

UHD 3D응용을 위한 새로운 single lens stereoscopic camera system 제안

*박상일, *유성근, **이영화, **이태환

*서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과, **(주) 아 솔

*sangilparkmail@gmail.com, *orcogre@gmail.com, **young@wasol.co.kr, **le@wasol.co.kr

New single lens stereoscopic camera system for UHD 3D applications

*Sangil Park, *Sunggeun Yoo, ** Younghwa Lee, **Taehwan Lee

*Electronic IT Media Dept., Seoul Natl. Univ. of Science and Technology, **WASOL Co., LTD.

요약

2009년 출시된 영화 “AVATAR”가 stereoscopic 방식 3D영화로 대단한 성공을 거둔 이후로 가전시장과 필름 시장에는 많은 3D 영상들이 stereoscopic 방식으로 제작되어 유통되게 되었다. 하지만 기존에 제시되어온 two lens stereoscopic camera system은 두 대의 카메라를 사용하기 때문에 광학적 정렬과 기하학적 조절이 매우 어렵기 때문에 stereoscopic 영상을 촬영하고 보급 하는데 많은 문제점을 가지고 있었다. 따라서 하나의 광축을 가진 single lens stereoscopic camera system들이 기존에 제시되어 왔으나 여전히 single lens stereoscopic system에도 문제점이 존재한다. 이에 본 논문에서는 기존에 제시된 stereoscopic camera system을 two lens / single lens로 나누어 조사 분석하고, 분석한 문제점을 해결하기 위한 새로운 single lens stereoscopic camera system을 제안할 것이다.

1. 서론

우리가 3d영상을 보는 원리는 하나의 사물을 양쪽 눈이 서로 떨어진 만큼 두 눈이 보는 이미지는 약간의 각도 차이가 생기게 되는데 이것을 가지고 두뇌가 깊이를 인식하여 입체적인 이미지를 재구성하여 입체시를 보게 된다 [1]. 두 눈이 떨어진 간격을 Inter-ocular distance라고 하고 두 대의 카메라를 이 간격만큼 두 카메라를 떼어놓고 촬영하여 양쪽 눈에 각각 촬영한 영상을 보여주면 입체영상을 보게 된다. 이것이 stereoscopic 영상의 원리이다. 이 stereoscopic 영상 촬영을 위하여 각각의 카메라의 광축(optical axis)이 두 눈의 간격(inter-ocular distance)만큼 떨어져 있어야 하는데 이 간격을 inter-axial distance라고 한다 [2].

Stereoscopic 영상을 촬영하기 위하여 두 대의 카메라를 긴 슬라이더 바에 올려놓고 간격과 카메라의 각도를 조정하는데 카메라를 올려놓는 슬라이더 바를 rig라고 부르며 rig와 조절장치 카메라를 모두 합쳐 stereoscopic 3d rig system이라고 부른다. 보통 rig에 장착된 카메라간의 inter-axial distance는 일반적인 사람들의 inter-ocular distance인 6.5cm에 맞추게 된다. 하지만 카메라 자체의 크기가 너무 크거나 렌즈의 구경이 너무 큰 경우에는 사람 눈의 평균 inter-ocular distance만큼 inter-axial distance를 줄 수 없게 된다 [2].

이러한 문제점을 해결하기 위해서 카메라를 90도 각도로 배치하고 거울을 사용하여 시차를 주는 다양한 rig system이 고안되어왔다 [3]. 그러나 rig system의 크기가 너무 커지게 되거나 두 카메라간의 기하학적 정렬을 하는 것이 쉽지 않거나 zooming이나 focusing을 할 때 각각의 이미지의 크기와 초점이 일치하지 않는다거나 하는 문제가

나타나게 된다. 2장에서는 기존에 제시된 rig stereoscopic camera system들의 장점과 문제점들을 조사 분석할 것이다.

Rig system의 문제점이 나타나게 되는 주된 원인은 두 개의 광축을 가진 두 개의 이미지를 조정하고 확대하거나 초점을 맞추는 것이 쉽지 않기 때문이다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 하나의 광축을 통하여 시차 영상을 분리할 수 있는 Single lens stereoscopic camera system이 기존에 제안되어 왔지만 제안된 시스템에도 기계적인 부품의 추가로 인한 복잡도의 증가나 구현상의 어려움 또는 해상도 저하 등의 문제점들이 존재한다. 3장에서는 기존에 제시된 single lens stereoscopic system들의 장점과 문제점들을 조사 분석할 것이다.

본 논문에서는 기존에 제시된 single lens stereoscopic camera system의 문제를 해결하기 위하여 새로운 방식의 single lens stereo camera system을 제안할 것이다. 이 방식은 시차를 가진 빛을 하나의 광축에서 통과하게 하여 다시 두 개의 이미지로 분리하여 촬영할 수 있기 때문에 기하학적 조절이 쉽고 zooming이나 focusing을 하더라도 양쪽 이미지의 기하학적 왜곡 없이 stereoscopic 영상을 촬영할 수 있다. 4장에서는 이 제안된 새로운 single lens stereoscopic camera system에 대하여 자세히 살펴볼 것이다. 그리고 5장에서는 새로운 시스템이 주는 장점이 어떻게 응용 될 수 있는지 설명할 것이다.

2. 기존에 제시된 two lens stereoscopic camera system 조사 분석

Stereoscopic 영상을 촬영하기 위해서는 두 눈 간격만큼 떨어진 두 개의 렌즈가 장착된 각각의 카메라로 동시에 영상을 촬영하고 나중

에 촬영된 영상을 두 눈에 각각 전달하여야 한다. 이 방식을 two lens stereoscopic camera system이라고 부른다. 또한 두 대의 카메라를 하나의 평행한 축 위에 놓고 두 눈 간격만큼 떨어뜨려 촬영 할 수 있는 바가 필요한데 이 막대를 rig라고 부른다. 이러한 rig를 사용한 two lens stereoscopic camera system은 구현하기 쉽기 때문에 기존 stereoscopic system영상촬영에 많이 쓰여왔다. 2장에서는 two lens stereoscopic camera system중 rig방식 stereoscopic system을 그 형태에 따라 A. Parallel rig system, B. Top mount rig system, C. Bottom mount rig system으로 분류하여 조사 분석할 것이다.

A. Parallel rig system

Parallel rig system은 양쪽에 동일한 카메라 두 대를 놓고, 눈 간격과 같은 Inter-axial distance를 쥐서 촬영하는 방식으로 [그림1]과 같이 생겼다. 슬라이딩 바 말고 다른 부착물이 없어 크기가 작고 양쪽 카메라에 같은 밝기로 빛을 전달 할 수 있다. 하지만 렌즈의 지름이나 카메라의 크기가 커지면, 사람 눈이 떨어진 거리 만큼의 Inter-axial distance를 맞추기 어렵다. 따라서 대구경의 렌즈를 장착하여야 하는 고품질 영상물의 촬영이 필요한 경우에는 이 방식을 적용하기 어렵다 [3].



[그림 1] Parallel rig system의 실제 모습

B. Top mount rig system

Top mount rig system은 두 대의 카메라 중 한대는 위에서 아래를 바라보게 설치하고, 나머지 한대는 그냥 수평방향으로 배치 한 후 중간에 빛의 반사율과 투과율이 같은 Half mirror를 배치한 것으로, [그림2]와 같이 생겼다. 이 방식은 카메라 사이즈와 관계없이 Inter-axial distance를 설정 할 수 있다는 장점이 있지만, Half mirror를 사용함으로 각각의 카메라에 들어오는 빛의 양이 50%가 되고, 먼지나 비에 취약하며, 외부에서 들어오는 빛 때문에 화질에 간섭이 있을 수 있다는 단점이 있다 [3].

C. Bottom mount rig system

Bottom mount rig system은 두 대의 카메라 중 한대를 아래에서 위를 향하게 설치하고, 나머지 한 대를 수평 방향으로 배치 한 후 중간에 Half mirror를 배치한 것으로 [그림3]과 같이 생겼다. 이 방식은 top mount rig system과 비슷하지만 먼지와 비나 빛의 간섭에 덜 취약하다는 장점이 있지만 바닥에 카메라가 닿을 정도의 극단적인 로우앵글은 불가능하다는 단점도 있다 [3].

Rig방식 stereoscopic system은 제작, 구현상의 이점이 있지만 동

일한 메이커의 동일한 렌즈를 사용하더라도 CCD면의 중심과 렌즈의 광축(optical axis)이 정밀하게 맞을 수 없다는 문제점이 있다. 또한 실제로 카메라를 조정하는 축이 눈처럼 optical axis에 있는 것이 아니라 실제로는 rig system에 부착된 방향을 조절하는 기구의 축에 있으므로, 광축부터 기구까지의 거리만큼 오차가 날 수 밖에 없다. 또한 focusing, zoom-in, zoom-out등을 할 때 물리적으로 두 렌즈의 동작을 동기화 시킬 필요가 있다 [3]. 이 동기화된 동작에 오차가 있으면 기하학적 왜곡이 발생하게 된다. 왜곡이 발생하면 눈은 지속적으로 이 왜곡을 보정하기 위해서 조절(accommodation)작용과 수렴(convergence)작용을 반복하게 되는데, 이는 눈에 계속된 피로와 어지러움을 느끼게 한다 [1].



[그림 2]Top mount rig system의 모습



[그림 3]Bottom mount rig system의 모습

3. 기존에 제시된 single lens stereoscopic camera system조사 분석

Rig system의 문제를 해결하기 위해서 single lens stereoscopic camera system이 제안된다. 각각 약간의 시차를 가진 두 빛이 하나의 광축을 가진 렌즈를 통과하게 하고 하나 혹은 두 개의 CCD에 상을 맺히게 하면 되므로 two lens stereoscopic camera system에 비해 조정이 간단해지고, zooming, focusing에 두 렌즈를 동기화 시킬 필요가 없어 구조가 간단해지고 무게가 가벼워진다 [4]. 기존에 제안된single lens stereoscopic camera system에는 A. 회전장치를 이용한 방식, B. 두 개의 상을 하나의 이미지 센서에 투영하는 방식이 있다.

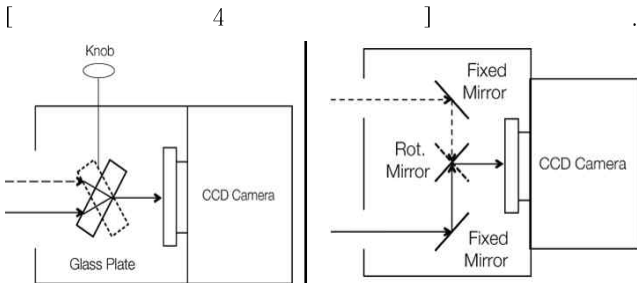
A. 회전장치를 이용한 방식

회전장치를 이용한 방식에는 하나의 회전하는 유리판을 이용한 방식과 하나의 회전하는 거울과 두 개의 정적인 거울을 이용하는 방식

이 있다. 하나의 회전하는 거울을 사용한 방식은 [그림4] a.와 같이 카메라 렌즈 앞에 회전하는 유리판을 써서 카메라의 CCD에 각도가 다른 상을 맺히게 하는 방식이다 [4].

하나의 회전하는 거울과 두개의 정적인 거울을 사용하는 방식은 [그림4] b. 와 같이 하나의 회전하는 거울을 사용하여 시차를 발생하게 하는 방식이다. 이렇게 발생된 시차를 고정된 거울을 통하여 각기 다른 경로로 카메라에 들어오게 하여 이미지를 촬영한다. 이 방식은 구조가 복잡하지만, 반사율이 높은 거울을 사용하여 유리판을 사용하는 방식에 비해 화질이 좋다.

회전하는 광학장치를 이용한 방식들은 회전하는 기계 구동부를 설계해야 하므로 복잡도가 증가한다. 또한 움직이는 대상을 찍는 경우에는 회전하는 광학장치의 각속도에 의해 해상도가 결정되므로 화질을 높이려면 고속으로 회전하여야 하지만 각속도를 올리는 것에도 한계가 있으므로 움직임이 많은 장면을 촬영하는 데에는 적당하지 않다



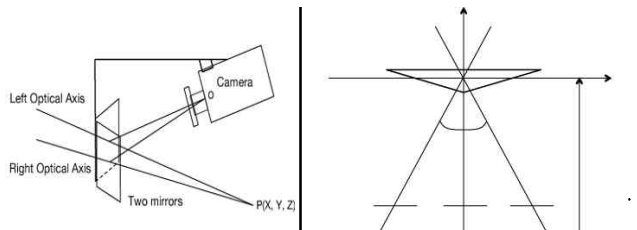
[그림4] a. 하나의 회전하는 유리판을 이용한 방식, b. 하나의 회전하는 거울과 두개의 정적인 거울을 사용하는 방식

B. 두 개의 상을 하나의 이미지 센서에 투영하는 방식

두 개의 거울을 사용하는 방식은 [그림5] a.와 같이 간격과 각도를 조절 할 수 있는 거울 두 개를 가지고 카메라에 상을 투영하는 방식이다 [4].

Bi-prism을 사용한 방식은 [그림5] b.와 같이 카메라의 앞에 bi-prism을 장착해서 두 개의 virtual point로 변환하고 이 변환된 이미지를 바탕으로 3D 이미지를 재구성 하는 방식이다. 하지만 화각이 다른 렌즈를 사용하면 겹쳐지는 점이 달라지므로 두 이미지를 분리하는 프로세싱이 필요하다 [4].

지금까지 single lens stereoscopic camera system에 대해서 분석해 보았는데, aligning, zooming, focusing등의 문제점은 해소되었지만 기계장치가 추가되거나 이미지 해상도가 반으로 주는 등의 문제가 생기게 된다. 따라서 기존에 제시되었던 single lens stereoscopic camera system을 실현하기에는 많은 장벽이 있다 [4].



[그림5] a.거울 두 개를 가지고 카메라에 상을 투영하는 방식 b. Bi-prism을 사용한 방식

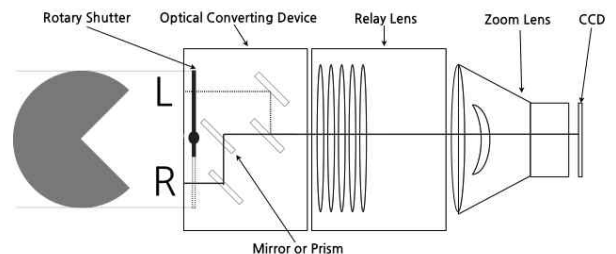
4. 제안된 새로운 single lens stereoscopic camera system

위에서 살펴본 바와 같이 기존의 stereoscopic camera 기술에는 새로운 방식이 제안되지 않으면 극복하기 힘든 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 아래의 네 가지 사항을 개선한 새로운 방법이 제시되어야만 한다.

- 1) 눈 간격만큼의 시차를 가진 빛이 하나의 광축을 가진 광학장치를 통과하여 촬상 소자에 시간적 혹은 공간적으로 나뉘어서 촬영되어야 한다.
- 2) 하나의 광축을 가진 광학장치를 통한 빛의 시차정보가 서로 섞이거나 간섭을 일으키지 않고 온전하게 분리되어야 한다.
- 3) 하나의 광축을 가진 광학장치는 들어온 빛을 굴절시키더라도 그 기능을 온전히 수행하여야 한다.
- 4) 양쪽 시차의 각도로 인한 영상의 다른 면이 정확히 하나의 촬상 소자에 전달되어야 한다.

위와 같은 요구조건을 만족하기 위하여 제시된 방법으로 두 눈 간격만큼 떨어진 빛을 렌즈의 대물렌즈에 전달한 뒤 거울이나 프리즘을 이용하여 각각의 촬상 소자로 전달 하는 방법이 있다. 이 제안된 방식을 위해서는 굴절 광학계의 입사동(entrance of pupil)을 굴절광학계 앞쪽으로 옮겨 반사경의 크기를 줄여야 한다. 이를 위해서 사용할 수 있는 광학 요소가 바로 relay lens 이다. relay lens란 영상의 크기에 변화를 주지 않고 전달 거리만 늘려 주는 것으로 이를 이용하면 훨씬 작은 거울을 이용하여도 렌즈에 들어오는 상을 앞쪽에서 분리하여 시차를 주는 것이 가능하다. 또한 convergence조정을 위한 각 반사장치의 이동거리 또한 줄어들게 되므로 조정이 용이해진다. 그리고 두 시차 정보를 가진 빛을 겹치지 않고 각각의 CCD로 전달하려면 공간적으로, 혹은 시간적으로 두 빛을 합성하고 분리하는 것이 필요하다.

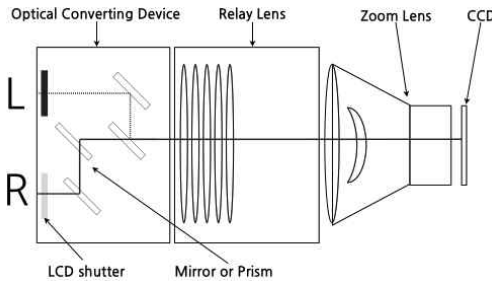
시간적으로 분리하는 방식은 rotary shutter나 LCD shutter를 이용하여 좌우 영상을 분리하는 것으로 rotary shutter를 이용한 방식은 [그림6]과 같다. rotary shutter를 두 빛이 들어오는 경로의 가장 앞에 두고 shutter를 회전시키면 shutter의 회전 각도에 따라 좌우 영상이 각각 시간 차이를 두고 들어오게 된다. 이 방식이 가지는 장점은 하나의 CCD를 가지고 stereoscopic 영상을 촬영 할 수 있다는 것이다. 하지만 shutter의 회전을 위한 기계장치가 필요하며 셔터 회전에 따른 진동과 소음이 영상에 나타날 수 있다는 단점이 있다.



[그림6] Rotary shutter를 사용한 방식

LCD shutter를 이용한 방식은 [그림7]과 같다. 이 방식은 rotary shutter를 사용하지 않고 두 빛이 들어오는 경로의 맨 앞에 LCD shutter를 각각 배치하여 좌 영상이 들어올 때에는 좌측 LCD shutter

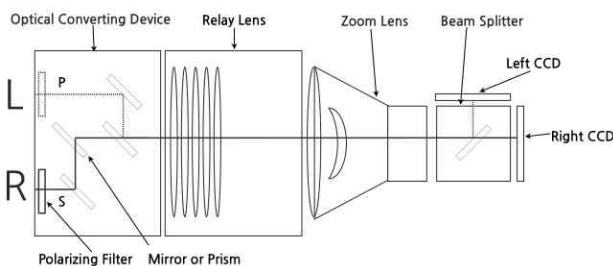
를 열고 우측 LCD shutter는 닫고 우 영상이 들어올 때에는 반대의 동작을 취하면 각각 좌우 영상을 시간적으로 분리하여 촬영할 수 있다. 이 방식은 소음과 진동에 대하여 자유롭지만 빛이 LCD shutter를 통과하면서 광량이 줄어들 수 있다.



[그림7] LCD shutter를 사용한 방식

시간적으로 분리하는 방식은 모두 하나의 CCD를 가지고 촬영할 수 있으므로 single lens one CCD stereoscopic camera system이라고 부를 수 있다. 이 방식은 하나의 광축에 하나의 CCD가 대응되므로 크기가 작아진다. 그리고 zooming과 focusing이 갖고 화각의 변화가 큰 경우에도 문제없이 촬영이 가능하다.

공간적인 분리로는 각각의 빛을 각도에 따라 편광 필터를 사용하여 빛을 분리하여 같은 광축으로 지나가지만 겹치지 않게 서로 직교하게 하여 합성한다. 그러면 이 빛은 공간적으로 서로 겹치지 않기 때문에 나중에 편광 필터를 사용하면 서로 분리하여 각각 좌우 영상을 기록할 두 개의 CCD에 영상을 투사한다. 이 방식은 [그림8]과 같으며 하나의 렌즈에 두 개의 CCD가 대응되므로 single lens two CCD stereoscopic camera system이라고 할 수 있다. 이 방식은 크기가 하나의 CCD로 촬영하는 것보다는 커지지만 추가적인 기계장치나 shutter가 필요없다.



[그림8] 편광필터를 사용한 방식

새로 제안된 이 방식들은 기존의 방송, 영화용 카메라 앞에 어댑터를 설치하여 구현할 수 있으므로, 다양한 시스템에 대응할 수 있으며, 하나의 광축을 통하여 빛이 이동하므로 촬영 전에 이미지를 광축에 대해 잘 정렬해 놓으면 zooming, focusing등을 하여도 양쪽 영상의 기하학적 왜곡이 발생하지 않는다. 또한 convergence등을 조작하는 것이 물리적으로 거울의 각도를 조정하는 것에 대응되므로, 넓은 범위의 convergence조정이 가능하여 입체감을 잘 표현 할 수 있고, 능동적인 convergence조절도 가능하다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 stereoscopic 3d camera에 대하여 two camera stereoscopic system과 제안되어온 single lens stereoscopic camera system에 대해 조사하였다. 그리고 기존에 제안된 방식이 가지는 문제점을 해결하는 새로운 방식의 single lens stereoscopic camera system을 제안하였다. 제안된 방식은 기존 stereoscopic 영상을 만들기 위하여 행하던 조정 및 촬영의 번거로움을 줄이면서 기존 방식들이 가지던 문제점인 시청 시 눈의 피로와 어지러움의 문제도 현저히 감소시킬 수 있는 방식이다. 또한 기존에 나온 UHD 카메라 시스템에 어댑터를 이용하여 장착 할 수 있기 때문에 유연하게 여러 시스템에 적용 할 수 있다. 따라서 앞으로의 고화질 UHD stereoscopic 영상 촬영에 이 방식이 응용될 것이고, 비용 및 효율면에서 장점을 가질 것이다. 그리고 나아가 UHD 3D 콘텐츠의 제작 및 보급에도 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

[1] Seong-Mo An, Rohit Ramesh, Young-Sook Lee and Wan-Young Chung, "Interaxial Distance and Convergence Control for Efficient Stereoscopic Shooting using Horizontal Moving 3D Camera Rig," World Academy of Science, Engineering and Technology 59, pp. 2176-2181, 2011

[2] Kazuhiko Ukai, Peter A. Howarth, "Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations" Displays, Volume 29, Issue 2, Pages 106 - 116, Health and Safety Aspects of Visual Displays, March 2008

[3] AVID, "How to shoot, capture and edit 3D? The practise...", pp 1 - 1 1 7, 2011(http://learn.avid.com/content/_Europe_PTG_courseware/NPI/Introduction%20to%20Stereoscopic%203D%20for%20ALEX/3_How%20to%20shoot%20capture%20edit%203D.pdf)

[4] hao meizun, "Stereo Correspondence and depth recovery of single-lens bi-prism based stereovision system", The degree of phillosophy, Department of mechanical engineering, National University of Singapore, 2013

[5] Bradshaw, Mark F., and Brian J. Rogers. "The interaction of binocular disparity and motion parallax in the computation of depth." Vision Research 36.21: pp. 3457-3468, 1996