

3D 디스플레이 기술 동향 및 향후 전개 방향

3D Display Technologies by using FPD

□ 김대식 / 삼성전자 디지털미디어 연구소

1. 서론

아날로그 방송이 정지되는 2012년을 전제로 DTV 기술보급이 빠른 속도로 진행되고 있는 반면, 고해상도의 FPD(Flat Panel Display) 즉, 대형 평판 TV가 어느새 우리들의 거실에 자리매김을 하고 있다. 반면 대형 Full HD TV(1920x1080 해상도)도 이미 가격 경쟁에 돌입하고 있는 실정이고 보면 고해상도, 고화질의 영상산업은 이에 만족하지 않고 한층 더 나아가 입체감 또는 현실감을 느낄 수 있는 영상 기술 개발을 필요로 하고 있음에 틀림이 없다[1-3].

차세대 디스플레이 개발의 일환으로 현재의 대형 평판 디스플레이(FPD)의 형태 및 고해상도 고화질의 영상을 그대로 유지하면서 입체감을 느낄 수 있어야 한다는 3DTV의 궁극적인 목표는 그 원리상 디바이스에서부터 전송까지 수십 배의 데이터 량을 필요로 하게 되고 다만 시장에서의 경쟁력을 갖추

기 위해 해결해야 할 기술적 과제는 단기적, 중, 장기적 관점이 별도로 존재하게 된다.

현재 3DTV의 상용화는 TV방송을 제쳐두고서라도 아직 콘텐츠 서비스의 부족으로 시기상 이른감이 없지 않으나, 다양한 형태의 디스플레이 기술과 인터넷 등 네트워크 기술의 빠른 발전과 더불어 기존 지상파 방송 서비스 외에 위성방송, 유선방송, DMB, IPTV 등 새로운 개념의 TV서비스[4-6]가 시작될 기미가 보이고 있어, 이를 대응하기 위한 부가 기능으로 2007년 상반기에 서터안경을 착용하고 입체영상을 감상할 수 있는 3D Ready DLP TV(삼성전자)의 출시를 시작으로 동종 방식의 PDP TV, LCD TV 등이 곧 뒤를 이을 것으로 예상된다.

급속도로 전개되고 있는 디스플레이 기술에 비하면 특수안경을 사용하는 방식은 상당히 오랫동안 검증되어 왔지만 두 눈의 시각 차이를 이용하는 방식의 근본적인 문제점은 시청자의 피로를 유발

하게 되고, 이로 인해 장시간의 시청이 불가하게 되어 치열한 디스플레이 시장에서 결국 경쟁력을 잃게 되는 것은 자명한 사실로 지금까지 양안시차(Stereoscopy) 방식의 3D시장이 본 궤도에 진입하지 못한 중대한 원인 중의 하나라고 볼 수 있다. 이러한 문제점을 단기적 상용화 관점에서 해결하려고 한 것이 3D의 추가기능을 TV에 접목시키는 기술이다[7-9].

반면에 중·장기적 관점에서의 문제점 해결 방안으로 자연스러운 입체영상을 구현하기 위한 디스플레이 방식에 대한 연구개발이 중요해지는데 지금까지 잘 알려져 있는 대표적인 기술이 다시점(Multiview) 방식, 체적형(Multilayer)방식, 인테그럴 이미지 방식 그리고 홀로그래피 기술 등이 제시되어 최근에는 기초연구 뿐만 아니라 상용화 기술에 대한 시도가 학계 및 연구기관에서 활발히 진행되고 있다.

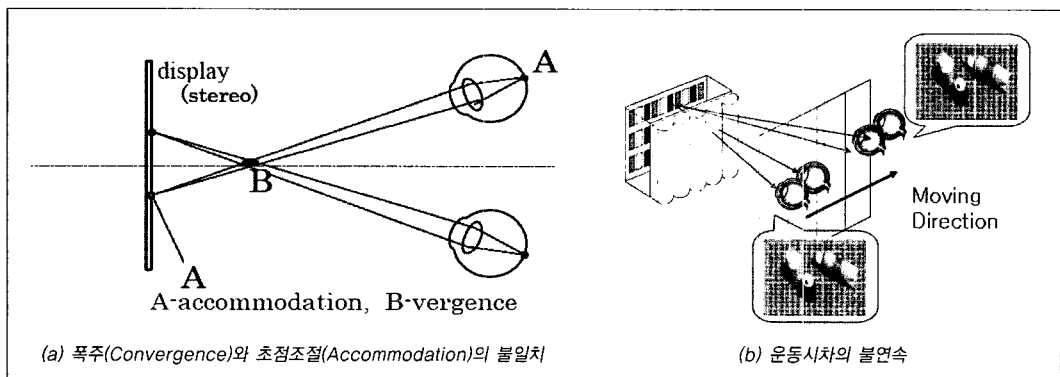
이 글에서는 우선 상용화 관점에서 자연스런 입체영상을 구현하기 위한 3D디스플레이의 기술적 과제, 3D디스플레이 방식 및 각 장치의 특성에 대해 논의하고 다음으로 고해상도의 FPD 를 이용한 3D 디스플레이의 구성 방법과 최신 기술동향에 대해

이야기하고 마지막으로 향후 전개 방향에 대해 예측해 본다

II. 3D 디스플레이의 기술적 과제

인간이 깊이의 거리감 즉 입체감을 인지하는 것을 깊이지각(Depth Perception)이라고 정의하고 이와 관련된 생리적(물리적) 요인에는 인간의 두 눈에 의한 양안시차(Parallax) 및 폭주(Convergence)가 있고, 단안에 의한 초점조절(Accommodation), 운동시차(Motion Parallax) 등이 있다[10]. 자연스러운 입체영상을 구현하기 위해서는 이 모든 요인이 올바르게 기능하는 3D디스플레이를 실현할 필요가 있다. 그러나 기존 양안시차 방식의 3D 디스플레이에서는 양안시차와 폭주밖에 기능하지 않기 때문에 인간의 시 기능에 대해 서로 상반되는 문제가 발생한다.

이들 두 가지 해결해야 할 과제 중 첫 번째가 폭주(Convergence)와 초점조절(Accommodation)의 불일치이다. <그림 1 (a)>에서와 같이 폭주는 물체의



(그림 1)

한 점을 보았을 때 양안의 회전각 정보를 토대로 삼각측량의 원리로 그 점의 내경 위치를 지각한다. 초점조절은 가변 초점 거리 렌즈 기능을 하는 눈의 수정체를 통해 핀트를 조절하는 것으로 기존 양안시차 방식의 입체영상에서는 좌우 눈에 다른 영상을 표시하므로 폭주는 입체의 내경 위치를 올바르게 지각하는 것에 반해 눈의 초점은 디스플레이의 스크린 상에 있어 올바르게 기능하지 못하게 된다. 실제로 인간의 눈의 초점조절은 관찰 거리가 1~2m일 때 작용하므로 관찰거리가 1m 이하에서는 불일치가 두드러지게 되어 현실세계의 관찰에서는 발생하지 않는 부자연스런 제어를 강요하게 된다. 이러한 상황에서 장시간 시청을 할 경우 두통 등 부작용이 발생하게 된다.

두 번째 과제는 운동시차(Motion Parallax) 불연속이다. 기존 입체 표시에서는 우안용 영상과 좌안용 영상 밖에 표시하지 않으므로 <그림 1(b)>와 같이 머리를 움직여도 영상은 달라지지 않는다. Multi-view 방식에서는 여러 시점의 위치에서 본 영상을 동시에 표시하므로 운동시차를 어느 정도 실현할 수 있지만 시점수가 충분치 만족하지 못할 경우 시점의 이동에 대해 영상전환이 연속적이지 못하기 때문에 부자연스러움을 느끼게 되고 결국 현장감(Realism)을 느끼지 못하게 된다. 대화면으로 풍경 등의 원경을 표시하는 경우에 운동시차의 불연속은 별로 신경 쓰이지 않지만 근경에서 특히 인물 등을 표시하는 경우에는 문제가 될 수 밖에 없다.

이러한 두 가지 과제를 해결하기 위하여 지금까지 많은 디스플레이 방식이 시도되어 왔고 최근에 상용화에 적용시킨 것이 2D/3D 겸용 디스플레이로서 기존의 고화질의 2D영상에 부가적으로 3D 영상을 선택적으로 시청할 수 있는 기능을 가지고 있으며, 2D/3D 스위칭 기술과 고해상도 3D 영상구현

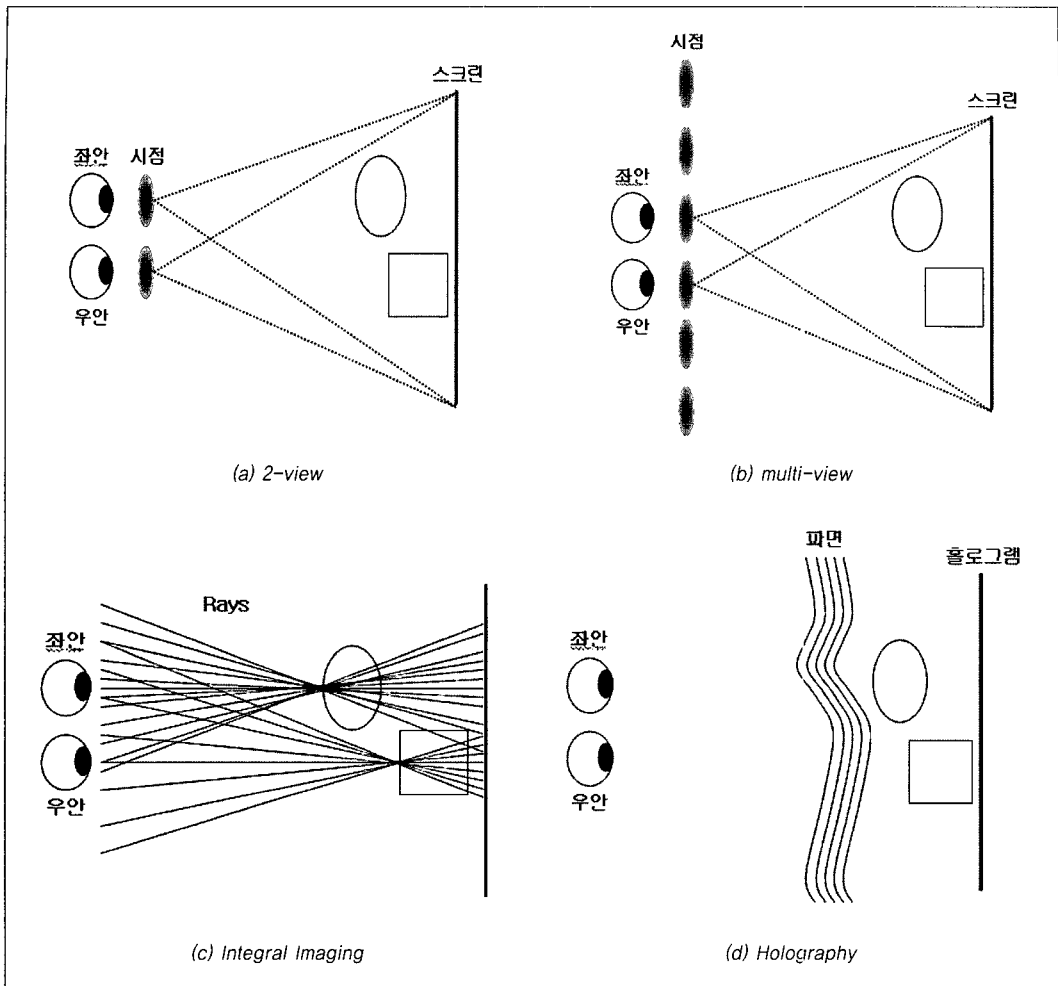
기술이 요구된다. 이에 가장 쉽게 근접된 방식이 안경식(Stereoscopy) 디스플레이이고 비안경식(Autostereoscopy)의 2D/3D 겸용 디스플레이에는 고화질 및 고효율의 구조가 제안되고 있다.

Ⅲ. 3D 디스플레이 방식 및 기술 동향

1. FPD를 이용한 3D 방식

아주 오래 전 인류의 근본적인 욕구에서부터 눈에 보이는 장면 또는 경험의 결과를 평면 위에 표현하여 왔기 때문에 향후 영상표현의 궁극적인 목적은 여러 시점 또는 입체를 느낄 수 있는 3차원영상이라 말할 수 있지만, 이와 반대로 이를 표현하는 수단 즉 디스플레이는 점차적으로 스크린 사이즈의 대형화와 더불어 슬림화되어 왔다. 이러한 대형 FPD를 이용한 안경방식의 3D 디스플레이는 그 원리 및 장치들에 대하여 오랜 검증과 상용화로 많이 알려져 있기 때문에 여기에서는 <그림 2>에서와 같이 특별한 안경을 필요로 하지 않는 비안경식 3D 디스플레이에 대해서만 이야기 한다.

2-view(양안) 방식은 설계된 공간에 좌안과 우안의 시점 위치를 설정하고 좌우 영상을 각 시점 위치에 분리시켜 상을 맺히도록 한다. Multi-view(다시점) 방식은 설계된 공간에 시점 위치를 3개 이상 설정하여 분리된 상을 연속해서 보는 것이고, Integral Image 방식은 설계공간에 시점을 직접 설정하지 않고 스크린으로부터의 광이 모여 상을 만들고 이로부터 발산되는 광을 직접 보기 때문에 물체에서 나오는 광선을 재현하는 방식이라고도 한다. 홀로그램 방식은 물체에서 나오는 광의 강도에 포함된 파



〈그림 2〉 비안경식 3D 디스플레이 종류

면 정보를 재생한다.

표 1에서는 3D 디스플레이 기술에서 해결해야 할 과제에 대한 각 방식의 특성 및 필요로 하는 해상도를 나타내고 있다. Multi-view에서는 시점수가 4~10개 정도로 충분하지 못하므로 폭주와 초점조절의 불일치에 대한 해결안은 없고, 2-view 보다는 시역이 넓어지는 효과는 있지만 운동시차를 해결할 수준은 아니다. Integral Image 방식에서는 물체에서 나오는 광선들이 인간의 시각에 대해 정밀하게 재

현된다는 조건에서 폭주와 초점조절의 문제를 해결할 수 있고 매끄러운 운동시차를 얻을 수 있으며, 홀로그래피에서는 물체에서 생기는 파면을 재생하는 원리상 이러한 문제는 생기지 않지만 구현성의 문제가 별도로 논의되어야 한다.

3D 이미지의 해상도를 SD(720×480)급의 모니터를 기준으로 하여 각 필요 해상도를 살펴 보면 2-view 에서의 해상도는 기준의 2배인 0.7 Mpixels 정도, Multi-view (6~16 시점)에서 2~6 Mpixels,

표 1. 3D 디스플레이 방식과 문제 해결 가능성 비교

3D 디스플레이 방식	폭주-초점조절 불일치 [해결 가능성]	운동시차 불연속 [해결 가능성]	필요 해상도 [pixels]
2-view	x	x	~ 0.7M
Multi-view	x	△	2~6M
Integral Image	○	○	> 35M
Holography	○	○	> 3T

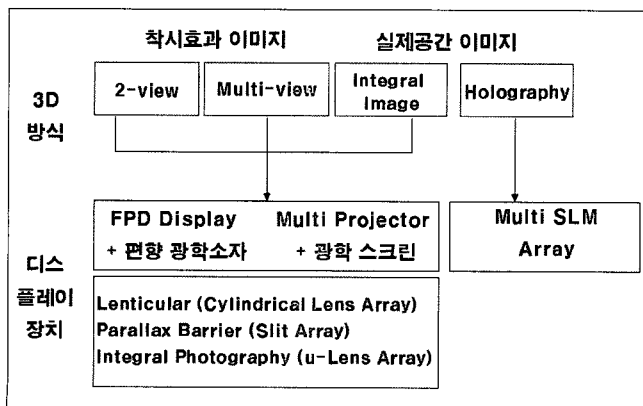
Integral Image 방식(100시점 정도)에서는 35 Mpixels가 요구되어 지고, Holography의 경우는 디스플레이 장치 별로 계산이 다르게 되지만 단순 적용되는 공간 광 변조기(SLM)의 해상도를 고려할 경우에 5,000개/mm 정도가 필요하다[11].

2. FPD를 이용한 3D 디스플레이 장치 및 기술

〈그림 3〉에서 나타낸 바와 같이 2-view, Multi-view, Integral Image 등의 3D 방식에 대한 디스플레이 장치를 크게 나누어 보면, 편향 광학소자 어레이

이를 FPD에 적용시켜 구성하는 방법과 다수의 프로젝터 엔진과 공통 스크린을 이용하여 구성하는 방법이 있다. 여기에서 편향 광학소자는 FPD 디스플레이의 여러 픽셀에 대하여 하나의 편향 광학 소자에 대응시키고, 각 픽셀에서 나오는 광선을 다른 방향으로 편향시키는 동작을 한다. 프로젝션형 방식은 다른 위치에 있는 여러 대의 프로젝터(또는 엔진)에서 공통 스크린으로 영상을 다중 투영해 스크린의 각 점에서 다른 방향으로 나아가는 광선을 발생시킨다.

FPD를 이용하는 구성 방법에는 편향 광학소자 어레이의 종류에 따라 분류할 수 있다. 〈그림 4(a)〉와 같이 1차원 렌즈인 Cylindrical Lens Array를 이



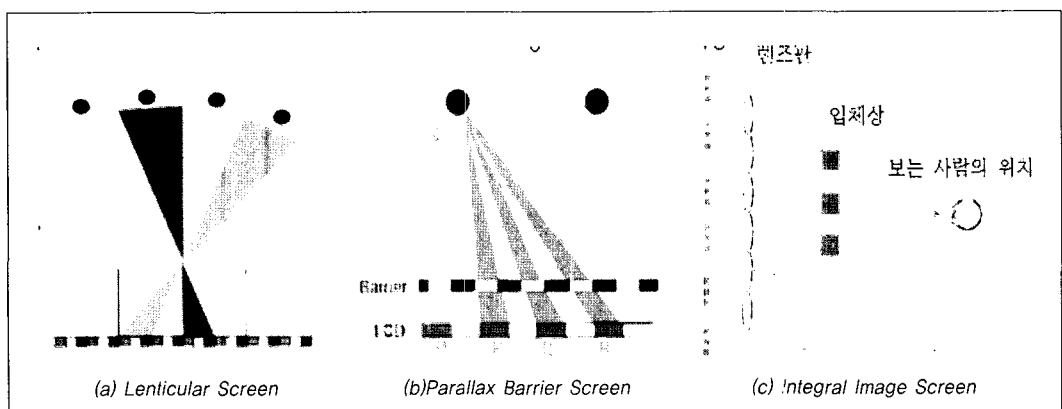
〈그림 3〉 3D 방식 및 디스플레이 분류

용해 광선을 수평 방향으로 편향시키고 이들을 수평 방향으로 여러 개 나열한 Lenticular 스크린을 이용하는 방식이 있고, <그림 4(b)>와 같이 세로로 긴 슬릿을 통해 광선을 수평 방향으로 편향시키고 이들을 수평 방향으로 나열한 Parallax Barrier를 이용하는 방식이 있다. 그리고 <그림 4(c)>와 같이 2차원의 편향 광학소자인 마이크로렌즈를 이용해 광선을 수평·수직 방향으로 편향시키는 방식이 Integral Imaging이다.

Lenticular 방식과 Parallax Barrier 방식에서는 빛의 편향 방향은 수평 방향으로 한정되므로 수평 시차밖에 얻을 수 없다. 이에 대해 Integral Image 방식에서는 빛을 수평·수직으로 편향하므로 수평·수직 시차(Full Parallax)를 모두 얻을 수 있으며, 프로젝션 방식에서는 여러 프로젝터를 수평 방향으로만 나열한 경우에는 수평 시차형이 되고 수평·수직으로 나열한 경우에는 2차원적인 시차를 얻을 수 있다. 홀로그래피 방식은 기본적으로는 Full Parallax를 얻을 수 있는데 이를 수평 시차만으로 한정해 공간 광 변조기에 대한 부담을 줄이고 정보량을 줄이는 방법도 알려져 있다.

LCD, PDP 등과 같은 FPD의 픽셀들의 조합에 의해 영상 이미지를 표시하는데 있어, 3D 구현을 위해서는 픽셀 간 차광부의 존재와 색 픽셀의 배열에 주의할 필요가 있다. 디스플레이의 색 픽셀 사이에는 배선용 차광부가 존재하게 되고 편향 광학소자에 의해 제어된 광선들의 일부는 차광부에 의해 흡수되어 시점과 시점 사이에 아무것도 보이지 않는 영역을 만들어 낸다. 설계된 시정거리 이외의 거리에서 본 경우에는 이것이 화면의 휘도가 불균일한 것으로 관찰되므로 Integral Image 방식에서는 광선이 존재하지 않는 각도가 발생하여 시야각을 좁히게 된다. 일반적으로 해상도가 높은 패널일수록 차광부의 비율은 커지게 된다. 이러한 차광부의 문제를 막는 방법으로 렌즈 설계 시 defocus 상태에서 광선을 편향시켜 최적화하는 방법이 알려져 있다.

렌즈나 슬릿을 통해 픽셀 구조가 확대되면 광선의 편향방향에 따라 RGB 색분리 현상이 나타나게 되는데 이는 설계된 시정거리 이외의 영역에서는 색 불균일로 나타나게 되어 시정거리 및 시야각에 제한을 주게 된다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로는 차광부의 경우와 마찬가지로 defocus나 확산



<그림 4> 3D 디스플레이 구성 장치

시트를 이용하는 것이 있고, 2-view에서는 수평방향으로 이웃한 두 개의 색 픽셀에 하나의 편향 광학소자를 대응시키기도 한다.

3. 최신 3D 디스플레이 기술

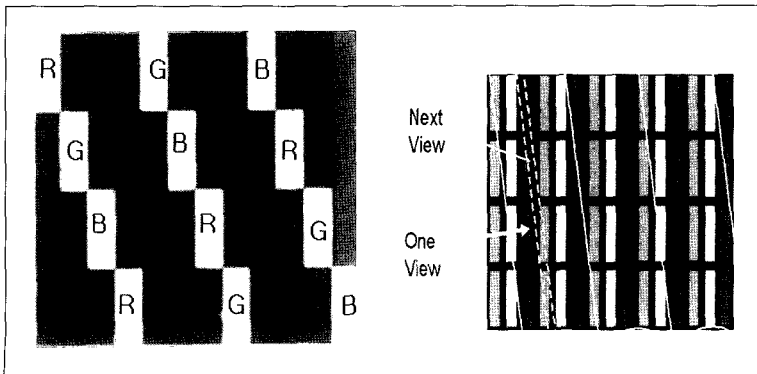
FPD의 3D 구성 방법으로 수평 시차만 표현하는 경우에 2D 디스플레이는 수평 방향으로만 해상도가 높으면 된다. 그러나 일반 2D 디스플레이에서는 수평 방향으로만 해상도를 높인 것은 존재하지 않고 수직 방향으로도 수평 방향과 같게 해상도가 높아져 있기 때문에 3D 디스플레이 설계 시에 수직 방향의 해상도도 수평 시차 실현에 이용하는 방법이 고안되었다. 이것이 Step Barrier 방식과 Slanted Lenticular 방식이다[12].

Step Barrier 방식에서는 <그림 5(a)>와 같이 슬릿의 위치를 수직 방향으로 계단 모양으로 변형시킨 Parallax Barrier를 이용한다. 각 색 픽셀에서 나오는 광선에 대해 슬릿에 의해 3개의 색 픽셀을 조합하면 수평 편향 방향의 해상도를 3배 늘릴 수 있게 된다. Slanted Lenticular 방식은 <그림 5(b)>와 같이

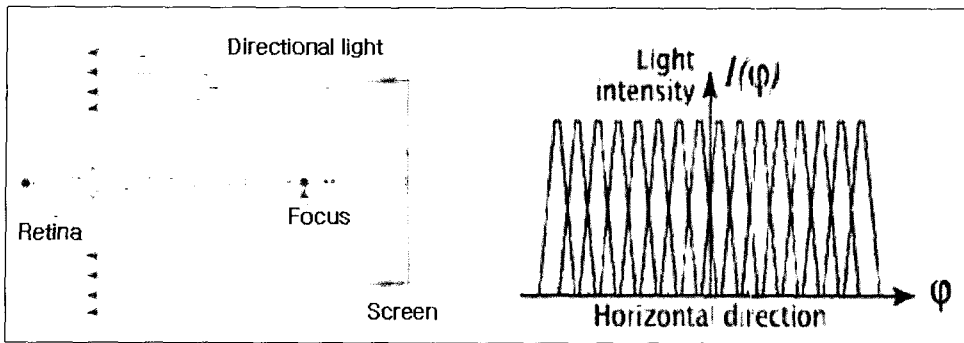
Lenticular 시트를 기울여 스텝 배리어와 같은 효과를 얻게 되는데 편향 광학소자인 렌즈를 이용하므로 상대적으로 광효율이 높고 광의 제어면에서도 유리하다. 또한 Lenticular 시트를 기울여 차광부에 의한 강도 불균일성을 제거하는 효과를 얻을 수 있으나 대형 시트의 정밀제작 및 양산화 기술이 필요한 실정이다.

Multi-view의 폭주와 초점조절의 불일치에 대한 원인을 밝히고 이를 해결하기 위한 최근의 연구로 각 시점의 간격을 좁혀 눈동자에 2개 이상의 시점이 들어가도록 하면 공간의 한 점을 지나는 광선이 2개 이상 동시에 눈동자에 입사되므로 인간이 이 점에 눈의 핀트를 맞출 수 있게 된다는 Super Multi-view의 제안이다. 이는 눈동자의 크기의 변화가 2~8mm로 매우 작은 것을 고려하면 매우 많은 시점수가 필요하다.

이에 반해 시점을 일정한 공간에 설정한 Multi-view가 아니라 광선의 진행 방향을 제어하는 방식에서도 마찬가지로 개념으로 폭주-초점조절의 모순을 해결하는 연구가 이루어지고 있다. 이 경우는 광선의 각도 피치를 좁혀 공간의 한 점을 지나는 광선이 2개 이상 동시에 눈동자에 입사하도록 한다. 필요한 광선



<그림 5> Step Barrier 방식과 Slanted Lenticular 방식



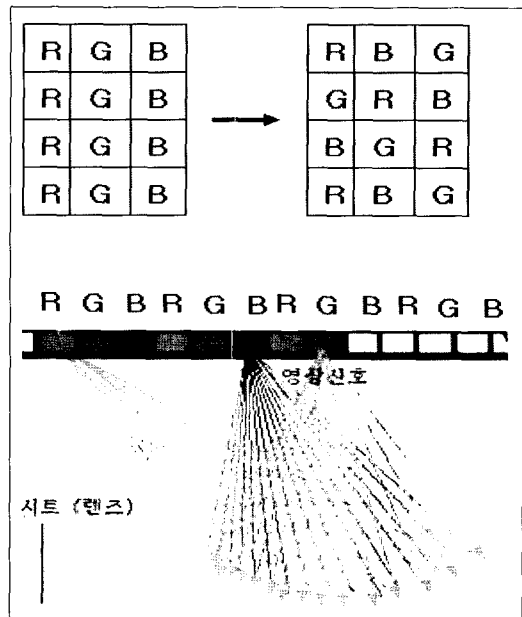
〈그림 6〉 고밀도 지향성 디스플레이의 원리(Takaki, 일본 동경농공대)

의 각도 피치는 관찰 거리에 따라 다르지만 폭주와 초점조절 불일치의 문제가 되는 약 1~2m 이내의 시청 거리에 대해서는 각도 피치를 약 0.1~0.4°로 매우 줄일 필요가 있는데 이러한 지향성이 매우 높은 광선을 고밀도로 발생시켜 3D 디스플레이를 구현할 수 있다. 이를 Super Multi-view 디스플레이와 구분하여 고밀도 지향성 디스플레이(High Density Directional Display)라고 명명한다[13-15].

고밀도 지향성 디스플레이에서는 평행한 광을 투영하였을 때의 이미지를 기본으로 한다. Multi-view의 경우에는 시점 위치에 대응한 시차 영상 전체가 망막에 이미지를 형성시키는데 반해 지향성 디스플레이에서는 〈그림 6〉과 같이 지향성 영상 중 망막에 투영되는 것은 일부분이다. 따라서 눈의 위치를 바꾸면 각 지향성 영상에서 망막에 투영되는 부분이 변하게 되어 지향성 영상의 1/n 만큼 눈의 위치가 바뀌기만 해도 망막상이 변하므로 운동시차의 불일치를 해결할 수 있게 된다. 단 망막 위에 각 부분 영상 사이의 연속성을 확보하기 위하여서는 광선의 각도 피치와 표현하고자 하는 깊이감의 상관관계를 이용하여야 한다. 따라서 자연스러운 입체 표시를 실현하기 위해서는 매우 많은 영상을

표시할 필요가 있고 20° 이상의 수평시차 만을 고려할 때 약 50~200 정도의 이미지를 나타낼 필요가 있다.

Integral Image 방식에는 많은 광선의 진행 방향을 제어할 필요가 있어 마이크로 렌즈 어레이를 이



〈그림 7〉 Lenticular 방식을 적용한 Integral Image

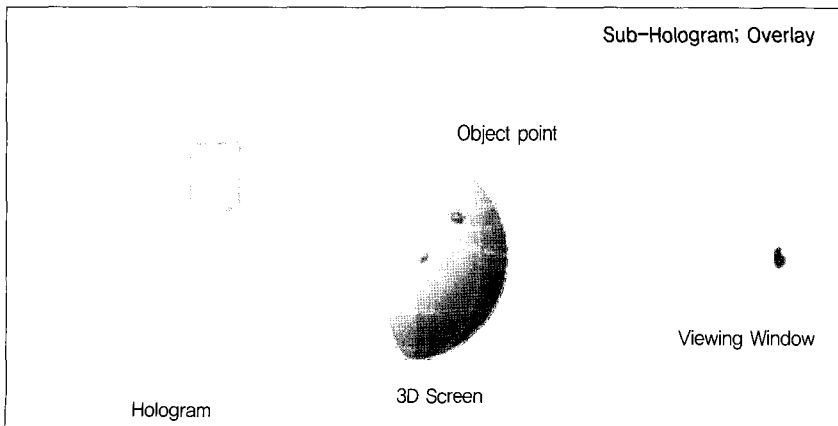
용하여 수평·수직으로 시차를 얻는 연구가 계속되어 왔으며, 최근에는 디스플레이의 해상도 및 데이터량을 고려하여 Slanted Lenticular 방식을 접목한 상용화 기술개발이 이루어지고 있다. <그림 7>에서는 Lenticular 렌즈를 기울이는 대신에 디스플레이 패널의 각 픽셀의 R, G, B 수평 화소 배열을 수직 방향으로 바꿔서 나열하고 원통형의 렌즈 어레이를 그대로 사용하는 방법을 나타내고 있다. Lenticular 렌즈에 의해 영상은 수평방향으로 확산하기 때문에 특히 수평방향의 해상도가 떨어지게 되는데 평면화면에 비해 해상도 저하를 1/5 정도로 억제했다.

IV. 향후 전개 방향

FPD를 이용한 3D 디스플레이의 성능 향상은 주로 디스플레이의 해상도에 따라 결정되는데 아직까지 2D 전용의 패널을 이용하고 있는 수준으로 우선은 2-view의 상용화에 적용되고 있는 실정이나, 앞으로의 UD(ultra density) TV, 3D TV 등의 로드맵을 살

펴보면 2025년 정도면 8K (8000X4000) 정도의 해상도가 일반 가정의 보급용으로 개발될 것으로 예상된다[16-19]. 이때의 고화질에 대한 물리적 한계는 패널 디바이스의 고정세화에만 의존하는 것이 아니라 고속 구동에 의한 시분할 디스플레이 등 3D 디스플레이 기본 원리에서 새로운 기술의 도전이 필요하다.

<그림 8>은 자연스런 3D 영상을 단기간 내에 상용화 수준으로 구현하기 위한 전자 홀로그래피의 일종으로 부담이 되는 해상도 및 데이터량을 최근 급속히 발전하고 있는 정밀 센싱기술 및 Tracking 기술을 적용한 시스템이다[20-22]. 실제로 홀로그래피 방식을 이용하기 위해서는 원리상 1um 미만의 픽셀 피치가 요구되는데 이는 현재의 패널 제작 기술 대비 약 1/10 수준으로 단순히 고정밀 디바이스 개발만을 기다리기 보다는 디바이스 개발의 필요성 및 가능성을 보여주는데 그 의의가 있다 할 수 있다. 물론 디스플레이 패널 뿐만 아니라 고속 영상 처리 기술도 준비되어야 하므로 Application에 맞게 다른 영역의 기술을 접목시켜 새로운 3D 디스플레이 원리가 많이 개발되어야 할 것이다.



<그림 8> Sub-hologram 원리 (SeeReal Tech., 독일)

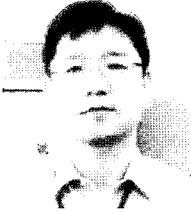
따라서 앞서 언급한 고밀도 지향성 디스플레이 및 Integral Image와 더불어 꿈의 3D디스플레이라고 이야기하는 Holography 등의 상용화 기술에 대한 시도가 향후 본격적으로 전개될 것이 틀림없다.

한편 3D 디스플레이 기술의 상용화는 그것을 지원하는 인프라 서비스 기술의 존재를 필요로 하기 때문에 3D영상 및 3D컨텐츠 산업을 어떻게 활성화시킬 것인가가 향후 과제이다.

● 참고 문헌 ●

[1] 김옥중, 김진웅 “국내에서의 3DTV 관련기술개발 역사 및 현재 동향 분석” 방송공학회지, 제12권 4호, 358-369, 2007.
 [2] “3TV 심층기술 워크샵” 발표자료, 2007년 6월 7일
 [3] “제2회 3D 방송과 응용 워크샵 및 전시회” 발표자료, 2007년 9월 5일
 [4] Digital Video Broadcasting Project(DVB), <http://www.dvb.org/>
 [5] Advanced Television System Committee(ATSC), <http://atsc.org/>
 [6] 3DTV Network of Excellence (3DTV NoE), <http://www.3dtv-research.org/>
 [7] G. J. Woodgate, “High Efficiency Reconfigurable 2D/3D Autostereoscopic Display” SID’03 Digest LP1, 2003.
 [8] T. Dekker et. al., “2D/3D switchable displays” Liquid Crystal Devices and Applications Proc of SPIE 6135, pp.142-152, 2006.
 [9] D.-S.KIM et. al. “Development of high resolution stereoscopic display based on LCD panel” IDW 07 Proc. 3D2-1, 2007.
 [10] “3차원 영상의 기초” NHK 방송기술연구소 편저, 김은수, 이승현 공역, KIDARY, 1998.
 [11] B.Javidi, F.Okano: “Three-dimensional television, video, and display technologies”, Springer-Verlag, New York 2002.
 [12] K. Mashitani, G. Hamagishi, M. Higashino, T. Ando and S. Takemoto: “Step barrier system multiview glassless 3D display,” Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XI, San Jose, California 2004, Proc. SPIE, 5291, 265-272, 2004.
 [13] Y. Takaki and T. Dairiki: “High-appearance images generated by high-density directional display,” The 12th international Display Workshops, Takamatsu, pp.1777-1780, 2005.
 [14] Y. Takaki and T. Dairiki: “72-directional display having VGA resolution for high-appearance image generation,” IS & T/SPIE 18th Annual Symposium Electronic Imaging, San Jose 60551H1-8, 2006.
 [15] Y. Takaki: “Density directional display for generating natural three-dimensional images,” Proc. IEEE, 94, 654-663, 2006.
 [16] ITU-R Recommendation BT. 710-4: “Subjective Assessment Methods for Image Quality in High-definition Television” 1998.
 [17] J. Freeman, S.E. Avons, D.E. Pearson and W.A. IJsselsteijn: “Effects of Sensory Information and Prior Experience on Direct Subjective Presence Ratings of Presence”, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 8, 1, pp.1-13, 1999.
 [18] K.Masaoka, M.Kawakita, M.Sugawara, M.Kanazawa, K.Ohzeki and Y.Nojiri: “Image Quality Management for the Super Hi-Vision System at the Kyushu National Museum”, IEICE Trans. Fundamentals, E89-A, 11, pp.2938-2944, Nov. 2006.
 [19] 日下部, 金澤, 岡野: “超高精細映像 System Convergence 誤差/素子位置調整自動化”, 映精學誌, 60, 2, pp.234-241, 2006.
 [20] K. Takano, K. Sato, T. Okumura, T. Kanaoka, S. Koizumi: “Data compression for transmission of holographic 3D Images using digital holography”, SPIE, 6136-6146, 2006.
 [21] K. Sato, A. Sugita, M. Morimoto, K. Fujii: “Reconstruction of color Images of high quality by a holographic display”, SPIE Proc., No.6136-6133, 2006.
 [22] SeeReal Technologies S.A., Nikkei Microdevices, December, 2007.

필자소개



김대식

- 1998년 : 오사카 대학 기초공학연구과 박사과정 졸업
- 1999년 : 오사카 대학 벤처 비즈니스 랩 강사
- 1999년 ~ 현재 : 삼성전자 디지털미디어 연구소 수석연구원
- 주관심분야 : 3D/UD/Realistic TV System, 차세대 디스플레이(OLED, LED/Laser PJ)