



(10) **DE 10 2022 206 031 A1** 2023.12.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 206 031.8**

(22) Anmeldetag: **15.06.2022**

(43) Offenlegungstag: **21.12.2023**

(51) Int Cl.: **B60W 30/165 (2020.01)**

B60W 40/02 (2006.01)

B60W 40/13 (2012.01)

(71) Anmelder:
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:
**Gürlich, Christian, Dr., 88213 Ravensburg, DE;
Rössler, Max, 88255 Baintdt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

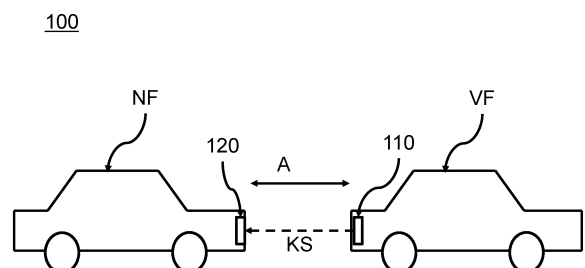
DE	39 41 402	A1
DE	10 2020 210 616	A1
DE	10 2021 203 667	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Computer-implementiertes Verfahren und System für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein computer-implementiertes Verfahren und ein System für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen, das Verfahren umfassend ein Senden eines Kontrollsignals mit einer vorbestimmten Frequenz von einem ersten Fahrzeug zu einem zweiten Fahrzeug, das dem ersten Fahrzeug nachfährt, ein Bestimmen, mittels des zweiten Fahrzeugs, einer Frequenzänderung des Kontrollsignals, und ein Bestimmen eines Steuerbefehls zum Steuern des zweiten Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein computer-implementiertes Verfahren und ein System für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen, sowie ein entsprechendes Computer-Programm-Produkt, Kommunikationseinheiten und ein Fahrzeug.

[0002] Platooning oder Windschattenfahren mit zwei oder mehr Fahrzeugen kann die Fahrwiderstände der Fahrzeuge vor allem bei hohen Geschwindigkeiten deutlich senken. Je näher die Fahrzeuge auffahren, desto besser ist der Verbrauch. Das vorausfahrende Fahrzeug kann sogar deutlich höhere Einsparungen erzielen, wenn das nachfahrende Fahrzeug sehr dicht auffährt. Das liegt daran, dass die Verwirbelung am Heck des vorausfahrenden Fahrzeugs einen größeren Einfluss auf die Aerodynamik aufweist, als die Luftwiderstände an der Front des vorausfahrenden Fahrzeugs.

[0003] Wenn die Fahrzeuge sehr dicht hintereinanderfahren, dann ergibt sich folgende Situation. Bremsst das vorausfahrende Fahrzeug, dann kann das nachfahrende Fahrzeug das Bremsen durch seine Radar-/Lidar-Sensorik detektieren und entsprechend ebenfalls bremsen. Dies geschieht heute auch schon mithilfe des Dopplereffekts. Zusätzlich kann das vorausfahrende Fahrzeug ein Signal per Funk (WLAN, etc.) an das nachfolgende Fahrzeug schicken, dass ein Bremsvorgang eingeleitet wird bzw. vorliegt.

[0004] Beide Techniken weisen eine gewisse Reaktionszeit auf. Diese basiert darauf, dass der Lidar/Radar ein Signal aussenden und empfangen muss. Das Funksignal (WLAN, etc.) weist ebenfalls eine gewisse Laufzeit auf.

[0005] Bei einer Vollbremsung ist es nötig, dass das nachfahrende Fahrzeug so schnell wie möglich die Information über den Bremsvorgang erhält und verarbeiten kann, da es sonst durch den geringen Abstand der Fahrzeuge zueinander zu einer Kollision kommen könnte.

[0006] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein computer-implementiertes Verfahren und ein System für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen, sowie ein entsprechendes Computer-Programm-Produkt, Kommunikationseinheiten und ein Fahrzeug bereitzustellen, die einen oder mehrere der zuvor genannten Nachteile beheben oder zumindest eine Verbesserung darstellen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine schnellere Reaktion des nachfahrenden Fahrzeugs zu ermöglichen und damit die Sicherheit der Fahrzeuge zu verbessern.

[0007] Die Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt durch ein computer-implementiertes Verfahren für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen gelöst, umfassend ein Senden eines Kontrollsignals mit einer vorbestimmten Frequenz von einem ersten Fahrzeug zu einem zweiten Fahrzeug, das dem ersten Fahrzeug nachfährt, und ein Bestimmen, mittels des zweiten Fahrzeugs, einer Frequenzänderung des Kontrollsignals. Weiter umfasst das Verfahren ein Bestimmen eines Steuerbefehls zum Steuern des zweiten Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung.

[0008] Im Gegensatz zu dem bekannten Stand der Technik wird das Kontrollsignal nicht vom nachfahrenden Fahrzeug gesendet und dann am vorausfahrenden Fahrzeug reflektiert, um am nachfolgenden Fahrzeug wieder detektiert zu werden. Die Erfinder haben erkannt, dass zur Verkürzung der Laufzeit des Kontrollsignals das Kontrollsignal mit einer vorbestimmten Frequenz von dem vorausfahrenden Fahrzeug ausgesendet und von dem nachfahrenden Fahrzeug detektiert wird. Bleibt der Abstand zwischen den Fahrzeugen gleich, dann empfängt das nachfahrende Fahrzeug das Kontrollsignal in der vorbestimmten Frequenz. Bremsst das vorausfahrende Fahrzeug ab, kommt es zu einer Dopplerverschiebung des Kontrollsignals, das in Richtung des nachfahrenden Fahrzeugs ausgesendet wird. Das nachfahrende Fahrzeug kann diese Dopplerverschiebung der Frequenz detektieren und eine Steuerung des Fahrzeugs entsprechend bestimmen, insbesondere kann es eine Bremsung/Notbremsung einleiten. Der Vorteil liegt darin, dass das Kontrollsignal nur in eine Richtung laufen muss, nämlich von dem vorausfahrenden zu dem nachfahrenden Fahrzeug.

[0009] Das Kontrollsignal kann ein elektromagnetisches Signal sein. Das Kontrollsignal kann ein Lichtsignal, ein Audiosignal (Schallsignal) und/oder eine Kombination dieser sein.

[0010] Zumindest eines der vorausfahrenden, nachfahrenden und nachfolgend erwähnten Fahrzeuge kann ein motorisiertes, insbesondere elektrisch angetriebenes Fahrzeug sein. Die Fahrzeuge können ein PKW, ein Omnibus, ein Motorrad, ein Roller, ein Fahrrad und dergleichen sein.

[0011] Das Bestimmen der Frequenzänderung kann ein Empfangen des gesendeten Kontrollsignals umfassen.

[0012] Die Schritte des Sendens und Empfangens mittels der vorausfahrenden und/oder nachfahrenden Fahrzeuge können von einzelnen Einheiten dieser ausgeführt werden. Insbesondere können die Fahrzeuge dazu eine oder mehrere Kommunikationseinheiten wie eine Sendeinheit, eine Emp-

fangseinheit und/oder einen Sendeempfänger umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann es sich bei den Kommunikationseinheiten um Lidar- und/oder Radareinheiten handeln oder die Kommunikationseinheiten können solche umfassen. Folglich kann das Kontrollsignal ein von einer solchen Einheit gesendetes und/oder empfangenes Signal sein.

[0013] Das Verfahren kann weiter ein Empfangen, bei dem zweiten Fahrzeug, einer Kontrollinformation, die das Kontrollsignal, insbesondere die vorbestimmte Frequenz des Kontrollsignals charakterisiert umfassen. Die Kontrollinformation kann von dem Kontrollsignal umfasst sein und/oder mittels eines zusätzlichen Signals an zumindest das zweite Fahrzeug gesendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann die vorbestimmte Frequenz basierend auf zumindest einem von dem Kontrollsignal, einem Fahrzeugtyp, einer Fahrsituation und einer Norm bestimmt werden. Zur Bestimmung der Frequenzänderung muss die vorbestimmte Frequenz bekannt und/oder bestimmt werden. Die Information über die vorbestimmte Frequenz kann vorab bekannt sein, insbesondere vor dem Platooning-Betrieb der Fahrzeuge. Die Information kann über eine Funkverbindung zwischen den beiden Fahrzeugen und/oder ein Netzwerk, beispielsweise mittels der Kontrollinformation, ausgetauscht bzw. übertragen werden. Der Fahrzeugtyp kann zumindest eines von einem PKW, einem Omnibus, einem Roller, einem Motorrad und einem Fahrrad charakterisieren. Die Fahrsituation kann eine Fahrsituation innerhalb einer Stadt, auf einer Landstraße, auf einer Autobahn und/oder eine Kombination dieser sein. In einer Stadt können wesentlich mehr Signale verglichen zu einer Landstraße vorliegen, sodass es hier notwendig sein kann, eine andere vorbestimmte Frequenz zu wählen, um eine Übertragung des Kontrollsignals störungsfrei zu halten.

[0014] Alternativ oder zusätzlich kann das Verfahren eine Kopplungsphase umfassen. Während der Kopplungsphase können das vorausfahrende erste Fahrzeug und das nachfahrende zweite Fahrzeug einen vorbestimmten Abstand zwischen sich einstellen, beispielsweise während beide Fahrzeuge still stehen. Das Kontrollsignal kann einmal oder mehrfach während dieser Kopplungsphase von dem ersten Fahrzeug zu dem zweiten Fahrzeug gesendet werden, sodass das zweite Fahrzeug das Kontrollsignal ohne Stauchung oder Dehnung aufgrund des Doppler-Effekts empfängt. Damit kann das zweite Fahrzeug die vorbestimmte Frequenz des Kontrollsignals bestimmen. Im Anschluss an die Kopplungsphase können die Fahrzeuge losfahren und den Platooning-Betrieb einstellen. Beispielsweise kann die Kopplungsphase bei einer roten Ampel eingestellt werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Norm für das Kontrollsignal vorliegen bzw. bestimmt werden. Folglich könnten alle PKWs mit einer ersten vor-

bestimmten Frequenz das Kontrollsignal, insbesondere während eines Platooning-Betriebs aussenden, während Omnibusse mit einer zweiten vorbestimmten Frequenz das Kontrollsignal aussenden. Somit könnte weiter zwischen den Arten von Fahrzeugen durch das Kontrollsignal und die unterschiedlichen Frequenzen unterschieden werden. Das Kontrollsignal kann unabhängig von dem Fahrzeug eine genormte vorbestimmte Frequenz aufweisen. Eine Information über die vorbestimmte Frequenz müsste in diesem Fall nicht ausgetauscht werden bzw. die vorbestimmte Frequenz müsste nicht bestimmt werden. Die vorbestimmte Frequenz kann somit vorab bekannt sein und kann beispielsweise in einem Speicher des Fahrzeugs gespeichert sein.

[0015] Zuvor und nachfolgend beschriebene Schritte, die mittels des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs ausgeführt werden, können insbesondere mittels zumindest einer der nachfolgend beschriebenen Kommunikationseinheiten und/oder einer oder mehrere Einheiten der Fahrzeuge ausgeführt werden.

[0016] Das Verfahren kann weiter ein Bestimmen, mittels des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs, eines Abstands zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug basierend auf dem Kontrollsignal und/oder ein Bestimmen, mittels des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs, des Abstands zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug, umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann der Abstand mittels einer Radar- und/oder Lidareinheit des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs bestimmt werden. Die Radar- und/oder Lidareinheit kann von einer der nachfolgend genannten Kommunikationseinheiten umfasst sein. Weiter kann nur eines der Fahrzeuge den Abstand bestimmen und eine Abstandsinformation an das andere der Fahrzeuge senden, die den Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen charakterisiert.

[0017] Zuvor und nachfolgend beschriebene Aspekte werden in Bezug auf zwei Fahrzeuge beschrieben, wobei die Erfindung nicht auf diese eingeschränkt ist. Die Erfindung kann auf zumindest zwei Fahrzeugen angewendet werden, wobei die Erfindung auch auf drei, vier oder mehr Fahrzeuge angewendet werden kann. Insbesondere kann die Erfindung für einen Platoon bzw. einen Platooning-Betrieb von zwei, drei oder mehr Fahrzeugen eingesetzt werden. Die Erfindung ist insbesondere vorteilhaft zur Verringerung einer Reaktionszeit eines nachfahrenden Fahrzeugs für einen Bremsvorgang, insbesondere bei einem Platooning-Betrieb mit einem vorausfahrenden Fahrzeug.

[0018] Der Steuerbefehl kann einen Beschleunigungsbefehl zum Beschleunigen einer aktuellen Geschwindigkeit des zweiten Fahrzeugs, einen

Bremsbefehl zum Bremsen des zweiten Fahrzeugs und/oder ein Beibehaltungsbefehl zum Beibehalten der aktuellen Geschwindigkeit des zweiten Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung umfassen, insbesondere derart, dass der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug während des Platooning-Betriebs der ersten und zweiten Fahrzeuge beibehalten wird. Durch die schnellere Anpassung an veränderte Umstände wie eine Beschleunigung des vorausfahrenden Fahrzeugs kann der Abstand schneller wieder eingestellt werden und die Effizienz des Platoons verbessert werden.

[0019] Ein Platoon kann ein Windschattenfahren von zumindest zwei Fahrzeugen, einem vorausfahrenden und einem nachfahrenden Fahrzeug sein, wobei ein geringer Abstand zwischen diesen eingestellt ist, derart, dass Luftwiderstände der Fahrzeuge verringert werden. Der Platooning-Betrieb kann ein Betrieb des ersten und zweiten Fahrzeugs sein, während dem sich die beiden Fahrzeuge zu einem Platoon zusammenschließen.

[0020] Der Steuerbefehl kann bestimmt werden, wenn die Frequenzänderung größer und/oder gleich einer vorbestimmten Mindestfrequenzänderung ist, wobei insbesondere die Mindestfrequenzänderung eine Änderung der Frequenz von 50%, 40%, 30%, insbesondere 20% charakterisiert. Der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug kann aufgrund äußerer Bedingungen und/oder den Fahrzeugen selbst variieren, ohne dass insbesondere diese Variation beabsichtigt ist. Um diese Variation auszuschießen, kann die Mindestfrequenzänderung verwendet werden.

[0021] Das Kontrollsignal kann in regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abständen zu dem zweiten Fahrzeug gesendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann das Kontrollsignal dauerhaft und/oder kontinuierlich gesendet werden. Die regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abstände können insbesondere basierend auf zumindest einem von dem Fahrzeugtyp, der aktuellen Geschwindigkeit, einer voraussichtlichen Geschwindigkeit, einer Masse, einer aktuellen und/oder voraussichtlichen Verkehrssituation, einer momentan und/oder voraussichtlichen befahrenen Straßenart, einer momentan und/oder voraussichtlichen zulässigen Höchstgeschwindigkeit, einem oder mehreren weiteren Verkehrsteilnehmern und einer Streckenvorhersage des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs bestimmt werden. Die Verkehrssituation kann eine Fahrzeugumgebung beschreiben, beispielsweise weitere Verkehrsteilnehmer, eine erlaubte Maximalgeschwindigkeit, ein oder mehrere Straßenschilder, Ampeln, etc. Auf einer leeren Landstraße kann das Kontrollsignal für eine vorbestimmte Zeitdauer nicht gesendet werden, da keine Änderung des voraus-

fahrenden Fahrzeugs, insbesondere eine Bremsung nicht absehbar ist und daher kein Kontrollsignal notwendig sein muss. Im Vergleich hierzu kann es innerhalb einer Stadt auf einer viel befahrenen Straße sinnvoll sein, das Kontrollsignal dauerhaft zu senden.

[0022] Eine oder mehrere Schritte des Verfahrens, insbesondere zumindest einer von dem Senden des Kontrollsignals, dem Bestimmen der Frequenzänderung und dem Bestimmen des Steuerbefehls können zumindest während dem Platooning-Betrieb der ersten und zweiten Fahrzeuge ausgeführt werden.

[0023] Das Kontrollsignal kann mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit, insbesondere einer Lichtgeschwindigkeit oder einer Schallgeschwindigkeit gesendet werden.

[0024] Die Aufgabe wird gemäß einem zweiten Aspekt durch ein Computer-Programm-Produkt gelöst, umfassend Programmcodeschnitte zum Ausführen eines computer-implementierten Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt, wenn das Computerprogramm durch zumindest einen Prozessor ausgeführt wird.

[0025] Die Aufgabe wird gemäß einem dritten Aspekt durch ein System für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen gelöst, umfassend eine erste Kommunikationseinheit, die an einem ersten Fahrzeug, insbesondere einem Heck des ersten Fahrzeugs anordenbar ist, und eine zweite Kommunikationseinheit, die an einem zweiten Fahrzeug, insbesondere einer Front des zweiten Fahrzeugs anordenbar ist, wobei das zweite Fahrzeug dem ersten Fahrzeug nachfährt. Vorteilhafterweise kann durch eine Anbringung der ersten Kommunikationseinheit an dem Heck des ersten Fahrzeugs und eine Anbringung der zweiten Kommunikationseinheit an der Front des zweiten Fahrzeugs ein Signalweg zwischen den beiden Kommunikationseinheiten verkürzt werden, sodass die Signallaufzeit eines nachfolgenden beschriebenen Kontrollsignals verkürzt werden kann. Die erste Kommunikationseinheit ist zum Senden des Kontrollsignals mit einer vorbestimmten Frequenz zu der zweiten Kommunikationseinheit, das dem ersten Fahrzeug nachfährt, ausgebildet. Die zweite Kommunikationseinheit ist zum Bestimmen einer Frequenzänderung des Kontrollsignals und Bestimmen eines Steuerbefehls zum Steuern des zweiten Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung und/oder Ausgeben des Steuerbefehls an eine Steuerung des zweiten Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung ausgebildet.

[0026] Die Aufgabe wird gemäß einem vierten Aspekt durch eine Kommunikationseinheit für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen

gelöst, wobei die Kommunikationseinheit an einem Fahrzeug, insbesondere einem Heck des Fahrzeugs anordenbar und dazu ausgebildet ist, ein Kontrollsignal mit einer vorbestimmten Frequenz zu einem nachfolgenden Fahrzeug zu senden, insbesondere während eines Platooning-Betriebs der beiden Fahrzeuge.

[0027] Die Aufgabe wird gemäß einem fünften Aspekt durch eine Kommunikationseinheit für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen gelöst, wobei die Kommunikationseinheit an einem Fahrzeug, insbesondere einer Front des Fahrzeugs anordenbar und dazu ausgebildet ist, ein Kontrollsignal mit einer vorbestimmten Frequenz von einem vorausfahrenden Fahrzeug zu empfangen, insbesondere während eines Platooning-Betriebs der beiden Fahrzeuge, wobei die Kommunikationseinheit weiter dazu ausgebildet ist, eine Frequenzänderung des Kontrollsignals zu bestimmen und einen Steuerbefehl an das Fahrzeug basierend auf der Frequenzänderung auszugeben und/oder den Steuerbefehl an eine Steuerung des zweiten Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung auszugeben.

[0028] Zumindest eine der Kommunikationseinheiten des vierten und fünften Aspekts kann zumindest eines von einer Lidar- und einer Radareinheit umfassen oder sein. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine der Kommunikationseinheiten zum Senden des Kontrollsignals und die andere Kommunikationseinheit zum Empfangen des Kontrollsignals ausgebildet sein. Weiter kann zumindest eine der Kommunikationseinheiten eine Sendeeinheit, eine Empfangseinheit, ein Sendeempfänger und/oder eine Kombination dieser sein oder umfassen.

[0029] Zuvor beschriebene Merkmale und Schritte des ersten Aspekts können als Vorrichtungsmerkmale der dritten bis fünften Aspekte ausgebildet sein. Weiter können Merkmale der dritten bis fünften Aspekte als Merkmale und Schritte des ersten Aspekts ausgebildet sein.

[0030] Die Aufgabe wird gemäß einem sechsten Aspekt durch ein Fahrzeug gelöst, umfassend eine Kommunikationseinheit gemäß dem vierten Aspekt, eine Kommunikationseinheit gemäß dem fünften Aspekt und/oder einen Prozessor zum Ausführen eines Computer-Programm-Produkts gemäß dem zweiten Aspekt.

[0031] Das Fahrzeug kann eine Messeinheit, insbesondere eine Lidar- und/oder Radareinheit umfassen. Die Messeinheit und/oder der Prozessor können dazu ausgebildet sein, einen Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug basierend auf dem Kontrollsignal und/oder den Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug zu bestimmen, wobei der Prozessor insbesondere dazu ausgebildet

ist, basierend auf dem bestimmten Abstand und/oder Fahrzeuginformationen des vorausfahrenden Fahrzeugs das Fahrzeug zu steuern.

[0032] Der Steuerbefehl kann mittels zumindest einer der Kommunikationseinheiten, insbesondere der Kommunikationseinheit, die die Frequenzänderung bestimmt, und/oder dem Prozessor bestimmt werden. Der Steuerbefehl kann einen Beschleunigungsbefehl zum Beschleunigen einer aktuellen Geschwindigkeit des Fahrzeugs, einen Bremsbefehl zum Bremsen des Fahrzeugs und/oder ein Beibehaltungsbefehl zum Beibehalten der aktuellen Geschwindigkeit des Fahrzeugs basierend auf der Frequenzänderung umfasst, insbesondere derart, dass der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug während des Platooning-Betriebs der ersten und zweiten Fahrzeuge beibehalten wird.

[0033] Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden exemplarisch anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Systems für einen Platooning-Betrieb eines ersten und zweiten Fahrzeugs gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel; und

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines computer-implementierten Verfahrens für einen Platooning-Betrieb eines ersten und zweiten Fahrzeugs gemäß einem zweiten Aspekt.

[0034] In den Figuren sind gleiche oder im Wesentlichen funktionsgleiche beziehungsweise -ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Die in den Figuren dargestellten Proportionen dienen vor allem dem Verständnis der Erfindung und schränken die Erfindung nicht auf diese ein.

[0035] **Fig. 1** zeigt ein System 100 für einen Platooning-Betrieb (Windschattenfahren) mit einem vorausfahrenden ersten Fahrzeug VF und einem nachfolgenden zweiten Fahrzeug NF, die zusammen einen Platoon bilden bzw. einen Platooning-Betrieb aufweisen. Während des Platooning-Betriebs stellen die Fahrzeuge VF, NF einen relativ kurzen Abstand A zwischen sich ein, um die Luftwiderstände beider Fahrzeuge VF, NF zu reduzieren und somit Kraftstoff- und/oder Energieeinsparungen zu erzielen.

[0036] Während des Platooning-Betriebs kann es vorkommen, dass das erste Fahrzeug VF bremsen muss. Um ein Auffahren des zweiten Fahrzeugs NF auf das erste Fahrzeug VF zu verhindern, muss das zweite Fahrzeug NF möglichst frühzeitig (in Bezug auf die Bremsung des ersten Fahrzeugs VF) ebenfalls bremsen. Das erste Fahrzeug VF weist eine erste Kommunikationseinheit 110 und das zweite Fahrzeug NF eine zweite Kommunikationseinheit 120 auf, wobei zumindest eine der Kommunikations-

einheiten 110, 120 eine Lidar- und/oder Radareinheit sein oder solche umfassen kann.

[0037] Die erste Kommunikationseinheit 110 ist dazu ausgebildet, ein Kontrollsignal KS mit einer vorbestimmten Frequenz an die zweite Kommunikationseinheit 120 zu senden. Entsprechend kann die erste Kommunikationseinheit 110 ein Sender und/oder Sendeempfänger sein oder solche umfassen. Die zweite Kommunikationseinheit 120 ist dazu ausgebildet, das Kontrollsignal KS zu empfangen und eine Frequenzänderung des Kontrollsignals KS zu bestimmen. Dazu kann das zweite Fahrzeug NF und/oder die zweite Kommunikationseinheit 120 eine Kontrollinformation über die vorbestimmte Frequenz des Kontrollsignals KS empfangen und/oder gespeichert haben.

[0038] Die vorbestimmte Frequenz kann eine genormte Frequenz sein und für den Zweck des Kontrollsignals festgelegt sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine Kopplungsphase insbesondere vor dem Platooning-Betrieb der ersten und zweiten Fahrzeuge ausgeführt werden, während der das Kontrollsignal KS von der ersten Kommunikationseinheit 110 zu der zweiten Kommunikationseinheit 120 gesendet wird, ohne dass es eine Frequenzänderung der Frequenz des Kontrollsignals KS gibt. Dies kann vorteilhafterweise geschehen, wenn die beiden Fahrzeuge VF, NF in einem festen Abstand zueinander befindlich sind und sich dieser feste Abstand nicht ändert. Beispielsweise kann dies beim Stehen an einer roten Ampel erfolgen. Um die vorbestimmte Frequenz des Kontrollsignals korrekt bei der zweiten Kommunikationseinheit 120 und/oder dem zweiten Fahrzeug NF zu ermitteln, muss der Abstand während der Ermittlung konstant bleiben, d. h., sich nicht ändern. Ansonsten kann aufgrund des Doppler-Effekts eine Veränderung der vorbestimmten Frequenz vorliegen und die vorbestimmte Frequenz würde fehlerbehaftet ermittelt werden.

[0039] Die zweite Kommunikationseinheit 120 bestimmt, ob eine Frequenzänderung der vorbestimmten Frequenz des Kontrollsignals KS vorliegt oder nicht. Solange die ersten und zweiten Fahrzeuge VF, NF den Abstand A konstant zwischen sich aufweisen findet keine Relativbewegung zwischen den Kommunikationseinheiten 110, 120 und somit auch keine Veränderung der Frequenz des Kontrollsignals KS beim Empfangen bei der zweiten Kommunikationseinheit 120 statt. Vergrößert oder verkleinert sich der Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen VF, NF, verändert sich aufgrund des Doppler-Effekts die vorbestimmte Frequenz des Kontrollsignals KS beim Empfangen des Kontrollsignals KS bei der zweiten Kommunikationseinheit 120.

[0040] Insbesondere bei einem Bremsen des ersten Fahrzeugs VF kann sich der Abstand zwischen den

beiden Fahrzeugen VF, NF verkürzen und es kommt zu einer Stauchung des Kontrollsignals KS aufgrund des Doppler-Effekts. Die Frequenz des Kontrollsignals erhöht sich damit bei der zweiten Kommunikationseinheit 120 und es kann geschlussfolgert werden, dass das erste Fahrzeug VF bremsst. Basierend auf der Frequenzänderung bestimmt die zweite Kommunikationseinheit 120 einen Steuerbefehl, der einen Beschleunigungsbefehl zum Beschleunigen einer aktuellen Geschwindigkeit des zweiten Fahrzeugs NF, einen Bremsbefehl zum Bremsen des zweiten Fahrzeugs NF und/oder ein Beibehaltungsbefehl zum Beibehalten der aktuellen Geschwindigkeit des zweiten Fahrzeugs NF umfasst, insbesondere derart, dass der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug VF, NF während des Platooning-Betriebs der ersten und zweiten Fahrzeuge VF, NF beibehalten wird. Bei einem Bremsen des ersten Fahrzeugs VF bzw. einer Erhöhung der Frequenz des Kontrollsignals bestimmt die Kommunikationseinheit 120 als Steuerbefehl ein Bremsen des zweiten Fahrzeugs NF. Die Information über das Bremsen des ersten Fahrzeugs VF kann somit schneller von dem zweiten Fahrzeug NF erfasst werden und ein früheres Bremsen des zweiten Fahrzeugs NF kann eingeleitet werden.

[0041] Vorteilhafterweise ist in der **Fig. 1** dargestellt, dass die erste Kommunikationseinheit 110 an einem Heck des ersten Fahrzeugs VF und die zweite Kommunikationseinheit 120 an einer Front des zweiten Fahrzeugs NF angeordnet sind, um eine Übertragungsstrecke des Kontrollsignals von der ersten Kommunikationseinheit 110 zu der zweiten Kommunikationseinheit 120 möglichst kurz zu gestalten.

[0042] Das Kontrollsignal KS kann in regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abständen zu der zweiten Kommunikationseinheit 120 gesendet werden. Die regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abstände können insbesondere basierend auf zumindest einem von dem Fahrzeugtyp, der aktuellen Geschwindigkeit, einer voraussichtlichen Geschwindigkeit, einer Masse, einer aktuellen und/oder voraussichtlichen Verkehrssituation, einer momentan und/oder voraussichtlichen befahrenen Straßenart, einer momentan und/oder voraussichtlichen zulässigen Höchstgeschwindigkeit, einem oder mehreren weiteren Verkehrsteilnehmern und einer Streckenvorhersage des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs VS, NF bestimmt werden. Folglich kann je nach Situation das Kontrollsignal in kürzeren zeitlichen Abständen gesendet werden. Beispielsweise können die ersten und zweiten Fahrzeuge VF, NF auf einer viel befahrenen Straße fahren, sodass öfter mit einem Bremsen und/oder Beschleunigen des ersten Fahrzeugs VF zu rechnen ist. Entsprechend kann das Kontrollsignal zur Kontrolle öfter und/oder in kürzeren zeitlichen Abständen gesendet werden. Befinden sich die ersten und zweiten Fahr-

zeuge VF, NF auf einer leeren Straße, kann eine konstante Fahrgeschwindigkeit der Fahrzeuge VF, NF beibehalten werden und das Kontrollsignal kann seltener gesendet werden, da voraussichtlich mit keiner Veränderung zu rechnen ist.

[0043] Die Fig. 1 zeigt einen Platoon von zwei Fahrzeugen, wobei die Erfindung nicht auf zwei Fahrzeuge eingeschränkt ist. Die Erfindung kann jeweils auf ein vorausfahrendes und ein nachfahrendes Fahrzeug angewendet werden, unabhängig davon, wie viele Fahrzeuge vor oder nach diesen Fahrzeugen fahren. Folglich kann ein nachfahrendes Fahrzeug ein weiteres Fahrzeug hinter sich aufweisen, dass diesem wiederum folgt. Entsprechend kann das nachfahrende Fahrzeug nicht nur ein Kontrollsignal von dem vorausfahrenden Fahrzeug empfangen, sondern auch ein Kontrollsignal an das weitere nachfahrende Fahrzeug hinter sich senden.

[0044] Die Fig. 2 zeigt schematisch ein computerimplementiertes Verfahren 200 für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen. Das Verfahren 200 umfasst ein Senden 210 eines Kontrollsignals KS mit einer vorbestimmten Frequenz von einem ersten Fahrzeug VF, insbesondere mittels einer ersten Kommunikationseinheit 110, zu einem zweiten Fahrzeug NF, insbesondere einer zweiten Kommunikationseinheit 120 des zweiten Fahrzeugs NF, das dem ersten Fahrzeug VF nachfährt, und ein Bestimmen 220, mittels des zweiten Fahrzeugs NF, insbesondere mittels der zweiten Kommunikationseinheit 120, einer Frequenzänderung des Kontrollsignals KS. Das Verfahren 200 umfasst weiter ein Bestimmen 230 eines Steuerbefehls zum Steuern des zweiten Fahrzeugs NF basierend auf der Frequenzänderung.

Bezugszeichen

100	System für einen Platooning-Betrieb von zwei Fahrzeugen
110	erste Kommunikationseinheit
120	zweite Kommunikationseinheit
KS	Kontrollsignal
A	Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen
VF	vorausfahrendes erstes Fahrzeug
NF	nachfahrendes zweites Fahrzeug
200	Computerimplementiertes Verfahren für einen Platooning-Betrieb von zwei Fahrzeugen
210	Senden eines Kontrollsignals
220	Bestimmen einer Frequenzänderung des Kontrollsignals

230

Bestimmen eines Steuerbefehls

Patentansprüche

1. Computerimplementiertes Verfahren (200) für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen (VF, NF), umfassend die Schritte:
Senden (210) eines Kontrollsignals (KS) mit einer vorbestimmten Frequenz von einem ersten Fahrzeug (VF) zu einem zweiten Fahrzeug (NF), das dem ersten Fahrzeug (VF) nachfährt;
Bestimmen (220), mittels des zweiten Fahrzeugs (NF), einer Frequenzänderung des Kontrollsignals (KS);
Bestimmen (230) eines Steuerbefehls zum Steuern des zweiten Fahrzeugs (NF) basierend auf der Frequenzänderung.

2. Verfahren (200) nach Anspruch 1, weiter umfassend:

Empfangen, bei dem zweiten Fahrzeug (NF), einer Kontrollinformation, die das Kontrollsignal (KS), insbesondere die vorbestimmte Frequenz des Kontrollsignals (KS) charakterisiert, und/oder wobei die vorbestimmte Frequenz basierend auf zumindest einem von dem Kontrollsignal (KS), einem Fahrzeugtyp, einer Fahrsituation und einer Norm bestimmt ist.

3. Verfahren (200) nach Anspruch 1 oder 2, weiter umfassend:

Bestimmen, mittels des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs (VF, NF), eines Abstands (A) zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug (VF, NF) basierend auf dem Kontrollsignal (KS) und/oder Bestimmen, mittels des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs (VF, NF), des Abstands (A) zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug (VF, NF).

4. Verfahren (200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Steuerbefehl einen Beschleunigungsbefehl zum Beschleunigen einer aktuellen Geschwindigkeit, einen Bremsbefehl zum Bremsen und/oder ein Beibehaltungsbefehl zum Beibehalten der aktuellen Geschwindigkeit des zweiten Fahrzeugs (NF) basierend auf der Frequenzänderung umfasst, insbesondere derart, dass der Abstand (A) zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug (VF, NF) während des Platooning-Betriebs der ersten und zweiten Fahrzeuge (VF, NF) beibehalten wird.

5. Verfahren (200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Steuerbefehl bestimmt wird, wenn die Frequenzänderung größer und/oder gleich einer vorbestimmten Mindestfrequenzänderung ist, wobei insbesondere die Mindestfrequenzänderung eine Änderung der Frequenz von 50%, 40%, 30%, insbesondere 20% charakterisiert.

6. Verfahren (200) nach einem der vorherigen Schritte, wobei das Kontrollsignal (KS) in regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abständen zu dem zweiten Fahrzeug (NF) gesendet wird, wobei die regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abstände (A) insbesondere basierend auf zumindest einem von dem Fahrzeugtyp, der aktuellen Geschwindigkeit, einer voraussichtlichen Geschwindigkeit, einer Masse, einer aktuellen und/oder voraussichtlichen Verkehrssituation, einer momentan und/oder voraussichtlichen befahrenen Straßenart, einer momentan und/oder voraussichtlichen zulässigen Höchstgeschwindigkeit, einem oder mehreren weiteren Verkehrsteilnehmern und einer Streckenvorhersage des ersten und/oder zweiten Fahrzeugs (VF, NF) bestimmt werden.

7. Verfahren (200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine oder mehrere Schritte des Verfahrens (200), insbesondere zumindest einer von dem Senden des Kontrollsignals (210), dem Bestimmen (220) der Frequenzänderung und dem Bestimmen (230) des Steuerbefehls zumindest während einem Platooning-Betrieb der ersten und zweiten Fahrzeuge (VF, NF) ausgeführt werden.

8. Verfahren (200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Kontrollsignal (KS) mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit, insbesondere einer Lichtgeschwindigkeit oder einer Schallgeschwindigkeit gesendet wird.

9. Computer-Programm-Produkt, umfassend Programmcodeabschnitte zum Ausführen eines computer-implementierten Verfahrens (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wenn das Computerprogramm durch zumindest einen Prozessor ausgeführt wird.

10. System (100) für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen (VF, NF), umfassend:
eine erste Kommunikationseinheit (110), die an einem ersten Fahrzeug (VF), insbesondere einem Heck des ersten Fahrzeugs (VF) anordenbar ist;
eine zweite Kommunikationseinheit (120), die an einem zweiten Fahrzeug (NF), insbesondere einer Front des zweiten Fahrzeugs (NF) anordenbar ist, das dem ersten Fahrzeug nachfährt, wobei die erste Kommunikationseinheit (110) ausgebildet ist zum:
Senden eines Kontrollsignals (KS) mit einer vorbestimmten Frequenz
zu der zweiten Kommunikationseinheit (120), wobei die zweite Kommunikationseinheit (120) ausgebildet ist zum:
Bestimmen einer Frequenzänderung des Kontrollsignals (KS);
Bestimmen eines Steuerbefehls zum Steuern des

zweiten Fahrzeugs (KS) basierend auf der Frequenzänderung und/oder Ausgeben des Steuerbefehls an eine Steuerung des zweiten Fahrzeugs (NF) basierend auf der Frequenzänderung.

11. Kommunikationseinheit (110) für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen (VF, NF), wobei die Kommunikationseinheit (110) an einem Fahrzeug (VF), insbesondere einem Heck des Fahrzeugs (VF) anordenbar und dazu ausgebildet ist, ein Kontrollsignal (KS) mit einer vorbestimmten Frequenz zu einem nachfolgenden Fahrzeug (NF) zu senden, insbesondere während eines Platooning-Betriebs der beiden Fahrzeuge (VF, NF).

12. Kommunikationseinheit (120) für einen Platooning-Betrieb von zwei oder mehr Fahrzeugen (BF, NF), wobei die Kommunikationseinheit (120) an einem Fahrzeug (NF), insbesondere einer Front des Fahrzeugs (NF) anordenbar und dazu ausgebildet ist, ein Kontrollsignal (KS) mit einer vorbestimmten Frequenz von einem vorausfahrenden Fahrzeug (VF) zu empfangen, insbesondere während eines Platooning-Betriebs der beiden Fahrzeuge (VF, NF), wobei die Kommunikationseinheit (120) weiter dazu ausgebildet ist, eine Frequenzänderung des Kontrollsignals zu bestimmen und einen Steuerbefehl an das Fahrzeug (NF) basierend auf der Frequenzänderung auszugeben und/oder den Steuerbefehl an eine Steuerung des zweiten Fahrzeugs (NF) basierend auf der Frequenzänderung auszugeben.

13. Fahrzeug (VF, NF), umfassend eine Kommunikationseinheit (110) nach Anspruch 11, eine Kommunikationseinheit (120) nach Anspruch 12 und/oder einen Prozessor zum Ausführen eines Computer-Programm-Produkts nach Anspruch 9.

14. Fahrzeug (VF, NF) nach Anspruch 13, wobei der Prozessor und/oder das Fahrzeug (VF, NF) eine Messeinheit umfasst, der bzw. die dazu ausgebildet sind, einen Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug (VF, NF) basierend auf dem Kontrollsignal (KS) und/oder den Abstand (A) zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug (VF, NF) zu bestimmen, wobei der Prozessor insbesondere dazu ausgebildet ist, basierend auf dem bestimmten Abstand und/oder Fahrzeuginformationen des vorausfahrenden Fahrzeugs (VF) das Fahrzeug (NF) zu steuern.

15. Fahrzeug (VF, NF) nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Steuerbefehl einen Beschleunigungsbefehl zum Beschleunigen einer aktuellen Geschwindigkeit, einen Bremsbefehl zum Bremsen und/oder einen Beibehaltungsbefehl zum Beibehalten der aktuellen Geschwindigkeit des Fahrzeugs (VF, NF) basierend auf der Frequenzänderung umfasst,

insbesondere derart, dass der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Fahrzeug (VF, NF) während des Platooning-Betriebs der ersten und zweiten Fahrzeuge (VF, NF) beibehalten wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

100

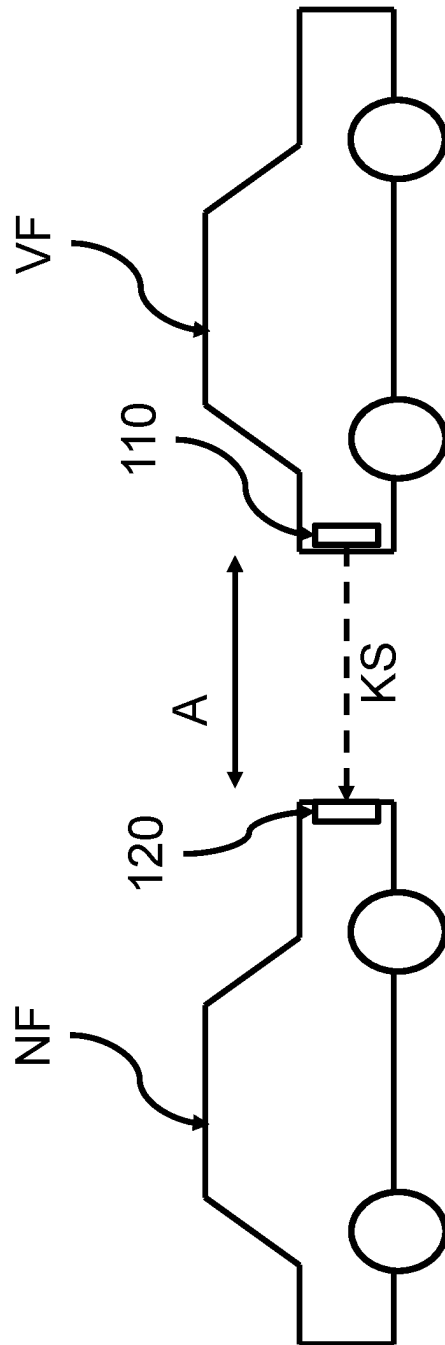


Fig. 1

200

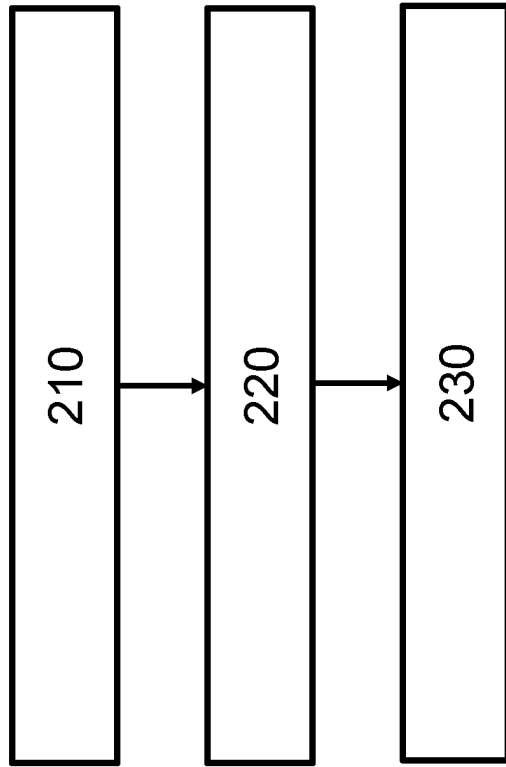


Fig. 2