



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 659 550 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.05.2006 Patentblatt 2006/21

(51) Int Cl.:
G08G 1/01 ^(2006.01) **G08G 1/123** ^(2006.01)
G07B 15/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05022489.8**

(22) Anmeldetag: **14.10.2005**

(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: **Daimlerchrysler AG**
70567 München (DE)

(72) Erfinder: **Funk, Marc-André**
10243 Berlin (DE)

(30) Priorität: **19.11.2004 DE 102004055992**

(54) **Verfahren zur Erfassung von Verkehrsdaten**

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren zur Auswertung erfaßter Verkehrsdaten, insbesondere für die Erhebung von Mautgebühren. Erfindungsgemäß werden aus eingehenden Daten die zu bewertenden Fahrten aus einzelnen Teilen vorgegebener Autobahnabschnitte eines Kanten-Knoten-Modells zusammengesetzt. Dabei erfolgen Korrekturen über Plausibilitätsbetrachtungen (zusammenhängende Fahrtstrecke, keine doppelten Auto-

bahnabschnitte, Ergänzen fehlender Stücke, logische zeitliche Abfolge usw.). Durch in vorgegebenen Zeitabständen erfolgende statistische Analyse der erfassten Daten werden Fehlerquellen im Verkehrsdatenerfassungssystem erkannt. Damit ist eine zeitnahe Qualitätsüberwachung des Gesamtsystems möglich.

EP 1 659 550 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein Systeme zur Erfassung von Verkehrsdaten. Speziell betrifft die Erfindung die in derartigen Systemen eingesetzten Verfahren zur Auswertung erfasster Verkehrsdaten, insbesondere für die Erhebung von Mautgebühren.

[0002] Fahrzeugautonome Straßengebührenerfassungssysteme werden zunehmend eingesetzt. Aufgrund des finanztechnischen Hintergrunds sind für derartige Systeme die Anforderungen an Präzision zur zuverlässigen Vermeidung von Fehlbuchungen von besonderer Bedeutung. Daher sind in der Auswertung eingehender Daten Vorkehrungen zu treffen, um Unregelmäßigkeiten - beispielsweise hervorgerufen durch technische Störungen im Übertragungsweg - schnell und sicher zu detektieren. Moderne Auswerteverfahren stützen sich daher auf Modellierungsdaten, die als Referenz zur Plausibilitätsprüfung der aktuell erfassten Daten herangezogen werden. Als Modellierungsdaten werden üblicherweise Knoten-Kanten-Modelle des Verkehrswegenetzes herangezogen. Die Effizienz derartiger Straßengebührenerfassungssysteme hängt damit entscheidend von der Qualität der Modellierungsdaten ab. Für bisherige Verfahren werden die Modellierungsdaten mit Messfehlern erhoben und qualitätsgesichert. Dieses Vorgehen ist relativ aufwändig, bietet keine Zeitauflösung und hat eine geringe statistische Aussagekraft.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verkehrsdatenerfassung zu entwickeln, welches die bekannten Nachteile überwindet und weitere Vorzüge aufweist und insbesondere geeignet ist für autonome Straßengebührenerfassungssysteme. Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren zur Erfassung von Verkehrsdaten mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Weitere Details und vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0004] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden zurückgelegte Fahrten von Kraftfahrzeugen anhand übermittelter Daten aus einzelnen Teilen vorgegebener Autobahnabschnitte eines Verkehrsnetzmodells zusammengesetzt. Dabei erfolgen Korrekturen über Plausibilitätsbetrachtungen (zusammenhängende Fahrtstrecke, keine doppelten Autobahnabschnitte, Ergänzen fehlender Stücke, logische zeitliche Abfolge usw.). Durch in vorgegebenen Zeitabständen erfolgende statistische Analyse der erfassten Daten werden Fehlerquellen im Verkehrsdatenerfassungssystem erkannt. Damit ist eine zeitnahe Qualitätsüberwachung des Gesamtsystems möglich.

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren wird im Folgenden unter Bezug auf die Figuren und Tabellen näher erläutert. Dabei stellt dar:

Fig. 1 Topologische Signaturen der Länge 3

Fig. 2 Topologische Signaturen der Länge 2

Fig. 3 Topologische Signaturen der Länge 4

Tabelle 1 Datenfelder von Einzelerhebungen

Tabelle 2 Datenfelder von Länge-3-Signaturen

Tabelle 3 Datenfelder von Länge-2-Signaturen

Die kurzfristige Erkennung von Erfassungsfehlern ist nach der eigentlichen Mauterhebung die wichtigste Funktion zur Verbesserung gängiger Straßengebührenerfassungssysteme. Die möglichen Ursachen für Erfassungsfehler liegen dabei:

- in der Strecke (Modellierung, Funktion der Stützbaken, ...)
- im Endgerät (Störung, Defekt),
- beim Nutzer (Manipulation, Fehlbedienung,...)
- in externen Einflüssen (Wetter, GPS-Störungen,...).

[0006] Damit sind zugleich die Hauptziele für eine Erfassungsfehler-Analyse vorgegeben. Das enorme Datenvolumen, die erforderliche Qualität zur Vermeidung von Fehlentscheidungen und die Notwendigkeit, kurzfristig zielgerichtete Gegenmaßnahmen einzuleiten, bedingt entsprechend a) eine effiziente und Ressourcenschonende Umsetzung der Anforderungen, mit b) vollautomatisiertem Arbeitsablauf zu den entsprechenden Funktionseinheiten, die präventive Maßnahmen einleiten können. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, diese Ziele mit geringem Arbeits- und Zeitaufwand bei der Realisierung zu erreichen, weil die eingesetzten Algorithmen einfach sind und der Verfahrensablauf standardmäßig implementiert werden kann.

[0007] Folgende Kurzdarstellung soll zunächst die Grundkonzeption des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellen.

Im Anschluss wird dann anhand einer bevorzugten Ausführungsform (Datenmodell in Form von schematisierten Informations-Objekten) das erfindungsgemäße Verfahren detailliert erläutert.

[0008] Für das Erkennen von Erfassungsfehlern bieten sich an:

1. der einfache Vergleich der einzelnen Erhebungsdaten mit dem Streckenmodell (Plausibilitäts-/Lücken-Prüfung), sowie
2. eine Analyse der Gesamterhebungen pro Autobahnabschnitt (Verkehrsfluss).

[0009] In beiden Fällen müssen im ersten Schritt Daten (Ereignisse bzw. Summenwerte) hochperformant gewonnen werden. Schon mit diesen einfachen Informationen kann die Mauterhebung sehr wirkungsvoll agieren. Die Notwendigkeit für eine solche Verbesserung ist offensichtlich, weit zurzeit außer den Kennziffern im PMS keine unterstützenden Informationen für die operationale Steuerung zur Verfügung stehen.

[0010] Aus den Grunddaten lässt sich mit den Informationen über die Autobahnabschnitte ("Autobahnabschnitt") und den Knoten ("Knoten") die Relation "VonNach" ermitteln. Die Aktualisierung des Datenmodells erfolgt durch die Aktualisierung der Grunddaten.

[0011] Das so ermittelte Von-Nach-Wissen basiert aber (fast) nur auf dem erstellten mautpflichtigen Streckenmodell. Um gravierende Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist die manuelle Ergänzung um besondere Konstellationen in einer Tabelle "KnotenOptimierung" unbedingt schon vor Beginn der Analyse erforderlich. Die weitere Bewertung von aufeinander folgenden Streckenabschnittserhebungen hat entsprechend beide Informationsquellen ("Knoten", "KnotenOptimierung") nach folgendem Ablaufschema zu berücksichtigen:

[0012] Die zu einem Fahrzeug erhobenen einzelnen Streckenabschnitte mögen mit i, j, k, bezeichnet sein. Falls nach der Relation "Knoten" der Autobahnabschnitt j unmittelbar nach i folgen kann, kann die nächste Erhebung j mit k betrachtet werden. Die Datenkonstellation gilt auch als korrekt, falls der Autobahnabschnitt j nach der Relation "KnotenOptimierung" dem Autobahnabschnitt i unmittelbar folgen darf und i eine Ausfahrtkennung und j eine Einfahrtkennung trägt.

[0013] Nur in sehr wenigen Fällen muss weiter geprüft werden:

1. Es erfolgt für das Abschnittspaar i und j ein Eintrag "E-vent" in eine Ereignis-Tabelle, falls mit dem obigen Von-Nach-Wissen und den vorliegenden Zeitangaben bei Ausfahrt i und Einfahrt j bzw. den interpolierten Zeitwerten für i und j als einfache Streckenpunkte mit der Geschwindigkeit entsprechend dem Parameter-Wert für "MindestGeschwindigkeitFür-VonNach" aus dem Parametersatz "Standard" der Punkt j von i zu erreichen ist. Fachlich wird versucht, diese Konstellation als Erfassungslücke weiter zu interpretieren.

2. Ein "Event"-Eintrag erfolgt auch, wenn der Punkt j zeitlich nicht plausibel ist und kein Einfahrtkennzeichen trägt. Diese Konstellation wird häufig auch "Ortssprung" genannt. Fachlich wird diese Konstellation unter dem Gesichtspunkt Erfassungsfehler (falsch programmierte Stützbaken, Fehler im Streckenmodell, etc.) weiter untersucht.

[0014] Für den Fall, dass das im Fahrzeug befindliche Mautgerät bei eingeschalteter Zündung zwangsweise/unvermeidbar registriert und später auch sendet, braucht das potentielle Ereignis (Lücken mit Ein-/Ausfahrtkennung) vor einem Eintrag in die Ereignis-Tabelle nicht gegen eine eventuell vorliegende manuelle Einbuchung quergeprüft zu werden. Diese Analyse muss auch für Erhebungsdaten mit dem Wert 0 € (KFZ mit Fahrzeuggerät hat manuell eingebucht) durchgeführt werden.

[0015] Um unverzüglich zu informieren und geeignete Gegenmaßnahmen zur Schadensabwendung schnell einleiten zu können, sollten die Erhebungsdaten periodisch, z.B. im stündlichen Rhythmus untersucht, die Analyseergebnisse in der Ereignis-Tabelle zur Verfügung gestellt und Kennziffern über die Anzahl der "Events" im PMS angezeigt werden. Die Weiterverarbeitung der "Events" unter Einbeziehung aller Informationen in anderen Tabellen kann dann von der Mauterhebung in Form von automatisierten Arbeitsschritten incl. "e-mail-Alarmierung", Alerts, u.ä. umgesetzt werden. Dabei können bei Vorliegen von vielen Erhebungsdaten in einer weiterführenden Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens die VonNach-Relationen von km-Basis auf Zeit-Basis umgestellt werden.

[0016] Die folgenden Abschnitte sollen die Details der einzelnen Funktions- bzw. Ablaufschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand bevorzugter Ausführungsformen verdeutlichen. Dabei soll dargestellt werden, welche Untersuchungen auf einfache Weise möglich sind. Auf Erläuterung von Einzelheiten der datentechnischen Umsetzung wird weitgehend verzichtet. Grundsätzlich wird jedoch davon ausgegangen, dass das System die Erhebungsdaten mit hoher Rate auswerten und verarbeiten muss und aus pragmatischen Gründen der Speicherplatzbeschränkung Statistiken direkt erzeugt, d.h. Einzelfalldaten nur für Spezialfälle exportiert. Ebenso wird nicht die Art der Darstellung der Daten beschrieben. Diese muss durch geeignete Standardsoftware erfolgen. Das hier beschriebene Verfahren soll explizit nur als interne Informationsquelle dienen, d.h. ohne Berücksichtigung eventueller für Laien bedienbarer Oberflächen.

1 Datenerfassung

[0017] Die in einem automatischen Mauterhebungssystem erfassten Daten haben eine hohe Zahl von Erhebungen und können daher erfindungsgemäß als Informationsquelle für die Modellierung des Verkehrsflusses sowie zur Untersuchung von Systemeffizienzen verwendet werden. Das Ziel der Analyse soll die Bereitstellung der folgenden Signale sein:

- Häufigkeit von Abschnitts- Nicht-oder -Fehlerkennungen
- Flüsse durch Abschnitte und aus/in Anschlussstellen

[0018] Diese Signale werden anhand bestimmter, in Abschnitt 3 beschriebener Signaturen detektiert und gesammelt. Dazu benötigt das Analysesystem Zugriff auf folgende Datenquellen:

- Erhebungsdatenverwaltung (Fahrtdaten)
- Grunddatenverwaltung (Knoten-Kanten-Modell)

[0019] Außerdem sind einige Signaturen mit bestimmten Parametern zu detektieren, die vorzugeben sind. Diese Parameter werden *hard cuts* (Harte Schnitte) genannt.

[0020] Das Auftreten einer Signatur wird Ereignis genannt. Dabei ist zu beachten, dass dieselbe Einzelerhebung mehrere Ereignisse unterschiedlicher Signaturen auslösen kann. Ereignisse können dann in Ereignislisten gespeichert werden. Diese Listen würden ohne weitere Maßnahmen sehr schnell sehr groß werden, daher sind für die Erzeugung von Ereignislisten Filter vorzusehen, die nur Ereignisse mit bestimmten Eigenschaften speichern. Ereignislisten werden für die weitere Analyse vorzugsweise mit universelleren Tools erzeugt, dabei kommen u.a. weitere *cuts* (Schnitte) zur Anwendung, um interessierende Signale zu verstärken und vom Hintergrund (Rauschen) abzuheben.

[0021] Um bekannte Fehler aus den Statistiken zu eliminieren, sind Negativlisten von Abschnitts-IDs und EHK-IDs zu erstellen. Sobald in einem Ereignis ein Objekt, das auf einer Negativliste enthalten ist, referenziert wird, wird dieses Ereignis verworfen.

[0022] Schließlich sind alle Daten für bestimmte, genau definierte Betrachtungszeiträume zu erheben. In einfacher Ausführung reicht als Betrachtungszeitraum die Laufzeit des Programms, ebenso ist es aber auch möglich, beliebige Betrachtungszeiträume (z.B. stündlich oder täglich) zu wählen (siehe Abschnitt 4.3).

2 Datenaufbereitung

[0023] Bevor die Daten einer weiteren Auswertung zugeführt werden, sind sie aus den gelieferten Formaten in zu definierende und für die Analyse optimierte interne Darstellung aufzubereiten.

2.1 Daten der Grunddatenverwaltung (GdV)

[0024] In einem ersten Schritt sind die Daten der GdV einzulesen, zu plausibilisieren und in die notwendigen internen Darstellungen zu überführen. Hierbei ist zu beachten, dass diese Daten in versionierter Form vorliegen, d.h. abhängig vom Zeitpunkt einer Einzelerhebung muss die gültige Version der GdV-Daten verwendet werden. Schlägt die Plausibilisierung fehl, sind entsprechend aussagekräftige Warnungen auszugeben. Außerdem sind folgende Kennzahlen für jede Version der Grunddaten (Knoten-Kanten-Modell) auszugeben:

- Zahl der Kanten
- Zahl der Knoten
- Zahl der Auffahrten
- Zahl der Abfahrten

2.2 Erhebungsdaten

[0025] Die Erhebungsdaten werden von der EDV in Form von Summendatentöpfen (SDT) geliefert. Diese sind zunächst in Einzelerhebungen zu zerlegen. Dabei ist darauf zu achten, dass Informationen über den Summendatentopf sowie die Position im Summendatentopf nicht verloren geht. Die Originaldaten können sodann verworfen werden.

[0026] Die Erhebungsdaten sind zu plausibilisieren. Sofern ein Plausibilitätstest nicht bestanden wird, ist ein Ereignis mit einer eindeutig definierten Signatur zu erzeugen (siehe Abschnitt 3.1).

[0027] Einzelerhebungen sind durch ein eindeutiges Ordnungskriterium ausreichender Periode für jede Erhebungskarte sequentiell zu sortieren. Im Prinzip ist das Wertepaar (Summendatentopfzähler, Einzelerhebungsnummer) ein solches Ordnungskriterium, allerdings ist die Periode des Summendatentopfzählers mit 2^{16} zu gering. Periodenüberläufe des SDT-Zählers müssen daher erkannt, gezählt, und in das Kriterium aufgenommen werden, so dass sich folgendes eindeutiges Werte-Tripel ergibt: Periodenüberläufe, Summendatentopfzähler, Einzelerhebungsnummer.

3 Signaturen

[0028] In diesem Abschnitt wird dargestellt, welche Signaturen im System erkannt werden sollen und welche Parameter für *hard cuts* für diese Signaturen relevant sind. Generell wird unterschieden zwischen

- lokalen Signaturen, d.h. Signaturen, die bei der Analyse eines einzelnen, isolierten Erhebungsdatensatzes erkannt werden können und
- nichtlokalen Signaturen, d.h. Signaturen, bei der die Beziehungen von mehreren Erhebungsdatensätzen zueinander eine Rolle spielen.

[0029] Es ist offensichtlich, dass die Erkennung von lokalen Signaturen weit weniger aufwändig ist, als die Erkennung von nichtlokalen Signaturen. Für letztere ist eine klare und performante Systemarchitektur erforderlich, um mit vertretbarem Aufwand eine ausreichende Performanz herzustellen. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass nichtlokale Signaturen nicht ohne die Verwaltung von internen Zuständen erkannt werden können. Die Speicherung dieser Zustände muss hochperformant sein (d.h. im RAM erfolgen) und muss ausdrücklich nicht persistent gehalten werden.

[0030] Ereignisse mit lokalen Signaturen können in dem in Tabelle 1 wiedergegebenen Format zuzüglich der Spalte "Signatur" dargestellt und in Einzelfalllisten abgespeichert werden. Für Ereignisse mit nichtlokalen Signaturen sind hingegen spezifische Datenformate (die auch die Spalte "Signatur" enthalten müssen) zu definieren. Die Felder von abgespeicherten Ereignissen werden auch als Ereignisvariable bezeichnet.

3.1 Plausibilität der Erhebungsdaten

[0031] Die Prüfung der Plausibilität von Erhebungsdaten erfolgt zunächst lokal. Dabei sind die in den Erhebungsdaten enthaltenen Datenfelder gegen einen Wertebereich zu testen. Bei Feldern, die auf Objekte aus dem Tarif- oder Streckenmodell referenzieren, ergibt sich der Wertebereich aus diesem Modell. Bei anderen Feldern sollen obere und untere Grenzen oder eine diskrete Menge als *hard cuts* angegeben werden können.

[0032] Daneben sind auch nichtlokale Signaturen zu erkennen:

- Lücke im Summendatentopfzähler

[0033] Hier ist zu beachten, dass die Summendatentöpfe zu einer Erhebungskarte nicht unbedingt in sequentiell richtiger Reihenfolge eintreffen. Diese sind daher zunächst zu ordnen und Lücken können erst nach einem *Timeout* erkannt werden. Dieser *Timeout* ist für diese Signatur ein *hard cut*.

- Lücke im Einzelerhebungszähler

[0034] Diese Signatur erfordert keinen weiteren Parameter.

[0035] Ereignisse bzgl. negativen Plausibilitätstests von Erhebungsdaten werden in dem in Tabelle 2 dargestellten Format zuzüglich der Spalte "Signatur" dargestellt.

3.2 Topologische Abschnittsfehlerkennungen und Erkennungslücken

[0036] In Figur 1 sind die (nicht vollständigen!) Signaturen für Ein-Abschnitts-Fehler dargestellt. Die Abschnitte sind mit p, q und r bezeichnet und entsprechend des Ordnungskriteriums für Erhebungsdaten (siehe Abschnitt 2.2) sortiert. Es sollen nun zwei verschiedene Signaturen erkannt werden:

- Sichere Ein-Abschnitts-Lücken (vergl. Figur 1 oben).

[0037] Das Attribut "sicher" wird dabei im Sinne von "eindeutig" verwendet. So sind beispielsweise auch bei Signaturen der Länge 2 (siehe Figur 2) Lücken zu erkennen, allerdings ist hier nicht sicher, dass genau ein Abschnitt nicht oder

falsch erhoben wurde.

[0038] Hier enthält der Datenstrom die Abschnitte p und r mit einer Ausfahrts- bzw. Einfahrtskennung. Es existiert (wenigstens) ein Abschnitt q, der einen zusammenhängenden Streckenzug (p,q,r) ergibt. Die Zeitspanne zwischen Ausfahrts- und Einfahrtskennung ist nicht größer als die Länge des (kürzesten) Abschnitts q dividiert durch einen Parameter "Grenzgeschwindigkeit", der einen *hard cut* definiert.

- Sichere Ein-Abschnitts-Fehlerkennung

(Figur 1 unten)

[0039] Hier enthält der Datenstrom drei Abschnitte p, q und r, die keinen zusammenhängenden Streckenzug bilden. Es ist kein weiterer *hard cut* Parameter notwendig.

[0040] Ereignisse mit diesen Signaturen sollen mit den in Tabelle 2 beschriebenen Feldern dargestellt werden.

[0041] In Figur 2 sind weitere Signaturen dargestellt, die ebenfalls von Interesse sind:

- Diskontinuität (Figur 2 links oben)

[0042] Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte, die nicht als Ausfahrt und Einfahrt gekennzeichnet sind, sind im Streckenmodell nicht durch einen Knoten verbunden. Es ist zu beachten, dass dieser Fall eine geringere Signifikanz als der oben diskutierte Fall "Sichere Ein-Abschnitts-Lücken" besitzt, insbesondere lässt er sich nicht zur Abschätzung der Erhebungseffizienz verwenden. Um die Redundanz zu diesem Fall zu verringern, kann die Signatur wie folgt schärfer formuliert werden: Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte, die nicht als Ausfahrt und Einfahrt gekennzeichnet sind, können im Streckenmodell nicht durch genau einen Abschnitt verbunden werden.

- (Falsche) Aus-Einfahrtserkennung
(Figur 2 rechts oben)

[0043] Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte, die als Ausfahrt und Einfahrt gekennzeichnet sind, sind im Streckenmodell durch einen Knoten verbunden und die Zeitdifferenz zwischen Ausfahrt und Einfahrt ist kleiner als ein Schwellwertparameter (*hard cut*).

- Fehlende Ausfahrtskennung (Figur 2 links, Mitte)

[0044] Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte p und q, von denen p nicht als Ausfahrt aber q als Einfahrt gekennzeichnet sind, sind im Streckenmodell nicht durch einen Knoten verbunden.

- Falsche Ausfahrtskennung (Figur 2 rechts, Mitte)

[0045] Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte p und q, von denen p nicht als Ausfahrt aber q als Einfahrt gekennzeichnet sind, sind im Streckenmodell durch einen Knoten verbunden.

- Fehlende Einfahrtskennung (Figur 2 links unten)

[0046] Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte p und q, von denen p als Ausfahrt aber q nicht als Einfahrt gekennzeichnet sind, sind im Streckenmodell nicht durch einen Knoten verbunden.

- Falsche Ausfahrtskennung (Figur 2 rechts unten)

[0047] Zwei im Datenstrom aufeinanderfolgende Abschnitte p und q, von denen p als Ausfahrt aber q nicht als Einfahrt gekennzeichnet sind, sind im Streckenmodell durch einen Knoten verbunden.

[0048] Ereignisse mit diesen Signaturen sollen mit den in Tabelle 3 beschriebenen Feldern dargestellt werden.

[0049] In Figur 3 sind einige nichtlokale Signaturen der Länge 4 ohne die Betrachtung der Einfahrt- und Ausfahrtskennungen wiedergegeben. Es ist klar zu erkennen, dass aufgrund der starken kombinatorischen Abhängigkeit von der Länge die Zahl der zu betrachtenden Fälle stark anwächst. Die relativ geringen Gewinne der durch diese Signaturen erkennbaren Informationen lassen zum gegenwärtigen Zeitpunkt den mit der Erkennung verbundenen Aufwand nicht als verhältnismäßig erscheinen. Alle grundsätzlichen Funktionen der Erhebung lassen sich mit den in Figur 1 und Figur 2 dargestellten Signaturen quantitativ und qualitativ gut überprüfen.

4 Statistiken

[0050] Die Ereignisse der Einzelsignaturen sollen erfindungsgemäß statistisch ausgewertet werden. Dies geschieht technisch durch das Klassifizieren und Zählen von Ereignissen (absolute Häufigkeit) und das Normieren auf eine entsprechende Grundgesamtheit um relative Häufigkeiten zu erhalten. Dabei gilt, dass bei unabhängigen Ereignissen der Fehler (die Standardabweichung) der absoluten Häufigkeit durch die Wurzel aus dieser Häufigkeit gegeben (abzuschätzen) ist. Dies bedeutet, dass der wahre Wert der zugrundeliegenden Zufallsvariablen mit 67%iger Wahrscheinlichkeit im Intervall $N \pm \sqrt{N}$ liegt. Der relative Fehler einer Messgröße fällt daher mit $1/\sqrt{N}$.

4.1 Absolute Häufigkeiten

[0051] Folgende Aufstellung gibt die zu führenden Zähler wieder:

- Zahl der eingegangenen STDs
- Zahl der eingegangenen STDs pro EHK
- Zahl der eingegangenen Einzelerhebungen

[0052] Die Gesamtzahl der eingegangenen Einzelerhebungen sollte sich auch aus der Summe der Zahlen der Einzelerhebungen pro EHK oder pro Streckenabschnitt ergeben. Aus praktischen Gründen (Konsistenzchecks) sollte eine solch wichtige Größe allerdings immer extra gezählt werden.

- Zahl der eingegangenen Einzelerhebungen pro EHK
- Zahl der eingegangenen Einzelerhebungen pro Streckenabschnitt
- Zahl der eingegangenen Einzelerhebungen pro Streckenabschnitt mit Einfahrtkennung
- Zahl der eingegangenen Einzelerhebungen pro Streckenabschnitt mit Ausfahrtkennung
- Gesamtzahl der Ereignisse
- Gesamtzahl der Ereignisse pro Signatur
- Gesamtzahl der Ereignisse pro Signatur und pro Streckenabschnitt
- Gesamtzahl der Ereignisse pro Signatur und pro EHK
- Verworfenen Ereignisse pro Eintrag der Negativliste

4.2 Histogramme

[0053] Ein (eindimensionales) Histogramm ist eine Menge von Zählern (Kanälen), in denen die Häufigkeit des Auftretens eines Wertes einer Ereignisvariablen festgehalten wird. Ein Kanal wird auch *Bin* genannt, die Zuordnung von Wertebereichen der histogrammierten Variablen zu den Kanälen heißt *Binning*. (Streng genommen ist also z.B. die oben angegebene zu erhebende absolute Häufigkeit von Einzelerhebungen pro EHK ein Histogramm von Einzelerhebungen über der Ereignisvariable EHK-ID.) Es sollte immer das Histogramm über die Zahl der Einzelerhebungen pro STD geführt werden.

[0054] Wird nach mehr als einer Variablen differenziert, ergeben sich zwei- oder multidimensionale Histogramme. (Ein zweidimensionales Histogramm wäre z.B. die Zahl der Einzelerhebungen über der EHK-ID und über den Streckenabschnitt). Mehrdimensionale Histogramme können über Projektionen (addieren aller Einträge über eine zu eliminierende Dimension) in ihrer Dimensionalität reduziert werden. Hierbei vermindert sich durch die Erhöhung der absoluten Ereigniszahlen der relative Fehler pro Bin.

4.3 Ausgabe

[0055] Alle statistisch erhobenen Daten sollen vorzugsweise in Form von Datenbanktabellen regelmäßig (d.h. einmal

pro Betrachtungszeitraum) ausgegeben, also nachfolgenden Programmen zur Verfügung gestellt werden. Nach Ablauf eines Betrachtungszeitraumes sind sämtliche Zählerinhalte zu löschen. Zähler sollen nicht persistent sein, d.h. sie werden bei Programmstart mit Null initialisiert. Pro Ausgabe ist eine *Header*-Tabelle auszugeben, in der der Betrachtungszeitraum sowie die verwendete Werte für *hard cuts* bei der Signaturerkennung sowie evtl. weitere, für die Interpretation der Daten wichtige Optionen und Parameter enthalten sind.

5 Ereignislisten

[0056] In Ereignislisten werden im Gegensatz zu den in Abschnitt 4 beschriebenen Statistiken, u.a. Daten abgelegt, die einzelne Ereignisse beschreiben (siehe Abschnitt 3). Diese Listen können dann weiteren Analysetools (Data-Warehouses, o.ä.) als Datengrundlage dienen.

[0057] Zur Normierung der in den Listen enthaltenen Daten müssen in den Ereignislisten in regelmäßigen Abschnitten die aktuellen Zählerstände der absoluten Häufigkeiten enthalten sein.

5.1 Filter

[0058] Ohne weitere Vorkehrungen würden Ereignislisten sehr groß. Daher werden die auftretenden Ereignisse vorzugsweise zunächst durch Filter geleitet, bevor sie tatsächlich in eine Ausgabeliste geschrieben werden. Ein solches Filter lässt nur Ereignisse mit bestimmten Eigenschaften passieren. Beispiele für Filterbedingungen sind:

- Alle Ereignisse, die eine EHD-ID betreffen
- Alle Ereignisse, die einen Abschnitt betreffen
- Alle Ereignisse vom Typ "Diskontinuität", deren Fahrten z.B. zwischen 14:00 und 15:00 liegen.

[0059] Filterbedingungen sind also allgemeine logische Ausdrücke, die unter Zugriff auf die Datenfelder eines Ereignisses ausgewertet werden. Um dem Anwender zu erlauben, eigene Filterbedingungen zu formulieren, kann ein *Parser* für diese Ausdrücke implementiert werden. Dies ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, wenn Filterbedingungen zunächst im Programmcode verankert werden.

[0060] In erweiterter Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können auch mehrere Filter gleichzeitig betrieben werden. In diesem Fall erzeugt jedes Filter eine eigene Ausgabeliste, in denen Daten durchaus redundant enthalten sein können.

6 Flüsse

[0061] Als Fluss lässt sich für das erfindungsgemäße Verfahren der Durchsatz pro Zeiteinheit an einem Querschnitt definieren (streng genommen bezogen auf diesen Querschnitt; im allgemeinen reicht es jedoch aus, für alle Abschnitte den gleichen Querschnitt anzunehmen). Mit den oben vorgestellten Zählern ist es sehr einfach, die folgenden Flüsse zu berechnen:

- Fluss pro Abschnitt

[0062] Hier wird für jeden Abschnitt die Zahl der Erhebungen im Betrachtungszeitraum gezählt.

- Fluss pro Einfahrt bzw. Ausfahrt

[0063] Hier wird für jeden Abschnitt die Zahl der Erhebungen mit Einfahrt- bzw. Ausfahrtkennung gezählt.

[0064] Für Flüsse können verschiedene Erhaltungssätze formuliert werden. Im Fall von Quellenfreiheit sind diese Regeln in der Elektrotechnik z.B. als Kirchhoff'sche Regeln bekannt. (Quellenfreiheit bedeutet hier, dass die betrachteten Objekte nicht spontan aus einer Quelle entstehen oder in einer Senke verschwinden können. Im Allgemeinen kann von einem quellenfreien Fluss ausgegangen werden und damit Divergenzen im Fluss als Hinweis auf Fehler-Effekte gewertet werden). Im vorliegenden Fall lautet die Kirchhoff'sche Knotenregel z.B., dass die Summe aller Flüsse an einem Knoten Null sein muss. (Es sei hier darauf hingewiesen, dass die detaillierte Analyse der gemessenen Flüsse nicht trivial ist und nicht Teil der Erfindung darstellt. Zum einen ist die Quellenfreiheit nur für ausreichend große Betrachtungszeiträume realistisch, da das betrachtete Netz eine gewisse Speicherkapazität aufweist und das Medium komprimierbar ist, zum anderen müssen zur Anwendung der Kirchhoff'schen Regeln bestimmte Voraussetzungen an das Knoten-Kanten-Modell gestellt werden, deren Einhaltung bisher nicht verifiziert wurden.)

7 Erhebungseffizienz

[0065] Ein wesentliches Ziel der erfindungsgemäßen Analyse ist die Abschätzung der Erhebungseffizienz. Die Erhebungseffizienz ist der Quotient aus als Einzelerhebungen korrekt erkannten Streckenabschnitten zu der Zahl der auf der tatsächlichen Fahrt liegenden Streckenabschnitte für eingeschaltete Fahrzeuggeräte. Diese so definierte Erhebungseffizienz kann für einen Großteil der Abschnitte aus den in Abschnitt 3.2 dargestellten topologischen Signaturen der Länge 3 unter Verwendung der in Abschnitt 4.1 dargestellten absoluten Häufigkeiten näherungsweise geschätzt werden als der Quotient aus der Summe der absoluten Häufigkeiten der Ereignisse mit den Signaturen "Sichere Ein-Abschnitts-Lücken" und "Sichere Ein-Abschnitts-Fehl-erkennung" und der Zahl der Einzelerhebungen zuzüglich der Zahl der Ereignisse mit der Signatur "Sichere Ein-Abschnitts-Lücken".

[0066] Diese Näherung geht von einer Erhebungseffizienz nahe bei eins aus. Hieraus folgt, dass die Zahl der Zwei-Abschnittslücken, in der zwei Abschnitte nacheinander nicht erkannt werden, stark unterdrückt ist und dass die Zahl der Einzelerhebungen einen ausreichend genauen Schätzer für die Grundgesamtheit (den Nenner) darstellt. Für eine exakte Fehlerbetrachtung können Monte-Carlo-Simulationen eingesetzt werden.

[0067] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Schwächen der eingehenden Daten im laufenden Betrieb erkannt werden. Zeitaufgelöste Qualitätsaussagen sind ebenso möglich, wie die Erkennung defekter Fahrzeugeinheiten. Die Erfassung der erforderlichen Daten für die Analyse ("Mauterhebung") ist extrem einfach und verursacht kaum zusätzlichen organisatorischen oder operativen Aufwand, weil die eingesetzten Algorithmen bekannt sind und der Verfahrensablauf standardmäßig implementiert werden kann. Zudem werden diese Werte für andere statistische Auswertungen ohnehin benötigt. Das zeitliche Raster (Aktualität) und die Weiterverarbeitung inkl. PMS sind vergleichbar mit der Plausibilitätsprüfung. Mit der erfindungsgemäßen Erfassungsfehler-Analyse ergeben sich weiterführende Ansätze zur Fehlerfeststellung.

Tabelle 1

Name	Typ	Quelle	Erklärung
EHK ID		EdV	Erhebungskarten-ID
STD_Z		EdV	Summendatentopfzähler
...			
ErhebungsZeit Punkt	DATETIME	EdV	Zeitpunkt der Fahrt (aus STD-Header)
Abschn ID		EdV	Erkannte AbschnittsID
Abschn L		GdV	Länge des erkannten Abschnitts
...			
Erh Param		EdV	Erhebungsparameter
...			

Tabelle 2

Name	Typ	Quelle	Erklärung
EHK ID		EdV	Erhebungskarten-ID
...			
ErhebungsZeit Punkt	DATETIME	EdV	Zeitpunkt der Fahrt (aus STD-Header)
Abschn ID_P		EdV	Erkannte AbschnittsID
Abschn_ID_Q		EdV	Erkannte bzw. rekonstruierte, fehlerhafte AbschnittsID
Abschn ID R		EdV	Erkannte AbschnittsID
DeltaT			Ggf. Zeitdifferenz zwischen Ausfahrt und Einfahrt
SigType			Signaturtypus

Tabelle 3

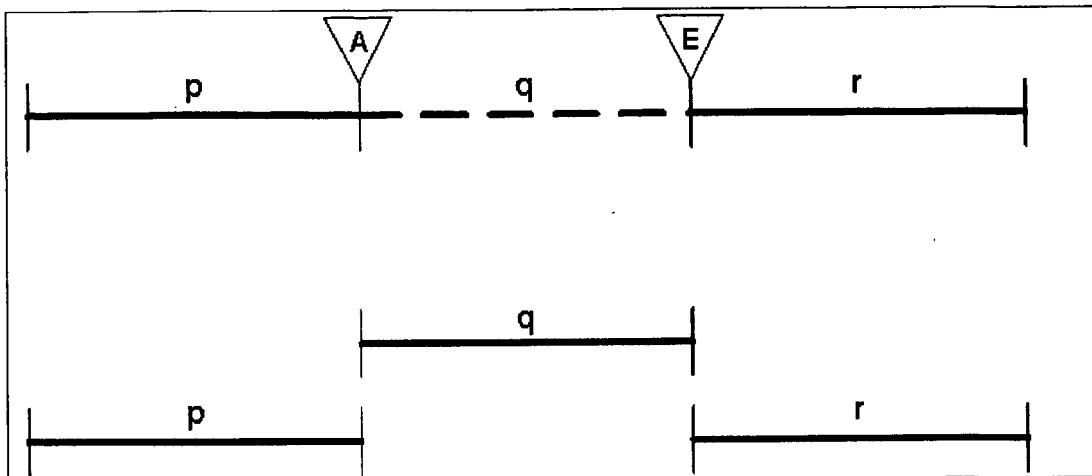
Name	Typ	Quelle	Erklärung
EHK ID		EdV	Erhebungskarten-ID
...			
ErhebungsZeit Punkt	DATETIME	EdV	Zeitpunkt der Fahrt (aus STD-Header)
Abschn ID P		EdV	Erkannte AbschnittsID
Abschn_ID_Q		EdV	Erkannte bzw. rekonstruierte, fehlerhafte AbschnittsID
...			
SigType			Signaturtypus
...			

Patentansprüche

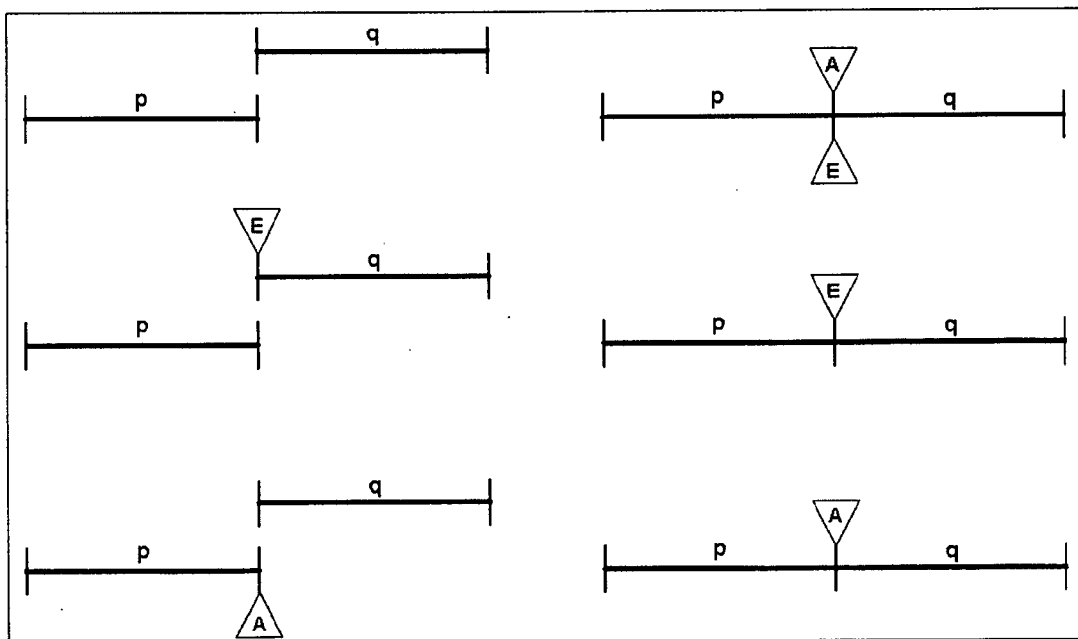
1. Verfahren zur Auswertung von Verkehrsdaten, wobei mittels stationärer und/oder mobiler Übertragungseinrichtungen Fahrtdaten von Fahrzeugen aus Abschnitten eines Verkehrswegenetzes erfasst und die so erhaltenen Erhebungsdaten zur weiteren Auswertung (z.B. Erstellung eines Verkehrsflussmodells) an eine Datenverarbeitungseinrichtung übermittelt werden,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Erhebungsdaten über die Datenverarbeitungseinrichtung mit einem gespeicherten Modell des Verkehrswegenetzes (Grunddatenmodell, z.B. als Knoten-Kanten-Modell) verglichen und anhand vorgegebener Kriterien auf Erfassungsfehler analysiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Erhebungsdaten anhand Plausibilitätskriterien, wie z.B. zusammenhängende Fahrtroute, logische Abfolge von Eintritt und Austritt aus einem Streckenabschnitt, räumlich und zeitlich sequentielle Folge von Fahrtabschnitten, realistische Fahrtgeschwindigkeit usw., auf Erfassungsfehler analysiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet , **dass** identifizierte Erfassungsfehler nach charakteristischen Merkmalen (Signaturen) klassifiziert und in zugeordneten Datenfeldern (Ereignislisten) zur weiteren Auswertung gespeichert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet ,
dass als charakteristisches Merkmal zur Klassifizierung identifizierter Erfassungsfehler die in den zugeordneten Erhebungsdaten enthaltene geografische Information (z.B. Position eines Fahrtabschnitts, Knotens, usw.) vorgegeben wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet ,
dass als charakteristisches Merkmal zur Klassifizierung identifizierter Erfassungsfehler Zeitinformationen (Tageszeit, zeitliche Abfolge zwischen Ein- u. Ausfahrt in einen Abschnitt, usw.) vorgegeben werden.
6. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Datenfelder identifizierter Erfassungsfehler mittels statistischer Kriterien (z.B. Signifikanz, Häufigkeit, räumliche/zeitliche Korrelationen usw.) ausgewertet werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Ergebnisse der statistischen Auswertung zur Identifizierung von systematischen Fehlerquellen (z.B. defekte

stationäre/mobile Übertragungseinrichtung) herangezogen werden.

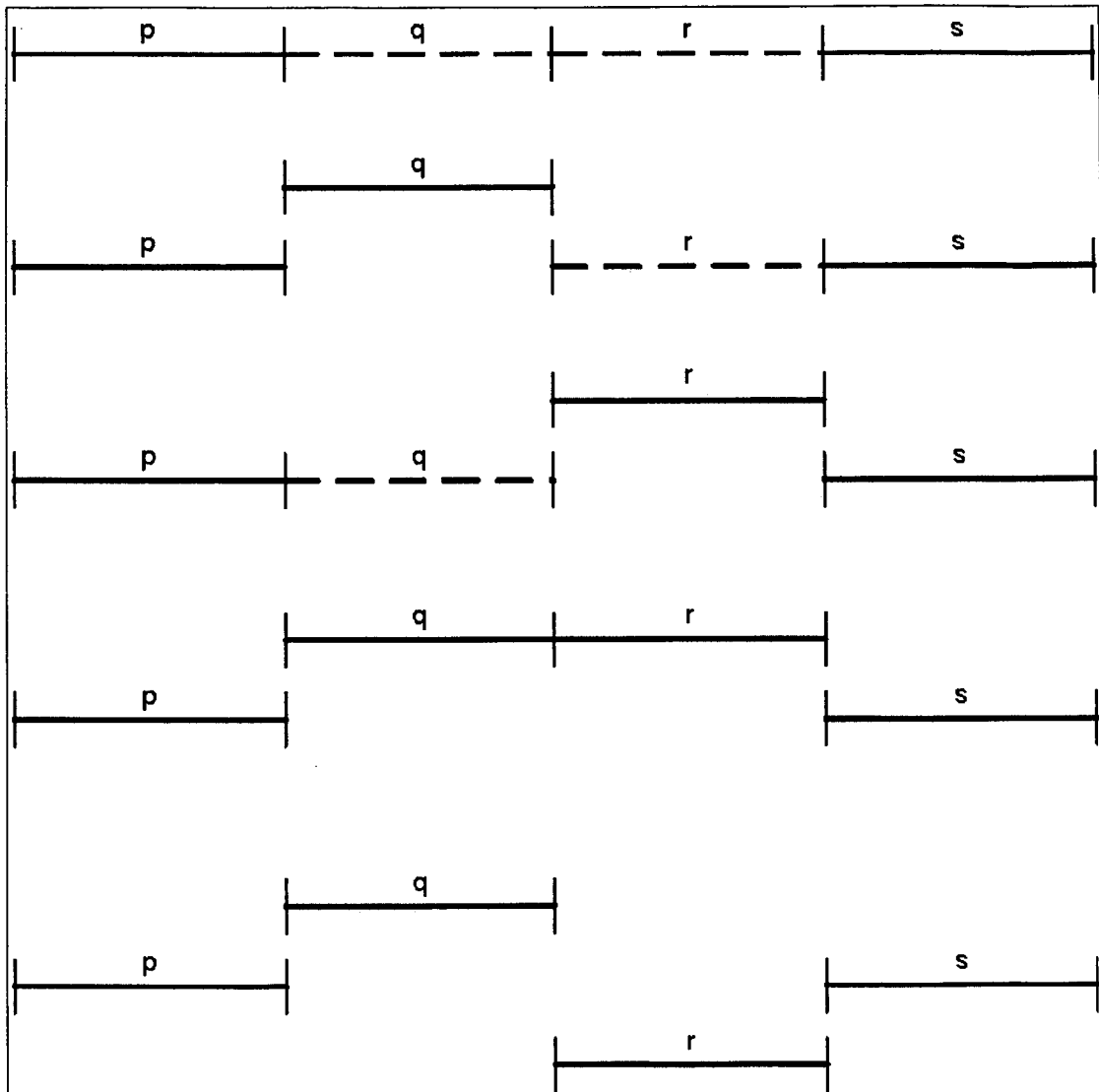
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet ,
dass identifizierte systematische Fehlerquellen zur Korrektur des aktuellen Modells des Verkehrsflusses herangezogen werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Korrektur nach einem vorgegebenen zeitlichen Raster, z.B. stündlich, durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Auswertung der Verkehrsdaten die Berechnung von Mautgebühren beinhaltet.



Figur 1



Figur 2



Figur 3