



(11) **EP 2 012 289 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
27.10.2010 Bulletin 2010/43

(51) Int Cl.:
G08G 1/01 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08104579.1**

(22) Date de dépôt: **27.06.2008**

(54) **Estimation de trafic dans un réseau routier**

Abschätzung des Verkehrsaufkommens in einem Straßennetz

Estimation of traffic in a road network

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **02.07.2007 FR 0756224**

(43) Date de publication de la demande:
07.01.2009 Bulletin 2009/02

(73) Titulaires:
• **Mediamobile**
94200 Ivry sur Seine (FR)
• **Ecole Polytechnique**
91128 Palaiseau Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Liberti, Léo**
75001 Paris (FR)
• **Barbier, Gilles**
75009 Paris (FR)
• **Baptiste, Philippe**
78000 Versailles (FR)
• **Krob, Daniel**
75013 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Lapoux, Roland**
Bloch & Bonnetat
23bis, rue de Turin
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
WO-A-94/11839 US-A1- 2002 026 278
US-A1- 2006 176 817

- **WEIZHEN GU ET AL: "On a Traffic Control Problem" PARALLEL ARCHITECTURES, ALGORITHMS AND NETWORKS, 2005. ISPAN 2005. PROCEEDINGS. 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAS VEGAS, NV, USA 07-09 DEC. 2005, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, 7 décembre 2005 (2005-12-07), pages 510-515, XP010878235 ISBN: 0-7695-2509-1**
- **AWASTHI A ET AL: "Rule based prediction of fastest paths on urban networks" INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2005. PROCEEDINGS. 2005 IEEE VIENNA, AUSTRIA 13-16 SEPT. 2005, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, 13 septembre 2005 (2005-09-13), pages 978-983, XP010843158 ISBN: 0-7803-9215-9**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 012 289 B1

Description

[0001] La présente invention concerne une estimation partielle du trafic dans un réseau routier reposant sur une information de trafic dynamique partielle dans le réseau routier.

[0002] Avec le développement des systèmes d'informations routiers, on est aujourd'hui capable d'obtenir et de diffuser en temps réel des données concernant la fluidité du trafic sur un réseau routier.

Cette information de trafic, exprimée en vitesses de circulation ou de temps de parcours, est relevée en permanence en temps réel sur le terrain par différents équipements de mesure tels que des capteurs fixes sur les chaussées et des capteurs mobiles dans des véhicules. Cependant, ces équipements de mesure sont peu nombreux comparativement à l'étendue du réseau routier et produisent des relevés d'information de trafic ne couvrant qu'une partie minime du réseau routier.

Concrètement, une information de trafic n'est disponible à un instant donné que sur un sous-ensemble très réduit de tronçons du réseau routier. Sur les très nombreux tronçons restants du réseau routier, non couverts par les relevés d'information de trafic sur le terrain, on ne dispose au mieux que de valeurs estimées statiques, qui peuvent être complètement séparées et très éloignées de la réalité du trafic à l'instant donné.

Dans cette situation, il est impossible de diffuser une information de trafic variable liée aux tronçons restants, et de considérer l'information statique qu'ils portent comme fiable par exemple dans un système de détermination d'itinéraire routier le plus rapide qui dépendrait de l'état actuel du trafic.

[0003] L'invention a pour objectif d'attribuer une information de trafic actualisée à des tronçons du réseau routier non couverts par les relevés des équipements de mesure sur le réseau routier, en utilisant l'information de trafic disponible pour les tronçons du réseau routier couverts par les relevés.

[0004] Pour atteindre cet objectif, un procédé pour estimer le trafic dans un réseau routier représenté par un graphe d'arcs correspondant à des tronçons du réseau routier et bornés par des noeuds d'intersection, le graphe comprenant un sous-graphe d'arcs correspondant à des tronçons du réseau routier dont une information de trafic est mesurée, est caractérisé en ce qu'il comprend:

pour chaque triplet de noeuds consécutifs du graphe, une détermination d'une probabilité de propagation proportionnelle au rapport d'une fréquence de propagation du triplet sur la somme totale des fréquences de propagation des triplets ayant les mêmes noeuds de départ et central que le triplet, la fréquence de propagation du triplet étant un nombre de chemins les plus rapides qui empruntent le triplet, et

une estimation des informations de trafic pour des arcs du graphe n'appartenant pas au sous-graphe et reliés chacun à un noeud du sous-graphe, l'information de trafic d'un arc n'appartenant pas au sous-graphe et sortant d'un noeud du sous-graphe étant estimée en fonction de probabilité de propagation et d'information de trafic mesurée relatives à l'ensemble d'arc du sous-graphe entrant dans ledit noeud.

L'estimation des informations de trafic pour des arcs du graphe n'appartenant pas au sous-graphe reflète une propagation des informations de trafic dynamique, relevées physiquement sur des tronçons du réseau routier correspondant aux arcs du sous-graphe, vers des arcs correspondant à des tronçons pour lesquels aucune information de trafic n'est mesurée. Ainsi de proche en proche, par au moins une itération de l'estimation en prenant les arcs dont les informations de trafic viennent d'être estimées et donc actualisées comme arcs du sous-graphe, et plus généralement par plusieurs itérations successives de l'estimation, les informations de trafic d'arcs dans le voisinage des arcs du sous-graphe sont estimées. L'invention permet de proposer en temps réel des itinéraires dans le réseau routier en fonction d'informations de trafic estimées reflétant le trafic routier réel sur des tronçons pour lesquels le trafic n'est pas mesuré.

L'information de trafic disponible sur le sous-graphe dont les informations de trafic sont mesurées est propagée progressivement itération par itération dans le graphe, par pas d'arc, pour chaque actualisation des informations de trafic mesurées. Ceci résulte de l'influence de la vitesse moyenne des véhicules dans un tronçon de route donné sur la vitesse moyenne des véhicules sur des tronçons de route adjacents au tronçon de route donné suivant son sens de circulation. Des itérations de l'estimation peuvent être arrêtées lorsqu'un temps prédéterminé d'exécution des itérations inférieur à une période de mesure des informations de trafic est atteint, et/ou le nombre d'itérations de l'estimation peut être limité à la profondeur de voisinages des noeuds du sous-graphe, et/ou des itérations de l'estimation peuvent être arrêtées pour un arc donné lorsque l'information de trafic estimée avoisine une constante prédéterminée à un paramètre de tolérance près.

Préalablement à l'estimation des informations de trafic, la probabilité de propagation d'un triplet de trois noeuds du graphe est déterminée définitivement et peut comprendre un dénombrement des chemins les plus rapides qui empruntent le triplet parmi tous les chemins possibles entre deux noeuds quelconques du graphe. Afin de limiter le temps de détermination des probabilités de propagation et l'intérêt de celles-ci à des arcs du graphe voisins du sous-graphe, le dénombrement des chemins les plus rapides qui empruntent le triplet peut être mis en oeuvre dans un voisinage de profondeur prédéterminée exprimée en nombre de noeuds les plus proches du noeud central du triplet.

Selon une réalisation, l'information de trafic mesurée d'un arc du sous-graphe dépend du flux de trafic dans un tronçon correspondant du réseau routier, et l'information de trafic d'un arc n'appartenant pas au sous-graphe et sortant d'un noeud du sous-graphe est proportionnelle au produit de la probabilité de propagation et de l'information de trafic relatives à au moins un arc du sous-graphe entrant dans ledit noeud.

[0005] L'invention a aussi pour objet un dispositif pour estimer le trafic dans un réseau routier représenté par un graphe d'arcs correspondant à des tronçons du réseau routier et bornés par des noeuds d'intersection, le graphe comprenant un sous-graphe d'arcs correspondant à des tronçons du réseau routier dont une information de trafic est mesurée. Le dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend:

pour chaque triplet de noeuds consécutifs du graphe, un moyen pour déterminer une probabilité de propagation proportionnelle au rapport d'une fréquence de propagation du triplet sur la somme totale des fréquences de propagation des triplets ayant les mêmes noeuds de départ et central que le triplet, la fréquence de propagation du triplet étant un nombre de chemins les plus rapides qui empruntent le triplet, et

un moyen pour estimer des informations de trafic pour des arcs du graphe n'appartenant pas au sous-graphe et reliés chacun à un noeud du sous-graphe, l'information de trafic d'un arc n'appartenant pas au sous-graphe et sortant d'un noeud du sous-graphe étant estimée en fonction de probabilité de propagation et d'information de trafic mesurée relatives à l'ensemble d'arc du sous-graphe entrant dans ledit noeud.

[0006] Enfin, l'invention se rapporte à un programme d'ordinateur apte à être mis en oeuvre dans un dispositif informatique et destiné à estimer le trafic dans un réseau routier représenté par un graphe d'arcs correspondant à des tronçons du réseau routier et bornés par des noeuds d'intersection, le graphe comprenant un sous-graphe d'arcs correspondant à des tronçons du réseau routier dont une information de trafic est mesurée. Le programme comporte des instructions qui, lorsque le programme est exécuté dans ledit dispositif, réalisent les étapes du procédé selon l'invention.

[0007] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations de l'invention données à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 est un bloc-diagramme schématique d'un dispositif d'estimation de trafic routier selon l'invention ;
- la figure 2 est un premier graphe d'arcs respectivement associés aux tronçons d'un réseau routier ;
- la figure 3 est un deuxième graphe comprenant des arcs renseignés dynamiquement et associés à des tronçons du réseau routier munis d'équipements de mesure de trafic ;
- la figure 4 est un schéma d'arcs entrants et d'arcs sortants autour d'un noeud du premier graphe ;
- la figure 5 est un schéma d'arcs du premier graphe à renseigner par propagation d'information de trafic depuis un arc renseigné dynamiquement du deuxième graphe selon l'invention ; et
- la figure 6 est un algorithme d'un procédé d'estimation de trafic routier selon l'invention.

[0008] Comme montré à la figure 1, un dispositif d'estimation de trafic routier DET pour traiter le trafic d'un réseau routier RR selon l'invention comprend une unité centrale de traitement UC, un modélisateur de trafic routier par graphe orienté MTR, un module de détermination de probabilité de propagation DPP, un module de propagation de trafic PT, une interface de communication IC et une base de données BD.

[0009] L'unité centrale de traitement UC, telle qu'un processeur, contrôle l'exécution du procédé et est reliée aux ou intègre les composants précités dans le dispositif.

Le dispositif d'estimation de trafic DET selon l'invention est par exemple inclus dans un ordinateur personnel ou un serveur. Les blocs fonctionnels du dispositif DET représentés à figure 1 assurent des fonctions ayant un lien avec l'invention et peuvent correspondre à des modules logiciels et/ou matériels.

Selon la réalisation illustrée à la figure 1, le dispositif DET est inclus dans ou relié à un serveur diffusant périodiquement en temps réel des informations de trafic routier actualisées vers des systèmes de navigation routière par exemple à bord de véhicules ou inclus dans des terminaux de radiocommunication portables, comme des assistants numériques personnels communicants PDA (smartphones), pour déterminer des itinéraires. Les informations de trafic routier diffusées sont actualisées en fonction d'informations de trafic mesurées par des équipements de mesure de trafic EMT.

Selon une autre réalisation, le dispositif DET est inclus dans ou relié à un système de navigation routière qui reçoit périodiquement des informations de trafic relevées par des équipements de mesure.

La base de données BD est liée au dispositif DET, c'est-à-dire elle est soit intégrée dans le dispositif DET, soit incorporée dans un serveur de gestion de base de données et reliée au dispositif DET par une liaison locale ou distante. La base de données BD comprend notamment des informations nécessaires au fonctionnement du dispositif DET de l'invention telles que des données cartographiques et de trafic du réseau routier RR caractérisant un graphe d'arcs orientés G1 représentant le réseau routier et un deuxième graphe d'arcs orientés G2 représentant une partie du réseau routier RR, les graphes étant définis ci-après.

L'interface de communication IC est apte à communiquer avec des équipements de mesure de trafic EMT tels que des postes de comptage de véhicule, capteurs de vitesse et caméras de surveillance de trafic, qui sont pour certains fixés temporairement ou en permanence sur et au-dessus des chaussées et pour certains mobiles dans des véhicules spécialisés, tels que des taxis. Par exemple, l'interface IC et les équipements EMT sont connectés à travers des liaisons sécurisées d'un réseau de télécommunications RT pouvant comprendre l'internet et un réseau de radiocommunication terrestre professionnel. Le dispositif DET traite périodiquement des informations de trafic mesurées et transmises par les équipements EMT, par exemple avec une période d'actualisation et de mesure des informations de trafic d'une à cinq minutes environ.

[0010] Comme montré aux figures 2 et 3, le réseau routier RR comprend une multitude de tronçons routiers. Le réseau routier RR est représenté formellement pour son traitement dans le dispositif d'estimation de trafic routier DET sous la forme d'un graphe orienté valué G1 composé d'un ensemble A1 d'arcs orientés a1. Un arc orienté a1 représente un sens de circulation sur un tronçon routier respectif s'étendant entre deux intersections.

Un noeud représente une intersection à la jonction de deux ou plusieurs tronçons. Les intersections de routes et de rues telles que carrefours, échangeurs et bifurcations sont représentées par des noeuds. Chaque tronçon routier est délimité à ses extrémités par deux noeuds. Un tronçon routier à sens unique de circulation depuis un premier noeud nu vers un deuxième noeud nv est ainsi représenté par un arc orienté a1 (nu, nv) de longueur prédéterminée. Un tronçon routier à double sens de circulation entre un noeud nu et un noeud nv est représenté par deux arcs orientés opposés a1(nu, nv) et a1(nv, nu).

A chaque arc a1 (nu, nv) du graphe G1 est associée une information de trafic qui peut être variable et qui est par exemple le temps de parcours nécessaire à un véhicule pour parcourir le tronçon représenté par l'arc, ou en variante toute autre variable dépendant du temps de parcours comme un flux de véhicule ou la vitesse de circulation sur le tronçon, laquelle est déduite du rapport du temps de parcours et de la longueur du tronçon.

[0011] Le réseau routier RR est défini par deux graphes G1(N1, A1) et G2(N2, A2) montrés aux figures 2 et 3. N1 et A1 désignent l'ensemble des noeuds n1 et l'ensemble des arcs a1 du graphe G1. N2 et A2 désignent l'ensemble des noeuds n2 et l'ensemble des arcs a2 du graphe G2. Dans la suite de la description, un arc désigné par la lettre "a" non suivie du chiffre 1 ou 2 appartient indifféremment à l'un ou l'autre des graphes G1 et G2 ; au moins l'un des deux noeuds désigné par la lettre "n" suivie d'une lettre minuscule entre des parenthèses succédant à "a1", "a2" appartient au graphe G1, G2 auquel l'arc appartient.

[0012] Le graphe G1 représente le réseau routier exhaustif RR, c'est-à-dire tous les tronçons du réseau routier considéré y sont représentés. Selon un exemple montré à la figure 2 relatif à une ville comme Paris et sa proximité immédiate, toutes les rues dans lesquelles des véhicules sont autorisés à circuler à un instant donné sont représentées dans le graphe G1 et sont divisées en des tronçons représentés par des arcs a1 bornés chacun par deux intersections représentées respectivement par des noeuds n1. Le cas particulier d'une impasse bornée par une extrémité borgne et une intersection peut être également représenté par un arc a1 avec deux noeuds n1. Selon un autre exemple, si le réseau routier RR est celui d'un pays, toutes les routes circulables sont contenues dans le graphe G1.

À chaque arc a1(nu, nv) est associé un et un seul temps de parcours moyen σ_{uv} , exprimé dans la même unité de temps pour tous les arcs, comme la seconde. Le temps de parcours σ_{uv} est une estimation moyenne et est statique. Il n'évolue pas en fonction des conditions réelles du trafic à un instant donné dans le tronçon routier correspondant.

La base de données BD a mémorisé en association à un identificateur désignant un arc a1, outre le temps de parcours moyen σ_{uv} , d'autres informations caractérisant l'arc, notamment une capacité C_{uv} , une longueur et un nombre de voies de circulation sur le tronçon routier correspondant à l'arc a1(nu, nv) et à son sens.

[0013] Le graphe G2 est un sous-graphe du graphe G1 représentant un sous-réseau du réseau routier RR. A tout arc a2 du sous-graphe G2 correspond un arc respectif a1 du graphe G1.

Les arcs a2 contenus dans le sous-graphe G2 correspondent exclusivement à des tronçons routiers respectifs sur chacun desquels une information de trafic est relevée périodiquement par au moins un équipement de mesure de trafic EMT qui la transmet au dispositif DET. Le plus souvent, les arcs a2 correspondent aux tronçons urbains comme des axes à trafic élevé tels que des boulevards périphériques, avenues, boulevards et rues à sens unique dans une ville, et des autoroutes, routes nationales et autres grands axes de circulation pour un pays. Comparativement à la figure 1, le sous-graphe G2 à la figure 2 représente l'ensemble des tronçons des grandes artères de circulation parisiennes.

À chaque arc a2(nu, nv) est associée une information de trafic mesurée, telle qu'un flux de trafic f_{uv} , un temps de parcours τ_{uv} ou la vitesse de passage moyenne d'un véhicule ayant traversé le tronçon routier correspondant à l'arc a2. L'information de trafic mesurée évolue au cours du temps et est relevée périodiquement sur le tronçon routier correspondant par au moins un équipement de mesure de trafic EMT. Les informations de trafic mesurées sont périodiquement transmises par les équipements EMT au dispositif d'estimation de trafic routier DET et mémorisées dans la base de données BD.

[0014] Le modélisateur de trafic routier MTR modélise le trafic dans le réseau routier RR sur la base des quelques définitions et règles suivantes.

Le flux de trafic f d'un arc a, c'est-à-dire en réalité du tronçon routier correspondant, est égal au nombre de véhicules

circulant sur l'arc par unité de temps.

En référence à la figure 4, un flux sortant d'un noeud nv correspondant à une intersection du réseau routier RR est défini comme égal à la somme des flux sur des arcs dits arcs sortants aO1, ... aOm, ... aOM ayant des premières extrémités reliées au noeud nv et correspondant à des tronçons du réseau routier RR dont les véhicules sortent de l'intersection, avec $1 \leq m \leq M$. Un flux entrant dans le noeud nv est défini comme égal à la somme des flux sur des arcs dits arcs entrants aI1, ... aIk, ... aIK ayant des deuxièmes extrémités reliées au noeud nv et correspondant à des tronçons du réseau routier RR dont les véhicules entrent dans l'intersection correspondant au noeud nv, avec $1 \leq k \leq K$.

D'après les caractéristiques d'un réseau routier complet, le flux de trafic f est conservé à chaque intersection du réseau routier. En d'autres termes comme montré à la figure 4, le flux sortant d'un noeud nv réparti dans les arcs sortants aO1 à aOM est toujours égal au flux entrant dans le noeud nv provenant des arcs entrants aI1 à aIK. Cette conservation des flux est exprimée par l'égalité suivante:

$$\sum_{k=1}^{k=K} f(aI_k) = \sum_{m=1}^{m=M} f(aO_m) .$$

[0015] Dans le réseau routier réel, la conservation des flux n'est vérifiée qu'approximativement. En effet dans un tronçon routier ou à une intersection, des véhicules peuvent s'arrêter notamment pour stationner et donc quitter le flux de circulation, ou commencer à circuler et donc entrer dans le flux de circulation. Sachant que le nombre de véhicules s'arrêtant et/ou commençant à circuler est négligeable comparativement au trafic qui traverse le tronçon routier ou l'intersection, la conservation des flux est une approximation suffisante du comportement du réseau routier observé à un instant courant.

A un instant courant de trafic sur un arc, le flux courant d'un arc a1(nu, nv) est a priori inversement proportionnel au temps de parcours moyen τ_{uv} de l'arc par un véhicule puisque plus le nombre de véhicules traversant l'arc par unité de temps est élevé, plus les véhicules sont rapides sur l'arc. Le rapport du flux courant f_{uv} de l'arc à l'instant courant sur la capacité c_{uv} de l'arc égale au flux maximum de l'arc est proportionnel au rapport du temps de parcours statique moyen σ_{uv} selon une estimation statique sur le temps de parcours courant τ_{uv} évalué dynamiquement par au moins un équipement de mesure de trafic EMT sur le tronçon routier correspondant à l'arc. La capacité c_{uv} de l'arc peut être estimée comme égale au produit de la longueur de l'arc par le nombre de voies d'un même sens de l'arc, divisé par la longueur moyenne d'un véhicule. La capacité C_{uv} et le temps de parcours statique moyen σ_{uv} de chaque tronçon du réseau routier RR sont préenregistrés en association avec les caractéristiques de l'arc correspondant a1 dans la base de données BD. Ainsi pour chaque arc est établi un flux de trafic respectif :

$$f_{uv} = c_{uv} \sigma_{uv} / \tau_{uv} \quad (1) .$$

[0016] Enfin on suppose que les véhicules circulant d'un point P1 à un point P2 choisissent naturellement le chemin le plus rapide entre ces deux points.

[0017] Selon le procédé d'estimation de trafic routier de l'invention, l'information de trafic disponible sur le sous-graphe G2 est propagée vers le graphe G1, à chaque actualisation des informations de trafic sur le sous-graphe G2 mesurées par les équipements EMT. L'invention applique le principe selon lequel si le trafic est ralenti sur un tronçon de route donné, il y a de fortes présomptions pour qu'il le soit aussi sur des tronçons de route succédant immédiatement au tronçon de route donné.

Une information de trafic partielle dans le sous-graphe G2 est alors complétée par une information de trafic calculée pour au plus la partie complémentaire au sous-graphe G2 dans le graphe G1. Le dispositif d'estimation de trafic routier DET travaille sur le graphe G1 en se basant sur des arcs a2 présents dans le sous-graphe G2 pour lesquels le dispositif dispose d'une information dynamique mesurée, et calcule une information dynamique estimée sur des arcs adjacents qui sont chacun situés en aval d'un arc a2 vers un point de destination et qui n'appartiennent pas au sous-graphe G2 et appartiennent au graphe G1. En partant de ces arcs du graphe G1 nouvellement actualisés, le dispositif attribue ensuite une information estimée aux arcs suivants, et ainsi de suite récursivement, jusqu'à satisfaire un critère d'arrêt CA défini plus loin.

A titre d'exemple montré à la figure 5, un arc a20 du sous-graphe G2 est suivi de deux arcs a10 et a11 du graphe G1 qui eux-mêmes sont respectivement suivis par des arcs a100 et a101 du graphe G1 et un arc a110 du graphe G1. Initialement les arcs du graphe G1 portent des informations de trafic statiques et l'arc a20 du sous-graphe G2 porte une information de trafic dynamique mesurée réellement.

A une première passe récursive d'étapes d'estimation selon l'invention, l'information dynamique mesurée sur l'arc a20 est utilisée par le dispositif DET pour estimer des informations dynamiques sur les arcs a10 et a11 succédant immédiatement à l'arc a2, c'est-à-dire adjacents en aval de l'arc a20.

Puis à une deuxième passe d'étapes d'estimation, le dispositif DET utilise l'information dynamique mesurée sur l'arc a10 pour estimer des informations de trafic dynamiques sur les arcs a100 et a101 adjacents en aval, et l'information dynamique mesurée sur l'arc a11 pour estimer une information de trafic dynamique sur l'arc a110 adjacent en aval.

Des passes d'étapes d'estimation peuvent être répétées pour des arcs suivants en aval du graphe G1 sur la base respectivement des informations de trafic antérieurement estimées sur les arcs a100, a101 et a110, et ainsi de suite.

[0018] L'estimation de l'information de trafic dynamique à affecter à un arc a1 (nu, nv) se fait en appliquant un modèle heuristique basée sur les règles précédentes.

Ce modèle heuristique recourt en particulier à la conservation des flux qui signifie concrètement que la quantité de véhicules parvenant à une intersection du réseau est intégralement distribuée sur les tronçons routiers dont les véhicules quittent cette intersection. Pour pouvoir propager les temps de parcours dynamiques estimés de proche en proche dans le graphe G1, la distribution du flux est déterminée de la manière suivante. Pour un noeud nv dont les arcs sortants sont (nv, nw₁), (nv, nw₂), ..., (nv, nw_m), ..., (nv, nw_M) comme montré à la figure 6, le dispositif DET détermine la proportion du flux entrant dans le noeud nv qui est dirigée vers chaque arc sortant (nv, nw_m), avec 1 ≤ m ≤ M, en calculant pour chaque intersection du réseau routier telle qu'au noeud nv, la probabilité p(aI_k, aO_m) pour un véhicule d'emprunter un tronçon routier sortant correspondant à l'arc aO_m en fonction du tronçon routier de provenance du véhicule correspondant à l'arc aI_k. De telles probabilités à chaque noeud nv sont liées par la relation suivante :

$$\sum_{m=1}^{m=M} p(aI_k, aO_m) = 1 \quad (2)$$

[0019] Le calcul de probabilité est basé sur la règle du choix du chemin le plus rapide, en attribuant des probabilités plus élevées aux intersections qui font partie des chemins les plus empruntés par les véhicules. Ceci confère un ensemble de probabilités de propagation qui sont utilisées pour la répartition du flux à travers le graphe G1 du réseau routier.

[0020] En se référant à la figure 7, le procédé d'estimation de trafic routier conforme à l'invention est fondé sur les définitions et règles précédentes et comprend une première étape E1 relative à un prétraitement exécuté une fois pour toutes sur le graphe G1(N1, A1) du réseau routier complet, et une deuxième étape E2 relative à un traitement des arcs a1* du graphe G1 qui n'appartiennent pas au sous-graphe G2(N2, A2) et exécutée à chaque actualisation des informations de trafic mesurées des arcs a2 du sous-graphe G2.

[0021] L'étape E1 comprend des étapes E11 et E12 exécutées par le module de détermination de probabilité de propagation DPP pour déterminer préalablement des probabilités de propagation sur tous les noeuds du graphe G1 en appliquant la règle du choix du chemin le plus rapide.

A l'étape E11, le module DPP dénombre pour chaque triplet (nu, nv, nw) composé de trois noeuds successifs directement reliés par des arcs dans cet ordre (figure 6), les chemins les plus rapides entre deux noeuds quelconques du graphe G1 qui passent par ce triplet et la base de données BD mémorise le nombre d'itinéraires les plus rapides. Les chemins les plus rapides sont dénombrés en exploitant l'algorithme connu de Floyd-Warshall qui permet de calculer les plus courtes distances entre deux noeuds (sommets) quelconques d'un graphe. Le nombre de chemins les plus rapides entre deux noeuds quelconques du graphe G1 est limité par un maximum prédéterminé.

Comme il est prohibitif de réaliser l'étape de dénombrement E11 d'un seul coup sur l'ensemble du graphe G1, le module DPP met en oeuvre l'étape de dénombrement E11 seulement dans un voisinage prédéterminé autour du noeud d'intersection central nv de chaque triplet (nu, nv, nw). Le voisinage est prédéterminé comme étant les N noeuds les plus proches en temps de parcours du noeud central nv considéré, y compris les noeuds d'extrémité nu et nw du triplet, N étant un entier au moins égal à 2. Le module DPP calcule ce voisinage en implémentant l'algorithme connu de E. W. Dijkstra qui donne les plus courts chemins entre un noeud (sommets) source du voisinage et chacun des noeuds du voisinage qui est un sous-graphe du graphe G1. Le voisinage présente une profondeur prédéterminée exprimée en nombre de noeuds les plus proches du noeud central du triplet.

Après l'étape E11, la base de données BD possède pour chaque triplet (nu, nv, nw) du graphe G1 le nombre de chemins les plus rapides qui l'empruntent parmi tous les chemins possibles entre deux noeuds quelconques parmi les noeuds les plus proches en temps de parcours du noeud central nv dans le voisinage du noeud nv. Le nombre de chemins les plus rapides est appelé "fréquence de propagation" fp.

A l'étape E12, le module DPP transforme ces fréquences de propagation fp en probabilités de propagation p, par application de la règle de conservation de flux de trafic pour chaque noeud n1 du graphe G1: pour chaque noeud nv, la somme de toutes les probabilités relatives aux triplets (nu, nv, nw) pour qu'un véhicule en provenance d'un noeud nu et se dirigeant vers un noeud nw traverse le noeud nv est égale à 1 selon la relation (2). La probabilité de propagation

p_{uvw} associée au triplet (nu, nv, nw) est égale au rapport de la fréquence de propagation fp_{uvw} du triplet (nu, nv, nw) sur la somme totale des fréquences de propagation de tous les triplets (nu, nv, nx) ayant comme noeud de départ le noeud nu et comme noeud central le noeud nv .

[0022] L'étape E2 comprend des étapes d'estimation E21 à E23 exécutées par le module de propagation de trafic PT à chaque actualisation des informations de trafic dynamiques mesurées constituant les poids des arcs $a2$ du sous-graphe $G2$ de manière à propager ces informations de trafic dynamiques sur les autres arcs $a1^*$ du graphe $G1$ et ainsi à estimer les informations de trafic de ces autres arcs n'appartenant pas au sous-graphe $G2$.

A l'étape E21, le module PT se base sur la liste des arcs $a2$ du sous-graphe $G2$ renseignés par des informations de trafic dynamiques, telles que les flux de trafic exprimés en nombre de véhicule par unité de temps, transmises au dispositif DET par les équipements de mesure de trafic EMT sur les tronçons du réseau routier RR correspondant aux arcs du sous-graphe $G2$ à la suite d'une nouvelle mesure et mémorisées dans une file d'attente de la base données BD. Pour chaque noeud nv tel qu'il existe au moins un arc entrant renseigné $a2(nu, nv)$ appartenant au sous-graphe $G2$, le module PT estime le flux résultant f_{vw} sur l'arc $a1$ (nv, nw) sortant du noeud nv et n'appartenant pas au sous-graphe $G2$. Pour cette estimation, le module PT applique d'une part la probabilité de propagation p_{uvw} associée au triplet (nu, nv, nw) au flux de trafic f_{uv} mesuré sur l'arc $a2(nu, nv)$, ou plus généralement les probabilités de propagation aux flux de trafic mesurés de l'ensemble $\delta^-(v)$ de tous les arcs renseignés entrants du noeud nv , selon la relation :

$$f_{vw} = \sum_{(u,v) \in \delta^-(v)} p_{uvw} f_{uv}.$$

D'autre part, le module PT applique la conservation du flux provenant d'un arc entrant $a2(nu, nv)$ dans l'arc sortant $a1^*(nv, nw)$, ou plus généralement de l'ensemble $\delta^+(v)$ de tous les arcs sortants du noeud d'intersection nv , soit :

$$\sum_{(v,w) \in \delta^+(v)} p_{uvw} = 1.$$

[0023] A l'étape E22, le module PT recourt à la relation (1) entre le flux de trafic et le temps de parcours dynamique courant, et en déduit le temps de parcours dynamique courant τ_{vm} estimé sur l'arc $a1^*(nv, nw)$:

$$\tau_{vw} = c_{vw} \sigma_{vw} / f_{vw}.$$

[0024] Les temps de parcours estimés τ_{vw} , et/ou en variante les flux estimés f_{vw} , en tant qu'informations de trafic estimées des arcs nouvellement actualisés $a1^*(nv, nw)$ sont mémorisés respectivement en association avec les identificateurs de ces arcs dans une liste d'arcs entrants dans la file d'attente de la base de données BD.

Les étapes E21 et E22 sont ensuite répétées récursivement, comme indiqué à l'étape E23, en prenant comme arcs de début à l'étape E21 d'une deuxième itération les arcs $a1^*(nv, nw)$ nouvellement actualisés de la liste d'arcs entrants lue dans la file d'attente à la place de la liste des arcs $a2$ du sous-graphe $G2$ renseignés par des informations de trafic mesurées dynamiques au début de la première itération décrite ci-dessus. La deuxième itération estime les informations de trafic f, τ d'une autre série d'arcs du graphe $G1$ n'appartenant pas au sous-graphe $G2$, ni à l'ensemble des arcs $a1^*$ nouvellement actualisés, et reliés chacun à un noeud pour lequel au moins un arc nouvellement actualisé est un arc entrant. Par exemple en référence à la figure 5, les informations de trafic des arcs $a10$ et $a11$ sont estimées en fonction au moins de l'information de trafic mesurée de l'arc $a20$ au cours de la première itération, puis les informations de trafic des arcs $a100$ et $a101$ sont estimées en fonction au moins de l'information de trafic estimée de l'arc $a10$ et l'information de trafic de l'arc $a110$ est estimée en fonction au moins de l'information de trafic estimée de l'arc $a10$ au cours de la deuxième itération.

Ceci revient à chaque itération des étapes E21 et E22 à enrichir le sous-graphe $G2$ avec les arcs dont les informations de trafic sont nouvellement estimées et donc actualisées pour des déterminations et corrections d'itinéraires dans le réseau routier RR en temps réel.

[0025] La répétition des étapes itératives E21 à E23 dans le module de propagation de trafic PT est arrêtée lorsqu'un critère d'arrêt CA est satisfait afin d'assurer que la propagation ne s'étend pas à tout le graphe $G1$ du réseau routier

entier RR.

En effet, plus des tronçons routiers sont éloignés des tronçons des axes routiers dynamiquement renseignés correspondant aux arcs du sous-graphe G2, plus l'information dynamique à propager dans le graphe G1 des arcs non renseignés dynamiquement ou par estimation selon l'invention perd de sa pertinence et doit décroître. Il serait irréaliste et coûteux en temps de calcul d'estimer l'information de trafic sur le graphe G1 en entier correspondant à tout le réseau routier RR en fonction du faible nombre d'arcs renseignés dynamiquement a2 comparativement au nombre élevé d'arcs a1 du graphe G1

L'invention fait décroître le poids de l'information de trafic estimée par rapport à celui de l'information de trafic statique jusqu'à arrêter complètement la propagation de l'information au bout d'un certain nombre d'itérations. De ce fait, des arcs a1 du graphe G1 en nombre limité sont renseignés par une information de trafic estimée dépendant d'une information de trafic mesurée, ce qui confère un ensemble d'arcs renseignés beaucoup plus important que celui des seuls arcs a2 disposant d'une information de trafic mesurée réellement.

[0026] Le critère d'arrêt CA peut être de différentes natures, en fonction de contraintes et objectifs imposés au dispositif d'estimation de trafic routier DET. Le critère d'arrêt est par exemple l'un des critères suivants CA1, CA2 et CA3, ou une combinaison d'au moins deux de ces critères.

[0027] Le premier critère CA1 est basé sur un temps d'exécution prédéterminé maximum des itérations des étapes E21 à E23, toujours inférieur à la période de mesure et d'actualisation des informations de trafic transmises par les équipements EMT et dont dépendent les variables f. Le temps d'exécution maximum est ainsi choisi en fonction de contraintes de performance du dispositif DET telles que le temps de propagation, c'est-à-dire en fonction de la durée d'une passe des étapes E21 à E23 par rapport à la fréquence de mesure et d'actualisation des informations de trafic dynamiques du sous-graphe G2.

Le deuxième critère CA2 est basé sur un nombre d'itérations des étapes E21 à E23 fixé empiriquement. Le nombre d'itérations caractérise la profondeur des voisinages utilisés, c'est-à-dire l'étendue de l'influence des arcs dynamiques a2 sur les arcs a1 voisins à information de trafic initialement statiques dans le graphe G1.

Le troisième critère CA3 est basé, pour un arc donné, sur la différence absolue $|f - c|$ entre le flux de trafic dynamique courant estimé f et la capacité c, ou en variante sur la différence absolue $|\tau - \sigma|$ entre le temps de parcours dynamique courant estimé τ et le temps de parcours statique moyen σ . Si la différence absolue $|f - c|$ ou $|\tau - \sigma|$ est inférieure à un paramètre de tolérance prédéterminé ϵ , c'est-à-dire si l'information de trafic estimée f, τ avoisine une constante prédéterminée à un paramètre de tolérance ϵ près, le module de propagation de trafic PT arrête la propagation à cet arc puisque l'apport de l'information dynamique f, τ pour des arcs statiques voisins suivants a1 devient négligeable par rapport à l'information statique c, σ .

[0028] Lorsque le critère d'arrêt CA est satisfait à l'étape E23, les étapes récursives E21 à E23 sont à nouveau réitérées à la période de transmission des informations de trafic actualisées mesurées par les équipements EMT, comme indiqué en E3 dans la figure 7, pour des déterminations et corrections d'itinéraires dans le réseau routier RR en temps réel.

[0029] L'invention décrite ici concerne un procédé et un dispositif d'estimation de trafic de réseau routier. Selon une implémentation, les étapes du procédé de l'invention sont déterminées par les instructions d'un programme d'ordinateur incorporé dans un dispositif informatique tel que le dispositif d'estimation de trafic DET. Le programme comporte des instructions de programme qui, lorsque ledit programme est exécuté dans un processeur du dispositif dont le fonctionnement est alors commandé par l'exécution du programme, réalisent les étapes du procédé selon l'invention.

En conséquence, l'invention s'applique également à un programme d'ordinateur, notamment un programme d'ordinateur enregistré sur ou dans un support d'informations lisible par un ordinateur et tout dispositif de traitement de données, adapté à mettre en oeuvre l'invention. Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable pour implémenter le procédé selon l'invention.

[0030] Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage ou support d'enregistrement sur lequel est enregistré le programme d'ordinateur selon l'invention, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore une clé USB, ou un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

Revendications

1. Procédé pour estimer le trafic dans un réseau routier (RR) représenté par un graphe (G1) d'arcs (a1) correspondant à des tronçons du réseau routier et bornés par des noeuds d'intersection (n1), le graphe comprenant un sous-graphe (G2) d'arcs (a2) correspondant à des tronçons du réseau routier dont une information de trafic est mesurée, caractérisé en ce qu'il comprend :

pour chaque triplet de noeuds consécutifs (nu, nv, nw) du graphe (G1), une détermination (E1) d'une probabilité de propagation (p_{uvw}) proportionnelle au rapport d'une fréquence de propagation du triplet (nu, nv, nw) sur la somme totale des fréquences de propagation des triplets ayant les mêmes noeuds de départ et central (nu, nv) que le triplet, la fréquence de propagation du triplet étant un nombre de chemins les plus rapides qui empruntent le triplet, et

une estimation (E2) des informations de trafic pour des arcs ($a1(nu, nw)$) du graphe (G1) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et reliés chacun à un noeud du sous-graphe, l'information de trafic d'un arc ($a1(nu, nw)$) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et sortant d'un noeud (nv) du sous-graphe (G2) étant estimée en fonction de probabilité de propagation et d'information de trafic mesurée relatives à l'ensemble d'arc du sous-graphe entrant dans ledit noeud (nv).

2. Procédé conforme à la revendication 1, selon lequel la détermination (E1) d'une probabilité de propagation pour un triplet (nu, nv, nw) de trois noeuds du graphe (G1) comprend un dénombrement (E11) des chemins les plus rapides qui empruntent le triplet parmi tous les chemins possibles entre deux noeuds quelconques du graphe (G1).

3. Procédé conforme à la revendication 2, selon lequel le dénombrement des chemins les plus rapides qui empruntent le triplet (nu, nv, nw) est mis en oeuvre dans un voisinage de profondeur prédéterminée exprimée en nombre de noeuds les plus proches du noeud central (nv) du triplet.

4. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant au moins une itération (E23) de l'estimation (E2) en prenant les arcs dont les informations de trafic viennent d'être estimées comme arcs du sous-graphe.

5. Procédé conforme à la revendication 4, selon lequel des itérations (E23) de l'estimation (E2) sont arrêtées lorsqu'un temps prédéterminé d'exécution des itérations inférieur à une période de mesure des informations de trafic est atteint.

6. Procédé conforme à la revendication 4 ou 5, selon lequel le nombre d'itérations (E23) de l'estimation (E2) est limité à la profondeur de voisinages des noeuds du sous-graphe (G2).

7. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 4 à 6, selon lequel des itérations (E23) de l'estimation (E2) sont arrêtées pour un arc donné lorsque l'information de trafic estimée avoisine une constante prédéterminée à un paramètre de tolérance près.

8. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, selon lequel l'information de trafic mesurée d'un arc ($a2(nu, nv)$) du sous-graphe (G2) dépend du flux de trafic (f_{uv}) dans un tronçon correspondant du réseau routier (RR), et l'information de trafic (f_{uv}) d'un arc ($a1(nv, nw)$) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et sortant d'un noeud (nv) du sous-graphe (G2) est proportionnelle au produit de la probabilité de propagation et de l'information de trafic (f_{uv}) relatives à au moins un arc ($a2(nu, nv)$) du sous-graphe entrant dans ledit noeud (nv).

9. Dispositif (DET) adapté à estimer le trafic dans un réseau routier (RR) représenté par un graphe (G1) d'arcs ($a1$) correspondant à des tronçons du réseau routier et bornés par des noeuds d'intersection ($n1$), le graphe comprenant un sous-graphe (G2) d'arcs ($a2$) correspondant à des tronçons du réseau routier dont une information de trafic est mesurée, **caractérisé en ce qu'il comprend :**

- pour chaque triplet de noeuds consécutifs (nu, nv, nw) du graphe (G1), un moyen (DPP) adapté à déterminer une probabilité de propagation (p_{uvw}) proportionnelle au rapport d'une fréquence de propagation du triplet (nu, nv, nw) sur la somme totale des fréquences de propagation des triplets ayant les mêmes noeuds de départ et central (nu, nv) que le triplet, la fréquence de propagation du triplet étant un nombre de chemins les plus rapides qui empruntent le triplet, et

- un moyen (PT) adapté à estimer des informations de trafic pour des arcs ($a1(nu, nw)$) du graphe (G1) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et reliés chacun à un noeud du sous-graphe, l'information de trafic d'un arc ($a1(nu, nw)$) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et sortant d'un noeud (nv) du sous-graphe (G2) étant estimée en fonction de probabilité de propagation et d'information de trafic mesurée relatives à l'ensemble d'arc du sous-graphe entrant dans ledit noeud (nv).

10. Programme d'ordinateur apte à être mis en oeuvre dans un dispositif informatique (DET) et destiné à estimer le trafic dans un réseau routier (RR) représenté par un graphe (G1) d'arcs ($a1$) correspondant à des tronçons du réseau routier et bornés par des noeuds d'intersection ($n1$), le graphe comprenant un sous-graphe (G2) d'arcs ($a2$)

correspondant à des tronçons du réseau routier dont une information de trafic est mesurée, ledit programme étant **caractérisé en ce qu'il** comprend des instructions qui, lorsque le programme est exécuté dans ledit dispositif, réalisent

pour chaque triplet de noeuds consécutifs (nu, nv, nw) du graphe (G1), une détermination (E1) d'une probabilité de propagation (p_{uvw}) proportionnelle au rapport d'une fréquence de propagation du triplet (nu, nv, nw) sur la somme totale des fréquences de propagation des triplets ayant les mêmes noeuds de départ et central (nu, nv) que le triplet, la fréquence de propagation du triplet étant un nombre de chemins les plus rapides qui empruntent le triplet, et une estimation (E2) des informations de trafic pour des arcs ($a1(nu, nw)$) du graphe (G1) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et reliés chacun à un noeud du sous-graphe, l'information de trafic d'un arc ($a1(nu, nw)$) n'appartenant pas au sous-graphe (G2) et sortant d'un noeud (nv) du sous-graphe (G2) étant estimée en fonction de probabilité de propagation et d'information de trafic mesurée relatives à l'ensemble d'arc du sous-graphe entrant dans ledit noeud (nv).

Claims

1. A method for estimating the traffic in a road network (RR) illustrated by a graph (G1) of arcs (a1) corresponding to road network sections and restricted by intersection nodes (n1), the graph comprising a sub-graph (G2) of arcs (a2) corresponding to road network sections, a piece of traffic information of which is measured, **characterized in that** it comprises :

for each triplet of consecutive nodes (nu, nv, nw) of the graph (G1), a determination (E1) of a probability of propagation (P_{uvw}) proportional to the ratio of a triplet (nu, nv, nw) propagation frequency on the total sum of the triplet propagation frequency with the same starting and central nodes (nu, nv) as the triplet, the triplet propagation frequency being a number of the fastest paths that follow the triplet, and an estimation (E2) of the traffic information for arcs ($a1(nu, nw)$) of the graph (G1) not belonging to the sub-graph (G2) and each one linked to a sub-graph node, the traffic information of an arc ($a1(nu, nw)$) not belonging to the sub-graph (G2) and leaving a node (nv) of the sub-graph (G2) being estimated versus traffic propagation and information probability being measured concerning the whole arc of the sub-graph entering said node (nv).

2. A method according to claim 1, wherein the determination (E1) of a propagation probability for a three node triplet (nu, nv, nw) of the graph (G1) comprises a count (E11) of the fastest paths following all the possible paths between two any nodes of the graph (G1).
3. A method according to claim 2, wherein the count of the fastest paths following the triplet (nu, nv, nw) is implemented in a predetermined depth proximity expressed in number of nodes being the closest to the triplet central node (nv).
4. A method according to any of claims 1 to 3, comprising at least one iteration (E23) of the estimation (E2) by taking the arcs, the traffic information of which has just been estimated as arcs of the sub-graph.
5. A method according to claim 4, wherein iterations (E23) of the estimation (E2) are stopped when a predetermined execution time of the iterations being less than a traffic information measuring time is reached.
6. A method according to claim 4 or 5, wherein the number of iterations (E23) of the estimation (E2) is restricted to the proximity depth of the sub-graph (G2) nodes.
7. A method according to any of claims 4 to 6, wherein the iterations (E23) of the estimation (E2) are stopped for a given arc when the estimated traffic information is near a predetermined constant except for one tolerance parameter.
8. A method according to any of claims 1 to 7, wherein the measured traffic information of an arc ($a2(nu, nv)$) of the sub-graph (G2) depends on the traffic flow (f_{uv}) in a corresponding section of the road network (RR), and the traffic information (f_{uv}) of an arc ($a1(nv, nw)$) not belonging to the sub-graph (G2) and leaving a node (nv) of the sub-graph (G2) is proportional to the product of the traffic propagation and information probability (f_{uv}) concerning at least one arc ($a2(nu, nv)$) of the sub-graph entering said node (nv).
9. A device (DET) adapted to estimate the traffic in a road network (RR) illustrated by a graph (G1) of arcs (a1) corresponding to road network sections and restricted by intersection nodes (n1), the graph comprising a sub-graph (G2) of arcs (a2) corresponding to road network sections, a piece of traffic information of which is measured,

characterized in that it comprises:

- for each triplet of consecutive nodes (nu, nv, nw) of the graph (G1), a means (DPP) adapted to determine a propagation probability (p_{uvw}) proportional to the ratio of a triplet (nu, nv, nw) propagation frequency on the total sum of the triplet propagation frequencies with the same starting and central nodes (nu, nv) as the triplet, the triplet propagation frequency being a number of the fastest paths following the triplet, and
- a means (PT) adapted to estimate the traffic information for arcs (a1(nu, nw)) of the graph (G1) not belonging to the sub-graph (G2) and each one linked to a node of the sub-graph, the traffic information of an arc (a1(nu, nw)) not belonging to the sub-graph (G2) and leaving a node (nv) of the sub-graph (G2) being estimated in accordance with the traffic propagation and information probability being measured concerning the whole arc of the sub-graph entering said node (nv).

10. A computer program able to be provided in a computing device (DET) and intended for estimating the traffic in a road network (RR) illustrated by a graph (G1) of arcs (a1) corresponding to road network sections and restricted by intersection nodes (n1), the graph comprising a sub-graph (G2) of arcs (a2) corresponding to road network sections, a piece of traffic information of which is measured, said program being **characterized in that** it comprises instructions which, when the program is executed in said device, perform :

for each triplet of consecutive nodes (nu, nv, nw) of the graph (G1), a determination (E1) of a propagation probability (P_{uvw}) proportional to the ratio of the triplet (nu, nv, nw) propagation frequency to the total sum of the triplet propagation frequencies with the same starting and central nodes (nu, nv) as the triplet, the triplet propagation frequency being a number of the fastest paths following the triplet, and
an estimation (E2) of the traffic information for arcs (a1(nu, nw)) of the graph (G1) not belonging to the sub-graph (G2) and each one linked to a sub-graph node, the traffic information of an arc (a1(nu, nw)) not belonging to a sub-graph (G2) and leaving a node (nv) of the sub-graph (G2) being estimated in accordance with probability propagation and traffic information being measured in accordance with the whole arc of the sub-graph entering said node (nv).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schätzen des Verkehrs in einem Straßenverkehrsnetz (RR), das von einer Grafik (G1) von Bögen (a1) dargestellt wird, die Abschnitten des Straßenverkehrsnetzes entsprechen und durch Schnittstellenknoten (n1) abgegrenzt sind, wobei die Grafik eine Untergrafik (G2) von Bögen (a2) umfasst, die Abschnitten des Straßenverkehrsnetzes entsprechen, von welchen eine Straßenverkehrsinformation gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Folgendes aufweist:

für jedes Tripel aufeinander folgender Knoten (nu, nv, nw) der Grafik (G1), eine Bestimmung (E1) einer Ausbreitungswahrscheinlichkeit (P_{uvw}), die zum Verhältnis einer Ausbreitungsfrequenz des Tripels (nu, nv, nw) von der Gesamtsumme der Ausbreitungsfrequenzen der Tripel, die die gleichen Ausgangs- und Zentral knoten (nu, nv) haben wie das Tripel, proportional ist, wobei die Ausbreitungsfrequenz des Tripels eine Anzahl schnellster Wege ist, die über das Tripel laufen, und
eine Schätzung (E2) der Verkehrsinformationen für Bögen (a1(nu, nw)) der Grafik (G1), die nicht zu der Untergrafik (G2) gehören und jeweils mit einem Knoten der Untergrafik verbunden sind, wobei die Verkehrsinformation eines Bogens (a1(nu, nw)), der nicht zu der Untergrafik (G2) gehört und aus einem Knoten (nv) der Untergrafik (G2) austritt, in Abhängigkeit von der Ausbreitungswahrscheinlichkeit und gemessenen Verkehrsinformation in Zusammenhang mit der Einheit Bögen der Untergrafik, die in den Knoten (nv) eintreten, geschätzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gemäß dem das Bestimmen (E1) einer Ausbreitungswahrscheinlichkeit für ein Tripel (nu, nv, nw) von drei Knoten der Grafik (G1) eine Zählung (E11) der schnellsten Wege, die durch das Tripel laufen, aus allen möglichen Wegen zwischen zwei beliebigen Knoten der Grafik (G1), umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Zählung der schnellsten Wege, die durch das Tripel (nu, nv, nw) laufen, in einer Umgebung mit vorbestimmter Tiefe ausgeführt wird, die in Anzahl der Knoten, die dem zentralen Knoten (nv) des Tripels am nächsten liegen, ausgedrückt ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, das mindestens eine Iteration (E23) der Schätzung (E2) aufweist,

indem die Bögen genommen werden, deren Verkehrsinformationen soeben als Bögen der Untergrafik geschätzt wurden.

5 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Iterationen (E23) der Schätzung (E2) gestoppt werden, wenn eine vorbestimmte Ausführungszeit der Iterationen, die kleiner ist als eine Messperiode der Verkehrsinformationen, erreicht ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem die Anzahl der Iterationen (E23) der Schätzung (E2) auf die Tiefe der Umgebungen der Knoten der Untergrafik (G2) begrenzt ist.

10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem die Iterationen (E23) der Schätzung (E2) für einen gegebenen Bogen gestoppt werden, wenn sich die geschätzte Verkehrsinformation einer Konstante nähert, die auf einen Toleranzparameter genau vorbestimmt ist.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die gemessene Verkehrsinformation eines Bogens ($a_2(nu, nv)$) der Untergrafik (G2) von dem Verkehrsstrom (f_{uv}) in einem entsprechenden Abschnitt des Straßenverkehrsnetzes (RR) abhängt, und die Verkehrsinformation (f_{uv}) eines Bogens ($a_1(nv, nw)$), der nicht zu der Untergrafik (G2) gehört und aus einem Knoten (nv) der Untergrafik (G2) austritt, zum Produkt der Ausbreitungswahrscheinlichkeit und der Verkehrsinformation (f_{uv}) in Zusammenhang mit mindestens einem Bogen ($a_2(nu, nv)$) der Untergrafik, der in den Knoten (nv) eintritt, proportional ist.

20 9. Vorrichtung (DET) zum Schätzen des Verkehrs in einem Straßenverkehrsnetz (RR), das von einer Grafik (G1) von Bögen (a_1), die Abschnitten des Straßenverkehrsnetzes entsprechen und von Schnittstellenknoten abgegrenzt werden, dargestellt wird, wobei die Grafik eine Untergrafik (G2) von Bögen (a_2) umfasst, die Abschnitten des Straßenverkehrsnetzes entsprechen, von dem eine Verkehrsinformation gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Folgendes aufweist:

- für jedes Tripel aufeinander folgender Knoten (nu, nv, nw) der Grafik (G1), ein Mittel (DPP), das eine Ausbreitungswahrscheinlichkeit (p_{uvw}) bestimmen kann, die zu dem Verhältnis einer Ausbreitungsfrequenz des Tripels (nu, nv, nw) von der Gesamtsumme der Ausbreitungsfrequenzen der Tripel, die die gleichen Ausgangs- und Zentralknoten (nu, nv) wie das Tripel haben, proportional ist, wobei die Ausbreitungsfrequenz des Tripels eine Anzahl der schnellsten Wege ist, die über das Tripel laufen, und

- ein Mittel (PT), das Verkehrsinformationen für Bögen ($a_1(nu, nw)$) der Grafik (G1) schätzen kann, die nicht zu der Untergrafik (G2) gehören und jeweils mit einem Knoten der Untergrafik verbunden sind, wobei die Verkehrsinformation eines Bogens ($a_1(nu, nw)$), der nicht zu der Untergrafik (G2) gehört und aus einem Knoten (nv) der Untergrafik (G2) austritt, in Abhängigkeit von der Ausbreitungswahrscheinlichkeit und der gemessenen Verkehrsinformation, die den ganzen Bogen der Untergrafik betreffen, die in den Knoten (nv) eintritt, geschätzt wird.

30 40 10. Computerprogramm, das in einer EDV-Vorrichtung (DET) umgesetzt werden kann und dazu bestimmt ist, den Verkehr in einem Straßenverkehrsnetz (RR) zu schätzen, das durch eine Grafik (G1) von Bögen (a_1) dargestellt ist, die Abschnitten des Straßenverkehrsnetzes entsprechen und von Schnittstellenknoten (n_1) abgegrenzt sind, wobei die Grafik eine Untergrafik (G2) von Bögen (a_2) umfasst, die Abschnitten des Straßenverkehrsnetzes entsprechen, von dem eine Verkehrsinformation gemessen wird, wobei das Programm **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es Anweisungen enthält, die, wenn das Programm in der Vorrichtung ausgeführt wird, Folgendes ausführen:

45 für jedes Tripel aufeinander folgender Knoten (nu, nv, nw) der Grafik (G1), eine Bestimmung (E1) einer Ausbreitungswahrscheinlichkeit (P_{uvw}), die zum Verhältnis einer Ausbreitungsfrequenz des Tripels (nu, nv, nw) auf der Gesamtanzahl der Ausbreitungsfrequenzen der Tripel, die die gleichen Ausgangs- und Zentralknoten (nu, nv) haben wie das Tripel, proportional ist, wobei die Ausbreitungsfrequenz des Tripels eine Anzahl der schnellsten Wege ist, die durch das Tripel laufen, und

50 eine Schätzung (E2) der Verkehrsinformationen für die Bögen ($a_1(nu, nw)$) der Grafik (G1), die nicht zu der Untergrafik (G2) gehören und jeweils mit einem Knoten der Untergrafik verbunden sind, wobei die Verkehrsinformation eines Bogens ($a_1(nu, nw)$), der nicht zu der Untergrafik (G2) gehört und aus einem Knoten (nv) der Untergrafik (G2) austritt, in Abhängigkeit von der Ausbreitungswahrscheinlichkeit und der Verkehrsinformation, die in Zusammenhang mit allen Bögen der Untergrafik, die in den Knoten (nv) eintreten, gemessen wird, geschätzt wird.

FIG. 1

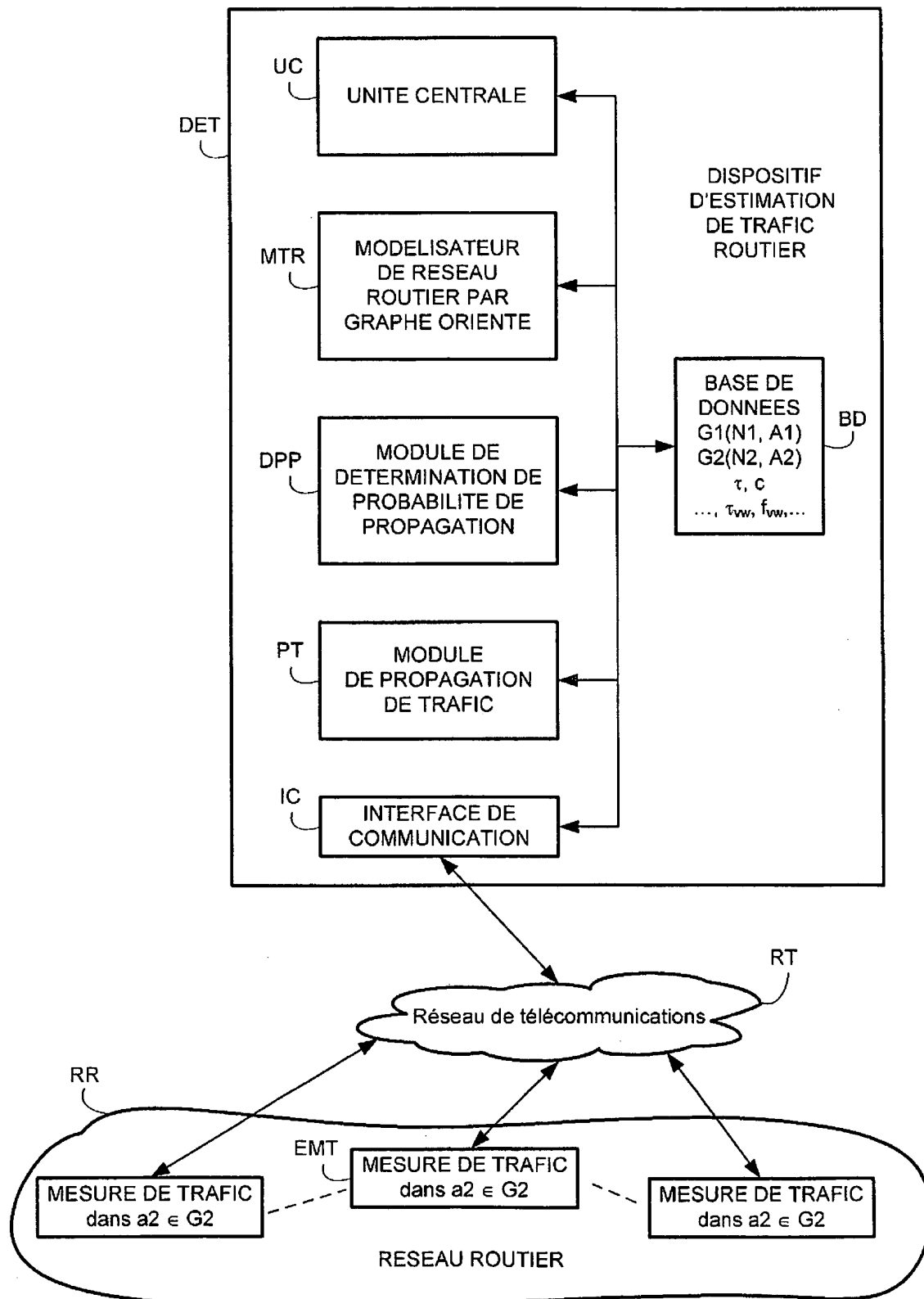


FIG. 2

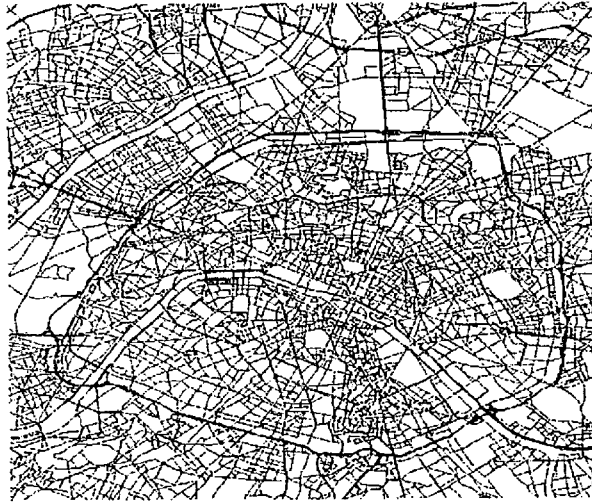
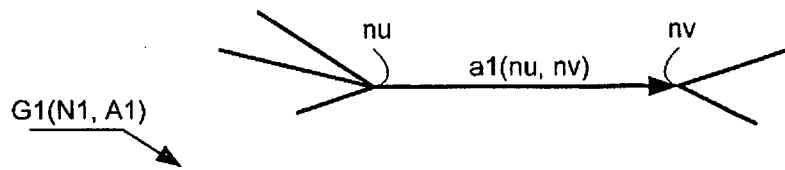


FIG. 3

$G2(N2, A2)$

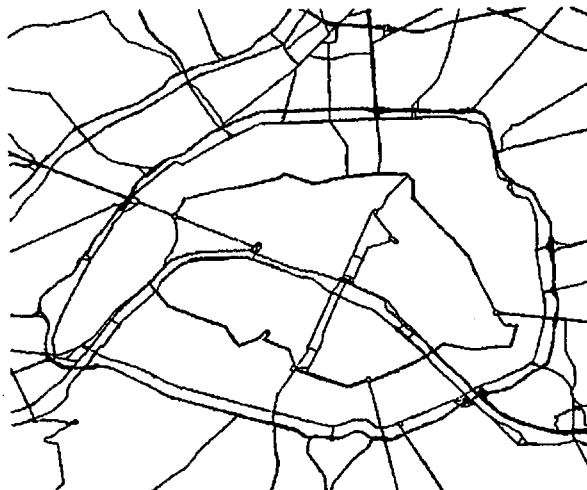


FIG. 4

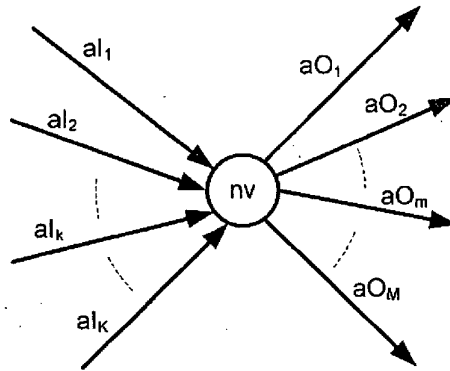


FIG. 5

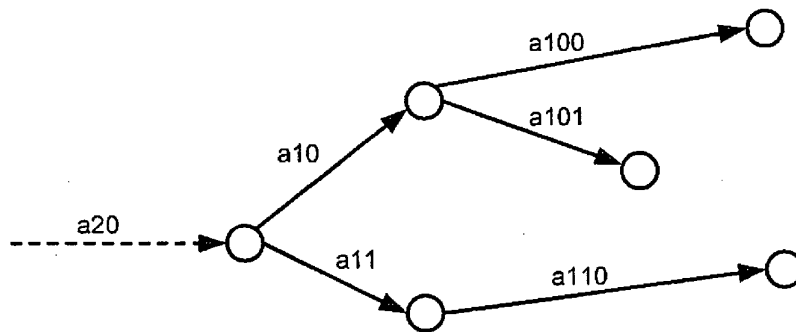


FIG. 6

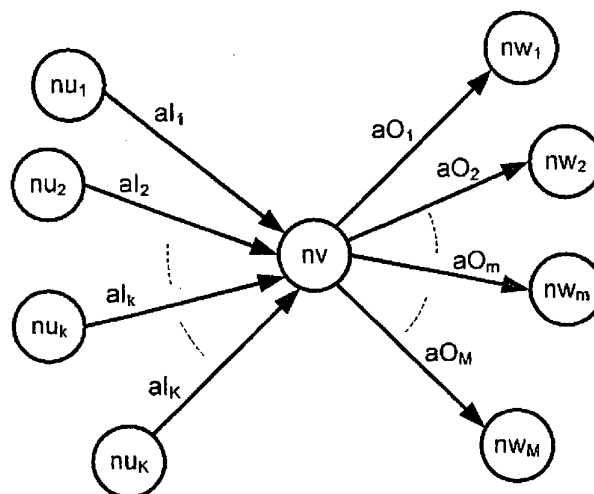


FIG. 7

