

Dispositivo Eletrônico Para Auxílio na Locomoção de Deficientes Visuais e/ou Auditivos Baseado na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$

Uanderson Celestino (UNIP) uandersoncelestino@yahoo.com.br

Jair Minoro Abe (UNIP) jairabe@uol.com.br

Resumo: Este trabalho apresenta as etapas de desenvolvimento e construção de um dispositivo eletrônico para auxílio na locomoção de deficientes visuais e/ou auditivos. O dispositivo é composto basicamente de dois sensores de ultrassom. O tratamento das informações captadas pelos sensores é processado através de um microcontrolador da família 8051 dotado de um algoritmo de controle que se baseia na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ (Para-analisador). Um dos sensores indica o grau de evidência favorável (μ), e o outro indica o grau de evidência contrária (λ), ambos relativos à proposição considerada: “não há obstáculo à frente”. A existência de obstáculos é transmitida pela vibração gerada por dois micromotores vibratórios. Assim o usuário do dispositivo pode identificar obstáculos e escolher o melhor caminho a seguir.

Palavras-chave: lógica paraconsistente anotada evidencial $E\tau$; microcontrolador; sensor de ultrassom.

Electronic Device To Aid the Movement for the Visually Impaired and / or Hearing Based on Annotated Paraconsistent Logic and Evidential $E\tau$

Abstract: This paper presents the stages of development and construction of an electronic device to aid in moving the visually impaired and / or hearing. The device consists basically of two ultrasonic sensors. The handling of information captured by the sensors is processed by a microcontroller of the family gifted with a 8051 control algorithm which is based on Annotated Paraconsistent Logic and Evidential τ (Para-analyzer). One of the sensor indicates the degree of favorable evidence (μ) and the other indicates the degree of contrary evidence (λ), both considered on the proposition: "there is no obstacle ahead." Obstacles is transmitted by the vibration generated by vibrating two micro-motors. So the user of the device can identify obstacles and choose the best way forward.

Keywords: annotated logic paraconsistent evidential $E\tau$; microcontroller, ultrasonic sensor.

1. Introdução

Em vista do avanço da Inteligência Artificial (IA), com aplicação nos mais variados campos, tais como robótica, automação industrial, etc. torna-se natural tentar aplicá-la no auxílio às pessoas portadoras de deficiência física.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define como Cegueira Legal a acuidade visual, no olho de melhor visão, sendo este igual ou menor que 6/60, ou correspondente à perda de campo visual, sendo este restrito a 20 graus de amplitude, com a melhor correção óptica, ou seja, o que uma pessoa com visão normal consegue ler ao se colocar a uma

distância 60 metros, uma pessoa com baixa visão só poderá ler a seis metros de distância (OHW, 2003).

Acuidade visual ou agudeza visual é a capacidade de transformar estímulos luminosos, que são refletidos dos objetos que estão à nossa volta em imagens, permitindo sua identificação e localização (SBO, 2009).

No Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2000, existiam 148 mil pessoas cegas e 2,4 milhões com grande dificuldade de enxergar (IBGE, 2004).

Estima-se que existam entre 40 e 45 milhões de cegos em todo o mundo e 135 milhões de pessoas com baixa visão. No entanto, em 80% dos casos, a perda visual pode ser prevenida ou mesmo curada, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Agência Internacional para a Prevenção da Cegueira. Estima-se que 90% dos casos de cegueira ocorrem nos países em desenvolvimento.

As principais causas de cegueira evitável são catarata, tracoma, oncocerquiase, certos transtornos que atingem as crianças, incluindo a deficiência de vitamina A e retinopatia, doença degenerativa não inflamatória da retina e da falta de óculos (OHW, 2003).

2. O Comportamento do Deficiente Visual

As pessoas cegas e com baixa visão normalmente necessitam do auxílio de terceiros para identificar endereços, itinerários do transporte público e outras referências para a locomoção. As barreiras percebidas durante a locomoção em vias públicas fazem do espaço urbano um local de inúmeros riscos para qualquer pessoa, e com maior risco para deficientes visuais.

Acessibilidade, segundo a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é a “possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos” (ABNT, 2004).

A acessibilidade é uma condição básica para a inclusão social das pessoas com deficiências ou que tenham necessidades especiais. Em uma sociedade que se utiliza de modernas tecnologias de informação e de comunicação, acessibilidade plena passa a ser uma necessidade constante nos centros urbanos.

Com o início das pesquisas, um trabalho de coleta de informações junto aos deficientes visuais mostrou-se necessário para que pudesse haver um entendimento sobre o assunto. Com os primeiros relatos observou-se a necessidade de haver uma proteção para a área do rosto e partes superiores do corpo.

Isso ocorre porque não há um equipamento ou dispositivo que possa detectar obstáculos a esta altura. Foram listados alguns destes objetos responsáveis por esse tipo de acidentes: cestos de lixo apoiados em postes, telefones públicos, galhos de árvores, entre outros obstáculos comumente encontrados nos percursos de deslocamento dos deficientes visuais nas cidades.

Os elementos da vegetação dentre os quais ramos pendentes, plantas entouceiradas, galhos de arbustos e de árvores devem ser preservados de modo a não interferirem na circulação (ABNT, 2004).

3. Metodologia

São conhecidos como sistemas de interação do deficiente visual à sociedade o cão-guia, sistemas de saída em Braille, sistemas de reconhecimento de voz, sistemas de saída de voz, entre outros. Estes sistemas citados apresentam pontos positivos e negativos em sua implementação.

Os custos desses dispositivos são altos e requerem muitas horas de treinamento para que os deficientes visuais possam usá-los, por isso, na prática, uma grande parte dos deficientes visuais não tem condições de adquiri-los, o que os torna pouco usados.

O trabalho foi pautado em uma solução que associa os recursos da microeletrônica com o uso de processadores capazes de processar informações, com agilidade suficiente para garantir a segurança de quem depende do resultado das informações processadas, e o apoio da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, que possibilita que dados imprecisos ou conflitantes possam ser manipulados, e destes possam ser extraídas informações relevantes.

4. A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$

A lógica clássica limita-se apenas a dois estados lógicos, o verdadeiro e o falso. Quase todos os conceitos do mundo real possuem um grau de imprecisão, e ao manipular elementos deste mundo têm-se respostas que não serão absolutamente falsas ou verdadeiras.

A Lógica Paraconsistente pertence à classe das lógicas chamadas não-clássicas e teve origem nos trabalhos elaborados e publicados em 1948, de modo independente, por Stanislaw Jaskowski, um polonês, e pelo brasileiro Newton C.A. da Costa.

Esses trabalhos pioneiros consideravam a contradição e foram denominados “paraconsistentes”, que significa “ao lado de”. O termo foi cunhado pelo filósofo peruano Francisco Miró Quesada em 1976.

Um sistema lógico nomeia-se paraconsistente se puder ser empregado como lógica subjacente de teoria inconsistente, porém, não-triviais. Isto leva a interrogar o princípio da não-contradição, entre duas proposições contraditórias, uma é falsa.

A Lógica paraconsistente permite manipular sistemas informacionais inconsistentes e extraordinariamente fortes, sem a necessidade de eliminar as contradições e sem a ocorrência de trivialização (ABE E DA SILVA FILHO, 1999).

Na Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) as fórmulas proposicionais vêm acompanhadas de anotações. Cada anotação pertencente a um reticulado finito τ , que atribui valores à sua correspondente fórmula proposicional. Percebe-se o significado da proposição por meio de uma linguagem.

Na Lógica Paraconsistente Anotada a anotação é composta por dois valores, um que representa a evidência favorável à proposição p , e outro que representa a evidência contrária à proposição p .

De forma intuitiva, podemos dizer que a proposição p pode pertencer a um dos quatro estados lógicos extremos da LPA:

- v = verdadeiro
- f = falso
- T = inconsistente
- \perp = paracompleto

É denominada “crença” a evidência favorável à proposição p , portanto, grau de crença é o primeiro valor da anotação. É denominada “descrença” a evidência contrária à proposição p , portanto, grau de descrença é o segundo valor da anotação. O grau de crença é simbolizado por μ e o grau de descrença, por λ .

Com essas considerações, cada constante anotacional do reticulado é representada pelo par ordenado (μ, λ) , em que:

μ = grau de evidência favorável

λ = grau de evidência contrária

Consideremos, então, o reticulado de Hosse com anotação de dois valores, $\tau = \{(\mu, \lambda) \mid \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathbb{R}\}$ apresentado conforme o Quadro 3.4.1 :

Se p é uma fórmula básica, o operador $\sim: |\tau| \rightarrow |\tau|$ é definido como: $\sim[(\mu, \lambda)] = (\mu, \lambda)$ em que, $(\mu, \lambda) \in \{x \in \mathbb{R} \mid 0 \leq x \leq 1\}$, considera-se (μ, λ) como anotação de p .

Assim, o valor do grau de evidência favorável μ e o grau de evidência contrária λ são completamente independentes

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ constitui uma lógica não-clássica que aceita e trata contradições e admitem outros estados lógicos entre os extremos da falsidade e da verdade, de modo não-trivial em seu interior (ABE, 1992).

Na análise paraconsistente o objetivo principal é intuitivamente saber com que medida ou "grau de certeza" se pode afirmar que uma proposição é falsa ou verdadeira. Portanto, é considerado como resultado da análise apenas o valor do grau de certeza G_c .

O valor do grau de contradição G_{ct} é um indicativo que informa a medida da inconsistência. Se houver um baixo valor de certeza ou muita inconsistência o resultado é uma indefinição.

Podemos calcular também o grau de certeza G_c pela equação: $G_c = \mu - \lambda$. O grau de certeza varia de -1 a +1 e seu valor corresponde à distância do ponto de interpolação entre o grau de evidência favorável e o grau de evidência contrária.

Pode-se calcular o Grau de contradição G_{ct} aplicando a fórmula $G_{ct} = \mu + \lambda - 1$. O grau de contradição varia de -1 a +1, e seu valor é correspondente à distância do ponto de interpolação entre os graus de evidência favorável, e do grau de evidência contrária.

Como citado por ABE (1992) e ABE e DA COSTA (2000), a discordância entre especialistas em um determinado domínio é comum e pode ser significativa na solução de problemas. Por exemplo: numa situação na qual se busca chegar a um determinado local desconhecido, é natural colhermos informações com pessoas que conhecem a região aonde se pretende ir. Se as informações colhidas são divergentes, será mais produtivo analisar melhor a situação, talvez colhendo mais informações. Assim, tais inconsistências são mais bem acomodadas em uma lógica Paraconsistente, em relação à lógica Clássica.

A Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ constitui uma lógica não-clássica que aceita e trata contradições e admitem outros estados lógicos entre os extremos da falsidade e da verdade, de modo não-trivial em seu interior (ABE, 1992).

5. Algoritmo Para-analisador

O Algoritmo Para-analisador é construído para efetuar os cálculos que determinam o Grau de Contradição e o Grau de Certeza. O algoritmo também faz a comparação entre os

valores encontrados e os ajustes externos para definir as regiões do reticulado que representam o estado lógico que será apresentado na saída do algoritmo. O QUPC é dividido em 12 regiões e permite análises para tomadas de decisão. Para a análise do dispositivo foram utilizadas quatro regiões, sendo elas: Verdadeiro, Falso, Paracompleto e Indeterminado (DA SILVA FILHO E ABE, 2001).

O Algoritmo Para-analisador pode ser utilizado em softwares aplicativos ou firmwares. Segundo a definição de Gimenez (2002), firmware é o programa ou software que se encontra exclusivamente instalado em uma unidade de memória não-volátil (não perde as informações gravadas mesmo não estando energizada). O software que gerencia as funcionalidades do dispositivo foi desenvolvido em Assembly, linguagem de máquina que demanda do programador um conhecimento do hardware utilizado (PEREIRA, 2003), ou como analisador em sistemas especialistas nas áreas de Economia, Medicina e Marketing, entre outras.

6. Hardware

6.1. Microcontrolador

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado um microcontrolador 89S52 (Atmel), que se destaca por possuir: 8K Bytes de memória flash, possibilitando sua reprogramação; baixa tensão de operação entre 4.0V a 5.5V; 32 portas de I/O (input/output) programáveis, além do baixo custo.

O software que gerencia o dispositivo é gravado na memória flash do microcontrolador e, desta forma, ao ser energizado, o programa interno será executado. As operações aritméticas e lógicas referenciadas pelo programa são executadas pela ULA (Unidade Lógica e Aritmética). Quanto mais poderosa a ULA do microcontrolador, maior será sua capacidade de processar as informações.

A maioria das operações feitas com este μ c ocorre na RAM interna. Esta afirmação pode soar estranha, pois para os padrões atuais, uma RAM 256 bytes parece exageradamente pequena. No entanto, devemos ter em mente que, quando usamos um μ c, não pretendemos fazer processamento pesado e nem executar programas sofisticados, como acontece no PC.

6.2. Sensor de Ultrassom

O funcionamento do Sonar (Sound Navigation and Ranging) baseia-se no princípio do eco. Um sinal ultrassônico de curta duração é enviado e o tempo até o eco ser recebido é medido. Sabendo-se a velocidade do som no ar, calcula-se a distância.

Ultrassom se refere a todas as frequências acima da faixa que podem ser percebidas pelo ouvido humano. O termo se refere às frequências acima de 20kHz. Animais como golfinhos e morcegos, que se utilizam da emissão e da recepção de sinais de ultrassom para a navegação e para a comunicação, geram sinais em uma faixa que varia entre 20 a 100KHz (SELVI et al., 2008).

O sonar tem seu princípio de funcionamento baseado no eco, fenômeno físico devido à reflexão de uma onda acústica por um obstáculo.

O funcionamento do Sonar (Sound Navigation and Ranging) baseia-se no princípio do eco. Um sinal ultrassônico de curta duração é enviado e o tempo até o eco ser recebido é medido. Sabendo-se a velocidade do som no ar, calcula-se a distância.

O sonar tem seu princípio de funcionamento baseado no eco, fenômeno físico devido à reflexão de uma onda acústica por um obstáculo.

6.3. Motor Elétrico Vibratório

O sentido do tato se encontra por toda a superfície do corpo humano não havendo uma região específica, uma vez que todo o tecido possui receptores nervosos que percebem vibrações e variações de temperatura.

A interface entre o usuário e o dispositivo é feita através do sentido mais usado pelo deficiente visual, o tato. Por intermédio desse sentido podem-se perceber os ambientes, como ao se fazer uso da bengala e utilizá-la como uma extensão dos braços, ou quando se faz a leitura de um texto em Braille.

Para enviar as informações ao usuário do dispositivo foram utilizados dois micromotores vibratórios elétricos de corrente contínua com diâmetro de 7mm e comprimento de 16,5mm. A tensão de alimentação dos motores variam entre 1.3VCC com uma corrente de 60 mA (PRECISION MICRODRIVES, 2005).

A vibração dos motores permite que o usuário crie uma imagem mental do ambiente o qual ele está percorrendo. O motor vibratório é um motor elétrico de corrente contínua, com o eixo fora do centro. Quando o motor começa a girar esse eixo fora do centro produz uma vibração que pode ser percebida pelo usuário do dispositivo.

6.4. Alimentação do Circuito

A alimentação do dispositivo é feita por quatro pilhas recarregáveis modelo AA NiMH (Níquel-Metal Hydride). Cada pilha com uma tensão nominal de 1,2 Volts associadas em série, totalizando uma tensão de 4,8 Volts. Deste conjunto de pilhas energiza todos os componentes elétricos e eletrônicos do aparelho.

A carga das baterias depende do número de obstáculos encontrados durante o percurso realizado pelo usuário do dispositivo.

A tensão mínima para garantir o bom funcionamento do dispositivo é de 4,3Volts, sendo que uma tensão inferior à referida reduz a confiabilidade das medições efetuadas pelos sensores.

7. Dispositivo Keller

Após a realização da pesquisa junto aos colaboradores deficientes visuais que contribuíram de forma atuante, foi observado que havia uma preocupação em proteger os membros superiores, bem como o rosto e os ombros, pois o uso de uma bengala proporciona uma varredura muito eficiente, porém, com uma cobertura limitada e, conforme foi constatado, a bengala faz a detecção somente de objetos estáticos, não dando ao deficiente visual a percepção de objetos que se movem.

Segundo a ABNT, barreira arquitetônica, urbanística ou ambiental é "qualquer elemento natural, instalado ou edificado que impeça a aproximação, transferência ou circulação no espaço, mobiliário ou equipamento urbano" (ABNT, 2004).

Com base na pesquisa que consultou a opinião do público interessado no desenvolvimento desse projeto conclui-se que o melhor local para a fixação dos sensores neste protótipo seria em óculos, por ser um acessório que já está incorporado ao dia-a-dia do deficiente visual. Com estas considerações iniciais, foi possível avançar uma etapa importante: a de adaptação com mais uma fonte de informação, as fornecidas pelos sensores de ultrassom.

O projeto contempla que os componentes elétricos e eletrônicos sejam alojados na estrutura dos óculos, e somente as pilhas de alimentação do protótipo não foram acomodadas junto às hastes.

8. Funcionamento do Dispositivo Keller

O dispositivo é composto basicamente de dois sensores de ultrassom (um à esquerda e o outro à direita), cujo tratamento das informações captadas por eles é processado através de um microcontrolador que possui um algoritmo de controle que se baseia na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et.

O sensor da direita indica o grau de evidência favorável (μ), e o da esquerda indica o grau de evidência contrária (λ), ambos relativos à proposição considerada: “não há obstáculo à frente”. Pela vibração gerada por dois motores vibratórios, o usuário do dispositivo pode identificar obstáculos e escolher o melhor caminho a seguir.

Nesta aplicação, o microprocessador processa as informações captadas pelos sensores, com o uso da lógica Paraconsistente Anotada em que é possível manipular informações incertas, conflitantes ou até mesmo a falta de informação.

O dispositivo conta com um sensor S1 que representa o sensor que traz a evidência favorável, e S2 que representa o sensor que traz a evidência contrária.

O valor lido pelo sensor S2 representa a distância entre o sensor e o obstáculo, como os sensores S1 e o S2 são sensores idênticos, porém, com funções diferentes nesta aplicação, existe a necessidade de atribuir à (λ) evidência desfavorável um valor que é o complemento do grau percebido por S2, ou seja, $\lambda = 1 - S2$.

9. Memorização do Ambiente

As principais lacunas na educação da pessoa cega dizem respeito a sua independência na locomoção, ou seja, a sua mobilidade. Desde os primórdios da história, a locomoção do cego é citada ou em desenhos ou por relatos escritos.

Um dos primeiros relatos é o do profeta Isaac, que ficou cego depois de certa idade e se deslocava com facilidade pelos campos com seu cajado de pastor, sendo assim, uma das primeiras bengalas da história.

A orientação e mobilidade podem ser definidas como um conjunto de capacidades e técnicas específicas que permitem à pessoa deficiente visual conhecer, relacionar-se e deslocar-se com independência (AIADV, 2009).

A orientação e mobilidade fazem uso de técnicas específicas de proteção e exploração, deste modo o indivíduo se locomove com segurança e independência.

Essa locomoção independente é vital para o deficiente visual devido aos benefícios psicológicos, físico, social e econômico e, principalmente, dá à pessoa o seu direito de ir e vir como um cidadão comum.

Para os deficientes visuais também vale dizer que “aprendemos com nossos erros”. Através de relatos e informações colhidas na Fundação Dorina Nowill para Cegos, conclui-se que para se locomover, o deficiente visual cria em sua mente mecanismos para guardar características e pontos de referências sobre os locais por onde ele passa.

As informações relevantes sobre determinado ambiente ou caminho a ser percorrido são armazenadas na memória e quando, por exemplo, um deficiente visual entra em uma sala,

e ele esbarra em uma parede ou coluna, aquele contato serve como uma informação importante que será guardada em seu mapa mental.

Isso faz com que, posteriormente, ao passar pelo mesmo local ele se lembrará que ali se encontra aquela parede ou coluna e isso aguçará sua curiosidade para explorar o resto do ambiente.

9.1. Obstáculo

Por definição do dicionário Aurélio, obstáculo é tudo que impede ou dificulta a realização de alguma coisa; embaraço, estorvo ou impedimento.

Precisamos desta definição para poder fazer uma consideração importante sobre o que é obstáculo e o que é uma situação que compõe um ambiente.

Vamos dar o exemplo de uma mesa em uma sala: se a mesa não estiver fora do local onde normalmente deve estar ela não é por assim dizer um obstáculo, pois ela pertence ao contexto daquela sala. Porém, se nesta mesma sala encontra-se uma cadeira muito afastada da mesa em um local que pode atrapalhar a passagem de pessoas, então podemos dizer que esta cadeira é um obstáculo.

Estas constatações vêm ao encontro do objetivo do protótipo que estamos desenvolvendo: detectar a presença ou a ausência de um obstáculo e gerar informações suficientes para que o usuário tome suas próprias decisões.

A identificação de um obstáculo pode servir de subsídio para o deficiente visual, pois este passa a ser um ponto de referência para a sua locomoção.

10. Testes com o Dispositivo Keller

Para os testes, os voluntários colaboradores da Fundação Dorina Nowill, fizeram um trajeto que normalmente fazem pelas ruas do bairro, nas proximidades da Fundação Dorina Nowill.

Nos testes, contou-se apenas com o auxílio do dispositivo e com o apoio da bengala que fazia a varredura do terreno.

O objetivo foi verificar se alguns parâmetros estavam devidamente ajustados, como o tempo de resposta fornecido pelo dispositivo e a área de cobertura dos sensores.

Os sensores, nesta oportunidade, foram ajustados e o tempo de resposta se mostrou suficiente para a reação do usuário.

Com os testes realizados na calçada pode-se ter uma correta avaliação do comportamento do dispositivo em uma situação real, que se mostrou eficiente ao identificar objetos na altura do rosto de seu usuário.

Foi observado o tempo de resposta do aparelho e a velocidade com que o usuário responde aos estímulos gerados pelos micromotores.

Uma situação que representa um risco para o deficiente visual são as árvores com o galho muito baixo. Estes galhos que não foram podados representam um risco para os deficientes visuais que passam pela calçada. Ao passar pelo local, o deficiente visual fatalmente colide com a cabeça nesse tipo de obstáculo.

Com o auxílio do dispositivo, o deficiente visual pode perceber que havia um obstáculo à frente. Este obstáculo não foi detectado pela bengala em função da altura em que se encontra o galho da árvore.

Nos testes, o dispositivo permitiu a detecção deste tipo de obstáculo com uma margem de erro de 10%, ou seja, de cada 10 testes realizados, em um deles o dispositivo não alertava o usuário a tempo de tomar uma ação preventiva.

Foi elaborado um experimento para simular uma situação real, onde o deficiente visual teria que atravessar um corredor tendo alguns obstáculos espalhados estrategicamente pelo caminho a ser percorrido (colunas feitas com caixas de papelão).

O objetivo do teste foi fazer com que o deficiente sáísse do ponto indicado como início e chegasse até o ponto indicado como objetivo

O dispositivo se mostrou eficaz na detecção dos obstáculos, à medida que o usuário prosseguia com o percurso era alertado da existência de cada coluna.

Foram detectadas algumas falhas em função do desvio do sinal de ultrassom formar um ângulo menor que 60° em relação às paredes dos obstáculos.

11. Conclusão

Pelos testes realizados, tendo em vista a precisão das informações passadas pelo dispositivo ao usuário, pôde ser constatado que o dispositivo atende às expectativas iniciais deste projeto, informando ao usuário quanto à existência de obstáculos.

O trabalho mostra que não tem a pretensão de criar um dispositivo que prive o deficiente de sua individualidade, e nem alterar a maneira como se comporta ao se locomover.

Com a avaliação dos resultados alcançados, constatou-se, mais uma vez, que a Lógica Paraconsistente Anotada surge como uma importante ferramenta no desenvolvimento de projetos ligados à área de IA e robótica.

Um ponto positivo observado foi a detecção de objetos em movimento. Durante os testes, o dispositivo permitiu que o usuário percebesse a presença de pessoas que circulavam ao seu redor - a bengala se limita à detecção de objetos estáticos. Ao girar o rosto, o usuário faz a varredura do local mantendo as mãos livres, e esta é uma contribuição muito significativa deste estudo.

12. Trabalhos Futuros

Para a continuidade do desenvolvimento deste projeto cabe ressaltar a busca pela miniaturização das partes que integram o dispositivo, bem como o aumento da abrangência e o alcance dos sensores.

Utilização de outras tecnologias para detecção de obstáculos, como por exemplo, sensores de infravermelho e de detecção de calor.

Ampliação do número de sensores, com objetivo de aumentar a percepção do ambiente externo.

Busca por novos meios de interação entre o usuário e o dispositivo, como por exemplo, uma interface sonora. As técnicas e teorias aplicadas neste trabalho podem ser posteriormente utilizadas por diversas áreas científicas, com as devidas adequações.

Referências

ABE, J. M. Decisões Consistentes Sobre o Inconsistente. In: P. L. Neto, Qualidade e Competência nas Decisões (pp. 4001,418). São Paulo, SP, BRASIL: Blucher, 2007.

ABE, J. M. Fundamentos da Lógica Anotada. Tese de Doutorado. São Paulo, 1992.

-
- ABE, J. M.** Some Aspects of Paraconsistent Systems and applications. *Logique et Analyse* , 83-96, 1997.
- ABE, J. M.; DA SILVA FILHO, J. I.** Fundamentos das Redes Neurais Artificiais Paraconsistente. São Paulo, SP, Brasil: Arte Ciência, 1999.
- ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2004.
- AIADV.** Associação Itauna de Assistência ao Deficiente Visual. Disponível em AIADV: http://www.escoladecegositu.com.br/cursos_atividade.asp, acesso em 3 de Junho de 2009. 2009.
- DA COSTA, N. C.; ABE, J. M.; MUROLO, A. C.; CASEMIRO, F. S.; DA SILVA FILHO, J. I.** Lógica Paraconsistente Aplicada. São Paulo, SP, Brasil: Atlas, 1999.
- DA SILVA FILHO, J. I.** Método de Aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com dois Valores-LPA2V Com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos. Tese de Doutorado. São Paulo: E. P. Paulo Ed., 1999.
- GIMENEZ, S. P.** Microcontroladores 8051: Teoria do hardware e do software / Aplicações em controle digital / Laboratório e simulação. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2002.
- IBGE.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em IBGE: www.ibge.gov.br, acesso em 5 de Janeiro de 2009. 2004.
- OHW.** World Health Organization. Disponível em OHW: [http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003-pr73/en/](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr73/en/), acesso em 20 de fevereiro de 2009. 2003.
- PCUC.** Clube Português de Utilizadores de Cão-guia. Disponível em PCUC: <http://www.cpuc.org.pt/cao-guia.html>, acesso em 12 de Julho de 2009. 2005.
- PRECISION MICRODRIVES.** Disponível em <http://www.precisionmicrodrives.-com/>, acesso em 1 de outubro de 2005. 2005. 91
- SBO.** Sociedade Brasileira de Oftalmologia. Disponível em SBO: <http://www.sboportal.org.br/site2/index.asp>, acesso em 20 de junho de 2009. 2009.