



# *Eye Tracking* – Definição e funcionalidades

PSIM – Processamento de Sinal e  
Imagem

Mestrado de informática Médica

2008/06/06

Filipe Portela  
Rui Gomes

**healthcare**

**Industry**



As imagens na apresentação foram obtidas em *images.com* e outros portais de acesso gratuito. São utilizadas exclusivamente para fins académicos. Esta apresentação foi otimizada para fontes *Courier new* e *consola*

# Agenda



20 minutos

- Definição de "eye tracking"
- Introdução
- Anatomia do Olho
- Métodos de "eye tracking"
- Exemplo
- Futuro
- Referências

**healthcare**

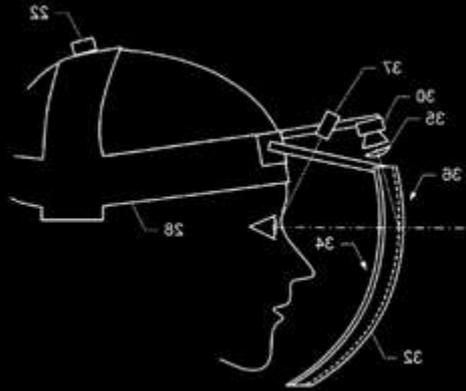
**Industry**



# Definição

O que significa "eye tracking"?

*Eye tracking\** é a capacidade de estimar a posição exacta do olho relativamente à cabeça ou do olhar de um utilizador sobre um objecto



healthcare

Industry



nota\*: *eye track·ing* (also *eye-track·ing*) *The Oxford Pocket Dictionary of Current English*

# Introdução



Porquê a utilização de (*eye tracking*) ?

- Avaliação de interfaces (*marketing, air traffic displays, design automovel, etc..*)
- Rapidez interacção homem/máquina
- Pessoas com necessidades especiais (*disabled people*)
- Diminuir tempo processamento dados
- Perceber movimentos, gestos, rotinas
- Estudos de como o ser humano interage com texto e documentos on-line

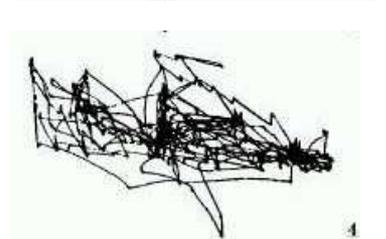
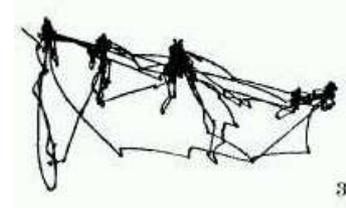
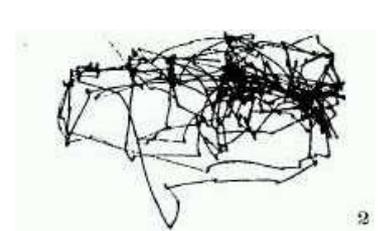
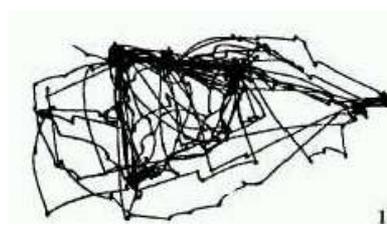
**healthcare**

**Industry**



nota: *keywords - eye tracking; gaze tracking, pupil tracking, cornea tracking-*

# Introdução



1. Observação livre;
2. Estimar a riqueza da família;
3. Estimar a idade das pessoas;
4. O que fazia a família antes do "visitante inesperado" chegar.

healthcare

Industry

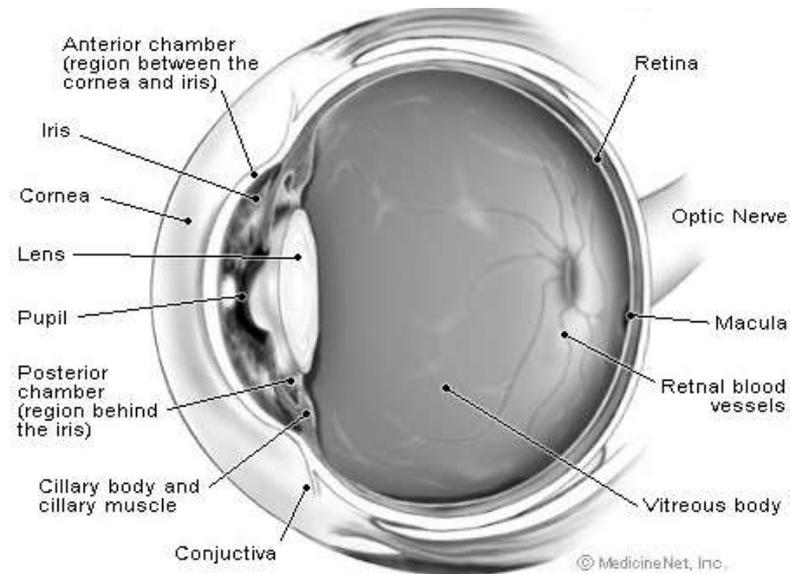


nota: Yarbus (1967) ScanPathways

# Anatomia

## A Anatomia do Olho

olho, retina, pupila, íris



healthcare

Industry



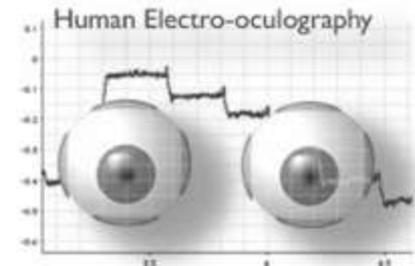
nota: a reter cornea, pupila, íris, lente

# Métodos



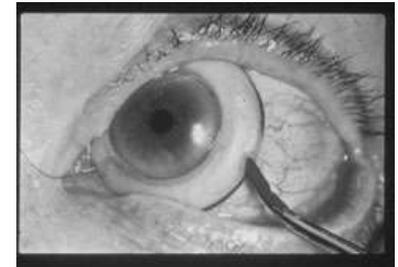
## Baseado em Electroodos

Electro-oculography: Detecta a diferença de potencial entre a retina e a cornea conseguindo elementos relativos; é um método invasivo, obriga a laboratório, a cabeça deve estar imobilizada



## Lentes de Contacto

Permanece fixa, muito invasivo mas muito preciso. Produziu dados reais que serviram para produzir métodos menos invasivos



## Reflexo a efeitos de luz IV

Processamento de imagens sujeitas a reflexos na cornea e pupila permite que esta seja detectada com diferenças de thresholding entre "bright and dark pupil images". A utilização de imagens com a estrutura anatómica das veias (*vessel tracking*) também pode ser utilizada para obter mais precisão.



healthcare

Industry



nota: Aplicar *eye tracking* a movimentos do olho utilizando imagens de video das pupilas e retina é uma abordagem de baixo custo e com grande potencial (principalmente quando é possível tratar os dados off-line).

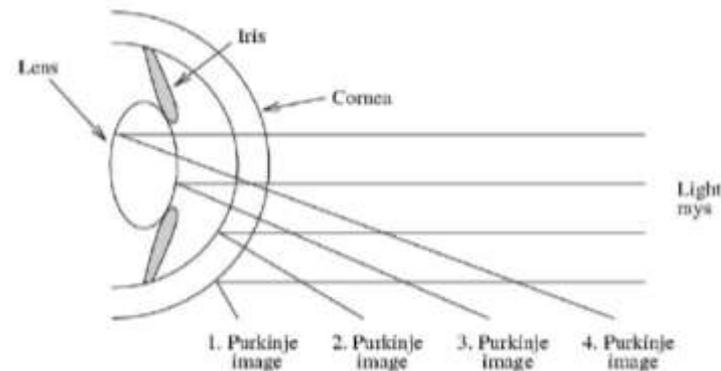
# Métodos



## Efeito típico aos reflexos da luz

“*Purkinje image*” - *glint*

- Utilização de fontes de luz fixas para obter o reflexo da luz sobre o olhos (como o olho é esférico e a fonte de luz fixa é possível detectar um ponto brilhante na imagem)
- Procura-se produzir uma fonte de luz forte IV (invisível ao olho humano e também insensível às diferenças de luz ambiente)
- Utiliza-se uma câmera sensível a esta luz para detectar o(s) reflexo do IV no olho.
- No mínimo são utilizados 2 pontos de luz para iluminar 2 pontos de interesse (a pupíla e a cornea). Uma fonte de luz proxima da camera (próximo eixo óptico) e outra longe



(Glenstrup & Engell-Nielsen 1995)

nota: Sempre que luz de IV é refletida nos olhos de um utilizador acontecem vários reflexos nas extremidades da cornea (a este efeito é chamado imagens de *Purkinje* . À primeira imagem de Purkinje encontrada é chamada de *glint*.

# healthcare

## Industry



# Métodos



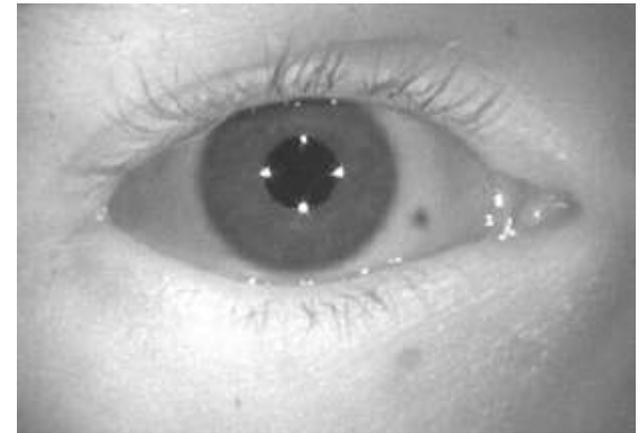
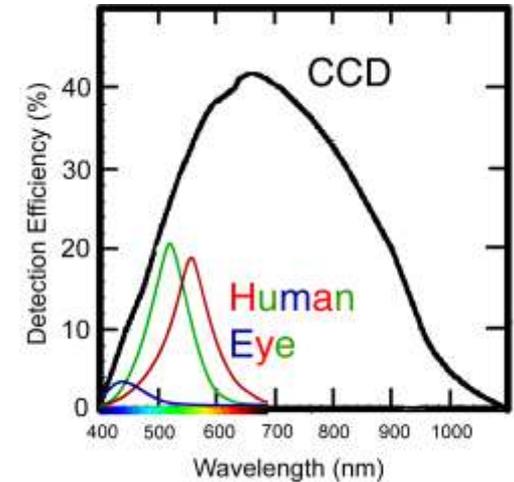
## Efeito típico aos reflexos da luz

Amostra de *glints*

1 fonte de luz IV

4 fontes de luz IV

(> 875nm)



healthcare

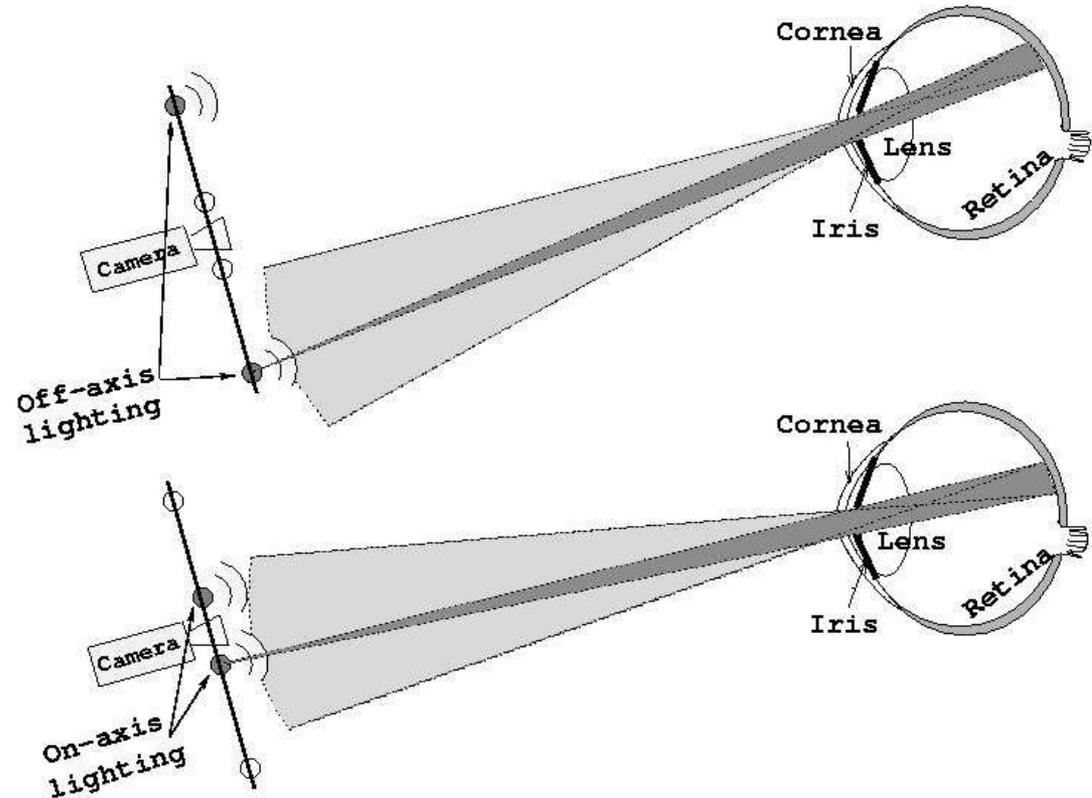
Industry



nota: A pupila do olho segue sempre o movimento deste o que significa que é possível inferir a posição desta em relação a um eixo de observação

# Exemplo

Exemplo genérico para detecção do olhar (gaze tracker) utilizando a detecção de pupila



Quando o olho se move horizontalmente e verticalmente a posição relativa do *glint* e o centro da pupila (**bright-eye**) alteram-se e é possível calcular uma estimativa do olhar do utilizador em relação a estas posições relativas

healthcare

Industry



nota: verifica-se que quando a luz de IV está próximo da camera (eixo optico) esta vai receber uma imagem de pupila brilhante

# Exemplo



## Passos convencionais

1. Detecção da pupila e imagem de Purkinje a partir da imagem capturada do olho com uma camera sensível a IV.
2. Calcular o centro da curvatura da cornea,  $c$ , (valor estimado assumindo que o led está na camera)
3. Calcular o centro da pupila ( $s$ ), por vezes também estimado.
4. Calcular a direcção do olhar num objecto ou screen. Projectando este vector no screen obtemos a sua posição neste. "v" é definido como o vector que atravessa o centro da curvatura da cornea e o centro da pupila

$$v = s - c$$

healthcare

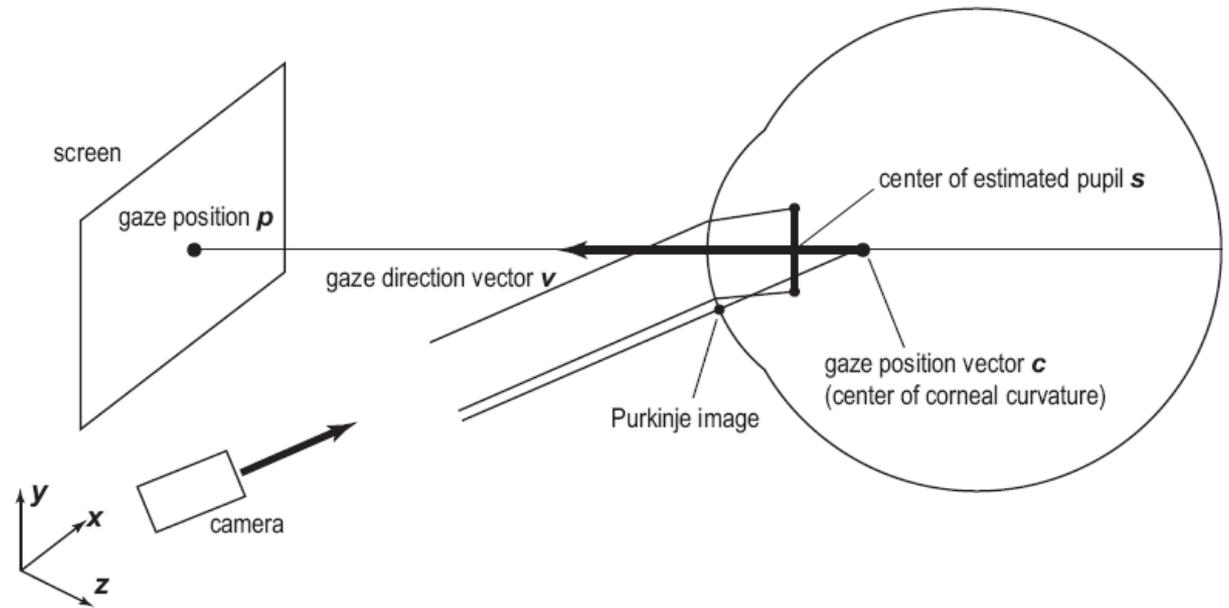
Industry



# Exemplo



Estimar a posição do olhar (vector  $V$ )



$$v = s - c$$

Gaze **direction** vector = Centro curvatura cornea e o centro da pupila

Gaze **position** vector = Centro curvatura cornea ( a partir da imagem de Purkinje)

healthcare

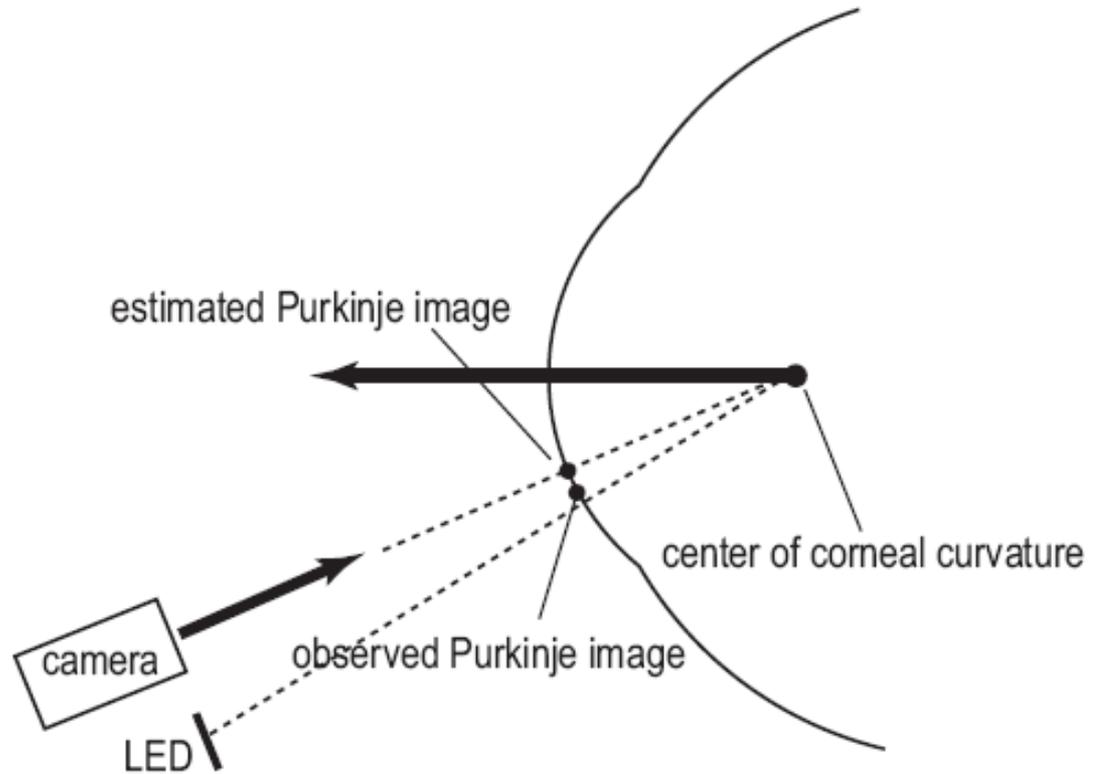
Industry



# Exemplo



Estimar a imagem de Purkinje



healthcare

Industry

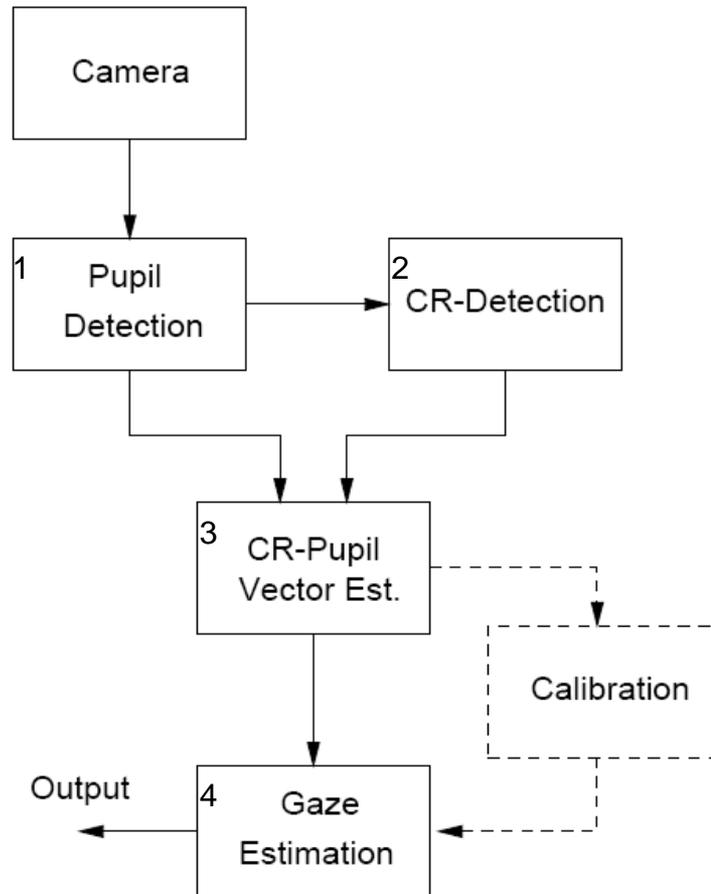


nota: Takehiko Ohno, "Simple calibration gaze technique"

# Exemplo



## Diagrama de blocos



**healthcare**

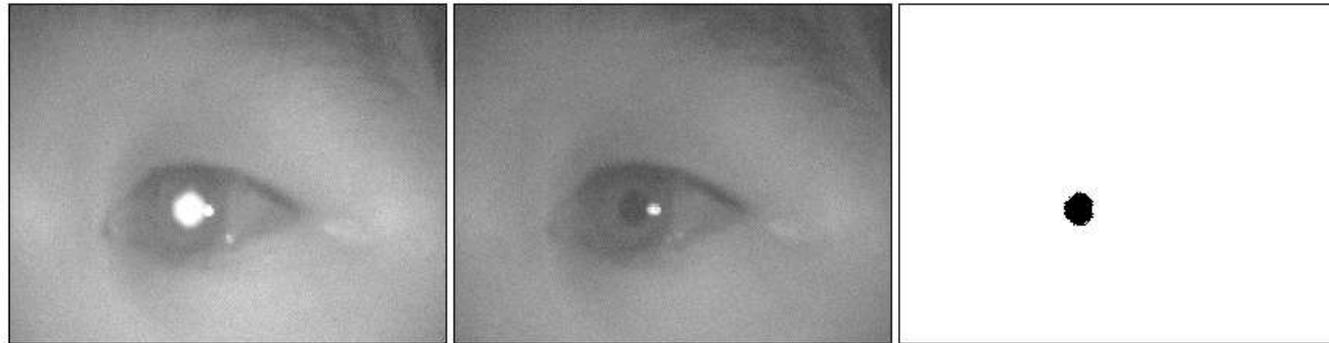
**Industry**



# Exemplo



Através da iluminação normal, quando a fonte de luz não está sobre o eixo óptico, é gerada um "bright eye". O truque para uma detecção com precisão de uma pupila é combinar as imagens a negro e com brilho de tal forma que os pixels candidatos a pupila são detectados através da diferença no thresholding entre as imagens



$$g(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x) < T \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

healthcare

Industry



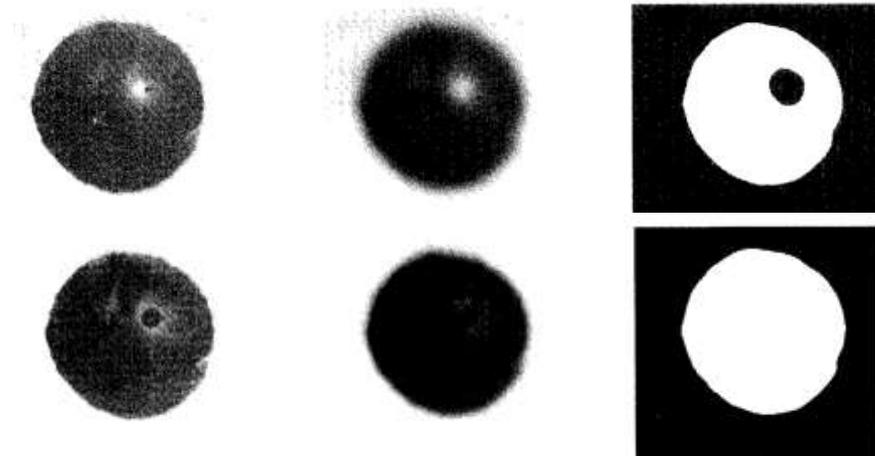
nota: Verifica-se que quando a luz de IV está próxima da câmera esta vai produzir uma imagem de pupila brilhante (bright eye)

# Exemplo



## Experiências de Jeffrey Mulligan

1. Pupila é localizada em bruto
2. A pupila é mascarada à volta
3. Aplicado um filtro gausseano com um determinado desvio (*blur filter*) para eliminar efeitos de ruído (pestanas, degradação imagem, etc..)
4. Aplicasse um filtro de thresholding que vai seleccionar só os pixels que sejam inferiores a um determinado  $\theta$
5. Caso alguns reflexos na cornea não estejam removidos aplica-se uma mascara que permita "pintar" o reflexo na imagem original com o valor médio calculado da cor dos pixels da pupila.



healthcare

Industry



nota: exemplo retirado de Mulligan, Jeffrey B. "improved eye tracking"

# Exemplo



## Detecção dos centros do *glint* e pupila

- Adaptação de uma janela a cobrir a pupila
- Transformada de Radon (soma dos pixels na horizontal e vertical)
- O centro  $(x,y)$  é calculado como o centro de massa das projecções horizontais e verticais
- Para o *glint* normalmente faz-se uma função que procure pixels brilhantes à volta da pupila e calcula-se o seu centro de massa



healthcare

Industry



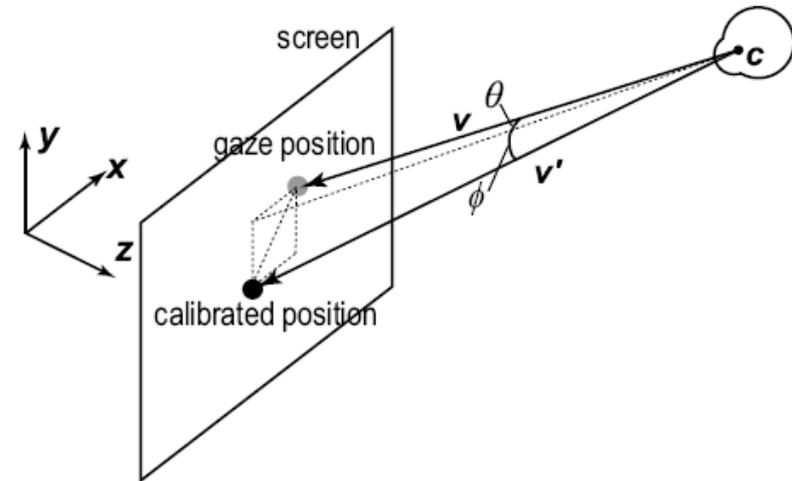
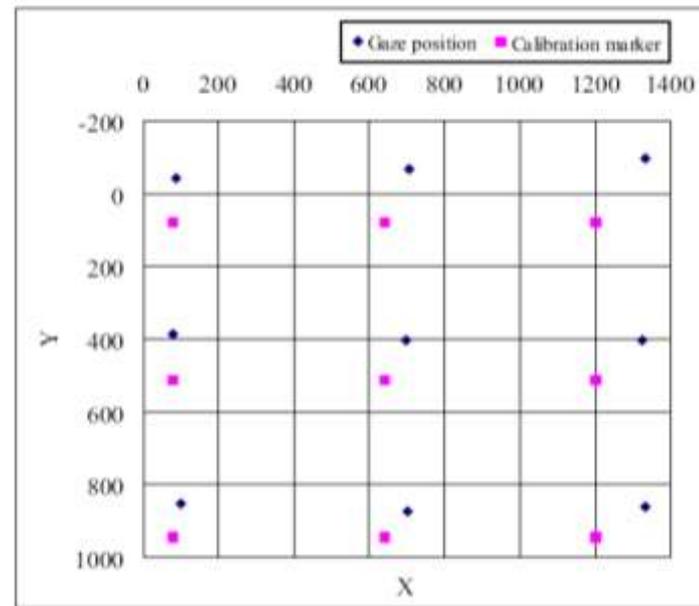
Nota: estudo retirado de Dong Hang Lee, "Video based eye tracking"

# Exemplo



## Calibração

- 9 pontos de imagem;
- 3x3 grid ;
- Fixar cada ponto
- 9 vectores



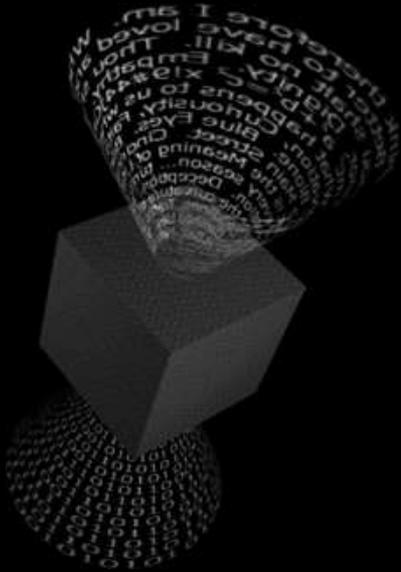
É determinada uma equação de transformação vector pupila-glint  $E=(x_e, y_e)$  para as cordenadas do objecto  $S=(x_s, y_s)$

healthcare

Industry



# conclusões



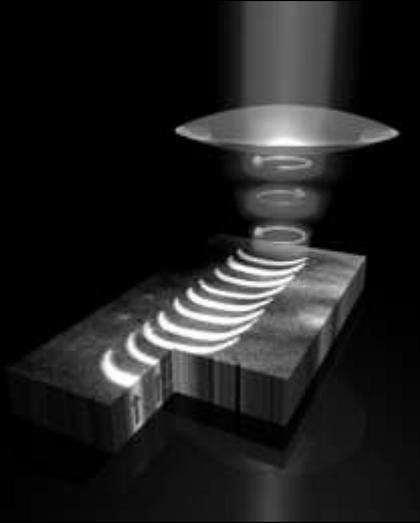
- Cada método utilizado para *eye tracking* tem vantagens e desvantagens ficando a escolha a cargo do balanceamento entre custo/benefício;
- Aparelhos mais sensíveis são demasiado caros e requerem formação específica de manuseamento para um funcionamento adequado
- Os avanços da computação e do processamento de vídeo tem levado ao desenvolvimento relativamente baixo das tecnologias
- Contudo deve ser tido em consideração que a interpretação dos dados requer alguma formação e experiência de modo a garantir que o sistema está bem calibrado.

**healthcare**

**Industry**



# Futuro



- Tornar mais precisa a detecção a movimentos mínimos do olho;
- Aplicação da imagem do olho como diagnóstico;
- Maquinas fotográficas que obturam unicamente quando uma pessoa tem os olhos abertos;
- Carro inteligentes que monitorizam cansaço dos consutores (LEXUS LS46)
- A tendência será mais resolução, menos ruído e menos uso de espaço em disco

**healthcare**

**Industry**



# Referências

- Image Processing for Improved Eye Tracking Accuracy-Jeffrey B. Mulligan
- Carmody, D. P., Kundel, H. L., Nodine, C. F. (1980). "Performance of a computer system for recording eye fixations using limbus reflection," Behavior Research Methods and Instrumentation, 12, 63-66.
- Frame-Rate Pupil Detector and Gaze Tracker, C.H. Morimoto D. Koons A. Amir M. Flickner Gonzalez and Woods, "Digital Image Processing, 2nd Edition", Prentice Hall, 2002
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), aceso a 27 Maio 2008
- [www.magickey.ipg.pt](http://www.magickey.ipg.pt)

**healthcare**

**Industry**



# Perguntas Livres

**healthcare**



**Industry**



Se podes Olhar Vê Se  
podes Ver Repara

José Saramago