



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.08.2021 Patentblatt 2021/33

(51) Int Cl.:
G08G 1/07 (2006.01) **G08G 1/01 (2006.01)**
G08G 1/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21151471.6**

(22) Anmeldetag: **14.01.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Borst, David**
81379 München (DE)
• **Fanderl, Florian**
81249 München (DE)
• **Mauder, Markus**
80634 München (DE)
• **Pamir, Evren**
80636 München (DE)
• **Vowinckel, Konrad**
2515 LK Den Haag (NL)

(30) Priorität: **14.02.2020 DE 102020201878**

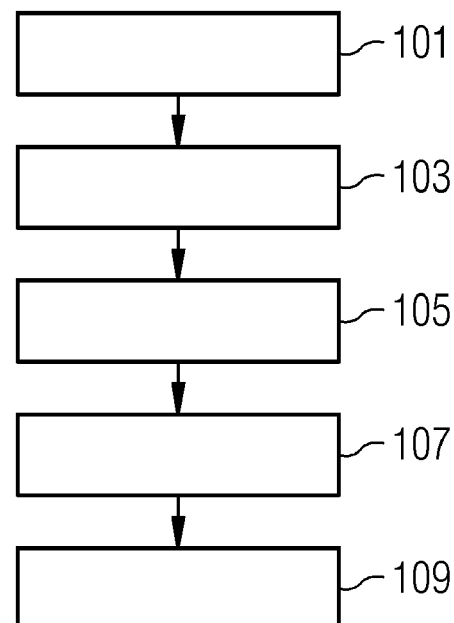
(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM STEuern EINER LICHTSIGNALANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Lichtsignalanlage, umfassend die folgenden Schritte: Empfangen von ersten Verkehrszustandsdaten, welche einen aktuellen Verkehrszustand in einer Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren, Empfangen von zweiten Verkehrszustandsdaten, welche einen historischen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren, Ermitteln einer Abweichung des aktuellen Verkehrszustands von dem historischen Verkehrszustand, Erzeugen von Steuersignalen zum Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf der ermittelten Abweichung derart, dass bei einem Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf den Steuersignalen ein aktueller Signalzeitenplan geändert oder ersetzt wird, Ausgeben der erzeugten Steuersignale.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, ein Computerprogramm und ein maschinenlesbares Speichermedium.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Lichtsignalanlage. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, ein Computerprogramm und ein maschinenlesbares Speichermedium.

[0002] Lichtsignalanlagen werden üblicherweise basierend auf einem Signalzeitenplan betrieben respektive gesteuert.

[0003] Hierbei kann vorgesehen sein, dass ein Signalzeitenplan fest und nicht verändert wird, während die Lichtsignalanlage betrieben wird.

[0004] Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der Signalzeitenplan im laufenden Betrieb geändert wird. Dies zum Beispiel basierend auf einem Verkehrszustand in einer Umgebung der Lichtsignalanlage.

[0005] Zum Ändern eines Signalzeitenplanes basierend auf einem Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage können zum Beispiel Algorithmen aus dem maschinellen Lernen verwendet werden.

[0006] Solche Algorithmen werden üblicherweise unter Verwendung von Trainingsdaten trainiert.

[0007] Hier besteht ein Bedarf, solche Trainingsdaten effizient zu ermitteln.

[0008] Zum Beispiel können unterschiedliche Verkehrszustände in der Umgebung der Lichtsignalanlage simuliert werden. Diese simulierten Verkehrszuständen können als Trainingsdaten für das maschinelle Lernen verwendet werden.

[0009] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe ist darin zu sehen, ein Konzept zum effizienten Steuern einer Lichtsignalanlage bereitzustellen, welches es ermöglicht, Trainingsdaten für ein maschinelles Lernen hinsichtlich einer Prädiktion eines Verhaltens der Lichtsignalanlage effizient zu ermitteln.

[0010] Diese Aufgabe wird mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

[0011] Nach einem ersten Aspekt wird ein Verfahren zum Steuern einer Lichtsignalanlage bereitgestellt, umfassend die folgenden Schritte:

Empfangen von ersten Verkehrszustandsdaten, welche einen aktuellen Verkehrszustand in einer Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren, Empfangen von zweiten Verkehrszustandsdaten, welche einen historischen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren, Ermitteln einer Abweichung des aktuellen Verkehrszustands von dem historischen Verkehrszustand, Erzeugen von Steuersignalen zum Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf der ermittelten Abweichung derart, dass bei einem Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf den Steuersignalen ein aktueller Signalzeitenplan geändert oder ersetzt wird, Ausgeben der erzeugten Steuersignale.

[0012] Nach einem zweiten Aspekt wird eine Vorrichtung bereitgestellt, die eingerichtet ist, alle Schritte des Verfahrens nach dem ersten Aspekt auszuführen.

[0013] Nach einem dritten Aspekt wird ein Computerprogramm bereitgestellt, welches Befehle umfasst, die bei Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer, beispielsweise durch die Vorrichtung nach dem zweiten Aspekt, diesen veranlassen, ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt auszuführen.

[0014] Nach einem vierten Aspekt wird ein maschinenlesbares Speichermedium bereitgestellt, auf dem das Computerprogramm nach dem dritten Aspekt gespeichert ist.

[0015] Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis und schließt diese mit ein, dass die obige Aufgabe dadurch gelöst werden kann, dass im laufenden Betrieb der Lichtsignalanlage ein aktueller Signalzeitenplan geändert oder ersetzt wird. Dadurch wird insbesondere der technische Vorteil bewirkt, dass die Lichtsignalanlage basierend auf dem geänderten Signalzeitenplan oder basierend auf dem ersetzten Signalzeitenplan gesteuert werden kann respektive wird.

[0016] Dadurch kann in vorteilhafter Weise Einfluss auf den aktuellen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage genommen werden.

[0017] Das heißt also, dass dann ein Verkehrszustand erfasst respektive gemessen werden kann, wie er während eines Betriebs der Lichtsignalanlage basierend auf dem geänderten Signalzeitenplan oder dem ersetzten Signalzeitenplan sich ergibt.

[0018] Dieser erfasste Verkehrszustand kann in vorteilhafter Weise als Trainingsdaten für ein maschinelles Lernen verwendet werden, um zum Beispiel ein Verhalten der Lichtsignalanlage vorherzusagen respektive zu präzisieren, beispielsweise eine Signalzeit der Lichtsignalanlage vorherzusagen.

[0019] Es stehen somit reale Messdaten für ein solches Training zur Verfügung.

[0020] Dies weist gegenüber einer Simulation von verschiedenen Verkehrszuständen in der Umgebung der Lichtsignalanlage den Vorteil auf, dass die Realität effizient abgebildet werden kann und keine Näherungen wie bei einer Simulation erfolgen müssen. Entsprechend kann ein Algorithmus eines maschinellen Lernens effizient trainiert werden.

[0021] Weiter ist gemäß dem hier beschriebenen Konzept vorgesehen, dass der aktuelle Verkehrszustand mit einem historischen Verkehrszustand verglichen wird, um eine Abweichung des aktuellen Verkehrszustands von dem historischen Verkehrszustand zu ermitteln. Die Steuersignale werden basierend auf der ermittelten Abweichung erzeugt.

[0022] Dies weist zum Beispiel den technischen Vorteil auf, dass dadurch in effizienter Weise Verkehrszustände erkannt werden können, die sich wenig bis gar nicht für ein Ermitteln von Trainingsdaten unter Änderung des aktuellen Signalzeitenplans oder unter Ersetzung des aktuellen Signalzeitenplans eignen.

[0023] Sofern zum Beispiel die ermittelte Abweichung zu groß ist, kann davon ausgegangen werden, dass in der Umgebung der Lichtsignalanlage ein Problem vorliegt, zum Beispiel ein Unfall oder ein Stau. In einer solchen Situation sollte nicht noch der ohnehin kritische Verkehrszustand noch durch Experimente hinsichtlich geänderter respektive ersetzter Signalzeitenpläne potentiell negativ beeinflusst werden.

[0024] Weiter weist das Berücksichtigen des historischen Verkehrszustands auch den Vorteil auf, um besonders geeignete Verkehrszustände zu erkennen hinsichtlich eines Änderns respektive Ersetzens des aktuellen Signalzeitenplans, um Trainingsdaten für unterschiedliche reale Verkehrszustände zu gewinnen respektive zu ermitteln.

[0025] Nach allem wird somit insbesondere der technische Vorteil bewirkt, dass ein Konzept zum effizienten Steuern einer Lichtsignalanlage bereitgestellt ist, welches es ermöglicht, Trainingsdaten für ein maschinelles Lernen effizient zu ermitteln, um zum Beispiel basierend auf einem entsprechend trainierten Algorithmus im laufenden Betrieb der Lichtsignalanlage ein Verhalten eines Verkehrs ansprechend auf eine Änderung bzw. ein Ersetzen des Signalzeitenplans zu präzisieren bzw. vorherzusagen.

[0026] Für den Begriff "Signalzeitenplan" kann auch der Begriff "Signalplan" verwendet werden.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass Abweichungsschwellwertsignale empfangen werden, welchen einen Abweichungsschwellwert repräsentieren, wobei die ermittelte Abweichung mit dem Abweichungsschwellwert verglichen wird, wobei die Steuersignale abhängig von dem Vergleich der ermittelten Abweichung mit dem Abweichungsschwellwert erzeugt werden.

[0028] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass die Steuersignale effizient erzeugt werden können.

[0029] Zum Beispiel ist vorgesehen, dass von einem Erzeugen der Steuersignale abgesehen wird, wenn die ermittelte Abweichung größer oder größer gleich dem Abweichungsschwellwert ist.

[0030] Nach einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die ermittelte Abweichung eine Prozentangabe ist.

[0031] Nach einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Abweichungsschwellwert eine Prozentangabe ist.

[0032] Die Prozentangabe kann sich zum Beispiel auf den historischen Verkehrszustand beziehen.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuersignale nur dann erzeugt werden, wenn die ermittelte Abweichung kleiner oder kleiner gleich dem Abweichungsschwellwert ist.

[0034] Die Abweichung kann zum Beispiel null betragen.

[0035] Nach einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuersignale derart sind, dass der geänderte Signalzeitenplan oder der ersetzte Signalzeitenplan eine

Verschlechterung oder eine Verbesserung eines aktuellen Verkehrsflusses durch die Lichtsignalanlage bewirken kann.

[0036] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass unterschiedliche Verkehrsflüsse erzeugt werden können, sodass für verschiedene respektive unterschiedliche Verkehrsflüsse effizient Trainingsdaten ermittelt werden können.

[0037] Nach einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass Verkehrszustandsschwellwertsignale empfangen werden, welche zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert repräsentieren, wobei die Steuersignale basierend auf dem zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert erzeugt werden.

[0038] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass die Steuersignale effizient erzeugt werden können.

[0039] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der zumindest eine Verkehrszustandsschwellwert jeweils ein Element aus der folgenden Gruppe von Verkehrszustandsschwellwerten ist: eine minimale und/oder maximale Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder eine minimale und/oder maximale Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine minimale und/oder maximale Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit.

[0040] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass besonders geeignete Verkehrszustandsschwellwerte verwendet werden.

[0041] Die Formulierung "zumindest ein(e)" steht für "ein(e) oder mehrere".

[0042] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der aktuelle Verkehrszustand mit dem zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert verglichen wird, wobei die Steuersignale basierend auf dem Vergleich des aktuellen Verkehrszustands mit dem zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert erzeugt werden.

[0043] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass die Steuersignale effizient erzeugt werden können.

[0044] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass, wenn der aktuelle Verkehrszustand den zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert überschreitet, die Steuersignale derart sind, dass der geänderte Signalzeitenplan oder der ersetzte Signalzeitenplan einem Signalzeitenbasisplan entsprechen.

[0045] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass die Steuersignale effizient erzeugt werden können.

[0046] Weiter wird dadurch insbesondere der technische Vorteil bewirkt, dass, wenn der aktuelle Verkehrszustand außerhalb vorgegebener Schwellwerte (Verkehrszustandsschwellwerte) ist, auf einen Signalzeitenbasisplan zurückgegangen wird, um zu bewirken, dass der aktuelle Verkehrszustand wieder innerhalb der vorgegebenen Schwellwerte gelangt.

[0047] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass vor dem Ausgeben der Steuersignale geprüft wird, ob

durch ein Ändern oder Ersetzen des Signalzeitenplans der aktuelle Verkehrszustand den Verkehrszustandsschwellwert überschreiten würde, wobei die Steuersignale abhängig von einem Ergebnis des Prüfens ausgegeben werden.

[0048] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass effizient sichergestellt werden kann, dass der aktuelle Verkehrszustand durch eine Änderung oder durch ein Ersetzen des aktuellen Signalplans nicht außerhalb vorgegebener Schwellwerte kommt.

[0049] Sofern zum Beispiel ein Betreiben bzw. Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf dem geänderten Signalzeitenplan oder dem ersetzten Signalzeitenplan dazu führen würde, dass der aktuelle Verkehrszustand nicht mehr innerhalb der vorgegebenen Schwellwerte bleibt, wird von einem Ausgeben der Steuersignale abgesehen.

[0050] Das heißt also zum Beispiel, dass nach einer Ausführungsform vorgesehen ist, dass die Steuersignale nur dann ausgegeben werden, wenn das Ergebnis des Prüfens angibt, dass der aktuelle Verkehrszustand innerhalb der vorgegebenen Schwellwerte bleibt.

[0051] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der aktuelle und der historische Verkehrszustand jeweils eine Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit umfassen.

[0052] Die Umlaufzeiteinheit ist nach einer Ausführungsform eine Umlaufsekunde oder ein Wert, welcher kleiner oder größer als eine Umlaufsekunde ist.

[0053] Eine Detektorbelegung repräsentiert eine Anzahl an Fahrzeugen, welche mittels eines Detektors in der Umgebung der Lichtsignalanlage detektiert werden.

[0054] Ein Detektor umfasst zum Beispiel eine Videokamera und/oder eine Induktionsspule, welche zum Beispiel innerhalb einer Fahrbahn eingebettet bzw. angeordnet ist. Ein Detektor umfasst zum Beispiel einen Umfeldsensor oder mehrere Umfeldsensoren. Ein Umfeldsensor ist zum Beispiel einer der folgenden Umfeldsensoren: Radarsensor, Ultraschallsensor, Magnetfeldsensor, Lidarsensor, Magnetfeldsensor, Infrarotsensor, Videosensor, insbesondere Videosensor einer Videokamera.

[0055] Insbesondere ist es vorgesehen, dass auch stark abweichende Verkehrsstärken bezüglich einer einzelnen oder weniger gegebener Sekunde auch als ein Abweichung erkannt werden.

[0056] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass der aktuelle respektive historische Verkehrszustand effizient beschrieben oder charakterisiert werden kann.

[0057] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass Trainingsdatensignale erzeugt und ausgegeben werden, welche Trainingsdaten für ein maschinelles Lernen repräsentieren, wobei die Trainingsdaten ein oder mehrere der folgenden Daten umfassen: Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage, während die Lichtsignalanlage basierend auf dem geänderten Si-

gnalzeitenplan oder auf dem ersetzten Signalzeitenplan betrieben wird, zumindest ein Parameter des geänderten Signalzeitenplans oder des ersetzten Signalzeitenplans, die aktuell angewandte Änderung des Signalzeitenplans, der daraus resultierte Signalzeitenplan, Detektionszeitpunkte von Fahrzeugen, daraus abgeleitete Fahrzeugzahlen, statische Informationen über die Lichtsignalanlage, insbesondere Topologie eines Knotenpunkts, insbesondere Kreuzung, deren Verkehr die Lichtsignalanlage regelt, und/oder statische Informationen über eine der Lichtsignalanlage zugeordneten Anlage, Belegungsdaten, wobei die Belegungsdaten insbesondere ein oder mehrere Elemente der folgenden Gruppe von Belegungsdaten umfassen: Position einer Detektion eines Fahrzeugs, Trajektorie des detektierten Fahrzeugs, Belegungswerte eines Detektors pro Umlaufzeiteinheit, Anzahl an Fahrzeugen pro Detektor pro Umlaufzeiteinheit, Umlaufdauer.

[0058] Die vorstehenden beispielhaften Daten für Trainingsdaten beziehen sich auf die Lichtsignalanlage.

[0059] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass zusätzlich oder anstelle die Trainingsdaten analog ein oder mehrere entsprechende Daten bezogen auf eine unmittelbare oder mittelbare Nachbarlichtsignalanlage der Lichtsignale umfassen.

[0060] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass Trainingsdaten effizient ermittelt werden können, um einen Algorithmus hinsichtlich eines maschinellen Lernens effizient zu trainieren.

[0061] Ein Verkehrszustand im Sinne der Beschreibung umfasst zum Beispiel einen fahrstreifen-spezifischen respektive fahrstreifenabhängigen Verkehrszustand.

[0062] Das heißt also zum Beispiel, dass für jeden Fahrstreifen jeweils eine Anzahl von Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit vorliegt respektive bereitgestellt wird respektive bereitgestellt ist.

[0063] Weiter ist gemäß einer Ausführungsform vorgesehen, dass der Verkehrszustand respektive der Verkehrszustandsschwellwert bezogen auf eine Fahrspur definiert ist bzw. sind.

[0064] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der historische Verkehrszustand einen gemittelten historischen Verkehrszustand umfasst.

[0065] Dadurch können zum Beispiel in vorteilhafter Weise singuläre Ereignisse, die zu einer signifikanten Abweichung von den üblichen Verkehrszuständen führen, effizient herausgemittelt werden können.

[0066] Nach einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ein Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf den ausgegebenen Steuersignalen.

[0067] Nach einer Ausführungsform ist das Verfahren nach dem ersten Aspekt ein computerimplementiertes Verfahren.

[0068] Die Umgebung der Lichtsignalanlage bezeichnet insbesondere einen Bereich um die Lichtsignalan-

ge herum bis zu einer maximalen Distanz von zum Beispiel 1 km, insbesondere 500 m, insbesondere 200 m, insbesondere 100 m, insbesondere 50 m, insbesondere 20 m.

[0069] Der Begriff "respektive" bedeutet "und/oder".

[0070] Die Abkürzung "bzw." steht für "beziehungsweise". Der Begriff "beziehungsweise" steht für "respektive".

[0071] Nach einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren gemäß dem ersten Aspekt mittels der Vorrichtung gemäß dem zweiten Aspekt ausgeführt oder durchgeführt wird.

[0072] Vorrichtungsmerkmale ergeben sich auch entsprechenden Verfahrensmerkmalen und umgekehrt.

[0073] Das heißt also insbesondere, dass sich technische Funktionalitäten des Verfahrens nach dem ersten Aspekt aus entsprechenden technischen Funktionalitäten der Vorrichtung nach dem zweiten Aspekt und umgekehrt ergeben.

[0074] Ein maschinelles Lernen umfasst insbesondere ein neuronales Netz und/oder ein bestärkendes Lernen respektive verstärkendes Lernen (auf Englisch: "reinforcement learning")

[0075] Nach einer Ausführungsform umfasst ein Ändern des aktuellen Signalzeitenplans ein Ändern zumindest eines Parameters des aktuellen Signalzeitenplans.

[0076] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der zumindest eine Parameter des Signalplans ein Element ausgewählt aus der folgenden Gruppe von Parametern ist: Startzeitpunkt eines Signalzustands, Dauer eines Signalzustands, Einsatzpunkt, Einschaltzeitpunkt, Umlaufzeit.

[0077] Dadurch wird zum Beispiel der technische Vorteil bewirkt, dass besonders geeignete Parameter verwendet werden.

[0078] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei

FIG 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens nach dem ersten Aspekt,

FIG 2 eine Vorrichtung nach dem zweiten Aspekt und

FIG 3 ein maschinenlesbares Speichermedium nach dem dritten Aspekt zeigen.

[0079] FIG 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Steuern einer Lichtsignalanlage, umfassend die folgenden Schritte: Empfangen 101 von ersten Verkehrszustandsdaten, welche einen aktuellen Verkehrszustand in einer Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren,

Empfangen 103 von zweiten Verkehrszustandsdaten, welche einen historischen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren, Ermitteln 105 einer Abweichung des aktuellen Verkehrszustands von dem historischen Verkehrszustand, Erzeugen 107 von Steuersignalen zum Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf der ermittelten Abweichung derart, dass bei einem Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf den Steuersignalen ein aktueller Signalzeitenplan geändert oder ersetzt wird, Ausgeben 109 der erzeugten Steuersignale.

[0080] FIG 2 zeigt eine Vorrichtung 201.

[0081] Die Vorrichtung 201 ist eingerichtet, alle Schritte des Verfahrens nach dem ersten Aspekt auszuführen.

[0082] Die Vorrichtung 201 umfasst einen Eingang 203, welcher eingerichtet ist, die ersten Verkehrszustandsdaten zu empfangen. Der Eingang 203 ist weiter eingerichtet, die zweiten Verkehrszustandsdaten zu empfangen.

[0083] Die Vorrichtung 201 umfasst einen Prozessor 205, welcher eingerichtet ist, eine Abweichung des aktuellen Verkehrszustands von dem historischen Verkehrszustand zu ermitteln. Der Prozessor 205 ist weiter eingerichtet, Steuersignale zum Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf der ermittelten Abweichung zu erzeugen derart, dass bei einem Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf den Steuersignalen ein aktueller Signalzeitenplan geändert oder ersetzt wird.

[0084] Die Vorrichtung 201 umfasst einen Ausgang 207, welcher eingerichtet ist, die erzeugten Steuersignale auszugeben.

[0085] In einer nicht gezeigten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 201 anstelle des einen Prozessors 205 mehrere Prozessoren.

[0086] FIG 3 zeigt ein maschinenlesbares Speichermedium 301.

[0087] Auf dem maschinenlesbaren Speichermedium 301 ist ein Computerprogramm 303 gespeichert. Das Computerprogramm 303 umfasst Befehle, die bei Ausführung des Computerprogramms 303 durch einen Computer, beispielsweise durch die Vorrichtung 201 gemäß FIG 2, diesen veranlassen, ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt auszuführen.

[0088] Nach einer Ausführungsform umfasst ein Ändern des aktuellen Signalzeitenplans ein Ändern zumindest eines Parameters des aktuellen Signalzeitenplans.

[0089] Zusammenfassend basiert das hier beschriebene Konzept unter anderem insbesondere darauf, in Echtzeit ein Verkehrssystemverhalten zu erforschen, indem ein aktueller Signalzeitenplan einer Lichtsignalanlage geändert respektive ersetzt wird. Dadurch wird also insbesondere der technische Vorteil bewirkt, dass für verschiedene Signalzeitenpläne die sich daraus ergebenden Verkehrszustände untersucht bzw. erfasst werden können.

[0090] Dadurch können in vorteilhafter Weise effizient Trainingsdaten für ein maschinelles Lernen ermittelt werden, ohne dass hierfür aufwändige und teure Verkehrs-

simulationen durchgeführt werden müssen.

[0091] Es ist insbesondere vorgesehen, den aktuellen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage zu erfassen. Hierfür können zum Beispiel Verkehrsdetektoren, auch einfach als Detektor bezeichnet, vorgesehen sein. Solche Verkehrsdetektoren umfassen zum Beispiel Videokameras und/oder Induktionsschleifen, die in einer Fahrbahn eingelassen bzw. eingebettet sind.

[0092] Der aktuelle Verkehrszustand kann zum Beispiel eine Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit umfassen.

[0093] Der aktuelle Verkehrszustand wird insbesondere mit einem historischen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage verglichen.

[0094] Der historische Verkehrszustand kann zum Beispiel eine Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit umfassen.

[0095] Zum Beispiel ist der historische Verkehrszustand bzw. umfasst der historische Verkehrszustand einen gemittelten historischen Verkehrszustand. Zum Beispiel umfasst der historische Verkehrszustand eine gemittelte Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder eine gemittelte Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine gemittelte Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit.

[0096] Zum Beispiel ist dem aktuellen Verkehrszustand ein aktuelles Datum zugeordnet. Zum Beispiel ist dem historischen Verkehrszustand ein dem aktuellen Datum entsprechendes historisches Datum zugeordnet.

[0097] Ein Datum umfasst insbesondere die Angabe eines Wochentags und/oder die Angabe einer Uhrzeit und/oder die Angabe eines Jahres.

[0098] Es ist insbesondere vorgesehen, dass eine Abweichung des aktuellen Verkehrszustandes von dem historischen Verkehrszustand ermittelt wird. Zum Beispiel wird eine Abweichung der aktuellen Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit mit einer historischen Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit, insbesondere einer gemittelten historischen Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder gemittelten historischen Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine gemittelte historische Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit, verglichen.

[0099] Basierend auf der ermittelten Abweichung wird insbesondere entschieden, ob der aktuelle Signalzeitenplan der Lichtsignalanlage geändert oder ersetzt werden soll.

[0100] Die Abweichung kann zum Beispiel eine Prozentangabe sein.

[0101] Zum Beispiel ist ein Abweichungsschwellwert vorgegeben, wobei die Steuersignale abhängig von einem Vergleich der ermittelten Abweichung mit dem Abweichungsschwellwert erzeugt werden.

[0102] Sofern zum Beispiel die ermittelte Abweichung kleiner oder kleiner gleich dem vorgegebenen Abweichungsschwellwert ist, ist insbesondere vorgesehen, den aktuellen Signalzeitenplan zu ändern respektive zu ersetzen.

[0103] Ist zum Beispiel die ermittelte Abweichung größer oder größer gleich dem vorgegebenen Abweichungsschwellwert, so wird zum Beispiel der aktuelle Signalzeitenplan nicht geändert respektive ersetzt.

[0104] Hintergrund eines solchen Vorgehens ist insbesondere, dass bei einer Abweichung größer oder größer gleich dem vorgegebenen Abweichungsschwellwert davon ausgegangen werden kann, dass vorliegend eine atypische Verkehrssituation, also ein atypischer Verkehrszustand, in der Umgebung der Lichtsignalanlage vorliegt. Ein solch atypischer Verkehrszustand kann beispielsweise aufgrund eines Unfalls oder eines Staus auftreten.

[0105] In einer solchen Situation könnte ein Ändern des aktuellen Signalzeitenplans bzw. ein Ersetzen des aktuellen Signalzeitenplans zwecks Generieren von Trainingsdaten die aktuelle Verkehrssituation womöglich in einem Übermaße verschlechtern.

[0106] Verglichen werden nach einer Ausführungsform die Kennzahlen des Verkehrs, also der Verkehrszustand, auf dem Knotenpunkt, insbesondere auf der Kreuzung mit vorgegebenen Verkehrszustandsschwellwerten. Das bedeutet insbesondere, dass die Grenzen (Verkehrszustandsschwellwerte), die durch eine Änderung oder Beibehaltung eines Signalplans nicht überschritten werden dürfen, insbesondere definiert werden durch zum Beispiel eine minimale und/oder maximale Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder eine minimale und/oder maximale Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine minimale und/oder maximale Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit. Die Steuersignale werden insbesondere abhängig von einem Ergebnis dieses Vergleichs erzeugt.

[0107] Das hier beschriebene Konzept bietet eine Vielzahl von Vorteilen beim Steuern der Lichtsignalanlage und dessen Auswirkungen auf den Verkehrszustand, in erster Linie durch die Verbesserung der Effizienz, Senkung der Kosten und Erweiterung der Möglichkeiten, die Lichtsignalanlagen basierend auf einer Vielzahl an geänderten bzw. ersetzten Signalzeitenplänen zu steuern respektive zu betreiben. Der begrenzende Faktor bekannter Konzepte besteht in der Menge an Zeit, die ein Ingenieur benötigt, ein Verkehrssystem zu simulieren oder den Zustand des Verkehrssystems zu überwachen, um negative Einflüsse auf das Verkehrssystem zu vermeiden. Die Vernachlässigung negativer Einflüsse auf das Verkehrssystem würde das Ermitteln von Trainingsdaten auf Verkehrssituationen einschränken, in denen nur begrenzte negative Auswirkungen auf den Verkehr

zu erwarten wären. Hierbei wird die Verpflichtung der Kommunalverwaltungen, ihre Netzwerke optimal zu steuern, berücksichtigt. Daher ist zu erwarten, dass stark negative Auswirkungen auf den Verkehr vom Kunden nicht akzeptiert werden, was die Erkundung in der realen Welt auf Szenarien mit geringem Verkehrsaufkommen und geringem Potential für negative Auswirkungen beschränkt. Dadurch wird aber auch die Möglichkeit, Trainingsdatensätze anzuhäufen, dramatisch begrenzt. Dieser Nachteil wird durch das hier beschriebene Konzept überwunden.

[0108] Dadurch, dass eine Vielzahl an denkbaren Verkehrssituationen gut repräsentiert sind, ist zum Beispiel eine KI (Künstliche Intelligenz), beschrieben durch einen Algorithmus des maschinellen Lernens, auch in der Lage, bekannte Ansätze signifikant zu übertreffen. Die vorgeschlagene Lösung stellt einen Kompromiss dar zwischen dem Bedarf an großen, vielfältigen Trainingsdatensätzen und dem zu erwartenden negativen Einfluss auf die Verkehrssituation durch automatische Überwachung des Verkehrssystems und Erzeugen der Steuersignale basierend auf dem Vergleich des historischen mit dem aktuellen Verkehrszustand. Es wird in vorteilhafter Weise das aktuelle Verkehrsaufkommen sowie das historische Verkehrsaufkommen berücksichtigt, insbesondere bezogen auf unterschiedliche Fahrspuren eines Knotenpunkts, insbesondere Straßenkreuzung, so dass das Ändern bzw. Ersetzen des aktuellen Signalzeitenplans automatisch verringert oder deaktiviert wird, wenn das aktuellen Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf dem aktuellen Signalzeitenplan erhebliche negative Auswirkungen auf das Verkehrssystem haben könnte. Die Möglichkeit, Zeit und Kosten zu sparen und die Automatisierung sprechen für das Ändern bzw. Ersetzen des aktuellen Signalzeitenplans, ebenso wie die Möglichkeit zur Übertragung des hier beschriebenen Konzepts auf eine Vielzahl von Straßenkreuzungen. Das Konzept versetzt einen maschinellen Lernalgorithmus zum Beispiel in vorteilhafter Weise in die Lage, das Verkehrssystem zu optimieren. Das Konzept erlaubt außerdem eine Übertragung der Anwendung maschineller Lernalgorithmen auf eine Vielzahl von Straßenkreuzungen.

[0109] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Lichtsignalanlage, umfassend die folgenden Schritte:

Empfangen (101) von ersten Verkehrszustandsdaten, welche einen aktuellen Verkehrszustand in einer Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren,

Empfangen (103) von zweiten Verkehrszustandsdaten, welche einen historischen Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage repräsentieren,
Ermitteln (105) einer Abweichung des aktuellen Verkehrszustands von dem historischen Verkehrszustand,
Erzeugen (107) von Steuersignalen zum Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf der ermittelten Abweichung derart, dass bei einem Steuern der Lichtsignalanlage basierend auf den Steuersignalen ein aktueller Signalzeitenplan geändert oder ersetzt wird,
Ausgeben (109) der erzeugten Steuersignale.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Abweichungsschwellwertsignale empfangen werden, welchen einen Abweichungsschwellwert repräsentieren, wobei die ermittelte Abweichung mit dem Abweichungsschwellwert verglichen wird, wobei die Steuersignale abhängig von dem Vergleich der ermittelten Abweichung mit dem Abweichungsschwellwert erzeugt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Steuersignale derart sind, dass der geänderte Signalzeitenplan oder der ersetzte Signalzeitenplan eine Verschlechterung oder eine Verbesserung eines aktuellen Verkehrsflusses durch die Lichtsignalanlage bewirken kann.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei Verkehrszustandsschwellwertsignale empfangen werden, welche zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert repräsentieren, wobei die Steuersignale basierend auf dem zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert erzeugt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der zumindest eine Verkehrszustandsschwellwert jeweils ein Element aus der folgenden Gruppe von Verkehrszustandsschwellwerten ist: eine minimale und/oder maximale Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder eine minimale und/oder maximale Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine minimale und/oder maximale Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei der aktuelle Verkehrszustand mit dem zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert verglichen wird, wobei die Steuersignale basierend auf dem Vergleich des aktuellen Verkehrszustands mit dem zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert erzeugt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei, wenn der aktuelle Verkehrszustand den zumindest einen Ver-

kehrszustandsschwellwert überschreitet, die Steuersignale derart sind, dass der geänderte Signalzeitenplan oder der ersetzte Signalzeitenplan einem Signalzeitenbasisplan entsprechen.

5

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei vor dem Ausgeben der Steuersignale geprüft wird, ob durch ein Ändern oder Ersetzen des Signalzeitenplans der aktuelle Verkehrszustand den zumindest einen Verkehrszustandsschwellwert überschreiten würde, wobei die Steuersignale abhängig von einem Ergebnis des Prüfens ausgegeben werden. 10
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der aktuelle und der historische Verkehrszustand jeweils eine Anzahl an Fahrzeugen pro Grünsekunde und/oder Anzahl an Fahrzeugen pro Umlaufzeiteinheit und/oder eine Detektorbelegung pro Umlaufzeiteinheit umfassen. 15
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei Trainingsdatensignale erzeugt und ausgegeben werden, welche Trainingsdaten für ein maschinelles Lernen repräsentieren, wobei die Trainingsdaten ein oder mehrere der folgenden Daten umfassen: Verkehrszustand in der Umgebung der Lichtsignalanlage, während die Lichtsignalanlage basierend auf dem geänderten Signalzeitenplan oder auf dem ersetzten Signalzeitenplan betrieben wird, zumindest ein Parameter des geänderten Signalzeitenplans oder des ersetzten Signalzeitenplans, die aktuell angewandte Änderung des Signalzeitenplans, der daraus resultierte Signalzeitenplan, Detektionszeitpunkte von Fahrzeugen, daraus abgeleitete Fahrzeugzahlen, statische Informationen über die Lichtsignalanlage, insbesondere Topologie eines Knotenpunkts, insbesondere Kreuzung, deren Verkehr die Lichtsignalanlage regelt, und/oder über eine der Lichtsignalanlage zugeordneten Anlage, Belegungsdaten, wobei die Belegungsdaten insbesondere ein oder mehrere der Elemente der folgenden Gruppe von Belegungsdaten umfassen: Position einer Detektion eines Fahrzeugs, Trajektorie des detektierten Fahrzeugs, Belegungswerte eines Detektors pro Umlaufzeiteinheit, Anzahl an Fahrzeugen pro Detektor pro Umlaufzeiteinheit, Umlaufdauer. 20
25
30
35
40
45
11. Vorrichtung (201), die eingerichtet ist, alle Schritte des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche auszuführen. 50
12. Computerprogramm (303), umfassend Befehle, die bei Ausführung des Computerprogramms (303) durch einen Computer diesen veranlassen, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 auszuführen. 55

13. Maschinenlesbares Speichermedium (301), auf dem das Computerprogramm (303) nach Anspruch 12 gespeichert ist.

FIG 1

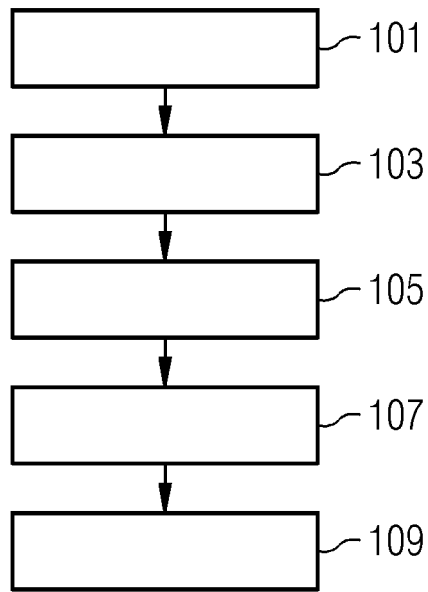


FIG 2

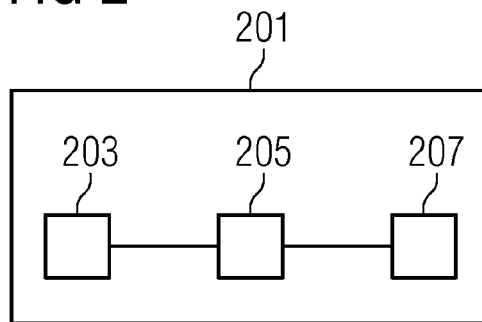
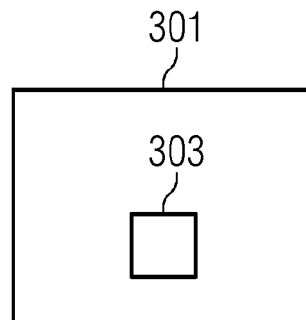


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 21 15 1471

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 425 608 A1 (FUJITSU LTD [JP]) 9. Januar 2019 (2019-01-09) * Absatz [0019] * * Absatz [0021] - Absatz [0025] * * Absatz [0037] - Absatz [0039] * * Absatz [0053] * * Absatz [0071] - Absatz [0089] * * Absatz [0091] - Absatz [0097] * * Absatz [0116] * -----	1-13	INV. G08G1/07 G08G1/01 G08G1/08
X	EP 1 628 274 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22. Februar 2006 (2006-02-22) * Absatz [0014] - Absatz [0016] * * Absatz [0019] * * Absatz [0027] - Absatz [0031] * -----	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G08G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Mai 2021	Prüfer Dely, Peter
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 15 1471

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-05-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 3425608	A1	09-01-2019	KEINE	

15	EP 1628274	A1	22-02-2006	AT 437426 T	15-08-2009
				DE 102004039854 A1	09-03-2006
				EP 1628274 A1	22-02-2006

20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82