



(10) **DE 11 2019 004 046 T5** 2021.05.20

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/031550**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **G01S 5/14 (2006.01)**  
**B60R 25/24 (2013.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 004 046.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2019/026012**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.07.2019**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.02.2020**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **20.05.2021**

(30) Unionspriorität:  
**2018-151310 10.08.2018 JP**

(74) Vertreter:  
**Winter, Brandl - Partnerschaft mbB,  
Patentanwälte, 85354 Freising, DE**

(71) Anmelder:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-pref.,  
JP**

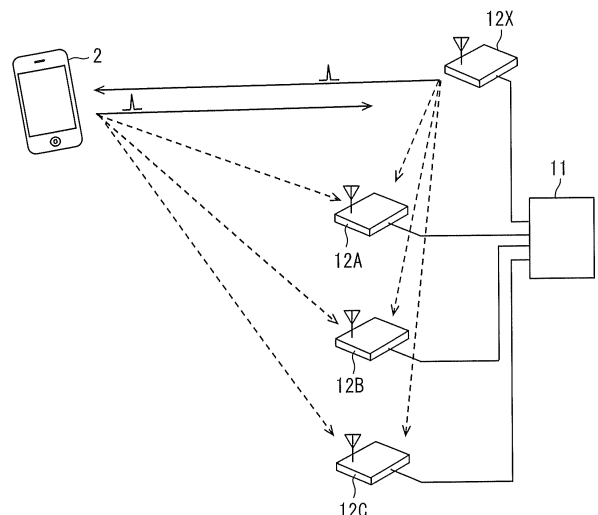
(72) Erfinder:  
**Kusumoto, Tetsuya, Nisshin-city, Aichi-pref., JP;  
Sanji, Kenichiro, Nisshin-city, Aichi-pref., JP;  
Shinoda, Takashi, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **MOBILVORRICHTUNGSPPOSITIONSSCHÄTZSYSTEM**

(57) Zusammenfassung: In einem Mobilvorrichtungspositionsschätzsystem beinhaltet ein fahrzeugmontiertes System einen Sendeempfänger (12X), Abfangvorrichtungen (12A, 12B, 12C) und eine Positionsschätzeinheit (11). Die Positionsschätzeinheit bestimmt eine erste Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit eines Funksignals von dem Sendeempfänger zu einer Mobilvorrichtung ist, basierend auf einer Umlaufzeit, die eine Zeit zwischen dem, dass der Sendeempfänger ein Antwortanforderungssignal sendet, und dem, dass der Sendeempfänger ein Antwortsignal von der Mobilvorrichtung empfängt, ist. Die Positionsschätzeinheit bestimmt eine zweite Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von der Mobilvorrichtung zur Abfangvorrichtung ist, basierend auf der Umlaufzeit und einem Signalempfangsintervall, das eine Zeit zwischen dem ist, dass die Abfangvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, und dem ist, dass die Abfangvorrichtung das Antwortsignal empfängt.



**Beschreibung****QUERVERWEIS AUF  
ZUGEHÖRIGE ANMELDUNGEN**

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Nummer 2018-151310, eingereicht am 10. August 2018, deren Offenbarung hierdurch Bezugnahme aufgenommen ist.

**TECHNISCHES GEBIET**

**[0002]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Mobilvorrichtungssystem, das eine Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs basierend auf einer Ausbreitungszeit eines Signals von der Mobilvorrichtung zu einer Kommunikationsvorrichtung, die an dem Fahrzeug montiert ist, schätzt.

**STAND DER TECHNIK**

**[0003]** Herkömmlicherweise wurden unterschiedliche Konfigurationen vorgeschlagen, um eine Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs (das heißt, ein Mobilvorrichtungssystem) mittels Funkkommunikation zwischen einem fahrzeugmontierten System, das an dem Fahrzeug montiert ist, und der Mobilvorrichtung, die durch den Benutzer getragen wird, zu schätzen.

**[0004]** Patentedokument 1 offenbart eine Konfiguration, in der ein fahrzeugmontiertes System und eine Mobilvorrichtung konfiguriert sind, um Ultrabreitbandkommunikation (UWB-Kommunikation) zu ermöglichen, und in der eine Distanz der Mobilvorrichtung zu dem Fahrzeug basierend auf einer Zeitdauer von, wenn das fahrzeugmontierte System ein Impulssignal sendet, das in der UWB-Kommunikation verwendet wird, bis, wenn das fahrzeugmontierte System ein Antwortsignal von der Mobilvorrichtung empfängt (nachfolgend als eine „Umlaufzeit“ bezeichnet), geschätzt wird. Der Einfachheit halber wird eine Konfiguration, die in dem fahrzeugmontierten System zum Ausführen von Funkkommunikation mit der Mobilvorrichtung vorgesehen ist, als eine fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung bezeichnet.

**LITERATUR DES STANDES DER TECHNIK****PATENTLITERATUR**

**[0005]** Patentedokument 1: JP 6093647B

**ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG**

**[0006]** Um unter Verwendung einer Ausbreitungszeit eines Signals zwischen einer Mobilvorrichtung und einer fahrzeugmontierten Kommunikationsvor-

richtung, die in Patentedokument 1 offenbart ist, eine relative Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs zu schätzen, ist es erforderlich, dass, angenommen das fahrzeugmontierte System beinhaltet mehrere fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtungen (mindestens drei oder mehr), die Distanzen von jeweiligen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen zur Mobilvorrichtung zu schätzen. Um die Distanz von einer jeweiligen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung zur Mobilvorrichtung zu schätzen, muss die jeweilige fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung Funkkommunikation mit der Mobilvorrichtung individuell ausführen.

**[0007]** Die vorliegende Offenbarung basiert auf diesen Umständen und eine Aufgabe der Offenbarung ist es, ein Mobilvorrichtungssystem bereitzustellen, das eine Position einer Mobilvorrichtung basierend auf einer Ausbreitungszeit eines Funksignals von der Mobilvorrichtung zu einem fahrzeugmontierten System schätzt, und das die Anzahl von Malen, die Funkkommunikationen zwischen der Mobilvorrichtung und dem fahrzeugmontierten System für Positionsschätzung ausgeführt werden, beschränkt.

**[0008]** Ein erste Beispiel eines Mobilvorrichtungssystem ist ein Mobilvorrichtungssystem zum Schätzen einer relativen Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs durch Ausführen von Funkkommunikation gemäß einem vorbestimmten Kommunikationsverfahren zwischen einem fahrzeugmontierten System, das an einem Fahrzeug montiert ist, und der Mobilvorrichtung, die durch einen Benutzer des Fahrzeugs getragen wird, wobei das fahrzeugmontierte System einen Sendeempfänger, der ein Kommunikationsmodul ist, das konfiguriert ist, um Funksignale an die Mobilvorrichtung zu senden und von dieser zu empfangen; mehrere Abfangvorrichtungen, die konfiguriert sind, um Funksignale zu empfangen, die von der Mobilvorrichtung und von dem Sendeempfänger gesendet werden; und eine Positionsschätzereinheit beinhaltet, die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf einem Ergebnis einer Kommunikation durch den Sendeempfänger mit der Mobilvorrichtung und Zuständen des Empfangens der Funksignale durch die mehreren jeweiligen Abfangvorrichtungen schätzt, wobei der Sendeempfänger konfiguriert ist, um als das Funksignal an die Mobilvorrichtung ein vorbestimmtes Antwortanforderungssignal zu senden, wobei die Mobilvorrichtung konfiguriert, um, wenn die Mobilvorrichtung das Antwortanforderungssignal von dem Sendeempfänger empfängt, ein Antwortsignal als eine Antwort zu senden, wobei die Positionsschätzereinheit beinhaltet: eine erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit, die eine erste Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von dem Sendeempfänger zu der Mobilvorrichtung

ist, basierend auf einer Umlaufzeit bestimmt, die eine Zeitdauer von, wenn der Sendeempfänger das Antwortanforderungssignal sendet, bis, wenn der Sendeempfänger das Antwortsignal von der Mobilvorrichtung empfängt, ist; eine zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit, die für jede der mehreren Abfangvorrichtungen eine zweite Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von der Mobilvorrichtung zur Abfangvorrichtung ist, basierend auf einem Signalempfangsintervall, das eine Zeitdauer von, wenn die Abfangvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, bis, wenn die Abfangvorrichtung das Antwortsignal empfängt, ist, und der Umlaufzeit bestimmt; und eine Positionsschätzverarbeitungseinheit, die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf der ersten Ausbreitungszeit, die durch die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt wird, und den zweiten Ausbreitungszeiten schätzt, die durch die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt werden.

**[0009]** Gemäß der vorstehenden Konfiguration ermöglicht ein einzelnes Senden und Empfangen von Funksignalen durch den Sendeempfänger und die Mobilvorrichtung der Positionsschätzereinheit, nicht nur die erste Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Signals von dem Sendeempfänger zur Mobilvorrichtung ist, sondern auch die zweite Ausbreitungszeit zu bestimmen, die eine Ausbreitungszeit des Signals von der Mobilvorrichtung zu jeder Abfangvorrichtung ist. Die erste Ausbreitungszeit dient als ein Indikator der Distanz von dem Sendeempfänger zur Mobilvorrichtung und die zweite Ausbreitungszeit für eine jeweilige Abfangvorrichtung dient als ein Indikator der Distanz von der jeweiligen Abfangvorrichtung zur Mobilvorrichtung. Demnach kann die Position der Mobilvorrichtung basierend auf der ersten Ausbreitungszeit und der zweiten Ausbreitungszeit für jeweilige Abfangvorrichtungen geschätzt werden. Ferner werden gemäß der vorstehenden Konfiguration unterschiedliche Informationen zum Schätzen der Position der Mobilvorrichtung (insbesondere die erste und zweite Ausbreitungszeit) in einer einzelnen Funkkommunikation gesammelt. Das heißt, gemäß der vorstehenden Konfiguration kann die Anzahl von Malen, die die Funkkommunikationen zwischen der Mobilvorrichtung und dem fahrzeugmontierten System zur Positionsschätzung ausgeführt werden, in dem Mobilvorrichtungspositionsschätzsystem, das die Position der Mobilvorrichtung basierend auf der Ausbreitungszeit des Funksignals von der Mobilvorrichtung zum fahrzeugmontierten System schätzt, beschränkt werden.

**[0010]** Ein zweites Beispiel eines Mobilvorrichtungspositionsschätzsystems ist ein Mobilvorrichtungspositionsschätzsystem zum Schätzen einer relativen Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs durch Ausführen von Funkkommunikation gemäß einem vorbestimmten Kommunikationsverfah-

ren zwischen einem fahrzeugmontierten System, das an einem Fahrzeug montiert ist, und der Mobilvorrichtung, die durch einen Benutzer des Fahrzeugs getragen wird, wobei die Mobilvorrichtung konfiguriert ist, um: ein Antwortanforderungssignal zu senden, das ein Funksignal ist, das das fahrzeugmontierte System auffordert als eine Antwort ein Antwortsignal zu senden, und um: wenn die Mobilvorrichtung das Antwortsignal empfängt, an das fahrzeugmontierte System ein Zeitdifferenzmitteilungssignal zu senden, das ein Funksignal ist, das eine Umlaufzeit angibt, die eine Zeitdauer vom Empfangen des Antwortanforderungssignals bis zum Empfangen des Antwortsignals ist, wobei das fahrzeugmontierte System aufweist: einen Sendeempfänger, der ein Kommunikationsmodul ist, das konfiguriert ist, um Funksignale an die Mobilvorrichtung mit einem vorbestimmten Kommunikationsverfahren zu senden und von dieser zu empfangen; mehrere Abfangvorrichtungen, die konfiguriert sind, um Funksignale zu empfangen, die von der Mobilvorrichtung und dem Sendeempfänger gesendet werden; und eine Positionsschätzereinheit, die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf einem Ergebnis einer Kommunikation durch den Sendeempfänger mit der Mobilvorrichtung und Zuständen des Empfangens durch die jeweiligen Abfangvorrichtungen der Funksignale schätzt, wobei der Sendeempfänger konfiguriert ist, um, wenn der Sendeempfänger das Antwortanforderungssignal von der Mobilvorrichtung empfängt, das Antwortsignal als eine Antwort zu senden, wobei die Positionsschätzereinheit beinhaltet: eine erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit, die eine erste Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von dem Sendeempfänger zur Mobilvorrichtung ist, basierend auf der Umlaufzeit bestimmt, die in dem Zeitdifferenzmitteilungssignal angegeben ist, eine zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit, die für jede der mehreren Abfangvorrichtungen eine zweite Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von der Mobilvorrichtung zu einer jeweiligen Abfangvorrichtung ist, basierend auf einem Signalempfangsintervall, das eine Zeitdauer von, wenn die jeweilige Abfangvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, bis, wenn die jeweilige Abfangvorrichtung das Antwortsignal empfängt, ist, und der Umlaufzeit bestimmt; und eine Positionsschätzverarbeitungseinheit, die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf der ersten Ausbreitungszeit, die durch die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt wird, und den zweiten Ausbreitungszeiten schätzt, die durch die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt werden.

**[0011]** Gemäß der Konfiguration des zweiten Beispiels, das vorstehend beschrieben ist, ermöglicht ein einzelnes Senden und Empfangen von Funksignalen durch den Sendeempfänger und die Mobilvorrichtung der Positionsschätzereinheit, die erste Ausbreitungszeit und die zweite Ausbreitungszeit für jeweilige Ab-

fangvorrichtung zu bestimmen, wie dies der Fall bei der Konfiguration des ersten Beispiels ist. Demnach hat die zweite Konfiguration die gleiche Wirkung wie die erste Konfiguration.

#### Figurenliste

**[0012]** Die vorstehenden und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Zusammenschau mit den Zeichnungen deutlicher.

**Fig. 1** ist ein Blockschaltbild, das eine Gesamtkonfiguration eines Mobilvorrichtungsschätzsystems illustriert.

**Fig. 2** ist ein Blockschaltbild, das eine Konfiguration einer fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung illustriert.

**Fig. 3** ist ein Funktionsblockschaltbild einer Positionsschätzvorrichtung.

**Fig. 4** ist ein konzeptionelles Diagramm, das einen Kommunikationsweg zwischen dem fahrzeugmontierten System und der Mobilvorrichtung illustriert.

**Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das die Operation der Positionsschätzvorrichtung illustriert.

**Fig. 6** ist ein konzeptionelles Diagramm zum Erläutern der Operationen einer Mobilvorrichtung, einer Host-Vorrichtung und einer Abfangvorrichtung.

**Fig. 7** ist ein Diagramm zum Erläutern einer Beziehung zwischen einer Umlaufzeit  $T_p$  und einem Pulsempfangsintervall  $T_q$ .

**Fig. 8** ist ein Diagramm zum Erläutern eines Verfahrens zum Schätzen der Position der Mobilvorrichtung.

**Fig. 9** ist ein konzeptionelles Diagramm zum Erläutern der Operationen der Mobilvorrichtung, der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung in Modifikation 1.

**Fig. 10** ist ein konzeptionelles Diagramm zum Erläutern der Operationen der Mobilvorrichtung, der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung in Modifikation 2.

**Fig. 11** ist ein konzeptionelles Diagramm zum Erläutern der Operationen der Mobilvorrichtung, der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung in Modifikation 5.

**Fig. 12** ist ein konzeptionelles Diagramm zum Erläutern der Operationen der Mobilvorrichtung, der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung in Modifikation 6.

**Fig. 13** ist ein konzeptionelles Diagramm zum Erläutern der Operationen der Mobilvorrichtung, der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung in Modifikation 9.

#### AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

<Schematische Konfiguration von Mobilvorrichtungsschätzsystem **100**>

**[0013]** Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nachstehend gemäß den Zeichnungen beschrieben. **Fig. 1** illustriert ein Beispiel einer schematischen Konfiguration des Mobilvorrichtungsschätzsystems **100** der vorliegenden Offenbarung. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, beinhaltet das Mobilvorrichtungsschätzsystem **100** ein fahrzeugmontiertes System **1**, das an einem Fahrzeug Hv montiert ist, und eine Mobilvorrichtung **2**, die ein Kommunikationsendgerät ist, das durch einen Benutzer des Fahrzeugs Hv getragen wird.

**[0014]** Das fahrzeugmontierte System **1** und die Mobilvorrichtung **2** sind konfiguriert, um bidirektionale Funkkommunikationen unter Verwendung von Funkwellen in einem vorbestimmten Frequenzband auszuführen. Beispielsweise sind das fahrzeugmontierte System **1** und die Mobilvorrichtung **2** konfiguriert, um UWB-IR-Funkkommunikation (Ultra Wide Band - Impulse Radio; Ultrabreitband - Impulsfunk) auszuführen. Das heißt, das fahrzeugmontierte System **1** und die Mobilvorrichtung **2** sind konfiguriert, um Impulsfunkwellen (nachfolgend als „Impulssignale“ bezeichnet) senden und empfangen zu können, die in Ultrabreitbandkommunikationen (UWB-Kommunikationen) verwendet werden. Ein Impulssignal, das in UWB-Kommunikation verwendet wird, ist ein Signal mit einer sehr kurzen Pulsbreite (beispielsweise 2 ns) und mit einer Bandbreite von 500 MHz oder mehr (das heißt, eine ultrabreite Bandbreite).

**[0015]** Beispiele eines Frequenzbandes, das in der UWB-Kommunikation (nachfolgend als UWB-Band bezeichnet) verwendet werden kann, beinhalten 3,2 GHz bis 10,6 GHz, 3,4 GHz bis 4,8 GHz, 7,25 GHz bis 10,6 GHz und 22 GHz bis 29 GHz. Von diesen unterschiedlichen Frequenzbändern bezieht sich das UWB-Band in der vorliegenden Ausführungsform als Beispiel auf das Band mit 3,2 GHz bis 10,6 GHz. Das heißt, das Impulssignal in dieser Ausführungsform ist unter Verwendung von Funkwellen in dem Band von 3,2 GHz bis 10,6 GHz implementiert. Das Frequenzband, das für das Impulssignal verwendet wird, kann angemessen gemäß dem Land ausgewählt werden, in dem das Mobilvorrichtungsschätzsystem **100** verwendet wird. Es kann ausreichend sein, dass die Bandbreite des Impulssignals 500 MHz oder mehr ist, und die Bandbreite kann 1,5 GHz oder mehr betragen.

**[0016]** Als ein Modulationsverfahren für die UWB-IR-Kommunikation können unterschiedliche Verfahren wie ein Pulspositionsmodulationsverfahren (PPM-Verfahren), in dem Modulation unter Verwendung von Pulserzeugungspositionen ausgeführt wird, eingesetzt werden. Insbesondere können sogenanntes On-Off-Keying (OOK), Pulsbreitenmodulation (PWM), Pulsamplitudenmodulation (PAM), Puls-codemodulation (PCM) und dergleichen eingesetzt werden. Das On-Off-Modulationsverfahren kodiert Informationen (beispielsweise 0 und 1) durch die Anwesenheit oder Abwesenheit von Impulssignalen und das Pulsbreitenmodulationsverfahren kodiert Informationen durch die Pulsbreiten. Das Pulsamplitudenmodulationsverfahren ist ein Verfahren zum Codieren von Informationen durch die Amplitude des Impulssignals. Das Puls-codemodulationsverfahren ist ein Verfahren zum Codieren von Informationen durch eine Kombination von Pulsen.

**[0017]** Der Einfachheit halber wird eine Kommunikationsvorrichtung, die UWB-Kommunikation ausführen kann, als eine UWB-Kommunikationsvorrichtung bezeichnet. Die UWB-Kommunikationsvorrichtungen beinhalten nicht nur die Mobilvorrichtung **2**, sondern ebenso die nachfolgend beschriebene fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die in dem fahrzeugmontierten System **1** beinhaltet ist. Die Mobilvorrichtung **2** ist konfiguriert, um ein Impulssignal als ein Antwortsignal zu senden, wenn die Mobilvorrichtung **2** ein Impulssignal von dem fahrzeugmontierten System **1** empfängt. Spezifische Konfigurationen des fahrzeugmontierten Systems **1** und der Mobilvorrichtung **2** werden nachfolgend der Reihe nach beschrieben.

#### <Konfiguration von Mobilvorrichtung **2**>

**[0018]** Als erstes wird eine Konfiguration und Operation der Mobilvorrichtung **2** beschrieben. Die Mobilvorrichtung **2** kann unter Verwendung eines Kommunikationsendgeräts implementiert werden, das für unterschiedliche Verwendungen vorgesehen ist. Beispielsweise ist die Mobilvorrichtung **2** ein Smartphone. Die Mobilvorrichtung **2** kann ein Informationsverarbeitungsendgerät wie ein Tablet sein. Die Mobilvorrichtung **2** kann eine Vorrichtung eines kleinen rechteckigen Typs, eines ovalen Typs (Schlüsselanhänger) oder Kartentyps sein, die herkömmlicherweise als Smart-Schlüssel bekannt sind. Ferner kann die Mobilvorrichtung **2** als eine tragbare Vorrichtung konfiguriert sein, die an einem Finger, Arm oder dergleichen eines Benutzers getragen wird.

**[0019]** Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, beinhaltet die Mobilvorrichtung **2** eine Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21**, eine Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** und eine Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23**. Die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** ist kommunizierbar mit jeder der Mobilvorrichtungs-

seitenempfangsschaltung **21** und der Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** verbunden.

**[0020]** Die Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21** ist eine Konfiguration zum Empfangen von Impulssignalen in dem UWB-Band. Wird ein Impulssignal empfangen, erzeugt die Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21** durch Ausführen elektrischer Verarbeitung des Signals wie Demodulation ein Empfangssignal und gibt dieses Empfangssignal an die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** aus. Die Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21** entspricht einer Konfiguration zum Empfangen von Funksignalen von dem fahrzeugmontierten System **1**.

**[0021]** Wenn das Empfangssignal von der Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21** eingegeben wird, erzeugt die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** ein Basisbandsignal entsprechend diesem Empfangssignal und gibt dieses Basisbandsignal an die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** aus, wobei das Basisbandsignal einem Antwortsignal entspricht. Das Basisbandsignal, das durch die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** an die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** ausgegeben wird, wird durch die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** moduliert und als ein Funksignal gesendet.

**[0022]** Die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** kann durch einen Computer einschließlich einer CPU, eines RAM, eines ROM und dergleichen implementiert sein. Alternativ kann die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** unter Verwendung von einem oder mehreren ICs implementiert werden. Ebenso kann die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** unter Verwendung einer MPU oder GPU implementiert werden. Wie später beschrieben wird, ist die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** eine Konfiguration, die das Basisbandsignal in ein Impulssignal wandelt und das Impulssignal sendet. Demnach entspricht die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** einer Konfiguration, die die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** veranlasst, ein Impulssignal als ein Antwortsignal zu senden, wenn die Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21** ein Impulssignal empfängt.

**[0023]** Die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** erzeugt ein Sendesignal durch Ausführen elektrischer Verarbeitung wie Modulation des Basisbandsignals, das von der Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** eingegeben wird, und sendet das Sendesignal durch die UWB-Kommunikation. Die Mobilvorrichtungsseitensendesochaltung **23** entspricht einer Konfiguration zum Senden eines Antwortsignals an das fahrzeugmontierte System **1**. In dieser Hinsicht dauert es eine vorbestimmte Zeit (nachfolgend als Antwortverarbeitungszeit  $T_a$  bezeichnet) von dem

Zeitpunkt, wenn die Mobilvorrichtung **2** das Impulssignal von dem fahrzeugmontierten System **1** empfängt, bis zu dem Zeitpunkt, wenn sie das Impulssignal als das Antwortsignal sendet. Die Antwortverarbeitungszeit  $T_{\alpha}$  ist durch eine Hardwarekonfiguration der Mobilvorrichtung **2** bestimmt. Ein angenommener Wert der Antwortverarbeitungszeit  $T_{\alpha}$  kann vorab durch Testen oder andere Mittel spezifiziert werden.

**[0024]** Ferner kann die Mobilvorrichtung **2** einen Aktivmodus und einen Schlafmodus als Operationsmodi haben. Der Aktivmodus ist ein Operationsmodus, in dem Verarbeitung (Verarbeitung bezüglich Empfang und Antwort) wie Erzeugen des Antwortsignals als eine Antwort auf das Signal, das von dem fahrzeugmontierten System **1** gesendet wird, ausführbar ist. Der Schlafmodus ist ein Operationsmodus, in dem Energieverbrauch durch Stoppen mancher oder aller der Funktionen, die durch die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** bereitgestellt werden, reduziert ist. Beispielsweise kann der Schlafmodus ein Modus sein, in dem die Operation eines Taktoszillators (nicht gezeigt) gestoppt ist. Die Mobilvorrichtungsseitensteuereinheit **22** kann konfiguriert sein, um zum Aktivmodus umzuschalten, wenn ein elektrisches Signal entsprechend dem Impulssignal von der Mobilvorrichtungsseitenempfangsschaltung **21** in dem Schlafmodus eingegeben wird.

<Konfiguration von fahrzeugmontierten System **1** >

**[0025]** Die Konfiguration des fahrzeugmontierten Systems **1** wird als nächstes beschrieben. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, beinhaltet das fahrzeugmontierte System **1** eine Positionsschätzvorrichtung **11** und mehrere fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtungen **12**. Die Positionsschätzvorrichtung **11** ist eine elektronische Steuereinheit (sogenannte ECU: Electronic Control Unit), die eine Verarbeitung zum Schätzen der Position der Mobilvorrichtung **2** basierend auf Zuständen des Empfangens durch jeweilige fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtungen **12** des Funksignals von der Mobilvorrichtung **2** ausführt (nachfolgend als die Positionsschätzverarbeitung bezeichnet). Die Positionsschätzvorrichtung **11** ist als ein Computer mit einer CPU **111**, einem Flash-Speicher **112**, einem RAM **113**, einem I/O und Busleitungen, die diese Konfigurationen verbinden, konfiguriert. Die Positionsschätzvorrichtung **11** kann unter Verwendung einer GPU oder MPU anstelle der CPU implementiert werden. Sie kann auch durch eine Kombination aus CPU, GPU und/oder MPU implementiert sein.

**[0026]** Der Flash-Speicher **112** ist ein nichtflüchtiger und wiederbeschreibbarer Speicher. Der Flash-Speicher **112** speichert ein Programm (nachstehend ein Fahrzeugprogramm), um den Computer zu veranlassen, als die Positionsschätzvorrichtung **11** zu funktionieren. Unterschiedliche nichtflüchtige

greifbare Speichermedien können als das spezifische Speichermedium für das Fahrzeugprogramm eingesetzt werden. Die Ausführung des Fahrzeugprogramms durch die CPU entspricht der Ausführung des Verfahrens entsprechend dem Fahrzeugprogramm. Der Flash-Speicher **112** speichert auch andere Daten, die Montagepositionen jeweiliger fahrzeugmontierter Kommunikationsvorrichtungen **12** in dem Fahrzeug Hv (nachfolgend als Kommunikationsvorrichtungspositionsdaten bezeichnet), den angenommenen Wert der Antwortverarbeitungszeit  $T_{\alpha}$  an der Mobilvorrichtung **2**, angenommene Werte von Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeiten  $T_{1A}$  und dergleichen angeben. Der Flash-Speicher **112** entspricht einer Parameterspeichereinheit. Die angenommenen Werte können Entwurfswerte sein, die durch Simulation bestimmt werden, oder können durch tatsächliches Testen gemessen werden.

**[0027]** Die Positionsschätzvorrichtung **11** ist mit jeder der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** verbunden, um miteinander beispielsweise über eine dedizierte Signalleitung kommunizieren zu können. Die Positionsschätzvorrichtung **11** kann mit jeder der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** verbunden sein, um miteinander über ein Kommunikationsnetzwerk kommunizieren zu können, das in dem Fahrzeug konstruiert ist.

**[0028]** Ferner ist die Positionsschätzvorrichtung **11** mit einer Karosserie-ECU und/oder einer Brennkraftmaschinen-ECU (nicht dargestellt) verbunden, um miteinander über ein Kommunikationsnetzwerk kommunizieren zu können. Die Karosserie-ECU ist eine ECU, die unterschiedliche Verarbeitungen bezüglich einer Fahrzeugkarosseriesteuerung ausführt. Beispielsweise treibt die Karosserie-ECU einen Türverriegelungsmotor, der an jeder Tür vorgesehen ist, basierend auf einer Anweisung von der Positionsschätzvorrichtung **11** an und verriegelt und entriegelt jede Tür. Die Brennkraftmaschinen-ECU ist eine ECU, die die Operation der Brennkraftmaschine steuert, die an dem Fahrzeug Hv montiert ist. Beispielsweise, wenn die Brennkraftmaschinen-ECU ein Startanweisungssignal zum Anweisen des Starts der Brennkraftmaschine von der Positionsschätzvorrichtung **11** erlangt, startet die Brennkraftmaschinen-ECU die Brennkraftmaschine. Als ein Beispiel ist das Fahrzeug Hv ein Fahrzeug, das mit einer Brennkraftmaschine als Energiequelle verbunden ist, dies ist jedoch nicht einschränkend. Das Fahrzeug Hv kann ein sogenanntes Hybridfahrzeug einschließlich einer Brennkraftmaschine und eines Motors als Energiequelle oder ein Elektrofahrzeug einschließlich nur eines Motors als Energiequelle sein.

**[0029]** Die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** sind Kommunikationsvorrichtungen

zum Ausführen von Funkkommunikation (hier die UWB-Kommunikation) mit der Mobilvorrichtung **2**. Die Operation jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** wird durch die Positionsschätzvorrichtung **11** gesteuert. Jede der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ist konfiguriert, um UWB-Kommunikation mit anderen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ausführen zu können, die ebenso an dem Fahrzeug Hv montiert sind. Das heißt, jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** ist konfiguriert, um Funkkommunikation mit der Mobilvorrichtung **2** und anderen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ausführen zu können. Es kann ausreichen, dass die Anzahl von fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12**, die in dem fahrzeugmontierten System **1** beinhaltet sind, mindestens drei ist. Mindestens eine der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ist bevorzugt in dem Fahrzeuginnenraum des Fahrzeugs Hv angeordnet. Jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** ist bevorzugt an einer Position angeordnet, wo sie sowohl durch das Innere als auch das Äußere des Fahrzeuginnenraums blicken kann.

**[0030]** Das fahrzeugmontierte System **1** der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet eine rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A**, eine linksseitige Kommunikationsvorrichtung **12B**, eine Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C** und eine Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** als die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12**. Die rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A** ist beispielsweise in der C-Säule an einem rechten Seitenabschnitt des Fahrzeugs angeordnet. Die C-Säule ist von vorne gesehen die dritte Säule. Die linksseitige Kommunikationsvorrichtung **12B** ist beispielsweise in der C-Säule an einem linken Seitenabschnitt des Fahrzeugs angeordnet. Die Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C** ist an einem oberen Endabschnitt der Heckscheibe angeordnet. Die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** ist an einer Überkopfkonsole angeordnet.

**[0031]** Jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** ist bevorzugt an einer Position angeordnet, wo sie gut sowohl durch das Innere als auch das Äußere des Fahrzeuginnenraums blicken kann. Der Grund dafür ist wie folgt. Als erstes gibt es eine Prämisse, dass Funkwellen, die bei UWB-Kommunikation verwendet werden, einfach durch Metall reflektiert werden (in anderen Worten abgeschirmt werden), und demnach veranlasst ein Abschirmungsobjekt, dass sich die Funkwelle ausbreitet, während sie gebeugt wird. In einer Konfiguration, in der Distanzmessung unter Verwendung der Ausbreitungszeit von Funkwellen wie in der vorliegenden Ausführungsform ausgeführt wird, kann ein Distanzfehler aufgrund von Beugung auftreten. Ferner, um die

Ausbreitungszeit der Funkwelle zu bestimmen, ist es erforderlich, das Signal zu empfangen, das von einer anderen UWB-Kommunikationsvorrichtung gesendet wird, und in diesem Fall verringert die Beugung durch das Abschirmungsobjekt signifikant die Funkwellenstärke. Das heißt, in einer Konfiguration, in der die Distanz unter Verwendung der Ausbreitungszeit von Funkwellen wie in der vorliegenden Ausführungsform gemessen wird, ist eine bevorzugte Konfiguration eine derartige Konfiguration, die eher ermöglicht, dass Signale, die von anderen UWB-Kommunikationsvorrichtungen gesendet werden, normal empfangbar sind, als dass die Dämpfung von Funkwellenstärke aufgrund von Beugung stattfindet.

**[0032]** Hinsichtlich des vorstehenden ist es bevorzugt, dass jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** an einer Position montiert ist, wo sie gut sowohl durch das Innere als auch das Äußere des Fahrzeuginnenraums blicken kann. Die Positionen, die es erlauben, gut durch sowohl das Innere als auch Äußere des Fahrzeugs blicken zu können, eine Decke bzw. Himmel des Fahrzeuginnenraums und unterschiedliche Säulen (insbesondere der Teil, der sich auf der Höhe des Fensters befindet). Das heißt, die Anordnung der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** wie vorstehend beschrieben entspricht einem Beispiel der Anordnung, bei der jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** an einer Position ist, die es erleichtert durch das Innere und das Äußere des Fahrzeugs zu blicken.

**[0033]** Der Installationsmodus (insbesondere die Installationsposition und die Anzahl installierter Vorrichtungen) der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ist nicht auf den vorstehend beschriebenen Modus beschränkt. Beispielsweise kann die rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A** nahe der A-Säule am rechten Seitenabschnitt des Fahrzeugs oder nahe des äußeren Türgriffs angeordnet sein, der sich auf der Tür für den Vordersitz befindet. Die linksseitige Kommunikationsvorrichtung **12B** kann alternativ an der A-Säule an dem linken Seitenabschnitt des Fahrzeugs oder an dem äußeren Türgriff angeordnet sein, der sich auf der Tür für den Vordersitz befindet. Der äußere Türgriff bezieht sich auf ein Greifelement (sogenannter Türgriff), das auf der Außenoberfläche der Tür zum Öffnen und Schließen der Tür vorgesehen ist. Der Bereich nahe des äußeren Türgriffs beinhaltet ein Inneres des äußeren Türgriffs.

**[0034]** Als ein anderer Modus kann die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** an einem Mittenabschnitt der Decke des Fahrzeuginnenraums angeordnet sein. Die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** kann an dem Mittenabschnitt der Instrumententafel in der Breitenrichtung des Fahrzeugs oder nahe der Mittelkonsolenbox angeordnet sein. Obwohl nur eine Vorderseitenkommunikationsvor-

richtung **12X** in den Zeichnungen gezeigt ist, kann mehr als eine Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** in dem Fahrzeuginnenraum vorgesehen sein.

**[0035]** Die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** kann an der B-Säule des Fahrzeugs Hv angeordnet sein. Natürlich kann sie auf der Außenoberfläche der A-Säule oder D-Säule angeordnet sein. Ferner kann die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** nahe einer Grenze (nachfolgend als ein oberer Endabschnitt der Seitenoberfläche bezeichnet) zwischen einem Seitenflächenabschnitt des Fahrzeugs Hv und einem Dachabschnitt angeordnet sein. So eine Konfiguration entspricht einer Konfiguration, in der die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** an einem Rahmenabschnitt angeordnet ist, der sich an einem oberen Seitenabschnitt des Seitenfensters befindet. Der obere Endabschnitt der Seitenoberfläche entspricht einem Dachabschnitt des Fahrzeugs Hv, bei dem ein oberer Endabschnitt der Tür des Fahrzeugs Hv in Kontakt mit dem Dach des Fahrzeugs Hv ist. Das fahrzeugmontierte System **1** kann auch eine fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** beinhalten, die einen Kommunikationsbereich innerhalb des Kofferraum hat. Das fahrzeugmontierte System **1** kann ebenso eine fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** beinhalten, die auf einem Außenoberflächenabschnitt des Fahrzeugs Hv angeordnet ist. Der Außenoberflächenabschnitt auf den jetzt Bezug genommen wird, ist ein Karosserieabschnitt, der in Kontakt mit einem Raum ist, der extern zur Fahrzeugkabine des Fahrzeugs Hv ist, und beinhaltet eine Seitenoberfläche, eine Hinterseitenoberfläche und eine Vorderseitenoberfläche des Fahrzeugs Hv.

**[0036]** Die Montageposition jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** in dem Fahrzeug Hv kann beispielsweise als ein Punkt in einem zweidimensionalen Koordinatensystem (nachfolgend als ein zweidimensionales Fahrzeugkoordinatensystem bezeichnet) repräsentiert sein, das die Mitte an einer beliebig ausgewählten Position in dem Fahrzeug Hv hat und das parallel zu einer horizontalen Fahrzeugebene ist. Die horizontale Fahrzeugebene ist eine Ebene orthogonal zur Höhenrichtung des Fahrzeugs. Die X-Achse, die das zweidimensionale Fahrzeugkoordinatensystem ausbildet, kann parallel zur Vorderseite-Rückseite-Richtung des Fahrzeugs sein und die Y-Achse kann parallel zur Fahrzeugbreitenrichtung sein. Die Mitte des zweidimensionalen Koordinatensystems kann beispielsweise die Mitte der Hinterradachse sein. Die Kommunikationsvorrichtungspositionsdaten, die die Montageposition jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** angeben, sind in dem Flash-Speicher **112** gespeichert. In der vorliegenden Ausführungsform ist als ein bevorzugter Modus jede fahrzeugmontierte

Kommunikationsvorrichtung **12** mit einer eindeutigen Kommunikationsvorrichtungsnummer versehen. Die Kommunikationsvorrichtungsnummern dienen als Informationen zum Identifizieren der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12**. In dem Flash-Speicher **112** sind die Position jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** und deren Kommunikationsvorrichtungsnummer, die miteinander verknüpft sind, als die Kommunikationsvorrichtungspositionsdaten gespeichert.

**[0037]** Jede der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** beinhaltet einen Steuer-IC **31**, eine Sendeschaltung **32** und eine Empfangsschaltung **33**, wie in **Fig. 2** gezeigt ist. Der Steuer-IC **31** ist mit jeder der Sendeschaltung **32** und der Empfangsschaltung **33** verbunden. Ferner ist der Steuer-IC **31** ferner mit der Positionsschätzvorrichtung **11** verbunden, so dass diese wechselseitig kommunizieren können. Der Steuer-IC **31** gibt an die Sendeschaltung **32** das Basisbandsignal, das von der Positionsschätzvorrichtung **11** eingegeben wird, aus und veranlasst, dass es drahtlos gesendet wird. Der Steuer-IC **31** gibt die Daten, die durch die Empfangsschaltung **33** empfangen werden, an die Positionsschätzvorrichtung **11** aus. Details des Steuer-IC **31** werden später beschrieben.

**[0038]** Die Sendeschaltung **32** erzeugt ein Impulssignal durch Ausführen elektrischer Verarbeitung des Basisbandsignals, das von dem Steuer-IC **31** eingegeben wird, wie Modulation und dergleichen und veranlasst, dass dieses Impulssignal als eine Funkwelle emittiert wird. Die Sendeschaltung **32** ist beispielsweise unter Verwendung einer Modulationsschaltung **321** und einer Sendeantenne **322** implementiert.

**[0039]** Die Modulationsschaltung **321** ist eine Schaltung, die das Basisbandsignal moduliert, das von dem Steuer-IC **31** eingegeben wird. Die Modulationsschaltung **321** erzeugt ein Modulationssignal entsprechend den Daten, die durch das Basisbandsignal angegeben sind, das von der Positionsschätzvorrichtung **11** (nachfolgend als Sendedaten bezeichnet) eingegeben wird, und sendet es an die Sendeantenne **322**. Das Modulationssignal ist ein Signal, das durch Modulieren der Sendedaten durch ein vorbestimmtes Modulationsverfahren (beispielsweise PCM-Modulationsverfahren) erlangt wird. Das Modulationssignal bedeutet eine Signalsequenz, in der mehrere Impulssignale angeordnet sind, um Zeitintervalle entsprechend den Sendedaten zu haben.

**[0040]** Die Modulationsschaltung **321** beinhaltet eine Schaltung, die ein elektrisches Impulssignal erzeugt (nachfolgend als eine Pulserzeugungsschaltung bezeichnet), und eine Schaltung, die das Impulssignal verstärkt und formt. Die Sendeantenne **322** ist eine Konfiguration, die die elektrischen Impulssignale, die durch die Modulationsschaltung **321** ausgege-



ben werden, in Funkwellen wandelt und sie in den Raum abstrahlt. Das heißt, die Sendeantenne **322** strahlt eine gepulste Funkwelle mit einer vorbestimmten Bandbreite in dem UWB-Band als ein Impulssignal ab. Gibt die Modulationsschaltung **321** das elektrische Impulssignal an die Sendeantenne **322** aus, gibt die Modulationsschaltung **321** ein Signal (nachfolgend als ein Sendungsmittelungssignal bezeichnet) an den Steuer-IC **31** aus, das angibt, dass das Impulssignal ausgegeben wurde, so dass die Modulationsschaltung **321** simultan das elektrische Impulssignal und das Signal, das angibt, dass das Impulssignal ausgegeben wurde, gleichzeitig ausgibt.

**[0041]** Die Sendeschaltung **32** der vorliegenden Ausführungsform ist so konfiguriert, dass die Anstiegszeit des Impulssignals eine Nanosekunde ist. Die Anstiegszeit ist die Zeit, die erforderlich ist, von, wenn die Signalstärke 10% der maximalen Amplitude das erste Mal überschreitet, bis, wenn sie 90% der maximalen Amplitude überschreitet. Die Anstiegszeit des Impulssignals wird durch die Hardwarekonfiguration wie die Schaltungskonfiguration der Sendeschaltung **32** bestimmt. Die Anstiegszeit des Impulssignals kann durch Simulation und/oder tatsächliches Testen spezifiziert werden. Im Allgemeinen beträgt die Anstiegszeit des Impulssignals in dem UWB-Band ungefähr 1 Nanosekunde.

**[0042]** Die Empfangsschaltung **33** ist eine Konfiguration, die Funksignale empfängt, die den Kommunikationsstandards entsprechen, die in dem Mobilvorrichtungspositionsschätzsystem **100** eingesetzt werden, wie ein Impulssignal, das als ein Antwortsignal dient, das von der Mobilvorrichtung **2** gesendet wird. Die Empfangsschaltung **33** beinhaltet beispielsweise eine Empfangsantenne **331** und eine Demodulationsschaltung **332**. Die Empfangsantenne **331** ist eine Antenne zum Empfangen eines Impulssignals. Die Empfangsantenne **331** gibt an die Demodulationsschaltung **332** ein elektrisches Impulssignal entsprechend dem Impulssignal aus, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird.

**[0043]** Wenn die Empfangsantenne **331** das Impulssignal in dem UWB-Band empfängt, führt die Demodulationsschaltung **332** elektrische Verarbeitung dieses Signals wie Demodulation zum Erzeugen eines Empfangssignals aus und gibt das Empfangssignal an die Positionsschätzvorrichtung **11** aus. Das heißt, die Demodulationsschaltung **332** ist eine Konfiguration, die eine Serie von Modulationssignalen (nachfolgend als Pulsseriensignale bezeichnet) demoduliert, die mehrere Impulssignale aufweisen, die von der Mobilvorrichtung **2** und/oder anderen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** gesendet werden, und stellt dabei die Daten wieder her, die zuvor moduliert wurden. Beispielsweise erlangt die Demodulationsschaltung **332** basierend auf den Impulssignalen, die von der Empfangsantenne **331** ein-

gegeben werden, das Pulsseriensignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** oder eine andere fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** gesendet wird.

**[0044]** Das Pulsseriensignal, das durch die Demodulationsschaltung **332** erlangt wird, ist so ein Signal, dass mehrere Impulssignale, die von der Empfangsantenne **331** eingegeben werden, in chronologischer Reihenfolge angeordnet sind, um tatsächliche Empfangsintervalle zu haben. Die Demodulationsschaltung **332** beinhaltet eine Frequenzwandlungsschaltung, die die Frequenz der Impulssignale, die durch die Empfangsantenne **331** empfangen werden, in ein Signal in einem Basisband wandelt und es an eine Verstärkerschaltung ausgibt, die den Signalpegel verstärkt, und dergleichen. Ferner, wenn das Impulssignal von der Empfangsantenne **331** eingegeben wird, gibt die Empfangsschaltung **33** ein Signal, das angibt, dass das Impulssignal empfangen wurde (nachfolgend als ein Empfangsmittelungssignal bezeichnet), an den Steuer-IC **31** aus.

**[0045]** Hierbei ist die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** als eine Antenne zum Senden (das heißt, die Sendeantenne **322**) und eine Antenne zum Empfangen (das heißt, die Empfangsantenne **331**) beinhaltend illustriert. Jedoch kann sie sowohl zum Senden und Empfangen konfiguriert sein, um ein einzelnes Antennenelement unter Verwendung eines Richtkopplers einzusetzen. Die Modulationsschaltung **321** und die Demodulationsschaltung **332** können in den Steuer-IC **31** eingebaut sein. Das heißt, die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** kann unter Verwendung einer einzelnen Antenne und eines einzelnen dedizierten IC mit unterschiedlichen Schaltungsfunktionen implementiert werden.

#### <Funktion von Steuer-IC **31** >

**[0046]** Der Steuer-IC **31**, der in der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet ist, steuert den Operationsmodus der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** basierend auf den Anweisungen von der Positionsschätzvorrichtung **11**. Die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** dieser Ausführungsform beinhaltet einen Host-Modus und einen Abfangmodus als die Operationsmodi. Der Host-Modus ist der Operationsmodus, in dem das Senden von Impulssignalen erlaubt ist (in anderen Worten, das Recht zum Senden von Impulssignalen ist gegeben). Der Host-Modus entspricht dem Operationsmodus, in dem Funkkommunikation mit anderen UWB-Kommunikationsvorrichtungen einschließlich der Mobilvorrichtung **2** ausführbar sind. Der Abfangmodus ist der Operationsmodus, in dem nur das Empfangen von Impulssignalen, die durch die Mobilvorrichtung **2** und eine andere fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** gesendet werden, ausgeführt

wird. Das heißt, der Abfangmodus ist der Operationsmodus zum Aufspüren des Impulssignals, das durch die Mobilvorrichtung **2** und eine andere fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** gesendet wird. Der Abfangmodus entspricht unter einem anderen Gesichtspunkt einem Operationsmodus, in dem das Senden von Impulssignalen verboten ist (das heißt, es besteht kein Senderecht).

**[0047]** Ob eine jeweilige fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** in dem Host-Modus oder dem Abfangmodus operiert, wird durch die Positionsschätzvorrichtung **11** gesteuert. Das heißt, der Steuer-IC **31** schaltet den Operationsmodus basierend auf dem Steuersignal um, das von der Positionsschätzvorrichtung **11** eingegeben wird. Nachfolgend wird der Einfachheit halber die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die in dem Host-Modus operiert, als die Host-Vorrichtung bezeichnet, und die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die in dem Abfangmodus operiert, wird als die Abfangvorrichtung bezeichnet. Die Host-Vorrichtung entspricht einem Sendeempfänger.

**[0048]** Der Steuer-IC **31** führt eine Umlaufzeitmessverarbeitung und eine Pulsempfangsintervallmessverarbeitung unter Verwendung eines Taktsignals aus, das von einem Taktoszillator eingegeben wird, der nicht in Zeichnungen gezeigt ist. Die Umlaufzeitmessverarbeitung misst die Umlaufzeit  $T_p$ , die eine Zeitdauer von, wenn die Sendeschaltung **32** das Impulssignal sendet, bis, wenn die Empfangsschaltung **33** das Impulssignal empfängt, ist. Die Pulsempfangsintervallmessverarbeitung misst das Pulsempfangsintervall  $T_q$ , die eine Zeitdauer von, wenn die Empfangsschaltung **33** ein Impulssignal empfängt, bis, wenn die Empfangsschaltung **33** erneut ein Impulssignal empfängt, ist.

**[0049]** Die Messung der Umlaufzeit  $T_p$  und des Pulsempfangsintervall  $T_q$  kann durch Zählen eines Taktsignals, das von einem Taktoszillator eingegeben wird, der nicht in den Zeichnungen gezeigt ist, ausgeführt werden. Beispielsweise führt in dem Host-Modus, wenn der Steuer-IC **31** durch die Positionsschätzvorrichtung **11** zum Ausführen der Messung der Umlaufzeit  $T_p$  angewiesen wird, der Steuer-IC **31** die Umlaufzeitmessverarbeitung aus. In dem Abfangmodus, wenn der Steuer-IC **31** durch die Positionsschätzvorrichtung **11** angewiesen wird, um die Messung des Pulsempfangsintervall  $T_q$  auszuführen, führt der Steuer-IC **31** die Pulsempfangsintervallmessverarbeitung aus. Die Zeitgebung des Sendens des Impulssignals durch die Sendeschaltung **32** kann unter Verwendung der Eingabe des Sendungsmittelungssignals von der Sendeschaltung **32** bestimmt werden. Die Zeitgebung des Empfangens des Impulssignals durch die Empfangsschaltung **33** kann unter Verwendung der Eingabe des Empfangsmittelungssignals von der Empfangsschaltung **33** be-

stimmt werden. Ferner ist der Steuer-IC **31** konfiguriert, um basierend auf den Anweisungen von der Positionsschätzvorrichtung **11** bidirektionale Funkkommunikationen mit einer gegebenen anderen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** auszuführen.

#### <Funktion von Positionsschätzvorrichtung **11**>

**[0050]** Die Positionsschätzvorrichtung **11** beinhaltet eine Fahrzeuginformationserlangungseinheit **F1**, eine Rollenfestlegungseinheit **F2** und eine Positionsschätzereinheit **F3**, wie in **Fig. 3** gezeigt ist, als Funktionen, die durch die CPU implementiert sind, die das Fahrzeugprogramm ausführt, das in dem Flash-Speicher **112** gespeichert ist. Manche oder alle der unterschiedlichen funktionalen Blöcke, die durch die Positionsschätzvorrichtung **11** vorgesehen sind, können als Hardware bereitgestellt werden. Ein Modus, in dem eine bestimmte Funktion als Hardware implementiert ist, beinhaltet ebenso einen Modus, in dem die bestimmte Funktion unter Verwendung eines oder mehrerer ICs implementiert ist. Ferner können manche oder alle der funktionalen Blöcke durch Kooperation von Ausführung von Software durch die CPU oder dergleichen und der Hardwarekonfiguration implementiert werden.

**[0051]** Die Fahrzeuginformationserlangungseinheit **F1** erlangt unterschiedliche Informationen, die einen Zustand des Fahrzeugs  $H_v$  (nachfolgend als Fahrzeuginformationen bezeichnet) angeben, von Sensoren, Schaltern usw., die in dem Fahrzeug  $H_v$  montiert sind. Die Fahrzeuginformationen beinhalten beispielsweise den Öffnungs-/Schließzustand der Tür, den Verriegelungs-/Entriegelungszustand jeder Tür, die Schaltposition, die durch den Schaltpositionssensor erfasst wird, den Energiezustand des Fahrzeugs  $H_v$  (beispielsweise Zündung ein/aus), den Parkbremsenoperationszustand usw. Die Typen von Informationen, die in den Fahrzeuginformationen beinhaltet sind, sich nicht auf die vorstehend beschriebenen beschränkt. Die Erfassungsergebnisse des Bremsensors, der erfasst, ob das Bremspedal, das in den Zeichnungen nicht gezeigt ist, gedrückt ist oder nicht, sind ebenso in den Fahrzeuginformationen beinhaltet.

**[0052]** Die Fahrzeuginformationserlangungseinheit **F1** bestimmt den gegenwärtigen Zustand des Fahrzeugs  $H_v$  basierend auf unterschiedlichen vorstehend beschriebenen Informationen. Beispielsweise, wenn die Brennkraftmaschine aus ist und alle Türen verriegelt sind, bestimmt die Fahrzeuginformationserlangungseinheit **F1**, dass das Fahrzeug  $H_v$  geparkt ist. Es ist unnötig zu erwähnen, dass die Bedingungen zum Bestimmen, dass das Fahrzeug  $H_v$  geparkt ist, gemäß unterschiedlichen Aspekten entworfen werden können, und unterschiedliche Bestimmungsbedingungen angewendet werden können.

**[0053]** Die Rollenfestlegungseinheit **F2** steuert den Operationsmodus jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12**. Die Rollenfestlegungseinheit **F2** veranlasst irgendeine der mehreren fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12**, als die Host-Vorrichtung zu operieren, und das Rücksetzen aller, um als die Abfangvorrichtungen zu operieren. Als ein Beispiel veranlasst die Rollenfestlegungseinheit **F2** dieser Ausführungsform die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X**, als die Host-Vorrichtung zu operieren, während sie die rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A**, die linksseitige Kommunikationsvorrichtung **12B** und die Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12** veranlasst, als die Abfangvorrichtungen zu operieren. Veranlassen als die Host-Vorrichtung zu operieren, entspricht Veranlassen, in dem Host-Modus zu operieren, das heißt, Zuweisen einer Rolle zum Kommunizieren mit der Mobilvorrichtung **2**. Ebenso entspricht Veranlassen, als die Abfangvorrichtung zu operieren, Veranlassen in dem Abfangmodus zu operieren.

**[0054]** Fig. 4 ist eine konzeptionelle Repräsentation des Flusses von Funksignalen zwischen den unterschiedlichen Konfigurationen, die durch das Mobilvorrichtungspositionsschätzsystem **100** bereitgestellt werden, wenn die vorstehenden Rollenfestlegungen implementiert sind. Da die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** als die Host-Vorrichtung operiert, wird die Funkkommunikation mit der Mobilvorrichtung **2** durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** ausgeführt. Das heißt, die Positionsschätzvorrichtung **11** veranlasst, dass ein Impulssignal (tatsächlich ein Pulsseriensignal, das mehrere Bitsequenzen angibt) von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** zur Mobilvorrichtung **2** gesendet wird. Wenn die Mobilvorrichtung **2** das Impulssignal von der Host-Vorrichtung empfängt, sendet sie ein Impulssignal als ein Antwortsignal. Das Impulssignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird, wird durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** empfangen, die als die Host-Vorrichtung agiert. Das Impulssignal, das durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** gesendet wird, die als die Host-Vorrichtung agiert, und das Impulssignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** als das Antwortsignal gesendet wird, werden durch jede der Abfangvorrichtungen, wie die rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A**, die als die Abfangvorrichtungen agiere, empfangen, wie durch die gestrichelte Linie in der Zeichnung gezeigt ist.

**[0055]** Die Positionsschätzereinheit **F3** ist eine Konfiguration, die die Positionsschätzverarbeitung ausführt. Die Positionsschätzverarbeitung wird unter Verwendung des in Fig. 5 gezeigten Ablaufdiagramms beschrieben. Die Positionsschätzverarbeitung dieser Ausführungsform beinhaltet Schritte **S101** bis **S108** als ein Beispiel. Jeder Schritt wird

hauptsächlich durch die Positionsschätzereinheit **F3** ausgeführt.

**[0056]** Die Positionsschätzverarbeitung kann periodisch (beispielsweise alle 200 Millisekunden) mit einer vorbestimmten Periode ausgeführt werden, während das Fahrzeug beispielsweise in dem geparkten Zustand ist. Die Positionsschätzverarbeitung kann konfiguriert sind, um bei einer vorbestimmten Periode ausgeführt zu werden, vorausgesetzt, dass eine Verarbeitung zum Authentifizieren der Mobilvorrichtung **2** durch kryptografische Kommunikation mit der Mobilvorrichtung **2** erfolgreich ist. Die Authentifizierung der Mobilvorrichtung **2** kann beispielsweise durch ein Challenge-Response-Verfahren durchgeführt werden. Erfolgreiche Authentifizierung entspricht der Bestimmung, dass der Kommunikationspartner des fahrzeugmontierten Systems **1** eine zugehörige Mobilvorrichtung **2** ist.

**[0057]** Als erstes wird bei Schritt **S101** eine Anweisung zur Vorbereitung der Messung der Umlaufzeit  $T_p$  an die Host-Vorrichtung abgegeben. In Antwort darauf schaltet die Host-Vorrichtung in einen Zustand um, in dem sie bereit ist, die Umlaufzeit  $T_p$  zu messen. Der Zustand der Bereitschaft zum Messen der Umlaufzeit  $T_p$  ist der Zustand, in dem, wenn das nächste Impulssignal gesendet wird, die Messung der Umlaufzeit  $T_p$  gestartet wird. Bei Schritt **S102** wird eine Anweisung zur Vorbereitung der Messung des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  an jede Abfangvorrichtung abgegeben. In Antwort darauf schaltet jede Abfangvorrichtung in einen Zustand um, in dem sie bereit ist, das Pulsempfangsintervall  $T_q$  zu messen. Der Zustand der Bereitschaft zum Messen des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  ist der Zustand, in dem, wenn das nächste Impulssignal empfangen wird, die Messung des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  gestartet wird.

**[0058]** In Schritt **S103** wird eine Anweisung zum Senden eines Impulssignals an die Host-Vorrichtung abgegeben. Basierend auf der Anweisung sendet die Host-Vorrichtung das Impulssignal an die Mobilvorrichtung **2** und startet Messen der Umlaufzeit  $T_p$ . Danach löst das Empfangen des Impulssignals durch die Host-Vorrichtung von der Mobilvorrichtung **2** aus, dass die Host-Vorrichtung die Messung der Umlaufzeit  $T_p$  beendet. Das Empfangen des Impulssignals durch die Abfangvorrichtung von der Mobilvorrichtung **2** löst ebenso aus, dass die Abfangvorrichtung die Messung des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  beendet. Das Pulsempfangsintervall  $T_q$  entspricht einem Signalempfangsintervall. Die Abfangvorrichtung ist bevorzugt konfiguriert, um identifizieren zu können, ob die Quelle des empfangenen Impulssignals die Host-Vorrichtung oder die Mobilvorrichtung **2** ist, durch das Frequenzband des Signals, einen Code, der in dem Signal beinhaltet ist, oder dergleichen.

**[0059]** Bei Schritt **S104** wird die Umlaufzeit  $T_p$  von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** erlangt, die als die Host-Vorrichtung agiert. Bei Schritt **S105** wird basierend auf der Umlaufzeit  $T_p$ , der ersten Ausbreitungszeit **T12**, die die Ausbreitungszeit des Impulssignals von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** zur Mobilvorrichtung **2** ist, berechnet. Basierend auf der ersten Ausbreitungszeit **T12** wird die Distanz von der Host-Vorrichtung zur Mobilvorrichtung **2** geschätzt. Insbesondere wird die Einwegesignallaufzeit durch Subtrahieren des angenommenen Werts der Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  an der Mobilvorrichtung **2** von der Umlaufzeit  $T_p$  und dann Dividieren des berechneten Werts durch 2 berechnet. Die Einwegesignallaufzeit von der Host-Vorrichtung zur Mobilvorrichtung **2** entspricht einer ersten Ausbreitungszeit **T12**. Die Signallaufzeit entspricht einer Ausbreitungszeit eines Funksignals. Die Distanz von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X**, die als die Host-Vorrichtung agiert, zur Mobilvorrichtung **2** wird dann durch Multiplizieren der ersten Ausbreitungszeit **T12** mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Funkwellen in der Luft berechnet. Schritt **S105** entspricht einer ersten Ausbreitungszeitbestimmungseinheit.

**[0060]** Bei Schritt **S106** werden die Pulsempfangsintervalle  $T_q$  von jeweiligen Abfangvorrichtungen erlangt. Bei Schritt **S107** wird die zweite Ausbreitungszeit **T2A** für jede Abfangvorrichtung basierend auf dem Pulsempfangsintervall  $T_q$  und der Umlaufzeit  $T_p$  geschätzt, die durch eine jeweilige Abfangvorrichtung beobachtet werden. Die zweite Ausbreitungszeit **T2A** für eine bestimmte Abfangvorrichtung entspricht der Signallaufzeit, die das Impulssignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird, benötigt, um sich von der Mobilvorrichtung **2** zu dieser bestimmten Abfangvorrichtung auszubreiten. Dann wird die Distanz von jeder Abfangvorrichtung zur Mobilvorrichtung **2** durch Multiplizieren der zweiten Ausbreitungszeit **T2A** für jede Abfangvorrichtung mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Funkwelle berechnet. Schritt **S107** entspricht einer zweiten Ausbreitungszeitbestimmungseinheit.

**[0061]** Fig. 6 und Fig. 7 werden nun verwendet, um eine Beziehung zwischen der Umlaufzeit  $T_p$  und dem Pulsempfangsintervall  $T_q$ , das an einer Abfangvorrichtung (beispielsweise rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A**) beobachtet wird, und eine Durchführbarkeit der Berechnung der Ausbreitungszeit des Signals (und somit der Distanz) von der Mobilvorrichtung **2** zu dieser Abfangvorrichtung basierend auf der Umlaufzeit  $T_p$  und dem Pulsempfangsintervall  $T_q$  zu erläutern. Fig. 6 und Fig. 7 zeigen konzeptionell die Operationen in einer einzelnen Positionsschätzverarbeitung der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X**, die als die Host-Vorrichtung agiert, der rechtsseitigen Kommunikati-

onsvorrichtung **12A**, die als die Abfangvorrichtung agiert, und der Mobilvorrichtung **2**.

**[0062]** **T12** in der Zeichnung bezeichnet die Zeitdauer, die das Impulssignal, das durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** gesendet wird, benötigt, um sich zur Mobilvorrichtung **2** auszubreiten (das heißt, die erste Ausbreitungszeit); **T21** bezeichnet die Signallaufzeit, die das Impulssignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird, benötigt, um sich zur Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** auszubreiten. Da die Ausbreitungszeit des Impulssignals von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** zur Mobilvorrichtung **2** für den Hin- und Rückweg als gleich erachtet werden kann, ist eine Beziehung **T12** = **T21** gegeben. **T1A** bezeichnet die Signallaufzeit (nachfolgend als die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit bezeichnet), die das Impulssignal, das durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** gesendet wird, benötigt, um sich zur rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung **12A** auszubreiten. **T2A** bezeichnet die Signallaufzeit (das heißt, die zweite Ausbreitungszeit), die das Impulssignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird, benötigt, um sich zur rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung **12A** auszubreiten.

**[0063]** Die Umlaufzeit  $T_p$  ist gleich der Summe von: der Zeit **T12**, die durch das Impulssignal, das durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** gesendet wird, benötigt wird, um sich zur Mobilvorrichtung **2** auszubreiten; der Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  an der Mobilvorrichtung **2**; und der Zeit, die das Impulssignal, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird, benötigt, um sich zur Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** auszubreiten. Das heißt, die Beziehung  $T_p = T_{12} + T_{21} + T_\alpha$  wird hergestellt. Demnach ist die erste Ausbreitungszeit **T12** durch Einsetzen der Umlaufzeit  $T_p$ , die durch die Host-Vorrichtung beobachtet wird, in den nachfolgenden Ausdruck 1 bestimmbar. Als die Antwortverarbeitungszeit kann der angenommene Wert, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, angewendet werden. Als die Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  kann der tatsächliche Wert, der durch die Mobilvorrichtung **2** gemessen wird, angewendet werden, wie nachfolgend separat als die Modifikation 1 beschrieben ist.

$$T_{12} = (T_p - T_\alpha) / 2 \quad (\text{Ausdruck 1})$$

**[0064]** Als nächstes wird ein Verfahren zum Berechnen der zweiten Ausbreitungszeit **T2A** beschrieben. Der Wert, der durch Aufsummieren der zweiten Ausbreitungszeit **T2A** und der ersten Ausbreitungszeit **T12** und der Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  an der Mobilvorrichtung **2** gegeben ist, ist gleich dem Wert, der durch Aufsummieren des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  und der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahr-

zeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  gegeben ist. Demnach ist die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  durch den nachfolgenden Ausdruck 2 bestimmbar.

$$T_{2A} = T_q + T_{1A} - (T_{12} + T_\alpha) = T_q + T_{1A} - T_p / 2 + T_\alpha / 2$$

(Ausdruck 2)

**[0065]** Das heißt, wie in dem vorstehenden Ausdruck 2 gezeigt ist, kann die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$ , die als ein Indikator der Distanz von der Mobilvorrichtung 2 zur rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung 12A dient, basierend auf dem Pulsempfangsintervall  $T_q$ , der Umlaufzeit  $T_p$ , der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  und der Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  berechnet werden. Das heißt, der vorstehende Ausdruck 2 zeigt, dass die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  unter Verwendung der ersten Ausbreitungszeit  $T_{12}$  berechnet werden kann.

**[0066]** Hierbei ist die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  ein Parameter, der gemäß der Distanz von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung 12X zur rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung 12A bestimmt wird. Da die Distanz von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung 12X zur rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung 12A konstant ist, ist die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  im Allgemeinen konstant. Der Flash-Speicher 112 der vorliegenden Ausführungsform speichert den angenommenen Wert der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$ , wie vorstehend beschrieben ist.

**[0067]** Die Positionsschätzeinheit F3 berechnet die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  durch Einsetzen der Umlaufzeit  $T_p$ , des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  und unterschiedlicher Parameter, die in dem Flash-Speicher 112 gespeichert sind, in den Ausdruck 2. Dann berechnet die Positionsschätzeinheit F3 die Distanz von der Mobilvorrichtung 2 zur rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung 12A durch Multiplizieren der zweiten Ausbreitungszeit  $T_{2A}$ , die durch das vorstehende bestimmt wird, mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Funkwellen in der Luft.

**[0068]** Vorstehend wurde als ein Beispiel ein Verfahren zum Berechnen der zweiten Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  und der Distanz von der rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung 12A zur Mobilvorrichtung 2 basierend auf der Umlaufzeit  $T_p$  und dem Pulsempfangsintervall  $T_q$ , das an der rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung 12A beobachtet wird, beschrieben. Auf ähnliche Weise werden die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  und Distanz (das heißt, Distanz zwischen der Abfangvorrichtung und der Mobilvorrichtung) von einer anderen Abfangvorrichtung zur Mobilvorrichtung 2 aus dem Pulsempfangsintervall  $T_q$  und

der Umlaufzeit  $T_p$ , die an der Abfangvorrichtung beobachtet wird, berechnet.

**[0069]** Gemäß Fig. 5, wenn die Berechnung der Distanzen von jeweiligen Abfangvorrichtungen zur Mobilvorrichtung 2 bei Schritt S107 abgeschlossen ist, wird Schritt S108 ausgeführt. Bei Schritt S108 wird die Position der Mobilvorrichtung 2 bezüglich des Fahrzeugs basierend auf den Distanzen zu der Mobilvorrichtung 2 von der Host-Vorrichtung und zu jeweiligen Abfangvorrichtungen (das heißt, von jeweiligen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen) und den Montagepositionen jeweiliger fahrzeugmontierter Kommunikationsvorrichtungen geschätzt. Die Distanz von der Host-Vorrichtung zur Mobilvorrichtung 2 wird aus der ersten Ausbreitungszeit  $T_{12}$  abgeleitet und die Distanz von der Abfangvorrichtung zur Mobilvorrichtung 2 wird aus der zweiten Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  abgeleitet. Demnach entspricht Schätzen der Position der Mobilvorrichtung 2 basierend auf den Distanzen von den fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen zur Mobilvorrichtung 2 Schätzen der Position der Mobilvorrichtung 2 basierend auf der ersten Ausbreitungszeit und der zweiten Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  für jede Abfangvorrichtung.

**[0070]** Als ein Verfahren zum Berechnen der Position der Mobilvorrichtung 2 unter Verwendung der Position jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung und der Informationen über die Distanzen von jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung zur Mobilvorrichtung 2 kann ein Berechnungsalgorithmus verwendet werden, der in Satellitenpositionsbestimmungssystemen oder dergleichen verwendet wird. Die Position der Mobilvorrichtung 2 bezüglich des Fahrzeugs  $H_v$  kann als ein Punkt in einem zweidimensionalen Koordinatensystem parallel zur Straßenebene (das heißt, das zweidimensionale Fahrzeugkoordinatensystem) repräsentiert sein.

**[0071]** Die Position der Mobilvorrichtung 2 kann basierend auf den Distanzen von mindestens drei fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen 12 und den Positionen dieser drei fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen 12 geschätzt werden.

**[0072]** Wie konzeptionell in Fig. 8 gezeigt ist, entspricht die Position der Mobilvorrichtung 2 den Koordinaten eines Schnittpunkts von Kreisen (oder Kugeln), die für jeweilige fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtungen 12 gezeichnet sind, wobei ein jeweiliger Kreis seine Mitte an der Montageposition dieser fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 hat und sein Radius die geschätzte Distanz von dieser fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 zur Mobilvorrichtung 2 ist. Der Kreis  $C_x$ , der als eine durchgezogene Linie in Fig. 8 gezeigt ist, bezeichnet einen Kreis mit dem Radius  $R_x$  und der Mitte an der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung

**12X.** Der Radius  $R_x$  ist auf die geschätzte Distanz von der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** zur Mobilvorrichtung **2** festgelegt. Der Kreis  $C_a$ , der durch eine einfach gepunktete Linie gezeigt ist, bezeichnet einen Kreis mit dem Radius  $R_a$  und der Mitte an der rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung **12A**. Der Radius  $R_a$  ist auf die geschätzte Distanz von der rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung **12A** zur Mobilvorrichtung **2** festgelegt. Der Kreis  $C_b$ , der durch eine doppelt gepunktete Linie angegeben ist, bezeichnet einen Kreis mit dem Radius  $R_b$  und der Mitte an der linksseitigen Kommunikationsvorrichtung **12B**. Der Radius  $R_b$  ist auf die geschätzte Distanz von der linksseitigen Kommunikationsvorrichtung **12B** zur Mobilvorrichtung **2** festgelegt. Die gepunktete Linie  $C_c$  bezeichnet einen Kreis mit dem Radius  $R_c$  und der Mitte an der Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C**. Der Radius  $R_c$  ist auf die geschätzte Distanz von der Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C** zur Mobilvorrichtung **2** festgelegt. Der Punkt  $P_m$  in **Fig. 8** bezeichnet die Position der Mobilvorrichtung **2**. Die Position der Mobilvorrichtung **2** kann an dem Punkt sein, wo die Distanzen vom jeweiligen Kreis minimal sind.

#### <Zusammenfassung von Ausführungsform>

**[0073]** In der vorstehend erwähnten Ausführungsform sendet die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X**, die als die Host-Vorrichtung agiert, das Impulssignal zur Positionsschätzung an die Mobilvorrichtung **2** und die Mobilvorrichtung **2** sendet das Impulssignal als Antwortsignal als eine Antwort auf das Impulssignal, das durch die Host-Vorrichtung gesendet wird. Die Host-Vorrichtung misst die Umlaufzeit  $T_p$  und meldet sie der Positionsschätzvorrichtung **11**, wobei die Umlaufzeit  $T_p$  die Zeitdauer vom Senden des Impulssignals zur Mobilvorrichtung **2** bis zum Empfangen durch die Empfangsschaltung **33** des Impulssignals ist. Die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** (das heißt, die Abfangvorrichtung) mit Ausnahme der Host-Vorrichtung misst und meldet an die Positionsschätzvorrichtung **11** das Pulsempfangsintervall  $T_q$ , das von der Zeit, zu der sie das Impulssignal empfängt, das von der Host-Vorrichtung gesendet wird, bis zur Zeit ist, zu der sie das Impulssignal empfängt, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird. Dann berechnet die Positionsschätzvorrichtung **11** (in anderen Worten schätzt) die Position der Mobilvorrichtung **2** bezüglich des Fahrzeugs  $H_v$  basierend auf einer Umlaufzeit und mehreren Pulsempfangsintervallen  $T_q$ , die an jeweiligen Abfangvorrichtungen beobachtet werden.

**[0074]** Gemäß dieser Konfiguration kann die Position der Mobilvorrichtung **2** durch ein einzelnes Senden und Empfangen von Signalen zwischen dem fahrzeugmontierten System **1** und der Mobilvorrichtung **2** geschätzt werden. In anderen Worten besteht keine Notwendigkeit, dass mehrere fahrzeugmontier-

te Kommunikationsvorrichtungen **12** individuell Funkkommunikation mit der Mobilvorrichtung **2** ausführen. Demnach kann in dem Mobilvorrichtungspositionsschätzsystem, das die Position der Mobilvorrichtung **2** bezüglich des Fahrzeugs  $H_v$  basierend auf der Ausbreitungszeit des Funksignals schätzt, die Anzahl von Malen wie oft Funkkommunikationen mit der Mobilvorrichtung **2** zur Positionsschätzung ausgeführt wird, beschränkt werden.

**[0075]** Die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wurde vorstehend beschrieben. Die vorliegende Offenbarung soll nicht auf die vorstehende Ausführungsform beschränkt sein, aber hat einen technischen Umfang, der unterschiedliche Modifikationen abdeckt, die nachstehend beschrieben sind, und kann ebenso mit unterschiedlichen Änderungen implementiert werden, die nachfolgend nicht beschrieben sind, ohne den Geist und Umfang der vorliegenden Offenbarung zu verlassen. Beispielsweise können unterschiedliche nachstehend beschriebene Modifikationen in Kombination in einem angemessenen Ausmaß implementiert werden, dass keine technische Inkonsistenz verursacht. Es ist zu beachten, dass Abschnitte, die gleiche Funktionen wie die in der vorstehenden Ausführungsform haben, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind, und ihre Beschreibung wird weggelassen. In einem Fall, in dem nur ein Teil der Konfiguration beschrieben ist, ist die vorhergehende Ausführungsform auf den verbleibenden Teil der Konfiguration anwendbar.

#### <Modifikation 1>

**[0076]** In der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird ein Entwurfswert, der in dem Flash-Speicher **112** vorregistriert ist (in anderen Worten der angenommene Wert) als die Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  verwendet, aber dies ist nicht beschränkend. Die Mobilvorrichtung **2** kann konfiguriert sein, um unter Verwendung eines in den Zeichnungen nicht gezeigten Zeitgebers die Antwortverarbeitungszeit zu messen, die benötigt wird, von, wenn die Mobilvorrichtung **2** das Signal von der Host-Vorrichtung empfängt, bis, wenn die Mobilvorrichtung **2** das Antwortsignal als eine Antwort sendet, und um die gemessene Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  an die Host-Vorrichtung durch Funkkommunikation zu senden.

**[0077]** Wie in **Fig. 9** gezeigt ist, kann die Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$ , die durch die Mobilvorrichtung **2** gemessen wird, durch eine Datenkommunikation mitgeteilt werden, die separat von dem Impulssignal  $P_s$  zur Positionsschätzung ist. Beispielsweise ist die Mobilvorrichtung **2** konfiguriert, um ein Pulsersignalsignal (nachfolgend als das Verarbeitungszeitmittlungssignal  $S_g$  bezeichnet), das den tatsächlich gemessenen Wert der Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  (in anderen Worten die tatsächliche Verarbeitungszeit) zu einer Zeit angibt, wenn eine vorbestimmte Zeit

abgelaufen ist, seit das Impulssignal zur Positionsschätzung gesendet wurde. Wenn die tatsächliche Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  durch ein einzelnes Impulssignal repräsentiert werden kann, kann die Mobilvorrichtung **2** konfiguriert sein, um in der Positionsschätzverarbeitung das Impulssignal zu senden, das die tatsächliche Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  angibt.

**[0078]** Wenn die Host-Vorrichtung der vorliegenden Modifikation das Verarbeitungszeitmitteilungssignal von der Mobilvorrichtung **2** empfängt, versorgt die Host-Vorrichtung die Positionsschätzvorrichtung **11** mit Daten, die den tatsächlich gemessenen Wert der Antwortverarbeitungszeit angeben, die in dem empfangenen Verarbeitungszeitmitteilungssignal  $S_g$  angegeben ist. Wenn die Positionsschätzvorrichtung **11** den tatsächlichen gemessenen Wert der Antwortverarbeitungszeit von der Host-Vorrichtung erlangt, speichert die Vorrichtung **11** die Daten in dem RAM **113** und verwendet sie, um die erste Ausbreitungszeit  $T_{12}$  und die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  für jede Abfangvorrichtung zu berechnen. In der Konfiguration entspricht das RAM **113** einer Antwortverarbeitungszeitaufbewahrungseinheit.

**[0079]** Gemäß der in der Modifikation 1 offenbarten Konfiguration kann das fahrzeugmontierte System **1** eine Distanz von jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** zur Mobilvorrichtung **2** unter Verwendung der tatsächlichen Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  der Mobilvorrichtung **2** berechnen. Gemäß dieser Konfiguration kann die Genauigkeit zum Schätzen der Distanz von jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** zur Mobilvorrichtung **2** verbessert werden. Ferner muss die Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  der Mobilvorrichtung **2** nicht konstant sein, wodurch die Software-Erweiterbarkeit der Mobilvorrichtung **2** erhöht wird.

(Modifikation 2)

**[0080]** Die Rollenfestlegungseinheit **F2**, die durch die Positionsschätzvorrichtung **11** vorgesehen ist, kann konfiguriert sein, um dynamisch die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** zu ändern, die als die Host-Vorrichtung operiert, wie in **Fig. 10** gezeigt ist. Beispielsweise, jedes Mal, wenn die Positionsschätzverarbeitung ausgeführt wird, kann die Rollenfestlegungseinheit **F2** konfiguriert sein, um die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die als die Host-Vorrichtung agiert, in der Reihenfolge der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X**, der rechtsseitigen Kommunikationsvorrichtung **12A**, der linksseitigen Kommunikationsvorrichtung **12B** und der Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C** zu ändern (in anderen Worten ersetzen). Diese Konfiguration entspricht einer Konfiguration, in der die Host-Vorrichtung rotierend geändert wird.

**[0081]** Gemäß dieser Art von Konfiguration, sogar, wenn eine Fehlfunktion in der Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** auftritt, kann, solange eine andere fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** normal operiert, die Position der Mobilvorrichtung **2** geschätzt werden, indem die normale fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** veranlasst wird, als die Host-Vorrichtung zu operieren. Das heißt, sie kann die Robustheit des Mobilvorrichtungsschätzsystems erhöhen.

**[0082]** Eine alternative Konfiguration kann so sein, dass eine Position, die durch Mitteln der Ergebnisse mehrerer Positionsschätzverarbeitungen erlangt wird, die ausgeführt werden, während die Host-Vorrichtung geändert wird, als die gegenwärtige Position der Mobilvorrichtung **2** eingesetzt wird. Da die Positionen jeweiliger fahrzeugmontierter Kommunikationsvorrichtungen **12** unterschiedlich sind, ändert die Änderung in der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12**, die als die Host-Vorrichtung agiert, einen Einflussgrad des Mehrweges auf die Umlaufzeit  $T_p$  und das Pulsempfangsintervall  $T_q$ . Demnach kann diese Konfiguration den Einfluss eines Mehrweges reduzieren, der durch die Umgebung um das Fahrzeug  $H_v$  herum verursacht wird.

(Modifikation 3)

**[0083]** In der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird der Entwurfswert (in anderen Worten der angenommene Wert), der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, als die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  von der Host-Vorrichtung zur Abfangvorrichtung verwendet, wobei dies jedoch keine Beschränkung darstellt. Die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  kann ein Wert sein, der durch tatsächliches Ausführen von Funkkommunikation zwischen der Host-Vorrichtung und jeder Abfangvorrichtung mit einer vorbestimmten Zeitgebung gemessen wird (das heißt, ein tatsächlich gemessener Wert).

**[0084]** Beispielsweise wählt die Positionsschätzvorrichtung **11** die Abfangvorrichtung, die ein Messziel ist (nachfolgend als die Messzielvorrichtung bezeichnet) unter mehreren Abfangvorrichtungen aus und operiert die Messzielvorrichtung in einem Operationsmodus, in dem die Messzielvorrichtung ein Impulssignal als ein Antwortsignal sendet, wenn die Messzielvorrichtung ein Impulssignal von der Host-Vorrichtung empfängt. Dann veranlasst die Positionsschätzvorrichtung **11** die Host-Vorrichtung, das Impulssignal an die Messzielabfangvorrichtung zu senden.

**[0085]** Wenn die Messzielabfangvorrichtung das Impulssignal von der Host-Vorrichtung empfängt, sendet die Messzielabfangvorrichtung das Impulssignal als das Antwortsignal. Die Host-Vorrichtung erlangt

die Zeitdauer zwischen Senden des Impulssignals und Empfangen des Impulssignals von der Messzielabfangvorrichtung (das heißt, die Umlaufzeit). Der Wert, der durch Subtrahieren der Antwortverarbeitungszeit an der Zielvorrichtung von der Umlaufzeit, die durch die vorstehende Verarbeitung erlangt wird, und dann Dividieren durch 2 erlangt wird, ist die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A von der Host-Vorrichtung zur Zielvorrichtung. Diese Berechnungsverarbeitung kann beispielsweise durch die Positionsschätzereinheit **F3** ausgeführt werden. Ein vorbestimmter Wert kann als die Antwortverarbeitungszeit der Zielvorrichtung angewendet werden.

**[0086]** Wenn die Fahrzeugenergieversorgung zum Fahren ausgeschaltet wird oder, wenn die Schaltposition auf die Parkposition oder dergleichen festgelegt wird, kann die Funkkommunikation zum Messen der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A beispielsweise als eine vorbereitende Operation für die Positionsschätzverarbeitung ausgeführt werden. Die Messzielvorrichtung kann sequentiell geändert werden. Das heißt, die Funkkommunikation zum Messen der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A kann für jede Kombination der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ausgeführt werden. Die Funkkommunikation zum Bestimmen der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A kann periodisch mit einem vorbestimmten Zyklus unabhängig von der Positionsschätzverarbeitung ausgeführt werden.

#### <Modifikation 4>

**[0087]** Bezüglich der vorstehenden Modifikation 3 kann die Positionsschätzvorrichtung **11** bestimmen, ob die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** an einer vorbestimmten Position des Fahrzeugs montiert ist, basierend auf der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A, die erlangt wird, in dem die bidirektionale Funkkommunikation zwischen den fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ausgeführt wird. Bestimmen, ob die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** an der vorbestimmten Position in dem Fahrzeug montiert ist, entspricht bestimmen, ob ein Kommunikationsmodul insgesamt von dem Fahrzeug Hv entfernt wurde, um die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** von dem Fahrzeug Hv zu entfernen, und ob es ein Auftreten einer Basisbandsignal-Relay-Attacke (baseband signal relay) gibt.

**[0088]** Wenn die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** von dem Fahrzeug Hv entfernt wurde und es kein Auftreten der Basisbandsignal-Relay-Attacke gibt, entspricht dies einer Zu-

nahme der Distanz zwischen den fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** und demnach ist die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A in diesem Fall relativ groß. Andererseits, wenn die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** normal in dem Fahrzeug installiert ist, wird erwartet, dass die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A innerhalb eines bestimmten Bereichs ist. Demnach, wenn die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A, die durch tatsächliche Funkkommunikation zwischen den fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** erlangt wird, außerhalb des vorbestimmten normalen Bereichs ist, gibt dies eine Wahrscheinlichkeit an, dass die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** von dem Fahrzeug Hv entfernt wurden und es ein Auftreten der Basisbandsignal-Relay-Attacke gibt. Der normale Bereich der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A kann vorab durch Testen und/oder andere Mittel spezifiziert werden und kann in dem Flash-Speicher **112** registriert sein. Die Untergrenze des normalen Bereichs kann angemessen beispielsweise auf 0 Sekunden festgelegt werden. Der normale Bereich kann nur durch die Obergrenze definiert sein. Die Obergrenze des normalen Bereichs kann auf eine Stufe wie beispielsweise 33 Nanosekunden festgelegt werden, für die angenommen wird, dass sie nicht beobachtet wird, wenn die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** an dem Fahrzeug Hv angebracht ist. Die 33 Nanosekunden sind eine Länge, die darauf hindeutet, dass die Distanz zwischen den fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** ungefähr 10 Meter ist.

**[0089]** Während sich das Fahrzeug Hv beispielsweise in dem geparkten Zustand befindet, veranlasst die Positionsschätzvorrichtung **11** der vorliegenden Modifikation periodisch die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen zum Ausführen von Funkkommunikationen miteinander für jede Kombination fahrzeugmontierter Kommunikationsvorrichtungen, die so eine Positionsbeziehung zueinander haben, die es ermöglicht die Funkkommunikationen auszuführen, wodurch die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A für jede Kombination der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** erlangt wird. Danach wird bestimmt, ob diese Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeiten T1A normale Werte sind. Wenn es unter den mehreren Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeiten T1A die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit T1A gibt, die von dem normalen Bereich abweicht, kann bestimmt werden, dass die fahrzeugübergreifende Kommunikationsvorrichtung **12**, die in dem Fahrzeug Hv angeordnet ist, von dem Fahrzeug Hv durch Entfernen des Kommunikationsmoduls insgesamt entfernt wur-



de und dass die Relay-Attacke am Basisbandsignalpegel ausgeführt wird.

**[0090]** Wird bestimmt, dass die vorstehende Relay-Aktion (sogenannte Relay-Attacke) stattfindet, verbietet die Positionsschätzvorrichtung **11** beispielsweise die Operation des elektronischen Fahrzeugschlüsselsystems. Das elektronische Fahrzeugschlüsselsystem, auf das hier Bezug genommen wird, bedeutet ein System, in dem das fahrzeugmontierte System **1** und die Mobilvorrichtung **2** drahtlos miteinander unter Verwendung in Funkwellen in einem vorbestimmten Frequenzband kommunizieren, so dass das fahrzeugmontierte System **1** die Mobilvorrichtung **2** authentifiziert und eine vorbestimmte Fahrzeugsteuerung wie Entriegeln der Türen und Starten der Brennkraftmaschine ausführt. Das elektronische Fahrzeugschlüsselsystem entspricht einem sogenannten smarten Zugangssystem (Smart Entry System).

**[0091]** Wenn die Positionsschätzvorrichtung **11** bestimmt, dass die vorstehende Relay-Aktion stattfindet, kann die Positionsschätzvorrichtung **11** konfiguriert sein, um mit einer Weitverkehrskommunikationsvorrichtung, die in den Zeichnungen nicht gezeigt ist, zu kooperieren, um Kontaktinformationen (beispielsweise Telefonnummer oder Emailadresse eines Benutzers oder einer Sicherheitsfirma), die vorab in dem Flash-Speicher **112** registriert wurden, als Notfallkontaktinformationen mitzuteilen. Der Ausdruck „Weitverkehrskommunikationsvorrichtung“ bezieht sich auf eine Kommunikationsvorrichtung für drahtlosen Zugriff auf ein öffentliches Kommunikationsnetzwerk, das durch einen Telekommunikationsanbieter bereitgestellt wird, wie ein Mobilfunknetz oder das Internet.

**[0092]** Gemäß der vorstehenden Konfiguration, die als die vorliegende Modifikation offenbart ist, kann unterdrückt werden, dass das Fahrzeug Hv illegal verwendet wird, sogar, wenn die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die in dem Fahrzeug Hv angeordnet ist, von dem Fahrzeug Hv durch Entfernen des Moduls insgesamt entfernt wird und das Basisbandsignalpegel-Relay-Attacke stattfindet.

<Modifikation 5>

**[0093]** Das Signal, das zur Positionsschätzung gesendet und empfangen wird, muss kein einzelnes Impulssignal sein, sondern kann ein Pulsseriensignal mit einer bestimmten Länge sein, wie in **Fig. 11** gezeigt ist. Eine Ausführungsform entsprechend der vorstehenden Idee ist nachfolgend als die Modifikation 5 beschrieben.

**[0094]** Die Host-Vorrichtung in dieser Modifikation sendet das Pulsseriensignal (nachfolgend als das Antwortanforderungssignal Sa bezeichnet), das ein

bestimmte Bitfolge repräsentiert, die die Mobilvorrichtung **2** auffordert, das Antwortsignal zu senden. Die Host-Vorrichtung misst als die Umlaufzeit  $T_p$  beispielsweise die Zeitdauer von, wenn die Host-Vorrichtung den ersten Impuls des Antwortanforderungssignal Sa sendet, bis, wenn die Host-Vorrichtung das Ende des Antwortsignals Sb von der Mobilvorrichtung **2** empfängt. Wenn die Mobilvorrichtung **2** das Antwortanforderungssignal Sa von der Host-Vorrichtung empfängt, sendet die Mobilvorrichtung **2** das Pulsseriensignal, das eine bestimmte Folge von Bits repräsentiert, als das Antwortsignal Sb. Die Länge  $T_y$  (in anderen Worten die Anzahl von Bits) des Antwortsignals Sb ist bevorzugt gleich zu der Länge  $T_\beta$  des Antwortanforderungssignal Sa festgelegt, um die nachfolgend beschriebene Berechnungsverarbeitung zu vereinfachen. Hierbei wird als Beispiel das Festlegen von  $T_y = T_\beta$  angenommen.

**[0095]** Gemäß dieser Festlegung kann die Zeit, die erforderlich ist, dass sich das Funksignal, das durch die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** gesendet wird, zur Mobilvorrichtung **2** ausbreitet (das heißt, die erste Ausbreitungszeit **T12**), durch den folgenden Ausdruck 3 bestimmt werden. Die Längen  $T_\beta$  und  $T_y$  der verwendbaren Signale können die angenommenen Werte sein, die in dem Flash-Speicher **112** gespeichert sind.

$$T_{12} = (T_p - T_\alpha - T_\beta - T_\gamma) / 2 = (T_p - T_\alpha - 2 \cdot T_\beta) / 2$$

(Ausdruck 3)

**[0096]**  $T_{2A}$ , das die Distanz von der Host-Vorrichtung zur Abfangvorrichtung bezeichnet, kann durch den nachfolgenden Ausdruck 4 bestimmt werden.

$$\begin{aligned} T_{2A} &= T_q + T_{1B} - T_\gamma - (T_{12} + T_\beta + T_\alpha) \\ &= T_q + T_{1A} + T_\beta - T_{12} - T_\beta - T_\alpha \\ &= T_q + T_{1A} + T_{12} - T_\alpha \end{aligned}$$

(Ausdruck 4)

**[0097]** In dem vorstehenden Ausdruck 4 kann die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  ein Wert sein, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, oder ein gemessener Wert, der durch das in der Modifikation 3 beschriebene Verfahren bestimmt wird. Die erste Ausbreitungszeit **T12** kann durch den vorstehenden Ausdruck 3 bestimmt werden. Die Antwortverarbeitungszeit  $T_\alpha$  an der Mobilvorrichtung **2** kann ein Wert sein, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, oder der tatsächliche gemessene Wert, der durch die Mobilvorrichtung **2** mitgeteilt wird, wie vorstehend in der Modifikation 1 beschrieben ist.

**[0098]** Die Positionsschätzereinheit **F3** kann die zweite Ausbreitungszeit  $T_{2A}$  bestimmen, die als ein Indikator der Distanz von der Mobilvorrichtung **2** zur

Abfangvorrichtung dient, durch Berechnen des vorstehenden Ausdrucks 4. Demzufolge kann die Distanz von der Mobilvorrichtung 2 zur Abfangvorrichtung ebenso berechnet werden. Das heißt, die vorliegende Modifikation hat die gleiche Wirkung wie die vorstehend erwähnte Ausführungsform.

**[0099]** Das Antwortanforderungssignal  $S_a$  beinhaltet bevorzugt einen Code, der angibt, dass das Ziel die Mobilvorrichtung 2 ist. Das Antwortsignal  $S_b$  beinhaltet bevorzugt einen Code, der angibt, dass das Ziel die Host-Vorrichtung ist, und/oder beinhaltet die Antwortverarbeitungszeit  $T_a$ . Das Antwortsignal  $S_b$  kann als ein Signal konfiguriert sein, das einen Antwortcode enthält, der in der Authentifizierungsverarbeitung des Challenge-Response-Verfahrens verwendet wird.

#### <Modifikation 6>

**[0100]** In der vorstehend beschriebenen Ausführungsform meldet jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung 12 der Positionsschätzvorrichtung 11 die Länge der Zeit zwischen einem vorbestimmten Ereignis, das auftritt, und einem vorbestimmten Ereignis, das auftritt, wie die Umlaufzeit  $T_p$  und das Pulsempfangsintervall  $T_q$ , wobei dies jedoch keine Beschränkung darstellt. Wie in Fig. 12 gezeigt ist, kann jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung 12 konfiguriert sein, um sequentiell der Positionsschätzvorrichtung 11 die Zeit zu melden, wenn sie das Impulssignal sendet, und die Zeit, wenn sie das Impulssignal empfängt. Das Ereignis bezieht sich hierbei auf das Senden des Impulssignals oder das Empfangen des Impulssignals.

**[0101]** Das fahrzeugmontierte System 1 der vorliegenden Modifikation ist derart konfiguriert, dass jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung 12 sequentiell das Auftreten der vorbestimmten Ereignisse der Positionsschätzvorrichtung 11 meldet, so dass die Positionsschätzvorrichtung 11 die Taktzeiten von Auftritten der unterschiedlichen Ereignisse erkennt und die Position der Mobilvorrichtung 2 schätzt. Das Mitteilen (in anderen Worten Melden) des Auftretens unterschiedlicher Ereignisse von jeder fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 zur Positionsschätzvorrichtung 11 kann durch die Ausgabe eines elektrischen Pulssignals ausgeführt werden.

**[0102]** Beispielsweise, wenn die Host-Vorrichtung das Impulssignal an die Positionsschätzvorrichtung 11 sendet, sendet die Host-Vorrichtung das elektrische Pulssignal an die Positionsschätzvorrichtung 11 und wenn die Host-Vorrichtung das Impulssignal von der Mobilvorrichtung 2 empfängt, sendet die Host-Vorrichtung das elektrische Pulssignal an die Positionsschätzvorrichtung 11, wobei die Host-Vorrichtung sequentiell die Impulssignalsendezeitgebung und die

Impulssignalempfangszeitgebung meldet. Demzufolge bestimmt die Positionsschätzvorrichtung 11 eine erste Taktzeit  $T_{m1}$ , die angibt, wann die Host-Vorrichtung, das Impulssignal gesendet hat, und eine zweite Taktzeit  $T_{m2}$ , die angibt, wann die Host-Vorrichtung das Impulssignal von der Mobilvorrichtung 2 empfangen hat. Jede Zeit, wenn die Abfangvorrichtung das Impulssignal empfängt, gibt die Abfangvorrichtung das elektrische Pulssignal, die dies angibt, an die Positionsschätzvorrichtung 11 aus. Demzufolge bestimmt die Positionsschätzvorrichtung 11 eine dritte Taktzeit  $T_{m3}$ , die angibt, wann die Abfangvorrichtung, das Impulssignal empfangen hat, das durch die Host-Vorrichtung gesendet wird, und eine vierte Taktzeit  $T_{m4}$ , die angibt, wann die Abfangvorrichtung das Impulssignal empfangen hat, das durch die Mobilvorrichtung 2 gesendet wird. Mit so einer Konfiguration kann die Positionsschätzvorrichtung 11 ebenso die Umlaufzeit  $T_p$  und das Pulsempfangsintervall  $T_q$  berechnen und hat somit die gleiche Wirkung wie in der vorstehend beschriebenen Ausführungsform.

**[0103]** In dieser Hinsicht wird die Kommunikation zwischen der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 und der Positionsschätzvorrichtung 11 durch Verzögerungen beeinflusst, die ihren Ursprung in der Länge der elektrischen Verdrahtung von der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 zur Positionsschätzvorrichtung 11, der Anstiegszeit des Pulssignals zur Mitteilung und dergleichen haben. Demnach ist es wahrscheinlicher, dass das in dieser Modifikation offenbarte Verfahren verglichen mit der Ausführungsform Fehler beinhaltet. In anderen Worten wird die Konfiguration der vorstehend beschriebenen Ausführungsform nicht durch die Länge der elektrischen Verdrahtung von der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 zur Positionsschätzvorrichtung 11 hinsichtlich des Berechnens der Distanz von der Abfangvorrichtung zur Mobilvorrichtung 2 beeinflusst, wodurch die Mobilvorrichtung 2 genauer geschätzt werden kann, als die Konfiguration, die in der vorliegenden Modifikation offenbart ist.

**[0104]** Die Positionsschätzvorrichtung 11 der vorliegenden Modifikation kann konfiguriert sein, um die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  unter Verwendung einer Verzögerungszeit zu berechnen, die vorab durch Testen spezifiziert ist und die ihren Ursprung in der Länge der elektrischen Verdrahtung von der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung 12 zur Positionsschätzvorrichtung 11 und die Pulssignalerzeugungsverarbeitung und/oder Pulssignalerfassungsverarbeitung hat. Gemäß dieser Konfiguration kann die Verschlechterung der Schätzgenauigkeit der Position der Mobilvorrichtung 2 verglichen mit der Ausführungsform reduziert werden.

## &lt;Modifikation 7&gt;

**[0105]** In der Modifikation 6 benachrichtigt die Host-Vorrichtung und jede Abfangvorrichtung die Positionsschätzvorrichtung **11** über die Zeitgebung zum Senden/Empfangen des Impulssignals **11** durch Ausgeben eines elektrischen Pulssignals an die Positionsschätzvorrichtung **11**. Dies ist jedoch nicht einschränkend. Wenn jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** eine Taktfunktion hat, kann jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** Daten, die die Taktzeit des Auftretens des Ereignisses angeben, an die Positionsschätzvorrichtung **11** ausgeben, wenn sie das Auftreten des vorbestimmten Ereignisses erfasst.

**[0106]** Beispielsweise kann die Host-Vorrichtung konfiguriert sein, um sequentiell Daten bereitzustellen, die die Taktzeit des Sendens und/oder Empfangens des Impulssignals angeben, wobei die Taktzeiten basierend auf den Taktinformationen bestimmt werden, die durch die Host-Vorrichtung gehalten werden. Ferner kann die Host-Vorrichtung konfiguriert sein, um sequentiell Daten bereitzustellen, die die Taktzeit des Empfangens des Impulssignals angeben, wobei die Taktzeit basierend auf den Taktinformationen bestimmt wird, die durch die Abfangvorrichtung gehalten werden. Die Sende- und Empfangstaktzeiten können beispielsweise als koordinierte Weltzeit (UTC) ausgedrückt werden. Die Taktzeit des Auftretens jedes Ereignisses kann in einem Zeitsystem basierend auf der Frequenz des Cäsiumatoms (sogenannte Atomzeit) ausgedrückt werden.

## &lt;Modifikation 8&gt;

**[0107]** In der Modifikation 7 kann die Positionsschätzvorrichtung **11** die Sendezeitgebung durch die Host-Vorrichtung des Impulssignals bestimmen. Ferner, da die Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T1A$  von der Host-Vorrichtung zu jeder Abfangvorrichtung gemäß der Distanz zwischen der Host-Vorrichtung und dieser Abfangvorrichtung bestimmt wird, ist die Zeit  $TA$  ein konstanter Wert von Natur aus und der Wert, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, kann angewendet werden. Demnach kann die Positionsschätzvorrichtung **11** die dritte Taktzeit  $Tm3$  bestimmen, bei der eine jeweilige Abfangvorrichtung das Impulssignal empfängt, das durch die Host-Vorrichtung gesendet wird, durch Addieren der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T1A$  zur ersten Taktzeit  $Tm1$  an einer Abfangvorrichtung auf Basis der Abfangvorrichtung, wobei die erste Taktzeit  $Tm1$  der Zeitgebung bzw. dem Zeitpunkt entspricht, bei dem die Host-Vorrichtung das Impulssignal sendet.

**[0108]** Demnach ist es aus der Operation/Konfiguration der Abfangvorrichtung der Modifikation 7 mög-

lich die Konfiguration zum Melden an die Positionsschätzvorrichtung **11** der Zeit, wenn das Impulssignal, das durch die Host-Vorrichtung gesendet wird, empfangen wird, wegzulassen. In anderen Worten kann die Abfangvorrichtung konfiguriert sein, um nur die vierte Taktzeit  $Tm4$  zu melden. Diese Konfiguration entspricht einer Konfiguration, die als den Operationsmodus der Abfangvorrichtung einen Operationsmodus mit teilweiser Meldung bzw. Teilmeldungsoperationsmodus beinhaltet, in dem Daten, die die Taktzeit des Empfangs des Impulssignals, das durch die Mobilvorrichtung **2** gesendet wird (das heißt, die vierte Taktzeit) der Positionsschätzvorrichtung **11** bereitgestellt werden, wobei Daten, die die Taktzeit des Empfangs des Impulssignals, das durch die Host-Vorrichtung gesendet wird (das heißt, die dritte Taktzeit), der Positionsschätzvorrichtung **11** nicht bereitgestellt werden. Der Fall, in dem der Teilmeldungsoperationsmodus angewendet wird, ist bevorzugt gegenüber einem Fall, in dem beispielsweise die Taktinformationen zwischen der Positionsschätzvorrichtung **11** und der Abfangvorrichtung synchronisiert werden oder in dem ein Taktinformationsabweichungsbetrag bekannt ist. Die Idee, die in der Modifikation 8 offenbart ist, ist ebenso auf die Modifikation 6 anwendbar.

**[0109]** Es ist denkbar, dass die Taktinformationen über jede der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen möglicherweise nicht komplett gleich sind (in anderen Worten es eine Abweichung geben kann). Demnach werden die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** der vorliegenden Modifikation bevorzugt in einem synchronisierten Zustand unter Verwendung von Signalen operiert, die von der Positionsschätzvorrichtung **11** oder einer externen Quelle eingegeben werden. Beispielsweise ist es bevorzugt, dass die Positionsschätzvorrichtung **11** der vorliegenden Modifikation an jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** ein Signal zum Lösen der Fehlausrichtung von Taktinformationen zwischen den Vorrichtungen ausgibt (in anderen Worten zur Synchronisation).

**[0110]** In einem weiteren Aspekt kann die Positionsschätzvorrichtung **11** der vorliegenden Modifikation konfiguriert sein, um einen Taktinformationsabweichungsbetrag zwischen der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung zu bestimmen und die Umlaufzeit  $Tp$  des Pulsempfangsintervall  $Tq$  nach Korrigieren der Taktzeitinformation, die durch die Abfangvorrichtung gemeldet werden, unter Verwendung des Abweichungsbetrags zu berechnen. Beispielsweise berechnet die Positionsschätzvorrichtung **11** eine erwartete Taktzeit, bei der die Abfangvorrichtung das Impulssignal empfängt, das durch die Host-Vorrichtung gesendet wird, durch Addieren der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T1A$  zur Sendetaktzeit des Impulssignals, das durch die Host-Vorrichtung ge-

sendet wird. Dann wird die Differenz zwischen der erwarteten Zeit und der tatsächlichen Empfangstaktzeit, die durch die Abfangvorrichtung gemeldet wird, als der Taktinformationsabweichungsbetrag zwischen der Host-Vorrichtung und der Abfangvorrichtung eingesetzt.

**[0111]** Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird die Umlaufzeit  $T_p$  oder das Pulsempfangsintervall  $T_q$ , die zum Schätzen der Position der Mobilvorrichtung **2** verwendet werden, innerhalb einer einzelnen fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** gemessen und demnach müssen die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** nicht miteinander synchronisiert werden. Das heißt, die Konfiguration der vorstehend beschriebenen Ausführungsform hat die Vorteile, dass keine Synchronisation zwischen den fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12** notwendig ist, und die Vorteile, weniger Schätzfehler zu haben, die aus Synchronisationsfehlern resultieren. Jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen muss nur mit einer Funktion zum Messen der Zeit zwischen dem Auftreten eines bestimmten Ereignisses und dem Auftreten eines bestimmten Ereignisses (einem sogenannter Zeitgeber) ausgestattet sein und muss nicht mit der Funktion zum Aufrechterhalten von Taktinformationen (das heißt, einer Taktfunktion) ausgestattet sein. Demnach hat die Konfiguration, die in der Ausführungsform offenbart ist, den Vorteil, dass die Konfiguration der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12** verglichen zur Konfiguration, die in den Modifikationen **7** und **8** offenbart ist, vereinfacht ist.

(Modifikation 9)

**[0112]** In der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird die Position der Mobilvorrichtung **2** dadurch geschätzt, dass die Host-Vorrichtung das Impulssignal sendet und die Mobilvorrichtung **2** das Antwortsignal auf das Impulssignal sendet, wobei dies jedoch keine Beschränkung darstellt. Wie in **Fig. 13** gezeigt ist, kann die Position der Mobilvorrichtung **2** dadurch geschätzt werden, dass die Mobilvorrichtung **2** das Impulssignal sendet und die Host-Vorrichtung das Impulssignal als die Antwort auf das Impulssignal von der Mobilvorrichtung **2** sendet. Diese Konfiguration wird nachfolgend als die Modifikation 9 beschrieben.

**[0113]** Die Mobilvorrichtung **2** in dieser Modifikation misst die Zeitdauer vom Senden des Impulssignals zur Host-Vorrichtung bis zum Empfangen des Impulssignals von der Host-Vorrichtung als die Umlaufzeit  $T_p$ . Ein Pulsersignalsignal, das die gemessene Umlaufzeit  $T_p$  (nachfolgend als das Zeitdifferenzmitteilungssignal  $S_p$  bezeichnet) angibt, wird separat gesendet.

**[0114]** Wenn die Host-Vorrichtung das Impulssignal von der Mobilvorrichtung **2** empfängt, führt die Host-Vorrichtung als die Antwort auf das Impulssignal Senden des Impulssignals an die Mobilvorrichtung **2** aus. Das heißt, die Host-Vorrichtung in dieser Modifikation entspricht der fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtung **12**, die ein vorbestimmtes Antwortsignal als Antwort auf das Antwortanforderungssignal, das von der Mobilvorrichtung **2** gesendet wird, sendet. Wenn die Host-Vorrichtung das Zeitdifferenzmitteilungssignal  $S_p$  von der Mobilvorrichtung **2** empfängt, teilt die Host-Vorrichtung der Positionsschätzvorrichtung **11** die Daten mit, die in dem Signal angegeben sind (insbesondere die Umlaufzeit  $T_p$ ).

**[0115]** In der vorliegenden Modifikation löst das Empfangen des Impulssignals durch die Abfangvorrichtung von der Mobilvorrichtung **2** ebenso aus, dass die Abfangvorrichtung die Messung des Pulsempfangsintervalls  $T_q$  startet. Das heißt, die Abfangvorrichtung misst als das Pulsempfangsintervall  $T_q$  die Zeitdauer von, wenn die Abfangvorrichtung das Impulssignal von der Mobilvorrichtung **2** empfängt, bis, wenn die Abfangvorrichtung das Impulssignal von der Host-Vorrichtung empfängt, und meldet sie der Positionsschätzvorrichtung **11**.

**[0116]** In dieser Konfiguration wird die Ausbreitungszeit  $T_{21}$  ( $=T_{12}$ ) des Signals von der Mobilvorrichtung **2** zur Host-Vorrichtung durch die folgenden Ausdrücke bestimmt. In dieser Hinsicht repräsentiert  $T_{\delta}$ , das in **Fig. 13** gezeigt ist, die Antwortverarbeitungszeit an der Host-Vorrichtung, was ein Parameter ist, dessen spezifischer Wert durch Testen und/oder andere Mittel spezifiziert wurde. In anderen Worten kann die angewendete Antwortverarbeitungszeit  $T_{\delta}$  der Wert sein, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist. Die Positionsschätzeinheit **F3** der vorliegenden Modifikation führt als die Verarbeitung entsprechend Schritt **S105** Berechnen der ersten Ausbreitungszeit  $T_{12}$  durch Einsetzen der Umlaufzeit  $T_p$ , die in dem Zeitdifferenzmitteilungssignal  $S_p$  angegeben ist, in den folgenden Ausdruck 5 aus.

$$T_{12} = (T_p - T_{\delta}) / 2 \quad (\text{Ausdruck 5})$$

**[0117]** Hierbei kann die verwendbare Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit  $T_{1A}$  der Wert sein, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, oder der gemessene Wert, der durch das Verfahren bestimmt wird, das vorstehend als die Modifikation beschrieben ist.  $T_{21}$  kann unter Verwendung des vorstehenden Ausdrucks **5** bestimmt werden und  $T_q$  ist der Parameter, der durch die Abfangvorrichtung beobachtet wird.  $T_{\delta}$  ist die Antwortverarbeitungszeit an der Host-Vorrichtung, wie vorstehend beschrieben ist, und der Wert, der in dem Flash-Speicher **112** registriert ist, kann angewendet werden. Demnach kann die Position der

Mobilvorrichtung **2** ebenso durch das vorstehende Verfahren geschätzt werden. Die Positionsschätzbarkeit **F3** dieser Modifikation kann die arithmetische Verarbeitung des Ausdrucks als eine Verarbeitung entsprechend Schritt **S107** ausführen.

**[0118]** Gemäß der vorstehenden Konfiguration besteht kein Bedarf, dass die Mobilvorrichtung **2** in einem konstanten Empfangsbereitschaftszustand operiert, so dass sie Signale von dem fahrzeugmontierten System **1** empfangen kann. Demnach kann der Energieverbrauch der Mobilvorrichtung **2** verringert werden.

#### <Modifikation 10>

**[0119]** Vorstehend sind Modi offenbart, in denen jede fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12** sowohl die Sendefunktion als auch die Empfangsfunktion beinhaltet, wobei dies jedoch keine Beschränkung darstellt. Wenn die fahrzeugmontierten Kommunikationsvorrichtungen **12**, die als die Host- und Abfangvorrichtungen agieren, fest sind, muss die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die als die Abfangvorrichtung agiert, nicht zwingend die Sendeschaltung **32** beinhalten. Es kann ausreichen, dass die Abfangvorrichtung die Empfangsfunktion beinhaltet. Insbesondere, wenn die Vorderseitenkommunikationsvorrichtung **12X** als die Host-Vorrichtung verwendet wird und die rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A**, die linksseitige Kommunikationsvorrichtung **12B** und die Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C** als die Abfangvorrichtungen verwendet werden, müssen die rechtsseitige Kommunikationsvorrichtung **12A**, die linksseitige Kommunikationsvorrichtung **12B** und die Hinterseitenkommunikationsvorrichtung **12C** nicht zwingend die Sendeschaltung **32** beinhalten. Es kann ausreichen, dass die fahrzeugmontierte Kommunikationsvorrichtung **12**, die als die Host-Vorrichtung funktionieren soll, die Sendeschaltung **32** beinhaltet.

#### <Zusätzliche Anmerkungen>

**[0120]** Mittel und/oder Funktionen der Positionsschätzvorrichtung können implementiert werden durch: Software, die in einer greifbaren Speichervorrichtung gespeichert ist, und einen Computer, der die Software ausführt; nur Software; nur Hardware; oder eine Kombination davon. Ein Teil oder alle der Funktionen der Positionsschätzvorrichtung **11** können als Hardware implementiert werden. Ein Modus, in dem eine bestimmte Funktion als Hardware implementiert ist, beinhaltet einen Modus, in dem die Funktion unter Verwendung eines oder mehrerer ICs oder dergleichen implementiert ist. Wenn ein Teil der Funktionen oder alle der Funktionen der Positionsschätzvorrichtung **11** durch eine elektronische Schaltung, die Hardware ist, bereitgestellt werden, kann dies bereitgestellt werden durch: eine digitale Schaltung

einschließlich mehrerer Logikschaltungen; oder eine analoge Schaltung. Die Positionsschätzvorrichtung **11** kann durch einen einzelnen Computer oder einen Satz von Computerressourcen bereitgestellt werden, die durch eine Datenkommunikationsvorrichtung verbunden sind.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2018151310 [0001]
- JP 6093647 B [0005]

## Patentansprüche

1. Mobilvorrichtungssystem zur Schätzung einer relativen Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs durch Ausführen von Funkkommunikation gemäß einem vorbestimmten Kommunikationsverfahren zwischen einem fahrzeugmontierten System (1), das an einem Fahrzeug montiert ist, und der Mobilvorrichtung (2), die durch einen Benutzer des Fahrzeugs getragen wird, wobei das fahrzeugmontierte System beinhaltet:

- einen Sendeempfänger (12X), der ein Kommunikationsmodul ist, das konfiguriert ist, um Funksignale an die Mobilvorrichtung zu senden und von dieser zu empfangen;
- mehrere Abfangvorrichtungen (12A, 12B, 12C), die konfiguriert sind, um Funksignale zu empfangen, die von der Mobilvorrichtung und von dem Sendeempfänger gesendet werden; und
- eine Positionsschätzeinheit (F3), die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf einem Ergebnis einer Kommunikation durch den Sendeempfänger mit der Mobilvorrichtung und Zuständen des Empfangens der Funksignale durch die mehreren jeweiligen Abfangvorrichtungen schätzt,

wobei der Sendeempfänger konfiguriert ist, um als das Funksignal an die Mobilvorrichtung ein vorbestimmtes Antwortanforderungssignal zu senden, wobei die Mobilvorrichtung konfiguriert ist, um, wenn die Mobilvorrichtung das Antwortanforderungssignal von dem Sendeempfänger empfängt, ein Antwortsignal als eine Antwort zu senden, und die Positionsschätzeinheit beinhaltet:

- eine erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit (S105), die eine erste Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von dem Sendeempfänger zu der Mobilvorrichtung ist, basierend auf einer Umlaufzeit bestimmt, die eine Zeitdauer von, wenn der Sendeempfänger das Antwortanforderungssignal sendet, bis, wenn der Sendeempfänger das Antwortsignal von der Mobilvorrichtung empfängt, ist;
- eine zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit (S107), die für jede der mehreren Abfangvorrichtungen eine zweite Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von der Mobilvorrichtung zur Abfangvorrichtung ist, basierend auf einem Signalempfangsintervall, das eine Zeitdauer von, wenn die Abfangvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, bis, wenn die Abfangvorrichtung das Antwortsignal empfängt, ist, und der Umlaufzeit bestimmt; und
- eine Positionsschätzverarbeitungseinheit (S108), die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf der ersten Ausbreitungszeit, die durch die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt wird, und den zweiten Ausbreitungszeiten schätzt, die durch die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt werden.

2. Mobilvorrichtungssystem gemäß Anspruch 1, aufweisend:

- eine Parameterspeichereinheit (112), die speichert: einen angenommenen Wert einer Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Sendezeit, die das Funksignal, das durch den Sendeempfänger gesendet wird, benötigt, um durch die Abfangvorrichtung empfangen zu werden; und einen angenommenen Wert einer Antwortverarbeitungszeit, die benötigt wird, von, wenn die Mobilvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, bis, wenn die Mobilvorrichtung das Antwortsignal sendet,

wobei das Mobilvorrichtungssystem so konfiguriert ist, dass:

- die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit die erste Ausbreitungszeit berechnet, indem sie einen Wert durch 2 dividiert, der durch Subtrahieren des angenommenen Werts der Antwortverarbeitungszeit von der Umlaufzeit erlangt wird; und
- die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit die zweite Ausbreitungszeit berechnet durch: das Signalempfangsintervall plus den angenommenen Wert der Fahrzeugvorrichtung-zu-Fahrzeugvorrichtung-Ausbreitungszeit minus der ersten Ausbreitungszeit minus des angenommenen Werts der Antwortverarbeitungszeit.

3. Mobilvorrichtungssystem gemäß Anspruch 2, wobei

- die Mobilvorrichtung konfiguriert ist, um: die Antwortverarbeitungszeit, die benötigt wird, von, wenn die Mobilvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, bis, wenn die Mobilvorrichtung das Antwortsignal als eine Antwort sendet, zu messen; und ein Funksignal, das die gemessene Antwortverarbeitungszeit angibt, als ein Verarbeitungszeitmittlungssignal zu senden,
- die Positionsschätzeinheit eine Antwortverarbeitungszeitaufbewahrungseinheit (113) beinhaltet, die die Antwortverarbeitungszeit, die in dem Verarbeitungszeitmittlungssignal angegeben ist, als eine tatsächliche Verarbeitungszeit aufbewahrt, wenn die Positionsschätzeinheit das Verarbeitungszeitmittlungssignal empfängt, das von der Mobilvorrichtung gesendet wird,

das Mobilvorrichtungssystem so konfiguriert ist, dass:

- die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit die erste Ausbreitungszeit unter Verwendung der tatsächlichen Verarbeitungszeit anstelle des angenommenen Werts der Antwortverarbeitungszeit, die vorab registriert wird, bestimmt, wenn die tatsächliche Verarbeitungszeit durch die Antwortverarbeitungszeitaufbewahrungseinheit aufbewahrt wird; und
- die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit die zweite Ausbreitungszeit unter Verwendung der tatsächlichen Verarbeitungszeit anstelle des angenommenen Werts der Antwortverarbeitungszeit, die vorab registriert wird, bestimmt, wenn die tatsächliche Ver-

arbeitszeit durch die Antwortverarbeitungszeit-aufbewahrungseinheit aufbewahrt wird.

4. Mobilvorrichtungssystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei mehrere der Sendeempfänger beinhaltet sind, das Mobilvorrichtungssystem eine Rollenfestlegungseinheit (F2) aufweist, die: einen der mehreren Sendeempfänger als eine Host-Vorrichtung festlegt, die für das Senden des Antwortanforderungssignals an die Mobilvorrichtung verantwortlich ist; und die Sendeempfänger mit Ausnahme der Host-Vorrichtung veranlasst, als die Abfangvorrichtungen zu funktionieren, und in einem vorbestimmten Zyklus die Rollenfestlegungseinheit den Sendeempfänger ändert, der als die Host-Vorrichtung agiert.

5. Mobilvorrichtungssystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Sendeempfänger konfiguriert ist, um Messen der Umlaufzeit auszuführen und Daten, die ein Ergebnis der Messung angeben, der Positionsschätzeinheit bereitzustellen, die mehreren Abfangvorrichtungen jeweils konfiguriert sind, um Messen des Signalempfangsintervalls auszuführen und Daten, die ein Ergebnis der Messung angeben, der Positionsschätzeinheit bereitzustellen, und das Mobilvorrichtungssystem so konfiguriert ist, dass: die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit die erste Ausbreitungszeit basierend auf der Umlaufzeit bestimmt, die durch den Sendeempfänger bereitgestellt wird; und die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit die zweite Ausbreitungszeit für jede Abfangvorrichtung basierend auf dem Signalempfangsintervall, das durch jede Abfangvorrichtung bereitgestellt wird, und der ersten Ausbreitungszeit bestimmt.

6. Mobilvorrichtungssystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Sendeempfänger konfiguriert ist, um sequentiell der Positionsschätzeinheit Daten, die eine Taktzeit des Sendens des Antwortanforderungssignals angeben, und Daten bereitzustellen, die eine Taktzeit des Empfangens des Antwortsignals von der Mobilvorrichtung angeben, die mehreren Abfangvorrichtungen jeweils konfiguriert sind, um sequentiell der Positionsschätzeinheit Daten, die eine Taktzeit des Empfangens des Antwortanforderungssignals angeben, und Daten bereitzustellen, die eine Taktzeit des Empfangens des Antwortsignals angeben, die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit konfiguriert ist, um die Umlaufzeit basierend auf den Daten zu bestimmen, die durch den Sendeempfänger bereitgestellt werden, und um die erste Ausbreitungszeit basierend auf der Umlaufzeit zu bestimmen, und

die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit konfiguriert ist, um das Signalempfangsintervall für jede Abfangvorrichtung basierend auf den Daten zu bestimmen, die durch die Abfangvorrichtung bereitgestellt werden, und die zweite Ausbreitungszeit für jede Abfangvorrichtung basierend auf dem Signalempfangsintervall für jede Abfangvorrichtung und der ersten Ausbreitungszeit zu bestimmen.

7. Mobilvorrichtungssystem gemäß Anspruch 6, wobei die Abfangvorrichtung einen Operationsmodus beinhaltet, in dem die Daten, die die Taktzeit des Empfangens des Antwortsignals angeben, der Positionsschätzeinheit bereitgestellt werden, während die Daten, die die Zeit des Empfangens des Antwortanforderungssignals angeben, nicht der Positionsschätzeinheit bereitgestellt werden.

8. Mobilvorrichtungssystem zum Schätzen einer relativen Position einer Mobilvorrichtung bezüglich eines Fahrzeugs durch Ausführen von Funkkommunikation gemäß einem vorbestimmten Kommunikationsverfahren zwischen einem fahrzeugmontierten System (1), das an einem Fahrzeug montiert ist, und der Mobilvorrichtung (2), die durch einen Benutzer des Fahrzeugs getragen wird, wobei die Mobilvorrichtung konfiguriert ist, um: ein Antwortanforderungssignal zu senden, das ein Funksignal ist, das das fahrzeugmontierte System auffordert als eine Antwort ein Antwortsignal zu senden, und um: wenn die Mobilvorrichtung das Antwortsignal empfängt, an das fahrzeugmontierte System ein Zeitdifferenzmitteilungssignal zu senden, das ein Funksignal ist, das eine Umlaufzeit angibt, die eine Zeitdauer vom Empfangen des Antwortanforderungssignals bis zum Empfangen des Antwortsignals ist, das das fahrzeugmontierte System aufweist: einen Sendeempfänger (12X), der ein Kommunikationsmodul ist, das konfiguriert ist, um Funksignale mit einem vorbestimmten Kommunikationsverfahren an die Mobilvorrichtung zu senden und von dieser zu empfangen; mehrere Abfangvorrichtungen (12A, 12B, 12C), die konfiguriert sind, um Funksignale zu empfangen, die von der Mobilvorrichtung und dem Sendeempfänger gesendet werden; und eine Positionsschätzeinheit (F3), die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf einem Ergebnis einer Kommunikation durch den Sendeempfänger mit der Mobilvorrichtung und Zuständen des Empfangens der Funksignale durch jeweilige Abfangvorrichtungen schätzt, wobei der Sendeempfänger konfiguriert ist, um, wenn der Sendeempfänger das Antwortanforderungssignal von der Mobilvorrichtung empfängt, das Antwortsignal als eine Antwort zu senden, und die Positionsschätzeinheit beinhaltet: eine erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit (S105), die eine erste Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von dem Sendeemp-

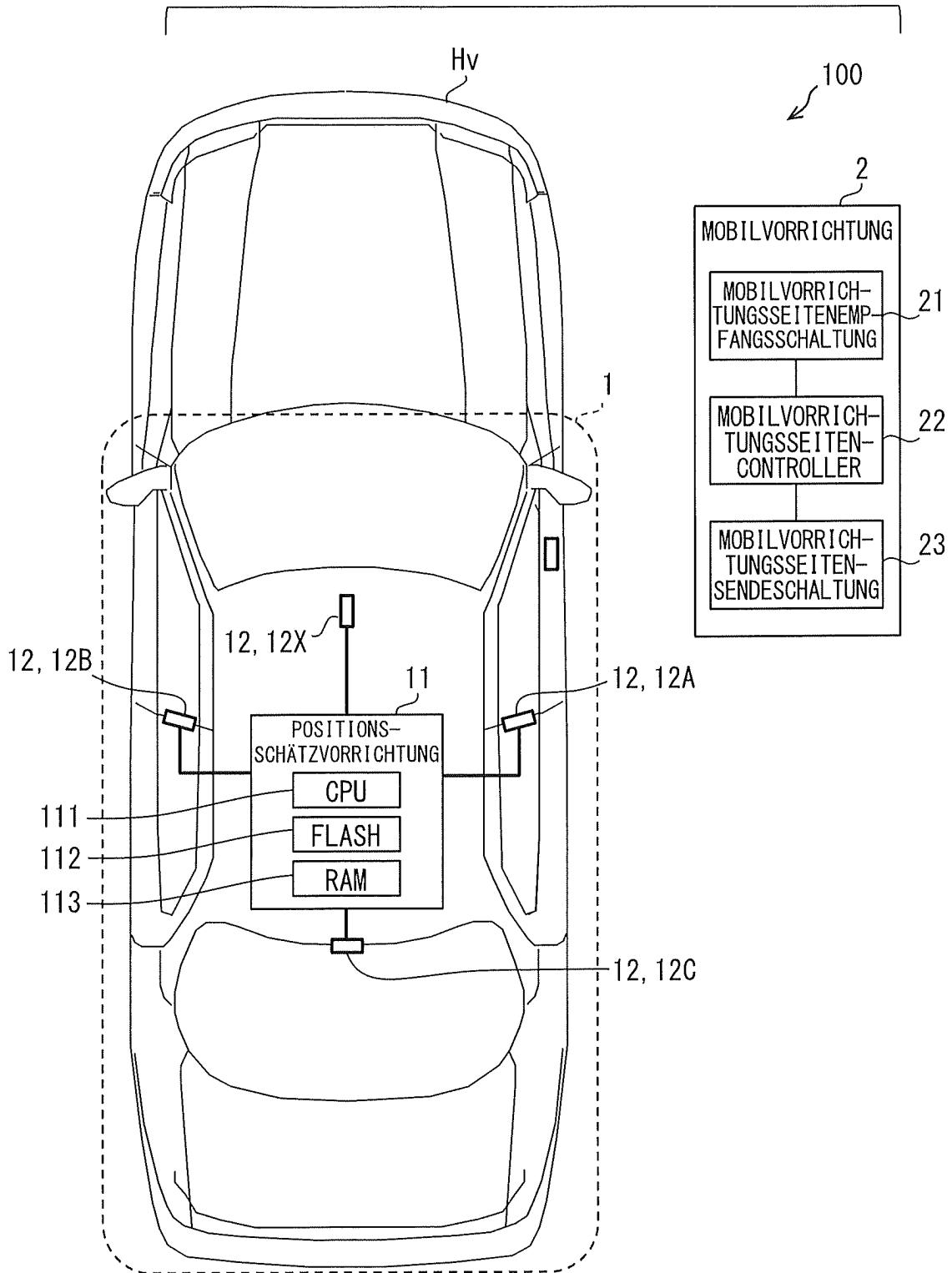


fänger zur Mobilvorrichtung ist, basierend auf der Umlaufzeit bestimmt, die in dem Zeitdifferenzmitteilungssignal angegeben ist,  
eine zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit (S107), die für jede der mehreren Abfangvorrichtungen eine zweite Ausbreitungszeit, die eine Ausbreitungszeit des Funksignals von der Mobilvorrichtung zu einer jeweiligen Abfangvorrichtung ist, basierend auf einem Signalempfangsintervall, das eine Zeitdauer von, wenn die jeweilige Abfangvorrichtung das Antwortanforderungssignal empfängt, bis, wenn die jeweilige Abfangvorrichtung das Antwortsignal empfängt, ist, und der Umlaufzeit bestimmt; und  
eine Positionsschätzverarbeitungseinheit (S108), die die Position der Mobilvorrichtung basierend auf der ersten Ausbreitungszeit, die durch die erste Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt wird, und den zweiten Ausbreitungszeiten schätzt, die durch die zweite Ausbreitungszeitbestimmungseinheit bestimmt werden.

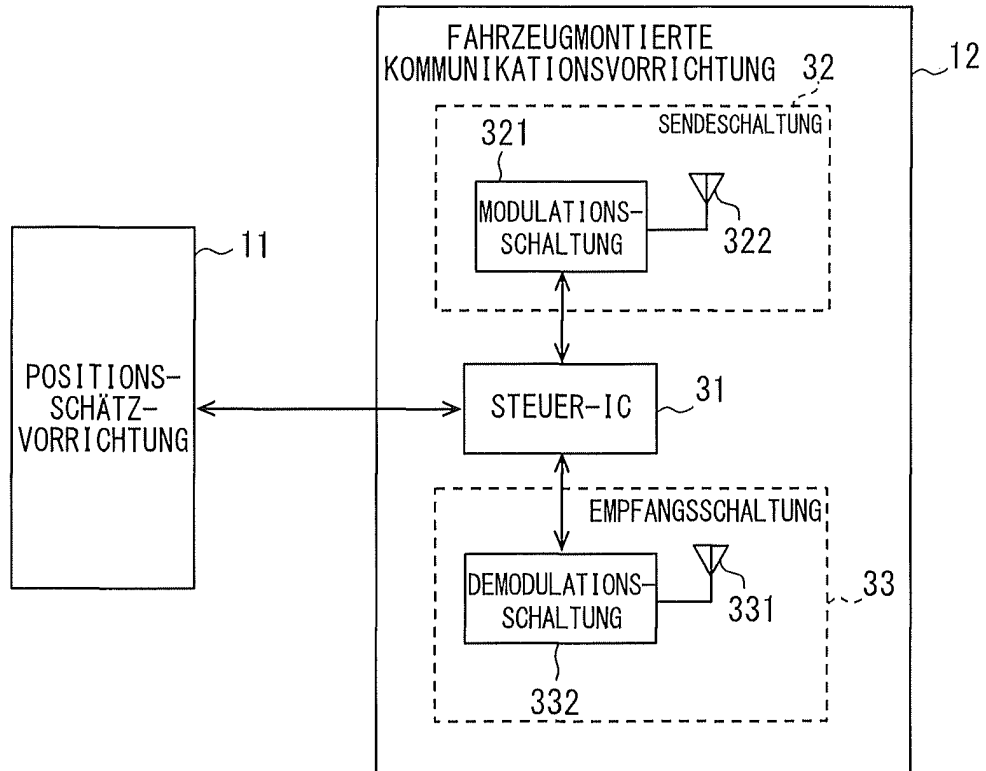
Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**

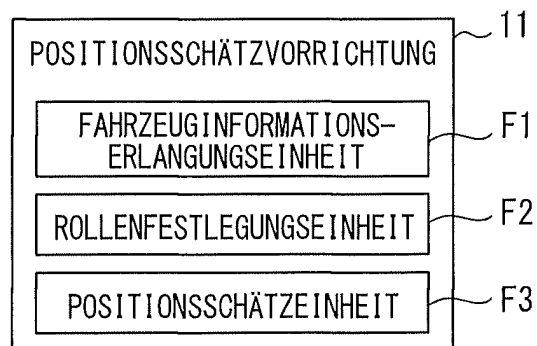


FIG. 4

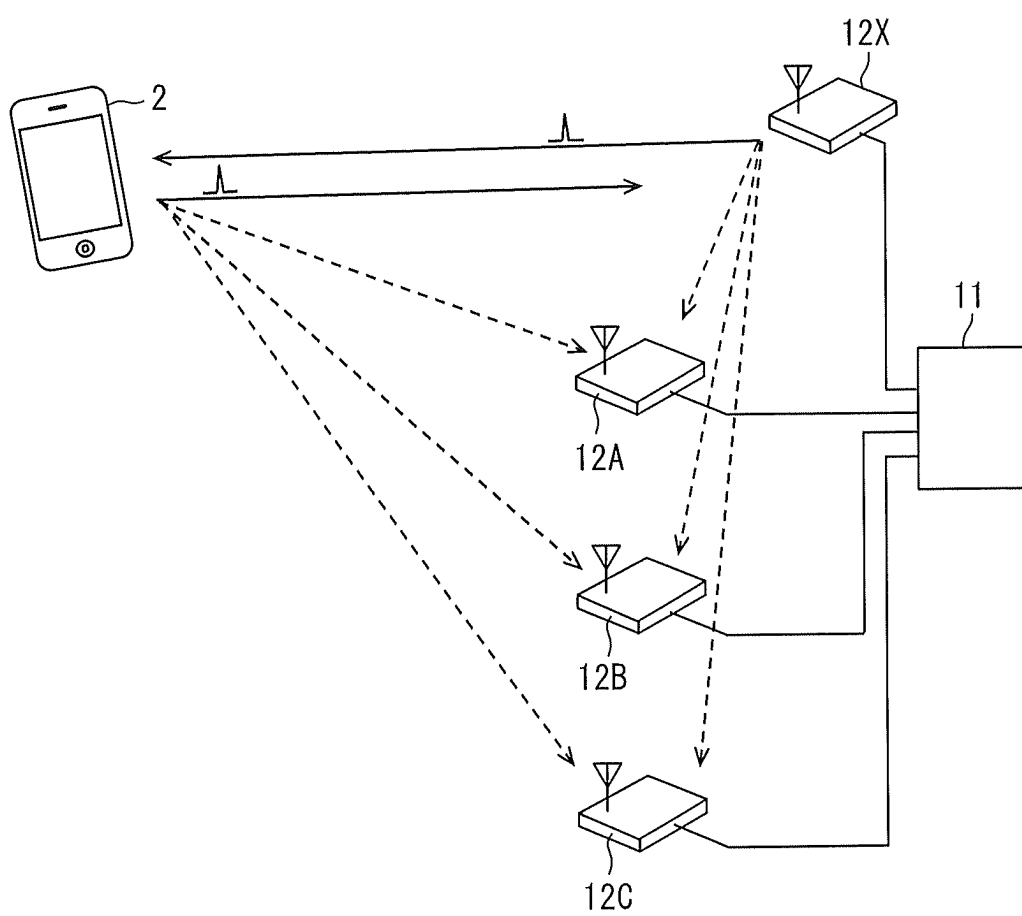
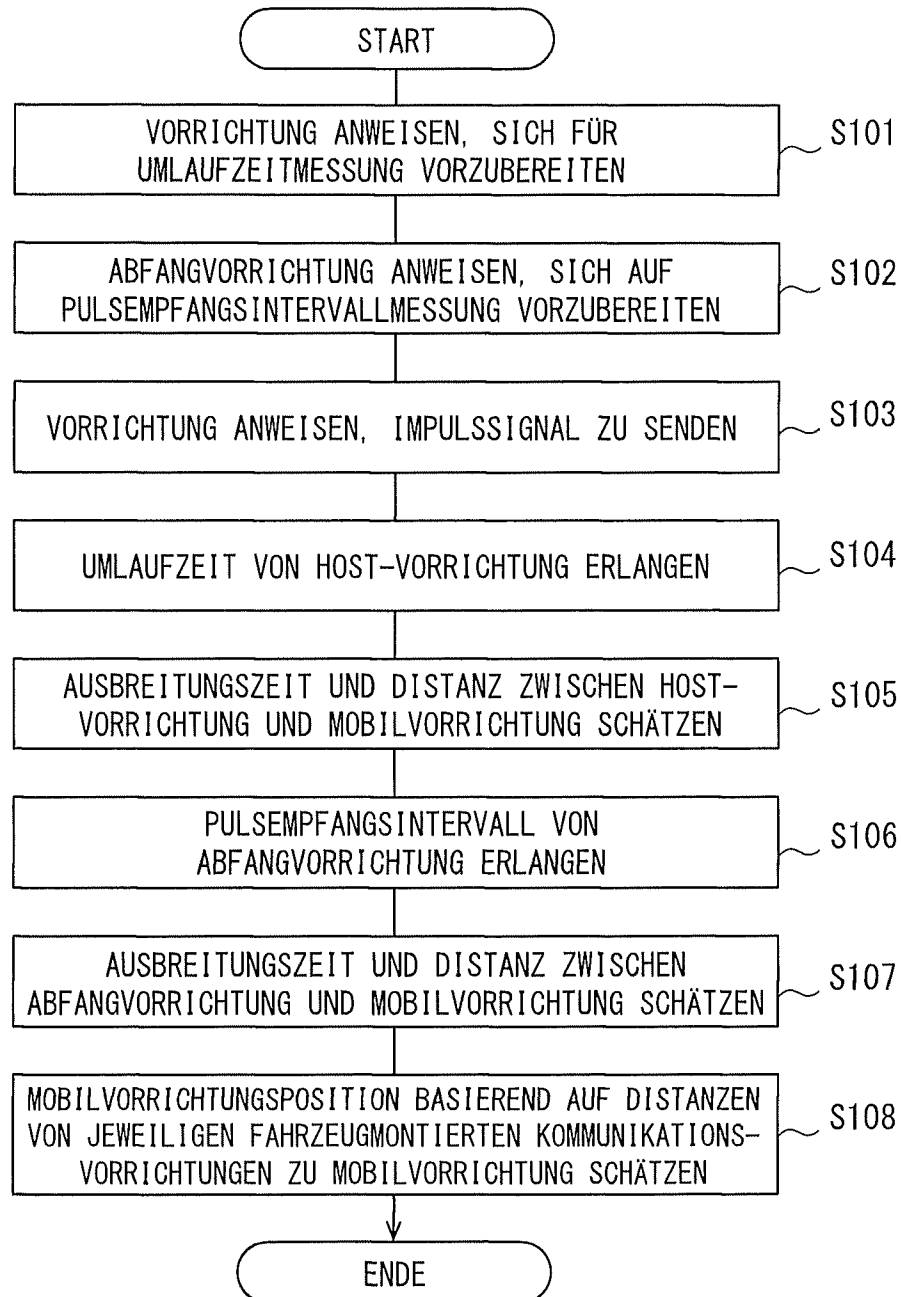
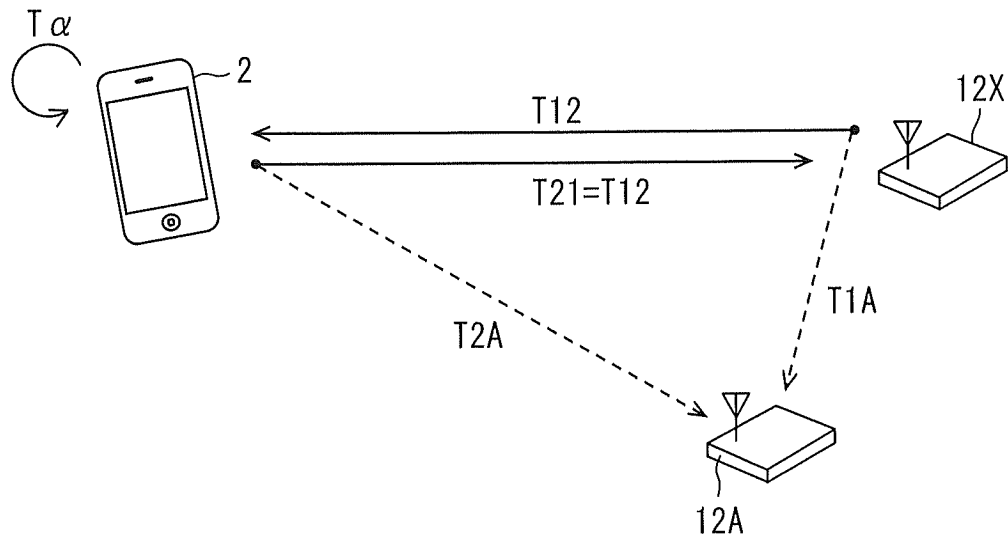


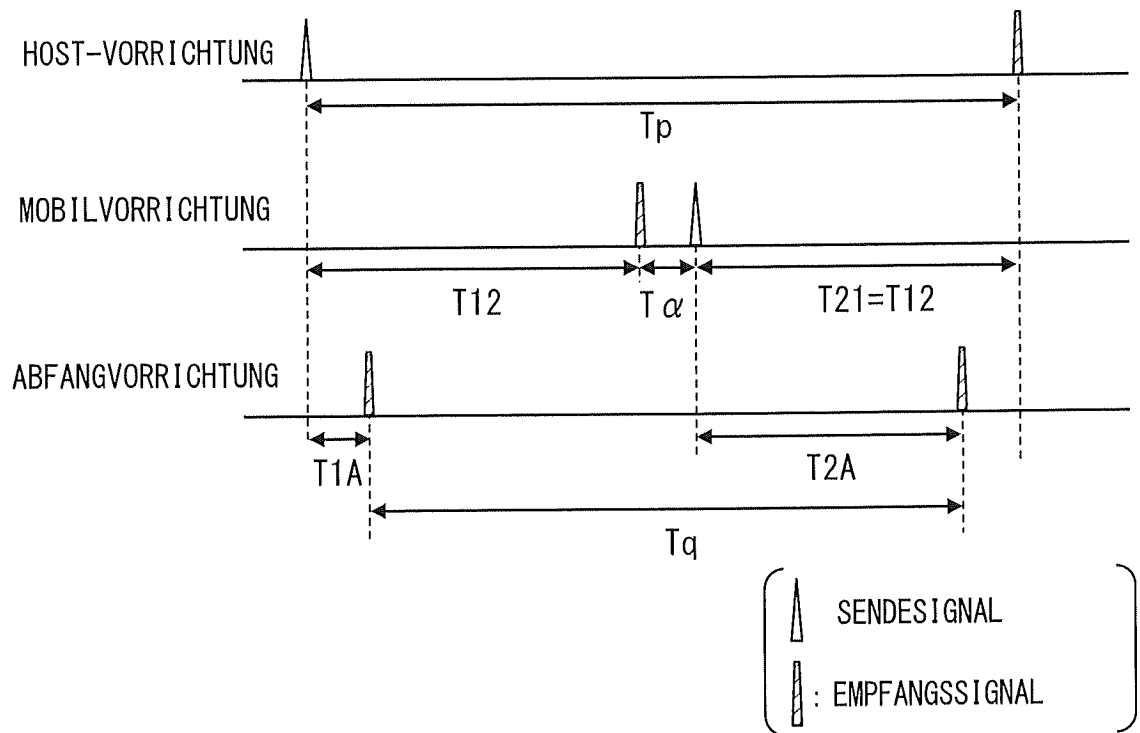
FIG. 5



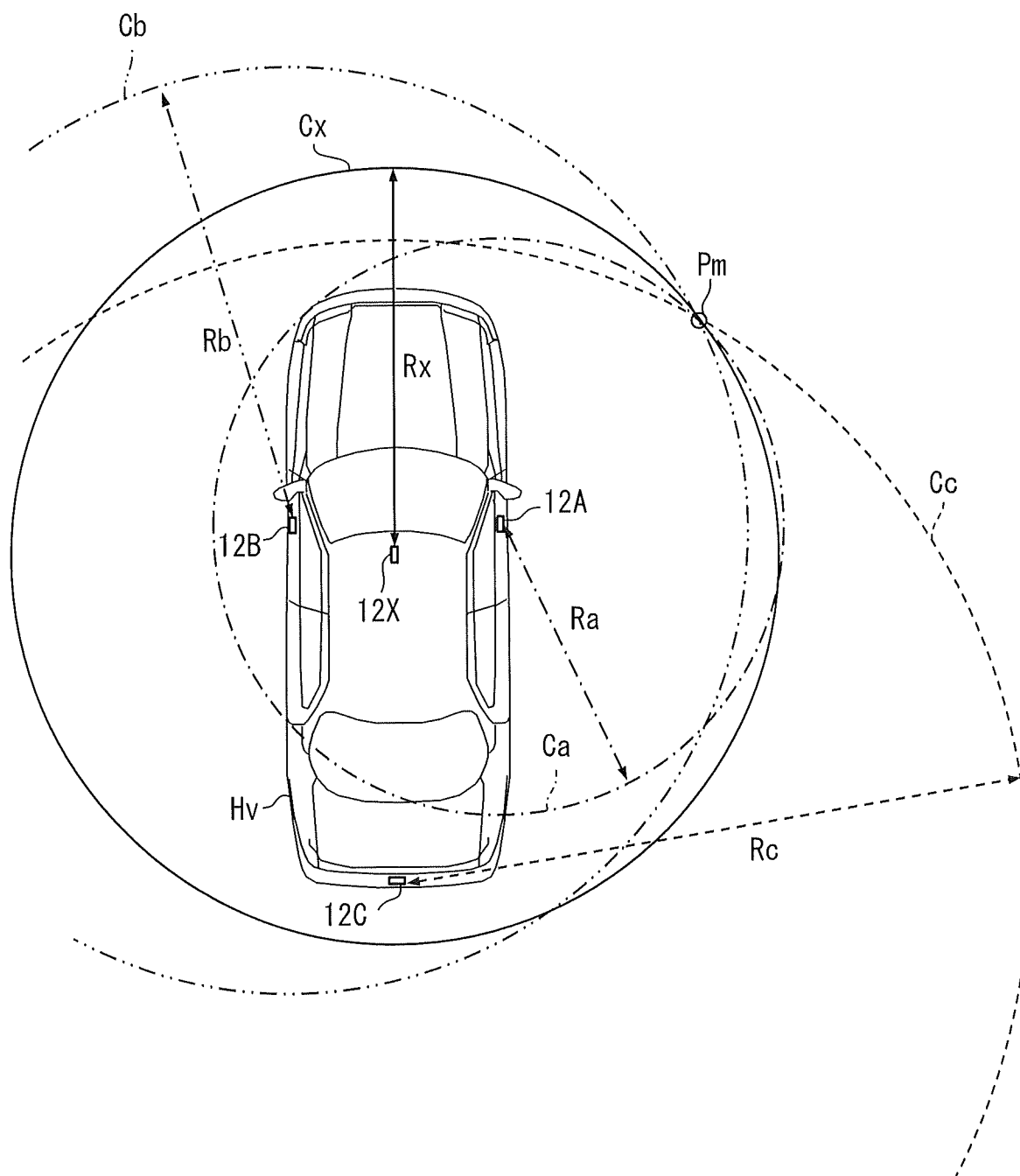
**FIG. 6**



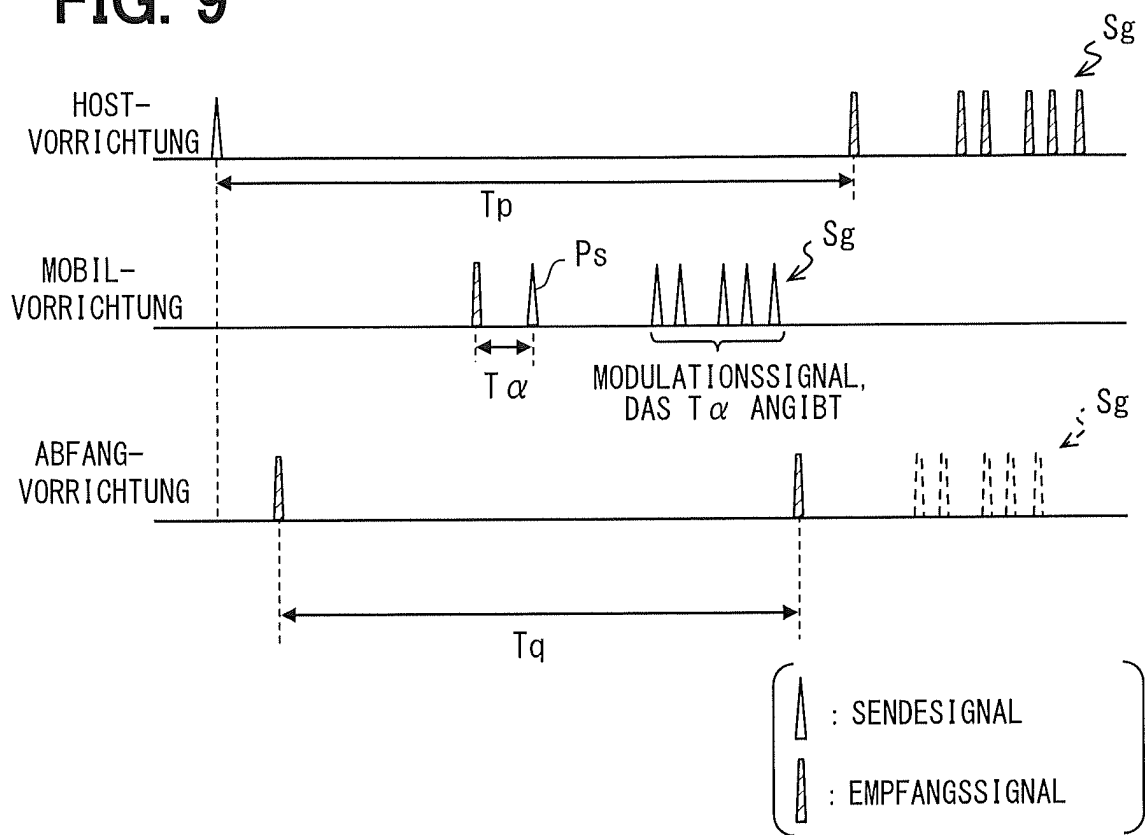
**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**





**FIG. 10**

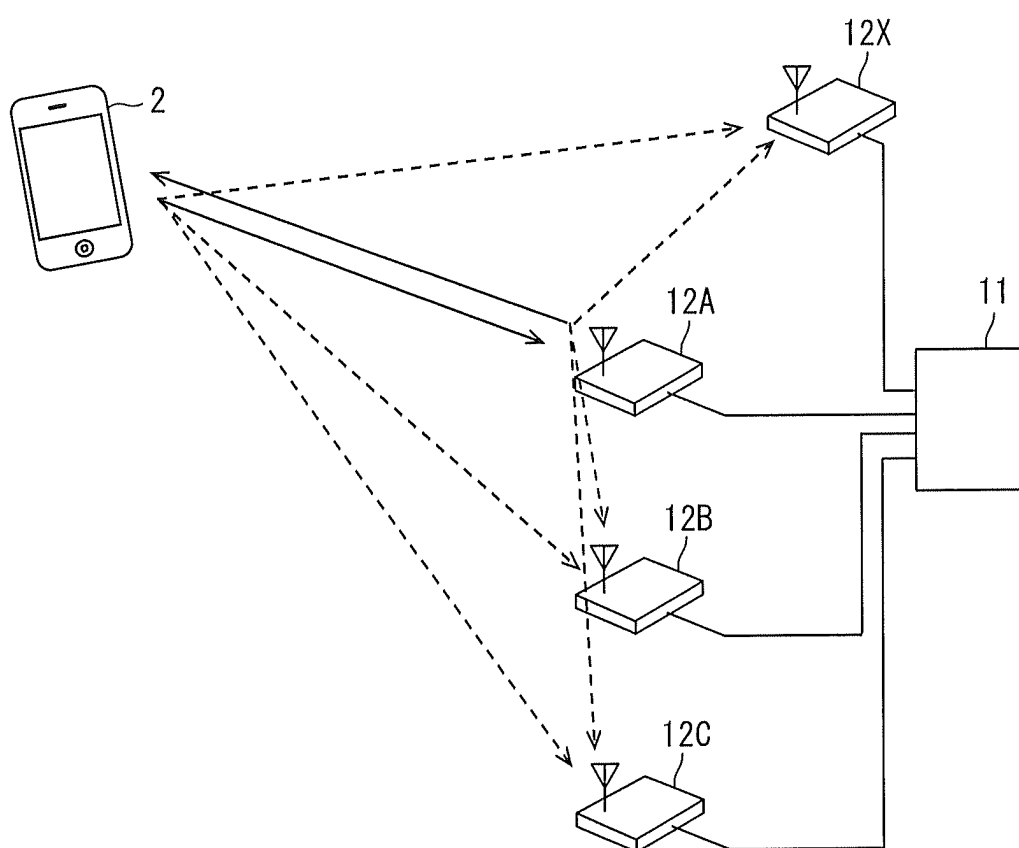
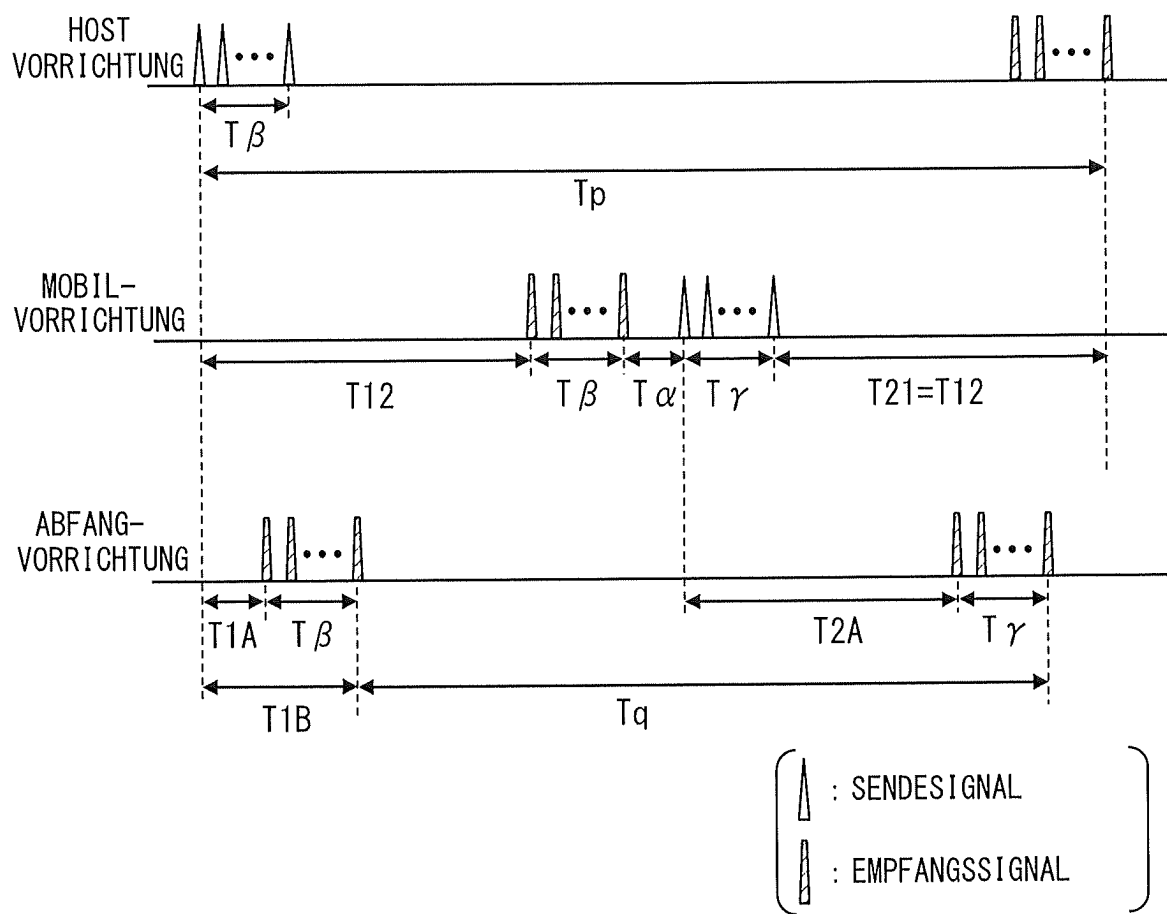
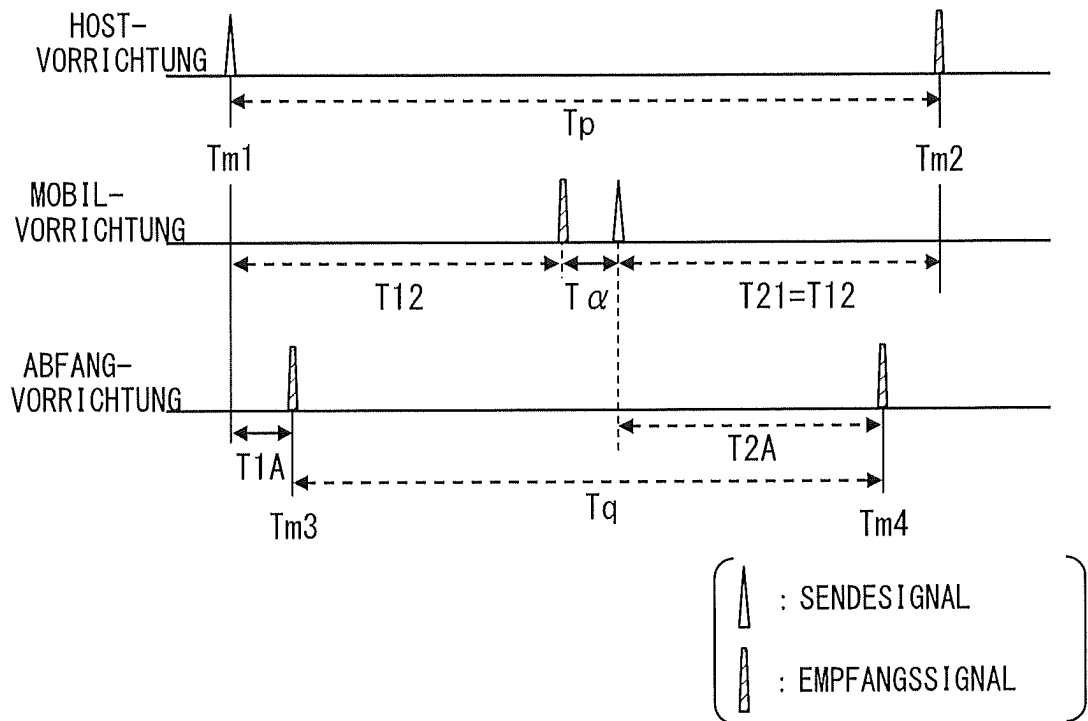


FIG. 11



**FIG. 12****FIG. 13**