

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FISICA GLEB WATAGHIN
PROGRAMA DE FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR SUPERIOR
PROFIS-PRG

Campinas 14 de dezembro de 2012

Projeto: Montagem e alinhamento de sistemas tridimensionais

Relatório final

Aluno: Guilherme Arruda Pedroso

Orientador: Prof. José Joaquin Lunazzi

Resumo

Com um maior uso das tecnologias tridimensionais atualmente é cada vez mais interessante buscarmos as suas origens e entender o seu funcionamento. Com o experimento com a holotela utilizando em paralelo um divisor de feixes tentaremos mostrar como é o funcionamento dessa tecnologia e se obtivemos êxito em sua aplicação.

- Sumario:

1. Introdução.....	pág. 4
2. Métodos.....	pág. 6
3. Resultados.....	pág. 9
4. Conclusão.....	pág. 10
5. Bibliografia.....	pág. 11
6. Anexos.....	pág. 12

- Sumario de imagens:

Figura 1: Óculos anaglíficos.....	pág. 4
Figura 2: O sistema de barreira de paralaxe.....	pág. 5
Figura 3: Óculos polarizados.....	pág. 5
Figura 4: Divisor de feixes.....	pág. 7
Figura 5: Esquema de raios.....	pág. 8
Figura 6: Projeção na holotela.....	pág. 9
Figura 7: Imagem da holotela interagindo com bisturi.....	pág.10

1. Introdução

Atualmente a tecnologia tridimensional tem recebido um ótimo investimento dos setores de entretenimento como, por exemplo, o cinema ou até mesmo parques de diversão.

Mesmo essa tecnologia sendo mais conhecida atualmente os seus estudos já despertam o interesse da humanidade desde o tempo dos gregos, onde o filósofo Euclides já havia despertado o interesse quanto à visão binocular. Esses interesses não eram apenas dos gregos, os árabes desenvolveram técnicas de desenho e noções de perspectiva e até mesmo grandes estudiosos como Leonardo Da Vinci e Kepler e mestres como Giotto Caravaggi estudaram sobre ilusão de imagens e elementos que se projetavam de suas telas.

Os primeiros registros sobre estudos relacionados a essa tecnologia datam do século XIX, em 1838 onde o cientista Sir Charles Wheatstone criou o estereoscópio que é um dispositivo de conversão de imagens 2D em imagens 3D, a partir de uma certa combinação entre prismas e espelhos. Esse aparelho já demonstrou que era possível a partir da combinação de duas imagens para formar outra imagem com a noção de profundidade e tridimensionalidade.

Em 1849, o cientista escocês David Brewster, inventou o estereoscópio com as lentes prismáticas.

Em 1850 Joseph D'Almeida inventou o anaglifo. Esse sistema é o mais conhecido atualmente devido a sua simplicidade, onde o par estéreo é desenhado de duas cores diferentes (vermelho e azul) e elas são separadas por óculos com as cores correspondentes. Esse sistema apenas foi patenteado nos anos de 1891, Louis Arthur Ducos du Hauron.

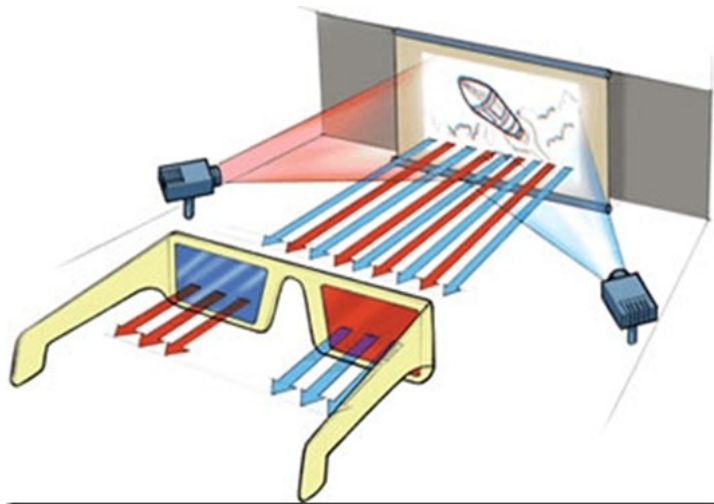


Figura 1: Nessa imagem podemos visualizar como é o funcionamento do sistema anaglifo. Podemos ver que cada um dos projetores está projetando uma imagem de cada cor (azul e vermelho) e que cada uma delas está sendo visualizada em sua lente com cor correspondente.

Em 1859, o medico americano Dr. Oliver Wendell Holmes, ampliou a qualidade do estereoscópio utilizando copias fotográficas de pares estereoscópicos.

Em 1889, foi criado o primeiro filme em anaglifo foi produzido por William Frise Green. O cinema 3D passou a ser um sucesso no inicio do sec. XX.

Em 1903, estudos levam a um método que permite a visão estereográfica sem a utilização de óculos e esse sistema e nomeado como Parallax Streogram, que se baseia em uma técnica que é constituída de imagens da esquerda e da direita divididas em tiras verticais e alinhados a partir de uma serie de filetes opacos alinhados verticalmente e com a mesma frequência e com fendas livres menores em larguras pelas quais as imagens eram visualizadas pelos olhos.



Figura 2: Exemplo do alinhamento do Parallax Streogram. Nessa imagem podemos ver a as tiras verticais que separam a imagem e direcionam cada uma delas para o olho do usuário.

Em 1932, Edwin H. Land desenvolveu um novo processo de separação do par de imagens estereográficas baseado na polarização de cada uma das imagens e com a utilização sendo possível assim a visualização da imagem tridimensional com o auxilio de um óculos polaroide. Essa tecnologia possibilitou o aparecimento da projeção de imagens e vídeos em terceira dimensão coloridas.

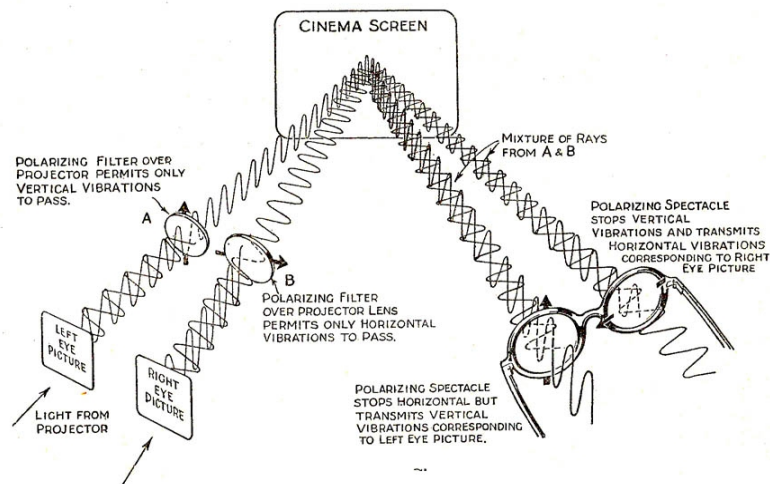


Figura 3: No desenho acima podemos ver como e o funcionamento dos óculos polaroides e do sistema polarizado.

Nas primeiras décadas do sec. XXI a tecnologia e investimento em aparelhos digitais permite uma visualização de projeções em 3D com o uso dos óculos obturados com cristal liquido (shutter glasses).

Tendo uma base histórica do desenvolvimento e pesquisa da tecnologia tridimensional, esse experimento visa testar a tecnologia da holotela que possibilita a visualização de imagens na terceira dimensão sem a utilização dos óculos. O tema é o da projeção tridimensional de imagens em telas difrativas, onde o Prof. Lunazzi foi pioneiro, pois foi o primeiro (e único ainda) que as utiliza usando integralmente luz branca. A sequência histórica do uso de telas difrativas é realizada, e feita a comparação com técnicas que desenvolvem imagens tridimensionais para ver sem precisar de óculos. Referências a estudos similares com a visualização de imagens tridimensionais sem a utilização de óculos podem ser vistos no artigo do Prof. Lunazzi[1] onde ele constata que em 1945 Semioj Ivanov implantou o primeiro e até hoje único cinema 3D sem a utilização de óculos especiais[2].

2. Métodos

Para a execução do experimento primeiramente foi necessário à montagem do divisor de feixes. A deste foi necessária para conseguirmos utilizar um projetor único para projetarmos o par estéreo e para conseguirmos também a interação de objetos com as imagens de 3D virtual da holotela. O sistema para produzir o par estéreo também era uma câmera única. Ambos foram apresentados no congresso da ABINFO "LatinDisplay 2012", Univ. MacKenzie, São Paulo-SP, 26-30/11/12 publicados digitalmente nos Anais do Evento, ambos os artigos estão sendo preparados para publicação em revista especializada internacional. (Vide Anexos I e II)

Para fazermos eles utilizamos os seguintes materiais:

- 4 hastes de alumínio de 72 cm
- 2 hastes de alumínio de 13,3 cm
- 2 hastes de alumínio de 18 cm
- 4 espelhos pequenos de 17,5 X 17,5 cm
- 2 espelhos grandes de 40 X 30 cm
- 2 bases triangulares retangulares com 26 cm de base e 25.5 cm de altura

As hastes de alumínio vão juntas formar a estrutura principal do aparelho que tem o formato de um paralelepípedo, onde os espelhos iram conseguir ficar apoiados e inclinados à aproximadamente 45°. As hastes menores de 13,3 e 18 cm formaram os quadrados laterais do paralelepípedo enquanto as hastes maiores formaram as arestas que juntaram os dois quadrados para assim formar o paralelepípedo.

Com a montagem da estrutura principal do aparelho ela foi fixada em suas bases triangulares, para então ficar na altura ideal para receber a projeção do par estéreo vindo do projetor instalado a uma altura aproximadamente de 1,69 m do ponto central da projeção.

Após as bases serem fixadas os espelhos menores foram colocados dentro da estrutura principal sendo que dois deles foram colocados com a parte espelhada voltada para cima com suas extremidades superiores juntas. Os outros dois espelhos foram colocados com suas faces espelhadas voltadas para a parte de baixo e de forma a ficarem paralelos com os espelhos centrais sendo que cada um deles foi colocado em uma extremidade da estrutura. A distância entre os espelhos centrais e os espelhos que estão em paralelo com eles e variável, pois é ela quem define um melhor alinhamento da imagem final projetada na imagem.



Figura 4: Divisor de feixes.

Com o aparelho totalmente montado e no local onde será feita a projeção os espelhos grandes são colocados embaixo do aparelho para que as imagens do par estéreo sejam refletidas no espelho maior instalado no teto e então serem alinhadas na holotela.

Com a conclusão da montagem do aparelho os pares estéreos são projetados nele fazendo então que as imagens sejam separadas como e possível visualizar na imagem 5.

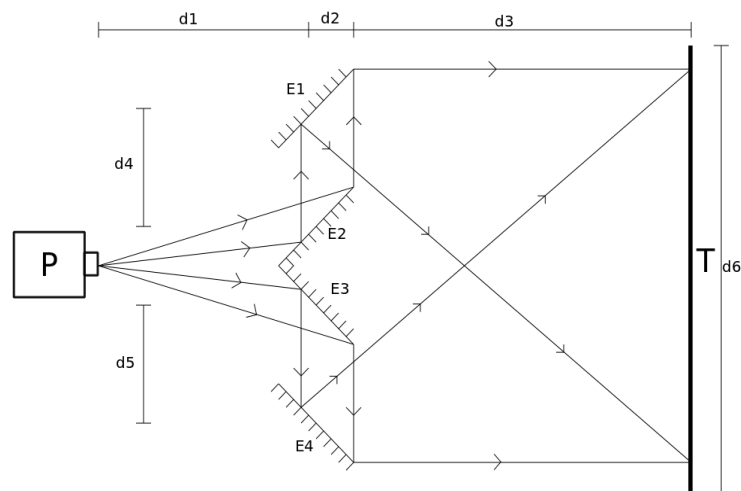


Figura 5: Esquema de raios do divisor de feixe. P= projetor; E1,E2,E3,E4= espelhos menores; T- Tela.

O processo para poder ocorrer à visualização da imagem tridimensional sem os óculos ocorre primeiramente à divisão do par estéreo no aparelho. O aparelho divide o par de imagens levando uma delas para a esquerda e outra para a direita. Isso acontece devido ao posicionamento dos espelhos menores. Após ser dividida em duas imagens distintas cada uma das imagens é refletida nos espelhos maiores de baixo e dali eles refletem no espelho do teto e sofrem um alinhamento para formar apenas uma única imagem na holotela. A holotela por sua vez divide a imagem novamente em duas pequenas faixas na vertical sendo que a separação delas deve ser a distancia entre os olhos do usuário.

Todo esse processo para a visualização da imagem tridimensional é demonstrado na imagem 5, onde d_4 e d_5 são variáveis e reajustados de acordo com a medida da separação dos olhos do observador da imagem sendo esse reajuste de fácil execução. A distância d_1 é de aproximadamente 1,45 m sendo essa a distancia entre o divisor de feixes e o projetor. A distância d_2 é também variável visto que ela varia de acordo com o reajuste de d_4 e d_5 . A distância d_3 é a distancia entre o divisor de feixes e a holotela sendo ela de aproximadamente 2,50 m.

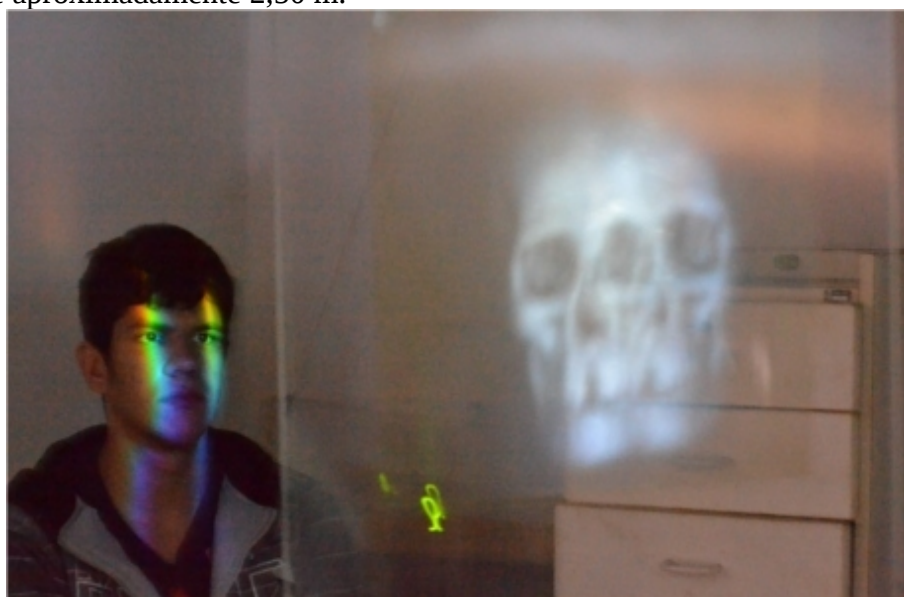


Figura 6: Projeção na holotela. Como podemos ver as imagens na holotela se dividem e se concentra na forma de duas faixas verticais, sendo que cada uma é projetada em um olho do usuário.

Antes mesmo de o experimento ser feito com a holotela foi feito um teste com lentes polarizadas em uma tela propicia para esse teste. Para esse procedimento foi apenas necessário colocar filtros polarizados e alinha-los com os óculos polarizados que seriam utilizados para esse primeiro teste onde era possível analisar a precisão do alinhamento do aparelho, mas com esse procedimento ainda não era possível à visualização da imagem tridimensional sem a utilização de óculos.

3. Resultados

O experimento se mostrou funcional, sendo que a holotela com a ajuda do divisor de feixes conseguiu executar a sua função da execução de vídeos em imagens em terceira dimensão sem a utilização de óculos polarizados ou bicolores. A movimentação do individuo que procura ter uma visualização das imagens nesse sistema e limitada visto que ele não pode se movimentar muito para os lados, nem para frente ou tras, no que fica igual aos sistemas que usam barreira de paralaxe ou lenticulas. No caso particular da tela holográfica utilizada a limitação foi maior porque tinha uma margem muito restrita de largura para permitir a movimentação horizontal do observador. Uma tela feita com esse critério por um ex-aluno do Prof. Lunazzi permite bem mais movimentação (Magalhães)[3]. Foi possível ver também que o sistema de divisor de feixes pode ser adaptado para fazer projeções bicolores e polarizados. "Foi possível visualizar que a imagem na tela 3D produzida pela holotela podia interagir com objetos externos a projeção. (ver Fig. 7)

Soubemos no evento LatinDisplay 2012 que tela comercial transparente está próxima a ser comercializada pela firma PLANAR dos EUA[4], mas tem somente 7% de transmissão contra 75% que a nossa tem.

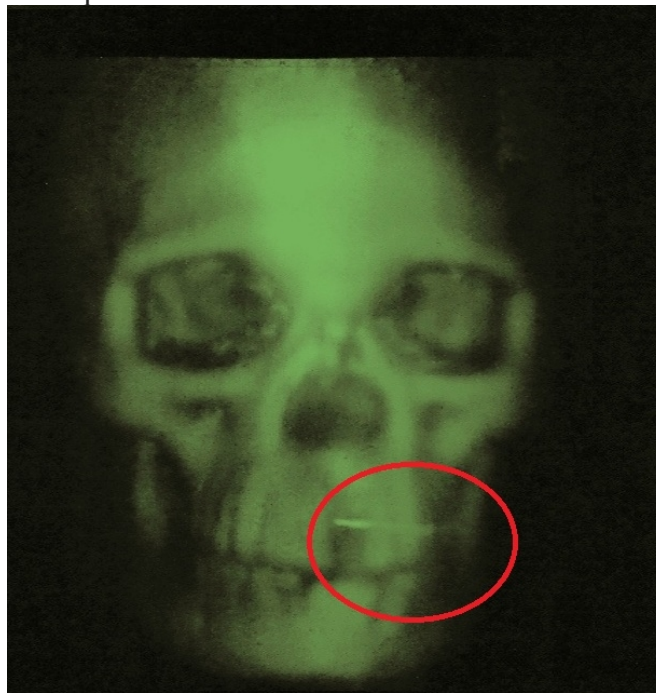


Figura 7: Imagem da holotela interagindo com bisturi

4. Conclusões

Podemos concluir com os resultados obtidos pelo experimento que realmente é possível a visualização de imagens e vídeos em terceira dimensão sem o auxílio de óculos próprios para essa função. Essa tecnologia poderia também ser utilizada para fins de treinamento de médicos para simular cirurgias devido a possibilidade de objetos interagirem com a imagem sem causar interferências. Poderia também ser construídos uma câmera e projetor único para obter imagens em par estéreo.

5. Bibliografia

-Historia do 3D- <http://www.photon3d.com.br/historia.php>.- Ultima vez visualizado no dia 10/12/2012.

-Conheça a historia de dois séculos de 3D- <http://tecnologia.terra.com.br/mundo-em-3d/noticias/0,,OI4962072-EI17669,00-Conheca+a+historia+de+dois+seculos+de+D.html>- Ultima vez visualizado no dia 10/12/2012.

-[1]Book title: Advanced Holography: Metrology and Imaging ISBN: 978-953-307-729-1 Chapter: Holoimages on diffractive screens - J.J. Lunazzi InTech Publishers – <http://www.intechopen.com/articles/show/title/holoimages-on-diffraction-screens>- Ultima vez visualizado no dia 10/12/2012

- [2] Cinema 3D sem óculos Ivanov (Rússia)- <http://tinyurl.com/gaborsscreen>- Ultima vez visualizado no dia 12/12/2012

- [3] "Glasses-free 3D viewing systems for medical imaging", Daniel S.F. Magalhaes, Rolando L. Serra b, Andre L. Vannucci, Alfredo B. Moreno, Li M. Li, Optics & Laser Technology 44 (2012) 650–655.

-[4] TD3200 Transparent screen, informação fornecida pelo cientista chefe da firma Planar Systems, Sr. Adi Abileah.-<http://www.planar.com/>

6. Anexos

Anexo I

Interação do cirurgião com a imagem 3D tomográfica: necessidade de um mostrador transparente, uso da tela holográfica.

José J. Lunazzi, Guilherme A. Pedroso

Instituto de Física-Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Rua Sergio Buarque de Holanda, 777 Campinas, 13083-859-São Paulo-SP, Brazil

Resumo

Sistemas para visualização 3D de tomografias existem para visão binocular por meio de óculos filtrantes ou até sem óculos, em versão de par estéreo. E na forma de hologramas e de projeção em telas holográficas. Embora sugerida, a interação do cirurgião com a imagem não é possível porque a colocação de um objeto verdadeiro no caminho da luz que sai da tela para formar imagem a frente destrói a visão tridimensional. A imagem deve aparecer por trás da tela e para isso ela deve ser bem transparente. A tela holográfica é no momento a única capaz de tal feito. Explicaremos porque e mostraremos resultados experimentais.

Introdução

A possibilidade de se realizar manipulações com objetos reais dentro de imagens tridimensionais teria várias aplicações, por exemplo, em teste de cirurgias. Como acontece que não é possível sobrepor objetos reais com imagens que aparecem pela frente da tela, porque estes alteram o caminho dos raios, a única possibilidade é ter os objetos por trás da tela, no espaço onde a imagem resultasse colocada. O que requer telas transparentes. Os difusores feitos à maneira holográfica, ou seja, utilizando uma distribuição de luz para ser registrada por meio de um feixe de referência e, depois da revelação, iluminar a superfície de registro de maneira reversa para reaver essa distribuição luminosa, estão sendo muito bem sucedidos em várias aplicações(1). O difusor holográfico é fino e fácil de reproduzir. Telas holográficas tem sido propostas para fornecer seletivamente imagens diferentes à audiência desde que notou-se que a direcionalidade do feixe difratado era muito precisa. Sua extensão a iluminação por luz branca tem gerado a possibilidade da projeção de imagens com perfeita tridimensionalidade sem precisar de auxiliares para a visão do observador(2). Elas são até o momento as mais perfeitas telas para visão tridimensionais com transparência. Uma sequência de telas transparentes tem sido proposta para mostrar imagens em volume, mas o grau de transparência e resolução seria muito limitado e impossível de se manipular dentro da imagem. Telas autoestereoscópicas transparentes poderiam ter as condições desejadas, mas até o momento não conhecemos nenhuma. Mostramos neste trabalho como é possível realizar a visualização de objetos reais dentro do volume de imagens tridimensionais por meio de tela holo-gráfica usando luz branca.

Descrição

A proposta de usar imagens tridimensionais para facilitar o estudo pre-cirúrgico pode ser vista em vários artigos, porém vamos nos centrar nos casos de sistemas que liberam ao cirurgião do uso de acessórios visuais. Nesse caso entram os hologramas, realizados através de tomografias(3,4), e sistemas estereoscópicos que usam telas holográficas(5,6,7) com alguma limitação de posições para o observador. Nestes sistemas a colocação de cada cena no par estéreo no olho correspondente do observador é perfeita dentro de uma distância definida, temos um exemplo demonstrativo do funcionamento na Fig.1 em um caso de estrito posicionamento de uma distribuição de largura praticamente igual ao tamanho dos olhos.



Figura 1: A luz recebida pela tela holográfica é posicionada precisamente nos olhos do observador, de maneira separada.

O grau de difusão das telas, que notamos na figura por causa da figura dupla visível, é mínimo e não afeta a transparência, mas há um fato não esclarecido na relação de possibilidades desses sistemas: a introdução de objetos não é possível, eles interrompem a passagem dos raios em uma região de volume deles que afetam a imagem em volta da presença deles. A única possibilidade é colocar a imagem por trás da tela onde os objetos poderão estar presentes. Realizamos isto e obtivemos ótimo resultado, como mostra a fotografia da Fig. 2.



Figura 2: Detalhe mostrando a imagem de um crânio obtido por tomografia sobreposta à de um bisturi.

Detalhes experimentais

Utilizamos um sistema de projeção que adapta um projetor simples ViewSonic PJ503D de 1.500 ANSI Lumens a funcionar como duplo projetando um par estéreo colocado com as vistas lado a lado(8). A tela tinha 50 cm x 66,5 cm e a imagem era projetada a uns 5 m de distância do projetor, enquanto aparecia tridimensionalmente a 1 m por trás dele, onde o bisturi foi colocado segurando-o com a mão. Mesmo que o sistema de projeção dupla não tinha um desenho óptico qualificado para a tarefa o grau de nitidez foi ainda compatível com o de experimentos anteriores nos que usamos dois projetores (6) e o brilho bem maior.

Conclusões

Descrevemos um protótipo experimental que mostra a possibilidade de se ter, com um equipamento compacto na projeção de imagens 3D, a possibilidade de teste de manipulação de objetos dentro de imagens tridimensionais.

Agradecimentos

Agradecemos à Pro-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da UNICAMP-PREAC pelos recursos outorgados que vem permitindo nos últimos anos divulgar a estereoscópica junto do evento “Exposição de Holografia e Imagens” (9) com recursos digitais. À Pró-reitoria de Graduação-PRG da UNICAMP pela bolsa PROFIS outorgada a G. Pedroso, e pela bolsa SAE outorgada anualmente para dois estudantes colaborarem com as disciplinas de experimentos didáticos de física sob responsabilidade do autor. Agradecemos ao Prof. Alexandre Falcão, do Instituto de Computação da UNICAMP, pelo fornecimento das imagens tomográficas que utilizamos nos experimentos com tela holográfica.

Referência

- [1] Difusores realizados dando formato desejado à distribuição de luz: <http://www.luminitco.com/>
- [2] Lunazzi, J.J., "*Holoimages on diffractive screens*", capítulo do livro "Holograms", InTech Publishers, Rijeka, Croácia, 2011, <http://www.intechopen.com/articles/show/title/holoimages-on-diffraction-screens> www.intechweb.org pp. 257-276 DOI: 10.5772/22094 ISBN: 978-953-307-729-1 , impresso e de leitura livre, sem apoio FAPESP foi pago pelo autor.
- [3] Sistemas desenvolvidos pela firma VOXEL <http://www.voxel.com/>
- [4] "*3D Imaging Assisting Surgeons in Separation Surgery*", Sam Penrod Reporting, <http://www.ksl.com/?nid=148&sid=408002>
- [5] Lunazzi, J.J., Patente "*Procédé et dispositif pour projeter et observer des images différenciées ou stéréoscopiques, dessins, photographies, films cinématographiques ou video*", INPI-FR, No 8907241, 1992
- [6] J. J. Lunazzi, et al, "*Descrição dos sistemas mais atuais de demonstração de imagens tridimensionais a olho nu, do papel das telas holográficas neles, e de sistemas pseudo-3D*", encontro latinoamericano "LatinDisplay 2007", Hotel Nacional Inn, Campinas-SP-BR, 12-15 de novembro de 2007, p.123-127 http://www.youtube.com/watch?v=2qkNJZ9J_xs&list=UUqDhs_NkwwVJlyNkuN9B_kw&index=10&feature=plcp
- [7] D.S.F. Magalhaes et al., "*Glasses-free 3D viewing systems for medical imaging*", Optics & Laser Technology 44 (2012) 650–655
- [8] Lunazzi, J.J., , LatinDisplay 2012.
- [9] Evento descrito em: www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/expo.htm

Anexo II

Sistema compacto para projeção de foto e vídeo 3D estéreo compatível com um sistema de captura semelhante.

José J. Lunazzi, Samuel S. Moreira, Guilherme A. Pedroso

Instituto de Física-Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Rua Sergio Buarque de Holanda, 777 Campinas, 13083-859-São Paulo-SP, Brazil

Resumo

A época da foto e vídeo digitais ajudou a reviver o uso da imagem 3D estereoscópica mas apenas no cinema. Técnicas anteriores de adaptação de câmeras e a fabricação de câmeras para isso para uso fora do cinema não foram reproduzidas. Descrevemos aqui o uso de espelhos para fazer a captura por meio de uma só câmera e a projeção com um só projetor. O protótipo foi realizado e é demonstrativo, sugerindo que a ideia poderia ser aproveitada industrialmente.

Introdução

No século XIX a fotografia foi inventada e logo depois o foi a estereofotografia: Charles Wheatstone em 1838 apresentou o estereoscópio, que era baseado em espelhos(1). O processo de capturar imagens em 3D por meio de duas vistas horizontalmente deslocadas de uma cena tem hoje quase dois séculos de aplicação mas não de maneira continuada. Teve momentos de popularidade e outros em que ficou nas mãos de somente alguns seguidores. Para fazer um par estéreo é necessário usar duas câmeras simultaneamente ou deslocar uma câmera para tomar os dois pontos de vista em sequencia. Em 1894 Theodore Brown patenteou um sistema para realizar tomadas estéreo com uma única câmera, baseado no uso de dois espelhos colocados um ao lado do outro, realizando fotografias hoje históricas(2). Um sistema semelhante foi realizado por Lunazzi(3) adaptado e melhorado para câmeras digitais. Na chegada dos projetores multimídia digitais a projeção de uso fora do cinema, no entanto, tem sido realizada por meio de dois projetores separados, não combinados em um aparelho só como chegou a ser feito no século XX com a fotografia tradicional. Mostramos aqui um projetor realizado para exemplificar como poderia ser feito um aparelho único com saída dupla que poderia servir para o padrão de estereoscopia adotado atualmente, e que casa com o sistema de câmera única anteriormente desenvolvido(3).

Sistema projetor de imagens estéreo com um único projetor, baseado em um divisor de feixe de quatro espelhos.

Um sistema semelhante ao da tomada com uma única câmera(3) poderia ser realizado, mas porque na projeção a abertura das lentes é maior e portanto a tolerância ao

desenho é menor, usamos um sistema simétrico de quatro espelhos. A Fig.1 mostra o esquema de raios do sistema.

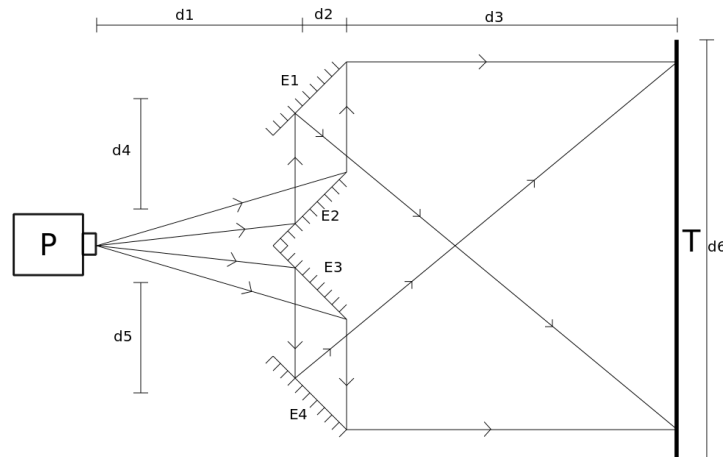


Figura 1: traçado de raios no sistema de projetor de projeção dupla obtida por meio de espelhos.

O projetor P lança sua luz em dois espelhos E2 e E3 que a reenviam para dois espelhos E1 e E4 respectivamente de onde atingem sobrepostos a tela T.

Detalhes experimentais

Nosso projetor é um ViewSonic PJ503D de 1.500 ANSI Lumens. Temos verificado que nos projetores mais comuns não se encontra uma objetiva que permita dividir o feixe em dois campos separados logo na saída, algo que é comum na entrada das câmeras filmadoras e fotográficas. Isto poderia ser feito usando uma objetiva especialmente desenhada. Não a tendo, trocamos a lente do projetor por uma de projetor de diapositivas tradicional, de focal maior (70 mm). Mesmo assim somente conseguimos realizar a divisão do campo a uma distância de 1,69m onde colocamos o divisor de feixe, feito de uma estrutura de barras de alumínio e quatro espelhos comuns de 17,6cm x 17,6cm (Fig.2). O espelho maior que aparece embaixo não é componente necessário do sistema.



Figura 2: Divisor de feixe que comporta quatro espelhos

A tela tinha 50 cm x 66,5 cm e a imagem acontecia a uns 5 m de distância do projetor. Estes valores pouco típicos foram aproveitados para experimentos com projeção em tela holográfica.

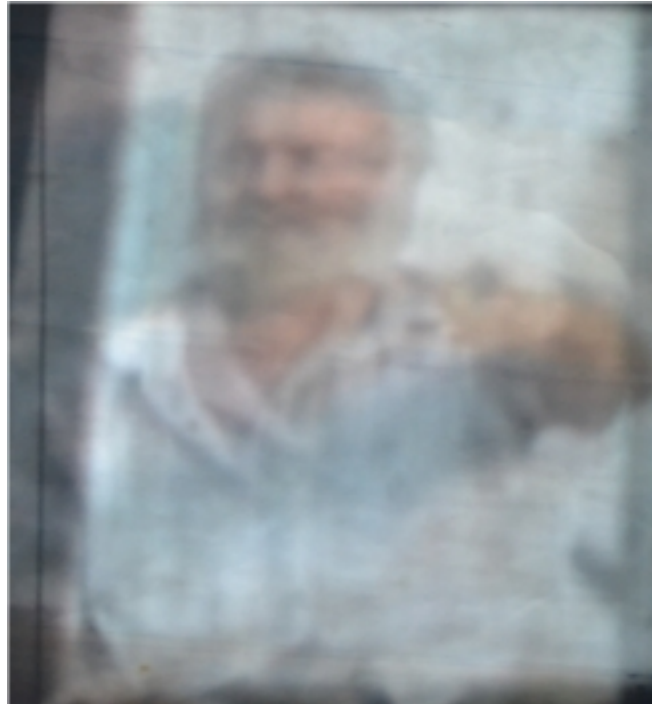


Figura 3: Sobreposição das duas imagens de um par estéreo por meio de projetor único.

O resultado está na Fig. 3, onde nota-se uma falta de nitidez que é consequência da falta de compatibilidade da objetiva que usamos para adaptar o projetor ao sistema. Foi possível no entanto polarizar cada um dos feixes para ver imagens 3D com óculos de polarização.

Conclusões

Descrevemos um protótipo experimental que mostra a possibilidade de se ter um equipamento compacto na projeção de imagens 3D, a diferença do uso de dois projetores separados, como é comum ver nas aplicações atuais.

Agradecimentos

Agradecemos à Pro-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da UNICAMP-PREAC pelos recursos outorgados que vem permitindo nos últimos anos divulgar a estereoscopia junto do evento “Exposição de Holografia e Imagens”(4) com recursos digitais. À Pro-Reitoria de Graduação-PRG da UNICAMP pela bolsa PROFIS outorgada a G. Pedroso, pela bolsa PIC Jr outorgada a S.S., Moreira, e pela bolsa SAE outorgada anualmente para dois estudantes colaborarem com as disciplinas de experimentos didáticos de física sob responsabilidade do autor.

Referências

- [1] Wikipedia <http://pt.wikipedia.org/wiki/Estereoscopia>
- [2] Herbert, Stephen “*Theodore Brown's Magic Pictures: The Art and Inventions of a Multi-Media Pioneer*”, The Projection Box publishers, 1997.
- [3] “*Fazendo 3D com uma câmera só*”, J.J. Lunazzi, Rev. Bras. Ensino Fís. vol.33 no.2 São Paulo abr./jun. 2011 <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172011000200005>
- [4] Evento descrito em: www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/expo.htm