



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0605829-9 A**

(22) Data de Depósito: 28/12/2006  
(43) Data de Publicação: 19/08/2008  
(RPI 1963)



(51) *Int. Cl.:*  
**G06F 13/10 (2008.04)**  
**G06F 3/042 (2008.04)**

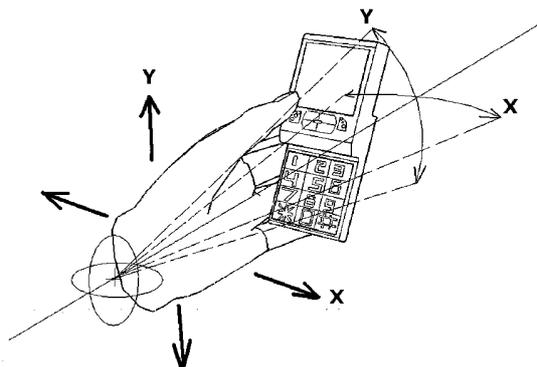
(54) **Título: ALGORITMO DE FLUXO ÓPTICO MODIFICADO PARA RASTREAMENTO DE DESLOCAMENTOS EM CÂMERAS DE BAIXA RESOLUÇÃO**

(71) **Depositante(s):** Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda (BR/AM)

(72) **Inventor(es):** Rodrigo Carvalho Sousa Costa, Paulo César Cortez, José Marques Soares, Robson da Silva Siqueira, Cincinato Furtado Leite Neto

(74) **Procurador:** Estela Maris Aoki Camargo

(57) **Resumo:** "ALGORITMO DE FLUXO ÓPTICO MODIFICADO PARA RASTREAMENTO DE DESLOCAMENTOS EM CÂMERAS DE BAIXA RESOLUÇÃO EM DISPOSITIVOS PORTÁTEIS". De acordo com a presente invenção o invento abrange a identificação de deslocamento, utilizando-se de um algoritmo de fluxo óptico modificado, utilizando-se de um ganho não-linear, e de um fator de esquecimento da velocidade média que diminua o efeito da histerese provocada pelo processamento de vídeos a baixas taxas. Este parâmetro possui uma pequena variação para o cenário slide dependendo da luminosidade e distância a projeção. Parâmetros pequenos geram muito ruído na detecção, contudo, parâmetros grandes geram o fenômeno da histerese descrito Previamente. O vídeo a ser processado deve ser obtido por uma câmera portátil do tipo webcam ou acoplada a algum dispositivo móvel como celular, smartphone ou PDA. A obtenção do vídeo deve ser feita visualizando um ambiente estático, onde a única movimentação seja provida pelo movimento relativo da câmera. A movimentação deverá utilizar a movimentação do pulso para minimizar o esforço e maximizar a identificação do movimento relativo.



**“ALGORITMO DE FLUXO ÓPTICO MODIFICADO PARA  
RASTREAMENTO DE DESLOCAMENTOS EM CÂMERAS DE  
BAIXA RESOLUÇÃO”**

5

A presente patente de invenção tem por objeto a utilização de câmara embutida em dispositivos portáteis, notadamente celulares, para identificação de deslocamentos realizados com a movimentação da câmara em ambiente estático, sendo que o deslocamento resultante poderá ser utilizado em aplicativos como se fosse um mouse de um computador. O objetivo é utilizar o deslocamento identificado para movimentar cursores de dispositivos, dando um maior grau de liberdade aos movimentos.

15

Com a difusão dos dispositivos portáteis e o aumento da capacidade de processamento e armazenamento dos mesmos, foram desenvolvidos sistemas operacionais modernos, capazes de executar, nestes dispositivos, aplicações que antes somente eram possíveis em plataformas maiores como os microcomputadores

20

*Personal Computers* - PCs.

25

Os aplicativos gráficos como jogos, editores de texto e manipuladores de fotografias são cada vez mais comuns nos sistemas dedicados a dispositivos portáteis. Com essa difusão, o usuário deseja que os aplicativos que ele acessa nos terminais maiores possam ser acessados nos dispositivos portáteis. Até

algum tempo, as aplicações precisavam ser adaptadas ao ambiente portátil, devido às limitações da tela, memória, processamento.

Esse ambiente mais restrito limitava a utilização de todos os recursos, quer por impossibilidade de serem portados, pela ausência de memória ou capacidade de processamento, quer por limitações de usabilidade. Por limitações na usabilidade entende-se a dificuldade de utilizar os aplicativos, em ambientes portáteis, da mesma forma como se utiliza em PCs.

10

Dois exemplos típicos de dispositivos que usam bastante o conceito da usabilidade são os teclados e os mouses. Mesmo hoje, a velocidade com que se pode escrever no teclado de um PC é muito superior à velocidade que se pode escrever uma mesma mensagem em um dispositivo portátil. Para solucionar esse problema foram desenvolvidas técnicas de escrita rápida para auxiliar o usuário. Outro problema, no caso do teclado para o *Personal Digital Assistant* (assistente pessoal digital) – PDA, é a ergonomia, pois tanto as dimensões, quanto a distribuição das teclas. No caso do celular, as teclas não foram projetadas para a digitação de longas sentenças, tendo sido, na realidade, projetadas para a digitação de apenas um conjunto limitado de números.

Com o mouse acontece o mesmo processo do teclado. Hoje, com o crescimento rápido da resolução das telas dos PDAs, os aplicativos podem preservar, cada vez mais, as características dos aplicativos em PCs. Para solucionar o problema de como utilizar os

25

mesmos aplicativos sem possuir os mesmos recursos (neste caso o mouse), foi criado um conjunto de botões nos PDAs, que se convencionou chamar de cursor (figura 02). É um conjunto de quatro botões (para cima, para baixo, para esquerda e para direita),  
5 que simulariam os movimentos e funções de um mouse comum.

Entretanto, o cursor do PDA possui algumas limitações que ainda não foram vencidas. Uma das limitações está na quantidade de graus de liberdade do movimento. Atualmente está limitado a duas direções de dois sentidos cada. Outra limitação é a velocidade  
10 constante de deslocamento, já que o deslocamento é feito por passos de valor constante, não podendo haver uma variação de velocidade de acordo com a necessidade imediata do usuário.

Na figura 1, temos cinco trajetórias descritas (A, B, C, D e E).  
15 A trajetória mais suave entre os círculos cinza e preto é dada pela Trajetória E, configurando uma linha reta. Os cursores de PDAs não podem executar a Trajetória E com a mesma suavidade, sendo que as trajetórias dos tipos B, C e D realizadas sem maiores dificuldades, devido à limitação dos movimentos dados pelos graus  
20 de liberdade permitidos aos cursores. O aumento do tamanho da trajetória possui um efeito proporcional no tempo que o usuário utiliza para cobrir a distância entre os dois círculos.

Um mouse consegue reproduzir as trajetórias representadas  
25 por A e E facilmente. Portanto, o tempo gasto para cobrir o deslocamento entre os círculos é menor. Além disso, o mouse é capaz de reproduzir velocidades de deslocamento variáveis, ou

seja, se o usuário desejar ir mais rápido ou mais devagar, o mouse possui sensibilidade suficiente para compreender essa característica.

- 5 No entanto existe uma dificuldade natural em utilizar um mouse nos PDAs, que está relacionado com alguns fatores importantes. Um deles é o de ser necessário associar um outro dispositivo ao PDA. Para minimizar esse problema seria necessário desenvolver um mouse com um tamanho compatível ao do PDA.
- 10 Isso resultaria em um mouse de dimensões bem reduzidas. Um outro problema seria o consumo de energia, o mouse teria que ter uma fonte de energia própria ou ser ligado diretamente ao PDA mediante um cabo que pudesse fornecer energia. Isso diminuiria a vida útil do celular, além de ser um sistema de conexão que deveria
- 15 ser comum a vários modelos e marcas de PDAs.

Uma solução intermediária entre o cursor do PDA e a concepção de um mouse especial para este dispositivo é a utilização da câmera para identificar o deslocamento do dispositivo,

20 funcionando como um mouse ou um cursor. Existem vantagens na utilização da câmera como o fato de ela já ser um dispositivo acessório do PDA e que é cada vez mais comum. Isso se soma ao fato de que o usuário não terá que pagar nada adicional para utilizá-lo. Com a câmera do celular é possível reproduzir movimentos

25 semelhantes aos utilizados com o mouse normal. Isso se reflete na usabilidade, em geral, usuários de celulares, são usuários de computadores, logo, a manipulação do cursor não é uma novidade.

Com a utilização da câmera, movimentos como a trajetória A da figura 1 podem ser realizados, o que não é possível com o uso de cursores de quatro direções. A Trajetória E pode ser alcançada com a solução proposta, desde que o usuário esteja acostumado com a utilização do dispositivo.

Para conseguir identificar o movimento, são utilizadas as bases do algoritmo de fluxo óptico, que foi idealizado para identificar objetos em movimento dentro de um plano de fundo estático. O desafio que é gerado quando se analisa um vídeo, ou uma seqüência de *frames*, de uma câmera de celular é a existência de um plano de fundo que está em movimento em relação à câmera. Há relação entre os movimentos da câmera e do plano de fundo e eles são invertidos, ou seja, se a câmera é movimentada para cima os objetos da imagem movimentam-se para baixo e vice-versa. O mesmo ocorre nos sentidos para direita e esquerda, quando a câmera se desloca para a direita, os objetos da imagem movimentam-se para a esquerda e vice-versa.

20

Existem algumas propostas de solução no mercado, que utilizam câmera de celulares para simular o movimento do mouse, sendo que algumas delas estão limitadas à existência de um suporte (PAD) específico para o reconhecimento do deslocamento. A limitação está no fato de que o usuário necessitaria levar um PAD como leva seu suporte, para poder utilizar o recurso. Para o usuário, isso pode vir a causar certo desconforto. A utilização

25

apenas de recursos já existente mostra-se vantajoso em relação à solução com PAD.

Uma outra limitação das propostas de mercado está na  
5 utilização de técnicas mais simples computacionalmente como o Algoritmo da Correlação. Esse algoritmo, para operar com uma carga computacional baixa, deve limitar seu espaço de busca de deslocamento, ou seja, buscar objetos similares próximos, não possibilitando a identificação de movimentos mais longos. Outro  
10 efeito desta técnica é uma trajetória menos suave que a implementada com o algoritmo de fluxo óptico. Isso ocorre porque o fluxo óptico observa o movimento da imagem como um todo e não apenas de alguns objetos. Isso está absolutamente compatível com as características da aplicação que se deseja dar ao invento. Uma  
15 vez que quando se movimenta a câmera por um plano de fundo estático, todos os objetos do plano de fundo movimentam-se simultaneamente na direção oposta. Pequenas variações locais são compensadas pela média global.

20 Tendo em vista esses problemas e no propósito de superá-los foi desenvolvida uma adaptação do algoritmo de fluxo óptico para identificação de deslocamento para utilização em dispositivos portáteis, como um cursor baseado no movimento realizado pelo usuário no celular.

O invento é uma adaptação do algoritmo de fluxo óptico para identificação de deslocamento para utilização em dispositivos portáteis, como um cursor baseado no movimento realizado pelo usuário no celular.

5

O algoritmo de fluxo óptico modificado permite ajustes que tornem a resposta aos movimentos mais sensível ou menos sensível, e é um parâmetro não-linear ( $\lambda$ ). Esse mesmo algoritmo possui um fator de esquecimento ( $\alpha$ ) para a velocidade média que  
10 permite diminuir a histerese gerada pelo algoritmo original principalmente quando funcionando a baixas freqüências de atualização dos *frames* dos vídeos gerados.

Os movimentos realizados pelo usuário com o celular não  
15 precisam ser paralelos ao plano de fundo que esteja sendo visado pela câmera, pode-se apenas movimentar o celular em torno do eixo do punho do usuário (figura 3). Essa forma de utilização, além de ser mais eficaz, é mais natural e ergonômica do que fazer movimentos paralelos ao plano de fundo.

20

Como resultado desse algoritmo o deslocamento realizado pode ser utilizado tanto no próprio sistema operacional do PDA de forma direta; como o deslocamento pode ser enviado para um PC ou *notebook* (computador portátil), via um canal de comunicação  
25 *wireless* (receptores de rádios), para funcionar como um mouse. Isso é bastante útil para pessoas que utilizam *notebooks* em trânsito e possuem um celular com uma câmera integrada.

O fluxo óptico é a distribuição das velocidades aparentes dos padrões de brilho numa imagem, ou seja, é um campo de vetores velocidade associado a uma seqüência de imagens. Ele contém 5 informações importantes utilizadas para diversos algoritmos como segmentação de regiões ou bordas, análise de formas, interpretação de cena, navegação exploratória, acompanhamento de objetos, avaliação de tempo para colisão, codificação de vídeo, visão de robôs , etc.

10

Em outras palavras, o campo do fluxo óptico consiste de um campo denso de velocidade onde a cada *pixel* (elemento da imagem) no plano da imagem está associado um único vetor de velocidade. Para fins de visualização, o campo é amostrado em 15 uma malha e chamado de diagrama de agulhas (*needle map*). Se for conhecido o intervalo de tempo entre duas imagens consecutivas, os vetores da velocidade podem ser convertidos em vetores de deslocamento e vice-versa.

20 Os métodos para a computação do fluxo óptico podem ser classificados em três grupos principais: técnicas diferenciais, técnicas de correlação e técnicas baseadas em freqüência/energia.

Apesar das diferenças entre os diferentes métodos, o fluxo 25 óptico pode ser dividido conceitualmente em três estágios de processamento:

- Pre-filtragem com filtros passa - baixa ou passa-banda para extrair os sinais de interesse ou melhorar a relação sinal ruído,
- extração de medidas básicas, como por exemplo as derivadas espaço-temporais ou superfícies locais de correlação,
- processamento das medidas para produzir o campo de velocidades 2D.

10 Nas técnicas diferenciais, a hipótese inicial para a computação do fluxo óptico é a de que a intensidade entre quadros diferentes em uma seqüência de imagens é aproximadamente constante em um intervalo de tempo pequeno, ou seja, em um pequeno intervalo de tempo o deslocamento será mínimo. A  
15 velocidade da imagem é computada a partir das derivadas espaço-temporal da intensidade na imagem.

A hipótese inicial na medição de movimento de imagem é que o padrão de brilho da cena ( $I$ ) permaneça constante numa região da  
20 imagem, num curto espaço de tempo. Assim, tendo em mente que  $I = I(x; y; t)$ , formalmente temos:

$$I(x, y, t) \approx I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t) \quad (1)$$

25 em que  $(\delta x, \delta y)$  é um pequeno deslocamento numa região da imagem e  $\delta t$  é um pequeno deslocamento no tempo. Derivando  $I$  em relação ao tempo, pela regra da cadeia:

$$I_x \bar{u} + I_y \bar{v} + I_t = 0 \quad (2)$$

em que  $I_x$  e  $I_y$  são, respectivamente, os gradientes nas  
 5 direções  $x$  e  $y$ ;  $I_t$  a derivada parcial de primeira ordem em relação  
 ao tempo de  $I(x; y; t)$ ,  $\bar{u}$  e  $\bar{v}$  são, respectivamente, as velocidades  
 nas direções  $x$  e  $y$ . A Equação 2 é conhecida como equação de  
 restrição do movimento.

10 A Equação 2 isoladamente não é capaz de determinar as  
 velocidades  $\bar{u}$  e  $\bar{v}$ , pois a mesma possui duas incógnitas e então  
 esse problema tem infinitas soluções, sendo necessária na equação  
 à inserção de restrições especiais para conseguir estimar as  
 componentes da velocidade. Exemplo destas restrições é  
 15 iluminação uniforme, reflectância Lambertiana (brilho igual em todas  
 as direções) ou translação paralela ao plano da imagem.

A restrição extra mais utilizada no método do fluxo óptico foi  
 desenvolvida por Horn & Schunck que consiste em um suavizador  
 20 global para limitar o campo de velocidade estimada minimizando a  
 seguinte expressão:

$$\int_D (I_x \delta_x + I_y \delta_y + I_t)^2 + \varphi^2 (\|\nabla u\|_2^2 + \|\nabla v\|_2^2) dx \quad (3)$$

25 Através das Equações 2 e 3 pode-se chegar a seguinte  
 estimativa de velocidades:

$$u^{k+1} = \overline{u^k} - l_x \frac{l_x \overline{u^k} + l_y \overline{v^k} + l_t}{\beta^2 + l_x^2 + l_y^2} \quad (4)$$

$$v^{k+1} = \overline{v^k} - l_y \frac{l_x \overline{u^k} + l_y \overline{v^k} + l_t}{\beta^2 + l_x^2 + l_y^2} \quad (5)$$

### a) Estimação das derivadas parciais

5

Para o cálculo da velocidade é necessário determinar as derivadas parciais através da consideração uma vizinhança espaço-temporal. As derivadas parciais em x, y e t para o caso discreto são dadas por:

10

$$l_x = \frac{1}{4} \left\{ \begin{array}{l} I(x+1, y, t) - I(x, y, t) + \\ I(x+1, y+1, t) - I(x, y+1, t) + \\ I(x+1, y, t+1) - I(x, y, t+1) + \\ I(x+1, y+1, t+1) - I(x, y+1, t+1) \end{array} \right\} \quad (6)$$

$$l_y = \frac{1}{4} \left\{ \begin{array}{l} I(x, y+1, t) - I(x, y, t) + \\ I(x+1, y+1, t) - I(x+1, y, t) + \\ I(x, y+1, t+1) - I(x, y, t+1) + \\ I(x+1, y+1, t+1) - I(x+1, y, t+1) \end{array} \right\} \quad (7)$$

$$l_t = \frac{1}{4} \left\{ \begin{array}{l} I(x, y, t+1) - I(x, y, t) + \\ I(x, y+1, t+1) - I(x, y+1, t) + \\ I(x+1, y, t+1) - I(x+1, y, t) + \\ I(x+1, y+1, t+1) - I(x+1, y+1, t) \end{array} \right\} \quad (8)$$

Para evitar ruídos na estimação de velocidade, a velocidade média é computada a partir da contribuição dos *pixels* adjacentes

15 ao ponto a ser calculado, desta forma:

$$\bar{u} = \frac{1}{6} [u(x, y+1) + u(x, y-1) + u(x+1, y) + u(x-1, y)] + \frac{1}{12} [u(x-1, y-1) + u(x+1, y-1) + u(x+1, y+1) + u(x-1, y+1)] \quad (9)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{6} [v(x, y+1) + v(x, y-1) + v(x+1, y) + v(x-1, y)] + \frac{1}{12} [v(x-1, y-1) + v(x+1, y-1) + v(x+1, y+1) + v(x-1, y+1)] \quad (10)$$

As equações 4 e 5 podem ser resolvidas aplicando o método iterativo Gauss-Seidel em cada duas imagens consecutivas ( $t$  e  $t+1$ ) fornecem o fluxo óptico no instante  $t$ .

### ***b) Fluxo Óptico Híbrido com ganho não-linear ( $\lambda$ )***

10 Durante a etapa de pesquisa da respectiva patente, foi escolhida uma equação de estimativa de velocidade diferente da proposta por Horn & Schunck descrita por:

$$u^{k+1} = \bar{u}^k - I_x \lambda \frac{I_x \bar{u}^k + I_y \bar{v}^k + I_t}{1 + \lambda (I_x^2 + I_y^2)} \quad (11)$$

$$v^{k+1} = \bar{v}^k - \lambda I_y \frac{I_x \bar{u}^k + I_y \bar{v}^k + I_t}{1 + \lambda (I_x^2 + I_y^2)} \quad (12)$$

15 O cálculo dos parâmetros de gradiente utiliza-se da média dos gradientes das cores RGB:

$$I_x = \frac{R_x + G_x + B_x}{3} \quad (13)$$

$$I_y = \frac{R_y + G_y + B_y}{3} \quad (14)$$

$$I_t = \frac{R_t + G_t + B_t}{3} \quad (15)$$

em que cada gradiente colorido é calculado a partir das Equações 6 - 8.

5

### c) Algoritmo Modificado com fator de esquecimento ( $\alpha$ )

A existência da histerese motivou a inserir um novo parâmetro para controlar a realimentação de velocidade, fazendo com que o algoritmo leve em consideração uma parte da velocidade anterior. Este parâmetro foi chamado de Fator de Esquecimento ( $\alpha$ ) é multiplicado pela velocidade média do frame anterior, resultando as seguintes equações:

$$u^{k+1} = \alpha \bar{u}^k - I_x \lambda \frac{I_x \bar{u}^k + I_y \bar{v}^k + I_t}{1 + \lambda (I_x^2 + I_y^2)} \quad (16)$$

$$v^{k+1} = \alpha \bar{v}^k - \lambda I_y \frac{I_x \bar{u}^k + I_y \bar{v}^k + I_t}{1 + \lambda (I_x^2 + I_y^2)} \quad (17)$$

O fator de esquecimento ( $\alpha$ ) possibilita a detecção de pequenos movimentos, principalmente no início do movimento, não alterando o desempenho do algoritmo. Durante um movimento contínuo, ele limita o crescimento da velocidade, pois ele utiliza uma parte da velocidade anterior e possibilita uma melhor adaptação a movimentos que se modificam com o tempo.

20

## REIVINDICAÇÕES

1 – Algoritmo de fluxo óptico modificado para rastreamento do deslocamento de dispositivos móveis equipados de câmeras de baixa resolução compreendido pela utilização de uma câmera embutida em dispositivos portáteis,. O deslocamento identificado, resultante da manipulação do dispositivo móvel, poderá ser utilizado em diversos aplicativos, servindo de elemento de interação com objetos da interface gráfica de um computador, como, por exemplo, o cursor de um mouse, não se restringindo, entretanto, a esse tipo de aplicação. , caracterizado pelo fato de utilizar o mesmo para substituir A detecção do movimento por fluxo óptico poderá substituir os botões de navegação de dispositivos móveis, atribuindo ao usuário maior liberdade na operação dos mesmos e aumentando a flexibilidade dos movimentos possíveis durante a interação.

2 – Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela utilização de um sistema de identificação de deslocamento de uma câmera a partir de imagens de vídeo. A identificação se fará a partir de imagens do ambiente externo filmado, tendo por base a análise dos movimentos em ambientes estáticos ou quase estáticos, conseqüentes da manipulação do dispositivo móvel pelo usuário.

25

3 – Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a obtenção do deslocamento será

caracterizada pela utilização de um algoritmo de fluxo óptico modificado, representado pelas seguintes equações:

$$u^{k+1} = \alpha \bar{u}^k - \lambda I_x \frac{I_x \bar{u}^k + I_y \bar{v}^k + I_t}{1 + \lambda (I_x^2 + I_y^2)}$$

5

$$v^{k+1} = \alpha \bar{v}^k - \lambda I_y \frac{I_x \bar{u}^k + I_y \bar{v}^k + I_t}{1 + \lambda (I_x^2 + I_y^2)}$$

cujos parâmetros estão descritos no documento principal da patente.

10

4 – Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que a aplicação sobre a obtenção do vetor de deslocamento poderá ser utilizada para mover, selecionar, alterar, deformar objetos de um sistema de computação.

FIG 01

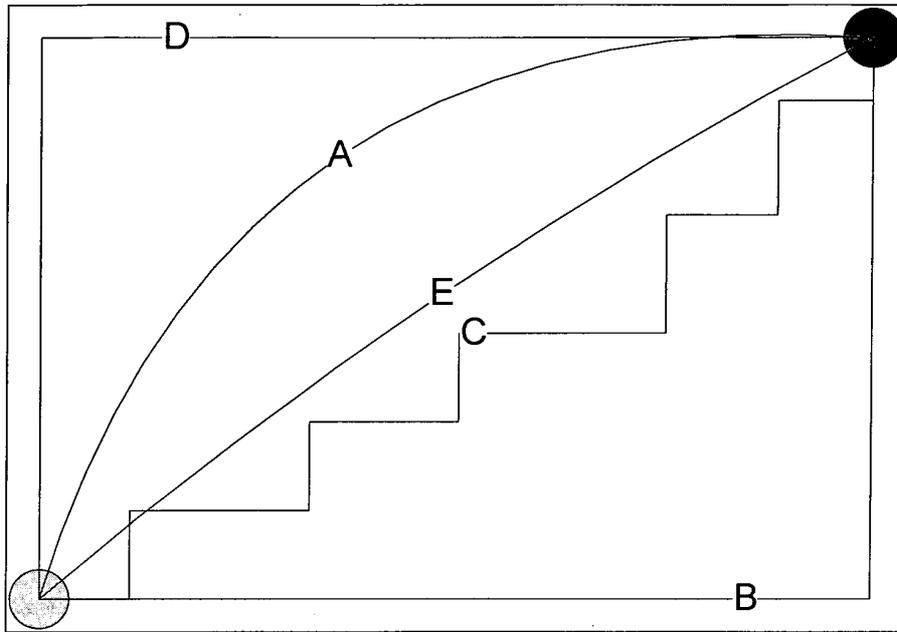
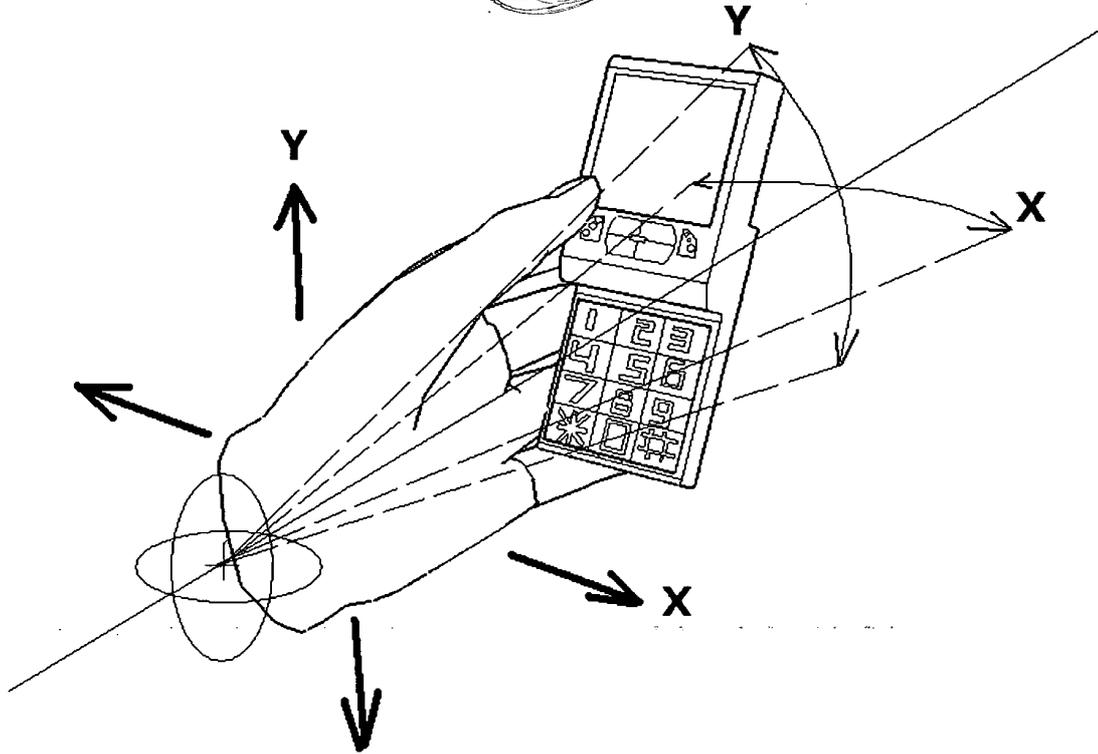


FIG 02



FIG 03





## RESUMO

Patente de invenção “ALGORITMO DE FLUXO ÓPTICO  
5 MODIFICADO PARA RASTREAMENTO DE DESLOCAMENTOS  
EM CÂMERAS DE BAIXA RESOLUÇÃO EM DISPOSITIVOS  
PORTÁTEIS”.

De acordo com a presente invenção o invento abrange a  
10 identificação de deslocamento, utilizando-se de um algoritmo de  
fluxo óptico modificado, utilizando-se de um ganho não-linear, e de  
um fator de esquecimento da velocidade média que diminua o efeito  
da histerese provocada pelo processamento de vídeos a baixas  
15 taxas. Este parâmetro possui uma pequena variação para o cenário  
slide dependendo da luminosidade e distância a projeção.  
Parâmetros pequenos geram muito ruído na detecção, contudo,  
parâmetros grandes geram o fenômeno da histerese descrito  
previamente.

20 O vídeo a ser processado deve ser obtido por uma câmera portátil  
do tipo webcam ou acoplada a algum dispositivo móvel como  
celular, smartphone ou PDA. A obtenção do vídeo deve ser feita  
visualizando um ambiente estático, onde a única movimentação  
seja provida pelo movimento relativo da câmera. A movimentação  
25 deverá utilizar a movimentação do pulso para minimizar o esforço e  
maximizar a identificação do movimento relativo.