REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0520817-3

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0520817-3

(22) Data do Depósito: 30/12/2005

(43) Data da Publicação do Pedido: 12/07/2007

(51) Classificação Internacional: G08G 1/01; G01C 21/36; G08G 1/0967.

(52) Classificação CPC: G08G 1/0104; G01C 21/3691; G08G 1/096716.

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE MONITORAÇÃO DE TRÁFEGO DE ESTRADA

(73) Titular: TELECOM ITALIA S.P.A.. Endereço: Piazza Degli Affari 2, I-20123 , Milão, ITÁLIA(IT)

(72) Inventor: DAVIDE FILIZOLA; DARIO PARATA; PIERO LOVISOLO; ALESSANDRO CAPUZZELLO.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 11/12/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 11/12/2018

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

"SISTEMA E MÉTODO DE MONITORAÇÃO DE TRÁFEGO DE ESTRADA"

Campo da Invenção

[001] A presente invenção diz respeito a um sistema e a seu método relacionado para monitoração de tráfego de estrada.

Descrição da Técnica Fundamental

[002] A maioria dos sistemas para monitoração de tráfego de estrada atualmente utilizados emprega, para monitoração de tráfego, informação proveniente de sensores e câmeras de vídeo colocadas ao longo das estradas, a partir dos motoristas, através de sinalização telefônica para estações de radiodifusão de rádio que cooperam com o provimento de informação sobre tráfego e/ou a partir da polícia rodoviária.

[003] Para monitoração de tráfego de estrada, são usados também sistemas que usam informação de posição proveniente de veículos equipados com receptores que são capazes de determinar a posição do veículo, tal como, por exemplo, para receptores do Sistema de Posicionamento Global (GPS).

[004] Ainda mais, nos anos recentes, são também usados sistemas de monitoração de tráfego de estrada que são capazes de usar dados de posição provenientes de sistemas de comunicação do tipo celular. Estes sistemas apresentam a vantagem de não requerer intra-estrutura adicionais, tais como sensores, câmeras de vídeo ou receptores GPS montados em veículos. Estes permitem de qualquer modo obter estimativas de tráfego capilar, a saber, é possível ter estimativas de tráfego sempre que há uma cobertura celular.

[005] Por exemplo, a US 6.577.946 descreve um sistema de coleta e processamento de dados inteligente proveniente de redes telefônicas celulares. O sistema utiliza dados de posição de telefone celular em tempo real para reconstruir condições de tráfego simultâneas.

[006] O sistema constrói e mantém no tempo uma lista de veículos movendo-se ao longo de todas as seções da estrada em pontos particulares, rastreando todos os telefones celulares nos veículos dentro de uma dada região.

[007] Em cada momento, o sistema mantém uma série de tais listas. Isto permite que o sistema obtenha estimativas precisas do número total de veículos percorrendo em cada seção de estrada específica, juntamente com sua direção de percurso e velocidade média. Com base nestes dados, o sistema é capaz de 1) computar cargas de tráfego em tempo real para várias estradas e seções de estrada; 2) gerar listas detalhadas de desvios de veículos, dados de desvio em tempo real para toda interseção relevante; e 3) outros parâmetros de tráfego. O sistema usa algoritmos heurísticos para distinguir entre dados de posição provenientes de telefones celulares colocados nos veículos ou a partir de telefones celulares de outros usuários.

[008] A US 6.650.948 descreve um método para monitoração de fluxo de tráfego veicular em uma rede de estradas de uma área servida por uma rede de dispositivos de telecomunicações móveis, possuindo um sistema de gerenciamento de chamada provido de um sistema de posicionamento de dispositivo de telecomunicações móveis, provendo dados de posição para dispositivos de telecomunicações móveis ativos. O método compreende: capturar dados de posição geográfico para dispositivos individuais, levados à bordo de veículos e convertendo-os em vetores de probabilidade representando a probabilidade dos veículos que tenham chegado a qualquer dos possíveis componentes da estrada da rede de estrada, compatíveis com os dados de posição geográfica capturados. À medida que o veículo percorre, este processo é repetido e novos vetores de probabilidade construídos com base na probabilidade de qualquer das rotas disponíveis entre a posição de componente de estrada associada ao novo vetor de probabilidade e a posição de componente de estrada associada ao vetor de probabilidade imediatamente anterior. Os tempos de trânsito esperados Δt_x para as rotas disponíveis, são computados e comparados com os tempos de trânsito reais para prover fatores de retardo para as rotas disponíveis.

[009] A US 6.490.519 descreve um sistema de monitoração de

tráfego incluindo um aparelho de coleta de dados de tráfego adaptado para coletar informação de localização a partir de diversos usuários de dispositivo de comunicação móvel e um filtro de dados de tráfego adaptado para analisar informação de localização proveniente dos diversos usuários e remover informação de localização que não convive com o tráfego de veículo.

Objetivo e Síntese da Invenção

[0010] Notou-se que, até agora, soluções da técnica anterior para monitoração de tráfego de estrada não são plenamente satisfatórias.

[0011] Por exemplo, sistemas de monitoração de tráfego de estrada que usam métodos de posicionamento com base em receptores GPS (ou GPS Assistido - AGPS, onde receptores GPS são integrados a telefones celulares e cooperam com estes e com a rede móvel, no sentido de definir sua localização), embora sendo extremamente confiáveis em termos de precisão de posicionamento podem apresentar vários problemas. Um primeiro problema é, por exemplo, relacionado à baixa percentagem de usuários, que possuem um terminal móvel disponível que esteja equipado com o receptor GPS. Ainda mais, mesmo tendo disponível um grande número de terminais móveis equipados com receptores GPS, uma estimativa de tráfego de estrada que usa dados de posicionamento providos por estes receptores requereria que estes últimos estivessem continuamente ativos. Isto implica em um alto consumo das baterias colocadas nos terminais móveis, em adição a requerer uma atualização contínua para os próprios terminais, direcionada para a rede de comunicação celular, sobre sua posição, com seguinte sobrecarga de sinalização e conexões na própria rede.

[0012] Um problema adicional pode conviver com a disponibilidade incompleta de uma função de posicionamento GPS em um contexto urbano. De fato, em áreas urbanas com muitos edifícios, pode acontecer que um receptor GPS não gerencie para se conectar a um número suficiente de satélites para obter uma estimativa de posição precisa e portanto, nestas áreas,

a função de posicionamento pode resultar indisponível.

[0013] Com relação a sistemas de monitoração de tráfego de estrada que usam dados de posição de terminal móvel que provêm de sistemas de comunicação celular (tais como, por exemplo, métodos como CI (Identidade de Célula), CI Melhorado, TDOA (Diferença de Tempo Observada Melhorada), EOTD (Diferença de Tempo Observada de Chegada), descrita por exemplo em 3GPP TS 25.305 e TS 43.059), ocorre que estes métodos podem prover erros na estimativa da posição do terminal que podem ser da ordem de 100 m/200 m em áreas de alta densidade de célula (tipicamente áreas urbanas), mas podem também alcançar valores de vários km em áreas de baixa densidade de célula (tipicamente, áreas suburbanas ou extra urbanas).

[0014] Deparou-se com o problema técnico de realizar um sistema de monitoração de tráfego de estrada que seja capaz de prover uma estimativa de tráfego de estrada precisa e bem detalhada, adicionalmente adaptado para o serviço específico para o qual tal estimativa é requerida.

[0015] Especificamente, a presente invenção trata de um sistema e seu método relacionado para monitoração de tráfego de estrada que, dependendo das estimativas de posição do terminal móvel e especificações de entrada adequadas, é capaz de construir mapas de tráfego de estrada detalhados baseados em elementos de território.

[0016] Deve-se dizer que, durante a presente descrição, elemento ou elementos de território apresenta(m) uma forma tipicamente retangular ou, mais particularmente, quadrada, tendo tamanhos variados. Em particular, cada mapa de tráfego de estrada está associado a um conjunto de elementos de território cobrindo uma área geográfica relevante, e contém, para cada elemento de território pertencente ao conjunto, valores de índice de mobilidade (por exemplo, velocidade média), de terminais móveis/veículos que percorrem dentro de tal elementos de território específicos por um certo

intervalo de tempo no qual o próprio elemento de território é observado.

[0017] O sistema de monitoração de tráfego de estrada, que é o assunto da presente invenção, pode usar estimativas de posição e terminais móveis, com base em informação proveniente de um sistema de comunicação celular (por exemplo, do tipo GSM, EDGE, UMTS, PDC "Celular Digital Pessoal").

[0018] O sistema de monitoração da presente invenção pode também usar estimativas de posição com base em informação proveniente de outros sistemas (tais como, por exemplo, o sistema GPS, AGPS, sistema Galileu ou Galileu-Assistido) desde que as estimativas de posição que são obtidas a partir destes sistemas levem em conta que um conjunto de terminais está sob mobilidade.

[0019] Notou-se entretanto, que a ausência de exatidão das estimativas de posição do terminal móvel que são obtidas usando informação proveniente dos sistemas acima citados, determinam uma condição para a qual, após configurar um tamanho de elemento de território e uma largura de intervalo de tempo para observá-los, os valores de índice de mobilidade computados pelo sistema de monitoração são afetados por erros. Erros nos índices de mobilidade diminuem quando o número de terminais sob mobilidade sendo observados aumenta, em um certo elemento de território e por um certo intervalo de tempo de observação.

[0020] Observou-se também que o número de terminais observados sob mobilidade, depende do tamanho do elemento de território (quanto maior o tamanho do elemento de território, mais alto o número de terminais percorrendo em tal elemento de território) e tamanho do intervalo de tempo de observação (quanto maior o tamanho do intervalo de tempo de observação, mais alto o número de terminais observados). Isto implica em que, após ter configurado o número de terminais observados, o que torna a estimativa de índices de mobilidade confiável, há um compromisso entre o tamanho de elemento de

território e o tamanho do intervalo de tempo de observação para o próprio elemento de território.

[0021] A presente invenção é capaz de levar em conta tal compromisso, tornando as estimativas de índice de mobilidade mais precisas, usando como especificações de entrada para o sistema de monitoração pelo menos dois parâmetros escolhidos entre: tamanho de elemento de território, extensão do intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível da estimativa de índices de mobilidade. Após ter configurado pelo menos dois dentre os parâmetros acima listados, por exemplo, o intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível na estimativa dos índices de mobilidade, o sistema de monitoração de acordo com a invenção é capaz de determinar o outro parâmetro, neste caso o tamanho do elemento de território, dependendo de relações pré computadas, a saber de modelos matemáticos que permitem descrever o enlace existente entre especificações de entrada e o parâmetro a ser computado, também levando em conta outros parâmetros, os assim chamados dados característicos, que podem incluir: densidade de chamadas de usuário dentro de cada elemento de território e erro do método de posicionamento usado.

[0022] A presença de tais especificações de entrada permite melhor adaptar o sistema de monitoração ao serviço para o qual tal monitoração é requerida. Em particular, há alguns serviços, por exemplo, aqueles que provêm visualização de tráfego em mapas de estrada com uma resolução ajustada, o que requer como especificações de entrada ajustar o tamanho de elemento de território e erro máximo permissível na estimativa dos índices de mobilidade. Para outros serviços, por exemplo, aqueles requerendo informação em tempo real sobre tráfego de estrada, como especificações de entrada, é preferível ajustar a extensão do intervalo de tempo de observação em adição ao erro máximo permissível nos índices de mobilidade. Em outros serviços, por exemplo, aqueles requerendo informação de área sobre tráfego

de estrada, como especificações de entrada, é preferível configurar o tamanho de elemento de território que seja tão pequeno quanto possível, em adição ao erro máximo permissível nos índices de mobilidade.

[0023] Uma realização atualmente preferida da invenção trata de um sistema de monitoração de tráfego de estrada compreendendo: pelo menos uma primeira entrada para receber estimativas de posição de terminais móveis; pelo menos uma segunda entrada para receber especificações de entrada escolhidas dependendo do tipo de serviço para o qual tal monitoração é efetuada; e pelo menos uma saída para gerar mapas de tráfego de estrada, cada mapa de tráfego de estrada sendo associado a um conjunto de elementos de território e incluindo, para cada um dos citados elementos de território, pelo menos um índice de mobilidade de terminais móveis percorrendo dentro de tal elemento de território.

[0024] Um outro aspecto da presente invenção trata de um método de monitoração de tráfego de estrada compreendendo as seguintes etapas:

- receber estimativas de posição de terminais móveis;

- receber especificações de entrada escolhidas dependendo do tipo de serviço para o qual tal monitoração é efetuada;

- gerar mapas de tráfego de estrada, cada mapa de tráfego de estrada sendo associado a um conjunto de elementos de território e incluindo, para cada um dos citados elementos de território, pelo menos um índice de mobilidade de terminais móveis percorrendo dentro de tal elemento de território.

[0025] Aspectos preferidos adicionais da presente invenção são descritos nas reivindicações dependentes e na presente descrição.

Breve Descrição dos Desenhos

[0026] A invenção será agora descrita, como um exemplo não limitante, com referência às figuras dos desenhos incluídos, nos quais:

- Figura 1 mostra o sistema de monitoração de acordo com a

invenção;

- Figura 2 mostra um fluxograma relacionado a um método implementado pelo sistema de monitoração de acordo com a invenção;

- Figuras 3, 4 e 5 mostram possíveis comportamentos de quantidades usadas pelo sistema de monitoração de acordo com a invenção; e

- Figura 6 mostra uma mapa de tráfego de veículo associado a um conjunto de elementos de território gerado pelo sistema de monitoração, de acordo com a invenção.

Descrição Detalhada de Realizações da Invenção

[0027] Conforme mostrado na Figura 1, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 da presente invenção compreende pelo menos uma primeira 1a, uma segunda 1b e uma terceira 1c entradas para receber respectivamente estimativas de posição de terminais móveis (abaixo "estimativas de posição"), especificações de entrada e assim chamados dados característicos, que serão melhor detalhados abaixo, e pelo menos uma saída 1d para gerar mapas de tráfego de estrada baseados em elemento de território. Em particular, cada mapa de tráfego de estrada é associado a um conjunto de elementos de território que cobrem uma área geográfica relevante, e contém, para cada elemento de território pertencente ao conjunto, os valores de índices de mobilidade (por exemplo, a velocidade média) de terminais móveis/veículos percorrendo dentro de tal elemento de território por um certo intervalo de tempo de observação do próprio elemento de território.

Estimativas de Posição

[0028] Estimativas de posição de terminais móveis podem ser baseadas em informação proveniente de um sistema de comunicação celular (por exemplo, do tipo GSM, EDGE, UMTS, PDC) ou de sistemas do tipo GPS, AGPS, Galileu ou Galileu-Assistido; em geral, a partir de sistemas que são capazes de prover estimativas de posição que levam em consideração que um subconjunto de terminais está sob mobilidade.

[0029] Em particular, informações provenientes de sistemas de comunicação celulares são preferivelmente aquelas já presentes dentro dos próprios sistemas, e usadas para sua operação normal, tais como, por exemplo, medidas de potência nos sinais recebidos, medidas do tempo de retardo de propagação, identificações de células de serviço e células adjacentes, etc. Estas informações são então usadas pelos métodos de posicionamento (tais como, por exemplo, CI, CI Reforçado, TDOA, EOTD) para obter estimativas de posição.

[0030] Vantajosamente, o uso de tal informação, já presente nos sistemas celulares, evita operar ativamente neste últimos para requerer a geração de nova informação. Deste modo, uma sobrecarga excessiva de sinalização e conexões sobre os próprios sistemas é evitada.

[0031] É adicionalmente apropriado supor que métodos de posicionamento usados são capazes de prover estimativas de posição subseqüentes, a saber disponíveis para cada usuário nos intervalos de tempo subseqüentes (por exemplo, a cada cinco segundos) e levar em conta que um subconjunto de terminais capaz de ser localizado está sob mobilidade, a saber em um veículo, como será melhor detalhado abaixo na presente descrição.

Especificações de Entrada

[0032] Métodos de posicionamento, que podem ser usados para estimativas de posição, tipicamente apresentam dois tipos de problemas:

1) o número de terminais móveis que pode ser rastreado é apenas um subconjunto de todos os terminais móveis que podem ser encontrados em um veículo. Em particular, com vistas ao método de posicionamento baseado em informação relacionada à operação do sistema de comunicação celular, pode ser estabelecido que:

- nem todos os usuários sendo encontrados em um veículo possuem um terminal móvel ligado;
- uma Operadora de telefone móvel, em geral, não pode ter

localizações disponíveis de usuários pertencentes a outras Operadoras de telefone móvel;

o utilizando métodos de posicionamento não intrusivos, a saber que usam dados disponíveis nas interfaces de sinalização do sistema de comunicação celular, é possível localizar apenas aqueles usuários que efetuam uma chamada (usuários conectados). Estes dados, de fato, não estão presentes nas interfaces de sinalização somente para terminais de conexão.

[0033] Métodos de posições baseados em sistemas GPS, AGPS, Galileu, Galileu-Assistido, sofrem, em adição aos problemas listados também daqueles relacionados ao número limitado de terminais móveis equipados com receptores que são capazes de explorar tais sistemas e também à possível indisponibilidade de tais sistemas, acima de tudo em um contexto urbano.

2) estimativas de posição obtidas usando-se aqueles métodos de posicionamento acima descritos são, em termo geral, afetadas por erros. Por exemplo, estimativas de posição de terminais móveis usando-se a informação proveniente de sistemas de comunicação celular podem conter certos erros de estimativa que podem ser da ordem de 100 m ou de 200 m em áreas de elevada densidade de célula (tipicamente áreas urbanas), mas podem também alcançar vários km em áreas de baixa densidade de célula (tipicamente áreas suburbanas ou extra urbana). Estes erros de estimativa de posição podem implicar em erros designando ambos terminais móveis a elementos de território, por exemplo, deduzindo que o terminal móvel está num dado elemento de território, embora o terminal, de fato, esteja num outro elemento de território, presumivelmente, o adjacente, e em estimativas de velocidade de veículo.

[0034] Observou-se que isto determina uma condição para a qual, tendo configurado um tamanho de elemento de território e uma largura de intervalo de tempo de observação de elemento de território, valores de índice de mobilidade computados pelo sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 são afetados por erros. Todavia, erros de índices de mobilidade diminuem quando o número

de terminais observados sob mobilidade aumenta, em um certo elemento de território e por um certo intervalo de tempo de observação.

[0035] Notou-se que o número de terminais observados sob mobilidade depende do tamanho de elemento de território (quanto maior for o tamanho do elemento de território, maior o número de terminais percorrendo em tal elemento de território) e do tamanho do intervalo de tempo de observação (quanto maior o tamanho do intervalo de tempo de observação, mais alto o número de terminais observados). Isto implica em que, após ter configurado o número de terminais observados que torna a estimativa de índices de mobilidade confiável, há um compromisso entre o tamanho do elemento de território e o tamanho do intervalo de tempo de observação de elemento de território.

[0036] De acordo com a presente invenção, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 é capaz de gerenciar este compromisso, tornando a estimativa dos índices de mobilidade mais precisa, usando como especificações de entrada pelo menos dois parâmetros escolhidos entre: tamanho de elemento de território, extensão do intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível na estimativa dos índices de mobilidade. Após ter configurado pelo menos dois dos parâmetros acima listados, por exemplo, intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível nos índices de mobilidade, o sistema de monitoração de acordo com a invenção é capaz de determinar o outro parâmetro, neste caso o tamanho do elemento de território, dependendo de relações pré computadas ou de modelos matemáticos que permitam descrever o enlace existente entre especificações de entrada e parâmetro a ser computado, também levando em conta outros parâmetros, os assim chamados dados características, incluindo, por exemplo: densidade de chamadas de usuário dentro de cada elemento de território (abaixo definidas como “densidade de chamadas”) e erro no método de posicionamento usado.

[0037] É, portanto, útil dizer que, quanto à densidade de chamadas,

por exemplo, por quilometro quadrado, sendo esta última um parâmetro que depende do número de usuários falando no elemento de território afetado e de sua distribuição no próprio elemento de território, é algo complexo operar sobre ela. De fato, a distribuição de densidade de chamadas é geralmente diferente de elemento de território para elemento de território e muda no tempo. No sentido de tornar a escolha deste parâmetro como dados característicos mais fácil, entretanto, pode ser suposto coletar, para cada elemento de território sendo observado, alguns dados estatísticos sobre distribuição de chamadas, no sentido de ter um conhecimento deste parâmetro de antemão. Alternativamente, este parâmetro pode ser computado "no tempo de execução" dependendo do número real de chamadas efetuadas por usuários tendo percorrido em elementos de território sob observação.

[0038] Notou-se adicionalmente que a presença de especificações de entrada que levam em conta pelo menos dois dentre os parâmetros escolhidos entre tamanho de elemento de território, tamanho do intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível da estimativa de índices de mobilidade, permite adaptar melhor o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 ao serviço que o utiliza.

[0039] Em particular, há alguns serviços, por exemplo, aqueles provendo a visualização de tráfego em mapas com uma resolução estabelecida, que requerem como especificações de entrada ajustar tamanho do elemento de território e erro máximo permissível na estimativa dos índices de mobilidade. Para outros serviços, por exemplo, aqueles requerendo estritamente informações em "tempo real", as seguintes podem ser configuradas como especificações de entrada: tamanho do intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível da estimativa de índices de mobilidade. Ainda em outros serviços, por exemplo, aqueles que requerem informação de tráfego em uma base diária, as seguintes podem ser providas como especificações de entrada:

um tamanho de elemento de território que seja tão pequeno quanto possível, conforme melhor descrito abaixo na presente descrição, em adição ao erro máximo permissível na estimativa dos índices de mobilidade.

Mapas de Índices de Mobilidade

[0040] O sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 provê a geração, na saída 1d, para cada elemento de território, para um mapa de tráfego de estrada contendo os valores de um conjunto de índices de mobilidade relacionado o certo intervalo de tempo de observação do próprio elemento de território.

[0041] Abaixo na presente descrição, um elemento de território tem, tipicamente, uma forma retangular, ou, mais particularmente, quadrada, tendo tamanhos variáveis.

[0042] De acordo com a presente invenção, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 associa cada elemento de território com um ou mais índices de mobilidade, indicando o estado de mobilidade de usuários e portanto, os terminais móveis que podem ser encontrados dentro do próprio elemento de território. Por exemplo, os seguintes podem ser usados como índices de mobilidade:

- o valor da velocidade de percurso média de veículos percorrendo no elemento de território sob observação, em um certo intervalo de tempo de observação de elemento de território; esta média é denotada como módulo de velocidade;

- o valor de velocidade média de veículos percorrendo no elemento de território sob observação em um certo intervalo de tempo de observação de elemento de território decomposta em seus quatro componentes principais (Norte, Leste, Sul, Oeste), como será melhor descrito na descrição que se segue;

- o número de usuários sob mobilidade percorrendo no

elemento de território sob observação, no intervalo de tempo de observação considerada;

- o número de trajetórias percorridas por usuários dentro do elemento de território sob observação no intervalo de tempo de observação considerada; e

- o número de ocorrências, a saber, o número de localizações estimadas pelo método de posicionamento usado, para usuários sob mobilidade dentro do elemento de território sob observação e no intervalo de tempo de observação considerada.

[0043] Precisa ser observado que todos os índices de mobilidade se referem a um dado elemento de território, tendo um certo tamanho, e a um certo intervalo de tempo de observação de elemento de território.

[0044] O sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 é então capaz de gerar como saída um ou mais mapas de tráfego de veículo na forma de matrizes, uma matriz para cada índice de mobilidade.

[0045] Por exemplo, a Figura 6 mostra um mapa de tráfego de veículo associado a um conjunto de elementos de território pertencentes a uma certa área geográfica. Estes elementos de território, de acordo com a invenção, são associados com valores de um ou mais índices de mobilidade.

Modo de Computação de Índices de Mobilidade

[0046] Para computar os índices de mobilidade previamente descritos, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 usa as etapas listadas abaixo, mostradas na Figura 2:

etapa 1) usar (bloco 2a da Figura 2) estimativas de posição recebidas na entrada 1a como parâmetro de entrada para algoritmos de rastreamento que são capazes de determinar a trajetória seguida por cada terminal móvel e sua velocidade de movimento;

etapa 2) discriminar (bloco 2b da Figura 2) entre terminais móveis pertencentes a usuários móveis em veículos e terminais móveis

pertencentes a usuários não se movendo em veículos (por exemplo pedestres); e

etapa 3) computar (bloco 2C da Figura 2) índices de mobilidade para cada elemento de território sob observação.

[0047] Especificamente, estimativas de posição usadas pelo sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 na etapa 1 requerem que o terminal móvel seja localizado periodicamente, a saber por um período mínimo de tempo (por exemplo, 5 s) necessário para os algoritmos de rastreamento determinarem a velocidade e trajetória do terminal. Conforme já mencionado previamente, a localização pode ser efetuada usando, por exemplo, os métodos que requerem, a partir do terminal móvel ou a partir do sistema de comunicação celular servindo ao terminal móvel, todas informações necessárias para determinar a posição do próprio terminal móvel (por exemplo, métodos de posicionamento listados previamente). Alternativamente, pode ser usada a informação de quais estão percorrendo nos enlaces de sinalização do sistema de comunicação celular, quanto o terminal móvel está se comunicando. Por exemplo, para o gerenciamento normal de uma mobilidade de terminal móvel GSM comunicando-se em enlaces de sinalização Abis (a saber, a interface de sinalização que permite que dois nós do sistema GSM, por exemplo, BTS e BSC conversem mutuamente) com um período de 0,480 segundos, medidas de tempo e potência na célula de serviço, juntamente com medidas de potência efetuadas em um máximo de seis células adjacentes do terminal móvel GSM que estão percorrendo. Estas informações permitem localizar o terminal com uma periodicidade de 0,480 segundos. No sentido de reduzir as cargas de processamento do aparelho de posicionamento, é possível aumentar o período de tempo entre duas localizações seguidas, efetuando uma decimação de medidas coletadas, a saber, tomando por exemplo uma medida a cada 10 entre as medidas disponíveis e descartando as outras, é possível obter uma posição estimada a cada 4,8 segundos. As localização computadas para o mesmo

terminal móvel, em períodos seguidos de tempo, são processadas pelo sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 através de algoritmos de rastreamento, para determinar trajetória de terminal móvel e velocidade de movimento. Conforme já mencionado previamente, as posições de terminal móvel estimadas são afetadas por erros, em particular o método de posicionamento não localiza um ponto, mas uma área de incerteza na qual o terminal móvel pode ser encontrado. O uso de algoritmos de rastreamento permite, usando muitas posições de terminal móvel, estimar mais precisamente a trajetória seguida pelo terminal móvel e ao mesmo tempo determinar sua velocidade. A velocidade pode ser determinada como a velocidade média em toda a rota seguida pelo terminal móvel, uma velocidade média dentro de seções limitadas da rota seguida pelo terminal móvel (por exemplo, a seção dentro do elemento de território sob observação), ou como velocidade estimada em cada nova posição assumida pelo terminal móvel ao longo de sua rota. Algoritmos de rastreamento permitem filtras adequadamente as estimativas de posição obtidas na entrada 1a através de uma das técnicas de filtragem conhecidas na literatura, por exemplo, filtragem passa baixa ou filtragem com um filtro de Kalman (este último descrito por exemplo em Brown, R. G., Hwang, P. Y. C., Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, 3ª ed., John Wiley & Sons, Inc. 1997).

[0048] Na etapa 2, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 discrimina entre terminais móveis que serão indicados como pedestres e aqueles que serão indicados como veículo. Em particular, durante a presente descrição, o termo pedestre significa os terminais móveis pertencentes aos usuários que estão andando a pé ou não estão se movendo, enquanto o termo veículos significa os terminais móveis pertencentes a usuários que estão em veículos em movimento. A distinção entre pedestres e veículos é efetuada implementando algoritmos que usam como informação principal a elemento do terminal móvel. Por exemplo, um terminal móvel pode ser considerado

como um veículo se sua velocidade computada na rota de observação total do terminal móvel excede a velocidade máxima estabelecida de antemão para um pedestre. Uma alternativa para designar o terminal móvel como veículo é verificar se a velocidade instantânea do terminal é mantida acima de um certo limiar por uma percentagem pré estabelecida de tempo, no tempo necessário para percorrer ao longo da rota traçada ou porção da rota traçada.

[0049] Na etapa 3, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 computa os índices de mobilidade previamente descritos. O sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 computa os índices de mobilidade levando em conta apenas aquelas trajetórias designadas a terminais sob mobilidade.

[0050] A computação de cada índice de mobilidade é efetuada pelo bloco 2c do sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 e ocorre conforme descrito abaixo:

- o valor de velocidade média dentro do elemento de território sob observação é determinado efetuando a média dos valores absolutos de velocidades estimadas dentro do próprio elemento de território, no intervalo de tempo de observação considerado;

- o valor de velocidade média nos quatro componentes principais é determinado supondo um movimento de terminal móvel em um plano horizontal, onde valores médios são computados, por exemplo, ao longo das direções Norte, Sul, Leste e Oeste, de velocidades estimadas, dentro do elemento de território sob observação e no intervalo de tempo de observação considerado, decomposta em relação às direções mencionadas. Se o mobilidade do terminal móvel é levado em conta no espaço tridimensional, componentes de velocidade média ao longo da direção vertical também serão levados em conta;

- o número de usuários sob mobilidade é determinado pelo número de usuários sob mobilidade medidos dentro do elemento de território

sob observação no intervalo de tempo de observação considerado;

- o número de trajetórias de usuário dentro do elemento de território sob observação é determinado pelo número de trajetórias medidas dentro do próprio elemento de território no intervalo de tempo de observação considerada. Este valor é diferente do número de usuários sob mobilidade uma vez que, teoricamente, o mesmo usuário pode executar muitas trajetórias dentro do elemento de território sob observação, no intervalo de tempo de observação considerada; e

- o número de ocorrências é determinado computando o número de localizações estimadas pelo método de posicionamento, usados para usuários sob mobilidade dentro do elemento de território sob observação e no intervalo de tempo de observação considerada.

Modo de Gerenciamento de Especificações de Entrada

[0051] Conforme mencionado previamente, os índices de mobilidade, estimados pelo sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 com referência ao elemento de território sob observação, são afetados por erros: por exemplo, erros ao designar terminais aos elementos de território e/ou erros ao estimar as velocidades de terminal.

[0052] Vantajosamente, notou-se que é possível, uma vez conhecendo o método de posicionamento usado, criar modelos matemáticos que permitam descrever o enlace existente entre as especificações de entrada: tamanho de elemento de território, extensão do intervalo de tempo de observação e erro máximo permissível da estimativa de índices de mobilidade e os assim chamados dados característicos, tais como, por exemplo, densidade de chamadas e erro do método de posicionamento usado, e usar estes modelos matemáticos para tornar a estimativa dos índices de mobilidade mais precisa.

[0053] Como um exemplo, a Figura 3 mostra, após ter configurado o intervalo de tempo de observação, a relação existente entre o erro de índice de mobilidade, indicando a velocidade obtida como a média de valores absolutos

de velocidades estimadas dentro do elemento de território sob observação e do tamanho do elemento de território. Relação é dada por parâmetros dependendo da densidade de chamadas, por exemplo, por quilômetro quadrado, e supondo ter um método de posicionamento com uma precisão de 150 metros em 67% dos casos (isto pode ser obtido usando, por exemplo, o método de posicionamento CI Melhorado). É observado que, após ter configurado uma certa densidade de chamadas, o erro do índice de mobilidade indicando a velocidade estimada diminui, quando o tamanho do elemento de território aumenta. É adicionalmente observado que, com os outros parâmetros idênticos, a saber, tamanho do elemento de território e precisão do método de posicionamento, o erro diminui quando a densidade de chamadas por quilômetro quadrado aumenta, isto porque o número de amostras de medida disponíveis para realizar a estimativa aumenta.

[0054] Figuras 4 e 5 mostram, após ter configurado a densidade de chamadas média por quilômetro quadrado em 40 chamadas por quilômetro quadrado, o comportamento de erro na velocidade obtida como média dos valores absolutos das velocidades estimadas, quando o tamanho do elemento de território sob observação muda, com o parâmetro da extensão do intervalo de tempo de observação. Em particular, Figura 4 mostra a relação entre o erro na velocidade estimada e o tamanho do elemento de território sob observação para um método de posicionamento com uma precisão de 150 metros em 67% dos casos, enquanto a Figura 5 mostra a relação entre o erro na velocidade estimada e tamanho do elemento de território sob observação para um método de posicionamento com uma precisão de 200 metros em 67% dos casos (isto pode ser obtido usando, por exemplo, o método de posicionamento CI Melhorado). Observa-se que, quando o tamanho do elemento de território sob observação aumenta, com os outros parâmetros idênticos, o erro da velocidade de elemento de território estimada diminui. O erro, ainda mais, diminui quando o intervalo de tempo de observação aumenta. Comparando as

Figuras 4 e 5, observa-se na velocidade estimada no elemento de território sob observação aumenta quando o erro do método de posicionamento aumenta.

[0055] Abaixo, alguns exemplos de gerenciamento de especificações de entrada quando o serviço para o qual uma estimativa de tráfego de estrada é requerida, são descritos. Por exemplo:

a) o serviço pode exigir um tamanho do elemento de território adequado e um certo erro máximo permissível nos índices de mobilidade, mangueira pode não ter restrições à extensão do intervalo de tempo de observação. Um serviço deste tipo pode, por exemplo, ser o oferecido a municipalidades que usam distribuição de tráfego estatística para fins de planejamento urbano, por exemplo, para planejar intervenções na estrada, estacionamentos, etc., ou para dimensionamento de transportes públicos. Neste caso, as seguintes são dadas como especificações de entrada para o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1: tamanho do elemento de território e erro máximo permissível, a saber a precisão desejada, ou índices de mobilidade considerados, enquanto a precisão do método de posição usado é provida como dados característicos. Conhecendo estes parâmetros, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 é capaz de determinar (através dos modelos matemáticos previamente descritos) tal valor do parâmetro de densidade de chamadas de modo a obter a precisão desejada nos índices de mobilidade considerados. Uma vez tendo computado tal valor, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 fornecerá o mapa de tráfego de estrada com os vários índices de mobilidade, tendo a precisão desejada após tal intervalo de tempo de observação que, em todos os elementos de território da área relevante, haverá um número de chamadas (densidade de chamadas) maior ou igual ao valor computado. Alternativamente, o parâmetro de densidade de chamadas pode ser computado no “tempo de execução” contando as chamadas efetuadas pelos usuários até que a precisão desejada seja alcançada nos índices de mobilidade;

b) o serviço pode requerer que a informação de tráfego seja atualizada com uma certa temporização (por exemplo, a cada 15 minutos) e com um limiar ajustado para o erro máximo permissível na estimativa de índices de mobilidade. Um serviço deste tipo pode, por exemplo, ser um serviço destinado a motoristas que estejam interessados em ter informação de tráfego atualizada, no sentido de ser capaz de escolher a rota mais rápida. Neste caso, as seguintes são usadas como especificações de entrada: extensão de intervalo de tempo de observação e limiar ajustado para erro máximo permissível nos índices de mobilidade, enquanto a precisão do método de posicionamento usado é provida como dados característicos. Tamanhos de elementos de território podem ser computados usando-se, por exemplo, duas alternativas: a primeira alternativa é configurar o mesmo tamanho para todos os elementos de território. Neste caso, o único parâmetro não especificado é o parâmetro de densidade de chamadas do elemento de território, que, contudo, não pode ser modificado pelo sistema de monitoração de tráfego de estrada 1. O sistema de monitoração de tráfego de estrada 1, portanto, limitará a si próprio para computar os índices de mobilidade relevantes, só para aqueles elementos de território para os quais o parâmetro de densidade de chamada seja tal que permita um erro máximo permissível na estimativa dos índices de mobilidade dentro do limiar previamente ajustado. A segunda alternativa é prover um mapa de tráfego de veículo com seu tamanho de elementos de território, que muda dependendo da densidade de chamadas em diferentes porções da área relevante. Neste caso, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 pode operar no tamanho do elemento de território. Em particular, aquele sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 pode dividir a área relevante em elementos de território com tamanhos diferentes, dependendo da densidade de chamadas: com isto, haverá elementos de território maiores onde a densidade de chamadas é mais baixa, no sentido de ter, no elemento de território, o número mínimo de chamadas adaptado para satisfazer a restrição do erro máximo permissível

para índices de mobilidade;

c) um outro modo para fornecer especificações de entrada ao sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 é, após ter configurado o erro máximo permissível nos índices de mobilidade, prover faixas de valor adequadas para tamanho de elemento de território e para extensão de intervalo de tempo de observação, dependendo do tipo de serviço requerido. Por exemplo, para um tipo de serviço de informação para motoristas, as seguintes especificações de entrada poderiam ser providas:

$$10minutos \leq tempo_de_observação \leq 30minutos$$

$$50metros_lateral \leq tamanho_de_elemento\ de\ território \leq 300metros_lateral$$

[0056] Neste caso, o sistema de monitoração de tráfego de estrada 1 verificará que há pares (tamanhos de elementos de território, extensão de intervalo de tempo de observação) que são conformes às especificações sobre o erro máximo permissível nos índices de mobilidade considerados e o fornecedor do serviço terá a chance de escolher, por exemplo, fazer com que este ajuste uma prioridade em um dos dois parâmetros. Por exemplo, se uma prioridade mais alta tiver sido designada ao intervalo de tempo de observação, um par de tamanho de elemento de território e extensão de intervalo de tempo de observação será escolhido, no sentido de tornar o último parâmetro máximo.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de monitoração de tráfego de estrada (1), caracterizado pelo fato de compreender:

- pelo menos uma primeira entrada (1a) para receber estimativas de posição de terminais móveis percorrendo dentro de um conjunto de elementos de território;

- pelo menos uma segunda entrada (1b) para receber especificações de entrada incluindo dois parâmetros de entrada, um dos quais sendo o máximo erro permissível em uma estimativa de pelo menos um índice de mobilidade de terminais móveis percorrendo dentro do conjunto de elementos de território e o outro sendo selecionado dos seguintes dois parâmetros: tamanho de elemento de território e intervalo de tempo de observação de elemento de território, aquela seleção dependendo do tipo de serviço para o qual tal monitoração é efetuada; e

- pelo menos uma saída (1d) para a geração de mapas de tráfego de estrada, cada mapa de tráfego de estrada sendo associado com o dito conjunto de elementos de território e incluindo, para cada um dos elementos de território mencionados, pelo menos um índice de mobilidade de terminais móveis que percorrem dentro de tal elemento de território, aqueles mapas de tráfego de estrada sendo gerados com base nas estimativas de posição recebidas e nas especificações de entrada recebidas.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender pelo menos uma terceira entrada (1c) para receber dados característicos, ditos dados característicos sendo escolhidos entre pelo menos um dos seguintes parâmetros: densidade de chamadas efetuadas por usuários dentro de cada elemento de território, precisão das referidas estimativas de posição.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que aquelas estimativas de posição são baseadas em informação proveniente de um sistema de comunicação celular.

4. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que aquelas estimativas de posição são baseadas em informação proveniente de um sistema de comunicação via satélite.

5. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que, para cada um de ditos elementos de território, aquele pelo menos um índice de mobilidade é escolhido entre pelo menos um dos seguintes parâmetros: valor de velocidade de percurso médio de terminais móveis percorrendo no elemento de território; número de usuários sob mobilidade percorrendo dentro do elemento de território; número de trajetórias percorridas por terminais móveis dentro do elemento de território; número de posições estimadas para terminais móveis dentro do elemento de território.

6. Método de monitoração de tráfego de estrada, caracterizado pelo fato de compreender as seguintes etapas:

- receber estimativas de posição de terminais móveis percorrendo dentro de um conjunto de elementos de território;

- receber especificações de entrada incluindo dois parâmetros de entrada, um dos quais sendo o máximo erro permissível numa estimativa de pelo menos um índice de mobilidade de terminais móveis percorrendo dentro daquele conjunto de elementos de território e o outro sendo selecionado dos seguintes dois parâmetros: tamanho de elemento de território e intervalo de tempo de observação de elemento de território, aquela seleção dependendo do tipo de serviço para o qual tal monitoração é efetuada; e

- gerar mapas de tráfego de estrada, cada mapa de tráfego de estrada sendo associado com o referido conjunto de elementos de território e incluindo, para cada um de ditos elementos de território, pelo menos um índice de mobilidade de terminais móveis que percorrem dentro de tal elemento de território, aqueles mapas de tráfego de estrada sendo gerados com base nas estimativas de posição recebidas e nas especificações de entrada recebidas.

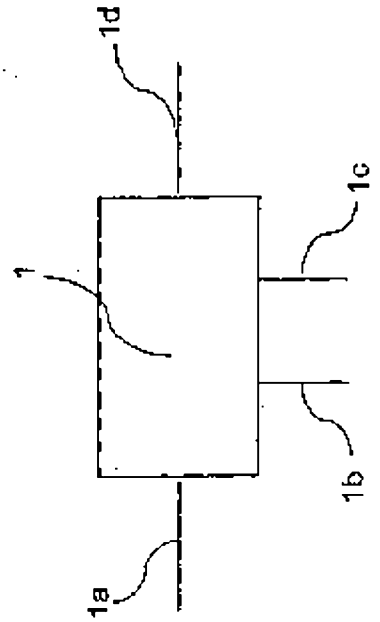


FIG. 1

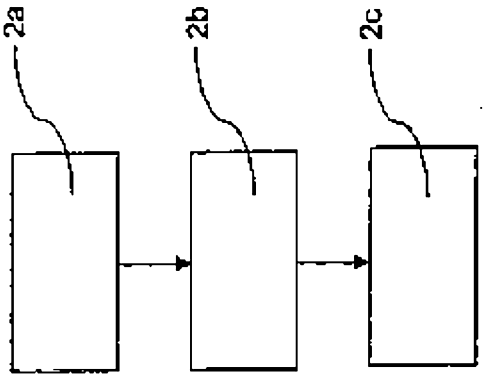


FIG. 2

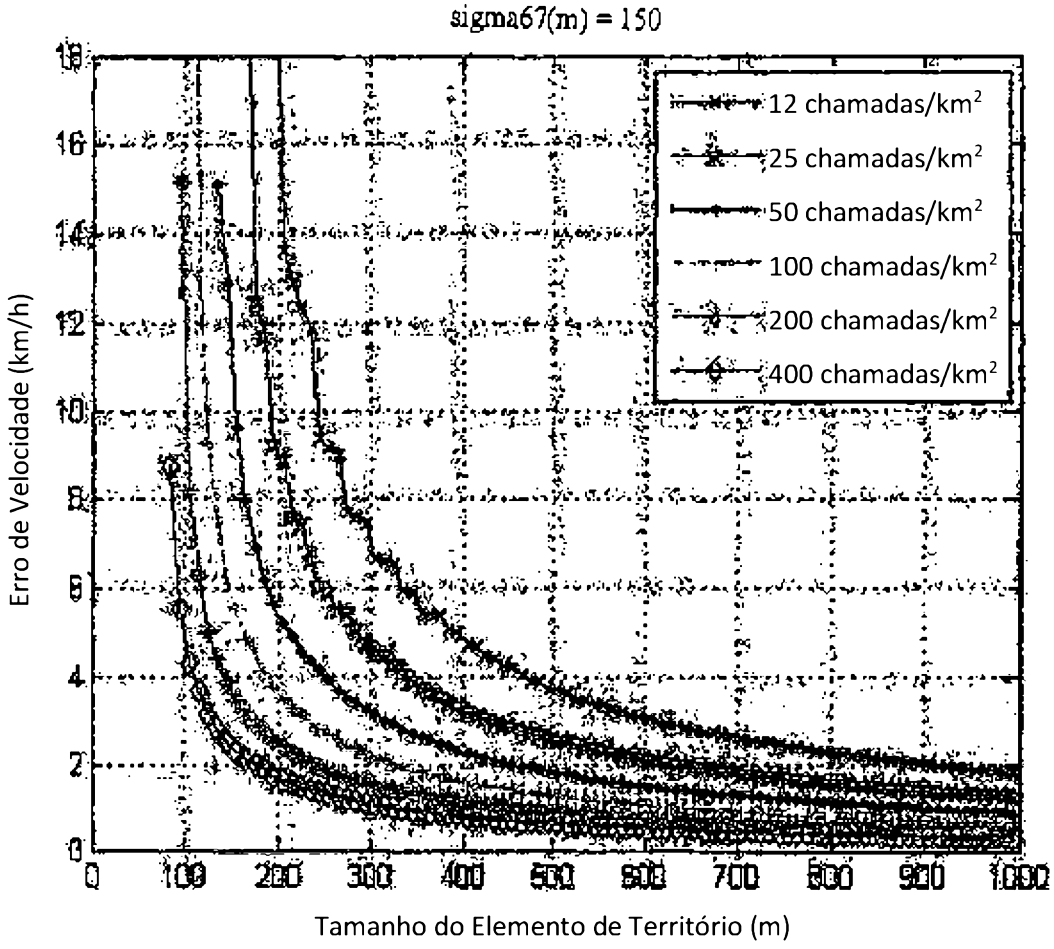

sigma67(m) = 150
12 chamadas/km²
25 chamadas/km²
50 chamadas/km²
100 chamadas/km²
200 chamadas/km²
400 chamadas/km²
Erro de Velocidade (km/h)
Tamanho do Elemento de Território (m)

FIG. 3

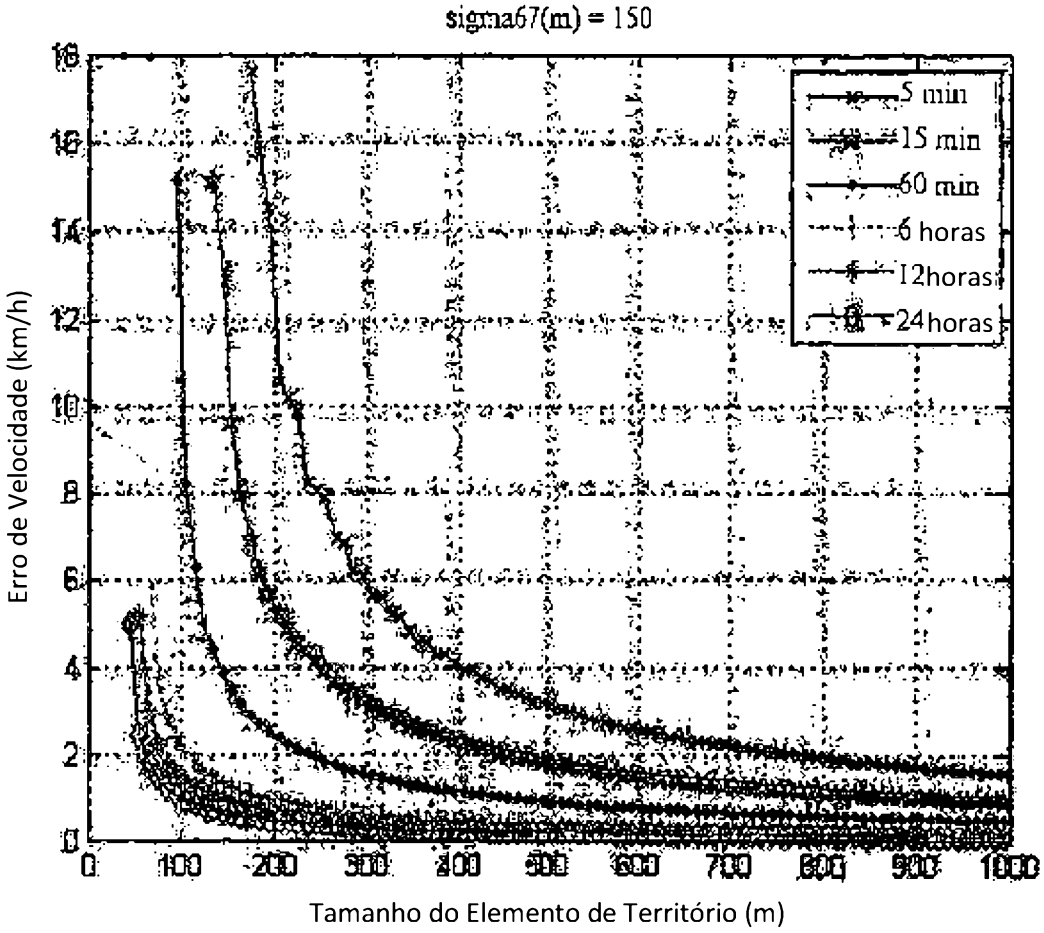

sigma67(m) = 150
Erro de Velocidade (km/h)
Tamanho do Elemento de Território (m)
5 min
15 min
60 min
6 horas
12horas
24horas
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
2
4
6
8
10
12
14
16

FIG. 4

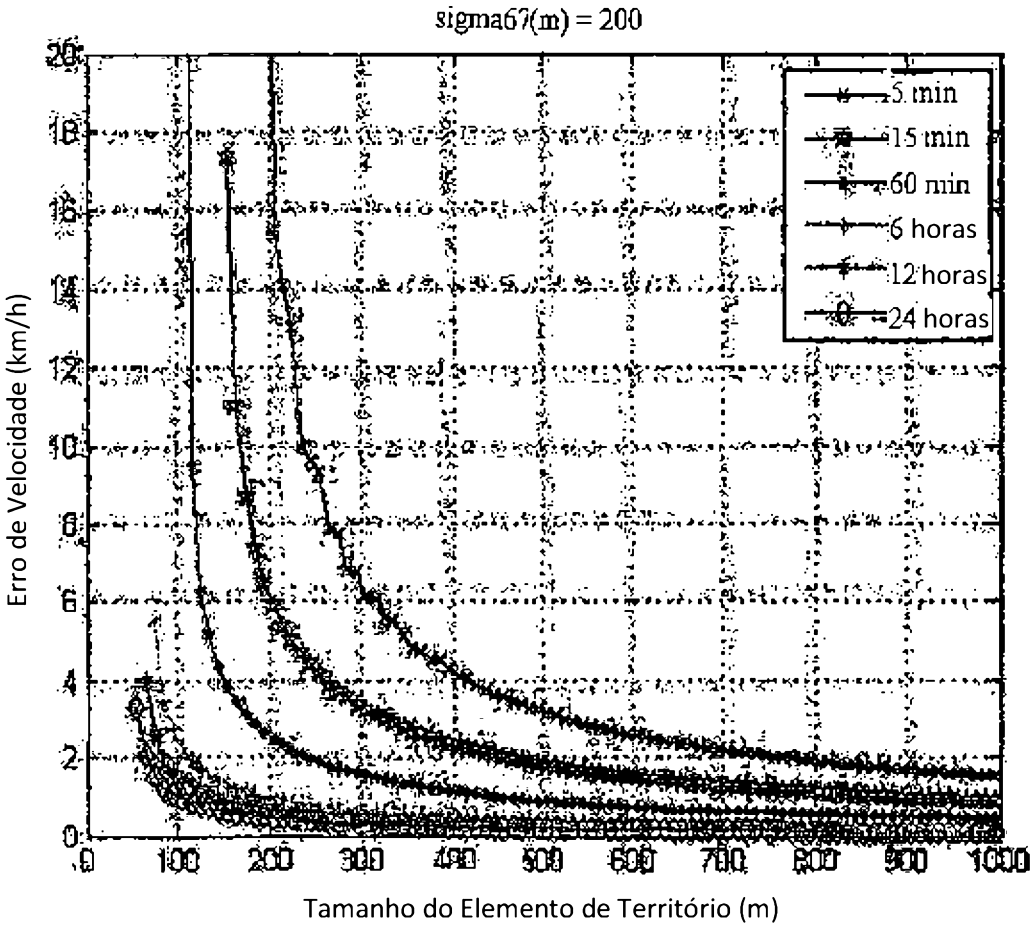

sigma67(m) = 200
Erro de Velocidade (km/h)
Tamanho do Elemento de Território (m)
5 min
15 min
60 min
6 horas
12 horas
24 horas
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

FIG. 5

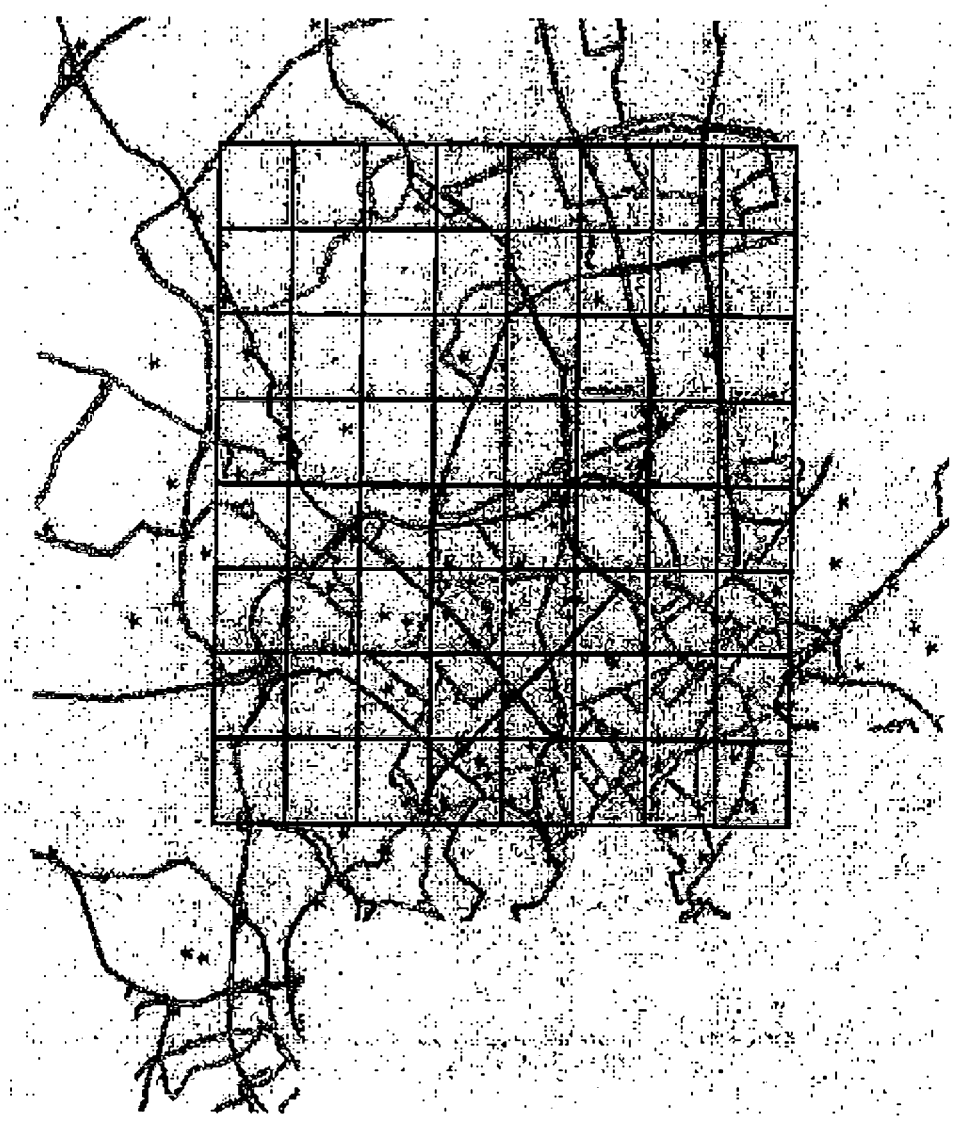


FIG. 6