



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 10 155 B4 2008.07.31**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 10 155.1**
 (22) Anmeldetag: **07.03.2003**
 (43) Offenlegungstag: **23.09.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **31.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **E05B 49/00 (2006.01)**
H04L 27/26 (2006.01)
G01S 13/74 (2006.01)
G01S 13/32 (2006.01)
B60R 25/00 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

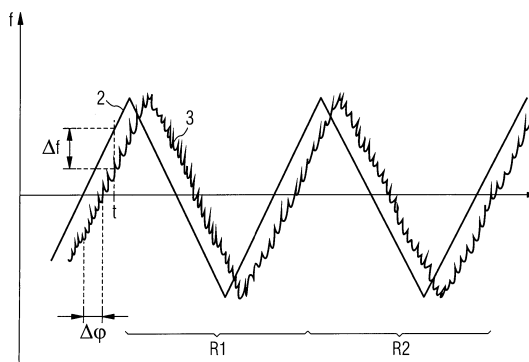
(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Baumgartner, Josef, Wien, AT; Gila, Janos, Dr.,
 Mödling, AT; Konrad, Wolfgang, Mödling, AT**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 199 38 898 C1
DE 199 63 625 A1
DE 199 57 557 A1
DE 199 57 536 A1
DE 100 64 141 A1
DE 100 63 252 A1
DE 100 26 032 A1
DE 100 12 113 A1

(54) Bezeichnung: **Zugangskontrollsystem für ein Objekt, insbesondere für ein Kraftfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Zugangskontrollsystems**

(57) Hauptanspruch: Zugangskontrollsystem für ein Objekt, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfassend:
 eine Sende-Einrichtung in einer Abfragestation, die dem Objekt zugeordnet ist und ein hochfrequentes Abfragesignal aussendet, welches frequenzmodulierte Rampenpaare enthält, die jeweils aus einer steigenden und einer fallenden Frequenzrampe gebildet sind, wobei die Steilheit aller Frequenzrampen gleich groß gewählt ist,
 einen Codegeber mit einem Transponder, der in einem Erfassungsbereich in einem Abstand zur Abfragestation das Abfragesignal empfängt, dieses mit einem Hilfsträger und einer Codeinformation versehen als Antwortsignal zurücksendet,
 eine Empfangs-Einrichtung in der Abfragestation, die das Antwortsignal empfängt und in einer Auswerteeinheit aus mehreren Rampenpaaren des Echosignals den Abstand zwischen Objekt und Codegeber ermittelt und im Falle einer Übereinstimmung der empfangenen Codeinformation mit einer in der Abfragestation gespeicherten Codeinformation die Nutzung des Objektes in Abhängigkeit vorgegebener Schwellwerte freigibt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Zugangskontrollsystem für ein Objekt, insbesondere für ein Kraftfahrzeug und ein Verfahren zum Betreiben eines Zugangskontrollsystems, mit dem eine Berechtigung für den Zugang bzw. für die Nutzung eines Objektes überprüft wird.

Stand der Technik

[0002] Zugangsberechtigungskontrollsysteme werden zunehmend bei Kraftfahrzeugen verwendet und ersetzen dort mechanische Schließsysteme durch elektronische Schließsysteme, die einen verbesserten Komfort bieten. Abhängig davon, ob vom Fahrzeuglenker zur Betätigung einer Zugangsfunktion manuell eine Aktion ausgelöst werden muss, oder diese automatisch durch das System erfolgt, unterscheidet man grundsätzlich aktive von passiven Zugangskontrollsystemen. Beide Systeme bestehen aus einer oder mehreren Basiseinheiten, die im Kfz angebracht sind, und einem oder mehreren tragbaren Funkschlüsseln, die von berechtigten Fahrzeugnutzern mitgeführt werden. Ein Funkschlüssel, auch als Codegeber, Identifikationsgeber, ID-Geber, oder ID-Tag bezeichnet, enthält den elektronischen Code, der eine Person, die den Codegeber mit sich trägt, autorisiert, Zugang zum Objekt zu erhalten, bzw. dieses zu nutzen. Der Identifikationsvorgang eines Funkschlüssels wird über einen Funkdialog abgewickelt, bei dem von einer Sende- und Empfangseinrichtung der Basisstation vom Kraftfahrzeug aus der Code eines Funkschlüssels abgefragt und verifiziert wird.

[0003] Passive Zugangsberechtigungskontrollsysteme, sogenannte Passive Start- and Entry-Systeme (PASE), versuchen durch fortwährendes Abfragen eines Erfassungsbereiches mit einem Funkschlüssel zu kommunizieren. Hat eine Basisstation eine Kommunikation zu einem Codegeber erfolgreich aufgenommen, wird der korrekte Code des Funkschlüssels erfasst und eine entsprechende Zugangsaktion selbsttätig ausgelöst. Diese Aktion kann beispielsweise das Entsperrn der Zentralverriegelung des Kfz sein. Das System kann aber auch so ausgelegt sein, dass die Zentralverriegelung erst dann geöffnet wird, wenn zusätzliche Bedingungen, wie beispielsweise das Unterschreiten eines Mindestabstandes zum Kfz oder ein Betätigen der Türgriffs, erfüllt sind.

[0004] Ein passives Zugangsberechtigungskontrollsystem kann aber in missbräuchlicher Absicht abgehört bzw. überlistet werden. Hat sich beispielsweise der berechtigte Nutzer von seinem Kraftfahrzeug entfernt, so kann sich eine unberechtigte Person durch einen Angriff auf den Funkkanal Zugang zu dem vom

berechtigten Nutzer örtlich entfernten Kraftfahrzeug verschaffen: Bei einer sog. Vollduplex-Attacke, im folgenden auch kurz VDA-Angriff, werden von Angreifern Sende- und Empfangseinrichtung jeweils in der Nähe des Codegebers und des Kraftfahrzeugs in Position gebracht. Der Codegeber wird durch eine Datenübertragung der Sende- und Empfangseinrichtungen abgefragt und der Code des Funkschlüssels über den verlängerten Funkkanal zum Kfz übertragen. Ein Zugangskontrollsystem, das die missbräuchlich verlängerte Funkstrecke nicht erkennt, gibt das Objekt frei, obwohl sich der berechtigte Fahrzeuglenker nicht im Erfassungsbereich der Sende- und Empfangseinrichtung des Kraftfahrzeuges befindet. Der Angriff findet auch unbemerkt vom Fahrzeuglenker statt.

[0005] Um einen derartigen Missbrauch zu verhindern und eine möglichst hohe Sicherheit zu gewährleisten, ist es erforderlich, neben der Verifikation des Schlüsselcodes, zumindest auch den Abstand zwischen Funkschlüssel und Basisstation zu überprüfen und ggf. auch die Daten kryptisch zu übertragen, um missbräuchliche Eingriffe in die Kommunikation zu erschweren.

[0006] In der DE 199 57 536 A1 ist ein Diebstahlschutzsystem für Kraftfahrzeuge offenbart, bei dem eine Sende- und Empfangseinheit ein breitbandig moduliertes Radarsignal aussendet und auf Echosignale eines Codegebers wartet. Befindet sich ein Codegeber im Erfassungsbereich des Systems, empfängt er dieses Abfragesignal und sendet seinerseits ein zusätzlich moduliertes und codiertes Antwortsignal zurück. Eine Auswerteeinheit in der Basisstation im Kfz analysiert alle empfangenen Antwortsignale nicht nur hinsichtlich der Berechtigung des Codegebers, sondern auch hinsichtlich der Entfernung zwischen Codegeber und Kraftfahrzeug. Bei diesem Diebstahlschutzsystem, wie auch bei dem aus der DE 100 12 113 A1 bekannten Zugangskontrollsystem, wird der Entfernungsmesswert nicht durch eine Auswertung von Rampenpaaren gewonnen.

[0007] Aus den Dokumenten DE 100 26 032 A1 und DE 199 63 625 A1 ist jeweils ein Adaptive Cruise Control System bekannt, bei dem ein FMCW-Messsignal ausgewertet wird, das aus Frequenzrampen mit unterschiedlicher Steigung gebildet ist.

[0008] Aus der DE 199 38 898 C1 ist ein Zugangskontrollsystem bekannt, bei dem ein Hochfrequenz-Trägersignal mit einer niederfrequenten, rampenartigen Funktion frequenzmoduliert wird.

[0009] Ein abstandssensitives Funk-Fernbedienungssystem für Kraftfahrzeuge ist auch aus der DE 100 63 252 A1 bekannt. Auch bei diesem schlüssellosen Zugangssystem wird die Nutzung des Objektes nach einem Dialog zwischen einem stationären und

einem mobilen Transceiver freigeschaltet. Während der Kommunikation werden reichweitenabhängig unterschiedliche Kategorien von Befehlen verwendet. Durch eine erste Kategorie von Befehlen ist zunächst aus der Ferne die Betätigung eines Fensters oder eines Schiebedachs des Kraftfahrzeugs möglich. Erst wenn sich der Nutzer mit dem mitgeführten Transceiver in unmittelbarer Nähe des Kraftfahrzeuges befindet, ermöglicht eine zweite Kategorie von Befehlen die Betätigung der Zentralverriegelung und des Lenkradschlusses. Das Auslösen der Befehle erfordert ein aktives Handeln des Fahrzeughlenkers.

[0010] Aus der DE 199 57 557 A1 ist ein passives Identifikationssystem für Kfz bekannt, bei dem der Codegeber ein Oberflächenwellen-Element zur Speicherung der Codeinformation aufweist. Damit das Codesignal nicht unbefugt abgehört und wiedergegeben werden kann, weist der Identifikationsgeber zwei verschiedene Modulatoren auf, die das Codesignal zum Teil moduliert reflektieren. Die Modulatoren beeinflussen dabei das Signal derart, dass einerseits die Identifikation und andererseits eine Entfernungsmessung möglich ist, indem einzelne Reflexionen hinsichtlich der Signallaufzeiten bewertet werden. Dadurch wird unberechtigtes Abhören bzw. Manipulieren des Dialogs erschwert und eine hohe Sicherheit gegen unbefugte Benutzung erreicht.

[0011] Ein komfortables passives Zugangskontrollsystem, bei dem die Nutzung stufenweise je nach Position des Codegebers freigegeben wird, ist in DE 100 64 141 A1 offenbart. Die Positionsbestimmung erfolgt ähnlich dem aus der Radartechnik bekannten Frequency-Modulated-Continous-Wave-Verfahren (FMCW). Sofern das Antwortsignal des Codegebers sich als berechtigt herausstellt, werden je nach Position des Codegebers unterschiedliche Steuerbefehle verwendet, die unterschiedliche Funktionsstufen für die Nutzung des Kfz schalten. Das Kfz kann dadurch individuell an den Fahrzeughlenker angepasst werden. Erst wenn sich dieser in unmittelbarer Nähe des Kraftfahrzeugs befindet, wird der Codegeber im Nahbereich des Kfz verifiziert und bei Übereinstimmung die Zentralverriegelung freigegeben. Der Nahbereich wird von Näherungssensoren am Kfz erfasst.

[0012] Da Kraftfahrzeuge rauen Betriebsbedingungen ausgesetzt sind, ist man bestrebt, auf Näherungssensoren möglichst zu verzichten und durch eine Radar-Abstandserfassung, nicht nur den Fernbereich, sondern auch den sicherheitskritischen Nahbereich abzudecken. Hierbei sollen auch kleine Signale, wie sie beispielsweise bei großer Entfernungen und bei Störung und Körperabschattung im Funkkanal auftreten, so verarbeitet werden können, dass der tatsächliche Abstand zwischen Codegeber und Abfragestation und damit ein VDA-Angriff abgewehrt werden kann. Hinzu kommt, dass ein Zugangskontrollsystem für ein Kraftfahrzeug nicht nur sicher und

zuverlässig über einen langen Betriebszeitraum funktionieren, sondern auch mit vertretbarem Aufwand herstellbar sein muss.

Darstellung der Erfindung

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Zugangskontrollsystem zu schaffen, welches auch im Nahbereich eines Objektes den tatsächlichen Abstand zwischen Codegeber und Abfragestation mit hinreichender Genauigkeit erkennt und mit vertretbarem Aufwand herstellbar ist.

[0014] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Zugangskontrollsystem durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und bei einem Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 8 gelöst.

[0015] Das erfindungsgemäße Zugangskontrollsystem umfasst

- eine Sende-Einrichtung in einer Abfragestation, die dem Objekt zugeordnet ist und ein hochfrequentes Abfragesignal aussendet, welches frequenzmodulierte Rampenpaare enthält, die jeweils aus einer steigenden und einer fallenden Frequenzrampe gebildet sind, wobei die Steilheit aller Frequenzrampen gleich groß gewählt ist,
- einen Codegeber mit einem Transponder, der in einem Erfassungsbereich in einem Abstand zur Abfragestation das Abfragesignal empfängt, dieses mit einem Hilfsträger und einer Codeinformation versehen als Antwortsignal zurücksendet,
- eine Empfangs-Einrichtung in der Abfragestation, die das Antwortsignal empfängt und in einer Auswerteeinheit aus Rampenpaaren des Antwortsignals den Abstand zwischen Objekt und Codegeber ermittelt und im Falle einer Übereinstimmung der empfangenen Codeinformation mit einer in der Abfragestation gespeicherten Codeinformation die Nutzung des Objektes in Abhängigkeit vorgegebener Schwellwerte freigibt.

[0016] Die Erfindung schlägt eine FMCW-Radar-basierte Fernidentifizierung vor, mit der sowohl ein VDA-Angriff abgewehrt als auch gestörte Antwortsignale mit für den Anwendungsfall hinreichender Genauigkeit verarbeitet werden können. Die erfolgt dadurch, indem nicht nur jeweils eine steigende und fallende Frequenzrampe zur Abstandsmessung herangezogen wird, sondern Paare solcher Frequenzrampen zeitlich hintereinander durchfahren werden. Die Zeitdauer eines Rampenpaares ist dabei so gewählt, dass die Signale zwischen den Paaren nicht mehr korreliert sind. Da das Messsignal durch eine Integration über die Dauer von mehreren Rampenpaaren ermittelt wird, verbessert sich das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR). Dadurch ist eine sichere und genaue Abstandsmessung auch im Fall einer Abschattung des Signals vom Codegeber möglich. Folge davon ist, dass Näherungssensoren für den Nahbereich

entfallen. Bei der erfindungsgemäßen integrierenden Messmethode sind die Signalwerte korreliert, das heißt, die Signalspannungen addieren sich. Die Rauschwerte hingegen sind nicht korreliert und addieren sich daher nur hinsichtlich der Leistung. Damit wird das Signal-Rauschverhältnis etwa um $10 \log N$ erhöht, wobei N die Anzahl der Paare angibt, die zur Auswertung herangezogen werden. Durch die Auswertung von N Paaren von Frequenzrampen vergrößert sich zwar auch die Messdauer um den Faktor N , dies ist aber im Falle der Abstandsermittlung im Rahmen eines passiven Zugangskontrollsystems für ein Kraftfahrzeug nicht störend.

[0017] Das erfindungsgemäße, integrierende Messverfahren ermöglicht es, dass der Abstand zwischen Codegeber und Basiseinheit auch dann hinreichend genau bestimmbar ist, wenn eine vergleichsweise große Funkstrecke überbrückt werden muss, oder die Funkstrecke durch Abschattung gestört ist und das Abfragesignal mit nur geringer Feldstärke in der Basisstation empfangen werden kann. Eine Zugangsfunktion wird nur dann freigegeben, wenn der Codegeber sich tatsächlich innerhalb eines einstellbaren Positionsbereiches befindet. Eine missbräuchlich verlängerte Funkstrecke wird zuverlässig erkannt und die Entriegelung des Fahrzeugs aus der Ferne verwehrt.

[0018] Bei einem Abfragesignal, das aus aufeinander folgenden, monoton steigenden und monoton fallenden Frequenzrampen mit im wesentlichen linearer Steigung zusammengesetzt ist, kann die Differenzfrequenz einfach nach einer Mischung und Filterung ermittelt werden und ist direkt proportional dem Abstand zwischen Codegeber und Basisstation. Bei dieser Ausführungsform ist der technische Aufwand bei der Realisierung besonders gering.

[0019] Hinsichtlich einer Begrenzung der Messzeit ist es auch günstig, wenn etwa 30 Frequenzrampen ausgewertet werden. In einer erfindungsgemäßen Weiterbildung der Erfindung ist deshalb vorgesehen, dass die Zeitdauer eines Rampenpaares größer als $1 \mu\text{s}$ und kleiner als 100 Millisekunden gewählt wird.

[0020] Eine Zeitdauer von größer als $1 \mu\text{s}$ ist günstig hinsichtlich des Aufwandes bei der technischen Umsetzung, der beispielsweise durch Einschwingzeiten von Filtern bestimmt wird. Der gewählte Grenzwert stellt sicher, dass die für einfache Auswerteverfahren vorausgesetzte zeitliche Stationarität des Mobilfunkkanals in typischen Anwendungsszenarien noch gegeben ist.

[0021] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Auswerteeinheit so eingerichtet ist, dass bei der Ermittlung des Abstandes zeitlich hintereinander liegende Paare von Frequenzrampen verwendet werden.

[0022] Durch die Verwendung von Paaren von Frequenzrampen, die aus einer Aufwärtsrampe (up-chirp) und einer Abwärtsrampe (down-chirp) bestehen, kann eine Frequenzabweichung des Hilfsträgermodulationssignals (Antwortsignals) im Schlüssel erkannt und eliminiert werden. Die zeitlich enge Staffelung der Rampenpaare gewährleistet wieder einen näherungsweise stationären Mobilfunkkanal.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Aussenden von zumindest einem hochfrequenten Abfragesignal durch eine Sende- und Empfangseinrichtung einer einem Objekt zugeordneten Abfragestation, wobei das zumindest eine Abfragesignal frequenzmodulierte Rampenpaare enthält, die jeweils aus einer steigenden und einer fallenden Frequenzrampe gebildet sind, wobei die Steilheit aller Frequenzrampen gleich groß gewählt ist,
- codiertes und moduliertes Zurücksenden eines Antwortsignals durch einen Transponder in einem tragbaren Codegeber, falls dieser zuvor ein Abfragesignal empfangen hat,
- Ermitteln des Abstandes zwischen Abfragestation und Codegeber aus Rampenpaaren des Antwortsignals nach einer Demodulation und Dekodierung des Antwortsignals in einer Auswerteeinheit.

[0024] Durch dieses Vorgehen kann einerseits im Nahbereich der tatsächliche Abstand erfasst und ein VDA-Angriff abgewehrt werden, da eine missbräuchliche Verlängerung der Kanallänge erfasst werden kann. Der Zugang zum Kfz wird also nur dann freigegeben, wenn das ermittelte Abstandssignal unter einem einstellbar vorgegeben Schwellwert (im Nahbereich unter 2 m) liegen. Andererseits ermöglicht dieses Vorgehen auch gestörte Signale, wie sie bei großen Entfernungen (Fernbereich 10 m bis 40 m) und bei Abschattung im Kanal auftreten, mit hinreichender Genauigkeit auszuwerten.

[0025] Weitere Vorteile des Verfahrens sind Gegenstand abhängiger Verfahrensansprüche.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0026] Der Gegenstand der Erfindung wird nachfolgend an Hand der Zeichnungen weiter verdeutlicht. Es zeigen:

[0027] [Fig. 1](#) ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Zugangskontrollsystems in einer Blockdarstellung,

[0028] [Fig. 2](#) ein Diagramm eines ersten Abfragesignals mit dazugehörigem Antwortsignals in Abhängigkeit der Zeit,

[0029] [Fig. 3](#) das zugehörige Frequenzspektrum zu den in [Fig. 2](#) dargestellten Signalen,

[0030] [Fig. 4](#) ein Diagramm eines zweiten Abfragesignals mit dazugehörigem Antwortsignal in Abhängigkeit der Zeit.

Ausführung der Erfindung

[0031] [Fig. 1](#) zeigt ein Zugangskontrollsystem **1** das aus einer Abfrageeinheit oder Basisstation **20** und einem Codegeber **30** besteht. Die Basisstation **20** ist auf einem Kfz angeordnet, der Codegeber **30** ist als tragbare Funkschlüssel ausgebildet und wird vom Fahrzeuglenker mitgeführt. Die Kontrolle des Zugangs zum Kfz erfolgt über einen Datendialog, der in einem Funkkanal **4** zwischen der Basisstation **20** und dem Identifikationsgeber **30** abgewickelt wird. Dieser Datenaustausch hat das Ziel, einerseits den Funkschlüssel **30** zu identifizieren, und andererseits, dessen tatsächliche Position in der Umgebung des Kfz zur erfassen, um eine VDA-Attacke zu verhindern. Sofern das System den Codegeber für eine berechtigte Nutzung identifizieren kann, und dieser Codegeber auch als innerhalb eines vorgegebenen Positionsbereiches erkannt wird, gibt das Kontrollsystem **1** Zugangsfunktionen zum Kfz frei. Andernfalls wird der Zugang zum Kfz verwehrt.

[0032] Die Basisstation **20** beinhaltet eine Sender-Signalquelle **21**, die ein Signal Sig 1 erzeugt und über die Sendeantenne **22** als Abfragesignal **2** abstrahlt. Im Funkkanal **4** erreicht das Abfragesignal **2** nach der Signallaufzeit die Empfangsantenne **32** des Codegebers **30**. Das an der Antenne **32** empfangene Signal Sig 2 wird einem Modulator **31** zugeführt und mit einem kodierten Hilfsträgersignal eines Trägergenerators **34** moduliert. Das Ergebnis dieser Modulation ist das Signal Sig 3, das einer Sendeantenne **33** des Codegebers **30** zugeführt wird. Von der Sendeantenne **33** wird das Antwortsignal **3** abgestrahlt, das nach der Signallaufzeit im Funkkanal **4** die Antenne **23** der Basisstation **20** erreicht. Zusammen mit dem von der Sendequelle (S1) **21** durch einen Richtkoppler oder Leistungsteiler **25** abgezwigte Signal Sig 1 wird das durch die Antenne **23** empfangene Sig 4 einer Auswerteeinheit (AE) **24** zugeführt. In der Auswerteeinheit (AE) **24** erfolgt nach einer Frequenzmischung und Filterung durch an sich bekannte Methoden der LMF-FMCW-Radar-Signalverarbeitungstechnik die Ermittlung eines Abstandssignals d , das den tatsächlichen Abstand zwischen Basisstation **20** und Funkschlüssel **30** entspricht.

[0033] Die Signalverarbeitung in der Auswerteeinheit (AE) **24** kann in analoger und digitaler Form erfolgen, sie kann durch Hardware, Firmware oder Software realisiert sein. Durch Verwendung eines Zirkulators oder eines Quasizirkulators, zum Beispiel eines Richtkopplers, kann die Basisstation **20** bzw. der

Codegeber **30** auch nur eine einzige Antenne aufweisen.

[0034] Der Codegeber **30** kann als passiver Reflektor oder als aktiver Reflektor ausgebildet sein. Bei einem passiven Reflektor kann die Codeinformation beispielsweise durch Impedanzänderung einer Last aufmoduliert werden (passiver backscatter). Bei einem Codegeber der als aktiver Reflektor arbeitet, wird das modulierte Signal zusätzlich, d. h. aktiv durch einen Verstärker vor der Sendeantenne verstärkt. In beiden Ausführungsformen kann die Datenquelle der Codeinformation unterschiedlich sein. Die Datenquelle kann beispielsweise ein Speicher im Funkschlüssel sein. Die Codeinformation kann auch das Ergebnis eines kryptischen Datenaustausches zwischen Codegeber und Basisstation sein. Es ist auch möglich, dass die Codeinformation in einem Oberflächenwellen-Element im Codegeber gespeichert ist. Für die vorliegende Erfindung ist aber die Art und Weise wie die Codierung technisch ausgeführt ist nicht wesentlich, entscheidend ist vielmehr, dass im Codegeber das Abfragesignal kodiert wird und als moduliertes codiertes Antwortsignal an die Sende- und Empfangseinrichtung der Basisstation zurückgestrahlt wird.

[0035] Unabhängig davon ob der Transponder als aktiver oder passiver Reflektor arbeitet, beinhaltet er zumeist eine Stützbatterie. Die einzelnen Funktionsblöcke in [Fig. 1](#) können durch Hardware oder durch Software realisiert sein.

[0036] In [Fig. 2](#) ist ein erstes frequenzmoduliertes Abfragesignal **2** als Funktion der Zeit dargestellt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Abfragesignal **2** aus monoton steigenden Frequenzrampen zusammengesetzt. Die Rampenpaare sind mit den Bezugszeichen R1 und R2 gekennzeichnet. Die Entfernungsinformation ist in der Phasen- bzw. Frequenzdifferenz $\Delta\phi$ bzw. Δf zwischen dem Signal **2** und dem Signal **3** enthalten. Wird dieses Abfragesignal **2** von der Antenne **22** der Basisstation **20** ausgesendet, so erreicht es nach der Signallaufzeit im Funkkanal **4** die Antenne **32** im Codegeber **30**. Der Codegeber **30** sendet mit vernachlässigbarer Verzögerung ein Antwortsignal **3** zur Basisstation **20**. Dieses Antwortsignal ist im Fall eines passiven Reflektors ein Echosignal, das nach der Signallaufzeit im Funkkanal von der Antenne **24** der Basisstation **20** empfangen wird. Gegenüber dem ursprünglichen Abfragesignal **1** ist dieses Antwortsignal phasenverschoben. Es weist eine Differenzfrequenz zum Abfragesignal auf. Wie aus der FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)-Radartechnik bekannt, kann bei einer sogenannten Linear Frequency Modulation (LFM) aus einer Messung dieser Frequenzdifferenz die Entfernung zwischen einem Objekt und einer Abfragestation ermittelt werden. Im Gegensatz zum gepulsten Radar wird beim FMCW-Radar ein kontinu-

ierliches frequenzmoduliertes Abfragesignal ausgesendet. Die Abstandsmessung erfolgt bei einer linearen Frequenzmodulation (LFM) indirekt über eine Differenzfrequenz f_{Diff} . Diese Differenzfrequenz kann durch Vergleich ermittelt werden, indem zu einem bestimmten Zeitpunkt das empfangene Antwortsignal **2** mit dem zeitgleichen Funktionswert des ursprünglich ausgesendeten Abfragesignals **3** verglichen wird. Das Maß der Differenzfrequenz ist ein Maß dafür, wie lang tatsächlich die zurückgelegte Funkstrecke im Funkkanal **4** ist. Bei einem Zugangsberechtigungskontrollsystem wird dieses Maß der Differenzfrequenz verwendet, um einen Angriff auf den Funkkanal zu erkennen und abzuwehren: Wird von der Basisstation **20** der Code eines Funkschlüssels zwar als authentisch erkannt, ist dessen tatsächliche Entfernung aber außerhalb eines vorgegebenen Schwellwertes, dann befindet sich kein berechtigter Lenker im Nahbereich des Kfz und der Zugang wird verwehrt.

[0037] Bevorzugt wird ein breitbandig modulierte Radarsignal mit einer Bandbreite größer als 60 MHz, besonders bevorzugt mit einer Mittenfrequenz im Bereich von 2,5 GHz, 5,8 GHz und 25 GHz. Im Sinne der Erfindung bedeutet breitbandig, dass eine Oszillatorfrequenz innerhalb eines vergleichsweise großen Frequenzbandes beim Senden oder Empfangen variiert wird.

[0038] Wie in der Darstellung der [Fig. 2](#) gezeigt, ist das Antwortsignal **3** verrauscht. Dadurch wäre eine Abstandsmessung, die auf bekannten Methoden der LMF-FMCW-Radartechnik basiert, fehlerbehaftet. Die erfindungsgemäße paarweise Auswertung von N Frequenzrampen bewirkt demgegenüber eine Integration, die es ermöglicht, dass im Frequenzspektrum ([Fig. 3](#)) der Abstand schärfer abgebildet werden kann.

[0039] In [Fig. 3](#) ist in einer Spektraldarstellung die Amplitude A der Echosignale über der Frequenz f dargestellt. Das Antwortsignal ist mit einem Hilfst Träger f_{HT} gemischt und enthält die Codeinformation des Funkschlüssels. Durch die Mischung mit dem Hilfst Träger kann das Antwortsignal von Reflexionen **50** der Umgebung unterschieden werden. Bei einem Backscatter-Transponder durchläuft das Signal die Strecke zwischen Abfragestation und Codegeber hin und zurück. Das SNR-Verhältnis nimmt mit der vierten Potenz der Entfernung ab. Wegen der mit der Frequenz stark ansteigenden Freifeldämpfung ist das reflektierte GHz-Signal bei großen Entfernungen schwach. Durch das integrierende Messverfahren wird das SNR-Verhältnis aber um $10 \log N$ erhöht. Dadurch sind auch sehr schwache Signale auswertbar. Diese ist qualitativ in [Fig. 3](#) dargestellt, bei dem im Spektrum die Maxima ausgeprägt dargestellt sind. Die Differenzfrequenz f_{DIFF} und damit der tatsächliche Abstand zwischen Codegeber und Basisstation kann

dadurch mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Antwortsignal auf Grund von Störungen im Funkkanal oder auf Grund einer langen Übertragungstrecke (10 m bis 40 m) mit Rauschen behaftet ist.

[0040] In [Fig. 4](#) ist als Diagramm ein zweites Abfragesignal mit dazugehörigem Antwortsignal in Abhängigkeit der Zeit dargestellt. Der Signalverlauf weist Lücken zwischen den Rampenpaaren R1* und R2* auf.

[0041] Diese Lücken im Rampenverlauf können aufgrund von Beschränkungen in der technischen Realisierung des Verfahrens vorteilhaft genutzt werden. Beispielsweise kann in dieser Zeit im Fall einer Realisierung des Verfahrens mittels digitaler Signalverarbeitung ein nach dem Analog-Digitalwandler befindlicher Zwischenspeicher (FIFO) ausgelesen werden. Vorteilhafterweise wird die Zeitdauer der Lücke deutlich kleiner als die Zeitdauer einer Rampe gewählt.

[0042] Durch die genaue Entfernungsmessung ist eine präzise Zonenbildung auch im Fernbereich möglich. Nähert sich ein Fahrzeuglenker seinem Fahrzeug, so kann in einer äußeren Erfassungszone nach Unterschreiten einer Schwellengrenze, beispielsweise manuell am Funkschlüssel, die Innenraumbeleuchtung des Kraftfahrzeugs eingeschaltet werden, was das Auffinden des Kraftfahrzeugs bei Dunkelheit oder in einem Parkdeck erleichtert. Nach erfolgter Identifikation kann das Fahrzeug individuell auf die Bedürfnisse des Fahrzeuglenkers konfiguriert werden. Beispielsweise kann die Einstellung des Fahrersitzes, der Klimaanlage, der Außenspiegel, die Schaltung des Getriebes sowie die bevorzugten Radiostationen, sowie persönliche Displays maßgeschneidert auf den Lenker voreingestellt werden. Die automatische Entriegelung erleichtert das Einsteigen insbesondere dann, wenn vom Fahrzeuglenker eine Last getragen wird und seine Hände nicht frei sind, um das Schloss durch einen mechanischen Schlüssel zu öffnen. Das System kann so ausgebildet sein, dass der Motor ohne Zündschlüssel und Zündschloss durch Knopfdruck gestartet werden kann. Für eine erhöhte Sicherheitsanforderungen kann auch vorgesehen sein, den Startvorgang von einer weiteren Bedingung, beispielsweise von einer biometrischen Authentifizierung abhängig zu machen. Auf diese Weise ist die Person des Lenkers eindeutig identifiziert.

[0043] In umgekehrter Reihenfolge ermöglicht das System natürlich ein sicheres automatisches Verriegeln des Fahrzeugs, wenn sich der Fahrzeuglenker mit seinem Funkschlüssel vom Fahrzeug entfernt.

[0044] Selbstverständlich können die Schwellwerte auch dynamisch vorgegeben werden, so dass ab-

hängig davon, ob sich der Lenker auf sein Fahrzeug zu bewegt, oder sich von diesem entfernt, die Positionsbereiche unterschiedlich vorgegeben werden.

[0045] Der tragbare Identifikationsgeber kann in Schlüssel- oder Kartenform ausgeführt sein. Er passt bequem in die Jackentasche eines Fahrzeuglenkers und kann mit zusätzlichen Funktionen, wie beispielsweise mit Funktionen für eine manuelle Betätigung einer Funkeinrichtung für ein Garagentor, ausgebildet sein.

[0046] Das beschriebene funkbasierte Zugangskontrollsystem ist keineswegs auf die Anwendung in Kraftfahrzeugen beschränkt, sondern auch auf Gebäude-, Computer- oder andere elektronische Systeme oder Geräte anwendbar.

Patentansprüche

1. Zugangskontrollsystem für ein Objekt, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfassend:
eine Sende-Einrichtung in einer Abfragestation, die dem Objekt zugeordnet ist und ein hochfrequentes Abfragesignal aussendet, welches frequenzmodulierte Rampenpaare enthält, die jeweils aus einer steigenden und einer fallenden Frequenzrampe gebildet sind, wobei die Steilheit aller Frequenzrampen gleich groß gewählt ist,
einen Codegeber mit einem Transponder, der in einem Erfassungsbereich in einem Abstand zur Abfragestation das Abfragesignal empfängt, dieses mit einem Hilfsträger und einer Codeinformation versehen als Antwortsignal zurücksendet,
eine Empfangs-Einrichtung in der Abfragestation, die das Antwortsignal empfängt und in einer Auswerteeinheit aus mehreren Rampenpaaren des Echosignals den Abstand zwischen Objekt und Codegeber ermittelt und im Falle einer Übereinstimmung der empfangenen Codeinformation mit einer in der Abfragestation gespeicherten Codeinformation die Nutzung des Objektes in Abhängigkeit vorgegebener Schwellwerte freigibt.

2. Zugangskontrollsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Abfragesignal aus aufeinander folgenden, monoton steigenden und monoton fallenden Frequenzrampen zusammengesetzt ist.

3. Zugangskontrollsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Frequenzrampen linear ist.

4. Zugangskontrollsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer eines Rampenpaares größer als 1 μ s und kleiner als 100 Millisekunden gewählt ist.

5. Zugangskontrollsystem nach Anspruch 2 oder

3, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit so eingerichtet ist, dass bei der Ermittlung des Abstandes zeitlich hintereinander liegende Paare von Frequenzrampen verwendet werden.

6. Zugangskontrollsystemen nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Transponder als aktiver oder passiver Transponder ausgebildet ist.

7. Zugangskontrollsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende- und Empfangseinheit in der Auswerteeinheit dazu eingerichtet ist nach dem LFM FMCW Radarverfahren zu arbeiten.

8. Verfahren zum Betreiben eines Zugangskontrollsystems, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, das folgende Schritte umfasst:

Aussenden von zumindest einem hochfrequenten Abfragesignal durch eine Sende- und Empfangseinrichtung einer einem Objekt zugeordneten Abfragestation, wobei das zumindest eine Abfragesignal frequenzmodulierte Rampenpaare enthält, die jeweils aus einer steigenden und einer fallenden Frequenzrampe gebildet sind, wobei die Steilheit aller Frequenzrampen gleich groß gewählt ist,
codiertes und moduliertes Zurücksenden eines Antwortsignals durch einen Transponder in einem tragbaren Codegeber, falls dieser zuvor ein Abfragesignal empfangen hat,
Ermitteln des Abstandes zwischen Abfragestation und Codegeber aus mehreren Rampenpaaren des Antwortsignals nach einer Demodulation und Dekodierung des Antwortsignals in einer Auswerteeinheit.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zugangsfunktion für einen identifizierten Codegeber nur nach Unterschreiten eines Schwellwertes freigegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Abfragesignal aus aufeinander folgenden, monoton steigenden und monoton fallenden Frequenzrampen gebildet wird.

11. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Frequenzrampen linear gewählt wird.

12. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer eines Rampenpaares größer als 1 μ s und kleiner als 100 Millisekunden gewählt wird.

13. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit so eingerichtet ist, dass bei der Ermittlung des Abstandes zeitlich hintereinander liegende Paare von Frequenzrampen verwendet werden.

14. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Abfragesignal intermittierend solange ausgesendet wird, bis ein Antwortsignal von einem Codegeber empfangen wird.

15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Abfragesignal als breitbandig moduliertes Radarsignal mit einer Bandbreite größer als 60 MHz, besonders bevorzugt im Bereich von 2,5 GHz, 5,8 GHz und 24 GHz, ausgesendet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

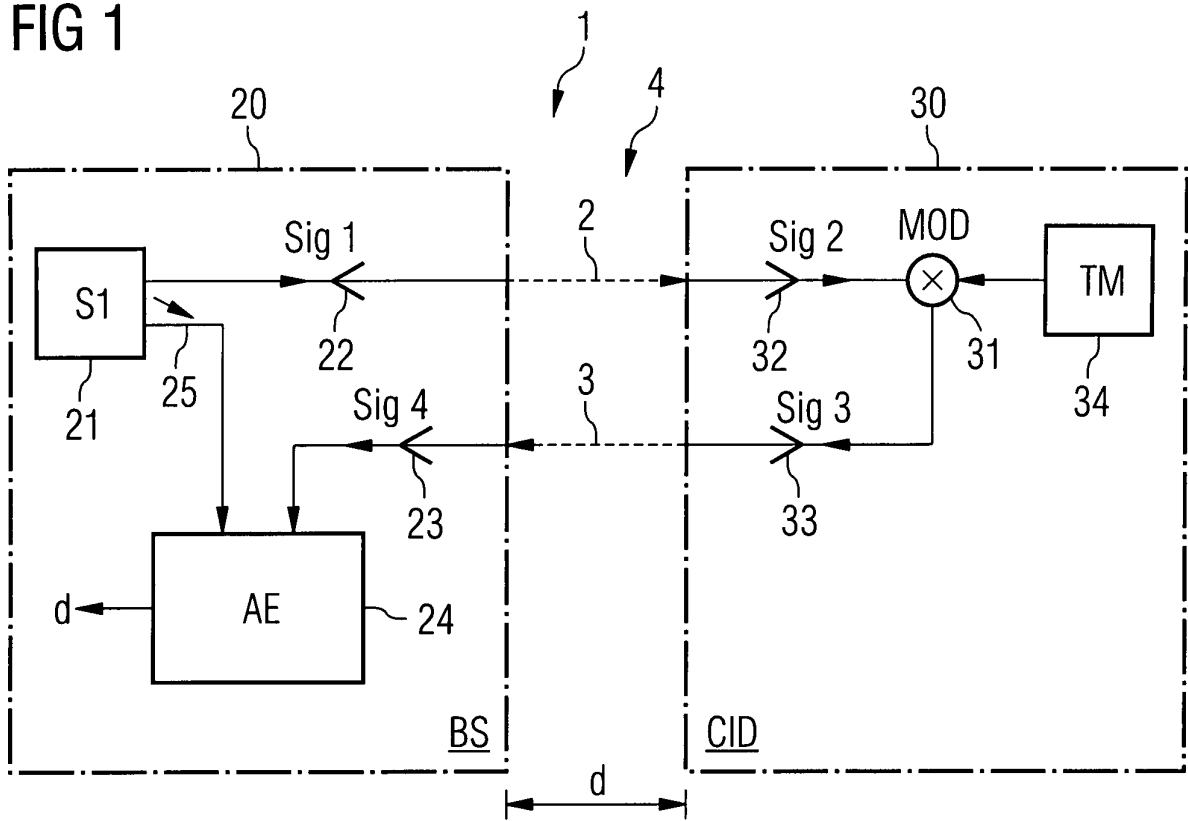


FIG 2

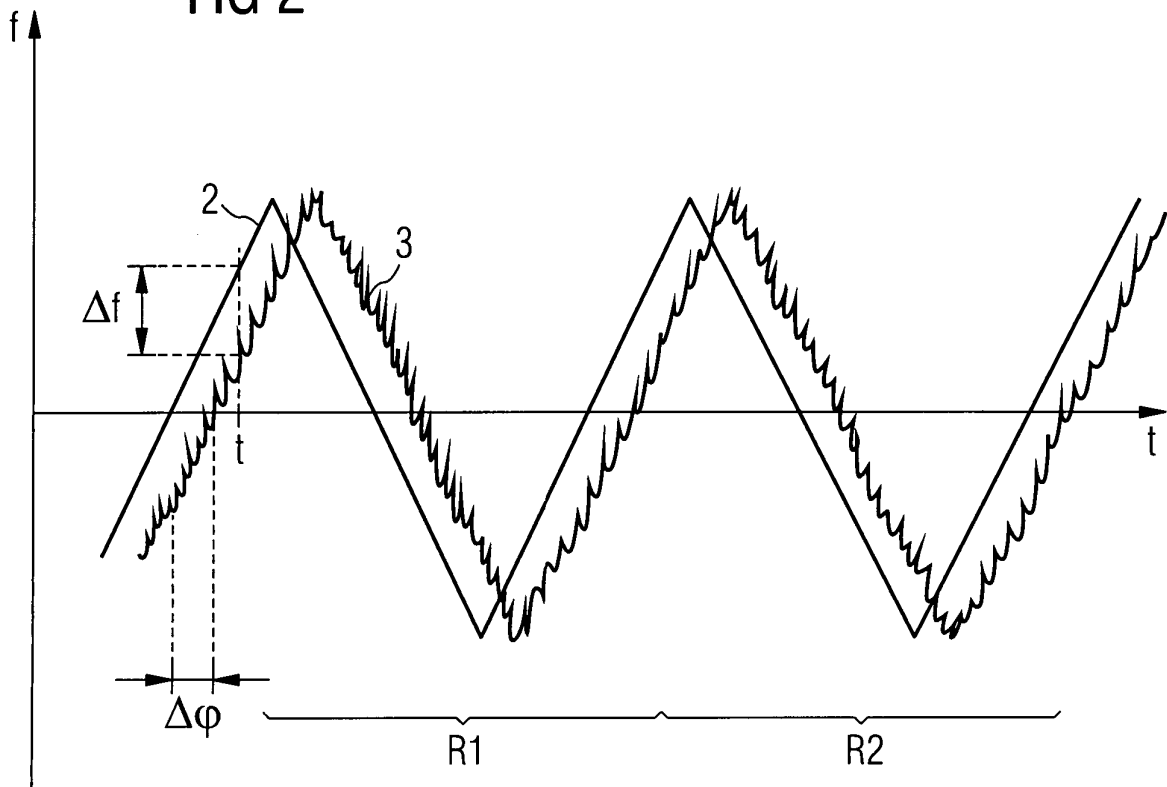


FIG 3

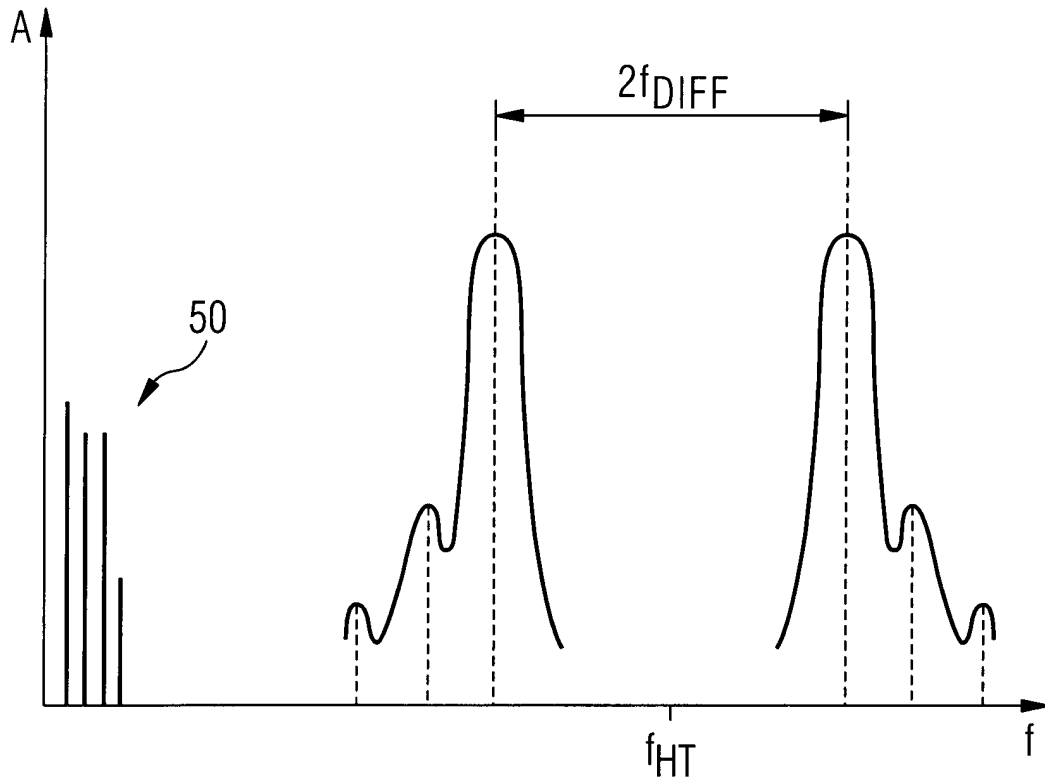


FIG 4

