



(11)

EP 2 159 127 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.02.2012 Patentblatt 2012/05

(51) Int Cl.:
B61L 3/00 ^(2006.01) **B61L 15/00** ^(2006.01)
B61L 27/04 ^(2006.01) **B61L 27/00** ^(2006.01)
G08G 1/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09168704.6**

(22) Anmeldetag: **26.08.2009**

(54) **System und Verfahren zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen**

System and method for synchronisation of transport events

Système et procédé de synchronisation d'évènements en état de transport

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **29.08.2008 DE 102008045246**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.2010 Patentblatt 2010/09

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung der
angewandten Forschung e.V.
80686 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kleis, Michael**
10963 Berlin (DE)
• **Butscher, Berthold**
14163 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Staroske, Sandro et al**
Patentanwälte
Maikowski & Ninnemann
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 933 747 WO-A1-03/009254
DE-A1- 10 033 859 FR-A- 892 388

EP 2 159 127 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zur Synchronisation von Transportsystemen, insbesondere zur Synchronisation von Ereignissen im Schienenverkehr, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Synchronisation solcher Ereignisse.

[0002] Ein derartiges System dient insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit zumindest eines ersten Fahrzeuges an einem vorbestimmbaren Zielort mit der Ankunftszeit zumindest eines zweiten Fahrzeuges am selben Zielort. Es kann sich bei den besagten Zeiten natürlich auch um Abfahrtszeiten oder sonstige Ereignisse (Zeiten an einem bestimmten Ort) handeln.

[0003] Aus der DE 100 33 859 A1 ist Verfahren zur Warnung von Verkehrsteilnehmern bekannt, wonach vorfahrtsberechtigte Fahrzeuge ein elektromagnetisches Signal aussenden, das von anderen Fahrzeugen über eine Empfangsvorrichtung empfangen und in ein Warnsignal umgewandelt wird.

[0004] Des Weiteren ist aus der EP 0 933 747 A2 ein Warnsystem für Kraftfahrzeuge bekannt, wonach Fahrzeuge ein Signal aussenden, das von anderen Fahrzeugen zur Entfernungsschätzung herangezogen werden kann.

[0005] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein System bzw. Verfahren der eingangs genannten Art zu verbessern.

[0006] Dieses Problem wird durch ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Danach ist bei einem System zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen (z.B. Schienenverkehr), insbesondere der Synchronisation einer Ankunftszeit eines ersten Fahrzeuges an einem vorbestimmbaren Zielort mit der Ankunftszeit eines zweiten Fahrzeuges an diesem Zielort, ein dem ersten Fahrzeug zugeordneter erster Oszillator vorgesehen, der mit einer ersten Frequenz schwingt, ein dem zweiten Fahrzeug zugeordneter zweiter Oszillator, der mit einer zweiten Frequenz schwingt, sowie eine bidirektionale Kommunikationsverbindung zwischen den beiden Oszillatoren, die dem Austausch von Signalen zwischen den Oszillatoren dient, insbesondere zum Übertragen von (Spannungs)impulsen, vorzugsweise zur Erhöhung der Ladung eines Oszillators. Die Geschwindigkeit des ersten Fahrzeuges ist an die erste Frequenz des ersten Oszillators gekoppelt, und das System ist dazu eingerichtet und vorgesehen, bei einer Geschwindigkeitsabweichung der Geschwindigkeit des ersten Fahrzeuges von dessen fahrplanmäßiger Geschwindigkeit die erste Frequenz des dem ersten Fahrzeug zugeordneten ersten Oszillators in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsabweichung neu zu berechnen

[0008] Bevorzugt schwingen alle Oszillatoren am Anfang mit einer gemeinsamen Startfrequenz (F_{start}).

[0009] Hiermit wird auf vorteilhafte Weise ein selbstregulierendes (selbstorganisierendes) System realisiert, bei dem eine zentrale Kontrollinstanz verzichtbar ist und

insbesondere ein menschlicher Eingriff nicht notwendig ist.

[0010] Das erfindungsgemäße System ist also derart selbstorganisierend ausgebildet (vorzugsweise durch die Pulskopplung seiner Oszillatoren), dass es ohne Mitwirkung einer zentralen Kontrollinstanz oder einer menschlichen Person eine Synchronisation besagter Ereignisse vornehmen kann, d.h., insbesondere einen geordneten Fahr/Transportverkehr z.B. im Fall von technischen Störungen oder Notfällen wieder herstellen kann (Notfallsystem).

[0011] Mit Transportwesen ist vorliegend sowohl der Transport von Gütern als auch von Personen gemeint.

[0012] Unter Fahrzeugen sind insbesondere alle Arten von Fortbewegungsmitteln zu verstehen, insbesondere auch Flugzeuge. Vorzugsweise handelt es sich bei dem ersten und dem zweiten Fahrzeug um einen ersten und einen zweiten Zug (Schienenverkehr).

[0013] Das erfindungsgemäße System (und Verfahren) lässt sich auf alle Systeme anwenden (insbesondere Transportsysteme), bei denen zumindest zwei verschiedene Teilnehmer des Systems (insbesondere Züge oder sonstige Fahrzeuge wie z.B. Lastkraftwagen), die insbesondere von verschiedenen Orten zu insbesondere verschiedenen Zeiten starten, zu einem vorbestimmbaren Zeitpunkt an einem bestimmten Ort ankommen müssen, um zum Beispiel Personen oder Transportgüter austauschen zu können. Man kann daher vorliegend anstelle von Zügen oder sonstigen Fahrzeugen allgemein von Teilnehmern des Systems sprechen, deren Ankunft an einem Ort oder deren Abfahrt von einem Ort das erfindungsgemäße System oder Verfahren regelt.

[0014] Vorzugsweise sind die zumindest zwei Oszillatoren über die bidirektionale Kommunikationsverbindung pulsgekoppelt, d. h., bei den Oszillatoren kann es sich um Oszillatoren nach dem Modell von R. E. Mirollo und F. H. Strogatz (Synchronization of pulse-coupled biological oscillators. SIAM Journal on Applied Mathematics, 50 (6): 16451662, December 1990) oder nach Peskin (Mathematical Aspects of Heart Physiology, Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University, New York, 1975: pp. 268-278) handeln.

[0015] Solche Oszillatoren sind durch eine konkave Statusfunktion $f_i(t)$ gekennzeichnet, die für wachsende Zeit t für jeden Oszillator O_i einen Aufladevorgang des betreffenden Oszillators bis zu einer maximalen Ladung $Q_{\text{max}} = f_i(k \cdot T)$ beschreibt. Dabei ist k ein Element der natürlichen Zahlen und T die Dauer des Aufladevorganges (Ladezeit). Hat ein Oszillator seine maximale Ladung erreicht, gibt er einen Impuls (ein Signal) an alle weiteren Oszillatoren der Gruppe ab, was auch als Feuern bezeichnet wird, setzt danach seine Ladung auf Null und wiederholt den vorstehend beschriebenen Aufladevorgang (natürlich kann auch eine entsprechende Spannung als Funktion $f_i(k \cdot T)$ betrachtet werden). Der abgegebene Impuls erhöht die Ladung aller anderen Oszillatoren um einen vordefinierten Betrag ε . Bekanntermaßen hat jede Gruppe identischer, pulsgekoppelter Oszillato-

ren die Eigenschaft, dass sie für eine beliebige Startkonfiguration (die Oszillatoren O_i haben zu einer Zeit t unterschiedliche Werte $f_i(t)$) selbständig einen Zustand erreicht, in dem alle Oszillatoren synchron feuern, d. h., ihre Phasen synchronisieren.

[0016] Eine weitere Eigenschaft solcher Oszillatoren ist, dass sich bis zu einer berechenbaren Obergrenze die Erhöhung der Frequenz eines einzelnen Oszillators synchron auf die Frequenzen aller anderen Oszillatoren der Gruppe auswirkt. Das bedeutet, dass sich durch Manipulation eines einzelnen Oszillators die Frequenzen aller anderen Oszillatoren bis zu einer gewissen Obergrenze erhöhen lassen.

[0017] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße System bzw. Verfahren (siehe unten) anhand zweier Züge beschrieben. Es kann sich natürlich auch um sonstige Fahrzeuge handeln (siehe oben). Das System bzw. Verfahren lässt sich aber direkt auf eine beliebige Anzahl N von Zügen bzw. sonstigen Teilnehmern verallgemeinern. Hierbei ist jedem der Züge 1 bis N ein Oszillator O_i ($i=1, 2, \dots, N$) der vorliegend beschriebenen Art zugeordnet, wobei aufgrund der Pulskopplung (siehe oben) jeweils ein Oszillator O_i beim Feuern einen Impuls ϵ an alle anderen $N-1$ Oszillatoren weitergibt.

[0018] Um die Geschwindigkeiten der beiden Züge aneinander anzupassen, so dass sie zur gleichen Zeit am Zielort ankommen - auch für den Fall, dass die Geschwindigkeit eines der beiden Züge von einer vorherbestimmbaren (fahrplanmäßigen) Geschwindigkeit abweicht - ist die Geschwindigkeit des ersten Zuges an die Frequenz des ersten Oszillators gekoppelt und die Geschwindigkeit des zweiten Zuges an die Frequenz des zweiten Oszillators.

[0019] Sofern die Geschwindigkeiten (Momentangeschwindigkeiten als Funktion der Zeit t) der beiden Züge den vorherbestimmten fahrplanmäßigen Geschwindigkeiten entsprechen, schwingen beide Oszillatoren mit einer konstanten Startfrequenz. Schwingen bedeutet dabei, dass ein Oszillator wie oben beschrieben periodisch auf einen maximalen Ladungswert aufgeladen wird und sodann seine Ladung vorzugsweise instantan auf Null zurücksetzt (eine Schwingungsperiode T).

[0020] Besonders bevorzugt ist das System dazu ausgebildet, bei einer Geschwindigkeitsabweichung Δv_1 der Geschwindigkeit v_1 des ersten Zuges von der fahrplanmäßigen Geschwindigkeit die erste Frequenz F_1 , mit der der erste Oszillator schwingt, in Abhängigkeit der besagten Geschwindigkeitsabweichung Δv_1 gemäß der Relation

$$F_{neu,1} = F_1 + \frac{\Delta v_1 \cdot t_1}{v_1 - \Delta v_1}$$

zu aktualisieren. Hierbei ist t_1 diejenige Zeit, die der erste Zug (Z_1) fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes (c)

benötigt.

[0021] Zu beachten ist, dass die vorliegend beschriebenen Frequenzen der Oszillatoren inverse Frequenzen darstellen, d. h., die Dimension einer Zeit tragen.

[0022] Vorzugsweise ist das System dazu ausgebildet, die vorstehend neu berechnete Frequenz des dem ersten Zug zugeordneten ersten Oszillators dem zweiten Oszillator über die bidirektionale Kommunikationsverbindung mitzuteilen. Dies wird vorzugsweise durch die oben beschriebene Pulskopplung der Oszillatoren erreicht, d.h., Abgeben besagter Impulse (Signale) an den zweiten Oszillator. Da der erste Zug verspätet ist, muss der zweite Zug eine neue Geschwindigkeit erhalten, weshalb das System vorzugsweise dazu ausgebildet ist, für den zweiten Zug in Abhängigkeit von der neuen zweiten Frequenz $F_{neu,2}$ des zweiten Oszillators eine neue Geschwindigkeit v_2 des zweiten Zuges zu berechnen, wobei insbesondere die Relation

$$v_2 = \frac{s_2}{t_2 + (F_{neu,2} - F_{start})}$$

[0023] Verwendung findet. Hierbei bezeichnet s_2 diejenige Strecke, die der zweite Zug insgesamt zum Zielort zurücklegen muss und t_2 bezeichnet die Zeitspanne, die der zweite Zug fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes benötigt. F_{start} ist eine gemeinsame Startfrequenz aller Oszillatoren, mit der die Oszillatoren anfänglich schwingen.

[0024] Des weiteren ist ein erfindungsgemäßes System aufgrund seiner selbstorganisierenden Eigenschaft (es benötigt keinen kontrollierenden Eingriff) hervorragend als unterstützendes Notfallsystem geeignet, das dann eingreift, wenn ein herkömmliches Basissystem versagt, d.h., eine Störung zeigt. Eine Störung bezeichnet dabei ein Vorkommnis im Basissystem, das bewirkt, dass das Basissystem nicht mehr korrekt funktioniert.

[0025] Weiterhin wird das erfindungsgemäße Problem durch ein Verfahren zur Synchronisation von Ereignissen im Schienenverkehr, insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit eines ersten Fahrzeuges oder Teilnehmers (z.B. erster Zug) an einem Zielort mit der Ankunftszeit eines zweiten Fahrzeuges oder Teilnehmers (z.B. zweiter Zug) am Zielort, gelöst.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die Schritte:

- Anordnen eines ersten Oszillators in einem ersten Fahrzeug, wobei der erste Oszillator mit einer ersten Frequenz schwingt,
- Anordnen eines zweiten Oszillators in einem zweiten Fahrzeug, wobei der zweite Oszillator mit einer zweiten Frequenz schwingt,

- Messen einer Geschwindigkeitsabweichung Δv_1 einer Geschwindigkeit v_1 des ersten Fahrzeuges von einer vorbestimmbaren fahrplanmäßigen Geschwindigkeit bei der Reise des ersten Fahrzeuges zum Zielort, und
- Berechnen einer neuen ersten Frequenz des ersten Oszillators in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsabweichung Δv_1 , insbesondere nach der Relation $F_{\text{neu},1} = F_1 + (\Delta v_1 \cdot t_1) / (V_1 - \Delta v_1)$, wobei t_1 die Zeit ist, die das erste Fahrzeug fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes (c) benötigt.

[0027] Das Verfahren wird vorzugsweise unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Systems zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen (z.B. Schienenverkehr) durchgeführt.

[0028] Nachfolgend wird das Verfahren anhand von Zügen dargestellt. Es kann sich natürlich auch um sonstige Fahrzeuge oder Teilnehmer handeln (siehe oben).

[0029] Vorliegend wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit exemplarisch von einer Verspätung des ersten Zuges (Geschwindigkeitsabweichung in Form einer Verspätung) ausgegangen. Eine Geschwindigkeitsabweichung des zweiten Zuges ist analog zu behandeln, Gleiches gilt für eine Geschwindigkeitsabweichung beider Züge. Das erfindungsgemäße System (Verfahren) ist natürlich nicht auf Verspätungen beschränkt. Auch zu schnell fahrende Züge können entsprechend durch das System geregelt werden. Insbesondere können Verspätungen auch wieder aufgeholt werden.

[0030] Vorzugsweise wird die aktualisierte erste Frequenz des dem ersten Zug zugeordneten ersten Oszillators dem zweiten Oszillator über eine Kommunikationsverbindung mitgeteilt, insbesondere durch Pulskopplung der beiden Oszillatoren über jene Verbindung. Weiterhin wird bevorzugt für den zweiten Zug mittels einer Auswertelektronik in Abhängigkeit von der neuen zweiten Frequenz des zweiten Oszillators (Pulskopplung) eine neue Geschwindigkeit v_2 bestimmt, insbesondere nach der oben beschriebenen Relation für v_2 .

[0031] Vorzugsweise besteht die Pulskopplung der beiden Oszillatoren darin, dass diese jeweils bis zu einer maximalen Ladung $Q_{\text{max}} = f(k \cdot T)$ aufgeladen werden, wobei die jeweilige Ladung des Oszillators nach Erreichen der maximalen Ladung Q_{max} auf Null gesetzt wird, und wobei über eine bidirektionale Kommunikationsverbindung jeder Oszillator beim Erreichen der maximalen Ladung einen Impuls an den oder die anderen Oszillatoren abgibt, der die Ladung jenes anderen bzw. der anderen Oszillatoren um einen vordefinierten Betrag ϵ erhöht.

[0032] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das erfindungsgemäße System (Vorrichtung) auch als Notfallsystem eingesetzt werden. Das Verfahren sieht dann die weiteren Schritte vor:

- Bereitstellen eines Basissystems zur Synchronisa-

tion von Ereignissen im Transportwesen, insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit eines ersten Fahrzeuges (z.B. erster Zug) an einem Zielort mit der Ankunftszeit eines zweiten Fahrzeuges (z.B. zweiter Zug) am Zielort,

- Im Falle einer Störung des Basissystems: Erfassen der Störung mittels einer Sensorik, und
- Abschalten des Basissystems (im Falle der Störung).

[0033] Die Synchronisation von Ereignissen erfolgt dann mit Hilfe des erfindungsgemäßen Systems. Hierbei ist die folgende Reihenfolge für das Verfahren sinnvoll:

- Bereitstellen eines Basissystems zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen, insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit eines ersten Fahrzeuges an einem Zielort mit der Ankunftszeit eines zweiten Fahrzeuges am Zielort,
- Bereitstellen eines dem ersten Fahrzeug zugeordneten ersten Oszillators, der mit einer ersten Frequenz schwingt,
- Bereitstellen eines dem zweiten Fahrzeug zugeordneten zweiten Oszillators, der mit einer zweiten Frequenz schwingt, wobei insbesondere die beiden Frequenzen anfänglich gleich einer gemeinsamen Startfrequenz sind,
- im Falle einer Störung des Basissystems: Erfassen der Störung mittels einer Sensorik,
- ggf. Abschalten des Basissystems, und

mittels des Notfallsystems:

- (automatisches) Messen einer Geschwindigkeitsabweichung einer Geschwindigkeit des ersten Fahrzeuges von einer vorbestimmbaren fahrplanmäßigen Geschwindigkeit, und
- (automatisches) Berechnen einer neuen ersten Frequenz des ersten Oszillators in Abhängigkeit der besagten Geschwindigkeitsabweichung, insbesondere nach der Relation $F_{\text{neu},1} = F_1 + (\Delta v_1 \cdot t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$, wobei t_1 die Zeit ist, die das erste Fahrzeug fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes benötigt.

[0034] Diese Abfolge eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann durch die Gegenstände der Ansprüche 14 bis 16 weitergebildet werden (siehe oben).

[0035] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Figurenbeschreibungen verdeutlicht.

[0036] Es zeigen:

- Fig. 1a einen durch eine konkave Statusfunktion $f(t)$ definierten Oszillator,
- Fig. 1b einen periodischen Aufladevorgang des in der Fig. 1a gezeigten Oszillators,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung zweier pulsgekoppelter Oszillatoren der in den Figuren 1a und 1b gezeigten Art,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung zweier Züge mit je einem zugeordneten Oszillator, die über eine bidirektionale Kommunikationsverbindung nach Art der Figur 2 pulsgekoppelt sind, und
- Fig. 4 eine schematische Darstellung zweier Züge, mit je einem Oszillator gemäß den Figuren 1a bis 3, wobei die beiden Züge - von unterschiedlichen Orten kommend - gleichzeitig an einem Zielort eintreffen.

[0037] In den nachfolgenden Figurenbeschreibungen wird die Erfindung anhand von Zügen (Schienenverkehr dargestellt). Es kann sich anstelle von Zügen natürlich auch um sonstige Fahrzeuge bzw. Teilnehmer wie z.B. Lastwagen, Schiffe oder Flugzeuge handeln.

[0038] Figur 1a zeigt im Zusammenhang mit Figur 1b eine konkave Statusfunktion $V=f(t)$ eines Oszillators O_i wie er bei einem erfindungsgemäßen System (Verfahren) Verwendung finden kann. Die den Oszillator O_i charakterisierende Statusfunktion $f_i(t)$ beschreibt für wachsendes t einen Aufladevorgang des Oszillators O_i bis zu einer maximalen Ladung $Q_{\max} = f_i(k \cdot T)$. Es sind auch andere physikalische Größen als Statusfunktion denkbar. Hierbei durchläuft k die natürlichen Zahlen und T ist die inverse Frequenz des Oszillators bzw. die Ladezeit. Hat der Oszillator O_i seine maximale Ladung $Q_{\max}$ erreicht, so wird seine Ladung f_i wieder auf Null gesetzt und zwar vorzugsweise instantan, wie in Fig. 1b für drei Schwingungsperioden $3 \cdot T$ dargestellt.

[0039] Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung zweier pulsgekoppelter Oszillatoren O_1 und O_2 nach Art des in den Figuren 1a, 1b beschriebenen Oszillators, die jeweils durch eine konkave Statusfunktion $f_1(t)$ und $f_2(t)$ definiert sind. Jeder der beiden Oszillatoren O_1, O_2 wird dabei bis zu einer maximalen Ladung $Q_{\max}$ aufgeladen und gibt dann einen Impuls an den anderen Oszillator O_1, O_2 weiter, der die Ladung $f_{1,2}$ des betreffenden Oszillators um einen Betrag ε erhöht. Vorliegend erreicht der erste Oszillator O_1 zum Zeitpunkt t' seinen Maximalwert $Q_{\max}$ und gibt daher zum Zeitpunkt t' einen Impuls an den zweiten Oszillator O_2 weiter, dessen Ladung f_2 infolge des Impulses um den Betrag ε erhöht wird. Der zweite Oszillator O_2 erreicht seinerseits sein Maximum $Q_{\max}$ zu einem Zeitpunkt $t'' > t'$ und gibt entsprechend einen Impuls an den ersten Oszillator O_1 ab, dessen Ladung f_1 daraufhin um den Betrag ε erhöht wird. Nachdem

ein Oszillator O_1, O_2 seinen maximalen Ladungswert $Q_{\max}$ erreicht hat, wird die Ladung (oder Spannung) - wie bereits beschrieben - wieder auf Null gesetzt. Die Frequenz des ersten Oszillators O_1 wird als erste Frequenz F_1 und die Frequenz des zweiten Oszillators O_2 als zweite Frequenz F_2 bezeichnet.

[0040] Aus der Mathematik ist bekannt (Mirollo und Strogatz), dass gemäß der Fig. 2 gekoppelte Oszillatoren $O_1, O_2, \dots$ bei beliebiger Startkonfiguration, d. h., unterschiedlichen Werten für $f_{1,2,\dots}(t)$ bei einer bestimmtem Zeit t einen Zustand erreichen, in dem alle Oszillatoren $O_1, O_2, \dots$ synchron feuern, d. h., ihre Phasen synchronisieren.

[0041] Eine weitere wichtige Eigenschaft solcher Oszillatoren $O_1, O_2, \dots$ besteht darin, dass bis zu einer berechenbaren Grenze die Erhöhung der Frequenz eines einzelnen Oszillators sich synchron auf die Frequenz aller anderen Oszillatoren auswirkt, d. h., die Frequenz der Oszillatoren lässt sich durch Manipulation eines einzelnen Oszillators bis zu einer gewissen Grenze erhöhen.

[0042] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems mit zumindest zwei Zügen Z_1 und Z_2 sowie einem dem ersten Zug Z_1 zugeordneten ersten Oszillator O_1 und einem dem zweiten Zug Z_2 zugeordneten zweiten Oszillator O_2 . Die beiden Oszillatoren O_1 und O_2 sind jeweils an oder in dem betreffenden Zug Z_1, Z_2 angeordnet und sind über eine bidirektionale Kommunikationsverbindung 12 (vgl. Fig. 2) pulsgekoppelt. Es ist hierbei ohne weiteres möglich, eine beliebige Anzahl N von Zügen Z_1 bis Z_N bzw. Oszillatoren O_1 bis O_N gemäß der Fig. 3 über eine Pulskopplung (Kommunikationsverbindung 12) miteinander zu verbinden. Auf diese Weise können die Ankunftszeiten von N Zügen (oder sonstigen Teilnehmern) an einem Zielort c synchronisiert werden.

[0043] Zur Durchführung von Berechnungen ist bevorzugt in jedem Zug $Z_{1,2}$ eine Auswertelektronik vorgesehen, die zur Aktualisierung der Frequenzen der Oszillatoren ($F_{\text{neu},1,2}$) und Geschwindigkeiten $v_{1,2}$ eingerichtet und vorgesehen ist, und zwar insbesondere nach den bereits beschriebenen Relationen.

[0044] Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird vorliegend ein erfindungsgemäßes System bzw. Verfahren anhand zweier Züge Z_1 und Z_2 bzw. Oszillatoren O_1 und O_2 beschrieben, deren Ankunftszeiten am Zielort c mittels des erfindungsgemäßen Systems synchronisiert werden sollen.

[0045] Dies ist schematisch in Fig. 4 dargestellt. Danach startet der erste Zug Z_1 von einem ersten Startort a zum Zielort c und der zweiten Zug Z_2 von einem zweiten Startort b (der vom ersten Startort a verschieden ist) zum Zielort c . Der erste Zug benötigt für seinen Weg s_1 (d. h., vom ersten Startort a zum Zielort c) fahrplanmäßig eine Zeit t_1 ; der zweite Zug benötigt für seinen Weg s_2 (d. h., vom zweiten Startort b zum Zielort c) fahrplanmäßig eine Zeit t_2 .

[0046] Die Ankunftszeiten der beiden Züge Z_1 und Z_2 am Zielort c sollen dabei synchronisiert werden, d. h., die

beiden Züge Z_1 und Z_2 sollen zur gleichen Zeit am Zielort c eintreffen ($t_1=t_2$). Auf diese Weise kann verhindert werden, dass Anschlusszüge (z. B. Z_1) auf Zubringer (z. B. Z_2) am Zielort c warten müssen.

[0047] Für einen nahtlosen Anschluss am Zielort c, d. h., beide Züge Z_1 und Z_2 treffen zur gleichen Zeit am Ort C ein, muss im Fall von Verspätungen Δt_1 und Δt_2 , wobei Δt_1 die Verspätung des ersten Zuges Z_1 und Δt_2 die Verspätung des zweiten Zuges Z_2 bezeichnet, gelten:

$$\Delta t_1 = \Delta t_2.$$

[0048] Um diese Bedingung durch Angleichen der besagten Verspätungen zu erfüllen, ist bevorzugt vorgesehen, die Geschwindigkeit v_1 des ersten Zuges Z_1 an die erste Frequenz F_1 des ersten Oszillators O_1 und die Geschwindigkeit v_2 des zweiten Zuges Z_2 an die zweite Frequenz F_2 des zweiten Oszillators O_2 gemäß Fig. 2 zu koppeln.

[0049] Vorliegend handelt es sich bei den Zeitintervallen Δt_1 und Δt_2 um Verspätungen. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich bei diesen Zeitintervallen grundsätzlich um beliebige Zeitabweichungen handeln kann, d. h., das Vorkommen, dass sich ein oder mehrere Züge schneller als fahrplanmäßig fortbewegen, kann in der gleichen Weise behandelt werden. Das erfindungsgemäße System (und Verfahren) ist also nicht auf die Regulierung von Verspätungen seiner Teilnehmer (hier Züge) beschränkt. Insbesondere können Verspätungen auch wieder aufgeholt werden.

[0050] Wenn beide Züge Z_1 und Z_2 ihre jeweilige vorbestimmbare, fahrplanmäßige Geschwindigkeit v_1 , v_2 einhalten, bleiben während der gesamten Fahrt der beiden Züge Z_1 und Z_2 zum Ort c die Frequenzen F_1 , F_2 beider Oszillatoren O_1 , O_2 gleich einer vorbestimmbaren Startfrequenz F_{start} . Falls ohne Beschränkung der Allgemeinheit der erste Zug Z_1 um eine Geschwindigkeitsabweichung Δv_1 langsamer wird, berechnet eine am ersten Zug Z_1 vorgesehene Auswerteelektronik eine neue erste Frequenz $F_{\text{neu},1}$ des ersten Oszillators O_1 , und zwar vorzugsweise unter Verwendung der Beziehung $v = s/t$ sowie der derzeitigen ersten Frequenz F_1 des ersten Oszillators O_1 als (siehe oben):

$$F_{\text{neu},1} = F_1 + \frac{\Delta v_1 \cdot t_1}{v_1 - \Delta v_1}.$$

[0051] Diese Frequenzänderung wird über das vorstehend anhand der Fig. 2 beschriebene Synchronisationsphänomen bis zu einer berechenbaren Obergrenze für die Frequenz $F_{\text{start}} + \Delta F$ über die bidirektionale Kommunikationsverbindung 12 an den zweiten Oszillator O_2

des zweiten Zuges Z_2 weitergegeben, der so die neue Frequenz $F_{\text{neu},2}$ erhält. Im Zug Z_2 ist ebenfalls eine Auswerteelektronik angeordnet, die eine aktualisierte Geschwindigkeit v_2 des zweiten Zuges Z_2 vorzugsweise anhand nachfolgender Relation berechnet (siehe oben), wobei F_{start} die gemeinsame Startfrequenz aller Oszillatoren ist:

$$v_2 = \frac{s_2}{t_2 + (F_{\text{neu},2} - F_{\text{start}})}.$$

[0052] Durch die vorstehend beschriebene Kopplung von Oszillatoren O_1 , O_2 , ... werden auftretende Geschwindigkeitsabweichungen $\Delta v_{1,2,\dots}$ bzw. -Verspätungen laufend, d. h., in Echtzeit aneinander angeglichen, so dass die betreffenden Züge $Z_{1,2,\dots}$ stets zur gleichen Zeit am Ort c eintreffen.

[0053] Der besondere Vorteil des vorstehend beschriebenen Systems bzw. Verfahrens liegt darin, dass es sich selbst reguliert. Falls eine Gruppe von Oszillatoren O_1 bis O_N einmalig bezüglich der Anschlussbedingungen an einem oder mehreren (Ziel)orten eingestellt ist, werden die an den Zügen $Z_{1,2,\dots}$ vorgesehenen Oszillatoren $O_{1,\dots,N}$ auf jede Störung (Verspätung, d. h., Abweichungen von einer vorbestimmbaren fahrplanmäßigen Geschwindigkeit) bis zu einer theoretisch bestimmbaren zeitlichen Grenze selbständig reagieren. Eine zentrale Kontrollinstanz ist nicht notwendig, da die vorstehend beschriebenen Steuervorgänge dezentral durch das oben beschriebene Synchronisationsphänomen bewirkt werden.

Patentansprüche

1. System zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen zwischen zumindest einem ersten Fahrzeug (Z_1) und zumindest einem zweiten Fahrzeug (Z_2), insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit des mindestens einen ersten Fahrzeuges (Z_1) an einem Zielort (c) mit der Ankunftszeit des mindestens einen zweiten Fahrzeuges (Z_2) am Zielort (c), mit

- einem dem ersten Fahrzeug (Z_1) zugeordneten ersten Oszillator (O_1), der mit einer ersten Frequenz (F_1) schwingt,
- einem dem zweiten Fahrzeug (Z_2) zugeordneten zweiten Oszillator (O_2), der mit einer zweiten Frequenz (F_2) schwingt, und
- einer bidirektionale Kommunikationsverbindung (12) zwischen den beiden Oszillatoren (O_1 , O_2), zum Austauschen von Signalen zwischen den beiden Oszillatoren (O_1 , O_2),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Geschwindigkeit (v_1) des ersten Fahrzeuges (Z_1) an die erste Frequenz (F_1) des ersten Oszillators (O_1) gekoppelt ist, und
das System dazu eingerichtet und vorgesehen ist, bei einer Geschwindigkeitsabweichung (Δv_1) der Geschwindigkeit (v_1) des ersten Fahrzeuges (Z_1) von dessen fahrplanmäßiger Geschwindigkeit die erste Frequenz (F_1) des dem ersten Fahrzeug (Z_1) zugeordneten ersten Oszillators (O_1) in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsabweichung (Δv_1) neu zu berechnen.

2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Oszillatoren (O_1 , O_2) über die bidirektionale Kommunikationsverbindung (12) pulsgekoppelt sind.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit (v_2) des zweiten Fahrzeuges (Z_2) an die zweite Frequenz (F_2) des zweiten Oszillators (O_2) gekoppelt ist.
4. System nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei fahrplanmäßigen Geschwindigkeiten (v_1 , v_2) die beiden Frequenzen (F_1) und (F_2) der beiden Oszillatoren (O_1 , O_2) gleich einer konstanten Startfrequenz (F_{start}) bleiben.
5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Frequenz (F_1) des dem ersten Fahrzeug (Z_1) zugeordneten ersten Oszillators (O_1) in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsabweichung (Δv_1) nach der Relation $F_{\text{neu},1} = F_1 + (\Delta v_1 \cdot t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$ neu berechnet wird, wobei t_1 die Zeit ist, die das erste Fahrzeug (Z_1) fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes (c) benötigt.
6. System nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System dazu eingerichtet und vorgesehen ist, die neu berechnete erste Frequenz ($F_{\text{neu},1}$) des dem ersten Fahrzeug (Z_1) zugeordneten ersten Oszillators (O_1) dem zweiten Oszillator (O_2) über die Kommunikationsverbindung (12) mitzuteilen, so dass der zweite Oszillator (O_2) insbesondere eine neue zweite Frequenz ($F_{\text{neu},2}$) erhält.
7. System nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System dazu eingerichtet und vorgesehen ist, für das zweite Fahrzeug (Z_2) in Abhängigkeit von der neuen zweiten Frequenz ($F_{\text{neu},2}$) des dem zweiten Fahrzeug (Z_2) zugeordneten zweiten Oszillators (O_2) eine neue Geschwindigkeit (v_2) zu berechnen, insbesondere nach der Relation $v_2 = S_2 / (t_2 + (F_{\text{neu},2} - F_{\text{start}}))$, wobei S_2 die Strecke ist, die das zweite Fahrzeug (Z_2) insgesamt zum Zielort (c) zurücklegen muss, wobei t_2 die Zeit ist, die das zweite Fahrzeug (Z_2) fahrplanmäßig zum Erreichen des

Zielortes (c) benötigt, und wobei F_{start} eine gemeinsame Startfrequenz aller Oszillatoren ist.

8. System nach einem der vorhergegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Oszillatoren (O_1 , O_2) jeweils durch eine konkave Statusfunktion $f_{1,2}(t)$ definiert sind, wobei $f_{1,2}(t)$ für wachsendes t einen Aufladevorgang des betreffenden Oszillators bis zu einer maximalen Ladung Q_{max} beschreibt.
9. System nach einem der vorhergegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Oszillatoren (O_1 , O_2) dazu eingerichtet und vorgesehen sind, bei Erreichen ihrer maximalen Ladung (Q_{max}) einen Impuls an den jeweils anderen Oszillator (O_1 , O_2) über die Kommunikationsverbindung (12) abzugeben, wonach sie ihre Ladung ($f_{1,2}$) jeweils auf Null setzen und den Ladevorgang wiederholen, und wobei der abgegebene Impuls die Ladung ($f_{1,2}$) des jeweils anderen Oszillators (O_1 , O_2) um einen vorbestimmbaren Betrag (ϵ) erhöht.
10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System als ein Notfallsystem ausgebildet ist, dass dazu eingerichtet und vorgesehen ist, im Fall einer Störung eines Basissystems zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen, die Störung mittels einer Sensorik zu erfassen und die durch das Basissystem durchzuführende Synchronisation von Ereignissen anstelle des Basissystems zu übernehmen.
11. Verfahren zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen zwischen zumindest einem ersten Fahrzeug (Z_1) und zumindest einem zweiten Fahrzeug (Z_2), insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit des mindestens einen ersten Fahrzeuges (Z_1) an einem Zielort (c) mit der Ankunftszeit des mindestens einen zweiten Fahrzeuges (Z_2) am Zielort (c), wobei das Verfahren insbesondere unter Verwendung eines Systems nach einem der vorangehenden Ansprüche durchgeführt wird, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen eines dem ersten Fahrzeug (Z_1) zugeordneten ersten Oszillators (O_1), der mit einer ersten Frequenz (F_1) schwingt,
 - Bereitstellen eines dem zweiten Fahrzeug (Z_2) zugeordneten zweiten Oszillators (O_2), der mit einer zweiten Frequenz (F_2) schwingt,

gekennzeichnet durch

- Messen einer Geschwindigkeitsabweichung (Δv_1) einer Geschwindigkeit (v_1) des ersten Fahrzeuges (Z_1) von einer vorbestimmbaren fahrplanmäßigen Geschwindigkeit, und

- Berechnen einer neuen ersten Frequenz ($F_{\text{neu},1}$) des ersten Oszillators (O_1) in Abhängigkeit der besagten Geschwindigkeitsabweichung (Δv_1), insbesondere nach der Relation $F_{\text{neu},1} = F_1 + (\Delta v_1 \cdot t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$, wobei t_1 die Zeit ist, die das erste Fahrzeug fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes (c) benötigt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die berechnete erste Frequenz ($F_{\text{neu},1}$) des dem ersten Fahrzeug (Z_1) zugeordneten ersten Oszillators (O_1) dem zweiten Oszillator (O_2) über eine Kommunikationsverbindung (12) mitgeteilt wird, so dass der zweite Oszillator (O_2) insbesondere eine neue zweite Frequenz ($F_{\text{neu},2}$) erhält.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das zweite Fahrzeug (Z_2) in Abhängigkeit von der neuen zweiten Frequenz ($F_{\text{neu},2}$) des dem zweiten Fahrzeug (Z_2) zugeordneten zweiten Oszillators (O_1) eine neue Geschwindigkeit (v_2) errechnet wird, insbesondere nach der Relation $v_2 = s_2 / (t_2 + (F_{\text{neu},2} - F_{\text{start}}))$, wobei s_2 die Strecke ist, die das zweite Fahrzeug (Z_2) insgesamt zum Zielort (c) zurücklegen muss, wobei t_2 die Zeit ist, die das zweite Fahrzeug (Z_2) fahrplanmäßig zum Erreichen des Zielortes (c) benötigt, und wobei F_{start} eine gemeinsame Startfrequenz aller Oszillatoren ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Oszillatoren (O_1 , O_2) jeweils bis zu einer maximalen Ladung Q_{max} aufgeladen werden und dann die Ladung ($f_{1,2}$) jeweils auf Null gesetzt wird, wobei über eine bidirektionale Kommunikationsverbindung (12) jeder der beiden Oszillatoren (O_1 , O_2) beim Erreichen der maximalen Ladung einen Impuls an den anderen Oszillator (O_1 , O_2) abgibt, der die Ladung ($f_{1,2}$) jenes anderen Oszillators (O_1 , O_2) um einen vordefinierten Betrag (ϵ) erhöht.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14 umfassend die weiteren Schritte:
- Bereitstellen eines Basissystems zur Synchronisation von Ereignissen im Transportwesen, insbesondere zur Synchronisation der Ankunftszeit eines ersten Fahrzeuges (Z_1) an einem Zielort (c) mit der Ankunftszeit eines zweiten Fahrzeuges (Z_2) am Zielort (c),
 - Im Falle einer Störung des Basissystems: Erfassen der Störung mittels einer Sensorik, und
 - Abschalten des Basissystems im Falle der Störung.

Claims

1. System for synchronizing of transport events between at least a first vehicle (Z_1) and at least a second vehicle (Z_2), in particular for synchronizing the arrival time of the at least one first vehicle (Z_1) at a destination (c) with the arrival time of the at least one second vehicle (Z_2) at the destination (c) with a first oscillator (O_1) assigned to the first vehicle (Z_1) which oscillates with a first frequency (F_1), a second oscillator (O_2) assigned to the second vehicle (Z_2) which oscillates with a second frequency (F_2), and a bidirectional communication connection (12) between the two oscillators (O_1 , O_2) for exchanging signals between the two oscillators (O_1 , O_2), **characterized in that** the velocity (v_1) of the first vehicle (Z_1) is linked to the first frequency (F_1) of the first oscillator (O_1) and the system is designed and provided to newly calculate in case of a velocity deviation (Δv_1) of the velocity (v_1) of the first vehicle (Z_1) from its scheduled velocity the first frequency (F_1) of the first oscillator (O_1) assigned to the first vehicle (Z_1) depending on the velocity deviation (Δv_1).
2. System according to claim 1, **characterized in that** the two oscillators (O_1 , O_2) are pulse-linked via the bidirectional communication connection (12).
3. System according to claim 1 or 2, **characterized in that** the velocity (v_2) of the second vehicle (Z_2) is linked to the second frequency (F_2) of the second oscillator (O_2).
4. System according to claim 3, **characterized in that** in case of scheduled velocities (v_1 , v_2) the two frequencies (F_1) and (F_2) of the two oscillators (O_1 , O_2) remain the same at a constant starting frequency (F_{start}).
5. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the first frequency (F_1) of the first oscillator (O_1) assigned to the first vehicle (Z_1) is newly calculated depending on the velocity deviation (Δv_1) according to the relation $F_{\text{neu},1} = F_1 + (\Delta v_1 \cdot t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$, wherein t_1 is the time which is required by the first vehicle (Z_1) for reaching the destination (c) according to a schedule.
6. System according to claim 5, **characterized in that** the system is designed and provided to communicate the newly calculated first frequency ($F_{\text{neu},1}$) of the first oscillator (O_1) assigned to the first vehicle (Z_1) to the second oscillator (O_2) via the communication connection (12) such that the second oscillator (O_2) receives in particular a new second frequency ($F_{\text{neu},2}$).

7. System according to claim 6, **characterized in that** the system is designed and provided to calculate for the second vehicle (Z_2) depending on the new second frequency ($F_{\text{new}, 2}$) of the second oscillator (O_2) assigned to the second vehicle (Z_2) a new velocity (v_2), in particular according to the relation $v_2 = s_2 / (t_2 + (F_{\text{new}, 2} - F_{\text{start}}))$, wherein s_2 is the distance, which the second vehicle (Z_2) has to cover overall to the destination (c), wherein t_2 is the time, which the second vehicle (Z_2) requires to reach the destination (c) according to a schedule, and wherein F_{start} is a common starting frequency of all oscillators.
8. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the two oscillators (O_1 , O_2) are in each case defined by a concave status function $f_{1,2}(t)$ wherein $f_{1,2}(t)$ describes for an increasing t a charging process of the corresponding oscillator up to a maximum charge Q_{max} .
9. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the two oscillators (O_1 , O_2) are designed and provided to release when reaching its maximum charge (Q_{max}) an impulse to the respective other oscillator (O_1 , O_2) via the communication connection (12), whereby they set their charge ($f_{1,2}$) to zero in each case and repeat the charging process, and wherein the released impulse increases the charge ($f_{1,2}$) of the respective other oscillators (O_1 , O_2) by a pre-determined amount (ϵ).
10. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the system is designed as a emergency system, which is designed and provided to record in case of a disturbance of a basis system for synchronizing transport events the disturbance by the means of a sensor and to take over the synchronization of events carried out by the basis system instead of the basis system.
11. Method for synchronizing of transport events between at least one first vehicle (Z_1) and at least one second vehicle (Z_2), in particular for synchronizing the arrival time of the at least one first vehicle (Z_1) at a destination (c) with an arrival time of the at least one second vehicle (Z_2) at the destination (c) wherein the method is carried out in particular by using a system according to one of the preceding claims, comprising the steps of:
- providing a first oscillator (O_1) assigned to the first vehicle (Z_1), which oscillates with the first frequency (F_1),
 - providing a second oscillator (O_2) assigned to the second vehicle (Z_2), which oscillates with the second frequency (F_2),
 - measuring a velocity deviation (Δv_1) of a velocity (v_1) of the first vehicle (Z_1) from a pre-determined scheduled velocity, and
 - calculating a new first frequency ($F_{\text{new}, 1}$) of the first oscillator (O_1) depending on said velocity deviation (Δv_1), in particular according to the relation $F_{\text{new}, 1} = F_1 + (\Delta v_1 * t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$, wherein t_1 is the time which is required by the first vehicle for reaching the destination (c) according to a schedule.
12. Method according to claim 11, **characterized in that** the calculated first frequency ($F_{\text{new}, 1}$) of the first oscillator (O_1) assigned to the first vehicle (Z_1) is communicated to the second oscillator (O_2) via a communication connection (12) such that the second oscillator (O_2) receives in particular a new second frequency ($F_{\text{new}, 2}$).
13. Method according to claim 12, **characterized in that** a new velocity (v_2) is calculated for the second vehicle (Z_2) depending on the new second frequency ($F_{\text{new}, 2}$) of the second oscillator (O_2) assigned to the second vehicle (Z_2), in particular according to the relation $v_2 = s_2 / (t_2 + (F_{\text{new}, 2} - F_{\text{start}}))$, wherein s_2 is the distance the second vehicle (Z_2) has to cover overall to the destination (c), wherein t_2 is the time, which is required by the second vehicle (Z_2) for reaching the destination (c) according to a schedule, and wherein F_{start} is a common starting frequency of all oscillators.
14. Method according to one of the claims 11 to 13, **characterized in that** the two oscillators (O_1 , O_2) are charged in each case up to a maximum charge Q_{max} and the charge is ($f_{1,2}$) is then set to zero in each case, wherein each of the two oscillators (O_1 , O_2) provides an impulse to the other oscillator (O_1 , O_2) when reaching the maximum charge via a bidirectional communication connection (12), wherein said impulse increases the charge ($f_{1,2}$) of the respective other oscillator (O_1 , O_2) by a pre-defined amount (ϵ).
15. Method according to one of the claims 11 to 14 comprising the further steps of:
- providing a basis system for synchronizing transport events, in particular, for synchronizing the arrival time of a first vehicle (Z_1) at a destination (c) with the arrival time of the second vehicle (Z_2) at the destination (c),
 - in case of a disturbance of the basis system: recording the disturbance by the means of a sensor, and
 - turning off the basis system in case of a disturbance.

characterized by

Revendications

1. Système de synchronisation d'événements dans le domaine des transports entre au moins un premier véhicule (Z_1) et au moins un deuxième véhicule (Z_2), en particulier pour la synchronisation de l'heure d'arrivée du ou des premiers véhicules (Z_1) à un lieu de destination (c) avec l'heure d'arrivée du ou des deuxièmes véhicules (Z_2) au lieu de destination (c), équipé de :
 - un premier oscillateur (O_1) associé au premier véhicule (Z_1) et oscillant à une première fréquence (F_1),
 - un deuxième oscillateur (O_2) associé au deuxième véhicule (Z_2) et oscillant à une deuxième fréquence (F_2), et
 - une liaison de communication bidirectionnelle (12) entre les deux oscillateurs (O_1 , O_2) servant à échanger des signaux entre les deux oscillateurs (O_1 , O_2),

caractérisé en ce que la vitesse (v_1) du premier véhicule (Z_1) est couplée à la première fréquence (F_1) du premier oscillateur (O_1), et lorsque la vitesse (v_1) du premier véhicule (Z_1) et sa vitesse conforme à l'horaire présente une différence de vitesse (Δv_1), le système est adapté et prévu pour calculer de nouveau la première fréquence (F_1) du premier oscillateur (O_1) associé au premier véhicule (Z_1) en fonction de la différence de vitesse (Δv_1).
2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les deux oscillateurs (O_1 , O_2) sont couplés au niveau de leurs impulsions par le biais de la liaison de communication bidirectionnelle (12).
3. Système selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la vitesse (v_2) du deuxième véhicule (Z_2) est couplée à la deuxième fréquence (F_2) du deuxième oscillateur (O_2).
4. Système selon la revendication 3, **caractérisé en ce que**, en cas de vitesses conformes à l'horaire (v_1 , v_2), les deux fréquences (F_1) et (F_2) des deux oscillateurs (O_1 , O_2) restent identiques à une fréquence initiale constante (F_{init}).
5. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première fréquence (F_1) du premier oscillateur (O_1) associé au premier véhicule (Z_1), est calculée de nouveau en fonction de la différence de vitesse (Δv_1) d'après la relation $F_{nouv,1} = F_1 + (\Delta v_1 * t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$, t étant le temps qui est nécessaire au premier véhicule (Z_1) pour atteindre le lieu de destination (c) conformément à l'horaire.
6. Système selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le système est adapté et prévu pour communiquer la première fréquence recalculée ($F_{nouv,1}$) du premier oscillateur (O_1) associé au premier véhicule (Z_1) au deuxième oscillateur (O_2) par le biais de la liaison de communication (12) de sorte que le deuxième oscillateur (O_2) obtienne en particulier une deuxième nouvelle fréquence ($F_{nouv,2}$).
7. Système selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le système est adapté et prévu pour calculer une nouvelle vitesse (v_2) pour le deuxième véhicule (Z_2) en fonction de la nouvelle deuxième fréquence ($F_{nouv,2}$) du deuxième oscillateur (O_2) associé au deuxième véhicule (Z_2), en particulier selon la relation $v_2 = s_2 / (t_2 + (F_{nouv,2} - F_{init}))$, s_2 étant la distance que le deuxième véhicule (Z_2) doit parcourir au total jusqu'au lieu de destination (c), t_2 étant le temps qui est nécessaire au deuxième véhicule (Z_2) pour atteindre le lieu de destination (c) conformément à l'horaire et F_{init} étant une fréquence initiale commune à tous les oscillateurs.
8. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux oscillateurs (O_1 , O_2) sont définis chacun par une fonction d'état constante $f_{1,2}(t)$ qui décrit pour un temps croissant une procédure de chargement de l'oscillateur concerné jusqu'à une charge maximale Q_{max} .
9. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux oscillateurs (O_1 , O_2) sont adaptés et prévus, en cas d'atteinte de leur charge maximale (Q_{max}), pour remettre une impulsion à l'autre oscillateur respectif (O_1 , O_2) par le biais de la liaison de communication (12), après quoi ils mettent leur charge ($f_{1,2}$) respectivement à zéro et répètent la procédure de chargement, l'impulsion remise augmentant la charge ($f_{1,2}$) de l'autre oscillateur respectif (O_1 , O_2) d'un montant prédéfini (ϵ).
10. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système est conçu en tant que système de cas d'urgence, **en ce qu'il** est adapté et prévu, en cas d'une défaillance d'un système de base servant à la synchronisation d'événements dans le domaine des transports, pour détecter la défaillance avec un système de capteurs et pour prendre en charge, à la place du système de base, la synchronisation d'événements qui serait à exécuter par le système de base.
11. Procédé de synchronisation d'événements dans le domaine des transports entre au moins un premier véhicule (Z_1) et au moins un deuxième véhicule (Z_2), en particulier pour la synchronisation de l'heure d'arrivée du ou des premiers véhicules (Z_1) à un lieu de

destination (c) avec l'heure d'arrivée du ou des deuxièmes véhicules (Z_2) au lieu de destination (c), le procédé étant exécuté en particulier en employant un système selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant les étapes consistant à :

- préparer un premier oscillateur associé au premier véhicule (Z_1) et oscillant à une première fréquence (F_1),
- préparer un deuxième oscillateur associé à un deuxième véhicule (Z_2) et oscillant à une deuxième fréquence (F_2),

caractérisé par les opérations consistant à :

- mesurer une différence de vitesse (Δv_1) entre une vitesse (v_1) du premier véhicule (Z_1) et une vitesse conforme à l'horaire et pouvant être prédéfinie, et
- calculer une nouvelle première fréquence ($F_{\text{nouv},1}$) du premier oscillateur (O_1) en fonction de ladite différence de vitesse (Δv_1), en particulier d'après la relation $F_{\text{nouv},1} = F_1 + (\Delta v_1 * t_1) / (v_1 - \Delta v_1)$, t_1 étant le temps qui est nécessaire au premier véhicule pour atteindre le lieu de destination (c) conformément à l'horaire.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la première fréquence calculée ($F_{\text{nouv},1}$) du premier oscillateur (O_1) associé au premier véhicule (Z_1) est communiquée au deuxième oscillateur (O_2) par le biais d'une liaison de communication (12) de sorte que le deuxième oscillateur (O_2) obtienne en particulier une deuxième nouvelle fréquence ($F_{\text{nouv},2}$).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'**une nouvelle vitesse (v_2) est calculée pour le deuxième véhicule (Z_2) en fonction de la nouvelle deuxième fréquence ($F_{\text{nouv},2}$) du deuxième oscillateur (O_2) associé au deuxième véhicule (Z_2), en particulier d'après la relation $v_2 = s_2 / (t_2 + (F_{\text{nouv},2} - F_{\text{init}}))$, s_2 étant la distance que le deuxième véhicule (Z_2) doit parcourir au total jusqu'au lieu de destination (c), t_2 étant le temps qui est nécessaire au deuxième véhicule (Z_2) pour atteindre le lieu de destination (c) conformément à l'horaire, et F_{init} étant une fréquence initiale commune à tous les oscillateurs.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** les deux oscillateurs (O_1 , O_2) sont chargés chacun jusqu'à une charge maximale Q_{max} , et qu'ensuite la charge ($f_{1,2}$) est mise respectivement à zéro, chacun des deux oscillateurs (O_1 , O_2), en cas d'atteinte de la charge maximale, remettant à l'autre oscillateur (O_1 , O_2) par le biais d'une liaison de communication bidirectionnelle

(12) une impulsion qui augmente la charge ($f_{1,2}$) de l'autre oscillateur respectif (O_1 , O_2) d'un montant prédéfini (ϵ).

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, comportant en outre les étapes consistant à :

- mettre en place un système de base pour la synchronisation d'événements dans le domaine des transports, en particulier pour la synchronisation de l'heure d'arrivée d'un premier véhicule (Z_1) à un lieu de destination (c) avec l'heure d'arrivée d'un second véhicule (Z_2) au lieu de destination (c),
- dans le cas d'une défaillance du système de base : détecter la défaillance au moyen d'un système de capteurs, et
- couper le système de base en cas de défaillance.

FIG 1A

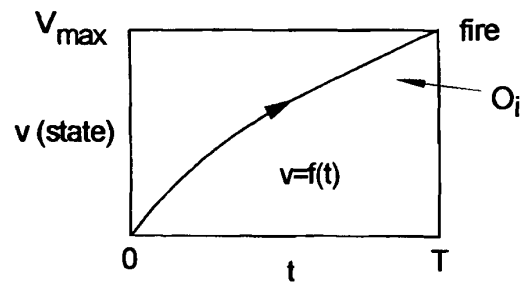


FIG 1B

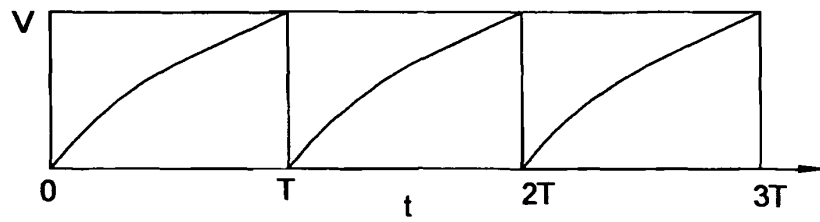


FIG 2

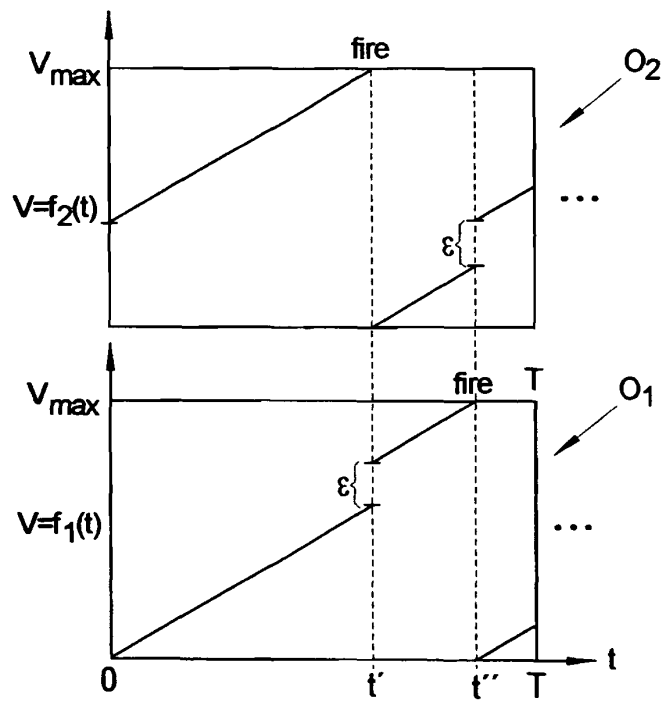


FIG 3

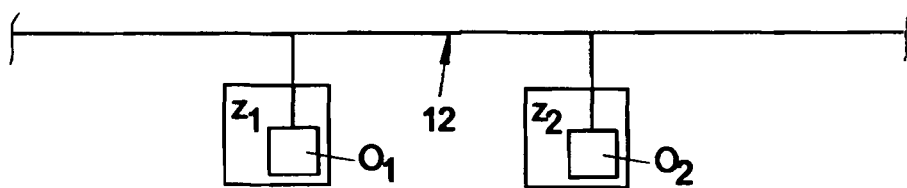
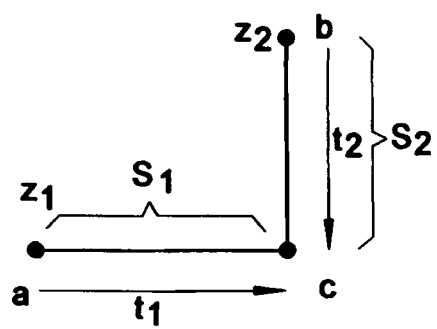


FIG 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10033859 A1 [0003]
- EP 0933747 A2 [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **R. E. Mirollo ; F. H. Strogatz.** Synchronization of pulse-coupled biological oscillators. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, Dezember 1990, vol. 50 (6), 1645-1662 [0014]
- **Peskin.** Mathematical Aspects of Heart Physiology. Courant Institute of Mathematical Sciences, 1975, 268-278 [0014]