



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 214 190.1**

(22) Anmeldetag: **09.08.2012**

(43) Offenlegungstag: **13.02.2014**

(51) Int Cl.: **G01S 5/02 (2010.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Convergence Creators GmbH, Wien, AT

(74) Vertreter:
**Maier, Daniel Oliver, Dipl.-Ing. Univ., 81739,
München, DE**

(72) Erfinder:
**Slanina, Peter, Judenau, AT; Bublin, Mugdim,
Wien, AT**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2007 037 723 A1
EP 0 930 514 A2
WO 2005/ 032 202 A1

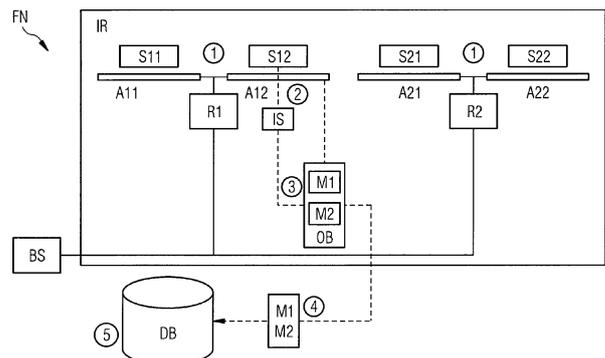
**Di Flora, Cristiano, et al., Indoor and outdoor
location based services for portable wireless
devices. In: Distributed Computing Systems
Workshops, 2005. 25th IEEE International
Conference on. IEEE, 2005. S. 244-250.**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Positionsbestimmung eines bewegten Objektes in einer Innenraumumgebung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Positionsbestimmung eines bewegten Objektes (OB) in einer Innenraumumgebung (IR) wie z.B. einem Tunnel oder einem Gebäudekomplex mit Hilfe eines Funknetzes (FN). Eine Funknetzversorgung wird dabei über Verteilereinheiten (R1, R2) wie z.B. Regeneratoren oder Repeater oder so genannte Leistungsteiler oder Power-Splitter sowie über Antenneneinheiten (A11, A12, A21, A22) (z.B. Indoor-Antennen, Leckwellenleiter, Schlitzkabel, etc.) zur Verfügung gestellt. Dabei wird jeder Verteilereinheit (R1, R2) zumindest eine Antenneneinheit (A11, A12, A21, A22) zugeordnet. Weiterhin wird jeder Verteilereinheit (R1, R2) zumindest eine Signalquelle (S11, S12, S21, S22) zugeordnet (1). Von dieser Signalquelle (S11, S12, S21, S22) wird dann ein Identifikationssignal (IS) ausgesendet (2). Von einem mobilen Endgerät eines bewegten Objektes (OB) wird dann ein erste funktzspezifischer Messwert (M1) und eine zweite für die Signalquelle (S11, S12, S21, S22) spezifischer Messwert (M2) ermittelt (3) und dann aus einer Kombination dieser beiden Messwerte (M1, M2) mit dem Identifikationssignal (IS) der Signalquelle (S11, S12, S21, S22) eine Position des bewegten Objektes (OB) abgeleitet (4). Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es auf einfache Weise möglich, Positionen von bewegten Objekten (OB) in einer Innenraumumgebung (IR) wie z.B. einem Tunnel, einem Gebäude oder Gebäudekorridor, etc. mit hoher Genauigkeit zu bestimmen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Funkkommunikation. Im Speziellen bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Positionsbestimmung eines bewegten Objektes in einer Innenraumumgebung, insbesondere in einem Tunnel oder in einem Gebäude, mit Hilfe eines Funknetzes. Dabei wird die Funknetzversorgung über Verteilereinheiten wie z.B. so genannte Regeneratoren oder Repeater und über Antenneneinheiten (z.B. Indoor-Antennen, Leckwellenleiter, etc.) zur Verfügung gestellt, wobei von jeder Verteilereinheit zumindest eine Antenneneinheit gespeist wird, um die Innenraumumgebung mit einer entsprechenden Funknetzabdeckung zu versorgen.

Stand der Technik

[0002] Durch eine flächendeckende Verfügbarkeit von digitalen Übertragungs- bzw. Funktechnologien ist der Markt für Anwendungen, für welche die Funktechnologien genutzt werden, stark angewachsen. Eine Anwendungsmöglichkeit sind so genannte ortsbezogene Dienste oder Location based Services, bei welchen beispielsweise eine aktuelle Position eines Nutzers anhand einer Position eines mobilen Endgeräts (z.B. Mobiltelefon, Smartphone, TablePC, Notebook, Pager, TETRA-Meldeempfänger, etc.) des Nutzers bestimmt wird, um z.B. den Nutzer mit standortrelevanten Informationen zu versorgen oder um z.B. den Nutzer insbesondere im Notfall ausfindig zu machen. Aus diesem Grund wird die Bedeutung einer effizienten und genauen Lokalisierung von mobilen Endgeräten bzw. deren Nutzern immer wichtiger. Aus diesem Grund sind insbesondere Positionierungs- und Lokalisierungssysteme auf Basis von Funknetzen in den letzten Jahren immer populärer geworden.

[0003] Bei so genannten ortsbezogenen Anwendungen werden unter Zuhilfenahme von aktuellen Positionsdaten eines Nutzers diesem Nutzer z.B. standortbezogene Daten gegebenenfalls proaktiv (d.h. beispielsweise beim Betreten einer bestimmten Zone) zur Verfügung gestellt oder die aktuellen Positionsdaten des Nutzers bzw. seines Endgerätes zur Verfolgung von Bewegungen wie z.B. bei Leitsystem-Anwendungen oder Notfalldiensten genutzt. Zur Positionsbestimmung können dabei üblicherweise die an der jeweiligen Position verfügbaren Funknetze wie z.B. Wireless LAN, UMTS, GPRS, GSM, digitale Bündelfunknetze, etc. genutzt werden.

[0004] Insbesondere in komplexen Innenraumbereichen wie z.B. komplexen Gebäudestrukturen, Korridoren und vor allem im Bereich von Tunneln (z.B. Autotunnel, Bahntunnel, U-Bahn, etc.) stellt eine Ent-

wicklung von entsprechend geeigneten Positionermittlungsverfahren auf Basis von Funktechnologie eine Herausforderung dar. In derartigen Innenraumbereichen kann eine Positionsbestimmung eines bewegten Objektes (Nutzer bzw. mobilen Endgeräts) beispielsweise aufgrund einer speziellen Versorgung mit einer entsprechenden Funknetzabdeckung erheblich erschwert oder unmöglich sein.

[0005] Eine Versorgung von komplexen Innenraumumgebungen, insbesondere langgestreckten Gebäudeeinheiten (z.B. Korridoren, etc.) und Tunneln, mit einem Funknetz (z.B. WirelessLAN, GSM, UMTS, digitalem Bündelfunk, GSM-R, etc.) erfolgt üblicherweise über Verteilereinheiten wie z.B. so genannten Repeater bzw. Regeneratoren bzw. über Leistungsteiler (z.B. Power-Splitter oder Antennensplitter) und über den Verteilereinheiten zugeordneten bzw. mit diesen verbundenen Antenneneinheiten wie z.B. Schlitzkabel bzw. Leckwellenleiter oder Innenraum-Antennen. Die Verteilereinheiten, welche z.B. bei einem Tunnel in größeren Abständen (z.B. einige 100 m bis zu einigen Kilometern) angebracht sind, sind beispielsweise über eine Leitung, insbesondere Glasfaserleitung, mit einem Zugangsknoten (z.B. Basisstation, Access-Point, etc.) des Funknetzes verbunden. Zu entsprechender Versorgung mit dem Funknetz jener Bereich zwischen den Verteilereinheiten sind mit den Verteilereinheiten verbundene Antenneneinheiten vorgesehen. Jeder Verteilereinheit ist dabei zumindest eine Antenneneinheit zugeordnet, von welcher der Bereich bis zur nächsten Verteilereinheit abgedeckt wird. Im Tunnelbereich sind beispielsweise für eine Abdeckung mit GSM, UMTS, GSM-R, digitalem Bündelfunk, insbesondere TETRA, etc. bei jedem Repeater zwei Antenneneinheiten vorgesehen. Repeater oder Regeneratoren sind dabei Signalverstärker oder – aufbereiter, durch welche eine Reichweite eines Signals vergrößert wird. Sie werden in der Funktechnologie, insbesondere im Mobilfunkbereich, als Relaisstation verwendet, um abgeschattete Gebiete (z.B. Gebäude, Tunnel, U-Bahnbereich, etc.) mit einem Funknetz zu versorgen.

[0006] Als Antenneneinheiten können je nach Funknetz und Anwendung (z.B. Gebäudeeinheit, Korridor, Tunnel, etc.) Innenraumantennen oder so genannte Schlitz- bzw. Leckkabel verwendet werden. Im Bereich der Funknetzversorgung eines Tunnels werden z.B. als Antenneneinheiten Schlitz- bzw. Leckkabel eingesetzt. Schlitz- bzw. Leckkabel sind elektrische Leckwellenleiter, welche beispielsweise als langgestreckte Antennen für Funknetzsignale (z.B. WirelessLAN, GSM, UMTS, etc.) verwendet werden. Schlitzkabel sind üblicherweise Koaxialkabel, welche kleine Schlitze oder Öffnungen in einem Außenleiter aufweisen und von welchen dadurch Hochfrequenzsignale über die gesamte Kabellänge abgestrahlt und/oder aufgenommen werden können. Damit können lange Innenraumumgebungen wie z.B.

Korridore, Tunnel mit Funknetz-Anwendungen versorgt werden.

[0007] Für eine Positionsbestimmung eines mobilen Endgeräts bzw. eines bewegten Objektes auf Basis des Funknetzes in derartig versorgten Innenraumumgebungen können bekannte Verfahren zur Positionsbestimmung wie z.B. Funkzellenerkennung über Basisstations- bzw. Zugangsknotenidentifikation oder Triangulation kaum genutzt werden. Die Verteilereinheiten und Antenneneinheiten zur Funknetzversorgung in derartigen Innenraumumgebungen sind üblicherweise nur über eine Basisstation bzw. einen Zugangsknoten mit dem Funknetz verbunden. Daher würden von derartigen Positionierungsverfahren eine sehr ungenau Positionsinformation zu Verfügung gestellt werden. Über ein Positionsbestimmungsverfahren könnte auf diese Weise nur festgestellt werden, dass sich das bewegte Objekt bzw. der Nutzer des mobilen Endgeräts in einer bestimmten Innenraumumgebung (z.B. Tunnel, etc.) befindet.

[0008] Eine weitere Methode, um eine Positionsbestimmung durchzuführen, ist beispielsweise ein Einsatz eines so genannten Global Navigation Satellite System (GNSS) wie z.B. des so genannten Global Positioning System (GPS). Für eine Positionierung wird dabei allerdings eine entsprechende Soft- und/oder Hardware im jeweiligen mobilen Endgerät vorausgesetzt, durch welche dann vom mobilen Endgerät eine aktuelle Position bestimmt und an das jeweilige Funknetz weitergeleitet wird. Die Position wird dabei z.B. mithilfe eines beliebigen satellitengestützten Systems zur Positionsbestimmung bestimmt. Eine Sonderform ist das so genannte Assisted GNSS oder bei Verwendung von GPS das so genannte Assisted GPS, bei welchem die zur Positionsbestimmung notwendigen Hilfsdaten vom Funknetz zur Verfügung gestellt werden. Allerdings weist eine Positionsbestimmung mittels GNSS vor allem bei komplexen Innenraumbereichen erhebliche Nachteile auf, da es aufgrund einer schlechten Abdeckung durch Satellitensignale bzw. durch keine Verfügbarkeit der Satellitensignale z.B. in Tunneln zu großen Ungenauigkeiten bei der Positionsbestimmung kommen kann.

[0009] Für eine Versorgung mit einem GNSS in einer Innenraumumgebung (z.B. Gebäude, Tunnel, etc.) besteht zwar die Möglichkeit eines Einsatzes von so genannten GNSS-Repeater, von welchen das Satellitensignal zur Positionsbestimmung mittels einer Antenne in einem Außenbereich empfangen und dann an eine Innenraumantenne weitergeleitet sowie von dieser abgestrahlt wird. Diese GNSS-Repeater sind allerdings nicht in jedem Bereich für einen Einsatz zugelassen oder dürfen in manchen Ländern nicht verwendet werden. Weiterhin weißt die Verwendung von GNSS-Repeater zur Positionsbestimmung in Innenraumumgebungen den Nachteil auf, dass es zu großen Ungenauigkeit oder zu Fehler bei der Positions-

bestimmung aufgrund von Laufzeiten bzw. einer Signalausbreitung in einem Kabel (z.B. zwischen Außenbereichs- und Innenbereichsantenne) kommen kann.

[0010] Weiterhin gibt es die Möglichkeit für eine Positionsbestimmung eines bewegten Objektes in einem Funknetz – auch für Innenraumumgebungen das so genannte Radio Frequency (RF) Fingerprinting heranzuziehen. Beim so genannten RF-Fingerprinting werden ortsabhängige, charakteristische Wertekombinationen des Funknetzes (z.B. Feldstärkewerte, empfangene Signalstärke (RSS), empfangener Signalstärke-Indikator (RSSI), etc.) herangezogen, um daraus eine Position eines bewegten Objektes bzw. des zugehörigen mobilen Endgeräts abzuleiten. Dazu werden beispielsweise in einer Datenbank die charakteristischen Wertekombinationen – die so genannten Fingerprints – einer Umgebung gesammelt und dann mit von einem mobilen Endgerät eines Objektes bzw. Nutzers festgestellten Werten verglichen.

[0011] Bei einer Positionsbestimmung in Innenraumbereichen (z.B. komplexen Gebäude, Korridore, Tunnel, etc.), in welchen eine Funknetzversorgung mittels Verteilereinheiten wie z.B. Repeatern und Antenneneinheiten wie z.B. Schlitz- oder Leckkabeln erzielt wird, kann eine Positionsbestimmung mittels RF Fingerprinting allerdings zu großen Ungenauigkeiten und/oder Fehlern führen. Die für die Positionierung häufig genutzt Signalfeldstärke bzw. die RSSI wird entlang der Antenneneinheit abgedämpft, d.h. die RSSI nimmt mit der Länge der Antenneneinheit bzw. des Schlitz- oder Leckkabels ab und definiert damit eine maximale Länge der Antenneneinheit, welche über eine Verteilereinheit bzw. einen Repeater genutzt werden. So weisen beispielsweise gute Schlitzkabel eine Dämpfung von ca. 1 bis 3 Dezibel pro 100 Meter auf. Allerdings liegt die Genauigkeit für eine RSSI-Messung im gleichen Bereich, wodurch eine Genauigkeit einer Positionsbestimmung z.B. nicht genauer als 100 Meter sein kann.

[0012] Bei längeren Gebäudeeinheiten oder Tunneln werden wegen der Dämpfung der RSSI bzw. Signalfeldstärke mehrere Verteilereinheiten mit jeweils einem oder häufig auch mit zwei zugeordneten Antenneneinheiten bzw. Schlitz- oder Leckwellenleitern verwendet. Die Verteilereinheiten werden beispielsweise über Glasfaserkabel versorgt und es wird von den Verteilereinheiten eine charakteristische Ausbreitung des RSSI in einem Bereich der jeweiligen Verteilereinheit wiederholt bzw. weitergeleitet. Damit ergibt sich beispielsweise ein resultierender RSSI in Form einer Sägezahnkurve, welcher für jede RSSI-Messung zu mehreren abgeleiteten Positionen im Innenraumbereich führen kann. Eine eindeutige und genaue Positionsbestimmung ist daher nicht mehr möglich.

[0013] Aus der Schrift DE 10 2007 037 723 A1 ist ein Verfahren zur Positionsbestimmung von mobilen Endgeräten bekannt, welche mit einem Leckwellenleiter – also einem Schlitz- oder Leckkabel – in einem so genannten Up- oder Downlinkverfahren betrieben werden kann. Dabei werden Pegel von Signalen vom bzw. zum mobilen Endgerät gemessen und anhand dieser Pegelwerte eine Position des mobilen Endgeräts im Bezug auf den Leckwellenleiter bestimmt. Das in der Schrift DE 10 2007 037 723 A1 offenbarte Verfahren weist allerdings den Nachteil auf, dass eine Position nur im Bezug zum Leckwellenleiter ermittelt werden kann. Werden in einer Innenraumumgebung wie z.B. einem Tunnel Verteilereinheiten mit zugeordneten Leckwellenleitern eingesetzt, so kann die Position des mobilen Endgeräts nicht mehr eindeutig bestimmt werden, da nicht bekannt ist, welcher Leckwellenleiter als Bezug für die Position verwendet worden ist.

Darstellung der Erfindung

[0014] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Positionsbestimmung eines bewegten Objektes in einer Innenraumumgebung, bei welchem auf einfache Weise eine relativ genaue und eindeutige Bestimmung einer Position eines bewegten Objektes mit Hilfe eines in einer Innenraumumgebung verfügbaren Funknetzes ermittelt werden kann.

[0015] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt, durch ein Verfahren der eingangs angegebenen Art, bei welchem jeder Verteilereinheit zumindest eine Signalquelle zugeordnet wird. Von dieser Signalquelle wird dann ein Identifikationssignal ausgesendet. Von einem mobilen Endgerät eines bewegten Objektes wird dann ein erste funknetzspezifischer Messwert und eine zweite für die Signalquelle spezifischer Messwert ermittelt und dann aus einer Kombination dieser beiden Messwerte mit dem Identifikationssignal der Signalquelle eine Position des bewegten Objektes abgeleitet.

[0016] Der Hauptaspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass durch die Kombination eines ersten funknetzspezifischen Messwerts und eines zweiten für die Signalquelle spezifischen Messwerts sowie durch das Identifikationssignal der Signalquelle selbst eine Position des bewegten Objektes bzw. des zugehörigen mobilen Endgeräts auf einfache Weise sehr genau in einer Innenraumumgebung (z.B. Tunnel, Gebäude, etc.) bestimmt werden kann. Aus den beiden Messwerten kann sowohl eine Position im Bezug auf die jeweilige Antenneneinheit als auch – insbesondere durch das Identifikationssignal der Signalquelle – eine Sektion der Innenraumumgebung im Bezug auf die jeweilige Verteilereinheit abgeleitet werden.

[0017] Vom erfindungsgemäßen Verfahren werden dabei die Charakteristika eines Abklingens (Fading) von Signale bzw. Signalfeldstärken bei einer Ausbreitung in Innenraumumgebungen wie z.B. Tunneln, etc. genutzt, welche sich durch eine Mehrwegeausbreitung ergeben. Da beispielsweise eine Signalstärke eines Funknetzes z.B. für Sprach- und/oder Datenübertragung wesentlich höher als eine Signalstärke der Signalquelle bzw. des Identifikationssignals sein muss, weisen die beiden Signalstärken ein unterschiedliches Abklingen auf. So fällt beispielsweise das Identifikationssignal der Signalquelle rascher ab als das Signal des Funknetzes, welches über Verteilereinheit und zugehörige Antenneneinheit verbreitet wird. Durch entsprechende Messung dieser Werte als erster bzw. zweiter Messwert kann ein Messwertepaar ermittelt werden, aus welchem eine Position sehr genau und eindeutig ableitbar ist.

[0018] Es ist vorteilhaft, wenn mittels des Identifikationssignals der jeweiligen Signalquelle die jeweils zugehörige Verteilereinheit und/oder eine der jeweiligen zugehörigen Verteilereinheit zugeordnete Sektion ermittelt werden. Auf diese Weise kann auf Basis des Identifikationssignals (z.B. Dateninhalt) auf einfache und rasche Weise eine Verteilereinheit bzw. bei mehr als einer Antenneneinheit je Verteilereinheit eine Sektion der Verteilereinheit ermittelt werden, von welcher eine Funknetzversorgung zur Verfügung gestellt wird. Dadurch wird der Bereich für die Positionsbestimmung des bewegten Objektes auf einen definierbaren Bereich der Innenraumumgebung eingeschränkt und eine aus der Kombination der beiden Messwerte abgeleitete Position des bewegten Objektes besser bestimmt werden.

[0019] Es ist weiterhin günstig, wenn die gemessenen Messwertkombinationen – bestehend aus dem ersten funknetzspezifischen Messwert, dem zweiten für die Signalquelle spezifischen Messwert und gegebenenfalls dem Identifikationssignal – über mobile Endgeräte, welche den bewegten Objekten zugeordnet sind, gesammelt und an eine zentrale Datenbank zur Speicherung weitergeleitet werden. Dadurch kann auf einfache Weise eine Erfolgsrate der Positionsbestimmung erhöht und die Positionsbestimmung im weiteren Verlauf genauer und verbessert durchgeführt werden. Gemessene Messwertkombinationen können mit in der Datenbank abgelegte Werten, die auch erfolgreich ermittelte Positionsangaben umfassen können, verglichen werden und rascher zu einer korrekten Bestimmung der Position eines bewegten Objektes im jeweiligen Innenraumbereich führen.

[0020] Es ist auch zweckmäßig, wenn zum Aussenden des Identifikationssignals der Signalquelle ein gleiches oder höherfrequentes Frequenzband wie vom Funknetz genutzt wird. Bei einem Einsatz eines höherfrequenten Identifikationssignals wird das Iden-

tifikationssignal stärker gedämpft als die Signale des Funknetzes. Dadurch wird die Genauigkeit für die Positionsbestimmung zusätzlich erhöht. Werden Signale im gleichen Frequenzband genutzt, so kann das Identifikationssignal z.B. über eigene Antennen ausgesendet werden, welche eine andere Ausbreitung aufweisen als die Antenneneinheiten des Funknetzes. Damit kann ebenfalls bei gleicher Frequenz von Identifikationssignal und Funknetz eine sehr genaue Positionsbestimmung durchgeführt werden.

[0021] Es empfiehlt sich bei einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass als erster funknetzspezifischer Messwert und/oder als zweiter für die Signalquelle spezifischer Messwert jeweils eine Empfangsfeldstärke, insbesondere eine so genannte Received Signal Strength Indication (RSSI) gemessen werden. Die so genannte Received Signal Strength Indication (RSSI) stellt einen Indikator für die Empfangsfeldstärke in einem Funknetz wie z.B. WirelessLAN, GSM, UMTS, CDMA, digitalem Bündelfunknetz, etc. dar. Dieser Indikator wird von einem mobilen Endgerät benötigt, um einen für eine Kommunikation in einem Funknetz brauchbaren Kanal zu finden. Die RSSI weist auch bei Verwendung von Verteilereinheiten und zugehörigen Antenneneinheiten, insbesondere Schlitz- oder Leckkabel – positionsspezifische Werte auf. Zusätzlich wird beim erfindungsgemäßen Verfahren auch die RSSI der Signalquelle gemessen, welche aufgrund einer unterschiedlichen Ausbreitungs- und Dämpfungscharakteristik ebenfalls positionsspezifisch ist. Durch die Kombination der beiden gemessenen RSSI-Werte kann dann sehr einfach eine Position in der Innenraumumgebung abgeleitet werden. Zusätzlich kann das Identifikationssignal selbst noch zur Bestimmung der jeweiligen Verteilereinheit bzw. einer entsprechend zugehörigen Sektion in der Innenraumumgebung genutzt werden.

[0022] Alternativ kann es auch zweckmäßig sein, als ersten funknetzspezifischen Messwert und/oder als zweiten für die Signalquelle spezifischen Messwert eine Bit- oder Blockfehlerrate zu messen. Bit- und Blockfehlerrate sind Qualitätsmerkmale für eine Übertragung auf einer digitalen Übertragungsstrecke. Die Bitfehlerrate ist beispielsweise ein Verhältnis fehlerhaft empfangener Bits und der Anzahl im gleichen Zeitintervall empfangener Bits. Auch diese Werte können positionsabhängige Ausprägungen aufweisen und damit insbesondere in Funknetzen mit digitaler Übertragung sehr einfach zum Abschätzen von möglichen Positionen herangezogen werden.

[0023] Die jeweilige Signalquelle kann idealer Weise in die jeweilige Verteilereinheit integriert sein. Dadurch können die jeweiligen Signalquellen sehr einfach bereits beim Aufbau der Funkversorgung in einem Innenraumbereich ohne zusätzlichen Aufwand angebracht werden und sind eindeutig, einer Vertei-

lereinheit zugeordnet. Weiterhin ist es dadurch möglich, das Identifikationssignal sehr einfach z.B. über die Antenneneinheit der Funknetzversorgung zu verbreiten.

[0024] Zum Aussenden des Identifikationssignals der jeweiligen Signalquelle kann idealer Weise auch eine andere Antenneneinheit als für Signalaussendungen vom Funknetz genutzt werden. Dies bietet den Vorteil, dass für das Identifikationssignal beispielsweise das gleiche Frequenzband wie das Frequenzband des Funknetzes genutzt werden kann. Durch die andere Antenneneinheit bzw. eigene Antenne der Signalquelle kann die unterschiedliche Funkausbreitung von Identifikationssignal und Signalen des Funknetzes für die Positionsbestimmung genutzt werden.

[0025] Als Verteilereinheiten können dabei zweckmäßiger Weise so genannte Repeater oder Regeneratoren eingesetzt werden. Repeater oder Regeneratoren sind dabei Signalverstärker oder – aufbereiter, durch welche eine Reichweite eines Signals vergrößert wird. Üblicherweise erfolgt eine Anbindung an z.B. eine Basisstation oder einen Zugangsknoten des Funknetzes über eine Leitung wie z.B. Glasfaserkabel. In der Funktechnologie, insbesondere im Mobilfunkbereich, werden Repeater bzw. Regeneratoren als Relaisstationen verwendet, um abgeschattete Gebiete (z.B. Gebäude, Tunnel, U-Bahnbereich, etc.) mit einem Funknetz zu versorgen.

[0026] Es ist aber auch möglich als Verteilereinheiten für eine Funknetzversorgung passive Komponenten wie z.B. Leistungsteiler bzw. so genannte Power-Splitter zu verwenden. Diese Komponenten können z.B. dazu eingesetzt werden, um ein so genanntes passives verteiltes Antennen-System aufzubauen. Ein derartiges Antennen-System besteht aus räumlich getrennten Antennenknoten, welche über ein Transportmedium mit einer gemeinsamen Quelle (z.B. Zugangspunkt zu einem Funknetz) verbunden sind. Über ein derartiges Antennen-System können beispielsweise ein funkbasierte Dienste bzw. eine Funknetzversorgung in einem bestimmten Gebiet oder Bereich zur Verfügung gestellt werden. Derartige Antennen-Systeme werden beispielsweise bei so genannten WiFi-Netzen in Innenraumumgebungen genutzt.

[0027] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung können als Antenneneinheiten so genannte Schlitzkabel oder Leckwellenleiter verwendet werden. Weiterhin können als Antenneneinheiten auch Indoor-Antennen eingesetzt werden, wobei diese insbesondere bei Funknetzen wie z.B. WirelessLAN zum Einsatz kommen. Durch die Verwendung von verschiedenen Antenneneinheiten für das erfindungsgemäße Verfahren kann das erfindungsgemäße Verfahren sehr einfach für eine genaue Positio-

nierung bei verschiedenen in Innenraumumgebungen eingesetzten und verfügbaren Funknetzen (z.B. GSM, UMTS, digitaler Bündelfunk, GSM-R, Wireless-LAN, etc.) verwendet werden.

[0028] So werden z.B. für eine Funknetzversorgung mit digitalem Bündelfunk oder GSM-R in einem Tunnel oder für eine Funknetzversorgung im U-Bahnbereich mit GSM, etc. beispielsweise so genannte Schlitz- oder Leckkabel verwendet. Schlitz- bzw. Leckkabel sind elektrische Leckwellenleiter, welche beispielsweise als langgestreckte Antennen für Funknetzsignale (z.B. WirelessLAN, GSM, UMTS, digitalen Bündelfunk, etc.) verwendet werden. Schlitzkabel sind üblicherweise Koaxialkabel, welche kleine Schlitz- oder Öffnungen in einem Außenleiter aufweisen und von welchen dadurch Hochfrequenzsignale über die gesamte Kabellänge abgestrahlt und/oder aufgenommen werden können. Schlitz- oder Leckkabel kommen beispielsweise auch in Gebäuden oder Gebäudeeinheiten wie z.B. Korridoren, etc. für eine Funknetzversorgung mit z.B. WirelessLAN zum Einsatz. In diesem Fall können aber z.B. auch Innenraum-Antennen verwendet werden.

[0029] Zweckmäßiger Weise wird von der Signalquelle zum Aussenden des Identifikationssignals eine Funknetzstandard in Abhängigkeit vom jeweiligen Funknetzstandard des eingesetzten Funknetzes genutzt. Als Funknetz für eine Innenraumumgebung können vorteilhafter Weise Funknetze auf Basis von digitalem Bündelfunk wie z.B. TETRA, auf Basis von Global System for Mobile Communications-Rail (GSM-R) oder WirelessLAN und/oder Bluetooth eingesetzt werden. Damit ergibt sich idealer Weise für die Signalquelle eine Verwendung von Funknetzstandard wie digitaler Bündelfunk (z.B. TETRA) ISM und/oder DECT beispielsweise bei einem digitalen Bündelfunk-Funknetz oder GSM bei z.B. einem GSM-R-Funknetz. Damit kann das erfindungsgemäße Verfahren sehr einfach und ohne großen Aufwand für eine genaue und eindeutige Positionsbestimmung und darauf basierende ortsbezogene Dienste in verschiedenen Funknetzen genutzt werden, welche auf unterschiedlichen Standards basieren.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend schematisch in beispielhafter Weise anhand der beigefügten Figur erläutert. **Fig. 1** zeigt dabei schematisch und beispielhaft einen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Positionsbestimmung eines bewegten Objektes in einer Innenraumumgebung mit Hilfe eines Funknetzes.

Ausführung der Erfindung

[0031] **Fig. 1** zeigt in schematischer Weise eine beispielhafte Innenraumumgebung IR. Diese Innenraum-

umgebung IR kann z.B. ein Gebäude, ein langgestreckter Gebäudeteil wie z.B. ein Korridor oder eine Fabrikhalle oder ein Tunnel sein. Die Innenraumumgebung wird über einen Zugangsknoten BS (z.B. eine Basisstation oder einen Accesspoint) mit einem Funknetz FN versorgt. Das Funknetz FN kann beispielsweise ein Funknetz FN auf Basis von digitalem Bündelfunk (z.B. TETRA), GSM-R, GSM, UMTS oder WirelessLAN sein.

[0032] Für eine Funknetzversorgung der Innenraumumgebung sind an den Zugangsknoten BS beispielsweise über eine Leitung oder ein Glasfaserkabel Verteilereinheiten R1, R2 angebunden. Als Verteilereinheiten R1, R2 können beispielsweise so genannte Repeater bzw. Regeneratoren oder Innenraum-Antennen eingesetzt werden, von welchen Signale des Funknetzes FN in der Innenraumumgebung IR verstärkt werden. Für eine entsprechende Funknetzabdeckung der Innenraumumgebung IR ist weiterhin jeder Verteilereinheit R1, R2 zumindest eine Antenneneinheit A11, A12, A21, A22 zugeordnet. Diese Antenneneinheiten A11, A12, A21, A22 können z.B. als Schlitz- oder Leckkabel ausgeführt sein. Dabei können beispielsweise wie in **Fig. 1** dargestellt jeder Verteilereinheit R1, R2 jeweils zwei Antenneneinheiten A11, A12, A21, A22 zugeordnet sein, von welchen dann zur jeweiligen Verteilereinheit R1, R2 zugehörige Sektionen der Innenraumumgebung IR mit dem Funknetz FN abgedeckt werden. Alternativ können die Verteilereinheiten R1, R2 auch als so genannte Power-Splitter oder Leistungsteiler bzw. die Antenneneinheiten A11, A12, A21, A22 als Innenraum-Antennen oder Indoorantennen ausgeführt werden.

[0033] In **Fig. 1** sind beispielsweise einer ersten Verteilereinheit R1 eine erste Antenneneinheit A11 und eine zweite Antenneneinheit A12 zugeteilt, welche von der ersten Verteilereinheit R1 gespeist werden. Die zweite Verteilereinheit R2 ist mit einer dritten und einer vierten Antenneneinheit A21, A22 verbunden und diese Antenneneinheiten A21, A22 werden von der zweiten Verteilereinheit R2 versorgt. Über die Verteilereinheiten R1, R2 und die Antenneneinheiten A11, A12, A21, A22 wird dann ein bewegtes Objekt OB bzw. das zum bewegten Objekt OB gehörende mobile Endgerät in der Innenraumumgebung IR mit einer Anbindung zum Funknetz FN versorgt.

[0034] Für eine Positionsbestimmung werden in einem ersten Verfahrensschritt **1** jeder Verteilereinheit R1, R2 zumindest eine Signalquelle S11, S12, S21, S22 zugeordnet. Bei der in **Fig. 1** beispielhaft dargestellten Ausprägung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind beispielsweise jeder Verteilereinheit R1, R2 je Antenneneinheit A11, A12, A21, A22 eine Signalquelle S11, S12, S21, S22 – d.h. jeweils zwei Signalquellen S11, S12, S21, S22 – zugeordnet. Der ersten Verteilereinheit R1 sind eine erste Signalquelle

S11 und eine zweite Signalquelle S12 zugewiesen. Bei der zweiten Verteilereinheit R2 sind eine dritte und eine vierte Signalquelle S21, S22 zugeordnet, sodass jede von den Verteilereinheiten R1, R2 versorgte Sektion eine eigene Signalquelle S11, S12, S21, S22 aufweist. Die Signalquellen S11, S12, S21, S22 können dabei auch in die jeweilige Verteilereinheit R1, R2 integriert oder als eigene Einheit ausgeführt werden.

[0035] In einem zweiten Verfahrensschritt **2** wird von den Signalquellen S11, S12, S21, S22 jeweils ein Identifikationssignal IS ausgesendet. Der Einfachheit halber ist dieses Identifikationssignal IS nur bei der zweiten Signalquelle S12 eingezeichnet, da sich das beispielhafte bewegte Objekt OB, von welchem eine Position in der Innenraumumgebung IR bestimmt werden soll, in der entsprechenden zugehörigen Sektion der ersten Verteilereinheit R1 befindet. Für eine Positionsbestimmung werden allerdings laufend von allen Signalquellen S11, S12, S21, S22 entsprechende, eindeutige Identifikationssignale IS ausgesendet.

[0036] Ein Versand des Identifikationssignals IS kann beispielsweise über eine eigene Antenneneinheit der jeweiligen Signalquelle S11, S12, S21, S22 erfolgen. Es ist aber auch möglich, dass von der Signalquelle S11, S12, S21, S22 die entsprechende Antenneneinheit A11, A12, A21, A22, welche für eine Signalausendung des Funknetzes FN verwendet wird, auch für den Versand des Identifikationssignals IS genutzt wird. So kann beispielsweise das in **Fig. 1** dargestellte Identifikationssignal IS der zweiten Signalquelle S12 über eine eigene Antenne der zweiten Signalquelle S12 ausgesandt werden oder es wird für den Versand die für diese Sektion der ersten Verteilereinheit R1 eingesetzte zweite Antenneneinheit A12 genutzt.

[0037] Für ein Aussenden des Identifikationssignals IS der Signalquelle S11, S12, S21, S22 im zweiten Verfahrensschritt **2** kann ein gleiches oder höherfrequentes Frequenzband wie ein Frequenzband des Funknetzes FN gewählt werden, wobei idealer Weise ein höherfrequentes Frequenzband eingesetzt wird. Bei Verwendung einer eigenen Antenneneinheit durch die Signalquelle S11, S12, S21, S22 kann aber auch das gleiche Frequenzband wie im Funknetz FN verwendet werden. Zusätzlich wird von der Signalquelle S11, S12, S21, S22 für das Identifikationssignal IS ein Funkstandard genutzt, welcher vom jeweiligen Funkstandard des Funknetzes FN abhängt.

[0038] Wird beispielsweise vom Funknetz FN digitaler Bündelfunk, insbesondere TETRA, einer öffentlichen Sicherheitsorganisation mit einer Frequenz von 450 MHz eingesetzt, so kann für die Signalquelle S11, S12, S21, S22 z.B. ein TETRA-Frequenzband mit 800 MHz verwendet werden. Alternativ kann bei einem TETRA-Funknetz FN mit 450 MHz von der Si-

gnalquelle S11, S12, S21, S22 aber auch ein Frequenzband von 1900 MHz auf Basis eines so genannten DECT-Standards für die Aussendung des Identifikationssignals IS genutzt werden.

[0039] Beim Einsatz eines TETRA-Funknetzes FN ist es aber auch denkbar, dass für den Versand des Identifikationssignals IS von der Signalquelle S11, S12, S21, S22 auch ein so genanntes ISM-Frequenzband (Industrial, Scientific and Medical Band) von 2500 MHz genutzt wird. Als ISM-Bänder werden Frequenzbereiche bezeichnet, die z.B. durch Hochfrequenz-Geräte in Industrie, Wissenschaft, Medizin, etc. genutzt werden können. Einige ISM-Bänder (wie z.B. 2500 MHz) werden auch z.B. für WirelessLAN oder Bluetooth verwendet, ohne dass es für diese Nutzung einer Einzel-Frequenzzuweisung bzw. Genehmigungen bedarf. Damit sind sehr einfach Signalquellen S11, S12, S21, S22 auf Basis von WirelessLAN oder Bluetooth möglich, wobei diese Signalquellen S11, S12, S21, S22 allerdings eine geringere Reichweite aufweisen als bei anderen Funkstandards. Daher kann es bei Einsatz des ISM-Frequenzbandes notwendig sein, mehrere Signalquellen S11, S12, S21, S22 pro Sektion zu verwenden oder mit der Signalquelle S11, S12, S21, S22 jeweils nur die entsprechende Verteilereinheit R1, R2 zu markieren, welche die jeweilige Signalquelle S11, S12, S21, S22 zugeordnet ist.

[0040] Weiterhin ist es möglich, dass vom Funknetz FN und den Signalquellen S11, S12, S21, S22 derselbe Funknetzstandard und dasselbe Frequenzband genutzt wird – wie z.B. ein TETRA-Funknetz FN mit 450 MHz. Dabei wird dann das Identifikationssignal IS über eigene Antenneneinheiten der Signalquellen S11, S12, S21, S22 ausgesendet, wodurch sich eine unterschiedliche Ausbreitung von Signalen des Funknetzes FN und des Identifikationssignals IS ergeben, da beispielsweise das Identifikationssignal IS schneller abfällt als das Signal des Funknetzes FN, welches z.B. von einem Schlitz- oder Leckkabel A11, A12, A21, A22 abgestrahlt wird.

[0041] Wird für das Funknetz FN beispielsweise GSM-R, ein auf GSM basierender Funkstandard mit spezieller Anpassung für einen Einsatz im Eisenbahnbereich, mit einer Frequenz von 900 MHz eingesetzt, so kann von den Signalquellen S11, S12, S21, S22 z.B. der Funknetzstandard GSM mit einer Frequenz von 1800 MHz genutzt werden. Wird im Funknetz FN z.B. der APCO P25-Standard als Übertragungsnorm eingesetzt, welcher für Sicherheitsbehörden in Nordamerika entwickelt wurde und von welchem ähnliche Anforderungen wie vom so genannten ETSI-TETRA in Europa erfüllt werden, so kann für die Signalquellen S11, S12, S21, S22 beispielsweise ein ISM-Frequenzband von 900 MHz genutzt werden.

[0042] In einem dritten Verfahrensschritt **3** wird von einem mobilen Endgerät eines bewegten Objektes OB eine erster funknetspezifischer Messwert M1 und eine zweiter Messwert M2 gemessen, welcher für jeweilige – in **Fig. 1** – zweite Signalquelle S12 spezifisch ist. Als erster Messwert M1 kann eine Empfangsfeldstärke von Signalen des Funknetzes FN, insbesondere die so genannte Received Signal Strength Indication (RSSI), gemessen werden. Als zweiter Messwert M2 kann eine Empfangsfeldstärke oder Received Signal Strength Indication (RSSI) des Identifikationssignals der zweiten – weil dem bewegten Objekt am nächsten – Signalquelle S12 gemessen werden. Alternativ können statt der Empfangsfeldstärke als erster funknetspezifischer Messwert M1 und als zweiter für die Signalquelle S12 spezifischer Messwert M2 vom mobilen Endgerät des bewegten Objektes OB auch eine Bit- oder Blockfehler-rate ermittelt werden.

[0043] Der erste und der zweite Messwert M1, M2 ergeben ein ortabhängiges Messwertepaar, von welchen in einem vierten Verfahrensschritt **4** eine Position des bewegten Objektes OB abgeleitet werden kann. Zusätzlich kann auch das Identifikationssignal IS selbst ausgewertet werden und daraus ein Verteilereinheit R1, R2 bzw. eine zur Verteilereinheit R1, R2 gehörende Sektion abgeleitet werden. Im in **Fig. 1** dargestellten Beispiel würde die Auswertung des Identifikationssignals IS z.B. ergeben, dass sich das bewegte Objekt OB im Bereich der ersten Verteilereinheit R1 in der Sektion der zweiten Antenneneinheit A12 befindet. Aus den Messwerten M1, M2 kann dann die genaue Position des bewegten Objektes OB in der Sektion der zweiten Antenneneinheit A12 abgeleitet werden.

[0044] In einem fünften Verfahrensschritt **5** werden dann die gemessene Messwertekombination M1, M2 und gegebenenfalls die im Identifikationssignal IS enthaltene Information (z.B. Identifikation der Signalquelle S11, S12, S21, S22 oder über die Verteilereinheit R1, R2, etc.) von einer Anwendung auf dem mobilen Endgerät gesammelt und an eine zentrale Datenbank DB weitergeleitet. Diese Daten M1, M2, IS können dann in der Datenbank DB beispielsweise mit einer Erfolgsrate bei einer erfolgreichen Positionsbestimmung abgelegt und für weitere Positionsbestimmungen in der Innerraumumgebung IR verwendet werden.

[0045] Insbesondere bei einem Tunnel als Innerraumumgebung IR kann die Positionsbestimmung zusätzlich durch eine Berücksichtigung der möglichen Bewegungsrichtungen eines bewegten Objektes OB zusätzlich verbessert werden. In einem Tunnel, welcher meist einen im Verhältnis zur Länge eine relativ geringe Breite sowie zwei Öffnungen bzw. Ein-/Ausgängen an beiden Seiten aufweist, sind die Bewegungsmöglichkeiten eingeschränkt. Üblicherwei-

se erfolgt eine Bewegung eines Objektes OB bzw. einer Person von einer Öffnung (Eingang) zur anderen Öffnung (Ausgang) oder in umgekehrter Richtung. Dieses Wissen kann z.B. bei der Positionsbestimmung bzw. beim Ableiten der Position des bewegten Objektes OB aus der Messwerte-Kombination M1, M2, IS berücksichtigt werden. Dabei können beispielsweise für die Positionsbestimmung des bewegten Objektes OB entsprechende Adaptionen von Kalman-Filter- und/oder Bayes-Filter-Verfahren verwendet werden.

[0046] Das erfindungsgemäße Verfahren kann idealer Weise in Notfall- und/oder Sicherheitsanwendungen für das Auffinden von Personen (z.B. Einsatzkräfte, vermisste Personen, etc.) in Innenraumumgebungen eingesetzt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007037723 A1 [0013, 0013]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Positionsbestimmung eines bewegten Objektes (OB) in einer Innenraumumgebung (IR), insbesondere in einem Tunnel und/oder Gebäude, mit Hilfe eines Funknetzes (FN), wobei ein Funknetzversorgung über Verteilereinheiten (R1, R2) sowie Antenneneinheiten (A11, A12, A21, A22) zur Verfügung gestellt wird und von jeder Verteilereinheit (R1, R2) zumindest eine Antenneneinheit (A11, A12, A21, A22) gespeist wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Verteilereinheit (R1, R2) zumindest eine Signalquelle (S11, S12, S21, S22) zugeordnet wird (1), dass von dieser Signalquelle (S11, S12, S21, S22) ein Identifikationssignal (IS) ausgesendet wird (2), dass von einem mobilen Endgerät des bewegten Objektes (OB) eine erste funknetzspezifischer Messwert (M1) und eine zweite für die Signalquelle (S11, S12, S21, S22) spezifischer Messwert (M2) gemessen wird (3), und dass aus einer Kombination des ersten und zweiten Messwertes (M1, M2) mit dem Identifikationssignal (IS) der Signalquelle (S11, S12, S21, S22) eine Position des bewegten Objektes (OB) abgeleitet wird (4).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels des Identifikationssignals (IS) der jeweiligen Signalquelle (S11, S12, S21, S22) die jeweils zugehörige Verteilereinheit (R1, R2) und/oder eine der jeweiligen zugehörigen Verteilereinheit (R1, R2) zugeordnete Sektion ermittelt werden (4).

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessenen Messwerte-Kombinationen (M1, M2, IS) über mobile Endgeräte gesammelt und an eine zentrale Datenbank (DB) zur Speicherung weitergeleitet werden (5).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Aussenden des Identifikationssignals (IS) der Signalquelle (S11, S12, S21, S22) ein gleiches oder höherfrequentes Frequenzband wie vom Funknetz (FN) genutzt wird (2).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als erster funknetzspezifischer Messwert (M1) und/oder als zweiter für die Signalquelle spezifischer Messwert (M2) eine Empfangsfeldstärke, insbesondere eine Received Signal Strength Indication, oder eine Bit- oder Blockfehlerrate gemessen wird (3).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalquelle (S11, S12, S21, S22) in die jeweilige Verteilereinheit (R1, R2) des Funknetzes (FN) integriert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Verteilereinhei-

ten (R1, R2) so genannte Repeater oder Regeneratoren verwendet werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Aussenden des Identifikationssignals (IS) der Signalquelle (S11, S12, S21, S22) eine andere Antenneneinheit als die Antenneneinheit (A11, A12, A21, A22) für Signalaussendungen vom Funknetz (FN) genutzt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Antenneneinheiten (A11, A12, A21, A22) so genannte Schlitzkabel oder Leckwellenleiter oder Indoorantennen eingesetzt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass von der Signalquelle (S11, S12, S21, S22) zum Aussenden des Identifikationssignals (IS) eine Funknetzstandard, insbesondere digitaler Bündelfunk, GSM, ISM und/oder DECT, in Abhängigkeit vom jeweiligen Funknetzstandard des Funknetzes (FN) genutzt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Funknetz (FN) ein Funknetz auf Basis von digitalem Bündelfunk, insbesondere TETRA, Global System for Mobile Communications-Rail oder WirelessLAN eingesetzt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

