

# **Display 3D**

Luiz Junqueira e Sérgio Tavares

## **Introdução**

Neste início de século XXI, estamos presenciando uma acelerada evolução na tecnologia associada aos sistemas de imagens, para os quais a lei de Moore é notável. O padrão digital de imagens veio para oferecer maior flexibilidade no desenvolvimento de novas soluções de imagens, além de viabilizar gravação e transmissão de imagens sem perda de qualidade. A evolução do cristal líquido, LED e dos hardwares especializados em processamento de imagens também tem a sua contribuição a esta evolução.

O maior realismo tridimensional oferece maior percepção visual e maior imersão ao espectador, sendo interessante não só no entretenimento, como em filmes e jogos, mas também nas áreas consideradas de maior seriedade como: científica, acadêmica e médica.

Podemos encontrar vários fabricantes disponibilizando no mercado soluções 3D baseados em estereoscopia. Isto ocorre devida a grande viabilidade técnica na captura, transmissão e reprodução de imagens 3D para esta modalidade. Os produtos 3D disponíveis para consumo em massa ainda deixam muito a desejar, no que tange praticidade, qualidade e conforto, estimulando pesquisa no desenvolvimento de novas soluções. Tudo indica que estas soluções atuais estão servindo como “degrau” que leva ao desenvolvimento das soluções 3D definitivas.

## **Sistema de Visão Humana (HVS)**

Os requisitos de projetos, as recomendações de uso e os critérios de qualidade de Displays 3D dependem do sistema de visão humana, sendo indispensável a sua abordagem quando o assunto é Display 3D.

A visão humana conta com vários mecanismos de percepção de profundidade, sendo a sensação de profundidade uma síntese de informações redundantes, em que cada informação de profundidade tem sua incerteza própria que depende do ambiente. A melhor percepção de profundidade ocorre quando todas estas informações possuem o mínimo de incerteza e todas elas estão coerentes umas com as outras. Percepções de profundidade diferentes podem conflitar, prejudicando a sensação de profundidade, distorcendo a imagem visualizada ou provocando desconfortos.

As percepções de profundidade [16][35] podem ser classificadas em monocular e binocular. As percepções de profundidade monoculares correspondem às percepções de profundidades existentes quando estamos olhando apenas com um olho e podem ser classificadas em percepções de profundidade monoculares estáticas ou dinâmicas. A paralaxe de movimento (Motion Parallax) é uma percepção de profundidade dinâmica, que compara vistas diferentes obtidas com a movimentação da cabeça do observador.

Entre as percepções de profundidade monoculares estáticas, podemos citar:

- **Sombreamento (Shading):** A partir de uma sombra, o cérebro consegue estimar as posições relativas da fonte de luz, do objeto que fez a sombra e do objeto que recebeu a sombra.
- **Oclusões:** O fato da imagem de um objeto sobrepor parcialmente à imagem de outro faz com que o cérebro deduza que o primeiro objeto está mais perto que o outro.
- **Tamanho Relativo:** Quando a imagem de um objeto for relativamente grande, o cérebro deduz que o objeto está perto e quando a imagem do objeto for relativamente pequena o cérebro deduz que o objeto está longe, portanto, o cérebro consegue deduzir a distância de um objeto pelo tamanho relativo de sua imagem, podendo ter como referência de tamanho outro objeto similar na imagem ou uma lembrança deste objeto.
- **Nebulosidade (Fogging):** O cérebro tem como reconhecer uma nebulosidade, dar um tratamento especial a esta nebulosidade e objetos nela mergulhados.
- **Foco ou Acomodação:** Em cada vista, o cristalino é ajustado para que a imagem do objeto em mira fique focalizada, ou seja, que a imagem deste objeto fique sobre a retina, aonde a imagem é sensibilizada. O ajuste do cristalino tem uma correspondência biunívoca com a distância do objeto, portanto o cérebro deduz a profundidade do objeto focado a partir do ajuste do cristalino. Na referência [17], é proposto um display 3D monocular que explora a percepção de foco.
- **Distorção da Perspectiva:** Em perspectiva, as linhas paralelas se encontram em pontos de fuga.
- **Gradiente de Textura:** A textura na imagem varia com a distância.

Entre as percepções binoculares, temos:

- **Vergência (Vergence):** Também conhecida por disparidade angular, corresponde ao ângulo formado entre as direções dos olhos. Quanto mais paralelas forem estas direções para onde os olhos miram, maior a distância do objeto mirado.

- **Disparidade Horizontal:** Também conhecida como paralaxe binocular. A percepção de profundidade é extraída pela comparação entre as imagens de cada olho.

Entre os efeitos indesejáveis [16] que podemos observar em displays 3D, temos:

- **Conflito Acomodação-Vergência:** Tanto na vergência, quanto na acomodação, a distância entre o observador e o ponto em foco é estimada. A diferença entre as estimativas gera o conflito Acomodação-Vergência, que pode prejudicar a percepção de profundidade.
- **Diplopia:** Em alguns casos, pode ocorrer do cérebro não conseguir fundir as imagens, fazendo com que a imagem apareça duplicada [16].
- **Cancelamento de Quadro:** Quando um objeto pode ser visualizado por um olho e não por outro, pelo fato de sua imagem estar endereçada na frente e na borda do display, causa um efeito visual indesejável [16].
- **Efeito Cardboard:** Neste efeito, visualiza-se uma imagem plana, mesmo existindo disparidade horizontal. Este efeito ainda não é bem explicado [4][16].
- **Efeito Teatro de Bonecos (Puppet Theater):** Este outro efeito também não é bem explicado e está relacionado com seres vivos parecerem bonecos [4].
- **Mudanças Abruptas na aproximação da cena:** Requer readaptação da visão [4].
- **Objetos que mudam de profundidade rapidamente:** Causa grande mudança de vergência [4].

Relacionado ao conforto do observador [16], temos:

- **Profundidade Excessiva:** Objetos muito próximos ao observador fazem com que as imagens tendem a ficar desfocadas, além de forçar os músculos dos olhos.
- **Disparidade Vertical:** Em um display 3D, se as imagens capturadas pelos olhos tiverem disparidade vertical, estes se moverão para corrigir o problema, forçando músculos pouco usados.
- **Distorção da perspectiva:** Imagens com distorções diferentes em cada olho dificultam a fusão de imagens.
- **Conflito Binocular:** Além da distorção, outras variações nas imagens podem dificultar a fusão destas. A compressão separadamente de imagens estereoscópicas pode fazer com que para um olho, sejam descartados detalhes que não são descartados para o outro olho.

- **Imagens Pseudoscópicas:** Quando as imagens estereoscópicas são trocadas de olho.

## Display Estereoscópico

O display estereoscópico explora a percepção de profundidade paralaxe binocular, fazendo com que cada olho do observador receba uma imagem.

Para que o observador receba uma imagem em cada olho, as duas imagens são misturadas (multiplexadas) no display e separadas (dextrmultiplexadas) através de óculos, sendo que os principais sistemas estereoscópicos display-óculos são [4][11][13][16][35][36]:

- **Anaglifo:** Foi inventado em 1853, é baseado na multiplexação por cor (comprimento de onda), em que se reproduzem imagens monocromáticas, utilizando um par de filtros de cores, geralmente azul e vermelho, para separar as imagens. A fusão das imagens pelo cérebro não é tão confortável, pois cada olho recebe a imagem em uma cor diferente.
- **Polarização da luz:** Foi inventado em 1891, e hoje, existem dois tipos de polarização que permitem multiplexação e dextrmultiplexação: a polarização linear e a circular. Existem implementações deste sistema tanto em projetores quanto em displays LCD. Uma desvantagem desta solução é que a polarização da luz pode sofrer mudanças no ambiente.
- **Infitec (Interference Filter Technique):** A multiplexação se dá por comprimento de onda. Cada cor de base RGB tem uma tonalidade para cada olho, sendo que as cores base reproduzidas para um olho não são vistas pelo outro. Esta solução é encontrada apenas em projetores [11][20][36].
- **LC Shutter:** Neste sistema, as imagens são multiplexadas no tempo, no qual os quadros ímpares chegam a um olho e os pares em outro. Um sinal de sincronismo é enviado para os óculos, que pode ser por infravermelho ou por rádio frequência, fazendo com que as lentes dos óculos fiquem opacas ou translúcidas no momento correto. Por ser ativo, o par de óculos LC Shuter costuma ser de maior preço. Esta tecnologia é utilizada tanto com Displays LCD, quanto com projetores, geralmente, que possuem respostas de 120 quadros por segundo, ou mais.



a-Anaglifo



b-Polarizado

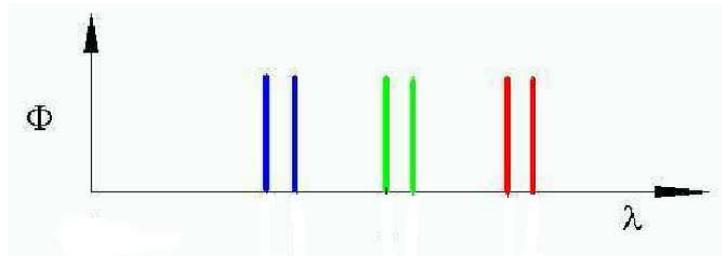


c-Infitec



d-Shutter

Óculos usados em Displays Estereoscópicos.



Cores base utilizadas no Infitec. [20]

Existem ainda capacetes e óculos com um display para cada olho que promover imagens 3D estereoscópicas.

Outra solução 3D de grande importância são os óculos de realidade aumentada. Estes óculos ficam conectados em computadores por rádio frequência. As imagens são capturadas por câmeras instaladas nos óculos, transferidas para o computador, aonde é reconhecida a direção para onde o observador está olhando e inseridas as imagens dos objetos virtuais, que é retransmitida para os óculos, onde, são reproduzidas. Existe um tempo máximo entre captura e reprodução de uma imagem para que haja maior realismo, sendo o gargalo da tecnologia.

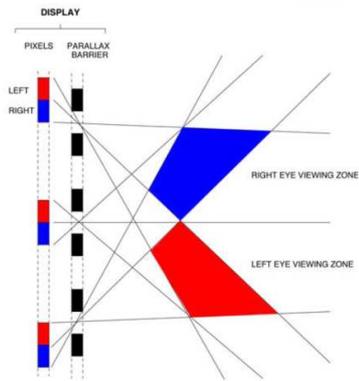


Óculos de realidade aumentada

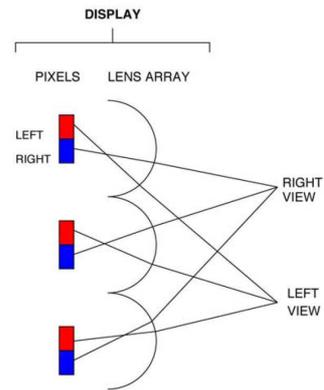
Uma grande desvantagem da estereoscopia é o conflito vergência-acomodação [37].

### **Display Auto-estereoscópico**

O Conceito Auto-estereoscópico surgiu com a idéia de se reproduzir efeitos estereoscópicos sem a necessidade de óculos, que pode ser conseguido através de barreiras paralaxes (Parallax Barrier) ou de cadeia de lentes (Lens Array) [3][5][16][21][35][39].



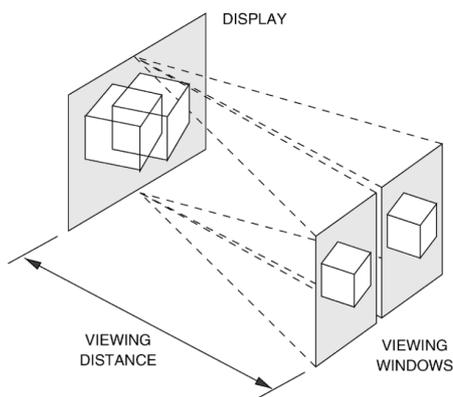
Barreira de Paralaxe [16]



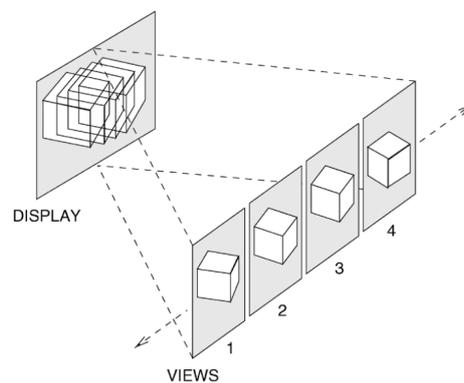
Cadeia de lentes [16]

Geralmente, o grande problema dos displays auto-estereoscópicos é que o observador precisa ficar posicionado em uma janela de visualização. Quanto à janela de visualização, um display auto-estereoscópico pode ser classificado em:

- **Janela de Visualização Fixa:** O expectador precisa ficar localizado em uma posição correta para visualizar a imagem tridimensional.
- **Rastreamento de Olhos/Cabeça:** Uma câmera rastreia o posicionamento dos olhos do espectador, apresentando as imagens de forma que este espectador receba a imagem correta em cada olho. Apenas um observador de cada vez pode usufruir do display.
- **Múltiplas Vistas:** O display apresenta várias vistas, cada uma visualizada por um ângulo diferente, disponibilizando várias janelas de visualização.



Janela de Visualização Fixa [16]



Múltiplas Vistas [16]

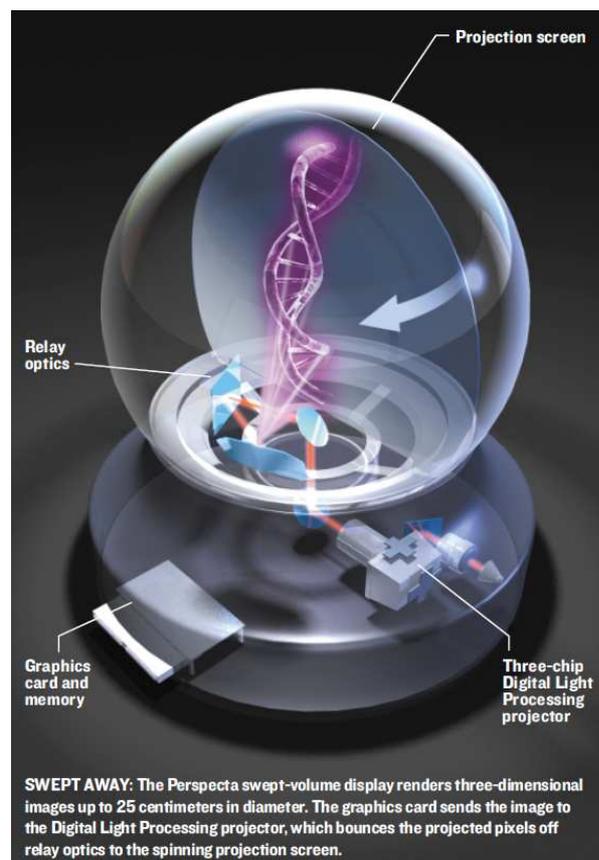
## Display Volumétrico

Um display volumétrico é composto por pixels volumétricos, também chamados de voxels. Estes voxels ficam distribuídos em um volume [3][16][29][35][36].

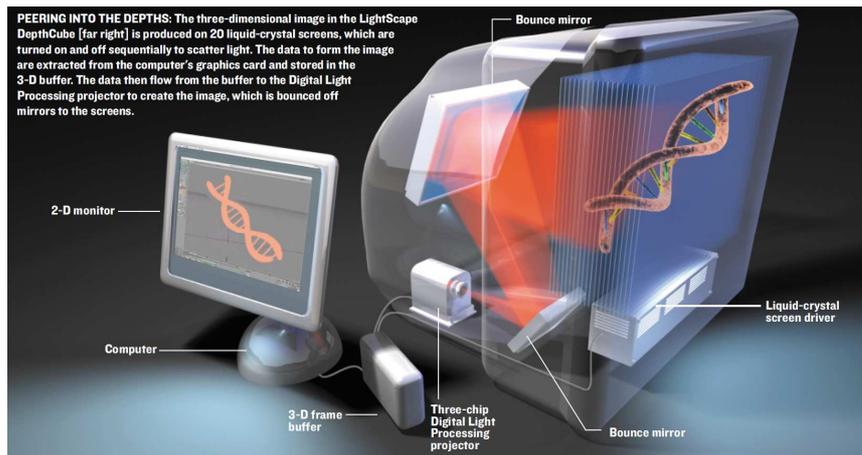
Conforme referência [10], os displays 3D volumétricos podem ser classificados em:

- **Volume de Varredura (Swept Volume):** Proposto em 1912, consiste na projeção de luz em superfícies em movimento.
- **Volume Estático (Static Volume):** A fonte de luz é estática.
- **Hologramas e estereogramas holográficos.**
- **Displays 3D com múltiplas vistas:** O display auto-estereoscópico com uma quantidade de 30 a 200 vistas pode ser considerada como Display 3D Volumétrico, pois compatibiliza o foco com a vergência.

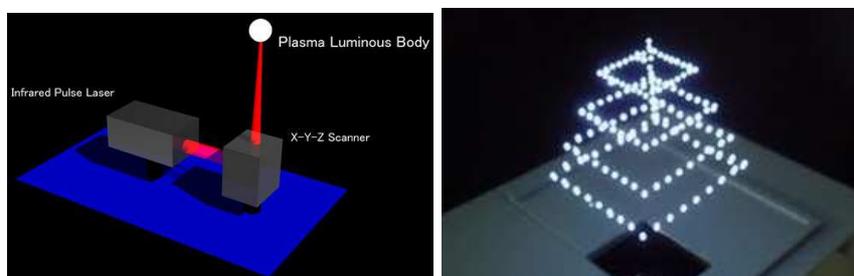
Os displays desta modalidade são eficientes na sensação de profundidade promovida. Podemos encontrar Displays 3D volumétricos: combinando superfícies em movimento com projetores [9][10][39]; utilizando várias camadas de LCD [10][39]; combinando espelhos com laser; incidindo laser em plasma e outros [40].



Display 3D Volumétrico com espelho e projetor [39]



Display 3D Volumétrico com multi-camadas de LCD [39]



Display 3D Volumétrico com laser e plasma [36]

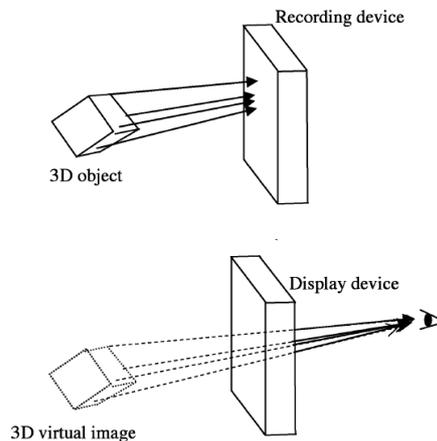


360 Degree Viewpoint [40]

## Holografia

A holografia foi concebida em 1947 por Dennis Gabor, que ganhou prêmio Nobel de física em 1971. A holografia foi implementada pela primeira vez nos anos 60, graças ao advento do laser.

A holografia consiste em registrar integralmente toda informação de luz que incide em uma janela, para depois ser totalmente reproduzida [1][3][16][33][35][36]. A imagem 3D é reproduzida por SLM (spatial light modulators) [37][43], podendo ser emulado por LCD [37]. A grande quantidade de informação visual demanda largura de banda para transmissão e espaço para armazenamento.



Princípio de Captura e Reprodução de imagem Holográfica [37]

### **Captura, Representação e Processamento de Imagens**

Por trás de um display 3D, existe toda uma lógica relacionada com os formatos de dados de captura e de reprodução de imagens, envolvendo conversão de formatos, compressão [34][46], recuperação de qualidade [6][8][15][23][42] e interpolação de vistas [7][9][14][22][25][27][28][30][32][45], que resulta em uma demanda significativa de processamento [2][47].

A forma padrão se capturar imagens 3D estereoscópicas é a partir de um par de câmeras, sendo estas imagens 3D representadas por um par de mapas de cores (Color Map), normalmente de formato RGB (Red + Green + Blue), podendo ser CMY (Ciano + Magenta + Yellow) ou HSV (Hue + Saturation + Value).

Outra forma de se capturar imagens 3D é a partir de uma câmera de profundidade que captura imagens e profundidades, sendo estas imagens 3D representadas por um mapa de cores e um mapa de profundidade (Depth Map) ou em formatos que fundem os dois mapas, como o formato RGBD (Red + Green + Blue + Depth).

Podemos encontrar vários trabalhos com o objetivo de obter métodos que permitem reconhecer profundidade em imagens 2D baseados nas percepções de profundidade monoculares como Paralaxe Dinâmica (Motion Parallax) [24], Sombreamentos, Oclusões e etc [15][16][18][19][26][31][41][44].

A falha de imagem por oclusão, ou simplesmente oclusão, corresponde à parte da imagem indeterminada de uma vista, quando obtida pela interpolação ou

extrapolação de outras, motivando estudos que visam contornar este problema [2][7][12][14][18][25][27][30][31][41][45].

Para se capturar imagens tridimensionais que permitem reprodução que vai além da simples estereoscopia, costuma-se utilizar um conjunto de câmeras [12]. As várias imagens capturadas demandam espaço para armazenamento e banda para transmissão, exigindo compactação. Os displays 3D que apresentam vistas além das capturadas demandam muito processamento em interpolação de vistas.

Tanto o display 3D autoestereoscópico de múltiplas vistas, quanto o volumétrico, demandam muito processamento para descompactar imagens a serem transmitidas ou armazenadas e interpolar vistas. Observamos várias frentes de pesquisa desenvolvendo algoritmos eficientes e hardware especializado.

## **Conclusão**

Na realidade virtual e na realidade aumentada, o participante precisa estar inserido entre os objetos virtuais, cuja presença física pode interferir na visualização das imagens virtuais. Um objeto real pode ocluir indevidamente um objeto virtual que está na sua frente. Este problema pode ser evitado com o uso de óculos de realidade aumentada ou capacete com rastreamento de posição, que em contrapartida, podem causar o conflito acomodação-vergência.

Hoje, estamos na era da estereoscopia e da autoestereoscopia, pela sua viabilidade técnica na captura, armazenamento, transmissão e reprodução de imagens, praticamente dispensando processamento. Infelizmente, estes sistemas 3D, pelo menos os encontrados no mercado, não garantem o máximo de praticidade, qualidade e conforto.

Com o aumento da definição dos displays de LCD, os displays autoestereoscópicos podem suportar mais vistas, se aproximando do display holográfico, podendo até eliminar o conflito acomodação-vergência. É bom salientar que a variação da vista com a variação do posicionamento vertical do observador é fundamental para proporcionar maior realismo e evitar disparidade vertical quando a cabeça do observador não estiver na vertical.

Quanto menor o tempo de resposta das telas de cristal líquido e quanto mais intensa for a iluminação dos projetores de imagens, melhor ficarão os displays 3D baseados em múltiplas camadas de cristal líquido. A tecnologia de LED está proporcionando LEDs com intensidades cada vez maior, viabilizando projetores de menor custo, mais compactos, com menos emissão de calor e menos consumo de energia.

Por merecer uma pesquisa a parte, a holografia não foi explorada a fundo nesta pesquisa, mas tem importância relevante e não deve ser descartada como possibilidade de display 3D do futuro.

É difícil prever como serão os displays 3D no futuro, mas pouco impede de termos soluções que apresentem mais realismo, não causem desconfortos e sejam práticas, dispensando óculos ou a necessidade de se posicionar em uma localização exata.

## Referências Bibliográficas

- [1] AGGOUN, A. **3D Holographic video content capture, manipulation and display technologies**. Information Optics (WIO), 2010 9th Euro-American Workshop on. 12-16 July 2010, 2010. 1-3 p.
- [2] ALIPRANDI, D.; PICCINELLI, E. **Image-based three-dimensional free viewpoint video synthesis**. 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video, 2009. 4-6 May 2009, 2009. 1-4 p.
- [3] BENZIE, P. et al. A Survey of 3DTV Displays: Techniques and Technologies. **Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on**, v. 17, n. 11, p. 1647-1658, 2007. ISSN 1051-8215.
- [4] BLONDE, L.; DOYEN, D.; BOREL, T. **3D stereo rendering challenges and techniques**. Information Sciences and Systems (CISS), 2010 44th Annual Conference on. 17-19 March 2010, 2010. 1-6 p.
- [5] BRAR, R. S. et al. **Multi-user glasses free 3D display using an optical array**. 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010. 7-9 June 2010, 2010. 1-4 p.
- [6] CHUN-CHI, C. et al. **A Synthesis-Quality-Oriented Depth Refinement Scheme for MPEG Free Viewpoint Television (FTV)**. Multimedia, 2009. ISM '09. 11th IEEE International Symposium on. 14-16 Dec. 2009, 2009. 171-178 p.
- [7] DARIBO, I.; SAITO, H. **Bilateral depth-discontinuity filter for novel view synthesis**. Multimedia Signal Processing (MMSP), 2010 IEEE International Workshop on. 4-6 Oct. 2010, 2010. 145-149 p.
- [8] DE SILVA, D. V. S. et al. Adaptive sharpening of depth maps for 3D-TV. **Electronics Letters**, v. 46, n. 23, p. 1546-1548, 2010. ISSN 0013-5194.
- [9] DOYAMA, Y. et al. **CAGRA: Optimal parameter setting and rendering method for occlusion-capable automultiscopic three-dimensional display**. Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE. 20-24 March 2010, 2010. 263-264 p.
- [10] FAVALORA, G. E. **Volumetric 3D Displays and Application Infrastructure**. **Computer**, v. 38, n. 8, p. 37-44, 2005. ISSN 0018-9162.
- [11] FLIEGEL, K. **Advances in 3D imaging systems: Are you ready to buy a new 3D TV set?** Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA), 2010 20th International Conference. 19-21 April 2010, 2010. 1-6 p.
- [12] FRICK, A.; BARTCZACK, B.; KOCH, R. **3D-TV LDV content generation with a hybrid ToF-multicamera RIG**. 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010. 7-9 June 2010, 2010. 1-4 p.
- [13] FUJIKAWA, S. **Three-dimensional imaging technology: A revolution in the world of imaging**. VLSI Circuits (VLSIC), 2010 IEEE Symposium on. 16-18 June 2010, 2010. 9-12 p.

- [14] FUKUSHIMA, N. et al. **Real-time free viewpoint image rendering by using fast multi-pass dynamic programming**. 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010. 7-9 June 2010, 2010. 1-4 p.
- [15] GANGWAL, O. P.; DJAPIC, B. **Real-time implementation of depth map post-processing for 3D-TV in dedicated hardware**. Consumer Electronics (ICCE), 2010 Digest of Technical Papers International Conference on. 9-13 Jan. 2010, 2010. 173-174 p.
- [16] HILL, L.; JACOBS, A. **3-D Liquid Crystal Displays and Their Applications**. **Proceedings of the IEEE**, v. 94, n. 3, p. 575-590, 2006. ISSN 0018-9219.
- [17] HOSOMI, T.; SAKAMOTO, K. **Monocular display unit for 3D display with correct depth perception**. Communications and Photonics Conference and Exhibition (ACP), 2009 Asia. 2-6 Nov. 2009, 2009. 1-2 p.
- [18] HSIN-JUNG, C. et al. **Real-time multi-view rendering architecture for autostereoscopic displays**. Circuits and Systems (ISCAS), Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on. May 30 2010-June 2 2010, 2010. 1165-1168 p.
- [19] HUNG-MING, W.; CHUN-HAO, H.; JAR-FERR, Y. **Depth maps interpolation from existing pairs of keyframes and depth maps for 3D video generation**. Circuits and Systems (ISCAS), Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on. May 30 2010-June 2 2010, 2010. 3248-3251 p.
- [20] JORKE, H.; SIMON, A.; FRITZ, M. **Advanced Stereo Projection Using Interference Filters**. 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video, 2008. 28-30 May 2008, 2008. 177-180 p.
- [21] JUNG-YOUNG, S. et al. Recent **Developments in 3-D Imaging Technologies**. **Display Technology, Journal of**, v. 6, n. 10, p. 394-403, 2010. ISSN 1551-319X.
- [22] KANNAN, H. et al. **Alpha model based mixed pixel processing for view synthesis**. 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010. 7-9 June 2010, 2010. 1-4 p.
- [23] KLIMASZEWSKI, K.; WEGNER, K.; DOMANSKI, M. **Distortions of synthesized views caused by compression of views and depth maps**. 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video, 2009. 4-6 May 2009, 2009. 1-4 p.
- [24] KNORR, S.; SIKORA, T. **An Image-Based Rendering (IBR) Approach for Realistic Stereo View Synthesis of TV Broadcast Based on Structure from Motion**. Image Processing, 2007. ICIP 2007. IEEE International Conference on. Sept. 16 2007-Oct. 19 2007, 2007. VI - 572-VI - 575 p.
- [25] KUAN-YU, C. et al. **Hybrid motion/depth-oriented inpainting for virtual view synthesis in multiview applications**. 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010. 7-9 June 2010, 2010. 1-4 p.

- [26] KWAN-JUNG, O. et al. **Depth Reconstruction Filter and Down/Up Sampling for Depth Coding in 3-D Video**. *Signal Processing Letters, IEEE*, v. 16, n. 9, p. 747-750, 2009. ISSN 1070-9908.
- [27] KWAN-JUNG, O.; SEHOON, Y.; YO-SUNG, H. **Hole filling method using depth based in-painting for view synthesis in free viewpoint television and 3-D video**. *Picture Coding Symposium*, 2009. PCS 2009. 6-8 May 2009, 2009. 1-4 p.
- [28] LEE, S. et al. **Multi-view prediction structure for free viewpoint video**. *Image Processing (ICIP), 2010 17th IEEE International Conference on*. 26-29 Sept. 2010, 2010. 3409-3412 p.
- [29] NAYAR, S. K.; ANAND, V. N. **3D Display Using Passive Optical Scatterers**. *Computer*, v. 40, n. 7, p. 54-63, 2007. ISSN 0018-9162.
- [30] NDJIKI-NYA, P. et al. **Depth image based rendering with advanced texture synthesis**. *Multimedia and Expo (ICME), 2010 IEEE International Conference on*. 19-23 July 2010, 2010. 424-429 p.
- [31] PO, L.-M. et al. **Automatic 2D-to-3D video conversion technique based on depth-from-motion and color segmentation**. *Signal Processing (ICSP), 2010 IEEE 10th International Conference on*. 24-28 Oct. 2010, 2010. 1000-1003 p.
- [32] RANA, P. K.; FLIERL, M. **Depth consistency testing for improved view interpolation**. *Multimedia Signal Processing (MMSP), 2010 IEEE International Workshop on*. 4-6 Oct. 2010, 2010. 384-389 p.
- [33] SATO, K. et al. **Three-Dimensional TV Using Holographic Stereogram**. *Computer and Information Science (ICIS), 2010 IEEE/ACIS 9th International Conference on*. 18-20 Aug. 2010, 2010. 836-839 p.
- [34] SAYGILI, G.; GURLER, C. G.; TEKALP, A. M. **3D display dependent quality evaluation and rate allocation using scalable video coding**. *Image Processing (ICIP), 2009 16th IEEE International Conference on*. 7-10 Nov. 2009, 2009. 717-720 p.
- [35] SHI, K.; WANG, F. **The development of stereoscopic display technology**. *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on*. 20-22 Aug. 2010, 2010. V4-276-V4-280 p.
- [36] SHUHONG, X. et al. **3D display for a classroom**. *Educational and Information Technology (ICEIT), 2010 International Conference on*. 17-19 Sept. 2010, 2010. V2-316-V2-320 p.
- [37] STERN, A.; JAVIDI, B. **Three-Dimensional Image Sensing, Visualization, and Processing Using Integral Imaging**. *Proceedings of the IEEE*, v. 94, n. 3, p. 591-607, 2006. ISSN 0018-9219.
- [38] SULLIVAN, A. 3-Deep: new displays render images you can almost reach out and touch. *Spectrum, IEEE*, v. 42, n. 4, p. 30-35, 2005. ISSN 0018-9235.

- [39] SURMAN, P. et al. **MUTED and HELIUM3D autostereoscopic displays**. Multimedia and Expo (ICME), 2010 IEEE International Conference on. 19-23 July 2010, 2010. 1594-1599 p.
- [40] TANIMOTO, M. **Overview of FTV (free-viewpoint television)**. Multimedia and Expo, 2009. ICME 2009. IEEE International Conference on. June 28 2009-July 3 2009, 2009. 1552-1553 p.
- [41] TING-CHING, L.; HSIEN-CHAO, H.; YUEH-MIN, H. Preserving depth resolution of synthesized images using parallax-map-based dibr for 3D-TV. **Consumer Electronics, IEEE Transactions on**, v. 56, n. 2, p. 720-727, 2010. ISSN 0098-3063.
- [42] WOOK-JOONG, K.; SEONG-DAE, K.; JINWOONG, K. Analysis on the Spectrum of a Stereoscopic 3-D Image and Disparity-Adaptive Anti-Aliasing Filter. **Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on**, v. 19, n. 10, p. 1561-1565, 2009. ISSN 1051-8215.
- [43] YARAS et al. State of the Art in Holographic Displays: A Survey. **Display Technology, Journal of**, v. 6, n. 10, p. 443-454, 2010. ISSN 1551-319X.
- [44] YI-CHE, C. et al. **Depth map generation based on depth from focus**. Electronic Devices, Systems and Applications (ICEDSA), 2010 Intl Conf on. 11-14 April 2010, 2010. 59-63 p.
- [45] YING-RUNG, H.; YU-CHENG, T.; TIAN-SHEUAN, C. **Stereoscopic images generation with directional Gaussian filter**. Circuits and Systems (ISCAS), Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on. May 30 2010-June 2 2010, 2010. 2650-2653 p.
- [46] ZHANG, Q. et al. **Reduced resolution depth compression for multiview video plus depth coding**. Signal Processing (ICSP), 2010 IEEE 10th International Conference on. 24-28 Oct. 2010, 2010. 1145-1148 p.
- [47] ZWICKER, M. et al. Resampling, Antialiasing, and Compression in Multiview 3-D Displays. **Signal Processing Magazine, IEEE**, v. 24, n. 6, p. 88-96, 2007. ISSN 1053-5888.