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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Juli 2009 (23.07.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/089990 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 5/04 (2006.01) *G01S 3/72* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/068214

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Dezember 2008 (23.12.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 004 474.1 15. Januar 2008 (15.01.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BAMBERGER, Joachim** [DE/DE]; Würmstrasse 31 A, 82131 Stockdorf (DE). **LENZ, Henning** [DE/DE]; Boeckhstrasse 9, 76137 Karlsruhe (DE). **MUNZERT, Michael** [DE/DE]; Wandlhamerstr. 24A, 82166 Gräfelfing (DE). **SCHWINGENSCHLÖGL, Christian** [DE/DE]; Kameterweg 7, 85640 Putzbrunn (DE). **SZABO, Andrei** [RO/DE]; Pommerstr. 9, 85521 Ottobrunn (DE).

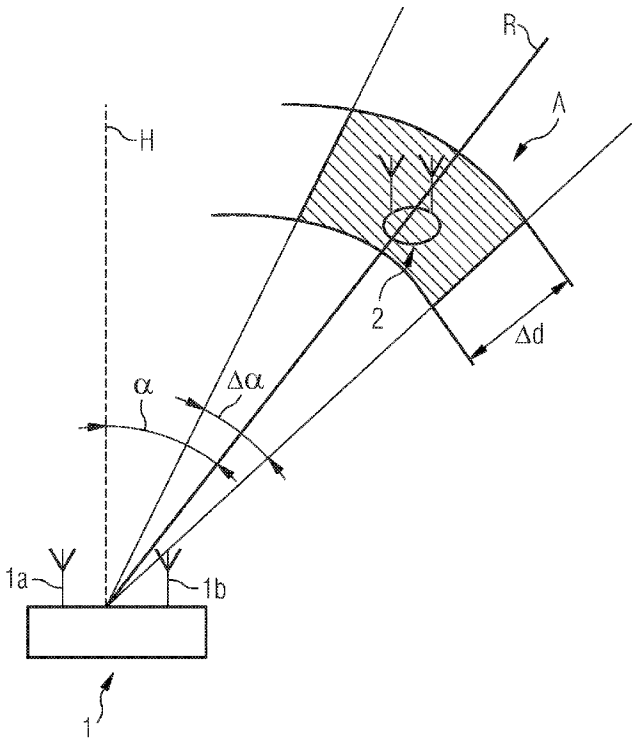
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR DETERMINING THE POSITION OF AN OBJECT USING A MIMO WLAN RADIO NETWORK

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER LAGE EINES OBJEKTS MIT HILFE EINES MIMO-WLAN-FUNKNETZES



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for determining the position of an object using a MIMO WLAN radio network, the radio network comprising a stationary radio device with a plurality of antennae and a mobile radio device with a plurality of antennae which is positioned on the object. The method according to the invention is characterized in that the stationary and the mobile radio device communicate with each other on a MIMO channel via their antennae and that the direction of the object relative to the stationary radio device is determined based on an estimated channel matrix and/or control vectors of the MIMO channel. The invention is based on the finding that the direction of an object can be determined in MIMO WLAN systems, especially according to standard IEEE 802.11n, already from the information of a MIMO channel between a radio device positioned on the object and a stationary radio device. In particular, the channel matrices or control vectors determined in different operating modes of the IEEE standard 802.11n can be used for determining direction, the direction determination being carried out according to known methods, such as e.g. the MUSIC or ESPRIT algorithm. The method according to the invention can be used in any field of industrial application where it is necessary to determine the position of a mobile object. The mobile object can e.g. be a robot which is used in an automated installation for transporting goods or for carrying out automated processes.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/089990 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts mit Hilfe eines MIMO-WLAN-Funknetzes, wobei das Funknetz eine stationäre Funkeinrichtung mit mehreren Antennen und eine mobile, auf dem Objekt positionierte Funkeinrichtung mit mehreren Antennen umfasst. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die stationäre und mobile Funkeinrichtung über deren Antennen auf einem MIMO-Kanal miteinander kommunizieren und dass basierend auf einer geschätzten Kanalmatrix und/oder auf Steuervektoren des MIMO-Kanals die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung ermittelt wird. Der Erfindung liegt hierbei die Erkenntnis zu Grunde, dass in MIMO-WLAN-Systemen, insbesondere nach dem Standard IEEE 802.11n, die Richtung eines Objekts bereits aus den Informationen eines MIMO-Kanals zwisehen einer auf dem Objekt positionierten Funkeinrichtung und einer stationären Funkeinrichtung bestimmt werden kann. Insbesondere können hierbei die in verschiedenen Betriebsmodi des IEEE Standards 802.11n ermittelten Kanalmatrizen bzw. Steuervektoren zur Richtungsbestimmung eingesetzt werden, wobei die Richtungsbestimmung mit bekannten Verfahren, wie z.B. dem MUSIC- oder ESPRIT-Algorithmus, erfolgen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren kann in beliebigen industriellen Anwendungsgebieten eingesetzt werden, bei denen eine Positionsbestimmung eines mobilen Objekts erforderlich ist. Beispielsweise kann das mobile Objekt ein Roboter sein, der in einer Automatisierungsanlage zum Transport von Gütern bzw. zur Durchführung von automatisierten Vorgängen verwendet wird.

Beschreibung

Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts mit Hilfe eines MIMO-WLAN-Funknetzes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts mit Hilfe eines MIMO-WLAN-Funknetzes sowie ein entsprechendes Funknetz und eine Funkeinrichtung zur Verwendung in einem solchen Funknetz.

Die Erfindung liegt allgemein auf dem Gebiet der Positionsbestimmung von Objekten mit sog. WLAN-Netzen (WLAN = Wireless Local Area Network), bei denen es sich um lokale Funknetze mit Reichweiten von in etwa 300 m handelt. WLAN-Funknetze sind dem Fachmann hinlänglich bekannt, und die Eigenschaften dieser Funknetze werden durch die IEEE-Standards (IEEE = Institute of Electrical and Electronics Engineers) der Familie 802.11 beschrieben.

Bei herkömmlichen WLAN-Netzen wird zur Entfernungsmessung beispielsweise die an einer mobilen Funkeinrichtung empfangene Signalstärke eines von einer stationären Funkeinrichtung (auch als Zugangspunkt oder Basisstation bezeichnet) ausgesendeten Signals verwendet (sog. RSS-Verfahren, RSS = Received Signal Strength). Die mobile Funkeinrichtung befindet sich hierbei auf dem Objekt, dessen Abstand zur Basisstation bestimmt werden soll. Darüber hinaus ist es bekannt, den Abstand eines Objekts in einem WLAN-Netz über die Übertragungszeit eines Funksignals von der stationären Funkeinrichtung zu der mobilen Funkeinrichtung zu bestimmen (sog. PT-Verfahren; PT = Propagation Time). Bei der Positionsbestimmung von Objekten in herkömmlichen WLAN-Netzen erweist es sich als nachteilhaft, dass hierzu immer zwei stationäre Funkeinrichtungen benötigt werden, deren Entfernungsmessungen zusammengeführt werden, um hieraus die Position des Objekts zu berechnen. Es wird somit eine aufwändige Infrastruktur von mehreren Basisstationen benötigt und die Positionsbestimmung ist oft ungenau.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts zu schaffen, mit dem einfach und genau der Ort eines Objekts ermittelt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zur Positionsbestimmung ein sog. MIMO-WLAN-Funknetz eingesetzt, wobei diese Art von WLAN-Funknetzen noch nicht sehr lange bekannt ist. Solche Funknetze zeichnen sich dadurch aus, dass sie zumindest eine stationäre Funkeinrichtung und eine mobile Funkeinrichtung umfassen, wobei auf beiden Funkeinrichtungen mehrere Antennen vorgesehen sind. Auf diese Weise wird ein MIMO-System (MIMO = Multiple Input Multiple Output) geschaffen, wobei MIMO-Systeme für andere Netze als WLAN bereits bekannt sind. Zur Bestimmung der Lage des Objekts ist in dem erfindungsgemäßen Verfahren eine mobile Funkeinrichtung eines MIMO-WLAN-Netzes auf dem Objekt positioniert und eine stationäre Funkeinrichtung des MIMO-WLAN-Netzes befindet sich in Kommunikationsreichweite zur mobilen Funkeinrichtung. Dabei kommunizieren die stationäre und mobile Funkeinrichtung über deren Antennen auf einem MIMO-Kanal miteinander, und es wird basierend auf einer geschätzten Kanalmatrix und/oder auf Steuervektoren des MIMO-Kanals die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung ermittelt. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass es in MIMO-WLAN-Netzen möglich ist, auf einem einzelnen MIMO-Kanal eine Richtung abzuschätzen. Hierzu werden erfindungsgemäß in dem MIMO-WLAN-System bereits ermittelte bzw. bestimmbare Größen in der Form einer geschätzten Kanalmatrix bzw. von Steuervektoren verwendet. Kanalmatrizen und Steuervektoren (englisch: steering vectors) sind dem Fachmann hinlänglich bekannt, wobei eine Kanalmatrix die Übertragungseigenschaften eines Kanals in der Form von Kanalantworten beschreibt und die Steuervektoren die räumliche Ausrichtung der stationären und mobilen Funkeinrichtung als

Information enthalten. Aus der Kanalmatrix lassen sich dabei die Steuervektoren bestimmen und umgekehrt. Mit Hilfe der Steuervektoren kann insbesondere ein sog. Beamforming des von der stationären Funkeinrichtung ausgesendeten Funksignals derart vorgenommen werden, dass die Signalstärke in Richtung der mobilen Funkeinrichtung besonders hoch ist. Dies geschieht durch eine Kombination der über die einzelnen Antennen auszusendenden Signale mit Hilfe der Steuervektoren.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der neu entwickelte WLAN-Standard IEEE 802.11n für das WLAN-Funknetz eingesetzt. Dieser Standard ist in dem Dokument [1] beschrieben, dessen gesamte Offenbarung durch Verweis zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung wird.

In dem Standard IEEE 802.11n finden sich verschiedene Betriebsmodi und es wurde erkannt, dass die Informationen, welche in den unterschiedlichen Betriebsmodi bereitgestellt werden, zur Richtungsbestimmung der mobilen Funkeinrichtung relativ zu der stationären Funkeinrichtung verwendet werden können.

Ein Betriebsmodus gemäß dem Standard IEEE 802.11n ist der sog. Beamforming-Betriebsmodus, bei dem die von den Antennen der stationären Funkeinrichtung auszusendenden Signale zur räumlichen Ausrichtung der Signale hin zur mobilen Funkeinrichtung über die oben erwähnten Steuervektoren miteinander kombiniert werden. Der Beamforming-Betriebsmodus ist in dem Dokument [1] beschrieben, und zwar insbesondere in Abschnitt 9.20, Seiten 119 bis 125, Abschnitt 7.3.2.47.6, Seite 47, Abschnitt 7.4.7.4 bis 7.4.7.6, Seiten 59 bis 68, Abschnitt 7.4.7.7 und 7.4.7.8, Seiten 68 bis 75, und Abschnitt 20.3.5, Seiten 215 bis 220. Die in diesem Beamforming-Betriebsmodus zur Strahlformung berechneten Steuervektoren werden erfindungsgemäß zur Ermittlung der Richtung des Objekts relativ zur stationären Funkeinrichtung verwendet.

In dem Standard IEEE 802.11n gibt es zwei Arten von Beamforming-Betriebsmodi, welche beide mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kombiniert werden können. Bei dem einen Beamforming-Betriebsmodus handelt es sich um einen Betriebsmodus mit sog. „explizitem Feedback", bei dem die Steuervektoren von der mobilen Funkeinrichtung berechnet werden und über den MIMO-Kanal an die stationäre Funkeinrichtung übertragen werden. Der andere Beamforming-Betriebsmodus ist ein Betriebsmodus mit sog. „implizitem Feedback", bei dem die Kanalmatrix von der stationären Funkeinrichtung geschätzt wird und daraus die Steuervektoren berechnet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann bei der Verwendung des Standards IEEE 802.11n auch mit dem sog. Antennen-Selektions-Modus kombiniert werden, der einen weiteren Betriebsmodus darstellt. Bei diesem Betriebsmodus erfolgt eine zeitvariante Abbildung der Signale der stationären Funkeinrichtung auf die Antennen der mobilen Funkeinrichtung. Der Antennen-Selektions-Betriebsmodus ist in dem Dokument [1] beschrieben, und zwar insbesondere in Abschnitt 9.21, Seiten 125 bis 128, Abschnitt 7.3.2.47.7, Seite 50, Abschnitt 7.4.7.9, Seiten 75 und 76. Bei diesem Betriebsmodus wird auch eine Kanalschätzung durchgeführt, so dass eine Kanalmatrix vorliegt, mit der dann die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung bestimmt werden kann. Die Kanalmatrix wird dabei in der mobilen Funkeinrichtung abgeschätzt und an die stationäre Funkeinrichtung über den MIMO-Kanal übertragen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung durch einen Winkel relativ zu einer vorgegebenen Hauptrichtung der stationären Funkeinrichtung definiert. Die Hauptrichtung ist dabei insbesondere die Hauptstrahlrichtung der auf der stationären Funkeinrichtung angeordneten Antennen.

Erfindungsgemäß werden zur Ermittlung der Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung hinlänglich

aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren eingesetzt. Insbesondere können ein Delay-and-Sum-Verfahren bzw. der MUSIC-Algorithmus oder ESPRIT-Algorithmus oder Weiterentwicklungen dieser Algorithmen verwendet werden. Ebenso kann eine Maximum-Likelihood-Technik zur Ermittlung der Richtung des Objekts eingesetzt werden. Die soeben genannten Verfahren werden beispielsweise in der Druckschrift [2] erläutert.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Funknetz ein sog. OFDM-System (OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplexing), bei dem zur Kommunikation zwischen der stationären und mobilen Funkeinrichtung mehrere orthogonale Frequenzsubträger eingesetzt werden. OFDM-Systeme sind hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt und werden deshalb an dieser Stelle nicht näher erläutert. Wird ein OFDM-WLAN-System verwendet, kann die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung beispielsweise dadurch ermittelt werden, dass für einen oder mehrere der Frequenzsubträger jeweils frequenzabhängige Einzelrichtungen des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung bestimmt werden. Aus diesen Einzelrichtungen kann eine Richtung bestimmt werden, welche dann die ermittelte Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung darstellt. Beispielsweise kann aus den Einzelrichtungen ein Mittelwert gebildet werden, der dann die Richtung des Objekts darstellt.

Falls bei der Übertragung über den MIMO-Kanal Mehrweg-Pfade auftreten, wird in einem OFDM-System die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung vorzugsweise in der Zeitdomäne ermittelt. Hierzu werden die Signale der Frequenzsubträger in Kanalimpulsantworten transformiert, und zwar vorzugsweise mit einer inversen Fourier-Transformation. In einer Variante wird dann basierend auf der Kanalmatrix und/oder den Steuervektoren der Kanalimpulsantwort mit der kürzesten Zeitverzögerung die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung bestimmt, wobei diese Richtung als Sichtverbindung oder LoS-Richtung (LoS = Line of Sight) der stationären Funkeinrichtung zum Objekt definiert

wird. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass alle Kanalimpulsantworten zur Lagebestimmung des Objekts verwendet werden, wobei diese Variante vorzugsweise dann zum Einsatz kommt, wenn keine eindeutige Sichtverbindung zwischen stationärer und mobiler Funkeinrichtung bestimmbar ist. In diesem Fall wird die Position des Objekts im Raum basierend auf den Kanalmatrizen und/oder den Steuervektoren der Kanalimpulsantworten mit Hilfe eines Ray-Tracing-Verfahrens und/oder Dominant-Path-Verfahrens bestimmt. Ray-Tracing-Verfahren und Dominant-Path-Verfahren sind hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt und werden deshalb nicht näher erläutert.

In einer weiteren, besonders bevorzugten Ausführungsform wird zur genauen Positionsbestimmung des Objekts ferner die Entfernung des Objekts zur stationären Funkeinrichtung bestimmt, wobei diese Bestimmung vorzugsweise auch mit Hilfe des MIMO-WLAN-Funknetzes erfolgt. Insbesondere kann die Entfernung des Objekts über die Stärke der von der stationären Funkeinrichtung ausgesendeten Signale an der mobilen Funkeinrichtung und/oder über die Laufzeit der von der stationären Funkeinrichtung ausgesendeten Signale bis zur mobilen Funkeinrichtung ermittelt werden. Es können somit zusätzlich die bereits eingangs erwähnten RSS- bzw. PT-Verfahren zur Entfernungsbestimmung zum Einsatz kommen.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind zumindest zwei stationäre Funkeinrichtungen vorgesehen, wobei für jede der stationären Funkeinrichtungen die Richtung des Objekts relativ zu der jeweiligen stationären Funkeinrichtung ermittelt wird und daraus die Position des Objekts im Raum bestimmt wird. Dies wird insbesondere dadurch ermöglicht, dass im Wesentlichen der Punkt ermittelt wird, an dem sich die beiden Richtungen schneiden.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden basierend auf mindestens zwei verschiedenen Messungen zumindest eine Richtung des Objekts relativ zur stationären Funkeinrichtung und zumindest eine Entfernung des

Objekts von einer stationären Funkeinrichtung ermittelt, wobei basierend auf einer Optimierung einer vorgegebenen Kostenfunktion die Position des mobilen Objekts im Raum bestimmt wird. Durch geeignete Wahl der Kostenfunktion können somit entsprechende Mess-Ungenauigkeiten berücksichtigt werden.

In einer weiteren Variante der Erfindung, insbesondere wenn die Umgebung, in der sich das mobile Objekt bewegt, komplex ist und nur wenige Sichtverbindungen zwischen stationärer und mobiler Funkeinrichtungen bestehen, kann ein Pattern-Matching-Verfahren zur Bestimmung der Position des Objekts verwendet werden, wobei bei einem solchen Verfahren vorab für eine Vielzahl von Positionen die zu erwartenden Eigenschaften des MIMO-Kanals bei Positionierung des Objekts an dieser Stelle bekannt sind und mit den gemessenen Eigenschaften verglichen werden. Die Eigenschaften sind hierbei wiederum die abgeschätzte Kanalmatrix bzw. die Steuervektoren.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in beliebigen technischen Gebieten und für unterschiedlichste industrielle Anwendungen verwendet werden. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Bestimmung der Lage eines Objekts zur Navigation eines Roboters eingesetzt werden, der in industriellen Anlagen, z.B. in Automatisierungsanlagen bzw. Fertigungsstraßen, zum Transport von Gütern bzw. Durchführung von automatisierten Vorgängen verwendet wird. Bei der Navigation des Roboters wird insbesondere die aktuelle Position des Roboters benötigt, welche mit dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren bestimmt werden kann.

Neben dem oben beschriebenen Verfahren betrifft die Erfindung ferner ein WLAN-MIMO-Funknetz, umfassend eine stationäre Funkeinrichtung mit mehreren Antennen und eine mobile, auf einem Objekt positionierte Funkeinrichtung mit mehreren Antennen, wobei die stationäre und mobile Funkeinrichtung über deren Antennen auf einem MIMO-Kanal im Betrieb des Funknetzes miteinander kommunizieren können. In einem solchen Funknetz ist ein Mittel zur Bestimmung der Lage des Objekts vorgese-

hen, mit welchem basierend auf einer geschätzten Kanalmatrix und/oder auf Steuervektoren des MIMO-Kanals die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung ermittelbar ist. Das Funknetz ist dabei vorzugsweise derart ausgestaltet, dass jede der oben beschriebenen Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens mit dem Funknetz durchführbar ist.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Funkeinrichtung zur Verwendung in dem soeben beschriebenen erfindungsgemäßen Funknetz, wobei das Mittel zur Bestimmung der Lage des Objekts in der stationären Funkeinrichtung vorgesehen ist. Die Funkeinrichtung kann dabei eine stationäre oder eine mobile Funkeinrichtung sein.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Figur detailliert beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines MIMO-WLAN-Funknetzes, anhand welcher eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Positionsbestimmung eines Objekts erläutert wird.

Fig. 1 zeigt in Draufsicht ein MIMO-WLAN-Funknetz, welches basierend auf dem neuentwickelten WLAN-Standard IEEE 802.11n arbeitet. Dieser Standard unterstützt die Datenübertragung über multiple Sende- und Empfangsantennen. Das WLAN-System ist dabei ein OFDM-System, bei dem über eine Vielzahl von orthogonalen Frequenzsubträgern Datensymbole übertragen werden. Die Funktionsweise von OFDM-Systemen ist hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt und wird deshalb nicht näher erläutert.

Das Netz der Fig. 1 umfasst den Zugangspunkt 1, der zwei Sende- und Empfangsantennen 1a und 1b aufweist und welcher der stationären Funkeinrichtung gemäß der Terminologie der Ansprüche entspricht. Ferner ist eine weitere, auf einem mobi-

len Objekt vorgesehene Funkeinrichtung 2 vorgesehen, welche ebenfalls zwei Sende- und Empfangsantennen 2a und 2b aufweist. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist das mobile Objekt nicht in Fig. 1 gezeigt. Der Zugangspunkt bzw. die Basisstation 1 und die mobile Funkeinrichtung 2 befinden sich in Kommunikationsreichweite zueinander und kommunizieren über einen MIMO-Kanal miteinander.

In der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform wird das WLAN-Funknetz in dem sog. Beamforming-Betriebsmodus betrieben, der in dem Dokument [1] erläutert ist. Gemäß diesem Betriebsmodus erfolgt eine Ausrichtung der von dem Zugangspunkt 1 ausgesendeten Strahlung hin zu der mobilen Funkeinrichtung 2. Hierzu werden die dem Fachmann bekannten Steuervektoren (englisch: steering vectors) berechnet, mit denen die Signale für die einzelnen Antennen geeignet kombiniert werden, um eine Ausrichtung der Funkwellen hin zu dem mobilen Objekt zu erreichen. Die Steuervektoren beinhalten dabei die Information über die räumlichen Eigenschaften des zur Kommunikation verwendeten MIMO-Kanals, und erfindungsgemäß wird diese Information extrahiert, um die Richtung der mobilen Funkeinrichtung 2 in Bezug auf den Zugangspunkt 1 zu ermitteln. In der Ausführungsform gemäß Fig. 1 erfolgt eine 2D-Positionsbestimmung für das mobile Objekt, wobei die Ausrichtung des mobilen Objekts gegeben ist durch den Winkel α, der in Bezug auf die Hauptstrahlrichtung H des Zugangspunkts 1 gemessen wird, wobei die Hauptstrahlrichtung durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist. Die Ausrichtung des Objekts relativ zu dem Zugangspunkt 1 ist dabei durch eine durchgezogene Linie R angegeben.

In der hier beschriebenen Ausführungsform wird als Beamforming-Betriebsmodus der Betriebsmodus mit explizitem Feedback gemäß dem Standard IEEE 802.11n verwendet. Bei diesem Modus werden die Steuervektoren von der mobilen Funkeinrichtung abgeschätzt und über den MIMO-Kanal an den Zugangspunkt 1 zurückgegeben. Aus den Steuervektoren wird dann in dem Zugangspunkt die Richtung R abgeschätzt, wobei hierzu eine Standard-

DOA-Abschätzung (DOA = Direction of Arrival) verwendet wird. Beispiele für solche Standard-DOA-Abschätzungen sind in der Druckschrift [2] beschrieben und dem Fachmann hinlänglich bekannt. Beispielsweise kann die sog. Delay-and-Sum-Methode eingesetzt werden oder es kann der sog. MUSIC-Algorithmus oder der ESPRIT-Algorithmus verwendet werden. Ebenso können Maximum-Likelihood-Methoden eingesetzt werden. Die genannten Methoden verwenden als Eingangsgröße die Steuervektoren bzw. gegebenenfalls auch die Kanalmatrix des MIMO-Kanals, wobei die Kanalmatrix und die Steuervektoren durch einfache mathematische Operationen ineinander umrechenbar sind.

Anstatt des Beamforming-Betriebsmodus mit explizitem Feedback kann zur Bestimmung der Ausrichtung des Objekts relativ zu dem Zugangspunkt 1 auch der Beamforming-Operationsmodus mit implizitem Feedback gemäß dem Standard IEEE 802.11n verwendet werden. Hierbei wird der MIMO-Kanal basierend auf dem Rück-Kanal von der mobilen Funkeinrichtung hin zur stationären Funkeinrichtung abgeschätzt und basierend auf der Reziprozität der Kanäle können dann mit Hilfe einer entsprechenden Transformation der Steuervektoren berechnet werden. Die Verwendung des expliziten Feedbacks gegenüber dem impliziten Feedback hat den Vorteil, dass die Steuervektoren bereits in einem entsprechenden Signalisierungs-Frame zu dem Zugangspunkt übertragen werden und nicht erst dort berechnet werden müssen. Für das erfindungsgemäße Verfahren müssen der Zugangspunkt 1 und die mobile Funkeinrichtung 2 kalibriert werden. Die Kalibrierung ist sowohl für implizites als auch explizites Feedback in dem WLAN-Standard IEEE 802.11n beschrieben.

Anstatt des Betriebs in dem Beamforming-Betriebsmodus kann alternativ bzw. zusätzlich auch der Antennen-Selektions-Modus des WLAN-Standards IEEE 802.11n verwendet werden. Gemäß diesem Betriebsmodus wird eine zeitvariante Abbildung der Signale verschiedener Frequenzsubträger auf die Antennen der mobilen Funkeinrichtung 2 erreicht. Bei dem Antennen-Selektions-Modus wird der gesamte MIMO-Kanal abgeschätzt, d.h. es wird

durch die mobile Funkeinrichtung eine Kanalmatrix berechnet. Diese Kanalmatrix wird an die stationäre Funkeinrichtung 1 übertragen und kann dort mit dem oben beschriebenen Standard-Methoden wiederum zur Berechnung der Ausrichtung des mobilen Objekts relativ zum Zugangspunkt 1 verwendet werden.

In dem Szenario der Fig. 1 sind keine weiteren Objekte in der Umgebung der stationären und mobilen Funkeinrichtung vorgesehen, so dass es nicht zu Streuungen an anderen Objekten kommt. Der Winkel α kann deshalb auf einfache Weise für jeden Frequenzsubträger separat ermittelt werden und sollte für jeden Frequenzsubträger im Wesentlichen die gleichen Werte aufweisen. Als endgültiger Winkel α kann dann beispielsweise der Mittelwert aller gemessenen Winkel der Frequenzsubträger festgelegt werden. Sollten jedoch Streuung an Objekten auftreten, wird der Winkel vorzugsweise nicht direkt aus den OFDM-Subträgern berechnet. In diesem Fall wird zunächst eine inverse Fourier-Transformation der einzelnen Frequenzkanäle durchgeführt, so dass man die Kanalimpulsantworten erhält. Die einzelnen Kanalimpulsantworten beinhalten die entsprechenden Winkel für verschiedene Mehr-Pfade-Propagationen, welche sich beispielsweise durch Streuung an Wänden ergeben. Um nunmehr die Sichtverbindung LoS (LoS = Line of Sight) zu ermitteln, wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Impulsantwort mit der geringsten Zeitverzögerung bestimmt, da diese Antwort der LoS-Richtung zwischen Zugangspunkt und stationärer Funkeinrichtung entsprechen sollte. Für diese Impulsantwort wird dann die Richtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung in der Form des Winkels α bestimmt. Die anderen Winkel, welche sich aus den Impulsantworten mit längeren Verzögerungen ergeben, können in einer speziellen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ebenfalls verwendet werden. In dieser speziellen Variante erfolgt die Lokalisation des mobilen Objekts mit Hilfe von Ray-Tracing-Verfahren bzw. Dominant-Path-Verfahren, bei denen das Objekt zur Positionsbestimmung auch gegebenenfalls nicht in Sichtverbindung zu dem Zugangspunkt 1 angeordnet sein kann. Bei der Verwendung von solchen Verfahren muss jedoch die Ge-

bäudestruktur bekannt sein, in dem sich das WLAN-Netz befindet, um mögliche Mehrfach-Pfade zwischen dem Zugangspunkt und dem mobilen Objekt zu berechnen.

In der hier beschriebenen Ausführungsform wird nicht nur die Winkelrichtung α des Objekts in Bezug auf den Zugangspunkt 1 ermittelt, sondern es wird auch die Entfernung zwischen dem Objekt und dem Zugangspunkt bestimmt, um die genaue Position des Objekts relativ zum Zugangspunkt 1 zu erhalten. Die Entfernung zwischen Objekt und Zugangspunkt wird dabei mit bekannten Verfahren bestimmt, beispielsweise mit RSS-Verfahren, bei denen die Distanz über die empfangene Signalstärke in der mobilen Funkeinrichtung ermittelt wird, oder mit PT-Verfahren, welche die Laufzeit von Signalen berechnen. Die Entfernungsberechnung sowie die Berechnung des Winkels α sind hierbei mit Fehlern behaftet. Der bei der Berechnung der Entfernung auftretende Fehler ist in Fig. 1 dabei durch einen Distanzbereich Δd und der Fehler in der Winkelbestimmung durch einen Winkelbereich $\Delta\alpha$ angedeutet. Hieraus ergibt sich ein Fehler in der Positionsbestimmung, welcher durch die 2D-Fläche A wiedergegeben ist.

Um nunmehr unter Berücksichtigung der Messfehler möglichst genau die Position des Objekts zu lokalisieren, werden in einer bevorzugten Variante mit Hilfe einer Kostenfunktion verschiedene geometrische Informationen zusammengeführt, insbesondere die Entfernung des mobilen Objekts vom Zugangspunkt 1 (bestimmt durch ein RSS- oder PT-Verfahren), der Winkel α, der mit der oben beschriebenen Verarbeitung ermittelt wurde, sowie gegebenenfalls die Struktur der Umgebung, sofern Ray-Tracing-Verfahren bzw. Dominant-Path-Verfahren zur Positionsbestimmung verwendet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird dabei als Kostenfunktion die gewichtete Summe der Fehler in der Entfernungsbestimmung bzw. Winkelbestimmung basierend auf den verschiedenen Messungen verwendet. Die Kostenfunktion kann dabei beispielsweise wie folgt lauten:

$$C = C(d(x,y),\alpha(x,y)) = \mathrm{sum}_i\ w_{1,i}(d-d_i)^2 + \mathrm{sum}_j\ w_{2,j}\ (\alpha-\alpha_j) \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet C die Kostenfunktion und d bzw. α stehen für die tatsächliche Entfernung bzw. den tatsächlichen Winkel, an dem sich das Objekt befindet. Die einzelnen Größen d_i bzw. α_j stehen hierbei für die einzelnen Messungen, wobei gemäß dem Index i über alle Entfernungsmessungen und gemäß dem Index j über alle Winkelmessungen summiert wird. Mehrere Winkelmessungen können dabei beispielsweise durch die Verwendung von mehreren Zugangspunkten bzw. durch eine separate Winkelbestimmung für einzelne Frequenzsubträger erhalten werden. Die Gewichte $w_{1,i}$ und $w_{2,j}$ berücksichtigen dabei die Relevanz der einzelnen Fehler und wurden vorab empirisch basierend auf Referenzmessungen bestimmt.

Zur Bestimmung der endgültigen Position p wird das Minimum der Kostenfunktion in Abhängigkeit von 2D-Koordinaten (x, y) bzw. 3D-Koordinaten (x, y, z) ermittelt. Als endgültige Position p ergibt sich somit:

$$p = \mathrm{argmin}_p\ C, \text{ wobei } p = (x,y) \text{ oder } p = (x,y,z) \quad (2)$$

Die oben genannte Kostenfunktion C hat den Nachteil, dass in kartesischen Koordinaten der Fehler in der Winkelbestimmung in Abhängigkeit davon schwankt, ob das mobile Objekt näher oder weiter entfernt vom Zugangspunkt ist. Diese Fehlerschwankung kann durch eine geeignete Definition der Gewichte $w_{1,i}$ bzw. $w_{2,j}$ kompensiert werden. Ein besserer Ansatz ist jedoch die Transformation der Winkel in kartesische Koordinaten, d.h. die Position des mobilen Objekts wird nicht in Polarkoordinaten, sondern in kartesischen Koordinaten in der Kostenfunktion angegeben. In diesem Fall lautet die obige Kostenfunktion C dann wie folgt:

$$C = C(d(x,y),\alpha(x,y)) = \mathrm{sum}_i\ w_i\ (d_i \cos\alpha_i - d\cos\alpha)^2 + \mathrm{sum}_i\ w_i\ (d_i \sin\alpha_i - d\sin\alpha)^2 \quad (3)$$

Hierbei wird mittels i über kombinierte Entfernungs- und Winkelmessungen summiert und die einzelnen Koeffizienten w_i wurden wiederum empirisch durch Referenzmessungen bestimmt.

Für komplexe Umgebungen mit wenigen Sichtverbindungen zwischen Objekt und Zugangspunkt können gegebenenfalls auch Musterabgleich-Verfahren (englisch: Pattern-Matching) eingesetzt werden, bei denen ein Muster in der Form einer Referenzkarte für eine Vielzahl von Punkten im Raum vorgegeben ist. Das Muster enthält für die Vielzahl von Punkten im Raum jeweils die zu erwartenden Eigenschaften des MIMO-Kanals, die zu erwartende Empfangs-Signalstärke RSS sowie die zu erwartende Laufzeit PT, wenn sich das Objekt an dem jeweiligen Punkt im Raum befindet. Für dieses Pattern-Matching-Verfahren kann wiederum eine Kostenfunktion angegeben werden, welche eine gewichtete Summe der Fehler der Messung an den Pattern-Positionen ist. Die Gewichte der Summe hängen dabei von den Varianzen σ^2 der Messungen ab. Die Kostenfunktion kann somit beispielsweise wie folgt lauten:

$$C = \mathrm{sum}_i\ w_{1,i}(RSS_i - RSS^s{}_i)^2 + \mathrm{sum}_i\ w_{2,i}(PT_i - PT^s{}_i)^2 + \mathrm{sum}_i\ w_{3,i}(\alpha_i - \alpha^s{}_i)^2 \qquad (4)$$

Hierbei wird wiederum über die einzelnen Messwerte summiert, wobei RSS_i die gemessene empfangene Signalstärke, PT_i die gemessene Signallaufzeit und α_i den gemessenen Winkel repräsentiert. Die entsprechenden Werte an den Positionen des Musters werden dabei durch die Werte $RSS^s{}_i$, $PT^s{}_i$ und $\alpha^s{}_i$ angedeutet. Die einzelnen Gewichte sind hierbei indirekt proportional zur Standardabweichung σ und die Summe über alle Gewichte ergibt den Wert 1.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat eine Reihe von Vorteilen. Insbesondere besteht die Möglichkeit, nur mit einem einzelnen Zugangspunkt die Position eines mobilen Objekts zu ermitteln, so dass die Infrastruktur des WLAN-Netzes vereinfacht ist. Dies wird dadurch ermöglicht, dass ein MIMO-WLAN-Netz, z.B. gemäß dem Standard IEEE 802.11n, eingesetzt wird, bei dem aus

der Kommunikation zwischen lediglich einem einzelnen Zugangspunkt und einer mobilen Funkeinrichtung mit bekannten DOA-Verfahren die Richtung eines Objekts bestimmt werden kann. Die Verwendung eines einzigen Zugangspunkts zur Positionsbestimmung ermöglicht ein dezentrales Positionierungssystem, bei dem die Lokalisierung nur auf Informationen von diesem Zugangspunkt beruht und entweder im Zugangspunkt oder in der mobilen, auf dem Objekt befindlichen Funkeinrichtung durchgeführt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich jedoch gegebenenfalls auch zur Verwendung mit mehreren Zugangspunkten, wobei in diesem Fall das Lokalisierungsergebnis genauer ist als mit bekannten Verfahren.

Literaturverzeichnis:

[1] IEEE, Working Group 802.11, "IEEE P802.11n™/D1.0 Draft Amendment to STANDARD [FOR] Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and Metropolitan networks-Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Enhancements for Higher Throughput", March 2006

[2] J. Liberti, T.S. Rappaport, "Smart Antennas for Wireless Communications: Is-95 and Third Generation CDMA Applications", Prentice Hall PTR, 1999, S. 253-272

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts mit Hilfe eines MIMO-WLAN-Funknetzes, wobei das Funknetz eine stationäre Funkeinrichtung (1) mit mehreren Antennen (1a, 1b) und eine mobile, auf dem Objekt positionierte Funkeinrichtung (2) mit mehreren Antennen (2a, 2b) umfasst,
bei dem die stationäre und mobile Funkeinrichtung (1, 2) über deren Antennen (1a, 1b, 2a, 2b) auf einem MIMO-Kanal miteinander kommunizieren und bei dem basierend auf einer geschätzten Kanalmatrix und/oder auf Steuervektoren des MIMO-Kanals die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Funknetz auf dem Standard IEEE 802.11n beruht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Funknetz in einem Beamforming-Betriebsmodus betrieben wird, bei dem die von den Antennen (1a, 1b) der stationären Funkeinrichtung (1) auszusendenden Signale zur räumlichen Ausrichtung der Signale hin zur mobilen Funkeinrichtung (2) über die Steuervektoren miteinander kombiniert werden, wobei die Steuervektoren zur Ermittlung der Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) verwendet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem im Beamforming-Betriebsmodus die Steuervektoren von der mobilen Funkeinrichtung (2) berechnet werden und über den MIMO-Kanal an die stationäre Funkeinrichtung (1) übertragen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem in dem Beamforming-Betriebsmodus die Kanalmatrix von der stationären Funkeinrichtung (1) geschätzt wird und daraus die Steuervektoren berechnet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem das Funknetz in einem Antennen-Selektions-Modus betrieben wird,

bei dem die Kanalmatrix in der mobilen Funkeinrichtung (2) abgeschätzt wird und über den MIMO-Kanal an die stationäre Funkeinrichtung (1) übertragen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) durch einen Winkel (α) relativ zu einer vorgegebenen Hauptrichtung (H) der stationären Funkeinrichtung (1) definiert ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) mit einem Delay-and-Sum-Verfahren ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) mit dem MUSIC-Algorithmus oder Weiterentwicklungen des MUSIC-Algorithmus ermittelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) mit dem ESPRIT-Algorithmus oder Weiterentwicklungen des ESPRIT-Algorithmus ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) mit einem Maximum-Likelihood-Verfahren ermittelt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Funknetz ein OFDM-System ist, bei dem zur Kommunikation zwischen der stationären und mobilen Funkeinrichtung (1, 2) mehrere orthogonale Frequenzsubträgern eingesetzt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem für einen oder mehrere der Frequenzsubträger jeweils frequenzabhängige Einzelrichtungen des Objekts relativ zu der stationären Funkein-

richtung (1) bestimmt werden und aus den Einzelrichtungen die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) ermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, bei dem die Signale der Frequenzsubträger in Kanalimpulsantworten transformiert werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem basierend auf der Kanalmatrix und/oder den Steuervektoren der Kanalimpulsantwort mit der kürzesten Zeitverzögerung die Sichtrichtung des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) bestimmt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, bei dem basierend auf den Kanalmatrizen und/oder den Steuervektoren der Kanalimpulsantworten mit Hilfe eines Ray-Tracing-Verfahrens und/oder Dominant-Path-Verfahrens die Position des Objekts im Raum bestimmt wird.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ferner die Entfernung des Objekts zur stationären Funkeinrichtung (1) bestimmt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die Entfernung des Objekts zur stationären Funkeinrichtung (1) mit Hilfe des Funknetzes bestimmt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem die Entfernung des Objekts über die Stärke der von der stationären Funkeinrichtung (1) ausgesendeten Signale an der mobilen Funkeinrichtung (2) und/oder über die Laufzeit der von der stationären Funkeinrichtung (1) ausgesendeten Signale bis zur mobilen Funkeinrichtung (2) ermittelt wird.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest zwei stationäre Funkeinrichtungen (1) vorgesehen sind, wobei für jede der stationären Funkeinrichtungen

(1) die Richtung (R) des Objekts relativ zu der jeweiligen stationären Funkeinrichtung (1) ermittelt wird und daraus die Position des Objekts im Raum bestimmt wird.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem basierend auf wenigstens zwei verschiedenen Messungen zumindest eine Richtung (R) des Objekts relativ zu einer stationären Funkeinrichtung (1) und zumindest eine Entfernung des Objekts von einer stationären Funkeinrichtung (1) ermittelt werden und basierend auf einer Optimierung einer vorgegebene Kostenfunktion die Position des Objekts im Raum bestimmt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, bei dem die Kostenfunktion eine gewichtete Summe vorgegebener Fehler der einzelnen Messungen ist.

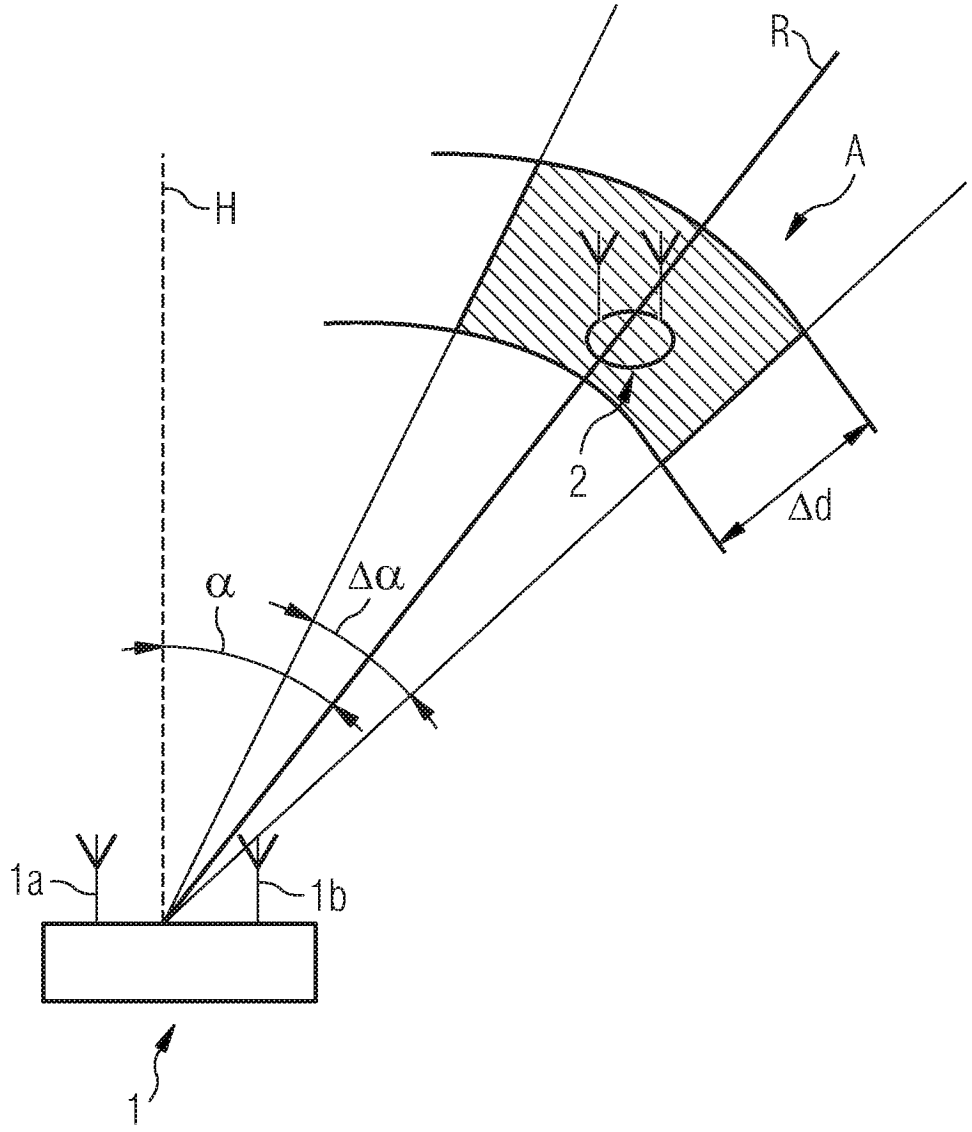
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Position des Objekts im Raum mit einem Pattern-Matching-Verfahren ermittelt wird.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Objekt ein Roboter ist und das Verfahren zur Navigation des Roboters verwendet wird.

25. WLAN-MIMO-Funknetz, umfassend eine stationäre Funkeinrichtung (1) mit mehreren Antennen (1a, 1b) und eine mobile, auf einem Objekt positionierte Funkeinrichtung (2) mit mehreren Antennen (2a, 2b), wobei die stationäre und mobile Funkeinrichtung (1, 2) über deren Antennen (1a, 1b, 2a, 2b) auf einem MIMO-Kanal im Betrieb des Funknetzes miteinander kommunizieren können und ein Mittel zur Bestimmung der Lage des Objekts vorgesehen ist, mit welchem basierend auf einer geschätzten Kanalmatrix und/oder auf Steuervektoren des MIMO-Kanals die Richtung (R) des Objekts relativ zu der stationären Funkeinrichtung (1) ermittelbar ist.

26. Funknetz nach Anspruch 25, welches derart ausgestaltet ist, dass ein Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 24 durchführbar ist.

27. Funkeinrichtung (1) zur Verwendung in einem Funknetz nach Anspruch 25 oder 26, wobei das Mittel zur Bestimmung der Lage des Objekts in der Funkeinrichtung vorgesehen ist.


R
A
H
2
Δd
α
Δα
1a
1b
1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/068214

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S5/04 G01S3/72

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S H04W

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WONG C M ET AL: "Evaluating measurement-based AOA indoor location using WLAN infrastructure" 20TH INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING OF THE SATELLITE DIVISION OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION 2007 ION GNSS 2007 - 20TH INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING OF THE SATELLITE DIVISION OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION 2007, ION GNSS 2007 2007 CURRAN ASSOCIATE, vol. 4, 2007, pages 1139-1145, XP002528097	1,2,7, 11-15, 20,25-27
Y	the whole document	3-6, 8-10, 16-19, 21-24

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 Mai 2009	27/05/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Roost, Joseph

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	802 11 WORKING GROUP: "IEEE 802.11n Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Enhancements for Higher Throughput" IEEE P802.11N/D1.0, XX, XX, 1 March 2006 (2006-03-01), pages 119-125, XP002469313 the whole document	3-6
Y	HEW N ET AL: "Space-time estimation techniques for UTRA system" 20000211, 11 February 2000 (2000-02-11), pages 6/1-6/7, XP006500029 the whole document	8-10
Y	JEFFS B D ET AL: "MIMO wireless multipath ray parameter estimation from channel transfer matrix measurements" 2002 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS. (ICASSP). ORLANDO, FL, MAY 13 - 17, 2002; [IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP)], NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. 3, 13 May 2002 (2002-05-13), pages III-2345, XP010803872 ISBN: 978-0-7803-7402-7 the whole document	16
Y	GOLDEN S A ET AL: "Sensor Measurements for Wi-Fi Location with Emphasis on Time-of-Arrival Ranging" IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 6, no. 10, 1 October 2007 (2007-10-01), pages 1185-1198, XP011191150 ISSN: 1536-1233 the whole document	17-19, 21,22
Y	GUOLIN SUN ET AL: "Signal processing techniques in network-aided positioning" IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 22, no. 4, 1 July 2005 (2005-07-01), pages 12-23, XP011135182 ISSN: 1053-5888 pages 16,17	23

-/--

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/068214

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	ROHRIG C ET AL: "Mobile Robot Localization using WLAN Signal Strengths" INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND ADVANCED COMPUTING SYSTEMS: TECHNOLOGY AND APPLICATIONS, 2007. IDAACS 2007. 4TH IEEE WORKSHOP ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 6 September 2007 (2007-09-06), pages 704-709, XP031243105 ISBN: 978-1-4244-1347-8 the whole document	24
A	WO 2004/081601 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; ROSENFELD JOSI [GB]) 23 September 2004 (2004-09-23) abstract	1,25,27
A	US 2005/179591 A1 (BERTONI HENRY [US] ET AL) 18 August 2005 (2005-08-18) abstract paragraph [0128]	1,16,25, 27
A	US 2004/014499 A1 (HAMALAINEN JYRI [FI] ET AL) 22 January 2004 (2004-01-22) abstract paragraphs [0009], [0048]	1,25,27
A	JI LI ET AL: "Mobile Station Location Estimation for MIMO Communication Systems" WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS, 2006. ISWCS '06. 3RD INTERNATIONA L SYMPOSIUM ON, IEEE, PI, 1 September 2006 (2006-09-01), pages 561-564, XP031152132 ISBN: 978-1-4244-0397-4 the whole document	1-27
A	PAUL T K ET AL: "Wireless LAN Comes of Age: Understanding the IEEE 802.11n Amendment" IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 8, no. 1, 1 January 2008 (2008-01-01), pages 28-54, XP011205239 ISSN: 1531-636X the whole document	1-27

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2008/068214

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004081601 A	23-09-2004	CN 1759326 A	12-04-2006
		EP 1604222 A1	14-12-2005
		JP 2006523397 T	12-10-2006
		KR 20050107787 A	15-11-2005
		US 2007081606 A1	12-04-2007
US 2005179591 A1	18-08-2005	NONE	
US 2004014499 A1	22-01-2004	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/068214

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01S5/04 G01S3/72

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01S H04W

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WONG C M ET AL: "Evaluating measurement-based AOA indoor location using WLAN infrastructure" 20TH INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING OF THE SATELLITE DIVISION OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION 2007 ION GNSS 2007 - 20TH INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING OF THE SATELLITE DIVISION OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION 2007, ION GNSS 2007 2007 CURRAN ASSOCIATE, Bd. 4, 2007, Seiten 1139-1145, XP002528097	1,2,7, 11-15, 20,25-27
Y	das ganze Dokument	3-6, 8-10; 16-19, 21-24

-/--

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

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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. Mai 2009	27/05/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Roost, Joseph

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	802 11 WORKING GROUP: "IEEE 802.11n Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Enhancements for Higher Throughput" IEEE P802.11N/D1.0, XX, XX, 1. März 2006 (2006-03-01), Seiten 119-125, XP002469313 das ganze Dokument	3-6
Y	HEW N ET AL: "Space-time estimation techniques for UTRA system" 20000211, 11. Februar 2000 (2000-02-11), Seiten 6/1-6/7, XP006500029 das ganze Dokument	8-10
Y	JEFFS B D ET AL: "MIMO wireless multipath ray parameter estimation from channel transfer matrix measurements" 2002 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS. (ICASSP). ORLANDO, FL, MAY 13 - 17, 2002; [IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP)], NEW YORK, NY : IEEE, US, Bd. 3, 13. Mai 2002 (2002-05-13), Seiten III-2345, XP010803872 ISBN: 978-0-7803-7402-7 das ganze Dokument	16
Y	GOLDEN S A ET AL: "Sensor Measurements for Wi-Fi Location with Emphasis on Time-of-Arrival Ranging" IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, Bd. 6, Nr. 10, 1. Oktober 2007 (2007-10-01), Seiten 1185-1198, XP011191150 ISSN: 1536-1233 das ganze Dokument	17-19, 21,22
Y	GUOLIN SUN ET AL: "Signal processing techniques in network-aided positioning" IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 22, Nr. 4, 1. Juli 2005 (2005-07-01), Seiten 12-23, XP011135182 ISSN: 1053-5888 Seiten 16,17	23

-/--

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	ROHRIG C ET AL: "Mobile Robot Localization using WLAN Signal Strengths" INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND ADVANCED COMPUTING SYSTEMS: TECHNOLOGY AND APPLICATIONS, 2007. IDAACS 2007. 4TH IEEE WORKSHOP ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 6. September 2007 (2007-09-06), Seiten 704-709, XP031243105 ISBN: 978-1-4244-1347-8 das ganze Dokument	24
A	WO 2004/081601 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; ROSENFELD JOSI [GB]) 23. September 2004 (2004-09-23) Zusammenfassung	1,25,27
A	US 2005/179591 A1 (BERTONI HENRY [US] ET AL) 18. August 2005 (2005-08-18) Zusammenfassung Absatz [0128]	1,16,25, 27
A	US 2004/014499 A1 (HAMALAINEN JYRI [FI] ET AL) 22. Januar 2004 (2004-01-22) Zusammenfassung Absätze [0009], [0048]	1,25,27
A	JI LI ET AL: "Mobile Station Location Estimation for MIMO Communication Systems" WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS, 2006. ISWCS '06. 3RD INTERNATIONA L SYMPOSIUM ON, IEEE, PI, 1. September 2006 (2006-09-01), Seiten 561-564, XP031152132 ISBN: 978-1-4244-0397-4 das ganze Dokument	1-27
A	PAUL T K ET AL: "Wireless LAN Comes of Age: Understanding the IEEE 802.11n Amendment" IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 8, Nr. 1, 1. Januar 2008 (2008-01-01), Seiten 28-54, XP011205239 ISSN: 1531-636X das ganze Dokument	1-27

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/068214

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004081601 A	23-09-2004	CN 1759326 A	12-04-2006
		EP 1604222 A1	14-12-2005
		JP 2006523397 T	12-10-2006
		KR 20050107787 A	15-11-2005
		US 2007081606 A1	12-04-2007
US 2005179591 A1	18-08-2005	KEINE	
US 2004014499 A1	22-01-2004	KEINE	