3차원 TV 기술 현황

DOI: 10.3938/PhIT.19.051

최 희 진

Current Status of 3D TV Technologies

Hee-Jin CHOI

Nowadays, with the rapid progresses in flat panel display technologies, it is possible to realize the 3D TV with high performance and low price. In this paper, the current status of 3D TV technologies and its roadmap will be reviewed.

디스플레이는 빛을 이용하여 인간의 시각을 자극함으로써 정보를 전달하는 방법을 통칭한다. 과거에는 그림과 사진 등과 같이 고정된 정보를 표시하는 방식이 대표적이었으나 1950년대 이후 TV가 대중화되면서 다양한 정보를 동화상의 형태로 표현할 수 있게 되었으며 오늘날의 TV는 단순한 정보전달의 수단을 넘어서서 다양한 간접경험과 여가 활용수단을 제공하는 현대인의 필수품이 되었다. 특히 2000년대에 들어오면서 LCD와 PDP로 대표되는 평판디스플레이 기술이 급속히 발전함에 따라 고성능과 저렴한 가격을 앞세운 HDTV의 대중화가 이루어져 영상의 정밀도를 나타내는 해상도(화소 수)를 비롯한 여러 화질 척도에서는 이미 실제 물체와 구별하기 힘든 수준까지 도달하였다. 그러나 종래의 디스플레이 기술은 3차원 공간인 주변 환경을 기술적 한계로 인하여 2차원 평면으로밖에 표시할 수가 없었다. 즉, 실생활에서는 주변의 물체들이 그 위치에 따라 관찰자로부터 다양한 거리를 가지지만, 이를 카메라로 촬영하여 TV에 표시하면 모두 같은 거리에 있는 것처럼 보이게 된다. 물론 실제 영상을 시청하는 관찰자는 TV화면 속의 물체의 크기와 원근감과 같은 효과로부터 이들의 상대적 거리(멀고 가까움)를 추론해내는 것이 가능하지만, 이러한 입체감은 제한적일 수밖에 없었다. 최근 디스플레이 기술의 발전에 힘입어 이러한 한계를 극복할 수 있는 다양한 3차원 디스플레이 기술이 개발

되고 있으며, 이를 통하여 실제 주변 환경과 동일한 3차원 정보를 표시하는 방법에 대한 관심이 높아지고 있다. 본고에서는 이러한 3차원 디스플레이 기술 중 2010년을 기점으로 대중화가 진행되고 있는 3차원 TV 기술들의 원리와 장/단점을 살펴보고 3차원 디스플레이 기술의 발전 방향에 대하여 논의한다.

3차원 디스플레이를 구현하는 방법은 근본적으로 인간이 주변 환경에서 3차원 시각정보를 획득하는 것과 동일한 자극을 디스플레이 기술을 통하여 사용자에게 전달하는 것이다. 따라서 인간 시각계의 구조와 원리에 대한 선행연구가 필수적이다. 그간의 연구를 통하여 인간의 시각계는 그림 1과 같은 네 가지 생리학적 입체 인지 요소를 통하여 주변 환경으로부터 3차원 정보를 획득하는 것으로 알려져 있다. 그 중 가장 중요한 첫 번째는 양안시차(Binocular Disparity)로서, 성인 남성 기준으로 65 mm 정도 간격을 갖는 양 눈이 주변 환경 또는 물체들로부터 약간의 차이가 있는 정보를 획득하는 것을 의미한다. 이러한 양안시차의 크기는 일반적으로 가까운 곳에 위치한 물체를 응시할 때 커지고, 물체와 관찰자간의 거리가 멀어질수록 작아진다. 따라서 양안시차의 크기로부터 뇌에서 물체까지의 거리를 계산함으로써 입체감을 느낄 수 있다. 두 번째 요소인 수렴(Convergence)은 가까운 물체를 응시할 때와 먼 물체를 응시할 때 양 눈의 시선이 이루는 각도를 의미하며 물체가 가까울 때는 커지고 멀리 있을 때는 작아지게 된다. 세 번째 요소인 운동시차(Motion Parallax)는 크게 두 가지로 나뉘어지는데 우선 관찰자가 움직이거나 물체가 움직일 때 물체와 관찰자와의 거리에 따라 인지되는 움직임의 크기가 달라지는 것이고, 다른 하나는 관찰자가 움직임에 따라서 물체의 다른 면(aspect)이 관찰되는 것을 의미한다. 마지막 요소는 초점조절(Accommodation)로 물체의 거리에 따라서 관찰자가 수정체의 굴절력을 변화시켜 망막에 깨끗한 상을 맺는 작용이다. 이러한 네 가지 생리학적 요소를 다시 한 번 살펴보면, 일반적인 TV에서는 모두 구현이 불가능한 것들을 알 수 있다. 즉, 일반 TV에 표시되는 물체의 영상들은 모두 관찰자로부터 같은 거리에 있기 때문에, 양안시차, 수렴, 운동시차의 크기가 모두 0이 되고 초점조절 거리도 모두 TV와 관찰자간의 거리로 고정된다. 따라서 우리가 지금까지 일상생활에서 접하는 시각 정보와 TV를 통하여 접하는 시각 정보는 큰 차이가 있었음을 알 수 있다.

3차원 디스플레이의 핵심은 이러한 차이를 기술로서 좁혀가는

저자약력

최희진 교수는 서울대학교에서 2008년에 박사학위를 취득하였으며 삼성전자에서 셔터안경식 3차원 TV 기술 개발 연구원을 거쳐 현재 세종대학교 물리천문학과에 전임강사로 재직 중이다. 평판 디스플레이의 여러 화질 특성이 3차원 디스플레이에의 성능에 미치는 영향에 관한 분석 연구와 이를 바탕으로 입체 피로도를 최소화시킨 3차원 디스플레이 기술을 연구하고 있다. (hjchoi@sejong.ac.kr)

Fig. 1. Physiological cues of 3D perception.

것이다. 현재까지의 연구에 따르면 이러한 입체 인지 요소들은 양안시차 > 운동시차 > 수렴 > 초점조절의 순서로 입체 효과의 크기를 갖는 것으로 알려져 있다(양안시차를 통한 입체 정보의 효과가 가장 크고 초점조절의 경우가 가장 작음).^[1] 또한 기술적으로도 양안시차 → 수렴 → 운동시차 → 초점조절의 순서로 구현하기가 용이하기 때문에 양안시차는 기술적으로 구현하기 쉬우면서도 효과도 가장 훌륭한 입체 인지 요소임을 알 수 있다. 따라서 홀로그램을 제외한 현재까지의 3차원 디스플레이 기술은 양안시차와 수렴의 구현을 통하여 사용자에게 입체감을 느끼도록 하는 경우가 대부분이며, 2010년 현재 제품으로 출시된 3차원 TV는 모두 이러한 원리를 채택하고 있다. 바꾸어 말하면 운동시차와 초점조절의 두 가지 입체 인지 요소는 기술적인 한계로 인하여 제한적으로 구현되거나 아예 제외되고 있다. 이에 관해서는 본고의 말미에 논의할 입체 피로도 문제에서 다시 다루도록 한다.

양안시차를 구현하기 위해서는 관찰자의 양 눈에 서로 다른 영상(좌안영상/우안영상)을 보여주어야 한다. 또한 서로 다른 두 개의 영상이 실제 물체를 볼 때 양 눈에 보이는 물체의 상과 일치해야 관찰자가 자연스러운 입체감을 느끼도록 할 수 있다. 따라서 3차원 디스플레이 기술은 양안시차를 구현하는 하드웨어 기술과 양안시차를 갖는 자연스러운 3차원 콘텐츠를 제작하는 소프트웨어 기술이 잘 결합되어야 좋은 결과를 기대할 수 있다. 최근 들어 삼성전자와 LG전자를 비롯한 국내의 대기업들이 앞다투어 Hollywood로 대표되는 콘텐츠 업체들과 제휴를 하는 이유가 여기에 있다. 현재로서는 3차원 디스플레이용 콘텐츠를 제작하는 노하우와 제작경험 측면에서 국내 업체들이 열세에 있는 것이 사실이며 이를 따라잡기 위해서는 많은 지원이 필요할 것으로 예상된다.

관찰자로 하여금 양안시차를 느끼도록 하는 방법으로는 크게

Fig. 2. 3D LCD TV with Patterned Retarder (LG Electronics, IMID2009).

관찰자가 특수한 안경을 착용하는 안경식과, 안경 없이도 입체 영상을 볼 수 있도록 하는 무안경식이 있다. 사용자 편의성 측면에서는 무안경식이 우세하나, 현재의 기술 수준에서는 안경식으로 구현된 입체 영상이 화질 측면에서 더 뛰어나고 가격 측면에서도 무안경식보다 저렴하기 때문에 현재 제품으로 출시된 3차원 TV는 모두 안경식을 채택하고 있다. 이러한 안경식 3차원 디스플레이는 사용자가 착용한 특수안경의 광학적 성질을 이용하여 사용자의 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 각각 다른 영상을 전달함으로써 양안시차를 구현한다. 보다 구체적으로는 3차원 TV에서 좌안영상과 우안영상을 모두 표시하고, 특수 안경에서 사용자의 좌안과 우안 전면에 위치한 글라스가 영상을 선택적으로 통과시키는 필터 역할을 함으로써 TV에서 표시되는 영상 중 특정 조건을 만족하는 영상만 사용자의 각 눈에 보이도록 한다. 이러한 안경식 3차원 TV 기술은 빛의 특성 중 하나인 편광을 이용하여 영상을 분리하는 방식(편광안경식)과, 좌안영상/우안영상을 서로 다른 시간에 표시하고 안경에서 이를 시분할함으로써 분리하는 시분할 방식(셔터안경식)으로 분류할 수 있다.

편광안경식 3차원 TV 제품으로는 대표적으로 LG전자에서 2009년에 출시한 Patterned Retarder 방식을 들 수 있다(그림 2). 물론 이전에도 동일기술을 이용한 다양한 3차원 디스플레이 제품들이 있었으나, 일반 대중들이 매장에서 접할 수 있는 수준까지 판매망을 확보하여 출시한 제품으로는 국내에서는 최초라 할 수 있다. 이 방식은 일반 TV 전면면에 특수 편광 필터를 부착하여 TV의 홀수 라인과 짝수 라인이 각기 직교하는 편광을 갖도록

REFERENCES

- [1] S. Nagata, "How to reinforce perception of depth in single two-dimensional pictures," in *Pictorial Communication in Virtual and Real Environments*, edited by S. R. Ellis (Tyler & Francis, 1991).

Fig. 3. Principle of 3D LCD TV with Patterned Retarder.

만들고 홀수 라인과 짝수 라인에 위치한 화소들을 사용하여 좌안영상/우안영상을 표시한다.^[2] 따라서 편광안경을 착용하지 않은 상태에서는 좌안영상과 우안영상이 화면 내에 한 라인 건너씩 혼재되어 있는 것처럼 보인다. 그러나 좌안/우안 안경글라스에 서로 직교하는 편광필터가 부착되어 있는 편광안경을 착용하고 보면 각각 홀수 라인과 짝수라인으로만 이루어진 좌안영상/우안영상이 관찰자의 양 눈에 분리되어 보이게 되어 입체감을 느낄 수 있다(그림 3 참조). 이러한 Patterned Retarder 방식의 장점은 특별한 디스플레이 구동기술이 없이도 편광필터를 부착하는 것만으로 3차원 디스플레이를 구현할 수 있다는 것이다. 또한 뒤에서 언급할 셔터안경식과는 달리 시분할 방식을 사용하지 않기 때문에 사용자의 눈에 인지되는 깜빡거림 현상이 없어 눈이 편안하다는 평이 일반적이다. 그러나 이 방식은 TV의 홀수/짝수 라인이 각기 좌안영상/우안영상을 구현하기 때문에 입체영상을 이루는 총 화소수가 절반으로 감소되어 보이기 때문에 화질 측면에서 불리하고 정교한 형태의 편광필터를 제작하는 기술과 이를 오차 없이 TV 전면면에 부착하는 기술의 완성도가 아직 대량생산에 적용할 수준이 되지 않아 제품화된 3차원 TV의 가격이 매우 높다는 단점을 가지고 있다. 그 결과 시장에 먼저 출시되었음에도 불구하고 판매량이 많지 않아, 현재는 대부분의 기업들이 편광안경방식보다 셔터안경방식 3차원 TV의 생산에 주력하는 결과를 낳게 되었다. 그러나 편광안경식은 기본적으로 안경의 구조가 단순하고 가벼우며, 단가도 저렴하게 만들 수 있다는 단점이 있어 기존의 Patterned Retarder 방식의 단점을 보완하는 연구가 지속적으로 진행 중이며 기술이 발전함에 따라 셔터안경식에서 편광안경식으로 다시 3차원 TV 기술의 흐름이 바뀔 것으로 많은 전문가들은 예측하고 있다.

현재 가장 대표적인 3차원 TV 기술이라 할 수 있는 셔터안경식은 좌안영상과 우안영상을 TV에서 고속으로 스위칭하고 이와 동기를 맞추어 셔터안경의 좌안/우안 안경글라스가 빠르게 교체됨으로써 사용자로 하여금 양안시차를 통해 입체감을 느끼

도록 하는 방식이다. 이 방식은 좌안영상과 우안영상을 시분할 방식으로 분리하는 것이기 때문에 셔터안경뿐 아니라 TV에서도 고속 디스플레이 기술이 필수적이다. 일반적인 TV는 1초에 60번(60 Hz) 영상을 바꾸어 주는 것을 고려하면, 셔터안경식 3차원 TV가 구현하려면 최소한 1초에 120번(120 Hz) 이상 영상을 바꾸어 주어야 함을 알 수 있다. 이러한 120 Hz 디스플레이 기술은 2005년도부터 선을 보이기 시작하였으나 최초에는 3차원 디스플레이를 위한 것이 아니라 LCD에서 지적되는 동영상 클립 현상(Motion Blur)을 줄이기 위하여 개발되었다. 이후 2008년에 삼성전자에서 240 Hz 디스플레이 기술을 개발하면서 이 기술을 응용한 3차원 TV의 구현가능성이 제시되었고 같은 해 PDP TV에 120 Hz 기술과 셔터안경을 적용한 3차원 TV가 출시되었으나, 3차원 콘텐츠 부족과 사용자 편의성이 떨어지는 문제 등으로 큰 주목을 받지 못하였다. 이후 2년간의 연구 개발을 거쳐 2010년에 그림 4와 같은 원리로 240 Hz 기술을 이용한 셔터안경식 3차원 LCD TV가 매장에 선보이게 되었으며 우수한 성능과 기존 TV와 별 차이가 없는 가격, 최근 개최된 월드컵의 3차원 중계 등의 호재를 통해 세계적으로 많은 판매량을 기록함으로써 본격적으로 3차원 TV 시대를 열게 되었다.^[3] 이러한 성공이 가능하도록 한 셔터안경식 3차원 TV 기술의 가장 큰 장점은 TV 전면면에 아무것도 부착할 필요 없이 120 Hz 또는 240 Hz 고속디스플레이 기술과 셔터안경의 동작을 동기시킴으로써 입체감을 구현한다는 것이다. 따라서 기존에 이미 출시되어 있는 120 Hz/240 Hz TV와 거의 동일한 구조를 갖기 때문에 생산단가를 낮출 수 있다. 또한 앞에서 소개한 편광안경식과 달리 해상도 저하가 없는 고품질의 입체영상을 감상할 수 있다. 물론 셔터안경식도 여러 단점을 갖고 있다. 그 중 가장 많이 지적되는 것은 편광안경과 비교했을 때 셔터안경의 크기가 크고 무거우며, 배터리를 교체하거나 충전해줘야 하는 불편함이 있다는 것이다. 이는 셔터안경 내부에 고속으로 동작하는 광학셔터가 장착되어 있기 때문으로 구조가 편광안경에 비해 훨씬 복잡하기 때문에 가격이 높아지게 된다. 즉, 편광안경식은 3차원 TV는 비싸지만 편광안경은 저렴한 반면, 셔터안경식은 3차원 TV는 덜 비싸지만 셔터안경이 비싸다고 할 수 있다. 입체영상을 감상하기 위해서는 반드시 안경을 착용해야 하는 안경식 3차원 기술의 특징을 고려할 때, 일반적으로 여러 사람이 입체영상을 본다면 안경가격이 저렴한 편광안경식이 유리하고, 한 두 사람만 본다면 셔터안경식이 유리하다

REFERENCES

- [2] J. -H. Park, Information Display **10**(3), 2 (2009).
- [3] S. S. Kim, *et al.*, "World's First 240 Hz TFT-LCD Technology for FullHD LCD-TV and Its Application to 3D Display," Society for Information Display 2009 International Symposium (SID 2009) Digest of Technical Papers (2009), pp. 424-427.

Fig. 4. Principle of 240 Hz 3D TV with shutter glasses - Switching between (a) and (b).

고 할 수 있다. 그러나 최근 셔터안경식 3차원 TV를 생산하는 업체들이 안경 가격을 낮추고 TV 구매 시 셔터안경을 무료로 제공하는 등 여러 기술적 노력과 판촉활동을 통하여 구매자의 실부담을 낮추고 있어, 현재까지는 입체 영상의 해상도와 가격 측면에서 모두 셔터안경식이 우세를 점하고 있으며 이를 바탕으로 삼성전자와 LG전자 등의 국내 대기업들이 출시한 셔터안경식 3차원 LCD TV 또한 세계 1위의 자리를 굳건히 지키며 디스플레이 강국으로서 우리나라의 위상을 드높이고 있다.

이처럼 3차원 TV는 평판 디스플레이 기술을 바탕으로 성능과 가격 모두에서 일반 소비자들이 쉽게 제품으로 접할 수 있는 수준까지 발전하였으며 많은 시장조사 기관에서 지속적인 성장을 예고하는 새로운 블루오션으로 여겨지고 있다. 그러나 서두에 언급한 바와 같이 홀로그래프를 제외한 현재의 3차원 디스플레이 기술은 인간이 실제 주변환경에서 인식하는 입체 인지 요소들 중 일부만을 만족시키는 수준이기 때문에 장시간 시청 시 부족한 입체 인지 요소들이 심한 피로감을 유발할 수 있다. 이 중 가장 대표적인 것은 수렴과 초점조절의 불일치이다. 그림 5와 같이 관찰자가 3차원 TV를 사용하여 입체 영상을 관찰할 경우, 양 눈의 시선이 수렴되는 위치는 입체 영상의 위치가 되는 반면, 눈

Fig. 5. Main causes of 3D Fatigue.

의 초점은 입체 영상이 아닌 TV의 위치에 있게 된다. 따라서 양안시차와 수렴에 의해 인지되는 입체 영상의 거리와, 초점조절 작용에 의해 인지되는 영상의 거리가 차이가 생기게 되고 이 차이가 두통, 어지럼증과 같은 증상을 유발할 수 있다. 이러한 증상은 개인차가 크기 때문에 어떤 사람은 장시간 입체영상을 시청하여도 괜찮은 반면, 어떤 사람은 10분 이상 시청이 불가능하기도 하다. 이러한 입체 피로도 현상은 많은 연구자들이 허용 가능한 수준을 정하기 위해 노력하고 있으나 언급한 바와 같이 개인차가 크고 3차원 디스플레이의 대중화가 이제 막 시작되는 시점이기 때문에 연구 데이터가 많이 부족한 것이 사실이다. 궁극적으로는 초점조절을 포함한 모든 입체 인지 요소를 구현하는 홀로그래프와 같은 완전한 형태의 3차원 TV 기술이 개발되어야 하지만, 산업적인 측면에서 기술 개발 기간, 시장의 크기, 비용 대비 효율성 등의 여러 사항을 고려해야 하기 때문에 그 이전에 양안시차와 수렴의 두 가지 요소만으로 사용자가 느끼는 피로감을 최소화하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

이상으로 2010년 현재 3차원 TV 제품에 적용되고 있는 기술들의 원리와 그 장단점, 그리고 현재의 3차원 디스플레이 기술이 갖는 한계점 등을 살펴보았다. 디스플레이 기술은 정보를 전달하는 수단으로서 실재하지 않는 물체 또는 정보를 실재하는 것처럼 만들어주는 3차원 디스플레이 기술은 그 응용수단이 무궁무진하다고 할 수 있다. 국내의 디스플레이 산업은 2000년대 들어 세계 1위의 규모로 성장하였으며, 새로운 시장인 3차원 TV 분야에서도 국내기업들이 우위를 지켜가고 있다. 이러한 우위를 지속적으로 지켜 나가기 위해서는 현재의 3차원 TV가 갖는 한계를 넘어서는 하드웨어 기술 개발과, 시청자로 하여금 입체감과 재미를 동시에 느낄 수 있도록 하는 3차원 콘텐츠 기술의 개발이 잘 병행되어야 하며 따라서 3차원 디스플레이 기술은 이를 만족시키는 방향으로 발전해 나갈 것으로 예측된다.