

(19)



(11)

EP 3 047 536 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.10.2017 Patentblatt 2017/41

(51) Int Cl.:
H01Q 1/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14765911.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/069197

(22) Anmeldetag: **09.09.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/039926 (26.03.2015 Gazette 2015/12)

(54) VERFAHREN ZUR AUTOMATISCHEN ANTENNENAUSRICHTUNG UND SENDELEISTUNGSREGULIERUNG UND RICHTFUNKSYSTEM

METHOD FOR AUTOMATIC ANTENNA ORIENTATION AND TRANSMISSION POWER REGULATION, AND RADIO RELAY SYSTEM

PROCÉDÉ D'ALIGNEMENT AUTOMATIQUE D'ANTENNES ET RÉGULATION DE LA PUISSANCE D'ÉMISSION ET SYSTÈME DE LIAISON HERTZIENNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **19.09.2013 DE 102013218862**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.07.2016 Patentblatt 2016/30

(73) Patentinhaber: **IHP GmbH - Innovations for High Performance**
Microelectronics / Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik
15236 Frankfurt (Oder) (DE)

(72) Erfinder:
• **PETRI, Markus**
15236 Frankfurt (Oder) (DE)
• **EHRIG, Marcus**
15236 Frankfurt (Oder) (DE)

(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbH
Anna-Louisa-Karsch-Strasse 2
10178 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-93/01663 WO-A1-2013/058673
WO-A2-2004/114457 US-A1- 2010 302 101
US-B1- 6 278 405

EP 3 047 536 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Ausrichtung von Antennen von Stationen einer Richtfunkstrecke, einen Master-Senderempfänger sowie ein Betriebsverfahren für einen Master-Senderempfänger. Desweiteren betrifft die Erfindung einen Slave-Senderempfänger sowie ein Betriebsverfahren für einen Slave-Senderempfänger und eine Richtfunkanordnung.

[0002] Richtfunksysteme, insbesondere mit Wellenlängen im Bereich von Millimeterwellen (60 GHz, 70 - 80 GHz, 90 GHz), verwenden unter anderem aufgrund frequenzregulatorischer Vorschriften Antennen mit sehr starker Richtwirkung, d. h. einer sehr schmalen Abstrahlungscharakteristik. Die typischen Öffnungswinkel von 60 GHz-Richtfunksystemen liegen beispielsweise zwischen 0,5° und 3°. Es sind jedoch teilweise auch noch stärker bündelnde Antennen im Einsatz. Der sehr kleine Öffnungswinkel der Antennen und der daraus folgende kleine Strahldurchmesser führen, vor allem in Verbindung mit nicht festgelegten Entfernungen zwischen zwei Richtfunkstationen, zu großen Schwierigkeiten bei der Ausrichtung der Antennen. Richtfunkstationen werden nachfolgend der Kürze halber auch einfach als Stationen bezeichnet.

[0003] Eine manuelle Ausrichtung der Antennen ist sehr zeitaufwendig und bedarf zusätzlicher Hilfsmittel. Aufgrund der geringen Strahldurchmesser ist eine automatische Antennenjustage jedoch schwierig. Insbesondere im typischen Fall eines Punkt-zu-Punkt Richtfunksystems, in dem die Stationen nicht über eine unabhängige zusätzliche Kommunikationsverbindung verfügen, ist kein Datenaustausch parallel zur Ausrichtung und damit keine synchron und zentral gesteuerte Ausrichtung des Antennenstrahls möglich. Stattdessen müssen die beteiligten Stationen selbstständig eine Suche nach einem Kommunikationspartner durchführen, indem der Antennenstrahl über alle möglichen Strahlpositionen geschwenkt wird.

[0004] US 2010/0302101 A1 beschreibt ein hierbei eingesetztes Verfahren, das auf zwei unterschiedlichen Schwenkgeschwindigkeiten der Stationen basiert. Eine Station schwenkt den Strahl schnell und periodisch über alle ihre Strahlpositionen, während die zweite Station ihren Strahl langsam schwenkt und die gleiche Zeit in einer Position verbleibt, die die erste Station für den Schwenk über alle Positionen benötigt. Somit wird sichergestellt, dass sämtliche Kombinationen der Strahlpositionen getestet werden und die Stationen einander finden.

[0005] Die in US 2010/0302101 A1 beschriebene Vorgehensweise resultiert in einer langen Suchzeit, da durch die kleinen Strahldurchmesser und die daraus folgende große Anzahl an Strahlrichtungen viele Kombinationsmöglichkeiten getestet werden müssen. Zusätzlich wird bei dem dort beschriebenen Verfahren eine Information über die Pfaddämpfung (z. B. anhand der Entfernung) benötigt, um den Suchraum einzugrenzen.

[0006] Wünschenswert ist also eine beschleunigte au-

tomatische Ausrichtung von Antennen einer Richtfunkstrecke.

[0007] Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt gelöst durch ein Verfahren zur automatischen Ausrichtung von Antennen von Stationen einer Richtfunkstrecke, wobei eine Station als Master und mindestens eine andere Station als Slave konfiguriert ist und bei dem in einer ersten Phase der Master und der Slave eine Grobtabstastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung durchführen, in der Master und Slave Signale miteinander austauschen können, und wobei in einer zweiten Phase, nachdem die Grobausrichtung identifiziert und eingestellt wurde, der Master eine Steuerungsstrahlrichtung des Masters und eine Steuerungsstrahlrichtung des Slaves bestimmt, die nachfolgend als Master-Steuerungsstrahlrichtung und Slave-Steuerungsstrahlrichtung bezeichnet werden, und dem Slave dessen Slave-Steuerungsstrahlrichtung vorgibt. Anschließend gibt über eine Anzahl von Iterationen jeweils der Master eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave in diese neue Slave-Strahlrichtung empfangen soll, vor. Der Master sendet anschließend Suchsignale in eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen ohne eine Wartezeit in den Master-Strahlrichtungen zu verbleiben, der Slave führt während der Verweilzeit eine Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal durch und speichert deren Ergebnisse. Nach dem Ablauf der Verweilzeit richten sich beide Stationen in die jeweilige festgelegte Steuerungsstrahlrichtung aus, der Slave übermittelt die Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung und auf der Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung wird eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antennen von Master und Slave bestimmt und diese werden entsprechend ausgerichtet.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein Verfahren zur automatischen Ausrichtung von Antennen einer Richtfunkstrecke beschleunigt werden kann, indem, nachdem eine Grobausrichtung gefunden wurde, in der der Master und der Slave miteinander kommunizieren können, der Master seine Abtastgeschwindigkeit erhöht. Dies geschieht vorliegend, indem er keine Verweilzeit in der jeweiligen Master-Strahlrichtung verbleibt, sondern direkt nach Aussenden eines Signals zur nächsten Master-Strahlrichtung wechselt und der Slave durchgehend Signale empfängt und erst nach einem Suchlauf des Masters über eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen der Slave dem Master übermittelt, in welcher Strahlrichtung er Signale in welcher Qualität empfangen hat. Der Slave bleibt hierbei für jeden Durchlauf auf einer vom Master vorbestimmten Slave-Strahlrichtung und wechselt erst im nächsten Durchlauf auf eine wiederum vom Master bestimmte neue Slave-Strahlrichtung. Mithilfe dieses Verfahrens können beschleunigte Suchen über alle Kombinationen von Strahlrichtungen von Master und Slave durchgeführt werden.

[0009] Mit Strahlposition ist im Bezug auf Antennen im

Rahmen der vorliegenden Anmeldung in unterschiedlichen Ausführungen beispielsweise eine Ausrichtung einer Antenne mit mechanischen Mitteln gemeint, oder beispielsweise eine Ausrichtung der Antenne, die allein oder zusätzlich durch elektronische Beeinflussung der Abstrahlcharakteristik, wie beispielsweise Beamsteering eingestellt werden kann.

[0010] Der Begriff Strahlrichtung wird in Bezug auf Antennen und Stationen einer Richtfunkstrecke im Rahmen der vorliegenden Anmeldung nicht immer im Sinne einer Senderichtung, sondern je nach Zusammenhang (Sender oder Empfänger) alternativ im Sinne einer Empfangsrichtung verwendet.

[0011] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

[0012] Bevorzugt entspricht die Verweilzeit des Slave in der zweiten Phase der Zeitspanne, die der Master benötigt, um Suchsignale in die vorbestimmte Anzahl von Master-Strahlrichtungen zu senden. Der Begriff Verweilzeit wird vorliegend für Zeitspannen verwendet, in denen eine jeweilige Station in einer Strahlrichtung bis zum Ende einer vorbestimmten Zeit unabhängig von in dieser Zeit eintreffenden Signalen verweilt. Im Unterschied dazu wird der Begriff Wartezeit für Zeitspannen verwendet, in denen eine jeweilige Station in einer Strahlrichtung verweilt, bis entweder ein bestimmtes Signal eingetroffen oder eine vorbestimmte Zeitspanne abgelaufen ist.

[0013] Gemäß einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Grobabtastung in der ersten Phase die folgenden Schritte: Der Master sendet ein Suchsignal in eine erste Master-Strahlrichtung und wartet anschließend für eine definierte Wartezeit auf ein Antwortsignal und wechselt bei Ausbleiben eines Antwortsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Master-Strahlrichtung, bei Empfang eines Antwortsignals sendet der Master ein Startsignal in die erste Master-Strahlrichtung, mit dem eine zweite Phase eingeleitet wird; der Slave wartet in einer ersten Slave-Strahlrichtung eine definierte Wartezeit, die größer ist als die Wartezeit des Masters auf den Empfang eines Suchsignals und wechselt bei Ausbleiben eines Suchsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Slave-Strahlrichtung, bei Empfang eines Suchsignals sendet er ein Antwortsignal in die erste Slave-Strahlrichtung. Dieses Verfahren stellt eine Möglichkeit zur Grobabtastung dar. Andere Verfahren, die zur Auffindung einer Kombination aus einer Master-Strahlrichtung und einer Slave-Strahlrichtung, in der Master und Slave miteinander kommunizieren können, dienen können, sind ebenso geeignet.

[0014] Im erfindungsgemäßen Verfahren übernimmt der Master die Steuerungsfunktionalität für die Kommunikation zwischen Master und Slave und ermöglicht so eine gesteuerte Kommunikation zwischen beiden Stationen während der Suche. Daher ist das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft in TDD-basierten Verfahren einsetzbar, die keine Möglichkeit zur kontinuierlichen Steuerung haben. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens arbeiten die Stationen

deshalb mit einem TDD-basierten Verfahren. In TDD-basierten Verfahren wird nur ein Frequenzkanal verwendet, sodass die beiden Stationen nicht gleichzeitig ein kontinuierliches Signal während einer Abtastung von Strahlkombinationen senden können. Eine Abtastung von Strahlkombination meint hierbei die Suche von Master und Slave nach Kombinationen ihrer jeweiligen Strahlrichtungen, in denen eine Kommunikation zwischen Master und Slave möglich ist.

[0015] Vorzugsweise wird das Verfahren bei Stationen eingesetzt, die in einem Frequenzbereich oberhalb von 50 GHz arbeiten. In diesen Frequenzbereichen sind teilweise hohe Antennengewinne und damit sehr kleine Strahlweiten frequenzregulatorisch für den Außenbereich vorgeschrieben, so dass ein Verfahren zu Ausrichtung benötigt wird. Bei niedrigeren Frequenzen sind zur Realisierung hoher Antennengewinne sehr große Antennen notwendig. Oberhalb von 50 GHz sind auch stark bündelnde Antennen relativ klein. Das Verfahren kann aber auch in allen anderen Frequenzbereichen genutzt werden, sofern gerichtete Antennen mit einstellbarer Ausrichtung eingesetzt werden.

[0016] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden, um den bestmöglichen Strahl zu finden, in der zweiten Phase alle verbleibenden Strahlkombinationen getestet, die noch nicht in der ersten Phase durchlaufen wurden.

[0017] In einer Ausführungsform des Verfahrens können Abbruchkriterien für die Iterationen der zweiten Phase definiert sein. Beispielsweise kann ein solches Abbruchkriterium sein, dass eine Ausrichtung gefunden wurde, in der die Signale mit gewünschter Qualität übermittelt werden können oder eine bestimmte Anzahl von Slave-Strahlrichtungen durchlaufen wurde. Mit Hilfe dieser Ausführungsform kann die Ausrichtung weiter beschleunigt werden. Dabei erstreckt sich der Suchraum dann nicht mehr über alle möglichen Kombinationen und evtl. wird nicht die optimale Kombination gefunden (z. B., wenn durch Reflektionen mehrere Ausrichtungen zu einem Kontakt führen). Dies ist aber unproblematisch, da die gefundene Kombination allen Anforderungen für die Datenübertragung genügt.

[0018] In der Regel liegen bei der Ausrichtung der Antennen einer Richtfunkstrecke keine Kenntnisse zur Entfernung zwischen den Antennen vor. Die fehlende Entfernungsangabe bedingt, dass stets der kleinste Strahldurchmesser verwendet wird, d. h. der Antennengewinn, der für die maximal spezifizierte Entfernung des Systems notwendig ist. Darüberhinaus ist in einigen Fällen die Verwendung eines größeren Strahldurchmessers also eines kleineren Antennengewinns frequenzregulatorisch nicht erlaubt. Zusätzlich wird auch die maximale Sendeleistung verwendet, die für die größtmögliche spezifizierte Entfernung notwendig ist. Ist der Abstand der Stationen aber geringer, so kann dies zu einer Übersteuerung der Eingangsverstärker am Empfänger führen. In den Verfahren im Stand der Technik führt dies dazu, dass eine Kommunikationsverbindung nicht aufgebaut wer-

den kann, da auf das übersteuerte Signal keine Antwort erfolgt und der Sender keine Kenntnis darüber hat, ob die Antwort aufgrund einer fehlenden Übereinstimmung der Strahlrichtungen oder aufgrund einer Übersteuerung des Empfängers ausbleibt. In einer Ausführungsform des Verfahrens misst der Master oder der Slave oder messen der Master und der Slave in der ersten Phase bei einem Erfassen eines übersteuerten Signals die Zeitdauer dieses übersteuerten Signals. Aus der Zeitdauer des übersteuerten Signals und einem Vergleich mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Such- oder Antwortsignals wird dann auf den Empfang des erwarteten Such- oder Antwortsignals geschlossen und eine als Reaktion auf den Empfang dieses erwarteten Such- oder Antwortsignal vorgesehene Antwort gesendet. Diese Ausführungsform ermöglicht die Kommunikation zwischen Master und Slave, auch wenn es zu einer Übersteuerung gekommen ist.

[0019] Diese Ausführungsform nutzt die Erkenntnis, dass eine Kommunikation trotz Übersteuerung aufgebaut werden kann, wenn die Station, die ein übersteuertes Signal empfängt, die Zeitdauer des übersteuerten Signals misst und aus dieser Zeitdauer und einem Vergleich dieser Zeitdauer mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Signals darauf schließen kann, dass das erwartete Signal eingetroffen ist und daraufhin eine entsprechende Antwort auf das erwartete Signal sendet. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Master im Rahmen dieser Ausführungsform, wenn er in einer ersten Phase ein übersteuertes Antwortsignal empfängt, aus einer Empfangsleistung des Antwortsignals eine neue Sendeleistung des Suchsignals bestimmt, die niedriger ist als die zuvor verwendete und anschließend der Master das Suchsignal mit der neuen Sendeleistung sendet. Dieser Prozess wird dann vorzugsweise iterativ durchgeführt, bis entweder ein nicht übersteuerter Austausch von Suchsignal und Antwortsignal erfolgt ist oder ein Vorliegen eines Abbruchkriteriums ohne Empfang eines nicht-übersteuerten Signals festgestellt wird. Mithilfe dieses Verfahrens ist es möglich, zusätzlich zur Optimierung der Ausrichtung der Antennen auch die Sendeleistung automatisch zu optimieren und Kommunikationsabbrüche in grundsätzlich geeigneten Strahlrichtungen wegen Übersteuerung zu vermeiden. Beispielsweise ist der Ablauf einer vorbestimmten maximalen Wartezeit ein geeignetes Abbruchkriterium oder der Durchlauf einer vorbestimmten Anzahl von Iterationen. Vorzugsweise wird nach Vorliegen des Abbruchkriteriums die erste Phase mit einer neuen Master-Strahlrichtung fortgeführt. Nach einem nicht-übersteuerten Austausch von Antwortsignal und Suchsignal sendet in einer bevorzugten Ausführungsform der Master ein Startsignal, mit dem er den Beginn der zweiten Phase auslöst.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren kann nicht nur mit einem Master und einem Slave durchgeführt werden, sondern auch mit mehreren Slaves, die jeweils in unterschiedlichen Zeitschlitten adressiert werden. Damit ist der Betrieb einer Richtfunkstrecke mit mehr als

zwei Stationen möglich.

[0021] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung einen Master-Senderempfänger zum Betrieb einer Richtfunkstrecke, nachfolgend Master, mit einer Sende-Empfangseinheit, die ausgebildet ist, in einstellbaren Richtungen über mindestens eine Antenne Signale zu erzeugen, zu senden und zu empfangen und einer Steuereinheit, die ausgebildet ist zur automatischen Ausrichtung der Antenne, die Sende-Empfangseinheit in einer ersten Phase zur Durchführung einer Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung mit einem Slave-Senderempfänger, nachfolgend Slave, anzusteuern, nach abgeschlossener Grobabtastung eine zweite Phase einzuleiten und in der zweiten Phase der Sende-Empfangseinheit eine Master-Steuerungsstrahlrichtung sowie im Slave eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung vorzugeben. Darüberhinaus ist die Steuereinheit ausgebildet, anschließend über eine Anzahl von Iterationen jeweils eine neue Slave-Strahlrichtung für den Slave und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, vorzugeben, die Sende-Empfangseinheit zum anschließenden Aussenden von Suchsignalen in eine vorbestimmte Anzahl von Master-Strahlrichtungen anzusteuern, und die Sende-Empfangseinheit nach dem Ablauf der Verweilzeit zum Empfangen von Ergebnissen einer Signalqualitätsparameterbestimmung vom Slave auf der festgelegten Master-Steuerungsstrahlrichtung anzusteuern und auf Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antennen von Sende-Empfangseinheit und Slave zu bestimmen und die Antenne der Sende-Empfangseinheit zur entsprechenden Ausrichtung anzusteuern.

[0022] Der Master-Senderempfänger des zweiten Aspekts der Erfindung ist geeignet, in einem Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung eingesetzt zu werden bzw. Teile des Verfahrens durchzuführen. Er wird hier auch kurz als Master bezeichnet. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Senderempfänger im Sinne der Erfindung ausschließlich als Master im Sinne der erfindungsgemäßen Verfahrensführung fungieren können muss. Eine solche ausschließliche Funktion ist lediglich als Ausführungsbeispiel zu verstehen. Bevorzugte Ausführungsbeispiele von Senderempfängern sind ausgebildet, sowohl als Master als auch als Slave betrieben werden zu können.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Master-Senderempfänger gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ausgebildet, bei der Grobabtastung in der ersten Phase ein Suchsignal in eine erste Master-Strahlrichtung zu senden und anschließend für eine definierte Wartezeit auf eine Antwortsignal zu warten und bei Ausbleiben eines Antwortsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Master-Strahlrichtung zu wechseln sowie bei Empfang eines Antwortsignals ein Startsignal in die erste Master-Strahlrichtung auszusenden, mit dem eine zweite Phase eingeleitet wird.

[0024] Um trotz einer möglichen Übersteuerung eine

Kommunikation aufbauen zu können, ist der Master vorzugsweise ausgebildet, in der ersten Phase bei einem Erfassen eines übersteuerten Signals die Zeitdauer dieses übersteuerten Signals zu messen, aus der Zeitdauer des übersteuerten Signals und einem Vergleich mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Antwortsignals auf den Empfang des erwarteten Antwortsignals zu schließen und eine als Reaktion auf den Empfang dieses erwarteten Antwortsignals vorgesehene Antwort zu senden.

[0025] Vorzugsweise ist der Master ausgebildet, in der ersten Phase, wenn er ein übersteuertes Antwortsignal empfängt, aus einer Empfangsleistung des Antwortsignals eine neue Sendeleistung des Suchsignals zu bestimmen, die niedriger ist als die zuvor verwendete, und anschließend das Suchsignal mit der neuen Sendeleistung zu senden. Beispielsweise ist der Master in einer ersten Variante dieser Ausführungsform ausgebildet, die Leistung des Eingangssignals am Ausgang des Eingangsverstärkers zu ermitteln. Bei dieser Variante kann nicht auf die absolute Höhe einer Übersteuerung geschlossen werden, so dass über bestimmte vordefinierte Abstufungen eine geeignete Leistung ermittelt werden muss. In einer alternativen zweiten Variante hat der Master zusätzlich ein Modul zur Leistungserkennung mit einem größeren Dynamikbereich als dem Dynamikbereich des Eingangsverstärkers, das parallel zum Eingangsverstärker geschaltet ist. Damit kann direkt auf die Empfangsleistung geschlossen werden und die entsprechende Anpassung errechnet werden. Dieser Prozess wird vorzugsweise iterativ durchgeführt, bis entweder ein nicht-übersteuerter Austausch von Suchsignal und Antwortsignal erfolgt oder ein Vorliegen eines Abbruchkriteriums ohne Empfang eines nicht-übersteuerten Signals festgestellt wird. Diese Ausführungsform des Masters ermöglicht es, die Kommunikation trotz eines übersteuerten Signals aufrechtzuerhalten. Zusätzlich ermöglicht sie die Sendeleistung anzupassen und so nicht nur eine optimierte Ausrichtung, sondern auch eine optimierte Sendeleistung zu ermöglichen.

[0026] Vorzugsweise ist der Master ausgebildet, nach Vorliegen des Abbruchkriteriums die erste Phase mit einer neuen Master-Strahlrichtung fortzuführen. Desweiteren ist der Master vorzugsweise ausgebildet, nach einem nicht übersteuerten Austausch ein Startsignal zum Beginn der zweiten Phase auszusenden.

[0027] Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für einen Master-Senderempfänger einer Richtfunkstrecke, nachfolgend Master, mit einer Steuerungseinheit und einer Sende-Empfangseinheit mit mindestens einer Antenne, bei dem der Master im Austausch mit einem Slave-Senderempfänger, nachfolgend Slave, eine Grobabbastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung durchführt, in der der Master mit dem Slave Signale austauschen kann, nach abgeschlossener Grobabbastung der Master eine zweite Phase einleitet, in der der Master seiner Sende-Empfangseinheit eine Master-Steuerungsstrahlrichtung sowie dem Slave eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung

vorgibt und anschließend über eine Anzahl von Iterationen jeweils der Master eine neue Slave-Strahlrichtung für den Slave und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, vorgibt. Der Master sendet anschließend Suchsignale in eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen, nach Ablauf der Verweilzeit empfängt er Ergebnisse einer Signalqualitätsparameterbestimmung vom Slave auf der festgelegten Master-Steuerungsstrahlrichtung. Auf der Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung bestimmt der Master eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antennen von Sende-Empfangseinheit und Slave und richtet die Antenne der Sende-Empfangseinheit entsprechend aus.

[0028] Gemäß einem vierten Aspekt betrifft die Erfindung einen Slave-Senderempfänger zum Betrieb einer Richtfunkstrecke, mit einer Sende-Empfangseinheit, die ausgebildet ist, in einstellbaren Richtungen über mindestens eine Antenne Signale zu erzeugen, zu senden und zu empfangen und einer Steuereinheit, die ausgebildet ist zur automatischen Ausrichtung der Antenne die Sende-Empfangseinheit in einer ersten Phase zur Durchführung einer Grobabbastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung mit einem Master, anzusteuern, und in einer zweiten Phase über eine Anzahl von Iterationen jeweils nach Vorgabe durch den Master die Sende-Empfangseinheit zur Einstellung einer neuen Slave-Strahlrichtung und einer Verweilzeit, in der die Sende-Empfangseinheit dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, und zur Durchführung einer Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal und zum Speichern der Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung anzusteuern, nach dem Ablauf der Verweilzeit die Sende-Empfangseinheit anzusteuern, eine zuvor vom Master festgelegte Slave-Steuerungsstrahlrichtung einzustellen und die Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung zu übermitteln, die Antenne der Sende-Empfangseinheit zur Ausrichtung entsprechend einer zuvor vom Master übermittelten optimalen wechselseitigen Ausrichtung anzusteuern.

[0029] Der Slave-Senderempfänger des vierten Aspekts der Erfindung ist geeignet, in einem Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung eingesetzt zu werden bzw. Teile des Verfahrens durchzuführen. Er wird hier auch kurz als Slave bezeichnet. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Senderempfänger im Sinne der Erfindung ausschließlich als Slave im Sinne der erfindungsgemäßen Verfahrensführung fungieren können muss. Eine solche ausschließliche Funktion ist lediglich als Ausführungsbeispiel zu verstehen. Bevorzugte Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäßen Senderempfängern sind wie erwähnt ausgebildet, sowohl als Master als auch als Slave betrieben werden zu können.

[0030] Vorzugsweise ist der Slave ausgebildet, bei der Grobabbastung in der ersten Phase in einer ersten Slave-Strahlrichtung eine definierte Wartezeit, die größer ist als die Wartezeit eines Masters auf den Empfang eines

Suchsignals des Masters zu warten und bei Ausbleiben eines Suchsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Slave-Strahlrichtung zu wechseln sowie bei Empfang eines Suchsignals ein Antwortsignal in die erste Slave-Strahlrichtung zu senden.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform ist der Slave ausgebildet, in der ersten Phase bei einem Erfassen eines übersteuerten Signals die Zeitdauer dieses übersteuerten Signals zu messen, aus der Zeitdauer des übersteuerten Signals und einem Vergleich mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Such- oder Antwortsignals auf den Empfang der erwarteten Such- oder Antwortsignals zu schließen und eine als Reaktion auf den Empfang dieses erwarteten Such- oder Antwortsignals vorgesehene Antwort zu senden.

[0032] Gemäß einem fünften Aspekt betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für einen Slave mit einer Steuerungseinheit und einer Sende-Empfangeinheit mit mindestens einer Antenne, bei dem der Slave im Austausch mit einem Master, eine Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung durchführt, in der der Slave mit einem Master Signale austauschen kann, der Slave ein Signal zur Einleitung einer zweiten Phase empfängt, in der der Slave über eine Anzahl von Iterationen jeweils nach Vorgabe des Masters eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, einstellt, eine Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal durchführt und deren Ergebnisse speichert. Nach dem Ablauf der Verweilzeit stellt der Slave zur Übermittlung der Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung die zuvor vom Master festgelegte Slave-Steuerungsstrahlrichtung ein und richtet die Antenne der Sende-Empfangeinheit entsprechend einer vom Master übermittelten optimalen Ausrichtung aus.

[0033] Gemäß einem sechsten Aspekt betrifft die Erfindung eine Richtfunkanordnung aufweisend einen erfindungsgemäßen Master sowie mindestens einen erfindungsgemäßen Slave.

[0034] Die Ausrichtung der Antennen in den erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen kann sowohl über eine motorgestützte mechanische Verstellung erfolgen als auch über ein sogenanntes Beamsteering-Verfahren. Beim Beamsteering-Verfahren geschieht die Ausrichtung der Antenne über eine Amplituden- und/oder Phasensteuerung. Antennen für Beamsteering-Verfahren bestehen in der Regel aus mehreren Elementen. Unter Beamsteering-Verfahren wird im Rahmen dieser Erfindung ein elektronisches Verfahren zur Antennenausrichtung verstanden, bei dem für jedes Antennenelement oder für eine Gruppe von Antennenelementen eine getrennte Beeinflussung der Signalamplitude oder der Signalphase oder der Signalamplitude und der Signalphase stattfindet.

[0035] Die vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Betriebsverfahren gemäß des zweiten bis fünften Aspektes der Erfindung teilen die Vor-

teile des Verfahrens des ersten Aspekts der Erfindung.

[0036] Nachfolgend werden mit Bezug auf Figuren weitere Ausführungsbeispiele erläutert, wobei

- 5 Figur 1 schematisch ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung zeigt,
- 10 Figur 2 schematisch eine Ausführungsform einer Richtfunkanordnung gemäß dem sechsten Aspekt der Erfindung zeigt,
- 15 Figur 3 schematisch eine Ausführungsform eines Betriebsverfahrens für einen Master-Senderempfänger gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung zeigt,
- 20 Figur 4 schematisch eine Ausführungsform eines Betriebsverfahrens für einen Slave-Senderempfänger gemäß dem fünften Aspekt der Erfindung zeigt.

[0037] Figur 1 zeigt schematisch ein Verfahren zur automatischen Ausrichtung von Antennen von Stationen einer Richtfunkstrecke gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung. Das Verfahren zur automatischen Ausrichtung von Antennen von Stationen einer Richtfunkstrecke gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist ein zweistufiger Prozess. In einer ersten Phase erfolgt eine Beam-
suche, anders ausgedrückt eine Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung der Antennen der Stationen. Die erste Station, der Master M, scannt in einer ersten Phase schnell über eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen. Hierzu wählt er eine Master-Strahlrichtung aus und sendet in diese ein Discover-Paket (S111). Anschließend wartet der Master in Schritt S112 auf ein Antwortsignal. Empfängt der Master während der Wartezeit kein Antwortsignal, setzt er seine Suche mit Schritt S113 fort, indem er auf die nächste Master-Strahlrichtung umschaltet. Die zweite Station, der Slave scannt in der ersten Phase seinerseits über eine vorbestimmte Anzahl seiner Slave-Strahlrichtungen. Die Scangeschwindigkeit des Slaves ist dabei langsamer als die Scangeschwindigkeit des Masters. Der Slave wartet dabei auf den Empfang eines vom Master ausgesendeten DISCOVER-Paketes (S121). Empfängt der Slave während seiner Wartezeit ein solches DISCOVER-Paket nicht, so setzt er seinen Scan in einer nächsten Slave-Strahlrichtung in Schritt S122 fort. Empfängt der Slave während der Wartezeit ein DISCOVER-Paket, so antwortet er in Schritt S123 mit einem HEREIAM-Paket. Dieses HEREIAM-Paket kann unter anderem eine Bewertung der Empfangssignalqualität des DISCOVER-Paketes (z. B. RSSI) und die gewählte Senderichtung enthalten. Wird dem Master M die gewählte Senderichtung vom Slave übermittelt, so ist es ihm möglich, die aktuelle Position des Slave im Scan-Algorithmus zu bestimmen. Es sei erwähnt, dass

die verwendeten Namen der Pakettypen nur als Beispiel dienen. Auch andere Namen können selbstverständlich verwendet werden. Neben der Verwendung von DISCOVER- und HEREIAM-Pakettypen liegt auch die Verwendung anderer Pakettypen im Rahmen der Erfindung. Auch können die Pakete zusätzlich andere Funktionen haben oder zusätzlich andere Parameter enthalten.

[0038] Hat der Master vom Slave ein HEREIAM-Paket in Schritt S112 erhalten, so sendet er in Schritt S114 ein Signal zur Einleitung einer zweiten Phase an den Slave. Dieses Signal kann ein einfaches Steuerungspaket zur Bestätigung der Grobausrichtung enthalten, es kann aber auch ein umfangreicheres Handshake-Protokoll zwischen Master und Slave ausgetauscht werden. Mit dem Empfang des Signals zur Einleitung der zweiten Phase in Schritt S124 schaltet auch der Slave in die zweite Phase um. In der zweiten Phase erfolgt eine durch den Master M gesteuerte schnelle iterative Suche weiterer Verbindungsmöglichkeiten in den verbliebenen Strahlkombinationsmöglichkeiten. Hierzu gibt der Master M dem Slave zu Beginn einer Iteration in Schritt S115 eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung vor, sowie eine weitere, bis jetzt noch nicht getestete Slave-Strahlrichtung und die Zeit, in der der Slave in diese Richtung empfangen soll. Desweiteren bestimmt der Master in Schritt S115 eine Master-Steuerungsstrahlrichtung. In Schritt S125 empfängt der Slave die Informationen des Masters. In Schritt S126 verweilt der Slave daraufhin in der angegebenen Slave-Strahlrichtung bis die Verweilzeit abgelaufen ist. In Schritt S116 sendet der Master währenddessen DISCOVER-Pakete in eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen, ohne auf Antwort zu warten. Damit beschleunigt sich der Durchlauf zum Testen der Strahlkombinationsmöglichkeiten erheblich. Der Slave speichert in Schritt S126 auch Parameter der empfangenen Pakete, wie z. B. die verwendete Strahlrichtung des Masters und Parameter zur Signalqualitätsbewertung, wie z. B. einen Indikator für die Empfangsleistung, wie z. B. den RSSI-Wert (Received Signal Strength Indicator). Der Master stellt nach Durchlauf über die vorbestimmte Anzahl von Master-Strahlrichtungen in Schritt S117 die Master-Steuerungsstrahlrichtung ein. Der Slave stellt nach der Verweilzeit die Slave-Steuerungsstrahlrichtung ein (S127) und übermittelt nun dem Master die Parameter der empfangenen Pakete sowie die Parameter zur Signalqualitätsbewertung. Anschließend führt der Master die Evaluierung mit Schritt S115 mit der Übermittlung der bisherigen oder einer neuen Strahlrichtung für die Steuerung sowie einer neuen Slave-Strahlrichtung für den Slave iterativ fort, bis eine vorbestimmte Anzahl von Strahlkombinationen getestet wurde. Nachdem die vorbestimmte Anzahl der Strahlkombinationen getestet wurde, wertet der Master die vom Slave empfangenen Parameter aus und bestimmt so eine optimale Ausrichtung von Slave und Master. Optimale Ausrichtung bedeutet hier die Gewährleistung der bestmöglichen Signalqualität, wobei die Signalqualität beispielsweise mit der Empfangssignalstärke bewertet wird. In

einer Ausführungsform des Verfahrens wird zusätzlich ein Maß für die Fehlerfreiheit des empfangenen Signals, zum Beispiel die Bitfehlerrate herangezogen.

[0039] Sofern im Verlauf des Verfahrens ein Austausch zwischen Master und Slave fehlschlägt oder bei der Rückkehr in die vorbestimmte Steuerungsstrahlrichtung ein Timeout auftritt, d. h. innerhalb einer spezifizierten Wartezeit kein Paket der jeweils anderen Station eintrifft, so kann in einer Ausführungsform die Station selbstständig in die erste Phase zurückkehren. Dabei wählt sie vorteilhafterweise eine Strahlrichtung, die der zuletzt verwendeten Strahlrichtung oder einer der zuletzt verwendeten benachbarten und zuvor bereits erfolgreich getesteten Strahlrichtungen entspricht. Mit dieser Vorgehensweise kann gewährleistet werden, dass die Verbindungssuche erneut mit einer Strahlrichtung beginnt, in deren Nähe bereits eine Verbindung möglich war. Auch dies führt zu einer Beschleunigung des Verfahrens, beispielsweise im Vergleich zu einem Neustart mit der Grobausrichtung. In einer Ausführungsform des gezeigten Verfahrens sendet der Master zu Beginn der ersten Phase mit seiner maximalen Sendeleistung, um auch solche Stationen erreichen zu können, die in einer maximalen Entfernung zu ihm liegen. Tritt aufgrund der maximalen Sendeleistung des Masters eine Übersteuerung des Empfangsverstärkers des Slaves auf, so kann das eingehende Paket im Allgemeinen nicht fehlerfrei dekodiert werden. Im Stand der Technik ist dann keine Auswertung der enthaltenen Information und keine Handshake-Durchführung mehr möglich. In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann trotz der Übersteuerung ein Verbindungsaufbau durchgeführt werden, indem beide Stationen beim Empfang eines übersteuerten Signals eine Zeitmessung des eingehenden Signals durchführen. Wird ein übersteuertes Signal empfangen, so ist die Empfangsleistung während des Paketempfangs am oder in der Nähe des Maximalpegels. Durch die Messung der Dauer der Übersteuerung und dem Vergleich der Zeitdauer des übersteuerten Signals mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Signals kann die empfangende Station, z. B. der Slave, bestimmen, dass es sich vermutlich z. B. um ein DISCOVER-Paket handelt. Kann der Slave auf den Empfang eines DISCOVER-Paketes schließen, so wird er daraufhin seinerseits ein HEREIAM-Paket senden. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens geht auch dieses HEREIAM-Paket übersteuert beim Master ein. Der Master kann seinerseits eine Zeitmessung des übersteuerten Signals sowie einen Vergleich mit der Soll-Zeitdauer eines erwarteten Signals durchführen und somit auf den Empfang eines HEREIAM-Paketes schließen. Darüber hinaus kann der Master eine neue Sendeleistung bestimmen, die gegenüber der bisherigen Sendeleistung reduziert ist und mit dieser reduzierten Sendeleistung ein weiteres DISCOVER-Paket senden. Darüber hinaus kann beim Senden eines Paket als Reaktion auf ein übersteuertes Paket die jeweilige Station ihre Wartezeit im aktuellen Zyklus entsprechend anpassen, d. h. die Station verlän-

gert ihre Wartezeit um die Dauer des übersteuerten Paketes.

[0040] Dieser Prozess wird so lange iterativ wiederholt, bis entweder durch die sukzessive Leistungsverringerung ein fehlerfreier Austausch von DISCOVER- und HEREIAM-Paketen möglich ist oder bis ein Timeout abläuft, da kein Paket mehr eintrifft. Im letzteren Fall fahren die beiden Stationen mit der ersten Phase des Verfahrens fort. Im ersteren sendet der Master das Signal zur Einleitung der zweiten Phase. Kann der Slave dieses dekodieren, so läuft das Verfahren wie oben beschrieben in der zweiten Phase weiter. Hat jedoch der Master nach dem fehlerfreien Austausch von DISCOVER- und HEREIAM-Paket dem Slave ein Signal gesendet, das dieser nicht dekodieren kann, so setzt der Slave seine Slave-Strahlrichtung um eine Position zurück und verbleibt in der ersten Phase, d. h. er speichert keine Parameter eingehender Signale und übersendet auch nichts an den Master. Der Master bemerkt dann nach der ersten Iteration der zweiten Phase, dass er in der Master-Steuerungsstrahlrichtung kein Signal des Slaves empfängt.

[0041] Daraufhin setzt er seine Sendeleistung wieder auf das Maximum und beginnt erneut mit der ersten Phase.

[0042] Figur 2 zeigt schematisch eine Ausführungsform einer Richtfunkanordnung 1000 gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung mit einem Master-Senderempfänger 1100 gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung und einem Slave-Senderempfänger 1200 gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung. Der Master 1100 weist eine Steuerungseinheit 1110 sowie eine Sende-Empfangseinheit 1120 mit einer Antenne 1125 auf. Dabei ist die Sende-Empfangseinheit 1120 ausgebildet, in einstellbaren Richtungen über die Antenne 1125 Signale zu erzeugen, zu senden und zu empfangen. Die Steuerungseinheit 1110 ist ausgebildet, zur automatischen Ausrichtung der Antenne 1125, die Sende-Empfangseinheit 1120 zur Durchführung einer Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung mit einem Slave-Senderempfänger 1200 anzusteuern. Darüber hinaus ist die Steuereinheit ausgebildet, nach abgeschlossener Grobabtastung eine zweite Phase einzuleiten und in der zweiten Phase der Sende-Empfangseinheit 1120 sowie dem Slave 1200 eine jeweilige Steuerungsstrahlrichtung vorzugeben, anschließend über eine Anzahl von Iterationen jeweils eine neue Slave-Strahlrichtung für den Slave und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser Slave-Strahlrichtung empfangen soll, vorzugeben, die Sende-Empfangseinheit 1120 zum anschließenden Aussenden von Suchsignalen in eine vorbestimmte Anzahl von Master-Strahlrichtungen anzusteuern. Außerdem ist die Steuerungseinheit 1110 ausgebildet, die Sende-Empfangseinheit 1120 nach dem Ablauf der Verweilzeit zum Empfangen von Ergebnissen einer Signalqualitätsparameterbestimmung vom Slave in der festgelegten Master-Steuerungsstrahlrichtung anzusteuern und auf Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antenne 1125, der

Sende-Empfangseinheit 1120 und der Antenne 1225 des Slaves 1200 zu bestimmen sowie die Antenne 1125 der Sende-Empfangseinheit 1120 zur entsprechenden Ausrichtung anzusteuern. Die Antenne 1125 des Masters 1100 kann dabei in Form einer mechanisch verstellbaren Antenne ausgebildet sein. Die Sende-Empfangseinheit 1120 kann dabei über ein motorgestütztes System verfügen, das von der Steuerungseinheit 1110 angesteuert wird und die Antenne 1125 mechanisch verstellt. In einer weiteren Ausführungsform kann die Antenne 1125 aber auch aus mehreren Elementen bestehen und durch eine elektronische Phasen- und/oder Amplitudensteuerung des Signals für jedes Element auf eine bestimmte Strahlrichtung eingestellt werden.

[0043] Der Slave 1200 weist eine Steuerungseinrichtung 1210 sowie eine Senderempfangseinheit 1220 mit einer Antenne 1225 auf. Die Sende-Empfangseinheit 1220 des Slaves 1200 ist ausgebildet, in einstellbaren Richtungen über die Antenne 1225 Signale zu erzeugen, zu senden und zu empfangen. Die Steuereinheit 1210 des Slaves 1200 ist ausgebildet zur automatischen Ausrichtung der Antenne 1225, die Sende-Empfangseinheit 1220 in einer ersten Phase zur Durchführung einer Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung mit dem Master 1100 anzusteuern und in einer zweiten Phase über eine Anzahl von Iterationen jeweils nach Vorgabe durch den Master 1100 die Sende-Empfangseinheit 1220 zur Einstellung einer neuen Slave-Strahlrichtung und einer Verweilzeit, in der die Sende-Empfangseinheit 1220 in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, sowie zur Durchführung einer Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal und zum Speichern der Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung anzusteuern. Darüber hinaus ist die Steuerungseinheit 1210 ausgebildet, nach dem Ablauf der Verweilzeit die Sende-Empfangseinheit 1220 anzusteuern, eine zuvor vom Master festgelegte Slave-Steuerungsstrahlrichtung einzustellen und die Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung zu übermitteln sowie die Sende-Empfangseinheit 1220 zur Ausrichtung der Antenne 1225 entsprechend einer vom Master übermittelten optimalen wechselseitigen Ausrichtung anzusteuern. Mit der dargestellten Richtfunkanordnung 1000 kann damit eine Richtfunkstrecke automatisch und schnell aufgebaut werden.

[0044] Figur 3 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines Betriebsverfahrens für einen Master-Senderempfänger gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung. Das Betriebsverfahren beginnt mit dem Beginn einer ersten Phase P1, in der der Master in Schritt MS101 in einer ersten Master-Strahlrichtung initialisiert wird. Danach sendet der Master in Schritt MS102 ein DISCOVER-Paket und wartet in Schritt MS103 eine vorbestimmte Wartezeit auf ein Antwortsignal. Hat der Master während der Wartezeit kein Signal erhalten (n), so setzt er Phase 1 mit Schritt MS104 fort, indem er sich in eine neue Master-Strahlrichtung ausrichtet und mit Schritt MS102 fortfährt. Hat der Master während der Wartezeit eine Antwort er-

halten (y), so kann er optional in Schritt MS105 seine Master-Strahlrichtung sowie Ergebnisse einer Signalqualitätsparameterbestimmung (z.B. RSSI) speichern. In Schritt MS106 sendet der Master an den Slave, von dem er das Antwortsignal erhalten hat, ein Startsignal zum Start einer zweiten Phase P2. Optional kann der Master in Schritt MS106 mit dem Startsignal für die zweite Phase an den Slave eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung sowie eine neue Slave-Strahlrichtung für den Slave und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser Slave-Strahlrichtung in Phase empfangen soll, an den Slave übersenden. Dies kann aber auch in einem gesonderten Austausch nach der Übersendung des Startsignals für die zweite Phase geschehen. In Phase P2 wird der Master in Schritt MS201 wiederum auf einer ersten Strahlposition initialisiert. In Schritt MS202 sendet er ein DISCOVER-Paket in diese Master-Strahlrichtung. Nach dem Senden des DISCOVER-Paketes verweilt der Master nicht in der ersten Master-Strahlrichtung, um eine Antwort abzuwarten, sondern richtet sich in eine nächste Master-Strahlrichtung in Schritt MS203 aus, sofern er noch nicht eine vorbestimmte Anzahl von Master-Strahlrichtungen verwendet hat (n). Hat der Master alle vorgegebenen Master-Strahlrichtungen durchlaufen (y), so richtet er sich auf eine zuvor von ihm bestimmte Master-Steuerungsstrahlrichtung aus (MS204). Optional sendet der Master in Schritt MS205 ein Abfragepaket an den Slave zur Übermittlung von Ergebnissen einer Signalqualitätsparameterbestimmung des Slaves. Der Master kann aber auch schlicht auf den Empfang eines Paketes vom Slave, das diese Information beinhaltet, warten. Hat der Master vom Slave die Information nicht erhalten (n), startet der Master Phase 1 mit Schritt MS206 neu. Hat der Master vom Slave die Information erhalten (y), startet der Master eine Abfrage in Schritt MS207, ob eine vorbestimmte Anzahl von Strahlkombinationen getestet wurde. Ist dies nicht der Fall (n), so sendet der Master in Schritt MS208 eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung sowie eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave an dieser Slave-Strahlrichtung verweilen soll, an den Slave und beginnt damit die Iteration wieder bei Schritt MS201. Sind alle vorbestimmten Strahlkombinationen getestet (y), so wertet der Master die vom Slave übermittelten Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung in Schritt MS209 aus. Hierzu kann der Master in einem Schritt MS209a die getesteten Strahlkombinationen zunächst anhand der Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung (z.B. RSSI) sortieren und an den Slave ausgewählte Slave-Strahlrichtungen mit einer Information zur Priorität der jeweiligen Strahlrichtung senden. In Schritt MS209b kann der Master dann im Austausch mit dem Slave die ausgewählten Strahlkombinationen iterativ und mit einer bidirektionalen Messung weiterer Signalqualitätsparameter, z.B. der Bitfehlerrate oder der Paketfehlerrate, evaluieren. Vorteilhaft geschieht die Evaluation der Bit-/Paketfehlerrate mit ca. 1000 Paketen je Strahlrichtung. In Schritt MS209c kann der Master dann aus der Evaluierung die optimale

Strahlkombination auswählen und diese mit einem Handshake-Protokoll an den Slave übermitteln. War der Handshake erfolgreich (y), so werden die Antennen entsprechend ausgerichtet und das Verfahren ist damit abgeschlossen (MS210). War der Handshake nicht erfolgreich (n), so wird in Schritt MS211 die Master-Strahlrichtung verworfen und falls keine weiteren geeigneten Strahlkombinationen zur Verfügung stehen (y), Phase 1 neu gestartet MS212. Stehen weitere geeignete Strahlkombinationen zur Verfügung, so wird die nächstbeste Strahlkombination in Schritt MS209c ausgewählt und mittels Handshake an den Slave übergeben.

[0045] Figur 4 zeigt schematisch ein Betriebsverfahren für einen Slave-Senderempfänger gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung. Das Betriebsverfahren beginnt mit einer ersten Phase P1. In Schritt SS101 wird der Slave auf einer ersten Strahlposition initialisiert. In Schritt S102 wartet der Slave in dieser Slave-Strahlrichtung eine vorbestimmte Wartezeit auf den Empfang eines DISCOVER-Paketes eines Masters. Die Wartezeit des Slaves ist dabei länger als eine Wartezeit des Masters. Hat der Slave innerhalb der Wartezeit kein DISCOVER-Paket eines Masters empfangen (n), so stellt er eine nächste Slave-Strahlrichtung in Schritt SS103 ein und wartet wieder in Schritt SS102 auf den Empfang eines DISCOVER-Paketes. Hat der Slave ein DISCOVER-Paket empfangen (y), so sendet er in Schritt SS104 ein Antwortsignal an den Master, von dem er das DISCOVER-Paket erhalten hat. Mit dem Antwortsignal kann der Slave optional dem Master zusätzlich Information über die Signalqualitätsparameter des empfangenden Paketes sowie über seine aktuelle Slave-Strahlrichtung senden. Hat der Slave kein DISCOVER-Paket der ersten Phase, sondern ein DISCOVER-Paket der zweiten Phase erhalten, so fährt er mit Schritt SS203 fort, in diesem Fall enthält das DISCOVER-Paket zusätzlich eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung. In Schritt SS105 wartet der Slave, nachdem er in Schritt SS104 ein Antwortsignal an den Master gesendet hat, auf den Empfang eines Startsignals für die zweite Phase P2 oder auf das Überschreiten einer vorbestimmten Zeit für ein Timeout. Hat der Slave kein Startsignal für die zweite Phase erhalten (n), so setzt er seine Slave-Strahlrichtung in Schritt SS106 um eine Position zurück und startet erneut mit Schritt SS102. Hat der Slave vom Master ein Startsignal für die zweite Phase P2 erhalten (y), so startet der Slave die zweite Phase, indem er in Schritt SS201 auf die vom Master bei der Einleitung der zweiten Phase übermittelte Slave-Strahlrichtung umschaltet. In Schritt SS202 speichert der Slave alle empfangenen Pakete sowie die Ergebnisse von Signalqualitätsparameterbestimmungen der empfangenen Pakete. Ist die Verweilzeit, die der Master dem Slave mit der Einleitung der zweiten Phase übermittelt hat, noch nicht abgelaufen (n), so fährt der Slave mit Schritt SS202 solange fort, bis die Zeit abgelaufen ist (y). Nach Ablauf der Verweilzeit schaltet der Slave in Schritt SS203 auf die vom Master übermittelte Slave-Steuerungsstrahlrichtung. Dort kann der Slave in Schritt SS204 optional auf

den Empfang eines Abfragepaketes vom Master warten und nachdem er dieses empfangen hat (y), mit Schritt SS206 fortfahren. Empfängt der Slave in Schritt SS204 kein Abfrage-Paket des Masters, so setzt der Slave seine Strahlrichtung um eine Position zurück in Schritt SS205 und beginnt erneut mit Schritt SS102 der ersten Phase. In Schritt SS206 sendet der Slave die Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmungen sowie gegebenenfalls weitere Information über die empfangenen Pakete an den Master. Schritt SS206 kann entweder nach einer Wartezeit des Slaves in Schritt SS204 auf ein Abfragepaket des Masters hin erfolgen oder die Übersendung der Information in Schritt SS206 erfolgt auf den Ablauf der Verweilzeit hin. In Schritt SS207 kann der Slave wiederum auf ein Steuersignal des Masters oder den Ablauf einer Timeout-Zeit warten. Empfängt der Slave während der Timeout-Zeit kein Paket des Masters (n), so setzt der Slave wiederum mit Schritt SS205 fort. Hat der Slave jedoch vom Master ein Paket empfangen, so wertet er dieses aus in Schritt SS208. Übermittelt der Master mit dem Paket die Aufforderung, eine neue Slave-Strahlrichtung einzunehmen, so setzt der Slave Phase 2 mit der neuen Slave-Strahlrichtung in Schritt SS201 fort. Hat der Master mit dem Paket erklärt, dass die iterative Kombinationssuche in Phase 2 beendet ist (n), so kann in Schritt SS210 der Slave vom Master die optimale Ausrichtung empfangen und über ein Handshake-Protokoll absichern. Optional kann in Schritt SS209 der Slave zusammen mit dem Master eine iterative Evaluierung von vom Master für geeignet bestimmten Strahlkombinationen durchführen. Ist der Handshake in Schritt SS210 erfolgreich durchgeführt worden (y), so werden die Antennen entsprechend ausgerichtet und das Verfahren ist damit abgeschlossen (SS211). Ist der Handshake nicht erfolgreich (n), so wird die Slave-Strahlrichtung als ungeeignet verworfen (SS212) und, falls keine weiteren Strahlkombinationen als geeignet identifiziert worden sind, Phase P1 neu gestartet in Schritt SS213. Sind weitere geeignete Strahlkombinationen vom Master identifiziert worden, so wird eine nächste Strahlkombination vom Master ausgewählt und mit einem Handshake an den Slave die Strahlkombination und die Slave-Strahlrichtung in Schritt SS210 übergeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Ausrichtung von Antennen (1125, 1225) von Stationen einer Richtfunkstrecke, wobei eine Station als Master (1100) und mindestens eine andere Station als Slave (1200) konfiguriert ist und wobei in einer ersten Phase

- der Master (1100) und der Slave (1200) eine Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung durchführen, in der Master (1100) und Slave (1200) Signale miteinander austauschen können,

und wobei in einer zweiten Phase

- nachdem die Grobausrichtung identifiziert und eingestellt wurde,
- der Master (1100) eine Steuerungsstrahlrichtung des Masters, nachfolgend Master-Steuerungsstrahlrichtung, und eine Steuerungsstrahlrichtung des Slaves (1200), nachfolgend Slave-Steuerungsstrahlrichtung, bestimmt und dem Slave die Slave-Steuerungsstrahlrichtung vorgibt,
- anschließend über eine Anzahl von Iterationen jeweils

- der Master (1100) eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave (1200) in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, dem Slave (1200) vorgibt,

- der Master (1100) anschließend Suchsignale in eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen sendet ohne eine Wartezeit in den Master-Strahlrichtungen zu verbleiben,

- der Slave (1200) während der Verweilzeit eine Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal durchführt und deren Ergebnisse speichert,

- nach dem Ablauf der Verweilzeit der Master (1100) die Master-Steuerungsstrahlrichtung und der Slave (1200) die Slave-Steuerungsstrahlrichtung einstellt und der Slave (1200) die Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung an den Master (1100) übermittelt,

- auf der Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antennen (1125, 1225) von Master (1100) und Slave (1200) bestimmt wird und diese entsprechend ausgerichtet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem bei der Grobabtastung in der ersten Phase

- der Master (1100) ein Suchsignal in eine erste Master-Strahlrichtung sendet und anschließend für eine definierte Wartezeit auf ein Antwortsignal wartet und

- bei Ausbleiben eines Antwortsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Master-Strahlrichtung wechselt,

- bei Empfang eines Antwortsignals ein Startsignal in die erste Master-Strahlrichtung aussendet, mit dem eine zweite Phase eingeleitet wird,

- der Slave (1200) in einer ersten Slave-Strahlrichtung eine definierte Wartezeit, die größer ist als die Wartezeit des Masters auf den Empfang eines Suchsignals wartet und
 - bei Ausbleiben eines Suchsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Slave-Strahlrichtung wechselt,
 - bei Empfang eines Suchsignals ein Antwortsignal in die erste Slave-Strahlrichtung sendet.
- 3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Master (1100) oder der Slave (1200) in der ersten Phase bei einem Erfassen eines übersteuerten Signals die Zeitdauer dieses übersteuerten Signals misst, aus der Zeitdauer des übersteuerten Signals und einem Vergleich mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Such- oder Antwortsignals auf den Empfang des erwarteten Such- oder Antwortsignals geschlossen wird und eine als Reaktion auf den Empfang dieses erwarteten Such- oder Antwortsignals vorgesehene Antwort sendet.
- 4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem, wenn der Master (1100) in der ersten Phase ein übersteuertes Antwortsignal empfängt, aus einer Empfangsleistung des Antwortsignals eine neue Sendeleistung des Suchsignals bestimmt wird, die niedriger ist als die zuvor verwendete, und anschließend der Master (1100) das Suchsignal mit der neuen Sendeleistung sendet, und bei dem dieser Prozess iterativ durchgeführt wird, bis entweder ein nicht-übersteuerter Austausch von Suchsignal und Antwortsignal erfolgt oder ein Vorliegen eines Abbruchkriteriums ohne Empfang eines nicht-übersteuerten Signals festgestellt wird.
- 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mehrere Slaves (1200) verwendet werden, die in unterschiedlichen Zeitschlitzen adressiert werden.
- 6. Master-Senderempfänger (1100) zum Betrieb einer Richtfunkstrecke, mit einer Sende-Empfangseinheit (1120), die ausgebildet ist, in einstellbaren Richtungen über mindestens eine Antenne (1125) Signale zu erzeugen, zu senden und zu empfangen und einer Steuereinheit (1110), die ausgebildet ist, zur automatischen Ausrichtung der mindestens einen Antenne (1125)
 - die Sende-Empfangseinheit (1120) in einer ersten Phase zur Durchführung einer Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung mit einem Slave-Senderempfänger, nachfolgend Slave (1200), anzusteuern,
- nach abgeschlossener Grobausrichtung eine zweite Phase einzuleiten und in der zweiten Phase
 - der Sende-Empfangseinheit (1120) eine Master-Steuerungsstrahlrichtung sowie dem Slave (1200) eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung vorzugeben
 - anschließend über eine Anzahl von Iterationen jeweils
 - eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, dem Slave (1200) vorzugeben,
 - die Sende-Empfangseinheit (1120) zum anschließenden Aussenden von Suchsignalen in eine vorbestimmte Anzahl von Master-Strahlrichtungen anzusteuern, und
 - die Sende-Empfangseinheit (1120) nach dem Ablauf der Verweilzeit zum Empfang von Ergebnissen einer Signalqualitätsparameterbestimmung vom Slave (1200) auf der festgelegten Master-Steuerungsstrahlrichtung anzusteuern und
 - auf Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antennen (1125, 1225) von Sende-Empfangseinheit (1120) und Slave (1200) zu bestimmen und die mindestens eine Antenne der Sende-Empfangseinheit zur entsprechenden Ausrichtung anzusteuern.
- 7. Master (1100) nach Anspruch 6, der ausgebildet ist, bei der Grobabtastung in der ersten Phase
 - ein Suchsignal in eine erste Master-Strahlrichtung zu senden und anschließend für eine definierte Wartezeit auf ein Antwortsignal zu warten und
 - bei Ausbleiben eines Antwortsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Master-Strahlrichtung zu wechseln und
 - bei Empfang eines Antwortsignals ein Startsignal in die erste Master-Strahlrichtung auszusenden, mit dem eine zweite Phase eingeleitet wird.
- 8. Master (1100) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, der ausgebildet ist, in der ersten Phase bei einem Erfassen eines übersteuerten Signals die Zeitdauer dieses übersteuerten Signals zu messen, aus der Zeitdauer des übersteuerten Signals und einem Vergleich mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Antwortsignals auf den Empfang des erwarteten Antwortsignals zu schließen und eine als Reaktion auf den Empfang dieses erwarteten Antwortsignals vorgesehene Antwort zu senden.

9. Master (1100) nach Anspruch 8, der ausgebildet ist, wenn er in der ersten Phase ein übersteuertes Antwortsignal empfängt, aus einer Empfangsleistung des Antwortsignals eine neue Sendeleistung des Suchsignals zu bestimmen, die niedriger ist als die zuvor verwendete, anschließend das Suchsignal mit der neuen Sendeleistung zu senden, und diesen Prozess iterativ durchzuführen, bis entweder ein nicht-übersteuerter Austausch von Suchsignal und Antwortsignal erfolgt oder ein Vorliegen eines Abbruchkriteriums ohne Empfang eines nicht-übersteuerten Signals festgestellt wird. 5
10. Betriebsverfahren für einen Master-Senderempfänger (1100) einer Richtfunkstrecke, nachfolgend Master, mit einer Steuerungseinheit und einer Sende-Empfangseinheit mit mindestens einer Antenne, bei dem 10
- der Master (1100) im Austausch mit einem Slave-Senderempfänger (1200), nachfolgend Slave, eine Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung der mindestens einen Antenne durchführt, in der Master mit dem Slave Signale austauschen kann, 20
 - nach abgeschlossener Grobausrichtung der Master (1100) eine zweite Phase einleitet, in der
 - der Master (1100) seiner Sende-Empfangseinheit (1120) eine Master-Steuerungsstrahlrichtung sowie dem Slave (1200) eine Slave-Steuerungsstrahlrichtung vorgibt, 25
 - anschließend über eine Anzahl von Iterationen jeweils
 - der Master (1100) eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, dem Slave (1200) vorgibt, 35
 - der Master (1100) anschließend Suchsignale in eine vorbestimmte Anzahl seiner Master-Strahlrichtungen sendet, 40
 - der Master (1100) nach dem Ablauf der Verweilzeit Ergebnisse einer Signalqualitätsparameterbestimmung vom Slave (1200) auf der festgelegten Master-Steuerungsstrahlrichtung empfängt und 45
 - der Master (1200) auf Grundlage der Signalqualitätsparameterbestimmung eine optimale wechselseitige Ausrichtung der Antennen (1125, 1225) von Sende-Empfangseinheit und Slave bestimmt und die mindestens eine Antenne (1125) der Sende-Empfangseinheit entsprechend ausrichtet. 50
11. Slave-Senderempfänger (1200), nachfolgend Slave, zum Betrieb einer Richtfunkstrecke mit einer Sende-Empfangseinheit (1220), die ausgebil-

det ist, in einstellbaren Richtungen über mindestens eine Antenne (1225) Signale zu erzeugen, zu senden und zu empfangen und einer Steuerungseinheit (1210), die ausgebildet ist, zur automatischen Ausrichtung der mindestens einen Antenne (1225)

- die Sende-Empfangseinheit (1220) in einer ersten Phase zur Durchführung einer Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung mit einem Master-Senderempfänger (1100), nachfolgend Master, anzu-

und in einer zweiten Phase nach abgeschlossener Grobausrichtung der mindestens einen Antenne (1225)

- über eine Anzahl von Iterationen jeweils

- nach Vorgabe durch den Master (1100) die Sende-Empfangseinheit zur Einstellung einer neuen Slave-Strahlrichtung und einer Verweilzeit, in der die Sende-Empfangseinheit in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, und
- zur Durchführung einer Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal und zum Speichern der Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung anzusteuern,
- nach dem Ablauf der Verweilzeit, die Sende-Empfangseinheit anzusteuern, eine zuvor vom Master festgelegte Slave-Steuerungsstrahlrichtung einzustellen und die Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung an den Master zu übermitteln,

- die mindestens eine Antenne (1225) der Sende-Empfangseinheit zur Ausrichtung entsprechend einer vom Master übermittelten optimalen wechselseitigen Ausrichtung anzusteuern.

12. Slave (1200) nach Anspruch 11, der ausgebildet ist, bei der Grobabtastung in der ersten Phase

- in einer ersten Slave-Strahlrichtung eine definierte Wartezeit, die größer ist als die Wartezeit eines Masters, auf den Empfang eines Suchsignal des Masters zu warten und

- bei Ausbleiben eines Suchsignals nach der Wartezeit zu einer zweiten Slave-Strahlrichtung zu wechseln,
- bei Empfang eines Suchsignals ein Antwortsignal in die erste Slave-Strahlrichtung zu senden.

13. Slave (1200) nach Anspruch 11 oder 12, der ausgebildet ist in der ersten Phase bei einem Erfassen eines übersteuerten Signals die Zeitdauer dieses übersteuerten Signals zu messen, aus der Zeitdauer des übersteuerten Signals und einem Vergleich mit einer Soll-Zeitdauer eines erwarteten Such- oder Antwortsignals auf den Empfang des erwarteten Such- oder Antwortsignals zu schließen und eine als Reaktion auf den Empfang des erwarteten Such- oder Antwortsignals vorgesehene Antwort zu senden. 5
14. Betriebsverfahren für einen Slave-Senderempfänger (1200), nachfolgend Slave, mit einer Steuerungseinheit (1210) und einer Sende-Empfangseinheit (1220) mit mindestens einer Antenne (1225), bei dem 10
- der Slave (1200) im Austausch mit einem Master-Senderempfänger (1100), nachfolgend Master, eine Grobabtastung zur Bestimmung einer wechselseitigen Grobausrichtung der mindestens einen Antenne durchführt, in der der Slave mit einem Master Signale austauschen kann, 15
 - der Slave (1200) nach abgeschlossener Grobausrichtung der mindestens einen Antenne ein Signal zur Einleitung einer zweiten Phase empfängt, in der 20
 - der Slave (1200) über eine Anzahl von Iterationen jeweils 25
 - nach Vorgabe des Masters (1100) eine neue Slave-Strahlrichtung und eine Verweilzeit, in der der Slave (1200) in dieser neuen Slave-Strahlrichtung empfangen soll, einstellt, 30
 - eine Signalqualitätsparameterbestimmung für jedes empfangene Signal durchführt und deren Ergebnisse speichert, 35
 - nach dem Ablauf der Verweilzeit eine zuvor vom Master festgelegte Slave-Steuerungsstrahlrichtung zur Übermittlung der Ergebnisse der Signalqualitätsparameterbestimmung einstellt, die Ergebnisse an den Master (1100) übermittelt und 40
 - die mindestens eine Antenne (1225) der Sende-Empfangseinheit entsprechend einer vom Master (1100) übermittelten optimalen Ausrichtung ausrichtet. 45
15. Richtfunkanordnung aufweisend einen Master (1100) nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 9 und mindestens einen Slave (1200) nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 13. 50
16. Senderempfänger, umfassend einen Master (1100) 55

nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 9 und einen Slave (1200) nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 13.

Claims

1. Method for automatic orientation of antennas (1125, 1225) of stations of a radio relay system, wherein one station is configured as a master (1100) and at least one other station is configured as a slave (1200) and wherein, in a first phase
- the master (1100) and the slave (1200) perform a rough scan to determine a reciprocal rough orientation in which the master (1100) and the slave (1200) can exchange signals with one another;
- and wherein, in a second phase
- after the rough orientation has been identified and configured,
 - the master (1100) determines a control beam direction of the master, hereinafter referred to as the master control beam direction, and a control beam direction of the slave (1200), hereinafter referred to as the slave control beam direction, and specifies the slave control beam direction for the slave,
 - subsequently, over a number of iterations,
 - the master (1100) specifies for the slave (1200) a new slave beam direction and a dwell time in which the slave (1200) should receive in this new slave beam direction,
 - the master (1100) then sends search signals in a predetermined number of its master beam directions without remaining for a waiting time in the master beam directions,
 - during the dwell time, the slave (1200) performs a signal quality parameter determination for each received signal, and stores its results,
 - after the expiry of the dwell time, the master (1100) configures the master control beam direction and the slave (1200) configures the slave control beam direction and the slave (1200) transmits the results of the signal quality parameter determination to the master (1100),
 - on the basis of the signal quality parameter determination, an optimal reciprocal orientation of the antennas (1125, 1225) of the master (1100) and the slave (1200) is determined and these are oriented accordingly.

2. Method according to claim 1, in which, in the rough scan in the first phase,

- the master (1100) sends a search signal in a first master beam direction and then waits for a defined waiting time for a response signal and,

- in the absence of a response signal, switches to a second master beam direction after the waiting time,
- if it receives a response signal, sends out a start signal in the first master beam direction with which a second phase is introduced,

- the slave (1200) waits to receive a search signal in a first slave beam direction for a defined waiting time longer than the waiting time of the master and

- in the absence of a search signal, switches to a second slave beam direction,
- if it receives a search signal, sends a response signal in the first slave beam direction.

3. Method according to any one of the preceding claims, in which the master (1100) or the slave (1200), in the first phase, if an overmodulated signal is detected, measures the duration of this overmodulated signal, concludes from the duration of the overmodulated signal and a comparison with a target duration of an expected search or response signal that the expected search or response signal has been received, and sends a response provided as a reaction to the receipt of this expected search or response signal.

4. Method according to claim 3, in which, if the master (1100) receives an overmodulated signal in the first phase, a new transmission power of the search signal is determined from a reception power of the response signal, said new transmission power being lower than that used previously, and the master (1100) then sends the search signal with the new transmission power, and in which this process is performed iteratively until either a non-overmodulated exchange of search signal and response signal takes place or the presence of a stop criterion is identified without a non-overmodulated signal being received.

5. Method according to any one of the preceding claims, in which several slaves (1200) are used which are addressed in different time slots.

6. Master transceiver (1100) for operating a radio relay system, with a transmitter/receiver unit (1120) designed to gen-

erate, send and receive signals in configurable directions via at least one antenna (1125) and a control unit (1110) which is designed, for automatic orientation of the at least one antenna (1125),

- to control the transmitter/receiver unit (1120) in a first phase for performing a rough scan to determine a reciprocal rough orientation with a slave transceiver, hereinafter referred to as the slave (1200),
- to introduce a second phase after the rough orientation is completed and, in the second phase,
- to specify a master control beam direction for the transmitter/receiver unit (1120) and a slave control beam direction for the slave (1200),
- subsequently, over a number of iterations,

- to specify for the slave (1200) a new slave beam direction and a dwell time in which the slave should receive in this new slave beam direction,

- to control the transmitter/receiver unit (1120) for subsequent transmission of search signals in a predetermined number of master beam directions, and

- to control the transmitter/receiver unit (1120) after the expiry of the dwell time for receipt of results of a signal quality parameter determination from the slave (1200) on the defined master control beam direction and

- on the basis of the signal quality parameter determination, to determine an optimal reciprocal orientation of the antennas (1125, 1225) of the transmitter/receiver unit (1120) and the slave (1200) and to control the at least one antenna of the transmitter/receiver unit for corresponding orientation.

7. Master (1100) according to claim 6 which is designed, in the rough scan in the first phase,

- to send a search signal in a first master beam direction and then wait for a defined waiting time for a response signal and,
- in the absence of a response signal, to switch to a second master beam direction after the waiting time,
- if it receives a response signal, to send out a start signal in the first master beam direction, with which a second phase is introduced.

8. Master (1100) according to claim 6 or 7 which is designed, in the first phase, if an overmodulated signal is detected, to measure the duration of this overmodulated signal, concludes from the duration of the

overmodulated signal and a comparison with a target duration of an expected response signal that the expected response signal has been received, and to send a response provided as a reaction to the receipt of this expected response signal.

9. Master (1100) according to claim 8 which is designed, if it receives an overmodulated response signal in the first phase, to determine a new transmission power of the search signal from a reception power of the response signal, said new transmission power being lower than that used previously, and to then send the search signal with the new transmission power, and to perform this process iteratively until either a non-overmodulated exchange of search signal and response signal takes place or the presence of a stop criterion is identified without a non-overmodulated signal being received.
10. Operating method for a master transceiver (1100) of a radio relay system, hereinafter referred to as the master, with a control unit and a transmitter/receiver unit with at least one antenna, in which
- the master (1100), in the exchange with a slave transceiver (1200), hereinafter referred to as the slave, performs a rough scan to determine a reciprocal rough orientation of the at least one antenna in which the master can exchange signals with the slave,
 - after the rough orientation is completed, the master (1100) introduces a second phase in which
 - the master (1100) specifies a master control beam direction for its transmitter/receiver unit (1120) and a slave control beam direction for the slave (1200),
 - subsequently, over a number of iterations,
 - the master (1100) specifies for the slave (1200) a new slave beam direction and a dwell time in which the slave should receive in this new slave beam direction,
 - the master (1100) then sends search signals in a predetermined number of its master beam directions,
 - after the expiry of the dwell time, the master (1100) receives the results of a signal quality parameter determination from the slave (1200) on the defined master control beam direction and
 - on the basis of the signal quality parameter determination, the master (1100) determines an optimal reciprocal orientation of the antennas (1125, 1225) of the transmitter/receiver unit and the slave and orientates the at least one antenna (1125) of the transmitter/receiver unit accord-

ingly.

11. Slave transceiver (1200), hereinafter referred to as the slave, for operating a radio relay system, with a transmitter/receiver unit (1220) designed to generate, transmit and receive signals in configurable directions via at least one antenna (1225) and a control unit (1210) which is designed, for automatic orientation of the at least one antenna (1225),

- to control the transmitter/receiver unit (1220) in a first phase for performing a rough scan to determine a reciprocal rough orientation with a master transceiver (1100), hereinafter referred to as the master,

and, in a second phase after the rough orientation of the at least one antenna (1225) is completed,

- over a number of iterations,

- according to the specification of the master (1100), to control the transmitter/receiver unit, for configuration of a new slave beam direction and a dwell time in which the transmitter/receiver unit should receive in this new slave beam direction, and

- for performing a signal quality parameter determination for each received signal and for storing the results of the signal quality parameter determination,

- after the expiry of the dwell time, to control the transmitter/receiver unit, to configure a slave control beam direction previously defined by the master and to transmit the results of the signal quality parameter determination,

- to control the at least one antenna (1225) of the transmitter/receiver unit for orientation according to an optimal reciprocal orientation transmitted by the master.

12. Slave (1200) according to claim 11, which is designed, in the rough scan in the first phase,

- to wait in a first slave beam direction, for a defined waiting time longer than the waiting time of a master, to receive a search signal of the master and,

- in the absence of a search signal, to switch to a second slave beam direction after the waiting time,

- if it receives a search signal, to send a response signal in the first slave beam direction.

13. Slave (1200) according to claim 11 or 12 which is designed, in the first phase, if an overmodulated signal is detected, to measure the duration of this overmodulated signal, to conclude from the duration of the overmodulated signal and a comparison with a target duration of an expected search or response signal that the expected search or response signal has been received, and to send a response provided as a reaction to the receipt of this expected search or response signal. 5 10
14. Operating method for a slave transceiver (1200), hereinafter referred to as the slave, with a control unit (1210) and a transmitter/receiver unit (1220) with at least one antenna (1225), in which 15
- the slave (1200), in the exchange with a master transceiver (1100) of a radio relay system, hereinafter referred to as the master, performs a rough scan to determine a reciprocal rough orientation of the at least one antenna in which the slave can exchange signals with a master, 20
 - the slave (1200), after the rough orientation of the at least one antenna is completed, receives a signal for introducing a second phase, in which 25
 - the slave (1200), over a number of iterations,
 - configures, according to the specification of the master (1100), a new slave beam direction and a dwell time in which the slave (1200) should receive in this new slave beam direction, 30
 - performs a signal quality parameter determination for each received signal, and stores its results, 35
 - after the expiry of the dwell time, configures a slave control beam direction previously defined by the master for transmission of the results of the signal quality parameter determination, transmits the results to the master (1100) and 40
 - orientates the at least one antenna (1225) of the transmitter/receiver unit according to an optimal orientation transmitted by the master (1100). 45
15. Radio relay system having a master (1100) according to at least one of claims 6 to 9 and at least one slave (1200) according to at least one of claims 11 to 13. 50
16. Transceiver comprising a master (1100) according to at least one of claims 6 to 9 and at least one slave (1200) according to at least one of claims 11 to 13. 55

Revendications

1. Procédé d'orientation automatique d'antennes (1125, 1225) de station d'une liaison hertzienne, une station étant configurée comme maître (1100) et au moins une autre station étant configurée comme esclave (1200) et, dans une première phase
- le maître (1100) et l'esclave (1200) effectuant un balayage grossier pour déterminer une orientation mutuelle grossière, dans laquelle le maître (1100) et l'esclave (1200) peuvent échanger des signaux entre eux,
- et, dans une deuxième phase
- une fois l'orientation grossière identifiée et réglée,
 - le maître (1100) déterminant une direction de faisceau de commande du maître, appelée direction de faisceau de commande de maître dans la suite et une direction de faisceau de commande de l'esclave (1200), appelée direction de faisceau de commande d'esclave dans la suite et donnant à l'esclave la direction de faisceau de commande d'esclave,
 - puis, sur plusieurs itérations,
 - le maître (1100) indiquant à l'esclave (1200) une nouvelle direction de faisceau d'esclave et une période de temporisation pendant laquelle l'esclave (1200) doit recevoir dans cette nouvelle direction de faisceau d'esclave,
 - le maître (1100) envoyant ensuite des signaux de recherche dans un nombre prédéterminé de ses directions de faisceaux de maître sans respecter un temps d'attente dans les directions de faisceaux de maître,
 - l'esclave (1200) effectuant, pendant la période de temporisation, une détermination de paramètres de qualité du signal pour chaque signal reçu et enregistrant leurs résultats,
 - après l'écoulement de la période de temporisation, le maître (1100) réglant la direction de faisceau de commande du maître et l'esclave (1200) réglant la direction de faisceau de commande de l'esclave et l'esclave (1200) transmettant les résultats de la détermination des paramètres de qualité du signal au maître (1100),
 - sur la base de la détermination de paramètres de qualité du signal, une orientation mutuelle optimale des antennes (1125, 1225) du maître (1100) et de l'esclave (1200) est déterminée et ceux-ci sont orientés en conséquence.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lors du balayage grossier, dans la première phase,
- le maître (1100) envoie un signal de recherche dans une première direction de faisceau de maître puis attend pendant un temps d'attente défini un signal de réponse et
 - dans le cas de l'absence d'un signal de réponse après le temps d'attente, change pour une deuxième direction de faisceau de maître,
 - dans le cas de la réception d'un signal de réponse, envoie, dans la première direction de faisceau de maître, un signal de démarrage avec lequel une deuxième phase est initiée,
 - l'esclave (1200) attend, dans une première direction de faisceau d'esclave, pendant un temps d'attente défini qui est supérieur au temps d'attente du maître, la réception d'un signal de recherche et
 - dans le cas de l'absence d'un signal de recherche après le temps d'attente, change pour une deuxième direction de faisceau d'esclave,
 - dans le cas de la réception d'un signal de recherche, envoie un signal de réponse dans la première direction de faisceau d'esclave.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le maître (1100) ou l'esclave (1200) mesure, dans la première phase, lors d'une mesure d'un signal saturé, la durée de ce signal saturé, déduit, de la durée du signal saturé et de la comparaison, avec une durée de consigne, d'un signal de recherche ou de réponse attendu, la réception du signal de recherche ou de réponse attendu et envoie une réponse prévue en réaction à la réception de ce signal de recherche ou de réponse attendu.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel, lorsque le maître (1100) reçoit, dans la première phase, un signal saturé, à partir d'une puissance de réception du signal de réponse, une nouvelle puissance d'émission du signal de recherche est déterminée, qui est inférieure à celle qui a été utilisée auparavant, puis le maître (1100) envoie le signal de recherche avec la nouvelle puissance d'émission et dans lequel ce processus est effectué de manière itérative, jusqu'à ce qu'un échange non saturé d'un signal de recherche et d'un signal de réponse ait lieu ou jusqu'à ce que la présence d'un critère d'interruption sans réception d'un signal non saturé soit constaté.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel plusieurs esclaves (1200) sont utilisés, qui sont adressés dans différents créneaux temporels.
6. Émetteur-récepteur maître (1100) pour l'exploitation d'une liaison hertzienne avec une unité d'émission-réception (1120) qui est conçue pour générer, émettre et recevoir des signaux dans des directions réglables par l'intermédiaire d'au moins une antenne (1125). une unité de commande (1110) qui est conçue pour l'orientation automatique de l'au moins une antenne (1125)
- pour commander l'unité d'émission-réception (1120) dans une première phase pour la réalisation d'un balayage grossier pour la détermination d'une orientation grossière mutuelle avec un émetteur-récepteur esclave, appelé esclave (1200) dans la suite,
 - pour initier, après l'orientation grossière, une deuxième phase et, dans la deuxième phase,
 - pour indiquer à l'unité d'émission-réception (1120) une direction de faisceau de commande de maître ainsi qu'à l'esclave (1200) une direction de faisceau de commande d'esclave,
 - puis, sur plusieurs itérations,
 - pour indiquer à l'esclave (1200) une nouvelle direction de faisceau d'esclave et une période de temporisation, pendant laquelle l'esclave doit recevoir dans cette nouvelle direction de faisceau d'esclave,
 - pour commander l'unité d'émission-réception (1120) pour l'émission ultérieure de signaux de recherche dans un nombre prédéterminé de direction de faisceau de maître et
 - pour commander l'unité d'émission-réception (1120) après l'écoulement de la période de temporisation pour la réception de résultats d'une détermination de paramètres de qualité de signal par l'esclave (1200) sur la direction de faisceau de commande de maître déterminée et
 - pour déterminer, sur la base de la détermination de paramètres de qualité de signal, une orientation mutuelle optimale des antennes (1125, 1225), par l'unité d'émission-réception (1120) et l'esclave (1200) et pour commander l'au moins une antenne de l'unité d'émission-réception pour une orientation en conséquence.
7. Maître (1100) selon la revendication 6, qui est conçu, lors du balayage grossier dans la première,

- pour envoyer un signal de recherche dans une première direction de faisceau de maître puis pour attendre un temps de réponse pendant un temps d'attente défini
 - dans le cas de l'absence d'un signal de réponse après le temps d'attente, pour changer pour une deuxième direction de faisceau de maître et
 - dans le cas de la réception d'un signal de réponse, pour envoyer, dans la première direction de faisceau de maître, un signal de démarrage avec lequel une deuxième phase est initiée.
8. Maître (1100) selon l'une des revendications 6 ou 7, qui est conçu pour mesurer, dans la première phase, lors d'une détection d'un signal saturé, la durée de ce signal saturé, pour déduire de la durée du signal saturé et d'une comparaison, avec une durée de consigne, d'un signal de réponse attendu, la réception du signal de réponse attendu et pour envoyer une réponse prévue en réaction à la réception de ce signal de réponse.
9. Maître (1100) selon la revendication 8, qui est conçu pour déterminer, lorsqu'il reçoit, dans la première phase, un signal de réponse saturé, à partir d'une puissance de réception du signal de réponse, une nouvelle puissance d'émission qui est inférieure à celle qui a été utilisée auparavant, puis pour envoyer le signal de recherche avec la nouvelle puissance d'émission et pour effectuer ce processus de manière itérative, jusqu'à ce qu'un échange non saturé d'un signal de recherche et d'un signal de réponse ait lieu ou jusqu'à ce que l'existence d'un critère d'interruption sans réception d'un signal non saturé soit constatée.
10. Procédé d'exploitation pour émetteur-récepteur maître (1100) d'une liaison hertzienne, appelé maître dans la suite, avec une unité de commande et une unité d'émission-réception avec au moins une antenne, dans lequel
- le maître (1100) effectue, en échange avec émetteur-récepteur esclave (1200), appelé esclave dans la suite, un balayage grossier pour déterminer une orientation mutuelle grossière de l'au moins une antenne, dans laquelle le maître peut échanger des signaux avec l'esclave,
 - après l'orientation grossière, le maître (1100) initie une deuxième phase, dans laquelle
 - le maître (1100) indique à son unité d'émission-réception (1120) une direction de faisceau de maître et indique à l'esclave (1200) une direction de faisceau d'esclave,
 - puis, sur plusieurs itérations,
 - le maître (1100) indique à l'esclave (1200) une nouvelle direction de faisceau d'esclave
- et une période de temporisation pendant laquelle l'esclave (1200) doit recevoir dans cette nouvelle direction de faisceau d'esclave,
- le maître (1100) envoie ensuite des signaux de recherche dans un nombre prédéterminé de ses directions de faisceaux de maîtres,
 - le maître (1100) reçoit, après l'écoulement de la période de temporisation, des résultats d'une détermination de paramètres de qualité de signal par l'esclave (1200) sur la direction de faisceau de commande de maître et
 - le maître (1200) détermine, sur la base de la détermination des paramètres de qualité de signal, une orientation mutuelle optimale des antennes (1125, 1225) par l'unité d'émission-réception et l'esclave et oriente en conséquence l'au moins une antenne (1125) de l'unité d'émission-réception.
11. Émetteur-récepteur esclave (1200), appelé esclave dans la suite, pour l'exploitation d'une liaison hertzienne avec une unité d'émission-réception (1220) qui est conçue pour générer, émettre et recevoir, dans des directions réglables, des signaux par l'intermédiaire d'au moins une antenne (1225) et une unité de commande (1210) qui est conçue pour l'orientation automatique de l'au moins une antenne (1225)
- pour commander l'unité d'émission-réception (1220) dans une première phase pour la réalisation du balayage grossier pour la détermination d'une orientation mutuelle grossière avec un émetteur-récepteur maître (1100), appelé maître dans la suite,
- et, dans une deuxième phase, après l'orientation grossière de l'au moins une antenne (1225)
- sur plusieurs itérations,
 - pour commander, selon les instructions du maître (1100), l'unité d'émission-réception pour le réglage d'une nouvelle direction de faisceau d'esclave et d'une période de temporisation, pendant laquelle l'unité d'émission-réception doit recevoir dans cette nouvelle direction de faisceau d'esclave et
 - pour la réalisation d'une détermination de paramètres de qualité de signal pour chaque signal reçu et pour l'enregistrement des résultats de la détermination de paramètres de qualité de signal,

- après l'écoulement de la période de temporisation, pour commander l'unité d'émission-réception, pour régler une direction de faisceau de commande d'esclave déterminée auparavant par le maître et pour transmettre les résultats de la détermination de paramètres de qualité de signal au maître, 5
- pour commander l'au moins une antenne (1225) de l'unité d'émission-réception pour l'orientation correspondant à une orientation mutuelle optimale transmise par le maître. 10
- 12.** Esclave (1200) selon la revendication 11, qui est conçu, lors du balayage grossier dans la première phase 15
- pour attendre, dans un temps d'attente défini dans une première direction de faisceau d'esclave, qui est supérieur au temps d'attente d'un maître, la réception d'un signal de recherche du maître et 20
- dans le cas de l'absence d'un signal de recherche après le temps d'attente, pour changer pour une deuxième direction de faisceau d'esclave, 25
- dans le cas de la réception d'un signal de recherche, pour envoyer un signal de réponse dans la première direction de faisceau d'esclave. 30
- 13.** Esclave (1200) selon la revendication 11 ou 12 qui est conçu pour mesurer, dans la première phase, lors de la détection d'un signal saturé, la durée de ce signal saturé, pour déduire, de la durée du signal saturé et d'une comparaison avec une durée de consigne d'un signal de recherche ou de réponse attendu, la réception du signal de recherche ou de réponse attendu et d'envoyer une réponse prévue en réaction à la réception du signal de recherche ou de réponse attendu. 35 40
- 14.** Procédé d'exploitation pour un émetteur-récepteur esclave (1200), appelé esclave dans la suite, avec une unité de commande (1210) et une unité d'émission-réception (1220) avec au moins une antenne (1225), dans lequel 45
- l'esclave (1200), en échange avec un émetteur-récepteur maître (1100), appelé maître dans la suite, effectue un balayage grossier pour la détermination d'une orientation mutuelle grossière de l'au moins une antenne, dans laquelle l'esclave peut échanger des signaux avec un maître, 50
- l'esclave (1200), après l'orientation grossière de l'au moins une antenne, reçoit un signal pour l'initiation d'une deuxième phase, dans laquelle
- l'esclave (1200), sur plusieurs itérations, 55
- règle, selon les instructions du maître (1100), une nouvelle direction de faisceau d'esclave et une période de temporisation pendant laquelle l'esclave (1200) doit recevoir dans cette nouvelle direction de faisceau d'esclave,
- effectue une détermination de paramètres de qualité de signal pour chaque signal reçu et enregistre ses résultats,
- après l'écoulement de la période de temporisation, règle une direction de faisceau de commande d'esclave déterminée par le maître pour la transmission des résultats de la détermination de paramètres de qualité de signal, transmet les résultats au maître (1100) et
- oriente l'au moins une antenne (1225) de l'unité d'émission-réception en fonction d'une orientation optimale transmise par le maître (1100).
- 15.** Dispositif de liaison hertzienne comprenant un maître (1100) selon au moins l'une des revendications 6 à 9 et au moins un esclave (1200) selon au moins l'une des revendications 11 à 13.
- 16.** Émetteur-récepteur comprenant un maître (1100) selon au moins l'une des revendications 6 à 9 et un esclave (1200) selon au moins l'une des revendications 11 à 13.

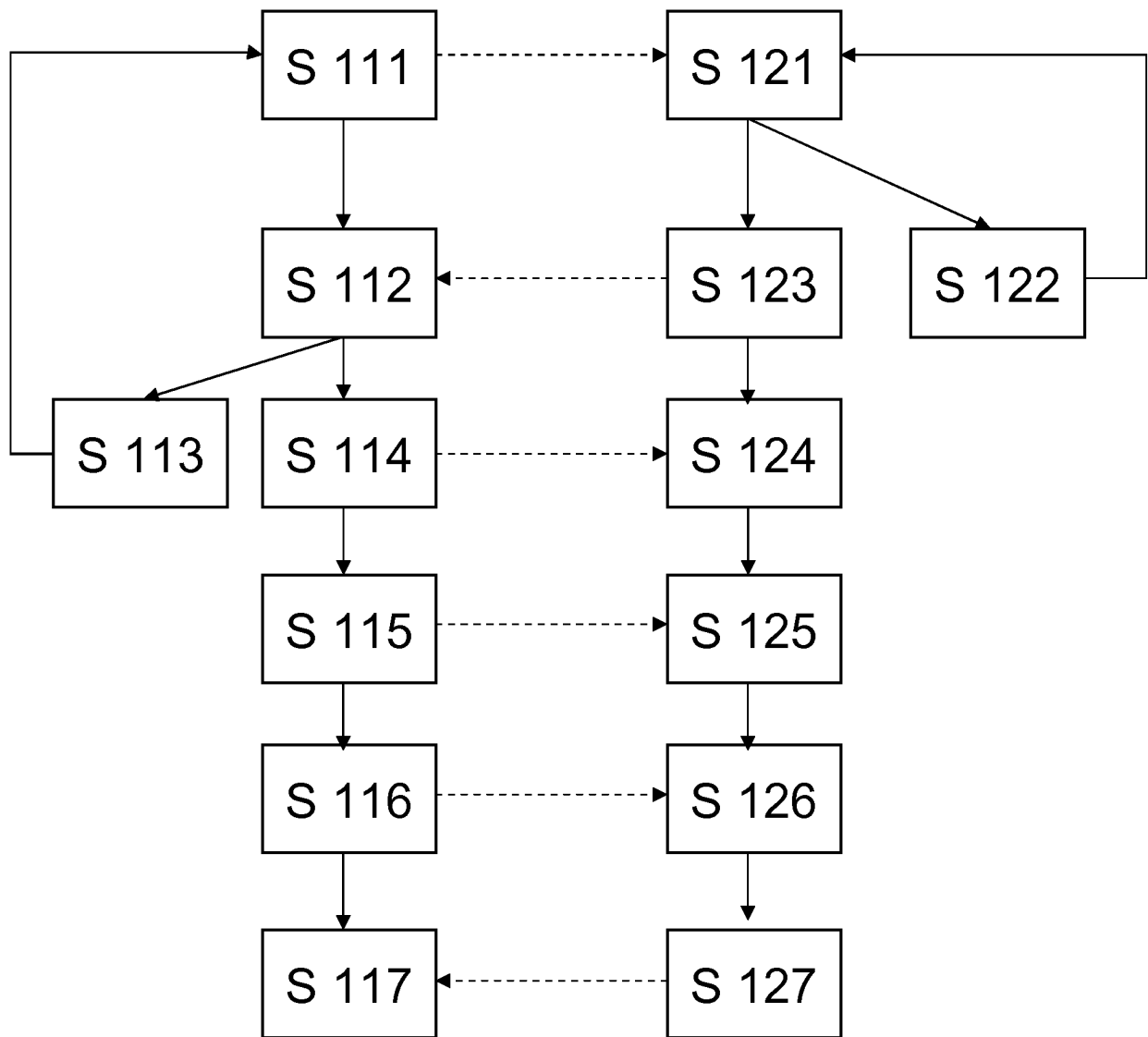


Fig. 1

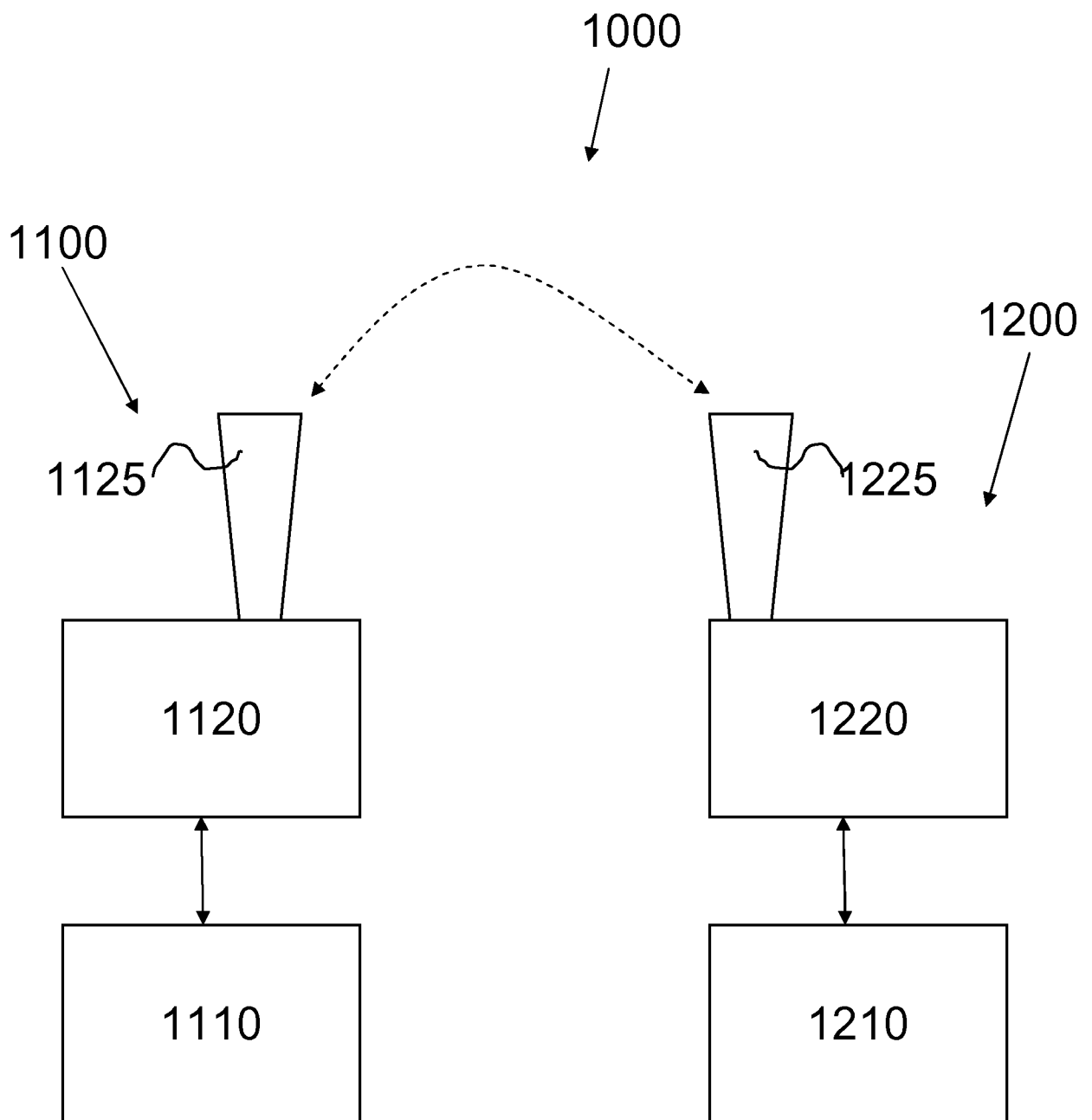


Fig. 2

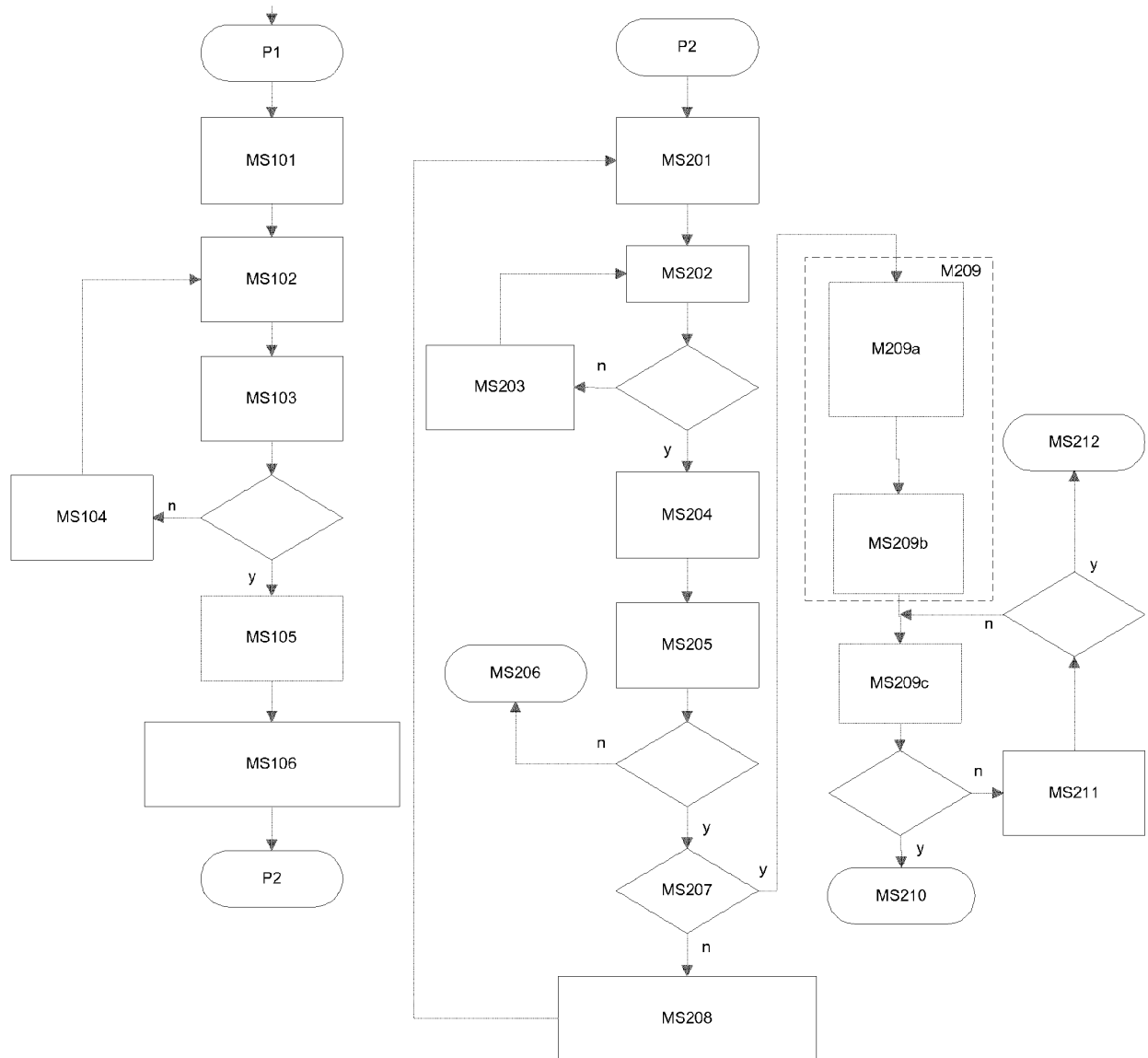


Fig. 3

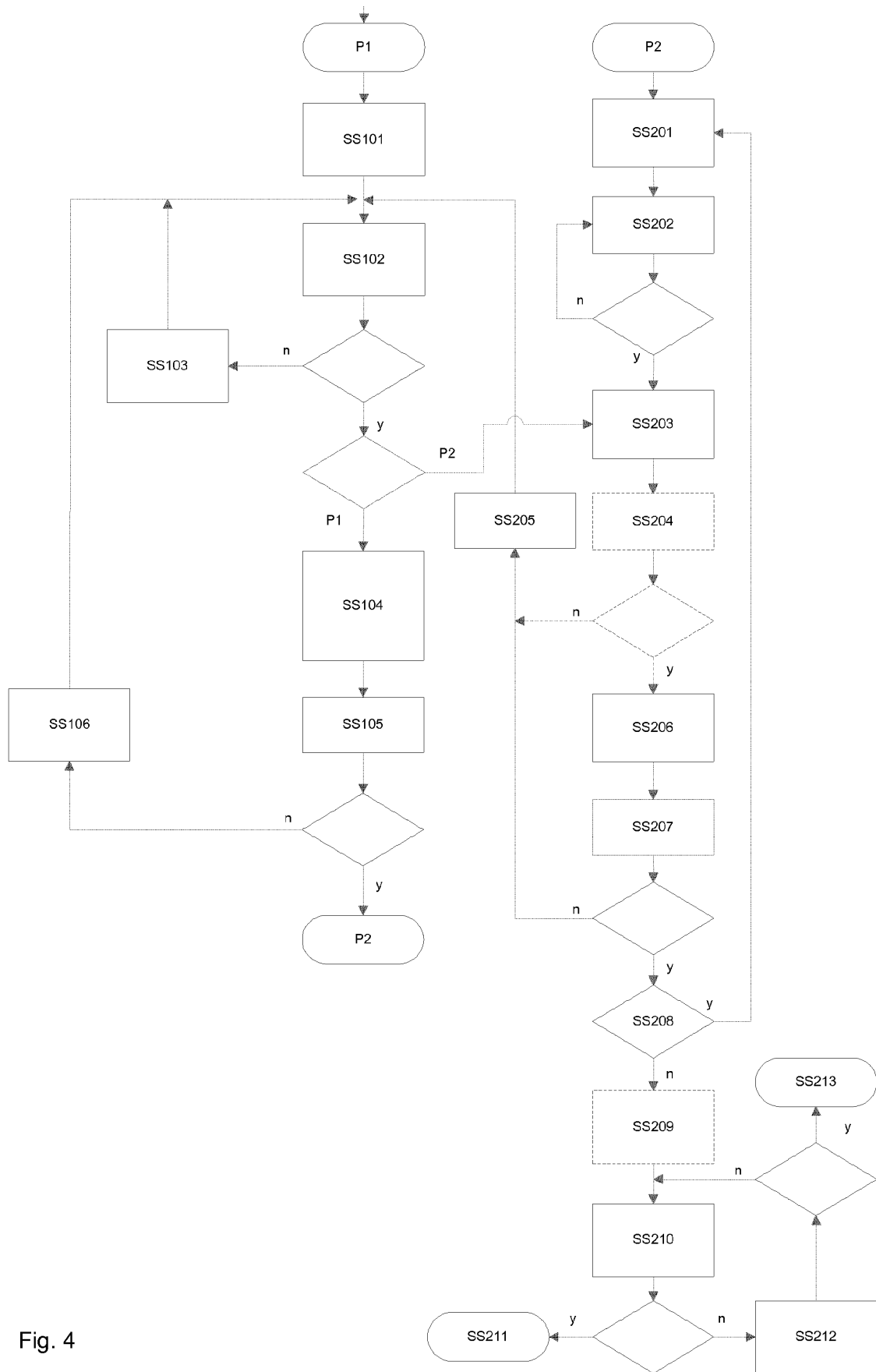


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20100302101 A1 [0004] [0005]