



(10) **DE 10 2013 207 587 B4** 2015.12.10

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 207 587.1**  
(22) Anmeldetag: **25.04.2013**  
(43) Offenlegungstag: **14.11.2013**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.12.2015**

(51) Int Cl.: **H04W 64/00** (2009.01)  
**H04W 4/04** (2009.01)  
**G01C 21/26** (2006.01)  
**G08G 1/16** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**491/KOL/2012**      **03.05.2012**    **IN**  
**13/526,760**        **19.06.2012**    **US**

(72) Erfinder:  
**Das, Sushanta, Bangalore, Karnataka, IN; Saha,**  
**Mounita, Bangalore, Karnataka, IN**

(73) Patentinhaber:  
**GM Global Technology Operations LLC (n. d.**  
**Gesetzen des Staates Delaware), Detroit, Mich.,**  
**US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>103 14 169</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2009 045 748</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2010 002 883</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>7 859 465</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2006 / 0 052 115</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2009 / 0 271 112</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>0 484 895</b>	<b>B1</b>

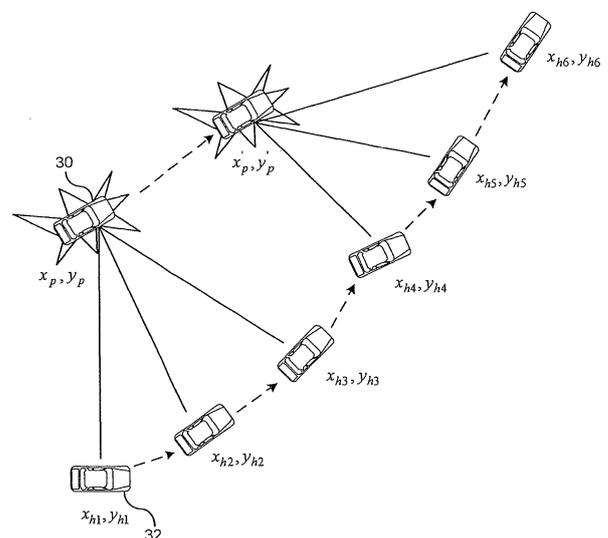
(74) Vertreter:  
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336**  
**München, DE**

(54) Bezeichnung: **Autonomes Fahrzeug-Positionsbestimmungssystem zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahrzeugs relativ zu einem mobilen Trägerfahrzeug auf der Basis von Sicherheitsalarmnachrichten**

(57) Hauptanspruch: Autonomes Fahrzeug-Positionsbestimmungssystem zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahrzeugs relativ zu einem mobilen Trägerfahrzeug auf der Basis von Sicherheitsalarmnachrichten, die vom entfernten Fahrzeug in Bezug auf ein Ereignis in einer Fahrstraße rundgesendet werden, wobei das System umfasst:

eine Trägerfahrzeug-Kommunikationseinheit, die mit dem entfernten Fahrzeug zum Empfangen der rundgesendeten Nachrichten vom entfernten Fahrzeug kommuniziert;  
eine Trägerfahrzeug-Steereinheit zum Identifizieren von Referenzpunkten entlang der Fahrstraße, wobei jeder Referenzpunkt eine Position des Trägerfahrzeugs und eine Signalempfangeigenschaft identifiziert, wenn das Trägerfahrzeug die rundgesendete Nachricht empfängt; und  
wobei die Steereinheit des Trägerfahrzeugs einen Satz der Referenzpunkte mit identifizierten Positionen und zugehörigen Signalempfangeigenschaften auswählt, wobei die Steereinheit die Signalempfangeigenschaften an jedem Referenzpunkt, der einer empfangenen rundgesendeten Nachricht zugeordnet ist, verwendet, und wobei die Steereinheit eine Position des entfernten Fahrzeugs als Funktion der Signalempfangeigenschaften an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz bestimmt und die Steereinheit ferner bestimmt, ob das entfernte Fahrzeug an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz die gleiche Position aufweist, wobei die Steereinheit ein Fehlverhalten durch

das entfernte Fahrzeug feststellt, wenn das entfernte Fahrzeug nicht an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz die gleiche Position aufweist.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein autonomes Fahrzeug-Positionsbestimmungssystem zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahrzeugs relativ zu einem mobilen Trägerfahrzeug auf der Basis von Sicherheitsalarmnachrichten.

**[0002]** Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikationen (V2V-Kommunikationen) basieren auf Zweiweg-Kommunikationen, damit Fahrzeuge in Echtzeit zusammenwirken. Diese Systeme sind vorzugsweise auf Verkehrsmanagement, Kollisionswarnung und Kollisionsvermeidung, Straßen- und Wettergefahrenbenachrichtigung gerichtet. Solche Systeme können den Bereich der Wahrnehmung von umliegenden Umgebungsbedingungen durch ein Trägerfahrzeug durch Liefern von relevanten Informationen hinsichtlich des Zustandes des Verkehrs zusätzlich zu irgendwelchen sicherheitsbezogenen Ereignissen, die in der Nähe von Fahrzeugen nahe dem Trägerfahrzeug auftreten oder durch diese detektiert werden, erweitern.

**[0003]** Die drahtlose V2V-Nachricht kann als periodische Standardbakennachricht übertragen werden. Die drahtlose Nachricht umfasst Daten über Umgebungswahrnehmungsbedingungen in Bezug auf Fahrzeugpositionen, Fahrzeug-Kinematik/Dynamik-Parameter, Verkehrs- oder Straßeneignisse, die durch jeweilige entfernte Fahrzeuge erfasst werden. Diese Umgebungswahrnehmungsbedingungen werden zwischen Fahrzeugen übermittelt, um Fahrer von Fahrzeugen vor irgendeinem Typ von Sicherheitsbedingung, Verkehrsverzögerungen, Unfall oder einer aktuellen Bedingung, die zu einem Unfall führen könnte, vorzuwarnen. Eines der Ziele besteht darin, eine Vorwarnung vor einer Bedingung zu benachbarten Fahrzeugen zu liefern, um zusätzliche Zeit zu schaffen, um auf die Bedingung zu reagieren. Solche Warnungen für Umgebungswahrnehmungsbedingungen können Verkehrsstau, Unfälle, Frontaufprallwarnungen (FCW), Seitenaufprallwarnung (LCW), gestoppte Fahrzeuge vorn, elektronische Notbremslichtaktivierung (EEBL), Kreuzungskollisions-Warnung/Vermeidung, geradeaus kreuzender Weg und Baustellenwarnung umfassen, sind jedoch nicht darauf begrenzt.

**[0004]** Gefälschte Nachrichten und Fehlverhaltensknoten werden als Entitäten bezeichnet, die Nachrichten unter falschen Vorwänden übermitteln. Das heißt, Entitäten (z. B. entfernte Fahrzeuge) können böswillig irreführende Informationen in Bezug auf die Umgebungswahrnehmungsbedingungen zu anderen Fahrzeugen übertragen, um eine Störung zwischen Fahrzeugen innerhalb eines V2V-Kommunikationsnetzes zu verursachen. Solche irreführenden Infor-

mationen können dazu führen, dass Fahrzeuge verlangsamen, wenn angenommen wird, dass ein erwartetes Ereignis an einem gemeldeten Ort ist. Die Verlangsamung des Verkehrs kann Verkehrsverzögerungen oder einen Verkehrsstopp und sogar Auffahrunfälle verursachen. Daher wäre es vorteilhaft, wenn solches Fehlverhalten identifiziert werden könnte.

**[0005]** Ein herkömmliches Fahrzeug-Positionsbestimmungssystem zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahrzeugs relativ zu einem mobilen Trägerfahrzeug auf der Basis von Sicherheitsalarmnachrichten ist aus der Druckschrift US 2009/0 271 112 A1 bekannt. Verfahren zur Bestimmung der Position von Fahrzeugen im Straßenverkehr sind aus den Druckschriften US 7 859 465 B2, EP 0 484 895 B1, DE 103 14 169 A1 und US 2006/0 052 115 A1 bekannt. Die Druckschrift DE 10 2010 002 883 A1 befasst sich mit der Datensicherheit für die Kommunikation mit gleichgestellten Teilnehmern. Die Druckschrift DE 10 2009 045 748 A1 beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung des Status einer drahtlosen C2X-Kommunikation eines Fahrzeugs zu seiner Umgebung.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0006]** Ein Vorteil einer Ausführungsform ist eine Abschätzung einer Position eines entfernten Fahrzeugs, das sich entweder in Bewegung befindet oder stationär ist, von einem Trägerfahrzeug unter Verwendung nur eines Signalempfängers des Trägerfahrzeugs und eines Senders des entfernten Fahrzeugs. Diese Erfindung verwendet eine periodische erneute Rundsendung eines gesendeten Signals und bestimmte Eigenschaften des Signals, beispielsweise die Laufzeit, den Ankunftszeitwinkel und die Empfangssignalstärke auf der Empfängerseite des Trägerfahrzeugs zum Abschätzen eines Orts des Senders des entfernten Fahrzeugs. Für den Zweck der Erläuterung wurde eine Methode auf Laufzeitbasis; spezieller eine Ankunftszeitdifferenz des Signals auf der Empfängerseite verwendet, um den Ort des Senders des entfernten Fahrzeugs abzuschätzen. Das Positionsbestimmungssystem zeichnet die Position des Trägerfahrzeugs und die Ankunftszeit der empfangenen Nachricht an verschiedenen Referenzpunkten des Trägerfahrzeugs auf und schätzt die Position des Fahrzeugsenders unter Verwendung nur des einzelnen Empfängers des Trägerfahrzeugs ab. Auf der Basis einer Ankunftszeitdifferenz zwischen den Orten, an denen der Trägerfahrzeugempfänger die erneut rundgesendete Nachricht empfängt, bestimmt das Trägerfahrzeug einen Ort der Rundsendeentität.

**[0007]** Wenn eine Feststellung gemacht wird, dass der Ort der Rundsendeentität mobil ist, dann wird eine Annahme getroffen, dass die Rundsendeentität sich mit dem Senden von gefälschten Nach-

richten unangemessen verhält. Das Positionsbestimmungssystem kann die Positionsgenauigkeit erhöhen und die Kommunikationssicherheit durch höhere Wahrscheinlichkeit der Identifikation von gefälschten Nachrichten verstärken.

**[0008]** Außerdem kann das Ortungssystem, wie hier beschrieben, als zusätzliche Positionsdaten für ein globales Positionsbestimmungssystem (GPS) verwendet werden, wenn weniger als eine optimale Anzahl von Satelliten zum Bestimmen einer GPS-Position vorhanden sind, oder kann mit anderen Positionsbestimmungstechniken verwendet werden, um die Position eines Fahrzeugs zu ergänzen.

**[0009]** Das Ortungssystem kann auch andere Signalempfangseigenschaften verwenden, beispielsweise den Ankunftsinkel (auch als Ankunftsrichtung bekannt) oder die Stärke des empfangenen Signals in verschiedenen Referenzpositionen des Empfängers des Trägerfahrzeugs, um den Sender des entfernten Fahrzeugs zu orten.

**[0010]** Eine erfindungsgemäße Ausführungsform zieht ein autonomes Fahrzeugpositionsbestimmungssystem zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahrzeugs relativ zu einem mobilen Trägerfahrzeug auf der Basis von Sicherheitsalarmnachrichten, die vom entfernten Fahrzeug in Bezug auf ein Ereignis in einer Fahrstraße rundgesendet werden, in Erwägung. Eine Trägerfahrzeug-Kommunikationseinheit kommuniziert mit dem entfernten Fahrzeug zum Empfangen der rundgesendeten Nachrichten vom entfernten Fahrzeug. Eine Trägerfahrzeug-Steuereinheit identifiziert Referenzpunkte entlang der Fahrstraße. Jeder Referenzpunkt identifiziert eine Position des Trägerfahrzeugs und eine Signalempfangseigenschaft, wenn das Trägerfahrzeug die rundgesendete Nachricht empfängt. Die Steuereinheit des Trägerfahrzeugs wählt einen Satz der Referenzpunkte mit identifizierten Positionen und zugehörigen Signalempfangseigenschaften aus. Die Steuereinheit verwendet die Signalempfangseigenschaften an jedem Referenzpunkt, der einer empfangenen rundgesendeten Nachricht zugeordnet ist. Die Steuereinheit bestimmt eine Position des entfernten Fahrzeugs als Funktion der Signalempfangseigenschaften an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz. Die Steuereinheit bestimmt, ob das entfernte Fahrzeug an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz die gleiche Position aufweist. Ferner stellt die Steuereinheit ein Fehlverhalten durch das entfernte Fahrzeug fest, wenn das entfernte Fahrzeug nicht an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz die gleiche Position aufweist.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0011]** Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines Kommunikationssystems zwischen einem Trägerfahrzeug und einem entfernten Fahrzeug.

**[0012]** Fig. 2 ist ein Blockdiagramm eines Rundsendenachrichtensystems eines Fahrzeugs im Fahrzeugkommunikationssystem.

**[0013]** Fig. 3 stellt eine Fehlverhaltensidentifikationstechnik gemäß einer ersten Ausführungsform dar.

**[0014]** Fig. 4 stellt eine Fehlverhaltensidentifikationstechnik gemäß einer zweiten Ausführungsform dar.

**[0015]** Fig. 5 stellt eine Fehlverhaltensidentifikationstechnik gemäß einer dritten Ausführungsform dar.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0016]** Fig. 1 stellt ein Blockdiagramm eines Fahrzeugkommunikationssystems **10** zum Empfangen von Nachrichten zwischen Fahrzeugen dar. Nachrichten, die zwischen Fahrzeugen rundgesendet werden, können Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikationsnachrichten (V2V-Kommunikationsnachrichten), die Ankündigungsnachrichten nach einem Unfall (PCN-Nachrichten) umfassen, ohne jedoch darauf begrenzt zu sein, umfassen. Fahrzeuge verbreiten die PCN-Nachrichten, die Informationen in Bezug auf den Unfall enthalten, zu anderen Fahrzeugen innerhalb eines Rundsendebereichs für die Ankündigungswahrnehmung des Orts des Vorfalls. Im Hinblick auf Fahrzeugsicherheitsanwendungen besteht das Ziel für die Nachrichtenverbreitung darin, Unfälle durch Vorwarnen von Fahrzeugfahrern vor solchen Bedingungen zu verringern. Wenn beispielsweise ein Fahrzeug eine PCN-Nachricht empfängt, bestimmt das empfangende Fahrzeug, ob der Ort des Unfalls, wie durch die PCN-Nachricht bestimmt, sich auf das empfangende Fahrzeug zum Unternehmen von Korrektur- oder Vorsichtshandlungen auswirkt. Das empfangende Fahrzeug kann auch versuchen, die Nachricht zu anderen Fahrzeugen innerhalb seines Rundsendebereichs zum Warnen von anderen Fahrzeugen vor der existierenden Bedingung erneut rundzusenden.

**[0017]** Ein Fahrzeugkommunikationssystem **10** umfasst Kommunikationsvorrichtungen wie z. B. eine Bordeinheit (OBU) zum Rundsenden von Nachrichten zwischen Fahrzeugen. Eine Trägerfahrzeug-OBU **12** ist mit einer OBU **14** eines entfernten Fahrzeugs kommunizierend gezeigt. Jede jeweilige OBU umfasst ein Rundsendenachricht-Verbreitungsprotokoll **16** zum drahtlosen Verteilen der Nachrichten.

**[0018]** Die Nachricht wird zwischen der Trägerfahrzeug-OBU **12** und der OBU **14** des entfernten Fahr-

zeugs über ihre jeweiligen Antennen rundgesendet. Das System kann ein zweckgebundenes Kurzstrecken-Kommunikationsprotokoll (DSRC), WiFi oder ähnliches System als Kommunikationsprotokoll verwenden. Der Vorteil der Verwendung des DSRC-Protokolls besteht darin, dass es für öffentliche Sicherheitsanwendungen ausgelegt und lizenziert ist. Ein typisches Nachrichtenpaket kann den exakten Ort des Fahrzeugs, das die Nachricht rundsendet, enthalten, wobei somit ein Mittel geschaffen wird, damit das Fahrzeug, das die Nachricht empfängt, seinen exakten relativen Ort in Bezug auf das (die) rundsendende(n) Fahrzeug(e) kennt.

**[0019]** Ein Rundsendenachrichtensystem **20** für jedes Fahrzeug ist in **Fig. 2** gezeigt. Ankommende Nachrichten, die über eine jeweilige Antenne **22** und einen Sender/Empfänger **24** empfangen werden, werden von der jeweiligen Hardware und den Treibervorrichtungen des Funkempfängers verarbeitet und zum Empfangsstapel übermittelt, wo die ankommenden Nachrichten empfangen werden.

**[0020]** Ein Empfangssignalstärkeindikator (RSSI) **26** wird von der Empfangsschaltung des Rundsendenachrichtensystems **20** zum Angeben der Signalstärke einer jeweiligen empfangenen Nachricht erhalten. Das heißt, wenn der Fahrzeugempfänger das neue Nachrichtenpaket empfängt, misst eine Empfangsschaltung die Signalstärke der empfangenen drahtlosen Nachricht. Der RSSI **26** wird zu einem Controller **28** zum Bestimmen der Signalstärke des empfangenen Signals, das die Nachricht rundsendet, geliefert. Der RSSI **20** ist eine Angabe der Leistung des empfangenen Signals.

**[0021]** Der Controller **28** führt eine Nachrichtenfehlverhaltens-Identifikationstechnik zum Bestimmen, ob die Entität, die die Nachricht sendet, sich unangemessen verhält, aus. Fehlverhalten ist als böswillige Rundsendung von gefälschten Nachrichten definiert, die einen falschen Ort des Unfallstellenereignisses oder eines ähnlichen Ereignisses liefert. Der Controller **28** bestimmt die Genauigkeit des Orts der rundgesendeten PCN-Nachricht unter Verwendung beliebiger geeigneter Positionsbestimmungsmethodologien, die auf Signalempfangseigenschaften basieren, beispielsweise ein Multilaterationssystem auf der Basis der Ankunftszeitdifferenz (TDOA), ein Triangulationssystem auf der Basis des Ankunfts winkels (AOA) oder des Empfangssignalstärkeindex (RSSI).

**[0022]** In einem herkömmlichen Multilaterationssystem zum Bestimmen einer Position auf der Basis eines gesendeten Signals erfordert die herkömmliche Methode mindestens drei feste Referenzempfänger mit bekannten Positionen. Es wird angenommen, dass die Empfänger zeitsynchronisiert sind und eine festgelegte Rückkanalkommunikation zwischen den Empfängern aufweisen. Solche Anforderungen

fügen Kosten und Komplexität zum herkömmlichen System hinzu. Das Konzept von festen Referenzknoten erhöht die Infrastrukturkosten und erlegt der Anwendung eines Ortungssystems geographische Einschränkungen auf. Überdies nimmt dann, wenn die Empfänger mobil sind, die Rechenkomplexität und Implementierungskomplexität aufgrund einer Schwierigkeit beim Bilden und Aufrechterhalten eines Kommunikationsnetzes sowie Aufrechterhalten einer Synchronisation zwischen diesen zusammenwirkenden Elementen, die als Referenzknoten fungieren, signifikant zu.

**[0023]** Im Gegensatz zu herkömmlicher Multilateration erfordern die hier beschriebenen Ausführungsformen keine mehreren Referenzknoten oder Infrastrukturknoten mit bekannten Orten. Vielmehr verwendet das System eine Sendeentität und einen einzelnen mobilen Empfänger, während Positionskordinaten des einzelnen mobilen Empfängers, an denen erneut rundgesendete Signale empfangen werden, als Referenzpunkte behandelt werden. Das Folgende beschreibt, wie die Referenzpunkte bestimmt werden. Eine PCN-Nachricht wird typischerweise in Zeitintervallen von 100 ms (10 Hz) erneut rundgesendet. Daher wird eine große Anzahl von Referenzpunkten erzeugt, an denen erneut rundgesendete Nachrichten empfangen werden. Selbstverständlich ist das zeitlich festgelegte Intervall, wie hier beschrieben, beispielhaft und andere zeitlich festgelegte Intervalle können ausgewählt werden, die eine ausreichende Anzahl von Referenzpunkten zur Auswahl schaffen. Folglich verwendet die hier beschriebene Ausführungsform einen einzelnen Empfänger, der mehrere Vorkommnisse eines Ereignisses empfängt, wohingegen im herkömmlichen Positionsbestimmungssystem mehrere Empfänger ein einzelnes Vorkommnis eines Ereignisses empfangen.

**[0024]** Das fahrende Fahrzeug empfängt die erneut rundgesendeten Nachrichten in regelmäßigen Intervallen und an verschiedenen Orten. Jedes Mal, wenn das fahrende Fahrzeug eine erneut rundgesendete Nachricht empfängt, zeichnet der Controller **28** eine Ankunftszeit jeder PCN-Nachricht auf und zeichnet gleichzeitig seine eigene Position zur Zeit des Signalempfangs auf. Der Controller **28** verwendet seine eigene Position als Referenzpunkte im Gegensatz zu festen Knoten mit bekannten Orten. Wenn das Fahrzeug, das die erneut rundgesendeten Nachrichten empfängt, sich entlang einer Fahrtroute bewegt, wählt der Controller **28** einen oder mehrere Sätze von Referenzpunkten zum Analysieren der TDOA aus. Jeder Satz von Referenzpunkten umfasst eine vorbestimmte Anzahl von Referenzpunkten (z. B. 3 oder mehr). Das heißt das fahrende Fahrzeug selbst wählt Referenzpunkte von seinem eigenen Fahrweg aus. Die Referenzpunkte, die für die Aufnahme in einen jeweiligen Satz von Referenzpunkten ausgewählt werden, können auf der Basis von einem oder

mehreren Kriterien bestimmt werden. Ein Beispiel eines solchen Kriteriums wäre der RSSI **26**. Unter Verwendung des RSSI **26** kann der Controller **28** diejenigen Signale auswählen, die eine Signalstärke über einem vorbestimmten Schwellenwert aufweisen, oder kann die Referenzpunkte auswählen, an denen die an diesen Referenzpunkten empfangenen Signale die höchste Signalstärke unter den mehreren Signalen, die an jedem der Referenzpunkte empfangen werden, aufweisen.

**[0025]** In Anbetracht von einem oder mehreren Sätzen von Referenzpunkten und der jeweiligen Ankunftszeit für jede Nachricht kann der Controller **28** eine Koordinatenposition der Entität, die die PCN-Nachricht sendet, ermitteln. Ein Satz von Referenzpunkten und die jeweilige TDOA zwischen dem Satz von Referenzpunkten werden beispielsweise bestimmt. Unter Verwendung von Hyperboloiden wird eine Ortskurve in Bezug auf die Position der sendenden Entität bestimmt. Bei der Verwendung dieser Technik ist die absolute Zeit, zu der das Signal gesendet wird, nicht erforderlich, vielmehr ist nur die Ankunftszeit, wenn das Signal empfangen wird, erforderlich.

**[0026]** Fig. 3 stellt eine Technik zum Identifizieren von Fehlverhalten durch Bestimmen, ob die Entität, die die Nachricht wie z. B. eine PCN-Nachricht rundsendet, stationär oder mobil ist, dar. In Fig. 3 ist das entfernte Fahrzeug **30** an einem Unfall beteiligt und rundsendet eine PCN-Nachricht. Bei einer echten PCN-Alarmnachricht ist das am Unfall beteiligte entfernte Fahrzeug **30** stationär. Daher werden gefälschte Nachrichten und Fehlverhaltensknoten identifiziert, wenn die Position des Fahrzeugs, von dem die PCN-Nachricht rundgesendet wird, in der Fahrstraße nicht stationär ist. Wie im Fall eines Fahrzeugs, das am Unfall beteiligt ist, kann ein Fahrzeug sich in der Fahrstraße befinden oder kann außerhalb der Straße liegen (z. B. in einem vorbestimmten Abstand von der Fahrspur oder Fahrstraße). Wenn die Feststellung gemacht wird, dass das Fahrzeug, das die PCN-Nachricht sendet, entweder mobil oder zu weit von dem Ort des Unfalls entfernt ist, dann ist die Feststellung, dass die PCN-Nachricht falsch ist, was eine gefälschte Nachricht oder einen Fehlverhaltensknoten impliziert.

**[0027]** Die PCN-Nachricht wird zu einem Fahrzeug, das in derselben Richtung fährt, und ebenso zu Fahrzeugen, die in der entgegengesetzten Richtung zum entfernten Fahrzeug **30** fahren, erneut rundgesendet. Typischerweise identifiziert die PCN-Nachricht einen Zeitstempel und einen Ort des entfernten Fahrzeugs, das am Unfall beteiligt ist. Da der Zeitstempel am Datenpaket, der die Abgangszeit des Signals trägt, verändert werden kann, wird der Zeitstempel ignoriert und eine auf der Laufzeit basierende Positionsbestimmung wird nicht verwendet. Beim Empfangen

der PCN-Nachricht schätzen alle Fahrzeuge in beiden Richtungen den Abstand zur Unfallstelle ab und unternehmen Vorsichtshandlungen (z. B. Fahrspurwechsel, Bremsen, Verlangsamen bis zum Stopp). Folglich ist es von höchster Bedeutung, den korrekten Ort der Unfallstelle zu kennen, um Straßensicherheit und Kommunikationssicherheit sicherzustellen, um gefälschte Nachrichten und Fehlverhaltensknoten zu vermeiden.

**[0028]** In Fig. 3 wird angenommen, dass das Trägerfahrzeug **32** mobil ist und auf die Unfallstelle zu-steuert und das PCN-Signal empfängt. Das Trägerfahrzeug **32** versucht, die Position des entfernten Fahrzeugs **30** mit ausreichender Genauigkeit ohne irgendeine Unterstützung von anderen Fahrzeugen innerhalb des V2V-Kommunikationssystems oder ohne die Unterstützung von einem Infrastruktursystem abzuschätzen. Wenn das Trägerfahrzeug **32** entlang eines gefahrenen Weges fährt, wird das in regelmäßigen Zeitintervallen gesendete erneut rundgesendete Signal an verschiedenen Referenzpunkten entlang der Fahrstraße des Trägerfahrzeugs empfangen. Beim Empfang einer PCN-Nachricht vom entfernten Fahrzeug **30** an einem jeweiligen Ort speichert das Trägerfahrzeug **32** seine aktuelle Position  $(x_1, y_1)$ , die Ankunftszeit  $(t_1)$ , und den RSSI des empfangenen PCN-Signals. Während das entfernte Fahrzeug **30** periodisch die PCN-Nachricht in zeitlich festgelegten Intervallen erneut rundsendet, empfängt das Trägerfahrzeug **32** jede erneut rundgesendete PCN-Nachricht und zeichnet seine jeweilige Position, die Ankunftszeit und den RSSI des empfangenen PCN-Signals auf. Folglich werden mehrere Referenzpunkte und zugehörige Metriken  $(x_1, y_1, t_1)$ ,  $(x_2, y_2, t_2)$ ,  $(x_3, y_3, t_3)$  ...  $(x_n, y_n, t_n)$  für jedes empfangene PCN-Signal aufgezeichnet.

**[0029]** Ein erster Satz von Referenzpunkten (z. B. 3 Referenzpunkte) wird aus den mehreren aufgezeichneten Referenzpunkten ausgewählt. Der erste Satz von Referenzpunkten kann unter Verwendung der jeweiligen Punkte mit dem höchsten RSSI ausgewählt werden. Dies stellt sicher, dass Referenzpunkte mit starker Signalqualität ausgewählt werden, was bei der Positionsabschätzungsgenauigkeit eine signifikante Rolle spielt. Die Positionskordinaten und die Ankunftszeit der PCN-Nachricht am empfangenden Fahrzeug werden verwendet, um den Ort der PCN-Sendeentität unter Verwendung einer TDOA-Technik zu berechnen. Die TDOA-Technik ist hier robust, da die Ankunftszeit eine gültige Metrik ist, die von einem Synchronisationsfehler frei ist (d. h. derselbe Empfänger empfängt jede erneut rundgesendete Nachricht). Wie in Fig. 3 gezeigt, wird ein erster Satz von Referenzpunkten  $(x_{h1}, y_{h1})$ ,  $(x_{h2}, y_{h2})$ ,  $(x_{h3}, y_{h3})$ , wie vom Controller ausgewählt, verwendet, um eine Position der die PCN-Nachricht sendenden Entität zu berechnen. Die Position der Sendeentität wird berechnet und als  $(x_p, y_p)$  identifiziert.

**[0030]** Der Controller wählt danach einen zweiten Satz von Referenzpunkten  $(x_{h4}, y_{h4})$ ,  $(x_{h5}, y_{h5})$ ,  $(x_{h6}, y_{h6})$  aus. Der berechnete Ort der Position der Sendentität auf der Basis des zweiten Satzes von Referenzpunkten wird als  $(x'_p, y'_p)$  identifiziert. Zusätzliche Berechnungen können für zusätzliche Sätze von Werten durchgeführt werden. Die in **Fig. 3** gezeigte Technik beruht auf der Differenz, falls vorhanden, in den berechneten Orten der Entität, die die PCN sendet, wie durch die verschiedenen Sätze von Referenzpunkten bestimmt. Eine Differenz, die größer ist als ein jeweiliger Schwellenwert, zwischen der Position  $(x_p, y_p)$  und  $(x'_p, y'_p)$  würde darauf hindeuten, dass sich die Entität, die die PCN-Nachricht erzeugt, bewegt. Wenn festgestellt wird, dass sich die Entität bewegt, dann wird angenommen, dass sich die Entität unangemessen verhält und die Glaubwürdigkeit der Nachricht erheblich vermindert ist.

**[0031]** **Fig. 4** stellt eine alternative Technik zum Bestimmen eines Fehlverhaltens eines Fahrzeugs, das eine Nachricht rundsendet, dar. Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird der erste Satz von Referenzpunkten  $(x_{h1}, y_{h1})$ ,  $(x_{h2}, y_{h2})$ ,  $(x_{h3}, y_{h3})$ , der vom Controller ausgewählt wird, verwendet, um eine Position der Entität, die die PCN-Nachricht sendet, zu berechnen. Die Position wird als  $(x_p, y_p)$  identifiziert. Der Controller wählt danach einen vierten Referenzpunkt  $(x_{h4}, y_{h4})$  aus. Eine abgeschätzte Ankunftszeit ( $t'_4$ ) der rundgesendeten Nachricht am vierten Referenzpunkt  $(x_{h4}, y_{h4})$  kann vom Empfänger des Trägerfahrzeugs auf der Basis der Geschwindigkeit, Richtung und des vorher berechneten Abstandes in Bezug auf den PCN-Ort  $(x_p, y_p)$ , wie durch den ersten Satz von Koordinaten bestimmt, extrapoliert werden.

**[0032]** Außerdem wird eine tatsächliche Ankunftszeit ( $t_4$ ) der rundgesendeten Nachricht auf der Basis dessen bestimmt, wann das Fahrzeug tatsächlich am vierten Referenzpunkt  $(x_{h4}, y_{h4})$  ankommt. Eine Differenz zwischen der berechneten Ankunftszeit ( $t'_4$ ) und der tatsächlichen Ankunftszeit ( $t_4$ ), die größer ist als ein Vergleichsschwellenwert, deutet darauf hin, dass eine gefälschte Nachricht oder ein Fehlverhaltensknoten vorhanden ist. Ähnliche Berechnungen unter Verwendung von anderen Sätzen von Referenzpunkten können wiederholt werden, um festzustellen, ob sich die sendende Entität unangemessen verhält.

**[0033]** Selbstverständlich können andere Signalempfangeigenschaften in den vorstehend beschriebenen Techniken zum Bestimmen einer Position des entfernten Fahrzeugs verwendet werden. Solche anderen Signalempfangeigenschaften als die Ankunftszeit können den Ankunftszeitpunkt (auch als Ankunftsrichtung bekannt) oder den Empfangssignalsstärkeindex, für die eine auf AOA oder RSSI basierende Triangulation angewendet werden kann, umfassen. **Fig. 5** stellt beispielsweise eine Technik zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahr-

zeugs als Funktion des AOA dar. Beim Empfang einer rundgesendeten Nachricht am ersten Referenzpunkt  $(x_{h1}, y_{h1})$  werden eine Position des Trägerfahrzeugs **32**, ein entsprechender AOA der rundgesendeten Nachricht und eine entsprechende Peillinie ( $LOB_1$ ) bestimmt. Danach bestimmt das Trägerfahrzeug **32** eine Position des Trägerfahrzeugs **32**, einen entsprechenden AOA der rundgesendeten Nachricht und eine entsprechende Peillinie ( $LOB_2$ ) am zweiten Referenzpunkt  $(x_{h2}, y_{h2})$ . Die Peillinie ( $LOB_1$ ), die dem ersten Referenzpunkt zugeordnet ist, schneidet die Peillinie ( $LOB_2$ ), die dem zweiten Referenzpunkt zugeordnet ist, bei  $(x_p, y_p)$  und dies ist die abgeschätzte Position des entfernten Fahrzeugs **30**, das die Nachricht rundsendet. Um mehr Vertrauen in die abgeschätzte Position zu erlangen, kann das Trägerfahrzeug **32** warten und zusätzliche rundgesendete Nachrichten vom entfernten Fahrzeug **30** empfangen. Eine identifizierte Position, ein AOA und eine Peillinie ( $LOB_3$ ) werden für einen dritten Referenzpunkt  $(x_{h3}, y_{h3})$  bestimmt. Eine Feststellung wird hinsichtlich dessen gemacht, ob die Peillinie ( $LOB_3$ ) den Ort  $(x_p, y_p)$  schneidet. Wenn die zusätzlichen Peillinien (z. B. ( $LOB_3$ )) nicht mit den Ergebnissen des früher bestimmten Schnittpunkts  $(x_p, y_p)$  übereinstimmen, dann besteht ein Hinweis auf mögliches Fehlverhalten.

**[0034]** Die Vorteile, wie hier beschrieben und gezeigt, bestehen darin, dass eine festgelegte oder kooperative Art der Kommunikation nicht erforderlich ist und keine Synchronisation zwischen den Kommunikationsvorrichtungen erforderlich ist. Keine Rückkanalkommunikation ist zwischen den festen Knoten erforderlich.

**[0035]** Selbstverständlich ist jedes Fahrzeug innerhalb einer Reichweite einer rundgesendeten PCN-Nachricht in der Lage, den Quellenort der PCN-Nachricht abzuschätzen. Der Prozess kann mehr als ein Fahrzeug, das die PCN-Nachricht empfängt, beinhalten und jedes Fahrzeug kann gleichzeitig und unabhängig arbeiten, um die Position der Entität, die die PCN-Nachricht rundsendet, zu verfolgen. Die Techniken, wie hier beschrieben, erfordern keine gegenseitige Zusammenwirkung zwischen den Fahrzeugen, die die PCN-Nachricht empfangen; ein Fahrzeug kann jedoch wählen, seinen abgeschätzten Ort der PCN-Nachricht rundzusenden, um andere Benutzer in der Nähe zu warnen oder seine eigene Berechnung gegen eine der Abschätzungen von anderen empfangenden Fahrzeugen erneut zu bestätigen. Da jedes empfangende Fahrzeug in der Lage ist, den Ort des Fahrzeugs, das die PCN-Nachricht rundsendet, unabhängig abzuschätzen, besteht kein Synchronisationsfehler zwischen den Fahrzeugen, da die Synchronisation der Empfänger nicht sachdienlich ist, und insbesondere besteht keine Differenz der Leistungen der Systemhardware, die für die Positionsordnung zweckgebunden ist, beispielsweise einen GPS-

Empfänger. Das heißt, GPS-fähige Fahrzeuge von mehreren GPS-Herstellern weisen eine unterschiedliche Empfängerempfindlichkeit auf, was zu Differenzen der Positionsgenauigkeit führt. Die Differenzen der Wirksamkeit der Empfänger von mehreren Herstellern wirken sich jedoch nicht auf die Ergebnisse der hier beschriebenen Techniken aus.

**[0036]** Eine innewohnende Annahme bei V2V-Kommunikationen besteht darin, dass jedes V2V-fähige Fahrzeug mit einem globalen Positionsbestimmungssystem (GPS) ausgestattet ist. Die Funktionalität von GPS kann jedoch in Stadtgebieten aufgrund der Anwesenheit von großen abschattenden Gebäuden, die die Sichtlinie mit mindestens drei Satelliten blockieren, vermindert sein. In ländlichen unkartierten oder spärlich kartierten Gebieten kann das GPS ebenso schlecht arbeiten. Um die existierenden Begrenzungen des GPS zu umgehen, kann das vorgeschlagene System auf Ankunftszeitdifferenzbasis als alternatives oder komplementäres Werkzeug zum eingebetteten GPS in V2V-Kommunikationen verwendet werden.

### Patentansprüche

1. Autonomes Fahrzeug-Positionsbestimmungssystem zum Bestimmen einer Position eines entfernten Fahrzeugs relativ zu einem mobilen Trägerfahrzeug auf der Basis von Sicherheitsalarmnachrichten, die vom entfernten Fahrzeug in Bezug auf ein Ereignis in einer Fahrstraße rundgesendet werden, wobei das System umfasst:

eine Trägerfahrzeug-Kommunikationseinheit, die mit dem entfernten Fahrzeug zum Empfangen der rundgesendeten Nachrichten vom entfernten Fahrzeug kommuniziert;

eine Trägerfahrzeug-Steuereinheit zum Identifizieren von Referenzpunkten entlang der Fahrstraße, wobei jeder Referenzpunkt eine Position des Trägerfahrzeugs und eine Signalempfangseigenschaft identifiziert, wenn das Trägerfahrzeug die rundgesendete Nachricht empfängt; und

wobei die Steuereinheit des Trägerfahrzeugs einen Satz der Referenzpunkte mit identifizierten Positionen und zugehörigen Signalempfangseigenschaften auswählt, wobei die Steuereinheit die Signalempfangseigenschaften an jedem Referenzpunkt, der einer empfangenen rundgesendeten Nachricht zugeordnet ist, verwendet, und wobei die Steuereinheit eine Position des entfernten Fahrzeugs als Funktion der Signalempfangseigenschaften an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz bestimmt und die Steuereinheit ferner bestimmt, ob das entfernte Fahrzeug an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz die gleiche Position aufweist, wobei die Steuereinheit ein Fehlverhalten durch das entfernte Fahrzeug feststellt, wenn das entfernte Fahrzeug nicht an jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz die gleiche Position aufweist.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Signalempfangseigenschaft einen Ankunftszeitwinkel der rundgesendeten Nachricht umfasst, wobei jeder Referenzpunkt eine Position des Trägerfahrzeugs, einen Ankunftszeitwinkel der rundgesendeten Nachricht und eine zugehörige Peillinie identifiziert, wenn das Trägerfahrzeug die rundgesendete Nachricht empfängt, wobei die Steuereinheit des Trägerfahrzeugs einen Satz der Referenzpunkte mit identifizierten Positionen, zugehörigen Ankunftszeitwinkeln und zugehörigen Peillinien auswählt, wobei die Steuereinheit einen Schnittpunkt zwischen zwei jeweiligen Peillinien bestimmt, die zwei Referenzpunkten entsprechen, die empfangenen rundgesendeten Nachrichten zugeordnet sind, und wobei die Steuereinheit eine Position des entfernten Fahrzeugs als Schnittpunkt zwischen zwei Peillinien bestimmt.

3. System nach Anspruch 1, wobei die Signalempfangseigenschaft eine Ankunftszeit der rundgesendeten Nachricht umfasst, wobei jeder Referenzpunkt eine Position des Trägerfahrzeugs und eine zugehörige Ankunftszeit identifiziert, wenn das Trägerfahrzeug die rundgesendete Nachricht empfängt, wobei die Steuereinheit des Trägerfahrzeugs einen Satz der Referenzpunkte mit identifizierten Positionen und zugehörigen Zeiten auswählt, wobei die Steuereinheit eine Ankunftszeitdifferenz zwischen jedem Referenzpunkt, der einer empfangenen rundgesendeten Nachricht zugeordnet ist, bestimmt, und wobei die Steuereinheit eine Position des entfernten Fahrzeugs als Funktion der Ankunftszeitdifferenz zwischen jedem ausgewählten Referenzpunkt in dem Satz bestimmt.

4. System nach Anspruch 3, wobei die Steuereinheit einen nächsten Satz von Referenzpunkten zum Bestimmen einer Position des entfernten Fahrzeugs auf der Basis einer Ankunftszeitdifferenz zwischen jeder empfangenen rundgesendeten Nachricht des nächsten Satzes von Referenzpunkten auswählt, wobei die Steuereinheit eine Position des entfernten Fahrzeugs als Funktion der Ankunftszeitdifferenz zwischen jedem Referenzpunkt des nächsten Satzes von ausgewählten Referenzpunkten bestimmt, wobei die Steuereinheit die Position des entfernten Fahrzeugs, wie durch den ersten Satz von Referenzpunkten bestimmt, mit der Position, wie durch den nächsten Satz von Referenzpunkten bestimmt, vergleicht und wobei die Steuereinheit ein Fehlverhalten durch das entfernte Fahrzeug feststellt, wenn der Abstand zwischen bestimmten Positionen größer ist als ein vorbestimmter Abstandsschwellenwert.

5. System nach Anspruch 3, wobei ein nächster Referenzpunkt durch die Steuereinheit ausgewählt wird, wobei der Ort und die Ankunftszeit für den nächsten Referenzpunkt identifiziert werden, wobei die Steuereinheit eine erwartete Ankunftszeit der rundgesendeten Nachricht in der Position des nächs-

ten Referenzpunkts des Trägerfahrzeugs bestimmt, und wobei die Steuereinheit eine Differenz zwischen der identifizierten Ankunftszeit der rundgesendeten Nachricht am nächsten Referenzpunkt des Trägerfahrzeugs und der tatsächlichen Ankunftszeit der rundgesendeten Nachricht am nächsten Referenzpunkt des Trägerfahrzeugs bestimmt und wobei die Steuereinheit ein Fehlverhalten durch das entfernte Fahrzeug feststellt, wenn die Differenz zwischen der identifizierten Ankunftszeit und der erwarteten Ankunftszeit größer ist als ein vorbestimmter Schwellenwert.

6. System nach Anspruch 5, wobei die Steuereinheit zusätzliche Referenzpunkte und zugehörige Ankunftszeiten identifiziert und wobei ein Fehlverhalten durch das entfernte Fahrzeug festgestellt wird, wenn die Differenz zwischen der identifizierten Ankunftszeit und der erwarteten Ankunftszeit von irgendeinem der zusätzlichen Referenzpunkte größer ist als der vorbestimmte Schwellenwert.

7. System nach Anspruch 1, wobei ein Empfangssignalstärkeindikator für jede vom Trägerfahrzeug empfangene Nachricht bestimmt wird, wobei die Steuereinheit jeden der jeweiligen Referenzpunkte auf der Basis eines Werts des Empfangssignalstärkeindikators auswählt.

8. System nach Anspruch 7, wobei die Steuereinheit jeden der jeweiligen Referenzpunkte auf der Basis des Werts des Empfangssignalstärkeindikators, der über der vorbestimmten Signalstärke liegt, auswählt.

9. System nach Anspruch 7, wobei die Steuereinheit die rundgesendeten Nachrichten auf der Basis der Werte der Empfangssignalstärkeindikatoren priorisiert, wobei die Steuereinheit jeden der jeweiligen Referenzpunkte auf der Basis der Referenzpunkte mit einem höchsten Wert des Signalstärkeindikators unter den identifizierten Referenzpunkten entlang der Fahrstraße auswählt.

10. System nach Anspruch 1, wobei der Satz von Referenzpunkten mindestens drei Referenzpunkte umfasst.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

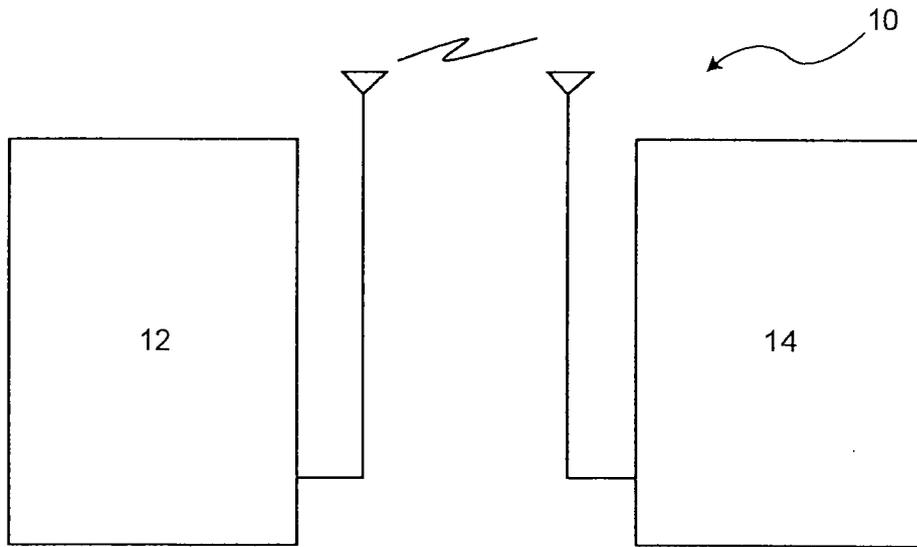


Fig. 1

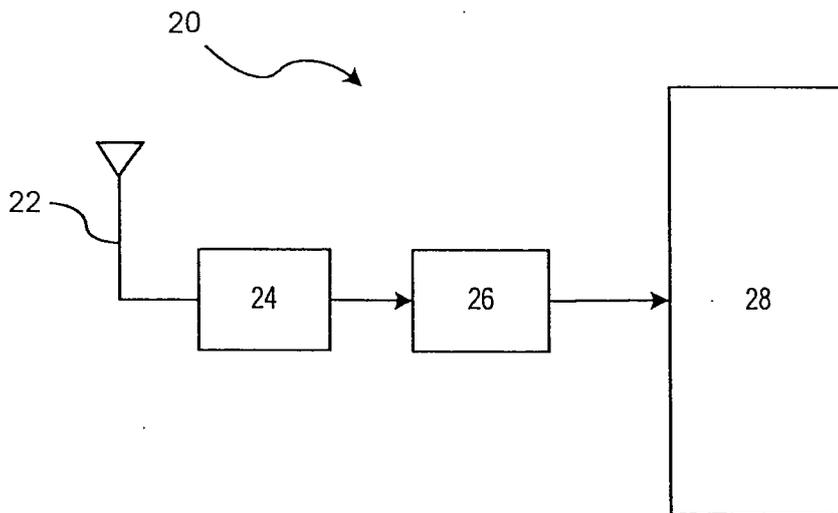


Fig. 2

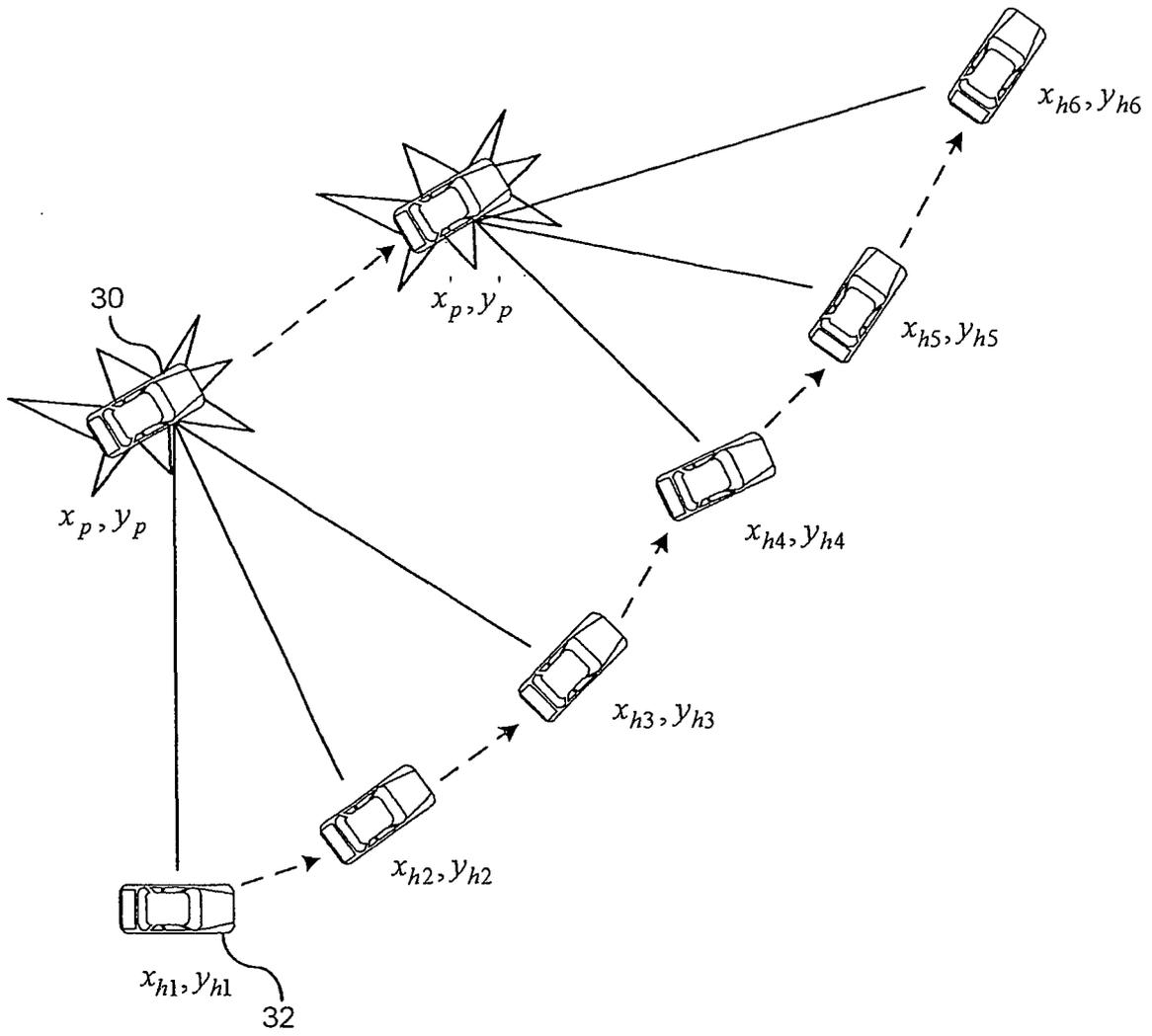


Fig. 3

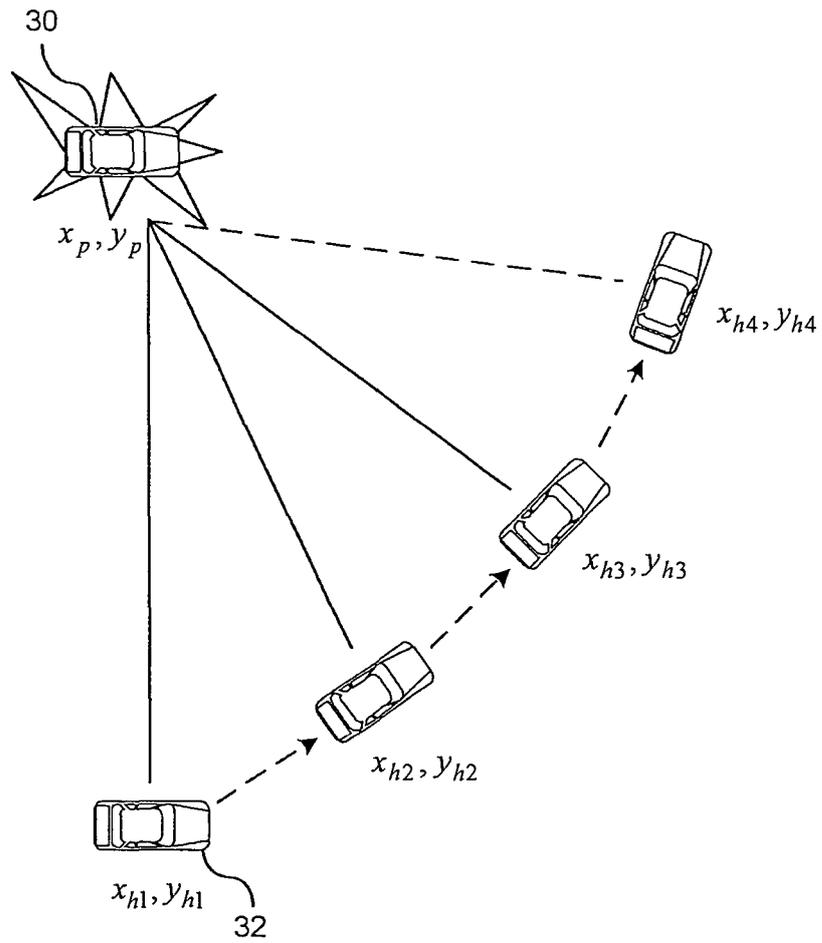


Fig. 4

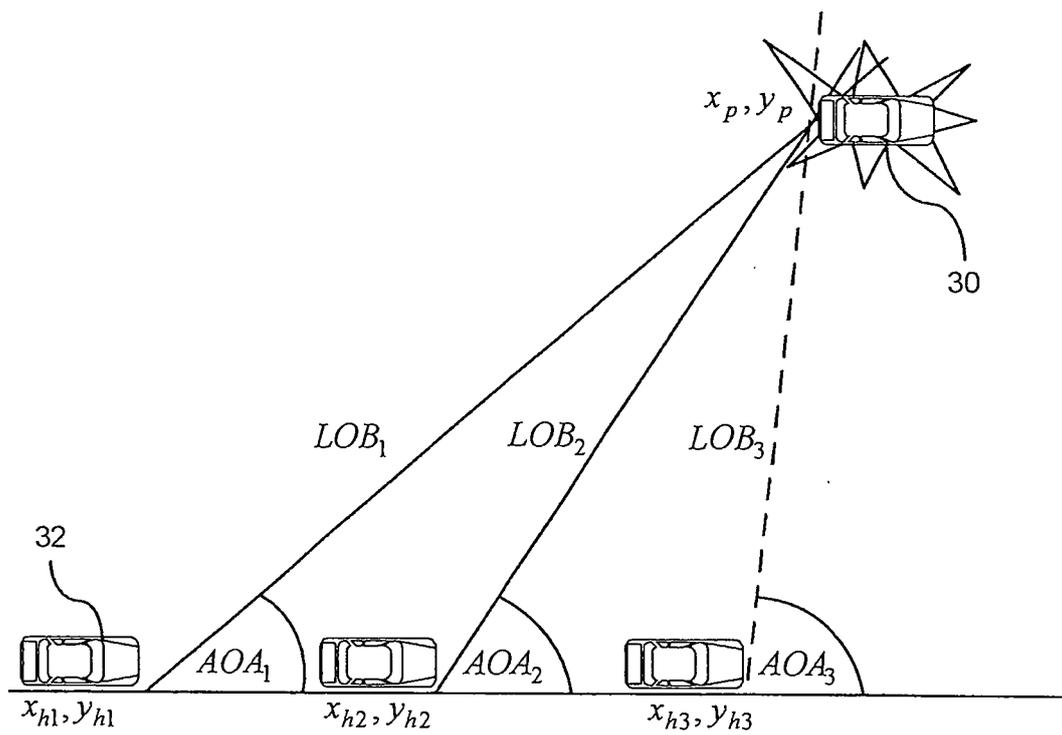


Fig. 5