특집 | 3D Display

안경식 3차원 디스플레이 기술

최희진*

1. 개요

3차원 디스플레이는 우리가 생활하는 주변 환경에서 얻는 정보와 동일한 입체 인지 정보를 제공하는 것을 목표로 하는 기술로서 기존의 2차원 디스플레이보다 자연스럽고 실감나는 영상을 보여줄 수 있다. 그동안 3차원 디스플레이는 공상과학영화에 나오는 미래 기술로 여겨졌으나 최근 들어 평판 디스플레이 기술의 급속한 발전과 가격 하락에 힘입어 3차원 디스플레이 기기가 대중화될 수 있는 기반이 마련되었고 그 결과 오늘날에는 입체 영화관뿐만 아니라 일반 가정에서도 3차원 디스플레이 기술을 적용한 제품들을 어렵지 않게 만나볼 수 있다. 그런데 이러한 3차원 디스플레이 제품들을 살펴보면 현재는 대부분 안경식 3차원 디스플레이 기술을 사용하고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 안경식 3차원 디스플레이 기술이 비록 사용자가 입체 안경을 착용하여야 하는 불편함이 있으나, 기존의 평판 디스플레이 기술을 곧바로 적용할 수 있어 상대적으로 구조가 간단하고 가격이 저렴하여 우선적으로 제품화에 적용되고 있기 때문이다. 이러한 상황은 안경식 3차원 디스플레이 기술의 장점과 한계점을 모두 보여준다. 즉 산업화와 가장 가까운 3차원 디스플레이라는 특성이 장점이면서도 동시에 한계점이 되는 것이다. 본 고에서는 현재 상용화단계에 도달한 안경식 3차원 디스플레이 기술들의 원리와 장단점을 보다 자세히 살펴보고 향후 전망을 제시하도록 한다.

안경식 3차원 디스플레이 기술은 여타 3차원 디스플레이 기술들과 마찬가지로 인간 시각계가 갖고 있는 여러 입체 인지 요소를 구현함으로써 사용자로 하여금 입체감을 느끼도록 만든다. 다만 현재의 안경식 3차원 디스플레이 기술들은 이러한 입체 인지 요소 전부를 구현하는 수준에는 도달해 있지 못하며 크게 양안시차와 수렴의 두 가지 요소를 구현한다. 이에 반해 일부 무안경식 3차원 디스플레이 기술과 홀로그램 기술 등은 모든 입체 요소를 구현할 수 있는 것으로 알려져 있으나 이러한 기술들은 안경식 3차원 디스플레이보다 구현이 어려워 가까운 미래에 차세대 제품으로 선보일 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이러한 측면만 본다면 현재 일반 대중들이 안경식 3차원 디스플레이를 통하여 접할 수 있는 입체 영상은 일부 요소가 결여된 불완전한 형태라 할 수 있다. 그러나 'Avatar'로 대표되는 입체 영화의 성공에서 볼 수 있듯이, 잘 만들어진 컨텐츠가 있다면 비록 완전하지 않은 입체 영상이라 하더라도 시청자로 하여금 높은 몰입감을 느끼도록 할 수 있다. 또한 입체로 제작되는 영화의 수가 지속적으로 늘어나고 이러한 컨텐츠들의 제작 방식이 안경식 3차원 디스플레이에 적합하도록 표준화되고 있다. 이러한 현재 상황을 고려할 때 당분간은 안경식 3차원 디스플레이가 갖는 한계점(일부 입체 인지 요소의 결여)이 크게 부각되지 않을 것으로 예상되며, 더욱 발전된 3차원 디스플레이 기술이 등장하기까지 징검다리 역할을 충분히 할 수 있을 것으로 기대된다.

양안시차는 시청자의 두 눈에 서로 다른 영상이 보이는 현상으로 좌안 영상과 우안 영상을 미리 준비하여 이를

* 세종대학교 물리학과

안경식 3차원 디스플레이 기술

각 눈에 분리하여 보여줌으로써 구현할 수 있다. 일반적인 시청거리에서는 이러한 양안시차가 여러 입체 인지 요소들 가장 효과가 좋은 것으로 알려져 있기 때문에 일반적인 3차원 디스플레이 기술은 기본적으로 양안시차를 제공한다. 안경식 3차원 디스플레이 기술에서는 이러한 양안시차를 디스플레이와 입체 안경간의 상호작용에 의해 구현한다. 따라서 입체 안경의 구현 원리가 매우 중요하며 현재까지 발표된 안경식 3차원 디스플레이 기술은 사용자가 착용하는 입체 안경의 종류에 따라 크게 편광 안경식과 셔터 안경식의 두 가지로 나눌 수 있다. 편광 안경은 좌안과 우안 전면에 위치한 안경렌즈들이 서로 직교하는 편광을 갖도록 설계된 안경으로, 좌안 영상과 우안 영상도 서로 직교하는 편광을 가져야만 이들을 분리할 수 있다. 반면에 셔터 안경은 좌안과 우안의 렌즈가 각기 다른 타이밍에 광학적으로 열리고 닫히도록 설계된 안경으로, 좌안 영상과 우안 영상이 시간적으로 분리되어 표시될 때 효과를 볼 수 있다. 이처럼 두 가지 입체 안경이 각기 다른 특성을 갖기 때문에 이와 짝을 이루는 디스플레이도 이에 맞추어 설계되어야 한다. 즉, 편광 안경식 3차원 디스플레이는 좌안 영상과 우안 영상을 서로 직교하는 편광을 갖도록 만들어주는 편광 변조 디스플레이가 필요하고, 셔터안경식 3차원 디스플레이를 구현하려면 좌안 영상과 우안 영상을 각기 다른 프레임에 표시해줄 수 있도록 고속으로 동작하는 디스플레이 기술이 선행 개발되어야 한다. 이러한 점을 감안할 때 최근 이루어진 평판 디스플레이 제조 기술의 발달과 120Hz 또는 240Hz 배속구동 기술의 개발이 안경식 3차원 디스플레이 기술의 대중화의 밑거름이 되었음을 짐작할 수 있다.

2. 편광 안경식 3차원 디스플레이 기술

편광 안경식 3차원 디스플레이는 기본적으로 좌안 영상과 우안 영상이 직교하는 편광을 갖도록 하기 위하여 편광 변조기가 디스플레이 전면에 부착되며, 편광 변조기의 구조와 동작 원리에 따라 다시 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 Patterned Retarder 라 불리는 방법으로 그림 1과 같이 디스플레이 전면에 좌안 영상의 편광과 우안 영상의 편광을 공간적으로 각기 변조해주는 특수 편광필터를 부착하는 방식이다. 이 경우 좌안 영상과 우안 영상은 각기 다른 수직(홀수번째/짝수번째) 라인들로 이루어진 인터레이스 형태의 영상이 되며 디스플레이에 표시되는 영상은 이들을 혼합한 형태가 된다. 따라서 편광 안경을 착용하지 않은 상태로 관찰하면 좌안/우안 영상이 수직 방향으로 혼합된 영상을 보게 되지만, 편광 안경을 착용하면 두 영상이 분리되게 된다. 그러나 이 경우 각 눈에 보이는 영상은 홀수번째 또는 짝수번째 라인들로만 이루어져 있기 때문에 입체 영상의 수직 방향 해상도가 1/2로 감소하게 된다. 이러한 단점에도 불구하고 Patterned Retarder 방식은 편광 필터를 제작하고 부착하는 것 외에는 특별한 디스플레이 관련 기술이 필요하지 않아 비교적 초창기부터 제품으로 판매되어 왔다. 입체 영상의 화질 측면에서는 고속으로 좌안 영상과 우안 영상을 스위칭하지 않기 때문에 영상의 플리커링이 없어 타 방식에 비해 눈이 편하다는 평가를 받고 있으며 추후 설명할 셔터 안경식 대비 영상의 밝기가 높다. 또한 편광 안경이 셔터 안경보다 가볍고 저렴하게 제작이 가능하여 사용자 편의

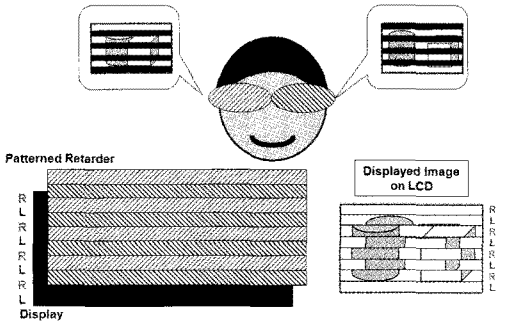

그림 1. Patterned Retarder 방식 3차원 디스플레이의 원리

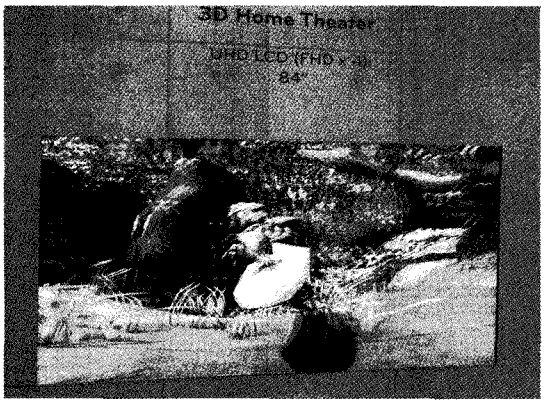

그림 2. 84인치 Patterned Retarder 방식 3차원 디스플레이

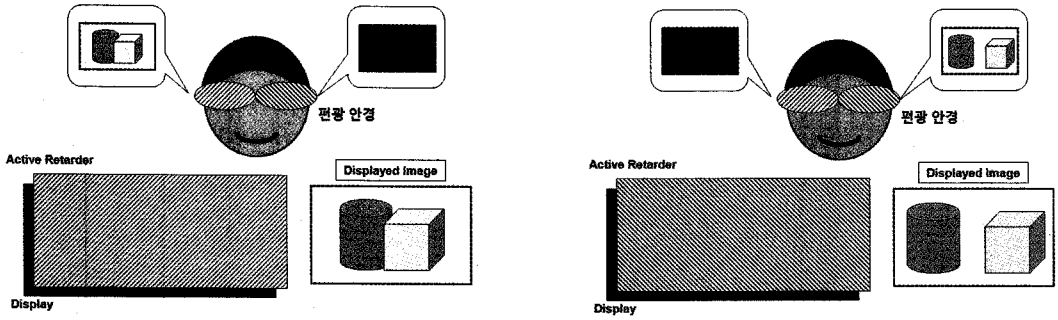

그림 3. Active Retarder 방식 3차원 디스플레이의 원리

성이 높다는 장점을 갖고 있다. 산업화 측면에서는 추가로 부착해야 하는 편광 필터의 재료비와 이를 좌안/우안 영상과 정확히 정렬하여 부착하는 공정상의 난이도 등으로 인해 초기에는 매우 높은 가격대를 형성하여 많은 판매량을 기록하지는 못했으나, 지속적인 공정 기술 개발로 이를 극복해 나가고 있다. 그림 2는 금년 한국전자전에 전시된 Patterned Retarder 방식의 3차원 디스플레이로 84인치 크기에 3840 x 1080의 해상도를 갖는 입체 영상(디스플레이의 기본 해상도(2D)는 3840 x 2160)을 구현한다.

또 다른 편광 안경식 3차원 디스플레이는 Active Retarder 라 불리는 방법으로 그림 3과 같이 디스플레이 전면에 좌안 영상과 우안 영상의 편광을 시간적으로 각기 변조해주는 능동 편광필터를 부착하는 방식이다. 이 방식에서는 좌안 영상과 우안 영상이 각기 다른 (홀수번째/짝수번째) 프레임에 표시되게 되며 이와 동기를 맞추어 능동 편광필터가 화면 전체의 편광을 바꾸어 줌으로써 좌안/우안 영상이 서로 직교하는 편광을 갖도록 한다. 이를 통하여 시청자의 양 눈에 서로 다른 영상이 교대로 보이도록 함으로써 양안시차를 제공할 수 있다. Active Retarder 방식을 통해 구현되는 입체 영상은 Patterned Retarder와 달리 해상도의 저하가 없다는 장점을 가지고 있다. 또한 편광 안경을 사용할 수 있다는 것 역시 사용자 편의성 측면에서 좋은 평가를 기대할 수 있다. 그러나 120Hz 이상의 속도로 동작하는 고속 디스플레이를 사용해야 하고 능동 편광필터의 제작 및 대형화 기술이 아직 제품화 단계에는 이르지 못하여 30인치 이하의 크기의 데모로 전시회에 출품되고 있는 수준이다.

3. 셔터 안경식 3차원 디스플레이 기술

셔터 안경식 3차원 디스플레이 기술은 그림 4와 같이 좌안 영상과 우안 영상을 120Hz 이상의 속도로 스위칭하

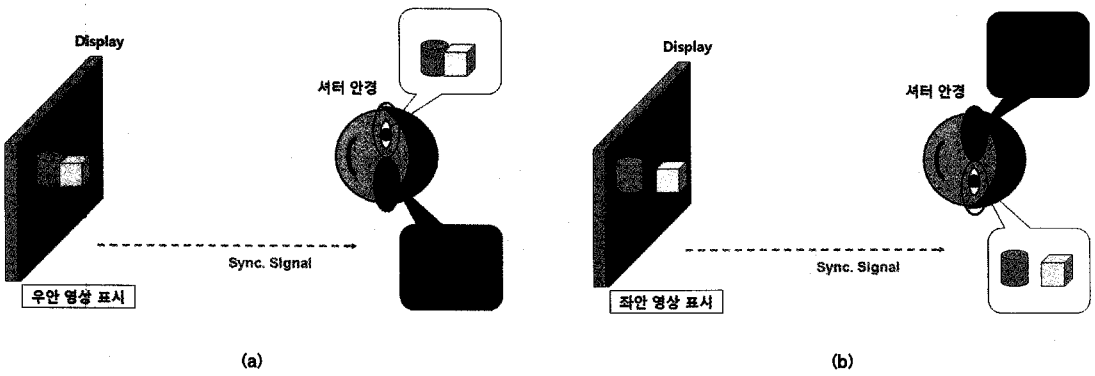

그림 4. 셔터 안경식 3차원 디스플레이의 원리

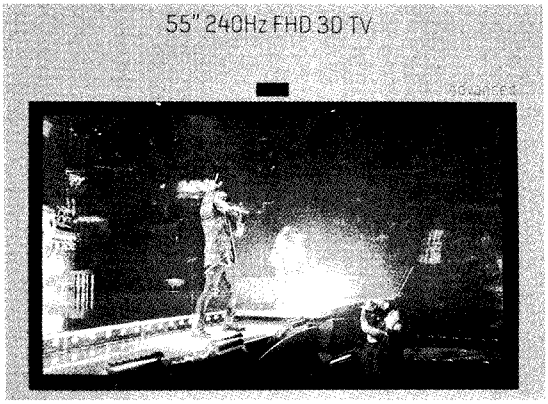

그림 5. 55인치 셔터 안경식 3차원 디스플레이

고 이와 동기를 맞추어 시청자가 착용한 셔터 안경의 렌즈가 선택적으로 각 눈에 해당하는 영상만을 통과시킴으로써 양안시차를 구현하는 방식이다. 이러한 방식의 최대 장점은 편광 안경식과 달리 디스플레이 전면에 별도의 편광 변조기가 필요 없다는 것이다. 따라서 셔터 안경 외에 추가장비가 없어 디스플레이 측면에서는 가장 간단한 구조를 갖는다. 그 대신에 능동 소자인 셔터 안경을 사용해야 하므로 편광 안경 대비 무게와 가격에서 불리한 측면이 있다. 또한 셔터 안경이 무선으로 동작할 경우 내부의 배터리를 교체하거나 충전해줘야 하는 불편함도 있어 사용자 편의성 측면에서는 편광 안경식보다 열세라 할 수 있다. 그러나 기존의 평판 디스플레이와 가장 가까운 3차원 디스플레이라는 측면에서 제품화에 유리하며 3차원 영상의 해상도 저하가 없다는 장점이 있다. 이를 반영하듯이 현재 셔터 안경식 3차원 디스플레이 기술은 2010년 현재 판매되고 있는 3차원 디스플레이 제품의 거의 대부분을 차지하고 있으며 크게 120Hz로 동작하는 3D PDP 제품군과 120Hz/240Hz로 동작하는 3D LCD 제품군이 있다. 그림 5는 금년 한국전자전에 출품된 55인치 크기의 셔터 안경식 3차원 디스플레이(LCD)로 1920 x 1080 해상도의 입체 영상을 구현한다. 또한 차세대 디스플레이 중 하나로 각광받고 있는 AMOLED를 사용한 셔터 안경식 3차원 디스플레이도 연구중에 있다.

4. 3D Crosstalk 과 입체 시청 피로 현상

안경식 3차원 디스플레이에서 3D crosstalk는 좌안 영상과 우안 영상이 완전히 분리되지 않는 현상을 의미하며, 입체감 형성을 방해하고 시청 피로를 유발하는 주요 요인으로 여겨지고 있다. 따라서 이러한 3D crosstalk를 제거하기 위한 연구 역시 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 3D crosstalk 현상은 Patterned Retarder 방식에서는 편광 필터와 디스플레이 사이에서 발생하는 것으로 분석되며, 셔터 안경식에서는 PDP에 사용되는 형광체의 잔광, LCD에 사용되는 액정의 느린 응답으로 인하여 좌안 영상과 우안 영상이 완전히 스위칭되지 못하여 발생하는 것으로 알려져 있다. Active Retarder 방식 또한 고속 구동 방식을 채택하고 있기 때문에 셔터 안경식과 유사한 3D crosstalk 유발 요인을 가지며 추가로 능동 편광필터의 동작과 디스플레이의 동작간의 공간 동기화의 정밀도에 의해서도 3D crosstalk가 발생할 것으로 예측된다. 3D crosstalk 저감 기술은 크게 신규 형광체와 액정을 개발하는 등 새로운 소재를 적용하는 방법과, 구동 기술 측면에서 좌안 영상과 우안 영상 사이에 Black 영상을 삽입하는 방식등을 통하여 보다 확실히 분리하는 방법이 있다. 현재 3차원 디스플레이 관련 연구자들은 두 가지 방법 모두를 연구하고 있으며 이를 통하여 인지 영역 이하로 3D crosstalk를 낮추기 위해 노력하고 있다. 특히 AMOLED는 응답속도가 매우 빠르기 때문에 3D crosstalk이 거의 없는 셔터안경식 3차원 디스플레이를 구현하기에 적합한 차세대 디스플레이 기술로 각광받고 있다.

이러한 3D crosstalk 문제 외에도 안경식 3차원 디스플레이 기술은 입체 인지 요소 중 일부만을 구현하기 때문에 장시간 시청 시 피로 현상이 발생할 수 있다. 이러한 입체 시청 피로 현상에 관한 연구 역시 활발히 진행되고 있으나 본 고의 주제는 안경식 3차원 디스플레이를 구현하는 기술에 관한 것이므로 여기서는 자세히 다루지 않기로 한다. 요점은 입체 시청 피로 현상은 잘 만들어진 입체 컨텐츠와 최신 디스플레이 기술의 도움으로 감소시킬 수는 있으나 완전히 없앨 수는 없기 때문에, 결국 안경식 3차원 디스플레이 기술은 입체 영상의 자연스러움과 시청 가능 시간 측면에서 한계점을 가지고 있다는 것이다. 이를 해결하기 위해서는 보다 발전된 3차원 디스플레이 기술의 지속적인 연구가 필요하며, 차세대 3차원 디스플레

이 기술에 대한 기대를 높이는 요인이기도 하다.

5. 결론

안경식 3차원 디스플레이는 이제 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 기술이 되었다. 그만큼 3차원 디스플레이가 대중화에 가까워졌다는 의미이기도 하지만, 여러 안경식 3차원 디스플레이 기술은 각각의 장단점을 가지고 있으며 공통적으로 입체 시청 피로가 발생한다는 한계점을 갖는다. 그러나 적절한 시청 조건하의 안경식 3차원 디스플레이는 상대적으로 저렴한 가격에 높은 현실감을 제공할 수 있으며 가까운 미래에 선보일 새로운 3차원 디스플레이 제품의 대중화를 위한 기초를 마련하는 기술이라는 데서 의미가 있다.

참고문헌

1. S. B. Steinman, B. A. Steinman, R. P. Garzia, Foundations of Binocular Vision: A Clinical Perspective (McGraw-Hill, New York, 2000), Chapter 7.

2. S. S. Kim, B. H. You, H. Choi, B. H. Berkeley, and N. D. Kim, "World's first 240Hz TFT-LCD technology for Full-HD LCD-TV and its application to 3D display," in Proc. SID '09 Dig. (San Antonio, USA, May 2009), vol. 40, pp. 424-427.

3. D. Kim, J. Lee, T. Kim, and S. Moon, "Method to reduce the cross-talk in 3D PDP TV," in Proc. IMID '09 Dig. (Ilsan, Korea, Oct. 2009), pp. 513-516.

4. S. Hong, B. B. Berkeley, and S. S. Kim, "Motion image enhancement of LCDs," in Proc. IEEE International Conference on Image Processing (Genova, Italy, Sep. 2008), vol. 2, pp. 17-20.

5. H. Kang, S.-D. Roh, I.-S. Baik, H.-J. Jung, W.-N. Jeong, J.-K. Shin, and I.-J. Chung, "A novel polarizer glasses-type 3D displays with a patterned retarder," in Proc. SID '10 Dig. (Seattle, USA, May 2010), vol. 41, pp. 1-4.

6. S.-M. Jung, Y.-B. Lee, H.-J. Park, S.-C. Lee, W.-N. Jeong, J.-K. Shin, I.-J. Chung, "Improvement of 3-D Crosstalk with Over-Driving Method for the Active Retarder 3-D Displays," in Proc. SID '10 Dig. (Seattle, USA, May 2010), vol. 41, pp. 1264-1267.

7. D.-S. Kim, S.-M. Park, J.-H. Jung, and D.-C. Hwang, "New 240Hz driving method for Full HD & high quality 3D LCD TV," in Proc. SID '10 Dig. (Seattle, USA, May 2010), vol. 41, pp. 762-765.

약 력

최희진

2002년 : 서울대학교 전기공학부 (공학사)
2004년 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학석사)
2008년 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
2007년~2009년 : 삼성전자 LCD 사업부
2010년~현재 : 세종대학교 물리학과 전임강사

관심분야 : 3D 디스플레이, 3D 광정보처리, 홀로그램 등