

Beschreibung

Verfahren zur Nivellierung wenigstens eines Empfangssignals einer Detektionsvorrichtung eines Fahrzeugs zur Erfassung von Objekten, Detektionsvorrichtung und Fahrerassistenzsystem

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nivellierung wenigstens eines Empfangssignals einer Detektionsvorrichtung eines Fahrzeugs zur Erfassung von Objekten, bei dem elektromagnetische Sendewellen in einen Überwachungsbereich der Detektionsvorrichtung gesendet werden und an einem etwaigen Objekt reflektierte Sendewellen als elektromagnetische Empfangswellen im Normalbetrieb durch wenigstens ein Verkleidungsteil des Fahrzeugs hindurch mit wenigstens einem Sensor empfangen und in wenigstens ein elektrisch verarbeitbares Empfangssignal umgewandelt werden.

Ferner betrifft die Erfindung eine Detektionsvorrichtung für ein Fahrzeug zur Erfassung von Objekten, mit wenigstens einem Sensor zum Empfangen von mit der Detektionsvorrichtung ausgesendeten und an einem etwaigen Objekt reflektierten elektromagnetischen Sendewellen als elektromagnetische Empfangswellen und zur Umwandlung der Empfangswellen in wenigstens ein elektronisch verarbeitbares Empfangssignal, wobei die Detektionsvorrichtung wenigstens eine elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung aufweist oder damit verbunden ist, mit welcher das wenigstens eine Empfangssignal verarbeitet werden kann und wobei wenigstens ein Sensor hinter wenigstens einem Verkleidungsteil des Fahrzeugs angeordnet ist oder werden kann.

Außerdem betrifft die Erfindung ein Fahrerassistenzsystem für ein Fahrzeug, mit wenigstens einer Detektionsvorrichtung zur Erfassung von Objekten und wenigstens einer elektronischen Steuereinrichtung, welche einerseits mit der wenigstens einen Detektionsvorrichtung und andererseits mit wenigstens einer Funktionseinrichtung des Fahrzeugs steuer- und/oder regeltechnisch verbunden ist oder werden kann, wobei wenigstens eine Detektionsvorrichtung wenigstens einen Sensor zum Empfangen von mit der Detektionsvorrichtung ausgesendeten und an einem etwaigen Objekt reflektierten elektromagnetischen Sendewellen als elektromagnetische Empfangswellen und zur Umwandlung der Empfangswellen in wenigstens ein elektronisch verarbeitbares Empfangssignal aufweist, wobei die wenigstens eine Detektionsvorrichtung wenigstens eine elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung aufweist oder damit verbunden ist,

mit welcher das wenigstens eine Empfangssignal verarbeitet werden kann, und wobei wenigstens ein Sensor hinter einem Verkleidungsteil des Fahrzeugs angeordnet ist oder werden kann.

Stand der Technik

Aus der DE 10 2012 017 669 A1 ist eine Anordnung für ein Kraftfahrzeug bekannt, mit einem Verkleidungsteil, insbesondere einem Stoßfänger, und mit einem Radarsensor, welche dazu ausgebildet ist, zur Detektion von Zielobjekten elektromagnetische Wellen durch das Verkleidungsteil hindurch auszusenden und Strahlenechos von den Zielobjekten zu empfangen. Der Radarsensor weist einen azimutalen Erfassungswinkel auf, durch welchen ein Sichtfeld des Radarsensors in Azimutrichtung definiert ist. Der Radarsensor ist in einem Abstand zu einer Rückseite des Verkleidungsteils angeordnet, sodass das azimutale Sichtfeld des Radarsensors das Verkleidungsteil in einem Schnittbereich schneidet. Zur Absorption von Störwellen außerhalb des azimutalen Erfassungsbereichs ist ein Absorptionsmaterial in Azimutrichtung außerhalb des Schnittbereichs auf die Rückseite des Verkleidungsteils aufgebracht, wobei der Schnittbereich frei von Absorptionsmaterial ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, eine Detektionsvorrichtung und ein Fahrerassistenzsystem der eingangs genannten Art zu gestalten, bei denen ein Störeinfluss des wenigstens einen Verkleidungsteils auf die Messungen mit der Detektionsvorrichtung verringert werden kann.

Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird bei dem Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das wenigstens eine Empfangssignal im Normalbetrieb mit einem invertierten adaptierten Filter zum Ausgleichen eines Störeinflusses des wenigstens einen Verkleidungsteils nivelliert wird, wobei wenigstens ein Filterkoeffizient des adaptiven Filters zuvor bei wenigstens einer Trainingsmessung ermittelt wird.

Ein adaptives Filter ist bekanntermaßen ein spezielles digitales Filter, das seine Übertragungsfunktion im Betrieb selbstständig verändern kann.

Erfindungsgemäß wird ein adaptives Filter verwendet, mit dem ein Störeinfluss des we-

nigstens einen Verkleidungsteils auf das wenigstens eine Empfangssignal berücksichtigt wird. Das adaptive Filter wird bei wenigstens einer Trainingsmessung trainiert, wobei wenigstens ein Filterkoeffizient ermittelt wird, der beim Normalbetrieb als Maß zur Nivellierung des Störeinflusses des wenigstens einen Verkleidungsteils dient. Das adaptive Filter wird im Normalbetrieb der Detektionsvorrichtung invertiert betrieben, so dass der Störeinfluss des wenigstens einen Verkleidungsteils mithilfe des wenigstens einen Filterkoeffizienten nivelliert wird. Auf diese Weise kann ein Signalrauschen bei einer Abstandsmessung und/oder einer Geschwindigkeitsmessung und/oder einer Richtungsmessung mithilfe der Detektionsvorrichtung verringert werden.

Störeinflüsse des wenigstens einen Verkleidungsteils können insbesondere durch Mehrfachreflexionen von Empfangswellen zwischen dem Verkleidungsteil, dem wenigstens einen Sensor und den Sensor gegebenenfalls umgebenden Teilen, insbesondere Karosserieteilen, des Fahrzeugs herrühren.

Vorteilhafterweise kann das wenigstens eine Verkleidungsteil ein Stoßfänger, insbesondere eine Stoßstange, des Fahrzeugs sein. Der wenigstens eine Sensor kann geschützt hinter dem Stoßfänger angeordnet sein.

Vorteilhafterweise kann die Detektionsvorrichtung eine Radar-Detektionsvorrichtung sein. Mit der Radar-Detektionsvorrichtung können Abstände, Geschwindigkeiten und/oder Richtungen von Objekten relativ zu der Detektionsvorrichtung, also auch zum Fahrzeug, ermittelt werden. Die Radar-Detektionsvorrichtung kann vorteilhafterweise wenigstens einen Sensor in Form eines Radarsensors aufweisen. Mit dem wenigstens einen Radarsensor können Sendewellen in Form von Radarwellen ausgesendet und an Objekten reflektierte Echos als Empfangswellen empfangen und in elektrisch verarbeitbare Empfangssignale umgewandelt werden. Radarwellen können durch das wenigstens eine Verkleidungsteil des Fahrzeugs hindurch gesendet werden. Das wenigstens eine Verkleidungsteil kann hierzu aus einem entsprechenden für die Sendewellen und Empfangswellen durchlässigen Material sein.

Die Erfindung kann bei einem Fahrzeug, insbesondere einem Kraftfahrzeug, verwendet werden. Vorteilhafterweise kann die Erfindung bei einem Landfahrzeug, insbesondere einem Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, einem Bus, einem Motorrad oder derglei-

chen, einem Wasserfahrzeug, einem Luftfahrzeug oder einem kombinierten Land-, Wasser- und/oder Luftfahrzeug verwendet werden. Die Erfindung kann auch bei autonomen oder wenigstens teilweise autonomen Fahrzeugen eingesetzt werden.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann wenigstens eine Trainingsmessung zur Ermittlung des wenigstens einen Filterkoeffizienten mit wenigstens einem Trainingsobjekt wenigstens einmal mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil und wenigstens einmal ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil durchgeführt werden, wobei das adaptive Filter mit den jeweiligen Empfangssignalen trainiert werden kann, welche mit dem wenigstens einen Sensor aus den jeweils empfangenen Empfangswellen umgewandelt werden. Auf diese Weise kann bei dem gleichen, reproduzierbaren Szenario der Störeinfluss des wenigstens einen Verkleidungsteils auf die Empfangssignale durch Vergleich mit wenigstens einer Trainingsmessung ohne Verkleidungsteil ermittelt werden. Um den Störeinfluss zu nivellieren, wird das adaptive Filter über die Empfangssignale mit dem wenigstens einen Verkleidungselement und ohne das wenigstens eine Verkleidungselement trainiert. Dabei können die entsprechenden Filterkoeffizienten des adaptiven Filters zur Nivellierung bestimmt und gespeichert werden.

Vorteilhafterweise können die Trennungsmessungen als sogenannte „Arc-Tests“ durchgeführt werden. Dabei wird das Trainingsobjekt auf einer Kreissektorbahn um den wenigstens einen Sensor bewegt und die Empfangswellen des Trainingsobjekts in den unterschiedlichen Positionen erfasst.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens können die mit dem wenigstens einen Sensor bei wenigstens einer Trainingsmessung mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil und ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil umgewandelten jeweiligen Empfangssignale gespeichert werden und das adaptive Filter kann mit diesen gespeicherten Empfangssignalen trainiert werden. Auf diese Weise können die Trainingsmessungen mit und ohne Verkleidungsteil nacheinander durchgeführt werden. Zum eigentlichen Training des adaptiven Filters kann auf die gespeicherten Empfangssignale zurückgegriffen werden. Das eigentliche Training des adaptiven Filters kann so offline erfolgen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann zum Trainieren des

adaptiven Filters wenigstens ein Empfangssignal aus wenigstens einer Trainingsmessung ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil einem Eingang des adaptiven Filters zugeführt werden und daraus mit dem adaptiven Filter wenigstens ein Ausgangssignal gebildet werden, welches einem ersten Eingang eines Komparators zugeführt werden kann, wenigstens ein entsprechendes Empfangssignal aus der wenigstens einen Trainingsmessung mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil kann einem zweiten Eingang des Komparators zugeführt und mit dem wenigstens einen Ausgangssignal des adaptiven Filters verglichen werden und aus dem Vergleich wenigstens ein Fehlersignal gebildet werden, und mittels Rückkopplung wenigstens ein Filterkoeffizient des adaptiven Filters so eingestellt werden, dass das wenigstens eine Fehlersignal minimiert wird, und der so ermittelte wenigstens eine Filterkoeffizient gespeichert werden. Auf diese Weise kann das adaptive Filter so trainiert werden, dass der Störeinfluss des wenigstens einen Verkleidungsteils genauer über die Filterkoeffizienten abgebildet werden kann. Durch die Invertierung des adaptiven Filters kann so das Empfangssignal bezüglich des Störeinflusses des wenigstens einen Verkleidungsteils besser nivelliert werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens können bei wenigstens einer Trainingsmessung wenigstens eine Messreihe aus jeweiligen Empfangssignalen mit dem wenigstens eine Verkleidungsteil und wenigstens eine Messreihe aus Empfangssignalen ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil ermittelt werden und aus einem Vergleich der Messreihen kann wenigstens ein Set von Filterkoeffizienten ermittelt werden. Auf diese Weise können Empfangswellen aus unterschiedlichen Richtungen und die entsprechenden Störeinflüsse des wenigstens einen Verkleidungsteils erfasst und mit einem Set von Filterkoeffizienten korrigiert werden. So kann eine Nivellierung der Empfangssignale bezüglich richtungsabhängiger Störeinflüsse durchgeführt werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens können mehrere Paare jeweils bestehend aus einem Empfangssignal aus einer Trainingsmessung mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil und einem Empfangssignal aus der entsprechenden Trainingsmessung ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil einem gemeinsamen Filterkoeffizienten zugeordnet werden. Auf diese Weise können Empfangssignale von Empfangswellen, die einem ähnlichen Störeinfluss durch das wenigstens eine Verkleidungsteil unterliegen, insbesondere weil sie aus ähnlichen Richtungen kommen, zu-

sammengefasst werden. So kann die Anzahl der erforderlichen Filterkoeffizienten insgesamt verringert werden.

Vorteilhafterweise können etwa 3.000 Paaren vom Empfangssignalen etwa 64 Filterkoeffizienten zugeordnet werden. Auf diese Weise kann ein einziger Filterkoeffizient etwa 47 Paare von Empfangssignalen repräsentieren.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann wenigstens ein nivelliertes Empfangssignal einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung zugeführt werden. Aus dem wenigstens einen nivellierten Empfangssignal können mit der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung entsprechende Informationen ermittelt werden, welche einen Abstand, eine Richtung und/oder eine Geschwindigkeit des erfassten Objekts relativ zum zur Detektionsvorrichtung charakterisieren können. Diese Informationen können vorteilhafterweise einem Fahrerassistenzsystem des Fahrzeugs übermittelt werden.

Ferner wird die Aufgabe erfindungsgemäß bei der Detektionsvorrichtung dadurch gelöst, dass wenigstens ein invertiert betriebenes adaptives Filter zur Nivellierung des wenigstens einen Empfangssignals einem Ausgang des wenigstens einen Sensors nachgeschaltet ist und die Detektionsvorrichtung wenigstens einen Speicher aufweist oder mit einem derartigen Speicher verbunden ist oder werden kann, in dem wenigstens ein Filterkoeffizient des wenigstens einen adaptiven Filters zum Ausgleichen eines Störeinflusses wenigstens eines Verkleidungsteils auf das wenigstens eine Empfangssignal gespeichert ist oder werden kann.

Erfindungsgemäß kann das wenigstens eine Empfangssignal im Normalbetrieb mit dem invertierten adaptiven Filter zum Ausgleichen eines Störeinflusses des wenigstens einen Verkleidungsteils nivelliert werden, wobei wenigstens ein Filterkoeffizient des adaptiven Filters zuvor bei wenigstens einer Trainingsmessung ermittelt werden kann.

Des Weiteren wird die Aufgabe erfindungsgemäß bei dem Fahrerassistenzsystem dadurch gelöst, dass wenigstens ein invertiert betriebenes adaptives Filter zur Nivellierung des wenigstens einen Empfangssignals einem Ausgang des wenigstens einen Sensors nachgeschaltet ist und die Detektionsvorrichtung wenigstens einen Speicher aufweist

oder mit einem derartigen Speicher verbunden ist oder werden kann, in dem wenigstens ein Filterkoeffizient des wenigstens einen adaptiven Filters zum Ausgleichen eines Störeinflusses wenigstens eines Verkleidungsteils auf das wenigstens eine Empfangssignal gespeichert ist oder werden kann.

Erfindungsgemäß kann wenigstens eine Detektionsvorrichtung Teil eines Fahrerassistenzsystems eines Fahrzeugs oder mit diesem verbunden sein. Die Informationen der wenigstens einen Detektionsvorrichtung über ein erfasstes Objekt können zur Steuerung von wenigstens einer Funktionskomponente des Fahrzeugs herangezogen werden. Mit den Funktionskomponenten können insbesondere Fahrfunktionen und/oder Signalisierungseinrichtungen des Fahrzeugs, insbesondere eine Lenkung, ein Bremsystem und/oder ein Motor, gesteuert werden. So kann das Fahrzeug bei der Erfassung eines Objekts mit der wenigstens einen Detektionsvorrichtung mit den entsprechenden Funktionskomponenten gelenkt und/oder seine Geschwindigkeit geändert, insbesondere das Fahrzeug gestoppt, werden und/oder wenigstens ein Warn- oder Hinweissignal, insbesondere ein optisches und/oder akustisches Signal, ausgegeben werden.

Alternativ oder zusätzlich kann vorteilhafterweise wenigstens eine Detektionsvorrichtung Teil einer Fahrwerksteuerung eines Fahrzeugs sein oder mit dieser verbunden sein. Mit der Fahrwerksteuerung kann ein Fahrwerk des Fahrzeugs an eine Fahroberfläche angepasst werden. Mit der Fahrwerksteuerung kann eine aktive Federung oder ein aktives Fahrwerk gesteuert werden. So kann bei der Erfassung eines Objekts, insbesondere einer Erhöhung auf oder einer Vertiefung in der Fahroberfläche, mit der wenigstens einen Detektionsvorrichtung in einem Überwachungsbereich das Fahrwerk, insbesondere die Federung, entsprechend angepasst werden. Mit der Fahrwerksregelung kann das Fahrwerk aktiv auf eine kommende Situation, insbesondere Unebenheiten der Fahroberfläche, eingestellt werden.

Elektrische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtungen, wie insbesondere die Steuereinrichtung des Fahrerassistenzsystems, die Steuer- und Auswerteeinrichtung der Detektionsvorrichtung, gegebenenfalls ein Motorsteuergerät des Fahrzeugs oder dergleichen, und/oder wenigstens ein Speicher und/oder wenigstens ein adaptives Filter können vorteilhafterweise in einem oder mehreren Bauteilen integriert oder wenigstens teilweise als dezentrale Bauteile realisiert sein. Die Funktionen der entsprechenden elektri-

schen/elektronischen Systeme oder Einrichtungen können wenigstens teilweise auch softwaremäßig realisiert sein.

Im Übrigen gelten die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, der erfindungsgemäßen Detektionsvorrichtung und dem erfindungsgemäßen Fahrerassistenzsystem und deren jeweiligen vorteilhaften Ausgestaltungen aufgezeigten Merkmale und Vorteile untereinander entsprechend und umgekehrt. Die einzelnen Merkmale und Vorteile können selbstverständlich untereinander kombiniert werden, wobei sich weitere vorteilhafte Wirkungen einstellen können, die über die Summe der Einzelwirkungen hinausgehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert wird. Der Fachmann wird die in der Zeichnung, der Beschreibung und den Ansprüchen in Kombination offenbarten Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Es zeigen schematisch

- Figur 1 ein Kraftfahrzeug in der Rückansicht, welches ein Fahrerassistenzsystem mit zwei Radarsensoren aufweist, wobei die Radarsensoren hinter einem Stoßfänger angeordnet sind;
- Figur 2 ein Funktionsschaubild des Kraftfahrzeugs mit dem Fahrerassistenzsystem aus der Figur 1;
- Figur 3 eine Detailansicht eines der Radarsensoren hinter dem Stoßfänger des Kraftfahrzeugs aus den Figuren 1 und 2;
- Figur 4 einen Trainingsaufbau zur Aufnahme einer Messreihe von Empfangssignalen zum Trainieren eines adaptiven Filters, der einen der Radarsensoren aus den Figuren 1 und 2 nachgeschaltet ist, wobei der Radarsensor hinter dem Stoßfänger angeordnet ist;
- Figur 5 den Trainingsaufbau aus der Figur 4 ohne Stoßfänger;
- Figur 6 einen Trainingsaufbau zum Trainieren des adaptiven Filters mit den Messreihen von Empfangssignalen, die mit den Trainingsaufbauten aus den Figuren 4 und 5 aufgenommen wurden;

Figur 7 einen der Radarsensoren mit einem nachgeschalteten invertierten adaptierten Filter der Radar-Detektionsvorrichtung aus den Figuren 1 bis 3 im Normalbetrieb.

In den Figuren sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Ausführungsform(en) der Erfindung

In der Figur 1 ist ein Kraftfahrzeug 10 in Form eines Personenkraftwagens in der Rückansicht gezeigt. Das Kraftfahrzeug 10 verfügt über eine Radar-Detektionsvorrichtung 12. Die Radar-Detektionsvorrichtung 12 weist insgesamt zwei Radarsensoren 14 auf, welche hinter einem hinteren Stoßfänger 16 des Kraftfahrzeugs 10 angeordnet sind. Mit der Radar-Detektionsvorrichtung 12 kann ein Überwachungsbereich 18 hinter dem Kraftfahrzeug 10 auf Objekte 20 hin überwacht werden. Bei den Objekten 20 kann es sich beispielsweise um andere Fahrzeuge oder sonstige Hindernisse handeln. In den Figuren 2, 4, 5 und 7 sind beispielhaft Objekte 20 als Kreuze angedeutet. Die Figur 2 ist ansonsten lediglich ein Funktionsschaubild einiger Bauteile des Kraftfahrzeugs 10 und dient nicht der räumlichen Orientierung.

Mit der Radar-Detektionsvorrichtung 12 können ein Abstand, eine Geschwindigkeit und eine Richtung eines Objekts 20 im Überwachungsbereich 18 relativ zum Kraftfahrzeug 10 ermittelt werden.

Die Radar-Detektionsvorrichtung 12 ist Teil eines Fahrerassistenzsystems 22. Mit dem Fahrerassistenzsystem 22 kann ein Fahrer des Kraftfahrzeugs 10 unterstützt werden. Gegebenenfalls kann so auch ein autonomes Fahren des Kraftfahrzeugs 10 ermöglicht werden. Beispielsweise kann das Kraftfahrzeug 10 mithilfe des Fahrerassistenzsystems 22 wenigstens teilweise autonom fahren. Mit dem Fahrerassistenzsystem 22 können Fahrfunktionen des Kraftfahrzeugs 10, beispielsweise eine Motorsteuerung, eine Bremsfunktion oder eine Lenkfunktion beeinflusst oder Hinweise oder Warnsignale ausgegeben werden. Hierzu ist das Fahrerassistenzsystem 22 mit Funktionseinrichtungen 24 regelnd und/oder steuernd verbunden. In der Figur 2 sind beispielhaft zwei Funktionseinrichtungen 24 dargestellt. Bei den Funktionseinrichtungen 24 kann es sich beispielsweise um ein Motorsteuersystem, ein Bremssystem, ein Lenksystem, eine Fahrwerkssteuerung oder ein Signalausgabesystem handeln.

Das Fahrerassistenzsystem 22 weist eine elektronische Steuereinrichtung 26 auf, mit der entsprechende elektronische Steuer- und Regelsignale an die Funktionseinrichtungen 24 übermittelt und/oder von diesen empfangen und verarbeitet werden können.

Die Radar-Detektionsvorrichtung 12 umfasst beispielhaft insgesamt zwei Radarsensoren 14, denen jeweils ein invertiertes adaptives digitales Filter 28 nachgeschaltet ist. Die Anordnung eines der Radarsensoren 14 mit dem entsprechenden adaptiven Filter 28 ist im Detail in der Figur 7 gezeigt. Mit den Radarsensoren 14 werden elektromagnetische Sendewellen 30 in Form von Radarwellen durch den Stoßfänger 16 hindurch in den Überwachungsbereich 18 gesendet. Die Sendewellen 30 werden an dem Objekt 20 reflektiert und als Radarechos in Form von elektromagnetischen Empfangswellen 32 zurückgesendet.

Die Empfangswellen 32 gelangen durch den Stoßfänger 16 hindurch zu dem entsprechenden Radarsensor 14. Dabei kann es, wie in der Figur 3 beispielhaft gezeigt, zu Mehrfachreflexionen von Empfangswellen zwischen einer dem jeweiligen Radarsensor 14 zugewandten Innenseite des Stoßfängers 16 und dem Radarsensor 14 oder einem den Radarsensor 14 umgebenden Karosserieteil 34 des Kraftfahrzeugs 10 kommen. Die im Folgenden als „Störwellen“ bezeichneten reflektierten störenden Empfangswellen sind in der Figur 3 mit den Bezugszeichen 36 versehen und als strichgepunktete Linien angedeutet.

Die Empfangswellen 32 und manche Störwellen 36 werden von dem Radarsensor 14 empfangen, in elektronisch verarbeitbare Empfangssignale umgewandelt und dem nachgeschalteten invertierend arbeitenden adaptiven Filter 28 zugeführt. Die mit den Störwellen 36 belasteten Empfangssignale werden im Folgenden der besseren Unterscheidbarkeit wegen als „gestörte Empfangssignale $d[n]$ “ bezeichnet. „ n “ ist hier und im Folgenden ein Laufparameter einer Messreihe, welcher beispielsweise der Zeit oder einem Empfangswinkel entsprechen kann.

Mit dem invertierten adaptiven Filter 28 werden die gestörten Empfangssignale $d[n]$ zum ausgleichen des Störeinflusses des Stoßfängers 16 nivelliert und als nivellierte Empfangssignale $x'[n]$ an eine Steuer- und Auswerteeinrichtung 40 der Radar-

Detektionsvorrichtung 12 übermittelt.

Mit der Steuer- und Auswerteeinrichtung 40 wird aus den nivellierten Empfangssignalen $x' [n]$ die Entfernung, die Relativgeschwindigkeit und die Richtung des erfassten Objekts 20 ermittelt.

Das invertierte adaptive Filter 28 wird, wie in der Figur 7 gezeigt, mit einem Set von Filterkoeffizienten FK betrieben, welches zuvor bei Trainingsmessungen ermittelt wurde. Die Trainingsmessungen für einen der Radarsensoren 14 werden im Folgenden anhand der Figuren 4 bis 6 beschrieben.

Zum Trainieren des adaptiven Filters 28 werden zwei reproduzierbare Trainingsmessungen an einem definierten Trainingsobjekt 20 durchgeführt. Dabei kann beispielsweise jeweils ein sogenannter Arc-Test durchgeführt werden, bei dem sich das Trainingsobjekt 20 auf einer Kreissektorenbahn um den Radarsensor 14 bewegt.

Bei der ersten Trainingsmessung wird, wie in der Figur 4 gezeigt, eine Trainingsanordnung mit dem Stoßfänger 16 verwendet. Bei der zweiten Trainingsmessung wird, wie in der Figur 5 gezeigt, die Trainingsanordnung ohne den Stoßfänger 16 verwendet. Für die Erfindung ist es unwesentlich, in welcher Reihenfolge die Trainingsmessungen durchgeführt werden. Wesentlich ist, dass die Trainingsmessungen insgesamt unter den gleichen Bedingungen entsprechen mit dem Stoßfänger 16 und ohne den Stoßfänger 16 durchgeführt werden.

Bei der Trainingsmessungen mit dem Stoßfänger 16 werden die Empfangswellen 32 und die Störwellen 36 mit dem Radarsensor 14 empfangen und in gestörte Empfangssignale $d [n]$ umgewandelt. Die gestörten Empfangssignale $d [n]$ werden als Messreihe in einem Zwischenspeicher 42 gespeichert.

Der Zwischenspeicher 42 kann Teil der Radar-Detektionsvorrichtung 12 sein. Alternativ kann der Zwischenspeicher 42 auch Teil eines externen Diagnose- oder Trainingssystems sein, welches lediglich zum Trainieren des adaptiven Filters 14 mit der Radar-Detektionsvorrichtung 12 verbunden wird.

Bei der Trainingsmessungen ohne den Stoßfänger 16 werden die Empfangswellen 32 mit dem Radarsensor 14 empfangen und in ungestörte Empfangssignale $x[n]$ umgewandelt. Die ungestörten Empfangssignale $x[n]$ werden ebenfalls als Messreihe beispielsweise in dem Zwischenspeicher 42 gespeichert.

Bei einem weiteren Schritt des Trainings wird, wie in der Figur 6 gezeigt, die Messreihe der ungestörten Empfangssignale $x[n]$ aus dem Zwischenspeicher 42 einem Eingang des adaptiven Filters 28 zugeführt. Mit dem adaptiven Filter 28 wird daraus eine Reihe von Ausgangssignalen $y[n]$ gebildet, welche einem ersten Eingang eines Komparators 44 zugeführt wird.

Der Komparator 44 kann Teil der Radar-Detektionsvorrichtung 12 oder eines externen Diagnose- oder Trainingssystems sein.

Die Messreihe der gestörten Empfangssignalen $d[n]$ aus dem Zwischenspeicher 42 wird einem zweiten Eingang des Komparators 44 zugeführt.

Mit dem Komparator 44 werden die Ausgangssignale $y[n]$ mit den gestörten Empfangssignalen $d[n]$ verglichen und aus dem Vergleich wenigstens ein Fehlersignal $z[n]$ als Signalreihe gebildet. Mittels Rückkopplung werden die Filterkoeffizienten FK des adaptiven Filters 14 so eingestellt, dass die Fehlersignale $z[n]$ jeweils minimiert werden. Die so ermittelten Filterkoeffizienten FK werden als Set in einem Speicher 46 des Filters 28 gespeichert.

Beispielhaft wird zu jeweils 3.008 Datenpaaren, jeweils bestehend aus einem ungestörten Empfangssignal $x[n]$ und einem gestörten Empfangssignal $d[n]$, ein Set mit insgesamt beispielsweise 64 Filterkoeffizienten FK gebildet. Ein Filterkoeffizient FK repräsentiert 47 derartige Datenpaare aus ungestörten Empfangssignalen $x[n]$ und gestörten Empfangssignalen $d[n]$.

Beim Normalbetrieb der Radar-Detektionsvorrichtung 12 wird das adaptive Filter 14, wie in der Figur 7 gezeigt, invertiert betrieben. Mit dem invertierten adaptiven Filter 14 wird aus der von dem Radarsensor 14 kommenden Reihe von gestörten Empfangssignalen $d[n]$ eine Reihe von nivellierten Empfangssignalen $x'[n]$ gebildet. So wird erreicht, dass

die nivellierten Empfangssignale $x' [n]$ im Idealfall den ungestörten Empfangssignalen $x [n]$ ohne den Stoßfänger 16 entsprechen.

Die Reihe von nivellierten Empfangssignalen $x' [n]$ wird der Steuer- und Auswerteeinrichtung 40 zugeführt. Mit dieser werden Informationen, die das erfasste Objekt 20 charakterisieren, beispielsweise Abstand, Geschwindigkeit und Richtung, erzeugt und an die Steuereinrichtung 26 des Fahrerassistenzsystems 22 zur weiteren Verarbeitung übermittelt.

Die Radar-Detektionsvorrichtung 12 kann für unterschiedliche Fahrzeuge trainiert werden. Die sich ergebenden fahrzeugtypischen Filterkoeffizienten FK können gespeichert und entsprechend für die jeweiligen Fahrzeuge herangezogen werden. Die fahrzeugtypischen Filterkoeffizienten FK können beispielsweise mithilfe einer Vektorquantisierung gespeichert werden.

Für die Erfindung ist nicht wesentlich, ob elektrische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtungen, wie beispielsweise die Steuereinrichtung 26, die Steuer- und Auswerteeinrichtung 40, ein Motorsteuergerät oder dergleichen des Kraftfahrzeugs 10, und/oder wenigstens ein Speicher 46 und/oder wenigstens ein adaptives Filter 28 in einem oder mehreren Bauteilen integriert oder wenigstens teilweise als dezentrale Bauteile realisiert sind. Die Funktionen der entsprechenden elektrischen/elektronischen Bauteile, Systeme oder Einrichtungen können wenigstens teilweise auch softwaremäßig realisiert sein.

Ansprüche

1. Verfahren zur Nivellierung wenigstens eines Empfangssignals ($d[n]$) einer Detektionsvorrichtung (12) eines Fahrzeugs (10) zur Erfassung von Objekten (20), bei dem elektromagnetische Sendewellen (30) in einen Überwachungsbereich (18) der Detektionsvorrichtung (12) gesendet werden und an einem etwaigen Objekt (20) reflektierte Sendewellen (30) als elektromagnetische Empfangswellen (32) im Normalbetrieb durch wenigstens ein Verkleidungsteil (16) des Fahrzeugs (10) hindurch mit wenigstens einem Sensor (14) empfangen und in wenigstens ein elektrisch verarbeitbares Empfangssignal ($d[n]$) umgewandelt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Empfangssignal ($d[n]$) im Normalbetrieb mit einem invertierten adaptierten Filter (28) zum Ausgleichen eines Störeinflusses des wenigstens einen Verkleidungsteils (16) nivelliert wird, wobei wenigstens ein Filterkoeffizient (FK) des adaptiven Filters (28) zuvor bei wenigstens einer Trainingsmessung ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Trainingsmessung zur Ermittlung des wenigstens einen Filterkoeffizienten (FK) mit wenigstens einem Objekt (20) wenigstens einmal mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil (16) und wenigstens einmal ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil (16) durchgeführt wird, wobei das adaptive Filter (28) mit den jeweiligen Empfangssignalen ($d[n]$, $x[n]$) trainiert wird, welche mit dem wenigstens einen Sensor (14) aus den jeweils empfangenen Empfangswellen (32, 36) umgewandelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem wenigstens einen Sensor (14) bei wenigstens einer Trainingsmessung mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil (16) und ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil (16) umgewandelten jeweiligen Empfangssignale ($d[n]$, $x[n]$) gespeichert werden und das adaptive Filter (28) mit diesen gespeicherten Empfangssignalen ($d[n]$, $x[n]$) trainiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Trainieren des adaptiven Filters (28) wenigstens ein Empfangssignal ($x[n]$) aus wenigstens einer Trainingsmessung ohne das wenigstens eine Verkleidungsteil (16) einem Eingang des adaptiven Filters (28) zugeführt wird und daraus mit dem adaptiven Filter (28) wenigstens ein Ausgangssignal ($y[n]$) gebildet wird, welches einem ersten Eingang eines Komparators (44) zugeführt wird, wenigstens ein entspre-

chendes Empfangssignal ($d[n]$) aus der wenigstens einen Trainingsmessung mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil (16) einem zweiten Eingang des Komparators (44) zugeführt und mit dem wenigstens einen Ausgangssignal ($y[n]$) des adaptiven Filters (28) verglichen wird und aus dem Vergleich wenigstens ein Fehlersignal ($z[n]$) gebildet wird, und mittels Rückkopplung wenigstens ein Filterkoeffizient (FK) des adaptiven Filters (28) so eingestellt wird, dass das wenigstens eine Fehlersignal ($z[n]$) minimiert wird, und der so ermittelte wenigstens eine Filterkoeffizient (FK) gespeichert wird.

5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei wenigstens einer Trainingsmessung wenigstens eine Messreihe aus jeweiligen Empfangssignalen ($d[n]$) mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil (16) und wenigstens eine Messreihe aus Empfangssignalen ($x[n]$) ohne das wenigstens einen Verkleidungsteil (16) ermittelt wird und aus einem Vergleich der Messreihen wenigstens ein Set von Filterkoeffizienten (FK) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Paare jeweils bestehend aus einem Empfangssignal ($d[n]$) aus einer Trainingsmessung mit dem wenigstens einen Verkleidungsteil (16) und einem Empfangssignal ($x[n]$) aus der entsprechenden Trainingsmessung ohne das wenigstens einen Verkleidungsteil (16) einem gemeinsamen Filterkoeffizienten (FK) zugeordnet werden.
7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein nivelliertes Empfangssignal ($x'[n]$) einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (40) zugeführt wird.
8. Detektionsvorrichtung (12) für ein Fahrzeug (10) zur Erfassung von Objekten (20), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorigen Ansprüche, mit wenigstens einem Sensor (14) zum Empfangen von mit der Detektionsvorrichtung (12) ausgesendeten und an einem etwaigen Objekt (20) reflektierten elektromagnetischen Sendewellen (30) als elektromagnetische Empfangswellen (32) und zur Umwandlung der Empfangswellen (32) in wenigstens ein elektronisch verarbeitbares Empfangssignal ($d[n]$), wobei die Detektionsvorrichtung (12) wenigstens eine elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (40) aufweist oder damit verbunden ist, mit welcher das wenigstens eine Empfangssignal ($d[n]$) verarbeitet werden kann und wobei wenigstens ein Sensor (14) hinter wenigstens einen Verklei-

zungsteil (16) des Fahrzeugs (10) angeordnet ist oder werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein invertiert betriebenes adaptives Filter (28) zur Nivellierung des wenigstens einen Empfangssignals ($d[n]$) einem Ausgang des wenigstens einen Sensors (14) nachgeschaltet ist und die Detektionsvorrichtung (12) wenigstens einen Speicher (46) aufweist oder mit einem derartigen Speicher verbunden ist oder werden kann, in dem wenigstens ein Filterkoeffizient (FK) des wenigstens einen adaptiven Filters (28) zum Ausgleichen eines Störeinflusses wenigstens eines Verkleidungsteils (16) auf das wenigstens eine Empfangssignal ($d[n]$) gespeichert ist oder werden kann.

9. Fahrassistenzsystem (22) für ein Fahrzeug (10), mit wenigstens einer Detektionsvorrichtung (12) zur Erfassung von Objekten (20), insbesondere nach Anspruch 8, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, und wenigstens einer elektronischen Steuereinrichtung (26), welche einerseits mit der wenigstens einen Detektionsvorrichtung (12) und andererseits mit wenigstens einer Funktionseinrichtung (24) des Fahrzeugs (10) steuer- und/oder regeltechnisch verbunden ist oder werden kann, wobei wenigstens eine Detektionsvorrichtung (12) wenigstens einen Sensor (14) zum Empfangen von mit der Detektionsvorrichtung (12) ausgesendeten und an einem etwaigen Objekt (20) reflektierten elektromagnetischen Sendewellen (30) als elektromagnetische Empfangswellen (32) und zur Umwandlung der Empfangswellen (32) in wenigstens ein elektronisch verarbeitbares Empfangssignal ($d[n]$) aufweist, wobei die wenigstens eine Detektionsvorrichtung (12) wenigstens eine elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (40) aufweist oder damit verbunden ist, mit welcher das wenigstens eine Empfangssignal ($d[n]$) verarbeitet werden kann, und wobei wenigstens ein Sensor (14) hinter einem Verkleidungsteil (16) des Fahrzeugs (10) angeordnet ist oder werden kann, **wobei** wenigstens ein invertiert betriebenes adaptives Filter (28) zur Nivellierung des wenigstens einen Empfangssignals ($d[n]$) einem Ausgang des wenigstens einen Sensors (14) nachgeschaltet ist und die Detektionsvorrichtung (12) wenigstens einen Speicher (46) aufweist oder mit einem derartigen Speicher verbunden ist oder werden kann, in dem wenigstens ein Filterkoeffizient (FK) des wenigstens einen adaptiven Filters (28) zum Ausgleichen eines Störeinflusses wenigstens eines Verkleidungsteils (16) auf das wenigstens eine Empfangssignal ($d[n]$) gespeichert ist oder werden kann.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nivellierung wenigstens eines Empfangssignals ($d[n]$) einer Detektionsvorrichtung eines Fahrzeugs zur Erfassung von Objekten (20), einer Detektionsvorrichtung (12) und ein Fahrerassistenzsystem. Bei dem Verfahren werden elektromagnetische Sendewellen in einen Überwachungsbereich (18) der Detektionsvorrichtung (12) gesendet und an einem etwaigen Objekt (20) reflektierte Sendewellen als elektromagnetische Empfangswellen (32) im Normalbetrieb durch wenigstens einen Verkleidungsteil (16) des Fahrzeugs hindurch mit wenigstens einem Sensor (14) empfangen und in wenigstens ein elektrisch verarbeitbares Empfangssignal ($d[n]$) umgewandelt. Das wenigstens eine Empfangssignal ($d[n]$) wird im Normalbetrieb mit einem invertierten adaptierten Filter (28) zum Ausgleichen eines Störeinflusses des wenigstens einen Verkleidungsteils (16) nivelliert. Wenigstens ein Filterkoeffizient (FK) des adaptiven Filters (28) wird zuvor bei wenigstens einer Trainingsmessung ermittelt.

Figur 7

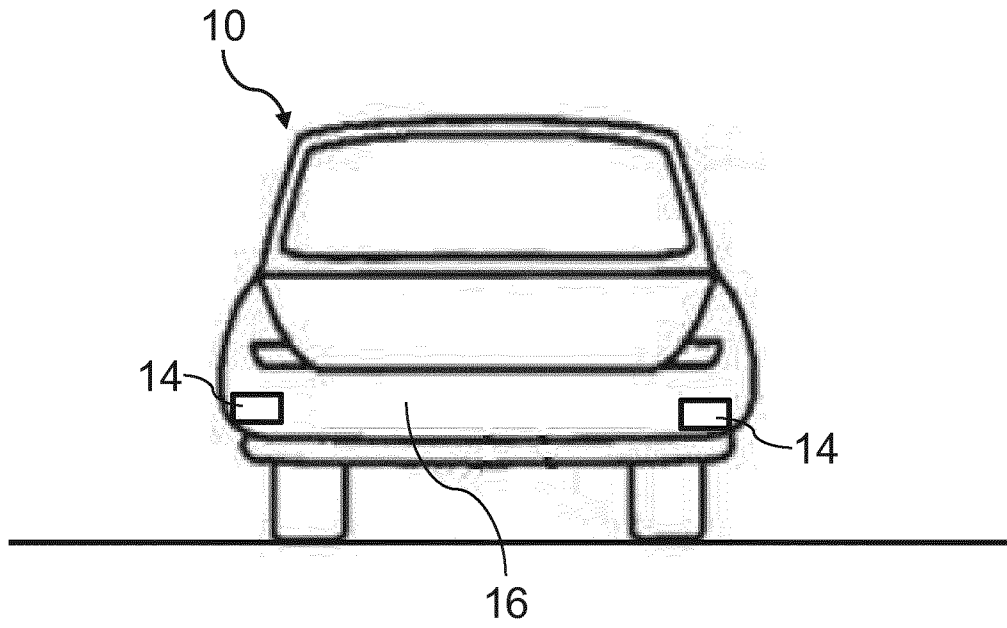


Fig. 1

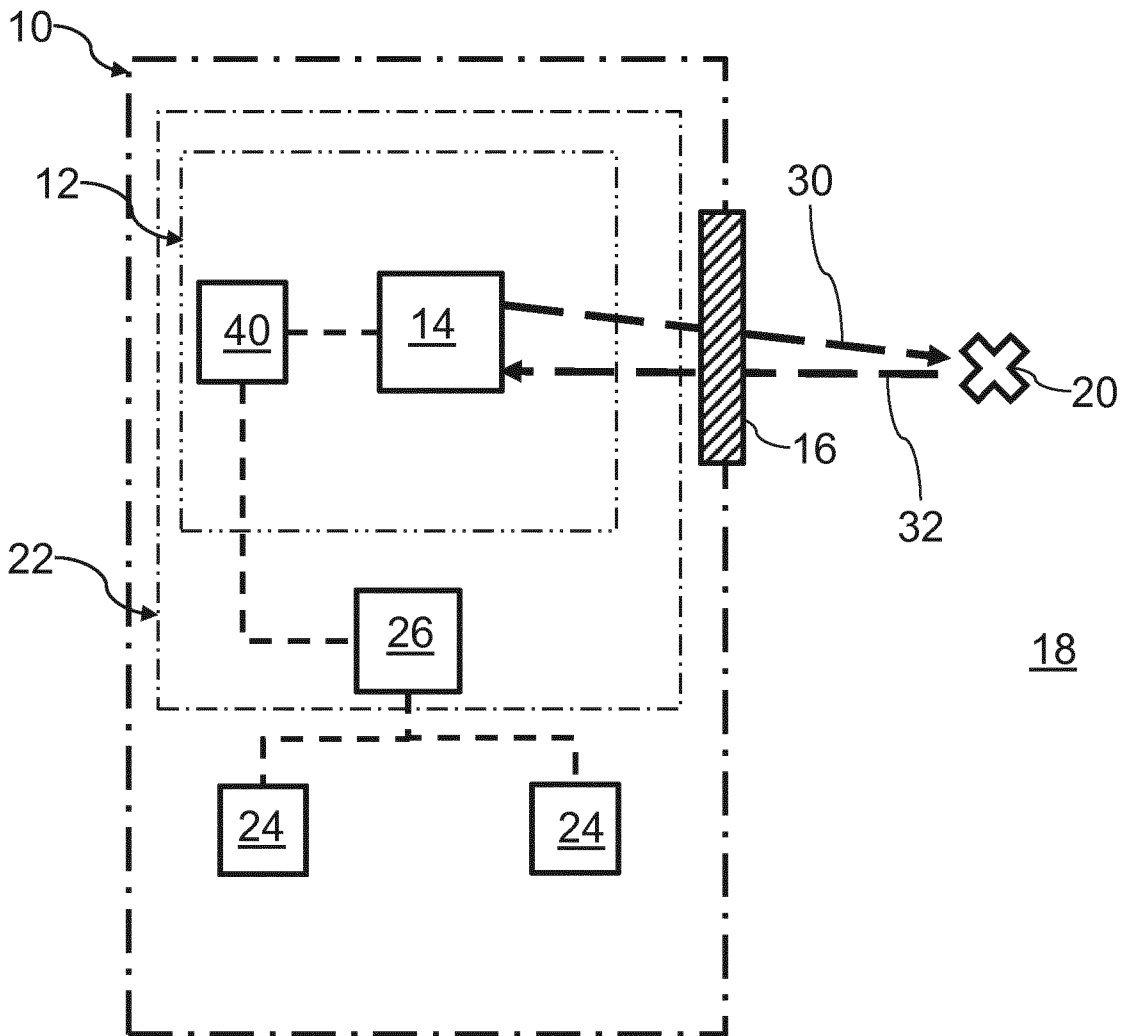


Fig. 2

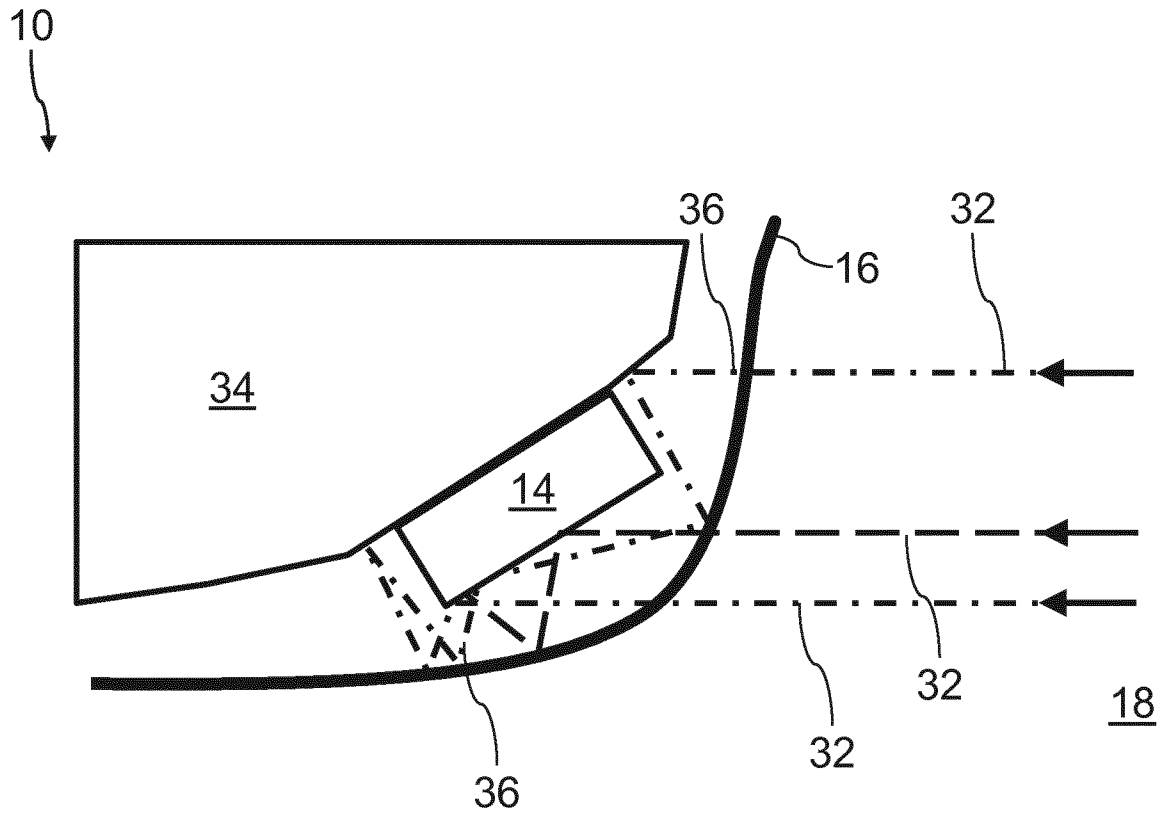


Fig. 3

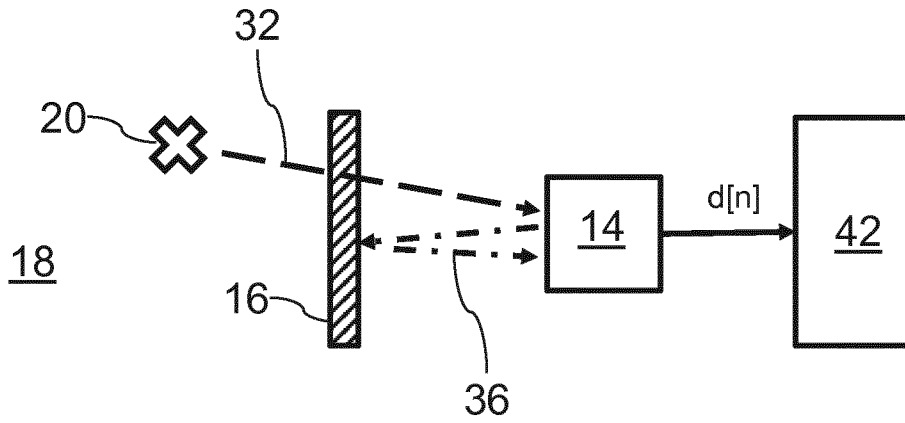


Fig. 4

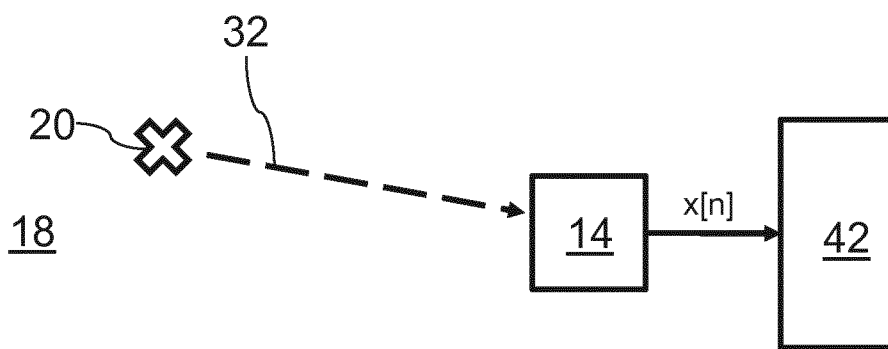


Fig. 5

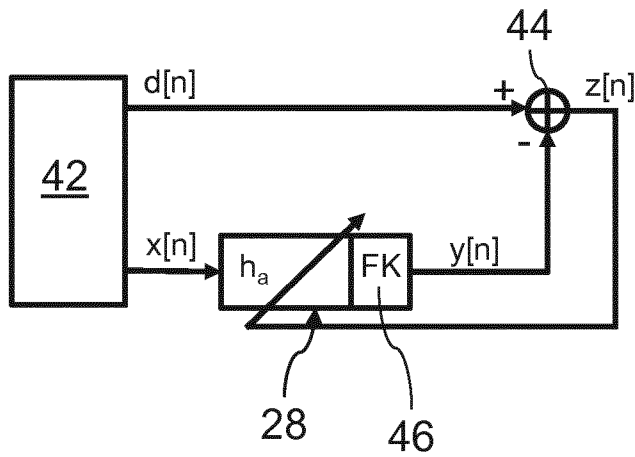


Fig. 6

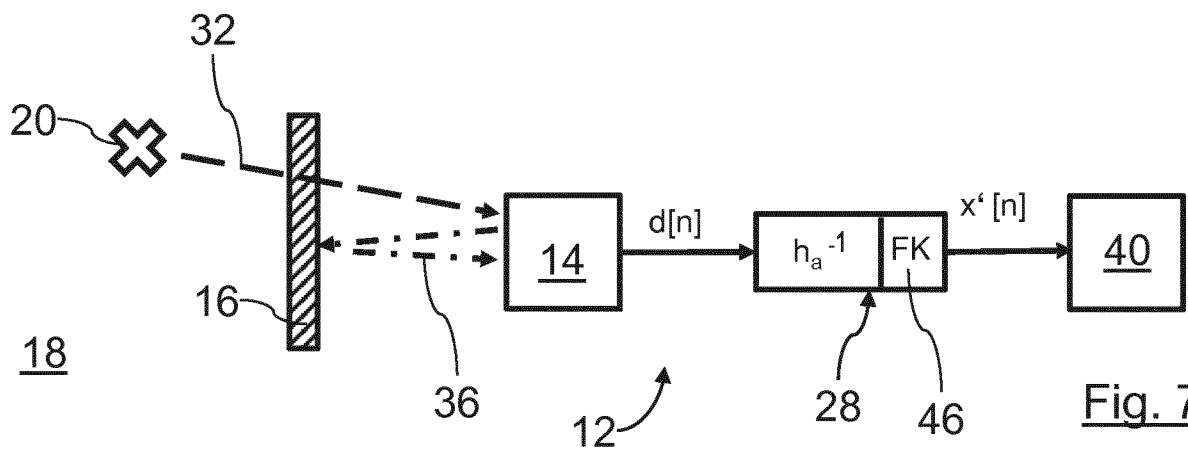


Fig. 7