



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 047 375 A1** 2008.04.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 047 375.2**

(22) Anmeldetag: **06.10.2006**

(43) Offenlegungstag: **10.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01S 3/52** (2006.01)
G01S 5/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Cairos technologies AG, 76307 Karlsbad, DE

(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:
Englert, Walter, 88483 Burgrieden, DE

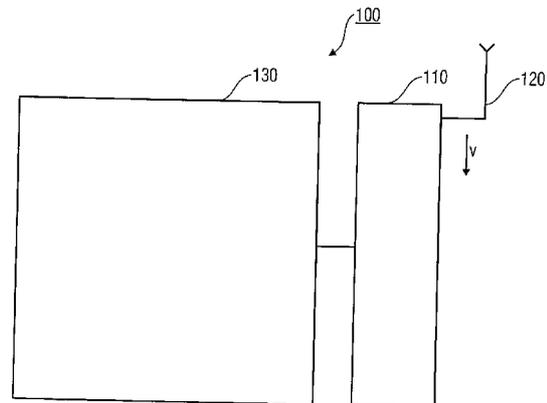
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US2004/01 96 184 A1
US 31 13 306 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Positionsmessung durch erzeugte lineare Doppler Verschiebungen**

(57) Zusammenfassung: Ein Positionsbestimmungsverfahren mit einem Schritt des Sendens eines periodischen Signals mit einer Trägerfrequenz f_c , einem Schritt des sequentiellen Empfangens des periodischen Signals mit der Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten mit wenigstens einer Antenne und einem Schritt des Ermitteln einer ersten Koordinate des Objekt-Orts, basierend auf einem Nulldurchgang eines Doppelfrequenz-Verlaufs, der der ersten Koordinate des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate des Objekt-Orts einer Koordinate des Orts der wenigstens einen Antenne entspricht, den sie beim Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Liefern einer Information über einen Objekt-Ort durch Betrachtung eines Dopplerfrequenzverlaufs bezüglich des Objekt-Orts, wie es beispielsweise zur Positionsbestimmung von Spielgeräten, insbesondere Bällen, eingesetzt werden kann.

[0002] Seit geraumer Zeit besteht bei unterschiedlichen Interessengruppen das Anliegen, bewegte Objekte bzw. Personen in ihrem Bewegungsablauf studieren bzw. diesen nachvollziehen zu können, was eine exakte Angabe einer Position des Objekts sowohl örtlich als auch zeitlich voraussetzt. Von besonderem Interesse sind hierbei unter anderem Spielbälle, insbesondere in kommerzialisierten Sportarten, wie z.B. im dreidimensionalen Raum hochbeschleunigte Fußbälle ebenso wie Tennis oder Golfbälle. Die Fragestellung, wer das bespielte Objekt zuletzt berührt hat, wie es getroffen wurde und in welche Richtung es weiter beschleunigt wurde, kann dabei abhängig von der Spielart für den Ausgang des Spiels entscheidend sein.

[0003] Spielgeräte, die im Hochleistungssport eingesetzt werden, wie z.B. Tennisbälle, Golfbälle, Fußbälle und dergleichen, lassen sich inzwischen auf extrem hohe Geschwindigkeiten beschleunigen, so dass eine Erfassung des Objekts während der Bewegung eine sehr differenzierte Technologie erfordert. Die bislang eingesetzten technischen Mittel – vorwiegend Kameras – genügen den oben dargestellten Erfordernissen nicht oder nur ungenügend. Auch bislang bekannte Verfahren zur Positionsbestimmung mittels unterschiedlicher Sender- und Empfängerkombinationen lassen noch einen großen Spielraum bezüglich der räumlichen Auflösung der Positionsangaben, bezüglich der Handhabbarkeit der benötigten Sender/Empfängerkomponenten und vor allem bezüglich der Auswertung der mittels des Sender/Empfängersystems erhaltenen Daten, so dass eine schnellstmögliche Bewertung der aus diesen Daten erhaltenen Ergebnisse noch nicht möglich oder zumindest sehr aufwändig ist.

[0004] Nicht nur im kommerziellen Sport, in dem bewegliche Spielgeräte eingesetzt werden können, sondern auch im privaten Bereich sind die Benutzer immer mehr elektronische Geräte gewohnt, die diverse Informationen anzeigen und um einem Benutzer ein Feedback dahingehend zu geben, wie er auf einen Gegenstand eingewirkt hat, oder um ihm Informationen darüber zu geben, ob beispielsweise ein Spielgerät eine Spielfeldlinie überschritten hat.

[0005] So arbeiten derzeitige Statistikverfahren in kommerziellen Anwendungen, wie beispielsweise der Fußball-Bundesliga damit, dass relativ einfache Statistiken aufgezeichnet werden, wie beispielsweise der prozentuale Ballkontakt einer Mannschaft oder die Anzahl von Ecken, Freistößen oder Fouls.

[0006] Andererseits gibt es beispielsweise im Tennis, wo ein sehr planbares übersichtliches Umfeld mit nur zwei Akteuren existiert, Einrichtungen, die beispielsweise die Geschwindigkeit des Tennisballs beim Aufschlag messen, derart, dass ein Zuschauer in der Lage, einzuschätzen, ob ein Aufschlag „hart“ oder „weich“ war.

[0007] Problematisch an solchen Geschwindigkeitsmessungen, die durch optische Verfahren stattfinden können, ist, dass sie in einem Umfeld funktionieren müssen, in dem ein Durcheinander von Akteuren existiert, wie beispielsweise auf einem Fußballfeld, wo nicht nur zwei Personen, sondern 22 Personen agieren, die zudem nicht an nahezu demselben Platz stehen, sondern beliebige Konstellationen auf dem Spielfeld einnehmen können. Andererseits ist es besonders beim Fußball sowohl für das Feedback der Spieler im Training als auch für die Zuschauer interessant, wie schnell beispielsweise ein Ball fliegt oder ob eine Tor- oder Abseitssituation vorliegt.

[0008] Eine Vielzahl von Aufgaben, wie beispielsweise eine Ballortung bei einem Fußballspiel, setzt also eine Kenntnis von Position von Objekten voraus. Bei einem Fußballspiel ist beispielsweise eines der umstrittensten Themen, ob in kritischen Situationen der Ball die Torlinie überschritten hat, oder nicht. Hierzu ist es notwendig, dass die Position des Balls an der Torlinie mit einer Genauigkeit von ca. +/- 1,5 cm gemessen werden kann.

[0009] Es existieren zahlreiche Lokalisationsverfahren, die beispielsweise auf optischen zweidimensionalen oder dreidimensionalen Sensoren mit einem Auswertesystem, einer Ausnutzung des bekannten Radarprinzips oder eines Prinzips der Funklokalisierung basieren.

[0010] Ein Prinzip der Funklokalisierung ist die Lokalisierung von Objekten durch elektromagnetische Wellenausbreitung. Dabei wird beispielsweise ein Empfänger in ein lokalisierendes Objekt integriert, bzw. an einem zu lokalisierenden Objekt angebracht, der bei Anfrage Daten an eine zentrale Sende/Empfangsvorrichtung

schicken kann. Eine Position des Objekts wird danach aus Signallaufzeiten bzw. aus Differenzen zwischen wenigstens zwei an unterschiedlichen Antennen empfangenen Signalen berechnet.

[0011] Derzeitig verfügbare Lokalisationsverfahren, die auf optischen 2-D oder 3-D Sensoren mit einem Auswertesystem basieren, oder auf dem Einsatz herkömmlicher Funklokalisierungsverfahren basieren, ziehen hohe Investitions- und Wartekosten, Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen und einen großen Aufwand zur Anpassung der Auswertelgorithmen nach sich. Zum Erreichen einer feinen Auflösung einer Positionsbestimmung sind Systeme, die eine herkömmliche Funklokalisierung nutzen, nicht geeignet, da bei einer geringen geometrischen Ausdehnung Unterschiede von verschiedenen Signallaufzeiten kaum noch messbar sind. Die Anforderungen an Systeme zur Lokalisierung von Objekten werden also von diesen Verfahren in bezug auf Wirtschaftlichkeit, Robustheit, Taktzeit und Objektunabhängigkeit für eine exakte Positionsbestimmung, beispielsweise in einem Bereich von wenigen Zentimetern, nicht bzw. nur unzureichend erfüllt.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein verbessertes und dennoch aufwandsarmes Konzept zur Lokalisierung von Objekten zu schaffen.

[0013] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit Merkmalen gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 14 gelöst.

[0014] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass eine genaue und aufwandsarme Positionsbestimmung eines Objekts dadurch erreicht werden kann, wenn mit wenigstens einer Antenne zum sequentiellen Senden oder Empfangen von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz an verschiedenen Orten Dopplereffektverschiebungen des periodischen Signals gegenüber einem Objekt-Ort erzeugt werden und eine Koordinate des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang der Dopplereffektverschiebungen ermittelt wird, wobei der Nulldurchgang der Koordinate des Objekt-Orts zuordenbar ist. Dabei entspricht die Koordinate des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens eine Antenne, den sie beim Senden oder Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang der Dopplereffektverschiebungen relativ zu dem Objekt-Ort hat.

[0015] Erfindungsgemäß wird also durch eine lineare Bewegung einer Antenne oder durch eine simulierte lineare Bewegung durch eine Mehrzahl von Antennen und das Senden bzw. Empfangen von einem periodischen Signal zu oder von dem Objekt, dessen Ort bestimmt werden soll, ein Dopplereffektverlauf bezüglich des Objekt-Orts erreicht.

[0016] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sendet das Objekt, dessen Position bestimmt werden soll, ein periodisches Signal mit einer Trägerfrequenz f_c aus. Entlang des Ortsbestimmungsbereichs befindet sich beispielsweise ein linearer Antennen-Array mit einer Mehrzahl von Antennen, wobei die Anzahl der Antennen bezogen auf den Ortsbestimmungsbereich bzw. deren Abstand zueinander einen Ortsauflösungsbereich mitbestimmt. Zur Simulation einer Antennenbewegung wird jede Antenne der Mehrzahl von Antennen erfindungsgemäß sequentiell als Empfangsantenne betrieben. Dabei verläuft die simulierte Antennenbewegungsrichtung entlang einer Linie tangential zu einem Kreis um den Ort des Objekts. Positive Dopplereffektverschiebungen entstehen, wenn eine radiale Komponente des Geschwindigkeitsvektors \vec{v} nicht verschwindet, d.h. eine Projektion des Geschwindigkeitsvektors \vec{v} auf die Verbindungslinie zwischen dem Objekt-Ort und dem Ort derjenigen Antenne, welche gerade als Empfangsantenne betrieben wird. Dadurch, dass nacheinander jeweils eine andere Antenne der Mehrzahl von Antennen als Empfangsantenne betrieben wird, ändert sich ein Winkel zwischen dem Geschwindigkeitsvektor \vec{v} der simulierten Antennenbewegung und der Ortsverbindungslinie zwischen dem Objekt-Ort und dem Ort derjenigen Antenne, welche gerade als Empfangsantenne fungiert. Somit ändert sich auch Betrag und Richtung der Projektion des Geschwindigkeitsvektors \vec{v} auf die Ortsverbindungslinie. Somit erhält man einen zeitlichen Verlauf von Dopplereffektverschiebungen, der genau dann einen Nulldurchgang aufweist, wenn die Ortsverbindungslinie senkrecht bzw. zumindest näherungsweise senkrecht auf dem Geschwindigkeitsvektor \vec{v} steht. Da die Koordinaten der einzelnen Antennen der Mehrzahl von Antennen bekannt sind, ist somit der Nulldurchgang des Dopplereffektverlaufs einer Koordinate des Objekt-Orts zuordenbar. Diese Koordinate kann aus der Koordinate derjenigen Antenne abgeleitet werden, die beim Empfangen des periodischen Signals keine bzw. näherungsweise keine Dopplereffektverschiebung erfährt.

[0017] Werden hinreichend viele Antennen bezogen auf den Ortsbestimmungsbereich benutzt, so dass ein Abstand der Antennen zueinander gering ist, kann eine Auflösung eines erfindungsgemäßen Ortsbestimmungssystems erhöht werden. Wird beispielsweise die Mehrzahl von Antennen in Form eines linearen Antennen-Arrays parallel zu einer Seitenauslinie eines Fußballfeldes bei einem Fußballspiel angeordnet, so kann während des Spiels beispielsweise stets die Ballbewegung in Form der Ballhöhe mitverfolgt werden. Einem

Schiedsrichter können somit Entscheidungen erleichtert werden, wie z.B. Entscheidungen über Eckstöße, Torentscheidungen oder Abseitsentscheidungen.

[0018] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise eine zweite Koordinate des zu lokalisierenden Objekts dadurch bestimmt werden, in dem man die Steigung des zeitlichen Frequenzverlaufs bei dem Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs betrachtet. Befindet sich das zu lokalisierende Objekt beispielsweise nahe der Bewegungslinie der wenigstens einen Antenne bzw. des Antennen-Arrays, so wird eine Steigung des Dopplerfrequenzverlaufs im Bereich des Nulldurchgangs wesentlich steiler ausfallen, als wenn sich das Objekt in größerer Entfernung von der Bewegungsachse der wenigstens einen Antenne bzw. des Antennen-Arrays befindet.

[0019] Mit dem erfindungsgemäßen Konzept kann also eine erste Koordinate eines zu lokalisierenden Objekts dadurch bestimmt werden, in dem man den Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs bestimmt, und eine zweite Koordinate des zu lokalisierenden Objekts kann dadurch bestimmt werden, in dem man die Steigung des Dopplerfrequenzverlaufs bei dem Nulldurchgang betrachtet.

[0020] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann eine erhöhte Zuverlässigkeit des erfindungsgemäßen Konzepts dadurch erreicht werden, in dem man das erfindungsgemäße Ortsbestimmungssystem beispielsweise redundant aufbaut. Das bedeutet, dass man beispielsweise nicht nur einen Antennen-Array parallel zu einer ersten Seitenauslinie eines Spielfeldes anordnet, sondern zusätzlich einen zweiten Antennen-Array parallel zu einer zweiten Seitenauslinie. Zudem können beispielsweise weitere Antennen-Arrays parallel zu den beiden Torauslinien angebracht werden. Dadurch, dass somit vier Werte für eine Ballposition ermittelt werden, kann die Zuverlässigkeit des Ortsbestimmungssystems erheblich gesteigert werden.

[0021] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die wenigstens eine Antenne bzw. die Mehrzahl von Antennen auch zum sequentiellen Senden von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten verwendet werden. Bei diesen Ausführungsbeispielen befindet sich in dem zu lokalisierenden Objekt ein entsprechender Empfänger und die Ortsbestimmungseinrichtung zum Ermitteln der Koordinaten des Objekt-Orts, basierend auf dem Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs. Ein solches Szenario, in dem die Ortsbestimmung in dem zu lokalisierenden Objekt stattfindet, ist beispielsweise dann vorstellbar, wenn eine Energieversorgung des zu lokalisierenden Objekts unkritisch ist.

[0022] Damit besteht mit dem erfindungsgemäßen Konzept die Möglichkeit zur Positionsbestimmung eines Objekts und die Möglichkeit zur Bestimmung einer Bewegung des Objekts basierend auf einer Zuordnung eines Nulldurchgangs eines Dopplerfrequenzverlaufs zu einer ersten Koordinate des Objekt-Orts.

[0023] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung weisen den Vorteil auf, dass eine Positionsbestimmung eines Objekts, insbesondere eines beweglichen Objekts, wie z.B. eines Spielgeräts ohne Eingriff in den Spielbetrieb eines Ballspiels erfolgen kann.

[0024] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die Positionsbestimmung aufwandsarm realisiert werden kann. Es sind keine komplizierten Auswertelgorithmen notwendig, sowie keine aufwändigen Maßnahmen zur Synchronisation von Sende- und Empfangseinheiten.

[0025] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend beziehungsweise auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0026] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Liefern einer Information über einen Objekt-Ort gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0027] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Antennenbewegung bzw. einer simulierten Antennenbewegung entlang eines Ortsbestimmungsbereichs zur Erzeugung eines Dopplerfrequenzverlaufs gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0028] Fig. 3 eine schematische Darstellung der Beschaltung eines Antennen-Arrays zur Erzeugung einer simulierten Antennenbewegung, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0029] Fig. 4 eine Darstellung von verschiedenen Dopplerfrequenzverläufen für verschiedene Positionen des zu lokalisierenden Objekts in dem Ortsbestimmungsbereich, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorlie-

genden Erfindung; und

[0030] **Fig. 5** eine schematische Darstellung eines Systems zur Positionsbestimmung eines Fußballs auf einem Fußballfeld, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0031] Bezüglich der nachfolgenden Beschreibung sollte beachtet werden, dass bei den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen gleich oder gleichwirkende Funktionselemente gleiche Bezugszeichen aufweisen und somit die Beschreibungen dieser Funktionselemente in den verschiedenen in dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen untereinander austauschbar sind.

[0032] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung **100** zum Liefern einer Information über einen Objekt-Ort in einem Ortsbestimmungsbereich mit einer Einrichtung **110** mit wenigstens einer Antenne **120** und einer Ortsbestimmungseinrichtung **130**. Dabei ist die Einrichtung **110** mit der Einrichtung **130** gekoppelt.

[0033] Die Einrichtung **110** mit der wenigstens einen Antenne **120** dient zum sequentiellen Senden oder Empfangen von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten, um einen Dopplerfrequenzverlauf zu erzeugen. Dabei kann das sequentielle Senden oder Empfangen an verschiedenen Orten dadurch erreicht werden, indem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine Antenne beispielsweise durch einen Schlitten auf einer Schiene physikalisch von einem Ort zu einem anderen bewegt wird.

[0034] Bei weiteren bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird eine Antennenbewegung und damit ein Dopplerfrequenzverlauf dadurch simuliert, dass die Einrichtung **110** eine Mehrzahl von Antennen umfasst, beispielsweise einen linearen Antennen-Array, und die einzelnen Antennen der Mehrzahl von Antennen jeweils sequentiell als Sende- bzw. Empfangsantenne betrieben werden. Diese Ausführungsform bietet den Vorteil, dass eine mechanische Beanspruchung durch eine physikalische Bewegung verringert werden kann.

[0035] Die Ortsbestimmungseinrichtung **130** dient zum Ermitteln einer ersten Koordinate des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs, wobei der Nulldurchgang der ersten Koordinate des Objekt-Orts zuordenbar ist. Dabei entspricht die erste Koordinate des Objekt-Orts einer Koordinate der wenigstens einen Antenne **120** der Einrichtung **110**, den die wenigstens eine Antenne **120** beim Senden oder Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem zu lokalisierenden Objekt hat.

[0036] Wird die wenigstens eine Antenne **120** der Einrichtung **110** zum sequentiellen Empfangen von periodischen Signalen verwendet, so ist gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Ortsbestimmungseinrichtung **130** mit der Einrichtung **110** direkt, also beispielsweise kabelgebunden, gekoppelt. Wird ein Antennen-Array verwendet, so sind die einzelnen Antennen des Arrays vorzugsweise jeweils mit gleich langen Kabeln, oder mit Kabeln mit zumindest berechenbarer Länge mit einem Empfänger bzw. Sender verbunden.

[0037] Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die wenigstens eine Antenne **120** als Sendeantenne betrieben werden. Bei dieser Ausführungsform befindet sich die Ortsbestimmungseinrichtung **130** vorzugsweise in bzw. an dem zu lokalisierenden Objekt. In diesem Fall sind die Einrichtung **110** und die Ortsbestimmungseinrichtung **130** bevorzugt über eine Funkstrecke zwischen der wenigstens einen Sendeantenne **120** und dem zu lokalisierenden Objekt gekoppelt.

[0038] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Ortsbestimmungseinrichtung **130** ferner ausgebildet, um zusätzlich zu der ersten Koordinate eine zweite Koordinate des Objekt-Orts basierend auf einer Steigung des Dopplerfrequenzverlaufs in dem Nulldurchgang zu ermitteln.

[0039] Zur näheren Erläuterung des erfindungsgemäßen Konzepts zeigt **Fig. 2** einen Ortsbestimmungsbereich **200**, wobei der Ortsbestimmungsbereich **200** durch eine x-Achse und eine y-Achse darstellbar ist. In dem Ortsbestimmungsbereich **200** befindet sich ein zu lokalisierendes Objekt **210** an einem Objekt-Ort mit einer ersten Koordinate x_0 und einer zweiten Koordinate y_0 . Parallel zu der x-Achse am Rande bzw. außerhalb des Ortsbestimmungsbereichs **200** befindet sich ein linearer Antennen-Array **120** mit einer Mehrzahl von Einzelantennen, von denen der Übersichtlichkeit halber lediglich zwei mit den Bezugszeichen **120a** und **120b** gekennzeichnet sind.

[0040] Zur Simulierung einer Antennenbewegung werden die Einzelantennen des Antennen-Arrays **120** ge-

mäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in schneller Folge hintereinander jeweils als aktive Empfangsantenne geschaltet. Zuerst wird beispielsweise zu einem Zeitpunkt T_0 die Antenne **120a** als aktive Empfangsantenne geschaltet. Nach einer Dauer von ΔT , also zum Zeitpunkt $T_0 + \Delta T$ wird die Antenne **120a** ausgeschaltet und die zweite Antenne **120b** als aktive Empfangsantenne benutzt. Nach einer weiteren Dauer ΔT wird die Antenne **120b** abgeschaltet und die nächste Antenne als aktive Empfangsantenne geschaltet, usw.

[0041] Beträgt ein Abstand der einzelnen Antennen des Antennen-Arrays **120** zueinander jeweils d , so ergibt sich für das in **Fig. 2** dargestellte Szenario eine simulierte Antennengeschwindigkeit $v = d/\Delta T$ parallel zur x-Achse des Ortsbestimmungsbereichs **200** von rechts nach links. Der Geschwindigkeitsvektor \vec{v} zeigt also entlang des Antennen-Arrays von rechts nach links. Die Messgenauigkeit des erfindungsgemäßen Konzepts kann erhöht werden, in dem die Anzahl von Antennen bezogen auf den Ortsbestimmungsbereich **200** erhöht wird bzw. der Abstand d der Antennen verringert wird. Außerdem wirkt sich auch eine Erhöhung der simulierten Geschwindigkeit v bzw. eine Verringerung der Zeitdauer ΔT positiv auf die Messgenauigkeit aus.

[0042] Die einzelnen Empfangsantennen des Antennen-Arrays **120** empfangen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeitlich sequentiell unterschiedliche Replika des von dem zu lokalisierenden Objekt ausgesandten periodischen Signals mit der Trägerfrequenz f_c . Dabei weisen die verschiedenen Replika unterschiedliche Phasen des periodischen Signals auf. **Fig. 3** zeigt dazu eine mögliche Beschaltung des Antennen-Arrays **120**, um daraus einen Dopplerfrequenzverlauf mit der Mehrzahl von Antennen des Antennen-Arrays **120** zu erhalten.

[0043] **Fig. 3** zeigt den Antennen-Array **120** mit Einzelantennen **120a** und **120b**, die jeweils mit Kabeln, von denen der Übersicht halber lediglich zwei mit dem Bezugszeichen **300a** und **300b** versehen sind, mit einer Schaltungsvorrichtung **320** verbunden. Die Schaltungsvorrichtung **320** ist ihrerseits wiederum mit einer Filtereinrichtung **330** gekoppelt, an deren Ausgang ein Filterausgangssignal bereitgestellt wird.

[0044] Die Kabel **310a**, **310b** sind vorzugsweise gleich lang, oder weisen zumindest eine berechenbare Länge auf. Die gleiche Länge der Kabel von den Antennen zu der Schaltungsvorrichtung **320** ist vorteilhaft, um durch Signallaufzeiten durch die Kabel **310a**, **b** keine zusätzlichen unterschiedlichen Phasenverschiebungen zwischen den einzelnen Empfangszweigen zu erhalten. Wie im vorhergehenden bereits beschrieben wurde, werden erfindungsgemäß zur Positionsmessung die Antennen des Antennen-Arrays **120** in schneller Folge hintereinander beispielsweise als aktive Empfangsantennen geschaltet. Dies wird mittels der Schaltungsvorrichtung **320** bewerkstelligt. Damit wird eine schnelle lineare Bewegung entlang der durch den Antennen-Array definierten Linie elektronisch simuliert. Diese simulierte Bewegung erzeugt dabei den Doppler-Effekt. Als Doppler-Effekt bezeichnet man die Veränderung der Frequenz von Wellen jeder Art, während sich eine Signalquelle auf einen Beobachter zu oder von diesem weg bewegt. Bei der Annäherung erhöht sich die Frequenz, im umgekehrten Fall verringert sie sich.

[0045] Das durch das zeitlich sequentielle Schalten der Antennen am Eingang der Filtereinrichtung **230** anliegende Signal weist Phasensprünge in zeitlichen Abständen von ΔT auf. Dabei sind die Phasensprünge der Replika des Trägersignals mit der Trägerfrequenz f_c zwischen jeweils zwei benachbarten Antennen des Antennen-Arrays **120** im allgemeinen unterschiedlich voneinander. Bei einem linearen Antennen-Array mit N Antennenelementen ergibt sich am Eingang der Filtereinrichtung **330** ein Signal mit $(N - 1)$ Phasensprüngen bzw. Phasendifferenzen $\Delta\theta_1, \dots, \Delta\theta_{N-1}$. Aus den $(N - 1)$ Phasendifferenzen $\Delta\theta_1, \dots, \Delta\theta_{N-1}$ lassen sich $(N - 1)$ diskrete Dopplerfrequenzen $f_{D,1}, \dots, f_{D,N-1}$ bestimmen. Die n -te ($n = 1, 2, \dots, N - 1$) Phasendifferenz $\Delta\theta_n$ lässt sich berechnen zu

$$\Delta\theta_n = 2\pi f_c \cdot \frac{d}{c} \cdot \cos \alpha_n, \quad (1)$$

wobei α_n den Winkel zwischen dem Geschwindigkeitsvektor \vec{v} und dem Ortsverbindungsvektor der n -ten Antenne und dem Objekt-Ort (x_0, y_0) bedeutet. Mit dem Zusammenhang $d = v \cdot \Delta T$ folgt aus Gleichung (1) für n -te Dopplerfrequenz an der n -ten Antenne

$$f_{D,n} = \frac{\Delta\theta_n}{2\pi \cdot \Delta T} = \frac{v}{c} f_c \cdot \cos \alpha_n. \quad (2)$$

[0046] Aus Gleichung (2) lässt sich nun erkennen, dass bei derjenigen x-Koordinate, wo der Geschwindigkeitsvektor \vec{v} senkrecht auf dem Ortsverbindungsvektor steht, die Dopplerfrequenz aufgrund des Kosinus-Terms verschwindet bzw. ein Dopplerfrequenzverlauf über die Antennen des Antennen-Arrays **120** einen Nulldurchgang aufweist. Eine maximale Dopplerfrequenz ergibt sich außerdem zu $f_{D,max} = v/c \cdot f_c$.

[0047] Somit wird sich für die in [Fig. 2](#) dargestellte Situation ein Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs für diejenige Antenne ergeben, deren x-Koordinate gleich der x-Koordinate x_0 des zu lokalisierenden Objekts **210** ist.

[0048] Um aus den diskret berechneten Dopplerfrequenzen $f_{D,n}$ ($n = 1, 2, \dots, N - 1$) einen kontinuierlichen Dopplerfrequenzverlauf zu erhalten, kann beispielsweise durch eine geeignete Interpolation zwischen den diskreten Dopplerfrequenzen $f_{D,n}$ interpoliert werden. Demnach kann die Einrichtung **330** gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung einen A/D-Wandler aufweisen und eine digitale Filtereinrichtung, um die im vorhergehenden beschriebenen Schritte durchzuführen, um einen kontinuierlichen Dopplerfrequenzverlauf zu erhalten.

[0049] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die Filtereinrichtung **330** auch ein analoges Bandpassfilter mit einem Durchlassbereich von $2f_{D,max}$ um die Trägerfrequenz f_c aufweisen, so dass am Ausgang der Filtereinrichtung **330** ein analoges kontinuierliches Signal mit einem Frequenzbereich von $f_c \pm f_{D,max}$ anliegt. Dieses gefilterte analoge Signal am Ausgang der Filtereinrichtung **330** weist dann ebenfalls den beschriebenen Dopplerfrequenzverlauf auf.

[0050] Zur Veranschaulichung der verschiedenen Dopplerfrequenzverläufe für die in [Fig. 2](#) angedeuteten verschiedenen Positionen (x_0, y_0) , (x_0, y_1) , (x_0, y_2) des zu lokalisierenden Objekts **210** sind die aus den unterschiedlichen Positionen resultierenden Dopplerfrequenzverläufe exemplarisch in [Fig. 4](#) gezeigt.

[0051] [Fig. 4](#) zeigt drei zu den in [Fig. 2](#) angedeuteten Positionen (x_0, y_0) , (x_0, y_1) , (x_0, y_2) des zu lokalisierenden Objekts **210** zuordenbare Dopplerfrequenzverläufe **400a**, **400b**, **400c**. Die Dopplerfrequenzen bewegen sich dabei in einem Bereich von $\pm f_{D,max}$ um die Trägerfrequenz f_c . Dort, wo die Kurven einen Frequenzwert von f_c aufweisen, befindet sich also der Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs. Da für die in [Fig. 2](#) beispielhaft angedeuteten Positionen (x_0, y_0) , (x_0, y_1) , (x_0, y_2) des zu lokalisierenden Objekts jeweils die x-Koordinate x_0 identisch ist, besitzen die drei in [Fig. 4](#) gezeigten Dopplerfrequenzverläufe sämtlich ihren Nulldurchgang bei $x = x_0$.

[0052] Jedoch weisen die Dopplerfrequenzverläufe in einem Bereich um den Nulldurchgang bei $x = x_0$ unterschiedliche Steigungen auf, was auf die verschiedenen y-Koordinaten zurückzuführen ist. Ist der Objekt-Ort relativ nah an dem Antennen-Array **120** gelegen, wie beispielsweise der Ort mit den Koordinaten (x_0, y_1) , so wird die Steigung in einem Bereich um den Nulldurchgang des entsprechenden Dopplerfrequenzverlaufs **400b** einen relativ großen Wert aufweisen. Ist hingegen ein Objekt relativ weit vom Antennen-Array **120** entfernt, wie dies für den Ort mit den Koordinaten (x_0, y_2) der Fall ist, so wird die Steigung des resultierenden Dopplerfrequenzverlaufs im Bereich um seinen Nulldurchgang relativ gering sein, so wie dies für die Kurve **400c** gezeigt ist. Die Erklärung dafür findet sich in dem Kosinus-Term der Gleichung (2). Für einen Ort nahe des Antennen-Arrays **120** sind die Winkel an die meiste Zeit sehr klein, außer für einen kleinen Bereich um die x-Koordinate x_0 . Für relativ weit vom Antennen-Array **120** entfernte Orte sind die Winkel an hingegen die meiste Zeit entsprechend relativ groß.

[0053] Somit entsteht je nach x-, y-Koordinate eines zu lokalisierenden Objekts **210** von dem Antennen-Array **120** ein spezifischer und eindeutiger Dopplerfrequenz Verlauf. Die x-Position des zu lokalisierenden Objekts **210**, welches einen Sender für das periodische Signal aufweisen kann, wird dabei durch die Ermittlung des Nulldurchgangs der Dopplerfrequenzkurve gemessen. Die y-Position kann durch die Steigung bzw. die Krümmung des Dopplerfrequenzverlaufs bei dem Nulldurchgang bestimmt werden.

[0054] An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass eine zweite Koordinate bzw. eine y-Koordinate nur dann eindeutig ermittelbar ist, wenn ein zweidimensionaler Ortbestimmungsbereich definiert ist. Im allgemeinen weist die Steigung des Dopplerfrequenzverlaufs im Nulldurchgang auf einen Ort hin, der sich auf einem Zylinder befinden kann, wobei der Geschwindigkeitsvektor \vec{v} der linearen Antennenbewegung die Längsachse des Zylinders beschreibt. Für eine eindeutige Ortsbestimmung innerhalb eines zweidimensionalen Ortbestimmungsbereichs ist es daher vorteilhaft, wenn sich die Längsachse des Zylinders, also der Geschwindigkeitsvektor \vec{v} am Rand bzw. außerhalb des Ortbestimmungsbereichs befindet. Befindet sich die Längsachse des Zylinders hingegen innerhalb des zweidimensionalen Ortbestimmungsbereichs, ist aufgrund der Rotations-symmetrie eines Zylinders eine eindeutige Bestimmung der zweiten Koordinate nicht ohne Weiteres möglich.

[0055] Weiterhin ist mit dem erfindungsgemäßen Konzept ebenso eine exakte Positionsbestimmung in einem dreidimensionalen Ortbestimmungsbereich möglich. Wird ein dreidimensionaler Ortbestimmungsbereich durch ein Koordinatensystem mit drei jeweils aufeinander senkrecht stehenden Koordinatenachsen (x, y, z) de-

finiert, so kann mit dem erfindungsgemäßen Konzept eine Ortsbestimmung für ein zu lokalisierendes Objekt im dreidimensionalen Raum durchgeführt werden, indem beispielsweise ein Antennen-Array parallel zur x-Achse angeordnet wird und ein zweiter Antennen-Array darauf senkrecht stehend parallel zur z-Achse. Mit dem ersten Antennen-Array lässt sich, wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, eine zweidimensionale Ortsbestimmung durchführen (x- und y-Koordinate) und mit dem zweiten Antennen-Array lässt sich beispielsweise die verbleibende dritte Koordinate (z-Koordinate) ermitteln. Vorteilhafterweise befinden sich dabei die Antennen-Arrays jedoch am Rand bzw. außerhalb des dreidimensionalen Ortsbestimmungsbereichs.

[0056] Ebenso ist zur dreidimensionalen Ortsbestimmung der Einsatz einer zweidimensionalen Antennen-Matrix denkbar, die beispielsweise parallel zu einer (x,z)-Ebene am Rande bzw. außerhalb eines dreidimensionalen Ortsbestimmungsbereichs angeordnet werden kann.

[0057] Weiterhin soll erwähnt werden, dass die lineare Bewegung zur Erzielung des Doppler-Effekts nicht nur elektronisch simuliert werden kann, sondern dass diese Bewegung tatsächlich auch physikalisch herbeigeführt werden kann. Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist es beispielsweise denkbar, dass eine einzelne Antenne parallel zu einer Koordinaten-Achse am Rande eines Ortsbestimmungsbereichs auf einer Bewegungsvorrichtung, beispielsweise einem auf Schienen geführten Schlitten, hin und her bewegt wird. Wird die Antennenbewegung tatsächlich physikalisch bzw. mechanisch realisiert, so kann auf eine zusätzliche elektronische Verarbeitung der empfangenen periodischen Signale verzichtet werden, da in diesem Fall ein empfangenes Signal einen kontinuierlichen Frequenzverlauf aufweist und keine Phasensprünge hat. Allerdings werden in der Praxis mit einer mechanischen Bewegungsvorrichtung nur moderate Geschwindigkeiten zu erzielen sein.

[0058] Wie im Vorhergehenden bereits erwähnt wurde, kann ein Auflösungsvermögen des erfindungsgemäßen Konzepts dadurch erhöht werden, indem die Geschwindigkeit der linearen Bewegung bzw. der simulierten linearen Bewegung erhöht wird. Bei einem System, bei dem die lineare Bewegung elektronisch simuliert wird, kann dies durch schnelleres sequenzielles Schalten der einzelnen Antennen erfolgen. Vorzugsweise werden damit gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung simulierte Geschwindigkeiten $v > c/1000$ erreicht, wobei c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet.

[0059] Beträgt die Geschwindigkeit beispielsweise $v = c/100$ und ist die Trägerfrequenz des periodischen Signals $f_c = 2.4$ GHz, so ergibt sich eine maximale betragsmäßige Dopplerfrequenzverschiebung von $f_{D,max} = 24$ MHz. Besitzen Antennen eines Antennen-Arrays einen beispielsweise einen Abstand $d = 10$ cm zueinander und werden mittels einer Schaltvorrichtung **320** zeitlich sequentiell aktiv geschaltet, um eine Antennenbewegung zu simulieren, so beträgt die Schaltzeit ΔT ca. 33ns, um die Geschwindigkeit $v = c/100$ zu simulieren.

[0060] Des weiteren soll erwähnt werden, dass die Antennen eines Antennen-Arrays bzw. die Antenne auf einem bewegten Schlitten nicht nur als Empfangsantennen für ein vom zu lokalisierenden Objekt ausgesendetes periodisches Signal dienen können, sondern sie können gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung auch als Sendeantennen fungieren. Bei dieser Ausführungsform benötigt das zu lokalisierende Objekt einen entsprechenden Empfänger, um mit einer erfindungsgemäßen Ortsbestimmungseinrichtung wenigstens eine Koordinate des Objekt-Ortes basierend auf dem Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs ermitteln zu können. Soll der von dem zu lokalisierenden Objekt ermittelte Objekt-Ort beispielsweise einem zentralen Rechner zur Verfügung gestellt werden, so benötigt das zu lokalisierende Objekt zusätzlich beispielsweise einen Funksender, um den ermittelten Objekt-Ort an die zentrale Recheneinheit zu übermitteln.

[0061] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist es möglich, relevante Positionen bzw. die dazugehörigen Dopplerfrequenzverläufe eines Objekts mit einer gewünschten Genauigkeit in einem Ortsbestimmungsbereich vorab auszumessen und die Messwerte bzw. Dopplerfrequenzverläufe beispielsweise in einer sogenannten Lookup-Tabelle den jeweiligen Objekt-Koordinaten zuzuordnen und zu speichern. Genauso ist es natürlich denkbar, dass Dopplerfrequenzverläufe zu Objektpositionen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in dem Ortsbestimmungsbereich mittels mathematischer Formeln berechnet werden, um anschließend in einer Lookup-Tabelle den entsprechenden Objekt-Koordinaten zugeordnet zu werden. Wird anschließend ein Dopplerfrequenzverlauf für einem beliebigen Ort des Ortsbestimmungsbereichs gemessen, so können diese Messwerte daraufhin mit den vorab gemessenen oder berechneten und gespeicherten Werten bzw. Dopplerfrequenzverläufen aus der Lookup-Tabelle verglichen werden und somit gegebenenfalls einem Objekt-Ort zugeordnet werden.

[0062] Soll eine Positionsbestimmung eines zu lokalisierenden Objekts besonders zuverlässig erfolgen, so

können um einen Ortsbestimmungsbereich auch mehrere erfindungsgemäße Einrichtungen mit wenigstens einer Antenne zum sequentiellen Senden oder Empfangen von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten bereitgestellt werden. Bei diesen Einrichtungen kann es sich, wie im vorhergehenden bereits beschrieben wurde, beispielsweise um Antennen-Arrays handeln. Dazu zeigt [Fig. 5](#) einen schematischen Aufbau eines Positionsbestimmungssystems für ein Spielgerät bzw. einen Ball bei einem Fußballspiel.

[0063] [Fig. 5](#) zeigt ein Fußballfeld **500**, das einem Ortsbestimmungsbereich entspricht, einem ersten Antennen-Array **120-1** parallel zu einer ersten Seitenauslinie des Fußballfelds **500**, einem zweiten Antennen-Array **120-2** parallel zu einer zweiten Seitenauslinie des Fußballfelds **500**, einem dritten Antennen-Array **120-3** parallel zu einer ersten Torauslinie des Fußballfelds **500** und einem vierten Antennen-Array **120-4** parallel zu einer zweiten Torauslinie des Fußballfelds **500**.

[0064] Mit dem in [Fig. 5](#) gezeigten System kann auf redundante Art und Weise die Position des Spielballs ermittelt werden. Dies erfolgt mittels des im vorhergehenden beschriebenen erfindungsgemäßen Konzepts derart, dass beispielsweise alle vier Antennen-Arrays **120-1** bis **120-4** als Empfangs-Arrays wirken und gleichzeitig angesteuert werden. Eine nicht gezeigte Ortsbestimmungseinrichtung erhält daraufhin vier Dopplerfrequenzverläufe entsprechend den vier Antennen-Arrays **120-1** bis **120-4**, die idealer Weise alle vier demselben Objekt-Ort zuordenbar sind. Bei Systemen, die auf einer Funkortung basieren, kann es im Allgemeinen jedoch vorkommen, dass durch Reflexionen oder Abschattungen der Funkwellen ungenaue Resultate bezüglich einer Positionsbestimmung erzielt werden. Liefert beispielsweise einer der vier Antennen-Arrays **120-1** bis **120-4** ein ungenaues bzw. mehrdeutiges Resultat, so liefert mit hoher Wahrscheinlichkeit wenigstens ein anderer der verbleibenden Antennen-Arrays ein genaues Resultat, welches dann zur Positionsbestimmung herangezogen werden kann. Eine mögliche Plausibilitätsprüfung könnte beispielsweise eine Steigungs- bzw. Symmetriebeurteilung des Dopplerfrequenzverlaufs links und rechts des Nulldurchgangs sein. Weist der Dopplerfrequenzverlauf beispielsweise auf einer Seite des Nulldurchgangs eine andere Steigung auf als auf der jeweils anderen Seite, so deutet dies auf eine unzureichende Messgenauigkeit hin. Durch Reflexionen bzw. Abschattungen können beispielsweise die Empfangssignale bestimmter Antennen des Antennen-Arrays ausfallen bzw. verfälscht werden. Hält ein Dopplerfrequenzverlauf eines Antennen-Arrays einer Plausibilitätsprüfung nicht stand, so kann der Dopplerfrequenzverlauf eines weiteren Antennen-Arrays zugrunde gelegt werden.

[0065] Bei dem in [Fig. 5](#) dargestellten Positionsbestimmungssystem ist es zudem denkbar, dass die vier Empfangs-Antennen-Arrays **120-1** bis **120-4** nicht zeitgleich, sondern zeitlich sequentiell angesteuert werden. In einem ersten Zeitintervall ist also der erste Antennen-Array **120-1** aktiv, in einem zweiten Zeitintervall ist der zweite Antennen-Array **120-2** aktiv usw.

[0066] Außerdem können, wie im vorhergehenden bereits beschrieben wurde, die Antennen-Arrays **120-1** bis **120-4** auch als Sende-Antennen-Arrays verwendet werden, wenn sich eine entsprechende Empfangs- und Ortsbestimmungseinrichtung im Ball befindet. Bei der Verwendung nur einer Trägerfrequenz f_c werden bei diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Sende-Antennen-Arrays jedoch vorzugsweise in aufeinander folgenden Zeitintervallen betrieben, da sich sonst die Empfangssignale der verschiedenen Antennen-Arrays **120-1** bis **120-4** im Ball überlagern und eine Signalunterscheidung damit erschwert wird. Wird für jeden Array eine unterschiedliche Trägerfrequenz verwendet, so können die Sende-Antennen-Arrays auch zeitgleich betrieben werden und die Signale durch eine entsprechende Filtervorrichtung getrennt werden.

[0067] Weitere Anwendungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Konzepts sind natürlich auch bei anderen Sportarten zu sehen, in denen beispielsweise kritische Torentscheidungen bzw. Linienentscheidungen zu fällen sind.

[0068] Der Einsatz des erfindungsgemäßen Konzepts zur Positionsbestimmung ist zudem auch in anderen Bereichen, wie beispielsweise der Logistik, denkbar. In der Logistik gilt es oftmals Objekte beispielsweise in Lagerhallen zu lokalisieren. Dazu können Lagerhallen auf ähnliche Art und Weise mit Antennen-Arrays bzw. beweglichen Einzelantennen ausgestattet werden, um Positionen von interessierten Objekten bestimmen zu können. Dabei kann das beschriebene erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise im Rahmen eines RF-ID-Systems eingesetzt werden, wobei zu lokalisierende Objekte mit passiven oder aktiven RF-ID-Transpondern ausgestattet sind.

[0069] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den Gegebenheiten das erfindungsgemäße Schema auch in Software implementiert sein kann. Die Implementierung kann auf einem digitalen Speichermedium, insbesondere einer Diskette oder einer CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die

so mit einem programmierbaren Computersystem und/oder Mikrocontroller zusammenwirken können, dass das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computerprogrammprodukt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Rechner und/oder Mikrocontroller abläuft. In anderen Worten ausgedrückt kann die Erfindung somit als ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computerprogramm auf einem Computer und/oder Mikrocontroller abläuft.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**100**) zum Liefern einer Information über ein Objekt-Ort in einem Ortsbestimmungsbereich (**200**), in dem sich das Objekt (**210**) befindet, wobei dem Objekt-Ort eine erste Koordinate (x) zuordenbar ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (**110**) mit wenigstens einer Antenne (**120**) zum sequentiellen Senden oder Empfangen von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz (f_c) an verschiedenen Orten; und
einer Ortsbestimmungseinrichtung (**120**) zum Ermitteln der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenzverlaufs der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne (**120**) entspricht, den sie beim Senden oder Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung (**110**) mit wenigstens einer Antenne (**120**) eine Mehrzahl von Antennen (**120a**, **b**) aufweist, wobei jede der Mehrzahl von Antennen (**120a**, **b**) sequentiell als Empfangsantenne betrieben wird, um eine Antennenbewegung elektronisch zu simulieren und ein von dem Objekt (**210**) gesendetes periodisches Signal zu empfangen.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung (**110**) mit wenigstens einer Antenne (**120**) eine Mehrzahl von Antennen (**120a**, **b**) aufweist, wobei jede der Mehrzahl von Antennen (**120a**, **b**) sequentiell als Sendeantenne betrieben wird, um eine Antennenbewegung elektronisch zu simulieren und zu dem Objekt (**210**) ein periodisches Signal zu senden.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei die Vorrichtung zusätzlich eine Schalteinrichtung (**320**) umfasst, um jede Antenne der Mehrzahl von Antennen (**120a**, **b**) zeitlich sequentiell als Sende- bzw. Empfangsantenne zu schalten.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung (**110**) zum sequentiellen Senden oder Empfangen eine entlang des Ortsbestimmungsbereichs (**200**) linear bewegbare Einzelantenne umfasst.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (**110**) zum sequentiellen Senden oder Empfangen ausgebildet ist, um eine Antennen-Bewegungsgeschwindigkeit $v > c/1000$ zu erwirken, wobei c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Ortsbestimmungseinrichtung (**130**) ferner ausgebildet ist, um eine zweite Koordinate (y) des Objekt-Orts basierend auf einer Steigung des Dopplerfrequenzverlaufs in dem Nulldurchgang des Dopplerfrequenzverlaufs zu ermitteln.

8. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Ortsbestimmungseinrichtung (**130**) ein analoges Bandpassfilter mit einem Durchlassbereich um die Trägerfrequenz f_c zum Filtern der Signale von der wenigstens einen Antenne (**120**) aufweist.

9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Ortsbestimmungseinrichtung (**130**) einen A/D-Wandler und ein digitales Bandpassfilter mit einem Durchlassbereich um die Trägerfrequenz f_c zum Filtern der Signale von den wenigstens einen Antenne (**120**) aufweist.

10. Bewegliches Objekt (**210**) für eine Positionsbestimmung in einem Ortsbestimmungsbereich (**200**), mit folgenden Merkmalen:
einem Sender zum Senden von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz f_c .

11. Bewegliches Objekt (**210**) für eine Positionsbestimmung in einem Ortsbestimmungsbereich (**200**), mit folgenden Merkmalen:

einem Empfänger zum Empfangen von periodischen Signalen von einer Einrichtung **(110)** mit wenigstens einer Antenne **(120)** zum sequentiellen Senden von den periodischen Signalen einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten; und
 einer Ortsbestimmungseinrichtung **(130)** zum Ermitteln der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenzverlaufs, der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne **(120)** entspricht, den sie beim Senden des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.

12. Positionsbestimmungssystem mit folgenden Merkmalen:

einer Vorrichtung **(100)** zum Liefern einer Information über einen Objekt-Ort in einem Ortsbestimmungsbereich **(200)**, in dem sich das Objekt **(210)** befindet, wobei dem Objekt-Ort eine erste Koordinate (x) zuordenbar ist, mit
 einer Einrichtung **(110)** mit wenigstens einer Antenne **(120)** zum sequentiellen Empfangen von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten,
 einer Ortsbestimmungseinrichtung **(130)** zum Ermitteln der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenz-Verlaufs, der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne **(120)** entspricht, den sie beim Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat; und
 einem Objekt, dessen Position bestimmt werden kann, mit
 einem Sender zum Senden eines periodischen Signals mit der Trägerfrequenz f_c .

13. Positionsbestimmungssystem mit folgenden Merkmalen:

einer Vorrichtung **(100)** zum Liefern einer Information über einen Objekt-Ort in einem Ortsbestimmungsbereich **(200)**, in dem sich das Objekt **(210)** befindet, wobei dem Objekt-Ort eine erste Koordinate (x) zuordenbar ist, mit
 einer Einrichtung **(110)** mit wenigstens einer Antenne **(120)** zum sequentiellen Senden von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten; und
 einem Objekt **(210)**, dessen Position bestimmt werden kann, mit
 einem Empfänger zum Empfangen von periodischen Signalen von der Einrichtung **(110)** mit der wenigstens einen Antenne **(120)** zum sequentiellen Senden periodischer Signale mit der Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten,
 einer Ortsbestimmungseinrichtung **(130)** zum Ermitteln der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenzverlaufs, der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne entspricht, den sie beim Senden des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.

14. Verfahren zum Liefern einer Information über ein Objekt-Ort in einem Ortsbestimmungsbereich **(200)**, in dem sich das Objekt **(210)** befindet, wobei dem Objekt-Ort eine erste Koordinate (x) zuordenbar ist, mit folgenden Schritten:

sequentielles Senden oder Empfangen von periodischen Signalen mit einer Trägerfrequenz (f_c) an verschiedenen Orten mit wenigstens einer Antenne **(120)**; und
 Ermitteln der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenzverlaufs der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne **(120)** entspricht, den sie beim Senden oder Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.

15. Positionsbestimmungsverfahren mit folgenden Schritten:

Senden eines periodischen Signals mit einer Trägerfrequenz f_c ;
 sequentielles Empfangen des periodischen Signals mit der Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten mit wenigstens einer Antenne **(120)**; und
 Ermitteln einer ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenz-Verlaufs, der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne **(120)** entspricht, den sie beim Empfangen des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.

16. Positionsbestimmungsverfahren mit folgenden Schritten:

sequentielles Senden eines periodischen Signals mit einer Trägerfrequenz f_c an verschiedenen Orten mit we-

nigstens einer Antenne (**120**);

Empfangen des periodischen Signals mit der Trägerfrequenz f_c ; und

Ermitteln einer ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts basierend auf einem Nulldurchgang eines Dopplerfrequenz-Verlaufs, der der ersten Koordinate (x) des Objekt-Orts zuordenbar ist, wobei die erste Koordinate (x) des Objekt-Orts einer Koordinate des Ortes der wenigstens einen Antenne (**120**) entspricht, den sie beim Senden des periodischen Signals bei dem Nulldurchgang relativ zu dem Objekt-Ort hat.

17. Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung der Verfahren gemäß den Ansprüchen 14–16, wenn das Computer-Programm auf einem Computer oder Mikrocontroller abläuft.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG 1

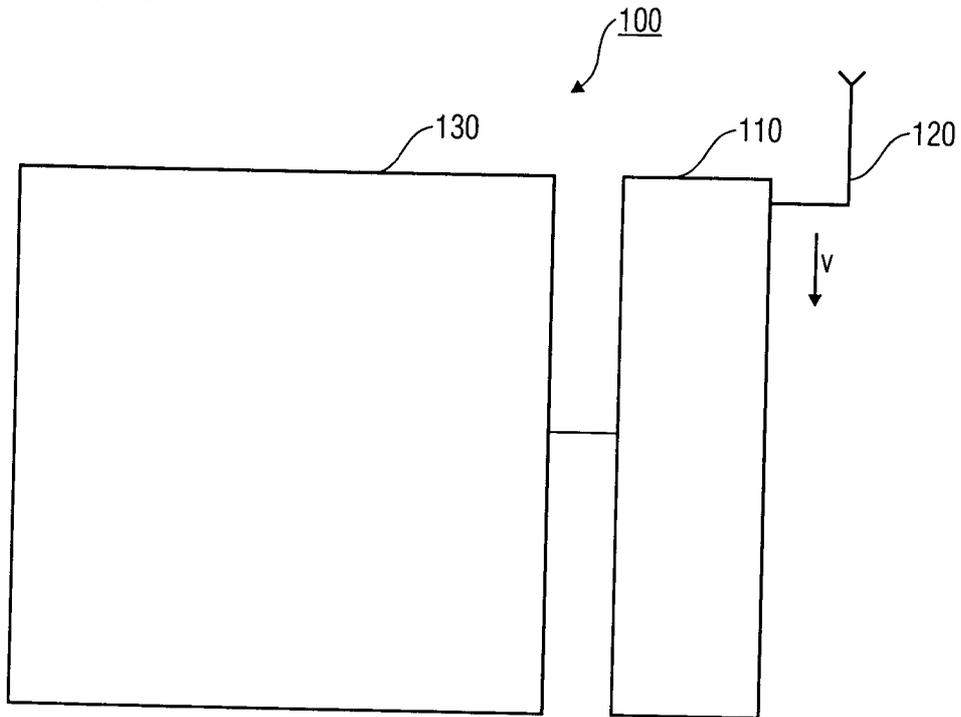


FIG 2

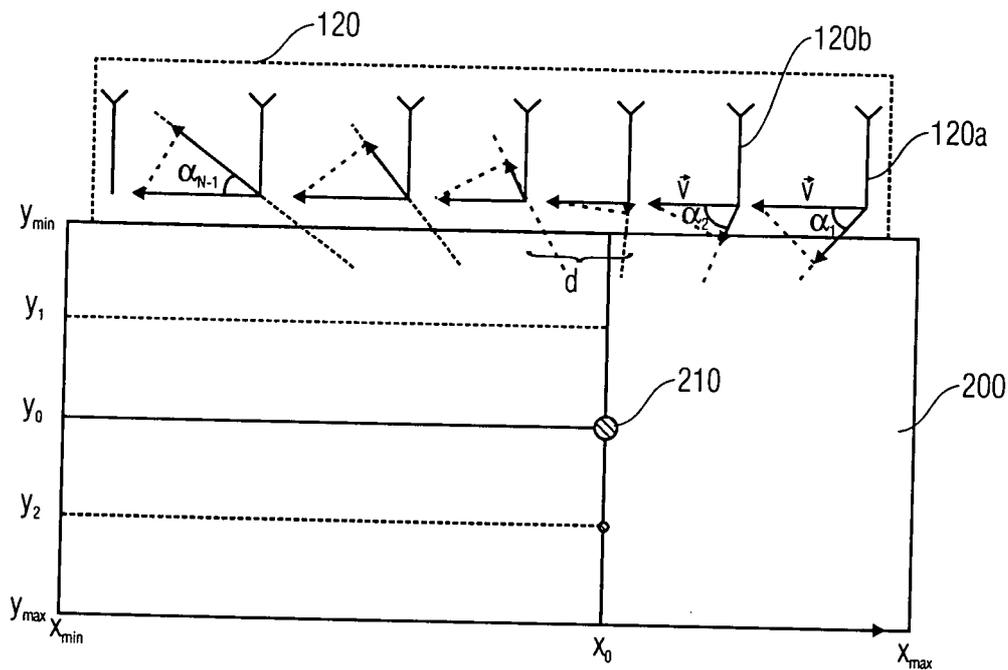


FIG 3

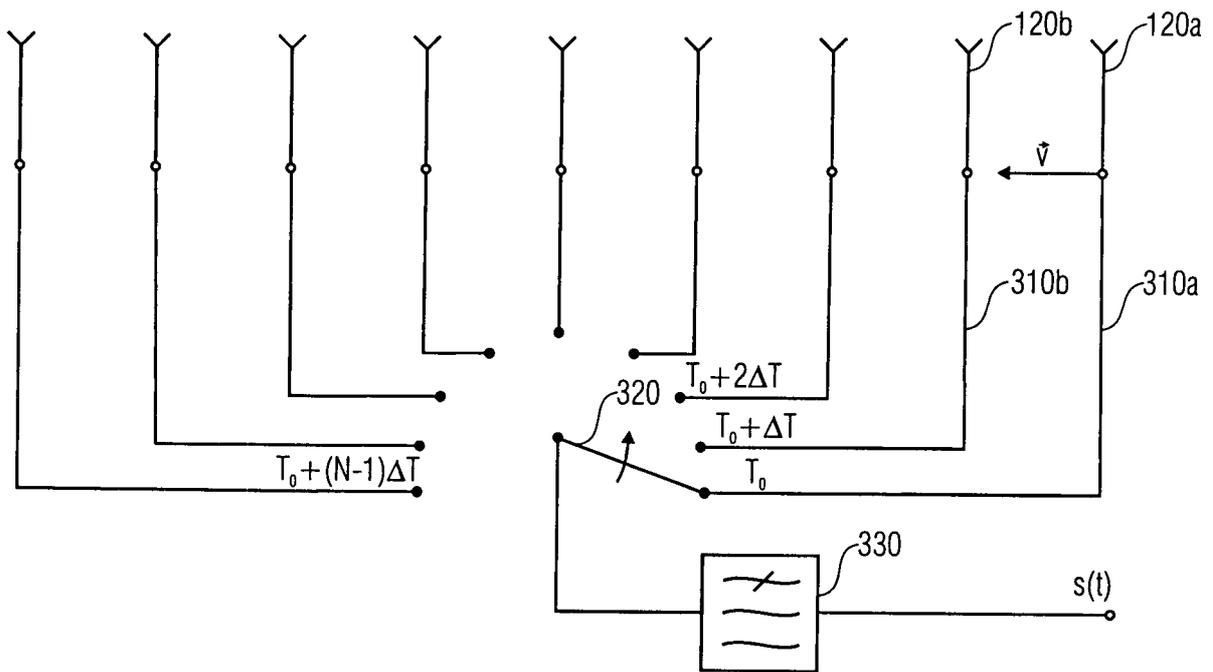


FIG 4

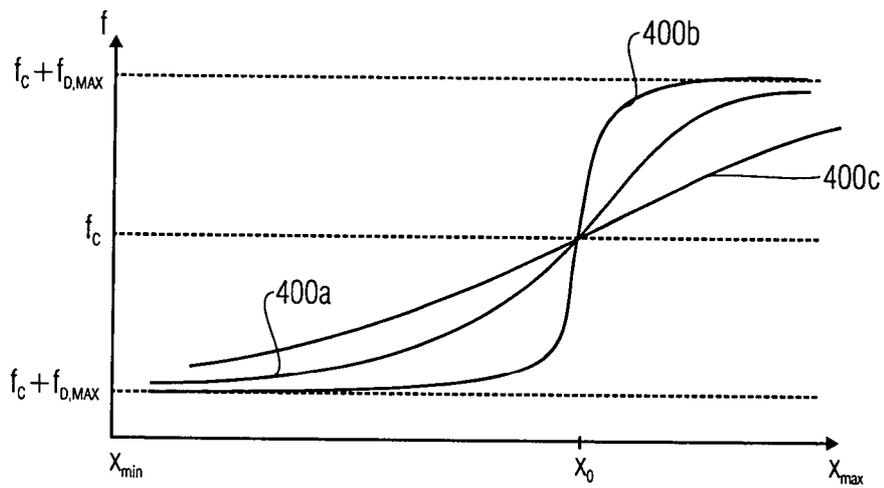


FIG 5

