

## **SonarX - Ver Através do Som**

Autores: Sofia Cavaco, Tomás Henriques, Michele Mengucci, Nuno Correia, Francisco Medeiros

O SonarX é uma ferramenta informática desenvolvida por investigadores da Universidade Nova de Lisboa e Buffalo State College (Estados Unidos da América) que transforma informação visual em auditiva. O objectivo principal desta ferramenta informática é fornecer informação sobre a luminosidade e cores do ambiente envolvente através do som. Destina-se principalmente a pessoas cegas e amblíopes, mas tem diversas outras aplicações. Pode, por exemplo, ser útil para pessoas daltónicas, ajudando-as a distinguir cores que de outra forma não conseguem distinguir (tal como cores de semáforos, cores de fruta verde e madura, etc.). O SonarX pode também ser útil em laboratórios químicos, onde pode ser usado para assinalar uma mudança de cor em reacções químicas. Outras áreas onde o SonarX tem aplicações práticas incluem por exemplo as artes e terapias. Na área das artes pode ser usado, por exemplo, como complemento a exposições de escultura, pintura, espectáculos, etc. Quando os sons são tocados lentamente e resultam do

mapeamento de imagens agradáveis em som, podem ter efeitos terapêuticos de relaxação de acordo com princípios terapêuticos de som e cor.

Apesar de ainda estar em desenvolvimento, o SonarX<sup>1</sup> foi já testado por vários voluntários cegos e amblíopes, que confirmaram com entusiasmo que uma ferramenta deste tipo, pode ser útil no dia-a-dia de pessoas com deficiências visuais. Alguns voluntários comentaram que a ferramenta é útil para escolher roupas de cores que combinam, que pode ser usada para, apontando para uma janela, verificar se o dia é enublado ou de sol, ou para determinar onde está uma janela ou saída para o exterior de um edifício. Estas, entre muitas outras utilizações práticas do SonarX, comprovam que é uma ferramenta com bastante potencial, que pode facilitar um pouco o dia-a-dia de pessoas cegas e amblíopes nas mais diversas tarefas e tomadas de decisão.

### **Como funciona**

O princípio por detrás do SonarX é transformar propriedades visuais das imagens em propriedades sonoras. Para isso transforma um conjunto de propriedades que caracterizam os píxeis, ou seja,

---

<sup>1</sup> O SonarX está disponível em <http://ctp.di.fct.unl.pt/~sc/SeeThroughSound>.

as unidades elementares das imagens digitais, num conjunto de propriedades do áudio que estão directamente relacionadas com a altura, timbre e intensidade. Estas propriedades são depois usadas para gerar os sons correspondentes às imagens.

O SonarX está preparado para processar imagens digitais e quadros de vídeo captado em tempo real (onde quadro é uma imagem fixa da sequência de imagens que compõem um vídeo) . O processamento de uma imagem (ou quadro de vídeo) resulta na geração de um conjunto de sons elementares que são o mapeamento dos valores dos píxeis presentes na imagem. Desta forma, estes sons elementares contêm informação sobre as cores e luminosidade existentes na imagem, assim como a localização e formas dos objectos presentes na imagem.

Para processar uma imagem, o SonarX inspecciona, isto é, varre a imagem de cima para baixo, uma linha de cada vez. Para evitar que haja demasiada informação sonora, talvez difícil de processar pelos utilizadores, em vez de emitir um som por cada píxel da linha, o SonarX divide as linhas em doze regiões e emite um som correspondente a cada uma dessas regiões (fig. 1). O som é determinado pela média dos valores dos píxeis dessa região. Os sons de cada linha são

emitidos em simultâneo, mas os sons de linhas diferentes são emitidos em sequência.

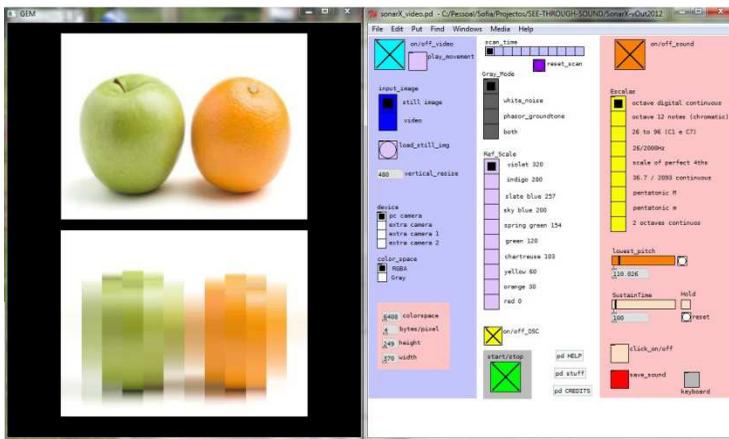


Fig.1. SonarX. Imagem carregada a partir de ficheiro (topo esquerdo). Imagem varrida (em baixo à esquerda). A deformação da imagem resulta da divisão em regiões de píxeis. Janela de comandos (direita).

Quando o SonarX chega à última linha da imagem, repete o processo voltando de novo à primeira linha de píxeis. Quando as imagens são quadros de vídeo, o processamento é o mesmo mas os sons variam de quadro para quadro dependendo das diferenças entre os quadros, o que permite, por exemplo, detectar movimento.

A velocidade de varrimento pode ser escolhida pelo utilizador. Por exemplo, uma velocidade mais lenta pode ser escolhida quando se pretende uma

descrição mais detalhada do ambiente, enquanto que uma mais rápida pode ser usada para detectar mudanças rápidas entre os quadros (como por exemplo, o movimento de um objecto, pessoa, animal, etc.).

## **Validação**

Alguns dos testes de validação mencionados acima tiveram um carácter informal, foi usada a câmara de vídeo, que os utilizadores podiam usar livremente, ou com ajuda, para explorarem o ambiente envolvente. Além destes testes, foram também realizados testes formais que visavam testar a utilidade do SonarX na distinção de cores, formas e localização de objectos numa forma mais sistemática.

Sucintamente, no primeiro teste, depois dum curto período de treino que tinha como objectivo a familiarização com os sons produzidos pelo SonarX, eram apresentados vários sons que os participantes deviam fazer corresponder a cores. Estes sons consistiam no mapeamento de imagens simples, que continham apenas uma cor, isto é, todos os píxeis presentes na imagem tinham os mesmo valores. Foram usadas sete cores e o intervalo de frequências dos sons gerados correspondia ao intervalo numa oitava musical.

Os resultados deste teste demonstraram que pessoas com treino musical têm mais facilidade em identificar as cores correspondentes aos sons. No entanto, apesar de para pessoas sem treino musical poder não ser fácil fazer a associação dos sons às sete cores usadas (quando o intervalo de frequências corresponde apenas a uma oitava musical) é possível fazer a associação a vizinhanças de cores. As vizinhanças são por exemplo, {vermelho, laranja, amarelo} e {amarelo, verde, azul}. Os resultados deste teste são bastante altos quando se consideram as vizinhanças: variam entre 75% e 96% de respostas certas, dependendo da cor.

Foi também possível concluir que o intervalo de frequências usado na geração de sons, deve ser maior que uma oitava musical. Quanto maior for o intervalo, mais fácil será para os utilizadores distinguir os sons correspondentes a cores diferentes.

Num outro teste, apresentaram-se formas geométricas simples, tais como triângulos, quadrados e círculos (fig. 2). Depois de se explicar aos voluntários quais as diferenças entre os sons resultantes do mapeamento destas formas, foram apresentados sons que consistiam no mapeamento de imagens que continham uma destas formas

geométricas. Os voluntários deveriam tentar identificar as formas geométricas presentes nas imagens.

Os resultados deste teste demonstraram que é possível distinguir formas simples a partir dos sons resultantes do mapeamento feito pelo SonarX. Verificou-se que a taxa de reconhecimento é de 100%, ou seja todos os participantes obtiveram 100% de respostas certas.

Como as imagens são varridas de cima para baixo e os sons das linhas são tocados em sequência (e não todas as linhas ao mesmo tempo), a sequência de sons fornece informação sobre as formas dos objectos. A sequência de sons é ouvida como um único som cuja intensidade se mantém constante, aumenta ou diminui. Por exemplo, um rectângulo (com lados paralelos ao ecrã) é caracterizado por um som com intensidade constante que é tocado enquanto o rectângulo é varrido (de cima para baixo). O som começa repentinamente quando o lado superior é varrido, mantém-se constante até a linha de varrimento chegar ao lado inferior e acaba repentinamente assim que essa última linha de píxeis for processada. Por outro lado, um triângulo é caracterizado por um som com intensidade crescente ou decrescente (dependendo da

orientação do triângulo). Por exemplo, um triângulo isósceles (fig. 2.a) com a base paralela ao lado inferior do ecrã, começa por um som com intensidade mais fraca que vai aumentando até a linha de varrimento intersectar a base do triângulo. Um círculo, por outro lado, começa com um som de intensidade fraca que vai aumentando até a linha de varrimento intersectar o centro do círculo (fig. 2b). Nessa altura a intensidade começa a decrescer até a linha de varrimento chegar à base do círculo.

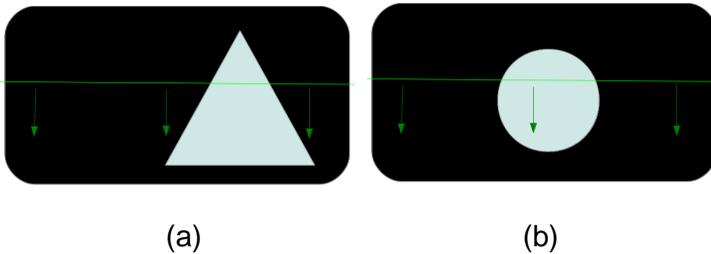


Fig.2. Imagens com formas geométricas usadas em testes com pessoas cegas e amblíopes. A linha horizontal (linha de varrimento) e setas indicam o sentido de varrimento da imagem. A intersecção desta linha com a forma determina quais os píxeis que são tocados, isto é, quais são mapeados em som audível. (a) Triângulo. (b) Círculo.

Finalmente, foi também testada a localização de objectos. Neste teste foram usadas figuras com uma forma geométrica localizada em diferentes

zonas da imagem (topo esquerdo, todo centro, etc.) Depois de apenas alguns minutos de treino, todos os participantes neste teste conseguiram localizar correctamente todas as amostras que lhes foram apresentadas.

Para simular as diferentes localizações verticais, o SonarX emite um clique quando a linha de varrimento está no topo da imagem. Quando toda a imagem é varrida, o processo repete-se, isto é, a linha de varrimento volta ao topo da imagem, é emitido um clique e o SonarX processa de novo a imagem de cima para baixo (no caso de ser vídeo em tempo real o novo quadro pode diferir do anterior). Avaliando o intervalo temporal entre o clique e o evento sonoro correspondente ao objecto que se pretende localizar, é possível determinar a localização vertical do objecto. Para a localização horizontal, usam-se diferenças de fase entre os sinais emitidos no canal esquerdo e direito. Esta diferença de fase dá a percepção de localização no plano horizontal.

## **Conclusões**

O SonarX é uma ferramenta informática com grande potencial, que pode facilitar a vida diária de pessoas cegas e amblíopes nas mais diversas tarefas. É ainda útil para químicos, daltónicos,

artistas, etc. Os sons gerados contêm informação sobre as cores e luminosidade existentes nas imagens, presença, forma, localização e movimento de objectos.

Tal como mencionado anteriormente, o SonarX está ainda em desenvolvimento. Verificou-se que a sua utilização com imagens carregadas a partir de ficheiros ou com a câmara numa posição estável não apresenta dificuldades, mas se o utilizador opta por segurar na câmara com uma mão para explorar o ambiente tem que ter alguma prática tanto para interpretar os sons como para movimentar a câmara, pois há tendência em movimentar a câmara muito rapidamente em vez de se utilizarem movimentos lentos. Os investigadores estão a considerar esta questão entre outras melhorias no desenvolvimento do SonarX.

### **Agradecimentos**

O SonarX foi desenvolvido no âmbito dum projecto (UTA-Exp/MAI/0025/2009) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e o programa Digital Media da UT Austin - Portugal.

Os autores agradecem a colaboração de Carlos Ferreira e a todos os voluntários que participaram nos testes de validação.