



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 467 334 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.10.2004 Patentblatt 2004/42

(51) Int Cl.7: **G08G 1/0968**

(21) Anmeldenummer: **04006865.2**

(22) Anmeldetag: **22.03.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Mathias, Paul, Dr.
52072 Aachen (DE)**

(30) Priorität: **07.04.2003 DE 10315788**

(54) **Verfahren und System zur Verkehrssteuerung in einem Strassennetz**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verkehrssteuerung in einem Straßennetz, bei welchem auf Verkehrsteilnehmer durch Verkehrsbeeinflussungselemente eingewirkt wird, um eine vorgegebene Verkehrsstrategie umzusetzen. Außerdem betrifft die Erfindung ein System zur Durchführung dieses Verfahrens. Indem als Verkehrsbeeinflussungselemente in Fahrzeugen von Verkehrsteilnehmern mitgeführte Zielführungssysteme eingesetzt werden, wobei Verkehrsteilnehmer für

wählbare Paare von Start- und Zielpunkten vom Zielführungssystem diese verbindende Routen des Straßennetzes anfordern, wobei unter vom Verkehrsteilnehmer wählbaren Nebenbedingungen Routen ermittelt werden, und wobei dem anfordernden Verkehrsteilnehmer ermittelte Routen vom Zielführungssystem als Routenempfehlung wiedergegeben werden, können vorgegebene Verkehrsstrategien wirksamer umgesetzt werden.

EP 1 467 334 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verkehrssteuerung in einem Straßennetz nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein System zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 7.

[0002] Der ungebrochene Trend zur Mobilitätssteigerung geht mit einer fortwährend steigenden Zahl von Fahrzeugen des Individualverkehrs auf dem Straßennetz einher. Zur Befriedigung dieses Bedürfnisses wird ein enormer technischer Aufwand betrieben, um den Verkehrsplanern Verfahren und Systeme zur Verkehrssteuerung bereitzustellen, die die Umsetzung von Verkehrsstrategien ermöglichen. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit eines Straßennetzes umfassen Verkehrsmanagementzentralen hochleistungsfähige Rechner, auf welchen intelligente Verfahren zur Verkehrssteuerung ablaufen. Diese Verfahren verarbeiten in der Regel straßenseitig erfasste Verkehrsdaten und schalten automatisch Verkehrsbeeinflussungselemente, über die auf die Verkehrsteilnehmer eingewirkt wird. Typische Beispiele für solche Verkehrsbeeinflussungselemente sind Lichtsignalanlagen und Parkleitsysteme zur Regelung des innerstädtischen Verkehrs, aber auch Wechselverkehrszeichen von Autobahnleit- und Tunnelsystemen zum Leiten des Fernverkehrs. Trotz des Einsatzes derartiger Elemente zur Verkehrsbeeinflussung bleiben Verkehrsbehinderungen nicht aus, da dem öffentlichen Interesse eines reibungslosen Verkehrsablaufs auf dem vorhandenen Straßennetz eine Vielzahl von Individualinteressen der Verkehrsteilnehmer, zu einer beliebigen Zeit auf kürzestem Wege oder schnellstmöglich von einem beliebigen Ausgangsort zu einem beliebigen Zielort zu gelangen, entgegenstehen.

[0003] Dieses Individualinteresse wird unterstützt durch Verfahren und Systeme zur Zielführung eines Fahrzeugs, bei welchen mindestens eine Fahrtroute, die von einer Startposition zu einer vorgegebenen Zielposition führt, unter Berücksichtigung aktueller und/oder prognostizierter Verkehrsdaten ermittelt werden. Das Fahrzeug wird dabei durch eine mitgeführte Zielführungseinrichtung anhand einer mitgeführten digitalisierten Straßenkarte entlang einer der Fahrtrouten zur Zielposition geführt.

[0004] Ein derartiges Verfahren und System zur Zielführung eines Fahrzeugs ist in DE 195 19 066 A1 offenbart, wobei aus dem Fahrzeug Planungsdaten, die mindestens die Startposition und die Zielposition umfassen, an einen externen Verkehrsrechner übertragen werden und der Verkehrsrechner unter vorgebbaren Randbedingungen und unter Berücksichtigung der aktuellen und/oder prognostizierten Verkehrsdaten Fahrtroutendaten mindestens einer Fahrtroute ermittelt und an die Zielführungseinrichtung des Fahrzeugs überträgt. Dabei sind die an den externen Verkehrsrechner übertragenen Planungsdaten vorzugsweise die aktuelle geographische Position und die Zielposition des Fahrzeugs und/oder bereits im Fahrzeug ermittelte Fahrtrouten aus denen der Verkehrsrechner mindestens eine günstige Fahrtroute beispielsweise mit Hilfe eines Rechenalgorithmus ermittelt. Hierdurch wird erreicht, dass die sehr großen Datenmengen, nämlich die aktuellen und/oder prognostizierten Verkehrsdaten des entsprechenden Verkehrsraums, nicht an das Fahrzeug übertragen und als Grundlage für eine optimale Routenplanung zwischengespeichert werden müssen. Um auf eine veränderte Verkehrssituation, z.B. durch einen Unfall, schnell und wirksam reagieren zu können, überträgt der Verkehrsrechner bei Eintritt bestimmter Bedingungen, z.B. eines Staus auf einem Streckenabschnitt der Fahrtroute, sofort mindestens eine aktualisierte Fahrtroute zusätzlich an das Fahrzeug. Indem die Anzahl der aus den Fahrtroutendaten vom Verkehrsrechner zu ermittelnden alternativen Fahrtrouten vom Fahrzeug vorgegeben wird, wird die Unabhängigkeit der Zielführungseinrichtung im Fahrzeug vom Verkehrsrechner erhöht. Zur Erreichung einer störungsfreien Zielführung wird weiter vorgeschlagen, dass der Verkehrsrechner mit einem Verkehrsleitsystem verbunden ist, das z.B. die Fahrtrouten der zielgeführten Fahrzeuge bei der Verkehrsleitung berücksichtigt. Insofern dienen die über individuelle Zielführungssysteme angeforderten Fahrtrouten allenfalls als Verkehrsprognosedaten und spielen für die Verkehrsleitung nur eine passive Rolle.

[0005] Der Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verkehrssteuerung in einem Straßennetz sowie ein System zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, womit eine zentral vorgegebene Verkehrsstrategie trotz individueller Zielführungssysteme effektiv umgesetzt werden kann, insbesondere den Verkehr möglichst gleichmäßig über das Straßennetz zu verteilen.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein eingangs genanntes Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 sowie durch ein eingangs genanntes System mit den kennzeichnenden Merkmalen nach Patentanspruch 7. Indem als Verkehrsbeeinflussungselemente in Fahrzeugen von Verkehrsteilnehmern mitgeführte Zielführungssysteme eingesetzt werden, wobei Verkehrsteilnehmer für wählbare Paare von Start- und Zielpunkten vom Zielführungssystem diese verbindende Routen des Straßennetzes anfordern, wobei unter vom Verkehrsteilnehmer wählbaren Nebenbedingungen Routen ermittelt werden, und wobei dem anfordernden Verkehrsteilnehmer ermittelte Routen vom Zielführungssystem als Routenempfehlung wiedergegeben werden, kann eine vorgegebene Verkehrsstrategie durch ein zusätzliches Verkehrsbeeinflussungselement wirkungsvoller umgesetzt werden. Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, individuelle Zielführungssysteme, die bislang zur Unterstützung von individuellen Verkehrsteilnehmerwünschen eingesetzt werden, durch Verbindung mit Verkehrsmanagementzentralen aktiv zur Verwirklichung von Verkehrssteuerungsaufgaben in einem Straßennetz einzusetzen. Durch die zunehmende Verbreitung von Navigations- bzw. Zielführungssystemen stehen den Verkehrsmanagementzentralen über eingegangene Routenan-

forderungen zunächst passiv wichtige Informationen über eine wahrscheinliche Belastungsverteilung des Straßennetzes zur Verfügung; für die vorliegende Erfindung wesentlich ist jedoch die Möglichkeit, aktiv über gezielte Routenempfehlungen die Verkehrsströme im Straßennetz zu steuern.

5 **[0007]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden bei Ermittlung mehrerer, hinsichtlich der Nebenbedingungen vergleichbarer Routen zu einem gewählten Paar von Start- und Zielpunkten diesen Routen ein auf die Verkehrsstrategie abgestimmtes Aufteilungsverhältnis zugeordnet und den anfordernden Verkehrsteilnehmern Routenempfehlungen gemäß diesem Aufteilungsverhältnis wiedergegeben. Hierdurch kann seitens einer Verkehrsmanagementzentrale auf eine Route anfragende Verkehrsteilnehmer dahingehend eingewirkt werden, dass bei einer vorgegebenen Anzahl etwa gleichgünstiger Routen Empfehlungen nach einem bestimmten Aufteilungsverhältnis gegeben werden. Das Aufteilungsverhältnis wird zentral auf der Grundlage des auf diesen Routen üblichen Verkehrsaufkommens, gegebenenfalls zusätzlich basierend auf aktuellen Verkehrsinformationen wie Baustellen oder Unfälle, ermittelt. Die Route mit dem aktuell geringsten Verkehrsaufkommen wird demnach über das Zielführungssystem am häufigsten empfohlen. Tendenziell wird hierdurch wenigstens der Verkehrsstrom aus Zielführungssysteme mitführenden Fahrzeugen entsprechend dem aktuellen Verkehrsaufkommen oder anderer umzusetzender Verkehrsstrategien auf die etwa gleichgünstigen, d.h. beispielsweise etwa gleich langen, Verbindungsrouten aufgeteilt, was zu einer gleichmäßigeren Belastung des Straßennetzes führt.

15 **[0008]** In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei einer gegebenen Anzahl konkurrierender Routen mit vorgegebenem normierten Aufteilungsverhältnis zunächst eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 generiert und anschließend eine Entscheidung für eine konkrete Routenempfehlung nach der Formel

20

$$e(z) = \min_{k \in \{1, \dots, n\}} \left(\sum_{i=1}^k p_i \geq z \right)$$

25

getroffen. Dabei bedeuten:

- 30 n Anzahl konkurrierender Routen,
- z Zufallszahl zwischen 0 und 1,
- $p_1 : p_2 : \dots : p_n$ Aufteilungsverhältnis zwischen den Routen,
- 35 p_i Aufteilungsanteil der i-ten Route, $i=1, \dots, n$,

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad \text{Normierungsbedingung,}$$

40

$e(z)$ Entscheidung für konkrete Route.

45 **[0009]** Durch diese Entscheidungsformel wird erreicht, dass diejenige Route mit dem geringsten Aufteilungsanteil am wenigsten häufig empfohlen wird. Mit steigendem Aufteilungsanteil der konkurrierenden Routen steigt auch deren Wahrscheinlichkeit, für eine konkrete Routenempfehlung ausgewählt zu werden. Mit Hilfe dieses formalen Zusammenhangs lässt sich die Routenempfehlung leicht automatisieren, sofern den einzelnen konkurrierenden Routen entsprechend der Verkehrsstrategie ein normiertes Aufteilungsverhältnis zugeordnet wird.

50 **[0010]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Ermittlung von Routen in einer mit den Zielführungssystemen kommunizierenden Verkehrszentrale des Straßennetzes, zu der Routenanforderungen von Verkehrsteilnehmern übermittelt, in der gegebenenfalls Aufteilungsverhältnisse konkurrierende Routen vorgegeben und von der aus an anfordernde Verkehrsteilnehmer Routenempfehlungen übermittelt werden. Dabei handelt es sich um ein zentralenseitig gestütztes Routing, wobei den Fahrzeugen Wegepunktketten als Routenempfehlungen übermittelt werden können.

55 **[0011]** In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Ermittlung der Routen in mit Zielführungssystemen ausgestatteten Fahrzeugen anfordernder Verkehrsteilnehmer, wobei in einer mit den Zielführungssystemen kommunizierenden Verkehrszentrale des Straßennetzes Aufteilungsverhältnisse für gegebenenfalls konkurrierende Routen vorgegeben und an die Zielführungssysteme für eine Routenempfehlung übermittelt werden. Bei diesem fahrzeuggestützten Routing können zentralenseitige Zusatzinformationen ausgenutzt werden, wobei

entsprechende Routenaufteilungsverhältnisse in beliebiger praktikabler Form an die Fahrzeuge von einer Verkehrszentrale übermittelt werden, beispielsweise für nur einen kleinen Teil des Straßennetzes.

[0012] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Ermittlung von Routen in mit Zielführungssystemen ausgestatteten Fahrzeugen anfordernder Verkehrsteilnehmer, wobei in einer mit den Zielführungssystemen kommunizierenden Verkehrszentrale des Straßennetzes Verkehrsinformationen über Routen des Straßennetzes gesammelt und aufbereitet und an die Zielführungssysteme eine Routenempfehlung übermittelt werden. Hierbei handelt es sich um ein rein fahrzeuggestütztes Routing ohne Zentralinformationen, d.h. ohne Vorgabe von Routenverteilungen, aber evtl. sonstigen dynamischen Verkehrsinformationen. Eine pauschale Verteilung auf vergleichbare alternative Routen könnte aber immer noch dafür sorgen, dass der Verkehr gleichmäßiger im Straßennetz verteilt würde.

[0013] Insgesamt werden durch die Erfindung individuelle Zielführungssysteme befähigt, Fahrzeuge so über verschiedene alternative - d.h. etwa gleich günstige - Routen zu schicken, dass im statistischen Mittel vorgegebene Aufteilungsverhältnisse eingehalten werden. Der Verkehr wird somit gleichmäßiger über das Straßennetz verteilt, da zentrale Verkehrsleitsysteme eine erweiterte Möglichkeit haben, um individuelle Zielführungssysteme als Instrument der Verkehrsbeeinflussung einzusetzen. Die Wahrscheinlichkeit, durch besonders häufige, gleichzeitige Empfehlungen derselben Route gerade eine Überlastung dieser vordem günstigen Route zu verursachen, sinkt. Des weiteren wird die Gefahr von Überlastungsszillationen innerhalb des Straßennetzes gemindert. Damit ist die abwechselnde Überlastung von zwei alternativen Routen des gleichen Quelle-Ziel-Paars gemeint. Solche Effekte sind speziell bei dynamischen Zielführungssystemen zu erwarten.

[0014] Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung liegt in der Einführung eines Multipath-Routings für individuelle Zielführungssysteme im Straßenverkehr sowohl zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Straßennetzes als auch, um individuelle Zielführungssysteme als Mittel der Verkehrsbeeinflussung einsetzen zu können. Es wird ein Verfahren konstruiert, das die automatische Aufteilung entsprechend ausgerüsteter Fahrzeuge nach vorgegebenen Routenverteilungen bewirkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verkehrssteuerung in einem Straßennetz, bei welchem auf Verkehrsteilnehmer durch Verkehrsbeeinflussungselemente eingewirkt wird, um eine vorgegebene Verkehrsstrategie umzusetzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verkehrsbeeinflussungselemente in Fahrzeugen von Verkehrsteilnehmern mitgeführte Zielführungssysteme eingesetzt werden, wobei Verkehrsteilnehmer für wählbare Paare von Start- und Zielpunkten vom Zielführungssystem diese verbindende Routen des Straßennetzes anfordern, wobei unter vom Verkehrsteilnehmer wählbaren Nebenbedingungen Routen ermittelt werden, und wobei dem anfordernden Verkehrsteilnehmer ermittelte Routen vom Zielführungssystem als Routenempfehlung wiedergegeben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Ermittlung mehrerer, hinsichtlich der Nebenbedingungen vergleichbarer Routen zu einem gewählten Paar von Start- und Zielpunkten diesen Routen ein auf die Verkehrsstrategie abgestimmtes Aufteilungsverhältnis zugeordnet wird und dass den anfordernden Verkehrsteilnehmern Routenempfehlungen gemäß diesem Aufteilungsverhältnis wiedergegeben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer gegebenen Anzahl (n) konkurrierender Routen mit vorgegebenem normierten Aufteilungsverhältnis zunächst eine Zufallszahl (z) zwischen 0 und 1 generiert wird, und anschließend eine Entscheidung (e(z)) für eine konkrete Routenempfehlung nach der Formel

$$e(z) = \min_{k \in \{1, \dots, n\}} \left(\sum_{i=1}^k p_i \geq z \right)$$

getroffen wird, wobei die Formelzeichen folgende Bedeutung haben:

n Anzahl konkurrierender Routen,

- z Zufallszahl zwischen 0 und 1,
 $p_1:p_2: \dots :p_n$ Aufteilungsverhältnis zwischen den Routen,
 p_i Aufteilungsanteil der i-ten Route, $i=1, \dots, n$,

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad \text{Normierungsbedingung}$$

$e(z)$ Entscheidung für eine konkrete Route.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung von Routen in einer mit den Zielführungssystemen kommunizierenden Verkehrszentrale des Straßennetzes erfolgt, zu der Routenanforderung von Verkehrsteilnehmern übermittelt, in der gegebenenfalls Aufteilungsverhältnisse für konkurrierende Routen vorgegeben und von der aus an anfordernde Verkehrsteilnehmer Routenempfehlungen übermittelt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung von Routen in mit Zielführungssystemen ausgestatteten Fahrzeugen anfordernder Verkehrsteilnehmer erfolgt, wobei in einer mit den Zielführungssystemen kommunizierenden Verkehrszentrale des Straßennetzes Aufteilungsverhältnisse für gegebenenfalls konkurrierende Routen vorgegeben und an die Zielführungssysteme für eine Routenempfehlung übermittelt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung von Routen in mit Zielführungssystemen ausgestatteten Fahrzeugen anfordernder Verkehrsteilnehmer erfolgt, wobei in einer mit den Zielführungssystemen kommunizierenden Verkehrszentrale des Straßennetzes Verkehrsinformationen über Routen des Straßennetzes gesammelt und aufbereitet werden und an die Zielführungssysteme für eine Routenempfehlung übermittelt werden.
7. System zur Verkehrssteuerung in einem Straßennetz mit Verkehrsbeeinflussungselementen zur Einwirkung auf Verkehrsteilnehmer, um eine vorgegebene Verkehrsstrategie umzusetzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verkehrsbeeinflussungselemente in Fahrzeugen von Verkehrsteilnehmern mitgeführte Zielführungssysteme angeordnet sind, mittels der für wählbare Paare von Start- und Zielpunkten diese verbindende Routen des Straßennetzes anforderbar sind, mittels der Routen unter vom Verkehrsteilnehmer wählbaren Nebenbedingungen ermittelbar sind, und mittels der dem anfordernden Verkehrsteilnehmer ermittelte Routen als Routenempfehlung wiedergebbar sind.