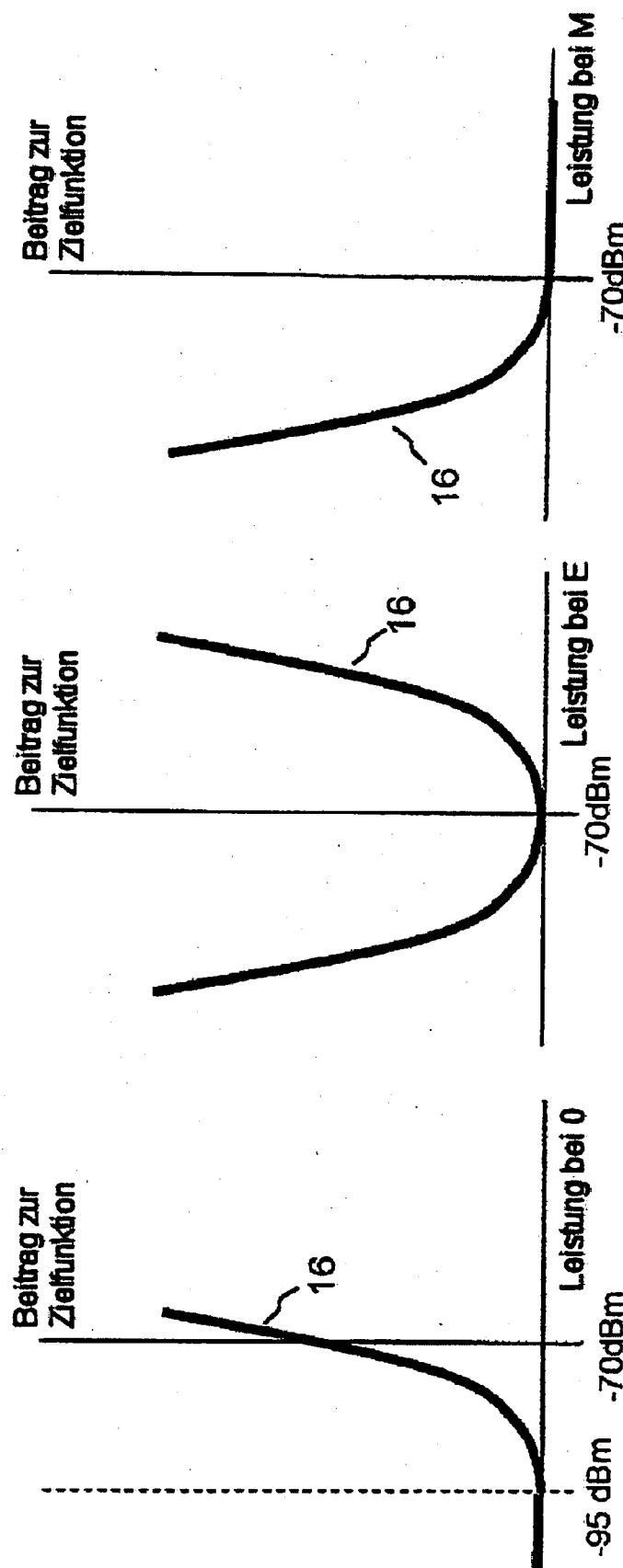
17. Funkkommunikationsnetz nach Anspruch 16, wobei der Leistungsteiler ein erstes 3-dB-Hybridnetz, einen regelbaren Phasenschieber und ein zweites 3-dB-Hybridnetz umfasst, wobei einer der Eingangsanschlüsse des ersten 3-dB-Hybridnetzes mit einer Quelle von Sendeleistung verbunden ist, der eine Ausgangsanschluss des ersten 3-dB-Hybridnetzes mit dem einen Eingangsanschluss des zweiten 3-dB-Hybridnetzes verbunden ist, der andere Ausgangsanschluss des ersten 3-dB-Hybridnetzes über den regelbaren Phasenschieber mit dem anderen Eingangsanschluss des zweiten 3-dB-Hybridnetzes verbunden ist und die zwei Ausgangsanschlüsse des zweiten 3-dB-Hybridnetzes jeweils mit jeweiligen Antennenelementen verbunden sind, wobei jedes Antennenelement eine Keule bildet und die Keulen innerhalb von unterschiedlichen Quadranten einer Azimut-Abstrahlungscharakteristik angeordnet sind.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



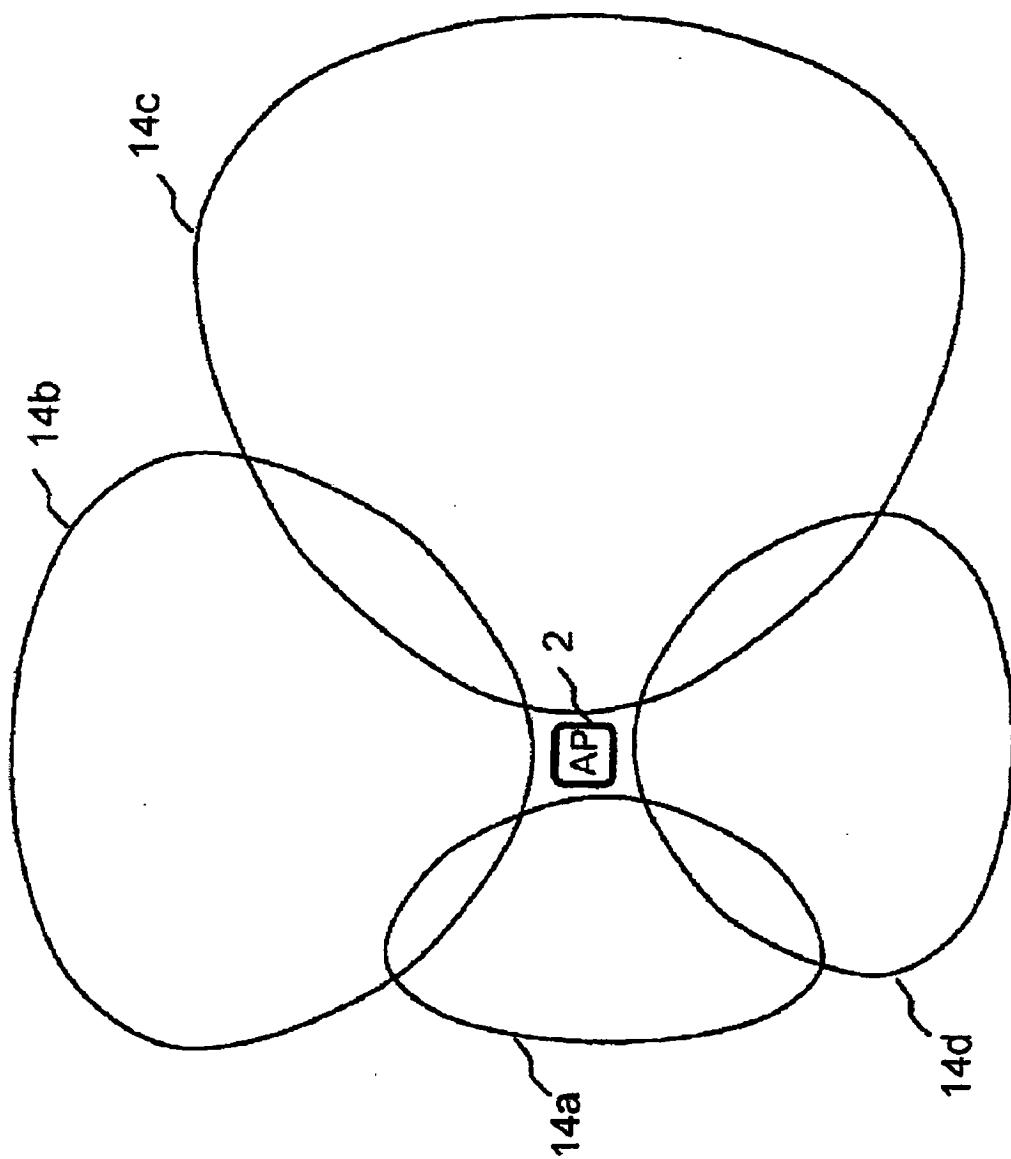
Figur 1



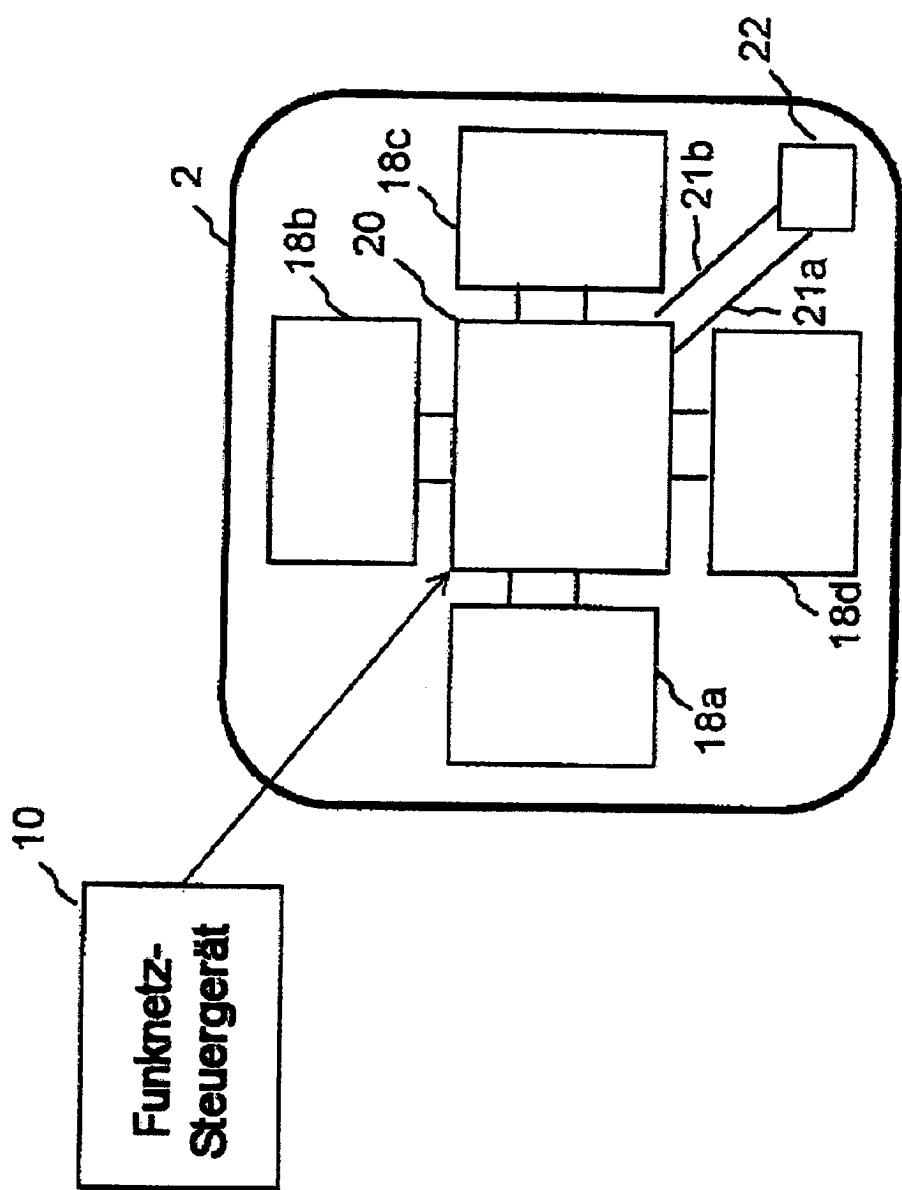
Figur 2

Figur 3

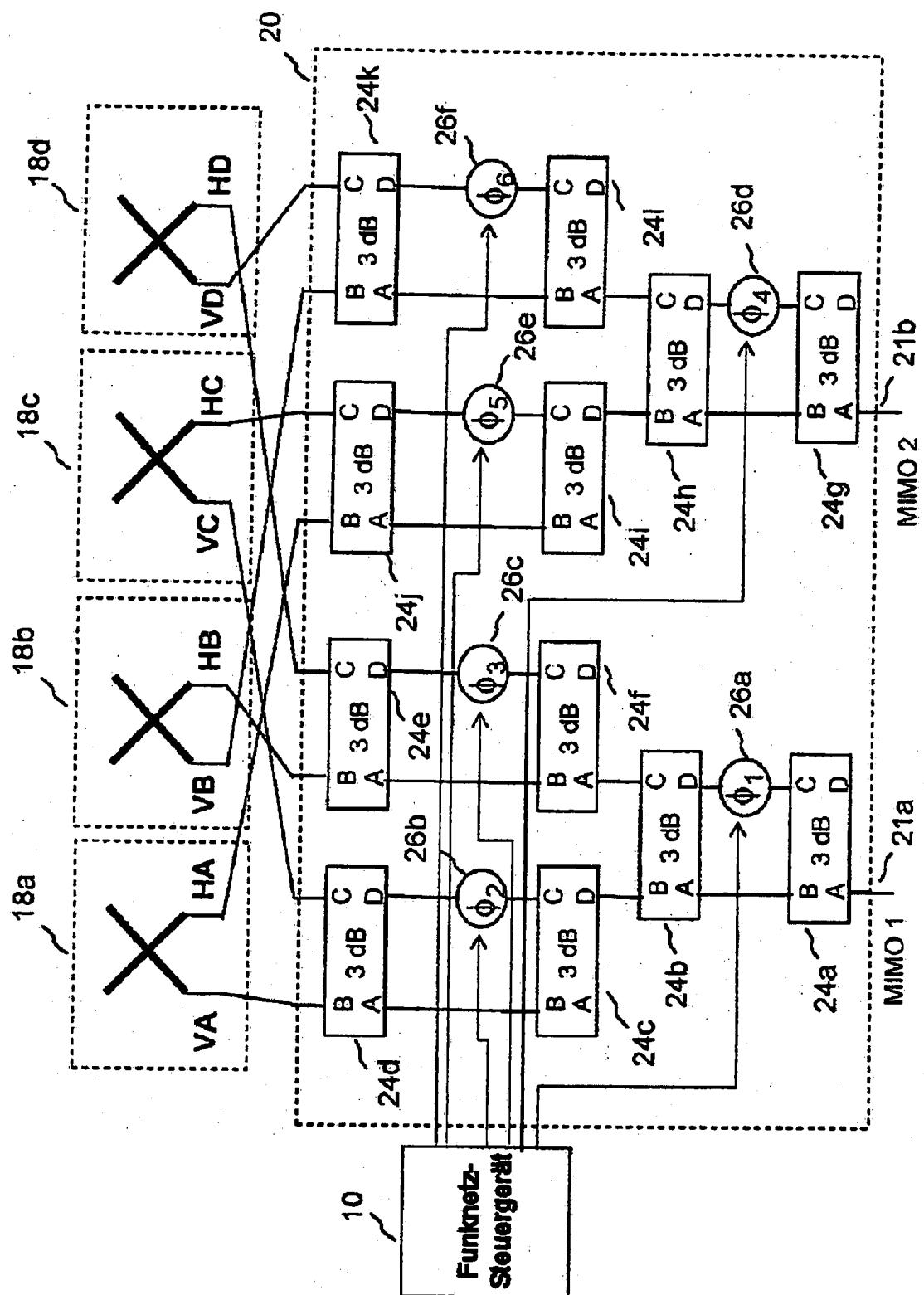
Figur 4



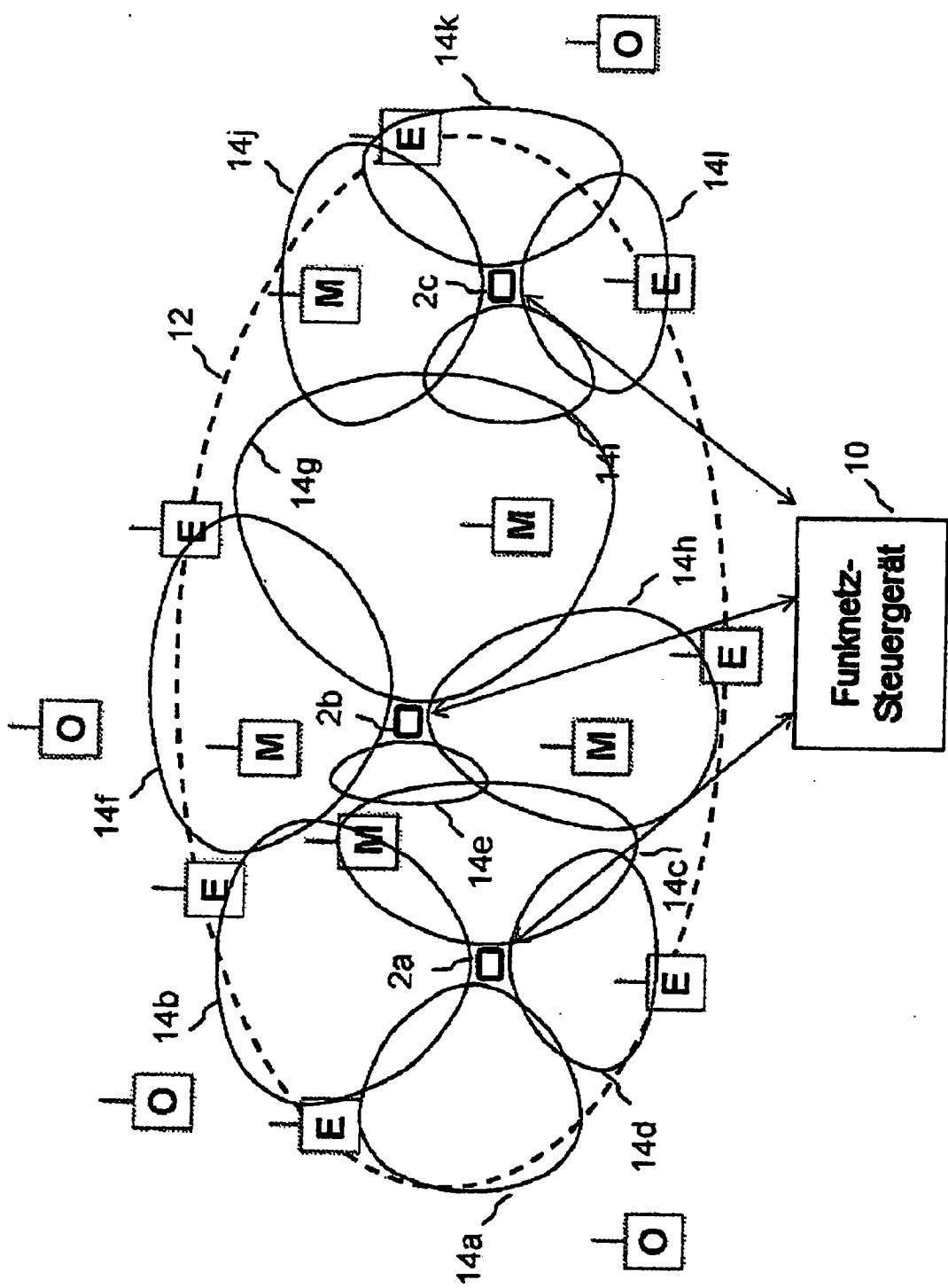
Figur 5



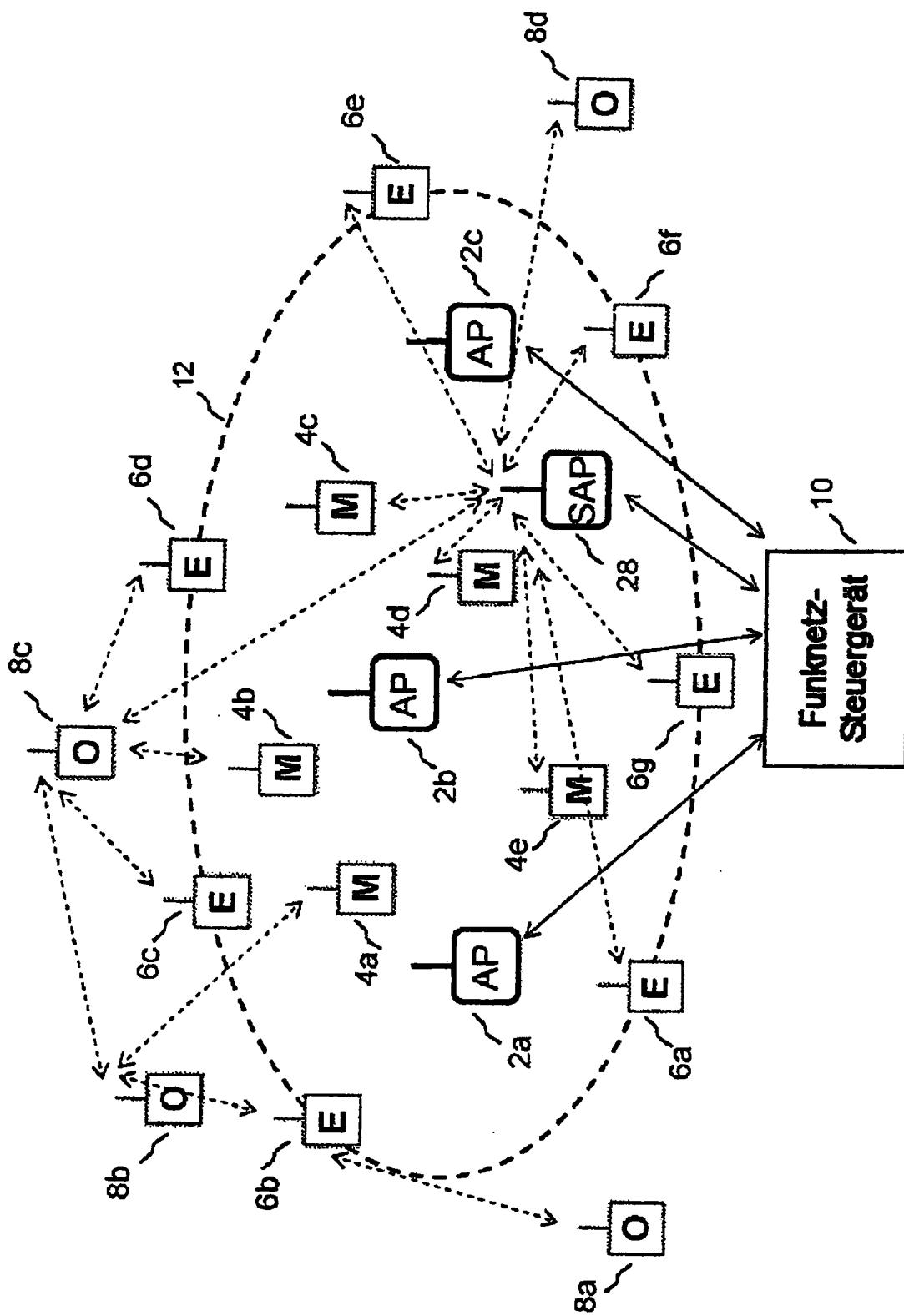
Figur 6



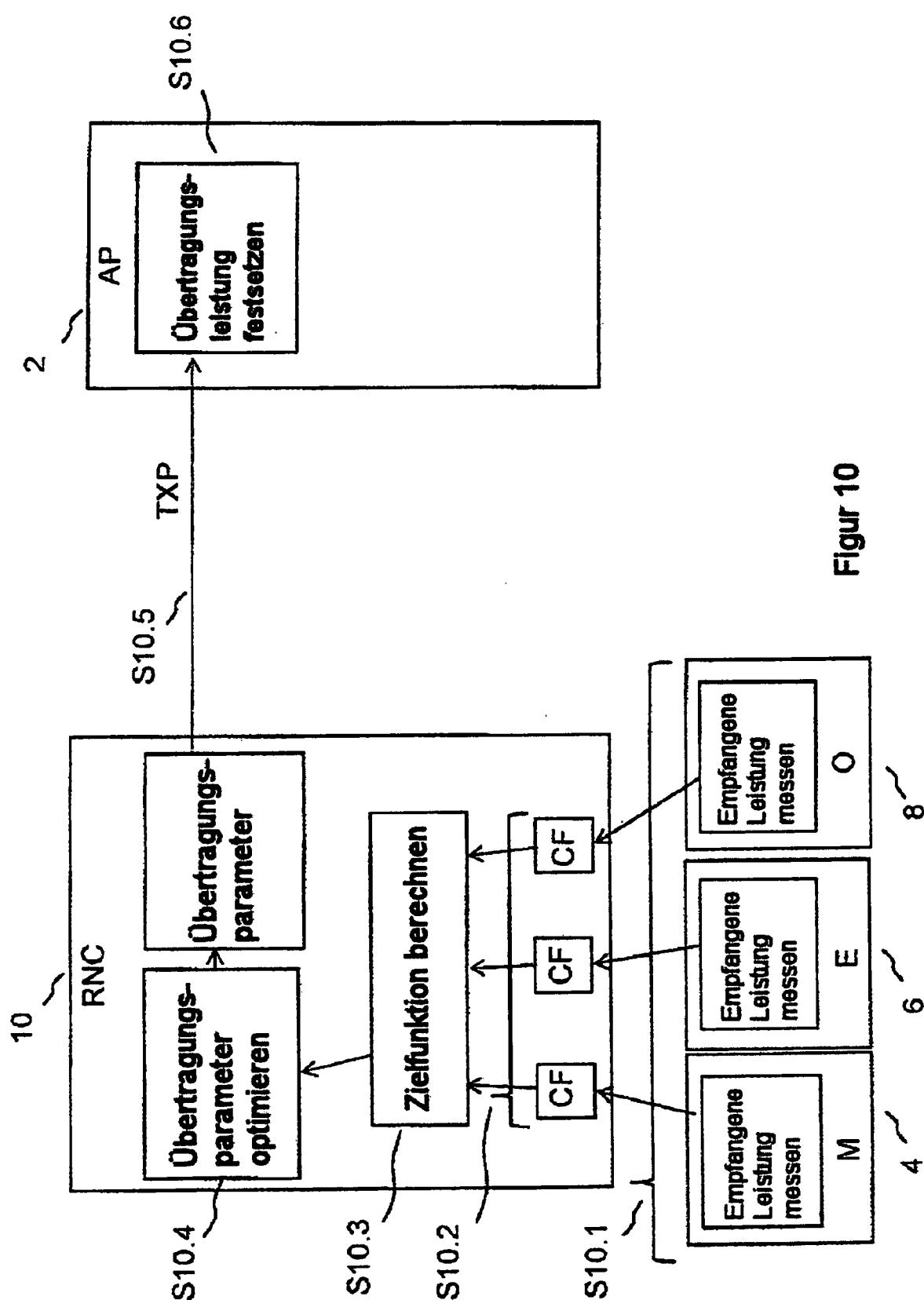
Figur 7



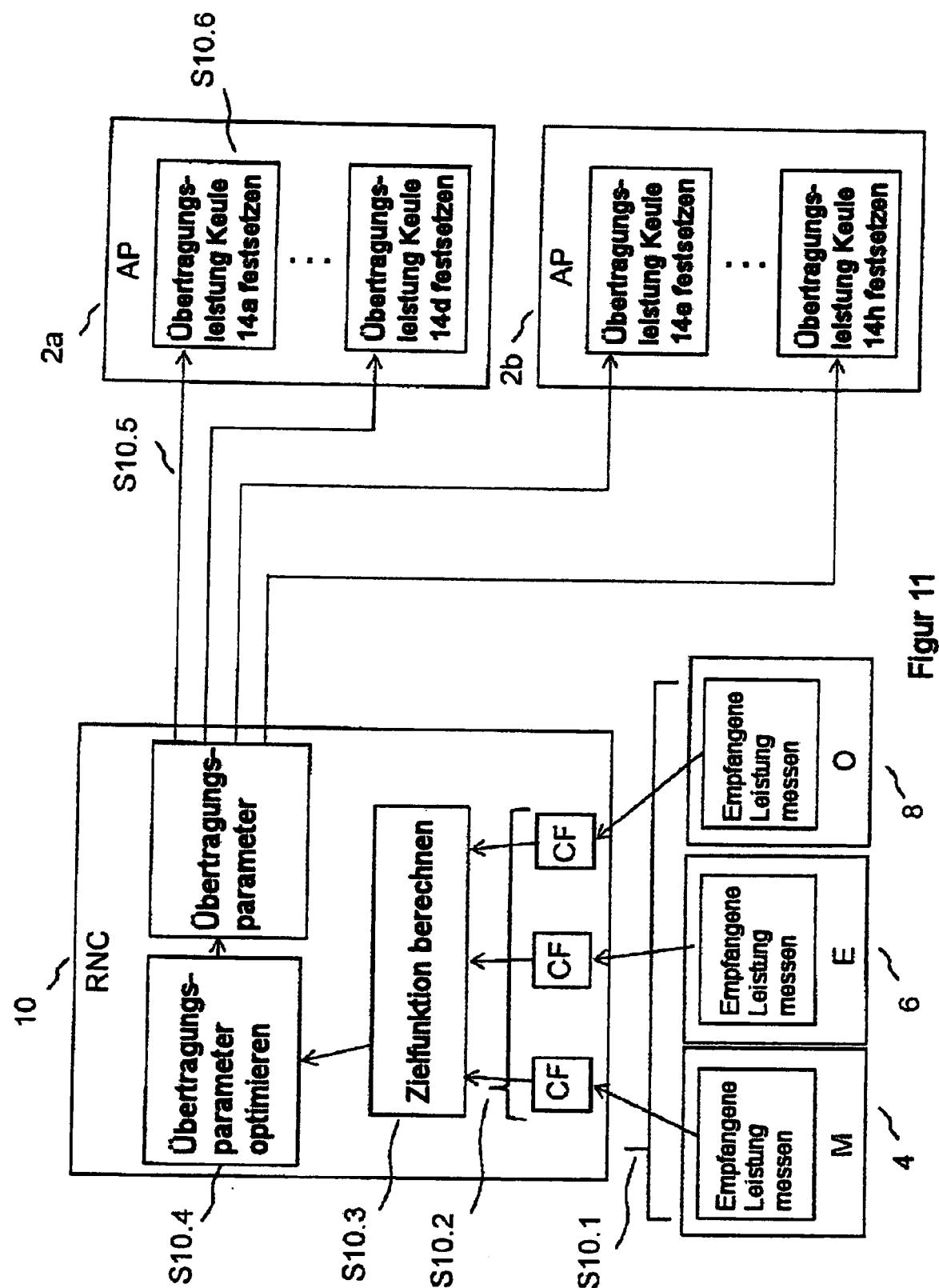
Figur 8



Figur 9



Figur 10



Figur 11