



(10) **DE 10 2019 112 469 A1** 2019.12.12

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 112 469.7**

(22) Anmeldetag: **13.05.2019**

(43) Offenlegungstag: **12.12.2019**

(51) Int Cl.: **G01S 13/58** (2006.01)

**G01S 13/87** (2006.01)

**G01S 13/10** (2006.01)

**G01S 13/93** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**16/002,061**                      **07.06.2018**      **US**

(71) Anmelder:  
**GM Global Technology Operations LLC, Detroit,  
Mich., US**

(74) Vertreter:  
**LKGLOBAL | Lorenz & Kopf PartG mbB  
Patentanwälte, 80333 München, DE**

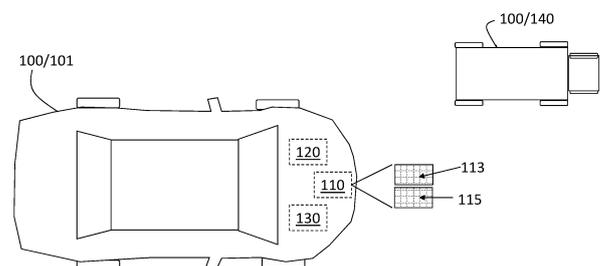
(72) Erfinder:  
**Barkan, Gonen, Herzliya Pituach, IL; Shapir  
Poltorak, Ilya, Herzliya Pituach, IL; Eljarat, Ishai,  
Herzliya Pituach, IL; Bilik, Igal, Herzliya Pituach,  
IL**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **AUFLÖSEN VON DOPPLER-MEHRDEUTIGKEITEN IN EINEM MULTI-INPUT-MULTI-OUTPUT-RADAR UNTER VERWENDUNG DIGITALER MEHRFACH-IMPULSFOLGEFREQUENZEN**

(57) Zusammenfassung: Ein System und Verfahren zum Erfassen eines Ziels mit einem Radarsystem eines Fahrzeugs beinhaltet das Übertragen von zwei oder mehreren Chirps, die wiederum von zwei oder mehreren Übertragungselementen übertragen werden. Jedes Chirp ist eine frequenzmodulierte Dauerstrichwellenform. Das Verfahren beinhaltet auch das Empfangen von Reflexionen, die durch jedes der zwei oder mehreren Chirps von jedem der zwei oder mehreren Übertragungselemente an zwei oder mehreren Empfangselementen erzeugt werden, und das Verarbeiten der Reflexionen basierend auf einer Doppler-Abtastfrequenz, die einer Periode jedes der zwei oder mehreren Chirps entspricht, um die Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug zu bestimmen.



**Beschreibung**

## EINLEITUNG

**[0001]** Der Gegenstand der Offenbarung bezieht sich auf die Lösung von Doppler-Mehrdeutigkeiten im Multi-Input-Multi-Output (MIMO)-Radar unter Verwendung digitaler Mehrfachpulsfolgefrequenzen (MPRFs).

**[0002]** Funkermittlung und Entfernungsmessung (Radio Detection and Range, RADAR) wird in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, um Objekte zu erkennen und zu verfolgen, die Hochfrequenzenergie reflektieren. Radar ist eine wichtige Komponente bei der Erweiterung oder Automatisierung von Systemen (z. B. Bremsen, Lenken, Parken, adaptive Geschwindigkeitsregelung) in Fahrzeugen (z. B. Pkw, Lkw, Baumaschinen, landwirtschaftliche Geräte, automatisierte Fabrikeinrichtungen). So sind beispielsweise autonome Antriebssysteme auf Radar und andere Sensoren angewiesen, um Hindernisse zu erkennen und zu umgehen. Der Puls-Doppler und das modulierte Dauerstrichradar senden eine Impulsfolge von Chirps (Impulse mit linear zunehmender oder abnehmender Frequenz) und schätzen den Bereich zu einem Ziel durch Schätzen der Flugzeit und schätzen die Geschwindigkeit eines Ziels durch Schätzen der Dopplerfrequenz, die der Frequenzverschiebung zwischen gesendeten Impulsen und resultierenden Reflexionen entspricht. Der maximale eindeutige Bereich, der durch Schätzen der Reichweitenmehrdeutigkeit aus der Intra-Impulsverarbeitung und Entfernen der Reichweitenmehrdeutigkeit durch Anwendung eines Tiefpassfilters (LPF) und eines Analog-Digital-Wandlers (ADC) erhalten wird, wird als Radar-Maximalbereich  $R_{max}$  betrachtet. Die Doppler-Mehrdeutigkeit kann nicht gefiltert werden, sondern wird im Allgemeinen durch Verwendung von MPRFs aufgelöst. Dies erfordert jedoch eine Variation der übertragenen Wellenform (z. B. Bandbreite, Steigung, Länge des Chirps) zwischen Impulsen in der gleichen Impulsfolge oder von einer Impulsfolge zur nächsten. Weiterhin geht der Impuls-Impuls-MPRF-Ansatz beispielsweise von einer Konstanz im Ziel zwischen Impulsfolgen aus, die in einem Fahrzeugkontext unpraktisch sein kann. Dementsprechend ist es wünschenswert, einen Ansatz zum Auflösen der Doppler-Mehrdeutigkeit im MIMO-Radar unter Verwendung digitaler MPRFs vorzusehen.

## KURZDARSTELLUNG

**[0003]** In einer exemplarischen Ausführungsform beinhaltet ein Verfahren zum Erfassen eines Ziels mit einem Radarsystem eines Fahrzeugs das Übertragen von zwei oder mehreren Chirps, die wiederum von zwei oder mehreren Übertragungselementen übertragen werden. Jedes Chirp ist eine frequenzmo-

dulierte Dauerstrichwellenform. Das Verfahren beinhaltet auch das Empfangen von Reflexionen, die durch jedes der zwei oder mehreren Chirps von jedem der zwei oder mehreren Übertragungselemente an zwei oder mehreren Empfangselementen erzeugt werden, und das Verarbeiten der Reflexionen basierend auf einer Doppler-Abtastfrequenz, die einer Periode jedes der zwei oder mehreren Chirps entspricht, um die Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug zu bestimmen.

**[0004]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen das Durchführen einer Bereichs-Fast-Fourier-Transformation (FFT), um eine Entfernung-Chirp-Karte als Matrix von FFT-Ergebnissen für jedes Entfernungs-Bin und jedes Chirp für jede Kombination der zwei oder mehreren Übertragungselemente und der zwei oder mehreren Empfangselemente zu erhalten.

**[0005]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen ferner das Durchführen einer Doppler-FFT auf den Entfernungs-Chirp-Karten, um eine Entfernungs-Doppler-Karte als Matrix von FFT-Ergebnissen für jeden Entfernungs-Bin und jeden Doppler-Bin für jede Kombination der zwei oder mehreren Übertragungselemente und der zwei von mehreren Empfangselementen zu erhalten.

**[0006]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen auch das Durchführen der Zielerkennung unter Verwendung der Entfernungs-Doppler-Karten.

**[0007]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen ferner das Vergleichen eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit einem Ergebnis der Durchführung eines zweiten Doppler-FFT auf den Entfernungs-Chirp-Karten, worin das Ausführen des zweiten Doppler-FFT das Erhalten von FFT-Ergebnissen für jeden Entfernungs-Bin und jeden Doppler-Bin, der allen zwei oder mehreren Übertragungselementen für jedes der zwei oder mehreren Empfangselemente zugeordnet ist, beinhaltet.

**[0008]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale wird der Vergleich verwendet, um Mehrdeutigkeiten in der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug aufzulösen.

**[0009]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen ferner das Vergleichen eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit dem Ergebnis der Durchführung von zwei zweiten Dopp-

ler-FFT-Prozessen auf den Entfernungs-Chirp-Karten, worin das Durchführen jedes der zweiten Doppler-FFT-Prozesse das Erhalten von FFT-Ergebnissen für jeden Entfernungs-Bin und jeden Doppler-Bin, der allen zwei oder mehreren Übertragungselementen für jedes der zwei oder mehreren Empfangselemente zugeordnet ist, beinhaltet.

**[0010]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale ist das Durchführen der zwei zweiten Doppler-FFT-Prozesse zwei verschiedenen Bereichen von Zielgeschwindigkeiten zugeordnet, und der Vergleich wird verwendet, um Mehrdeutigkeiten in der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug aufzulösen.

**[0011]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen ferner das Durchführen von zwei Strahlformungsverfahren zum Bestimmen der entsprechenden Einfallsrichtungen jedes Ziels, wobei jedes der beiden Strahlformungsverfahren einem anderen Bereich von Zielgeschwindigkeiten zugeordnet ist.

**[0012]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der Reflexionen ferner das Korrigieren der Einfallsrichtungen, um relative Phasenunterschiede zwischen den zwei oder mehreren Übertragungselementen zu beseitigen.

**[0013]** In einer weiteren exemplarischen Ausführungsform beinhaltet ein System zum Erfassen eines Ziels mit einem Radarsystem eines Fahrzeugs zwei oder mehrere Übertragungselemente, um wiederum zwei oder mehrere Chirps zu übertragen. Jedes Chirp ist eine frequenzmodulierte Dauerstrichwellenform. Das System beinhaltet auch zwei oder mehrere Empfangselemente zum Empfangen von Reflexionen, die durch jedes der zwei oder mehreren Chirps von jedem der zwei oder mehreren Übertragungselemente erzeugt werden, und einen Prozessor zum Verarbeiten der Reflexionen basierend auf einer Doppler-Abtastfrequenz, die einer Periode jedes der zwei oder mehreren Chirps entspricht, um die Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug zu bestimmen.

**[0014]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale verarbeitet der Prozessor eine Bereichs-Fast-Fourier-Transformation (FFT), um eine Entfernungs-Chirp-Karte als Matrix von FFT-Ergebnissen für jedes Entfernungs-Bin und jedes Chirp für jede Kombination der zwei oder mehreren Übertragungselemente und der zwei oder mehreren Empfangselemente zu erhalten.

**[0015]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale verarbeitet der Prozessor ei-

ne Doppler-FFT auf den Entfernungs-Chirp-Karten, um eine Entfernungs-Doppler-Karte als Matrix von FFT-Ergebnissen für jeden Entfernungs-Bin und jeden Doppler-Bin für jede Kombination der zwei oder mehreren Übertragungselemente und der zwei von mehreren Empfangselementen zu erhalten.

**[0016]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale verarbeitet der Prozessor die Zielerfassung unter Verwendung der Entfernungs-Doppler-Karten.

**[0017]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale erhält der Prozessor einen Vergleich eines Ergebnisses der Zielerfassung mit einem Ergebnis der Durchführung einer zweiten Doppler-FFT auf den Entfernungs-Chirp-Karten. Das Durchführen der zweiten Doppler-FFT beinhaltet das Erhalten von FFT-Ergebnissen für jeden Entfernungs-Bin und jeden Doppler-Bin, der allen zwei oder mehreren Übertragungselementen für jedes der zwei oder mehreren Empfangselemente zugeordnet ist.

**[0018]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale verwendet der Prozessor ein Ergebnis des Vergleichs, um Mehrdeutigkeiten in der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug aufzulösen.

**[0019]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale erhält der Prozessor einen Vergleich eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit Ergebnissen der Durchführung von zwei zweiten Doppler-FFT-Prozessen auf den Entfernungs-Chirp-Karten. Das Durchführen jedes der zweiten Doppler-FFT-Prozesse beinhaltet das Erhalten von FFT-Ergebnissen für jeden Entfernungs-Bin und jeden Doppler-Bin, der allen zwei oder mehreren Übertragungselementen für jedes der zwei oder mehreren Empfangselemente zugeordnet ist.

**[0020]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale ist das Durchführen der zwei zweiten Doppler-FFT-Prozesse zwei verschiedenen Bereichen von Zielgeschwindigkeiten zugeordnet. Der Prozessor verwendet ein Ergebnis des Vergleichs, um Mehrdeutigkeiten in der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels in Bezug auf das Fahrzeug aufzulösen.

**[0021]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale führt der Prozessor zwei Strahlformungsverfahren zum Bestimmen der entsprechenden Einfallsrichtungen jedes Ziels durch, wobei jedes der beiden Strahlformungsverfahren einem anderen Bereich von Zielgeschwindigkeiten zugeordnet ist.

**[0022]** Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale korrigiert der Prozessor die

Einfallsrichtungen, um relative Phasenunterschiede zwischen den zwei oder mehreren Übertragungselementen zu beseitigen.

**[0023]** Die vorstehend genannten Eigenschaften und Vorteile sowie anderen Eigenschaften und Funktionen der vorliegenden Offenbarung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen ohne Weiteres hervor.

#### Figurenliste

**[0024]** Andere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten erscheinen, nur exemplarisch, in der folgenden ausführlichen Beschreibung der Ausführungsformen, wobei sich die ausführliche Beschreibung auf die Zeichnungen bezieht, wobei gilt:

**Fig. 1** ist ein Blockdiagramm eines Radarsystems zum Auflösen von Doppler-Mehrdeutigkeiten unter Verwendung digitaler Mehrfach-Impulsfolgefrequenzen (MPRFs) gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen;

**Fig. 2** bildet einen Satz von exemplarisch übertragenen Chirps ab, die von einem Radarsystem übertragen werden, das die Doppler-Mehrdeutigkeit unter Verwendung digitaler MPRFs gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen auflöst;

**Fig. 3** ist ein Verfahrensablauf eines Verfahrens zum Auflösen einer Doppler-Mehrdeutigkeit unter Verwendung digitaler MPRFs gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen;

**Fig. 4** stellt Komponenten einer Entfernung-Chirp-Karte dar, die gemäß dem in **Fig. 3** dargestellten Prozess erhalten wurde;

**Fig. 5** stellt Komponenten einer Entfernung-Doppler-Karte gemäß exemplarischen Ausführungsformen dar;

**Fig. 6** veranschaulicht drei exemplarische Hypothesenkategorien gemäß einer exemplarischen Ausführungsform; und

**Fig. 7** ist ein Verfahrensablauf eines Verfahrens zum Auflösen einer Doppler-Mehrdeutigkeit unter Verwendung digitaler MPRFs gemäß alternierender einer oder mehrerer Ausführungsformen.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0025]** Die folgende Beschreibung ist lediglich exemplarischer Natur und nicht dazu gedacht, die vorliegende Offenbarung in ihren An- oder Verwendungen zu beschränken. Es sollte verstanden werden, dass in den Zeichnungen entsprechende Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Teile und Merkmale bezeichnen.

**[0026]** Wie bereits erwähnt, werden Sensoren wie Radarsysteme zur Erweiterung oder Automatisierung von Fahrzeugsystemen eingesetzt. Ein fahrzeugsbasiertes Radarsystem ist der Entfernungs- und Doppler-Mehrdeutigkeit zugeordnet. Die Doppler-Mehrdeutigkeit kann das Schätzen der Einfallsrichtung (DOA) des Ziels zum Fahrzeug beeinflussen. Dies liegt daran, dass die Doppler-Schätzung die Geschwindigkeit angibt, mit der die Phase korrigiert wird, die während der Zeitdifferenzen akkumuliert wird, die sich aus einem TDMA-Schema (Time Divisional Multiplexing Access) ergeben, das Orthogonalität in der Zeit erzeugt. Diese Korrektur geht der gemeinsamen Verarbeitung in der Phase über MIMO-Elemente voraus, um die DOA zu schätzen. Ein früherer Ansatz zum Auflösen der Doppler-Mehrdeutigkeit bei Puls-Doppler- und moduliertem Dauerstrichradar besteht darin, Chirps mit MPRFs zu übertragen. So erhöht beispielsweise das Reduzieren der Impulsfolgefrequenz die effektive Abtastfrequenz. Dieser Ansatz basiert jedoch auf der Variation der übertragenen Wellenform zwischen den Impulsfolgen und erfordert die Annahme, dass sich die Zielposition zwischen den aufeinanderfolgenden Impulsfolgen nicht wesentlich ändert. Diese Annahme hält im Fahrzeugszenario möglicherweise nicht stand, da die Herausforderung besteht, Ziele zwischen verschiedenen Einzelbildern zu verbinden, und setzt der Latenz der Radarerfassung Grenzen.

**[0027]** Ausführungsformen der hierin beschriebenen Systeme und Verfahren beziehen sich auf das Erstellen von MPRFs ohne Änderung der Wellenform. Das heißt, die MPRFs werden auf der Empfangsseite digital erzeugt und nicht durch Änderung der übertragenen Signale. Insbesondere wird eine Wellenform der linearen Wellenmodulation (CW-LFM) verwendet und die Doppler-Mehrdeutigkeit wird basierend auf der Signalverarbeitung der empfangenen Reflexionen und nicht durch Änderungen der übertragenen Wellenformen aufgelöst. Eine schnelle Doppler-Fourier-Transformation (FFT) wird für jedes Empfangselement über Übertragungselemente hinweg durchgeführt, anstatt auf der Basis von Übertragungselementen. Das heißt, eine Periode eines Chirps  $T_c$ , das Impulsfolgeintervall, ist auch die Periode einer Dopplerprobe  $T_{sD}$ . Da die Periode  $T_c$  von der Dauer zwischen den Impulsfolgen auf die Dauer jedes Impulses reduziert wird, wird die entsprechende Doppler-Abtastfrequenz  $f_{sD}$  erhöht (d. h. die Dopplerprobe  $T_{sD}$  wird verringert) und die Doppler-Mehrdeutigkeit wird um einen Faktor der Anzahl der Übertragungselemente reduziert. Letztendlich verbessert das Reduzieren der Doppler-Mehrdeutigkeit die DOA-Schätzung, da die maximal erfassbare Zielgeschwindigkeit  $v_{max}$  gegeben ist durch:

$$v_{max} = \pm \frac{c}{4f_0 T_{sD}} \quad [\text{GL. 1}]$$

In Gl. 1 ist  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und  $f_0$  die Trägerfrequenz des übertragenen Signals. Wie Gl. 1 anzeigt, erhöht sich  $v_{\max}$  mit zunehmendem  $T_{SD}$  (d. h. die Periode  $T_c$ ) verringert sich. Zielgeschwindigkeiten über  $v_{\max}$  werden so aliasiert, dass sie als Geisterziele mit einer anderen Geschwindigkeit als ihre tatsächliche Geschwindigkeit erscheinen. Dies wirkt sich auf die zugehörige DOA-Schätzung und damit auch auf die Standortschätzung aus.

[0028] Gemäß einer exemplarischen Ausführungsform ist Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Radarsystems 110 zum Auflösen von Doppler-Mehrdeutigkeiten mit digitalen MPRFs. Das in Fig. 1 dargestellte Fahrzeug 100 ist ein Kraftfahrzeug 101. Das Kraftfahrzeug 101 beinhaltet ein Radarsystem 110 zum Erfassen von Zielen 140, die andere Fahrzeuge 100 beinhalten, wie beispielsweise den in Fig. 1 als exemplarisches Ziel 140 dargestellten LKW. Das Radarsystem 110 kann mit anderen Sensoren 120 des Kraftfahrzeugs 101 in Verbindung stehen. Die anderen Sensoren 120 können eine oder mehrere Kameras, Lidar oder ein bekanntes Detektionssystem beinhalten. Das Radarsystem 110 kann auch mit einer Steuerung 130 eines oder mehrerer Fahrzeugsysteme kommunizieren (z. B. Kollisionsvermeidung, adaptive Geschwindigkeitsregelung). Die exemplarische Anordnung in Fig. 1 wird zu Erklärungszwecken erläutert, wobei sich das Radarsystem 110 jedoch an verschiedenen Stellen des Fahrzeugs 100 befinden kann. Darüber hinaus können Sensoren außerhalb des Fahrzeugs 100 Sensordaten an das Fahrzeug 100 übertragen oder anderweitig mit dem Fahrzeug 100 kommunizieren.

[0029] Das Verarbeiten der vom Radarsystem 110 empfangenen Reflexionen erfolgt innerhalb des Radarsystems 110 oder durch eine mit dem Radarsystem 110 gekoppelte Steuerung 130. In beiden Fällen erfolgt die Verarbeitung durch eine Verarbeitungsschaltung, die eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC - Application Specific Integrated Circuit), eine elektronische Schaltung, einen Prozessor (gemeinsam genutzt oder dediziert oder gruppengenutzt) und einen Speicher, die ein oder mehrere Software- oder Firmwareprogramme ausführen, eine kombinatorische Logikschaltung und/oder andere geeignete Komponenten, welche die beschriebene Funktionalität bereitstellen, umfassen kann.

[0030] In der exemplarischen Ausführungsform ist das Radarsystem 110 ein MIMO-System mit mehreren Übertragungselementen 113 und mehreren Empfangselementen 115. Die Übertragungselemente unterscheiden sich in der Phase durch Faktoren wie Sendeverstärkung, Musterelementdifferenzen und Geometrie. Das heißt, ein Ziel 140 unter einem gegebenen Winkel von der Mitte der Anordnung der Empfangselemente 115 erzeugt eine Reflexion, die in jedem Empfangselement 115 eine andere Pha-

se aufweist, sodass die Durchführung einer schnellen Impulsfolgefrequenz bei Rohsendedaten Fehler in der FFT-Ausgabe verursacht. So werden zwei Ausführungsformen zum Durchführen einer schnellen digitalen MPRF-Verarbeitung ausführlich dargestellt. Gemäß einer exemplarischen Ausführungsform wird ein partieller Verarbeitungsansatz verwendet. Gemäß einer weiteren Ausführungsform führt ein vollständiger Verarbeitungsansatz eine schnelle MPRF durch, nachdem er Phasen- und Amplitudenunterschiede zwischen Übertragungselementen korrigiert hat. Obwohl der vollständige Verarbeitungsansatz eine Möglichkeit zum Schätzen und Korrigieren der Phasenunterschiede beschreibt, können andere Ansätze, wie beispielsweise die Schätzung der maximalen Wahrscheinlichkeit, verwendet werden, um Phasenunterschiede zwischen Reflexionen aufgrund der verschiedenen Übertragungselemente 113 gemäß alternativen Ausführungsformen zu schätzen und danach zu korrigieren.

[0031] Fig. 2 bildet einen Satz von exemplarisch übertragenen Chirps TX1, TX2, TX3 ab, die von einem Radarsystem 110 übertragen werden, das die Doppler-Mehrdeutigkeit unter Verwendung digitaler MPRFs gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen auflöst. Das exemplarische Radarsystem 110 beinhaltet drei Übertragungselemente 113, die jeweils die Chirps TX1, TX2, TX3 übertragen. Die Periode einer Dopplerprobe  $T_{SD}$  ist identisch mit jeder Chirp-Periode  $T_c$  und nicht mit der Periode des Chirpsatzes ( $3 \cdot T_c$ ). Wie bereits erwähnt, führt diese Abnahme der Periode einer Dopplerprobe  $T_{SD}$  zu einer Erhöhung der entsprechenden Doppler-Abtastfrequenz  $f_{SD}$  und einer Verringerung der Doppler-Mehrdeutigkeit um den Faktor drei, der Anzahl der Übertragungselemente im exemplarischen Fall.

[0032] Fig. 3 ist ein Verfahrensablauf eines Verfahrens zum Auflösen einer Doppler-Mehrdeutigkeit unter Verwendung digitaler MPRFs gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen. Bei Block 310 beinhaltet das Erhalten von Reflexionen das Erhalten der an jedem Empfangselement empfangenen Reflexion basierend auf einer Übertragung von jedem Übertragungselement. Bei Block 320 erfolgt das Durchführen einer Entfernung-FFT auf einer Pro-Chirp-Basis. Die Entfernung-FFT stellt einen Hinweis der Energieverteilung über Entfernungen bereit, die vom Radar an jedem Empfangselement 115 erfasst werden kann, basierend auf der Übertragung durch jedes der Übertragungselemente 113. Das Ergebnis der Entfernung-FFT ist eine Entfernung-Chirp-Karte 410 (Fig. 4) für die Kombination jedes Empfangselements 115 mit jedem Übertragungselement 113, wobei jedes Element jeder Entfernung-Chirp-Karte 410 einem Entfernungs-Bin und einem Chirp-Index, genannt Slow Time, zugeordnet ist.

**[0033]** Fig. 4 stellt Komponenten einer Entfernung-Chirp-Karte **410** dar, die gemäß dem Prozess bei Block **320** erhalten wurde. Die Ausgabe von Block **320** ist eine Entfernung-Chirp-Karte **410** pro Kombination aus Empfangselement **115** und Übertragungselement **113**. Das heißt, für jedes Empfangselement **115** und jedes Übertragungselement **113** wird der aus der FFT resultierende Energiepegel für jeden Entfernung-Bin angezeigt, der aus jedem Chirp resultiert. In Fig. 4 zeigt die Achse **420** den Entfernung-Bin, die Achse **430** den Chirp-Index an und die Achse **440** zeigt den Energiepegel an. Der Streifen **450** zeigt die Entfernung-FFT-Werte für einen bestimmten Entfernung-Bin und alle Chirp-Indizes an. Es existieren so viele Entfernung-Chirp-Karten **410**, wie Kombinationen von Empfangselementen **115** und Übertragungselementen **113**.

**[0034]** Bei Block **330** beinhaltet das Durchführen der ersten Doppler-FFT das Durchführen einer sogenannten langsamen Doppler-FFT. Insbesondere wird eine FFT über die jedem Übertragungselement **113** pro Entfernung-Bin (z.B. ein Abschnitt des Streifens **450**) zugeordneten Chirp-Indizes durchgeführt, um die Geschwindigkeit pro Bereich in einer Entfernung-Doppler-Karte **510** zu erhalten (Fig. 5). Fig. 5 stellt Komponenten einer Entfernung-Doppler-Karte **510** dar. Somit sind für jedes Empfangselement **115** so viele Entfernung-Doppler-Karten **510** vorhanden, wie es Übertragungselemente **113** gibt. Wie in Fig. 5 angegeben, zeigt jede Entfernung-Doppler-Karte **510** einen Entfernung-Bin entlang der Achse **420**, einen Doppler, welcher der Relativgeschwindigkeit des Ziels **140** entspricht, entlang der Achse **520** und einen Energiepegel entlang der Achse **530**, wenn ein Absolutwert der FFT-Ausgabe genommen wird.

**[0035]** Bei Block **340** bezieht sich das Durchführen der Erfassung auf eine Reihe von Prozessen, um ein oder mehrere Ziele **140** zu identifizieren. Jede der Entfernung-Doppler-Karten **510**, die einer Kombination aus einem Empfangselement **115** und einem Übertragungselement **113** zugeordnet sind, wird so summiert, dass eine einzelne Entfernung-Doppler-Karte **510** für alle Kombinationen von Empfangselementen **115** und Übertragungselementen **113** erhalten wird. Auf die einzelne Entfernung-Doppler-Karte **510** wird ein Schwellenwert angewendet, um die Kombinationen von Entfernung-Bin und Doppler zu bestimmen, die den Energieniveaus zugeordnet sind, die den Schwellenwert überschreiten. Diese Kombinationen geben die Entfernung und die Relativgeschwindigkeit der erfassten Ziele **140** an. Bei Block **350** bezieht sich das Durchführen der Dopplerkorrektur auf einen bekannten Prozess zum Entfernen der Phasenansammlung aufgrund der Zielbewegung. Das heißt, aufgrund der unterschiedlichen Zeiten, zu denen jedes der Übertragungselemente **113** in einem TDMA-Schema sendet, führt die Zielbewegung in der Zeitverzögerung zwischen den Übertragungen durch

die verschiedenen Übertragungselemente **113** zu einer Akkumulation in der Phase.

**[0036]** Das Durchführen der Dopplerkorrektur bei Block **350** bezieht sich auf das Entfernen dieser Komponente der Phasendifferenz in empfangenen Reflexionen, die sich aus jedem der Übertragungselemente **113** ergibt. Die Phase zwischen den verschiedenen Übertragungselementen **113** wird durch die Zeit, die zwischen den Übertragungen verstreicht, akkumuliert. Diese Phasendifferenz wird aus dem komplexen Vektor entfernt, der jeder Erfassung entspricht, indem mit einem Vektor multipliziert wird, der das Konjugat der akkumulierten Phasen enthält. Infolge der Verarbeitung bei Block **350** sind Phasendifferenzen zwischen den Reflexionen, die sich aus Übertragungen durch jedes der Übertragungselemente **113** ergeben, nur auf die Winkeldifferenz von jedem der Übertragungselemente **113** zu einem bestimmten Ziel **140** zurückzuführen. Das aus der Dopplerkorrektur resultierende Signal kann ausgedrückt werden als:

$$r(t) = \cos(2\pi f_0 \tau_0 - 2\pi f_d K T + 2\pi(f_\omega - f_d) t_k) \quad [\text{GL. 2}]$$

**[0037]** In GL. 2 ist  $\tau_0$  die Verzögerung zum Ziel, und  $2\pi f_0 \tau_0$  ist der konstante Phasenterm. Darüber hinaus ist  $f_d$  der Dopplerfrequenz-Versatz,  $K$  ist der Chirp-Index und  $T$  ist das Impulsintervall (d. h.  $T_c$  gemäß den Ausführungsformen). Das dritte Phasenelement in GL. 2 repräsentiert das Ergebnis des Entferns der Phasendifferenz zwischen den verschiedenen Übertragungselementen **113**, wobei  $f_\omega$  die Frequenzdifferenz zwischen dem gesendeten und dem empfangenen Signal darstellt, die proportional zur Entfernung zum Ziel ist. Schließlich ist  $t_k$  der Differentialzeitversatz bezogen auf die Startzeit des  $k$ -ten Chirps.

**[0038]** Das Durchführen der digitalen Strahlformung bei Block **360** bezieht sich auf das Durchführen eines bekannten Prozesses zum Schätzen des Winkels zum Ziel **140** aus der Mitte der Anordnung der Übertragungselemente **113**. Dies wird auch als DOA bezeichnet. Das Verfahren bezieht das Erhalten eines Vektors komplexer Skalare mit ein, indem der Vektor der empfangenen Signale mit einer Matrix von Radar-Array-Reaktionen multipliziert wird, die an jedem Empfangselement **115** für jede Übertragung des Übertragungselements **113**, für jeden interessierenden Einfallswinkel einer Zielreflexion empfangen werden. Ein Absolutwert des Vektors wird genommen und ein Maximum pro erkanntem Ziel **140** ausgewählt. Der dem Maximum entsprechende Winkel stellt die Azimut- und Elevationswinkel zu einem gegebenen erfassten Ziel **140** dar.

**[0039]** Entlang des anderen in Fig. 3 dargestellten Zweigs beinhalten die Prozesse das Durchführen einer zweiten Doppler-FFT bei Block **370**. Die zweite

Doppler-FFT wird auch als schnelle Doppler-FFT bezeichnet. Insbesondere wird eine FFT über die Chirp-Indizes durchgeführt, die allen Übertragungselementen **113** pro Entfernungs-Bin (z.B. einem vollständigen Streifen **450**) zugeordnet sind, um die Geschwindigkeit pro Bereich in einer Entfernungs-Doppler-Karte **510** zu erhalten. Somit ist für jedes Empfangselement **115** nur eine Entfernungs-Doppler-Karte **510** vorhanden. Dies steht im Gegensatz zum Ergebnis der langsamen FFT (bei Block **330**), die eine Entfernungs-Doppler-Karte **510** für jedes Empfangselement **115** und jedes Übertragungselement **113** ist. Das Erhalten einer Summe bei Block **380** bezieht sich auf das Summieren der Entfernungs-Doppler-Karten **510** für alle Empfangselemente **115**.

**[0040]** Wie **Fig. 3** angibt, wird die durch die Summierung bei Block **380** erhaltene einzelne Entfernungs-Doppler-Karte **510** der Verarbeitung bei Block **390** bereitgestellt. Wie auch in **Fig. 3** angegeben, wird die als Schwellenwert angewandte einzelne Entfernungs-Doppler-Karte **510** für alle Empfangselemente **115**, die im Rahmen der Verarbeitung bei Block **340** erhalten wurden, zusätzlich zur Verarbeitung bei Block **390** bereitgestellt. Bei Block **390** bezieht sich das Vergleichen und Auswählen zwischen Hypothesen auf das Bestimmen des eindeutigen Dopplers (Relativgeschwindigkeit) jedes Ziels **140**, das bei Block **340** erfasst wurde. Die Hypothesen werden unter Bezugnahme auf **Fig. 6** erläutert.

**[0041]** **Fig. 6** veranschaulicht drei exemplarische Hypothesenkategorien  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_{-1}$  gemäß einer exemplarischen Ausführungsform. Die Hypothesenkategorien  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_{-1}$  beziehen sich auf die drei Bereiche der in **Fig. 6** dargestellten Relativgeschwindigkeitswerte. Die Doppler-Spreizung (Satz von Relativgeschwindigkeitswerten) der aus Block **380** erhaltenen Entfernungs-Doppler-Karte **510** ist breiter als die Doppler-Spreizung der aus Block **340** erhaltenen Entfernungs-Doppler-Karte **510**. Dies liegt daran, dass der zweite Doppler-FFT-Prozess bei Block **370** alle Chirps berücksichtigt, die von allen Übertragungselementen **113** in einer einzelnen Entfernungs-Doppler-Karte **510** für jedes Empfangselement **115** übertragen werden. Infolgedessen werden die Energieniveaus in allen drei Hypothesekategorien  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_{-1}$  in der Entfernungs-Doppler-Karte **510** aus Block **380** angezeigt, während die Energieniveaus nur in der Hypothesekategorie  $H_0$  in der Entfernungs-Doppler-Karte **510** aus Block **340** angezeigt werden.

**[0042]** Da die Eingabe von Block **340** die Energieniveaus angibt, die den Erfassungsschwellenwert überschreiten, zeigt die aus Block **340** erhaltene Entfernungs-Doppler-Karte **510** die Entfernung und Relativgeschwindigkeit (in der Hypothesekategorie  $H_0$ ) aller erfassten Ziele **140** an. Diese Entfernungs- und Relativgeschwindigkeitskombinationen, die mit den Zielen **140** zugeordnet sind, werden in der Entfer-

nungs-Doppler-Karte **510** untersucht, die aus Block **380** erhalten wurde. Wenn die Relativgeschwindigkeit des Ziels **140**, die durch die aus Block **380** erhaltene Entfernungs-Doppler-Karte **510** angezeigt wird, auch in der Hypothesenkategorie  $H_0$  liegt, dann wird die nach der Verarbeitung bei Block **340** bestimmte Relativgeschwindigkeit als eindeutige Relativgeschwindigkeit des Ziels **140** bestimmt. Wenn hingegen die Relativgeschwindigkeit, die durch die von Block **380** (für das gleiche Ziel **140**) erhaltene Entfernungs-Doppler-Karte **510** angegeben wird, in einer der anderen Hypothesekategorien  $H_1$ ,  $H_{-1}$  liegt, dann wird die von der von Block **340** erhaltenen Entfernungs-Doppler-Karte **510** angegebene Relativgeschwindigkeit als nicht eindeutig bestimmt, und die Relativgeschwindigkeit wird stattdessen basierend auf der von Block **380** erhaltenen Entfernungs-Doppler-Karte **510** bestimmt. Der komplette Satz von Ausgaben, die letztendlich aus den in **Fig. 3** dargestellten Prozessen erhalten werden, sind Entfernung, Doppler, Azimut, Höhe und Amplitude für jedes erfasste Ziel **140**.

**[0043]** **Fig. 7** ist ein Verfahrensablauf eines Verfahrens zum Auflösen einer Doppler-Mehrdeutigkeit unter Verwendung digitaler MPRFs gemäß alternierender einer oder mehrerer Ausführungsformen. Gemäß der in **Fig. 7** dargestellten Ausführungsform wird für jede der drei Hypothesenkategorien  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_{-1}$  jeweils ein zweiter Doppler-FFT-Prozess (bei Block **370**) wie beschrieben durchgeführt. Die bereits unter Bezugnahme auf **Fig. 3** erläuterten Prozesse werden nicht weiter erläutert. Wie **Fig. 7** angibt, ist der äußerste rechte Zweig der Prozesse, einschließlich der Prozesse in den Blöcken **310** bis **360**, derselbe wie der äußerste linke Zweig der in **Fig. 3** dargestellten Prozesse. Der DOA, der durch das Durchführen von Strahlformung bei Block **360** erhalten wird, ist der Hypothesenkategorie  $H_0$  zugeordnet. Nachdem der DOA durch Strahlformung bestimmt wurde, wird bei Block **360** ein neuer Prozess zur Korrektur des DOA bei Block **710** durchgeführt. Dieser Prozess der DOA-Korrektur bei Block **710** wird auch in den beiden anderen Zweigen erreicht. In den beiden anderen in **Fig. 7** dargestellten Zweigen wird das Ergebnis der Durchführung der ersten Doppler-FFT bei Block **330** als Eingabe zur Durchführung der Dopplerkorrektur bei Block **350** verwendet.

**[0044]** Wie bereits erwähnt, führt das Durchführen der ersten Doppler-FFT bei Block **330** zu einer Matrix, welche die Geschwindigkeit pro Bereich in jeder Entfernungs-Doppler-Karte **510** anzeigt, die der Kombination aus Übertragungselement **113** und Empfangselement **115** zugeordnet ist. Das Durchführen der Dopplerkorrektur bei Block **350** beinhaltet das Entfernen der Komponente der Phasendifferenz in empfangenen Reflexionen, die sich aus jedem der Übertragungselemente **113** ergibt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform nimmt die Dopplerkorrektur an je-

dem der drei Zweige eine Zielgeschwindigkeit innerhalb einer anderen der Hypothese-kategorien  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_{-1}$  an. Das heißt, die mittleren und linken Äste sind jeweils den Hypothesenkategorien  $H_1$  und  $H_{-1}$  zugeordnet.

**[0045]** Das Durchführen von Strahlformung, bei Block **360**, bezieht sich auf den Prozess des Erhaltens der DOA, wie zuvor erläutert. Die für jeden der drei Zweige geschätzte DOA basiert auf einer anderen Hypothese für die Zielgeschwindigkeit. Somit ist die DOA, die an jedem der drei Zweige erhalten wird, unterschiedlich. Die Korrektur des DOA bei Block **710** bezieht sich auf das Entfernen der Phasendifferenz zwischen den Übertragungselementen **113** aufgrund der Geometrie. Insbesondere wird ein Vektor der relativen Phasen basierend auf dem DOA berechnet und die Entfernungs-FFT-Ausgabe (bei Block **320**) wird mit dem Inversen der relativen Phasen über die Übertragungselemente **113** multipliziert. Bei Block **370** ist das Durchführen der zweiten Doppler-FFT ähnlich dem Prozess, der mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform basiert die für jedes Empfangselement **115** am linken und mittleren Zweig erzeugte Entfernungs-Doppler-Karte **510** jedoch auf der Durchführung einer FFT, die den Geschwindigkeiten in den Hypothese-kategorien  $H_1$  und  $H_{-1}$  zugeordnet ist, und die zweite Doppler-FFT, die bei Block **370** im rechten Zweig durchgeführt wurde, ist der Hypothese-kategorie  $H_0$  zugeordnet.

**[0046]** Bei Block **720** bezieht sich die Summierung über die Empfangselemente **115** auf die Summierung der Entfernungs-Doppler-Karten **510**, die für jedes der Empfangselemente **115** an jedem der drei Zweige erhalten wurden. Bei Block **730** bezieht sich das Vergleichen und Auswählen einer Hypothese auf das Vergleichen des Ergebnisses der Durchführung der Erfassung bei Block **340** mit dem Ergebnis der Summierung bei Block **720**, um zu bestimmen, welche Geschwindigkeit und die entsprechende Hypothesenkategorie  $H_0$ ,  $H_1$  oder  $H_{-1}$  am ehesten mit der Erfassung übereinstimmt. Der Prozess bei Block **730** kann für jedes erfasste Ziel **140**, bei Block **340**, wiederholt werden, wenn mehr als ein Ziel **140** erfasst wird. Wie bereits in Bezug auf Block **390** erläutert, bestimmt das Vergleichen und Auswählen bei Block **730** den eindeutigen Doppler oder die Relativgeschwindigkeit jedes erfassten Ziels **140**.

**[0047]** Während die vorstehende Offenbarung mit Bezug auf exemplarische Ausführungsformen beschrieben wurde, werden Fachleute verstehen, dass unterschiedliche Änderungen vorgenommen und die einzelnen Teile durch entsprechende andere Teile ausgetauscht werden können, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen. Darüber hinaus können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Materialsituation an die Lehren der

Offenbarung anzupassen, ohne von deren wesentlichem Umfang abzuweichen. Daher ist vorgesehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten speziellen Ausführungsformen eingeschränkt sein soll, sondern dass sie auch alle Ausführungsformen beinhaltet, die innerhalb des Umfangs der Anmeldung fallen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen eines Ziels mit einem Radarsystem eines Fahrzeugs, das Verfahren umfassend:

Übertragen von zwei oder mehr Chirps aus zwei oder mehr Übertragungselementen, wobei jeder Chirp eine kontinuierliche Wave Liner frequenzmodulierte Wellenform hat;

Empfangen von Reflexionen von jedem der zwei oder mehr Chirps von jedem der zwei oder mehr Übertragungselementen an zwei oder mehr Empfangselementen; und

Verarbeiten der Reflexionen, basierend auf einer Doppler-Abtastfrequenz, die einer Periode jedes der zwei oder mehr Chirps entspricht, um die Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels im Verhältnis zum Fahrzeug zu bestimmen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Verarbeitung der Reflexionen das Durchführen einer schnellen Fourier Transformation (FFT) beinhaltet, um eine Range-Chirp-Karte als Matrix der FFT-Ergebnisse für jeden Range Bin und jeden Chirp für jede Kombination von zwei oder mehr Übertragungselementen und die zwei oder mehr Empfangselemente zu erlangen, die Verarbeitung der Reflexionen beinhaltet ferner das Durchführen eines Doppler-FFT auf den Range-Chirp-Karten, um eine Range-Doppler-Karte als Matrix FFT-Ergebnisse für jeden Range Bin und jeden Doppler Bin für jede Kombination von zwei oder mehr Übertragungselementen und den zwei oder mehr Empfangselementen zu erlangen und Durchführen einer Zielerfassung unter Verwendung der Range-Doppler-Karten.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Verarbeitung der Reflexionen ferner das Vergleichen eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit einem Ergebnis des Durchführens eines zweiten Doppler-FFT auf den Range-Chirp-Karten beinhaltet, das Ausführen der zweiten Doppler-FFT beinhaltet das Erlangen von FFT-Ergebnissen für jeden Range Bin und jeden Doppler Bin, die mit allen der zwei oder mehr Übertragungselemente für jede der zwei oder mehr Empfangselemente verbunden sind, und das Vergleichen wird eingesetzt, um eine Uneindeutigkeit bei der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels im Verhältnis zum Fahrzeug zu lösen.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Verarbeitung der Reflexionen ferner das Vergleichen eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit

den Ergebnissen des Durchführens von zwei zweiten Doppler-FFT-Prozessen auf den Range-Chirp-Karten beinhaltet, das Ausführen jedes der zweiten Doppler-FFT-Prozesse beinhaltet das Erlangen von FFT-Ergebnissen für jeden Range Bin und jeden Doppler Bin, die mit allen der zwei oder mehr Übertragungselementen für jedes der zwei oder mehr Empfangselemente verbunden sind, und das Vergleichen der zwei zweiten Doppler-FFT-Prozesse ist mit zwei verschiedenen Bereichen von Zielgeschwindigkeiten verbunden und das Vergleichen wird eingesetzt, um eine Uneindeutigkeit bei der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels im Verhältnis zum Fahrzeug zu lösen.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Verarbeitung der Reflexionen ferner das Durchführen von zwei Strahlformungs-Prozessen beinhaltet, um entsprechende Einfallsrichtungen jedes Ziel zu bestimmen, jeder der beiden Strahlformungs-Prozesse ist mit unterschiedlichen Zielbereichs-Geschwindigkeiten verbunden und das Verarbeiten der Reflexionen beinhaltet ferner das Korrigieren der Einfallsrichtungen, um die relativen Phasendifferenzen zwischen den zwei oder mehr Übertragungselementen zu beseitigen.

6. System zum Erfassen eines Ziels mit einem Radarsystem eines Fahrzeugs, das Verfahren umfassend:

Zwei oder mehr Übertragungselemente, die konfiguriert sind, zwei oder mehr Chirps zu übertragen, wobei jeder Chirp eine kontinuierliche Wave Liner frequenzmodulierte Wellenform hat;

zwei oder mehr Empfangselemente, die konfiguriert sind, die Reflexionen zu empfangen, die von jedem der zwei oder mehr Chirps aus jedem der zwei oder mehr Übertragungselemente erzeugt werden: und einen Prozessor, der konfiguriert ist, die Reflexionen, basierend auf einer Doppler-Abtastfrequenz, die einer Periode jedes der zwei oder mehr Chirps entspricht, zu verarbeiten, um die Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels im Verhältnis zum Fahrzeug zu bestimmen.

7. System nach Anspruch 6, wobei der Prozessor ferner konfiguriert ist, eine Range Fast Fourier Transformation (FFT) auszuführen, um eine Range-Chirp-Karte als Matrix der FFT-Ergebnisse für jeden Range Bin und jeden Chirp für jede Kombination von zwei oder mehr Übertragungselementen und den zwei oder mehr Empfangselementen zu erlangen, um eine Doppler-FFT auf den Range-Chirp-Karten auszuführen, um eine Range-Doppler-Karte als Matrix FFT-Ergebnisse für jeden Range Bin und jeden Doppler Bin für jede Kombination von zwei oder mehr Übertragungselementen und den zwei oder mehr Empfangselementen zu erlangen und Durchführen einer Zielerfassung unter Verwendung der Range-Doppler-Karten.

8. System nach Anspruch 7, wobei der Prozessor ferner konfiguriert ist, einen Vergleich eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit einem Ergebnis des Durchführens eines zweiten Doppler-FFT auf den Range-Chirp-Karten zu erlangen, das Ausführen der zweiten Doppler-FFT beinhaltet das Erlangen von FFT-Ergebnissen für jeden Range Bin und jeden Doppler Bin, die mit allen der zwei oder mehr Übertragungselementen für jede der zwei oder mehr Empfangselemente verbunden sind, und das Ergebnis des Vergleiches zu nutzen, um eine Uneindeutigkeit bei der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels im Verhältnis zum Fahrzeug zu lösen.

9. System nach Anspruch 7, wobei der Prozessor ferner konfiguriert ist, einen Vergleich eines Ergebnisses der Durchführung der Zielerfassung mit den Ergebnissen des Durchführens von zwei zweiten Doppler-FFT-Prozessen auf den Range-Chirp-Karten zu erlangen, das Ausführen jedes der zweiten Doppler-FFT-Prozesse beinhaltet das Erlangen von FFT-Ergebnissen für jeden Range Bin und jeden Doppler Bin, die mit allen der zwei oder mehr Übertragungselementen für jedes der zwei oder mehr Empfangselemente verbunden sind, und das Vergleichen der zwei zweiten Doppler-FFT-Prozesse ist mit zwei verschiedenen Bereichen von Zielgeschwindigkeiten verbunden und der Prozessor ist ferner konfiguriert, ein Ergebnis des Vergleiches zu nutzen, um eine Uneindeutigkeit bei der Geschwindigkeit jedes erfassten Ziels im Verhältnis zum Fahrzeug zu lösen.

10. System nach Anspruch 7, wobei der Prozessor ferner konfiguriert ist, zwei Strahlformungs-Prozesse durchzuführen, um entsprechende Einfallsrichtungen jedes Ziel zu bestimmen, jeder der beiden Strahlformungs-Prozesse ist mit unterschiedlichen Zielbereichs-Geschwindigkeiten verbunden, und um die Einfallsrichtungen zu korrigieren und die relativen Phasendifferenzen zwischen den zwei oder mehr Übertragungselementen zu beseitigen.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

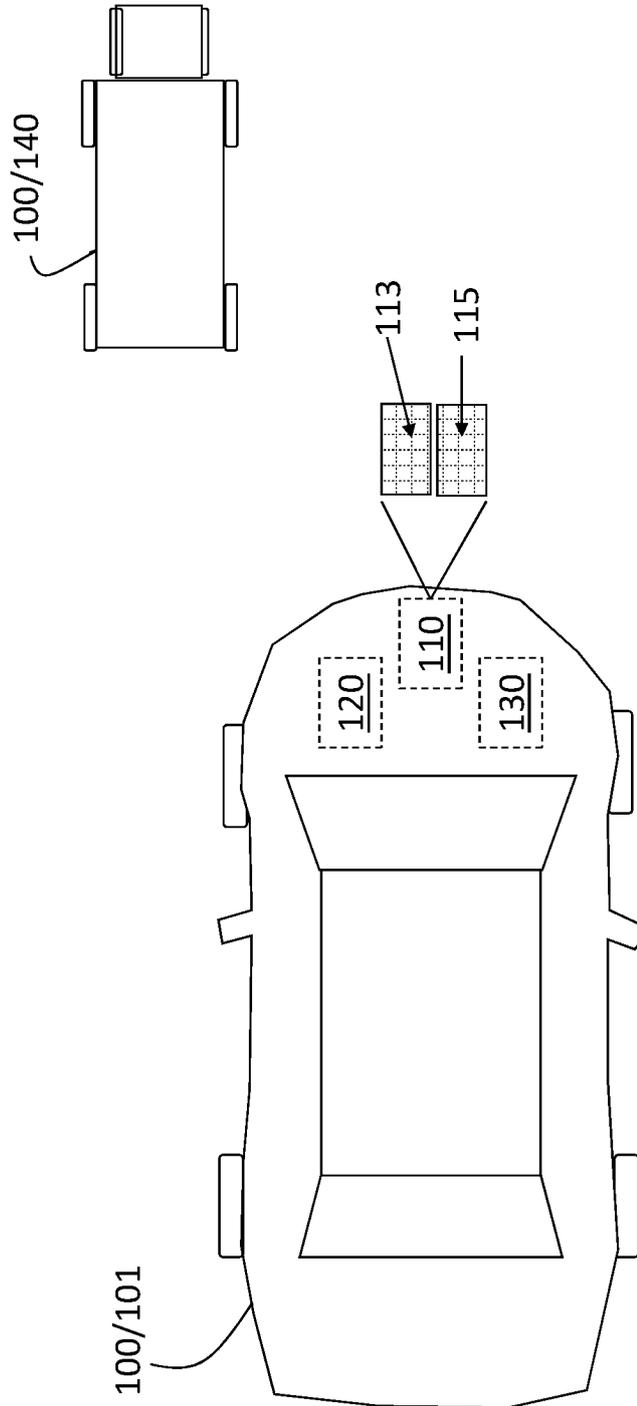


FIG. 1

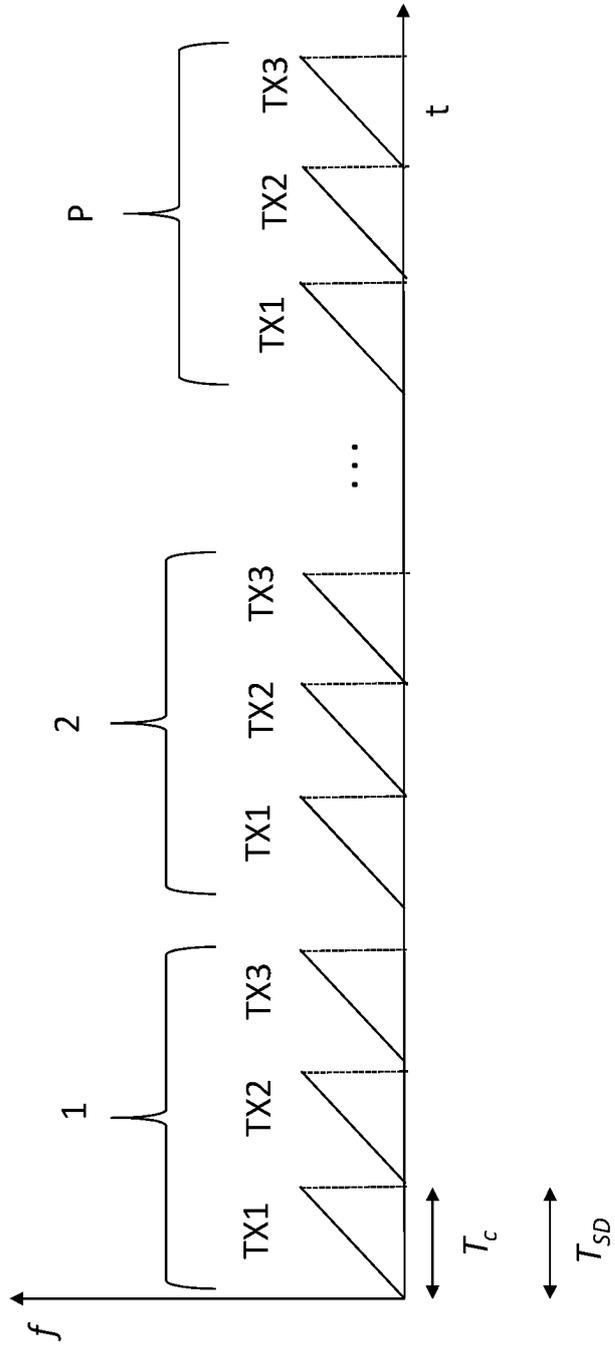


FIG. 2

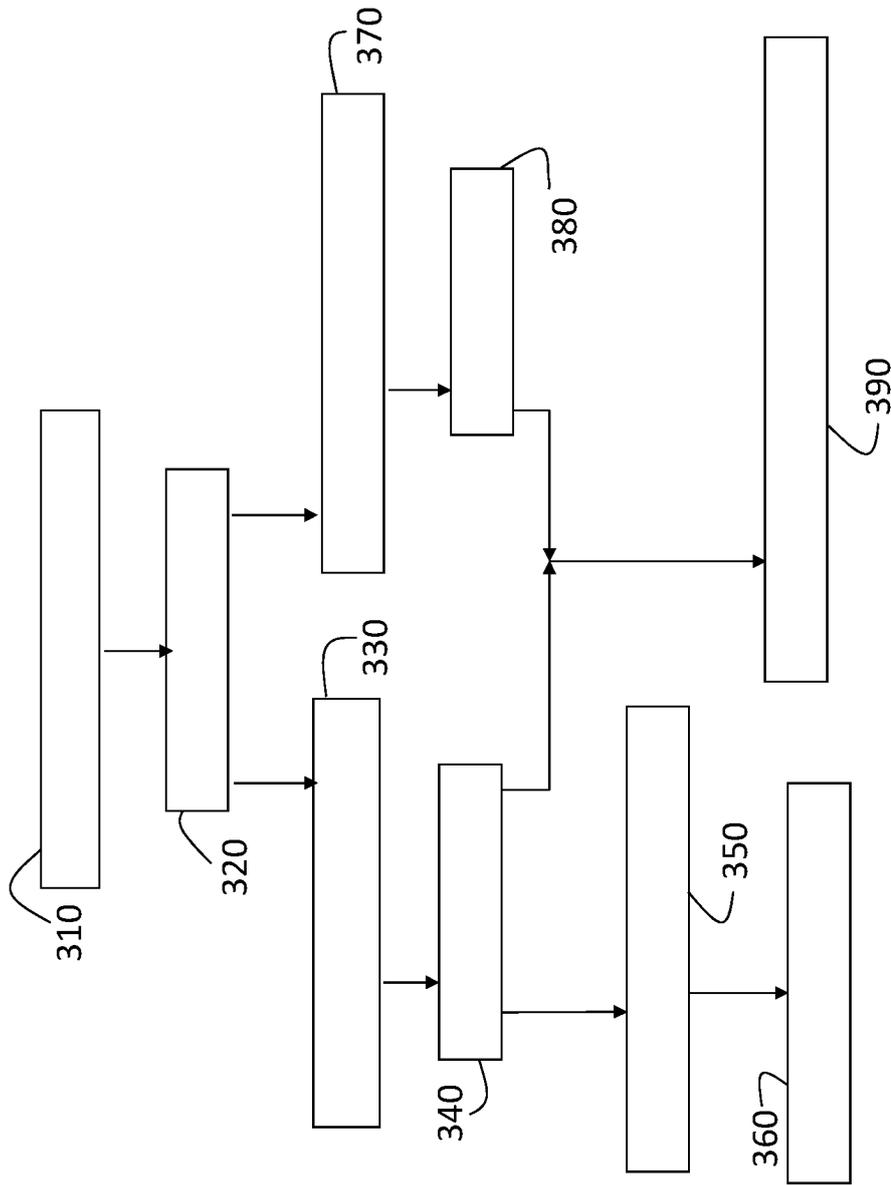


FIG. 3

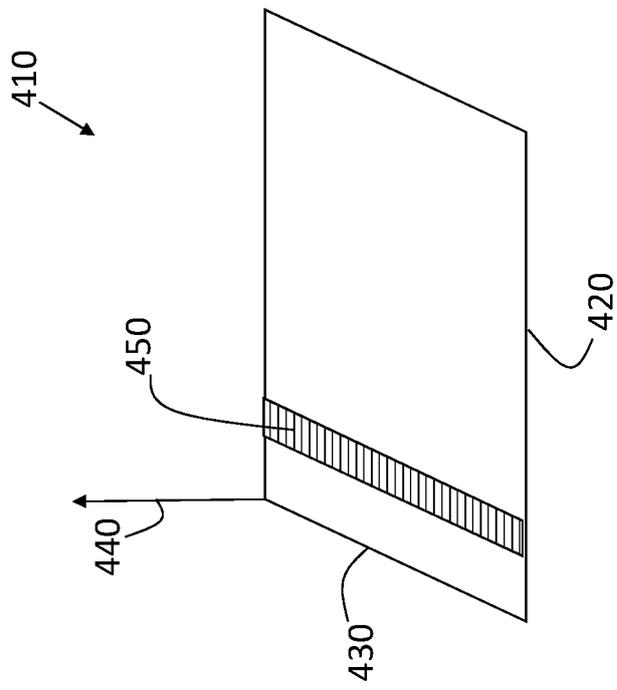


FIG. 4

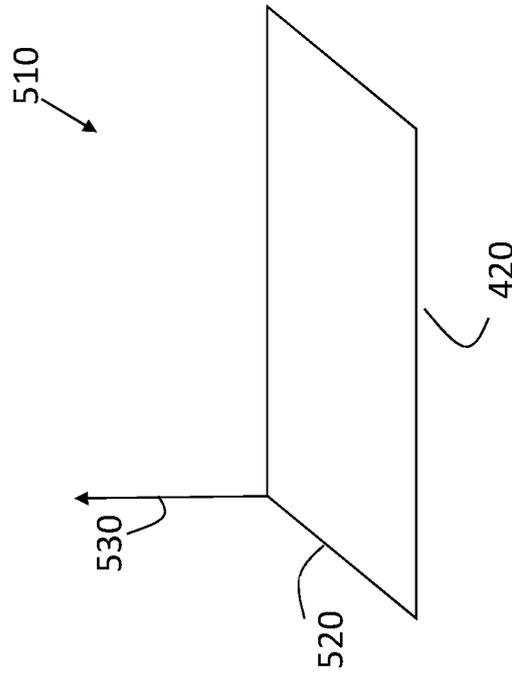


FIG. 5

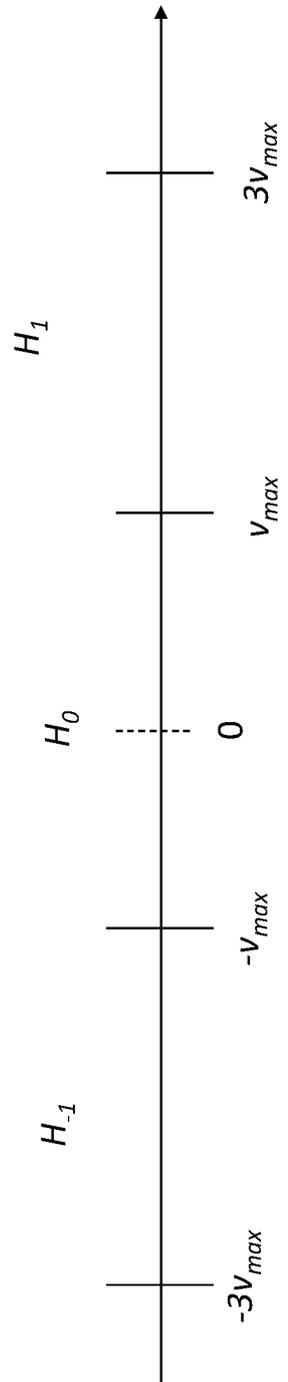


FIG. 6

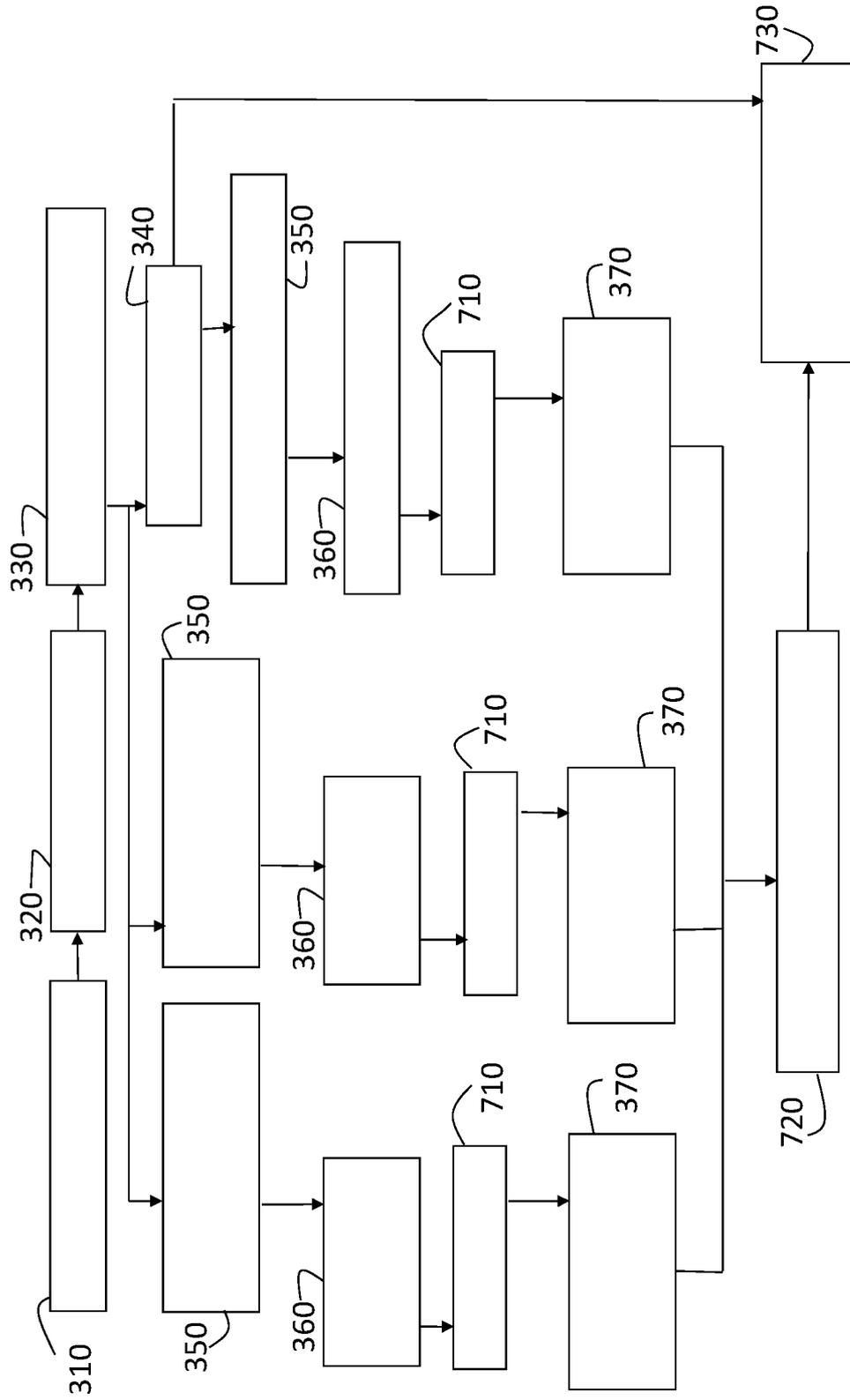


FIG. 7