

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Februar 2005 (17.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/015257 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01S 13/87, 7/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/051561

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juli 2004 (21.07.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 36 084.0 6. August 2003 (06.08.2003) DE

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

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VOSSIEK, Martin [DE/DE]; Theodor-Bötel-Weg 23, 31139 Hildesheim

(DE). WIEBKING, Leif [DE/DE]; Antwerpener Str. 21, 80805 München (DE). PISTOR, Klaus [DE/DE]; Prof.-Messerschmitt-Str. 18, 85579 Neubiberg (DE). CHRISTMANN, Mark [DE/DE]; Weddigenstr. 29, 81737 München (DE).

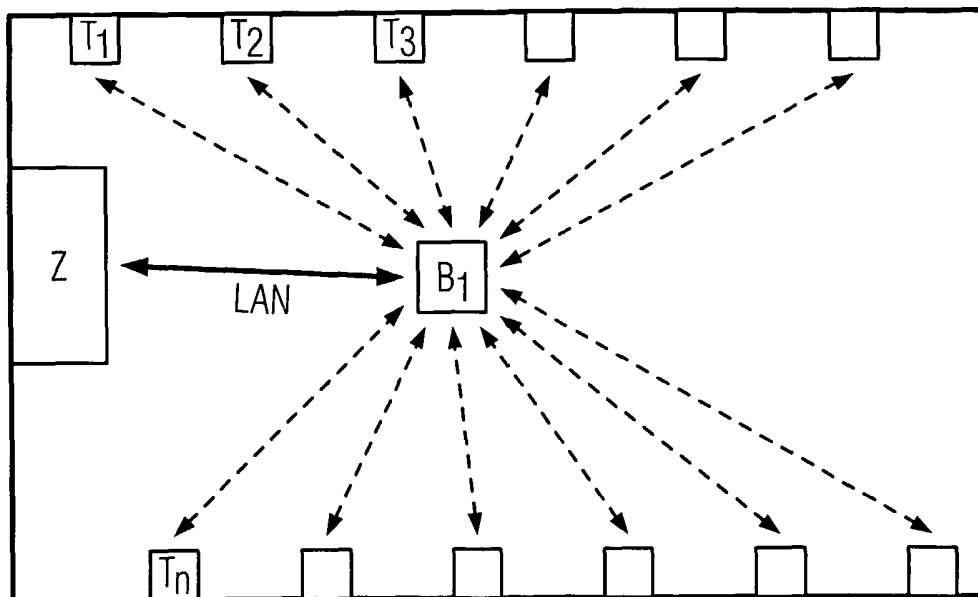
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM FOR DETERMINING THE POSITION OF A MOBILE TRANSCEIVER IN RELATION TO FIXED TRANSPONDERS

(54) Bezeichnung: SYSTEM ZUR BESTIMMUNG DER POSITION EINES BEWEGLICHEN TRANSCEIVERS IN BEZUG AUF ORTSFESTE TRANSPONDER



[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/015257 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Abstract:** The invention relates to a local position measuring system. In said system a base station is located on a mobile object, whose position is to be determined and a plurality of transponders are distributed around the locality.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem lokalen Positionsmesssystem ist eine Basisstation an einem mobilen Objekt angeordnet, dessen Position zu bestimmen ist, während eine Vielzahl von Transpondern im Raum verteilt ist.

SYSTEM ZUR BESTIMMUNG DER POSITION EINES BEWEGLICHEN TRANSCEIVERS IN BEZUG AUF ORTSFESTE TRANSPONDER

1

Beschreibung

Lokales Positionsmesssystem

- 5 Im Bereich der Materialverfolgung und Logistik besteht ein großer Bedarf an Systemen die in der Lage sind die lokale Position von Transportmitteln, wie Kränen, Fahrzeugen, Trolleys, Hubwagen, Gabelstaplern, AGVs (Automated Guided Vehicles) zu bestimmen.
- 10 Übliche funkbasierte lokale Positionsmesssysteme arbeiten zumeist derart, dass das mobile Objekt (Kran, Stapler, Fahrzeug etc.) mit einem Transponder versehen wird und die Umgebung des Objektes - also z.B. die Wände einer Werkshalle
- 15 - mit mehreren so genannten Basisstationen ausgestattet wird. Der Transponder sendet dann zyklisch Signale aus, die von allen Basisstationen mit einem charakteristischen Laufzeitunterschied empfangen werden. Durch Verrechnung dieser Laufzeitunterschiede wird dann auf die lokale Position
- 20 des mobilen Objektes geschlossen. Nachteilig ist bei diesen Lösungen, dass es zur exakten Bestimmung der Laufzeitunterschiede in den Basisstationen zwingend notwendig ist, dass entweder die Uhren bzw. die Taktsignale in den Basisstationen höchst synchron laufen, also z.B. teure
- 25 Frequenznormale verwendet werden müssen, und/oder Mittel vorzusehen sind, die die Takte der Basisstationen synchronisieren und/oder aber zusätzliche bzgl. ihrer Position exakt vermessene Referenztransponder verwendet werden. Neben diesen Aufwendungen ist ferner nachteilig, dass
- 30 ein messtechnischer Informationsgewinn erst dadurch erzielt wird, dass zumindest zwei Messwerte von z.B. zwei Basisstationen zu einer Zentraleinheit übertragen und dort miteinander verrechnet werden müssen. Demzufolge ist es bei derartigen Systemen notwendig, dass alle Basisstationen über
- 35 ein drahtgebundenes oder drahtloses Netzwerk mit einer Zentralstation verbunden werden. Da in großen Messbereichen und/oder verwinkelten Räumen zumeist von vielen

Basisstationen auszugehen ist, verursacht ein solches Netzwerk erhebliche Kosten. Diese Kosten können oft weit über den Kosten der eigentlichen Messkomponenten liegen.

5 Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Anordnungen von Systemkomponenten zu Entfernungsmessung mit zugehöriger Systemtopologie sowie Verfahren anzugeben, die Positionsbestimmung eines beweglichen Objekts unter den genannten Umständen besonders kostengünstig und effizient bei
10 gleichzeitig hoher Messgenauigkeit und Messrate lösen.

Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Erfindungen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

15

Dementsprechend verfügt eine Anordnung zum Bestimmen der Position eines mobilen Objekts, insbesondere eines Transportmittels in Form eines Krans, Fahrzeugs, Trolleys, Hubwagens, Gabelstaplers oder AGVs, über eine Basisstation
20 zum Aussenden eines Basissignals und/oder Empfangen von Transpondersignalen und eine Vielzahl von Transpondern zum Empfangen des Basissignals und zum darauf folgendem bzw. dadurch ausgelöstem Aussenden von Transpondersignalen. Weiterhin weist die Anordnung Mittel zum Bestimmen der
25 Position des beweglichen Objekts unter Berücksichtigung der Transpondersignale auf. Die Basisstation ist am mobilen Objekt angeordnet. Die Position der Transponder im Raum ist bekannt, insbesondere sind die Transponder raumfest, beispielsweise in einer Fabrikhalle, angeordnet.

30

Durch die Umkehrung der üblichen Anordnung von Basisstation und Transpondern ergeben sich zahlreiche neue Möglichkeiten und Vorteile, die im Folgenden geschildert werden. Allein aus den Vorteilen wird deutlich, dass eine solche Umkehrung dem
35 Fachmann offensichtlich nicht nahe lag, da er sie bislang nicht vorgenommen hat.

Vorzugsweise sind die Transponder so angeordnet und die Mittel zum Bestimmen der Position so eingerichtet, dass die Position des Objekts nicht nur in der x-y-Ebene etwa der Fabrikhalle bestimmbar ist, sondern auch die Höhe des Objekts über dem Boden, also die Position des Objekts in allen drei Raumdimensionen.

Die Mittel zum Bestimmen der Position sind insbesondere in der Basisstation angeordnet.

Zur besseren Ausnutzung der für die Vielzahl von Transpondern zur Verfügung stehenden Frequenzbänder wird die Anordnung vorteilhaft in Zeit- und/oder Frequenzmultiplex betrieben. Vorzugsweise senden einige der Transponder hierbei aber ihr Transpondersignal in demselben Frequenzband aus. Dazu sind die Transponder beispielsweise mindestens in der zweifachen Entfernung voneinander angeordnet in der das Transpondersignal gerade noch empfangen werden kann. Alternativ sind die Transponder $2D_{max}$ voneinander entfernt, wobei D_{max} die Entfernung ist, in der das Transpondersignal mit einer gewählten statistischen Konfidenz, die beispielsweise etwa 90% beträgt, nicht mehr oberhalb einer gewählten Schwelle liegt. Die Werte der Konfidenz und der Schwelle, insbesondere Rauschschwelle, werden üblicherweise messtechnisch und aus Vorgaben abgeleitet. Die Schwelle wird dabei beispielsweise wie folgt bestimmt.

Vorgabe: 90% der Messwerte im gesamten Arbeitsbereich sollen bei D_{max} höchstens 3dB über dem Rauschen liegen. Dann werden folgende Schritte ausgeführt:

- Rauschen ohne Transponder messen,
- statistische Verteilung der Amplitude A_i des Messsignals in Abhängigkeit des Abstands d bestimmen,
- D_{max} kann dann mit der Vorgabe (90%) ermittelt werden.

Statt 90% kann die gewünschte Konfidenz in anderen Anwendungsfällen beispielsweise auch 80% oder 95% betragen.

Bevorzugt sind die Mittel zum Bestimmen der Position des Objekts so eingerichtet, dass bei der Bestimmung der Position des Objekts eine Position des Objekts in der Vergangenheit berücksichtigt werden kann. Dazu wird diese Position des Objekts in der Vergangenheit gespeichert und mit einem Modell für die Bewegung des Objekts eine prognostizierte Position des Objekts vorhergesagt. Die mit Hilfe des Modells prognostizierte Position des Objekts und die mit Hilfe der Transponder und der Basisstation gemessene Position des Objekts werden dann beide zum Bestimmen der Position des mobilen Objekts berücksichtigt. Hierbei kann ein arithmetisches Mittel aus der prognostizierten und der gemessenen Position gebildet werden. Vorzugsweise werden die prognostizierte und die gemessene Position aber mit Hilfe eines Konfidenzmaßes gewichtet, durch das zum Ausdruck kommt, als wie wahrscheinlich die Richtigkeit der prognostizierten bzw. der gemessenen Position angenommen wird.

In ähnlicher Weise lässt sich bereits der Wert der gemessenen Position für sich alleine verbessern, indem ein Transpondersignal, aus dem sich eine Position ergibt, die über einen vorgegebenen Wert von den Positionen, die sich aus den anderen Transpondersignalen ergeben, und/oder von einer prognostizierten Position abweicht, nicht zum Bestimmen der Position des Objekts berücksichtigt wird.

Das Modell für die Bewegung des Objekts kann so eingerichtet sein, dass näherungsweise eine konstante Beschleunigung des Objekts angenommen wird. Dies hat sich in der Praxis als sehr gute Näherung für Transportmittel herausgestellt.

Die meisten der vorgenannten Aspekte zur Verbesserung der Genauigkeit der Positionsbestimmung können berücksichtigt werden, wenn zum Bestimmen der Position des Objekts ein, insbesondere erweiterter, Kalman-Filter verwendet wird.

Die Anordnung kann schaltungstechnisch besonders kostengünstig ausgeführt werden, wenn die Transponder jeweils einen Oszillator aufweisen, der durch das Basissignal zum aktiven, also mit eigener Energieversorgung betriebenen, Erzeugen des Transpondersignals durch das Basissignal quasiphasenkohärent anregbar ist.

Vorzugsweise ist die Basisstation über eine kabellose Schnittstelle, insbesondere WLAN, mit den Mitteln zum Bestimmen der Position des Objekts verbunden.

Ein mobiles Objekt weist eine Basisstation zum Aussenden eines Basissignals und/oder Empfangen eines Transpondersignals zu und/oder von einer Vielzahl von Transpondern auf, deren Position im Raum bekannt ist, wobei die Position des Objekts unter Berücksichtigung der Transpondersignale bestimmbar ist.

Eine Vielzahl von Transpondern ist in einem Raum angeordnet, um ein Basissignal von einer an einem mobilen Erzeugnis angeordneten Basisstation zu empfangen und daraufhin jeweils Transpondersignale zu senden, unter deren Berücksichtigung die Position des Objekts bestimmbar ist.

In einem Verfahren zum Bestimmen der Position eines mobilen Objekts, insbesondere eines Transportmittels, werden eine Basisstation zum Aussenden eines Basissignals und/oder Empfangen von Transpondersignalen, eine Vielzahl von Transpondern zum Empfangen des Basissignals und dadurch ausgelöstem Aussenden von Transpondersignalen und Mittel zum Bestimmen der Position des Objekts unter Berücksichtigung der Transpondersignale verwendet, wobei die Basisstation am Objekt angeordnet ist und die Position der Transponder im Raum bekannt ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Objekts, der Vielzahl von Transpondern und/oder des Verfahrens ergeben sich analog zu

den vorteilhaften Ausgestaltungen der Anordnung und umgekehrt.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus
5 der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der
Zeichnung. Dabei zeigt:

- Figur 1 eine Anordnung von Transpondern und einer an einem
10 mobilen Objekt angeordneten Basisstation in einer
Halle;
- Figur 2 eine Basisstation und einen Transponders, die
miteinander kommunizieren;
- 15 Figur 3 einen Demodulator für eine Basisstation nach
Figur 2;
- Figur 4 einen alternativen Demodulator für eine
20 Basisstation nach Figur 2;
- Figur 5 Spektralkomponenten einer Anordnung mit einer
Basisstation und einer Vielzahl von Transpondern;
- Figur 6 eine Entfernungsbestimmung über Kantendetektion;
25
- Figur 7 eine Kanalaufteilung im Frequenzbereich;
- Figur 8 einen Hauptkanal mit Mittenfrequenzen von
30 Subkanälen;
- Figur 9 eine mögliche Transponderanordnung bei Verwendung
von Subkanälen;
- Figur 10 eine Transformation von radialen Abständen in
35 kartesische Koordinaten;

- Figur 11 geometrische Größen bei einer trigonometrischen Zielpositionsberechnung;
- Figur 12 Simulation des Messrauschmodells mit einem
5 gausförmig verrauschten Signalpegel;
- Figur 13 eine Fehlerellipse und eine daraus berechnete Gültigkeitsfläche der Abstandsmessungen;
- 10 Figur 14 ein Ablaufschema eines sequentiellen erweiterten Kalman Filters;
- Figur 15 eine Visualisierung des sequentiellen erweiterten Kalman Filters;
- 15 Figur 16 ein Anwendungsszenario für eine intelligente Fabrik;
- Figur 17 einen Einsatz bei einem automatischen Hallenkran;
- 20 Figur 18 ein Blockschaltbild einer Basisstation;
- Figur 19 ein Blockschaltbild eines Transponders.
- 25 Eigenschaften eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Anordnung bestehen darin, dass
- a) die Basisstation basierend auf einem Radar-Messprinzip in der Lage ist, direkt die absolute Entfernung zu einem Transponder zu bestimmen,
 - 30 b) sich die Basisstation auf einem mobilen Objekt befindet und die Transponder, die z.B. an den Raumwänden angebracht sind, als Ort-/Wegmarken fungieren,
 - c) die Transponder das Basissignal (Messsignal) der Basisstation als Transpondersignal kodiert bzw.
 - 35 moduliert zurücksenden, so dass ein Transponder eine charakteristische Kennung hat, die von der Basisstation

erkannt und einer Ortsmarke bzw. einem Raumpunkt zugeordnet werden kann.

Die Vorteile einer solchen Systemtopologie bestehen darin,
5 dass in der einfachsten Ausführung zum einen die Transponder weder untereinander noch mit einer Zentralstation vernetzt sein müssen. Zum anderen führt jede Messung von einer Basisstation zu einem Transponder zu einem Informationsgewinn - sprich einem radialen Entfernungswert zur Ortsmarke. Ferner
10 kann auf eine Synchronisation der Taktsignale von mehreren Transpondern und auf Referenztransponder komplett verzichtet werden

Die Beschreibung beispielhafter und für eine solche
15 Systemtopologie besonders vorteilhafter Transponder und Basisstationen wird unten weiter ausgeführt. Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Anordnung ergeben sich dann aus den Eigenschaften dieser Elemente.

20 Die grundlegende Ausführung der erfindungsgemäßen Topologie zeigt Figur 1 anhand einer beispielhaften Anordnung.

Etwa an den Wänden und/oder der Decke einer Halle sind an definierten Orten, deren Koordinaten im globalen
25 Koordinatensystem vermessen werden müssen, die Transponder T_1, T_2, \dots, T_4 montiert. Vorzugsweise werden die Transponder so angebracht, dass die Basisstation B_1 an jedem Ort des Messareals möglichst viele und möglichst etwa immer gleich viele und im Mittel etwa gleich weit entfernte
30 Transponder in Ihrem Erfassungsbereich auffinden kann. Eine gleichmäßige aber vorzugsweise an den gegenüberliegenden Wänden um 50% versetzte Anordnung der Transponder, wie in Figur 1 angedeutet, löst diese Aufgabe z.B. für schmale rechtwinklige Areale, also z.B. für typische Fabrikhallen,
35 vorteilhaft.

Die Transponder sind lediglich mit Energie zu versorgen und erhalten ihre charakteristische Modulationsfrequenz/Codierung z.B. durch einen Programmiervorgang oder auch durch einen Programmierstecker. Wie schon beschrieben wurde, fallen keine Messdaten an den Transpondern an und somit entfällt ein aufwendiges Hintergrundnetzwerk. Die Transponder fungieren praktisch als Ortsmarken. Die Entfernungsinformation fällt exklusiv an der auf dem vermessenden Objekt montierten Basisstation an, was den Vorteil hat, dass direkt am bewegten Objekt auf die Messdaten basierende Steuerungen vorgenommen werden können. Möchte man die Daten an einem stationären Punkt z.B. in einer Zentralstation Z am Hallenrand zur Verfügung haben, können die Daten von der Basisstation z.B. über eine LAN-Schnittstelle (Local Area Network) LAN, vorzugsweise über eine übliche WLAN (Wireless LAN) Funkschnittstelle, dorthin weitergeleitet werden. Da die Transponder im einfachsten Falle weder eine Schnittstelle noch Mittel zur Signalverarbeitung enthalten müssen, können sie sehr kostengünstig und Strom sparend ausgeführt und des Weiteren einfach montiert und installiert werden. Demzufolge ist es bzgl. der Kosten vertretbar, relativ viele derartige Ortsmarken zu verwenden. Dadurch dass eine Basisstation immer in der Lage ist, eine Vielzahl von Ortsmarken zu bestimmen, ergeben sich einige wichtige Vorteile. Zum einen erhöht jeder zusätzliche radiale Entfernung-Messwert zu einer Ortsmarke die Genauigkeit der räumlichen Ortsbestimmung. Insbesondere kann eine hohe Diversifikation der Messwege das physikalisch unvermeidbare Problem der Messungenauigkeiten aufgrund von Mehrwegereflexionen sehr effektiv vermindern.

Mehrwegereflexionen, also die Eigenschaft, dass Funksignale nicht nur über den kürzesten Weg von der Basisstation zum Transponder und umgekehrt gelangen, sondern auch an Gegenständen und Wänden reflektiert auf Umwegen übertragen werden, sind die Hauptursache für Messfehler bei funkbasierten Entfernungsmesssystemen im Innenbereich. Zum

anderen ergibt sich durch eine große Anzahl von Ortsmarken eine hoch redundante Anordnung. Der Ausfall einzelner Transponder führt bei geeigneter Systemauslegung nur zu einem sehr geringen Genauigkeitsverlust, die Grundfunktionalität der Anordnung bleibt aber auf jeden Fall erhalten. Ein als defekt identifizierter Transponder kann zudem im laufenden Betrieb ausgetauscht werden. Letztere Eigenschaft kann insbesondere in Produktionsanlagen zu ganz erheblichen Kostenersparnissen führen, da nicht jede Störung zu einem Produktionsstopp führt. Durch geeignete Algorithmen, die z.B. prüfen ob an der aktuell bestimmten Position alle zu erwartenden Ortsmarken auffindbar sind, kann das Fehlen bzw. der fehlerhafte Betrieb eines Transponders von der Basisstation erkannt werden. Eine Fehlermeldung an die Leitwarte kann dann die notwendigen Reparaturmaßnahmen zielgerichtet auslösen.

Bisher wurde in den Ausführungen nur eine Topologie mit nur einer Basisstation dargestellt. Selbstverständlich ist die Anordnung aber auch auf Topologien mit mehreren Basisstationen erweiterbar, von denen beispielsweise jeweils eine an einem von mehreren beweglichen Objekten angeordnet ist.

Im Folgenden wird nun zunächst auf besonders vorteilhafte Ausführungen der Grundelemente der Anordnung eingegangen.

Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, weist eine beispielhafte Anordnung einer Basisstation BS und eines Transponders TR der Vielzahl von Transpondern eine Vielzahl von Einzelkomponenten auf. Die Basisstation BS und der Transponder TR kommunizieren miteinander.

Die Basisstation BS umfasst insbesondere einen Oszillator OSZ_B zum Erzeugen eines oszillierenden Signals $s_{tx}(t)$, welches an einem Oszillatorausgang ausgegeben wird bzw. abgegriffen werden kann. Der Oszillatorausgang ist mit einer Sendeantenne

verbunden, die optional zugleich auch als Empfangsantenne ANT_B verwendet werden kann, wie dies hier dargestellt ist, so dass das Signal $s_{tx}(t)$ über die Antenne ANT_B abgestrahlt werden kann.

5

Vorliegend ist in der Basisstation BS zwischen Oszillatorausgang und Antenne ANT_B ein Richtkoppler RK geschaltet. Dieser weist einen weiteren Ausgang auf, der zu einem Mischer RXMIX und weiteren Komponenten führt.

10

Der Transponder TR weist eine Antenne ANT_T auf, mit der das Signal der Basisstation BS, das mit dem Oszillator OSZ_B generiert und über die Antenne ANT_B ausgesendet wurde, als Empfangssignal $e_{rx}(t)$ empfangen werden kann. Beim

15

vorliegenden Beispiel dient die Antenne vorteilhafterweise auch als Sendeantenne ANT_T .

Außerdem weist der Transponder TR einen mit der Antenne ANT_T verbundenen Oszillator OSZ_T auf. Zum Anregen des Oszillators OSZ_T ist außerdem eine Taktsteuerung CLK/Sw bereitgestellt. Der Oszillator OSZ_T wird mit der Taktsteuerung CLK/Sw zyklisch mit einer Frequenz f_{mk} ein- und ausgeschaltet. Das vom Oszillator OSZ_T generierte Signal $s_{OSZ}(t)$ wird dabei quasiphasenkohärent zu dem Vergleichssignal sig_{IN} erzeugt.

25

Entscheidend ist, dass der Oszillator OSZ_B und der Oszillator OSZ_T quasiphasenkohärent (quasiphasenstarr) miteinander verkoppelt sind. Dies geschieht wie folgt: Schaltet man den Oszillator OSZ_T ein, während das von OSZ_B gesendete Signal, also das Transponder-Empfangssignal $e_{rx}(t)$ auf OSZ_T überkoppelt - was dadurch geschieht, dass OSZ_T das Signal von OSZ_B über die Transponderantenne, die mit OSZ_T verbunden ist, aufnimmt - so schwingt OSZ_T mit einer durch das Signal von OSZ_B vorgegebenen Phase an. Die Eigenschaft, dass ein

35 Oszillator in der Einschaltphase versucht, dem Phasenverlauf eines stimulierenden Signals zu folgen, ist eine grundlegende physikalische Eigenschaft eines jeden Oszillators, die hier

jedoch erfindungsgemäß dazu genutzt wird zwei Oszillatoren quasiphasenkohärent miteinander zu verkoppeln bzw. den Oszillator OSZ_T quasiphasenkohärent zum Oszillator OSZ_B bzw. zum Signal $e_{rxt}(t)$ zu betreiben.

5

Sind die Frequenzen der Oszillatoren OSZ_B und OSZ_T exakt gleich, so entspricht $s_{OSZ}(t)$ abgesehen von den Schaltphasen exakt dem Empfangssignal $e_{rxt}(t)$. Weichen die Frequenzen zwischen den Oszillatoren OSZ_B und OSZ_T voneinander ab, so ändert sich während der Einschaltdauer - also nach dem kohärenten Anschwingen - die Phasendifferenz zwischen den beiden Signalen. Ist die Einschaltdauer jedoch sehr kurz, so ist auch die resultierende Phasendifferenz sehr klein, dass die Phasendifferenz zwischen dem Basissignal und dem erzeugten Vergleichssignal klein ist, wobei der Begriff klein in Bezug zur beabsichtigten Kommunikations- bzw. Messaufgabe zu sehen ist. Als Grenze für eine kleine Phasenabweichung wird zum Beispiel häufig der Wert $\pi/10$, also ca. 20° verwendet. Solche Signale mit nur kleinen Phasenabweichungen werden im Folgenden quasiphasenkohärent bezeichnet und die Zeitspanne, in der diese Kohärenz besteht, als Kohärenzzeitlänge. Man kann also die beiden Schwingungen für diese sehr kurze Zeit als nahezu kohärent (hier "quasiphasenkohärent" genannt) betrachten. Schaltet man OSZ_T zyklisch für jeweils eine sehr kurze Zeit ein, bleibt die Quasiphasenkohärenz zwischen den beiden Oszillatoren dauerhaft bestehen, da OSZ_T bei jedem Einschaltvorgang wieder kohärent zur Phase des von OSZ_B erzeugten Signals also dem Empfangssignal $e_{rxt}(t)$ anschwingt. In Endeffekt bedeutet dies, dass das Signal $s_{OSZ}(t)$ nahezu einem Signal entspricht, das sich ergeben würde, wenn das Empfangssignal $e_{rxt}(t)$ mit einem Schalter im selben Takt ausgetastet und zurückgesendet worden wäre. Der entscheidende Unterschied besteht darin, dass $s_{OSZ}(t)$ neu konstruiert wurde und daher eine um mehrere Größenordnungen größere Amplitude aufweist als ein lediglich modulierte zurückreflektiertes Signal.

10
15
20
25
30
35

Im Transponder TR wird ein mehr oder weniger großer Teil eines Empfangssignals $e_{\text{rxt}}(t)$ auf den Oszillator OSZ_T gekoppelt. Das Empfangssignal $e_{\text{rxt}}(t)$ regt den Oszillator OSZ_T quasiphasenkohärent zu Oszillationen an, wodurch dieser ein
5 Oszillatorsignal erzeugt, welches aus dem Oszillator als das Signal $s_{\text{OSZ}}(t)$ ausgekoppelt und über einen Ausgang abgeleitet wird. Der Eingang für das Empfangssignal $e_{\text{rxt}}(t)$ und der Ausgang für das Oszillatorsignal B können ganz oder teilweise identisch sein. Sie können aber auch getrennt voneinander
10 realisiert werden.

Das im Transponder TR generierte Signal $s_{\text{OSZ}}(t)$ wird mittels der Antenne ANT_T des Transponders TR zur Basisstation BS zurückgesendet und von dieser mit der Antenne ANT_B empfangen.

15 Über den Richtkoppler RK wird in der Basisstation BS das derart empfangene Signal von einem momentan gesendeten Signal getrennt und im Mischer RXMIX mit einem Teil des momentan erzeugten Signals von dem Oszillator OSZ_B der Basisstation
20 gemischt.

Mit einem dem Mischer RXMIX nachgeschalteten Filter FLT werden nicht interessierende Mischkomponenten unterdrückt. Vorzugsweise wird dieses Filter FLT der Basisstation BS als
25 Bandpassfilter ausgeführt, wobei die Mittenfrequenz der Taktrate der Taktsteuerung CLK/Sw des Transponders TR angepasst sein sollte.

Die beispielhafte Basisstation ist somit wie ein gängiges
30 FMCW-Radargerät ausgeführt, wobei die dargestellte Topologie nur ein Beispiel darstellt, im Prinzip aber beliebige übliche Ausführungen von CW (Continuous Wave)-Radaren mit oder auch ohne Frequenzmodulation verwendet werden können. Die Frequenzmodulation kann kontinuierlich linear oder aber auch
35 in arbiträren Verläufen oder in diskreten Stufen erfolgen.

Vorteilhafterweise sind lediglich die Komponenten hinter dem Empfangsmischer RXMIX und die Signalauswertung entsprechend der Modulation im Transponder TR anzupassen.

- 5 Die Funktion des vorteilhaften Verfahrens zur Entfernungsmessung lässt sich wie folgt herleiten:

Als Sendesignal $s_{tx}(t)$ der Basisstation wird zunächst ein monofrequentes Signal der Form

10

$$s_x(t) = \sin(\omega_c + \omega_{sw}) \cdot t + \phi_o$$

- angenommen, wobei ω_c die Mittenfrequenz, ω_{sw} eine zunächst feste Modulationsfrequenz, t die Zeit und ϕ_o einen beliebigen Phasenoffset darstellen. Dieses Signal wird von der Basisstation zum Transponder gesendet und trifft um die Laufzeit $\tau/2$, mit $\tau/2 = \text{dist}/c$, dist als Entfernung zwischen Basisstation BS und Transponder TR und c als Lichtgeschwindigkeit, verzögert beim Transponder TR als Transponder-Empfangssignal $e_{rxt}(t) = s_{tx}(t - \tau/2)$ ein. Wie oben beschrieben, wird der Oszillator OSZ_T des Transponders TR zyklisch ein- und ausgeschaltet. Die Periodendauer mit der Oszillator OSZ_T angeschaltet bzw. ausgeschaltet wird, wird im Folgenden mit T_s bezeichnet, wobei $T_s = 1 / (2f_{mk})$
- 25 entspricht.

- Bei jedem Einschaltvorgang schwingt der Oszillator OSZ_T bei bevorzugter Anordnung exakt mit der aktuellen Phase von $e_{rxt}(t)$ auf seiner Schwingfrequenz ω_{osz} an. Wird der Oszillator z.B. zum Zeitpunkt $t = -\tau/2$ eingeschaltet, so schwingt er mit der Phase
- 30

$$\phi_i = \arg\{s_{rxt}(-\frac{\tau}{2})\} = \arg\{s_{tx}(-\tau)\} = (\omega_c + \omega_{sw}) \cdot (-\tau) + \phi_o$$

- 35 an und das Oszillatorsignal $s_{osz}(t)$ entspricht demzufolge:

15

$$s_{\text{osz}}(t) = \sin\left(\omega_{\text{osz}} \cdot \left(t + \frac{\tau}{2}\right) - (\omega_c + \omega_{\text{sw}}) \cdot \tau + \phi_0\right).$$

Das Oszillatorsignal $s_{\text{osz}}(t)$ gelangt dann, wiederum um die Laufzeit $\tau/2$ verzögert, als Empfangssignal $s_{\text{rx}}(t)$ mit

5

$$s_{\text{rx}}(t) = s_{\text{osz}}\left(t - \frac{\tau}{2}\right) = \sin\left(\omega_{\text{osz}} \cdot t - (\omega_c + \omega_{\text{sw}}) \cdot \tau + \phi_0\right)$$

zur Basisstation BS und wird in dieser mit dem aktuellen Sendesignal $s_{\text{tx}}(t)$ gemischt. Vernachlässigt man die

10 hochfrequenten Mischprodukte und geht man vereinfacht davon aus, dass $\omega_{\text{osz}} = \omega_c$ ist, was bei geeigneter Wahl von ω_{sw} ohne Einschränkung der Allgemeinheit möglich ist, so ergibt sich für das Mischsignal $s_{\text{mix}}(t)$

$$15 \quad s_{\text{mix}}(t) = \cos(t \cdot \omega_{\text{sw}} + \tau \cdot (\omega_c + \omega_{\text{sw}})).$$

Im Folgenden wird nun davon ausgegangen, dass hinter dem Empfangsmischer RXMIX elektronische Komponenten/Mittel DEMOD vorgesehen sind, die dazu führen, dass die zeitliche Änderung

20 der Spannung im Zeitintervall zwischen Ein- und Ausschalten, also von $0..T_s$, im Sinne einer Mittelung zu eliminieren ist. Ein einfacher Hüllkurven-Demodulator nach dem Stand der Technik, bei dem das Signal gleichgerichtet und anschließend tiefpassgefiltert wird, würde z.B. in diesem Sinn arbeiten.

25 Eine Ausführung eines solchen einfachen Demodulators DEMOD mit einem Gleichrichter GR und dem Tiefpassfilter TP zeigt Figur 3.

Eine vorteilhaftere, in Figur 4 skizzierte Variante eines

30 Demodulators DEMOD besteht darin, das Misch-Signal vorzugsweise mit einer Frequenz in der Nähe oder gleich der zyklischen Frequenz f_{mk} der Taktsteuerung CLK/Sw auf eine niedrige Frequenz herunterzumischen und anschließend mit einem Filter TP, das zumindest ein Tiefpass-Verhalten

35 aufweist, zu filtern. Eine mögliche Ausführung dieser

Variante weist einen Lokaloszillator LOZF, einen Mischer ZFMIX und einen Filter FLT auf. Wird die Frequenz des Lokaloszillators LOZF so ausgelegt, dass negative Mischfrequenzen entstehen können, so ist der Mischer ZFMIX, wie dies allgemein bekannt ist, als IQ-Mischer (IQ: In-Phase und Quadratur-Phase, d.h. 90° phasenverschoben), der Real- und Imaginärteil liefert, auszulegen. Das Filter FLT ist vorzugsweise als Tiefpassfilters oder Bandpassfilter auszuführen.

10

Im Zeitintervall 0 bis TS betrachtet, bewirken die dargestellten Mittel, dass eine Art Effektivwert der Spannung vom Mischsignal $s_{\text{mix}}(t)$ bestimmt wird. Dieser Effektivwert bildet dann im Folgenden das eigentliche Messsignal $s_{\text{mess}}(t)$.

15

Konstante Amplitudenfaktoren werden bei der folgenden Darstellung ohne Verlust an Allgemeingültigkeit vernachlässigt. Der Effektivwert von $s_{\text{mix}}(t)$ im Zeitintervall 0 bis TS, also $s_{\text{mess}}(t)$, berechnet sich, wie folgt:

$$s_{\text{mess}}(t) = \int_0^{T_s} s_{\text{mix}}(t) = \text{const.} \cdot \frac{\cos\left(\omega_c \cdot \tau + \omega_{\text{sw}} \cdot \tau + \frac{1}{2} \cdot T_s \cdot \omega_{\text{sw}}\right) \cdot \sin\left(\frac{1}{2} T_s \cdot \omega_{\text{sw}}\right)}{\omega_{\text{sw}}}.$$

Da das Messsystem vorzugsweise frequenzmoduliert betrieben wird, wird nachfolgend der Fall betrachtet, bei dem die Modulationsfrequenz ω_{sw} zeitabhängig moduliert wird. Wird ω_{sw} während einer Zeitdauer von T linear von -B/2 bis +B/2 über die Bandbreite B verstimmt, gilt also

25

$$\omega_{\text{sw}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot B \cdot t}{T},$$

30

so ergibt sich aus $s_{\text{mess}}(t)$ für das resultierende FMCW-Messsignal $s_{\text{messfmcw}}(t)$:

17

$$s_{\text{messfmcw}}(t) = \cos\left(\omega_c \cdot \tau + \frac{2 \cdot \pi \cdot B \cdot t \cdot \tau}{T} + \frac{\pi \cdot B \cdot t \cdot T_s}{T}\right) \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot B \cdot t \cdot T_s}{T}\right)}{\left(\frac{\pi \cdot B \cdot t}{T}\right)}.$$

Wie zuvor dargestellt wurde, wird in der Herleitung mit dem Signal $s_{\text{messfmcw}}(t)$ lediglich das Signal während einer

5 Einschaltperiode exakt wiedergegeben. Dadurch dass dieses Signal zusätzlich durch die periodische Modulation im Transponder moduliert wird, entstehen eine

Frequenzverschiebung von $s_{\text{messfmcw}}(t)$ bzw. zusätzliche Spektralkomponenten. Da dieser Effekt einer Modulation

10 allgemein bekannt und z.B. in M. Vossiek, R. Roskosch und P. Heide: "Precise 3-D Object Position Tracking using FMCW Radar", 29th European Microwave Conference, München, Deutschland, 1999 beschrieben wird, wird im Folgenden nur

eine einzelne Spektralkomponente exemplarisch betrachtet,

15 bzw. das Signal $s_{\text{messfmcw}}(t)$, zunächst so, als sei es nicht zyklisch moduliert worden.

Dieses Messsignal $s_{\text{messfmcw}}(t)$ weist nun zwei entscheidende und sehr vorteilhafte Unterschiede zu Signalen von Standard FMCW-

20 Transponder-Systemen auf.

Zum einen ist die Messfrequenz f_{mess} , die der Ableitung der Phase des cos-Argumentes, also

$$25 \quad f_{\text{mess}} = \text{dist} \cdot \frac{2 \cdot B}{T \cdot c} + \frac{B \cdot T_s}{2 \cdot T} = f_{\text{beat}} + \Delta b,$$

entspricht, um den Frequenzanteil $\Delta b = B \cdot T_s / (2 T)$ verschoben. Die Frequenz f_{beat} entspricht der normalen FMCW-Messfrequenz und beinhaltet die eigentliche Messinformation,

30 nämlich die Entfernung zwischen Basisstation BS und Transponder TR mit $\tau = 2 \text{ dist} / c$. Zum anderen ist das Signal $s_{\text{messfmcw}}(t)$ mit einer trigonometrischen, insbesondere Si-Funktion ($\text{Si}(x) = \text{Sinus}(x)/x$) amplitudengewichtet. Transformiert man dieses amplitudengewichtete Signal mit der

Fouriertransformation in den Frequenzbereich, so werden die hervorragenden messtechnischen Eigenschaften dieses Signals deutlich. Die Fouriertransformierte der vorliegenden Si-Funktion ergibt eine Rechteckfunktion, wobei die Breite Δp
5 des Rechtecks

$$\Delta p = \frac{B \cdot T_s}{T}$$

beträgt.

10

Ähnlich wie auch schon in M. Vossiek, R. Roskosch und P. Heide: "Precise 3-D Object Position Tracking using FMCW Radar", 29th European Microwave Conference, München, Deutschland, 1999 für sich genommen dargestellt wurde, wobei
15 von Spitzenwerten ausgegangen wurde, ist es vorteilhaft, den Frequenz - oder Phasen-Abstand, Δf oder $\Delta \Phi$, zwischen den zwei Seitenbändern zur Berechnung der Entfernung *dist* auszuwerten, da dann die Modulationsfrequenz des Transponders T_R , die ja a priori nicht exakt bekannt ist, nicht in die Auswertung mit
20 eingeht. Der Frequenzabstand, Δf entspricht wie in Figur 5 ersichtlich ist zweimal f_{beat} . Wird das Messsignal, wie oben schon dargestellt wurde, mit einem klassischen Hüllkurvendemodulator demoduliert, bzw. mit sonstigen Mitteln möglichst exakt auf die Frequenz 0 oder eine andere möglichst
25 exakt bekannte Frequenz gemischt, so ist natürlich auch der Frequenz-Abstand zu einem Seitenband ,also z.B. f_{beat} , wie es für sich genommen bei normalen FMCW-Systemen üblich ist, zur Entfernungsbestimmung hinreichend.

30

In Figur 5 sind noch einmal zusammenfassend alle Spektralkomponenten des Messsignals der erfindungsgemäßen Anordnung dargestellt. Die Basisband-Frequenzkomponenten ergeben sich aufgrund von direkten Reflexionen am Objekt, wie dies bei einem FMCW Radar üblich ist. Zentriert um die
35 Modulationsfrequenz f_{mk} liegen die Spektralkomponenten / Modulationskomponenten eines Transponders. Durch Bestimmen

von z.B. f_{beat} kann dann mit Hilfe der oben dargestellten Formeln auf den Abstand von der Basisstation zum Transponder geschlossen werden.

- 5 Das Entfernungsspektrum eines Transponders besteht aus zwei zur Mittenfrequenz symmetrischen Spektralblöcken, wobei die Entfernungsinformation vorzugsweise anhand der inneren Kanten der Spektralblöcke bestimmt. Diese Kanten bestimmt man vorzugsweise durch Differenzierung des Spektrums. Wie in
- 10 Figur 6 angedeutet, ist entsprechen die Maxima Extr.2 und Extr.3 des differenzierten Spektrums den Wendepunkten der inneren Kanten. Durch DIST ist die bestimmende Entfernung bezeichnet, SCHW ist der Schwellwert, über dem die detektierten Extrema liegen müssen, und die gestrichelte
- 15 Linie DELTA zeigt die Ableitung des Spektrums.

Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten über den Dopplereffekt

- 20 Wie für FMCW Radar bekannt ist, können diese auch zur Bestimmung von Relativgeschwindigkeiten verwendet werden. Hierzu findet die Entfernungsmessung zu einem jeden Transponder über eine steigende und fallende Frequenzrampe statt, so dass sich aus den beiden gemessenen
- 25 Frequenzdifferenzen ΔF_{down} und ΔF_{up} über die bekannte FMCW-Dopplerbeziehung zusätzlich die radiale Geschwindigkeit des Ziels in Richtung des aktuellen Transponders ergibt.

$$v = \frac{(\Delta F_{\text{down}} - \Delta F_{\text{up}}) \cdot c}{2 \cdot f_{\text{HF}}}$$

30

Die radiale Entfernung ergibt sich bei bewegtem Ziel aus der Beziehung

$$d = \frac{(\Delta F_{\text{up}} + \Delta F_{\text{Down}}) \cdot c \cdot T}{8 \cdot B}$$

35

Verfahren zur Adressierung der Transponder

Wie oben schon dargestellt wurde, fungieren die Transponder also als Ortsmarken. Demzufolge ist es erforderlich, dass
5 eine Basisstation während einer Messung jedes Transpondersignal, das sie empfängt, eindeutig einem Transponder und somit eindeutig einem Ursprungsort zuordnen kann. Dies wird erfindungsgemäß basierend auf den Anordnungen nach Figur 2 bis 4 wie folgt gelöst.

10

Wie schon in Figur 5 angedeutet wurde, liegen die Spektralkomponenten, die von einem Transponder herrühren, zentriert um dessen Modulationsfrequenz f_{mk} . Wird die Modulationsfrequenz f_{mk} für jeden Transponder unterschiedlich
15 gewählt, so ist jede Signalkomponente im Messsignal der Basisstation eindeutig einem Transponder zuzuordnen. Folgende Randbedingungen sind hierbei zu beachten: Die Modulationsfrequenzen f_{mk_i} der N ($i = 1..N$) Transponder sind so zu wählen, das sich die Signalanteile von
20 unterschiedlichen Transpondern im Messsignal der Basisstation nicht überlappen bzw. gegenseitig stören. Folglich müssen die Modulationsfrequenzen f_{mk_i} genügend weit auseinander liegen.

Der erforderliche Mindestabstand ΔF_{\min} zwischen zwei
25 Transponder- Modulationsfrequenzen kann wie folgt abgeschätzt werden. Im Allgemeinen kann bei der Anordnung davon ausgegangen werden, dass nach spätestens einer maximalen System-Messreichweite D_{max} ein Transpondersignal durch die normale Ausbreitungsdämpfung so stark gedämpft ist, dass es
30 im Messsignal der Basisstation komplett im Rauschen untergegangen ist. Werden die Modulationsfrequenzen f_{mk_i} dann so gewählt, dass sie weiter auseinander liegen als der durch die Messreichweite D_{max} vorgegebene Frequenzbereich ΔF_{\min} , so ist eine gegenseitige Störung weitestgehend ausgeschlossen.
35 Die mindestens erforderliche Kanalbandbreite ergibt sich nach den oben dargestellten Gleichungen zu

$$\Delta F_{\min} = \frac{4 \cdot B \cdot d_{\max}}{c \cdot T}$$

Dabei beschreibt B die Frequenzrampenbandbreite, T die Rampendauer.

- 5 Grafisch ist die beschriebene spektrale Kanalaufteilung im Basisband in Figur 7 verdeutlicht. Nun ist bei einer praktisch realisierbaren Basisstation die maximale Auswertebandbreite und somit die Anzahl der realisierbaren Kanäle begrenzt. Wird die Anordnung z.B. in einer
- 10 langgezogenen Halle eingesetzt, wobei gleichzeitig eine hohe Transponderdichte an den Wänden erforderlich ist, kann es sein, dass die Anzahl der Kanäle nicht ausreichend ist. In diesem Fall können die Kanäle mehrfach durch Stationen, welche sehr weit voneinander entfernt sind, genutzt werden.
- 15 Erfindungsgemäß lässt sich die immer erforderliche Unterscheidbarkeit verschiedener in einem Kanal sendenden Transpondern dadurch realisieren, dass man so genannte Subkanäle einführt, deren Mittenfrequenzen gegenüber der Hauptkanal-Mittenfrequenz um jeweils den Betrag Δf_{sub} leicht
- 20 verschoben sind (vgl. Figur 8).

Ganz entscheidend ist, dass Transponder mit Mittenfrequenzen desselben Hauptkanals örtlich so weit voneinander entfernt sind, dass das zu vermessende Ziel von maximal nur einem

25 Transponder pro Kanal erreicht wird. Der erste Index bezeichnet im Folgenden den Hauptkanal, der zweite den Subkanal des zugehörigen Hauptkanals.

Als Beispiel ist in Figur 9 eine denkbare Anordnung der

30 Transponder für ein System mit sechs Hauptkanälen mit jeweils drei Subkanälen dargestellt. D_{\max} ist die Entfernung bei der ein Transponder gerade noch von der mobilen Basisstation sichtbar ist. Wichtig ist, dass Transponder desselben Kanals einen Abstand von mindestens $2D_{\max}$ untereinander haben. Durch

35 diese Montage ist sichergestellt, dass bei jeder Messung pro

Hauptkanal immer nur ein Transponder in einem Kanal sichtbar ist.

Die Modulationsfrequenzen f_{mk_i} eines jeden Transponders können
5 sehr exakt bestimmt werden, da bekannt ist, dass die
Spektralkomponenten eines Transponders jeweils
spiegelsymmetrisch um die Modulationsfrequenzen f_{mk_i} liegen.
Im einfachsten Fall kann zum Bestimmen der
Modulationsfrequenz einfach der Mittelwert der Frequenz
10 rechten und linken Modulationskomponente gebildet werden.
Eine weitere Verbesserung bei der Genauigkeit und
Zuverlässigkeit bei der Bestimmung der jeweiligen
Modulationsfrequenz lässt sich durch Korrelations- oder
Faltungsoperationen oder andere bekannte Operationen zur
15 Detektion von Symmetriepunkten wie etwa Schwerpunkt oder
Momenten-Berechnungen erreichen. Die genannten Operationen
sind jeweils einzeln auf etwa den Bereich eines Kanals
anzuwenden.

20 Bewegen sich mobile Einheiten in sehr großen Arealen, kann
auch dieser Adressierungsraum, der durch die Kanäle und
Subkanäle gebildet wird nicht ausreichend sein, um an jedem
Punkt im Areal eine eindeutige Transponder-Kennung
vorzufinden. Diesen Fall löst man erfindungsgemäß wie folgt:
25 Da eine Basisstation während einer Messung immer mehrere
Transponder 'sieht', können mehrere benachbarte Transponder
Adressgruppen bilden die im gesamten Areal eindeutig sind.
Hierfür ist lediglich dafür Sorge zu tragen, dass die Abfolge
benachbarter Transponderadressen sich in unterschiedlichen
30 Bereichen nicht wiederholt.

Durch Frequenzmultiplex der einzelnen Transponder wird
erreicht, dass sich die Signale anderer in unmittelbarer Nähe
befindlicher Transponder nicht stören. Ein weiterer hieraus
35 resultierender Vorteil ist der Zeitgewinn beim
Frequenzmultiplex. Alle Transponder senden zur gleichen Zeit
und werden auch gemeinsam erfasst. Es entstehen weder

Zeitverschiebungen zwischen einzelnen Messradien noch ist ein über der Messschicht liegende Kommunikationsschicht nötig. Der Transponder ist folglich eine extrem einfache und gleichzeitig auch kostengünstige und robuste
5 Systemkomponente.

Ein weiterer Vorteil dieser Erfindung ist, dass sich gleichzeitig mehrere Basisstationen in dem zu vermessenden Areal befinden und auch messen können. Die Transponder
10 schwingen statistisch verteilt auf externe Signale quasiphasenkohärent an. Senden beispielsweise zwei Basisstationen gleichzeitig ihre Rampe an einen in unmittelbarer Nähe befindlichen Transponder, so wird dieser statistisch verteilt auf jeweils eine der Stationen
15 anschwingen, und zwar auf die, die zum Einschaltzeitpunkt des Transponders die größte Momentanamplitude auf den Oszillator OSZ_T einkoppelt. Folglich hat auch eine schwächere Basisstation eine statistische Chance z.B. gerade im Nulldurchgang der Schwingung der stärkeren Station volle
20 Amplitude zu besitzen und den Transponder kohärent auf ihr Signal anschwingen zu lassen. Schwingt der Transponder auf die eine Basisstation kohärent an, so ist dies für die andere Station vollkommen unkorreliert zu ihrem eigenen Signal (es besteht keinerlei Phasenbezug) und wirkt lediglich dämpfend.
25 Dies stellt bei ausreichenden Signalpegeln und wenigen Basisstationen zwischen denen ein gewisser Abstand herrscht kein Problem dar.

Für diese neuartige Anordnung bedeutet der einfache Aufbau
30 der Transponder und der Einsatz des Frequenzmultiplex-Verfahrens, dass weder Protokoll noch Netzwerk im System erforderlich sind. Die Transponder fungieren als einfache Wegmarken, die lediglich mit Spannung zu versorgen sind. Ein aufwendiges Netzwerk entfällt bei diesem Prinzip. Die
35 eindeutige Identifikation eines jeden einzelnen Transponders ist über seine charakteristische Modulationsfrequenz sichergestellt, ein Protokoll inklusive der sonst

erforderlichen Kommunikationsschicht entfällt bei der Anordnung ganz.

Ein lokales Positionsradar (LPR) gemäß den beschriebenen Anordnungen stellt aufgrund dieser hervorragenden Eigenschaften das einfachstmögliche auf Mikrowellentechnologie basierende Positionsmesssystem dar.

Koordinatentransformation der radialen Abstände

10

Als Messergebnisse aus der FMCW-Auswertung erhält man nur die radialen Abstände und Geschwindigkeiten zwischen dem Zielobjekt und den jeweiligen Transpondern. Da in der Praxis jedoch die kartesischen Koordinaten des Zielobjekts von entscheidender Bedeutung sind, muss die in einem radialen System gewonnene Information in ein kartesisches System transformiert werden (vgl. Figur 10).

20

Hierzu sind zwei Wege möglich:

- Transformation über trigonometrische Beziehungen.
- Transformation über ein erweitertes Kalman-Filter mit an die Umgebung angepasster Vorsortierung.

25

Die Transformation über trigonometrische Beziehungen hat den Vorteil, dass das Verfahren in seiner programmtechnischen Umsetzung unkompliziert ist und keine Anfangsbedingungen benötigt.

30

Allerdings gibt es Gebiete, in denen der im Folgenden beschriebene Algorithmus schlecht konditioniert ist. Dies hat zur Folge, dass der gleiche Fehler einer gemessenen radialen Distanz je nach Zielposition unterschiedliche Auswirkungen auf den Fehler in den kartesischen Werten nach der

35

Transformation haben kann. Tendenziell tritt besonders in den "Randbereichen" das Problem der schlechten Kondition im

25

Transformationsalgorithmus auf, was zu einer unerwünschten Heterogenität im Messfehler des LPR führt.

Des Weiteren ist eine zuverlässige Bewertung der Ergebnisse bezüglich ihrer Varianzen nahezu unmöglich.

5

Aus diesem Grunde ist eine Transformation über ein weiter unten beschriebenes erweitertes Kalmanfilter auf diese Aufgabenstellung übertragen und angewendet worden. Dieser Algorithmus bietet die Möglichkeit der Bewertung der Messergebnisse und nutzt die komplette zur Verfügung stehende Information nahezu optimal. Außerdem tritt das Problem der schlechten Kondition bei diesem Verfahren nicht auf.

Zur anfänglichen Initialisierung des Kalman-Filters wird ein zuverlässiger Anfangswert benötigt. Dieser wird über eine trigonometrische Transformation ermittelt.

Berechnung eines Anfangswertes über trigonometrische Beziehungen

20

Um eine Transformation der gemessenen radialen Abstände in kartesische Koordinaten mit einem rekursiven Kalman-Filter durchführen zu können, ist beim Systemstart ein Anfangswert erforderlich, der sich möglichst nahe am tatsächlichen Aufenthaltsort des Zielobjektes befinden muss.

Hierzu bedient man sich einem im Folgenden beschriebenen geometrischen Verfahren, bei dem durch eine Vorsortierung die besten radialen Abstände ausgewählt werden und mit diesen Tripel-weise die Zielkoordinaten berechnet und anschließend gemittelt werden.

Zielkoordinatenberechnung aus einem Tripel von Transpondern:

Gemäß der in Figur 11 dargestellten geometrischen Anordnung der drei Transponder B1, B2 und B3 kann man den Zielvektor $\vec{z} = \vec{z}_\alpha = \vec{z}_\beta = \vec{z}_\gamma$ auf drei verschiedene Arten berechnen:

$$\begin{aligned}\vec{z}_\alpha &= \vec{B}_3 + \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \frac{\overline{B_3 B_1}}{|\overline{B_3 B_1}|} \cdot d_3 = \vec{B}_3 + D_\alpha \cdot \frac{\overline{B_3 B_1}}{|\overline{B_3 B_1}|} \cdot d_3 \\ \vec{z}_\beta &= \vec{B}_1 + \begin{pmatrix} \cos \beta & \sin \beta \\ -\sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \cdot \frac{\overline{B_1 B_2}}{|\overline{B_1 B_2}|} \cdot d_1 = \vec{B}_1 + D_\beta \cdot \frac{\overline{B_1 B_2}}{|\overline{B_1 B_2}|} \cdot d_1 \\ \vec{z}_\gamma &= \vec{B}_2 + \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \frac{\overline{B_2 B_3}}{|\overline{B_2 B_3}|} \cdot d_2 = \vec{B}_2 + D_\gamma \cdot \frac{\overline{B_2 B_3}}{|\overline{B_2 B_3}|} \cdot d_2\end{aligned}$$

- Die Winkel α, β, γ lassen sich mit Hilfe des Cosinussatzes aus dem jeweiligen Teildreieck berechnen. $D_\alpha, D_\beta, D_\gamma$ sind die rechtsdrehenden Drehmatrizen um den indizierten Winkelbetrag. Nun können die gewählten drei Transponder jedoch eine andere geometrische Anordnung aufweisen (z.B. auf einer Geraden liegen) oder das Ziel z.B. außerhalb des großen Dreiecks liegen. Dies kann je nach Konstellation (insgesamt sind fünf verschiedene geometrische Anordnungen möglich) dazu führen, dass die Drehmatrizen D_α und D_γ mal rechts- und mal linksdrehend wirken. D_β wirkt immer rechtsdrehend. Für eine beliebige Transponder-Ziel-Konstellation sind folgende Drehmatrizenkombinationen möglich:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{D_\alpha}, \overrightarrow{D_\beta}, \overrightarrow{D_\gamma} \\ \overleftarrow{D_\alpha}, \overleftarrow{D_\beta}, \overleftarrow{D_\gamma} \\ \overrightarrow{D_\alpha}, \overleftarrow{D_\beta}, \overleftarrow{D_\gamma}\end{aligned}$$

- wobei der Pfeil hier rechts- oder linksdrehend impliziert. Da man den Aufenthaltsort des Zieles nicht kennt, sondern messen möchte, hilft der Vergleich von \vec{z}_α und \vec{z}_γ (jeweils einmal rechts- und linksdrehend) mit \vec{z}_β . Auf diese Art und Weise kann man den korrekten Drehsinn von D_α und D_γ bestimmen und die Zielposition \vec{z} aus dem Mittel von \vec{z}_α , \vec{z}_β und \vec{z}_γ berechnen. Zugleich wird ein möglicher Fehler in einer der drei gemessenen Distanzen d_1, d_2, d_3 durch die Mittelung abgeschwächt. Sind die Abweichungen zwischen \vec{z}_α , \vec{z}_β und \vec{z}_γ

größer als 2m, wird das Transpondertripel von der Gesamtberechnung komplett ausgeschlossen.

5 Zielkoordinatenberechnung durch Mittelung der Ergebnisse verschiedener Tripel

Der maßgebliche durch Mehrwegeausbreitung bedingte Fehler in den radialen Positionsdaten ist über den gesamten Entfernungsbereich nahezu gaußverteilt. Der sich hieraus ergebende Vorteil ist die Möglichkeit, durch Einbeziehung der Ergebnisse verschiedener Stationstripel eine deutliche Verbesserung durch Mittelung erzielen zu können. Da der Messfehler in erster Linie vom Pegel des empfangenen Transpondersignals P_i abhängt genügt hier eine Vorauswahl der 10 n Stationen für die $P_i \geq P_{\min}$ gilt, wobei P_{\min} den kleinsten empirisch ermittelten Pegel beschreibt, bei dem die Rohsignalauswertung noch brauchbare Entfernungswerte liefert. 15

Erhält man durch diese Vorsortierung n Stationen, folgen $\binom{n}{3}$ 20 Werte für die Zielkoordinaten, die untereinander gemittelt werden können. Im Folgenden wird geprüft, ob einzelne Koordinatenwerte um mehr als 5 m vom Mittelwert abweichen. Ist dies der Fall, werden diese ausgeklammert, um das Gesamtergebnis nicht negativ zu beeinflussen. Es folgt eine 25 neue Berechnung des Mittelwerts aus den verbleibenden Daten.

Positionsberechnung mittels Kalman-Filter

Ein Kalman Filter (KF) ist ein modellbasiertes rekursives Filter. Es eignet sich hervorragend zur Schätzung einer 30 Objektposition, da durch das Filter auch bei variablem Beobachtungsintervall die vergangenen Messwerte aufgrund des Bewegungsmodells des Objekts mit berücksichtigt werden können. Weiterhin liefert das KF neben der geschätzten Objektposition auch ein statistisches Maß über die 35 Zuverlässigkeit der Schätzung. Mit Hilfe des Bewegungsmodells

und dem Zuverlässigkeitsmaß lässt sich ein Raum vorhersagen, in dem sich das zu verfolgende Objekt befindet. Erfindungsgemäß ist es so möglich, die durch Mehrwegeausbreitung gestörten Messungen zu verwerfen. Wegen des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen den gemessenen Distanzen und der zu schätzenden kartesischen Position kommt ein erweitertes KF (Extended Kalman Filter, EKF) zum Einsatz. Dieses transformiert die gemessenen radialen Abstände direkt in kartesische Zielkoordinaten und schätzt dabei den Systemzustand optimal, basierend auf allen bis zum aktuellen Zeitpunkt gemessenen Informationen. Das beim trigonometrischen Verfahren beschriebene Problem der schlechten Kondition gewisser Zielbereiche tritt hierbei prinzipbedingt nicht auf, was zu einer bedeutend höheren Homogenität in der Messgenauigkeit führt. Neben dem Bewegungsmodell bietet auch die Kovarianzmatrix des Messrauschens die Möglichkeit durch a priori Wissen die Filterwirkung zu verbessern. Untersuchungen haben gezeigt, dass das Messrauschen durch folgende Gleichung modelliert werden kann:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & 0 \\ 0 & r_{22} \end{pmatrix}$$

$$S_{pred,dB} = \frac{S_{min,dB} - S_{max,dB}}{d_{max}} d_{pred} + S_{max,dB}$$

$$r_{11} = k_1 d_{ist}^2 + k_2 \left(2^{|S_{ist,dB} - S_{pred,dB}|} - 1 \right) + k_3 C_d + n_{d,multipath}$$

$$r_{22} = k_1 d_{ist}^2 + k_2 \left(2^{|S_{ist,dB} - S_{pred,dB}|} - 1 \right) + k_3 C_v + n_{v,multipath}$$

Die Varianzen der Fehler aus Abstands- und Geschwindigkeitsmessung, r_{11} und r_{22} , sind entsprechend dem ersten Term der obigen Gleichungen proportional dem Quadrat der gemessenen Entfernung d_{ist} . Der zweite Term trägt der Abhängigkeit der Messvarianz von dem gemessenen Signalpegel, S_{ist} , Rechnung. Er wird zu null, wenn der anhand der Radargleichung ermittelte Pegel S_{so11} mit dem gemessenen Pegel übereinstimmt, und er wächst exponentiell mit dem Betrag der

Differenz. Der dritte, konstante Term berücksichtigt die Varianz der Schar der Transponder sowie die Varianz der Montagefehler. Die durch Mehrwegeausbreitung verursachten Fehler der Abstands- und Geschwindigkeitsmessung finden sich in n_d und n_v wieder. Das in dem Kalmanfilter implementierte Messrauschmodell berücksichtigt die durch Mehrwegeausbreitung verursachten Fehler nicht. Die Simulation in Figur 12 zeigt die Varianz des Messrauschens nach obigem Modell für einen mit $\sigma = 2$ verrauschten Signalpegel. Dabei gibt die untere Kurve die pegelabhängige Varianz an, die mittlere die abstandsbedingte Varianz und die obere die Summe der beiden erstgenannten Kurven zuzüglich einer Konstante.

Das implementierte Modell beschreibt also die Varianz des Messrauschens günstiger als dies tatsächlich der Fall ist. Dies ist zulässig, da durch die erfindungsgemäße Vorselektion stark fehlerbehaftete Messungen von der Positionsmessung ausgeschlossen werden. Die durch das EKF geschätzte Varianz der prädizierten Geschwindigkeit und Position dient dabei als Entscheidungskriterium. Weicht eine Abstands- oder Geschwindigkeitsmessung um mehr als 3σ von der prädizierten Distanz ab, so wird diese Messung von der Positionsberechnung ausgeschlossen. Die durch die Varianzen des Positionsfehlers gebildete Fehlerellipse ist in Figur 13 dargestellt.

Eine EKF-Variante zur zweidimensionalen Positionsbestimmung aus LPR Daten ist in Figur 14 dargestellt. Da die LPR Messungen zu den Transpondern prinzipbedingt gleichzeitig stattfinden, ist es sinnvoll, das EKF sequentiell auf die Messdaten anzuwenden und eine Prädiktion aufgrund des Bewegungsmodells nur von Messung zu Messung durchzuführen.

In den Kalman Filter Gleichungen in Figur 14 steht ein Dach über einer Variable für eine Schätzung und ein hochgestelltes Minus für eine Prädiktion. Das EKF korrigiert seine 2D Schätzung anhand i Messdaten zum Zeitpunkt k , z_{ki} . Zu Beginn

der Messung muss somit ein Startwert des Zustandsvektors $\hat{\mathbf{x}}_0$ sowie dessen Kovarianzmatrix $\hat{\mathbf{P}}_0$ vorgegeben werden. Mit Hilfe des für i Messungen zum Zeitpunkt k berechneten Messrauschens R_i und der an der prädizierten Position linearisierten Messmatrix $H_{k,i}$ wird die Filterverstärkungsmatrix $K_{k,i}$ berechnet. Danach folgt die Korrektur prädizierten Zustandsvektors $\hat{\mathbf{x}}_{k,i}^-$ durch die i -te Messung, $z_{k,i}$. Durch die nichtlineare Funktion $h(\cdot)$ wird hierbei anhand des Zustandsvektors $\hat{\mathbf{x}}_{k,i}^-$ die prädizierte Distanz zu Transponder i sowie die Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Transponders berechnet. Anschließend wird die Kovarianzmatrix, $\mathbf{P}_{k,i}$ des Zustandsvektors aus der Prädiktion der Kovarianzmatrix $\mathbf{P}_{k,i}^-$ berechnet. Solange die i Messungen abgearbeitet werden, sind $\hat{\mathbf{x}}_{k,i}^-$ und $\mathbf{P}_{k,i}^-$ gleich den gefilterten werten. Dies führt zu einer sequentiellen Korrektur der Positionsschätzung. Von Messzyklus k zu Messzyklus $k+1$ wird der Zustandsvektor mit den linear approximierten Bewegungsgleichungen in F_k transformiert. Ebenso findet diese Transformation für die Kovarianzmatrix statt, wobei in Q_k die aufgrund des Modells gegenüber der Realität möglichen Fehler berücksichtigt werden.

Ausführungsbeispiele

Allgemein eignet sich der Einsatz von erfindungsgemäßen Anordnungen für sämtliche berührungslose lokale Ortungsaufgaben im täglichen und industriellen Leben. Mittels dieser Anordnungen ist erstmals eine zentimetergenaue Positionsverfolgung von Objekten mit hoher Aktualisierungsrate in Echtzeit möglich.

In Figur 16 ist das Szenario einer "intelligenten" Fabrik mit dem Einsatz von LPR dargestellt. Die drei Masten stellen repräsentativ die Montageorte der Transponder dar, während auf den zu vermessenden Objekten schematisch Basisstationen fixiert sind. Zur Positionsmessung bieten sich vorzugsweise mobile Güter, Fördermittel, Kräne, Gabelstapler, Bandförderer

etc. sowie Personen an. Die direkte Koordinatenmessung in einem absolut definierten System ist direkt möglich, die gemessenen Werte können in eine angeschlossene Datenbank bzw. in eine Logistiksoftware übernommen und dort
5 weiterverarbeitet werden.

Neben der reinen Koordinatenmessung sind zusätzlich auf die Resultate der Positionsmessung beruhende ereignisbasierte Steuerungen, Regelungen und Reaktionen möglich.
10 Denkbar ist z.B. die Definition von bestimmten örtlichen Zonen in der Datenbank. Tritt ein bestimmtes Objekt in eine bestimmte Zone ein oder aus, kann eine definierte Handlung ausgelöst werden. Fährt z.B. ein Gabelstapler in eine verbotene Zone (z.B. Rangierbereich eines Kranes) ist zur
15 Unfallverhütung die Auslösung eines Alarms möglich, der z.B. aus einer Warnungsübermittlung an den Kranfahrer bestehen kann.

Diverse ähnliche Szenarien für den LPR-Einsatz in
20 industriellen Anlagen sind denkbar. Im Folgenden wird ein konkretes LPR-Anwendungsbeispiel für industrielle Aufgaben anhand des "automatischen Hallenkran" beschrieben.

25 Beispiel: Positionsbestimmung bei Kränen und Kran- Lastaufnahmemitteln

In Figur 17 erkennt man einen Kran 1 mit Basisstation und Messrechner (Auswerteeinheit, Mitteln zum Bestimmen der Position), eine linke Hallendeckenseite 2 mit aktiven
30 Transpondern und eine rechte Hallendeckenseite 3 mit aktiven Transpondern.

Figur 17 stellt die Architektur von LPR an einem Hallenkran dar. An den Wänden/Seiten der Produktionshalle/des
35 Fahrbereiches werden an im definierten Messkoordinatensystem vermessenen Positionen Transponder aufgebaut, auf der beweglichen, zu vermessenden Krankatze wird die LPR-

Basisstation so fixiert, dass an jedem möglichen Aufenthaltsort möglichst viele Transponder über die Rundstrahlantenne erreicht werden. Temporäre Verdeckung einzelner Transponder durch Hindernisse ist aufgrund der Redundanz des Systems bis zu einem bestimmten Grad (mindestens drei beliebige Stationen müssen sich zu jeder Zeit in Sichtweite befinden) möglich.

Mit den erzielten Koordinatenwerten können nun diverse Prozesse und Abhandlungen erfolgen. Beispielsweise ist eine Materialflussverfolgung und Positionierung in einem Lager mittels LPR problemlos möglich. Hat der Kranführer die Aufgabe, Güter an einer bestimmten Stelle abzustapeln, ist er mittels LPR dazu in der Lage, den genauen Ort anzufahren und dort die Ware abzuladen. Des Weiteren kann die Position am Abladepunkt in der Datenbank gesondert gespeichert werden, so dass nachvollzogen werden kann, wie viele und welche Güter sich an einem bestimmten Lagerort in welcher Reihenfolge befinden. Der besondere Vorteil hierbei besteht - neben der Möglichkeit der genauen Positionierung - in der Tatsache, dass zu jedem Zeitpunkt zentral festgestellt werden kann, wo sich eine bestimmte Ware befindet und wie groß die Lagervorräte gerade sind.

Zusätzlich zu der Materialflussverfolgung ist durch LPR eine Optimierung der Transportabläufe möglich. Hat beispielsweise der Kranfahrer ein komplexes Ab- und Umstapelungsprogramm zu fahren, so kann aufgrund der exakten Positionskennntnis der Stapelgüter die Datenbank in einem Optimierungsalgorithmus ein zeitlich optimales Stapelprogramm berechnen und diese Informationen direkt an den Fahrer übermitteln. Hierdurch kann die bezüglich der Kosten entscheidende Zeitdauer des Materialflusses im Lager oder in der Produktion minimiert werden.

Neben den logistischen Aufgaben wie z.B. die beschriebene Materialflussverfolgung ist mit LPR eine automatische Steuerung oder Positionsregelung des Krans aufgrund der

ermittelten Koordinaten problemlos möglich. Hierzu ist keine menschliche Arbeitskraft erforderlich, der Auf- und Abladevorgang kann mittels LPR vollautomatisch erfolgen. Neben Steuerungsprozessen kann durch LPR auch eine

5 hochpräzise und dynamische Positionsregelung eines Objektes realisiert werden. Die LPR-Daten fungieren hierbei als Stellgrößen, der Regelalgorithmus kann beispielsweise auf dem zentralen Auswertungsrechner oder direkt auf dem DSP der Basisstation erfolgen.

10

Systemkonzept und Aufbau der Basisstation

Die Aufgabe der Basisstation ist zum einen das Erzeugen einer hochlinearen Frequenzrampe über das 5.8GHz-ISM-Band, zum

15 anderen die analoge und digitale Verarbeitung des die Entfernungsinformation tragenden Nutzsignals.

In Figur 18 ist das Blockschaltbild für eine solche Basisstation dargestellt. Ein Synthesizer (hier in Form einer

20 DDS-PLL) erzeugt ein hochlineares dreieckförmig seine Frequenz änderndes FMCW-Radar Signal. Dabei wird ein PLL-stabilisierter VCO über das gesamte ISM-Band (5.725-5.85GHz) linear mit der Zeit durchgestimmt. Der Synthesizer besteht vorzugsweise aus einem von der Recheneinheit angesteuerten

25 DDS sowie einem nachfolgenden Tiefpassfilter. Das so generierte Spannungssignal fließt in die Phasenregelschleife (PLL) ein. Diese besteht aus einem PLL-Baustein, einem Tiefpass (Schleifenfilter) zur Unterdrückung von Oberwellen in dem digital erzeugten Ansteuerungssignal, einem VCO und

30 einer Rückkopplung zum Schließen der Regelschleife. Denkbar ist auch der Einsatz diverser anderer PLL-Anordnungen (z.B. Analoge PLL, Fraktionale PLL). Das lineare Frequenzsignal kann anschließend optional in einem HF-Verstärker verstärkt werden. Vorzugsweise über einen Hybridmischer mit geringer

35 Isolation, andere bekannte Mischeranordnungen oder auch Anordnungen mit zwei getrennten Antennen zum Senden- und Empfangen sind ebenfalls denkbar, wird dieses Signal mit dem

empfangenen Transpondersignal gemischt, bandpassgefiltert und mit einem XO-Signal in einen tieferen Frequenzbereich verschoben. Hierzu wird vorzugsweise ein "LO Power Level 7"-Mischer verwendet. Über einen Anti-Aliasing-Tiefpass wird das
5 Signal dann in einem AD-Wandler digitalisiert und im Anschluss von einem Digitalen Signalprozessor (DSP) oder einer anderen Recheneinheit verarbeitet und ausgewertet. Über ein Interface sind an der Basisstation die berechneten Koordinaten sowie ein Diagnose-Statuswort z.B. im TCP/IP-
10 Datenprotokoll abgreifbar. Denkbar sind jedoch auch beliebige andere Protokolle wie z.B. RS232.

Systemkonzept und Aufbau der Transponder

15 Der im LPR-System realisierte Transponder mit schaltendem Oszillator schwingt auf das von der Basisstation eintreffende Signal phasenkohärent an und wird mit der charakteristischen Modulationsfrequenz f_{mod} mit einem bestimmten Teilerverhältnis ein- und ausgeschaltet.

20

Im Blockschaltbild der Figur 19 sind die wesentlichen Komponenten der Transponderschaltung aufgezeigt. Das zentrale Bauteil ist der 5,8 GHz-VCO, der auf das durch die Antenne eintreffende Signal in jedem Schaltzyklus phasensynchron zum
25 Schwingen angeregt wird. Eine PLL sorgt dafür, dass seine Schwingungsfrequenz auch bei großen Temperaturschwankungen konstant bleibt. Dabei wird die Rückkopplung vorzugsweise über einen Richtkoppler realisiert, der das VCO-Ausgangssignal zum einen der Antenne, zum anderen wieder der
30 PLL zuführt. Die Leistung dieses HF-VCOs wird über einen weiteren niederfrequenteren VCO (z.B. 40..60MHz) mit einer für diesen einen Transponder charakteristischen Modulationsfrequenz (ebenfalls PLL-stabilisiert) geschaltet. Des Weiteren wird über einen Mikrocontroller (vorzugsweise
35 ein einfacher PIC) ein asymmetrisches Ein- und Ausschalten des Verstärkers zur Versorgung des 5,8 GHz-VCOs verursacht was ein asymmetrisches Schalttaktverhältnis zur Folge hat.

Die Einschaltzeit ist über dieses Schalttaktverhältnis so einzustellen, dass die Hauptkeule des emittierten $s_i(x)$ -Spektrums das ISM-Band möglichst optimal ausfüllt und somit die zur Verfügung stehende Bandbreite optimal ausnutzt. Die zentrale Ablaufsteuerung übernimmt ein Mikrocontroller (PIC), der neben der Festlegung des Schalttaktverhältnisses auch die Änderung des Teilerverhältnisses der PLLs für die Erzeugung der VCO-Signale zur Aufgabe hat. Die Taktung des PIC und der PLL-Bausteine wird über einen Schwingquarz (z.B. 4MHz) bewerkstelligt. Insgesamt liegt z.B. ein Adressraum von $2^9=512$ Bit vor, d.h. 512 verschiedene Modulationsfrequenzen können über eine Jumpercodierung eingestellt werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass 512 verschiedene Transponder eindeutig unterschieden werden können. Bei Einsatz anderer Bauteile ist jedoch auch ein erweiterter Adressraum denkbar.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Bestimmen der Position eines mobilen Objekts, insbesondere eines Transportmittels, mit
- 5 - einer Basisstation zum Aussenden eines Basissignals und/oder Empfangen von Transpondersignalen,
- einer Vielzahl von Transpondern zum Empfang des Basissignals und zum Aussenden von Transpondersignalen,
- Mitteln zum Bestimmen der Position des mobilen Objekts
- 10 unter Berücksichtigung der Transpondersignale, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Basisstation am mobilen Objekt angeordnet ist,
 - die Position der Transponder im Raum bekannt ist.
- 15 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Transponder raumfest angeordnet sind.
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- 20 dass die Transponder so angeordnet sind und die Mittel zum Bestimmen der Position so eingerichtet sind, dass die Position des mobilen Objekts in allen drei Raumdimensionen bestimmbar ist.
- 25 4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung in Multiplex betrieben wird, insbesondere in Frequenzmultiplex.
- 30 5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einige der Transponder eine identische Kennung aufweisen, insbesondere indem sie ihr Transpondersignal in
- 35 demselben Frequenzband aussenden.

6. Anordnung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Transponder, die eine identische Kennung aufweisen,
jeweils mindestens $2D_{\max}$ voneinander entfernt sind, wobei D_{\max}
5 die Entfernung ist, in der das Transpondersignal mit einer
gewählten statistischen Konfidenz, die beispielsweise etwa
90% beträgt, nicht mehr oberhalb einer gewählten Schwelle
liegt.
- 10 7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mittel zum Bestimmen der Position des mobilen
Objekts so eingerichtet sind, dass bei der Bestimmung der
Position des mobilen Objekts eine Position des mobilen
15 Objekts in der Vergangenheit berücksichtigbar ist.
8. Anordnung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mittel zum Bestimmen der Position des mobilen
20 Objekts so eingerichtet sind, dass aus der Position des
mobilen Objekts in der Vergangenheit mit einem Modell für die
Bewegung des mobilen Objekts eine prognostizierte Position
des mobilen Objekts vorhersagbar ist und die prognostizierte
Position bei der Bestimmung der Position des mobilen Objekts
25 berücksichtigbar ist.
9. Anordnung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Modell für die Bewegung des mobilen Objekts so
30 eingerichtet ist, dass näherungsweise eine konstante
Beschleunigung des Objekts angenommen wird.
10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
35 dass die Mittel zum Bestimmen der Position des mobilen
Objekts so eingerichtet sind, dass ein Transpondersignal, aus
dem sich eine Position ergibt, die über einen vorgegebenen

Wert von den Positionen, die sich aus anderen Transpondersignalen ergeben, und/oder von einer prognostizierten Position abweicht, nicht beim Bestimmen der Position des mobilen Objekts berücksichtigt wird.

5

11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Bestimmen der Position des mobilen Objekts so eingerichtet sind, dass beim Bestimmen der Position des mobilen Objekts ein, insbesondere erweiterter, Kalman-Filter verwendbar ist.

10

12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Transponder jeweils einen Oszillator aufweisen, der zum aktiven Erzeugen des Transpondersignals durch das Basissignal quasiphasenkohärent zum Basissignal anregbar ist.

15

13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Basisstation über eine kabellose Schnittstelle mit den Mitteln zum Bestimmen der Position des mobilen Objekts verbunden ist.

20

14. Mobiles Objekt mit einer Basisstation zum Aussenden eines Basissignals und/oder Empfang von Transpondersignalen zu und/oder von einer Vielzahl von Transpondern, deren Position bekannt ist, zum Bestimmen der Position eines mobilen Objekts unter Berücksichtigung der Transpondersignale.

25

30

15. Vielzahl von Transpondern, die in einem Raum angeordnet sind, um ein Basissignal von einer an einem mobilen Objekt angeordneten Basisstation zu empfangen und jeweils Transpondersignale zu senden, unter deren Berücksichtigung die Position des mobilen Objekts bestimmbar ist.

35

16. Verfahren zum Bestimmen der Position eines mobilen Objekts, insbesondere eines Transportmittels, bei dem
- eine Basisstation zum Aussenden eines Basissignals und/oder Empfang eines Transpondersignals verwendet wird,
 - 5 - eine Vielzahl von Transpondern zum Empfang des Basissignals und Aussenden von Transpondersignalen verwendet wird,
 - die Basisstation am mobilen Objekt angeordnet ist,
 - die Position der Transponder im Raum bekannt ist.

FIG 1

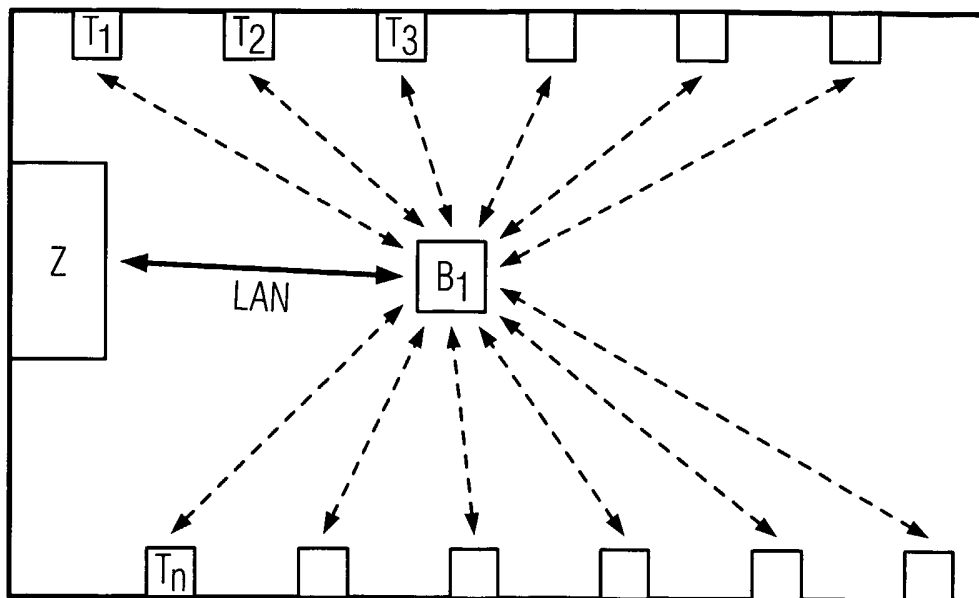


FIG 2

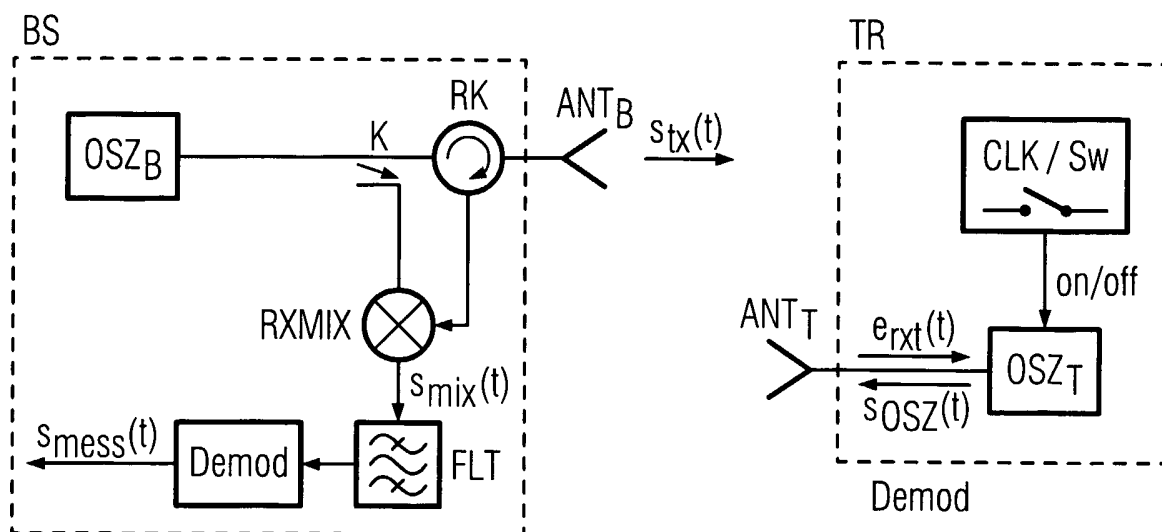


FIG 3

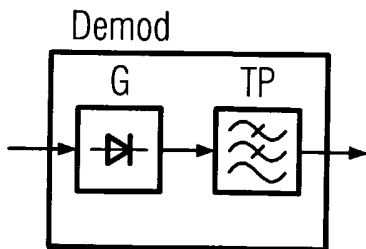


FIG 4

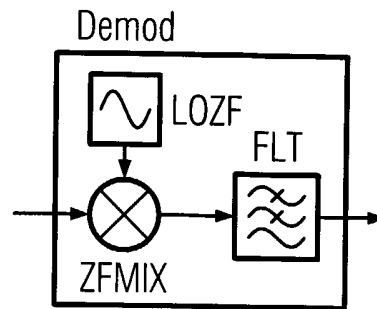


FIG 5

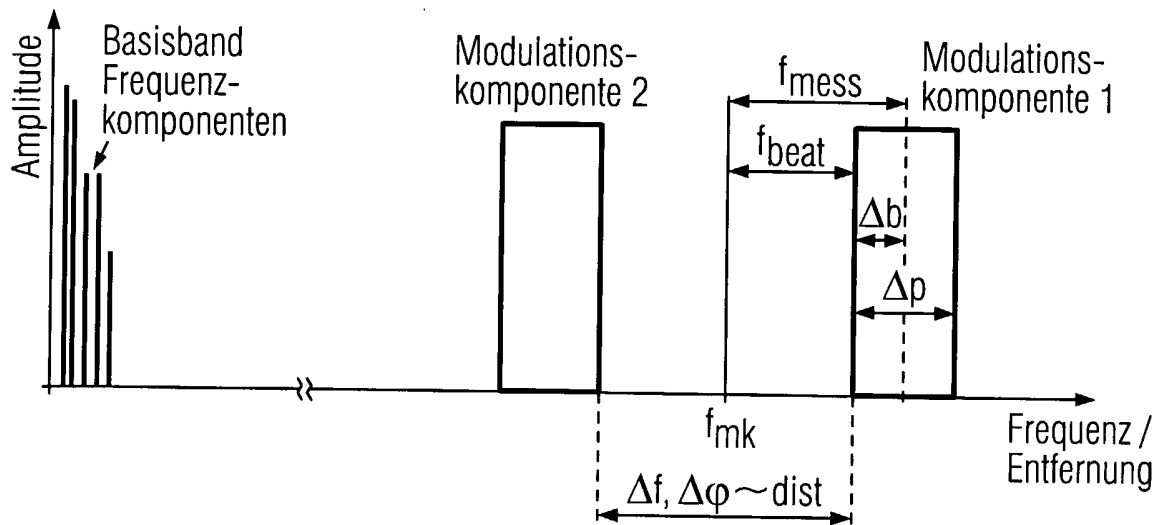


FIG 7

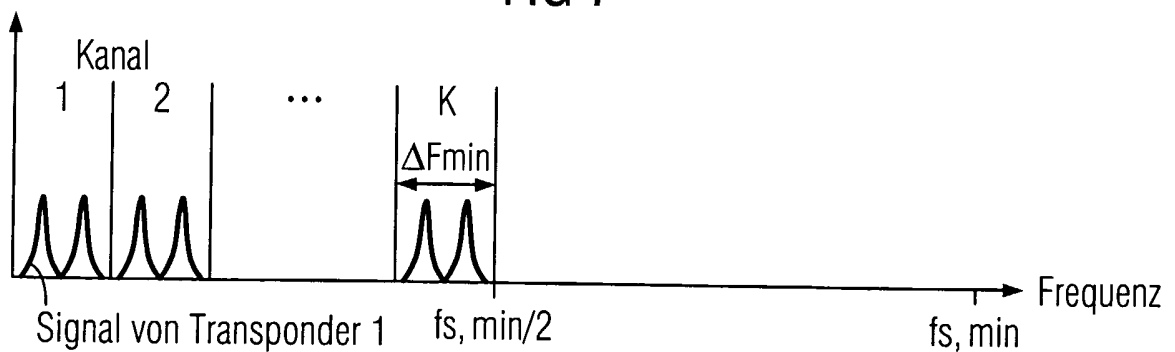


FIG 6

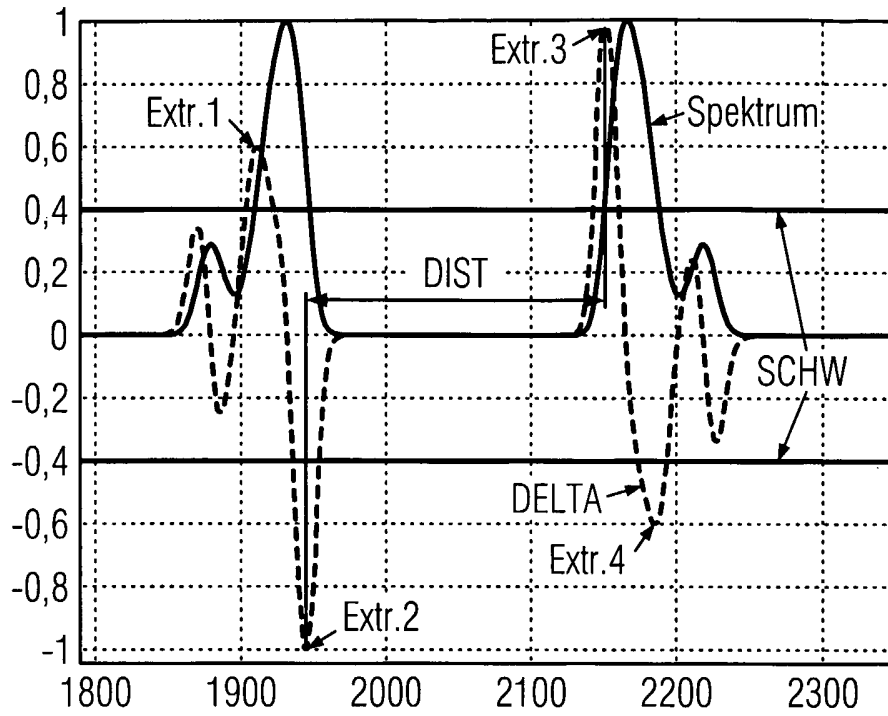
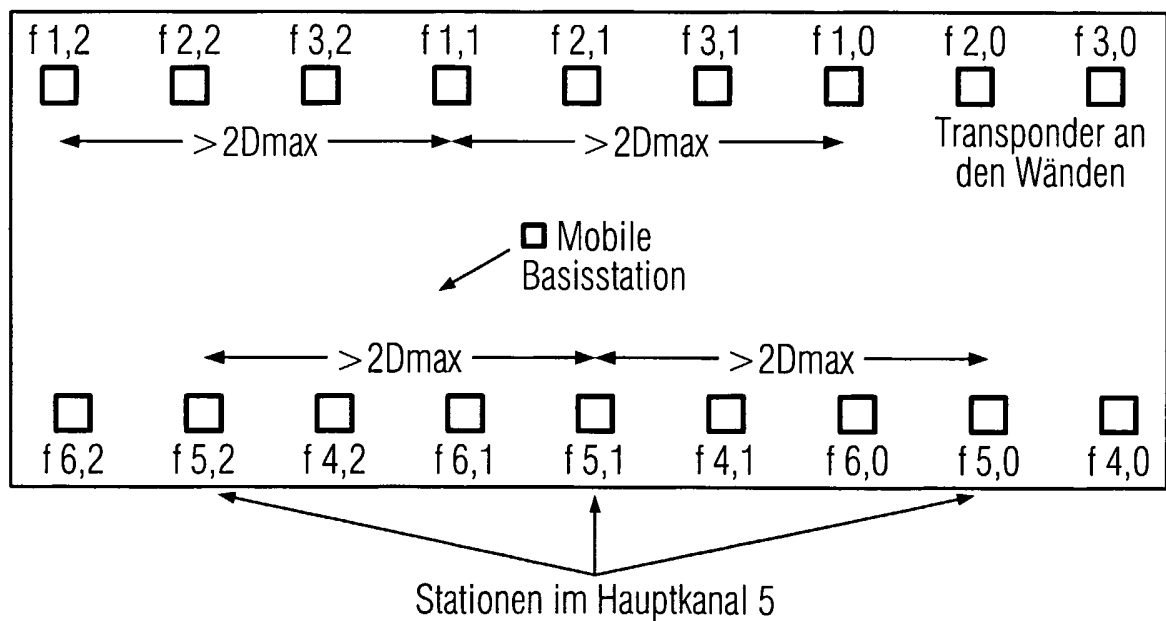


FIG 9



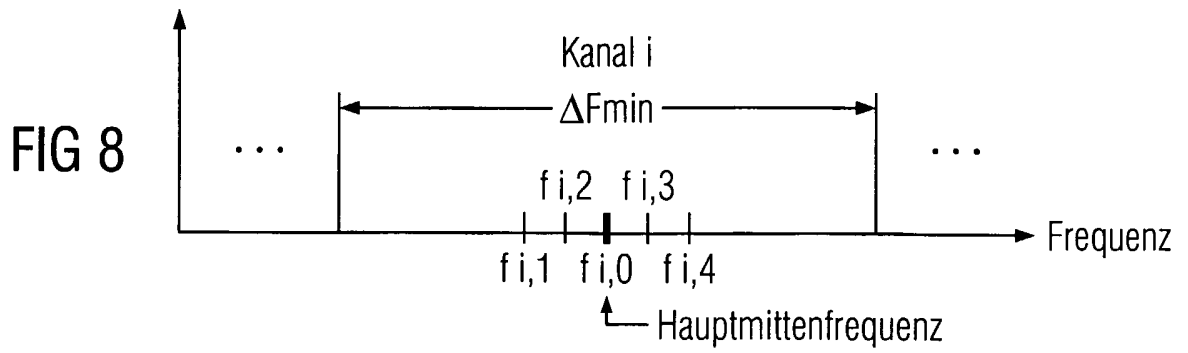
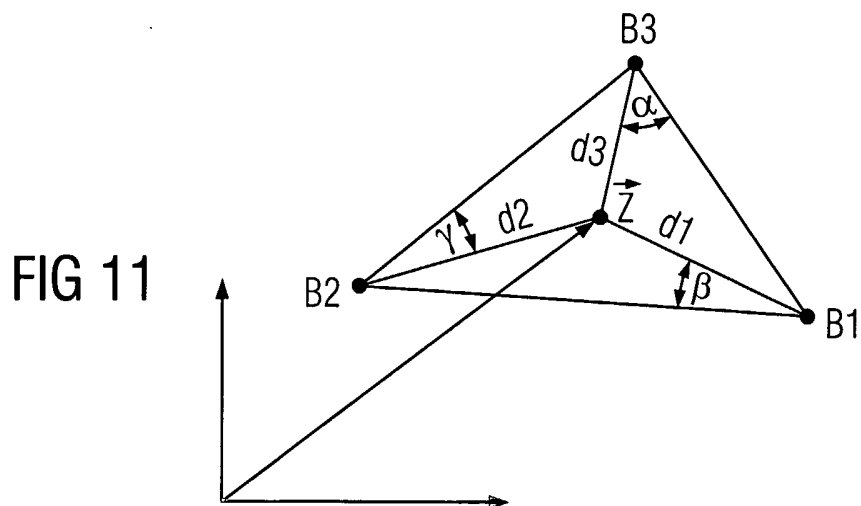
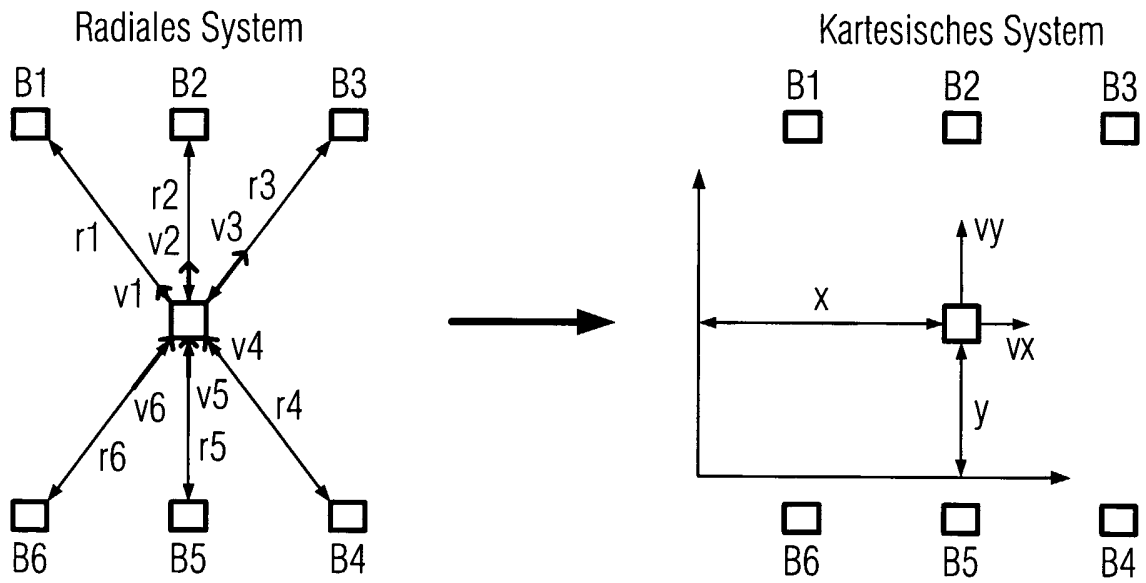


FIG 10



5/9

FIG 12

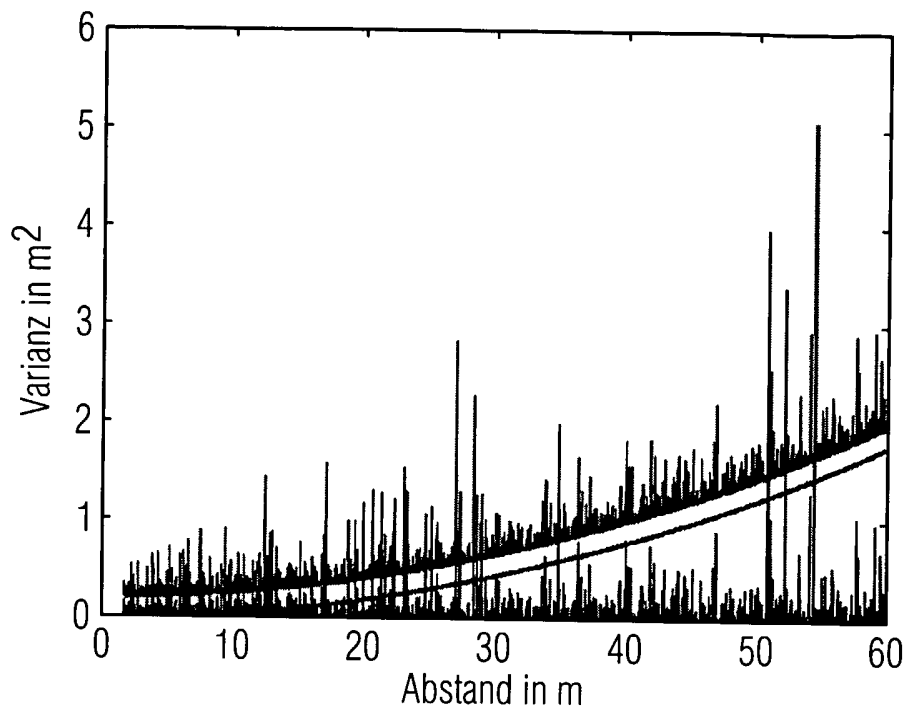


FIG 13

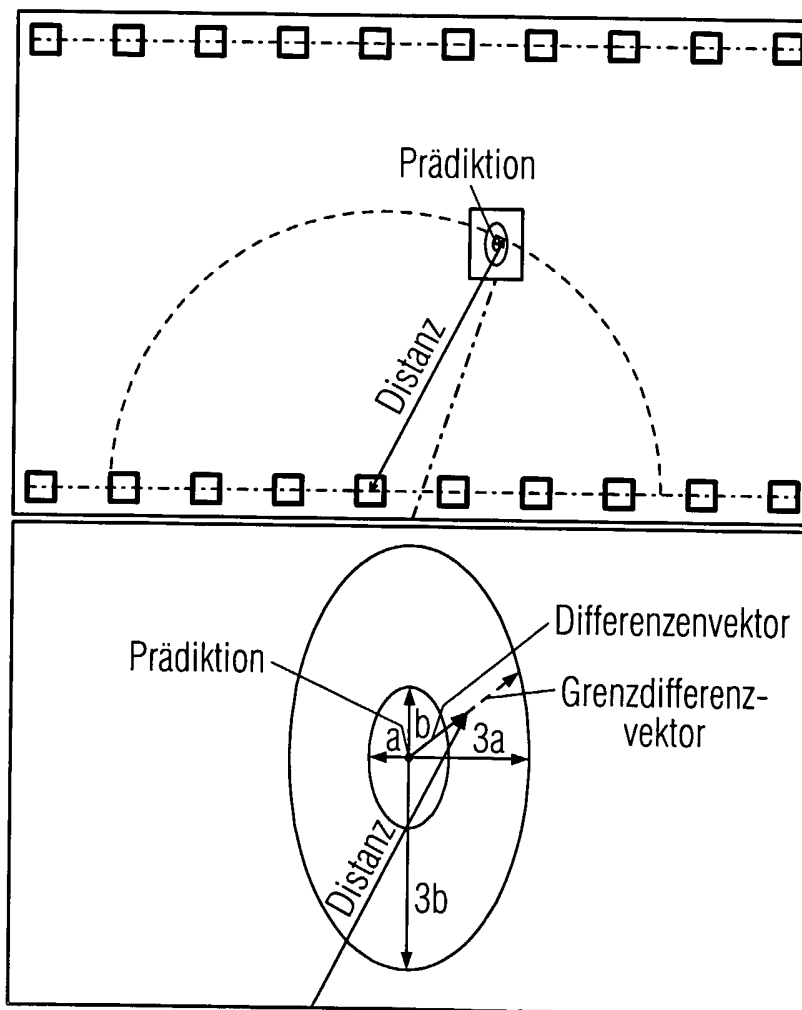


FIG 14

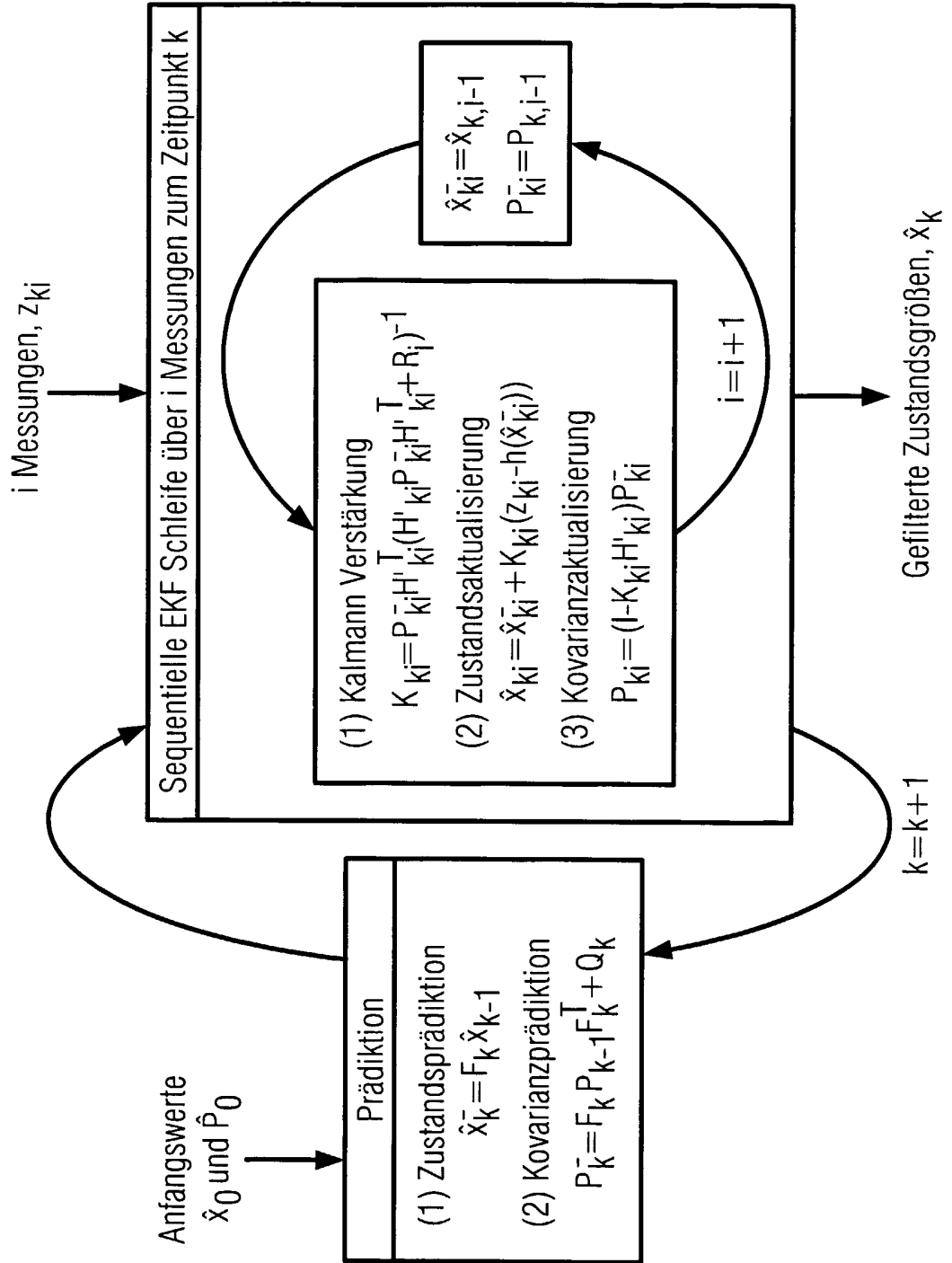


FIG 15

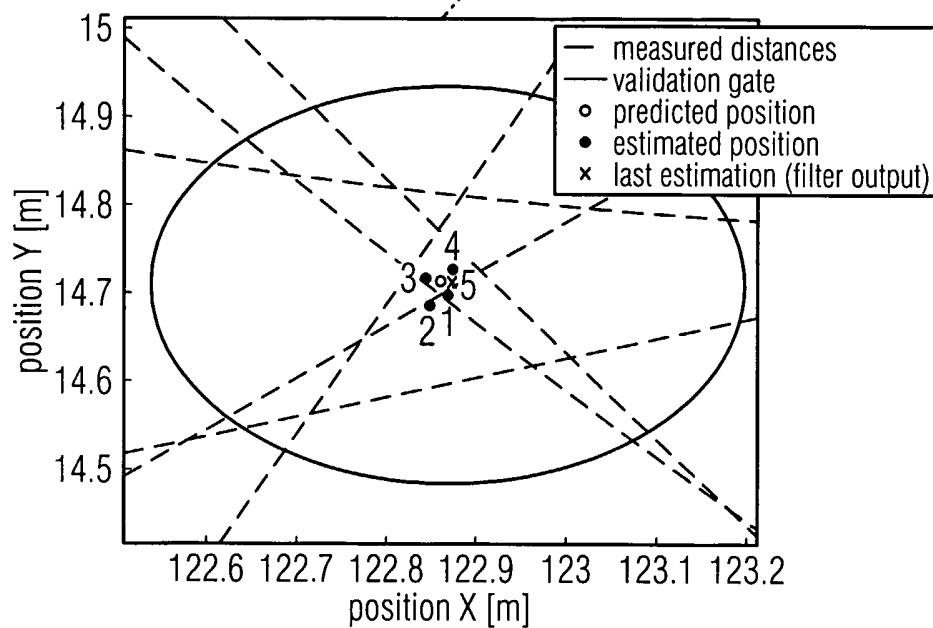
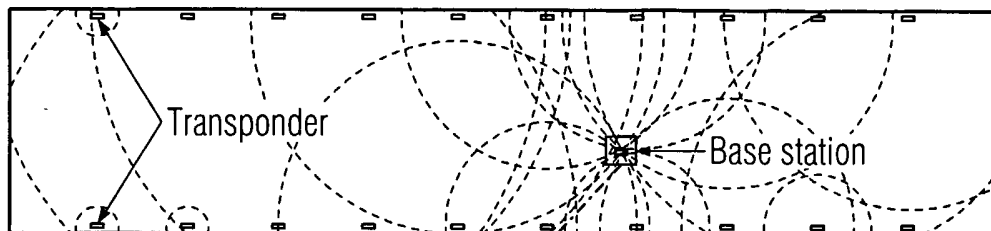


FIG 17

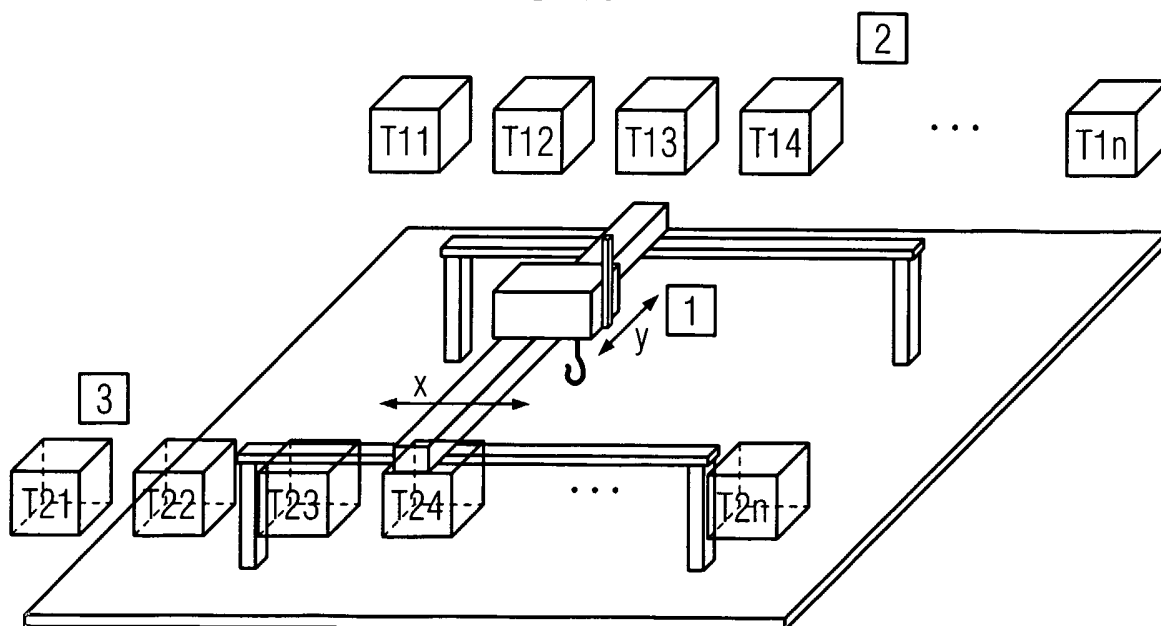


FIG 16

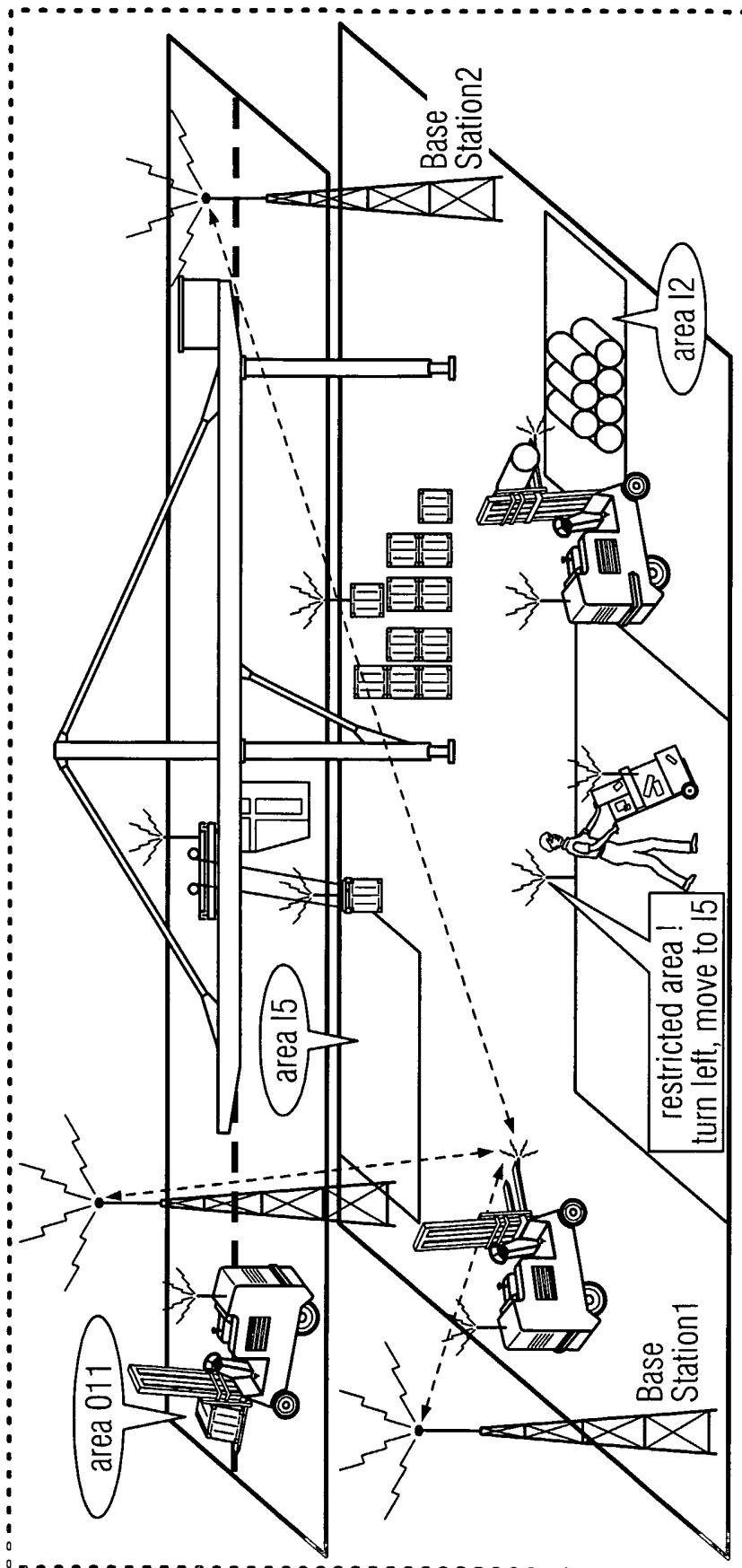


FIG 18

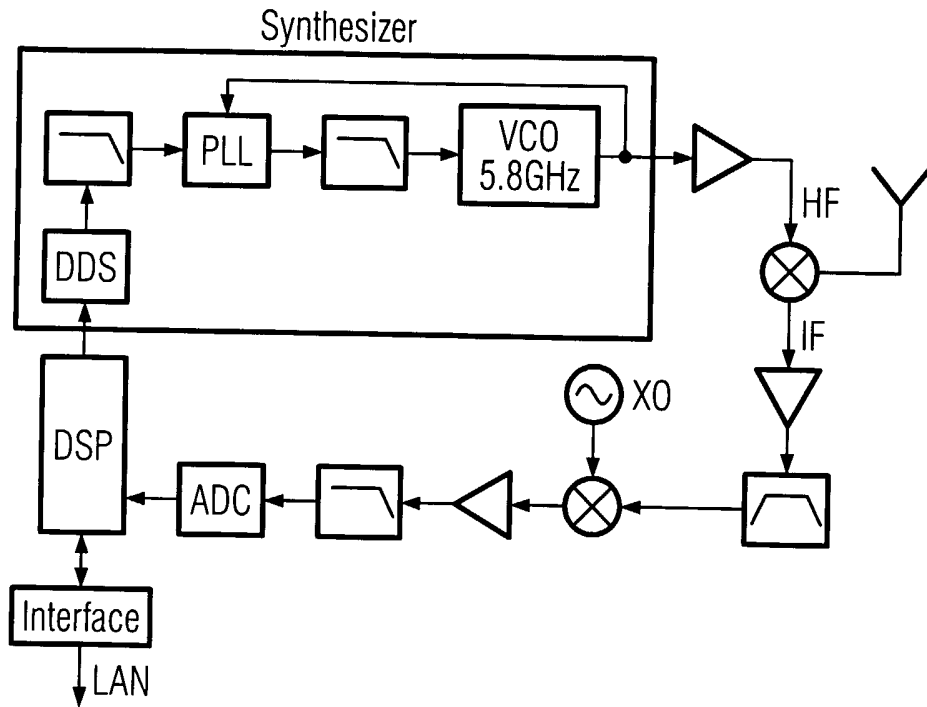
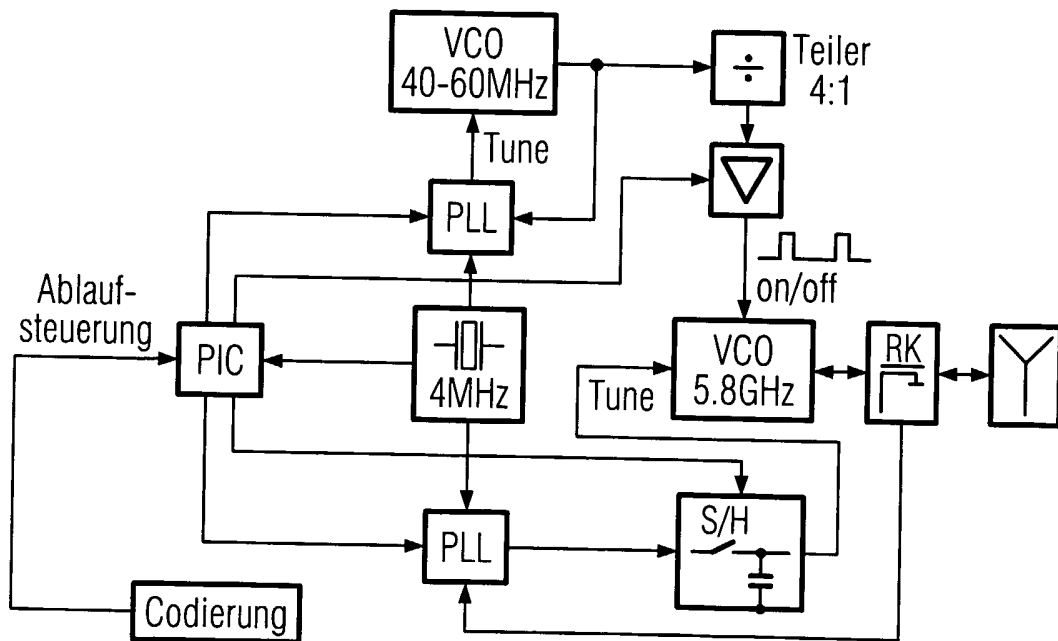


FIG 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/051561

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01S13/87 G01S7/00

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01S

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 259 991 B1 (NYSEN PAUL A) 10 July 2001 (2001-07-10) column 7, line 42 - column 8, line 58	1-8, 13-16
Y	column 10, lines 30-33 column 11, lines 37-43 column 12, lines 29-62 column 15, lines 6-19 column 16, line 16 - column 17, line 13 column 19, lines 11-13 figures 3a,3b,9a	11
X	----- WO 01/94967 A (SYMBOL TECHNOLOGIES INC) 13 December 2001 (2001-12-13) page 3, lines 15-26	1-4,7, 12-16
Y	page 5, line 4 - page 12, line 3 figure 2 ----- -/--	11

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 November 2004

Date of mailing of the international search report

09/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hirsch, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/051561

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DURRANT-WHYTE H ET AL: "THE DESIGN OF A RADAR-BASED NAVIGATION SYSTEM FOR LARGE OUTDOOR VEHICLES" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION. NAGOYA, JAPAN, MAY 21 - 27, 1995, NEW YORK, IEEE, US, vol. VOL. 1, 21 May 1995 (1995-05-21), pages 764-769, XP000657261 ISBN: 0-7803-1966-4 the whole document	11
Y	SOLOMON J K ET AL: "Estimation of atmospheric and transponder survey errors with a navigation Kalman filter" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE, vol. 1, 22 May 1989 (1989-05-22), pages 140-147, XP010086826 NEW YORK, US the whole document	11
X	DE 43 06 660 A (SIEMENS AG) 8 September 1994 (1994-09-08) column 2, line 43 - column 3, line 47	1-4, 13-16
X	DE 199 10 715 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT) 21 September 2000 (2000-09-21) column 1, lines 30-48 column 3, line 51 - column 4, line 2	1-4, 13-16
X	WO 01/06401 A (PINPOINT CORP) 25 January 2001 (2001-01-25) page 3, lines 11-17 page 4, lines 13-28 page 6, line 27 - page 9, line 32	1-4, 13-16
X	US 5 682 313 A (EDLUND LEIF ET AL) 28 October 1997 (1997-10-28) column 2, line 65 - column 3, line 3 column 4, line 50 - column 5, line 24 column 5, line 65 - column 6, line 2 column 6, line 66 - column 7, line 53 column 8, line 62 - column 9, line 49 figures 4-6,8	1-4, 13-16
X	US 4 398 195 A (DANO PAUL K) 9 August 1983 (1983-08-09) column 1, lines 27-39 column 2, line 65 - column 3, line 4 column 4, lines 41-49 column 7, lines 47-54 column 7, line 67 - column 8, line 53	1-4, 13-16
	----- -/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/051561

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 5 553 407 A (STUMP GREG) 10 September 1996 (1996-09-10) column 2, lines 36-43 column 6, lines 3-12 column 9, lines 33-44</p> <p>-----</p>	1-16
A	<p>WO 03/040753 A (NALEZINSKI MARTIN ; WIEBKING LEIF (DE); HEIDE PATRIC (DE); SIEMENS AG) 15 May 2003 (2003-05-15) page 16, lines 4-25 figure 1</p> <p>-----</p>	12
A	<p>VOSSIEK M; ROSKOSCH R; HEIDE P: "Precise 3-D Object Position Tracking using FMCW Radar" 29TH EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE 99, vol. 1, 5 October 1999 (1999-10-05), pages 234-237, XP009038799 LONDON, UK cited in the application the whole document</p> <p>-----</p>	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051561

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6259991	B1	10-07-2001	US 6611758 B1 US 6775616 B1 US 2002019702 A1	26-08-2003 10-08-2004 14-02-2002
WO 0194967	A	13-12-2001	EP 1287374 A2 JP 2003536296 T WO 0194967 A2	05-03-2003 02-12-2003 13-12-2001
DE 4306660	A	08-09-1994	DE 4306660 A1	08-09-1994
DE 19910715	A	21-09-2000	DE 19910715 A1	21-09-2000
WO 0106401	A	25-01-2001	AU 6217100 A WO 0106401 A1	05-02-2001 25-01-2001
US 5682313	A	28-10-1997	SE 514791 C2 DE 19520532 A1 FR 2720838 A1 GB 2290143 A ,B SE 9401943 A	23-04-2001 25-01-1996 08-12-1995 13-12-1995 07-12-1995
US 4398195	A	09-08-1983	NONE	
US 5553407	A	10-09-1996	AT 228620 T AU 6387796 A CA 2222448 A1 CN 1191594 A ,B DE 69625058 D1 DE 69625058 T2 EP 1281816 A2 EP 0830522 A1 HK 1015859 A1 JP 2000500195 T RU 2158952 C2 WO 9700389 A1 US 2003074812 A1 US 6195922 B1 US 5659985 A US 5704142 A US 6477795 B1 US 2004168358 A1 US 6119376 A	15-12-2002 15-01-1997 03-01-1997 26-08-1998 09-01-2003 11-09-2003 05-02-2003 25-03-1998 26-10-2001 11-01-2000 10-11-2000 03-01-1997 24-04-2003 06-03-2001 26-08-1997 06-01-1998 12-11-2002 02-09-2004 19-09-2000
WO 03040753	A	15-05-2003	DE 10155251 A1 WO 03040753 A1 DE 10295157 D2 EP 1442318 A1	18-06-2003 15-05-2003 07-10-2004 04-08-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/051561

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01S13/87 G01S7/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01S

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 259 991 B1 (NYSEN PAUL A) 10. Juli 2001 (2001-07-10) Spalte 7, Zeile 42 - Spalte 8, Zeile 58	1-8, 13-16
Y	Spalte 10, Zeilen 30-33 Spalte 11, Zeilen 37-43 Spalte 12, Zeilen 29-62 Spalte 15, Zeilen 6-19 Spalte 16, Zeile 16 - Spalte 17, Zeile 13 Spalte 19, Zeilen 11-13 Abbildungen 3a,3b,9a -----	11
X	WO 01/94967 A (SYMBOL TECHNOLOGIES INC) 13. Dezember 2001 (2001-12-13) Seite 3, Zeilen 15-26	1-4,7, 12-16
Y	Seite 5, Zeile 4 - Seite 12, Zeile 3 Abbildung 2 ----- -/--	11

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

^a Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hirsch, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051561

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DURRANT-WHYTE H ET AL: "THE DESIGN OF A RADAR-BASED NAVIGATION SYSTEM FOR LARGE OUTDOOR VEHICLES" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION. NAGOYA, JAPAN, MAY 21 - 27, 1995, NEW YORK, IEEE, US, Bd. VOL. 1, 21. Mai 1995 (1995-05-21), Seiten 764-769, XP000657261 ISBN: 0-7803-1966-4 das ganze Dokument	11
Y	SOLOMON J K ET AL: "Estimation of atmospheric and transponder survey errors with a navigation Kalman filter" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE, Bd. 1, 22. Mai 1989 (1989-05-22), Seiten 140-147, XP010086826 NEW YORK, US das ganze Dokument	11
X	DE 43 06 660 A (SIEMENS AG) 8. September 1994 (1994-09-08) Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 47	1-4, 13-16
X	DE 199 10 715 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT) 21. September 2000 (2000-09-21) Spalte 1, Zeilen 30-48 Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 4, Zeile 2	1-4, 13-16
X	WO 01/06401 A (PINPOINT CORP) 25. Januar 2001 (2001-01-25) Seite 3, Zeilen 11-17 Seite 4, Zeilen 13-28 Seite 6, Zeile 27 - Seite 9, Zeile 32	1-4, 13-16
X	US 5 682 313 A (EDLUND LEIF ET AL) 28. Oktober 1997 (1997-10-28) Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 3, Zeile 3 Spalte 4, Zeile 50 - Spalte 5, Zeile 24 Spalte 5, Zeile 65 - Spalte 6, Zeile 2 Spalte 6, Zeile 66 - Spalte 7, Zeile 53 Spalte 8, Zeile 62 - Spalte 9, Zeile 49 Abbildungen 4-6,8	1-4, 13-16
X	US 4 398 195 A (DANO PAUL K) 9. August 1983 (1983-08-09) Spalte 1, Zeilen 27-39 Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 3, Zeile 4 Spalte 4, Zeilen 41-49 Spalte 7, Zeilen 47-54 Spalte 7, Zeile 67 - Spalte 8, Zeile 53	1-4, 13-16
	-/--	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051561

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 5 553 407 A (STUMP GREG) 10. September 1996 (1996-09-10) Spalte 2, Zeilen 36-43 Spalte 6, Zeilen 3-12 Spalte 9, Zeilen 33-44</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-16
A	<p>WO 03/040753 A (NALEZINSKI MARTIN ; WIEBKING LEIF (DE); HEIDE PATRIC (DE); SIEMENS AG) 15. Mai 2003 (2003-05-15) Seite 16, Zeilen 4-25 Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	12
A	<p>VOSSIEK M; ROSKOSCH R; HEIDE P: "Precise 3-D Object Position Tracking using FMCW Radar" 29TH EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE 99, Bd. 1, 5. Oktober 1999 (1999-10-05), Seiten 234-237, XP009038799 LONDON, UK in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051561

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6259991 B1	10-07-2001	US 6611758 B1 US 6775616 B1 US 2002019702 A1	26-08-2003 10-08-2004 14-02-2002
WO 0194967 A	13-12-2001	EP 1287374 A2 JP 2003536296 T WO 0194967 A2	05-03-2003 02-12-2003 13-12-2001
DE 4306660 A	08-09-1994	DE 4306660 A1	08-09-1994
DE 19910715 A	21-09-2000	DE 19910715 A1	21-09-2000
WO 0106401 A	25-01-2001	AU 6217100 A WO 0106401 A1	05-02-2001 25-01-2001
US 5682313 A	28-10-1997	SE 514791 C2 DE 19520532 A1 FR 2720838 A1 GB 2290143 A ,B SE 9401943 A	23-04-2001 25-01-1996 08-12-1995 13-12-1995 07-12-1995
US 4398195 A	09-08-1983	KEINE	
US 5553407 A	10-09-1996	AT 228620 T AU 6387796 A CA 2222448 A1 CN 1191594 A ,B DE 69625058 D1 DE 69625058 T2 EP 1281816 A2 EP 0830522 A1 HK 1015859 A1 JP 2000500195 T RU 2158952 C2 WO 9700389 A1 US 2003074812 A1 US 6195922 B1 US 5659985 A US 5704142 A US 6477795 B1 US 2004168358 A1 US 6119376 A	15-12-2002 15-01-1997 03-01-1997 26-08-1998 09-01-2003 11-09-2003 05-02-2003 25-03-1998 26-10-2001 11-01-2000 10-11-2000 03-01-1997 24-04-2003 06-03-2001 26-08-1997 06-01-1998 12-11-2002 02-09-2004 19-09-2000
WO 03040753 A	15-05-2003	DE 10155251 A1 WO 03040753 A1 DE 10295157 D2 EP 1442318 A1	18-06-2003 15-05-2003 07-10-2004 04-08-2004