



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 203 T2** 2006.03.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 974 851 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 203.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 305 811.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01S 13/93** (2006.01)
G01S 13/34 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

122479 23.07.1998 US

(73) Patentinhaber:

**Eaton Vorad Technologies, L.L.C., San Diego,
Calif., US**

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**McDade, James Clement, Poway, California
92064-6449, US; Stone, Robert Ellis, San Diego,
California 92131-1552, US; Bohley, Eric Paul,
Escondido, California 92025-7858, US; Schlichtig,
Roger John, Encinitas, California 92024, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Regen-Clutter-Beseitigung für eine Radarsystem**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Gegenstand der Erfindung sind Radarsysteme und insbesondere eine Einrichtung und ein Verfahren zur Abweisung von Regenclutterstörungen in einem Radarsystem, das verwendet wird, um das Vorhandensein von Hindernissen in Bereichen zu erfassen, die von dem Fahrzeugführer schwierig einzusehen sind.

2. BESCHREIBUNG VERWANDTER TECHNIK

[0002] Ein Problem, das Fahrzeugführer fortgesetzt plagt, ist die Schwierigkeit, Hindernisse oder andere Fahrzeuge zu beobachten, die dem Fahrzeug des Fahrers nahe sind, wobei sie sich an Orten oder in Bereichen befinden, die von dem Fahrersitz innerhalb des Fahrzeugs aus schwierig einzusehen sind. Solche Orte oder Bereiche, die dem Fahrzeug nahe jedoch von dem Fahrersitz aus nicht direkt beobachtbar sind, werden üblicherweise als „tote Winkel“ bezeichnet. Beispielsweise ist der Bereich zwischen den Winkeln von 90° und 170°, gemessen in Bezug auf die Fahrtrichtung des Fahrzeugs in Uhrzeigerichtung (d.h. allgemein rechts von dem Fahrzeug und etwas hinter dem Fahrersitz), typischerweise ein toter Winkel, insbesondere bei großen Fahrzeugen, wie beispielsweise Bussen oder LKWs. Es ist die Quelle zahlreicher Unfälle, dass ein Fahrzeugführer eines Objekts (typischerweise eines anderen Fahrzeugs) in diesem rechtsseitigen toten Winkel nicht gewahr wird, wenn er rechts abbiegt oder auf eine rechte Spur wechselt. Ein anderer gewöhnlicher toter Winkel ist der Bereich direkt an der Hinterseite eines Fahrzeugs. Dieser Bereich ist von besonderem Interesse, wenn der Rückwärtsgang eingelegt ist (d.h. beim „Zurücksetzen“). Deshalb ist es für den sicheren Betrieb eines Kraftfahrzeugs essentiell, dass der Fahrer des Fahrzeugs in der Lage ist, Hindernisse (insbesondere andere Fahrzeuge) zu erfassen, die sich in den toten Winkeln des Fahrers befinden.

[0003] Ein früherer Versuch zur Lösung des Problems der Hinderniserfassung im toten Winkel nutzt Spiegel, um den Fahrzeugführer darin zu unterstützen, das Vorhandensein von Hindernissen zu erfassen, die eine Gefahr darstellen könnten. Solche Spiegel sind in verschiedenen Formen und mit einer Anzahl verschiedener Linsen ausgeführt worden. Zusätzlich sind solche Spiegel an verschiedenen Stellen angebracht worden, um dem Fahrer die beste Möglichkeit zu geben, das Vorhandensein von Hindernissen in speziellen toten Winkeln zu erfassen. Beispielsweise werden an der rechten Fahrzeugseite und somit an dem rechten toten Winkel konkave Spiegel angebracht.

[0004] Spiegel liefern dem Fahrer einige Information im Hinblick auf das Vorhandensein von Hindernissen in bestimmten toten Winkeln. Jedoch sind Spiegel nachteiligerweise bei Nacht und bei widrigen Wetterbedingungen weniger nützlich. Und sogar bei Idealbedingungen sind typischerweise Spiegel erforderlich, die das Bild zu verzerren, um dem Fahrer zu ermöglichen, in den rechten hinteren toten Winkel zu schauen. Einige Fahrer finden es schwierig, dass in solchen Spiegeln (wie beispielsweise Konvexspiegeln, die üblicherweise als rechter Außenspiegel verwendet werden), richtig zu interpretieren. Außerdem neigen Spiegel dazu, die Scheinwerfer von Fahrzeugen zu reflektieren, die sich von hinten nähern und somit den Fahrer des Fahrzeugs zu blenden, an dem der Spiegel angebracht ist. Es wird deshalb eine vollständigere und befriedigendere Lösung gewünscht.

[0005] Eine bekannte Alternative zur Verwendung von Spiegeln zur Erfassung von Hindernissen in dem toten Winkel eines Kraftfahrzeugs ist die Anbringung einer Kamera an dem Fahrzeug, um dem Fahrer ein visuelles Bild von Hindernissen in dem toten Winkel des Fahrzeugs zur Verfügung zu stellen. Jedoch ist diese Lösung komplex und teuer, sie erfordert eine Videokamera und einen Videomonitor. Außerdem kann ein Videomonitor ein komplexes Bild präsentieren, das, auch dann, wenn es unverzerrt ist, unter Stress behafteten Bedingungen schwierig zu interpretieren ist, die bei dichtem Verkehr auftreten können. Außerdem können Monitore ablenken. Außerdem sind solche Kamerasysteme wie Spiegel bei Nacht und bei schlechten Wetterbedingungen, wie beispielsweise Regen, Graupel oder Schnee, weniger zweckmäßig.

[0006] Eine andere Alternative zur Verwendung von Spiegeln ist es, Radarstrahlung in jeden toten Winkel zu senden. Zur Erfassung des Vorhandenseins von Hindernissen in den toten Winkeln können Reflexionen der Radarstrahlung erfasst werden. Ein solches System ist in dem US-Patent Nr. 5 325 096 vom 28. Juni 1994, angemeldet von Alan Packett und übertragen auf den Eigner der vorliegenden Erfindung beschrieben, das hierin durch Bezugnahme eingeschlossen ist. Diese Systeme nutzen gewöhnliche Radartransceiver, die ein Hochfrequenzsignal (HF) in den toten Winkel des Fahrzeugs senden. Das ausgesandte Signal wird von Hindernissen reflektiert, die sich in dem toten Winkel befinden. Die Frequenz des ausgesandten Signals wird mit der Frequenz einer Reflexion des ausgesandten Signals verglichen, das von dem Radarsystem empfangen wird, um zu bestimmen, ob das reflektierte Signal dopplerverschoben ist. Eine Dopplerverschiebung der Frequenz zeigt generell an, dass in dem toten Winkel ein Hindernis vorhanden ist.

[0007] Nachteiligerweise erzeugen solche Dopplerradar-Totwinkelsensoren häufig Fehlwarnungen (d.h.

sie erfassen falsche Ziele) wenn sie unter widrigen Wetterbedingungen, insbesondere bei Regen, eingesetzt werden. Es gibt zwei prinzipielle Quellen für die Fehlwarnungen: (1) Regenstörung, erzeugt durch Regen, der in einem Nahbereich des Radarsensors fällt und (2) Reflexionen von nassen Straßenflächen, nassen „Nichtstraßen“-Flächen und nassem Laub an den Seiten der Straße. Nachteiligerweise missinterpretieren dem Stand der Technik gemäße Fahrzeugradarsysteme Regenstörungen, nasse Straßenoberflächen und nasses Laub als gefährliche Zielobjekte. Folglich signalisieren dem Stand der Technik gemäße Radarsysteme dem Fahrer fälschlich über das Vorhandensein eines Objekts in dem toten Winkel. Dies nervt den Fahrer. Die Regenclutterstörung, nasse Straßenbedingungen und nasses Laub, das von dem Fahrzeug (d.h. dem mit dem Radarsystem ausgerüsteten Fahrzeug) passiert wird, veranlassen das Radarsystem, das Vorhandensein eines Objekts in dem toten Winkel des Trägerfahrzeugs sogar dann fälschlich anzuzeigen, wenn keine wirkliche Gefahr vorliegt. Dies führt zum Verlust des Vertrauens des Fahrers des Trägerfahrzeugs in die Verlässlichkeit des Radarsystems und macht das System hinsichtlich der Warnung des Fahrers über reale Gefahren unwirksam. Zusätzlich sind solche Anzeigen für den Fahrer ablenkend und störend.

[0008] Die US-A-4893125 offenbart einen Fahrzeug-Nahhindernis-Detektor mit einem Dopplerradarsystem, das eine Abstandsinformation erbringt und das Vorhandensein und die Näherungsgeschwindigkeit eines Objekts anzeigt sowie außerdem Mittel zur Warnung eines Fahrzeugführer aufweist, wenn das Objekt vorhanden ist und sich in einem vorbestimmten Bereich befindet.

[0009] Die US-A-5302956 offenbart ein Hinderniserfassungssystem, das den Abstand und die Relativgeschwindigkeit zwischen einer Antenne und einem Hindernis durch Vergleich der Aussendung und Reflexion zweier Schwingungssignale durch das Objekt berechnet, wobei die beiden Signale unterschiedliche Frequenzen haben.

[0010] Entsprechend existiert ein Bedarf nach einer einfachen, preiswerten Lösung für das Problem der Erfassung gefährlicher Hindernisse in den toten Winkeln eines Fahrzeugs. Eine solche Lösung sollte außerdem bei Nacht und widrigen Wetterbedingungen funktionieren und keine störenden Zustände bei Regenclutter, nassen Straßenoberflächen und nassem Laub an den Straßenseiten erzeugen, wenn das Fahrzeug solches passiert. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung schaffen solch eine Lösung.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Aspekte der Erfindung sind in den beigefügten Patentansprüchen auseinander gesetzt.

[0012] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung liefern ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung von Zielen in dem toten Winkel eines Trägerfahrzeugs und erzeugen für den Fahrzeugführer eine Anzeige nur dann, wenn solche Ziele auch vorhanden sind. Das Radarsystem erfasst Ziele auch wenn es unter widrigen Wetterbedingungen betrieben wird und erzeugt keine Fehlwarnungen durch Regenclutter oder durch nasse Straßen und andere nasse Umgebung. Das Radarsystem nutzt Ranging-Techniken zur Abweisung falscher Ziele, die durch Regenstörungen außerhalb einer vorbestimmten Zielerfassungszone verursacht werden. Es ist ein Doppelradarsystem mit Dauerstrichsendebetrieb (CW) mit Frequenzmodulation der Frequenzumschalttechnik geschaffen. Das Radarsystem misst unabhängig und gleichzeitig den Abstand und die Näherungsgeschwindigkeit für eine Anzahl erfasster Ziele. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird bei der Frequenzumschalttechnik eine Frequenzverschlüsselung (FSK) genutzt. Ein Transceiver mit ruhender Antenne sendet ein Hochfrequenzsignal (HF) aus, das eine bestimmte Mittenfrequenz und wenigstens zwei abweichende Frequenzen (f_1 und f_2) aufweist. Bei einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Mittenfrequenz des ausgesendeten HF-Signals 24,725 Gigahertz und die abweichenden Frequenzen sind um ungefähr 1,25 Megahertz von der ausgewählten Mittenfrequenz beabstandet.

[0013] Das ausgesandte HF-Signal wird von den Objekten innerhalb des Sichtfelds der Antenne reflektiert. Die beiden ausgesandten Frequenzen f_1 und f_2 erzeugen, wenn sie von einem Ziel reflektiert werden, zwei Dopplersignale, die den Sendefrequenzen entsprechen. Die reflektierten Signale werden in zwei Basisband-Differenzsignale herunter konvertiert, wobei das Kanal-0-Signal und das Kanal-1-Signal dem f_1 -Sendesignal und dem f_2 -Sendesignal entsprechen. Die Basisbandsignale enthalten die Dopplerverschiebungsfrequenzen für Objekte in dem Antennensichtfeld. Das Radarsystem verstärkt, filtert, demultiplext und digitalisiert die zurück erhaltenen Signale und erzeugt einen digitalen Datenstrom. Der digitale Datenstrom wird konditioniert und in zirkularen Speichern gespeichert, die den Kanal-0- und Kanal-1-Differenzsignalen zugeordnet sind. Jeder Speicher ist in vier Blöcke von je 256 Worten unterteilt. Unter Nutzung dieses Speicherschemas wird aus zwei aufeinander folgenden gefüllten Datenblöcken ein 512-Abtastpunkteblock geschaffen. Ein digitaler Signalprozessor (DSP) führt an dem 512-Abtastpunkteblock eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) durch, um die Signaldaten aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich zu transformieren. Der DSP nutzt die transformierten Daten zur Berechnung des Vorhandenseins, des Abstands und der Näherungsgeschwindigkeit der Ziele in dem Antennensichtfeld.

[0014] Weil das Leistungsniveau der von der Anten-

ne ausgesandten Signale konstant ist, werden von dem DSP Leistungsänderungen der reflektierten Signale zur Erfassung des Vorhandenseins von Zielen genutzt. Wenn sowohl in den Kanal-0-daten als auch den Kanal-1-Daten bei der gleichen Dopplerfrequenz mehr als ein vorbestimmtes Maß an Leistung vorhanden ist, wird angenommen, dass ein Ziel vorhanden ist. Der DSP bestimmt das exakte Phasenverhältnis zwischen den Signalen des Kanals 0 und des Kanals 1. Der Abstand des Ziels wird durch Analyse der Phasendifferenz zwischen den beiden Signalen bestimmt. Außerdem berechnet der DSP eine Bewegung relativ zu der Antenne. Der DSP berechnet die Bewegung relativ zu der Antenne unter Nutzung der Dopplerverschiebung in dem von dem Ziel zurück erhaltenen Signal. Der DSP kann mehrere Ziele identifizieren und verfolgen.

[0015] Wenn der Abstand eines Ziels bestimmt ist, werden Ziele, die nicht für mindestens eine bestimmte Zeitdauer innerhalb der bestimmten Erfassungszone liegen, abgewiesen. Das Radarsystem zeigt an, dass ein Ziel erfasst worden ist, wenn irgendein Teil des Ziels sich innerhalb der Erfassungszone befindet und es: (1) für wenigstens TH1 Sekunden vor der Antenne bleibt, (2) es sich in einem Abstand zwischen Range_{\min} und Range_{\max} befindet und (3) es sich in Bezug auf die Antenne schneller als $\text{Closing-Speed}_{\min}$ bewegt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform betragen die Werte von Range_{\min} und Range_{\max} zwei und zwölf Fuß (0,6 m und 3,6 m). Durch Abweisung von Zielen, die der Antenne näher als zwei Fuß (0,6 m) sind, werden Fehlmeldungen in Folge von Regenclutter dramatisch reduziert. Außerdem wird durch Abweisen von Zielen, die von der Antenne weiter als zwölf Fuß (3,6 m) entfernt sind, Fehlmeldungen reduziert, die durch nasses Laub und andere „Nichtstraßen“-Umgebungen verursacht werden. Durch Abweisung von Zielen, die weiter als zwölf Fuß (3,6 m) von der Antenne weg sind, spricht das Radarsystem nicht auf Ziele an, die mehr als eine Spur von dem Trägerfahrzeug entfernt sind und deshalb keine Kollisionsgefahr für das Trägerfahrzeug darstellen. Durch Orientierung einer quadratischen NXN-Gruppenantenne in eine Rombusform wird ein natürlicher linearer Amplitudenabfall effizient erzeugt, der bei der Abweisung von Störungen hilft, die durch nasse Straßenbedingungen erzeugt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des seitwärts schauenden erfindungsgemäßen Dopplerradarsystems.

[0017] [Fig. 2](#) veranschaulicht eine typische Zielerfassungszone, wie sie bei der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen, seitwärts schauenden Radarsystems verwendet wird.

[0018] [Fig. 2a](#) veranschaulicht eine Draufsicht auf ein Trägerfahrzeug mit dem darin platzierten Radarsystem nach [Fig. 1](#).

[0019] [Fig. 2b](#) veranschaulicht eine Rückansicht des Trägerfahrzeugs nach [Fig. 2a](#).

[0020] [Fig. 3](#) veranschaulicht ein vereinfachtes Blockdiagramm der Abtastschaltung, wie sie bei dem Antennenempfänger einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0021] [Fig. 4](#) ist ein Timingdiagramm, das die Schaltertimingsteuersignale veranschaulicht, die zur Steuerung der Samplingschaltung nach [Fig. 3](#) verwendet werden.

[0022] [Fig. 5](#) ist ein abstrakteres Flussbild des Verfahrens, das dazu verwendet wird, zu bestimmen, ob das Vorhandensein eines Ziels anzuzeigen ist.

[0023] [Fig. 6](#) veranschaulicht eine Ausführungsform der in [Fig. 1](#) veranschaulichten Radarantenne mit Antennenelementen in Karoform zur Reduktion der Auswirkungen von durch nasser Straßenoberflächen verursachten Regenstörungen.

[0024] Gleiche Bezugszeichen und Bezeichnungen in den verschiedenen Zeichnungen bezeichnen gleiche Elemente.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0025] Die in dieser Beschreibung veranschaulichte bevorzugte Ausführungsform und die Beispiele sind beispielhaft und nicht im Sinne einer Beschränkung der vorliegenden Erfindung zu verstehen.

[0026] Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung von Objekten in einem toten Winkel eines Trägerfahrzeugs und zur Erzeugung einer Anzeige für den Fahrer des Trägerfahrzeugs nur dann, wenn ein solches Objekt vorhanden ist. Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt keine Fehlwarnungen für den Fahrer, auch dann nicht, wenn es bei regnerischen oder anderweitig ungünstigen Wetterbedingungen betrieben wird.

ÜBERSICHT

[0027] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden Objekte in dem toten Winkel des Fahrers unter Nutzung eines seitwärts schauenden Dopplerradarsystems erfasst. Ein Blockdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des seitwärts schauenden Dopplerradarsystems gemäß der

vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 1](#) veranschaulicht. Wie in [Fig. 1](#) veranschaulicht, weist das seitwärts schauende Doppelradarsystem **100** vorzugsweise eine Antenne **102**, ein Prozessormodul („PM“) **104** und eine Anzeigeeinheit **106** auf. In einer Ausführungsform ist die Antenne **102** und PM **104** von dem gleichen mechanischen Gehäuse aufgenommen, das vorzugsweise an der Seite eines Trägerfahrzeugs ([Fig. 2](#)) angebracht ist. In einer Ausführungsform ist das seitwärts schauende Radarsystem **100** zur Verwendung und Zusammenarbeit mit einem vorwärts schauenden (nicht veranschaulichten) Radarsystem eingerichtet. Das vorwärts schauende Radarsystem wird dazu verwendet, potentiell gefährliche Objekte in dem Fahrweg des Trägerfahrzeugs (d.h. Objekte, die vor dem Trägerfahrzeug und diesem gefährlich nahe sind) zu erfassen und den Fahrer entsprechend zu warnen. Ein solches beispielhaftes Vorwärtsschauen des Radarsystems ist in dem US-Patent Nr. 5 302 956 vom 12. April 1994 von Asbury et al., das auf dem Eigner der vorliegenden Erfindung überschrieben worden ist.

[0028] Das seitwärts schauende Dopplerradarsystem **100** warnt den Fahrzeugführer hinsichtlich potentiell gefährlicher Ziele, die seitlich des Trägerfahrzeugs vorhanden sind. Das Radarsystem **100** misst vorzugsweise die Abstände der erfassten Ziele. Wenn das Radarsystem **100** feststellt, dass sich ein Ziel innerhalb der Spur des Trägerfahrzeugs verbindet, überträgt es ein „Ziel vorhanden“-Signal an ein vorwärts schauendes Radarsystem. Typischerweise erzeugt das vorwärts schauende Radarsystem eine angemessene Warnung durch Aufleuchten eines Indikators oder Abgabe eines Schallsignals. Bei dieser Ausführungsform kommuniziert das PM **104** mit der Displayeinheit **106** über das vorwärts schauende Radarsystem. Alternativ kann das Prozessormodul über die Anzeigeeinheit direkt mit dem Fahrer kommunizieren (d.h. das seitwärts schauende Radarsystem **100** arbeitet unabhängig von dem vorwärts schauenden Radarsystem).

[0029] Die Displayeinheit **106** kann innerhalb des Fahrerhauses (d.h. in der Fahrerkabine, wenn das Trägerfahrzeug ein Lastfahrzeug ist) oder an jedem sichtbaren Ort angebracht werden, der dem Fahrer genehm ist. Wie in [Fig. 1](#) veranschaulicht, enthält die Displayeinheit **106** vorzugsweise wenigstens zwei visuelle Meldeindikatoren **108**, **110** und einen hörbaren Meldeindikator (wie beispielsweise einen Lautsprecher) **112**. Die sichtbaren Meldeindikatoren **108**, **110** sind Leuchtdioden (LED's) mit großer Helligkeit, die typischerweise an einem oder in enger Nachbarschaft zu einem Spiegel an derselben Seite des Trägerfahrzeugs wie die Antenne **102** angebracht sind. Entsprechend können die Meldeindikatoren **108**, **110**, wenn der Fahrzeugführer in den Spiegel schaut, von dem Fahrer leicht gesehen werden. Wenn die Meldeindikatoren **108**, **110** an einem existierenden

Spiegel befestigt sind, können diese durch eine normale eingeübte Bewegung des Kopfes des Fahrers gesehen werden. Jedoch wird der Fahrer nicht von häufigen Anzeigen von Hindernissen abgelenkt oder gestört, was bei normalen Verkehrsbedingungen auftreten kann und die von geringem oder keinem Interesse sind, es sei denn es wird ein Fahrmanöver versucht, dass das Fahrzeug in Kontakt mit dem Hindernis kommen lassen könnte. Wie in [Fig. 1](#) veranschaulicht, kann zusätzlich zu den Meldeindikatoren **108**, **110** ein eindringlicher hörbarer Indikator **112** vorgesehen sein, der einen hörbaren Ton, einen Pfiff oder ein Summen erzeugt, wenn ein Hindernis vorhanden ist und der Blinker des Trägerfahrzeugs aktiviert ist.

[0030] [Fig. 2](#) veranschaulicht einen typischen Zielerfassungsbereich, der von dem seitwärts schauenden Radarsystem **100** geliefert wird. [Fig. 2a](#) veranschaulicht eine Draufsicht auf ein Trägerfahrzeug **200** in einem darin angeordneten Radarsystem **100** nach [Fig. 1](#). [Fig. 2b](#) zeigt eine Rückansicht des Trägerfahrzeugs **200** nach [Fig. 1](#). Die Antenne **102** und das PM **104** sind vorzugsweise in dem gleichen mechanischen Gehäuse aufgenommen und an einer entsprechenden Seite des Trägerfahrzeugs **200** angebracht. Wie in [Fig. 2a](#) veranschaulicht, sind die Antenne **102** und das PM **104** an der rechten hinteren Seiten des Trägerfahrzeugs **200** angebracht. In dem veranschaulichten Beispiel ist der Fahrersitz an der vorderen linken Seite des Trägerfahrzeugs **200** vorgesehen. Somit ist die Antenne **102** in einer solchen Weise angebracht, dass sie Ziele in dem toten Winkel des Fahrzeugführers erfasst. Typischerweise sind die Ziele Kraftfahrzeuge einschließlich Motorräder, PKW's und LKW's. Stationäre Objekte, wie beispielsweise Leitplanken oder Tunnelwände in einem vorbestimmten Abstand zu der Antenne **102** und andere ausgedehnte Objekte werden ebenfalls als gültige Ziele angesehen und werden von dem Radarsystem **100** erfasst. Wenn eine Erfassung stattgefunden hat, wird von dem Radarsystem **100** ein „Ziel-vorhanden“-Signal erzeugt und an das vorwärts schauende Radarsystem oder Display **106** ausgegeben. Bei einer Ausführungsform bleibt das Ziel-vorhanden-Signal aktiv, solange das Ziel erfasst bleibt, sowie dann für weitere 1,5 s nachdem die Erfassung geendet hat.

[0031] [Fig. 2](#) veranschaulicht einen typischen Erfassungsbereich der von einem seitwärts schauenden Radarsystem **100** erbracht wird. Allgemein erfasst das Radarsystem ein Ziel, wenn irgend ein Teil desselben innerhalb einer Erfassungszone **202** (auf dem schattierten Bereich) befindlich ist und wenn: (1) es für wenigstens TH1 s vor der Antenne **102** verbleibt, (2) es sich in einem Abstand zwischen Range_{min} und Range_{max} befindet und (3) es sich schneller als Closing-Speed_{min} in Bezug zu der Antenne 2 (radial) bewegt. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt TH1 ungefähr 0,3 s, Range_{min} beträgt ungefähr

2 Fuß (0,6 m), Range_{\max} liegt ungefähr 12 Fuß (3,6 m) und Closing-Speed $_{\min}$ beträgt ungefähr 0,07 Mph. Deshalb erfasst das Radarsystem **100** bei der bevorzugten Ausführungsform ein Ziel, wenn irgend ein Teil des Ziels sich innerhalb der Erfassungszone **202** befindet und es vor der Antenne **102** für wenigstens 0,3 s verbleibt, wenn es sich in einem Bereich zwischen 2 und 12 Fuß (0,6 m und 3,6 m) befindet und es sich schneller als 0,7 Mph in Bezug auf die Antenne **102** bewegt. Die Range_{\min} und Range_{\max} Grenzen werden in Software implementiert, die von dem PM **104** (Fig. 1) ausgeführt wird. Die in den Fig. 2a und Fig. 2b veranschaulichte Erfassungszone **202** ist zielabhängig. Ziele, die sehr kleine Reflexionsenergie haben (d.h. Ziele, die sehr wenig Energie zu der Antenne **102** zurückreflektieren) weisen reduzierte Detektionszonen **202** auf. Umgekehrt haben Ziele mit hohen Reflexionsenergien vergrößerte Detektionszonen **202**.

SEITWÄRTS SCHAUENDES DOPPLERRADAR-SYSTEM – DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0032] Es wird nun nochmals auf Fig. 1 Bezug genommen – das PM **104** führt viele wichtige Funktionen des seitwärts blickenden Radarsystem **100** aus. Beispielsweise generiert das PM **104** Timingsignale für die Antenne **102**, empfängt von der Antenne **102** zurückkehrende Analogsignale, konditioniert die Analogsignale und führt eine Analogdigitalwandlung (AD-Wandlung) durch, indem die Analogsignale in den digitalen Bereich umgesetzt werden. Das PM **104** verarbeitet die digitalen Antennendaten unter Verwendung einer PM-applikationsspezifischen integrierten Schaltung (Asic **120**) und eines digitalen Signalprozessors **122** (DSP). Das PM **104** kommuniziert mit der Displayeinheit **106** (oder alternativ mit dem vorwärts blickenden Radarsystem) um eine Warnung auszugeben und selbst Testfehlerbedingungen auszugeben (BIT). Das PM **104** enthält außerdem einen nicht flüchtigen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM und ein Flash-RAM-Schaltung).

[0033] Wie in Fig. 1 veranschaulicht, weist das PM **104** einen Antennentreiber **114**, einen Antennenreceiver **116**, einen AD-Wandler **118**, das PM-Asic **120**, das DSP **122**, ein RAM **124**, ein Flash-RAM **126** und eine Stromversorgung **128** auf. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das DSP **122** einen digitalen Signalprozessor als integrierte Schaltung TMS **320** C203 hergestellt von Texas Instruments auf. Die Stromversorgung **128** ist dazu eingerichtet, zwischen 6 und 32 Volt zu arbeiten. Der Antennentreiber **114**, die Antenne **102** und der Antennenreceiver **116** kooperieren und funktionieren als Millimeterwellentransceiver. Der Transceiver strahlt Hochfrequenzsignale (HF) ab und empfängt, die von außenliegenden Objekten innerhalb des Antennensichtfelds **102** reflektierten Signale. Die reflektierten Signale kehren zu der Antenne **102** zurück, wo der Antennenreceiver

116 die Signale in Basisbandsignale „abwärts konvertiert“. Die Basisbandsignale enthalten die „Doppler“-Shift-Frequenzen für Objekte in dem Sichtfeld der Antenne **102**. Wie aus der Radartechnik bekannt ist, können die reflektierten Empfangssignale gegen die Frequenz des ausgesendeten Signals in Folge des Dopplereffekts bei Rückkehr verschoben sein. Der Dopplereffekt tritt auf, sobald ein ausgesandtes Signal von einem Ziel reflektiert wird, das sich in Bezug auf den Transceiver bewegt. Die resultierende Frequenzverschiebung wird als „Dopplerverschiebung“ bezeichnet. Die von dem Antennenreceiver **116** erzeugten Basisbandsignale enthalten dopplerverschobene Frequenzen für Objekte in dem Antennensichtfeld.

[0034] Der Antennenreceiver **116** enthält eine Analogschaltung, die die Basisbandsignale verstärkt, filtert und demultiplext. Die demultiplexten Signale werden in Eingänge des AD-Wandlers **118** ausgegeben. In der bevorzugten Ausführungsform weist der AD-Wandler **118** einen 18 Bit Stereo-Analog-Digitalwandler auf. Die von dem AD-Wandler **118** erzeugten Digitaldaten werden von dem PM-Asic **120** und dem DSP **122** konditioniert und verarbeitet, um das Vorliegen und den Abstand zu einem Ziel zu bestimmen. Weil das Leistungsniveau des durch die Antenne **102** ausgesandten Signals konstant ist, sind Leistungsvariationen in den dem AD-Wandler **118** zugeführten Signalen Leistungsvariationen der empfangenen Signale zuzuschreiben. Das DSP **122** nutzt diesen Umstand, um das Vorhandensein von Zielen in dem Sichtfeld der Antenne **102** zu erfassen. Wenn das Leistungsniveau des Signalausgangs von dem AD-Wandler **118** eine vorbestimmte P_{th} des DSP **122** übersteigt, beschließt das DSP **122**, dass ein Ziel vorhanden ist. Außerdem wird, wenn der Bereich anzeigt, dass das Ziel innerhalb einer Spur von dem Trägerfahrzeug liegt (d.h. wenn der Bereich zwischen die vorbestimmten Range_{\min} und Range_{\max} Werte fällt) an einer Ausgangsübertragungsleitung ein Signal erzeugt.

[0035] Vorteilhafterweise erfasst das seitwärts blickende Dopplerradarsystem **100**, Ziele die innerhalb einer Spur von den Trägerfahrzeug liegen, präzise auch dann, wenn es unter widrigen Wetterbedingungen betrieben wird. Anstatt nur die Bewegung von Zielen oder Objekten in dem Antennensichtfeld zu erfassen (was herkömmliche Totwinkelsensoren tun), wird Abstandsinformation genutzt, um zwischen Regenclutter und gültigen Zielen zu unterscheiden. Bei den vorliegenden Verfahren und der vorliegenden Vorrichtung weist das seitwärts blickende Dopplerradarsystem **100** alle Ziele ab, die innerhalb des Bereichs Range_{\min} von der Antenne **102** liegen. Bei einer Ausführungsform beträgt Range_{\min} ungefähr zwei Fuß (0,6 m). Die Erfinder haben beobachtet, dass die Mehrzahl der durch Regenclutter verursachten Fehlmeldungen auf Regenclutterstörungen zurückgehen,

die innerhalb von zwei Fuß (0,6 m) vor der Antenne liegen. Deshalb werden bei dem vorliegenden seitwärts blickenden Radarsystem **100** durch Abweisung aller Ziele, die innerhalb von zwei Fuß (0,6 m) von der Antenne **102** erfasst werden, vorteilhafterweise die auf Regenclutter zurückgehenden Fehlwarnungen eliminiert. Folglich verhält sich das seitwärts blickende Radarsystem **100** unter Regenbedingungen wesentlich besser, als herkömmliche Totwinkelsenoren.

[0036] Der Transceiverabschnitt des vorliegenden seitwärts blickenden Dopplerradarsystems **100** (nämlich die Antenne **102**, der Antennentreiber **114** und der Antennenempfänger **116**) verarbeiten Signale ähnlich dem Transceiverteil des vorwärts schauenden Dopplerabstandsradarsystem nach dem Stand der Technik, das in der US-Patentschrift Nr. 5 302 956 beschrieben ist. Beispielsweise enthält der Transceiverabschnitt bei einer bevorzugten Ausführungsform einen Oszillator wie beispielsweise einen Galliumarsenid (GaAs) Gunndiodenoszillator, der ein Sendesignal erzeugt. Der Gunndiodenoszillator ist mit einem Schottkydiodenmischempfeänger und einer zugeordneten Schaltung auf einer integrierten Mikrowellenschaltung (MIC) verbunden.

[0037] Die Frequenz des ausgesandten Signals variiert in Abhängigkeit von einem Frequenzsteuerspannungssignale **406** (detaillierter weiter unten mit Bezug auf [Fig. 4](#) beschrieben), dass von dem PM ASIC **120** zu dem Oszillator gekoppelt ist. Das Spannungsniveau wird durch den PM ASIC **120** gesteuert. Das an den Oszillator angelegte Spannungsniveau alterniert zwischen zwei Spannungsniveaus ($F1/F2$), so dass die Sendefrequenz veranlasst wird, zwischen zwei unterschiedlichen Frequenzen ($f1$ und $f2$) umzuschalten. Bei der bevorzugten Ausführungsform beträgt die Mittelfrequenz, des durch die Antenne **102** ausgesandten Signals ungefähr 24,725 GHz. Die beiden unterschiedlichen Frequenzen (die hier nach als Kanal-0-Sendefrequenz $f1$ und Kanal-1-Sendefrequenz $f2$ bezeichnet werden) sind voneinander vorzugsweise um ungefähr 2,5 MHz beabstandet und in ein einziges Ausgangssignal zeitmultiplext. Die Kanal-0-Sendefrequenz $f1$ beträgt 24,725 GHz minus 1,25 MHz oder 24,72375 GHz. Die Kanal-1-Sendefrequenz $f2$ beträgt 25,725 GHz plus 1,25 MHz oder 24,72625 GHz. Wie weiter unten detaillierter beschrieben, werden die Sendefrequenzen $f1$ und $f2$ mit einer Umschaltrate von ungefähr 10 kHz ausgesandt.

[0038] Bei einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Antennentreiber **114** einen Spannungsregler. Der Spannungsregler liefert die $F1/F2$ modulierten Spannungsniveaus an den Oszillator. Bei einer Ausführungsform werden beide Spannungsniveaus $F1$ und $F2$ über eine Software variiert, die von dem PM **104** ausgeführt wird. Entsprechend können die Sen-

signalfrequenzen ohne manuell nachgestellt werden zu müssen, verändert werden.

[0039] Bei der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sendet die Antenne **102** die Sendesignale und sie empfängt Signale, die von Objekten in dem Sichtfeld der Antenne **102** reflektiert worden sind. Der (nicht veranschaulichte) Schottkydiodenmischer ist mit dem gesendeten Signal und dem empfangenen Signal verbunden. Das empfangende HF Signal wird dadurch mit dem gesendeten Signal verglichen. Das Ausgangssignal des Mixers ist ein „Differenz“- oder „heruntergesetztes“ Signal, das eine Frequenz aufweist, die gleich der Differenz zwischen der Frequenz des gesendeten Signals und des empfangenen Signals ist. Signalschalter demultiplexen und sampeln die heruntergesetzten Differenzsignale wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) nachstehend beschrieben.

[0040] In [Fig. 3](#) ist ein vereinfachtes Blockdiagramm der Sampleingschaltung **300** in dem Antennenreceiver **116** veranschaulicht. Die Sampleingschaltung **300** steuert das Demultiplexen der Differenzsignale, die von der Antenne **102** empfangen und von dem Mischer erzeugt worden sind. Wie in [Fig. 3](#) veranschaulicht, enthält die Sampleingschaltung einen Vorverstärker („pre-amp“) **302**, zwei Analsignalschalter **304a**, **304b**, zwei Tiefpassfilterkondensatoren **306**, **308** und zwei Ausgangsverstärker **310**, **312**. Die Differenzsignale werden der Sampling-schaltung **300** über die Eingangsleitungen **301** zugeleitet und als Eingaben an den Vorverstärker **302** gegeben. Das Ausgangssignal des Vorverstärkers **302** wird an die Signalschalter **304a** und **304b** gegeben. Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfassen die Signalschalter **304a**, **304b** von Motorola erhältliche Analschalter MC14053BD. Die Signalschalter **304a**, **304b** werden zum zeitlichen Demultiplexen der von dem Mischer in den Antennenreceiver **116** erzeugten Differenzsignalen genutzt.

[0041] Der Vorverstärker **302** verstärkt die von dem Mischer erhaltenen Differenzsignale. Das den Vorverstärker **302** angebotene Signal ist aus den verschiedenen Signalen zusammengesetzt, die empfangen und mit dem Sendesignal gemischt worden sind. Typischerweise reflektieren, wenn das Sendesignal ausgesandt wird, mehrere Ziele einige Signale an die Antenne **102** zurück. Einige dieser Ziele können in Bezug auf die Antenne stationär sein, während andere in Bezug auf die Antenne **102** eine Relativbewegung ausführen können. Durch die Dopplerverschiebung, die auftritt, wenn von einem in Bezug auf den Sender oder Receiver bewegten Ziel eine Funkwelle reflektiert wird, kann die Frequenzdifferenz zwischen dem Sendesignal und dem Empfangssignal dazu genutzt werden, die Relativgeschwindigkeit des Ziels zu bestimmen und unter der Voraussetzung, dass unterschiedliche Relativgeschwindigkeiten der Ziele vor-

liegen, ein Ziel von einem anderen zu unterscheiden.

[0042] Wie in [Fig. 3](#) veranschaulicht, wird das Ausgangssignal des Vorverstärkers **302** auf beide Signalverstärker **304a**, **304b** gegeben. Die Signalschalter **304a** und **304b** demultiplexen das Signal des Vorverstärkers **302** zeitlich durch Kopplung des Vorverstärkers **302** entweder mit dem Kanal 0, Audioverstärker **310** und dem Tiefpassfilterkondensator **306** oder alternativ dem Kanal 1, Audioverstärker **312** und dem Tiefpassfilterkondensator **308**.

[0043] Gepaarte Schaltertimingsteuersignale CH0DM **402** und CH1DM **404**, die zu entsprechenden gepaarten Signalschaltern **304a**, **304b** des PM ASIC **120** an Schaltertimingsteuerleitungen **322**, **324** anliegen, bestimmen, auf welchen Tiefpassfilterkondensator **306**, **308** das Ausgangssignal des Vorverstärkers **302** gegeben wird, sowie das Timing dieser Weitergabe. [Fig. 4](#) ist ein Timingdiagramm, das das Timing des Schaltertimingsteuersignals CH0DM **402**, CH1DM **404** in Bezug auf das Frequenzsteuerspannungssignal **406** veranschaulicht, das über die Frequenzsteuerungsspannungssignalleitung des PM ASIC **120** an den Oszillator gegeben wird. Bei der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wechselt das Frequenzsteuerspannungssignal **406** zwischen einer relativ hohen Spannung und einer relativ niedrigen Spannung in Intervallen von 51,2 μ s. Eine Periode des Frequenzsteuerspannungssignals **406** ist gleich 102,4 μ s oder hat eine Frequenz von ungefähr 9,7656 kHz. Deshalb wechselt die Ausgangsfrequenz des Senderoszillators zwischen einer relativ hohen Frequenz (f_1 , die Kanal-0-Sendefrequenz) und einer relativ niedrigen Frequenz (f_2 , die Kanal-1-Sendefrequenz) in Intervallen von 51,2 μ s als Funktion der Frequenzsteuerspannung $F1/F2$ **406**.

[0044] Es wird nun zugleich auf die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) Bezug genommen – wenn das Kanal-0-Auswahlsignal CH0DM **402** in einem Highzustand ist, wird das Ausgangssignal des Vorverstärkers **302** durch den Signalschalter **304a** auf den Kanal-0-Tiefpassfilterkondensator **306** gegeben. Wenn das Kanal-1-Auswahlsignal CH1DM **404** in einem Highzustand ist, wird das Ausgangssignal des Vorverstärkers **304** durch den Signalschalter **304b** auf den Kanal-1-Tiefpassfilterkondensator **308** gekoppelt. Weil das PM ASIC **120** sowohl das Frequenzsteuerspannungssignal ($F1/F2$) **406** als auch die Kanalauswahlsignale (CH0DM **402** und CH1DM **404**) steuert, sind die Signalschalter **304a**, **304b** zeitlich zu dem Frequenzsteuerspannungssignal $F1/F2$ synchronisiert. Deshalb verbindet der Signalschalter **304a** den Vorverstärker **302** mit dem Kanal-0-Tiefpassfilterkondensator **306** etwas länger als ein Drittel einer Periode (38,4 μ s) synchronisiert zu der Zeit, wenn das Sendesignal die Kanal-0-Frequenz f_1 aufweist (weil das Frequenzsteuerspannungssignal **406** zu diesem

Zeitpunkt high ist). Ähnlich verbindet der Signalschalter **304b** den Vorverstärker **302** mit dem Kanal-1-Tiefpassfilterkondensator **308** für etwas länger als ein Drittel einer Periode, synchronisiert zu der Zeit, wenn das Sendesignal die Kanal-1-Frequenz f_2 einnimmt (weil das Frequenzsteuerspannungssignal **406** zu diesem Zeitpunkt low ist).

[0045] Somit führen die Signalschalter **304a**, **304b** ein zeitliches Demultiplexen des heruntergesetzten Kanal-0- und Kanal-1-Differenzsignals durch. Alternative Ausführungsformen bei denen die Länge der Kanal-0- und Kanal-1-Auswahlsignalimpulse **402** oder **404** länger oder kürzer sind, können ebenso gut vorgesehen werden.

[0046] Das Timingdiagramm gemäß [Fig. 4](#) veranschaulicht die Kanal-0-Auswahlsignalimpulse **402** und die Kanal-1-Auswahlimpulse **404**, die gegen die entsprechenden Flanken des Frequenzsteuersignals **406** versetzt sind, um den Sendesignal Zeit zu geben, sich zu stabilisieren und um sicherzustellen, dass die Empfangssignale und die Sendesignale die gleiche Trägerfrequenz haben (d.h. sowohl das Empfangssignal als auch das Sendesignal sind jeweils entweder die Kanal-0-Frequenz oder die Kanal-1-Frequenz) wenn die Kanal-0- und Kanal-1-Auswahlsignale **402**, **404** aktiv sind. Jedoch sollte verstanden werden, dass bei alternativen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, diese Signale **402** und **404** irgendwo auf oder zwischen der steigenden Flanke und der fallenden Kante des Frequenzsteuerspannungssignals **404** erfolgen können.

[0047] Die Tiefpassfilter **306**, **308** halten das Ausgangssignal der Signalschalter **304a**, **304b**, indem sie als Hüllkurvendetektoren arbeiten. Das Kanal-0-Tiefpassfilter **306** hält (oder „glättet“) das zeitlich demultiplexte heruntergesetzte Kanal-0-Differenzsignal und das Kanal-1-Tiefpassfilter **308** hält das zeitlich demultiplexte, heruntergesetzte Kanal-1-Differenzsignal. Das Ausgangssignal jedes Filters **306**, **308** ist ein glattes Signal mit Frequenzkomponenten, die gleich der Differenz zwischen der Frequenz des Sendesignals entsprechend dem den Filter zugeordneten Kanal und der Frequenz jedes Signals ist, das während der Zeit, in der in dem Kanal gesendet wird, empfangen wird. Beispielsweise gibt das Kanal-0-Tiefpassfilter **306** ein geglättetes Signal mit einer Frequenz aus, die gleich der Differenz zwischen der Kanal-0-Sendefrequenz und dem Kanal-0-Empfangsfrequenzen ist, die von einer Anzahl von Zielen reflektiert werden, wie wenn die Kanal-0-Sendefrequenz in Dauerstrich gesendet würde.

[0048] Die Ausgangssignale der Samplingschaltung **300** werden an den Stereo-AD-Wandler **118** ([Fig. 1](#)) gegeben. Der AD-Wandler **118** enthält zwei gesonderte Kanäle, die den Kanal-0- und Kanal-1-Ausgängen der Samplingschaltung **300** an den Ausgangssi-

gnalleitungen **328** bzw. **330** entsprechen. Jeder Kanal des AD-Wandlers **118** setzt die analogen Eingangssignale des entsprechenden heruntergesetzten Frequenzkanals in einen Strom digitaler Datenworte um. Bei der bevorzugten Ausführungsform enthält der AD-Wandler **118** einen Sigma-Delta-AD-Wandler mit der Bauelementennummer CS5330A, der von Chrystal Logic, Inc. erhältlich ist. Der AD-Wandler **118** gibt vorzugsweise eine Serie von 18 Bit Datenworten aus. Die ersten 16 Bit repräsentieren die Amplitude des Analogsignals über eine bestimmte Zeitspanne (d.h. 16 Bitauflösung).

[0049] Somit werden die von potentiellen Targets reflektierten und von der Antenne **102** empfangenen Signale gesamplet, zeitlich gemultiplext und in einen digitalen Datenstrom digitalisiert. Der digitale Datenstrom repräsentiert das empfangene Signal als eine zeitlich gemultiplexte Funktion des gesendeten Signals. Das digitale Signal wird zu dem PM ASIC **120** geleitet. Das PM ASIC **120** liefert Timinginformation, sammelt den digitalen von dem AD-Wandler **118** erzeugten Datenstrom und konditioniert die Daten so, dass sie von dem DSP **122** verarbeitet werden können. Spezieller liest das PM ASIC **120** Daten von dem AD-Wandler **118** und schreibt die Daten in einen Speicherblock in dem RAM **124**, der dem jeweiligen Kanal zugeordnet ist (d.h. es werden Kanal-0-Daten in einen Speicherblock geschrieben, der den Kanal-0-Differenzsignalen zugeordnet ist und es werden Kanal-1-Daten in einen Speicherblock geschrieben, der den Kanal-1-Differenzsignalen zugeordnet ist). Bei der bevorzugten Ausführungsform sind alle in den RAM **124** geschriebenen Abtastdatenworte 16 Bit breit (trunkiert durch die Hardware des 18 Bit AD-Wandlers **118**). Die Kanal-0-Daten und Kanal-1-Daten (entsprechend zugeordnet zu den f_1 und f_2 Sendefrequenzen) werden vorzugsweise in dem RAM **124** separat in zwei zirkularen Puffern, wobei jeder Puffer in der Lage ist, 1024 Datenworte zu speichern. Jeder Puffer ist in vier Blöcke zu je 256 Worte unterteilt. Unter Nutzung dieses Speicherschemas wird aus zwei aufeinander folgenden gefüllten Datenblöcken ein 512-Abtastpunktblock erzeugt (der 256 Abtastpunkte von Kanal 0 und 256 Abtastpunkte von Kanal 1 enthält).

[0050] Das DSP **122** ist mit den PM ASIC **120**, dem RAM **124** und dem flash RAM **126** verbunden. Das DSP **122** errechnet den Abstand von erfassten Zielen unter Verwendung der in dem RAM **124** gespeicherten Daten. Das DSP **122** führt diese Berechnung unter Nutzung von Techniken durch, die den in den US-Patent Nr. 5 302 956 beschriebenen Techniken ähnlich sind. Weil das Leistungsniveau des von der Antenne **102** ausgesandten Signals konstant ist, sind Leistungsvariationen des von dem AD-Wandler **118** erzeugten Signals Leistungsvariationen in dem empfangenen Signal zuzuweisen. Wenn sowohl das Kanal-0-Signal als auch das Kanal-1-Signal in der

Dopplerfrequenz mehr als ein bestimmtes Maß an Leistung vorliegt, wird angenommen, dass ein Ziel vorhanden ist. Das DSP **122** bestimmt außerdem die exakte Phasenbedingung zwischen dem Kanal-0-Signal und dem Kanal-1-Signal. Das DSP **122** bestimmt den Abstand des Ziels auf der Basis der Phasendifferenz zwischen den beiden Signalen. Außerdem wird von dem DSP **122** eine Bewegung in Bezug auf die Antenne **102** berechnet. Das DSP **122** berechnet die Bewegung relativ zu der Antenne **102** unter Verwendung der Dopplerverschiebung in den von dem Ziel zurückgeworfenen Signal. In einer Ausführungsform kann das DSP **122** eine Anzahl von Zielen identifizieren und verfolgen. Die Ziele werden durch deren Frequenz (d.h. das Maß der Dopplerverschiebung) unterschieden.

[0051] Vor Durchführung einer Fenster- und einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) an den 512 in dem RAM **124** gespeicherten Abtastpunkten, werden die Abtastpunkte vorzugsweise auf den größten Amplitudenpunkt skaliert, um die Fixpunktgenauigkeit der Fast-Fourier-Transformation zu maximieren. Auf den skalierten Datenpuffer wird dann eine 512-Punkt-Blackman-Fensterfunktion angewandt. Wenn in dem RAM **124** ausreichend Daten vorhanden sind, wird das DSP **122** eine komplexe 512-Punkt-Fast-Fourier-Operation durch, die die digitale Wiedergabe des zeitlich demultiplexten Empfangssignals aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich überführt. Auf diese Weise führt das DSP **122** eine Spektralanalyse der in dem RAM **124** gespeicherten Daten durch und bestimmt die Frequenz/Phasen-Beziehungen und relativen Leistungen jeder Frequenz. Die Durchführung von Fast-Fourier-Transformationsoperationen unter Verwendung von digitalen Signalprozessoren, wie beispielsweise der TMS320C203 DSP, die bei der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden, ist aus dem Stand der Technik bekannt. Deshalb ist das Ergebnis der Fast-Fourier-Transformationsoperation eine Liste von Frequenzen und Leistungsniveaus, die jeder dieser Frequenzen zugeordnet sind. Wenn die Leistung bei einer speziellen Frequenz größer ist als ein ausgewählter Schwellwert P_{th} , bestimmt das DSP **122**, dass ein Ziel vorhanden ist.

[0052] Nach der Erzeugung des Daten des Frequenzspektrums muss nur die positive Seite des Spektrums beachtet werden. Für acht Bänder variierender Breite werden Grundrauschschätzungen berechnet, die die Mehrzahl der Datenpunkte des positiven Frequenzspektrums abdecken. Das DSP **122** scannt das Frequenzspektrum (innerhalb gegebener Grenzen der Rauschbänder) und sucht nach einem einzelnen höchsten Frequenzpeak. Wenn dieser Peak eine berechnete „Erfassungsschwelle“ für ein gegebenes Rauschband überschreitet, wird der Peak als ein potentielles Ziel angesehen. Bei einer Ausführ-

rungsform der vorliegenden Erfindung erfasst das DSP **122** das Vorliegen lediglich eines Zieles (d.h. es gibt keine Forderung nach mehr als einem Peak zu suchen). Jedoch kann bei einer alternativen Ausführungsform mehr als ein Peak erfasst werden. Durch Zählen der Anzahl der Frequenzpeaks, bei denen erfasst wird, dass die Leistung über der gewählten Schwelle P_{th} liegt, bestimmt das DSP **122**, wieviele Targets vorhanden sind (d.h. wieviele Targets sich mit) unterschiedlichen Geschwindigkeiten relativ zu der Antenne **102** bewegen). Targets, die sich mit der gleichen Relativgeschwindigkeit bewegen, reflektieren Signale mit der gleichen Frequenz.

[0053] Das DSP **122** bestimmt außerdem die Phasenbeziehung der Kanal-0-Signaldaten zu den Kanal-1-Signaldaten. Aus dieser Information kann das DSP den Abstand und die Relativgeschwindigkeit des Zieles berechnen. Die Bestimmung des Abstands und der Relativgeschwindigkeit wird direkt durch Multiplizieren der Frequenz und der Phasendifferenz mit festen Faktoren durchgeführt, weil die Phase linear proportional zu dem Abstand des Zieles gemäß der Formel $R = C \cdot (\Theta_1 - \Theta_2) / (4\pi(f_1 - f_2))$ und die Frequenz linear proportional zu der Relativgeschwindigkeit des Zieles gemäß der Formel $f_d = 72 \text{ (Hz/Stunde/Meile)} \cdot V \text{ (Meilen/Stunde)}$ ist. In der Abstandsformel ist R der Abstand zwischen dem Ziel in Fuß, C ist die Lichtgeschwindigkeit in Fuß/Sekunde, f_1 ist die Frequenz des gesendeten Kanal-0-Signals und f_2 ist die Frequenz des gesendeten Kanal-1-Signals. In der Formel für die Relativgeschwindigkeit ist f_d die Frequenzverschiebung in Folge des Dopplerphänomens und V ist die Relativgeschwindigkeit des Zieles in Bezug auf den Transceiver. Jedoch können bei abgewandelten Ausführungsformen andere Mittel zur Abbildung der Frequenz auf eine Relativgeschwindigkeit und der Phasenbeziehung auf den Abstand verwendet werden. Beispielsweise kann eine Tabelle als Cross-Referenz für Frequenz und Phase zu Relativgeschwindigkeit und Abstand dienen.

[0054] Wenn die Daten nicht innerhalb gewählter festgelegter Limits liegen, wird angenommen, dass sie ungültig sind und sie werden unbeachtet gelassen. Wenn die Daten innerhalb festgelegter Grenzen liegen, nutzt das DSP **122** Tracker-Software-Module, um eine gefilterte Zeitspur oder Aufzeichnung des Zielbereichs und der Relativgeschwindigkeitsinformation zu erzeugen. Das DSP **122** erzeugt den neuen Zielbereich und die Relativgeschwindigkeit mit den vorher aufgezeichneten Abständen und Relativgeschwindigkeiten. Wenn der Abstand und die Relativgeschwindigkeit eines Zieles mit dem Abstand und der Relativgeschwindigkeit eines vorher aufgezeichneten Zieles zusammenstimmt (d.h. wenn die Differenz zwischen dem Abstand und der Geschwindigkeit des neuen Zieles und dem Abstand und der Geschwindigkeit des vorher aufgezeichneten Zieles innerhalb eines vorbestimmten Maßes liegt) aktuali-

siert das DSP **122** den vorher aufgezeichneten Abstand und die vorher aufgezeichnete Geschwindigkeit mit dem neuerlich aufgenommenen Abstand und der neuerlich aufgenommenen Relativgeschwindigkeit. Wenn das neue Ziel keinen existierenden Ziel entspricht, werden der Abstand und die Relativgeschwindigkeit gespeichert und es wird so ein neues Ziel definiert. Wenn das DSP **122** keine Daten empfängt, die dem vorher aufgezeichneten Ziel entsprechen, wird angenommen, dass das vorher aufgezeichnete Ziel die Umgebung verlassen hat und der Abstand und die Relativgeschwindigkeit werden aus der Aufzeichnung entfernt. Somit kann in einer alternativen Ausführungsform das System mehrere Ziele gleichzeitig identifizieren und verfolgen.

[0055] Das DSP **122** erzeugt an dem Ende jedes Verarbeitungszykluses Warnungen. Die von dem vorliegenden Radarsystem erzeugten Warnungssignale beinhalten das folgende: „kein Ziel“ (kein verfolgtes Ziel), „Ziel innerhalb der Erfassungszone“ **202** (**Fig. 2**), „System Fehlfunktion“ (Hardwarefehler erfasst nach Betriebsspannungseinschaltung oder Onlinetestprozeduren) und „nicht betriebsfähiger Zustand liegt vor“ (z.B. schwerer Regen, der das Grundrauschen über eine gewisse Schwelle hebt, Eis oder Schlamm bedecken die Antenne **102**, Signalausgangswert ist zu gering oder kein Peak für eine Zeitspanne erfasst, die eine vorbestimmte Schwelle übersteigt). Die von dem DSP **122** erzeugten Warnungssignale werden über die Ausgabeleitung ausgegeben.

[0056] **Fig. 5** ist ein abstraktes Flussbild des Verfahrens, mit dem das DSP **122** bestimmt, ob das Vorhandensein eines Zieles anzuzeigen ist. Anfänglich geht das DSP **122** in den Schritt **500**, nachdem eine 512-Punkt-Fast-Fourier-Transformationsoperation an dem in dem RAM **124** gespeicherten Daten durchgeführt worden ist (256 Abtastpunkte der Kanal-0-Daten und 256 Abtastpunkte der Kanal-1-Daten). Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird für alle 256 neuen Abtastpunkte eine neue Fast-Fourier-Transformation berechnet, um somit eine 50%ige Überlappung der Fast-Fourier-Transformation von neuen und vorausgehend berechneten Abtastpunkten zu erzeugen. Dieses Verfahren setzt mit Schritt **502** fort, um zu bestimmen, ob vor der Antenne **102** (**Fig. 1**) ein potentielles Ziel vorhanden ist. Weil, wie oben beschrieben, die Leistungen des gesendeten Signals konstant ist, werden Leistungsvariationen des reflektierten Signals dazu verwendet, das Vorliegen eines Zieles zu erfassen. In Schritt **502** bestimmt das Verfahren, ob das Leistungsniveau des Ausgangssignals von dem AD-Wandler **118** („Pwr“) einen vorbestimmten Schwelle (P_{th}) übersteigt. Wenn dies der Fall ist, setzt das Verfahren mit Schritt **504** fort, um zu bestimmen, wie lange sich das Ziel vor der Antenne **102** befindet. Falls nicht, setzt das Verfahren mit Schritt **512** fort, um die nächsten 256 Abtastpunk-

te für eine nachfolgende Fast-Fourier-Transformationsoperation zu erhalten.

[0057] In Schritt **504** bestimmt das DSP **122**, ob das Ziel vor der Antenne **102** für eine vorbestimmte Zeitspanne vorhanden war. Wie oben beschrieben, muss das Ziel, damit das DSP **122** beschließt, dass ein Ziel vorhanden ist, vor der Antenne **102** wenigstens für eine Zeitspanne von TH1 Sekunden vorhanden gewesen sein. Bei der bevorzugten Ausführungsform beträgt TH1 ungefähr 0,3 s. Bei alternativen Ausführungsformen kann TH1 unterschiedliche Werte in Abhängigkeit von den Systemparametern geforderten Empfindlichkeitscharakteristiken annehmen. Wie in [Fig. 5](#) veranschaulicht, setzt das Verfahren, falls das Ziel vor der Antenne für wenigstens eine Zeitspanne von TH1 Sekunden verweilt, mit Schritt **506** fort, um zu bestimmen, ob das Ziel innerhalb der Erfassungszone liegt. Anderweitig setzt das Verfahren mit Schritt **512** fort.

[0058] Wie oben mit Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben, berichtet das seitwärts blickende Dopplerradarsystem **100** lediglich und nur dann über Ziele, wenn diese für eine vorbestimmte Zeitspanne in einem vorbestimmten Erfassungsbereich verweilen. Bei dem vorliegenden Verfahren und der vorliegenden Einrichtung weist das seitlich blickende Dopplerradarsystem **100** alle Ziele ab, die innerhalb des Bereiches Range_{\min} zu der Antenne **102** liegen. Bei einer Ausführungsform beträgt Range_{\min} ungefähr zwei Fuß (0,6 m). Weil die Mehrzahl der Fehlmeldungen bei regnerischen Zuständen durch Regenclutterstörungen verursacht werden, die innerhalb von zwei Fuß (0,6 m) zu der Antenne liegen, weist dieses Verfahren in Schritt **506** alle Ziele ab, die innerhalb von zwei Fuß (0,6 m) zu der Antenne liegen. Durch Abweisung aller in dem spezifizierten Bereich Range_{\min} zu der Antenne **102** erfassten Ziele reduziert das Erfassungsverfahren der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung von Regenstörungen verursachter Fehlmeldungen weithin. Zusätzlich kann durch Abweisung von Zielen, die weiter als ein spezifizierter Abstand Range_{\max} von der Antenne **102** entfernt sind, bei dem Erfassungsverfahren Fehlmeldungen durch Störungen durch nasses Laub und andere, die Antenne **102** umgebende nasse Bedingungen reduziert werden. Wie in [Fig. 5](#) veranschaulicht ist, setzt das Verfahren, wenn das Ziel nicht innerhalb des Erfassungsbereichs liegt, mit Schritt **512** fort und erhält den nächsten Abtastpunktblock. Jedoch setzt das Verfahren wenn das Ziel einen Abstand hat, der zwischen Range_{\min} und Range_{\max} liegt (d.h. innerhalb der Erfassungszone) mit Schritt **508** fort.

[0059] In Schritt **508** bestimmt das vorliegende Zielerfassungsverfahren, ob die Näherungsgeschwindigkeit des Ziels einen spezifizierten Wert überschreitet. Wie oben beschrieben, werden bei den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung

Ziele nicht angezeigt, wenn sie sich nicht mit einer Geschwindigkeit bewegen, die eine minimale Annäherungsgeschwindigkeitsschwelle (Closing-Speed_{min}) relativ zu der Antenne überschreiten. Bei der bevorzugten Ausführungsform werden Ziele nicht angezeigt, wenn sie sich nicht mit wenigstens 0,07 MpH in Bezug auf die Antenne bewegen. Bei alternativen Ausführungsformen kann diese Geschwindigkeitsauflösung variiert werden, wie es nötig ist, um Systemanforderungen zu erfüllen. Wenn die Zielgeschwindigkeit geringer ist als Closing-Speed_{min} setzt das Verfahren mit Schritt **512** fort, um den nächsten Abtastpunktblock zu erhalten. Wenn sich das Ziel jedoch mit einer Geschwindigkeit nähert, die Closing-Speed_{min} überschreitet, erzeugt das Verfahren in Schritt **510** eine Warnung, dass sich das Ziel innerhalb der Erfassungszone befindet.

[0060] Das in [Fig. 5](#) veranschaulichte Zielerfassungsverfahren basiert vorzugsweise auf einer Software, die von dem DSP **122** in dem PM **104** ausgeführt wird. Das Verfahren und die Vorrichtung der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können alternativ implementiert werden, indem jede geeignete oder wünschenswerte Einrichtung, wie beispielsweise eine State Machine, eine diskrete Folgelogik oder programmierbare Speicherfeldeneinrichtungen verwendet werden. Das in [Fig. 5](#) veranschaulichte Zielerfassungsverfahren kann in Hardware (d.h. hart verdrahtet) oder alternativ durch andere Arten programmierbarer Einrichtungen implementiert werden.

EFFEKTE DER ANTENNENFORM UND ANTENNENKEULENBREITE AUF DIE REDUKTION VON FEHLWARNUNGEN IN FOLGE VON REGENSCLUTTER

[0061] Die Erfinder haben im Experiment beobachtet, dass ein dominanter Beitrag für regeninduzierte Fehlwarnungen nasses Laub und andere nasse „Nicht-Straßen“-Bedingungen sind, die die Antenne **102** umgeben. Die nassen Zustände verursachen normalerweise ein mildes Rauschen, die vorhandene Radarsysteme „Aufhellen“ und Blenden. Das Abstandsverfahren und die oben mit Bezug auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) beschriebenen Einrichtungen weisen die Mehrzahl von Störungen ab, die erzeugt werden, wenn das System **100** unter regnerischen Bedingungen verwendet wird. Jedoch haben die Erfinder entdeckt, dass weitere Verbesserungen bei der Abweisung von Regenclutter erzeugt werden können, indem die Antennenkeulenbreite verringert wird und die Antenne optimale geformt wird. Die Verengung der Antennenkeulenbreite reduziert die von nassen Straßenfläche und nassen Nicht-Straßenflächen erzeugten Reflektionen. Die Antennenkeulenbreite sollte so klein wie im Hinblick auf die Antennengröße und die Erfassungsbereichsanforderungen möglich. Bei der bevorzugten Ausführungsform be-

trägt die Antennenkeulenbreite $\pm 7,5^\circ$ sowohl in azimutaler Richtung als auch in Elevationsrichtung.

[0062] Ein effektives Mittel zur Erzeugung einer geringen Keulenbreite einer Antenne und zur Verringerung „Nebenzipfel“-Ende des von der Antenne abgestrahlten Signals ist die Verwendung einer Quadratgruppenantenne, die in Bezug auf die Straßenoberfläche diagonal montiert ist (d.h. eine „karoformige“ Gruppenantenne). [Fig. 6](#) veranschaulicht eine Ausführungsform der Antenne **102**, mit Antennenelementen (d.h. Elemente **606** und **608**), die in einer Karoform angeordnet sind, um die Auswirkungen von Regenclutter zu minimieren. Die Antenne **102**, die in [Fig. 6](#) veranschaulicht ist, beinhaltet 6×6 rechteckige Elemente in einer Gruppe, die auf einer diagonalen Achse **602** geneigt sind. Die Antenne **102** ist an dem Trägerfahrzeug so montiert, dass die andere Diagonalachse **604** der quadratischen Gruppe, parallel zu der Straßenfläche liegt. Es wird angemerkt, dass die Diagonalachse **602** sowohl eine Diagonalachse der quadratischen Gruppenantenne, als auch die Vertikalachse der Antenne **102** ist, nachdem sie an dem Trägerfahrzeug montiert ist. Ähnlich ist die Diagonalachse **604** sowohl eine Diagonalachse der quadratischen Gruppe und die Horizontalachse der Antenne **102**, nachdem sie an dem Trägerfahrzeug montiert ist. Somit sind die Herzebenen der Antenne in 45° Winkeln zu der vertikalen und der horizontalen Achse orientiert.

[0063] Diese Diagonalorientierung der Antenne **102** beeinträchtigt die Zielerfassungseigenschaft des Radarsystems **100** nicht. Jedoch hilft die Diagonalorientierung in der Reduzierung von Fehlwarnungen in Folge nasser Straße und Straßenumgebung. Die Diagonalorientierung erzeugt auf effektive Weise einen natürlichen linearen Amplitudenabfall in der Vertikalachse, weil eine Anzahl von Gruppenelementen (z.B. Elemente **606** und **608**) in den horizontalen Reihen linear abnehmen, wenn man entlang der Vertikalachse **602** von dem Zentrum der Gruppenantenne weg geht. Weil in dem in [Fig. 6](#) veranschaulichten Beispiel die Anzahl der Gruppenelemente entlang der Horizontalachse **604** von sechs (an der Mitte der Gruppe) auf eins (an dem unteren Ende der Gruppe) entlang der Vertikalachse **602** abnimmt, sind die Nebenzipfel der von der Antenne **102** abgestrahlten Signale entsprechend vermindert. In einem Beispiel ist der erste Nebenzipfel um ungefähr 13 dB im Vergleich zu dem ersten Nebenzipfel einer quadratischen Antenne vermindert (d.h. einer Antenne, die nicht um 45° in Bezug auf die Straßenfläche geneigt ist). Alle anderen Nebenzipfel werden auf noch niedrigeren Niveaus vermindert. Die Verminderung der Nebenzipfel hilft dem vorliegenden Radarsystem **100** beim Ignorieren der Energie, die von nassen Straßen und anderen nassen Flächen auf die Antenne zurückreflektiert werden.

[0064] Zusätzlich zur Reduktion der Nebenzipfel in den ausgestrahlten Signalen erzeugt die diagonale Orientierung außerdem ein kreuzpolarisiertes rückkehrendes Signal. Durch Neigen der Antenne **102**, in der in [Fig. 6](#) veranschaulichten Orientierung ist der von einer nassen Straßenfläche reflektierte elektrische Feldvektor orthogonal zu dem elektrischen Feldvektor, der von der Antenne **102** ausgesandt ist. Die Orthogonalität des rückkehrenden Vektors ist bei der Abweisung von Regenclutter in Folge nasser Straßenzustände extrem effizient.

[0065] Es sind verschiedene alternative Antennenkonfigurationen möglich. Beispielsweise müssen die Antennenelemente nicht so orientiert sein, dass sie einen diagonalen Polarisierungseffekt erzeugen. Die Gruppenelemente können in jeder gewünschten Weise in Bezug auf die Vertikalachse **602** orientiert werden. Die Ausführung der gesamten Gruppe bestimmt den Verminderungseffekt auf die Nebenzipfel (d.h. die Ausführung der Gruppenelemente erzeugt einen natürlichen Amplitudenabfall, wenn sie wie in [Fig. 6](#) veranschaulicht angeordnet werden, jedoch hat die Orientierung der Gruppenelemente selbst keine Auswirkung). Bei einer alternativen Ausführungsform weist die Gruppenantenne 16 Reihen und 16 Spalten von Gruppenelementen auf, die in einer karoformigen Anordnung angeordnet sind, um Regenclutter zu reduzieren. Verschiedene Variationen dieser Konfiguration liegen im Bereich der vorliegenden Erfindung.

[0066] Zusammenfassend liefern das Verfahren und die Vorrichtung ein Mittel zur präzisen und verlässlichen Erfassung von Objekten in dem toten Winkel eines Trägerfahrzeugs. Das vorliegende Verfahren und die Einrichtung nutzen, vorzugsweise ein Dopplerradarsystem, das an der Seite eines Trägerfahrzeugs angeordnet ist. Gemäß der vorliegenden Erfindung sendet ein Antennentransceiver HF-Signale und empfängt Signale, die von potentiellen Zielen reflektiert sind. Unter Nutzung digitaler Signalverarbeitungstechniken bestimmt das Radarsystem das Vorliegen, den Abstand und die Näherungsgeschwindigkeit potentieller Ziele. Das vorliegende Verfahren bestimmt, ob die erfassten Ziele für eine gewählte Zeitspanne innerhalb eines Erfassungsbereichs liegen. Lediglich solche Ziele, die innerhalb der Erfassungszone liegen, werden an den Fahrer gemeldet. Vorteilhafterweise weist das vorliegende Verfahren alle Ziele zurück, die innerhalb eines gewissen Abstands zu der Antenne liegen, so dass Fehlwarnungen in Folge Regenclutters reduziert werden. Die vorliegende Erfindung nutzt Abstandsinformation zur Abweisung von Zielen, die weiter als eine Fahrspur von der Antenne weg liegen, so dass Fehlwarnungen reduziert werden, die durch nasses Laub verursacht werden. Eine Orientierung der Antenne in Karoform reduziert von nassen Straßenzuständen verursachte Störungen weiter.

[0067] Es ist eine Anzahl von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben worden. Dessen ungeachtet, versteht es sich, dass zahlreiche Abwandlungen vorgenommen werden können, ohne den Geist und den Bereich der Erfindung zu verlassen. Beispielsweise kann die Beziehung zwischen dem Kanal-0-Sendesignal und dem Kanal-1-Sendesignal so sein, dass sie in der Frequenz um mehr als 2,5 MHz voneinander abweichen. Des weiteren kann die Periode der Frequenzsteuerspannung **406** (**Fig. 4**) größer oder kleiner als 102,4 μ s sein und es kann ein Lastzyklus von mehr als 50% angenommen werden. Als weiteres Beispiel kann das Frequenzmodulationsschema von dem FSK-Schema abweichen. Außerdem ist die Erfindung nicht auf eine 512 Abtastpunkt-Fast-Fourier-Transformationsoperation beschränkt. Buchstäblich kann eine Fast-Fourier-Transformation in jeder Größe verwendet werden, um die vorliegende Erfindung umzusetzen. Zusätzlich kann die Mittenfrequenz des übertragenen Signals größer oder kleiner als 24,725 GHz sein. Beispielsweise beträgt die Mittenfrequenz des Sendesignals bei einer gegenwärtigen in Betracht gezogenen Ausführungsform ungefähr 76,5 GHz. Außerdem können wie oben mit Bezug auf **Fig. 6** beschrieben bei der vorliegenden Erfindung verschiedene alternative Gruppenantennen verwendet werden.

Patentansprüche

1. Seitwärts blickendes Radarsystem (**100, 102**) zur Erfassung des Vorhandenseins eines Objekts in dem toten Winkel eines Trägerfahrzeugs (**200**), an dem das Radarsystem vorgesehen ist:

- (a) mit einem Radartransceiver (**102, 114** und **116**) zur Aussendung von Radarsignalen und zur Erfassung reflektierter, von den ausgesandten Radarsignalen herrührender Signale, die von einem Objekt reflektiert worden sind,
- (b) mit einem Prozessorblock (**120, 122** und **124**), der mit dem Transceiver gekoppelt ist, um das Timing der von dem Transceiver ausgesandten Signale zu steuern und die reflektierten, von dem Transceiver empfangenen Signale zu verarbeiten, wobei der Prozessorblock das Vorhandensein, den Abstand und die Annäherungsgeschwindigkeit des Objekts bestimmt, von dem die reflektierten Signale reflektiert sind und wobei der Prozessorblock bestimmt, ob das Objekt innerhalb eines vorbestimmten Erfassungsbereichs liegt, in dem er bestimmt, ob das Objekt länger als eine vorbestimmte Zeitspanne erfasst worden ist, ob das Objekt zwischen einem Minimalabstand und einem Maximalabstand von dem Trägerfahrzeug entfernt ist und indem er alle Objekte, die näher als in einem Minimalabstand (R_{min}) erfasst worden sind, sowie alle Objekte, die weiter als ein Maximalabstand (R_{max}) entfernt sind, abweist und
- (c) mit einer Anzeigeeinrichtung (**106**), die mit dem Prozessorblock verbunden ist, wobei die Anzeigeeinrichtung von dem Prozessorblock ein Hinweissignal

empfängt, dass sich das Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs befindet, wobei die Anzeigeeinrichtung einen Bediener des Trägerfahrzeugs warnt, dass sich das Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs befindet.

2. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 1, bei dem zu dem Radartransceiver gehören:

- (a) eine Antenne (**102**),
- (b) ein Antennentreiber (**114**), der mit der Antenne betriebsmäßig verbunden ist, um das Senden der Antenne zu steuern und
- (c) einen Antennenempfänger (**116**), der mit der Antenne verbunden ist, um die reflektierten Signale zu verarbeiten, wobei der Antennenempfänger die reflektierten Signale zur Weiterverarbeitung durch den Prozessorblock in Basisbandsignale heruntersetzt.

3. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 1, bei dem der Prozessorblock beinhaltet:

- (a) einen Analog-Digital(A/D)-Wandler (**118**), der mit dem Radartransceiver verbunden und in der Lage ist, die von dem Radartransceiver empfangenen reflektierten Signale in einen digitalen Datenstrom umzusetzen,
- (b) ein Prozessormodul in Form einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (PS ASIC) (**120**), das mit dem A/D-Wandler und dem Radartransceiver verbunden und in der Lage ist, an den Transceiver Timinginformation zu liefern und wobei das PM ASIC den digitalen Datenstrom konditioniert, um Abtastpunktblöcke zu erzeugen,
- (c) einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) (**124**), der mit dem PM ASIC verbunden ist, um die Abtastpunktblöcke zu speichern, die von dem PM ASIC empfangen worden sind und
- (d) einen digitalen Signalprozessor (DSP) (**122**), der mit dem PM ASIC und dem RAM verbunden ist, um an den in dem RAM gespeicherten Abtastpunktblöcken digitale Signalverarbeitungsoperationen durchzuführen.

4. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 3, bei dem der A/D-Wandler eine integrierte 18-bit Stereo-A/D-Wandler-Schaltung enthält.

5. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 3, bei dem der PM ASIC die ausgesandten Radarsignale so moduliert, dass sie auf zwei Frequenzen f_1 und f_2 ausgesandt werden.

6. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 3, bei dem der PM ASIC den digitalen Datenstrom konditioniert, indem ein erster Abtastpunktblock der Radarsendesignalfrequenz f_1 zugeordnet wird und bei dem der PM ASIC dem zweiten Abtastpunktblock eine zweite Radarsendesignalfrequenz f_2 zuordnet.

7. Seitwärts blickendes Radarsystem nach An-

spruch 6, bei dem der PM ASIC den ersten Abtastpunktblock in einem ersten zirkularen Speicher in dem RAM speichert und bei dem der PM ASIC den zweiten Abtastpunktblock in dem RAM in einem zweiten zirkularen Speicher speichert.

8. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 7, bei dem das DSP eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) des ersten und des zweiten Abtastpunktblocks durchführt, die in dem RAM gespeichert sind, so dass die Abtastpunktdaten aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich gewandelt werden.

9. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 1:

(a) mit einer Doppler-Radarschaltung (**102**, **114**, **116**, **118** und **120**):

- (1) zum Aussenden eines modulierten Radarsignals mit einer ersten und einer zweiten Sendefrequenz,
 - (2) zum Empfang von Reflexionen des ausgesandten Radarsignals, die von dem dem Trägerfahrzeug benachbarten Objekt reflektiert worden sind,
 - (3) zum Erfassen einer Doppler-Frequenzverschiebung, die zwischen dem ausgesandten Radarsignal und dem reflektierten Radarsignal besteht und
 - (4) zum Bestimmen der Leistung bei jeder Doppler-Frequenz der empfangenen Reflexionen und
- (b) mit einem Controller, der mit der Doppler-Radarschaltung verbunden ist:

- (1) zur Bestimmung, ob das Objekt, das die empfangenen Reflexionen reflektiert, innerhalb eines vorbestimmten Erfassungsbereichs nahe dem Fahrzeug ist, und
- (2) zur Warnung eines Fahrers des Trägerfahrzeugs nur dann, wenn das Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs erfasst wird.

10. Seitwärts blickendes Radarsystem nach Anspruch 9, bei dem der Controller ermittelt, ob das Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs liegt, in dem der Abstand zu dem Objekt bestimmt und bestimmt wird, ob das Objekt zwischen einem vorbestimmten Minimalabstand und einem vorbestimmten Maximalabstand von dem Trägerfahrzeug ist.

11. Verfahren zur Bestimmung ob ein Objekt, das von einem seitwärts blickenden Radarsystem (**100**, **102**) erfasst worden ist, innerhalb eines vorbestimmten Erfassungsbereichs (**202**) in einem toten Winkel eines Trägerfahrzeugs (**200**) ist, an dem das Radarsystem montiert ist, mit folgenden Schritten:

- (a) Aussenden eines modulierten Radarsignals mit einer ersten und einer zweiten Sendefrequenz,
- (b) Empfang von Reflexionen des ausgesandten Radarsignals, die von einem dem Trägerfahrzeug benachbarten Objekt reflektiert worden sind,
- (c) Bestimmen des Abstands zu dem Objekt auf Basis der Frequenzcharakteristiken des reflektierten Radarsignals, das in Schritt (b) empfangen worden

ist,

(d) Ermitteln, ob sich das Objekt innerhalb eines bestimmten Erfassungsbereichs nahe dem Trägerfahrzeug befindet, indem bestimmt wird, ob das Objekt für länger als eine vorbestimmte Zeitspanne erfasst worden ist, indem bestimmt wird, ob das Objekt zwischen einem vorbestimmten Minimalabstand und einem Maximalabstand zu dem Trägerfahrzeug ist und Abweisen aller Ziele, die näher als ein vorbestimmter Minimalabstand (R_{min}) liegen sowie aller Ziele, die weiter als ein vorbestimmter Maximalabstand (R_{max}) weg sind und

(e) Aussenden einer Warnung an den Fahrer des Trägerfahrzeugs nur dann, wenn das Objekt als sich innerhalb des Erfassungsbereichs befindend erfasst wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem zu dem Schritt (d), bei dem bestimmt wird, ob sich das Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs befindet, weiter beinhaltet, dass (a) bestimmt wird, ob die Leistung in den Signalen bei einer gewählten Frequenz eine vorbestimmte Leistungsschwelle überschreitet.

13. Computerprogramm, ausführbar auf einer programmierbaren Einrichtung, wobei das Programm in der Lage ist zu bestimmen, ob ein von einem seitwärts blickenden Radarsystem (**100**, **102**) erfasstes Objekt sich innerhalb eines vorbestimmten Erfassungsbereichs (**102**) in einem toten Winkel eines Trägerfahrzeugs (**200**) befindet, an dem das Radarsystem montiert ist, mit:

- (a) einem ersten Satz von Instruktionen zur Aussendung eines modulierten Radarsignals mit einer ersten und einer zweiten Sendefrequenz,
- (b) einem zweiten Satz von Instruktionen zum Empfang von Reflexionen des gesendeten Radarsignals, die von einem dem Trägerfahrzeug nahen Objekt reflektiert worden sind,
- (c) einem dritten Satz von Instruktionen zur Bestimmung des Abstands zu dem Objekt auf Basis der Frequenzcharakteristika der reflektierten Radarsignale,
- (d) einem vierten Satz von Instruktionen zur Ermittlung, ob sich das Objekt innerhalb eines vorbestimmten Erfassungsbereichs neben dem Trägerfahrzeug befindet, indem bestimmt wird, ob das Objekt länger als eine vorbestimmte Zeitspanne erfasst worden ist, indem bestimmt wird, ob das Objekt zwischen einer minimalen und einer maximalen Abstandsgrenze von dem Trägerfahrzeug liegt und indem alle Ziele abgewiesen werden, die näher als ein vorbestimmter Minimalabstand (R_{min}) erfasst werden sowie aller Ziele, die weiter weg als ein vorbestimmter Maximalabstand (R_{max}) erfasst werden und
- (e) einem fünften Satz von Instruktionen, die dem Fahrer des Trägerfahrzeugs nur dann eine Warnung geben, wenn sich das Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs befindet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

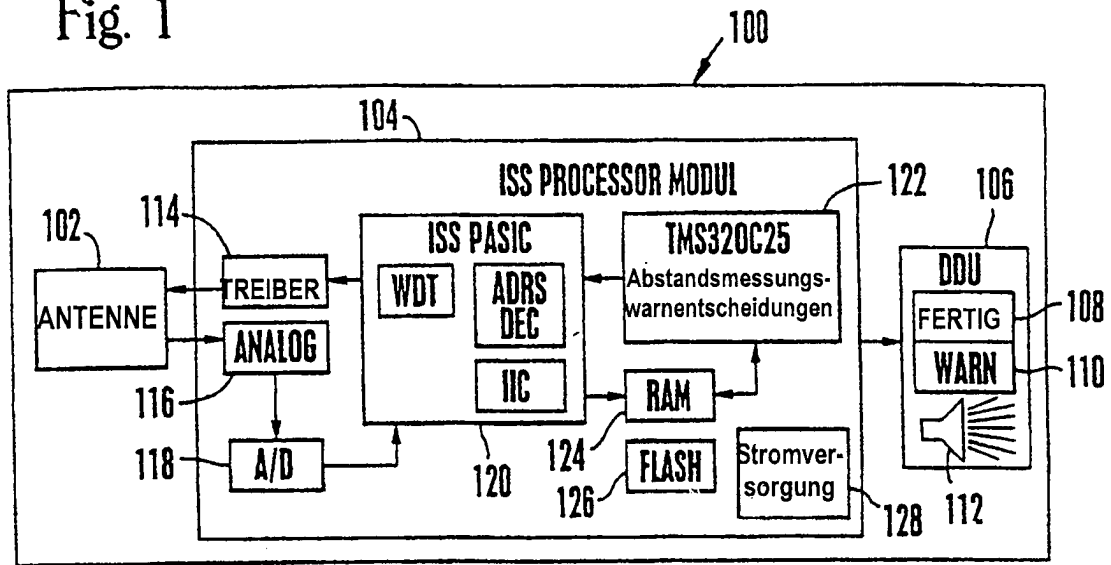


Fig. 2A

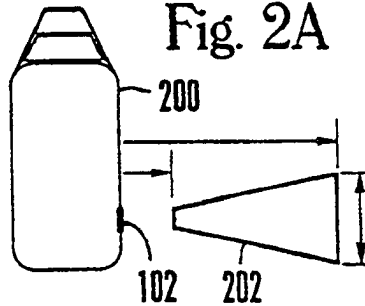


Fig. 2B

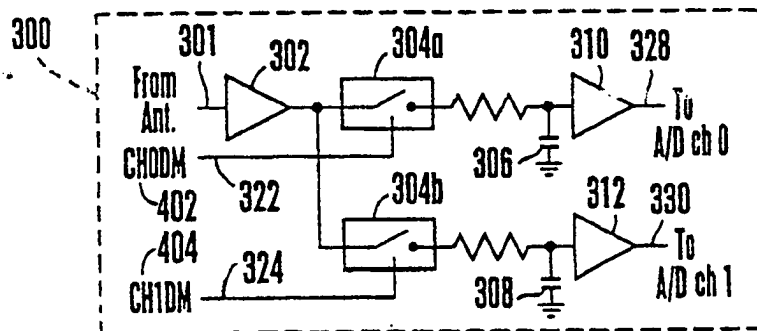
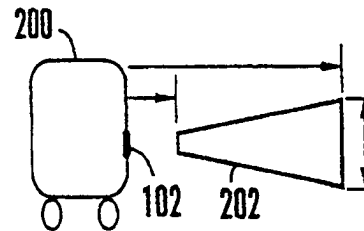


Fig. 3

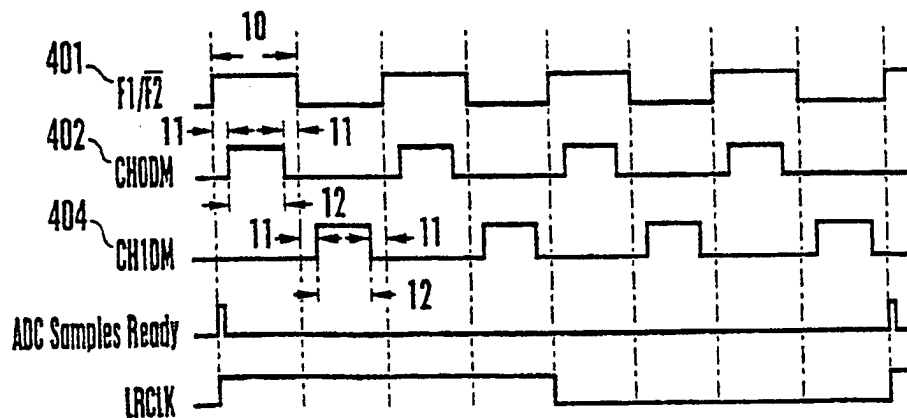


Fig. 4

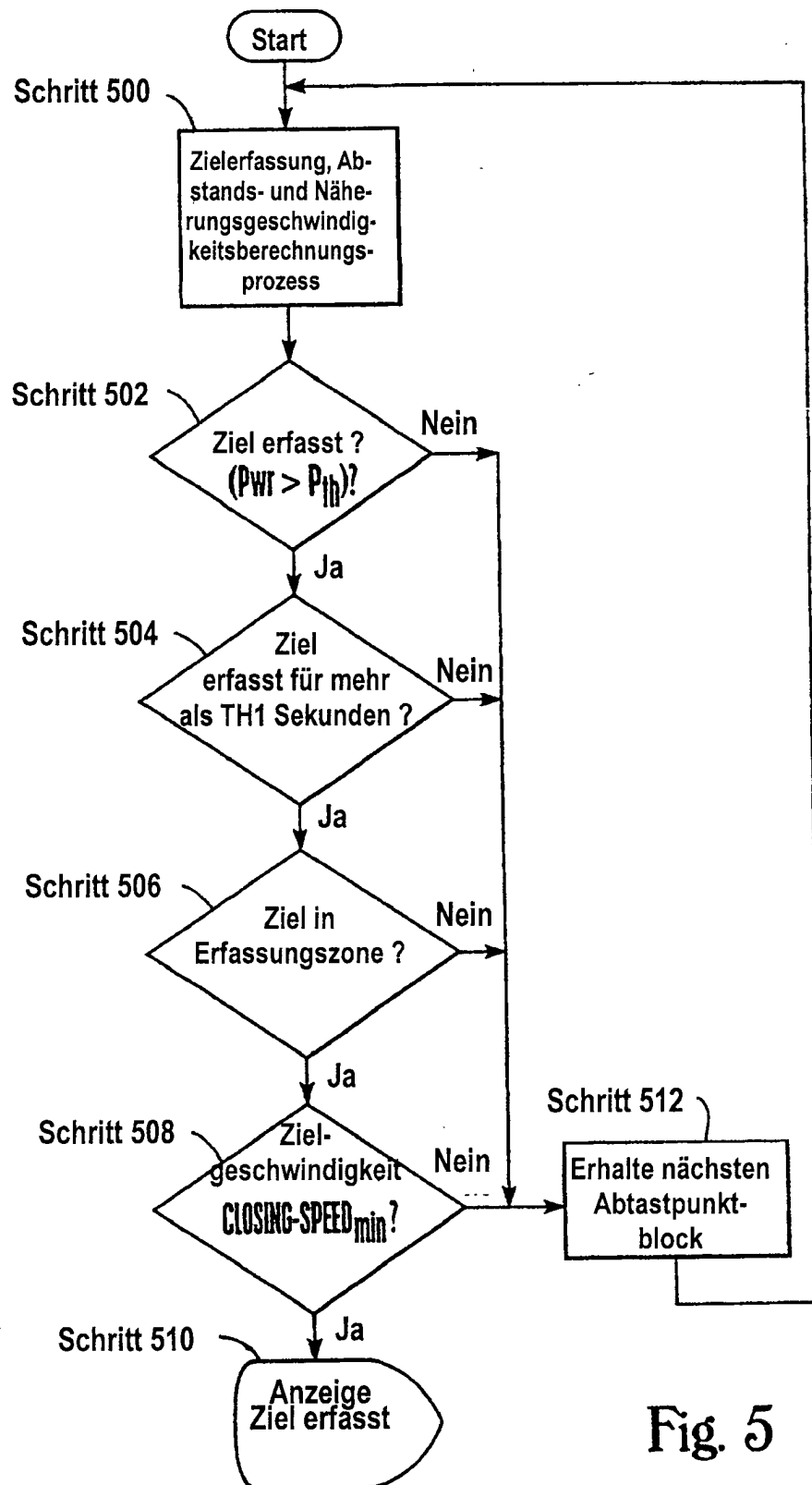


Fig. 5

Fig. 6

