

---

**Universidade de São Paulo**  
**Instituto de Matemática e Estatística**  
**Departamento de Ciência da Computação**

---

**Rastreamento do Olhar**  
**MAC 5701**  
**Tópicos em Ciência da Computação**

São Paulo, 28 de novembro de 2003

---

**ALUNO: LEANDRO FARINA DOS SANTOS**  
**ORIENTADOR: CARLOS HITOSHI MORIMOTO**

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Psicologia do olhar</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Detecção do Olhar</b>	<b>3</b>
3.1	Métodos . . . . .	3
3.2	Resultados . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Uso do Olhar</b>	<b>6</b>
4.1	Toque de Midas . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Movimentos do Olhar</b>	<b>7</b>
5.1	Reconhecimento de Fixações . . . . .	8
5.2	Lei de Fitts . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Aplicações Conhecidas</b>	<b>10</b>
6.1	Rolagem de Texto . . . . .	10
6.2	Menus de opções . . . . .	10
6.3	Digitação através do olhar . . . . .	10
6.4	Magic Poiting . . . . .	11
6.5	Foco de Câmeras . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Conclusões</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Estudos Futuros</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>13</b>

## Lista de Figuras

1	Interesse através do olhar . . . . .	2
2	Eletrodos ao redor do olho. . . . .	3
3	Luz infra-vermelha no olho . . . . .	5
4	Pontos detectados no olho. . . . .	5
5	Reconhecimento de Fixações . . . . .	9
6	Digitação através do olhar . . . . .	11

## 1 Introdução

O estudo da interação humano-computador (IHC) tem como um de seus objetivos melhorar a comunicação do usuário com o computador no sentido de diminuir o esforço despendido para que o computador faça aquilo que o usuário deseja.

Embora esta comunicação seja feita em ambos os sentidos, os resultados obtidos até então conseguiram aumentar consideravelmente apenas o tráfego de dados do computador ao usuário, o que tem sido um fator limitante para a qualidade do uso de computadores.

Na busca de um maior fluxo de dados do usuário ao computador estão sendo avaliadas novas formas de interação, entre elas o rastreamento do olhar. Este estudo discute alguns meios de utilizar essa característica humana em prol da IHC, seus benefícios, problemas, aplicabilidades e restrições.

O rastreamento do olhar na interação com computadores, que já provou ser de fundamental importância no auxílio de pessoas fisicamente debilitadas a sistemas computacionais [5] deve poder também ser utilizado em inúmeras outras aplicações. Serão apresentados alguns exemplos já construídos destas aplicações.

O objetivo deste estudo é identificar características de sistemas que podem usufruir do rastreamento de olhar para melhorar a interação com seu usuário.

## 2 Psicologia do olhar

Conhecer o modo que o ser humano usa para observar o ambiente em sua volta é fundamental para conseguir utilizar a informação obtida através do rastreamento do olhar. Este modo pode ser explicado através da constituição biológica do olho humano e do estudo comportamental.

Biologicamente, a retina concentra os receptores de luz do olho humano. Estes foto-receptores, porém não estão distribuídos uniformemente, entre 50% e 85% deste receptores estão localizados na região central da retina, que é chamada de *fóvea*. Desta forma, o ser humano, embora tenha uma visão periférica de até 180 graus, só obtém uma nitidez suficiente para observar detalhes dos objetos com a luz incidente na fóvea, que corresponde a aproximadamente a 1% do ângulo de visão.

Desta forma, pode-se inferir que a atenção do observador está sempre bastante próxima de sua linha visual, ou seja o que está exatamente no centro de sua visão.

Comportamentalmente, o ser humano parece realmente seguir o preceito de dar atenção ao que está em sua linha de visão. Estudos bastante aprofundados [1] mostram que o interesse está intimamente ligado com a linha visual do observador e também levanta os tipos e usos dos diferentes tipos de movimentos do olhar. Veremos tipos de movimentos mais relevantes e seus usos mais adiante.

A Figura 1 demonstra o caminho percorrido pelo olhar de sete observadores sobre uma mesma imagem em um processo de observação com duração de três minutos.

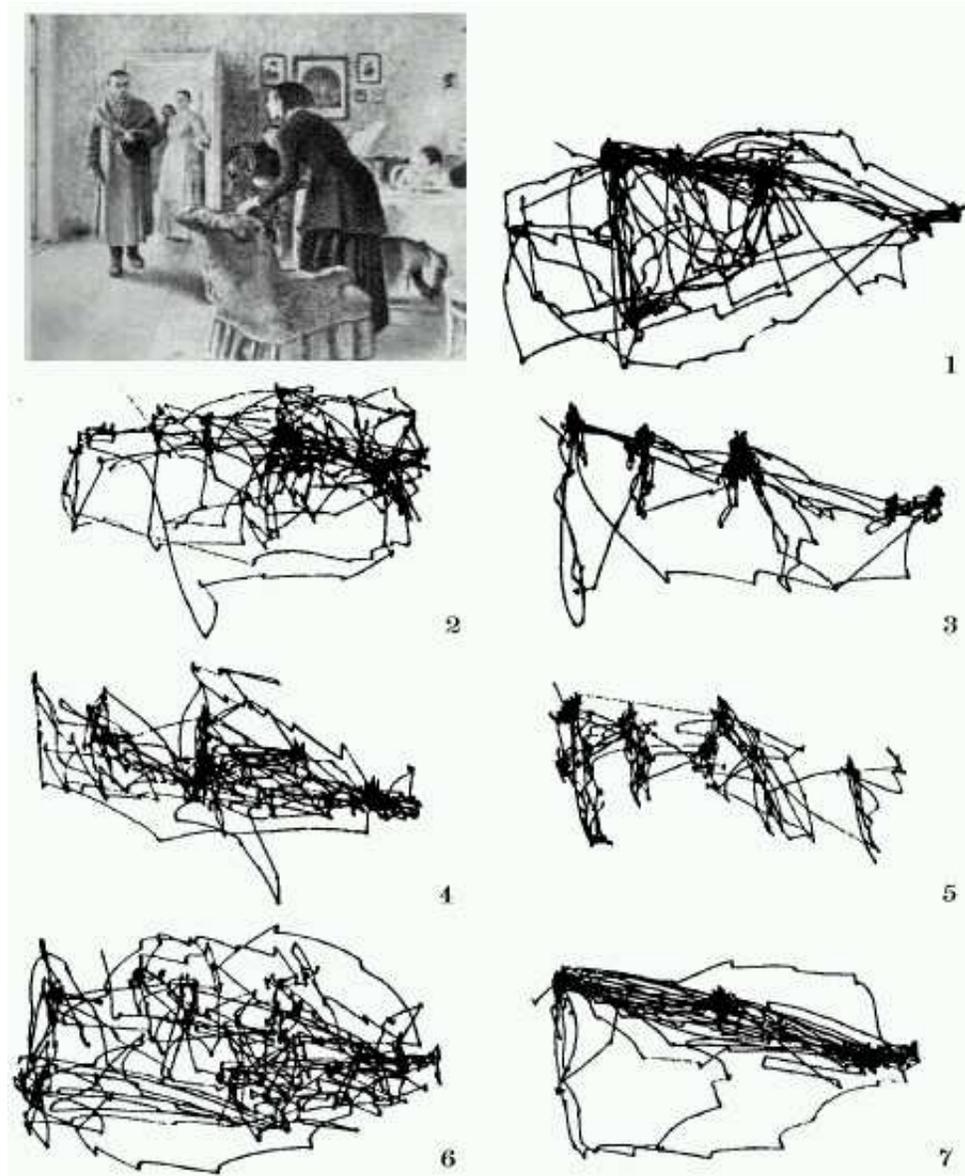


Figura 1: Interesse através do olhar. Registro do caminho percorrido pelo olhar de uma mesma pessoa sobre uma mesma imagem, quando solicitado: **1.** Observação livre. **2.** Estimar a riqueza material da família. **3.** Estimar a idade das pessoas. **4.** Resumir o que fazia a família antes do “visitante inesperado” chegar. **5.** Lembrar das vestimentas das pessoas. **6.** Lembrar da posição das pessoas e objetos da sala. **7.** Estimar quanto tempo o “visitante inesperado” ficou distante da família.

### 3 Detecção do Olhar

O rastreamento do olhar é feito através da estimação da direção do olhar do usuário. Não é necessário descobrir o ponto exato no espaço para o qual o usuário está focando sua atenção, apenas a direção do olhar, uma vez que a profundidade é constante, pois o monitor para o qual ele está olhando está supostamente parado. Esta distância é parametrizada durante uma calibragem inicial do sistema.

Pelo fato de ambos os olhos estarem normalmente olhando para o mesmo ponto, é suficiente rastrear apenas a posição de um dos olhos. Isso mudaria caso fosse desejado a percepção de profundidade [7].

#### 3.1 Métodos

Historicamente, alguns métodos foram estudados para a estimação da direção do olhar do usuário e eles são brevemente apresentados a seguir:

- **Eletrodos** Espalha-se eletrodos em volta da cavidade do olho do usuário, que medem a diferença de potencial que existe entre a córnea e a retina, conseguindo assim captar movimentos relativos do olho. Este método é bastante preciso em sua medições porém não capta movimentos na cabeça do usuário, o que pode gerar erros bastante grandes na prática, caso a cabeça do usuário não seja mantida fixa durante a utilização do sistema, o que gera um grande desconforto. Além disso, tal método só pode ser utilizado em laboratório e é bastante invasivo. A Figura 2 ilustra o método.



Figura 2: Eletrodos ao redor do olho.

- **Lentes de Contato** É colocada no olho do usuário uma lente de contato que, através de um meio químico ou mecânico permanece fixa, reduzindo o problema de detectar o movimento do olho relativo à lente. Porém este método é muito invasivo, interferindo inclusive no piscar do usuário, o que gera certo incômodo. Embora os outros métodos sejam muito mais usados atualmente, este método é muito preciso, o que possibilitou o levantamento de dados reais sobre a natureza do movimento do olho humano, que foram fundamentais para o desenvolvimento de métodos menos precisos, porém menos invasivos e mais práticos.
- **Processamento de Imagens** A pupila do olho humano segue o movimento do mesmo, logo pode-se inferir a direção do olhar do usuário através da detecção do deslocamento da pupila. Para realizar tal medição, usam-se dois pontos, um deles fixo. O ponto fixo, chamado de *glint* é obtido através do reflexo da luz sobre a superfície do olho, como o olho é aproximadamente esférico e a fonte de luz é fixa, o ponto extremamente brilhante na imagem captada permanece fixo, podendo ser facilmente identificado. Esta fonte de luz, embora intensa, é invisível ao olho humano por ser do tipo infra-vermelha, não incomodando o observador. A câmera que filma o olho é sensível a este tipo de luz, capturando os reflexos desta luz no olho. O outro ponto a ser comparado é o centro da pupila. Para captarmos a posição da pupila, são usadas duas fontes de luz infra-vermelha. Uma próxima à lente da câmera e outra mais distante. A luz reflete na retina, por característica do olho, na mesma direção se sua fonte, o que faz com que a luz refletida da fonte próxima à lente seja captada pela câmera e a outra não<sup>1</sup>. Cada foto tirada do olho durante a filmagem é obtida em duas etapas, duas sub-fotos, de acordo com o padrão PAL-M ou NTSC. Desta forma, é possível sincronizar cada fonte de luz infra-vermelha para ficar acesa em apenas uma destas etapas, resultando em duas imagens de menor resolução para cada foto da filmagem, que podem ser comparadas. A diferença entre as imagens será exatamente que em uma delas a retina estará refletindo a luz da fonte próxima a câmera e na outra não, possibilitando assim calcular a posição exata da pupila. A Figura 3 mostra as duas imagens descritas e a detecção dos dois pontos é representada na Figura 4.

Este método pode ser associado com um mecanismo de detecção de movimentos de cabeça, possibilitando assim que o usuário mova a cabeça com alguma liberdade, desde que seus olhos continuem visíveis à câmera. Embora este método apresente algum erro, ele não é invasivo e pode ser feito em qualquer local onde exista a câmera e a iluminação apropriada. Atualmente é o método mais popular de detecção da direção do olhar do usuário.

---

<sup>1</sup>Por esse mesmo motivo que algumas vezes as pessoas aparentam ter “olhos vermelhos” em fotos amadoras.

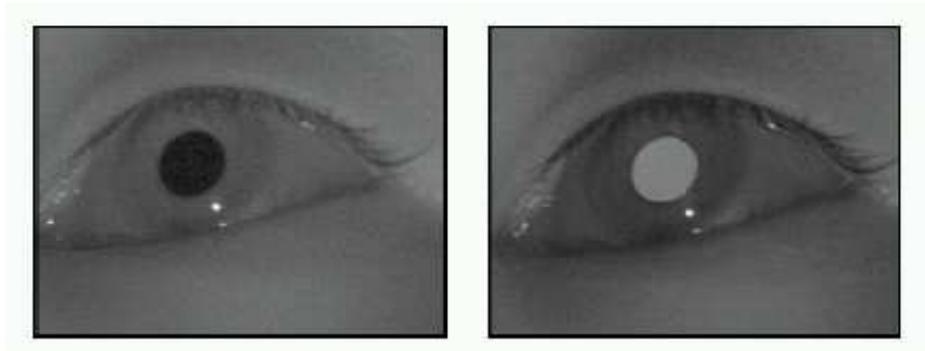


Figura 3: As duas diferentes imagens obtidas em uma foto do olho iluminado em cada uma por uma fonte de luz infra-vermelha. Na imagem da esquerda o olho é iluminado por uma fonte de luz distante da lente da câmera e na da direita por uma fonte bastante próxima. O *glint* aparece em ambas as imagens como o ponto mais brilhante.

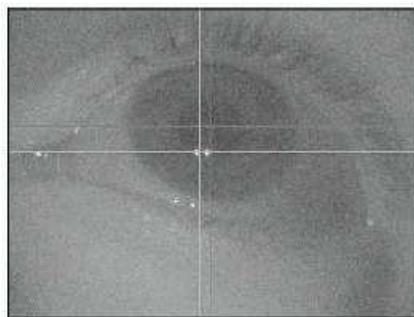


Figura 4: Pontos detectados no olho.

### 3.2 Resultados

Estudos recentes [3, 6] indicam que o método de rastreamento de olhar através do Processamento de Imagens apresentam resultados práticos bastante satisfatórios após calibragem inicial do equipamento.

É preciso informar também que existem um problema em relação à esta calibragem, pois alguma pessoas não conseguiram calibrar o equipamento satisfatoriamente, acredita-se que devido a características específicas dos olhos [10].

O erro em relação a direção do olhar do usuário é de aproximadamente 1 grau, o que representa 1 centímetro na tela de um usuário sentado a uma distância de 50 centímetro da tela. Considerando o tamanho dos objetos usualmente observados em um sistema WIMP (Windows, Icons, Menu, Pointer), a precisão é suficiente para desenvolver uma interface que leva em consideração para onde está olhando o usuário.

O tempo de processamento necessário também pareceu ser pequeno o suficiente para não interferir com o desempenho do sistema principal. Foi constatado desempenho de tempo real rodando em uma máquina dual Pentium II 400Mhz utilizando o sistema operacional Windows NT4 com resolução de 640 x 320 x 8 bits e capturando 30 frames por segundo.

## 4 Uso do Olhar

O uso do olhar em sistemas computacionais introduz um novo conceito de interação humano-computador, primeiramente por estar aumentando muito a banda de comunicação recebido pelo computador do usuário. Até então, as entradas de dados eram feitas de maneira bastante pausada e intencional, o que limita bastante o fluxo de dados. Rastreando o olhar do usuário, agora o computador recebe continuamente informações fornecidas pelo usuário de maneira inconsciente ou até involuntária, obtendo assim um fluxo enorme de informações.

Em posse destas informações, surgem problemas de como separar as informações relevantes e como interpretar tais informações de maneira útil para o sistema. Uma informação que pode seguramente ser descartada são as movimentações involuntárias do olho humano. Ao olhar fixamente a um objeto, embora as pessoas tenham a impressão que o olho não está mexendo, o olho está constantemente executando minúsculos movimentos involuntários. Porém, este é um exemplo de movimento do olho, por ser completamente involuntário, não reflete de maneira alguma a intenção do usuário, devendo, portanto, ser ignorado.

Por outro lado, se um usuário está olhando atentamente a um pedaço específico de uma imagem, é bastante provável que ele esteja tentando identificar algo. O sistema poderia ajudá-lo aumentando a escala daquela parte da imagem, facilitando o reconhecimento. Ainda há casos que as informações passam a ser relevantes quando associadas a outras informações presentes no sistema. Um exemplo seria um usuário estar olhando fixamente para um botão de uma janela enquanto movimenta o mouse. É muito provável que o usuário esteja querendo apontar para o botão visualizado e portanto o sistema poderia levar o ponteiro diretamente até o botão, ou vice-versa. Esta última aplicação de fato existe, recebeu o nome de *MAGIC Pointing* e será apresentada mais adiante.

## 4.1 Toque de Midas

Embora existam diversas utilidades e possibilidades de uso para o acompanhamento do olhar é preciso algum cuidado também para quando não usar. A constância do fornecimento da informação do posicionamento do olhar não deve representar o uso integral da mesma.

A primeira idéia que surge ao imaginar os diversos usos para este novo dispositivo é de substituir o mouse pelo rastreamento do olhar para mover o cursor pela tela. Porém, esta aplicação é muito incômoda pelo fato das pessoas não estarem habituadas a realizarem ações através do olhar.

Excetua-se aqui aplicações para pessoas fisicamente debilitadas (por exemplo os tetraplégicos) que possuem formas de interação muito limitadas, o que justificaria em alguns casos o uso de aplicações deste tipo.

Em geral, o fato de estar olhando para algum elemento não deve significar que uma ação será executada nele, o esperado é exatamente o oposto, que se possa olhar a vontade o que se tem ao redor sem que isso implique alguma ação.

O problema do Toque de Midas é exatamente como utilizar esta nova informação de forma com que ela seja utilizada sempre que útil ou sempre que o usuário solicitasse e ignorada sempre que pudesse ser um incômodo.

Por exemplo, seria bastante desagradável que o cursor do mouse acompanhasse o olhar enquanto alguém lê um texto. O desafio é conseguir separar quando que o olhar está expressando um interesse ou vontade do observador e quando ele está apenas observando a cena sem maiores pretensões.

## 5 Movimentos do Olhar

O olhos humanos apresentam diversos movimentos, alguns voluntários outros não. Os involuntários são:

- **Convergência:** Movimento dos olhos na aproximação de um objeto.
- **Rolamento:** Ajuste aplicado a uma rotação da cabeça.
- **Micro-Saccades:** Correções durante a observação.
- **Nistagmo Psicológico:** Tremor do olho para ativar foto-receptores.

Já os voluntários:

- **Saccades:** Movimentos rápidos de busca.
- **Perseguição:** Acompanhamento suave de um objeto em movimento.
- **Nistagmo:** Pequenas perseguições repetitivas, como olhar através da janela de um trem em movimento.

Os movimentos mais significativos durante a observação são os *saccades*, pois este tipo de movimento que desloca o olhar entre dois objetos distintos. *Saccades* são movimentos balísticos, ou seja, uma vez iniciados não é possível alterar seu destino ou caminho e também são muito rápidos (chegando a mais de 300 graus por segundo de deslocamento), dificultando inclusive sua captação pelas atuais câmeras de vídeo. O processamento de imagens na retina é feito principalmente entre os *saccades*, em momentos chamados de *fixações*.

As fixações são na verdade os momentos em que o usuário está com sua atenção voltada a algo específico e por isso são os momentos que devem ser considerados no desenvolvimento de interfaces. Elas tem duração de pelo menos 100ms, mas costumam durar entre 200ms e 400ms..

Sendo as fixações o dado palpável que interessa às interfaces, precisamos de um modo de reconhecê-las entre os tantos movimentos dos olhares. Uma vez reconhecidas as fixações, podemos associar ações a serem tomadas pelo sistema (visíveis ou não ao usuário) para fixações a partir de uma determinada duração, chamada de *dwell time*. O *dwell time* idealmente deve poder ser parametrizado para cada usuário, pois o tempo de reconhecimento e decisão pode variar de um usuário para outro.

## 5.1 Reconhecimento de Fixações

O reconhecimento de fixações é a base de qualquer sistema baseado em reconhecimento de olhar e não é tão simples como pode parecer inicialmente. Devem ser levadas em consideração os ruídos obtidos durante a captação das imagens, o movimento involuntário dos olhos e as interferências causadas pelo piscar dos usuários, que embora durante uma piscada ele não esteja olhando para nenhum lugar específico, a atenção dele, ao reabrir os olhos, pode continuar no mesmo elemento da interface, o que induz à continuação da mesma fixação, e não ao início de uma nova. A correta percepção da duração dos fixações é muito importante para o uso desta informação como já visto anteriormente.

Baseado em estudos sobre os movimentos dos olhos, Jacob [2] sugeriu o seguinte método de reconhecimento:

1. Observa-se a entrada de dados à espera de 100ms consecutivos onde a variação da linha de visão do usuário não ultrapasse 5 graus.
2. Uma vez observado a seqüência, notifica-se o início de uma fixação com a posição média do período.
3. Futuras variações de até 1 grau são consideradas pertencentes à mesma fixação.
4. Piscadas ou quaisquer outras obstruções no reconhecimento da direção do olhar são ignoradas até o limite de 200ms, continuando normalmente a fixação corrente.
5. Caso a direção do olhar seja detectada acima do limite de 1 grau por mais de 50ms a fixação é considerada terminada.

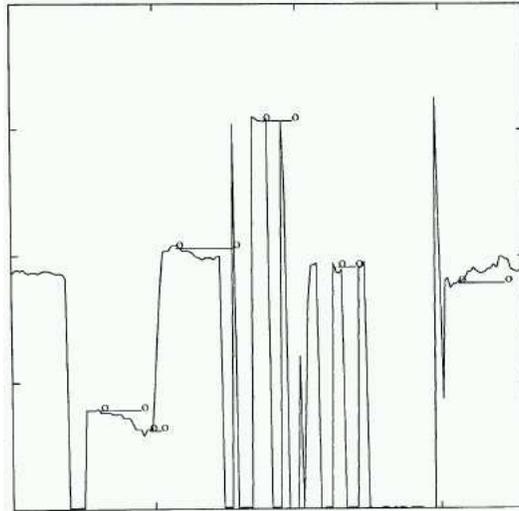


Figura 5: Reconhecimento de Fixações: O gráfico mostra a posição do olhar do usuário na tela de um sistema de janelas convencional, com as linhas horizontais limitadas por pequenas circunferências representando as fixações. A oclusão do olhar (piscadas, por exemplo) são representadas com altura zero.

O algoritmo tem se mostrado, na prática, bastante satisfatório. A Figura 5 mostra os resultados obtidos durante o uso de uma interface gráfica.

Os intervalos de tempo selecionados mostraram-se compatíveis com o padrão que o usuário está acostumado a utilizar em suas observações rotineiras em sistemas gráficos, o que faz com que as fixações mostrem-se naturais e não um incômodo, uma preocupação ao usuário.

Um estudo mais aprofundado sobre algoritmos de detecção de fixações e *saccades* foi feito por Salvucci e Goldberg [8], onde foram identificados alguns tipos de algoritmos, as vantagens de cada um, assim como sua comparação.

## 5.2 Lei de Fitts

A “Lei de Fitts” coloca que o tempo necessário para realizar uma seleção de um elemento é proporcional à sua distância da origem e inversamente proporcional ao tamanho deste elemento. Este mesmo comportamento foi observado em sistemas que utilizam o rastreamento de olhar [11].

Em comparação com o uso do mouse, verificou-se velocidade do deslocamento do apontador muito superior, porém a precisão dos movimentos é menor, devido ao erro inerente no rastreamento.

Porém, este uso do rastreamento do olhar mantém as restrições ditas anteriormente e só seria recomendado seu uso acompanhado de outras formas de interação.

## 6 Aplicações Conhecidas

O uso do rastreamento do olhar interessa pesquisadores já há algum tempo, tempo suficiente para que surgissem várias aplicações práticas dos conceitos aqui apresentados.

### 6.1 Rolagem de Texto

Para auxiliar a leitura de grandes textos na tela, o rastreamento do olhar pode ser usado para a rolagem automática do texto na tela, como mostrou Jacob [3]. O texto apresentado na tela possui setas abaixo e acima dele (a seta correspondente é omitida caso não exista texto restante em uma determinada direção) que ocupam toda a largura do texto. Ao olhar para uma das setas o texto começa a rolar na direção escolhida e pára assim que o usuário leva o olhar para fora da área da seta.

O sistema pareceu bastante fácil de usar e prático após pouco tempo de uso.

### 6.2 Menus de opções

A experiência de controlar menus gráficos através do olhar foi realizada por Jacob [3] com os seguintes parâmetros (*dwell time*): Ao olhar para o título de um menu por 400ms era exibida a lista de opções daquele menu. Em opções que apresentavam submenus, bastava 100ms para que elas surgissem. Caso o olhar ficasse fora do menu por 600ms o menu desaparecia.

Para executar os comandos do menu, foi usado um *dwell time* de 1 segundo, o que acabou ocasionando certo desconforto ao usuário, porém este tempo deve permanecer alto, para evitar a execução de um comando indesejado. A execução de comandos pareceu melhor executada com o uso de um botão do teclado.

### 6.3 Digitação através do olhar

Tendo em vista facilitar o acesso de pessoas fisicamente debilitadas a sistemas computacionais foram desenvolvidos alguns sistemas de digitação através do olhar por Majoranta e Rähä [5]. Eles apresentaram alguns *layouts* de teclado diferentes do tradicional QWERTY em seus sistemas com melhores resultados. Este estudo ressaltou a importância destes *layouts* e também do *feedback* ao usuário através de cores e sons, fundamentais o aumento do conforto e sensação de segurança do sistema.

Um destes sistemas é o VISIOBOARD[2001] que é apresentado a Figura 6.



Figura 6: VISIOBOARD[2001], Sistema de digitação através do olhar.

#### 6.4 Magic Pointing

Em 1999, foi desenvolvido o MAGIC Pointing [12], que utiliza o rastreamento do olhar para aumentar a agilidade do mouse convencional. O sistema infere o ponto que o usuário está observando na tela e assim que ele movimentar o mouse o sistema apresentará o mouse imediatamente próximo ao alvo do olhar do usuário. Desta forma, a distância percorrida pelo mouse é bastante diminuída.

O sistema usa a velocidade do rastreamento do olhar associada com a precisão dos movimentos com o mouse, pois embora o sistema leve o cursor até muito próximo do alvo, cabe ao usuário decidir onde exatamente e quando irá selecioná-lo, manualmente.

Foram observados algum ganho no tempo de acesso aos alvos e a facilidade de aprendizado dos usuários que em menos de 10 minutos já estava acostumados com o sistema, obtendo resultados já melhores do que o método de controle tradicional do mouse.

#### 6.5 Foco de Câmeras

Recentemente a empresa Canon desenvolveu um sistema de rastreamento de olhar para suas câmeras fotográficas para controle de foco. O sistema de calibração é feito olhando para alguns pontos pré-determinados na tela, para que sejam feitos os ajustes de acordo com as características físicas do olho de cada usuário. As máquinas já estão disponíveis no mercado, como por exemplo, os modelos EOS 5 e UC-X1 Hi.

## 7 Conclusões

O rastreamento do olhar promete exercer um papel bastante importante na Interação Humano-Computador nos próximos anos. Até então, os sistemas computacionais não tinham acesso a informação sobre onde o usuário estaria com a atenção voltada. Isso pode influenciar o modo com que os objetos são exibidos na tela ou ainda a ação que eles devem tomar quando escolhidos.

Ainda há muita pesquisa a ser feita até que se alcance um modo eficiente de utilizar esta nova informação de maneira útil no universo de cada sistema. Certamente, o rastreamento do olhar não surge para substituir o mouse, ele surge sim, complementando a interface com um todo, oferecendo um novo método de entrada, não necessariamente usado como ferramenta de apontamento.

Estudo psicológicos mais profundos [1] sugerem que o olhar do observador pode refletir além da atenção ao objeto visto, mas como também o interesse naquilo. Interesse é uma informação muito difícil de ser tratada por sistemas computacionais, porém também é muito difícil de ser obtida através dos dispositivos de entrada tracionais, porém esta obtenção é muito facilitada através do rastreamento do olhar.

As possibilidades de uso desta nova tecnologia de certo são muitas e as mais apropriadas surgirão naturalmente com a intensificação da pesquisa na área e o barateamento dos hardwares necessários, como câmera de vídeo e placa digitalizadora do sinal de vídeo. Acredita-se que na próxima década estes hardwares já serão tão acessíveis quanto o próprio computador é hoje.

É preciso, no entanto, atentar ao fato que o ser humano não está habituado a utilizar o olhar para a manipulação. O que antes era usado apenas para a observação, agora também é utilizado para gerar informações ao sistema que ele está utilizando, podendo gerar um certo desconforto se mal utilizado. Desconforto este, que seria aceitável apenas na interação de sistemas com pessoas fisicamente debilitadas, como o caso dos tetraplégicos, que tem no rastreamento do olhar um uso de indiscutível importância.

Se, tecnicamente, já estamos bastante evoluídos em captar a informação, ainda falta muito para conseguirmos utilizá-la de maneira ótima, que fica a impressão ser a maneira que o usuário não possui a percepção que seu olhar está sendo utilizado, mas apenas a sensação do sistema “prever” o que ele deseja. Imagina-se que tal “previsão” poderia ser utilizada para diminuir o caminho percorrido em um sistema para que o usuário alcance seu objetivo, seja este um texto, uma figura ou um produto à venda, o que certamente já garante que o estudo da área pode gerar produtos de grande valor à interação humano-computador.

## 8 Estudos Futuros

Como continuidade dos estudos, pretende-se estudar novas formas de uso no rastreamento do olhar com o objetivo de auxiliar o uso de sistemas tradicionais, apresentando uma proposta deste uso, juntamente com suas características técnicas, benefícios obtidos e dificuldade de aprendizado.

## 9 Bibliografia

- [1] Arne John Glenstrup and Theo Engell-Nielsen. Eye controlled media: Present and future state. *Thesis for the Partial Fulfillment of Requirements for Bachelor's Degree in Information Psychology*, June 1995.
- [2] Robert J. K. Jacob. The use of eye movements in human-computer interaction techniques: What you look at is what you get. *ACM Transactions on Information Systems*, 9(3):152 – 169, April 1991.
- [3] Robert J. K. Jacob. Eye tracking in advanced interface design. *Virtual environments and advanced interface design*, June 1995.
- [4] Robert J. K. Jacob. The future of input devices. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, December 1996.
- [5] Päivi Majaranta and Kari-Jouko Rähkä. Principles & methodology: Twenty years of eye typing: systems and design issues. *Proceedings of the symposium on ETRA 2002: eye tracking research & applications symposium*, March 2002.
- [6] Carlos Hitoshi Morimoto, Dave Koons, Arnon Amir, Myron Flickner, and Shumin Zhai. Keeping an eye for hci. *Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, October 1999.
- [7] André Redert, Joost-Jan van Klaveren, and Emile Hendricks. Accurate 3d eye tracking for multi viewpoint systems. *Proceedings of the International Workshop on Synthetic-Natural Hybrid Coding and Three Dimensional Imaging*, pages 224 – 227, 1997.
- [8] Dario D. Salvucci and Joseph H. Goldberg. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. *Eye Tracking Research & Applications Symposium*, 2000.
- [9] Linda E. Silbert and Robert J. K. Jacob. Evaluation of eye gaze interaction. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, April 2000.
- [10] Vildan Tanriverdi and Robert J. K. Jacob. Interacting with eye movements in virtual environments. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, April 2000.
- [11] C. Ware and H. H. Mikaelian. An evaluation of an eye tracker as a device for computer input. *CHI + GI 1987 Conference Proceedings, SIGCHI Bulletin, ACM Special Issue*, pages 183 – 188, 1987.
- [12] Shumin Zhai, Carlos Morimoto, and Steven Ihde. Manual and gaze input cascaded (magic) pointing. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, May 1999.