

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

APOIO À PRÁTICA DESPORTIVA PARA DEFICIENTES VISUAIS

JOÃO RUI LOPES DUARTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ENGENHARIA INFORMÁTICA

COVILHÃ, JUNHO DE 2009



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

APOIO À PRÁTICA DESPORTIVA PARA DEFICIENTES VISUAIS

JOÃO RUI LOPES DUARTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ENGENHARIA INFORMÁTICA

Trabalho realizado sob orientação do
Professor Pedro José Guerra de Araújo

COVILHÃ, JUNHO DE 2009

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Pedro Araújo, pela sua orientação, disponibilidade e companheirismo ao longo deste trabalho.

À Marta, fonte de todas as forças e energias para a realização deste trabalho.

À minha família.

Acrónimos e Termos

BTT – Bicicleta Todo Terreno

GPS – *Global Position System*

GSM – *Global System for Mobile* (sistema *standard* para comunicações móveis).

I2C – *Inter Integrated Circuit*, é um barramento serial *multi-master* usado para ligar periféricos de baixa velocidade.

MP3 – *MPEG-1 Audio Layer* (tipo de compressão de áudio).

PDA - *Personal Digital Assistant*

SAN – *Sistemas de Auxílio à Navegação*

TA – *Tecnologia Assistiva*

UPC – *Universal Production Codes*

WT – *Wearable Technology*

WeC – *Wearable Computer*

3D – Três Dimensões

Braille – Forma de escrita desenvolvida para pessoas invisuais em que os caracteres são representados por padrões constituídos por pontos com relevo e sentidos com as pontas dos dedos.

GPSoverIP – *Global Position System over Internet Protocol*, permite usar as coordenadas geográficas a partir da internet, achando facilmente a posição geográfica, mesmo dentro de edifícios.

Interface – Conjunto de características que permitem ao utilizador interagir e controlar programas, dispositivos ou outras ferramentas complexas.

Joystick – Tipo de controlo que consiste num manípulo vertical que se move em várias direcções, permitindo controlar um dispositivo, como por exemplo, uma imagem num ecrã de um computador.

RESUMO

As tecnologias para apoio aos invisuais assumem uma grande importância, no sentido de tornar os utilizadores com deficiências mais independentes da ajuda de terceiros, abrindo-lhes assim uma janela a novas oportunidades que no passado recente não seriam possíveis de alcançar. Neste trabalho descreve-se uma tecnologia incorporada no equipamento de um atleta invisual, que permite a prática de corrida sem o apoio de um guia para a sua orientação. Esta orientação é realizada através de sensores e actuadores, que com base nos dados retirados do ambiente que o rodeia e após serem tratados numa unidade de processamento, orienta o indivíduo ao longo de um percurso.

Os sensores e actuadores permitem com base nos seus dados analisar a posição em pista e informar o utilizador da direcção a seguir. O utilizador durante a sua corrida é alertado por via de actuadores controlados pelo sistema, da presença de obstáculos detectados pelos sensores de distância, permitindo ao invisual evitá-los de forma segura.

O sistema interage continuamente com utilizador, recebendo e tratando os dados em tempo real. Aumenta a independência dos deficientes visuais, permitindo-lhes realizar autonomamente tarefas que até aqui exigiam a colaboração de um guia.

ABSTRACT

Nowadays the visual impaired support technologies, assume a great relevance towards of turning a disabled person more independent from someone's help, opening them a window of new opportunities that was impossible to reach in the recent past. This work describes a wearable technology for an invsual person that allow the user to practice running without the help of a guide. This guidance is held by sensors and actuators that based on the data from the surrounding environment and after been treated on a processing unit, guides the user along the running route.

The sensors and actuators allow based on the data, analyze the track position and inform the user of the direction to follow. During the race the actuators controlled by the system, inform the runner of a presence of an obstacle detected by the distance sensors, allowing the user to safely avoid them.

The system continuously interacts with the user, receiving and processing the data on real time. Increases the invsual independency, allowing them to autonomously perform tasks witch until now required the assistance of a guide.

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Motivação	13
1.2 Objectivos.....	14
1.3 Estrutura da dissertação	15
2. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS.....	17
2.1. Introdução	17
2.2. Tipos de Tecnologias Assistivas	17
2.3. Tecnologias Assistivas baseadas nas limitações.....	18
2.3.1. Acesso	18
2.3.2. Ajuda em tarefas da vida diária	19
2.3.3. Auxílio na audição	20
2.3.4. Comunicação aumentativa ou alternativa	20
2.3.5. Instruções por computação	21
2.3.6. Mobilidade	21
3. WEARABLE TECHNOLOGY	23
3.1. Introdução	23
3.2. Wearable Computer	23
3.3. Vantagens e desvantagens	24
3.4. Operacionalidade	24
3.5. Aplicações gerais	26
3.5.1. Know Where Jacket.....	26
3.5.2. I-Garment Fire Suit	27
3.5.3. Suunto Core extreme sports wristop computer	27
3.5.4. Xplorer Shoes	28
3.6. Projectos nacionais	29
3.6.1. Vital Jacket	29
3.6.2. Domovest.....	30
4. ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE PARA DEFICIENTES VISUAIS	31
4.1. Auxílio da mobilidade do invisual	31

6.1.1.1. Navegação.....	50
6.1.1.2. Detecção de obstáculos	51
6.1.1.3. Orientação	51
6.2. Arquitectura do sistema	52
6.2.1. Sensor de distância SRF08	52
6.2.2. Bússola	53
6.2.3. Giroscópio.....	54
6.2.4. Actuadores.....	55
6.2.5. Processamento	56
6.2.5.1. Picaxe 28X1	56
6.2.5.2. .NET.....	57
6.2.6. Montagem do Sistema	58
6.2.7. Esquema do sistema	59
7. DISCUSSÃO E RESULTADOS	61
7.1. Testes iniciais	61
7.1.1. Metodologia	61
7.1.2. Resultados.....	62
7.1.3. Observações.....	64
7.2. Resultados finais	65
7.2.1. Metodologia	65
7.2.2. Resultados.....	66
7.2.2.1. Não detecção da barreira	66
7.2.2.1. Detecção de obstáculos	70
7.2.3. Observações.....	71
8. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO	72
8.1. Conclusão	72
8.2. Trabalho futuro	73
Bibliografia	74
A. MÉTODOS PRINCIPAIS DE ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS ..	78
A. 1. Filtragem de valores discrepantes	78
A.1.1 Algoritmo	78
A. 2. Manter distância à barreira	79
A. 2.1 Algoritmo	79

A. 3. Detecção de obstáculos.....	80
A. 3.1. Método não-difuso.....	81
A. 3.2. Método difuso.....	81
A.3.3. Desvio de obstáculos	84
A. 4. Cálculo de rotação e orientação	84
A.4.1. Cálculo do menor ângulo	85
A.4.2. Algoritmo de orientação	86
A.4.3. Cálculo de rotação	87
A.4.4. Manter velocidade de rotação	88

Índice de figuras

Figura 1: Análise estatística, extraindo e processando áreas da imagem [J. Gutiérrez et all].	19
Figura 2 : Interface de construção de sinais para palavras [M. Jemni].	20
Figura 3: Ecrã ampliado [U. Dublin].	21
Figura 4: Esquema da Bengala [W. Gharieb et all].	22
Figura 5: Know Where Jacket [Mexperts].	27
Figura 6: I-Garment Fire Suit [Gizmag].	27
Figura 7: Relógio Suunto Core extreme sports [Gizmag].	28
Figura 8: Xplorer Shoes [I4U].	28
Figura 9: Vital Jacket [VitalJacket].	29
Figura 10: Domovest [P. Araújo].	30
Figura 11: Componentes do sistema [N. Henze et all].	34
Figura 12: Esquema do sistema Veye [Carlos Rodrigues].	35
Figura 13: Esquema da arquitectura do sistema [D. Thalmann et all].	38
Figura 14: Esquema de montagem ideal do sistema [D. Thalmann et all].	38
Figura 15: Bicicleta para invisuais [Mohammad hosseini et all].	40
Figura 16: Esquema ilustrativo do sistema de corrida independente [J. Klein et all].	41
Figura 17: Função de pertença do conjunto difuso da altura [L. Alexandre].	44
Figura 18: Diagrama da aplicação de uma regra usando operador lógico “OU” [MathWorks].	45
Figura 19: Diagrama da aplicação de várias regras, achando o valor para cada conjunto de saída [MathWorks].	45

Figura 20: Aplicação da regra do centróide a partir da junção das funções dos conjuntos de saída [MathWorks].....	46
Figura 21: Tabelas dos eventos discretos de saída [W. Gharieb et all].....	47
Figura 22: Funções de pertinência para os valores de distância de um sensor [G. Pires].....	48
Figura 23: Exemplo das regras usadas no sistema [G. Pires].....	49
Figura 24: Sensor de distância.....	53
Figura 25: Bússola CMPS03 [Robot Electronics].....	53
Figura 26: Aumento da voltagem com a rotação no sentido dos ponteiros do relógio [Analog Devices].....	54
Figura 27: Voltagem de referência vs Temperatura [Analog Devices].....	55
Figura 28: Vibrador de um telemóvel.....	55
Figura 29: Vibrador <i>Lilypad</i>	56
Figura 30: Placa PICAXE com sensores.....	57
Figura 31: Interface gráfica do sistema.....	57
Figura 32: Sensores de detecção de obstáculos.....	58
Figura 33: Montagem do sensor de detecção da barreira.....	58
Figura 34: Montagem da bússola e giroscópio.....	59
Figura 35: Montagem dos vibradores.....	59
Figura 36: Esquema de comunicação do sistema.....	60
Figura 37: Utilizador com o sistema.....	62
Figura 38: Gráfico de distância á barreira.....	63
Figura 39: Gráfico obtido pelos dados do giroscópio.....	63

Figura 40: Barras de distância na detecção do objecto.	64
Figura 41: Utilizador com o sistema na pista de manutenção.	66
Figura 42: Pista de manutenção ideal para o sistema.	66
Figura 43: Gráfico de distância á barreira.	70
Figura 44: Exemplo de possíveis valores discrepantes.	78
Figura 45: Exemplo de filtragem de valores discrepantes	79
Figura 46: Esquema do método de manter distância à barreira.	80
Figura 47: Conjuntos de entrada.	81
Figura 48: Funções de pertença dos conjuntos de entrada.	82
Figura 49: Tabela com as regras construídas para a inferência difusa.	82
Figura 50: Funções de pertença dos conjuntos de saída.	83
Figura 51: Esquema de utilizador a desviar-se de obstáculo.	84
Figura 52: Casos problemáticos de cálculo do ângulo mínimo.	85
Figura 53: Gráfico com valores do giroscópio, aplicando o algoritmo de orientação.	87
Figura 54: Exemplo de cálculo da velocidade de rotação.	88

Índice de tabelas

Tabela 1: Dados do teste de falha na detecção da barreira em linha recta.	68
Tabela 2: Dados do teste de falha na detecção da barreira em curva.	69

1. INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Segundo os dados do *CENSOS*, em 2001 existiam em Portugal 163 515 indivíduos com problemas de visão[Censos 2001], estando incluídos na estatística cegos e amblíopes (termo não específico, que se refere à visão deficiente [DeSC]).

Dados da população mundial de 2002 indicam uma redução nas pessoas que nasceram com deficiências visuais e nas que se tornaram invisuais devido a doenças infecciosas. No entanto, o número de pessoas que se tornaram cegas durante o seu período de vida aumentou. Existem, segundo a Organização Mundial de Saúde, cerca de 40 milhões de pessoas cegas no mundo e 161 milhões com deficiência visual [WHO]. A maioria encontra dificuldades na sua orientação em que necessitam saber onde se encontram e para onde vão. Como consequência da sua desorientação, sentem-se isolados. A ajuda na sua navegação e orientação é muito importante para evitar este isolamento.

A visão é um dos principais sentidos do ser humano. Com a sua redução ou degradação, a mobilidade de uma pessoa é bastante afectada. Indivíduos com limitações na sua visão necessitam de compensar a sua deficiência, desenvolvendo outros sentidos como a audição de forma a localizarem com sucesso objectos através do som produzido pelo seu movimento. Esta forma de localização torna-se problemática quando os objectos são inanimados, não produzindo qualquer ruído, reduzindo o invisual à sua detecção através do sentido do tacto [S. Cardin et al]. Uma das formas de lidarem com esse problema é através do uso de trajectos repetitivos com o menor número de obstáculos possível, de forma a chegarem a destinos conhecidos. Mas por muito familiar que seja o percurso, podem sempre existir objectos inesperados, como um carro mal estacionado, algum tipo de vedação de obras, objectos caídos, entre outros. Nestes casos, o uso de bengalas, ou cães guia são muito importantes.

A dificuldade dos invisuais em se deslocarem deve-se à falta de informação sobre o percurso. Com a difusão rápida de desenvolvimentos e pesquisas em vestuário

tecnológico (“*wearable computing*”), tem permitido com o recurso à implementação destas tecnologias em sistemas de auxílio a deficientes visuais, o fornecimento das informações em falta. Exemplos incluem, guias electrónicos ou sistemas que indicam caminhos a seguir com ou sem auxílio de sistemas de localização. Estes sistemas são aplicações de realidade aumentada, pois fornecem informações extra sobre o mundo real [Ronald Azuma]. São bastante usados no desenvolvimento de Sistemas de Auxílio à Navegação (SAN) para os invisuais, permitindo com o auxílio destas tecnologias assistivas (TA), conhecer o ambiente que os rodeia [Carlos Rodrigues].

Hoje em dia as pessoas gostam de praticar vários tipos de actividades físicas para se manterem em forma, contribuindo assim para a sua saúde e bem-estar. *Jansma and French, Auxter, Pyer and Huettig*, descrevem os benefícios da prática desportiva como o ganho de hábitos saudáveis, competição saudável, desenvolvimento da auto-estima, de habilidades sociais e amizades, e de fornecer bem-estar. Contudo, os benefícios do desporto não se encontram acessíveis para todos [P. Jansma et al][D. Auxter et al].

A simples tarefa de correr ou andar torna-se muito complicada quando realizada por pessoas com deficiência visual. As suas limitações não os impedem de praticar corrida, mas não os permitem manter uma corrida estável. Não podem confiar na visão para se orientarem num percurso ou numa pista de manutenção, pois não têm a capacidade de detectar a pista ou localizar obstáculos de forma a evitá-los.

A fraca condição e aptidão física, são consequências da falta de participação no desporto. A educação física promove a aquisição de novas habilidades diárias de orientação e mobilidade para o invisual, permitindo um desenvolvimento nas capacidades psicomotoras [G. Kobberling et al].

1.2 Objectivos

A possibilidade de estudantes invisuais poderem participar nos mesmos eventos desportivos que os seus pares, ou de atletas profissionais puderem orientar-se numa corrida sem o auxílio de um acompanhante que o oriente, é o grande objectivo do sistema aqui desenvolvido.

O recurso a modernas tecnologias, entre elas, o vestuário tecnológico, permite construir um sistema que ajuda na resolução deste problema, eliminando a necessidade do guia e desde logo tornando o utilizador mais autónomo.

O objectivo final consiste no desenvolvimento de uma peça de vestuário desportivo, equipado com sensores e actuadores, que possa ajudar o utilizador a orientar-se num percurso de um recinto desportivo. Pretende-se que o sistema seja leve, prático e fácil de usar, fornecendo ao utilizador indicações que lhe permitam uma corrida semelhante á efectuada com a ajuda de um guia. Oferece assim um novo método para a prática de desporto por invisuais.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação, com este capítulo incluído, é constituída por 8 capítulos, dos quais 5 envolvem o enquadramento teórico (estado da arte). Adicionalmente são incluídos anexos com informações adicionais.

- **Capítulo 1:** Introduce o trabalho realizado, mostrando a problemática existente e as motivações que levaram á realização deste trabalho.
- **Capítulo 2:** Descreve o significado das tecnologias assistivas, a sua importância para os objectivos propostos e o estado da arte que envolve este tipo de tecnologia, descrevendo vários sistemas que facilitam o dia a dia de pessoas com limitações, focando sempre o invisual.
- **Capítulo 3:** Aborda o tema das tecnologias móveis, que permitem o uso de computadores em roupas tecnológicas, exemplificando com vários sistemas desenvolvidos nessa área, incluindo alguns projectos nacionais.
- **Capítulo 4:** Desenvolve o tema de tecnologias que auxiliam os invisuais na sua mobilidade, apresentando e descrevendo tipos de tecnologias existentes, especificando no final com sistemas que auxiliam na prática desportiva de invisuais.
- **Capítulo 5:** Introduce uma visão geral sobre a lógica difusa, usada neste trabalho, mostrando alguns sistemas que aplicam esta metodologia, discutindo e analisando os seus resultados.

- **Capítulo 6:** Neste capítulo é descrito o sistema desenvolvido neste trabalho.
- **Capítulo 7:** Mostra e analisa os resultados de testes realizados com o sistema.
- **Capítulo 8:** Retiram-se conclusões sobre o trabalho realizado e discute-se o trabalho futuro.
- **Anexo A:** É descrito neste anexo os métodos e algoritmos mais relevantes do trabalho, descrevendo como os dados são tratados e analisados.

2. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

2.1. Introdução

A Tecnologia Assistiva (TA) hoje em dia abre novas possibilidades a indivíduos com deficiência física ou cognitiva (como a atenção, percepção e o raciocínio). Permite a integração de pessoas com capacidades limitadas na sociedade, tornando-as independentes, produtivas e com elevada auto-estima [PLUK].

TA pode definir-se como recursos e serviços que contribuem para manter ou melhorar as capacidades funcionais de indivíduos com deficiências, permitindo assim que possam ter um vida independente [Monique Delatte]. Esta definição engloba não só os dispositivos, como a natureza em que o dispositivo é usado.

Com TA's apropriadas, várias barreiras são quebradas e indivíduos com deficiências podem demonstrar o seu potencial, participando em actividades, realizando acções ou tarefas que sem estas tecnologias seria difícil ou mesmo impossível de concretizar.

2.2. Tipos de Tecnologias Assistivas

Os dispositivos de TA podem ser distinguidos de inúmeras maneiras. Podem-se diferenciar de **acomodações** que são modificações efectuadas para compensar habilidades ou atributos que uma pessoa tem em falta, permitindo assim executar tarefas com maior eficiência e rapidez. A calculadora é um exemplo deste tipo de sistemas que auxilia pessoas com dificuldades em realizar cálculos matemáticos. Sistemas únicos, destinados exclusivamente para ajudar indivíduos na sua deficiência de forma a poder executar tarefas diárias normais que de outra forma não seria possível são referidos como **adaptações**, que são concebidos especialmente para uma deficiência de determinado indivíduo [PLUK].

Alguns dispositivos são tecnologicamente complexos enquanto que outros são muito simples. Sistemas que envolvam materiais sofisticados e necessitem de

efectuar operações muito precisas e que por vezes necessitam de treino por parte do utilizador são referidos de dispositivos **high tech**. Sistemas simples, fáceis de obter e baratos são referidos normalmente com dispositivos **low tech** [J. Hopkins].

2.3. Tecnologias Assistivas baseadas nas limitações

Pode-se basear os dispositivos no modo como a tecnologia se relaciona com a limitação do utilizador, classificando-as do seguinte modo:

2.3.1. Acesso

Todo o tipo de recurso que ajude uma pessoa com deficiência física a aceder a algo, como software para interagir com um computador, uma rampa de acesso a um edifício ou um tipo de hardware que auxilie um indivíduo a manusear e controlar objectos no seu ambiente [Kids Together] [PSB].

“*Electronic Display Panel Mobile Reader*” é um software deste tipo, desenvolvido para correr em dispositivos móveis como o PDA, que captura a imagem do ecrã através da câmara digital do dispositivo processando-a e detectando a informação numérica, alfanumérica e gráfica (ícones). A informação é transmitida para o utilizador através de um sintetizador de texto para voz. A informação do ecrã é segmentada em pequenas imagens, separando os dados relevantes dos não relevantes. São realizadas análises estatísticas e usados algoritmos de análise de imagem para detectar diferentes texturas. Os elementos de interesse são agrupados de acordo com a sua semelhança e classificados de dados textuais ou não-textuais. Após estes processamentos é necessário interpretar as imagens (o que diz o texto, quanto vale o número, o que significa o ícone) [J. Gutiérrez et all].

A figura seguinte mostra a análise a uma imagem com o software descrito.

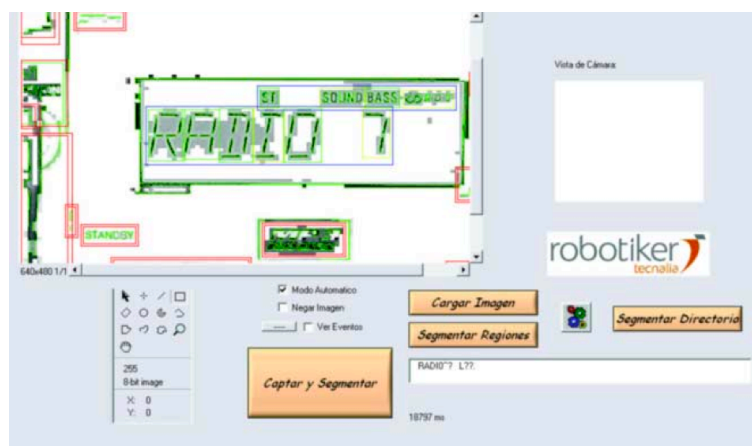


Figura 1: Análise estatística, extraíndo e processando áreas da imagem [J. Gutiérrez et al].

2.3.2. Ajuda em tarefas da vida diária

São ferramentas especiais que auxiliam as pessoas com limitações nas tarefas diárias como tomar banho, vestir ou cozinhar [PSB].

“*Talking Bar Code Identifier*” é um scanner de códigos de barra portátil que funciona do mesmo modo que os tradicionais leitores de códigos de barra dos supermercados. Permite que pessoas invisuais o use em artigos comerciais, detectando o código *UPC* (Universal Production Codes). O sistema pesquisa o código numa base de dados actualizável, incluída num cartão de memória, que de seguida informa por som descrições sobre o produto. A base de dados contém dados sobre artigos de supermercado, livros, medicamentos, filmes, música entre outros. Alguns artigos têm informação extra na base de dados sobre os detalhes do produto como por exemplo os ingredientes ou nutrientes. Este dispositivo é extremamente útil, permitindo uma maior independência da pessoa invisual, retirando-lhe a necessidade de ser auxiliado de terceiros para a realização das suas compras [W. Mann]. Os possíveis problemas que o sistema pode enfrentar é encontrar um artigo em que o código não se encontra na base de dados, o código não se encontrar legível ou mesmo não se encontrar no artigo. Limitações que não diminuem a grande utilidade deste tipo de tecnologia assistiva.

2.3.3. Auxílio na audição

Dispositivos de ouvido ou amplificadores que auxiliam pessoas com deficiência auditiva, permitindo-lhes usar a audição que ainda lhes resta, ou usar meios alternativos de receber a informação. Este tipo de deficiência interfere na aprendizagem da fala, na leitura e na capacidade de seguir direcções [PLUK] [U. Dublin].

“An Avatar Based Approach for Automatic Interpretation of Text to Sign Language” é um exemplo de um estudo de um software que permite ler texto, gerando sinais por via de uma animação 3D, mostrando ao utilizador um vídeo com os sinais animados que descrevem o texto lido. A interpretação do texto é realizada com o auxílio de uma base de dados que contém um dicionário de palavras e sinais. O sistema permite ainda a criação de novos sinais correspondentes a novas palavras por parte dos utilizadores via Web, actualizando assim a base de dados, permitindo uma rápida evolução na construção do dicionário com a ajuda da colaboração dos utilizadores [M. Jemni]. A figura seguinte mostra a *interface* gráfica da construção de novos sinais por parte dos utilizadores (figura 2).

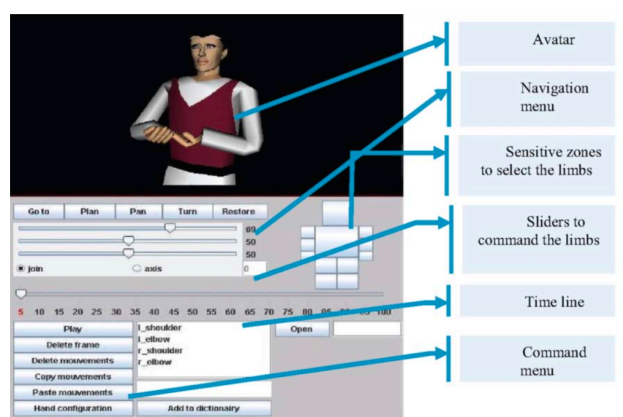


Figura 2 : Interface de construção de sinais para palavras [M. Jemni].

2.3.4. Comunicação aumentativa ou alternativa

Pessoas que sofrem de autismo, sofreram um AVC ou outras com dificuldades de linguagem e discurso verbal ou pessoas com diminuição na sua visão usam este tipo de *TA*, para que possam comunicar [PLUK].

Dentro deste tipo de *TA's* destacam-se os dois exemplos seguintes:

- **Software de ampliação do ecrã:** aumenta os caracteres que se encontram no ecrã, podendo ampliar texto ou gráficos, permitindo a pessoas com dificuldades visuais usar o computador. Exemplos destes dispositivos, são apontadores que permitem seleccionar símbolos, sintetizadores de voz ou dispositivos electrónicos de comunicação (figura 3).



Figura 3: Ecrã ampliado [U. Dublin].

- **Sintetizadores de voz:** permite auxiliar a pessoa na sua comunicação por voz de modo a poder conversar de forma perceptível.

2.3.5. Instruções por computação

Software de auxílio de aprendizagem, tal como a leitura de documentos de texto por voz, de modo que pessoas invisuais possam ler dados electrónicos sem auxílio de hardware especial.

“*MAWEN*” (*Mathematical Working Environment*) é um exemplo de um software de auxílio de aprendizagem que auxilia pessoas invisuais ou com limitações visuais no seu trabalho, facilitando o estudo da matemática e ajudando na realização de cálculos num ambiente de estudo normal. Permite a leitura de informações textuais e fórmulas matemáticas, representando estas informações em dispositivo de saída de *Braille* [B. Stogera et all].

2.3.6. Mobilidade

Recursos que permitem a indivíduos com limitações físicas ou visuais moverem-se em segurança no seu dia a dia. As cadeiras de rodas e as bengalas usadas pelos invisuais são o exemplo mais comum.

“*Smart Cane for Blinds*” é um exemplo de um dispositivo que permite ajudar na mobilidade dos invisuais em ambientes com obstáculos. Contém duas rodas que

giram independente uma da outra, um sistema de controlo e três sensores de distância (figura 4). As rodas são controladas por pequenos motores que recebem instruções do sistema de controlo, podendo girar em direcções opostas de forma a parar a bengala. Contém um pequeno *joystick* para o utilizador controlar o sentido a seguir pela bengala. O sistema tem dois modos de comportamento. O modo **UEM** (*Unknown Environment Mode*) em que a bengala tem como maior objectivo evitar obstáculos, guiando o utilizador de uma maneira mais segura. O modo **KEM** (*Know Environment Mode*) é usado quando o utilizador caminha num ambiente conhecido como a sua casa, neste caso o sistema segue os comandos do utilizador, apenas emitindo um alarme quando ocorre um conflito entre os comandos do invisual e o sistema de detecção de obstáculos [W. Gharieb et al].

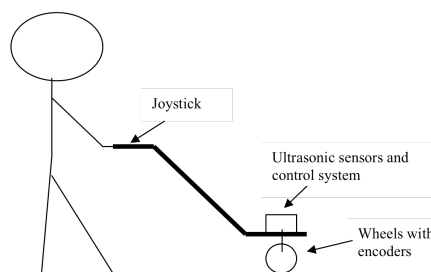


Figura 4: Esquema da Bengala [W. Gharieb et al].

Este sistema é uma actualização da tradicional bengala que é usada no dia a dia dos invisuais, permitindo detectar obstáculos á distância, não sendo necessário o utilizador aproximar-se demasiado do obstáculo. O inconveniente maior deste dispositivo é o uso das rodas, pois complicam a passagem por escadas ou passeios, ou seja, melhora a detecção dos obstáculos, mas dificulta a ultrapassagem de alguns deles. A detecção de buracos ou escadas no modo descendente não foi estudada neste sistema, sendo a sua detecção limitada ao modo tradicional da bengala.

3. WEARABLE TECHNOLOGY

3.1. Introdução

Hoje em dia a tecnologia começa a possibilitar-nos uma maior portabilidade de ferramentas usadas por nós no nosso quotidiano. Tentam encontrar-se nova ideias para que o seu uso seja mais simples, mais eficaz, mais útil e objectivo. O sucesso dos telemóveis é um exemplo flagrante de sucesso das tecnologias móveis, permitindo a extensão da sua comunicação para locais longínquos. No entanto, além da audição, as pessoas têm outros sentidos para comunicar e interagir tais como a visão e o movimento das articulações do nosso corpo, que são elementos importantes na comunicação diária do ser humano.

As roupas tecnológicas são um exemplo da aplicação dessas novas ideias. Casacos com *GPS* integrado, luvas com comunicação *bluetooth*, camisolas que lêem o batimento cardíaco de uma pessoa, são alguns exemplos do que já existe dentro do mundo tecnológico de hoje.

Nota:

A tradução técnica de “*wearable computer*” do inglês para o português é bastante discutível, não existe um termo técnico específico em português que signifique o mesmo que em inglês, sendo necessário descrever numa frase mais elaborada o seu significado para português. Por essa razão, neste trabalho não se irá traduzir o termo para português.

3.2. Wearable Computer

Um *Wearable Computer (WeC)* é um computador que interage com o utilizador, envolvendo-se e misturando-se no seu espaço pessoal. A grande diferença existente entre um computador de secretária ou portátil (ex: PDA) e um *WeC* é a sua disponibilidade, o *WeC* está sempre disponível, estando sempre em contacto com o utilizador, sempre ligado e sempre a correr. Um computador portátil como por exemplo um PDA, necessita de ser aberto, ligado e ordenado por via de comandos e modo a obter as informações que desejamos, um *WeC* fornece a informação de imediato [S. Mann]. Outro aspecto positivo que se destaca nesta

tecnologia é a possibilidade de o utilizador poder estar focado noutra tarefa além da realizada pelo sistema, pois é desenvolvida para que seja útil a tempo inteiro com um montante mínimo de esforço ou custo de distração do utilizador [B. Rhodes].

Wearable Computers são reprogramáveis e actualizáveis tal como o nosso computador pessoal, podendo o utilizador reconfigurar o sistema para que a interacção seja a melhor possível. É a maior diferença comparando com outros dispositivos tecnológicos como óculos regulares, ou rádios incorporados em roupa.

3.3. Vantagens e desvantagens

Existem inúmeros tipos de *WeC* com inúmeras diferenças entre eles, implicando assim numa enorme variedade de vantagens e desvantagens, sendo diferentes para cada tipo de sistema.

De seguida serão exemplificados as vantagens e desvantagens mais relevantes que abordam a generalidade dos *WeC*:

- **Vantagens:** Portabilidade, mãos livres, confortável, sempre preparado para as tarefas para que foi desenvolvido, rápido a aceder, melhoria de capacidades do indivíduo.
- **Desvantagens:** Peso do equipamento, preço, causa de incómodos como irritação ou calor, pode conter muita confusão na parte da electrónica (fios, sensores ou outros aparelhos).

3.4. Operacionalidade

A interacção entre utilizador e computador disponibilizada por estas novas tecnologias tem três modos de operação:

1. **Modo Constante:** O sistema está sempre disponível para o utilizador, fornece informações de imediato, não necessitando de ser aberto e ligado tal como um PDA. Fornece ao utilizador um *interface* “homem – máquina” constante, ou seja, o envio e recepção de informação está sempre activo,

podendo ter em alguns casos modos de poupança de energia, quando não estão a ser usados.

Uma constante interacção implica uma constante operacionalidade do sistema, mas o contrário não se aplica necessariamente, pois um portátil ligado dentro da sua bolsa, apesar de estar sempre ligado, a sua interacção não é constante com o utilizador neste estado, sendo necessário retirá-lo da bolsa para voltar a interagir com ele.

2. **Modo de Aumentação:** *WeC* baseia-se na ideia de que a computação não é a tarefa principal do utilizador, permitindo-lhe realizar outras tarefas como subir escadas ou percorrer um corredor. O sistema serve deste modo para aumentar o intelecto ou os sentidos sem que interfira com a tarefa primária do utilizador.
3. **Modo de Intervenção:** Ao contrário de computadores portáteis, PDA's ou outros dispositivos móveis, o *WeC* pode isolar (encapsular) o utilizador. Pode não encapsular por completo o utilizador, mas permite um nível superior de isolamento do que os computadores portáteis tradicionais. Existem dois tipos de encapsulamento:
 - a. **Filtragem:** Filtro que bloqueia informação indesejada, quer seja material ofensivo, substituição de um tipo de informação por outro ou alteração moderada de alguns aspectos da percepção da realidade do utilizador. Pode ainda melhorar a recepção de determinada informação como por exemplo o som.
 - b. **Privacidade:** Permite que a informação que sai do espaço de encapsulamento do utilizador seja bloqueada ou modificada, ou seja, serve de intermediário para interagir com sistemas que não são de confiança tal como sistemas que necessitam e guardam informações sobre a nossa conta bancária (pagamentos online) [Steve Mann].

3.5. Aplicações gerais

O uso de *WeC* permite fornecer novas possibilidades e novos recursos ao indivíduo. O desenvolvimento da computação inteligente permitirá a todos explorar todas as potencialidades da tecnologia moderna. A possibilidade de equipar um indivíduo com informação personalizada, alterável e controlada pelo utilizador, permite melhorar experiências do nosso dia a dia.

As pessoas usam cada vez mais aparelhos electrónicos como telemóveis, leitores de *mp3*, auriculares, entre outros. A chegada do vestuário tecnológico, proporcionou a possibilidade de acondicionar todas as funcionalidades da maioria destes dispositivos numa única peça de roupa permitindo assim auxiliar as pessoas simplificando a confusão de usar vários aparelhos diferentes.

Nesta secção encontram-se alguns exemplos existentes de *WeC*, que podem ser usados por qualquer indivíduo em geral.

3.5.1. Know Where Jacket

Este casaco apresentado pela “*Interactive Wear AG*”, contém vários dispositivos electrónicos incorporados que são usados normalmente no dia a dia, tal como um leitor de *mp3*, auriculares, um teclado resistente (água e impactos) e um botão de emergência de pedido de ajuda.

É mais um de muitos casacos com várias tecnologias colocadas no seu interior, o destaque neste sistema é o dispositivo integrado *GPS*, que permite o conhecimento da localização do casaco sempre que necessário. É um sistema útil para pessoas com deficiências que podem precisar de ajuda, pois permite a sua localização imediata através do *GPS*.

O sinal do *GPS* é obtido por uma antena colocada no ombro do casaco para obter boa recepção do sinal. É possível ainda obter uma localização em tempo real da pessoa através do “*GPSoverIP*” dentro de um edifício (figura 5) [Mexperts].



Figura 5: Know Where Jacket [Mexperts].

3.5.2. I-Garment Fire Suit

Uma roupa tecnológica que se destina ao combate a incêndios. Contém material de protecção e sensores que transmitem a posição e os sinais vitais. A roupa permite uma boa mobilidade do indivíduo e os dados são transmitidos em tempo real por *wireless* para os veículos no exterior, no local da acção [Gizmag].



Figura 6: I-Garment Fire Suit [Gizmag].

3.5.3. Suunto Core extreme sports wristop computer

“Suunto”, marca líder em desenho e construção de instrumentos desportivos para treino, mergulho, montanhismo entre outras modalidades, criou este relógio para os entusiastas de desporto *outdoor*.

O dispositivo contém um altímetro, barómetro (pressão atmosférica), termómetro, uma bússola e ainda um indicador que informa a tendência meteorológica [Gizmag].

Estes dados podem ter outra utilidade além das modalidades desportivas.



Figura 7: Relógio Suunto Core extreme sports [Gizmag].

3.5.4. Xplorer Shoes

“GTXC”, uma marca que se dedica a fornecer serviços de localização pessoal, criou uma linha de sapatos que fornece um bom pacote de serviços. Estes sapatos contêm um pequeno e resistente dispositivo, contendo no seu interior um *GPS*, um telemóvel, um detector de movimento e um carregador de bateria.

Os dados da posição obtidos pelo *GPS* são encaminhados por *GSM* através do telemóvel para a internet, onde são tratados e disponibilizados online.

Um método interessante de fornecer a localização de alguém através da internet, sabendo sempre que necessário a sua posição.

É de sublinhar que o dispositivo não está constantemente ligado á internet, funciona com um relógio que transmite os dados em determinados intervalos de tempo, permitindo assim uma maior gestão da energia que dura vários dias [I4U].



Figura 8: Xplorer Shoes [I4U].

3.6. Projectos nacionais

Nesta secção serão apresentados projectos nacionais dentro da área da roupa tecnológica, pois importa demonstrar que a nível nacional se realizam projectos de grande relevância e que nada ficam a dever aos sistemas estrangeiros já referidos.

3.6.1. Vital Jacket

“*Vital Jacket®*” é um vestuário tecnológico desenvolvido com o objectivo de permitir a monitorização de sinais vitais (figura 9). O sistema está embebido numa roupa, juntando a componente têxtil com a micro-electrónica. Permite analisar e armazenar dados de vários sinais fisiológicos do utilizador, tal como por exemplo, a frequência cardíaca, respiração e temperatura corporal. Os dados são enviados para um *PDA* através de tecnologia sem fios ou então são gravados para uma posterior análise.

Este sistema foi desenvolvido com o intuito de monitorizar em tempo real, idosos ou pacientes que necessitem de atenção especial em algum sinal vital, ligando-se através de uma rede sem fios a uma estação de monitorização que permite alertar médicos ou enfermeiros [VitalJacket].



Figura 9: Vital Jacket [VitalJacket].

Um sistema de grande utilidade para desportistas, permitindo a análise da sua performance, assim como para aplicações médicas já referidas.

3.6.2. Domovest

Trata-se de um sistema em desenvolvimento na Universidade da Beira Interior, composto por um casaco que tem como principal objectivo auxiliar pessoas idosas ou com mobilidade reduzida. Permite controlar sem esforço vários electrodomésticos através de um *interface* incluído na manga do casaco, podendo por exemplo, ligar a televisão, a iluminação ou controlar o som de uma aparelhagem. Elimina a necessidade de os utilizadores terem de se deslocar aos interruptores ou de usar vários comandos de controlo de electrodomésticos.

A interface é constituída por materiais condutores têxteis ligados a interruptores também feitos em tecido, que através de um emissor sem fios, envia sinais de comando para os vários receptores ligados aos electrodomésticos [Peopleware].

Trata-se de um sistema de grande utilidade, facilitando várias tarefas diárias para pessoas idosas ou com mobilidade reduzida (figura 10).

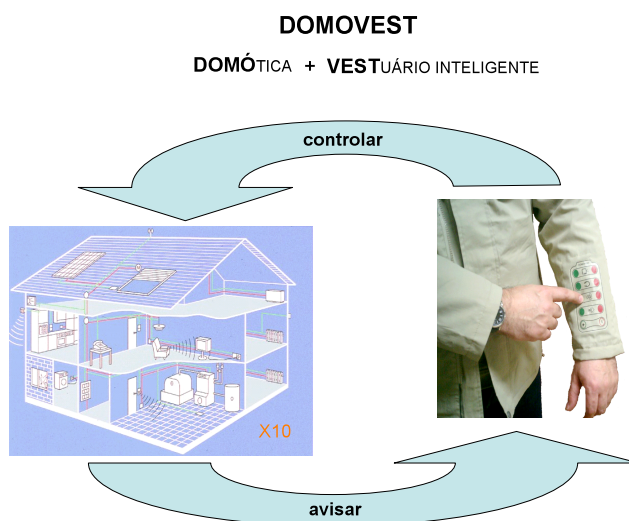


Figura 10: Domovest [P. Araújo].

4. ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE PARA DEFICIENTES

VISUAIS

4.1. Auxílio da mobilidade do invisual

A impossibilidade de uma pessoa com deficiência visual se orientar num ambiente, decidir o caminho a seguir ou situar-se no espaço, é identificado como sendo as maiores limitações dos invisuais [T. Carrol]. Para que estas limitações sejam ultrapassadas, necessitam de desenvolver uma percepção diferente do ambiente que os rodeia, substituindo a informação normalmente recebida pela visão por outros estímulos sensoriais, tais como a audição, o olfacto ou tacto, desenvolvendo assim aptidões e técnicas que permitem interpretar informações sensoriais ao longo do seu percurso, usando-as em conjunto com o seu conhecimento do ambiente que os rodeiam, para que possam orientarem-se de forma independente até ao seu destino.

Para que exista uma interpretação correcta da informação retirada dos estímulos sensoriais, é necessário que o invisual reconheça e antecipe regularidades de ambientes conhecidos nos quais tem o hábito de efectuar percursos. Mesmo que conheça bem o ambiente que percorre, existe sempre excepções e novas informações que necessitam de ser obtidas de forma segura pelo invisual.

Com a ajuda de dispositivos móveis como bengalas e dispositivos electrónicos de tecnologia assistiva, é assegurado um nível de segurança que é dependente de como estes dispositivos auxiliam na obtenção de informação e de como a transmitem ao utilizador.

Com o uso de *wearables computers* é possível disponibilizar aos deficientes visuais um tipo de tecnologia assistiva que aumenta a quantidade e qualidade de informação recebida através de sensores e dispositivos de localização e orientação. Permite-lhes orientarem-se em ambientes urbanos difíceis (ambientes externos) ou edifícios grandes e complicados (ambientes internos) com uma maior segurança e facilidade, sem a ajuda de terceiros.

4.2. Interface com o utilizador

A interacção é a parte mais importante para os sistemas de auxílio á navegação (SAN), principalmente para indivíduos com dificuldades visuais, que necessitam de sistemas simples, de fácil compreensão e adaptação, pois são usados em muitos casos como substituto da sua limitação (visão).

Existem 3 maneiras de interagir com o utilizador, usando 3 dos 5 sentidos do ser humano [Carlos Rodrigues]:

1. **Visão:** O sentido mais usado no utilizador comum, mas que para o invisual, naturalmente não pode ser usado.
2. **Audição:** Muitos sistemas usam o som para interagir com o utilizador, usando por exemplo sintetizadores de voz ou emitindo padrões de som interpretados pelo utilizador.
3. **Tacto:** Sistemas que incluem dispositivos hápticos que interagem com o usuário como pequenos vibradores e botões.

4.3. Navegação e detecção de obstáculos

No auxílio á mobilidade de pessoas com limitações visuais podem-se distinguir dois tipos de sistemas:

- **Navegação:** Sistemas dedicados a auxiliar os utilizadores na orientação em percursos, fornecendo as indicações necessárias para a navegação em vários tipos de ambiente como cidades ou interiores de edifícios, confiando a detecção de obstáculos aos métodos tradicionais como a bengala.
- **Detecção de obstáculos:** Sistemas que se dedicam a auxiliar os invisuais na detecção de obstáculos, permitindo evitá-los com antecedência, sem a necessidade de um contacto directo, evitando assim alguns acidentes como por exemplo, bater num carro mal estacionado em cima de um passeio.

Existem ainda sistemas que possibilitam ambos os tipos de auxílio acima referidos, mas normalmente exploram mais um do que outro. Na secção 4.5 serão descritos exemplos destes tipos de sistema.

4.4. Sistemas não intrusivos vs intrusivos

- **Intrusivos:** Para algumas situações, em particular no caso dos invisuais, métodos que envolvem o uso do som são considerados intrusivos pois isolam os utilizadores, retirando-lhes a noção do ambiente que os rodeia. Qualquer sistema que use um sentido além da audição que seja usado de forma demasiado intensiva interferindo com a percepção do utilizador ou que por vezes o confunda com demasiados estímulos são considerados neste trabalho intrusivos.
- **Não intrusivos:** Todos os sistemas que não estão incluídos na descrição anterior, que possam usar o som ou outro sentido sem que afecte negativamente a percepção do ambiente que o rodeia são considerados neste trabalho não intrusivos.

4.5. Sistemas não intrusivos

São descritos nesta secção, sistemas não intrusivos, separando-os nas categorias de sistemas de navegação e de detecção de obstáculos.

4.5.1 Navegação

4.5.1.1. Non-Intrusive Somatosensory Navigation Support for Blind Pedestrians

Neste sistema os autores afirmam que o uso do som torna um sistema intrusivo, pois a audição é uma das principais fontes de informação para o invisual, privando o utilizador do som do ambiente que o rodeia.

Este projecto foi focado apenas na navegação, sendo o principal objectivo a orientação, em que o utilizador consegue ter uma imagem mental da sua posição no percurso através de informações sobre a sua posição actual no percurso.

Apesar de tentarem evitar o uso do som, são necessárias indicações sonoras em intersecções para informar o sentido a seguir (ex: “turn left”) ou a indicação da aproximação de uma intersecção. A posição do utilizador é adquirida por *GPS* e a orientação por um compasso colocado na zona da cabeça do utilizador. O som é emitido pelo “*speaker*” do PDA para evitar o uso de auriculares e privar assim o utilizador do som do ambiente (figura 11).

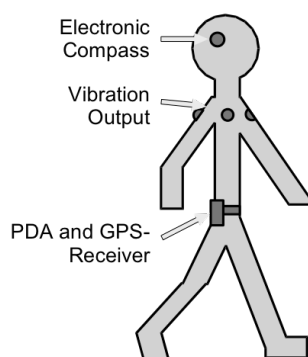


Figura 11: Componentes do sistema [N. Henze et all].

Neste sistema, apesar de indicarem o problema do som como sendo um sistema intrusivo, o seu uso torna-se inevitável para poderem fornecer orientações baseadas no *GPS*, que por si só é pouco fiável devido à margem de erro, principalmente em cidades com grandes edifícios que reflectem o sinal do *GPS*.

Este sistema na minha opinião terá melhores resultados no futuro, quando o *GPS* for mais preciso, ou com a chegada de novos sistemas de localização como por exemplo o “Galileu” [N. Henze et all].

Considerando que os invisuais necessitam de dados bastantes precisos, este projecto poderá ser mais útil no futuro, com a continuação no seu desenvolvimento e aperfeiçoamento no que respeita a informação da navegação.

As ideias sobre evitar o uso do som, o uso da bússola e os vibradores para o auxílio da navegação são bastante interessantes, sendo um bom caminho a seguir

para o auxílio dos invisuais no que respeita a sua deslocação num ambiente desconhecido.

4.5.1.2. Veye

O *Veye* é um simples dispositivo háptico desenvolvido num projecto de graduação que pode ser integrado no auxílio á navegação de deficientes visuais.

Consiste em duas pulseiras e uma aplicação que indica através de vibração ao usuário a direcção que deve percorrer. As duas pulseiras são colocadas em cada pulso do utilizador, vibrando a esquerda ou direita, de acordo com a direcção seleccionada na interface do computador.

Apesar de simples (projecto de graduação) trata-se de uma boa solução que evita o uso do som, visto ser um dos principais recursos de um invisual para se aperceber do ambiente que o rodeia [Carlos Rodrigues]. A figura seguinte mostra um esquema simplificado do sistema do *Veye*.

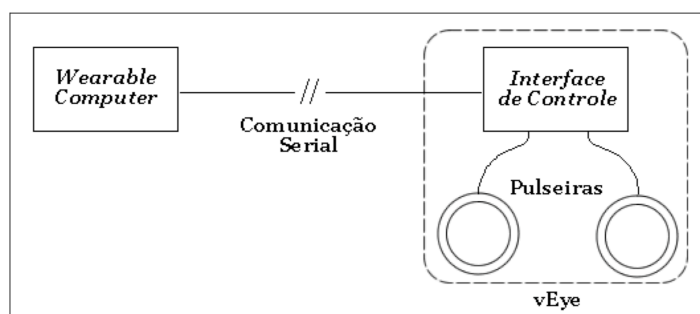


Figura 12: Esquema do sistema Veye [Carlos Rodrigues].

4.5.2. Obstáculos

4.5.2.1. People Sensor

Este sistema foi desenvolvido para resolver duas questões importantes dos invisuais, a detecção de objectos (animados ou inanimados) à distância sem o habitual contacto e o conversar com indivíduos sem ter a noção de que já não se encontram a uma distância que o possam ouvir.

O sistema usa dispositivos piroeléctricos e ultra-sons para detectar e diferenciar objectos animados (pessoas) de inanimados. Os autores decidiram não usar o som pois também consideram ser intrusivo, comprometendo a percepção do ambiente. Usaram dois tipos de dispositivos vibratórios para diferenciar a detecção de objectos que representam pessoas de objectos inanimados.

Este trabalho não foi desenvolvido para ser um dispositivo que auxilie os invisuais de forma completamente autónoma, mas sim para ser um sistema de auxílio tal como a bengala ou o cão guia [S. Ram et all].

4.6. Sistemas intrusivos

Seguem-se exemplos de sistemas que usam métodos considerados intrusivos, visto afectarem a percepção do invisual com o ambiente que o rodeia. São também separados em sistemas de navegação e detecção de obstáculos.

4.6.1. Navegação

4.6.1.1. Drishti

Existem inúmeros sistemas de navegação para invisuais, mas o que este tem de pouco comum é a possibilidade de se adaptar a alterações e fornecer interacções dinâmicas.

“*Drishti*” é um dispositivo que fornece ao utilizador rotas traçadas dinamicamente, calculando novas rotas caso ocorram alterações durante o percurso. Utiliza o *GPS* para o seu uso no exterior, enquanto que no interior dos edifícios devido à precisão do *GPS* ser reduzida para a complexidade que se exige, o *GPS* é substituído.

São usados dispositivos com tecnologia de ultra-sons que permite através de algoritmos de localização saber a posição e orientação do indivíduo com uma pequena margem de erro. Para isso existem dispositivos espalhados pelo edifício que enviam sinais aos dispositivos integrados nos ombros do utilizador [Lisa Ran et all].

Apesar de o sistema ser bastante preciso, encontra várias limitações pois depende sempre que a área envolvente, seja no interior seja no exterior, esteja preparada para o dispositivo, pois usa uma base de dados (*AutoCad*) que contém informação sobre localização de passeios, obstáculos, edifícios, etc. No interior de um edifício necessita da informação sobre o edifício, assim como dispositivos ultra-sons colocados em todas as divisões.

Os dispositivos que não dependam de dados exteriores, que sejam independentes de dados fornecidos por terceiros, que consigam avaliar os trajectos e obstáculos por si só, são a melhor solução quando o objectivo é ajudar invisuais a orientar-se por caminhos desconhecidos. Um dispositivo independente é mais acessível a nível monetário e a nível de infra-estruturas do que áreas envolventes preparadas para o uso de um dispositivo como o "*Drishti*".

O que torna o sistema intrusivo é o facto de interagir com o utilizador através de comunicação por voz. Consequentemente, o invisual tem de estar atento às informações sonoras realizadas pelo sistema, abstraindo-se do som do ambiente exterior. Como é um sistema para navegar em edifícios e ambientes urbanos, é importante que o utilizador tenha a noção e não se abstraia do som envolvente.

4.6.2. Obstáculos

4.6.2.1. Wearable System for Mobility Improvement of Visually Impaired People

Enquanto os sistemas anteriores ignoravam os obstáculos, focando-se apenas na navegação, este é um sistema de detecção de obstáculos construído para melhorar a mobilidade dos invisuais. No desenvolvimento do sistema, foi também tomado em conta que o uso do som torna o sistema intrusivo.

Foi desenhado para detectar obstáculos no ambiente que rodeia o utilizador, enviando pequenas vibrações de acordo com a posição do obstáculo mais próximo, tentando aumentar assim os sentidos do invisual e melhorar a sua mobilidade. É determinado a direcção pela qual o obstáculo se aproxima (no plano horizontal) com uma vibração calculada a partir da informação proveniente dos sensores, de acordo com a sua posição na roupa tecnológica.

Realizaram ainda um estudo para que as vibrações não fossem demasiado agressivas para a pele do utilizador, permitindo assim uma melhor adaptação. É ainda possível mostrar o movimento de obstáculos não estáticos através de mudanças dinâmicas nos dispositivos vibratórios, fornecendo assim a sensação do movimento do obstáculo e permitindo ao utilizador agir de acordo com esse movimento. A figura 13 mostra a arquitectura geral do sistema [D. Thalmann et al].

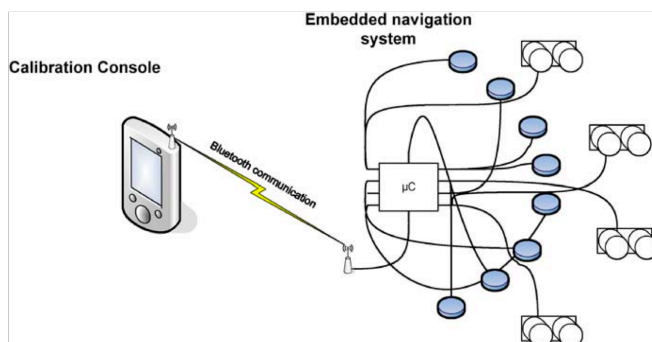


Figura 13: Esquema da arquitectura do sistema [D. Thalmann et al].

Este projecto é uma solução bastante interessante e a ter em conta para a detecção de obstáculos. É um sistema leve e portátil que permite ao utilizador um uso simples do sistema, além de que o custo energético é bastante baixo, permitindo uma autonomia muito boa. Os pontos negativos mais em contraste é a detecção apenas no ponto horizontal e, apesar de evitarem o som, o uso das vibrações é um pouco abusivo (existem oito vibradores), podendo provocar uma desorientação e confusão do invisual, principalmente quando existem vários obstáculos em movimento em sua volta (pessoas). A figura 14 mostra o esquema que consideram ideal da disposição dos dispositivos do sistema.

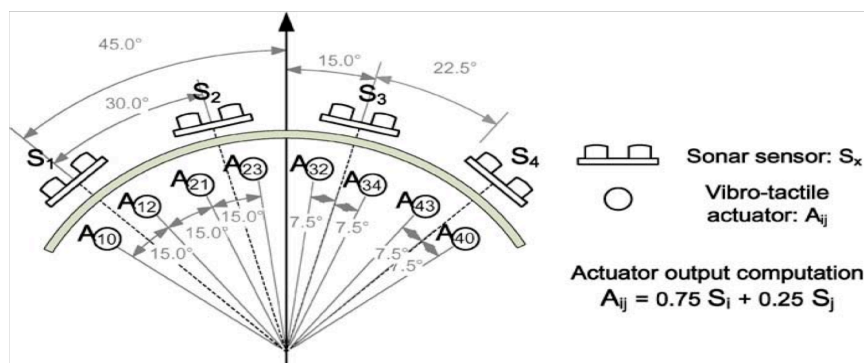


Figura 14: Esquema de montagem ideal do sistema [D. Thalmann et al].

4.7. Sistemas apoio da prática desportiva

Pessoas com deficiências visuais, apresentam normalmente instabilidade na sua locomoção e têm dificuldades na sua postura, gerando dificuldades no seu equilíbrio, coordenação, agilidade e controle corporal. O desporto é uma ferramenta que ajuda atenuar estes problemas. Com a sua prática permite que exista experiências motoras diferenciadas, melhorando a coordenação geral do seu corpo e o seu equilíbrio [R. Adams et al].

4.7.1. Orientação na corrida desportiva

Enquanto que uma pessoa sem limitações corre durante toda a sua infância e juventude, efectuando corrida sem qualquer dificuldade, uma pessoa com deficiência visual tem muitas dificuldades por medo do desconhecido, não arriscando a corrida sem que tenha o auxílio de um guia, reflectindo-se assim num maior nível de dependência e sedentarismo (restrição de movimentos).

De acordo com regras de atletismo da federação internacional de desportos para invisuais a corrida desportiva permite os seguintes tipos de guia [Int. Blind Sports Fed.]:

- **Guia de ombro:** Os atletas podem correr com auxílio de um guia que lhe fornece indicações com toques no seu ombro.
- **Guia com corda:** Os atletas podem correr segurando numa corda, através da qual o invisual é orientado pelo guia.
- **Livre:** O atleta invisual corre livre, recebendo instruções verbais do seu guia, sem qualquer tipo de contacto.

Em qualquer um dos casos, é sempre necessário uma pessoa para auxiliar o invisual na sua corrida, limitando-o, pois precisa de estar sempre acompanhado quer na corrida profissional quer numa corrida normal de manutenção.

4.7.2. Sistemas de auxílio na prática desportiva de invisuais

De seguida serão apresentados dois exemplos de tecnologia assistiva na área do desporto para invisuais, que permite a sua prática sem o auxílio de uma pessoa no papel de guia. Estes dispositivos permitem assim uma maior liberdade de

movimentos dos invisuais e um menor receio do desconhecido, visto que permitem fornecer ao invisual informações de orientação no percurso da corrida.

4.7.2.1. Blinds bicycle

O objectivo deste sistema é possibilitar a pessoas invisuais praticarem ciclismo sem o auxílio de terceiros e criar um novo método de desporto para os *Jogos Paralímpicos* com um novo desporto de ciclismo para deficientes visuais. Apesar do desporto ser um dos objectivos principais do sistema, este também pode ser aplicado em cadeiras de rodas simples para permitir a invisuais com dificuldades físicas de locomoção uma mobilidade mais independente.

O sistema usa sensores de ultra-som e pequenos motores que alteram a força aplicada a cada roda quando são detectados obstáculos a aproximarem-se. Esta detecção permite aos invisuais evitarem de forma segura obstáculos e pessoas que possam aparecer no seu percurso. A percepção da distância do objecto é indicada ao utilizador usando 3 modos diferentes de frequência de reprodução de sons, em que a o intervalo entre os sons diminui com a aproximação do objecto.

Para o modo de ciclismo o utilizador é mantido em pista com um módulo de detecção de linha normalmente usado em robots que seguem linhas desenhadas no chão. Esta detecção é realizada através de uma luz de infra-vermelhos emitida por um LED (diodo emissor de luz), um fototransístor e sensores ópticos que medem a luz reflectida da superfície, detectando assim a presença de uma linha [Mohammad hosseini et all]. A figura 15 mostra o protótipo proposto pelos autores do sistema.

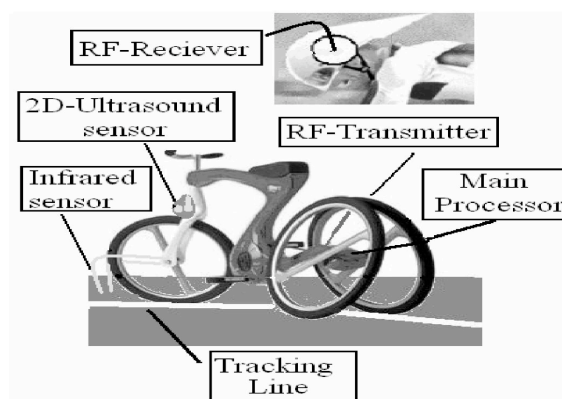


Figura 15: Bicicleta para invisuais [Mohammad hosseini et all].

Este sistema usa a tecnologia assistiva numa área menos explorada para os deficientes visuais, o desporto. Permite que os invisuais tenham uma vida mais activa e saudável permitindo-lhes praticar este tipo de desporto, além de que pode também ser usado em percursos normais para auxílio na detecção de obstáculos.

O que se destaca além dos sensores de detecção de obstáculos é o módulo de detecção de linha na pista. Apesar de ser uma boa ideia retirada da aplicação destes módulos em robôs, poderá não funcionar muito bem, visto ser necessário para uma correcta detecção da linha, uma aproximação muito grande dos sensores do chão do percurso além de uma coordenação enorme do utilizador para conseguir manter a bicicleta a uma velocidade considerável, a seguir uma linha. A primeira observação é possível visto a deslocação da bicicleta não realizar movimentos inconstantes para cima ou para baixo, mas a segunda observação é muito complicada, pois o utilizador necessita sempre de alguma tolerância no seguimento do trajecto e esta tolerância é praticamente inexistente com este tipo de detecção de linha.

4.7.2.2. Independent running for a child with visual impairment

Um sistema simples que permite a estudantes com dificuldades visuais participar nos mesmos eventos que os seus pares sem limitações visuais. O sistema tem dois transmissores e dois receptores de raios laser que criam uma pista com barreiras invisíveis para o invisual. Os receptores contêm walkie-talkies que transmitem um sinal para um colete usado pelo invisual, caso este interfira com os raios emitidos da barreira invisível (figura 16). Ao receber o sinal, activa um dispositivo vibratório do lado em que o utilizador interferiu com o raio, indicando-lhe que deve deslocar-se para o lado contrário para se manter em pista. Os transmissores e receptores têm um alcance de cerca de 200m, pelo que os autores indicam que as corridas podem ter até 150m de comprimento para um correcto funcionamento do sistema [J. Klein et al].

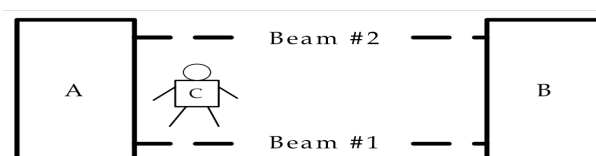


Figura 16: Esquema ilustrativo do sistema de corrida independente [J. Klein et al].

Este sistema permite ao estudante invisual participar em corridas, que necessitam de ser realizadas em percursos de linha recta de apenas 150m. Além disso a sua corrida tem de ser realizada de forma isolada, pois o sistema não permite a detecção de obstáculos e não resultaria com outras pessoas a interferirem nos raios emitidos pelos dispositivos.

O projecto desenvolvido permite um passo em frente na integração de estudantes com limitações visuais em actividades escolares, mas necessita de ser mais desenvolvido para que possam correr em conjunto com outras pessoas e durante mais tempo. As vibrações no colete é uma boa ideia, simulando a indicação de um guia sobre a direcção a tomar na corrida.

5. SISTEMAS DIFUSOS

5.1. Lógica Difusa

A lógica tradicional define que um elemento ou pertence a um conjunto na sua totalidade ou não, pertencendo a outro conjunto, não podendo pertencer a ambos. Para dar um exemplo, temos um conjunto de componentes de computador em que um processador, placa gráfica e placa mãe pertencem ao conjunto de maneira inquestionável, assim como exclui sem qualquer dúvida manteiga, alface ou ovos desse conjunto. Outro exemplo mais flagrante é o conjunto de valores numéricos (1, 2, 3, ...100) e o conjunto de valores alfanuméricos (a, b, c, ...z) em que um número não pode de maneira alguma pertencer ao conjunto alfanumérico e vice-versa [L. Alexandre].

O conceito de lógica difusa foi introduzida em 1965 por Lofti Zadeh em que um evento pode ser parcialmente verdade, o objectivo foi permitir o raciocínio aproximado em contraste com o raciocínio preciso da lógica bivalente. A Lógica Difusa permite a objectos pertencerem parcialmente a conceitos vagos. Um exemplo pode ser dados com frases como [MathWorks]:

- “A cor do carro é alaranjada.”
- “O destino está muito próximo.”
- “O objecto é quase uma esfera.”

Nestes exemplos verifica-se que o conceito da lógica “*não-sim*” deixa de fazer sentido, sendo necessário usar o raciocínio aproximado da lógica difusa. A maior vantagem do raciocínio difuso é a transformação do “*não-sim*” para um “*quase sim*” ou “*quase não*”.

Para o ser humano, o uso da lógica difusa é frequentemente realizado de forma natural no seu dia a dia. Para o computador este raciocínio não é tão simples. É necessário generalizar a expressão booleana “0 ou 1” (*sim ou não*) permitindo que exista números intermediários como 0.2 ou 0.745 que se aproximem de 0 ou 1, indicando o grau de pertença a determinado conjunto difuso.

5.2. Conjuntos Difusos

Um elemento de um conjunto difuso possui um determinado grau de pertença que indica a certeza ou incerteza da pertença deste elemento a um dado conjunto. Para determinar esse grau de pertença é usada uma função de pertença para cada conjunto, que com base no valor do elemento, calcula o valor de pertença a esse conjunto (fuzzificação). As funções são normalmente criadas por um perito humano.

O exemplo mais usado para demonstrar um conjunto difuso, é o conjunto de pessoas altas, em que neste caso o domínio é altura das pessoas e o contra-domínio é o intervalo [0,1] [L. Alexandre].

$$\text{Alto}(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } \text{Altura}(x) < 1.5\text{m} \\ (\text{Altura}(x) - 1.5)/0.5 & \text{se } 1.5\text{m} \leq \text{Altura}(x) \leq 2.0\text{m} \\ 1 & \text{se } \text{Altura}(x) > 2.0\text{m} \end{cases}$$

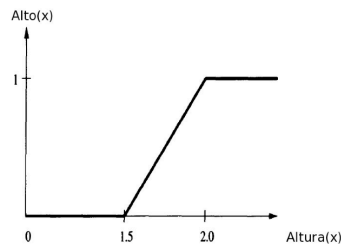


Figura 17: Função de pertença do conjunto difuso da altura [L. Alexandre].

Como mostra a figura, uma pessoa é considerada baixa se tiver menos de 1.5 metros de altura e alta caso tenha acima de 2 metros. Os valores entre 1.5 e 2.0 são calculados pela função descrita acima, indicado a se a pessoa se aproxima de uma pessoa alta ou baixa.

5.3. Inferência Difusa

A inferência difusa, é o processo de mapear os dados recebidos após a fuzzificação por um conjunto de regras que fornecem a base pela qual as decisões são feitas. Todas as regras são usadas e têm uma força de disparo que, quanto maior for, maior a força de uma regra. O cálculo da força é realizado combinados

os valores de pertença dos conjuntos antecedentes difusos de um dado elemento com operadores lógicos, podendo ser por exemplo a intersecção A figura seguinte mostra a fuzzificação de dois valores de entrada e a aplicação de uma regra usando o operador lógico “OU”, calculando assim a sua força de disparo (0.7) [MathWorks].

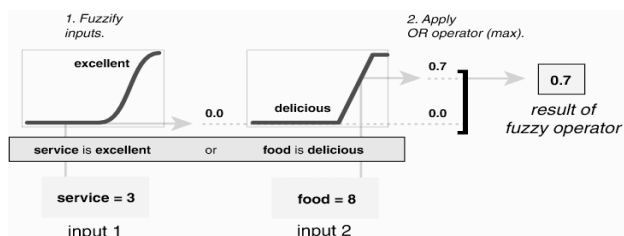


Figura 18: Diagrama da aplicação de uma regra usando operador lógico “OU” [MathWorks].

O passo seguinte é juntar os valores de saída das regras e achar apenas um valor difuso para cada conjunto difuso de saída (figura 19) [MathWorks].

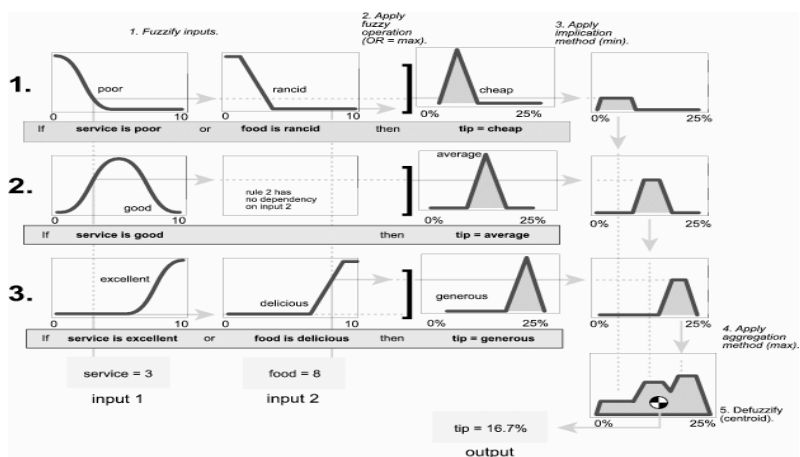


Figura 19: Diagrama da aplicação de várias regras, achando o valor para cada conjunto de saída [MathWorks].

5.4. Desfuzzificação

A desfuzzificação consiste em seleccionar todos os conjuntos de saída e aplicar um dos vários métodos de desfuzzificação, achando apenas um valor de saída discreto que será o resultado final.

Existem vários métodos de desfuzzificação, mas o mais usado é o método do centróide (centro de gravidade cortado) que será aqui explicado para exemplificar da melhor forma a fase final da desfuzzificação [MathWorks].

5.4.1. Método do centro de gravidade cortado

Cada função de pertença de saída é cortada no valor correspondente à sua força de disparo, determinando-se de seguida o centróide da área debaixo da junção de todas as funções após o corte (figura 20) [MathWorks].

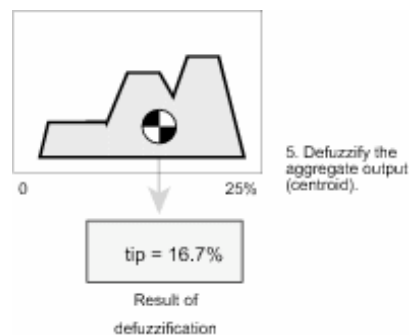


Figura 20: Aplicação da regra do centróide a partir da junção das funções dos conjuntos de saída [MathWorks].

5.5. Exemplos de dispositivos com sistemas difusos

5.5.1. Smart Cane

Este sistema já foi discutido anteriormente no capítulo das *Tecnologias Assistivas*. Relembrando um pouco, trata-se de uma actualização da tradicional bengala usada no dia a dia dos invisuais, permitindo detectar obstáculos á distancia através de sensores de ultra-som.

Este sistema usa os sistemas difusos para a detecção de obstáculos e controlo dos motores das rodas da bengala. As acções para a detecção de obstáculos usam valores discretos, e as regras aplicadas aos dados recebidos encontram-se na tabela seguinte:

Sensors Data			Control Action	Comments
LS	FS	RS	(Desired Steering in degrees)	
0	0	0	0	(No obstacles) No action
0	0	1	20	(Obstacle in right direction) Rotate light left
0	1	0	-20	(Obstacle in front direction) Rotate light right or light left
0	1	1	45	(Obstacles in right and front) Rotate left
1	0	0	-20	(Obstacle in left direction) Rotate light right
1	0	1	0	(Obstacles in right and left) No action
1	1	0	-45	(Obstacles in left and front) Rotate right
1	1	1	0	(Obstacles in all directions) Activate alarm signal to stop

Figura 21: Tabelas dos eventos discretos de saída [W. Gharieb et al].

Estas acções são aplicadas em ambas as rodas da bengala, em que por exemplo, caso um obstáculo seja detectado pelo sensor de ultra-sons da direita, ambas as rodas são viradas 20 graus para a esquerda (terceira linha) [W. Gharieb et al].

Este sistema contém um sistema difuso baseado em tabela, bastante simples e rápido. Os autores evitaram o uso de funções contínuas (Controlador de *Mandani*) visto os dados serem tratados em tempo real e ser necessário um custo computacional mais elevado, considerando mais prático definir todas as combinações possíveis para a entrada do controlador. Desta maneira as regras são aplicadas rapidamente e o sistema funcionará muito dependente das regras criadas pelos autores deste projecto.

Este tipo de controlador apenas se tornaria mais complicado, caso o número de combinações possíveis para as regras fosse demasiado elevado, mas como vemos na figura 21, o número de combinações criado não é demasiado elevado.

5.5.2. RobChair

“Robchair” é um projecto em desenvolvimento que tem como principais objectivos assistir fisicamente e mentalmente pessoas com limitações no controlo de uma cadeira de rodas, garantindo a sua segurança e assistindo-os em manobras complexas.

O sistema tem duas rodas motorizadas na parte de trás da cadeira e vários sensores de infravermelhos, ultra-sons e detecção de toques que retiram a informação necessária do ambiente para o tratamento de dados do sistema.

O sistema tem dois modos de navegação, o modo semi-autónomo e o modo autónomo. No artigo que descreve este trabalho, os autores direccionam a sua descrição para a parte semi-autónoma que inclui a detecção de obstáculos usada para garantir a segurança do utilizador. Este modo semi-autónomo é baseado em comportamentos difusos usados para evitar obstáculos e contorná-los.

A fuzzificação dos valores de entrada e saída são realizados por funções contínuas de pertença, que transformam os dados de entrada dando-lhes nomes e definindo a sua gama numérica. As funções de pertença usadas para o cálculo da decisão baseada na distância estão na figura seguinte (figura 22).

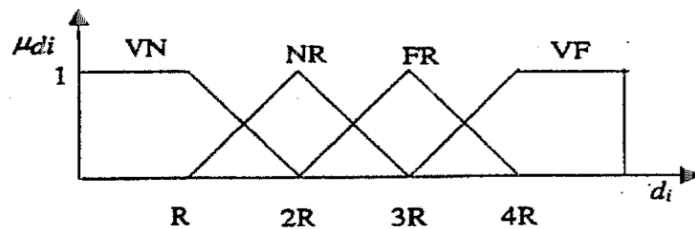


Figura 22: Funções de pertinência para os valores de distância de um sensor [G. Pires]..

As regras difusas do sistema foram criadas através das várias experiências realizadas e são compostas na forma **IF-ELSE** como mostra o seguinte exemplo (figura 23).

```
IF (dv=PM AND  $\psi$ =ZZ AND IR(0)=VF AND IR(1)=VF)
    THEN (v=PM,  $\Delta\theta$ =ZZ)

IF (dv=PS AND  $\psi$ =ZZ AND IR(0)=VF AND IR(1)=NR)
    THEN (v=PS,  $\Delta\theta$ =NS)
```

Figura 23: Exemplo das regras usadas no sistema [G. Pires].

Por fim a desfuzzificação dos valores é realizada usando o método do centróide já descrito nesta secção [G. Pires].

O sistema usa o controlador de *Mandani* para efectuar a fuzzificação dos valores que usa formas bidimensionais (funções de pertença). Por vezes neste tipos de controladores é necessário efectuar integrações, elevando o custo computacional, mas não é o caso deste sistema que apesar do uso de funções contínuas, os autores não revelaram problemas no tratamento dos dados em tempo real. O sistema é baseado em regras, verificando-se assim que a base de conhecimento são as funções de pertença e as regras.

6. PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APOIO Á PRÁTICA DESPORTIVA DE INVISUAIS

6.1. Estudo da metodologia

6.1.1. Estudo das tecnologias

6.1.1.1. Navegação

Em primeiro lugar colocou-se a questão da navegação, ou seja, como manter o invisual na pista durante a corrida. Os seguintes métodos foram estudados e analisados através de sistemas já existentes, referenciados anteriormente neste trabalho.

- **GPS:** Método que foi desde logo posto de parte, devido à sua falta de precisão para o objectivo em questão.
- **Line tracking:** O uso de um sistema semelhante ao dos robôs que detectam e percorrem uma linha foi colocado de parte pois o movimento de um ser humano não se adequa de maneira alguma a este tipo de sistema que implica precisão e coordenação nos movimentos para que não existam grandes oscilações. Um ser humano, principalmente uma pessoa com deficiência visual não possibilita esse tipo de postura, principalmente com a agravante de ser em corrida.
- **Análise de imagem:** Este tipo de sistema apesar de ser uma opção viável para a detecção da pista e do caminho a percorrer, necessita de equipamentos sofisticados, caros e pesados, apontando na direcção oposta ao objectivo do sistema de ser leve, simples, prático, barato e fácil de usar.

Após a análise de vários métodos, incluindo os discutidos no ponto anterior, optou-se pelo uso de sensores de distância (ultra-sons), de modo a manter o utilizador

sempre à mesma distância de barreiras que habitualmente se encontram à volta das pistas de corrida.

6.1.1.2. Detecção de obstáculos

Para a detecção de obstáculos foram analisados estudos semelhantes referenciados nos capítulos anteriores e verificou-se que o uso de sensores de distância é o método mais comum e eficaz. Como já foi discutido anteriormente, pretende-se que o sistema seja simples, leve e prático, levando assim à aplicação de dois sensores de distância para a detecção de obstáculos, mantendo o sistema leve e prático para que o utilizador desfrute do sua corrida sem que sinta algum tipo de incómodo ou peso com o seu uso.

6.1.1.3. Orientação

Apesar do percurso para a corrida de um invisual exigir como requisito mínimo uma barreira para o uso do sistema, por vezes existem situações excepcionais em que se perde o seu contacto. Para que se possa minimizar este problema, decidiu-se desenvolver um método que permite manter utilizador a efectuar corrida durante um curto período de tempo com a velocidade de rotação anterior à perda de dados (linha recta ou curva), até que a barreira seja de novo detectada ou caso termine o tempo limite de segurança, alerte o utilizador para parar a corrida. Para isso é necessário saber a orientação do utilizador.

Marina Pettinari descreve na sua tese de doutoramento um método que permite a partir do uso de uma bússola digital, orientação de uma pessoa no campo horizontal [M. Pettinari]. Descreve também que as oscilações do corpo humano provocam erros nos dados lidos pela bússola. Para prevenir este tipo de erros é efectuada uma combinação dos dados da bússola com as de um giroscópio para compensar o atraso de um sensor com o avanço do outro. Esta ideia foi aplicada no desenvolvimento do sistema, usando uma bússola digital e um giroscópio analógico para analisar a orientação do utilizador no percurso.

6.2. Arquitectura do sistema

Nesta secção descreve-se os componentes que compõem o sistema desenvolvido. Para efeito de testes os componentes foram instalados numa pequena mochila, mas o objectivo é a aplicação do sistema em vestuário desportivo. A próxima figura exemplifica a colocação dos vários elementos na peça de vestuário.

6.2.1. Sensor de distância SRF08

O sistema é constituído por três sonares *SRF08* [Robot Electronics] que permitem a medição de distâncias até 6 metros, suficientes para os requisitos do sistema. Este tipo de sensores é comum em sistemas de detecção de obstáculos e colisões.

O sensor SRF08 comunica com o microcontrolador através do canal *I2C*. Para a efectuar a comunicação com todos os sensores de distância, o endereço físico que vem por defeito de fábrica é alterado em cada um. Neste projecto foi usado a linguagem **Basic** para programar o microcontrolador, o seguinte código nessa linguagem mostra como foi alterado o endereço de cada sensor de distância:

```
symbol Novo_endereco = $EC  
  
main:  
  
  i2cslave $00,i2cfast,i2cbyte 'Envia um sinal geral pelo i2c para o sensor SRF08  
  writei2c 0,($A0)           'Comandos de sequência para alteração do endereço.  
  writei2c 0,($AA)  
  writei2c 0,($A5)  
  writei2c 0,(Novo_endereco) ' Novo endereço do sensor
```

Cada sonar (figura 24) tem dois sensores de ultra-som (transdutores). Um emite uma onda ultra-sónica enquanto que o outro mede o eco, que, por sua vez, o microcontrolador converte para uma distância com base no tempo em que o eco demorou a chegar ao sensor. Os sensores têm um consumo baixo, permitindo que todo o sistema funcione com 4 pilhas de 1.5V, além de serem de pequena dimensão, o que é uma característica importante para aplicação em vestuário.



Figura 24: Sensor de distância.

6.2.2. Bússola

Uma bússola *CMPS03*, da *Devantech* (figura 25), é usada como sensor auxiliar para avaliar a orientação do utilizador. Usa dois sensores magnéticos para calcular a direcção no plano horizontal, suficientemente sensíveis para detectar a direcção do campo magnético da terra. Por vezes é possível ocorrer erros devido a potenciais fontes de campos magnéticos, interferindo nas leituras da bússola [Robot Electronics].

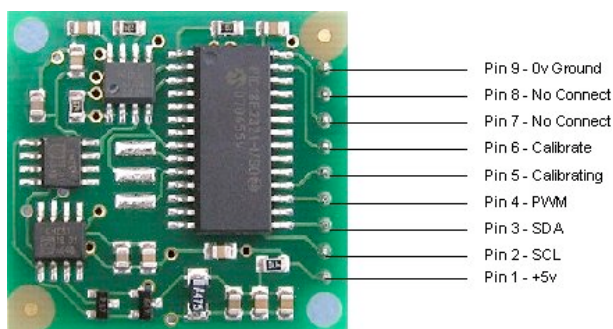


Figura 25: Bússola CMPS03 [Robot Electronics].

A comunicação é realizada através do *I2C*, enviando comandos a pedir a leitura dos dados, o seguinte código mostra os comandos usados para pedir o ângulo de orientação da bússola:

```
i2cslave $C0,i2cfast,i2cbyte    ' Define i2c slave address para o sensor CMPS03
readi2c 2,(b7,b6)
```

O primeiro comando define o endereço físico da bússola e o segundo lê os dados do sensor para dois bytes que em conjunto forma uma variável que guarda o ângulo lido pelo sensor.

O sensor é usado para ajudar o utilizador em situações excepcionais a realizar corrida no percurso, mesmo em curva (calculando a velocidade de rotação), caso o sinal do sensor de distância da barreira receba dados erróneos por breves instantes. Este auxílio é feito por um curto período de tempo, pois o percurso pode entretanto alterar-se. É usada também quando o invisual, por alguma razão sai fora da zona de alcance do sensor de distância à barreira, orientando este para a última posição correcta. Como esta orientação é realizada por um curto período de tempo, caso o sensor continue a não obter uma distância correcta da barreira, então o invisual é alertado para que interrompa a sua corrida.

6.2.3. Giroscópio

O sensor *ADXRS150*, da “Analog Devices” permite calcular a velocidade angular com um alcance de +/- 150 graus/seg a uma resolução de 0.3 graus/seg [Analog Devices]. A leitura do sensor é realizada analogicamente em que o sensor tem uma voltagem de referência de 2.5V, aumentando positivamente a voltagem caso exista uma rotação no sentido dos ponteiros do relógio até ao máximo de 5V e negativamente caso o sentido seja contrário, até os 0v (nunca atinge exactamente o máximo e mínimo) (figura 26). Os dados recebidos são posteriormente convertidos para a velocidade angular correspondente á voltagem.

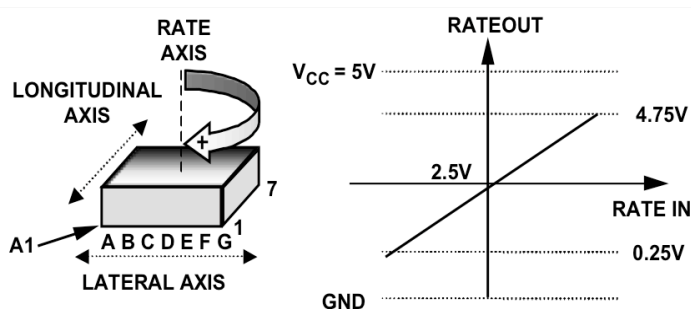


Figura 26: Aumento da voltagem com a rotação no sentido dos ponteiros do relógio [Analog Devices].

Vem com um sensor de temperatura que auxilia na calibração dos dados fornecidos pelo sensor, pois com o aumento da temperatura do sensor, a voltagem de referência é ligeiramente alterada, influenciando os cálculos baseados nas suas leituras (figura 27).

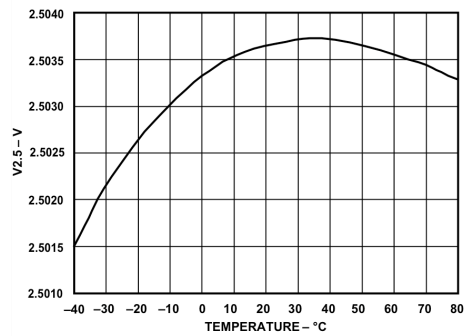


Figura 27: Voltagem de referência vs Temperatura [Analog Devices].

É usado para corrigir os dados da bússola, visto que a movimentação na corrida de um ser humano ocorre oscilações devido ao movimento das suas pernas e braços. Estas oscilações reflectem-se nos dados recebidos pela bússola. Com a combinação dos dados desta e do giroscópio, os erros devidos às oscilações referidas são atenuados.

6.2.4. Actuadores

O sistema alerta o utilizador, gerando um sinal quando existe um aproximar ou um afastamento significativo da barreira. De entre os vários processos possíveis, optou-se pelo uso de dois vibradores inseridos nas alças de uma mochila localizando-se na parte de trás dos ombros do invisual, simulando o toque de um guia, cuja maior ou menor intensidade de sinais vibratórios indica a variação da distância à barreira, orientando deste modo o utilizador. Aplicou-se dois tipos de vibradores (figura 28), um retirado de um telemóvel e um vibrador *Lilypad* construído especificamente para ser usado em roupas tecnologias (figura 29).

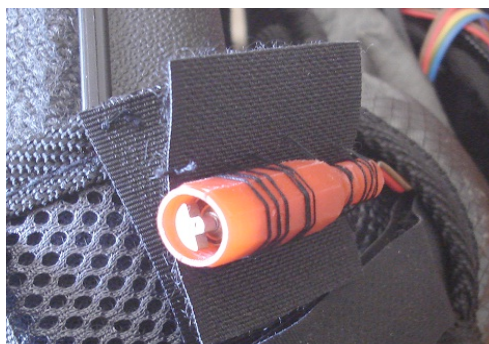


Figura 28: Vibrador de um telemóvel.

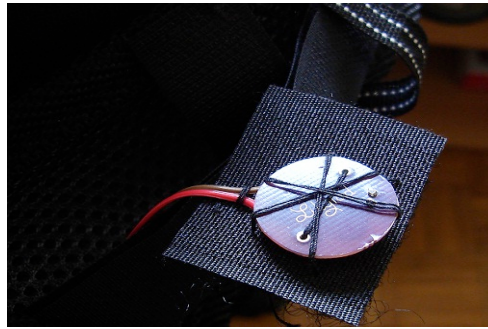


Figura 29: Vibrador *Lilypad*.

Para a detecção de obstáculos usou-se um pequeno avisador sonoro cujo som se intensifica com o aproximar de um obstáculo. O uso de um alerta sonoro a partir da placa de som do computador ou *PDA* não implica que o sistema seja intrusivo para o utilizador, pois é usado esporadicamente quando necessário, não interferindo com a percepção do invisual do ambiente que o rodeia. Foi tomado em conta que o ambiente a que o sistema se destina não é confuso nem agressivo para o utilizador, visto não haver muitos obstáculos num pista de corrida como num centro urbano de uma cidade.

6.2.5. Processamento

6.2.5.1. Picaxe 28X1

O circuito electrónico do sistema foi desenvolvido sobre a placa *Picaxe AXE090* (figura 30), incluindo um microprocessador *Picaxe 28X1* que permitiu receber, tratar e enviar dados aos sensores e actuadores, assim como enviar informação ao computador para aplicar os algoritmos desenvolvidos. Para a programação do microprocessador usou-se o software “*PICAXE® Programming Editor*” que usa como linguagem de programação o “Basic” e permite descarregar o programa para o microprocessador usando um cabo de dados.

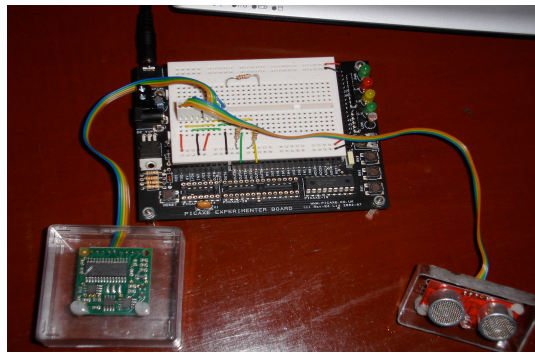


Figura 30: Placa PICAXE com sensores.

6.2.5.2. .NET

Os dados dos sensores são reencaminhados para o computador onde são tratados com vários algoritmos na plataforma “.NET”, usando neste caso a linguagem orientada a objectos “C#”. Foi usado um pequeno *netbook* “ASUS” para receber, tratar as informações dos sensores e enviar as informações necessárias para os actuadores. O software desenvolvido, permite ainda algumas calibrações tais como, tempos, distâncias e outros dados que afectam o comportamento dos algoritmos. A imagem seguinte mostra a interface criado para alterar valores que influenciam os algoritmos, visualizar os dados dos sensores e o comportamento dos algoritmos através de gráficos desenhados em tempo real. Foi desenhado com o objectivo principal de realizar testes, observando o comportamento do sistema quando são efectuadas alterações em variáveis globais, como tolerâncias de distâncias ou o tamanho dos buffers que guardam dados para os cálculos dos algoritmos.

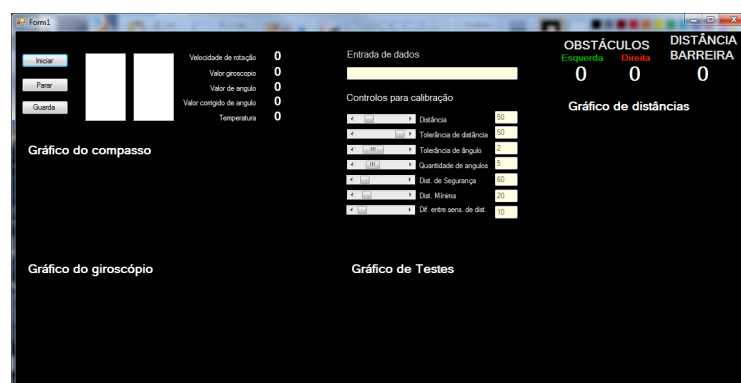


Figura 31: Interface gráfica do sistema.

6.2.6. Montagem do Sistema

Com o objectivo do sistema poder ser colocado no invisual com facilidade e com a finalidade de ser usado em desporto, foi decidido usar uma mochila desportiva, normalmente usada para a prática de *BTT*, que permite que o sistema não afecte o invisual, sendo o suficiente para a colocação dos sensores e unidades de processamento.

Os sensores de detecção de obstáculos são colocados nas alças da mochila, de modo que ao ser colocada no utilizador fiquem na zona do peito (figura 32).



Figura 32: Sensores de detecção de obstáculos.

O sensor que mantém a distância á barreira é colocado na parte lateral da caixa onde se encontra o sistema electrónico de processamento e essa caixa é colocada na mochila, na parte de trás de maneira a que todos os sensores possam receber correctamente os seus dados (figura 33).

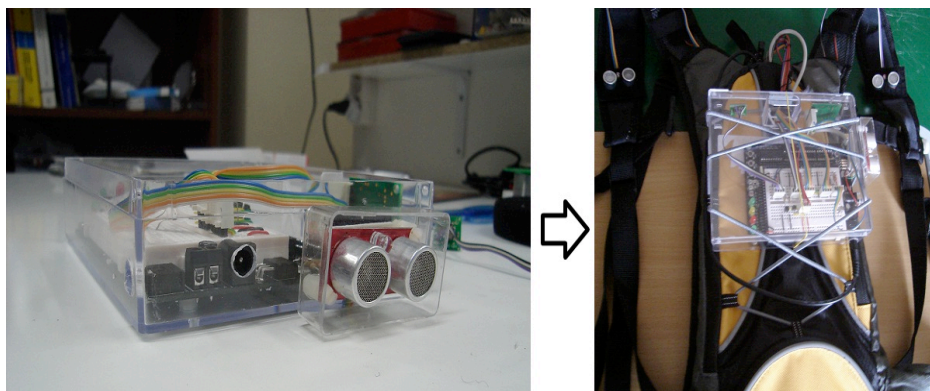


Figura 33: Montagem do sensor de detecção da barreira.

A bússola e o giroscópio estão instalados na mesma caixa de maneira a que detectem os dados do plano horizontal (figura 34).

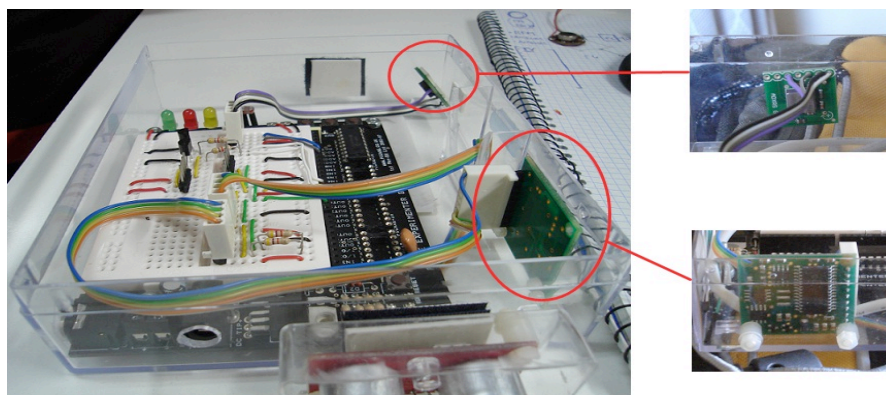


Figura 34: Montagem da bússola e giroscópio.

Os vibradores foram colocados também nas alças de modo a que ficassem na zona traseira dos ombros, simulando o toque de um guia (figura 35).



Figura 35: Montagem dos vibradores.

6.2.7. Esquema do sistema

O esquema seguinte mostra uma disposição simples do sistema, exemplificando como os dados dos sensores são encaminhados e tratados e como são reencaminhados por todo o sistema. Mostra os tipos de software usados e as suas linguagens e mostra como os actuadores são comandados pelo sistema.

Esquema do sistema desenvolvido

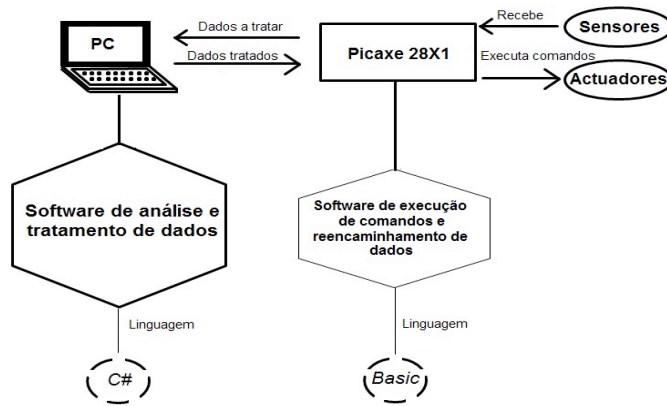


Figura 36: Esquema de comunicação do sistema.

7. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos em testes realizados com o sistema. São realizados alguns testes iniciais em que os resultados foram estudados e analisados de forma a calibrar alguns valores, corrigir e adicionar alguns algoritmos no software de forma a melhorar o sistema. Os testes finais mostram o sistema a funcionar no ambiente a que se destina, ou seja, em pista. Mostra as reacções do utilizador em resposta às indicações do sistema e analisam-se os resultados finais.

7.1. Testes iniciais

7.1.1. Metodologia

Para avaliar o sistema de modo a observar o seu comportamento, realizou-se alguns testes em que se verifica a eficácia e o comportamento do sistema ao longo do percurso:

- A deficiência visual foi simulada, colocando uma venda no utilizador.
- Realizou-se um pequeno percurso ao longo de uma parede com algumas irregularidades e curvas, simulando a barreira necessária em pista.
- O utilizador usou o sistema noutra local algumas vezes para se habituar às suas instruções antes da realização dos testes.
- Num dos testes foi colocado ao longo do percurso um obstáculo, de modo a que o sistema detectasse e informasse o utilizador da sua aproximação.

Os testes iniciais não foram realizados em corrida, visto haver várias calibrações de medidas e dados a realizar a partir dos primeiros resultados. A figura 37 mostra fotos do utilizador com o sistema a seguir as suas indicações durante o percurso.



Figura 37: Utilizador com o sistema.

7.1.2. Resultados

A interface do sistema desenha gráficos em tempo real que mostram o comportamento de alguns algoritmos através de cores e tamanhos indicando assim se o sistema está a reagir correctamente aos dados.

A figura 38 mostra um gráfico que indica o comportamento do sistema ao longo do percurso. O gráfico mostra o funcionamento de um algoritmo desenvolvido que ignora dados discrepantes (barras a vermelho) em tempo real, as indicações do sistema ao utilizador para se deslocar mais para a esquerda (rosa) ou para a direita (roxo) assim como quando o utilizador mantém uma distância correcta á barreira (verde).

Durante este teste o utilizador efectuou o percurso sem obstáculos sem grandes problemas como mostra o gráfico. Cada barra corresponde a 0.55 segundos e a sua altura a uma representação da distância (figura 38).

Pode-se verificar que neste teste o algoritmo dos dados discrepantes funciona bem em tempo real, assim como as indicações ao utilizador, visto este conseguir manter a distância desejada.

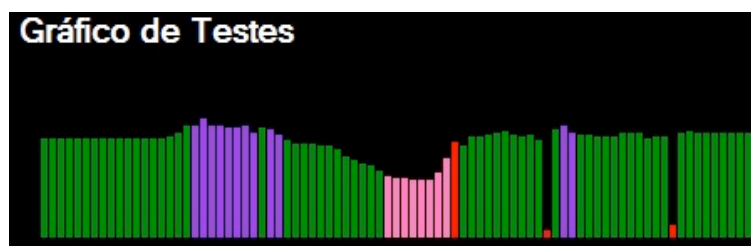


Figura 38: Gráfico de distância á barreira.

A figura 39 mostra um gráfico desenhado no mesmo teste com dados do giroscópio. O algoritmo permite ao sistema saber quando o utilizador efectua uma curva para a esquerda (barras verdes) ou á direita (barras vermelhas), identificando também quando existe oscilação. Este obtém resultados satisfatórios apesar de não serem os melhores devido aos dados serem tratados em tempo real. Contudo são apenas usados quando necessário e por um curto período de tempo, quando o sensor da barreira deixa de receber dados por uns instantes. É usado para que o sistema saiba quando o utilizador realiza uma curva ou uma recta, mantendo-o a realizar um destes cenários por breves instantes, até que o sensor da barreira volte a receber dados correctos, ou o sistema informe o utilizador para parar caso o sensor não receba valores correctos dentro do período de tempo.

Um dos pontos negativos foi que o utilizador ao realizar uma curva lentamente, o osciloscópio não varia muito os seus dados, não permitindo assim verificar a realização de uma rotação. Este algoritmo funciona para o objectivo a que está destinado, ou seja, marcha rápida ou corrida.

Cada barra corresponde a 0.55 segundos e a altura corresponde a uma representação da voltagem do giroscópio que aumenta ou diminui, conforme o sentido da curva ou oscilação (figura 39).

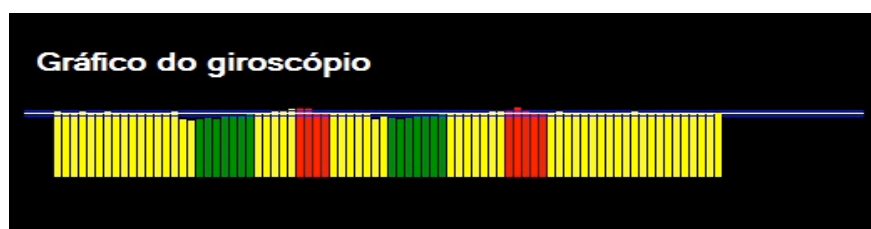


Figura 39: Gráfico obtido pelos dados do giroscópio.

Para a detecção de obstáculos, definiu-se uma distância segura a partir da qual o utilizador é informado da presença de um obstáculo, um dos algoritmos de detecção de obstáculos já descrito anteriormente, verifica a diferença entre os dois sensores de obstáculos, caso essa diferença seja superior a uma distância calibrada na altura (10 cm), o sistema considera o obstáculo fora do percurso do utilizador. Caso este se encontre muito próximo do utilizador, essa distância é ignorada. Ao detectar neste caso uma pessoa, dentro de uma certa distância definida, o utilizador deve tentar avisá-la para que se desvie. Caso isso não aconteça o sistema diminui ou aumenta a distância á barreira, para que o objecto deixe de estar no seu percurso. O algoritmo de detecção de obstáculos em que sua a lógica difusa, não foi usado nesta fase de testes, pois ainda não estava implementado no sistema.

Nos testes realizados, o sistema consegue detectar o objecto e informar o utilizador que se desvie. Encontraram-se apenas alguns problemas na verificação de que o obstáculo se encontra ou não fora do percurso do utilizador. Foram desenhados apenas duas barras que mostram a distância do objecto mais próximo, as quais mudam a cor para vermelho quando o objecto é detectado (figura 40).



Figura 40: Barras de distância na detecção do objecto.

7.1.3. Observações

Com estes resultados iniciais, verificou-se o bom funcionamento do sistema num pequeno percurso. Pela figura 37 pode constatar-se que o sistema é muito prático e fácil de usar, estando instalado numa pequena mochila, própria para a prática de

desportos (neste caso ciclismo). A mochila fica bem junto ao tronco e não permite grandes oscilações, é bastante leve e interfere pouco na corrida do invisual.

Os algoritmos forneceram bons resultados ao analisar os dados em tempo real. O utilizador realizou o percurso sem grandes sobressaltos. A detecção de obstáculos esteve um pouco irregular, mas isso deve-se também ao teste ter sido realizado num local com alguns obstáculos em redor, de qualquer modo este ponto será melhorado no futuro. Os objectos e saliências laterais foram tratados pelo sistema como dados discrepantes quando o utilizador passou com uma alguma rapidez.

Em termos de peso computacional, o sistema respondeu a todos os dados recebidos pelos sensores, tratando-os sem nenhum problema. Neste sistema usa-se um netbook devido a ser o material disponível para o trabalho, mas um PDA funcionaria bem pois no início o sistema foi testado num simulador, usando o “.NET Compact Framework”.

7.2. Resultados finais

7.2.1. Metodologia

Com o objectivo de verificar a funcionalidade do sistema em condições de corrida, foram realizados testes finais adicionais num recinto desportivo (Pista de manutenção do estádio de futebol da cidade de Tomar). A forma como os testes foram conduzidos foi a seguinte:

- Foi simulado uma vez mais a deficiência visual, colocando uma venda no utilizador.
- O percurso foi realizado em pista, não sendo necessário a colocação de barreiras, pois a infra-estrutura do recinto desportivo contém condições que permite a corrida de um invisual com o sistema.
- Foram realizadas vários tipos de corrida, de forma a testar e a retirar resultados do sistema.
- Foi observado o comportamento do utilizador ao receber as indicações do sistema.

As 2 figuras seguintes mostram o utilizador a efectuar testes na pista de manutenção.

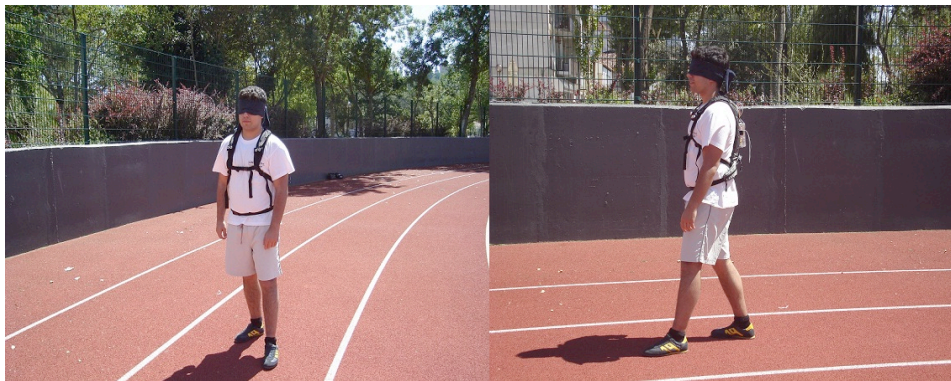


Figura 41: Utilizador com o sistema na pista de manutenção.

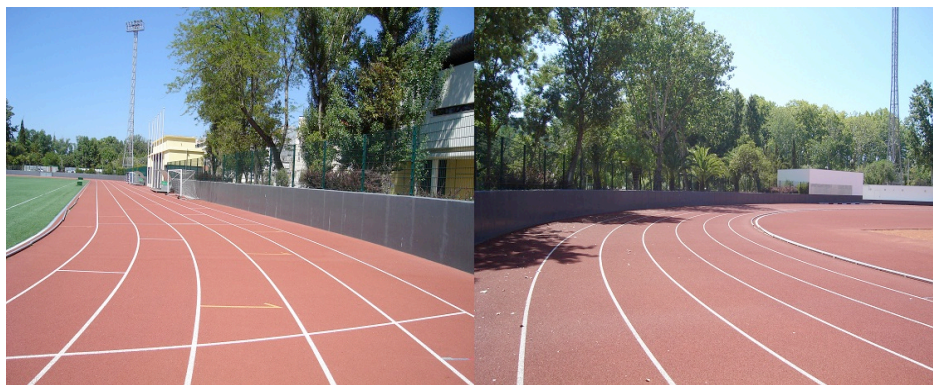


Figura 42: Pista de manutenção ideal para o sistema.

7.2.2. Resultados

7.2.2.1. Não detecção da barreira

De início foram testados os algoritmos que foram desenvolvidos para manter o utilizador a realizar corrida quando o sistema deixa de detectar a barreira.

Linha recta

Para simular a falha da detecção da barreira, iniciou-se uma corrida em linha recta e de seguida obstruiu-se o sensor de distância da barreira para que obtivesse

valores errados (como “0”), permitindo que o sistema considera-se uma falha na detecção da barreira.

A tabela 1 mostra os valores calculados e analisados pelo sistema, mostrando a distância à barreira no início da corrida. Os valores em que a distância é “0” mostram a falha na detecção da barreira e os ângulos lidos pela bússola de orientação do utilizador.

Pelos dados da bússola, verificou-se que o sistema conseguiu manter, embora com algumas oscilações nos ângulos, o utilizador a realizar durante um pequeno período de tempo o percurso em linha recta, mostrando que é possível manter a corrida do utilizador por mais algum tempo quando ocorre este tipo de falhas, dando a possibilidade do sistema detectar novamente a barreira.

Curva

A falha de detecção da barreira foi também testada com o utilizador a realizar uma curva. Realizaram-se os mesmos passos que no teste em linha recta.

Pelos resultados da tabela 2, verifica-se que o sistema deu indicações ao utilizador para continuar com a realização de uma curva, pois foi calculada uma velocidade de rotação e o ângulo lido pela bússola foi diminuindo. Os dados calculados não foram os melhores pois a velocidade de rotação não foi a ideal para a realização da curva, verificou-se que o utilizador na maioria das tentativas realizava uma curva mais apertada.

Distância	V. Discrepantes	Velocidade	Perda de sinal	Ângulo lido da bússola (/10)
180	FALSE	0	FALSE	678
181	FALSE	0	FALSE	577
177	FALSE	0	FALSE	607
181	FALSE	0	FALSE	631
177	FALSE	0	FALSE	578
180	FALSE	0	FALSE	617
177	FALSE	0	FALSE	570
178	FALSE	0	FALSE	632
175	FALSE	0	FALSE	487
175	FALSE	0	FALSE	500
173	FALSE	0	FALSE	434
176	FALSE	0	FALSE	410
174	FALSE	0	FALSE	438
3	TRUE	0	FALSE	414
0	TRUE	0	FALSE	533
0	TRUE	0	FALSE	545
0	TRUE	0	TRUE	722
0	TRUE	0	TRUE	722
0	TRUE	0	TRUE	720
0	TRUE	0	TRUE	720
0	TRUE	0	TRUE	802
0	TRUE	0	TRUE	802
0	TRUE	0	TRUE	743
0	TRUE	0	TRUE	743
0	TRUE	0	TRUE	830
0	TRUE	0	TRUE	830
0	TRUE	0	TRUE	847
0	TRUE	0	TRUE	847
0	TRUE	0	TRUE	865
0	TRUE	0	TRUE	865
0	TRUE	0	TRUE	859
0	TRUE	0	TRUE	859
0	TRUE	0	TRUE	882
0	TRUE	0	TRUE	882
0	TRUE	0	TRUE	904
0	TRUE	0	TRUE	904
0	TRUE	0	TRUE	883
0	TRUE	0	TRUE	883
0	TRUE	0	TRUE	929
0	TRUE	0	TRUE	929
0	TRUE	0	TRUE	866
0	TRUE	0	TRUE	866
0	TRUE	0	TRUE	921
0	TRUE	0	TRUE	921
0	TRUE	0	TRUE	850
0	TRUE	0	TRUE	850
0	TRUE	0	TRUE	929
0	TRUE	0	TRUE	929
0	TRUE	0	TRUE	871
0	TRUE	0	TRUE	871
0	TRUE	0	TRUE	979
0	TRUE	0	TRUE	979
0	TRUE	0	TRUE	866
0	TRUE	0	TRUE	866

Tabela 1: Dados do teste de falha na detecção da barreira em linha recta.

Distância	V. Discrepantes	Velocidade	Perda de sinal	Ângulo lido da bússola (/10)
12	FALSE	230	FALSE	3362
12	FALSE	230	FALSE	3344
3	FALSE	140	FALSE	3332
5	FALSE	160	FALSE	3337
3	FALSE	140	FALSE	3370
2	FALSE	130	FALSE	3408
3	FALSE	140	FALSE	3449
4	FALSE	150	FALSE	3486
7	FALSE	180	FALSE	3520
0	TRUE	180	FALSE	3569
0	TRUE	180	FALSE	3512
0	TRUE	180	FALSE	3322
2	FALSE	130	FALSE	3214
3	FALSE	140	FALSE	2832
3	FALSE	140	FALSE	2832
3	FALSE	140	FALSE	2315
3	FALSE	140	FALSE	2124
4	FALSE	150	FALSE	1854
4	FALSE	150	FALSE	1584
3	FALSE	140	FALSE	1314
3	FALSE	140	FALSE	726
5	FALSE	160	FALSE	914
5	FALSE	160	FALSE	1013
3	FALSE	140	FALSE	1070
4	FALSE	150	FALSE	1012
6	FALSE	170	FALSE	836
3	FALSE	140	FALSE	535
3	FALSE	140	FALSE	378
0	TRUE	140	FALSE	283
0	TRUE	140	FALSE	234
0	TRUE	140	FALSE	188
0	TRUE	140	TRUE	149
0	TRUE	140	TRUE	149
0	TRUE	140	TRUE	76
0	TRUE	140	TRUE	76
0	TRUE	140	TRUE	9
0	TRUE	140	TRUE	9
0	TRUE	140	TRUE	3539
0	TRUE	140	TRUE	3539
0	TRUE	140	TRUE	3471
0	TRUE	140	TRUE	3471
0	TRUE	140	TRUE	3420
0	TRUE	140	TRUE	3420
0	TRUE	140	TRUE	3383
0	TRUE	140	TRUE	3383
0	TRUE	140	TRUE	3395
0	TRUE	140	TRUE	3395
0	TRUE	140	TRUE	3402
0	TRUE	140	TRUE	3411
0	TRUE	140	TRUE	3411
0	TRUE	140	TRUE	3425
0	TRUE	140	TRUE	3425

Tabela 2: : Dados do teste de falha na detecção da barreira em curva.

De salientar que o tempo permitido para o sistema orientar o utilizador sem a detecção da barreira foi aumentado de forma a verificar a eficácia do método. Para uma corrida real o tempo é reduzido para uma maior segurança do utilizador.

A velocidade tem o valor *zero* no teste em linha recta, pois enquanto o sistema considerar que existe uma oscilação e não uma curva, a velocidade de rotação é sempre *zero*. Os algoritmos mostram como funciona o tratamento de dados e estão descritos no **Anexo A**.

7.2.2.1. Detecção de obstáculos

Na detecção de obstáculos foi colocado uma pessoa na direcção do seu percurso. A reacção do utilizador, foi interessante de observar, pois sempre que o sistema detectou obstáculos, o utilizador por instinto iniciava um pequeno desvio para evitá-los, mesmo antes do sistema iniciar um método que dá a indicação de aproximar-se da barreira para se desviar do obstáculo. Apesar disso, para testar o funcionamento do sistema neste cenário, o utilizador manteve-se na direcção do obstáculo para que a função de desvio fosse testada.

O seguinte gráfico obtido pelo interface do sistema, mostra os resultados da detecção do obstáculo:

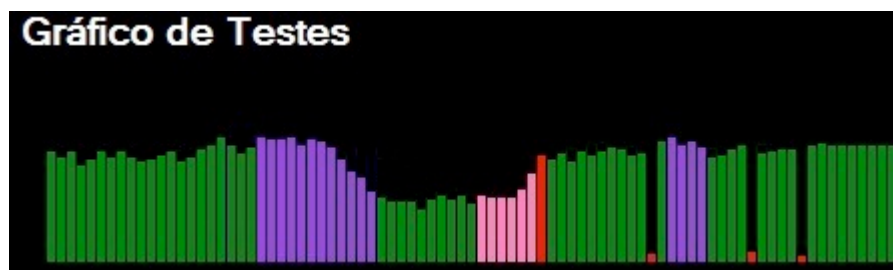


Figura 43: Gráfico de distância á barreira.

Verifica-se no gráfico que quando o sistema detecta o obstáculo, a distância a manter é alterada e consequentemente as barras verdes que indicam uma distância correcta passam a roxo mostrando que o sistema está a dar a indicação ao utilizador de se aproximar mais da barreira, esse é o instante em que se inicia o desvio do obstáculo. Após um curto período de tempo, o sistema informa novamente o utilizador para se colocar á distância anterior da barreira (barras cor de rosa).

7.2.3. Observações

A detecção de obstáculos ocorreu sem problemas, mas verificou-se que o método desenvolvido para o desvio de obstáculos é pouco necessário, visto o utilizador desviar-se por instinto quando o sistema o detecta.

O método testado para manter o utilizador a realizar corrida quando se perde o sinal com a barreira, foi um pouco inconsistente quando este realizava uma curva, necessitando de ser melhorado para obter melhores resultados. Mas verificou-se que se existir um pista com as condições do recinto desportivo onde este sistema foi testado, este método deixa de ser necessário, pois só com um erro no sistema é que a barreira deixaria de ser detectada, bastando assim usar o algoritmo de valores discrepantes que permite ignorar valores errados durante um período variável de tempo que pode ser ajustado.

Em relação á corrida em geral, apesar de alguns erros iniciais devido à necessidade de calibração adequada ao recinto desportivo, obteve bons resultados, orientando o utilizador correctamente.

8. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

8.1. Conclusão

O sistema apresentado neste trabalho tem como objectivo principal dar a possibilidade a qualquer indivíduo invisual de praticar um desporto saudável como é a corrida.

O projecto apresentou bons resultados, embora revelando algumas limitações. A intenção foi construir de raiz um sistema funcional, tendo em mente que devido a várias limitações ele não poderia vir a ser uma versão final. As principais limitações encontradas foram o tempo disponível e a dificuldade em dispor de alguns recursos hardware principalmente a nível de sensores. Uma outra limitação resultou da dificuldade em encontrar um ambiente adequado à realização de testes, dificultando o estudo de todos os eventuais cenários que podem ocorrer numa corrida. Espera-se que estas situações venham a ser tratadas em desenvolvimentos futuros.

Um outro aspecto que importa referir é o facto da orientação ser baseada numa barreira lateral, obrigando à sua colocação caso ainda não se encontre já no percurso. É uma característica do sistema que impõe algumas limitações, pois num sistema ideal tal não deveria ser preciso.

Apesar destas condicionantes o sistema demonstrou ser válido e inovador, pois existem poucos sistemas dedicados a este tipo de situações. Trata-se portanto de mais um passo no desenvolvimento de tecnologias que permitem a pessoas com deficiência visual dependerem menos de terceiros.

Com base nos resultados e análises discutidas neste documento, pode afirmar-se que o objectivo do trabalho foi atingido, ou seja, foi possível colocar um indivíduo com limitações visuais, a realizar uma corrida sem indicações de terceiros. Conseguiu-se um sistema que no futuro poderá estar disponível e acessível a qualquer um, sem grandes custos, prático e de fácil aprendizagem na sua utilização, possibilitando que os invisuais pratiquem desporto, levando uma vida mais saudável e autónoma.

8.2. Trabalho futuro

O objectivo futuro é poder anular as limitações exteriores, como a barreira de orientação e permitir a corrida em qualquer percurso. Tal poderá ser feito recorrendo à utilização de outras tecnologias, como sistemas de geo-referenciação mais precisos que os existentes nos dias de hoje.

O sistema a nível de hardware poderá ainda ser melhorado, a placa electrónica e os fios condutores poderão ser convertidos e colocados em tecido (à semelhança do *Vital Jacket* e do *Domovest*, referidos no capítulo 3), os sensores poderão estar também colocados na roupa, tornando assim o sistema mais leve.

O sistema poderá vir a ser usado em desportos profissionais de atletas com deficiência visual, eliminando a necessidade do guia, com o consequente aumento da liberdade e velocidade do atleta. Deste modo vai ser possível tornar indistinguíveis corridas entre visuais e invisuais.

Bibliografia

- Censos 2001, Instituto Nacional de Estatística, <http://www.ine.pt> (acedido em Janeiro 2009).
- DeSC – *Descritores em Ciências de Saúde homepage*, <http://decs.bvsalud.org/>, (acedido em Março de 2009).
- WHO - *World Health Organization homepage*, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en> (acedido em Janeiro 2009).
- S. Cardin, D. Thalmann and Frédéric Vexo, “*Wearable System for Mobility Improvement of Visually Impaired People*”; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland.
- Ronald Azuma; “*Augmented Reality*”; http://www.cs.unc.edu/~azuma/azuma_AR.html, (acedido em Fevereiro 2009).
- Carlos Eduardo M. Rodrigues; “*Um Dispositivo Háptico de Auxílio à Navegação para Deficientes Visuais*”; Universidade Federal de Pernambuco, Fevereiro, 2006.
- P. Jansma, R. W. French, Englewood Cliffs; “*Special physical education: Physical activity, sports, and recreation*”; NJ: Prentice Hall, 1994.
- D. Auxter, J. Pyfer, C. Huettig; “*Principles and methods of adapted physical education and recreation*”; MO: Mosby-Year Book, Inc.; St. Louis, 1997.
- G. Kobberling, L. W. Jankowski & L. Leger; “*Journal of Visual Impairment and Blindness*”; 1991.
- PLUK; “*Family Guide to Assistive Technology*”; <http://www.pluk.org/AT1.html>; August, 1999; (acedido em Maio de 2009).
- Monique Delatte; “*Library Accessibility and Assistive Technology: What you need to now*”; <http://www.ala.org/ala/mgrps/divs/ascla/asclaprotocols/accessibilitytipsheets/tipsheets/11%20ASSISTIVE%20TECHNOL.pdf>; (acedido em Maio de 2009).
- J. Hopkins; “*Assistive Technology – Things to Know*”, Library Media Connection; August/September 2006; (acedido em Maio 2009).
- Kids Together; “*Categories of Assistive Technology*”; <http://www.kidstogether.org/assistivetechology/categoriesofAT.htm>; (acedido em Maio 2009).
- PSB; “*Types of Assistive Technology*”; http://www.pbs.org/parents/inclusivecommunities/assistive_tech2.html; (acedido em Maio 2009).
- University of Dublin; “*Different types of assistive technology*”; http://www.tcd.ie/disability/services/assistive_technology/types.php; (acedido em maio 2009).

- J.A. Gutiérrez, F.J. González, A. Picon, A. Isasi, A. Dominguez, I. Idigoras; “*Electronic Display Panel Mobile Teader*”; *ROBOTIKER-Tecnalia, Spain, IOS Press, 2007*.
- William C. Mann; “*Talking Bar Code Identifier Smart*”; Chapter 4, pp 124, “*Technology for Aging, Disability, and Independence – The State of Science*”; A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- Mohamed Jemni, Oussama Elghoul; “*An Avatar Based Approach for Automatic Interpretation of Text to Sign Language*”; Research Unit of Technologies of Information and Comunication UTIC, Ecole Spérieure dês Sciences et Techniques de Tunis, IOS Press 2007.
- Bernhar Stoger^a, Mário Batusic^a, Cláudia Fahrengruber^a, Klaus Miesenberger^a, Dominique Archambault^b; “*Mathematical Working Environment (MAWEN)*”; ^aJohannes Kepler University, Institute Integriert Studieren, Altenbergerstr, Áustria; ^bUniversité Pierre et Marie Curie, Paris, France, IOSPress 2007.
- W. Gharieb*, G. Nagib**; “*Smart Cane for Blinds*”; *Faculty of Engineering – Ain Shams University, Cairo, Egipt, **Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt.
- Steve Mann; “*Definition of wearable computer - Wearable Computing as means for Personal Empowerment*”; International Conference on Wearable Computing ICWC-98, Fairfax VA, May 1998, <http://wearcam.org/icwckeynote.html>; (acedido em maio de 2009).
- B. J. Rhodes; “*The Wearable Remembrance Agent: A System for Augmented Memory*”, Personal Technologies: Special Issue on Wearable Computing; 1:218-224, 1997.
- Steve Mann; “*Wearable Computing Toward Humanistic Intelligence – Guest Editor’s Introduction*”; University of Toronto; IEEE Intelligent Systems, computer.org/intelligent, May/June 2001.
- Mexperts - Home page; “*Electronic Clothing - Interactive Wear AG Ignites a Fireworks Display of Innovations for CeBIT 2006*”, http://www.presseagentur.com/interactivewear/detail.php?pr_id=832&lang=en, (acedido em Outubro de 2008).
- Gizmag - Home page; “*I-Garment fire suit to aid frontline emergency communications*”; <http://www.gizmag.com/go/8254>, (acedido em Outubro de 2008).
- Gizmag - Home page; “*Suunto Core extreme sports wristop computer*”; <http://www.gizmag.com/go/8221>, (acedido em Outubro de 2008).
- I4U News - Home page; “*New GTX Smart GPS Shie Xplorer*”; <http://www.i4u.com/article7740.html>, (acedido em Outubro de 2008).
- VitalJacket - Home page; “*Vital Jacket*”; Biodevices; <http://www.vitaljacket.com/conceito.php?zona=conceito>, (acedido em Maio de 2009).
- Peopleware Home page; “*Domovest*”; <http://www.pplware.com/2008/12/05/domovest-o-casaco-que-comanda/>, (acedido em Maio de 2009).

- “*Pedro José Guerra Araújo – Home Page*”; Departamento de Informática da Universidade da Beira Interior; <http://www.di.ubi.pt/~paraujo>; (acedido em Junho de 2009).
- T. Carrol; “Blindness: What it is, what it does, and how to live with it”; Boston:Litle, Brown, 1961.
- Niels Henze, Wilko Heuten and Susanne Boll; “*Non-Intrusive Somatosensory Navigation Support for Blind Pedestrians*”; Paper supported by the European Community's Sixth Framework programme, FP6-2003-IST-2-004778, pp. 3, 2003.
- S. Ram, J. Sharf; “*The People Sensor: A Mobility Aid for the Visually Impaired*”; Interactive Telecommunications Program, New York University, IEEE, 1998.
- Lisa Ran, S. Helal, S. Moore; “*Drishti: An Integrated Indoor/Outdoor Blind Navigation System and Service*”; Computer & Information Science & Engineering Department, University of Florida, Gainesville, USA. Proceedings of the 2nd IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications, 2004.
- D. Thalmann, S. Cardin, F. Vexo; “*A wearable system for mobility improvement of visually impaired people*”; Virtual Reality Laboratory (VRLab), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland; Springer-Verlag, July 2006.
- R.C. Adams et al; “*Jogos, esportes e exercícios para deficientes físicos*”; 3. Ed.; São Paulo: Manole, 1985.
- International Blind Sports Federation – Athletics Rules; “*Running Competition Rules - Methods of Guidance*”; 2005-2009, pp 11.
- Mohammad hosseini, Mehrdad mokhtari, Mohammad atyabi; “*The intelligent electronic system especially for quadriplegics wheelchair and blinds bicycle (New method in Paralympics)*”; Islamic Azad University Science & research branch; IEEE, 2005.
- J. Klein, A. Latimer, D. Miller; “*Independent running for a child with visual impairment*”; Department of Biomedical Engineering, Michigan Technological University, Michigan; NSF 2001.
- L. Alexandre; “*Sistemas Difusos*”, Inteligência Computacional; Departamento de Informática Universidade da Beira Interior, 2007.
- MathWorks - Fuzzy Logic Toolbox; “*Fuzzy Inference Systems*”; <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/fuzzy/index.html>, (acedido em Abril de 2008).
- G. Pires, R. Araújo, U. Nunes, A.T. de Almeida; “*RobChair – A Powered Wheelchair Using a Behaviour-Based Navigation*”; Institute for Systems and Robotics, University of Coimbra, Coimbra, Portugal; IEEE, 1998.
- Robot Electronics – Home Page; “*SRF08 Ultra sonic range finder - Technical Specification*”; <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf08tech.shtml>, (acedido em Janeiro 2009).
- M. Pettinari; “*Context Detection and Abstraction In Smart Environments*”, PhD Thesis; Università di Bologna; pp. 76-77; 2005-2007.

- Robot Electronics – Home Page; “*CMPS03 - Compass Module*”, Devantech Ltd n.d.a. , <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/cms3tech.htm>; (acedido em Junho de 2009).
- Analog Devices; “*ADXRS150 - Datasheet*”; http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXRS150.pdf, (acedido em Novembro 2008).

A. MÉTODOS PRINCIPAIS DE ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

A. 1. Filtragem de valores discrepantes

Método desenvolvido para evitar que o sistema confunda o utilizador com indicações erradas, geradas por pequenos erros que possam ocorrer por objectos que possam estar entre a barreira e o utilizador, algumas saliências na barreira ou mesmo erros do sensor de distância que possam ocorrer. De salientar que o algoritmo analisa os valores em tempo real.

A figura seguinte mostra um exemplo dos possíveis erros que podem ocorrer e que o sistema irá ignorar.

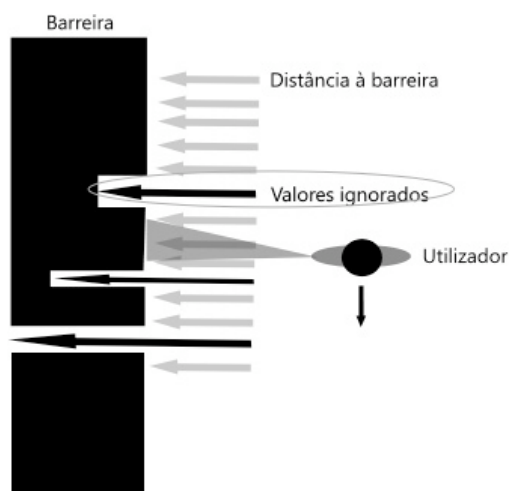


Figura 44: Exemplo de possíveis valores discrepantes.

A.1.1 Algoritmo

1. Um *array* com os últimos k valores são guardados para serem analisados.
2. Distingue-se os valores colocando-os em grupos. Caso um valor tenha um desvio elevado em relação ao valor testado:
 - a. Coloca-se no grupo 2.
3. Caso contrário é colocado no grupo 2.

4. O valor a testar (último valor recebido) é colocado de início no grupo de valores com 1 (figura 45).
5. Caso o grupo 1 contenha um número superior ao outro grupo:
 - a. O valor não é considerado discrepante.
6. Caso contrário o valor é considerado discrepante.

A figura 45 mostra dois exemplos da aplicação do algoritmo acima descrito:

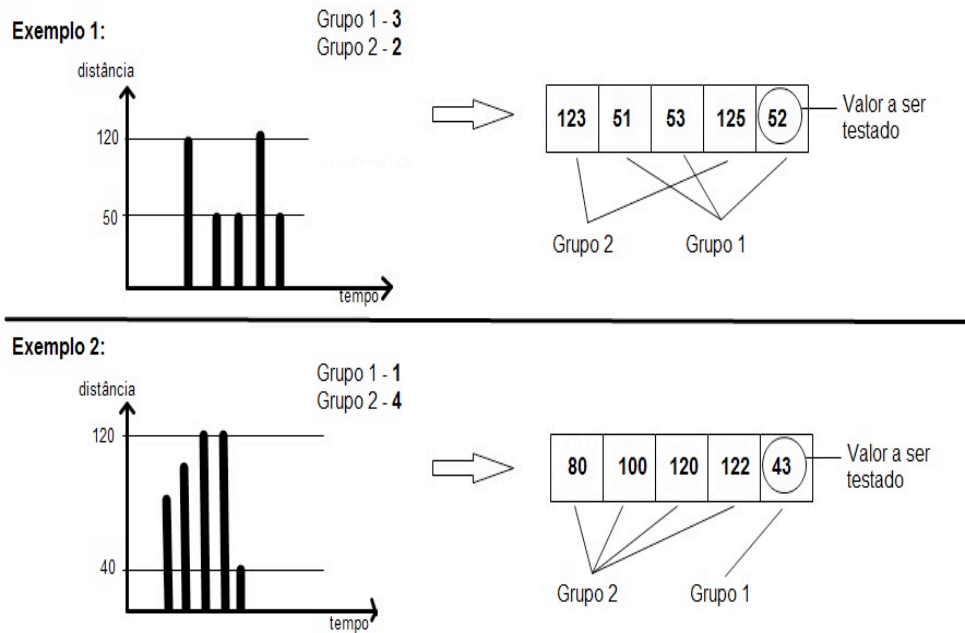


Figura 45: Exemplo de filtragem de valores discrepantes

A. 2. Manter distância à barreira

Algoritmo simples que analisa o valor da distância após a verificação da discrepância e devolve um valor que indica a necessidade ou não de o utilizador ajustar a sua orientação.

A. 2.1 Algoritmo

1. Se a distância recebida ultrapassar o valor da distância a manter (com um valor de tolerância) superior ou inferiormente:

- a. Devolve o valor da distância menos o valor da distância a manter, multiplicado por 10:

$$“(dist - val_manter) * 10;”$$
2. Caso contrário devolve “-1”, indicando que a distância actual está próxima da distância a manter.
3. O valor se for negativo indica que a distância é mais curta e é necessário aumentar a distância. Caso contrário é preciso diminuir.
4. O valor devolvido contribui para o cálculo da intensidade do alerta ao utilizador.

A figura 46 mostra um esquema que demonstra a utilização do método descrito:

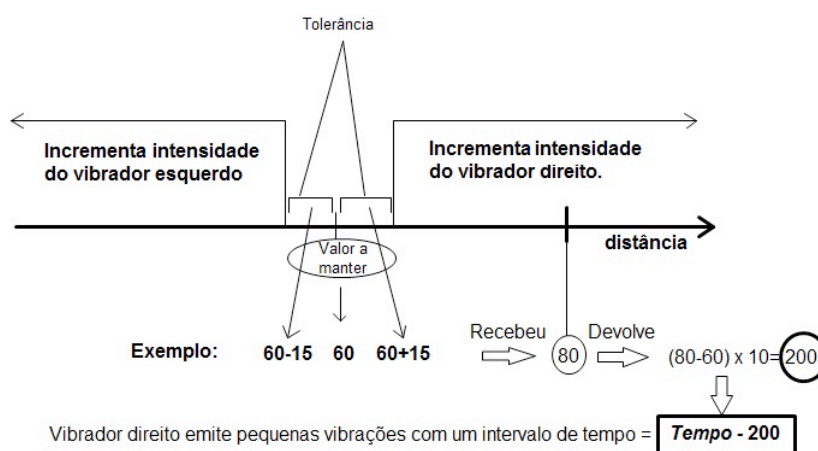


Figura 46: Esquema do método de manter distância à barreira.

A. 3. Detecção de obstáculos

Algoritmo que analisa em tempo real os dados recebidos por dois sensores de distância indicando ou não a aproximação de um obstáculo na frente do utilizador.

Estudando métodos implementados em trabalhos descritos nos capítulos anteriores para situações semelhantes em que foi aplicado lógica difusa, foram desenvolvidos dois algoritmos para análise da melhor solução na detecção de obstáculos. Um método desenvolvido sem a aplicação da lógica difusa e outro com a implementação deste tipo de sistema.

A. 3.1. Método não-difuso

1. Recebe valores de distância de dois sensores.
2. Caso ambos os valores sejam superiores a um valor previamente definido como *distância segura*, nada acontece.
3. Se os valores forem inferiores à *distância mínima* (valor definido), o invisual é alertado do aproximar iminente de um obstáculo.
4. Se os valores forem superiores a um valor previamente definido como *distância mínima*.
 - 4.1. Se o sensor um ou dois receberem valores menores que a distância segura.
 - 4.1.1. Se a diferença entre os valores dos dois sensores for muito elevada, ou seja, superior a um valor previamente definido como *diferença de distâncias*.
 - 4.1.1.1. Considera que o objecto não se encontra no trajecto do invisual, logo não alerta o utilizador.
 - 4.1.2. Caso a diferença de valores seja menor que o valor definido, devolve um valor relacionado com a intensidade de alerta de obstáculo que incrementa com o seu aproximar.

A. 3.2. Método difuso

Este método é explicado em várias etapas, a fuzzificação, inferência difusa e desfuzzificação.

Fuzzificação

O algoritmo desenvolvido transforma os valores discretos dos sensores de distância em valores difusos, com um determinado grau de pertença, as funções de pertença usadas para a fuzzificação dos valores são triangulares (figura 47) e cada conjunto de entrada representa a proximidade do objecto, existem 5 conjuntos de entrada, *muito perto*, *perto*, *meio*, *longe* e *muito longe*.

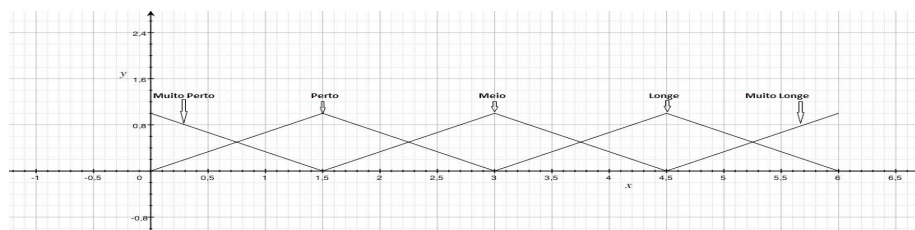


Figura 47: Conjuntos de entrada.

A figura 48 mostra as funções usadas para a construção de cada um destes conjuntos.

$$\begin{aligned}
 y = & \begin{cases} 0 & x < 0 \\ \frac{-x+1.5}{1.5} & (x \geq 0) \& (x \leq 1.5) \\ 0 & x > 1.5 \end{cases} & y = & \begin{cases} 0 & x < 0 \\ \frac{x}{1.5} & (x \geq 0) \& (x \leq 1.5) \\ \frac{(-x+3)}{1.5} & (x > 1.5) \& (x \leq 3) \\ 0 & x > 3 \end{cases} & y = & \begin{cases} 0 & x < 1.5 \\ \frac{x-1.5}{1.5} & (x \geq 1.5) \& (x \leq 3) \\ \frac{(-x+4.5)}{1.5} & (x > 3) \& (x \leq 4.5) \\ 0 & x > 4.5 \end{cases} & y = & \begin{cases} 0 & x < 3 \\ \frac{x-3}{1.5} & (x \geq 3) \& (x \leq 4.5) \\ \frac{(-x+6)}{1.5} & (x > 4.5) \& (x \leq 6) \\ 0 & x > 6 \end{cases} & y = & \begin{cases} 0 & x < 4.5 \\ \frac{x-4.5}{1.5} & (x \geq 4.5) \& (x \leq 6) \\ 0 & x > 6 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Muito Perto Perto Meio Longe Muito Longe

Figura 48: Funções de pertinência dos conjuntos de entrada.

Inferência difusa

Após a fuzzificação dos valores, estes são inseridos numa matriz em que as posições correspondem às regras aplicadas aos valores. A seguinte tabela mostra as combinações dos dois valores dos sensores e as respectivas saídas.

Matriz de Regras

S2 \ S1	MP	P	M	L	ML	FA
MP	MR	MR	MR	MR	MR	MR
P	MR	R	R	R	R	R
M	MR	R	N	Z	Z	Z
L	MR	R	Z	L	Z	Z
ML	MR	R	Z	Z	L	Z
ML	MR	R	Z	Z	Z	Z

MR - Muito Rápido
R - Rápido
N - Normal
L - Lento
Z - Zero

MP - Muito Perto
P - Perto
M - Meio
L - Longe
ML - Muito Longe

Figura 49: Tabela com as regras construídas para a inferência difusa.

O exemplo seguinte mostra a aplicação de uma regra da base de conhecimento (figura 49) após a fuzzificação dos valores dos dois sensores:

- O símbolo μ representa a função de pertinência, α a força de disparo e β representa o valor difuso de cada conjunto de saída.
- **s1** e **s2** são os valores recebidos dos sensores.
- Para x_0 temos os seguintes valores: $\mu_{s1} \text{Longe}(x_0) = 0.8$, $\mu_{s1} \text{Meio}(x_0) = 0.2$, $\mu_{s2} \text{Longe}(x_0) = 0.4$, $\mu_{s2} \text{Meio}(x_0) = 0.6$.

- Como os valores maiores correspondem a um maior valor de pertença ao conjunto de entrada, para cada regra é aplicado o operador lógico “OU” (máximo).
- Usando a base de conhecimento mostrada na figura anterior, aplicam-se as regras, em baixo mostram-se algumas delas para exemplificar:
 1. Se S1 **Longe** (0.8) e S2 **Longe** (0.4), então **Lenta**.
 2. Se S1 **Longe** (0.8) e S2 **Meio** (0.6), então **Zero**.
 3. Se S1 **Meio** (0.2) e S2 **Meio** (0.6), então **Normal**.
- Para cada regra aplica-se o máximo dos dois valores para o cálculo da força de disparo:
 1. $\alpha_1 = \max(0.8; 0.4) = 0.8$.
 2. $\alpha_2 = \max(0.8; 0.6) = 0.8$.
 3. $\alpha_3 = \max(0.2; 0.6) = 0.6$.
- De seguida selecciona-se o máximo das forças de activação de cada conjunto de saída. No caso do exemplo são todas diferentes, logo o valor de cada conjunto de saída é igual á força de disparo de cada regra:
 1. $\beta_{Lenta} = \max(\alpha_1) = 0.8$, $\beta_{Zero} = \max(\alpha_2) = 0.8$, $\beta_{Normal} = \max(\alpha_3) = 0.6$.
- Após chegar aos valores de saída de cada função de pertença, efectua-se a desfuzzificação usando o método do **centróide**.

Desfuzzificação

Após achar os valores difusos, aplicou-se o método do centro de gravidade cortado para achar o valor final de saída. Este método foi explicado no capítulo da lógica difusa e foi realizado da mesma maneira usando domínio discreto pequeno para não usar um elevado peso computacional.

As funções de saída são idênticas às de entrada como mostra a seguinte figura.

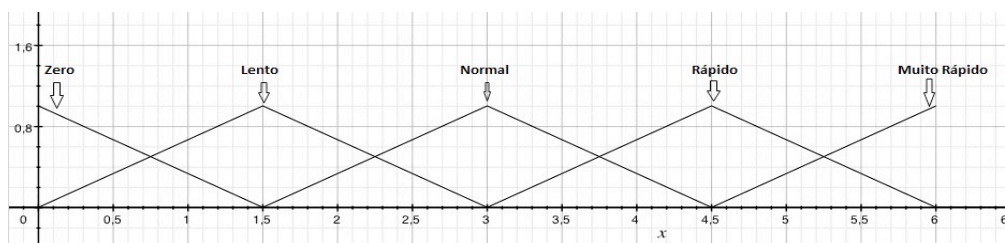


Figura 50: Funções de pertinência dos conjuntos de saída.

A.3.3. Desvio de obstáculos

Método simples em que o sistema ao detectar o obstáculo muito próximo, informa o invisual através dos actuadores para que encurte a distância à barreira durante um pequeno intervalo de tempo para que restabelecendo de seguida a distância original (figura 51).

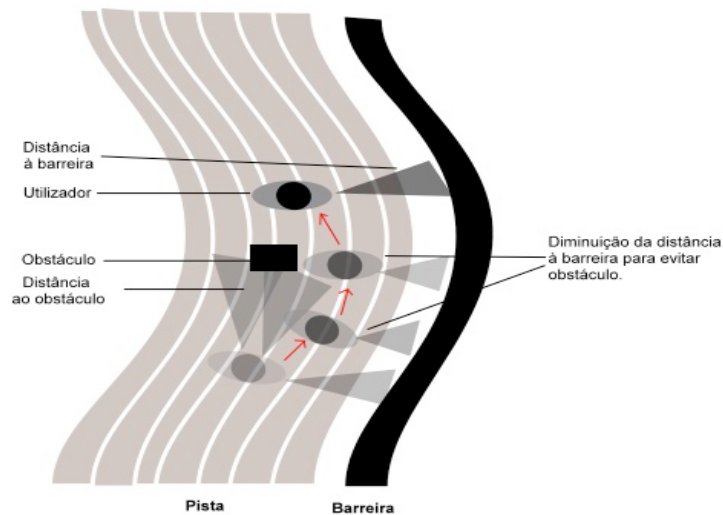


Figura 51: Esquema de utilizador a desviar-se de obstáculo.

Algoritmo:

1. Caso a distância ao obstáculo seja menor que a distância mínima de segurança previamente definida.
 - a. O sistema altera a distância a manter à barreira, encurtando-a.
 - b. Temporiza o tempo que essa distância se mantém alterada e após um curto período de tempo retoma a distância original.
2. Caso a distância seja superior à distância mínima.
 - a. Caso a distância esteja alterada, retoma a distância original.
 - b. Se a distância é a original, esta mantém-se.

A. 4. Cálculo de rotação e orientação

Com os dados da bússola, é possível saber a orientação do invisual no seu percurso, no entanto com as oscilações do corpo os dados são um pouco

inconsistentes, sendo compensados com os dados do giroscópio, como já foi referido anteriormente. Além disso para saber se o utilizador efectua uma curva e a que velocidade de rotação, foi necessário desenvolver alguns algoritmos que pudessem calcular em tempo real esses dados.

De seguida são apresentados os métodos desenvolvidos para obter a informação necessária da orientação do invisual durante a corrida, assim como a sua rotação.

A.4.1. Cálculo do menor ângulo

Para os olhos do ser humano é fácil verificar que a alteração de um ângulo acontece devido a uma rotação à esquerda ou à direita. Porém, o computador recebe os valores dos ângulos mas não entende se existe um rotação á esquerda ou á direita. Não pode apenas comparar dois valores para determinar se existiu ou não um incremento nos valores, pois os valores dos ângulos vão de 0 a 360, e após o 360 voltam a 0 (figura 52). Para isso foi desenvolvido um pequeno método que permite ao sistema verificar se a rotação foi realizada á esquerda ou direita apenas com os dados da bússola.

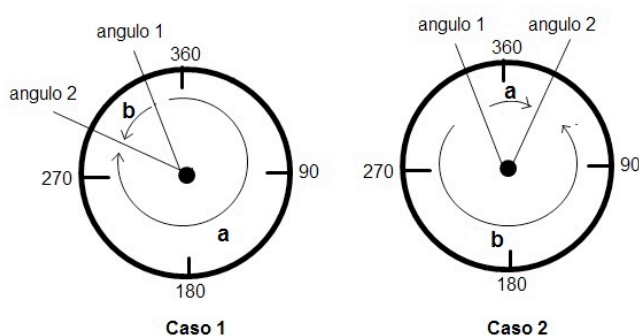


Figura 52: Casos problemáticos de cálculo do ângulo mínimo.

Algoritmo:

1. Compara dois valores (“**angulo1**” e “**angulo2**”) recebidos um depois do outro respectivamente pela bússola.
2. Inicia os valores que serão devolvidos, indicando uma rotação à esquerda e o valor “**angulo1**” como o maior dos dois.
 - a. Verifica qual deles é o ângulo com maior valor e guarda-os em variáveis auxiliares “**maior**” e “**menor**”.

- b. Calcula dois ângulos:
 - i. $a = \text{maior} - \text{menor}$.
 - ii. $b = 360 - \text{angulo1}$.
- c. Se o “a” for *maior* que “b” e “angulo2” for maior que “angulo1”:
 - i. Indica que ouve uma deslocação à **direita** e devolve o ângulo mínimo.
- d. Se o “a” for *menor* que “b” e “angulo2” não for maior que “angulo1”:
 - i. Indica que ouve uma deslocação à **direita** e devolve o ângulo mínimo.

A.4.2. Algoritmo de orientação

Antes de qualquer outro cálculo, é verificado se o utilizador efectua uma curva ou não através dos dados fornecidos pelo giroscópio. É descrito de seguida o algoritmo utilizado para calcular em tempo real se existe ou não uma deslocação significativa do utilizador que demonstre que o utilizador efectua uma curva em pista.

1. Recebe um *array* de tamanho 5 (0 a 4), que pode ser alterado em calibrações realizadas nos testes. O valor a ser testado é o valor do meio do array, neste caso é o valor da posição 2 guardado numa variável auxiliar “*testar*”.
2. É usado um valor de referência (**2.45**) que indica o valor em que o giroscópio se encontra em repouso.
3. De inicio verifica-se se o valor a testar está acima ou abaixo do valor de referência. A referência permite um limite de *tolerância*, pois o valor do giroscópio pode alterar com o aumento de temperatura :
 - a. Caso “ $\text{testar} < (\text{valor_referencia} - \text{tolerancia})$ ”, então indica para já que existe uma curva à *esquerda*.
 - b. Caso “ $\text{testar} > (\text{valor_referencia} + \text{tolerancia})$ ”, então indica para já que existe uma curva à *direita*.
 - c. Caso contrário, termina o algoritmo indicando que não existe *oscilação*.
4. Analisa-se os **valores anteriores** para verificar se o utilizador esteve até aqui a realizar uma curvar:
 - a. Se “ $\text{valor_em_teste} \geq (\text{valor_referencia} - \text{tolerancia})$ ” e o valor “testar” foi identificado no **ponto 3** como curva à *esquerda* então considera para já o valor a testar como uma *oscilação*.

- b. Se “*valor_em_teste* \leq (*valor_referencia* + *tolerancia*)” e o valor “testar” foi identificado no **ponto 3** como curva à *direita* então considera para já o valor a testar como uma *oscilação*.
- 5. Se até aqui o valor a testar foi considerado *oscilação*, então não existiu até aqui uma curva. Então é necessário analisar os **valores posteriores**, para verificar se existe um início de uma curva:
 - a. Se “*valor_em_teste* \geq (*valor_referencia* - *tolerancia*)” e o valor “testar” foi identificado no **ponto 3** como curva à *esquerda* então considera para já o valor a testar como uma *oscilação*.
 - b. Se “*valor_em_teste* \leq (*valor_referencia* + *tolerancia*)” e o valor “testar” foi identificado no **ponto 3** como curva à *direita* então considera para já o valor a testar como uma *oscilação*.
- 6. Se em ambos os casos foi considerado que existiu *oscilação*, então é devolvida essa indicação. Caso um dos pontos (4 e 5) considerem que existiu uma curva. É devolvido essa indicação ao sistema.

A figura 53 mostra a aplicação do algoritmo, mostrando um gráfico que com os valores recebidos do giroscópio, indicando a vermelho uma curva à direita, a verde uma curva á esquerda e a amarelo uma recta.

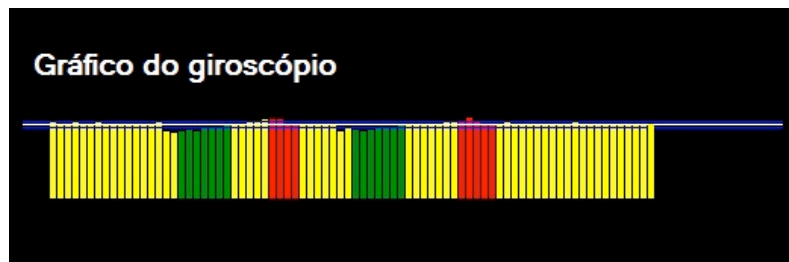


Figura 53: Gráfico com valores do giroscópio, aplicando o algoritmo de orientação.

A.4.3. Cálculo de rotação

Após ser analisado com o algoritmo descrito no ponto anterior, se o utilizador realiza ou não uma curva, o método seguinte é realizado para estimar a velocidade angular de rotação do utilizador:

1. Recebe-se um array com os últimos valores dos ângulos lidos pela bússola.
 - a. Para cada valor do array, calcula-se o ângulo mínimo com o algoritmo descrito em **A.4.1.** entre o valor actual e o seguinte. O resultado poderá ser negativo ou positivo, conforme o utilizador se desloque para a esquerda ou direita.

- b. Soma-se as diferenças calculadas e de seguida divide-se pelo número de diferenças calculadas no array, achando assim a velocidade de rotação.

A velocidade calculada não é mais que uma estimativa do incremento ou decremento do último valor recebido, calculando assim o próximo valor, que deve alterar-se a cada valor recebido de forma a manter a realização da curva caso perca o sinal com a barreira.

A figura 54 exemplifica o que foi descrito de forma a melhor se entenderem os passos realizados.

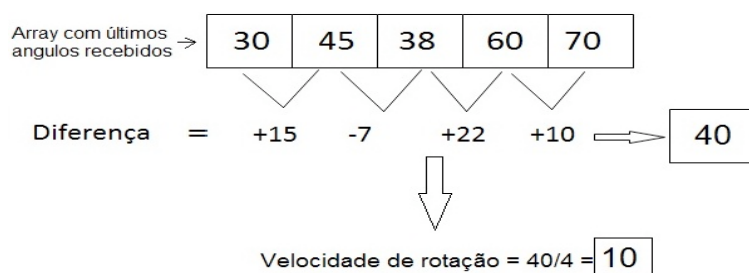


Figura 54: Exemplo de cálculo da velocidade de rotação.

A.4.4. Manter velocidade de rotação

Este algoritmo é executado em raras ocasiões apenas para ajudar a manter ou parar a corrida para segurança do invisual. É executado quando a barreira deixa de ser detectada, mantendo com o auxílio dos dados calculados com os algoritmos anteriores, o utilizador a percorrer o percurso com a velocidade de rotação anterior à perda de dados, permitindo que o sistema possa recuperar o sinal da barreira. Caso o sinal não seja encontrado, o sistema emite um sinal de alarme ao utilizador para parar a sua corrida.

Algoritmo

Para se manter uma velocidade de rotação é necessário indicar ao utilizador através dos actuadores que se mantenha a deslocar-se para a esquerda ou direita.

O sistema só realiza os cálculos necessários, aplicando este método quando necessário. Existem cálculos que são sempre realizados durante a corrida, pois os valores calculados são necessários para este algoritmo.

1. Cálculos que são sempre realizados:

- a. Cálculo da velocidade de rotação descrito em **A.4.3**.
 - i. Velocidades guardadas num *array* de tamanho **5**.
 - ii. Cálculo da média dos últimos 3 valores.
 - iii. Guarda numa variável “angulo_a_manter” o último ângulo válido.

2. Cálculos realizados apenas quando a barreira não é detectada.

- a. Caso o sistema receba **k** valores seguidos discrepantes, inicia uma contagem de tempo limite em que executa os seguintes cálculos:

- i. O sistema passa a ser controlado pelos dados do compasso.
- ii. Aumenta ou diminui de **x** em **x** tempo o “angulo_a_manter”, o seguinte código mostra o cálculo realizado, e que os valores discrepantes indica a quantidade de valores errados recebidos:

```
int ang_manter = Globais.ANG_A_MANTER +  
(media_vel_rot * valores_discrepantes);
```

- iii. O algoritmo descrito em **A.4.1**. calcula a diferença entre o ângulo actual e o ângulo que é necessário manter, devolvendo um valor que representa a intensidade do sinal de indicação para o utilizador se deslocar á esquerda ou direita.

- b. Se o tempo limite terminar:

- i. Reinicia todos os valores e variáveis.
- ii. Alerta o utilizador para terminar a corrida.
- iii. Termina o programa.