

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 1 758 065 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

28.02.2007 Patentblatt 2007/09

(51) Int Cl.:

G08G 1/07 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **06118087.3**(22) Anmeldetag: **28.07.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**(72) Erfinder: **Mathias, Paul
52072 Aachen (DE)**(30) Priorität: **25.08.2005 DE 102005040350**

(54) **Verfahren zur Prognose eines Verkehrszustandes in einem Straßennetz und Verkehrsmanagementzentrale**

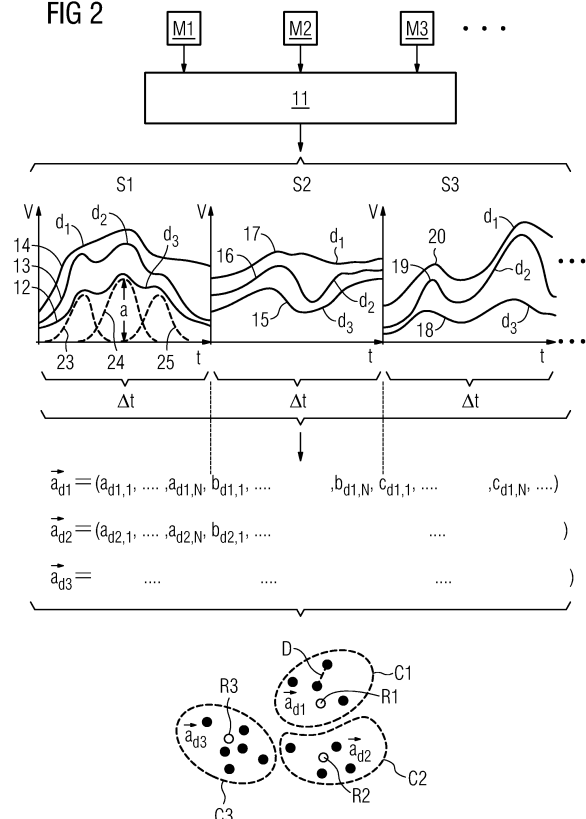
(57) Es ist ein Verfahren zur Prognose eines ein Straßennetz (1) mit mehreren Netzknoten (K1,K2,K3,...) und Links (L1,L2,L3,...) kennzeichnenden künftigen Verkehrszustandes beschrieben, bei dem zu mehreren über das Straßennetz (1) verteilten Stützstellen (S1,S2,S3,...) ein Verkehrsverlauf (14,17,20) gebildet wird, der jeweils eine Folge von Werten bezüglich des Verkehrsaufkommens (V) an dieser Stützstelle (S1,S2,S3,...) innerhalb eines zurückliegenden Zeitintervalls (Δt) enthält. Die Verkehrsverläufe (14,17,20) werden zu einem Datensatz ($\vec{a}_{d1}$) zusammengefasst. In gleicher Weise werden

weitere Datensätze ($\vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots$) gebildet, die das Verkehrsaufkommen (V) an den Stützstellen (S1,S2,S3,...) bezüglich weiterer zurückliegender Zeitintervalle (Δt) beschreiben. Die Datensätze werden zu Klassen (C1,C2,C3,...) mit einander ähnlichen Datensätzen zusammengefasst, die einander ähnliche Verkehrssituationsverläufe im Straßennetz (1) beschreiben. Die Klassen werden zur Prognose des künftigen Verkehrszustandes verwendet. Bei einer zweiten Variante werden die Datensätze ($\vec{a}_{i1}, \vec{a}_{i2}, \vec{a}_{i3}, \dots$) oder Vektoren anstelle

aus Verkehrsverläufen nur mit einzelnen Werten des Verkehrsaufkommens (V) an den über das Straßennetz (1) verteilten Stützstellen (S1,S2,S3,...) gebildet. Das Verfahren erlaubt präzise Vorhersagen, weil Korrelationen

der Verkehrszustände zwischen den Stützstellen (S1,S2,S3,...) berücksichtigt sind.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zur Prognose eines ein Straßennetz mit mehreren Netzknoten und Links kennzeichnenden künftigen Verkehrszustandes und/oder zur Erkennung eines Störfalles in dem Straßennetz. Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Verkehrsmanagementzentrale.

[0002] Aus DE 101 46 398 A1 ist ein Verfahren zum Steuern von Lichtsignalgebern an einem Knotenpunkt eines Straßenverkehrsnetzes bekannt, bei welchem bereits zu einem früheren Zeitpunkt an dem Knotenpunkt erfasste Verkehrszustände durch Clusterung in Klassen eingeteilt werden, wobei für jede Klasse von Verkehrszuständen ein charakteristischer Verkehrszustand als Repräsentant ermittelt wird. Bei Eintritt eines aktuellen Verkehrszustandes wird durch eine definierte Metrik der bezüglich dem aktuellen Verkehrszustand nächstliegende charakteristische Verkehrszustand ermittelt und ein diesem charakteristischem Verkehrszustand zugeordnetes Signalprogramm für den Lichtsignalgeber ausgeführt. Durch die Clusterung wird die Vielfalt der an dem Knotenpunkt auftretenden Verkehrszustände auf eine sinnvoll begrenzte Anzahl von typischer Weise auftretenden Verkehrszuständen, den charakteristischen Verkehrszuständen, begrenzt. Dieses schränkt wiederum die Anzahl an zu speichernden, auf die charakteristischen Verkehrszustände abgestimmten Signalprogramme ein. Falls auch der aktuelle Verkehrszustand für künftige Auswertungen in die Clusterung miteinbezogen wird, ergibt sich auf diese Weise ein Verfahren zur Steuerung eines Lichtsignalgebers an einem Knotenpunkt, welches von Verkehrszustand zu Verkehrszustand dynamisch hinzulernt, um bei künftigen Verkehrszuständen stets das bestmögliche Signalprogramm auszuwählen.

[0003] Für eine Prognose von Verkehrszuständen oder Verkehrsbedingungen in einem Straßennetz ist es außerdem bekannt, an einer einzelnen Straße so genannte Ganglinien, das sind Zeitreihen von Verkehrsbelastungen eines Tages, meist in äquidistanten Abschnitten von 15 Min., zunächst - aus Gründen der Datenreduktion - durch Interpolation mittels vorgegebener Gaußkurven zu filtern und das Ergebnis der Filterung, so genannte Amplitudenvektoren, anschließend durch ein Clusterverfahren in Klassen ähnlicher Amplitudenvektoren einzuteilen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Prognose künftiger Verkehrszustände und/oder zur Erkennung eines Störfalles anzugeben, mit welchem die Präzision oder Qualität der Prognose im Vergleich zu bekannten Verfahren verbessert ist.

[0005] Diese Aufgabe wird gemäß einer ersten Variante der Erfindung dadurch gelöst, dass

- zur mehreren über das Straßennetz verteilten Stützstellen ein Verkehrsaufkommen bezüglich eines zurückliegenden Zeitpunktes ermittelt wird,
- die Verkehrsaufkommen zu einem Datensatz zusammengefasst werden,
- in gleicher Weise weitere Datensätze gebildet werden, die das Verkehrsaufkommen an den Stützstellen bezüglich weiterer zurückliegender Zeitpunkte beschreiben,
- die Datensätze zu Klassen zusammengefasst werden, die einander ähnliche Verkehrssituationen im Straßennetz beschreiben, und
- die Klassen zur Prognose des künftigen Verkehrszustandes bzw. zur Erkennung des Störfalles verwendet werden.

[0006] Bei diesem Verfahren findet eine Clusterung von in den Datensätzen niedergelegten Verkehrszuständen nicht nur lokal an einer einzelnen Kreuzung statt, sondern an über das Straßennetz verteilten Stützstellen.

[0007] Gemäß einer zweiten Variante löst die Erfindung die genannte Aufgabe dadurch, dass

- zu mehreren über das Straßennetz verteilten Stützstellen ein Verkehrsverlauf gebildet wird, der jeweils eine Folge von Werten bezüglich des Verkehrsaufkommens an dieser Stützstelle innerhalb eines zurückliegenden Zeitintervalls enthält,
- die Verkehrsverläufe zu einem Datensatz zusammengefasst werden,
- in gleicher Weise weitere Datensätze gebildet werden, die das Verkehrsaufkommen an den Stützstellen bezüglich weiterer zurückliegender Zeitintervalle beschreiben,
- die Datensätze zu Klassen zusammengefasst werden, die einander ähnliche Verkehrssituationsverläufe im Straßennetz beschreiben, und
- die Klassen zur Prognose des künftigen Verkehrszustandes bzw. zur Erkennung des Störfalles verwendet werden.

[0008] Bei dieser Variante findet die Clusterung ebenfalls basierend auf Datensätzen, insbesondere Vektoren, statt, die auf vielen über das Straßennetz verteilten Stützstellen basieren. Im Gegensatz zur ersten Variante setzen sich die Datensätze oder Vektoren bei der zweiten Variante nicht nur aus Einzelwerten der Stützstellen zusammen, sondern aus lokalen, die einzelnen Stützstellen betreffenden Verkehrsverläufen, beispielsweise Ganglinien.

[0009] Beiden Erfindungsvarianten gemeinsam ist der Vorteil, dass durch die Einbeziehung einer Vielzahl über das Straßennetz verteilter Stützstellen Abhängigkeiten oder Korrelationen der Verkehrsbelastungen zwischen den einzelnen Stützstellen in die Klassifizierung mit eingehen, die dann später bei der Verwendung - beispielsweise in Form von

Klassenrepräsentanten - für Prognosezwecke zur Verfügung stehen. Die erfindungsgemäßen Prognoseverfahren mit ihrem speziellen Clusterungsverfahren ziehen die Abhängigkeiten oder Korrelationen der Verkehrszustände von einzelnen Links oder Straßen des Straßennetzes mit in die Auswertung ein. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Verfahren zur Beherrschung ausgefallener straßenseitiger Detektoren geeignet sind, z.B. indem aus den Klassen oder Clustern oder aus hierzu gebildeten Klassenrepräsentanten Ersatzwerte gebildet werden.

[0010] Eine Störfallerkennung kann in beiden Fällen insbesondere dadurch geschehen, dass das aktuelle Verkehrsaufkommen bzw. ein aktueller Verkehrsverlauf mit Klassen oder deren Repräsentanten verglichen wird, und dass aus dem Nichtvorhandensein einer ähnlichen störfallfreien Klasse auf einen Störfall geschlossen wird.

[0011] Bei der zweiten Erfindungsvariante enthalten also beispielsweise die zur Clusterung herangezogenen Datensätze oder Vektoren nicht nur Zeitverläufe des Verkehrsaufkommens oder - gegebenenfalls in Amplitudendarstellung interpolierte - Ganglinien einer einzelnen Messstelle im Straßennetz, sondern es sind die Ganglinien oder Zeitverläufe aller oder vieler Messstellen im Straßennetz in einem Vektor oder Datensatz enthalten. Vorzugsweise enthält der Datensatz oder Vektor zu jedem Link oder jeder Straße genau eine Ganglinie repräsentiert. Insbesondere werden über mehrere Tage hinweg viele Datensätze oder Vektoren gebildet, die dann zur Clusterung herangezogen werden.

[0012] Die Verkehrsverläufe oder Ganglinien sind insbesondere jeweils ein Tagesintervall umfassende Tagesganglinien.

[0013] Als Link wird im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise eine Straße, ein Tunnel, eine Brücke oder dergleichen bezeichnet, also eine für Kraftfahrzeuge befahrbare Verbindung zwischen zwei Netzknoten, worunter insbesondere eine Kreuzung, eine Abzweigung, eine Auffahrt oder ähnliches verstanden wird.

[0014] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der zweiten Erfindungsvariante werden die Verkehrsverläufe vor dem Zusammenfassen zu den Datensätzen durch mehrere Kurvenverläufe, insbesondere durch Gauß'sche Glockenkurven, interpoliert. Dieses Verfahren ist für eine einzelne Messstelle in dem eingangs genannten Fachartikel beschrieben. Dabei werden vorzugsweise die Amplituden, und bevorzugt nur diese, der Gauß'schen Glockenkurven zur Bildung der Datensätze herangezogen. Die nachfolgenden bevorzugten Ausführungsformen beziehen sich auf beide Erfindungsvarianten:

[0015] Die in die Datensätze einfließenden Werte des Verkehrsaufkommens, beispielsweise eines Verkehrsflusses gemessen in Anzahl der Kraftfahrzeuge pro Zeiteinheit, werden insbesondere durch mehrere straßenseitige Detektoren gemessen.

[0016] Wesentlich an der Erfindung ist, dass eine Vielzahl von über das Straßennetz verteilten Stützstellen zur Konstruktion der Datensätze oder des Vektors verwendet wird. Die Stützstellen sind insbesondere über das Straßennetz derart verteilt, dass damit das Verkehrsaufkommen an einer Vielzahl von Links und/oder Netzknoten im Straßennetz bestimmt ist.

[0017] Insbesondere weisen die Stützstellen einen Abstand von mindestens 1 km, insbesondere von mindestens 3 km, relativ zueinander auf.

[0018] Nach einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform wird zur jeder Klasse ein charakteristischer Klassenrepräsentant ermittelt, der für die Prognose verwendet wird.

[0019] Beispielsweise ergeben sich die Klassenrepräsentanten oder Prototypen als Mittelpunkt aller in dem Cluster oder der Klasse aggregierten Amplitudenvektoren. Ein gutes Clusterring ist dann gegeben, wenn jeder Amplitudenvektor möglichst nah am Prototypen des Clusters liegt, dem er zugeordnet ist. Die Distanz zwischen einem beliebigen Amplitudenvektor und dem Prototyp kann z.B. durch eine gewichtete Maximumsnorm als Metrik definiert werden. Für eine gegebene Menge von Prototypen ist diejenige Klassen oder Clustereinteilung optimal, die jeden Amplitudenvektor dem nächstgelegenen Prototypen zuordnet. Im Rahmen einer Optimierungsrechnung kann damit eine Clustereinteilung berechnet werden, in dem abwechselnd die Clusterzentren und Clustereinteilungen neu berechnet werden. Sobald ein lokales Optimum erreicht ist, ändert sich die Klasseneinteilung in aufeinander folgenden Iterationen nicht mehr, so dass das Verfahren beendet werden kann. Details zu dieser Art von Clusterverfahren sind in dem eingangs genannten Fachartikel beschrieben.

[0020] Für eine Kurz- oder Langzeitprognose wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform eine aktuelle Verkehrssituation mit den charakteristischen Klassenrepräsentanten oder Prototypen verglichen. Beispielsweise wählt das Prognoseverfahren aus einer größeren Menge von Klassenrepräsentanten einen zur augenblicklichen Situation gut passenden Klassenrepräsentanten aus und stützt auf diesen die Vorhersage.

[0021] Vorzugsweise wird zum Vergleich der Datensätze untereinander und/oder zum Vergleich der Datensätze mit einer aktuellen Verkehrssituation eine Metrik definiert, insbesondere eine Norm. Beispielsweise ist die Metrik ein Maß für die gegenseitige Lage oder den Abstand der Datensatzvektoren.

[0022] Der prognostizierte Verkehrszustand kann auf einer Anzeigeeinrichtung in grafischer Darstellung zur Anzeige gebracht werden.

[0023] Bei der Klasseneinteilung oder Clusterung werden vorzugsweise disjunkte Klassen verwendet.

[0024] Im Rahmen der Erfindung liegt auch ein Verfahren zur Beeinflussung des Verkehrs in einem Straßennetz, wobei mittels einem der vorstehenden Verfahren eine Prognose eines künftigen Verkehrszustandes ermittelt wird und

unter Verwendung des prognostizierten Verkehrszustandes eine Ansteuerung einer straßenseitigen Signaleinrichtung - von einer Bedienperson oder automatisch - vorgenommen wird.

[0025] Das Verfahren nach der Erfindung ist vorzugsweise in einer Verkehrsmanagementzentrale implementiert.

[0026] Zwei Ausführungsbeispiele der Verfahren nach der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 3 näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 ein Straßennetz in schematischer Darstellung, für das eine Prognose erstellt werden soll,

FIG 2 den schematischen Ablauf eines ersten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens nach der Erfindung, und

FIG 3 den schematischen Ablauf eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens nach der Erfindung.

[0027] FIG 1 zeigt ein Straßennetz 1 in welchem mehrere Netzknoten K1,K2,K3 durch Straßen oder Links L1,L2,L3 miteinander verbunden sind. Zur Überwachung und zur Erstellung von Verkehrsprognosen für den Verkehr in dem Straßennetz 1 ist eine Verkehrsmanagementzentrale 3 vorhanden, in welcher eine Anzeigeeinrichtung 5 zur Anzeige aktueller und prognostizierter Verkehrszustände des gesamten Straßennetzes 1 in graphischer oder topologischer Form gebildet ist. Die Verkehrsmanagementzentrale 3 ist zur ferngesteuerten Beeinflussung von an den Knoten K1,K2,K3 vorhandenen Signaleinrichtungen 7 hergerichtet, wovon nur eine schematisch angedeutet ist. In dem Straßenverkehrsnetz 1 sind mehrere Messstellen oder Detektoren M1,M2,M3 installiert, welche jeweils einen lokalen Verkehrsfluss messen.

[0028] Bei dem in FIG 2 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel betreffend das Verfahren der zweiten Ausführungsvariante nach der Erfindung werden aus den Messwerten der Detektoren M1,M2,M3 an typischerweise $n = 10 \dots 100$ verschiedenen Stützstellen S1,S2,S3 (siehe FIG 1) im Straßenverkehrsnetz 1 viele Tagesganglinien oder Verkehrsverläufe 12,13,14,15,16,17,18, 19,20 gemessen. Durch die schematisch angedeutete Messwertextrapolation 11 wird zum Ausdruck gebracht, dass die Messstellen nicht mit den Stützstellen S1,S2,S3 identisch sein müssen. Vielmehr kann in der Messwertextrapolation 11 eine Extrapolation auf Stellen stattfinden, an welchen keine Detektoren vorhanden sind. Hierzu sind entsprechende Verfahren bekannt, beispielsweise eine so genannte aktuelle Routenbestimmung mit einer anschließenden umlegungs-basierten dynamischen Messwertpropagierung.

[0029] Da es sich um Tagesganglinien handelt, die an mehreren Tagen $d_1, d_2, d_3 \dots$ aufgenommen wurden, ist das entsprechende Zeitintervall Δt 24 Stunden. Die vielen hundert einzelnen Ganglinien 12 bis 20 der einzelnen Links L1,L2,L3 werden zunächst mit einer kleinen Anzahl N an Kurvenverläufen 23,24,25 interpoliert (typischerweise $N = 4 \dots 6$), um die Anzahl der Parameter zur Beschreibung der Ganglinien 12 bis 20 drastisch zu reduzieren. Die zur Interpolation herangezogenen Gauß'schen Glockenkurven 23,24,25 sind aus darstellerischen Gründen nur für einen der Verkehrsverläufe 12 (Tag d_3) dargestellt. Die Ganglinien 12 bis 20 stellen jeweils eine Auftragung des Verkehrsaufkommens oder Verkehrsflusses V über der Zeit t dar. Ergebnis der Interpolation sind die Amplituden $a_1, a_2, a_3, \dots$ der mit gleicher Breite verwendeten Gaußschen Glockenkurven 23 bis 25:

[0030] Im Einzelnen geschieht die Bestimmung der Amplituden a_i ($i=1,2,\dots$) mittels linearer Regression. Die Ganglinien können geschrieben werden als:

$$q_t = \sum_{i=1}^N G_{ti} a_i \quad [G1.1]$$

wobei

$$G_{ti} = \exp \left(- \frac{(t-t_i)^2}{2\sigma^2} \right) \quad [G1.2]$$

und

$$t_i = (i-1) \frac{\Delta t}{N-1} \quad [G1.3]$$

$$\sigma = \frac{\Delta t}{2(N-1)} \quad [G1.4]$$

[0031] Die lineare Regression ergibt:

$$a_i = \sum_t \tilde{G}_{it} \cdot q_t \quad [G1.5]$$

$$\tilde{G} = \left(G^T \cdot G \right)^{-1} G^T \quad [G1.6]$$

wobei G^T die Transponierte und $\tilde{G}$ die Pseudoinverse der Matrix G ist.

[0032] In einem nächsten Schritt wird eine Gesamtheit der interpolierten Ganglinien 12 bis 20 aller Links L1,L2,L3 des Straßennetzes 1, und zwar im hier dargestellten Ausführungsbeispiel deren Gaußglockeninterpolationswerte, also Amplituden $a_1, a_2, a_3, \dots$ zu einem einzigen Merkmalsvektor oder Datensatz $\vec{a}_{d1}$ zusammengefasst. Die Doppel-Indizes der Amplituden a stehen dann für einen bestimmten Tag und eine bestimmte Glockenkurve; b und c sind im Beispiel für die Amplituden von den anderen Links verwendet.

[0033] Zusammen mit anderen, in gleicher Weise entstandenen Merkmalsvektoren oder Datensätzen $\vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}$ wird

der entstandene Merkmalsvektor oder Datensatz $\vec{a}_{d1}$, der genau eine Verkehrssituation des Straßennetzes 1 beschreibt, in einem Clusterverfahren verarbeitet. Als Clusterverfahren kann beispielsweise das im Folgenden dargestellte

Verfahren mit den in FIG 2 angegebenen Vektoren $\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots$ angewendet werden. Die Clusterung oder Klassenbildung ist in FIG 2 noch schematisch angedeutet. Die Vektoren sind dort mit ihren Endpunkten symbolisiert,

die real in einem N x n-dimensionalen Raum liegen. Die Vektoren $\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots$ werden zu Clustern oder Klassen C1,C2,C3 zusammengefasst, die einander ähnliche Verkehrssituationsverläufe im Straßennetz 1 beschreiben. Zu jeder Klasse C1,C2,C3 wird ein charakteristischer Klassenrepräsentant R1,R2,R3, ... ermittelt, der für die jeweilige Klasse typisch oder aussagekräftig ist. Mit anderen Worten: Innerhalb jeder Klasse wird ein Prototyp festgelegt, der als Klassenrepräsentant für spätere Langzeitverkehrsprognosen verwendbar ist. Zum Vergleich der Datensätze untereinander, also für das Clustering, wird als Metrik D eine gewichtete Maximumsnorm verwendet.

[0034] Das beispielhafte Clusterverfahren kann mathematisch wie folgt formuliert werden:

[0035] Eine Einteilung von $d_{\max}$ Amplitudenvektoren in c Cluster kann durch eine $c \times d_{\max}$ -dimensionale Matrix repräsentiert werden, deren Elemente wie folgt definiert sind:

$$U_{id} := \begin{cases} 1, & \text{falls } \vec{a}_d \text{ dem } i\text{-ten Cluster zugeordnet ist} \\ 0, & \text{sonst.} \end{cases} \quad [G1.7]$$

[0036] Jedem Cluster $i=1, \dots, c$ wird ein Prototyp oder Repräsentant R_i zugeordnet, der sich als Mittelpunkt aller in dem Cluster aggregierten Amplitudenvektoren ergibt:

$$\bar{R}_i := \frac{\sum_{d=d_1}^{d_{\max}} U_{id} \vec{a}_d}{\sum_{d=d_1}^{d_{\max}} U_{id}} \quad [G1.8]$$

[0037] Ein gutes Clustering ist dann gegeben, wenn jeder Amplitudenvektor möglichst nah am Prototypen des Clusters liegt, dem er zugeordnet ist. Die Distanz D zwischen dem d -ten Amplitudenvektor und dem i -ten Prototypen R_i wird, z.B. durch die gewichtete Maximumsnorm δ_{id} definiert. Im einfachsten Fall sind die Gewichte alle gleich.

[0038] Für eine gegebene Menge von Prototypen ist diejenige Clustereinteilung optimal, die jeden Amplitudenvektor dem nächstgelegenen Prototypen zuordnet:

$$U_{id} := \begin{cases} 1, & \text{falls } \delta_{id} = \min_{j=1, \dots, c} \{\delta_{jd}\} \\ 0, & \text{sonst.} \end{cases} \quad [G1.9]$$

[0039] Eine (lokal) optimierte Clustereinteilung kann nun berechnet werden, indem, ausgehend von einer beliebigen initialen Clustereinteilung, abwechselnd die Clusterzentren mittels G1.8 und die Clustereinteilungen mittels G1.9 neu berechnet werden. Das Verfahren wird abgebrochen, sobald in aufeinander folgenden Iterationen sich die Clustereinteilung kaum mehr ändert.

[0040] Bei dem in FIG 3 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel betreffend das Verfahren der ersten Ausführungsvariante wird anstelle der Verkehrsverläufe 12 bis 15 zu verschiedenen Zeitpunkten t_1, t_2, t_3 das Verkehrsaufkommen V , also jeweils ein einzelner Wert, an den einzelnen Stützstellen $S1, S2, S3$ ermittelt. Jeder Datensatz oder Vektor

$\vec{a}_{t1}, \vec{a}_{t2}, \vec{a}_{t3}, \dots$ enthält demzufolge keinen Verkehrsverlauf, sondern jeweils einen einzelnen Messwert des Verkehrsflusses V zu den n Stützstellen (n -dimensionaler Raum).

[0041] Die entsprechenden Vektoren $\vec{a}_{t1}, \vec{a}_{t2}, \vec{a}_{t3}, \dots$ werden in analoger Weise zu Klassen $C1, C2, C3, \dots$ geclustert, was schematisch dargestellt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prognose eines ein Straßennetz (1) mit mehreren Netzknoten ($K1, K2, K3$) und Links ($L1, L2, L3, \dots$) kennzeichnenden künftigen Verkehrszustandes und/oder zur Erkennung eines Störfalles in dem Straßennetz (1), wobei

- zu mehreren über das Straßennetz (1) verteilten Stützstellen ($S1, S2, S3, \dots$) ein Verkehrsaufkommen ($V1_{t1}, V2_{t1}, V3_{t1}, \dots$) bezüglich eines zurückliegenden Zeitpunktes (t_1) ermittelt wird,

- die Verkehrsaufkommen ($V1_{t1}, V2_{t1}, V3_{t1}, \dots$) zu einem Datensatz ($\vec{a}_{t1}$) zusammengefasst werden,

- in gleicher Weise weitere Datensätze ($\vec{a}_{t2}, \vec{a}_{t3}, \dots$) gebildet werden, die das Verkehrsaufkommen ($V1_{t2}, V2_{t2}, \dots$) an den Stützstellen ($S1, S2, S3, \dots$) bezüglich weiterer zurückliegender Zeitpunkte (t_2, t_3) beschreiben,

- die Datensätze ($\vec{a}_{t1}, \vec{a}_{t2}, \vec{a}_{t3}, \dots$) zu Klassen ($C1, C2, C3, \dots$) zusammengefasst werden, die einander ähnliche Verkehrssituationen im Straßennetz (1) beschreiben,

- die Klassen ($C1, C2, C3$) zur Prognose des künftigen Verkehrszustandes bzw. zur Erkennung des Störfalles verwendet werden.

2. Verfahren zur Prognose eines ein Straßennetz (1) mit mehreren Netzknoten ($K1, K2, K3, \dots$) und Links ($L1, L2, L3, \dots$)

kennzeichnenden künftigen Verkehrszustandes und/oder zur Erkennung eines Störfalles in dem Straßennetz (1), wobei

- zu mehreren über das Straßennetz (1) verteilten Stützstellen (S1,S2,S3, ...) ein Verkehrsverlauf (14,17,20, ...) gebildet wird, der jeweils eine Folge von Werten bezüglich des Verkehrsaufkommens (V) an dieser Stützstelle (S1,S2,S3, ...) innerhalb eines zurückliegenden Zeitintervalls (Δt) enthält,

- die Verkehrsverläufe (14,17,20, ...) zu einem Datensatz ($\vec{a}_{d1}$) zusammengefasst werden,

- in gleicher Weise weitere Datensätze ($\vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots$) gebildet werden, die das Verkehrsaufkommen (V) an den Stützstellen (S1,S2,S3, ...) bezüglich weiterer zurückliegender Zeitintervalle (Δt) beschreiben,

- die Datensätze ($\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots$) zu Klassen (C1, C2, C3) zusammengefasst werden, die einander ähnliche Verkehrssituationsverläufe im Straßennetz (1) beschreiben,

- die Klassen (C1,C2,C3, ...) zur Prognose des künftigen Verkehrszustandes bzw. zur Erkennung des Störfalles verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

wobei als Verkehrsverläufe (12-20) Ganglinien, insbesondere jeweils ein Tagesintervall umfassende Tagesganglinien, verwendet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

wobei die Verkehrsverläufe (12-20) vor der Zusammenfassung zu den Datensätzen ($\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots$) durch mehrere Kurvenverläufe (23,24,25, ...), insbesondere durch Gauß'sche Glockenkurven, interpoliert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

wobei die Amplituden (a,b,c, ...) und vorzugsweise nur diese, der Gauß'schen Glockenkurven zur Bildung der Datensätze ($\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots; \vec{a}_{i1}, \vec{a}_{i2}, \vec{a}_{i3}, \dots$) herangezogen werden.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei das Verkehrsaufkommen (V) durch mehrere straßenseitige Detektoren (M1,M2,M3, ...) lokal gemessen wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei die Stützstellen (S1,S2,S3, ...) derart über das Straßennetz (1) verteilt sind, dass damit das Verkehrsaufkommen (V) an einer Vielzahl von Links (L1,L2,L3, ...) und/ oder Netzknoten (K1,K2,K3, ...) im Straßennetz (1) bestimmt ist.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei die Stützstellen (S1,S2,S3, ...) einen Abstand von mindestens 1 km, insbesondere von mindestens 3 km, relativ zueinander aufweisen.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei zu jeder Klasse (C1,C2,C3, ...) ein charakteristischer Klassenrepräsentant (R1,R2,R3, ...) ermittelt wird, der für die Prognose verwendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

wobei für die Prognose eine aktuelle Verkehrssituation mit den charakteristischen Klassenrepräsentanten (R1,R2,R3, ...) verglichen wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei zum Vergleich der Datensätze ($\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots; \vec{a}_{i1}, \vec{a}_{i2}, \vec{a}_{i3}, \dots$) untereinander und/oder zum Vergleich

der Datensätze ($\vec{a}_{d1}, \vec{a}_{d2}, \vec{a}_{d3}, \dots; \vec{a}_{i1}, \vec{a}_{i2}, \vec{a}_{i3}, \dots$) mit einer aktuellen Verkehrssituation eine Metrik (D) definiert wird, insbesondere eine Norm.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei der prognostizierte Verkehrszustand in graphischer Darstellung auf einer Anzeigeeinrichtung (5) zur Anzeige
gebracht wird.

5 13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Klassen disjunkt gebildet werden.

10 14. Verfahren zur Beeinflussung des Verkehrs in einem Straßennetz, wobei mittels einem Verfahren nach einem der
vorstehenden Ansprüche eine Prognose eines künftigen Verkehrszustandes ermittelt wird und unter Verwendung
des prognostizierten Verkehrszustandes eine Ansteuerung einer straßenseitigen Signaleinrichtung (7) vorgenom-
men wird.

15 15. Verkehrsmanagementzentrale (3), in welcher ein Verfahren nach einem der vorstehenden Verfahrensansprüche
implementiert ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

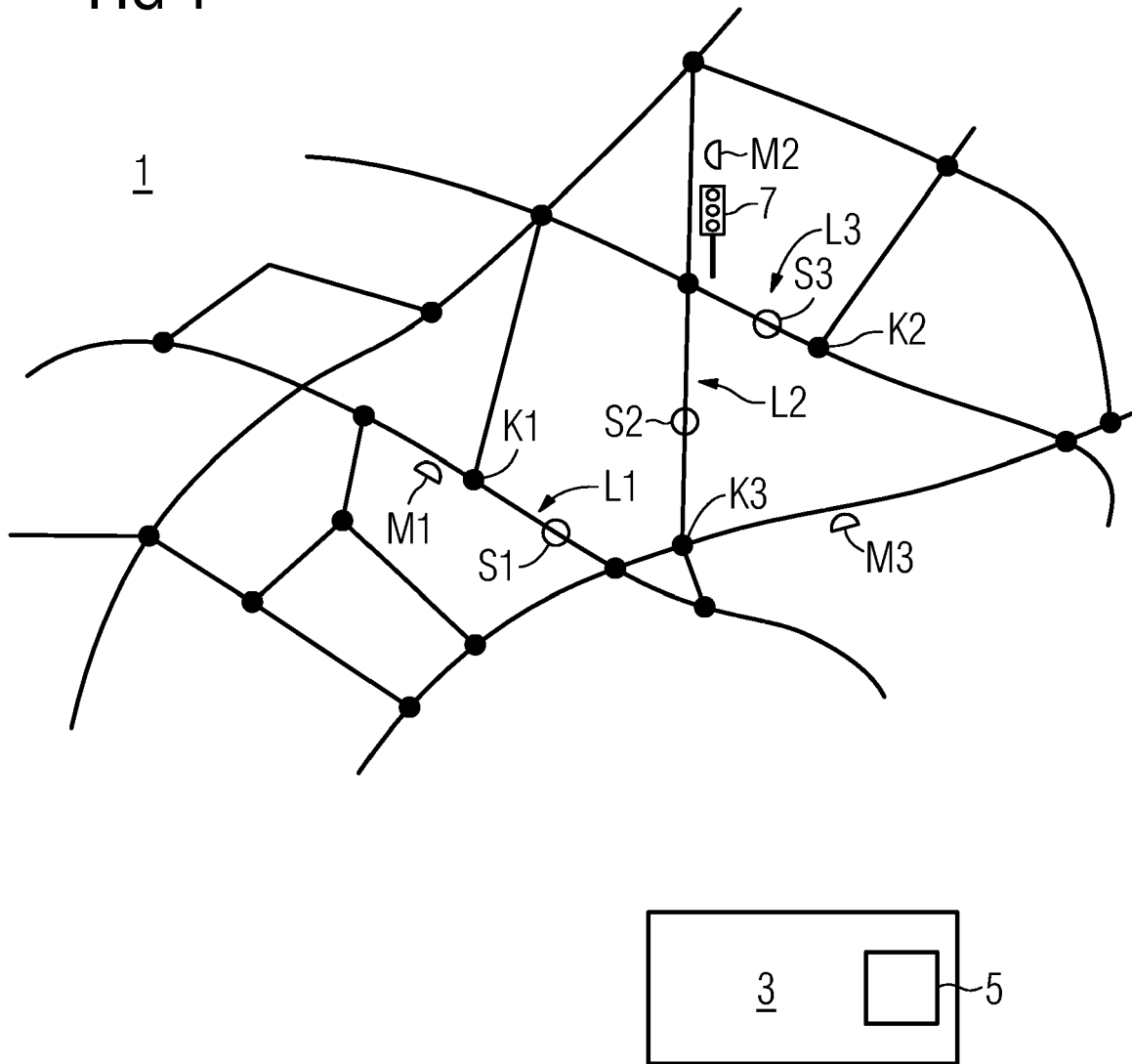


FIG 2

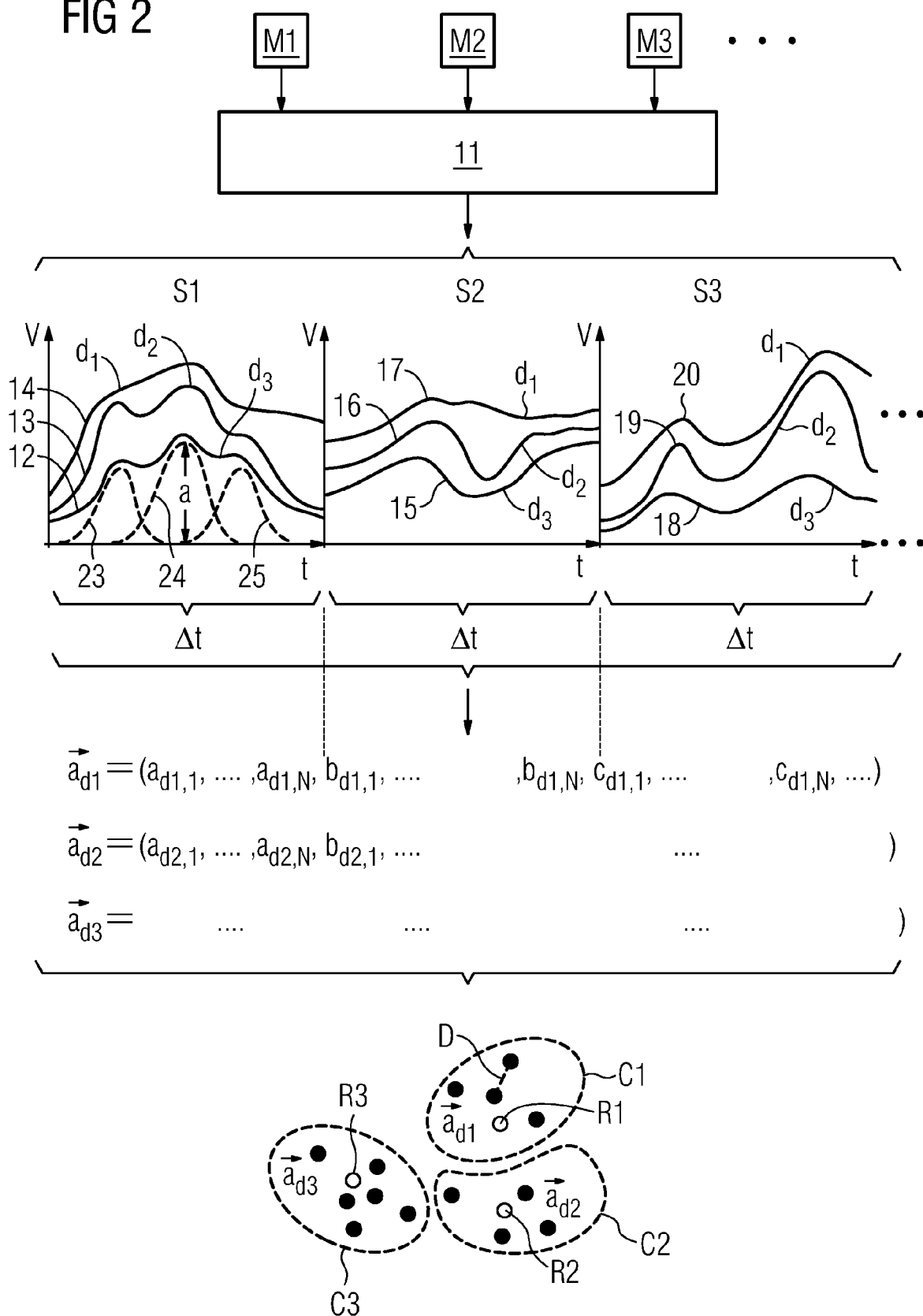
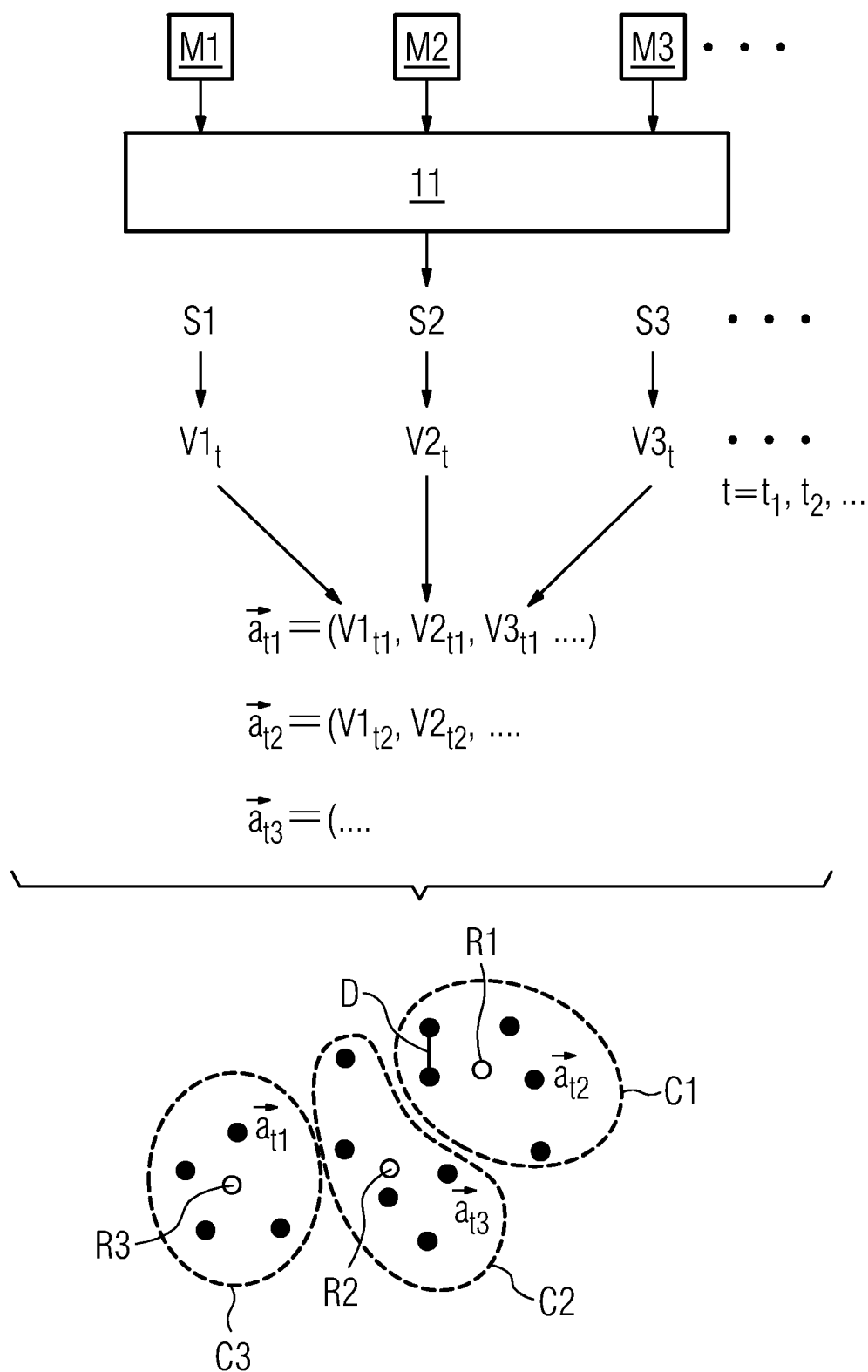


FIG 3



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 10146398 A1 [0002]