효과적인 3D 콘텐츠 제작을 위한 참조지표 - 입체충실도

*박병진 **정재우 ***박성환

한국교육방송공사

*bookworm@ebs.co.kr, **jwjung@ebs.co.kr, ***parkslab@ebs.co.kr

Stereoscopic Depth Fidelity: New Reference For Making Effective and Natural Stereoscopic 3D Content

*Park, Byung-Jin **Jung, Jae-Woo ***Park, Sung-Hwan

Korea Educational Broadcasting System

요약

대한민국에서 3DTV 방송서비스는 더 이상 '미래방송서비스'가 아니다. EBS는 올해 4월 지상파 DTV 주파수에서 세계최초로 2D/3D 혼용방송서비스를 실시하였으며, 오는 10월 15일에는 APC(Automatic Program Controller)와 연동하여 방송스케줄에 따라 자동으로 3D 방송을 송출하는 시스템을 구축하여 2차 시범방송을 진행할 예정이다. 이렇게 3D 방송을 위한 기술적 준비는 차근차근 이루어지고 있음에 반하여, 3D 방송서비스에 대한 시청자의 호응은 그다지 크지 않다. 이것은 방송되는 3D 콘텐츠의 양과 질이 부족하기 때문으로 풀이된다.

이 같은 3D 방송서비스의 장애요소에 착안하여, 본 논문에서는 3D 콘텐츠 제작효율을 높이고, 만들어지는 3D 방송콘텐츠의 품질을 높이기 위한 하나의 방법으로서, 제작현장에서 활용할 수 있는 3D 콘텐츠 제작과 밀접한 관련이 있는 새로운 참조지표인 '입체충실도(Depth Fidelity)'를 정의하여 제안하고자 한다. 입체충실도를 도출하기 위해 우선 양안식(兩眼式) 3D 입체영상의 특징을 분석하였고, 시청자 체감 가상깊이를 계산하여 활용하였다. 또한 연구를 통해 도출한 입체충실도 계산 알고리즘이 적용된 EBS 입체계산기(Stereoscopic Calculator) 애플리케이션을 개발하여 안드로이드 스마트폰에서 이용할 수 있도록 함으로써, 카메라감독과 프로듀서 등 방송제작 현업 스태프들이 연구결과를 활용할 수 있도록 했다.

1. 서론

'2012 런던올림픽'이 지상파 66번 채널을 통해 3D로 중계되었으며, 올해 4월 EBS와 SBS가 세계최초로 2D/3D 혼용 시범방송을 실시하는 등 '3DTV 방송서비스'는 이제 더 이상 '미래 방송서비스'가 아니라 일상적인 방송 서비스로 자리 잡고 있는 듯하다.

200여 년 전 발명된 양안(兩眼)식 3D 입체영상 기술은 1950년대와 1980년대에 이미 두 번의 붐을 경험하였으나, 대중의 지속적인 호응을 얻지 못하고 일회성 이벤트로 끝나고 말았다. 2009년'아바타'로 인해 촉발된 세 번째 3D 붐은 '디지털'에 기반을 둔 제작환경으로 예전보다 좀 더 편리하게 완성도 높은 입체영상을 제작할 수 있게 되었다는 면에서 '지속가능한' 차세대 방송서비스로 주목 받았었으나, 기대와는 달리 근래에는 다소 침체되는 모습을 보이기도 한다. 그 원인에 대한 다양한 해석이 존재하지만, 공통적으로 언급되고 있는 사항은 콘텐츠 '양'의 부족과 콘텐츠 '질'의 부족에 관한 것이다. 즉 3D 콘텐츠의 내용과 품질이 시청자들로 하여금 3DTV를 구입할만한 동기와 3D 콘텐츠에 대한 수요를 촉발시키고 있지 못한 것이다.

편안한 3D 콘텐츠를 시청할 수 있게 하기 위해 3D 채널에서는 저마다의 콘텐츠 규격을 제시하고 있다. BSkyB의 3D 채널인 Sky 3D에서는 Positive 1.5%, Negative 1%를 제시하고 있으며, EBS의 앙코르 문명을 구입한 스미소니언 채널도 이와 대동소이한 수치를 제시하고 있다. 국내에서도 이러한 움직임이 이뤄지고 있어 2010년 설립된 3D 방송진흥센터에서는 2011년 3D 콘텐츠 제작 가이드라인을 제정 공표하였으며, 2012년은 임상실험을 통해 보다 구체적인 수치를 뽑아내 가이드라인을 개정하기 위한 행보를 보이고 있다.

3D 콘텐츠 제작에 관해 오해하고 있는 대표적인 사항은 '대충' 찍어서 '후반작업' 단계에서 보정하면 된다고 생각하는 것이다. 그러나 '깊이'와 가장 크게 연관되어 있는 항목은 좌/우 카메라의 간격이며, 전체 '깊이'는 촬영하는 순간에 고정되어 버리므로 깊이의 폭이 지나치게 넓거나 지나치게 좁다면 후반작업에서 이를 변경할 수 없다. 따라서 촬영하는 그 순간이 매우 중요하다고 할 수 있다. 숙련된 스테레오그래퍼(Stereographer)도 자신의 '감(感)'에 따라 주먹구구식으로 촬영하는 것이 아니라, 일정규칙에 의해 만들어진 '표'나 '계산기'를 이용해 적절한 설정치를 제시한다. EBS의 촬영감독들 또한 참고치를 얻어내기 위해 'IOD Calculator' 등의 모바일 앱을 이용하고 있다.

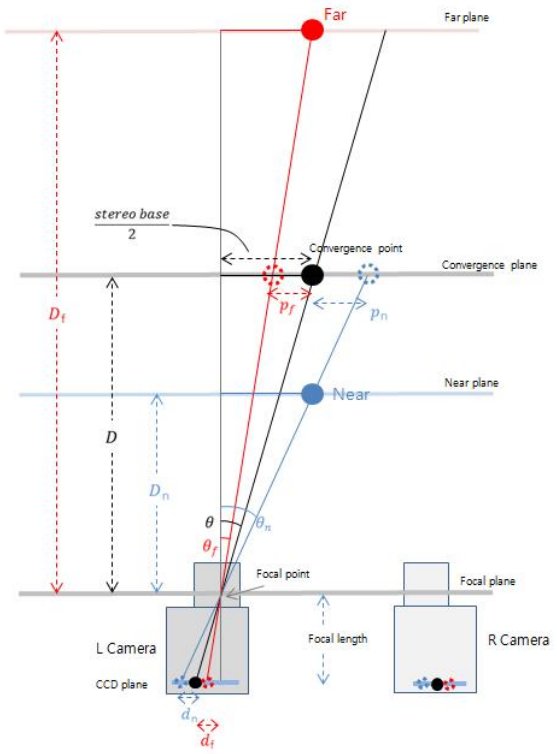
IOD Calculator는 카메라와 리그의 규격, 피사체의 상대적 위치 등을 입력하면 '적절한' IAD(Interaxial Distance)를 제시해주는 기능을 가지고 있는 꽤 괜찮은 애플리케이션이지만, 주요 참고치로 제시하는 Roundness에 대한 설명과 원리를 알 수 없으며, 시청자가 체감하는 가상깊이와 관련된 수치를 제시하지 못하고 있다는 한계점도 보이고 있다. 이러한 사항에 착안하여, 본 논문에서는 3D 콘텐츠 제작에 참고

할 수 있는 새로운 지표를 정의하여 제시하고, 기존 IOD Calc를 개선한 새로운 입체계산기를 개발하여 소개하고자 한다.

2. 3D 입체영상의 분석

본 절에서는 피사체의 공간적 위치와 3D 카메라의 초점거리, 좌/우 카메라 간격과 좌/우 영상의 시차와의 관계 등을 분석해보고자 한다. 피사체 공간의 깊이는 양안식 3D 영상에서 좌/우안 영상의 시차(Parallax)로 표현된다. <그림1>에서 D는 카메라 렌즈(초점면)로부터 주 피사체까지의 거리이고, D_n은 카메라 렌즈로부터 가장 가까운 피사체(Near)까지의 거리이며, D_f는 카메라 렌즈로부터 가장 먼 피사체(Far)까지의 거리를 나타낸다. p_n과 p_f는 컨버전스 평면(Convergence Plane)에 Near와 Far에 위치한 피사체의 이미지가 투영되는 위치와 Convergence point 사이의 시차(Parallax)이다.

d_n과 d_f는 카메라의 촬상소자(CCD 또는 CMOS)에 맺히는 Near 및 Far 피사체의 상(像)과 컨버전스 위치 피사체의 상 사이의 시차(Deviation)라고 정의하자.



<그림 1. 피사체 공간구성과 양안시차의 관계>

이때, 근거리 피사체의 시차 p_n과 원거리 피사체의 시차 p_f는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$p_{n,l} = (\tan\theta_n \times D) - (stereo\ \ base/2) \quad \text{---------} \ ①$$

$$p_{f,l} = (stereo\ \ base/2) - (\tan\theta_f \times D) \quad \text{---------} \ ②$$

여기서 θ_n과 θ_f는 식 ③, ④와 같다.

$$\theta_n = \tan^{-1}\left(\frac{(stereo\ \ base/2)}{D_n}\right) \quad \text{---------} \ ③$$

$$\theta_f = \tan^{-1}\left(\frac{(stereo\ \ base/2)}{D_f}\right) \quad \text{---------} \ ④$$

①식에 ③을 대입하여 정리하면,

$$p_{n,l} = \frac{stereo\ \ base}{2} \times \left(\frac{D - D_n}{D_n}\right) \quad \text{-------} \ ⑤$$

식 ⑤는 왼쪽 눈을 기준으로 계산한 시차이며, 양쪽 눈에 해당하는 전체 시차는 식⑥과 같다.

$$p_n = stereo\ \ base \times \left(\frac{D - D_n}{D_n}\right) \quad \text{-------} \ ⑥$$

원거리 피사체의 시차 p_f도 마찬가지 방법으로 계산할 수 있다.

$$p_f = stereo\ \ base \times \left(\frac{D_f - D}{D_f}\right) \quad \text{------} \ ⑦$$

앞서 설명한 컨버전스 평면은 실재(實在)하는 것이 아니라 계산상의 편의를 위해 가상적으로 만들어낸 것이므로, 시차 p_n과 p_f는 촬상소자에 투사된 좌/우 영상의 차이인 Deviation d_n과 d_f로 표시되어야 한다. <그림1>에서 삼각형의 닮음비(focal_length/D)를 이용하여 , d_n, d_f를 식⑧, 식⑨와 같이 계산할 수 있다.

$$d_n = stereo\ \ base \times focal\ \ length \times \left(\frac{D - D_n}{DD_n}\right) \quad \text{------} \ ⑧$$

$$d_f = stereo\ \ base \times focal\ \ length \times \left(\frac{D_f - D}{DD_f}\right) \quad \text{------} \ ⑨$$

실제 TV 디스플레이에 표현되는 영상은 촬상소자에 기록된 영상이 디스플레이 크기만큼 확대되어 보이는 것이므로 식⑧, 식⑨에 촬상소자와 디스플레이 크기비율(디스플레이폭/촬상소자폭)을 곱해주면 스크린 시차를 구할 수 있다.

$$P_n = stereo\ \ base \times focal\ \ length \times \left(\frac{D - D_n}{DD_n}\right) \times \frac{W_{disp}}{W_{CCD}} \quad ⑩$$

$$P_f = stereo\ \ base \times focal\ \ length \times \left(\frac{D_f - D}{DD_f}\right) \times \frac{W_{disp}}{W_{CCD}} \quad ⑪$$

3. 2D 영상의 축척(縮尺)비율 계산

텔레비전에 표시되는 영상은 실제 세계를 축소해서 보여주는 것이다. 촬영된 렌즈의 화각과 원경까지의 거리를 알면 실제 촬영된 실세계의 넓이를 계산하고 이를 텔레비전 폭과 비교하면 어느 정도의 비율로 축척되어 표현되는지 그 비율을 계산할 수 있다.

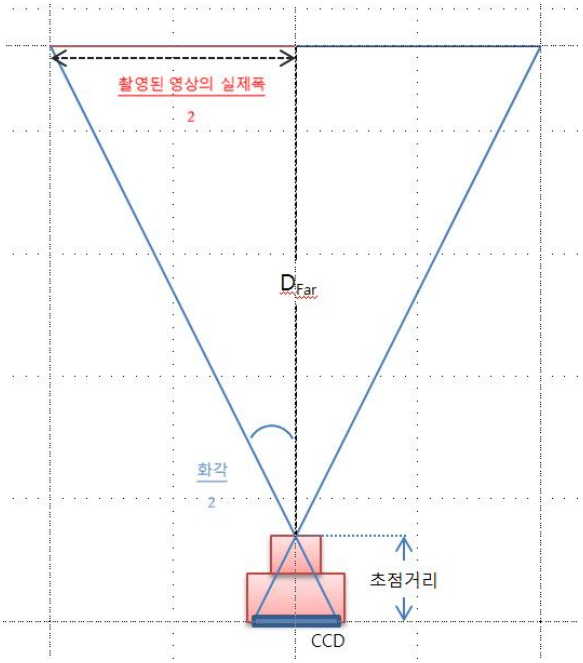
$$2D\ Scaling\ Ratio = \frac{\text{디스플레이 가로폭}}{\text{촬영된 영상의 실제폭}}$$

$$= \frac{\text{디스플레이 가로폭} \times \text{초점거리}}{D_{Far} \times CCD\ \text{폭}} \quad \text{------} \ ⑫$$

<그림2>에서 는 카메라 렌즈로부터 가장 먼 피사체(Far)까지의 거리이며, 식⑫의 촬영된 영상의 실제 폭은 아래와 같은 비례식을 이용하여 식⑬과 같이 유도할 수 있다.

D_{Far} : 초점거리 = 촬영된 영상의 실제 폭 : 촬상소자 폭

$$\text{촬영된 영상의 실제폭} = D_{Far} \times \frac{CCD\ \text{폭}}{\text{초점거리}} \quad \text{------} \ ⑬$$



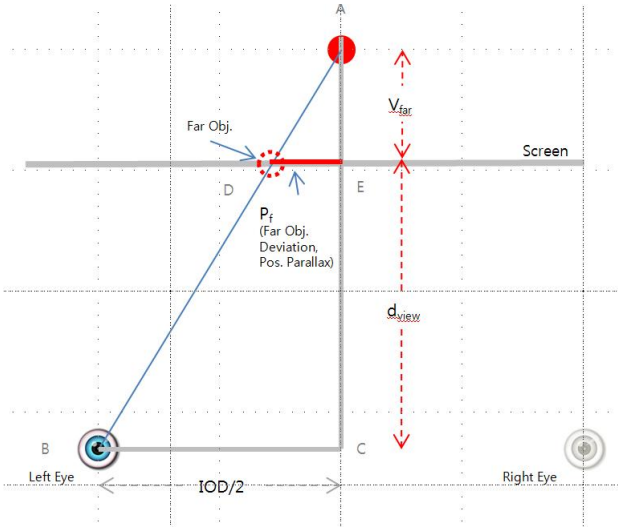
<그림 2. 초점거리와 렌즈화각>

원래 렌즈의 화각계산은 착란원의 지름을 계산해서 적용하는 것이므로, 촬상소자의 대각선 길이를 중심으로 계산되는 것이나, 본 논문에서는 실제 영상과 TV에 보이는 영상의 축척비율을 계산하고자 하는 것이므로 촬상소자와 TV 모두 공히 가로 폭을 기준으로 계산하였다.

4. 3D 입체영상의 깊이 축척비율 계산

3D 입체영상에서의 깊이 축적 비율(Depth Scaling Ratio)은 피사체 공간의 실제깊이와 시청자가 느끼는 가상깊이 사이의 축척비율로 식⑭와 같이 정의할 수 있다.

$$Depth\ Scaling\ Ratio = \frac{\text{시청자 체감 깊이}}{\text{실제 피사체 공간의 깊이}} \quad \text{--- ⑭}$$



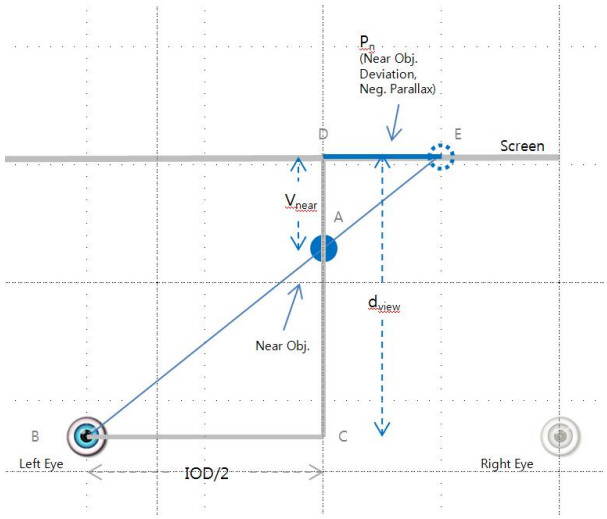
<그림 3. Positive parallax와 체감깊이>

3D 콘텐츠 제작이 Convergence Point와 근경, 원경까지의 거리를 측정하는 것이 일반적이므로, 실제 피사체 공간의 깊이방향 길이는 <그림1>의 D_n과 D_f의 합으로 쉽게 구할 수 있다. 시청자 체감깊이는 <그림3>과 <그림4>에 삼각형 닮음의 원리를 적용하여 계산할 수 있다. <그림3>에서 △ABC와 △ADE는 닮음이므로, 디스플레이 뒤쪽 방향의 체감깊이(Virtual Depth) V_{far}는 식⑮와 같이 계산된다.

$$V_{far} = \frac{P_f}{\left(\frac{IOD}{2} - P_f\right)} \times d_{view} \quad \text{--------- ⑮}$$

디스플레이 앞으로 돌출하는 체감깊이 V_{near}는 <그림4>에서 △ABC와 △ADE는 닮음이므로(∵대응하는 세 각의 크기가 같으므로), 식⑯과 같이 구할 수 있다.

$$V_{near} = \frac{P_n}{\left(\frac{IOD}{2} + P_n\right)} \times d_{view} \quad \text{--------- ⑯}$$

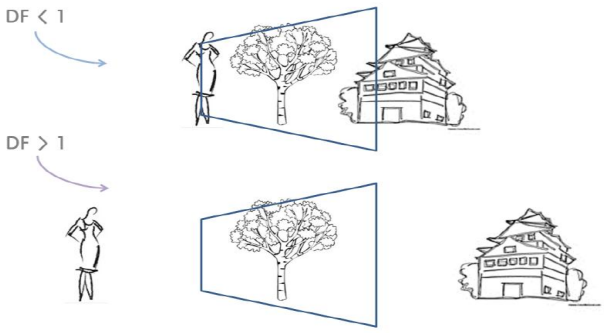


<그림 4. Negative parallax와 체감깊이>

5. 3D 콘텐츠 제작을 위한 참조지표 입체충실도(Depth Fidelity)

자연스러운 3D 콘텐츠 제작을 위한 참조 지표로서 'Depth Fidelity (입체 충실도)'를 정의하기로 한다. 입체충실도는 2D 축척비율과 3D 축척비율의 비교치로 식 ⑰과 같이 정의된다.

$$Depth\ Fidelity(DF) = \frac{Depth\ Scaling\ Ratio}{2D\ Scaling\ Ratio} \quad \text{---- ⑰}$$

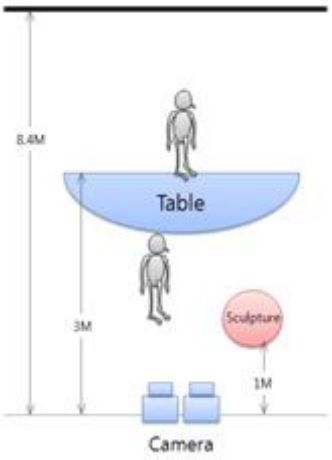


<그림 5.입체충실도와 입체공간의 표현>

입체충실도(DF)가 1에 가깝다는 것은 피사체의 가로/세로 축척비율과 3D 입체방향의 축척비율이 동일하다는 의미이며, 실제 세계를 왜곡 없이 잘 표현했다는 의미가 된다. 반면 DF가 1보다 크면 입체가 강

조되어 표현된 것이고, DF가 1보다 작다면 입체효과가 억제되어 피사체가 '납작하게' 표현된다. 입체충실도에 따라 피사체의 형태뿐만 아니라 입체영상 내에서 피사체의 위치도 변화하게 되므로 <그림5>와 같이 입체충실도(DF)가 1보다 작다면 공간이 압축되고 DF가 1보다 크면 입체영상내 공간은 확장되게 된다.

입체충실도와 실제 3D 입체영상과의 관계를 확인하기 위해 <그림6>과 같이 피사체 공간을 구성하고 Stereo Base를 변화시켜 입체충실도를 변화시켜 촬영한 영상을 <그림7>과 <그림8>에 나타내었다.

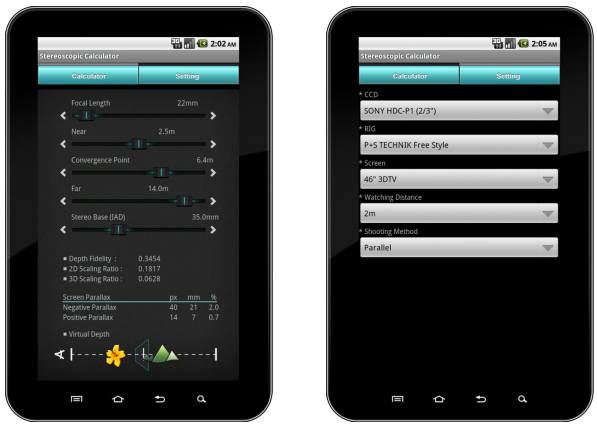


<그림 6. 피사체 공간배치>

<그림 7. 테스트 결과1>

<그림 8. 테스트 결과2>

3D 콘텐츠를 촬영할 때 마다 매번 위와 같은 계산을 할 수 없으므로, 본 논문에서 제시한 '입체충실도'를 효율적으로 활용할 수 있게끔 하기 위해 안드로이드 기기에서 구동되는 애플리케이션 'Stereoscopic Calculator'를 개발하였다.



<그림 9. EBS 입체계산기(Stereoscopic Calculator)>

설정메뉴에서 EBS가 보유한 3D 장비(카메라, 리그 등)를 선택하고, 입체 계산기 메인화면에서 근경, 중경, 원경에 위치한 피사체의 거리와 렌즈의 초점거리, 좌/우 카메라 간격을 입력하면 입체충실도와 시청자 체감 가상깊이 등이 표시된다. 입체계산기 앱을 이용하면 입체 관련 수치를 빠르게 계산할 수 있으며, 피사체 볼륨감에 대한 참고치와 시청자 체감깊이를 미리 예상할 수 있어 고품질 3D 콘텐츠 제작에 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

6. 결론

EBS는 지난 4월 3일 '세계최초 2D/3D 혼용 시범방송'을 실시함으로써 EBS의 기술력을 과시하였으며, 100만 관객돌파의 위업을 달성한 '한반도의 공룡', 국내 다큐사상 최고가로 3D 본고장인 미국에 수출한 '앙코르 문명' 등 3D 콘텐츠 제작 분야에서도 좋은 성과를 내고 있다. 양안식 3D 입체영상에 대한 연구를 통해 도출한 입체충실도 지표와 이를 적용한 입체계산기 애플리케이션을 통해 EBS의 3D 콘텐츠 제작 능력이 한 발 더 도약할 것으로 기대된다. 한 가지 잊지 말아야 할 사항은 콘텐츠는 '기계'가 아닌 '사람'이 만든다는 것이다. 입체계산기가 제시하는 수치는 기계적인 계산에 의한 참고치일뿐, 예술적인 측면에 대한 사항은 고려되어 있지 않다.

따라서 입체계산기는 경험 많고 예술적 감수성이 뛰어난 EBS의 카메라감독과 프로듀서 그리고 기술스텝의 판단에 도움을 주는 보조자료 정도로 쓰이는 것이 옳다고 본다. 자유롭게 사용할 수 있는 본 계산기와 EBS 제작스텝의 감수성이 어우러질 때, 아름다운 3D 콘텐츠가 제작될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 고품질 3D 입체영상 제작을 위한 최대 스크린 시차 제안, 방송공학회 추계학술대회, 박병진 外, 2011
[2] 3D 입체영상 표현의 기초, 카와이 다카시 外, 성안당, 2011
[3] 3D Movie Making, Bernard Mendiburu, Focal Press, 2009
[4] 3DTV and 3D Cinema, Bernard Mendiburu, Focal Press, 2011