

Beschreibung

[0001] Die Erfindung richtet sich einerseits auf ein Verfahren zur Steuerung eines Aktuators für die Öffnung einer Tür als Reaktion auf die Position und/oder Bewegung eines oder mehrerer Objekte, insbesondere Personen, unter Verwendung eines Radarsensors, der wenigstens eine Sende- und wenigstens eine Empfangsantenne aufweist, mit einem Erfassungsbereich, in dem sich gleichzeitig mehrere Personen aufhalten können, wobei von einem empfangenen Signal abgeleitete Signalverläufe oder Signalfolgen gebildet werden; sowie andererseits auf eine Radarsensor zur Durchführung dieses Verfahrens, mit wenigstens einer Sende- und wenigstens einer Empfangsantenne, mit einem Erfassungsbereich, in dem sich gleichzeitig mehrere Personen aufhalten können, sowie mit einer integrierten Auswerteschaltung, die von einem empfangenen Signal abgeleitete Signalverläufe oder Signalfolgen bildet.

[0002] Die Steuerung von Türen in öffentlichen Gebäuden erfolgt häufig mittels Radartechnik zur Erkennung von Personen, deren Anwesenheit eine entsprechende Aktivität erfordert. Dabei werden Radarsensoren verwendet, mit einer Sendeantenne für hochfrequente, elektromagnetische Wellen und mit wenigstens einer Antenne zum Empfang der von Personen und Objekten zurückgestrahlten Hochfrequenzwellen. Hierbei handelt es sich um ein Signal, das nicht unmittelbar zur Ansteuerung eines Aktuators, bspw. eines elektrischen Türöffners, verwendet werden kann, vielmehr zunächst eine Auswertung erfordert. Dabei ist möglichst die gesamte Information (nämlich, ob sich wenigstens eine Person im Bereich einer Tür befindet oder dieser in der Absicht, sie zu durchqueren, nähert) aus dem empfangenen Radarsignal zu extrahieren und sodann auf ein eindimensionales Ansteuersignal („Tür auf – Tür zu“) zu reduzieren.

[0003] Eine solche Auswertung findet bisher entweder im Rahmen eines Steuergerätes statt, das zu diesem Zweck das von dem Radarsensor aufgefangene und ggf. verstärkte Signal erhält, oder innerhalb des Radarsensors selbst, der sodann direkt ein Steuersignal für den betreffenden Aktuator erzeugt.

[0004] In beiden Fällen wird nur eine Minimal-Auswertung vorgenommen, denn im Rahmen eines Steuergeräts ist aufgrund der beschränkten Hardwaregeschwindigkeit keine entsprechend schnelle Auswertung möglich; andererseits handelt es sich bei üblichen Radarsensoren um anwendungsunspezifische Produkte, denen aufgrund ihrer beschränkten Intelligenz nicht in allen Anwendungsfällen eine optimale Auswertung möglich ist.

[0005] Die somit notgedrungen realisierte Minimalauswertung erfolgt üblicherweise anhand der Fre-

quenzverschiebung, welche eine ausgesandte elektromagnetische Welle erfährt, wenn sie auf ein bewegtes, reflektierendes Objekt trifft und zu einem gewissen Anteil zurückgestreut wird. Diese Frequenzverschiebung ist eine Auswirkung des Dopplereffektes, der im Bereich der akustischen Wellen bspw. auch an fahrenden Fahrzeugen beobachtet werden kann, wobei deren Geräusch in der Tonlage variiert, je nachdem ob sich das Fahrzeug nähert oder entfernt. Da bei ruhenden Objekten diese Frequenzverschiebung gleich Null ist, können mit diesem Verfahren nur solche Objekte erfaßt werden, die sich gegenüber dem betreffenden Radarbewegungssensor radial bewegen. Dies führt zu dem allseits bekannten Effekt, dass sich Türen wieder schließen, obwohl eine Person auf der Schwelte stehengeblieben ist. Andererseits hat bspw. auch die Bewegung von zufällig an einer Tür vorbeigehenden Personen eine Radialkomponente und führt daher nicht selten zu einem unerwünschten Öffnen einer Geschäftstür od. dgl.

[0006] Ein gattungsgemäßes Verfahren ist der DE 195 33 126 A1 zu entnehmen. Dort ist ein Radarsensor für einen automatischen Garagentoröffner offenbart. Dabei wird ein als Antwort auf ein ausgesendetes HF-Signal empfangenes Signal mit der ursprünglichen HF-Schwingung gemischt. Das Ausgangssignal dieses Mischers wird mit einem zeitlich verzögerten Anteil eines der ausgesandten HF-Schwingung aufgeprägten Codesignals korreliert, um Informationen über die Entfernung zu einem reflektierenden Objekt zu erhalten. Diese Informationen sind in einem entfernungsselektiven Dopplersignal enthalten, das zur Extraktion dieser Informationen jedoch einer weiteren Auswertung bedarf. Hierzu schlägt der Erfinder vor, einen digitalen Signalprozessor anzuschließen. Dies ist ein typisches Beispiel für ein zum Zweck der Ansteuerung eines Türöffners völlig ungeeignetes System. Der Radarsensor liefert als Ausgangssignal ein entfernungsselektives Dopplersignal. Damit kann kein Türöffner angesteuert werden. Viel schlimmer ist jedoch, dass zur Auswertung dieses Analogsignals ein sehr teurer und aufwendiger Signalprozessor erforderlich ist. Also kann zur Ansteuerung des Türöffners nicht einmal ein standardisiertes Steuergerät (bspw. eine speicherprogrammierbare Steuerung) verwendet werden, weil dort üblicherweise nicht eine entsprechende Rechenkapazität zur Verfügung steht. Es muß vielmehr für diesen einfachen Anwendungsfall eines Garagentoröffners ein leistungsfähiges Spezial-Steuergerät gebaut werden mit einem Signalprozessor- zur Auswertung des entfernungsselektiven Dopplersignals.

[0007] Einen entsprechenden Offenbarungsgehalt hat die DE 196 01 121 A1. Dieses Dokument betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Abstandes und/oder der Differenzgeschwindigkeit zwischen einem Radarsensor und einem oder mehreren Objek-

ten sowie eine Anordnung zum Durchführen dieses Verfahrens. Dabei handelt es sich allerdings um ein sog. Abstandsradar, wie es bei Kraftfahrzeugen, Flugzeugen, Schiffen, etc. verwendet wird. Umgekehrt können solche Verfahren aber auch eingesetzt werden, um von ruhenden Objekten aus, bspw. als Bewegungsmelder über einer Tür, die Bewegung anderer Objekte zu erfassen und zu analysieren. Ferner wird ein Radarsensor verwendet mit nur einer Antenne, so dass ein aufwendiger Zirkulator erforderlich ist, und ohne eine integrierte Auswerteschaltung. Dem Ausgangssignal eines HF-Oszillator wird in dem Radarsensor ein Signal aufmoduliert. Das modulierte Signal wird dann über den Zirkulator der Antenne zugeleitet und abgestrahlt. Das reflektierte und von der Antenne empfangene Signal wird demoduliert und an dem Ausgang des Radarsensors zwecks weiterer Signalverarbeitung ausgegeben. An dem Ausgang des Radarsensors muß gemäß dem nebengeordneten Vorrichtungsanspruch dieses Dokuments sodann eine Auswerteeinheit angeschlossen werden. Eine solche, nachzuschaltende Auswerteeinheit muß aufgrund der Komplexität der Berechnungen (Ermittlung und Auswertung einer Reflexionsmatrix, Gruppenbildung, Parameterfeinbestimmung, Zielauswahl, Kalmanfilterung) mindestens zwei Recheneinheiten aufweisen, so dass auch hierfür kein standardisiertes Steuergerät verwendbar ist. Es ist daher nicht möglich, mit einem solchen Radarsensor eine wirtschaftlich vermarktungsfähige Türöffnungsautomatik zu bauen.

[0008] Die Offenlegungsschrift DE 198 29 762 A1 widmet sich der Bestimmung der Winkellage von Reflexionsobjekten mit hoher Genauigkeit auf einfache Weise und mit geringen Kosten. Die Winkellage ist aber bei der Ansteuerung eines Türöffners nicht relevant, vielmehr kommt es hierbei allenfalls auf den Abstand einer Person und deren Radialgeschwindigkeit an. Das aus diesem Dokument vorbekannte Radarsystem ist daher ausschließlich für Anwendungen bei Kraftfahrzeugen geeignet. Eine besonders ausgestaltete Schnittstelle zum Anschluß eines Steuergeräts für einen Türöffner ist hier nicht vorgesehen.

[0009] Die Patentschrift DE 198 03 660 C2 betrifft ein Kraftfahrzeugradar zum Erfassen des Abstandes und/oder der Geschwindigkeit eines Objektes relativ zum Kraftfahrzeug. Hiermit wird üblicherweise ebenso ein Türöffner gesteuert wie mit der aus der DE 199 27 402 A1 vorbekannten Fahrzeugaufprallsensorik. Bei letzterer wird überdies nur der Abstand zu einer Reflexionsfläche desselben Fahrzeugs gemessen, also mit einem Erfassungsbereich, in welchem sich keinesfalls mehrere Personen aufhalten können.

[0010] Aus diesen Nachteilen des beschriebenen Stands der Technik resultiert die Aufgabe der Erfindung zu grundlegenden Aufgaben ein Verfahren und einen Ra-

darsensor für automatisch arbeitende elektrische Türöffner derart weiterzubilden, dass eine differenzierte, dem betreffenden Anwendungsfall möglichst optimal entsprechende Auswertung möglich ist, so dass die Häufigkeit von Fehlentscheidungen minimiert wird. Ein von der Erfindung vorgeschlagener Ansatzpunkt zur Lösung dieses Problems liegt darin, die zum Treffen der richtigen Entscheidung („Tür auf – Tür zu“) erforderlichen Auswerteschritte auf die einzelnen Komponenten eines Steuerungssystems entsprechend deren Fähigkeiten möglichst optimal aufzuteilen.

[0011] Die Aufgabe wird das Verfahren betreffend durch die Merkmale in Anspruch 1, den Radarsensor betreffend durch die Merkmale des Anspruchs 2 gelöst.

[0012] Die Erfindung überläßt damit die eigentliche Entscheidung; wann die betreffende Tür geöffnet und wann sie geschlossen werden soll, einem an den Radarsensor angeschlossenen Steuergerät. Die hochfrequenten Verläufe des Radarsignals erfordern jedoch eine schnelle Auswertung, wobei die dafür erforderliche, schnelle Hardware innerhalb des Sensors angeordnet und diesem dadurch untrennbar zugeordnet wird. Durch diese Auswertung werden die objektbezogenen Informationen des Hochfrequenzsignals extrahiert und können dadurch von den sonstigen, hochfrequenten Signalkomponenten getrennt werden. Es verbleiben Informationen, welche sich allenfalls mit einer der Bewegung von Objekten entsprechenden Geschwindigkeit und damit vergleichsweise langsam ändern. Diese Informationen können andererseits unabhängig von dem speziellen Anwendungsfall gewonnen werden, so dass ein solcher Radarsensor nicht oder nur geringfügig an den betreffenden Einsatzfall angepaßt werden muß. Die objektbezogenen Informationen werden sodann auf ein angeschlossenes Steuergerät übertragen, welches einerseits eine hardwaremäßige Schnittstellenfunktion übernimmt, indem es die zur Ansteuerung eines angeschlossenen Aktuators erforderlichen Spannungen und Ströme liefert, und andererseits eine anwendungsspezifische Informationsauswertung vornimmt, um anhand für die aktuelle Problemstellung optimierter oder optimierbarer Kriterien zu entscheiden, wann der angeschlossene Aktuator anzusteuern ist und wann nicht.

[0013] Dabei erlauben die objektbezogenen Informationen eine Anpassung an die besonderen, örtlichen Gegebenheiten. Hierbei ist insbesondere eine Ausblendung von statischen Objekten (z.B. Litfaßsäulen) möglich, also von Objekten, denen stets dieselbe Objekt-Kennzeichnung zugeordnet bleibt, und deren Verhalten sich überdies nicht ändert. Deshalb kann bspw. die Übertragung der solchen Objekten zugeordneten Daten von dem Sensor zu einem Steuergerät unterbleiben, wodurch sich der Kommunikati-

onsaufwand erheblich reduziert. Die Klassifizierung von Objekten als „statisch“ kann entweder von einer Installationsperson vorgenommen werden, oder durch den Sensor selbst, indem dieser einem „langsamen Objekt“ nach einer gewissen Beobachtungszeit ein Merkmal „statisch“ zuordnet. Dabei können täglich wechselnde Objekte wie bspw. in der Sommerzeit vor einem Geschäft aufgestellte Verkaufstische od. dgl. als solche erkannt und ausmaskiert werden.

[0014] Es hat sich als günstig erwiesen, dass im Rahmen des Radarsensors eine Liste von Objekten mit diesen zugeordneten Informationen angelegt und gepflegt wird. Es ist davon auszugehen, dass in vielen Anwendungsfällen, insbesondere bei Türöffnern, sich gleichzeitig mehrere Personen im Erfassungsbereich des Radarsensors aufhalten können. In diesem Fall könnten sich mehrdeutige Informationen ergeben, bei fünf erfaßten Objekten bspw. fünf Entfernungswerte, ggf. fünf Richtungswerte, fünf Radialgeschwindigkeitswerte. Eine korrekte Auswertung erfordert in diesem Fall, diese Informationen einander in der richtigen Weise zuzuordnen. Dies kann dadurch geschehen, dass jedem Objekt eine Identifizierung, bspw. seine Listennummer, zugeordnet wird, die sodann in irgendeiner Form mit allen dieses Objekt betreffenden Informationen verknüpft wird, bspw. über Adreßzuweisungen für die hinterlegten Werte.

[0015] Da die Radarmessungen in kurzen Zeitabständen wiederholt werden, können diese Listenwerte stets aktuell gehalten werden, bspw. durch Vergleich der neuen Positionswerte mit den zuletzt abgespeicherten und ggf. anhand des Geschwindigkeitsvektors zu einem aktuellen Erwartungswert korrigierten Positionswerten.

[0016] Die Erfindung sieht weiterhin vor, dass die Objektliste oder Auszüge daraus ggf. auf Anfrage an ein angeschlossenes Gerät, bspw. ein Steuergerät, übertragen wird (werden), um diesem Gerät die für die Steuerung einer daran angeschlossenen Vorrichtung erforderlichen Informationen zu liefern. Dabei kann die Kommunikation zwischen dem Radarsensor und dem angeschlossenen Gerät nach einem festgelegten Muster ablaufen, bspw. durch vollständige Übertragung aller Informationen nach jedem Meßdurchgang. Andererseits ist es insbesondere auch zur Reduzierung der Datenmenge möglich, im Rahmen eines Datensatzes zunächst nur die Positionswerte aller gefundenen Objekte zu übertragen und dem angeschlossenen Gerät sodann Gelegenheit zu geben, diese Objekte anhand ihrer Position zunächst vorzuselektieren und bei Bedarf alsdann weitere Informationen über ggf. interessante Objekte anzufordern.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich dahingehend weiterbilden, dass in einem ange-

schlossenen Gerät die Informationen der erkannten Objekte hinsichtlich Position, Bewegungsrichtung, Radialgeschwindigkeit, etc. ausgewertet werden, um zu erkennen, ob das Verhalten eines oder mehrerer dieser Objekte die Aktivierung der betreffenden Vorrichtung erfordert. Hierbei hat sich eine Vorgehensweise als zweckmäßig erwiesen, wobei die einem Objekt zugeordneten Verhaltensinformationen hierarchisch geprüft werden: Gibt es bspw. ein Objekt, dessen Entfernung zu einer anzusteuern Tür kleiner ist als ein vordefinierter Schwellwert, muß diese Tür geöffnet bzw. offengehalten werden. Eine weitere Abfrage ist in diesem Fall nicht erforderlich. Ist andererseits dieser Schwellwert bei allen Objekten überschritten, kann ggf. eine weitere Auswertung dahingehend erfolgen, ob sich wenigstens ein Objekt mit einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit der Tür nähert. Solchenfalls kann anhand der Entfernung und/oder Richtung dieses Objekts entschieden werden, ob es sich der Tür vermutlich in der Absicht einer Durchquerung nähert oder nur zufällig nahe der Tür vorbeiläuft. Da infolge der Objekterkennung die zeitliche Bewegung jedes Objektes erfaßt wird und ggf. gespeichert werden kann, läßt sich dessen Bewegungsbahn berechnen und extrapolieren, um seine Absicht zu erkennen. Es ist daher ersichtlich, dass durch das erfindungsgemäße Betriebsverfahren für einen Radarsensor die Möglichkeit eröffnet wird, mit geringem Aufwand die automatische Auslösung eines Aktuators viel feinfühlicher zu steuern als dies bisher möglich gewesen ist.

[0018] Die Auswerteschaltung des Radarsensors ist für die Extraktion der relevanten Informationen aus dem hochfrequenten Empfangssignal optimiert. Vorzugsweise umfaßt sie einen schnellen Analogteil, wo das Hochfrequenzsignal anhand einfacher Operationen aufbereitet wird, um den weiteren Signalverarbeitungsaufwand so gering als möglich zu halten. Die komplexen Verarbeitungsschritte, insbesondere zur Bestimmung aller relevanten Informationen, werden bevorzugt anhand digitaler Rechenalgorithmen ggf. von einem schnellen Signalprozessor durchgeführt. Abschließende Auswertungen, bspw. zur richtigen Zuordnung der gefundenen Informationen zu einzelnen Objekten, sowie die entsprechende Hinterlegung und Verwaltung dieser Informationen können entweder auch einem derartigen Signalprozessor oder einem „normalen“ Mikroprozessor bzw. -controller übertragen sein.

[0019] Der integrierte Speicherbaustein verhilft dem erfindungsgemäßen Radarsensor zu einem Gedächtnis, so dass die für die weitere Auswertung erforderlichen Daten zu einem beliebigen Zeitpunkt, d.h. asynchron zu der Objektmessung, abgerufen werden können. Indem ein sensorinterner Prozessor ebenfalls auf die Objektdaten der vorangehenden Messung(en) zurückgreifen kann, ist eine Integration neuerer Messungen in eine bestehende Objektliste

möglich, d.h. eine Pflege durch Aktualisierung bestehender Werte. Indem somit die einzelnen Objekte über einen Längeren Zeitraum hinweg „sichtbar“ sind, kann ihr Verhalten ggf. von einer nachgeschalteten Auswertung bewertet werden, um eine differenziertere Steuerung zu ermöglichen.

[0020] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass wenigstens eine Sendeantenne an einen internen Oszillator gekoppelt ist. Aufgrund der besonderen Anforderungen an HF-Leitungen trägt eine möglichst kurze und direkte Verbindung zwischen Oszillator und Sendeantenne nicht unerheblich zur Kostensenkung bei. Darüber hinaus kann das Oszillatorsignal direkt zu Auswertungszwecken herangezogen werden, bspw. zu einer Überlagerung mit dem empfangenen Radarsignal.

[0021] Die Integration des Oszillators begünstigt eine Verstellung der Oszillatorfrequenz. Hierzu kann bspw. von der Auswerteschaltung eine entsprechendes Steuersignal generiert und an ein verstellbares, frequenzbestimmendes Element des Oszillators, bspw. eine Kapazitätsdiode, übertragen werden, um die Sendefrequenz zu variieren bzw. zu modulieren, bspw. entsprechend einem FMCW- oder FSK-Radarverfahren.

[0022] Darüber hinaus sind weitere Radarverfahren bekannt, bspw. die AM-, ASK- oder Pulsverfahren; für diesen Zweck ist eine Verstellbarkeit der Ausgangsleistung des internen Oszillators wichtig, was bspw. durch rasches Ein- und Ausschalten erfolgen kann.

[0023] Weiterhin können an einem internen Oszillator wahlweise auch mehrere Sendeantennen ankopplbar sein, um durch unterschiedliche Charakteristika dieser Sendeantennen das Sendeantennendiagramm zu verändern, insbesondere zum Ausleuchten komplexer Überwachungsräume.

[0024] Eine bevorzugte Ausführungsform des Radarsensors umfaßt eine Baugruppe zur Verknüpfung wenigstens eines empfangenen Signals mit einem gesendeten Signal, mit der Absicht, die Unterschiede zwischen Sende- und Empfangssignal hervorzuheben. Hierbei kann das empfangene Signal ggf. zuvor verstärkt werden. Eine bevorzugte Art der Verknüpfung ist hierbei die Mischung; wobei ein Signal(spektrum) mit der Differenzfrequenz zwischen Sende- und Empfangssignal(spektrum) entsteht, welches vergleichsweise niederfrequent ist und daher leicht ausgewertet werden kann, bspw. um die Dopplerfrequenz zu ermitteln.

[0025] Dieser Erfindungsgedanke läßt sich dahingehend weiterbilden, dass die Baugruppe für die Verknüpfung eines Empfangssignals mit dem gesendeten Signal zwei Mischer umfaßt, denen wenigstens ein Eingangssignal, vorzugsweise das gesendete Si-

gnal, in gegeneinander phasenverschobener Signallage zugeführt wird. Durch diese Maßnahme kann verhindert werden, dass bei einer ungünstigen Phasenlage der zu mischenden Signale (bspw. eine Phase von 180°) eine (teilweise) Auslöschung der Signale auftritt, welche die Information eines zurückgestrahlten Signals verdeckt bzw. verschleiert. Es werden hierbei vielmehr die komplexen Amplituden des Sende- und Empfangssignals addiert bzw. gemischt, wobei die volle Amplitudeninformation erhalten bleibt.

[0026] Vorzugsweise wird (werden) das (die) Mischerausgangssignal(e) (je) einem Verstärker zugeführt. Eine solche Platzierung eines Verstärkers an einem Mischerausgang hat gegenüber dessen Anordnung vor dem empfangssignalseitigen Mischereingang den Vorteil, dass sich eine verstärkerseitig hervorgerufene Phasenverschiebung nicht als (virtuelle) Verlängerung der Signallaufzeit des reflektierten Radarsignals gegenüber dem Sendesignal bemerkbar macht. Außerdem ist von dem Mischerausgangssignal nur das niederfrequenteste Spektrum von Bedeutung, wo die Phasenverschiebung eines Verstärkers aufgrund dessen Frequenzgangs erheblich niedriger ist als bei höheren Frequenzen.

[0027] Mit nur einer Empfangsantenne ist keine Unterscheidung möglich, aus welcher Richtung ein empfangenes Signal stammt. Deshalb sieht die Erfindung die Verwendung von mindestens zwei oder mehr Empfangsantennen vor. Damit gibt es für die Richtungserkennung zwei Möglichkeiten:

Da die Empfindlichkeit einer Antenne richtungsabhängig ist und zum Rand einer „Empfangskeule“ hin abnimmt, so dass aus diesen Richtungen eintreffende Signale amplitudenmäßig abgeschwächt empfangen werden, können zwei oder mehr Antennen derart angeordnet werden, dass sich ihre Diagramme nicht identisch überdecken, sondern nur an den Rändern überlappen. Bspw. lassen sich diese Empfangsantennen in unterschiedlichen Vorzugsrichtungen orientieren, um durch Auswertung der betreffenden Empfangssignale die Strahlrichtung eines reflektierten Signals in ein oder zwei Dimensionen auflösen zu können. Da sich die Empfangskeulen nur mit ihren Randbereichen überlappen, stets also ein Empfangssignal amplitudenmäßig gegenüber dem anderen überwiegt, läßt sich in Kenntnis dieser Charakteristika sowie der Relativanordnung der Antennen anhand des Amplitudenverhältnisses A_1/A_2 der Einstrahlwinkel α abschätzen. Eine Nichtlinearität der Funktion $\alpha(A_1/A_2)$ bereitet dabei keinerlei Probleme, da sie in Form einer Tabelle abgespeichert werden kann. Diese Methode ist allerdings relativ ungenau und läßt nur eine ungefähre Winkelbestimmung zu.

[0028] Viel genauer ist die Methode, zwei oder mehrere Empfangsantennen zu verwenden, deren Antennendiagramme exakt gleich sind und sich räumlich

überdecken. Die Speisepunkte der Empfangsantennen liegen zwar räumlich sehr nahe beieinander, haben aber doch einen räumlichen Abstand d in der Größenordnung einer halben Wellenlänge $\lambda/2$ der Sendefrequenz. Die Bestimmung des Einstrahlwinkels α von einem Objekt geschieht durch Vergleich der Phasenlagen φ_1, φ_2 der an den Mischerausgängen gewonnenen Empfangssignale. Etwa nach der Formel

$$\alpha = \arcsin(\varphi_1 - \varphi_2)$$

läßt sich sodann der Ablagewinkel α sehr genau bestimmen. Dabei kann die arcsin-Funktion in Form einer Tabelle hinterlegt sein, um den Berechnungsaufwand zu reduzieren. Dieses Verfahren wird als „Mopulsverfahren“ bezeichnet.

[0029] Die Signale von zwei oder mehr Empfangsantennen können ggf. auf unterschiedlichen Wegen verarbeitet werden: Sofern die Auswerteschaltung dazu in der Lage ist, können die während einer einzigen Messung von zwei oder mehreren Antennen aufgefangenen Signale für eine Verarbeitung herangezogen werden. Hierfür ist erforderlich, dass für jede Empfangsantenne eine eigene Verknüpfungsbaugruppe, vorzugsweise mit jeweils zwei Mischern, vorgesehen ist.

[0030] Falls dieser Aufwand jedoch als zu groß erscheint, können im Fall einer Winkelauflösung durch Amplitudenauswertung auch zwei oder mehr Empfangsantennen, deren Empfindlichkeitsmaxima in unterschiedliche Richtungen weisen, an die selbe Verknüpfungsbaugruppe angeschlossen oder anschließbar sein. Bei einer Amplitudenauswertung sind die dabei hervorgerufenen Meßfehler aufgrund der hohen Meßgeschwindigkeit gegenüber den tatsächlichen Bewegungen der Objekte vernachlässigbar.

[0031] Um die aufeinanderfolgende Auswertung der Eingangssignale mehrerer Antennen zu ermöglichen, ist eine Einrichtung zum Umschalten des Eingangssignalanschlusses der Verknüpfungsbaugruppe zwischen den angeschlossenen Empfangsantennen erforderlich. Eine solche Umschalteinrichtung kann bspw. ein oder mehrere Bauteile mit einer Schaltcharakteristik umfassen; die zwischen (je) einem Antennensignalanschluß und einem Masse- oder sonstiges Referenzpotential eingefügt sind, um selektiv ein Antennenausgangssignal kurzzuschließen. Eine ähnliche Umschalteinrichtung kann auch verwendet werden, um wahlweise eine von mehreren Sendeantennen an einen internen Oszillator anzuschließen.

[0032] Durch eine Verknüpfung von Sende- und Empfangssignal(spektrum) wird die Information in einen erheblich niedrigeren Frequenzbereich herab-

transformiert, um die folgenden Auswertungen zu erleichtern. Andererseits sind im folgenden komplexe, mathematische Operationen auszuführen, was aufgrund der erforderlichen Genauigkeit besser anhand von Digitalwerten geschieht. Deshalb ist wenigstens ein Analog-Digital-Wandler zur Digitalisierung von Abtastwerten eines von einem Empfangssignal abgeleiteten Signals, bspw. Verknüpfungsprodukts, vorzusehen.

[0033] Um einen definierten Betrieb der Analog-Digital-Wandler sicherzustellen, sollte jedem Mischerausgangssignal einer Verknüpfungsbaugruppe (je) ein Abtast-Halte-Glied und/oder ein Analog-Digital-Wandler zugeordnet sein.

[0034] Für die nachfolgende Auswertung sind jeweils die gesamten Signalverläufe über ein (kurzes) Zeitintervall hinweg erforderlich, bspw. in der Größenordnung einer Periode des (niederfrequentesten) Signalanteils. Es muß daher eine Signalaufzeichnung erfolgen, wobei in einem Speicher je nach dessen Beschaffenheit Signalverläufe (Analogspeicher) oder digitalisierte Signalabtastwerte (Digitalspeicher) hinterlegt werden können.

[0035] Einen wichtigen Beitrag zur Auswertung eines oder mehrerer Empfangssignale leistet eine Baugruppe zur Spektralanalyse, die im folgenden als Spektralanalysator bezeichnet werden soll. Denn anhand der Ermittlung von Spektralanteilen aus Signalverläufen oder Digitalwerten aufeinanderfolgender Signalabtastwerte können ggf. mehrere, von unterschiedlichen Objekten hervorgerufene Dopplerfrequenzen voneinander unterschieden und sodann je einem Objekt zu dessen Kennzeichnung zugeordnet werden.

[0036] Bevorzugt ist ein derartiger Spektrumsanalysator als Digitalfilter ausgebildet, der solchermaßen konzipiert ist, dass er einer Eingangssignalfolge aus dem Zeitbereich eine Ausgangssignalfolge zuordnet, welche ihrem Spektrum entspricht.

[0037] Es hat sich bewährt, die Komponenten bzw. Parameter des Digitalfilters derart festzulegen, dass die davon gefilterten Signalfolgen einer schnellen Fouriertransformation unterzogen werden. Ein derartiges Digitalfilter kann in Betracht der durch die Überlagerung eliminierten Sendefrequenz und den aus den vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeiten der bewegten Objekte resultierenden, kleinen Dopplerfrequenzen auf ein enges Frequenzspektrum eingestellt werden, so dass der Rechenaufwand minimiert wird.

[0038] Weitere Vorteile ergeben sich dadurch, dass der Spektrumsanalysator und/oder ein die Spektralfolgen auswertender Baustein solchermaßen ausgebildet oder beschalten ist, dass die aus den Abtast-

werten der beiden Mischer einer Verknüpfungsbau-
gruppe gewonnenen, digitalen Signalfolgen in jeweils
wenigstens eine (die komplexen Amplituden be-
schreibende) Spektralfolge umgesetzt werden. Damit
erhält man die frequenz- und damit objektbezogene
Amplitudeninformation, um ggf. durch Vergleich der
Werte für zwei unterschiedliche Empfangsantennen
leicht deren zugeordnete Richtung bestimmen zu
können. Außerdem kann als weitere Spektralfolge
die (frequenzabhängige) Phasenverschiebung ermit-
telt und abgespeichert werden, anhand der sodann –
wiederum frequenz- und damit objektbezogen – die
Signallaufzeit und demzufolge die Entfernung des
betreffenden Objekts ermittelt werden kann.

[0039] Während der Spektrumsanalysator aufgrund
der erforderlichen Rechenkapazität bspw. als schnel-
ler Signalprozessor realisiert sein kann, ist für die
nachfolgenden Auswertungen nur eine verminderte
Rechenleistung erforderlich, die auch von einem
Standard-Mikroprozessor oder gar von einem analog
aufgebauten Funktionsnetzwerk erbracht werden
kann. Als Schnittstelle zwischen diesen Komponen-
ten kann ein Speicherbaustein zur Hinterlegung der
gefundenen Spektralfolgen dienen, der zwecks Ein-
speicherung von Daten an den Ausgang des Spek-
trumsanalysators gekoppelt sein sollte.

[0040] Im Rahmen der anschließenden Auswertung
ist die Ermittlung von Extremwerten wenigstens einer
Signal- oder Spektralfolge vorteilhaft, bspw. um an-
hand von Amplitudenmaxima einzelne, reflektierende
Objekte erkennen zu können. Zu diesem Zweck soll-
te die (sensorinterne) Auswertebaugruppe wenig-
stens einen Baustein mit einer entsprechenden Funk-
tionalität, bspw. einen Komparator, umfassen. Ein
solcher Komparator kann so aufgebaut sein, dass je-
weils drei aufeinanderfolgende Signal- oder Spektral-
werte f_{n-1} , f_n , f_{n+1} miteinander verglichen werden, um
festzustellen, ob von diesen der mittlere f_n am größ-
ten ist.

[0041] Die Erfindung erfährt eine vorteilhafte Wei-
terbildung dahingehend, dass die (sensorinterne)
Auswertebaugruppe wenigstens einen Baustein zur
Definition von Objekten anhand von deutlich erkenn-
baren (lokalen) Extrema einer oder mehrerer Signal-
und/oder Spektralfolgen umfaßt. Dies kann bspw.
ebenfalls von einem Komparator geleistet werden,
der einen Vergleich aufgefundener Extremwerte mit
einem Vergleichs-, bspw. Mittelwert, vornimmt. um
rauschbedingte, lokale Extremwerte auszublenden.

[0042] Sofern die (sensorinterne) Auswerteba-
gruppe wenigstens einen Baustein zur Korrelation
von zwei oder mehr Signal- oder Spektralfolgen um-
faßt, können ggf. durch die Signalaufbereitung einge-
fügte Pegel- oder Frequenzverschiebungen bspw.
bei den Empfangssignalen mehrerer Antennen kom-
pensiert werden, insbesondere um eindeutig die auf

das selbe Objekt zurückzuführenden Extremwerte
einander zuordnen zu können.

[0043] Sofern mehrere Empfangsantennen mit ab-
weichender Ausrichtung vorhanden sind, kann zur
Richtungsauflösung eines Objektes im Rahmen der
(sensorinternen) Auswertebaugruppe wenigstens ein
Baustein vorgesehen sein, um aus den unterschied-
lichen Amplituden einander entsprechender Spek-
tralanteile der (mit dem Sendesignal gemischten)
Ausgangssignale mehrerer Empfangsantennen die
Richtung zu dem betreffenden Objekt aufzulösen.
Dabei kann vorzugsweise der Quotient, ggf. aber
auch die Differenz der gemessenen Amplituden (ex-
tremwerte) gebildet werden, um aus dem solcherma-
ßen normierten Meßergebnis bspw. anhand einer
Funktion oder Tabelle die Objektrichtung zu berech-
nen.

[0044] Weiterhin gibt es auch die Möglichkeit, zwei
oder mehr Antennen parallel auszurichten. Sofern
diese einen größeren Abstand (bspw. einige Meter)
aufweisen, kann eine Richtungsbestimmung anhand
zweier Entfernungsmessungen vorgenommen wer-
den und sodann die Richtung anhand trigonometri-
scher Formeln berechnet werden. Bei Empfangsan-
tennen mit einem Abstand von etwa $\lambda/2$ der Sende-
frequenz oder weniger kann zur Richtungsauflösung
dagegen die Phasendifferenz auf die selbe Wellen-
front zurückzuführender Reflexionssignalanteile ver-
wendet werden. Sofern die (sensorinterne) Auswer-
tebaugruppe wenigstens einen Baustein aufweist,
um die unterschiedlichen Laufzeiten oder Phasenla-
gen einander entsprechender Signalanteile der Aus-
gangssignale mehrerer Empfangsantennen zu be-
stimmen, so kann dadurch eine Entfernungsmes-
sung ersetzt werden.

[0045] Eine gezielte Auswertung im Hinblick auf ein-
zelne Objekte ist dadurch möglich, dass die (senso-
rinterne) Auswertebaugruppe wenigstens einen Bau-
stein aufweist, um eine Signalfolgenreihe mit ein-
em (lokalen) Extremwert des reflektierten und ggf.
mit dem Sendesignal gemischten Empfangssignals
für eine Spektralanalyse auszuwählen und auf die-
sem Weg der Entfernung eines Objekts (Phasenlage
der empfangenen Signalsequenz) eine (radiale) Ob-
jektgeschwindigkeit (Amplitudenmaximum des Spek-
trums) zuzuordnen. Eine derartige Auswertungsme-
thode und -schaltung ist dann von Vorteil, wenn sich
zwei Objekte mit der selben Radialgeschwindigkeit
bewegen und daher nicht voneinander getrennt wer-
den können. Wenn sich diese Personen jedoch in un-
terschiedlichen Entfernungen befinden, so ist eine
räumliche Auflösung anhand der unterschiedlichen
Signallaufzeiten möglich, welche sich in einer zeitli-
chen Verschiebung der Reflektion eines Radarpulses
äußern. In diesem Fall muß allerdings das Sendesign-
al gezielt einflußbar sein.

[0046] Von großer Bedeutung ist ferner ein Schnittstellenbaustein, der in der Lage ist, in bestimmten Zeitintervallen und/oder auf Anfrage Informationen über identifizierte Objekte an ein angeschlossenes Gerät, bspw. ein Steuergerät, zu senden. Obgleich der Datenaustausch mit einem angeschlossenen Gerät auch über einen Speicherbaustein mit mehreren Zugriffsmöglichkeiten (bspw. sog. „Dual-Port-RAM“) erfolgen könnte, so bietet ein eigener Schnittstellenbaustein aufgrund der schnellen Datenaktualisierung in dem Speicher eine zuverlässige Möglichkeit zur Vermeidung von Lese- und/oder Übertragungsfehlern. Sofern dieser bspw. in von einem internen Prozessor gesteuerter Weise mit dem Speicherbaustein kommuniziert, so kann die Übertragung inkonsistenter Daten (bspw. zum Zeitpunkt einer Datenaktualisierung) ausgeschlossen werden.

[0047] Weitere Merkmale, Eigenschaften, Vorteile und Wirkungen auf der Basis der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie anhand der Zeichnung. Hierbei zeigt:

[0048] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform der Erfindung; sowie

[0049] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild einer modifizierten Ausführungsform der Erfindung.

[0050] Das schematische Blockschaltbild aus [Fig. 1](#) zeigt die Signalverarbeitungsbaugruppen eines erfindungsgemäßen Radarsensors **1**. Hilfsbaugruppen wie Stromversorgung, Einstell- und Anzeigeelemente u. dgl. sind aus Gründen der Übersichtlichkeit weglassen worden.

[0051] Die Steuerung und insbesondere Koordinierung der Aktivitäten der einzelnen Baugruppen des Radarsensors **1** übernimmt ein Mikroprozessor oder sonstiges Rechenwerk **2**.

[0052] Beispielsweise kann der Mikroprozessor **2** über ein oder mehrere Steuerleitungen **3** einen im Radarsensor **1** integrierten HF-Oszillator **4** steuern, d.h., hinsichtlich seiner Schwingfrequenz verstellen und/oder ein- bzw. ausschalten (letzte Funktion kann auch durch Unterbrechung der Oszillatorausgangsleitung **5** erzielt werden), je nach dem verwendeten Radarverfahren („Puls“-Betrieb oder „Continuous Wave“-Betrieb, etc.).

[0053] Über die Oszillatorausgangsleitung **5** gelangt das HF-Signal ggf. nach Verstärkung zu der Sendeantenne **6** und wird von dieser als elektromagnetische Welle abgestrahlt, vorzugsweise gerichtet.

[0054] Die elektromagnetische Radarwelle wird von Objekten in der Umgebung der Sendeantenne **6** zurückgeworfen, bspw. von Personen und Gegenständen.

Während die Amplitude des zurückgeworfenen Signals von dem Reflexionsquerschnitt und -vermögen des betreffenden Objektes abhängt, ist die Frequenz des reflektierten Signals aufgrund des Dopplereffektes bei einer radialen Bewegungskomponente des reflektierenden Objekts geringfügig gegenüber der Sendefrequenz verschoben. Das reflektierte Signal gelangt zu wenigstens einer Empfangsantenne **7** des erfindungsgemäßen Radarsensors **1**, und durch Auswertung der Empfangsfrequenz kann die Radialgeschwindigkeit eines reflektierenden Objekts ermittelt werden.

[0055] Aufgrund des Ausbreitungsmediums Luft ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Radarsignals etwa gleich der Lichtgeschwindigkeit. Deshalb ist bspw. die Gesamtlaufzeit einer Welle von der Sendeantenne **6** bis zu der Empfangsantenne **7** mit guter Näherung proportional zu der Entfernung des betreffenden Objekts von dem Radarsensor **1** und kann daher für eine Entfernungsmessung verwendet werden.

[0056] Schließlich können zusätzlich zu der Empfangsantenne **7** noch eine oder mehrere weitere Empfangsantennen **8**, **9** vorgesehen sein, um eine Auflösung des Raumwinkels zu einem reflektierenden Objekt feststellen zu können.

[0057] Dabei ist es einerseits möglich, diese Antennen **8**, **9** etwa parallel zu der Empfangsantenne **7** auszurichten, jedoch seitlich und/oder vertikal um etwa $\lambda/2$ der Sendefrequenz versetzt anzuordnen, so dass die Wellenfront einer an einem Objekt reflektierten Welle mit gleicher Phasenlage zu unterschiedlichen Zeitpunkten an den beiden Antennen eintrifft, wenn die Objektrichtung nicht auf einer Mittelebene zwischen den betreffenden Antennen liegt. Mit Hilfe trigonometrischer Berechnungen läßt sich sodann aus dem Phasenversatz der empfangenen Signale die Objektrichtung berechnen.

[0058] Andererseits ist es auch möglich, die Empfangsantennen **8**, **9** derart anzuordnen, dass ihr Empfindlichkeitsmaximum neben dem Empfindlichkeitsmaximum der ersten Empfangsantenne **7** und/oder in einer anderen Raumrichtung liegt. Beispielsweise liegt in [Fig. 1](#) das Empfindlichkeitsmaximum der Antenne **8** in derselben horizontalen Ebene wie das der Empfangsantenne **7**; das Empfindlichkeitsmaximum einer (optionalen) Antenne **9** könnte dagegen innerhalb einer vertikalen Ebene nach oben oder unten versetzt sein. Je nach dem, ob sich ein reflektierendes Objekt näher dem Empfindlichkeitsmaximum der Antenne **7** oder bspw. der Antenne **8** befindet, wird die Amplitude des Empfangssignals **10**, **11** der betreffenden Antenne **7**; **8** die Amplitude an der anderen Antenne **8**; **7** übertreffen. Durch einen Vergleich dieser Signalamplituden kann die (azimutale) Richtung eines Objekts gegenüber dem Radarsensor **1** bestimmt werden. Dasselbe Verfahren angewandt auf

die Signalamplitude der vertikal versetzten Antenne **9** liefert dann die dritte Koordinate eines Objekts, nämlich dessen Vertikalwinkel gegenüber der Horizontalen. Die Antennen **7–9** können identisch oder unterschiedlich ausgeführt sein.

[0059] Wie man obigen Ausführungen entnehmen kann, enthält die reflektierte Radarwelle alle erforderlichen Informationen, um die (zwei- oder dreidimensionale) Position eines Objekts, insbesondere auch dessen Entfernung, und seine Radialgeschwindigkeit ermitteln zu können. Diesem Zweck dienen die weiteren Signalverarbeitungs-komponenten des Radarsensors **1**: Der Auswertung der empfangenen Signale **10–12**, um daraus die gewünschten Informationen zu extrahieren, der Auflösung dieser Informationen nach einzelnen Objekten insbesondere aus dem Nahbereich des Radarsensors **1**, und der objektbezogenen Abspeicherung, um sie für die Übertragung **11** an ein angeschlossenes Gerät bereitzuhalten.

[0060] Zunächst werden die Empfangssignale **10–12** mit dem Sendesignal **5** des Oszillators **4** gemischt. Zu diesem Zweck ist in der Antennenleitung **5** der Sendeantenne **6** ein Element **14** zum Auskoppeln eines Signalanteils eingefügt. Von dem Koppel-element **14** gelangt das Sendesignal zu einer Verteilungsschiene **15**, von wo es zur Mischung mit den Empfangssignalen **10–12** abgegriffen werden kann.

[0061] Bei der Ausführungsform nach [Fig. 1](#) findet jedes Empfangssignal **10–12** eigene, aber baugleiche, Mischstufen vor, so dass im folgenden nur die Mischstufe für das Empfangssignal **10** betrachtet werden soll. Diese besteht aus zwei parallel betriebenen Mischern **16, 17**, denen jeweils das Empfangssignal **10** zugeführt wird. Als zweites Eingangssignal dient jeweils das Sendesignal **5, 15**, wobei jedoch die betreffenden Zuleitungen **18, 19** derart aufeinander abgestimmt sind, dass in einer Zuleitung **19** zusätzlich eine $\lambda/4$ -Leitung eingefügt ist, die bei der anderen Zuleitung **18** fehlt. Durch die zusätzliche Signallaufzeit ist das an dem Mischer **17** über die Leitung **19** ankommende Sendesignal **5, 15** um 90° gegenüber dem Signal auf der Leitung **18** phasenverschoben. Diese Struktur entspricht einem I/Q-Mischer (In-Phase/Quadrature). Sie hat den Vorteil, dass aus den Mischerausgangssignalen **20, 21** die vollständige komplexe Amplitude des Mischsignals bestimmbar ist, so dass sich Amplituden- und Phasenanteil eindeutig ermitteln lassen.

[0062] Im Rahmen der Mischer **16, 17** kann eine additive Signalzusammenführung vorgesehen sein, wobei aus dem Summensignal sodann an einer nichtlinearen Kennlinie bspw. einer Diode ein Oberwellenspektrum gebildet wird. Aus den Mischerausgangssignalen **20, 21** werden sodann die niederfrequenten Anteile herausgefiltert und unabhängig voneinander verstärkt **22, 23**. Andere Mischtechniken (bspw. Mul-

tipplikative Mischung) sind ebenfalls möglich.

[0063] Die gefilterten und ggf. verstärkten Mischerausgangssignale **20, 21** werden sodann für eine nachfolgende Auswertung abgetastet, wobei die Abtastfrequenz f_A nur dem doppelten Wert der höchsten, anzutreffenden Dopplerfrequenz $f_{D,max}$ entsprechen muß: $f_A \geq 2 \cdot f_{D,max}$. Den Abtast-Halte-Bausteinen sind jeweils D/A-Wandler **24, 25** zu- bzw. nachgeordnet, welche aus den analogen Abtastwerten schließlich je eine Folge von Digitalwerten bilden. Diese werden in einem digitalen Speicher **26** hinterlegt, wo sie für die weitere Auswertung zur Verfügung stehen. Die Zweige, bestehend aus Mischer **16, 17**, Filter, Verstärker **22, 23**, Abtastglied und D/A-Wandler **24, 25**, sind bei dieser Ausführungsform pro Empfangsantenne **7–9** je zwei mal vorgesehen, so dass ein Parallelbetrieb aller Empfangsantennen **7–10** möglich ist.

[0064] Im Rahmen einer Radarmessung werden mit der zuvor beschriebenen Technik die (herabgemischten) Empfangssignale **10–12** jeweils über ein kurzes Zeitintervall (bspw. entsprechend der max. Signallaufzeit bis zu dem entferntesten, noch relevanten Objekt) aufgezeichnet. Sodann werden die dabei entstandenen Signalfolgen auf ihre Spektralanteile untersucht. Diese Aufgabe übernimmt ein schneller Signalprozessor **27**, der zu diesem Zweck auf die abgespeicherten **26** Signalfolgen zugreifen kann. Der Signalprozessor **27** arbeitet bspw. nach dem Verfahren der schnellen Fouriertransformation (DFT = Digitale Fouriertransformation) und liefert daher in kürzester Zeit die entsprechenden Spektralfolgen, die sodann wieder in dem Speicher **26** abgelegt werden. Der Signalprozessor **27** erhält seine Anweisungen von dem Mikroprozessor **2**, wodurch seine Aktivität mit den übrigen Auswertungsschritten koordiniert wird.

[0065] Nun kann der Mikroprozessor **2** die ermittelten Spektralfolgen untersuchen, wobei zunächst die Spektralfolgen des I- und Q-Mischers desselben Empfangssignals **10–12** zusammengeführt werden (bspw. durch Addition der Amplitudenquadrate einander entsprechender Spektralanteile), um bspw. komplexe Amplituden zu bilden.

[0066] Diese (komplexen) Amplituden können auf Extremwerte untersucht werden, um reflektierende Objekte zu erkennen. Diese Spektralwerte liefern sodann gleichzeitig die Radialgeschwindigkeit des betreffenden Objekts.

[0067] Indem die objektbezogenen (komplexen) Amplitudenwerte mehrerer Empfangssignale **10–12** in Relation zueinander gesetzt werden, kann ggf. anhand einer Tabelle die Richtung zu dem betreffenden Objekt gefunden werden.

[0068] Anhand der gesamten Laufzeit τ eines reflek-

tierten Signals und dessen Dopplerfrequenz kann schließlich auf die Entfernung des betreffenden Objekts geschlossen werden, wozu in dem Mikroprozessor **2** und/oder Signalprozessor **27** weitere Algorithmen implementiert sind. Zur Ermittlung der Laufzeit τ einer gesendeten und reflektierten Radarwelle das Sendesignal **4** ist es bspw. möglich, die Schwingfrequenz des Oszillators **4** für zwei kurze, in einem bspw. stufenförmig verstellbaren Abstand Δt aufeinanderfolgende Zeitfenster vorzugsweise gegensinnig gegenüber einer Oszillator-Mittelfrequenz f_0 zu verstellen, bspw. auf f_1 und f_2 . Entspricht die Gesamtlaufzeit τ der Radarwelle zu einem Objekt und zurück gerade der Verzögerung Δt zwischen den beiden Zeitfenstern ($\Delta t \approx \tau$), so entstehen in der Mischerstufe **16**, **17** Überlagerungssignale **20**, **21** mit der Frequenz ($f_1 + f_D - f_2$), die herausgefiltert werden können (bspw. wenn f_D erheblich kleiner ist als $f_1 - f_2$) oder bei der Spektralanalyse feststellbar sind und solchenfalls erkennen lassen, dass sich ein Objekt in der entsprechenden Entfernung aufhält. Da f_1 und f_2 bekannt sind, läßt sich f_D bestimmen und kann verwendet werden, um den gefundenen Entfernungswert genau einem Objekt zuzuordnen.

[0069] Andererseits ist es auch möglich, zwecks Entfernungsbestimmung die Frequenz des Oszillators **4** entlang einer Rampe hochzufahren, so dass die ankommenden Signale **10–12** in den Mischerstufen **16**, **17** auf ein hinsichtlich seiner Frequenz bereits verstelltes Sendesignal **5**, **15** stoßen, so dass aus der meßbaren Frequenz des Überlagerungssignals **22**, **23** die Laufzeit τ der empfangenen Radarwelle und damit die Entfernung des reflektierenden Objekts ermittelt werden kann.

[0070] Schließlich obliegt es dem Prozessor **2**, die Informationen über gefundene Objekte und deren Zustand (Ort, Geschwindigkeit) in Form einer Objektliste zusammenzuführen und solchermaßen geordnet in dem Speicher **27** zu hinterlegen. Von dort werden diese Informationen bei Bedarf ausgelesen und an einen Schnittstellenbaustein **28** übertragen, der sie gemäß einem festgelegten Protokoll an ein angeschlossenes Gerät sendet **13**. Hierbei kann die Datenübertragung **13** parallel oder seriell erfolgen, sowohl über Kabel als auch über Lichtleiter oder eine Infrarot- oder Funkschnittstelle. Der Datenaustausch **13** findet in regelmäßigen Zeitabständen statt, und/oder auf Anfrage des angeschlossenen Geräts. Im letzteren Fall ergibt sich eine bidirektionale Kommunikation, wobei der Radarsensor **1** auf vordefinierte Anweisungen reagiert, bspw. durch Übertragen **13** der Zustandsvariablen eines gewünschten Objekts, das durch eine zugeordnete Nummer gekennzeichnet sein kann.

[0071] Um ein angeschlossenes Gerät nicht durch eine unübersichtliche Objektliste zu verwirren, wird die Objektliste von dem Prozessor **2** gepflegt. D.h.,

es wird nicht bei jeder neuen Messung eine völlig neue Objektliste erstellt, sondern es wird versucht, die Objekte der neuen Messung in der bestehenden Objektliste wiederzufinden, so dass nur deren Zustandsvariable mit den jeweils aktuellen Werten überschrieben werden. Dies kann bspw. dadurch erfolgen, dass eine, mehrere oder alle Objekt-Zustandsvariablen jeweils quantisiert abgespeichert werden, d.h., der zulässige Wertebereich ist in eine bestimmte Anzahl von Bereichen unterteilt und zu jedem Bereich werden die Nummern der darin enthaltenen Objekte hinterlegt. Bei einem neu gemessenen Objekt wird dann der entsprechende Wertebereich bestimmt, und schon kann anhand der vorangehenden Messung die Menge der in Frage kommenden Objekte ausgelesen werden.

[0072] Durch eine derartige Pflege der Objektliste ist es einem angeschlossenen Gerät möglich, einzelne Objekte über einen größeren Zeitraum hinweg zu beobachten und hinsichtlich ihres Verhaltens einzuklassifizieren, bspw. in dauerhaft statische Objekte (z.B. Verkaufstische), vorübergehend statische Objekte (z.B. sich unterhaltende Personen), langsame Objekte (z.B. Passanten), zielgerichtete Objekte (z.B. Personen, die sich mit etwa gleichbleibender Geschwindigkeit nähern), schnelle Objekte (z.B. Autos), etc. Dadurch kann eine Vielzahl von Objekten für den betreffenden Anwendungsfall von vorneher ein als nicht relevant eingestuft werden.

[0073] In [Fig. 1](#) sind die digitalen Bausteine **2**, **24–28** in einem „digitalen Verarbeitungsblock“ **29** zusammengefaßt. Damit soll angedeutet werden, dass zwei oder mehrere dieser Komponenten in einer Hardware-Komponente zusammengefaßt sein können.

[0074] Zur möglichst vollständigen Ausleuchtung auch unübersichtlicher Überwachungsbereiche kann die modifizierte Ausführungsform eines Radarsensors **1'** gemäß [Fig. 2](#) Verwendung finden. Dies ist bspw. wichtig bei Türanwendungen, wo das Gebiet unterhalb der Türzarge von einem normalen, nach vorne gerichteten Radarstrahl nicht erfaßt wird. Andererseits stellt gerade dieser Raum eine Gefahrenzone für dortige Objekte dar, insbesondere für gestürzte Personen.

[0075] Um auch diese Bereiche zu beleuchten, besteht die Möglichkeit, eine Antennendiagrammverstellung an der Sendeantenne und/oder an der/den Empfangsantennen **7**, **8** vorzunehmen. In der Praxis hat sich als sinnvoller die Verstellung des Sendeantennendiagramms erwiesen, da die Sendeantenne im Gegensatz zu den Empfangsantennen vergleichsweise einfach aufgebaut ist.

[0076] Eine derartige Verstellung des Sendeantennendiagramms läßt sich mit vergleichsweise gerin-

gem Aufwand bewerkstelligen, indem zwei Sendeantennen **6a**, **6b** vorgesehen sind, welche in unterschiedliche Richtungen orientiert werden, um den gesamten, relevanten Bereich ausleuchten zu können. In diesem Fall empfiehlt es sich, bei jeder Radarmessung nur eine Sendeantenne **6a**, **6b** mit dem Oszillator **4** zu verbinden **5a**, **5b**, so dass durch eine derartige Antennenumschaltung sich entsprechend das Sendeantennendiagramm in der gewünschten Weise ändert.

[0077] Dies leistet eine HF-Umschaltanordnung **30**, die von dem Prozessor **2** über eine Steuerleitung **31** umgeschaltet werden kann. Die HF-Umschaltanordnung **30** ist in Mikrostreifenleitungstechnik aufgebaut, deren Ersatzimpedanzen **32–38** in [Fig. 2](#) als konzentrierte Bauelemente eingezeichnet sind. Bemerkenswert ist, dass die Sendesignale **5a**, **5b** über eine Mikrostreifenleitung **38** und eine Verzweigungsstelle **44** beiden Antennen **6a**, **6b** zugeführt werden können. Andererseits lassen sich die Spannungspotentiale vor den Antennen **6a**, **6b** an diesen vorgeordneten Schaltungsknoten **39**, **40** über je eine Diode **41**, **42** gegen die Schaltungsmasse **43** kurzschließen. An der Verzweigungsstelle **44** wird andererseits die Steuerspannung **31** über einen Widerstand **45** oder eine Induktivität zugeführt. Diese Spannung **31** dient zur Einstellung des Gleichspannungspotentials der Mikrostreifenleiter **32–37** ggf. samt angekoppelter Sendeantennen **6a**, **6b**, während das Signal des Oszillators **4** in galvanisch entkoppelter Form, d.h. gleichspannungsfrei, zugeführt wird, bspw. über einen Kondensator **46**. Die eingekoppelte Steuerspannung **31** wird zum Umschalten zwischen den beiden Antennen **6a**, **6b** umgepolt. Ist die Steuerspannung **31** und damit das Potential an den Knotenpunkten **39**, **40**, **44** positiv, so sperrt die Diode **41**, deren Anode an Masse **43** liegt, während die Diode **42** leitet, da diese über ihre Kathode mit Massepotential **43** verbunden ist. Da die Diode **42** leitet, schließt sie das Signal **5b** vor der Sendeantenne **6b** kurz. Das Sendesignal **5a** gelangt von der Verzweigungsstelle **44** nur zu der Antenne **6a**. Bei negativer Steuerspannung **31** leitet dagegen die Diode **41** und schließt den Sendesignalweig **5a** kurz, so dass das Sendesignal **5b** nur zu der Antenne **6b** geleitet wird. Sofern die Impedanzen **34**, **37** vergleichsweise groß sind im Verhältnis zu den Impedanzen **32**, **33** sowie **35**, **36**, wird dabei das jeweils nicht kurzgeschlossene Sendesignal **5a**, **5b** nach Art eines Spannungsteilers **34**, **37** nur etwa auf die halbe Amplitude des Oszillatorausgangssignals **5** abgeschwächt.

[0078] Mit einer derartigen Antennenumschaltung **30** kann eine Antennendiagrammverstellung auf zweierlei Weise erfolgen. Einerseits ist eine direkte Umschaltung der Hauptstrahlrichtung der Sendeeule möglich, sozusagen ein elektronisches Schielen. Andererseits kann bspw. durch Verwendung unterschiedlicher Antennentypen **6a**, **6b** die Breite des An-

tennendiagramms verändert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Radarsensors (**1**; **1'**) im Rahmen der Steuerung eines ortsfesten Türöffners als Reaktion auf die Position und/oder Bewegung eines oder mehrerer Objekte, insbesondere Personen, wobei der Radarsensor (**1**; **1'**) wenigstens eine Sende- und wenigstens eine Empfangsantenne (**6**, **7–9**) aufweist sowie eine Auswerteschaltung (**14–45**), wobei

- a) das Empfangssignal (**10–12**) einer Antenne (**7–9**) mit einem gesendeten Signal (**5**, **15**) in zwei Mischern (**16**, **17**) verknüpft wird, wobei einem von beiden wenigstens ein Eingangssignal (**18**) in gegenüber dem entsprechenden Eingangssignal (**19**) des anderen Mischers (**17**) phasenverschobener Signallage zugeführt wird, um etwa 90° bezogen auf die Oszillatorschwingung verschoben; wobei
- b) aus Signalverläufen oder aus Digitalwerten aufeinanderfolgender Signalabtastwerte (Spektrumsanalyator) Spektralanteile ermittelt werden; wobei ferner
- c) der Spektralanteile einzelne Objekte in der Umgebung des Radarsensors (**1**; **1'**) erkannt und diesen weitere Informationen (bspw. Entfernung, Richtung, Radialgeschwindigkeit) zugeordnet werden, die an ein angeschlossenes Steuergerät übertragbar (**13**) sind; und wobei schließlich
- d) im Rahmen des Radarsensors (**1**; **1'**) eine Liste von Objekten mit diesen zugeordneten Informationen angelegt und gepflegt wird.

2. Radarsensor (**1**; **1'**) für die Steuerung eines ortsfesten Türöffners als Reaktion auf die Position und/oder Bewegung eines oder mehrerer Objekte, insbesondere Personen, mit wenigstens einer Sende- und wenigstens einer Empfangsantenne (**6**, **7–9**) sowie mit einer Sensorinternen Auswerteschaltung (**14–29**), gekennzeichnet durch

- a) wenigstens eine Baugruppe (**16**, **17**) für die Verknüpfung des Empfangssignals (**10–12**) einer Antenne (**7–9**) mit einem gesendeten Signal (**5**, **15**), welche zwei Mischer (**16**, **17**) umfaßt, wobei einem von beiden wenigstens ein Eingangssignal (**18**), in gegenüber dem entsprechenden Eingangssignal (**19**) des anderen Mischers (**17**) phasenverschobener Signallage zugeführt wird, um etwa 90° bezogen auf die Oszillatorschwingung verschoben;
- b) wenigstens eine Baugruppe (**27**) zur Ermittlung von Spektralanteilen aus Signalverläufen oder aus Digitalwerten aufeinanderfolgender Signalabtastwerte (Spektrumsanalyator);
- c) wenigstens eine Auswertebaugruppe (**29**), um anhand des reflektierten und empfangenen Signals (**10–12**) und daraus gewonnener Informationen einzelne Objekte zu erkennen und Informationen über deren Position (bspw. Entfernung, Richtung) und/oder Bewegung (bspw. Radialbewegungskomponente) zu bestimmen und in einander zugeordneter

Form für Steuerungszwecke bereitzuhalten; und d) wenigstens einen Speicherbaustein (26), in welchem Speicherplätze für die einander zugeordnete Ablage von Informationen (Entfernung, Richtung und/oder Radialgeschwindigkeit) über identifizierte Objekte reserviert sind.

3. Radarsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Sendeantenne (6) an einen internen Oszillator (4) gekoppelt (5) ist.

4. Radarsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz des internen Oszillators (4) insbesondere zum Zweck einer Modulation (FMCW- oder FSK-Radar) verstellbar (3) ist.

5. Radarsensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsleistung des internen Oszillators (4) insbesondere zum Zweck einer Modulation (AM, ASK oder Puls) verstellbar (3) ist, insbesondere tastbar.

6. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass an den internen Oszillator (4) (wahlweise) zwei oder mehr Sendeantennen (6a, 6b) anschließbar sind.

7. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mischer (16, 17) wenigstens ein Bauteil mit einer nichtlinearen Kennlinie, bspw. eine Diode oder einen Transistor, umfaßt.

8. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das (die) Mischer- ausgangssignal(e) (20, 21) (je) einem Verstärker (22, 23) zugeführt wird (werden).

9. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Empfangsantennen (7-9) mit unterschiedlichen Vorzugsrichtungen vorgesehen sind, um durch Auswertung der betreffenden Empfangssignale (10-12) die Strahlrichtung eines reflektierten Signals in ein oder zwei Dimensionen auflösen zu können.

10. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Empfangsantennen (7-9) mit etwa identischen Vorzugsrichtungen nebeneinander angeordnet sind, vorzugsweise in einem Abstand von weniger als $\lambda/2$ der Sendefrequenz, um durch Auswertung einer Phasenverschiebung zwischen den betreffenden Empfangssignalen (10-12) die Strahlrichtung eines reflektierten Signals in ein oder zwei Dimensionen auflösen zu können.

11. Radarsensor nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Empfangsantenne (7-9) eine eigene Verknüpfungsbaugruppe

(16-23), vorzugsweise mit jeweils zwei (parallelgeschalteten) Mischerzweigen (16, 17), vorgesehen ist.

12. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass an eine oder mehrere Verknüpfungsbaugruppe(n) (16-23) jeweils zwei oder mehr Empfangsantennen (7, 8) angeschlossen oder anschließbar sind (30).

13. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 12, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (30) zum Umschalten des Oszillatorsignals (5) zwischen mehreren Sendeantennen (6a, 6b) und/oder zum Umschalten des Eingangssignalanschlusses einer oder mehrerer Verknüpfungsbaugruppe(n) (16-23) zwischen mehreren Empfangsantennen (7-9).

14. Radarsensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschalteinrichtung (30) ein oder mehrere Bauteile (41, 42) mit einer Schaltcharakteristik umfaßt, die zwischen (je) einem Antennensignalanschluß (5a, 5b; 10, 11) und einem Massepotential (43) oder sonstigem Referenzpotential eingefügt sind, um selektiv ein oder mehrere Antennenein- und/oder -ausgangssignale (5a, 5b; 10, 11) kurzzuschließen.

15. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 14, gekennzeichnet durch wenigstens einen Analog-Digital-Wandler (24, 25) zur Digitalisierung von Abtastwerten eines von einem Empfangssignal (10-12) abgeleiteten Signals, bspw. Verknüpfungsprodukts (20, 21).

16. Radarsensor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Mischer- ausgangssignal (20, 21) einer Verknüpfungsbaugruppe (16-23) (je) ein Abtast-Halte-Glied und/oder ein Analog-Digital-Wandler (24, 25) zugeordnet ist.

17. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 16, gekennzeichnet durch wenigstens einen Speicher (26) zur Hinterlegung von Signalverläufen oder digitalisierten Signalabtastwerten.

18. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Spektrumanalysator (27) in Form eines Digitalfilters realisiert ist.

19. Radarsensor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten bzw. Parameter des Digitalfilters derart festgelegt sind, dass die davon gefilterten Signalfolgen einer schnellen Fouriertransformation unterzogen werden.

20. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Spektrumanalysator (27) und/oder ein die Spektralfolgen auswertender Baustein (2) solchermaßen ausgebildet

oder beschalten ist, dass die aus den Abtastwerten der beiden Mischer einer Verknüpfungsbaugruppe gewonnenen, digitalen Signalfolgen in jeweils eine (die komplexen Amplituden beschreibende) Spektralfolge umgesetzt werden.

21. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang des Spektrumsanalysators (**27**) mit wenigstens einem Speicherbaustein (**26**) zur Hinterlegung der gefundenen Spektralfolgen gekoppelt ist.

22. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die (sensorinterne) Auswertebaugruppe (**29**) wenigstens einen Baustein (**2**) zur Ermittlung von Extremwerten wenigstens einer Signal- oder Spektralfolge umfaßt.

23. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die (sensorinterne) Auswertebaugruppe (**29**) wenigstens einen Baustein (**2**) zur Definition von Objekten anhand von deutlich erkennbaren (lokalen) Extrema einer oder mehrerer Signal- und/oder Spektralfolgen umfaßt.

24. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die (sensorinterne) Auswertebaugruppe (**29**) wenigstens einen Baustein (**2**, **27**) zur Korrelation von zwei oder mehr Signal- oder Spektralfolgen umfaßt.

25. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die (sensorinterne) Auswertebaugruppe (**29**) wenigstens einen Baustein (**2**) aufweist, um aus den unterschiedlichen Laufzeiten oder Phasenlagen einander entsprechender Signalanteile der (mit dem Sendesignal verknüpften) Ausgangssignale (**20**, **21**) mehrerer Empfangsantennen (**7-9**) die Richtung zu dem betreffenden Objekt aufzulösen.

26. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die (sensorinterne) Auswertebaugruppe (**29**) wenigstens einen Baustein (**2**) aufweist, um aus den Amplituden einander entsprechender Spektralanteile der (mit dem Sendesignal gemischten) Ausgangssignale (**20**, **21**) mehrerer Empfangsantennen (**7-9**) die Richtung zu dem betreffenden Objekt aufzulösen.

27. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die (sensorinterne) Auswertebaugruppe (**29**) wenigstens einen Baustein (**2**) aufweist, um eine Signalfolgenreihe mit einem (lokalen) Extremwert für eine Spektralanalyse (**27**) auszuwählen und auf diesem Weg der Entfernung eines Objekts (Phasenlage der empfangenen Signalfolge) eine (radiale) Objektgeschwindigkeit (Amplitudenmaximum des Spektrums) zuzuordnen.

28. Radarsensor nach einem der Ansprüche 2 bis 27, gekennzeichnet durch einen Schnittstellenbaustein (**28**), um Informationen über identifizierte Objekte an ein angeschlossenes Gerät, bspw. ein Steuergerät, zu senden (**13**).

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

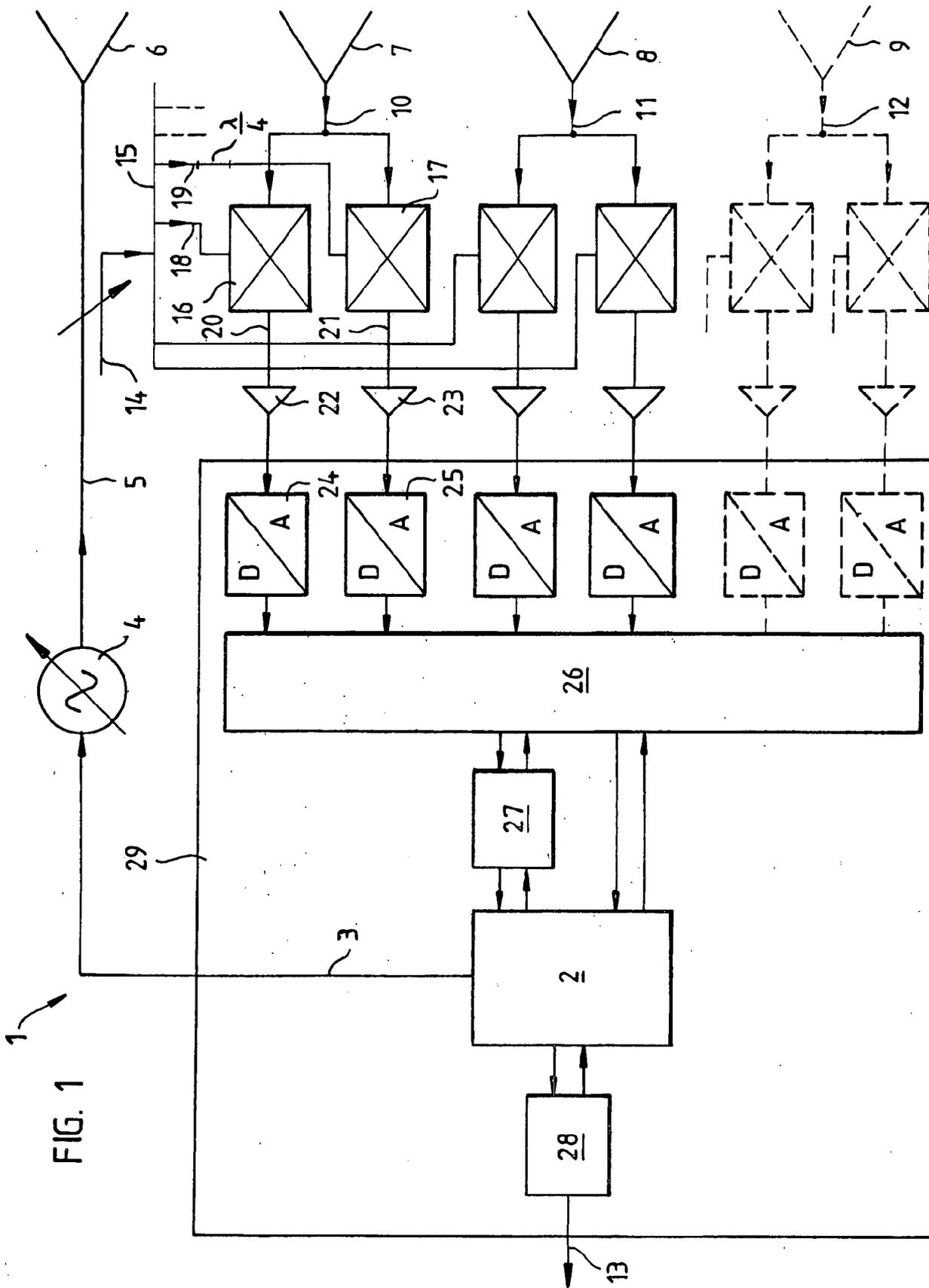


FIG. 1

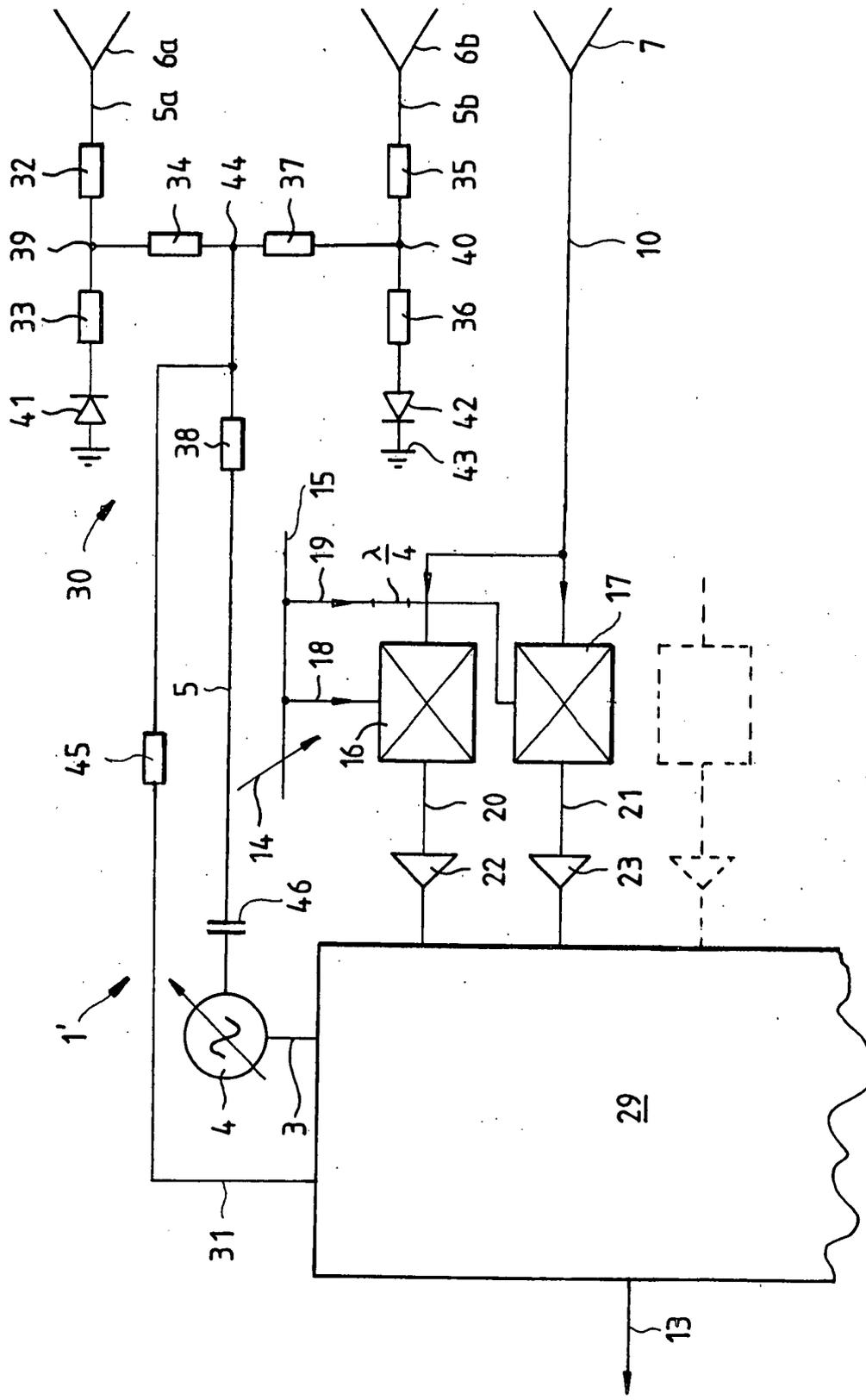


FIG. 2