

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 940 792 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
28.07.2004 Patentblatt 2004/31

(51) Int Cl.7: **G08G 1/04**, G01V 1/00

(21) Anmeldenummer: **99103249.1**

(22) Anmeldetag: **19.02.1999**

(54) Verfahren zum Detektieren von Fahrzeugen

Method to detect vehicles

Procédé de détection de véhicules

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE DK FR GB IT LI NL

(30) Priorität: **04.03.1998 DE 19809058**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.1999 Patentblatt 1999/36

(73) Patentinhaber: **Rheinmetall Defence Electronics
GmbH
28309 Bremen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hermstrüwer, Günther
28832 Achim (DE)**

• **Hölscher, Ursula
28203 Bremen (DE)**
• **Knötsch, Rainer
28832 Achim (DE)**

(74) Vertreter: **Thul, Hermann, Dipl.-Phys. et al
Zentrale Patentabteilung,
Rheinmetall AG,
Rheinmetall Allee 1
40476 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 4 237 721 DE-C- 19 542 871
US-A- 5 619 616

EP 0 940 792 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Detektieren von sich einem Überwachungsbereich nähernden Fahrzeugen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

[0002] Ein solches Verfahren wird vorzugsweise in Weckvorrichtungen eingesetzt, die dazu dienen, autonome Systeme zur Überwachung von Geländebereichen auf und/oder zur Sicherung von Geländebereichen gegen das Eindringen von Objekten, hier Fahrzeugen, erst dann zu aktivieren (wecken), wenn einigermaßen sicher feststeht, daß solche Objekte im Überwachungsbereich auftauchen und/oder daß es sich bei den auftauchenden Objekten auch um die überwachungsspezifischen Objekte und nicht um andere handelt. Dabei muß das Wecken mit möglichst geringer Falschalarmrate so rechtzeitig erfolgen, daß das Objekt sich noch innerhalb des Aktionsradius des Systems befindet.

[0003] Bei einem bekannten Verfahren zur Detektion von Fußgängern, die einen Überwachungsort passieren (DE 195 42 871 C1) werden als Sensoren ein Geophon und ein Mikrofon verwendet und deren Ausgangssignale signaltechnisch geeignet vorverarbeitet. In den vorverarbeiteten Ausgangssignalen des Mikrofons werden fortlaufend für vorgegebene Zeitstücke Signalspitzen oder -impulse detektiert, und in den gleichermaßen vorverarbeiteten Ausgangssignalen des Geophons werden Signalspitzen oder -impulse an denjenigen Stellen eliminiert, an denen in gleichen Zeitstücken des Mikrofonausgangssignals Signalspitzen oder -impulse auftreten. In den durch diese Impulselimination bereinigten Zeitstücken des Geophonausgangssignals wird eine vorgegebene maximale Zahl der größten Signalspitzen oder -impulse extrahiert und mittels der extrahierten Signalspitzen oder -impulsen die Wahrscheinlichkeit einer Fußgängerdetektion bewertet.

[0004] Bei diesem Verfahren werden durch Eliminieren von Signaturen im Geophonausgangssignal, die auch im Mikrofonausgangssignal auftreten, solche Schallereignisse, z.B. entfernte Luftknalle, bei der Detektion ausgeschossen, die im Medium Luft Schallimpulse erzeugen, die ihrerseits in den Erdboden einkoppeln und im Geophonausgangssignal eine ähnliche Signatur hervorrufen wie die Schritte des Fußgängers. Die Detektionssicherheit wird dadurch angehoben, daß das Detektionsergebnis nicht mehr mit einer ja/nein-Entscheidung angezeigt, sondern hinsichtlich seiner Wahrscheinlichkeit bewertet wird, so daß der Operateur aufgrund des Wahrscheinlichkeitsgrades oder Konfidenzmaßes der Detektion nochmals die Zuverlässigkeit des Detektionsergebnisses ins eigene Kalkül einbeziehen kann.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Detektion von Fahrzeugen der eingangs genannten Art mit hoher Detektionswahrscheinlichkeit und geringer Falschalarmrate zu schaffen, das ohne In-

terpretation oder Bewertung durch einen Operateur auskommt, also vollautonom ist, und nur eine relativ einfache Signalverarbeitung erfordert, so daß es in unbeaufsichtigten Weckvorrichtungen, die einen Massenartikel darstellen, eingesetzt werden kann.

[0006] Die Aufgabe ist bei einem Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß durch die Unabhängigkeit der Weckstufen sich jede Weckstufe einfach bezüglich des benötigten Zeit- und Frequenzbereichs, der Methode und des Umfangs für die Signalverarbeitung realisieren läßt. Die Ausnutzung unterschiedlicher physikalischer Merkmale in den Sensorsignalen zur Detektion in den verschiedenen Weckstufen führt zu einer deutlichen Verbesserung des Detektionsverfahrens bezüglich seiner Zuverlässigkeit der Fahrzeugerkennung und Robustheit gegenüber Störungen und zu einer hohen Funktionssicherheit einer mit einem solchen Verfahren betriebenen Weckvorrichtung. Die in den einzelnen Weckstufen verarbeiteten Signale können von einem einzigen oder von mehreren Sensoren abgenommen werden. Der Austausch der Sensoren ist problemlos, so daß sich das Verfahren leicht an Besonderheiten des Einsatzgebietes anpassen läßt. Die Verknüpfung der in jeder Weckstufe erzeugten Slave-Wecksignale zu dem eigentlichen Detektions- oder Wecksignal, dem sog. Master-Wecksignal, erfolgt nach einfachen heuristischen Regeln, die leicht geändert und an die Besonderheiten des Einsatzgebietes angepaßt werden können und darüber hinaus leicht zu implementieren sind. Entsprechend den Anforderungen bezüglich der Falschalarmrate und der Detektionswahrscheinlichkeit bezogen auf den vertretbaren Aufwand kann die Zahl der vorhandenen Weckstufen frei gewählt und verschiedene Weckstufen unterschiedlich kombiniert werden. Damit kann eine nach dem Verfahren arbeitende Weckvorrichtung problemlos auf die gestellten Anforderungen in einem spezifischen Einsatzgebiet sowohl technisch als auch preislich zugeschnitten werden.

[0008] Die Verknüpfung der Slave-Wecksignale zu dem Master-Wecksignal kann z.B. durch Hintereinanderschaltung der Weckstufen erfolgen, so daß jedes Slave-Wecksignal einer Weckstufe die nachfolgende Weckstufe aktiviert und die in der Reihenfolge letzte Weckstufe das Master-Wecksignal erzeugt. Dies hat den Vorteil, daß zunächst nur die Stufen mit geringem Energieverbrauch eingeschaltet werden und die qualitativ höherwertigen Weckstufen mit entsprechend größerem Energieverbrauch erst nach Treffen einer auf Fahrzeuge hinweisenden Vorentscheidung aktiviert werden.

[0009] Die einzelnen Weckstufen können auch parallel betrieben werden, also gleichzeitig eingeschaltet werden, und deren Slave-Wecksignale verknüpft werden, wobei die Verknüpfung gewichtet entsprechend

den Konfidenzmaßen der einzelnen Slave-Wecksignale erfolgt. Dies hat den Vorteil, daß trotz geringer Signal-/Stör-Verhältnisse große Detektionsreichweiten möglich sind und die Falschalarmrate gering gehalten wird. Zusätzlich ist ein frühzeitiges Wecken möglich.

[0010] Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ist anhand einer in der Zeichnung dargestellten Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens im folgenden näher beschrieben. Dabei zeigt die Zeichnung ein Blockschaltbild einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitenden, auf Fahrzeuggeräusche ansprechenden Weckvorrichtung.

[0012] Die in der Zeichnung im Blockschaltbild dargestellte Weckvorrichtung dient zum Aktivieren oder Wecken autonomer Systeme zur Überwachung von Geländebereichen bezüglich des Eindringens von oder des Überfahrens durch Fahrzeuge alle Art, wobei das autonome System ein Aufklärungssystem zur Erfassung von Truppenbewegungen oder ein Bekämpfungssystem, z. B. ein Minensystem, zur Zerstörung aller oder selektierter Fahrzeuge sein kann.

[0013] Die zusammen mit dem autonomen System im Gelände ausgebrachte Weckvorrichtung weist eine akustische Antenne 10 auf, die drei um 120° gegeneinander sternförmig versetzt angeordnete Antennenarme 11, 12 und 13 besitzt. Auf jedem Antennenarm 11 bis 13 sind drei Mikrofone 14 im konstanten Abstand voneinander angeordnet. Im Sternpunkt der drei Antennenarme 11 bis 13 ist ein weiteres Mikrofon 14 vorhanden.

[0014] Eine Signalverarbeitung zur Aufbereitung und Auswertung der Ausgangssignale der Mikrofone 14 und zum Erzeugen eines Wecksignals, dem sog. Master-Wecksignal, wenn mit ausreichend hohem Sicherheitsgrad ein Fahrzeug im Überwachungsbereich detektiert wird, ist in drei einzelne Weckstufen 15, 16 und 17 aufgeteilt, die unabhängig voneinander arbeiten und qualitativ unterschiedliche Merkmale, die signifikant für das Vorhandensein von Fahrzeuggeräuschen sind, in den ihnen zugeführten Signalen extrahieren und bewerten und bei ausreichender Konfidenz der extrahierten Merkmale jeweils ein Wecksignal, das sog. Slave-Wecksignal erzeugen. Die Slave-Wecksignale werden einer die Weckstufen 15 bis 17 funktionell verbindenden Verknüpfungseinheit 18 zugeführt, die ihrerseits das Master-Wecksignal generiert.

[0015] Die Verknüpfung der Slave-Wecksignale kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Im einfachsten Fall werden die Weckstufen 15 bis 17 durch die Verknüpfungseinheit 18 hintereinander geschaltet, d. h. das Slave-Wecksignal der Weckstufe 15 wird zum Aktivieren der Weckstufe 16 und das Slave-Wecksignal der Weckstufe 16 zum Aktivieren der Weckstufe 17 verwendet. Das Slave-Wecksignal der letzten Weckstufe 17 ist dann das Master-Wecksignal. Die Reihenfolge der Ak-

tivierung der Weckstufen 15 bis 17 kann dabei getauscht werden. Vorteilhaft wird dabei die Weckstufe mit dem geringsten Energieverbrauch (hier die Weckstufe 15) zuerst eingeschaltet und die nachfolgenden Stufen mit qualitativ höherwertiger Signalverarbeitung und damit wesentlich größerem Energieverbrauch erst dann eingeschaltet, wenn jeweils in der vorhergehenden Weckstufe eine weitere Vorentscheidung in Richtung auf die Wahrscheinlichkeit einer Fahrzeugdetektion getroffen worden ist.

[0016] Durch die Verknüpfungseinheit 18 können die Weckstufen 15 bis 17 auch parallel geschaltet werden, d. h. die Slave-Wecksignale der gleichzeitig arbeitenden Weckstufen 15 bis 17 werden in der Verknüpfungseinheit 18 unter Gewichtung ihrer Konfidenz nach vorgegebenen Regeln miteinander verknüpft und das Master-Wecksignal wird aus der konfidenzgewichteten Verknüpfung generiert.

[0017] Die Weckstufe 15 ist mit einem einzigen Mikrofon 14 der akustischen Antenne 10 verbunden, die Weckstufe 16 ist mindestens an die auf einem Antennenarm 11, 12, 13 angeordneten Mikrofone 14 angeschlossen, im Ausführungsbeispiel an alle drei Antennenarme 11 bis 13, und die Weckstufe 17 ist mit allen Mikrofonen 14 der akustischen Antenne 10 verbunden.

[0018] Im einzelnen werden in der Weckstufe 15 in zwei getrennten Signalverarbeitungskanälen 21, 22 zwei zeitabhängige Pegelsignale erzeugt, indem in beiden Signalverarbeitungskanälen 21, 22 das verstärkte Mikrofonausgangssignal gefiltert, gleichgerichtet und integriert wird, wobei im ersten Signalverarbeitungskanal 21 eine auf das Fahrzeuggeräusch abgestimmte breitbandige Filterung in einem Bandpaß 23 mit einer Bandbreite, die dem Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen bei einem guten Nutz/Störverhältnis (Signal Noise Ratio SNR) entspricht (im folgenden kurz Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen genannt), und die Integration nach Gleichrichtung mit einer großen Zeitkonstante im Block 24 erfolgt, während das verstärkte Mikrofonausgangssignal im zweiten Signalverarbeitungskanal 22 breitbandig gefiltert wird (Bandpaß 25 mit einer großen Bandbreite, in der typischerweise von prädiktiven Ereignissen im Überwachungsgebiet, z. B. Knall, Windboen u. dgl., hervorgerufene schmale Peaks liegen), und im Block 26 nach Gleichrichtung mit einer kleinen Zeitkonstante, integriert wird. Die große Zeitkonstante entspricht der Zeitbewertung FAST (F) und die kleine Zeitkonstante entspricht der Zeitbewertung IMPULS (I) oder kürzer gemäß DIN IEC 651. Die beiden Pegelsignale werden einer Analyse- und Bewertungseinheit 27 zugeführt. Hier wird das zweite Pegelsignal aus dem Signalverarbeitungskanal 22 auf Signalspitzen (Peaks) analysiert und die Konfidenz der Peakerkennung bewertet. In dem ersten Pegelsignal aus dem Signalverarbeitungskanal 21 wird sowohl der Hintergrundpegel als auch die Anteile von Fahrzeuggeräuschen geschätzt und die Konfidenz der Fahrzeuggeräusch-Erkennung bewertet. Das Verhalten der zur

Schätzung benutzten Schätzfilter wird dabei bezüglich ihrer Funktionsweise, ihrer einzustellende Funktionsparameter sowie ihre Entscheidungsschwellen durch die Konfidenzen von Peakerkennung und Fahrzeuggeräusch-Erkennung beeinflusst. Von der Analyse- und Bewertungseinheit 27 wird schließlich bei ausreichender Konfidenz der Fahrzeugerkennung das Slave-Wecksignal an die Verknüpfungseinheit 18 ausgegeben.

[0019] Die beiden Signalverarbeitungs Kanäle 21, 22 können alternativ auch jeweils getrennt an je einem Mikrofon 14 der akustischen Antenne 10 angeschlossen sein.

[0020] Die zweite Weckstufe 16 weist drei parallele Signalverarbeitungs Kanäle 31, 32, 33 auf, die in einer Analyse- und Bewertungseinheit 34 zusammengeführt sind. Jeder Signalverarbeitungs Kanal 31 bzw. 32 bzw. 33 ist an die Mikrofone 14 eines Antennenarms 12 bzw. 13 bzw. 14 der akustischen Antenne 10 angeschlossen. In jedem Signalverarbeitungs Kanal 31 bzw. 32 bzw. 33 werden die verstärkten Ausgangssignale der Mikrofone 14 mittels eines Addierers 35 aufaddiert und mittels eines Bandpasses 38 bzw. 39 bzw. 40 im Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen gefiltert. In der Analyse- und Bewertungseinheit 34 werden die Spektren der digitalisierten Summensignale gebildet und darin schmalbandige Signalanteile, sog. Linien, detektiert und die Konfidenz der Linienerkennung ermittelt. Bei ausreichender Konfidenz generiert die Analyse- und Bewertungseinheit 34 das Slave-Wecksignal. Ein hierfür geeignetes Verfahren zur Bildung normalisierter Spektren und Extraktion von Linien ist in der DE 30 35 757 C2 beschrieben. Ein Verfahren zur Ermittlung des Konfidenzmaßes zeigt die DE 195 42 871 C2. In einer vereinfachten Ausführungsform der zweiten Weckstufe 16 können ein oder zwei der parallelen Signalverarbeitungs Kanäle 31 bis 33 entfallen, so daß sich der Aufwand für die Signalverarbeitung reduziert.

[0021] Für den Fall, daß die Mikrofone 14 der akustischen Antenne 10 nicht auf drei sternförmig ausgerichteten, linienförmigen Antennenarmen 11, 12, 13 angeordnet, sondern räumlich beliebig in einem Array platziert sind und jeder Signalverarbeitungs Kanal 131, 132, 133 an einer Gruppe von Mikrofonen 14 angeschlossen ist, die beispielsweise jeweils ein Drittel der Gesamtzahl der Mikrofone 14 umfaßt, so erfolgt eine Aufaddierung der kohärenten Ausgangssignale der der Gruppe zugehörigen Mikrofone 14, wozu jeder Addierer 35 bzw. 36 bzw. 37 durch einen sog. Beamformer ersetzt wird, in dem die Mikrofonenausgangssignale geeignet phasenverschoben und anschließend aufaddiert werden.

[0022] Alternativ kann jeder oder aber auch nur ein Signalverarbeitungs Kanal 31 - 33 der Weckstufe 16 an nur einem Mikrofon 14 angeschlossen sein, wobei dann lediglich die Addierer 35 - 37 entfallen.

[0023] In der dritten Weckstufe 17 werden die Ausgangssignale aller Mikrofone 14 der akustischen Antenne 10 in dem Frequenzbereich von Fahrzeugen gefiltert, wozu ein Bandpaß 41 mit einer schmalen Bandbreite im

Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen vorgesehen ist. Die so gefilterten Ausgangssignale werden digitalisiert und einem sog. Beamformer 42 zugeführt, der durch entsprechende Zeitverzögerung und Addition der zeitverzögerten, digitalisierten Signale Empfangsrichtungen größter Empfindlichkeit, sog. preformed beams, bildet. In der Analyse- und Auswerteeinheit 43 wird das Maximum des Empfangspegels in den verschiedenen preformed beams ermittelt, und durch die Richtung des preformed beams mit dem maximalen Empfangspegel ist die Einfallsrichtung eines Fahrzeuggeräusches und damit der Peilwinkel zum Fahrzeug festgelegt. In der Analyse- und Auswerteeinheit 43 wird nunmehr eine Peilverfolgung durchgeführt und deren Konfidenz bewertet. Bei ausreichender Konfidenz wird das Slave-Wecksignal ausgegeben. Die von den drei Analyse- und Bewertungseinheiten 27, 34 und 43 ausgegebenen Slave-Wecksignale werden in der Verknüpfungseinheit 18 in der vorstehend beschriebenen Weise miteinander verknüpft, und am Ausgang der Verknüpfungseinheit 18 ist das sog. Master-Wecksignal abnehmbar, das zur Aktivierung eines autonomen Überwachungs- oder Bekämpfungssystems benutzt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Detektieren von sich einem Überwachungsbereich nähernden Fahrzeugen, bei dem die Ausgangssignale mindestens eines zum Empfang der Fahrzeuggeräusche im Überwachungsbereich ausgelegten Sensors signaltechnisch aufbereitet und bezüglich fahrzeuggeräuschspezifischer Merkmale analysiert werden und bei Auffinden solcher Merkmale ein eine Fahrzeugdetektion anzeigendes elektrisches Detektions- oder Wecksignal ausgegeben wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Signalanalyse in mehreren, voneinander unabhängigen Weckstufen (15, 16, 17) nach qualitativ unterschiedlichen Merkmalen durchgeführt und in jeder Weckstufe (15, 16, 17) nach Extrahieren eines solchen Merkmals mit ausreichender Konfidenz ein Slave-Wecksignal generiert wird und daß die Slave-Wecksignale zu einem das Detektions- oder Wecksignal darstellenden Master-Wecksignal verknüpft werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verknüpfung derart erfolgt, daß das Slave-Wecksignal einer Weckstufe (15 bzw. 16) jeweils die nachfolgende Weckstufe (16 bzw. 17) aktiviert und das Slave-Wecksignal der in der Reihenfolge letzten Weckstufe (17) das Master-Wecksignal darstellt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verknüpfung derart erfolgt, daß die Slave-Wecksignale der Weckstufen (15, 16, 17)

durch eine konfidenzgewichtete Verknüpfung das Master-Wecksignal generieren.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Sensor eine akustische Antenne (10) mit einer Vielzahl von Mikrofonen (14) verwendet wird und die Weckstufen (15,16,17) an den Mikrophon Ausgang eines Mikrophons (14) und/oder an die Mikrophon Ausgänge mindestens einer Mikrophongruppe (11 bzw. 12 bzw. 13) angeschlossen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem Ausgangssignal eines Mikrofons (14) zwei zeitabhängige Pegelsignale erzeugt werden, von denen das erste Pegelsignal durch eine breitbandige Filterung, Gleichrichtung und Integration mit einer an Fahrzeuggeräuschen angepaßten langen Zeitkonstante und das zweite Pegelsignal durch eine schmalbandige Filterung, Gleichrichtung und Integration mit einer an ein prädictives Ereignis im Überwachungsbereich, z. B. Knall oder Windböen, angepaßten langen Zeitkonstanten gewonnen wird, daß das zweite Pegelsignal auf Signalspitzen (Peaks) analysiert und die Konfidenz der Peakerkennung bewertet wird, daß in dem ersten Pegelsignal der Hintergrundpegel und die Anteile von Fahrzeuggeräuschen geschätzt und die Konfidenz der Fahrzeuggeräusch-Erkennung bewertet wird, wobei die Schätzung durch die Konfidenzen von Peakerkennung und Fahrzeuggeräuscherkennung beeinflusst wird, und daß das Slave-Wecksignal bei ausreichender Konfidenz der Fahrzeuggeräuscherkennung ausgegeben wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere oder alle Ausgangssignale der Mikrofone (14) mindestens einer Mikrophongruppe (11 bzw. 12 bzw. 13) der akustischen Antenne (10) kohärent aufaddiert und die Summensignale im Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen gefiltert werden, daß im Spektrum der digitalisierten Summensignale schmalbandige Signalanteile, sog. Linien, detektiert werden und daß die Konfidenz der Linienerkennung ermittelt und bei ausreichender Konfidenz das Slave-Wecksignal ausgegeben wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mikrofone (14) auf drei sternförmig angeordneten, um gleiche Drehwinkel zueinander versetzten, stabförmigen Antennenarmen (11, 12, 13) mit Abstand voneinander nebeneinander aufgereiht werden und daß jeweils die auf einem Antennenarm (11 bzw. 12 bzw. 13) platzierten Mikrofone (14) zu einer Mikrophongruppe zusammengefaßt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, d.h. daß das Ausgangssignal mindestens eines Mikrofons (14) im Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen gefiltert wird, daß im Spektrum des digitalisierten Ausgangssignals schmalbandige Signalanteile, sog. Linien, detektiert werden und daß die Konfidenz der Linienerkennung ermittelt und bei ausreichender Konfidenz das Slave-Wecksignal ausgegeben wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausgangssignale aller Mikrofone (14) der akustischen Antenne (10) in dem Frequenzbereich von Fahrzeuggeräuschen gefiltert und durch Addition der entsprechend zeitverzögerten, digitalisierten Signale Richtungen größter Empfangsempfindlichkeit, sog. preformed beams, gebildet werden, daß die Einfallsrichtung von Fahrzeuggeräuschen bestimmt (gepeilt) wird und daß eine Peilverfolgung durchgeführt und deren Konfidenz bewertet und bei ausreichender Konfidenz das Slave-Wecksignal ausgegeben wird.

Claims

1. Method for detection of vehicles which are approaching a monitoring area, in which the output signals from at least one sensor which is designed to receive the vehicle noise in the monitoring area are subjected to signal processing and are analysed to determine features which are specific to vehicle noise and, if such features are found, an electrical detection or alarm signal which indicates vehicle detection is emitted, **characterized in that** the signal analysis is carried out in a number of mutually independent alarm stages (15, 16, 17) on the basis of qualitatively different features, and a slave alarm signal is generated in each alarm stage (15, 16, 17) after extraction of such a feature with sufficient confidence, and **in that** the slave alarm signals are linked to a master alarm signal which represents the detection or alarm signal.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the logic process is carried out in such a manner that the slave alarm signal of an alarm stage (15 or 16, respectively) in each case activates the subsequent alarm stage (16 or 17, respectively), and the slave alarm signal from the last alarm stage (17) in the sequence represents the master alarm signal.
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the logic process is carried out in such a manner that the slave alarm signals from the alarm stages (15, 16, 17) generate the master alarm signal by means of a confidence-weighted logic process.
4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that**

terized in that an acoustic antenna (10) having a large number of microphones (14) is used as the sensor, and the alarm stages (15, 16, 17) are connected to the microphone output of a microphone (14), and/or to the microphone outputs of at least one microphone group (11, 12 or 13, respectively).

5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the output signal from a microphone (14) is used to produce two time-dependent level signals, of which the first level signal is obtained by broadband filtering, rectification and integration with a long time constant matched to vehicle noise, and the second level signal is obtained by narrowband filtering, rectification and integration with a long time constant which is matched to a predictive event in the monitoring area, for example a crack or wind gusts, **in that** the second level signal is analysed for signal peaks, and the confidence of the peak identification is assessed, **in that** the background level and the components of the vehicle noise in the first level signal are estimated and the confidence of the vehicle noise identification is assessed, with the estimation being influenced by the confidences of peak identification and vehicle noise identification, and **in that** the slave alarm signal is emitted if there is sufficient confidence in the vehicle noise identification.

6. Method according to Claim 4 or 5, **characterized in that** two or more or all of the output signals from the microphones (14) in at least one microphone group (11, 12 or 13) in the acoustic antenna (10) are added coherently, and the sum signals have vehicle noise filtered out from them in the frequency domain, **in that** narrowband signal components, so-called lines, are detected in the spectrum of the digitized sum signals, and **in that** the confidence of the line identification is determined, and the slave alarm signal is emitted if the confidence level is sufficient.

7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the microphones (14) are arranged in a row alongside one another, at a distance from one another, on three antenna arms (11, 12, 13) which are arranged in the form of a star, are offset through the same rotation angle with respect to one another and are in the form of rods, and **in that** the microphones (14) which are placed on one antenna arm (11, 12 or 13) are each combined to form a microphone group.

8. Method according to Claim 4 or 5, that is to say that the output signal from at least one microphone (14) has vehicle noise filtered out of it in the frequency domain, in that narrowband signal components, so-called lines, are detected in the spectrum of the digitized output signal, and in that the confidence of the line identification is determined, and the slave alarm

signal is emitted if the confidence level is sufficient.

9. Method according to one of Claims 4 to 8, **characterized in that** the output signals from all of the microphones (14) in the acoustic antenna (10) have vehicle noise filtered out of them in the frequency domain, and directions of maximum reception sensitivity, so-called preformed beams, are formed by addition of the correspondingly delayed, digitized signals, **in that** the incidence direction of vehicle noise is determined (its direction is found), and **in that** direction tracking is carried out, its confidence is assessed, and the slave alarm signal is emitted if the confidence level is sufficient.

Revendications

1. Procédé pour la détection de véhicules se rapprochant d'une zone de surveillance, pour lequel les signaux de sortie d'au moins un détecteur prévu pour la réception des bruits de véhicules dans la zone de surveillance sont préparés selon la technique des signaux et sont analysés en ce qui concerne des caractéristiques spécifiques de bruits de véhicules, et pour lequel en cas de détection de telles caractéristiques, un signal de détection ou d'appel électrique indiquant la détection d'un véhicule est émis, **caractérisé en ce que** l'analyse des signaux est réalisée selon plusieurs niveaux d'appels (15, 16, 17) indépendants les uns des autres en fonction de caractéristiques de qualité différentes, et **en ce que** dans chaque niveau d'appel (15, 16, 17), après l'extraction d'une telle caractéristique avec suffisamment de confiance, un signal d'appel esclave est généré, et **en ce que** les signaux d'appel esclaves sont enchaînés pour former un signal d'appel maître représentant le signal de détection ou d'appel.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'enchaînement s'effectue de manière à ce que le signal d'appel esclave d'un niveau d'appel (15 et/ou 16) active respectivement le niveau d'appel (16 et/ou 17) suivant, et **en ce que** le signal d'appel esclave du dernier niveau d'appel (17) de la suite, représente le signal d'appel maître.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'enchaînement s'effectue de manière à ce que les signaux d'appel esclaves des niveaux d'appel (15, 16, 17) génèrent le signal d'appel maître grâce à un enchaînement pondéré en fonction de la confiance.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on utilise une antenne acoustique (10) avec une multitude de micro-

phones (14) en guise de détecteur, et **en ce que** les niveaux d'appel (15, 16, 17) sont raccordés à la sortie de microphone d'un microphone (14) et/ou aux sorties de microphone d'au moins un groupe de microphones (11 et/ou 12 et/ou 13).

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**à partir du signal de sortie d'un microphone (14), on génère deux signaux de niveau asservis au temps, dont le premier signal de niveau est obtenu grâce à un filtrage à large bande, un redressement et une intégration avec une constante de temps longue adaptée aux bruits des véhicules, et dont le deuxième signal de niveau est obtenu grâce à un filtrage à bande étroite, un redressement et une intégration avec une constante de temps longue adaptée à un événement prédictif dans la zone de surveillance, par exemple une détonation ou des bourrasques de vent, **en ce que** le deuxième signal de niveau est analysé en ce qui concerne les crêtes de signaux (peaks) et **en ce que** la confiance de la reconnaissance du peak est évaluée, **en ce que** dans le premier signal de niveau, le niveau de bruit de fond et les parts de bruits de véhicules sont estimés et **en ce que** la confiance concernant la reconnaissance des bruits de véhicules est évaluée, moyennant quoi l'estimation est influencée par les confiances concernant la reconnaissance du peak et la reconnaissance du bruit des véhicules, et **en ce que** le signal d'appel esclave est émis lorsque la confiance concernant la reconnaissance du bruit des véhicules est suffisante.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** plusieurs ou tous les signaux de sortie des microphones (14) d'au moins un groupe de microphones (11 et/ou 12 et/ou 13) de l'antenne acoustique (10) sont additionnés de manière cohérente, et **en ce que** les signaux de la somme sont filtrés dans la plage de fréquence de bruits de véhicules, **en ce que** l'on détecte des fractions de signaux à bande étroite, des dénommées lignes, dans le spectre des signaux de la somme numérisés, et **en ce que** la confiance concernant la reconnaissance des lignes est déterminée et **en ce que** le signal d'appel esclave est émis en cas de confiance suffisante.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les microphones (14) sont alignés les uns à côté des autres à distance les uns des autres sur trois bras d'antennes (11, 12, 13) en forme de tige disposés en forme d'étoile, en décalage les uns par rapport aux autres autour d'angles de rotation identiques, et **en ce que** les microphones (14) placés sur un bras d'antenne (11 et/ou 12 et/ou 13) sont respectivement regroupés pour former un groupe de microphones.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le signal de sortie d'au moins un microphone (14) est filtré dans la plage de fréquence de bruits de véhicules, **en ce que** l'on détecte des fractions de signaux à bande étroite, des dénommées lignes, dans le spectre du signal de sortie numérisé, et **en ce que** la confiance concernant la reconnaissance des lignes est déterminée et **en ce que** le signal d'appel esclave est émis en cas de confiance suffisante.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** les signaux de sortie de tous les microphones (14) de l'antenne acoustique (10) sont filtrés dans la plage de fréquence de bruits de véhicules, et **en ce que** par addition des signaux numérisés à retardement correspondant, des directions d'extrême sensibilité de réception, des dénommées preformed beams, sont formées, **en ce que** la direction d'incidence des bruits de véhicules est déterminée (repérée par radiogonio), et **en ce qu'**une poursuite par repérage est réalisée, dont la confiance est évaluée, et **en ce que** le signal d'appel esclave est émis en cas de confiance suffisante.

