

인간의 입체시 특성을 고려한 입체 카메라의 광축 간격 조절

Adjustment of Stereoscopic Camera's Optical Axis Distance Considering Human Stereopsis Characteristics

형세찬, 전국진, 하동환
중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과

Sae-Chan Hyung(chanheeyui@hotmail.com), Kook-Jin Chun(kookjin99@homail.com),
Dong-Hwan Har(dhhar@cau.ac.kr)

요약

최근 입체영상 콘텐츠를 소비하기 위한 인프라는 급속도로 구축되고 있지만, 이러한 수요를 충족시킬만한 입체영상 제작기반은 부족한 상황이다. 지금의 입체영상 제작환경에서는 기존에 평면영상을 제작하던 것과 같은 방법으로 입체영상을 제작하고 있다. 그로 인해 인간의 시지각과 카메라의 특성이 고려되지 않은 영상이 제작되고, 이것은 입체효과의 저하와 함께 영상 속 피사체의 크기가 현실과 다르게 왜곡되어 나타나는 등의 문제로 이어지고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 인식하고 더 나은 입체영상 콘텐츠 제작을 위해, 입체영상 관람 시 나타나는 인간의 크기 지각 특성을 고려한 입체 카메라의 광축 간격 조절에 대하여 연구하였다. 우선, 카메라의 광축 간 거리에 따라 영상 속에 나타나는 피사체의 면적 변화와 비율 데이터를 산출하였고, 광축 간격을 변화시키며 실제 입체영상을 촬영, 관람자들을 대상으로 설문을 진행하였다. 그 결과 인간의 입체시는 인간의 두 눈간 거리인 6.5cm를 기준으로 약 60%에서 2,000% 범위인 3.9cm에서 130cm 내에서는 광축 간 거리가 변화하더라도 크기 지각에 왜곡을 느끼지 않는다. 그러므로 입체영상 촬영할 때 광축 간격을 3.9cm에서 130cm 내에서 유지한다면 영상 관람에도 크기 지각에 문제가 발생하지 않고 실제와 동일한 크기로 느껴지는 영상을 제작할 수 있을 것이다.

■ 중심어 : | 입체영상 | 입체시 | 입체 카메라 | 광축 간격 | 시지각 |

Abstract

Recently, the infrastructure of stereoscopy is growing fast. Though, the stereoscopy producing capacity is insufficient to meet the demand of the market. Because, at the moment most people who produce the stereoscopy are skilled for the two-dimensional images. So the characteristics of the human stereopsis and stereoscopic cameras are not well considered, it occurs many problems to the viewer. According to this, we studied about the optical axis distance adjustment of stereoscopic camera considering size perception in human stereopsis. First, we measured the area of the object in the image which depends on the optical axis distance. Second, based on the output of first experiment, we conducted a survey and figured out that if we keep the optical axis distance between 3.9cm to 130cm, it wouldn't occur any size perception and will be possible to produce high quality stereoscopy.

■ keyword : | Stereoscopy | Stereopsis | Stereoscopic Camera | Optical Axis Distance | Visual Perception |

* 이 논문은 2010년도 중앙대학교 교내학술연구비 지원에 의한 것임.

접수번호 : #101227-002

접수일자 : 2010년 12월 27일

심사완료일 : 2011년 01월 20일

교신저자 : 하동환, e-mail : dhhar@cau.ac.kr

I. 서론

1950년대부터 1980년대까지 붐을 이뤘던 입체영상은 디지털 영상 기술이 발전되고 디지털시네마(digital cinema) 시스템이 보급되면서 새로이 주목받고 있다. 최근 몇 년간 미국에서 제작된 입체영화의 수가 필름방식의 입체영화 전성기였던 1950년대에 범접할 정도이며 2009년을 기준으로 전 세계에서 입체영화를 상영할 수 있는 디지털 상영관은 5년 전과 비교하면 무려 107배나 증가한 8,989개로 이처럼 입체영화 시장은 급성장하고 있다[1]. 또한, 현재는 영화뿐만 아니라 가정용 TV와 함께 각종 모바일 기기들이 모두 입체영상 시장을 노리고 다양한 제품들로 출시되고 있다. 이렇게 입체영상 콘텐츠를 소비하기 위한 인프라가 급속도로 구축되고 있는 상황에서의 문제점은, 늘어난 수요를 충족시킬만한 좋은 입체영상 콘텐츠를 제작할 수 있는 인력이 매우 부족하다는 것이다. 입체영상은 설비나 공정뿐 아니라, 피사체를 영상에 담을 때 고려해야 할 여러 가지 사항들이 존재한다. 우리가 입체영상을 관찰할 때 단순히 좌, 우 눈의 양안시차로 인식하는 것이 아닌, 다양한 생리적, 심리적 요소들이 복합적으로 작용하여 공간을 지각하기 때문이다. 그러나 현재는 기존의 평면영상을 제작해오던 사람들이 입체영상에 대해 준비를 하지 못한 상태에서 곧바로 제작을 시도하고 있기 때문에 인간의 시지각과 카메라의 특성을 고려하지 못하고 기존의 평면영상과 동일한 방법으로 제작하고 있다. 그로 인해 입체효과의 저하와 함께 영상 속 피사체의 크기가 현실과 다르게 왜곡되어 나타나는 등의 문제가 발생하고 있다.

이전에도 일부 인간의 입체시 특성에 대한 연구가 진행되었다. 하지만, 이 연구들은 관찰자가 입체영상을 관찰할 때 영향을 미치는 많은 생리적, 심리적 요소 중 양안시차만을 고려하거나[2][3] 실험이 평면영상을 기준으로 입체영상 속 피사체 크기를 비교하였기 때문에 실제 입체영상을 관찰하는 환경과의 차이가 나타나는 문제점을 가지고 있었다[4][5]. 또한, 입체영상을 제작할 때 카메라의 광축 간격 차이 때문에 발생하는 관찰 영역의 변화가 고려되지 않았다는 한계점도 가지고 있

다. 그래서 본 연구는 입체영상 제작을 위한 실질적인 지침을 제시하고자 입체영상 속 피사체의 올바른 크기 표현을 위하여 입체영상 관람 시 나타나는 인간의 크기 지각 특성을 고려한 입체 카메라의 광축 간격 조절범위를 제시하고자 한다. 이를 통해 입체영상 제작 시 영상 속 피사체가 지각되는 크기는 왜곡하지 않으면서도 더 효과적인 입체감 구현이 가능해질 것으로 기대한다.

II. 이론적 배경

1. 인간의 시지각과 연관개념

1.1. 감각

인간의 눈, 귀, 코, 혀, 피부는 흔히 오감이라 불리는 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각을 담당하며, 이처럼 어떠한 자극을 받아들이는 기관을 감각기관이라고 한다. 그리고 감각기관을 통해 받아들인 자극을 감각(sensation)이라고 한다. 각 감각기관은 특정한 자극에 대해서만 반응하는 특성이 있는데, 예를 들어 빛은 눈에 들어왔을 때는 어떤 감각을 일으키지만, 코나 피부와 같은 다른 감각기관에서는 아무런 자극을 일으키지 못한다. 이렇게 다양한 자극기관이 일상생활 속 각각의 기관에서 받아들이는 자극의 비율이 달라서, 83%가 시각을 통해서 받아들여지며 나머지 10%가 청각, 4%가 후각, 2%가 촉각, 1%가 미각을 통해 받아들여진다[6]. 즉, 인간의 감각은 시각의 영향을 가장 크게 받게 되며 이렇게 만들어진 감각이 지각(perception)을 이루게 된다.

1.2. 시지각

인간에게 있어서 시각은 어떤 감각기관보다도 발달되어 있어 정상적인 상태에서 사물을 인지하는 작용 중 가장 큰 역할을 하고 있다. 대부분의 외부 자극을 눈으로 받아들여서 판단하는 인간의 행동은 시선 경로와 밀접한 관계를 가지고 있는데, 빛이 눈이라고 하는 생체기관을 통해 받아들여지고 이를 감각기관에서 변환하며, 마지막으로 뇌에서 시각해석이 이루어진다[7][8]. 즉, 시각을 통해 정보를 받아들이는 것을 시지각(visual

perception)이라 하며, 시지각은 단순한 눈과 시야만을 포함하는 것이 아니라 감각과 기억까지도 포함하는 정보의 상호작용이다. 또한, 시지각은 이미지를 분리해 이해하는 것이 아니라 통합된 하나의 구조로서 이해한다. 이는 사물을 인식할 때 눈에 보이는 것만으로는 그 사물의 실체를 알기 어렵기 때문이다. 따라서 조형적인 활동들이 시각에만 주로 관련된 것처럼 보이지만 실제로는 인간 심리 작용 전체에 걸쳐 있다[9].

2. 입체영상

2.1 입체영상의 개념

입체영상(stereoscopy)은 2차원 영상에 깊이감 정보를 부여하여 더욱 사실적인 영상을 표현하는 기술로써 현장에서 실물을 보는 듯한 3차원의 입체감 전달이 가능한 영상 매체이다. 인간의 좌우 눈은 가로방향으로 약 6.5cm가량 떨어져서 존재하는데, 이러한 특성 때문에 양안시차(binocular disparity)가 발생하게 되며 이것은 인간이 느끼는 입체감(depth perception)의 가장 중요한 요인 중 하나이다. 좌, 우의 눈은 각각 서로 다른 2차원의 상을 보게 되고 이 두 개의 상이 망막을 통해 뇌로 전달되면, 뇌는 이를 정확히 서로 융합하여 3차원 영상의 원근감과 실제감을 재생하는 것이다. 따라서 입체영상을 촬영할 때에는 인간의 양안을 모방한 두 개의 시점을 갖는 장치를 사용해야 하며, 이를 통해 3차원적인 입체감을 구현할 수 있는 것이다[10].

2.2 인간의 3차원 인지요소

인간이 입체감을 느끼는 데에는 양안시차와 더불어 양안의 주시각(convergence angle) 등과 같은 생리적인 요인과 명암(brightness), 중복(overlapping), 운동시차(motion parallax), 텍스처 그라디언트(texture gradient) 등과 같은 심리적인 요인 등도 작용하게 된다. 이 중 생리적인 요인은 양안에 의해 생기는 것이며 심리적인 요인은 단안에 의해서도 생길 수 있다. 이렇게 입체감을 느끼기 위한 생리적, 심리적 요인들을 3차원 인지요소(depth cues)라고 한다[11].

2.3 입체영상에서의 크기 지각

인간이 어떤 피사체를 볼 때, 망막에 맺히는 피사체의 상 크기는 피사체와의 거리에 따라 달라진다. 그러나 크기를 인지하고 있는 피사체의 경우, 거리가 가까워짐에 따라 망막에 맺히는 상의 크기가 증가하여도 그 피사체가 커졌다고 느끼지는 않는다. 이것을 크기와 거리의 항상성(size and distance invariance)이라고 한다. 그러나 입체영상에서는 지각된 크기와 상까지의 거리가 크기와 거리의 항상성을 가진다고 보장할 수 없다. 그 이유는 입체영상은 영상 제작에 사용된 두 카메라의 축 간 거리에 따라 지각되는 영상 속 피사체의 크기가 변화하기 때문이다.

2.4 준입체와 초입체

입체영상을 촬영한 카메라의 두 광축 간 거리가 인간의 두 눈 간 거리인 6.5cm보다 작거나 클 때 발생하는 크기 지각 왜곡 현상이다. 소인시(lilliputianism)라고도 하는 준입체(hypo Stereo) 현상은 영상 속 피사체가 실제 보는 것보다 거대하게 느껴지는 것을 말한다. 아울러 초입체(Hyper stereo) 현상은 거인시(giantism)라고 하며, 영상 속 피사체가 실제 보는 것보다 작은 미니어처(miniature)처럼 느껴지는 것을 말한다.

III. 연구방법 및 절차

현행 입체영상 제작에서는 카메라의 광축 간격에 따라 영상 속의 피사체가 지각되는 크기의 변화에 대해 대략적인 짐작만을 하고 있을 뿐, 그것이 수치화되어 실질 영상 제작에 활용할 수 있도록 하지 못하고 있다. 그 때문에 입체영상 제작 시 크기 지각 왜곡 현상이 발생하는 등 많은 시행착오를 겪고 있다. 따라서 본 논문에서는 실제 입체영상 촬영 현장에서 응용될 수 있는 실증적 연구를 목표로 입체영상 제작 시 사용되는 두 카메라의 축 간 거리에 따라 촬영되는 피사체의 면적과 실제 인간의 크기 지각과의 상관관계를 알아보고자 다음과 같은 두 단계의 실험을 진행하였다.

1. 광축 간격과 촬영 면적 변화

1.1 실험모델

피사체와 카메라 간의 거리를 유지하면서 두 카메라의 광축 간 거리를 변화시켰을 때 달라지는 피사체의 촬영 면적을 산출하였다. 그리고 영상의 해상도를 변경하였을 때나 주시점의 이동, 피사체의 위치 변화와 렌즈의 화각이 달라짐에 따라 전체 촬영 면적 대비 교차면적의 비율에 변화가 있는지 각각의 실험모델을 이용하여 비교하였다. 실험 영상은 4K, 8K 해상도를 사용하였다[표 1].

표 1. 광축 간 거리 조절 실험모델

모델	주시점	렌즈	피사체 거리	규격	해상도
A	3m	130mm	3m	4K	4096×2304
B	3m	130mm	3m	8K	8192×4608
C	2m	50mm	3m	4K	4096×2304
D	4m	50mm	3m	4K	4096×2304
E	3m	50mm	4m	4K	4096×2304

1.2 실험영상의 촬영 및 비교방법

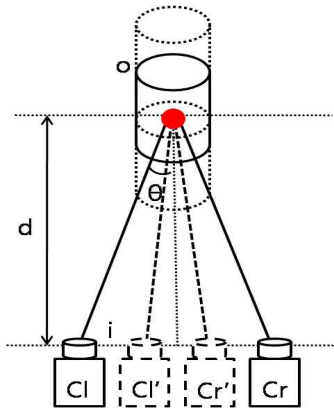


그림 1. 실험영상 촬영방법

실험은 Autodesk Maya 2010을 이용하여 가상환경에서 진행하였다. 실험영상 촬영을 위해 카메라(Cl, Cr)로부터 2m, 3m, 4m 떨어진 지점에 지름 20cm, 높이 40cm의 원통형 피사체(o)를 위치시키고 주시점의 위치(d)를 조절하였다[그림 1]. 그리고 카메라의 축 간 거리는 인간의 좌, 우 눈의 간격과 같은 6.5cm를 기준으로

10%에 해당하는 0.65cm부터 1,000%인 65cm까지 일정하게 증가시키며 영상을 촬영하였다. 이렇게 영상 속 피사체(o)의 가로 픽셀을 측정하여 각각의 카메라 간격에 따라 촬영된 피사체의 면적을 측정하였으며, 전체면적 대비 교차면적의 비율을 산출하였다[그림 2].

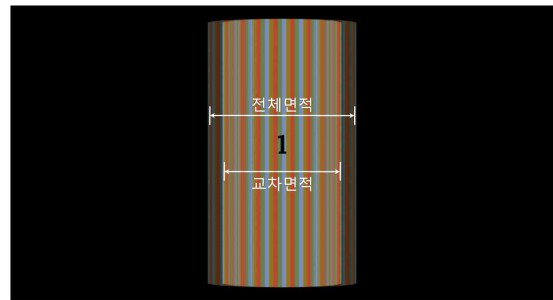


그림 2. 피사체의 촬영 영역 측정

1.3 실험영상 속 피사체의 촬영 면적 측정

1.3.1 실험모델 A 영상

[표 2]는 실험모델 A의 영상에서 두 카메라의 광축 간 거리에 따라 변화하는 각 영상 속 피사체의 교차면적과 전체면적을 측정한 후 비율을 계산한 것이다. 촬영된 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율이 최소 1:1.039에서 최대 1:1.6746으로 측정되었다.

표 2. 실험모델 A의 광축 간 거리별 촬영된 피사체 면적

광축(cm)	전체면적 (픽셀)	교차면적 (픽셀)	전체:교차	전체:교차 6.5cm 대비
0.65	1020	1016	1.0039	95.72%
1.3	1022	1014	1.0079	96.10%
1.95	1024	1008	1.0159	96.86%
2.6	1024	1008	1.0159	96.86%
3.25	1026	1002	1.024	97.63%
3.9	1026	1002	1.024	97.63%
4.55	1028	996	1.0321	98.41%
5.2	1030	994	1.0362	98.80%
5.85	1030	994	1.0362	98.80%
6.5	1032	984	1.0488	100.00%
13	1042	950	1.0968	104.58%
19.5	1054	918	1.1481	109.47%
26	1064	896	1.1875	113.23%
32.5	1074	846	1.2695	121.05%
39	1084	812	1.335	127.29%
45	1094	778	1.4062	134.08%
52	1104	740	1.4919	142.25%
58.5	1112	708	1.5706	149.76%
65	1122	670	1.6746	159.67%

1.3.2 실험모델 B 영상

[표 3]은 실험모델 B의 영상에서 두 카메라의 광축 간 거리에 따라 변화하는 각 영상 속 피사체의 교차면적과 전체면적을 측정 후 비율을 계산한 것이다. 촬영된 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율이 최소 1:1.039에서 최대 1:1.6746으로 실험모델 B와 동일하게 측정되었다.

표 3. 실험모델 B의 광축 간 거리별 촬영된 피사체 면적

광축(cm)	전체면적 (픽셀)	교차면적 (픽셀)	전체:교차	전체:교차 6.5cm 대비
0.65	2042	2034	1.0039	96.11%
1.3	2044	2028	1.0079	96.49%
1.95	2046	2022	1.0119	96.87%
2.6	2050	2010	1.0199	97.64%
3.25	2052	2004	1.024	98.03%
3.9	2054	1998	1.028	98.42%
4.55	2056	1992	1.0321	98.81%
5.2	2058	1986	1.0363	99.20%
5.85	2060	1980	1.0404	99.60%
6.5	2062	1974	1.0446	100.00%
13	2084	1904	1.0945	104.78%
19.5	2106	1834	1.1483	109.93%
26	2130	1762	1.2089	115.73%
32.5	2148	1692	1.2695	121.53%
39	2168	1624	1.335	127.80%
45	2188	1552	1.4098	134.96%
52	2206	1482	1.4885	142.50%
58.5	2226	1410	1.5787	151.13%
65	2244	1340	1.6746	160.32%

1.3.3 실험모델 C 영상

[표 4]는 실험모델 C의 영상에서 두 카메라의 광축 간 거리에 따라 변화하는 각 영상 속 피사체의 교차면적과 전체면적을 측정 후 비율을 계산한 것이다. 촬영된 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율이 최소 1:1.011에서 최대 1:1.6833으로 측정되었다.

표 4. 실험모델 C의 광축 간 거리별 촬영된 피사체 면적

광축(cm)	전체면적 (픽셀)	교차면적 (픽셀)	전체:교차	전체:교차 6.5cm 대비
0.65	367	363	1.011	96.73%
1.3	367	363	1.011	96.73%
1.95	367	363	1.011	96.73%
2.6	369	361	1.0222	97.80%
3.25	369	361	1.0222	97.80%

3.9	369	361	1.0222	97.80%
4.55	370	360	1.0278	98.33%
5.2	370	358	1.0335	98.88%
5.85	370	358	1.0335	98.88%
6.5	370	354	1.0452	100.00%
13	374	350	1.0686	102.24%
19.5	379	335	1.1313	108.24%
26	384	320	1.2	114.81%
32.5	386	306	1.2614	120.69%
39	392	292	1.3425	128.44%
45	395	283	1.3958	133.54%
52	397	269	1.4758	141.20%
58.5	400	256	1.5625	149.49%
65	404	240	1.6833	161.05%

1.3.4 실험모델 D 영상

[표 5]는 실험모델 D의 영상에서 두 카메라의 광축 간 거리에 따라 변화하는 각 영상 속 피사체의 교차면적과 전체면적을 측정 후 비율을 계산한 것이다. 촬영된 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율이 최소 1:1.011에서 최대 1:1.6833으로 실험모델 C와 동일하게 측정되었다.

표 5. 실험모델 D의 광축 간 거리별 촬영된 피사체 면적

광축(cm)	전체면적 (픽셀)	교차면적 (픽셀)	전체:교차	전체:교차 6.5cm 대비
0.65	367	363	1.011	96.73%
1.3	367	363	1.011	96.73%
1.95	367	363	1.011	96.73%
2.6	368	364	1.011	96.73%
3.25	369	361	1.0222	97.80%
3.9	369	361	1.0222	97.80%
4.55	370	358	1.0335	98.88%
5.2	370	358	1.0335	98.88%
5.85	370	358	1.0335	98.88%
6.5	370	354	1.0452	100.00%
13	376	344	1.093	104.58%
19.5	378	334	1.1317	108.28%
26	383	319	1.2006	114.87%
32.5	386	306	1.2614	120.69%
39	390	294	1.3265	126.92%
45	393	281	1.3986	133.81%
52	397	269	1.4758	141.20%
58.5	399	255	1.5647	149.70%
65	404	240	1.6833	161.05%

1.3.5 실험모델 E 영상

[표 6]은 실험모델 E의 영상에서 두 카메라의 광축 간 거리에 따라 변화하는 각 영상 속 피사체의 교차면

적과 전체면적을 측정한 후 비율을 계산한 것이다. 촬영된 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율이 최소 1:1.011에서 최대 1:1.6833으로 실험모델 C, D와 동일하게 측정되었다.

표 6. 실험모델 E의 광축 간 거리별 촬영된 피사체 면적

광축(cm)	전체면적 (픽셀)	교차면적 (픽셀)	전체:교차	전체:교차 6.5cm 대비
0.65	368	364	1.011	95.66%
1.3	368	364	1.011	95.66%
1.95	368	364	1.011	95.66%
2.6	368	364	1.011	95.66%
3.25	370	358	1.0335	97.80%
3.9	370	358	1.0335	97.80%
4.55	370	358	1.0335	97.80%
5.2	370	358	1.0335	97.80%
5.85	370	358	1.0335	97.80%
6.5	372	352	1.0568	100.00%
13	376	340	1.1059	104.64%
19.5	378	330	1.1455	108.39%
26	382	318	1.2013	113.67%
32.5	386	306	1.2614	119.36%
39	390	294	1.3265	125.52%
45	394	282	1.3972	132.20%
52	398	270	1.4741	139.48%
58.5	400	256	1.5625	147.85%
65	404	240	1.6833	159.28%

1.4 측정 결과 비교

1.4.1. 해상도에 따른 촬영된 면적의 비율

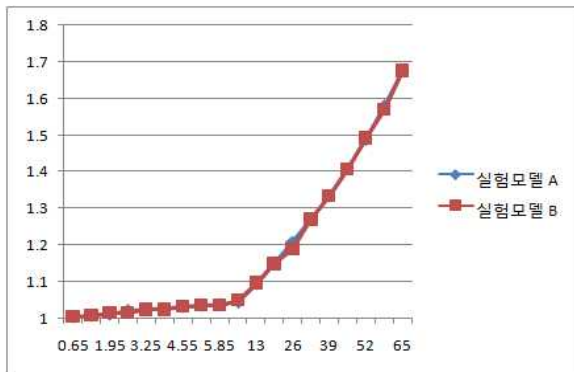


그림 3. 해상도별 광축 간 거리에 따른 면적 비율 그래프

[그림 3]은 해상도별 광축 간 거리에 따른 촬영된 피사체의 전체면적 대비 교차면적 비율을 비교하기 위해 실험모델 A, B에서 측정된 데이터를 하나의 그래프에 나타낸 것이다. 한눈에도 알 수 있듯, 두 실험모델은 거

의 동일한 기울기 값을 갖는 것을 알 수 있다. 즉, 입체 영상 속 촬영된 피사체의 교차면적 대비 전체면적의 비율은 두 광축 간 거리에만 영향을 받으며 해상도와 관계없이 일정하다는 것을 알 수 있었다.

1.4.2. 주시점의 위치에 따른 촬영된 면적의 비율

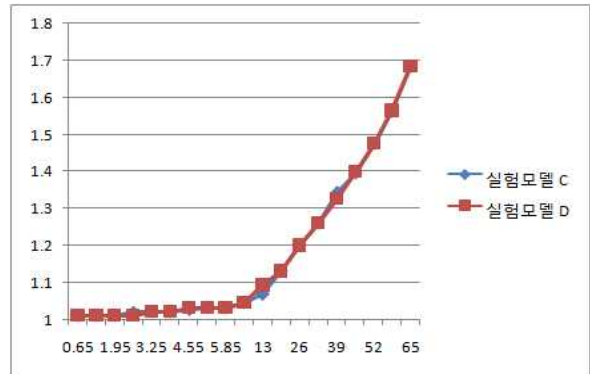


그림 4. 주시점의 위치에 따른 피사체의 면적 비율 그래프

[그림 4]는 각각 2m와 4m에 주시점이 위치한 실험모델 C와 D의 데이터를 그래프로 나타낸 것으로 두 실험모델 속 피사체의 면적비율은 거의 동일한 기울기의 그래프로 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 입체영상에서 촬영되는 피사체의 크기는 주시점을 변동하더라도 별다른 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

1.4.3. 화각, 피사체까지의 거리에 따른 면적의 비율

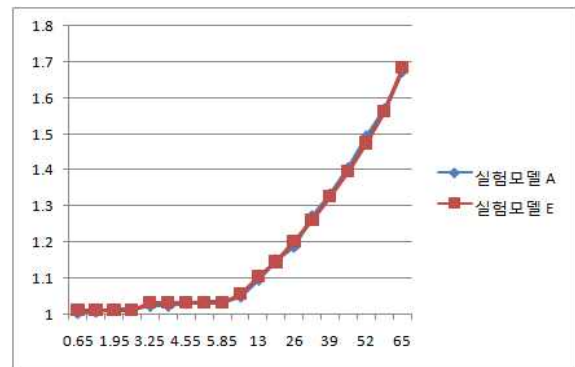


그림 5. 화각, 피사체까지의 거리에 따른 면적 비율 그래프

[그림 5]는 각기 다른 화각과 피사체까지의 거리를 갖는 실험모델 A와 E의 비교그래프이다. 두 실험모델

은 각기 130mm와 50mm 렌즈를 사용하였으며 피사체의 거리도 3m와 4m로 전혀 달랐다. 그러나 두 실험모델의 그래프 역시 앞서 실시한 비교 데이터들과 마찬가지로 거의 동일한 기울기 값을 갖는 것을 알 수 있었다.

1.4.4. 비교 결과 종합

실험결과 입체영상 속 피사체의 촬영 면적 대비 교차면적의 비율은 촬영에 사용되는 두 카메라의 광축 간 거리에 따라 달라지는 것을 알 수 있었다. 6.5cm 간격을 기준으로 하였을 때, 광축의 간격을 0.65cm(10%)까지 줄였을 때 총면적 중 약 4%가 줄어들었으며, 65cm(1,000%)로 확장했을 때에는 약 60%가 증가하는 것을 알 수 있었다. 아울러 입체영상 속 피사체의 촬영 면적 비율은 영상의 해상도 변화는 물론, 카메라와 피사체까지의 거리, 사용된 렌즈의 화각 및 주시점의 위치가 다르더라도 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율은 유지되었다.

2. 광축 간 거리에 따른 피사체의 크기 지각

입체영상을 촬영할 때 사용되는 두 카메라의 광축 간 거리가 인간의 두 눈이 갖는 간격인 약 6.5cm보다 크거나 작을 때, 관찰자가 느끼는 영상 속 피사체의 크기는 변화하게 된다. 하지만, 인간의 입체시는 여러 가지 생리적, 심리적 요소들이 복합적으로 작용하여 이루어지기 때문에 입체영상 속 피사체의 객관적인 면적 비율과 크기 지각 정도는 비례하지 않는 특성이 있다. 따라서 본 논문에서는 입체시에서 크기 왜곡을 인지하는 정도를 설문을 통하여 알아보려고 하였다.

2.1 실험모델

실험모델은 총 8개로 입체영상을 촬영할 때, 두 카메라의 축 간의 거리가 6.5cm보다 넓어지는 경우(A)와 좁아지는 경우(B)를 가정하여 각각 4개의 영상을 준비하였다[표 7]. 촬영은 동일한 장면에서 두 카메라의 간격을 6.5cm에서 650cm까지 늘리거나 혹은, 6.5cm에서 0.65cm까지 단계적으로 줄여나가면서 진행하였다.

표 7. 입체시에서의 크기 왜곡 인지 실험모델

실험 모델	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4
간격 (cm)	6.5, 325, 585	65, 390	130, 455	195, 520	6.5, 39, 1.3, 0.65	5.85, 3.25	5.2, 2.6	4.55, 1.95

2.2 설문조사

위에서 준비한 실험모델을 이용하여 설문하였다. 실험 대상자는 입체시 인지에 문제가 없는 교정시력 1.0 이상의 20, 30대 남녀 30명이 참가하였으며 100인치 실버스크린을 이용한 원형 편방 방식 디스플레이를 사용하였다. 설문을 위하여 촬영된 영상들은 편집하여 카메라의 축 간 간격이 6.5cm인 영상을 기준으로 삼았으며 해당 장면의 실험에 들어가기 전 충분히 장면을 인지하도록 하였다. 그리고 실험이 시작되면, 순차적으로 축의 거리를 변화시키며 촬영된 영상들이 제시되도록 하였다. 각각의 영상 사이에는 회색 장면을 추가하여 설문 중 과도한 입체시의 연속 관람으로 말미암은 피실험자들의 시각 피로를 방지하고 각각의 영상을 독립적으로 관람하도록 함으로써, 설문의 객관성을 높이고자 하였다. 설문은 총 8개 문항이며 각 문항에 제시되는 실험 영상은 총 10단계로, 순차적으로 높아지는 입체시의 자극에 따라 크기 지각에 왜곡 현상을 느끼기 시작하는 영상을 기재하도록 하였다[표 8]. 아울러 피실험자는 해당 영상을 촬영한 카메라의 축 간 간격을 알지 못한 상태로 진행하였다.

표 8. 각각의 실험 영상이 촬영된 카메라의 간격

실험자극	실험 A(cm)	실험 B(cm)
1	6.5	6.5
2	65	5.85
3	130	5.2
4	195	4.55
5	260	3.9
6	325	3.25
7	390	3.6
8	455	1.95
9	520	1.3
10	585	0.65

2.3 설문결과 및 분석

설문 결과들은 IBM SPSS Statistics 17을 이용하여 빈도를 분석하였으며 그 결과를 표로 나타내었다.

표 9. 실험모델 A의 설문 결과

영상 (cm)	A-1	A-2	A-3	A-4
1(13)	0	0	1	1
2(65)	1	1	2	2
3(130)	7	2	3	3
4(195)	15	14	14	13
5(260)	4	9	8	8
6(325)	2	3	2	2
7(390)	1	0	0	1
8(455)	0	0	0	0
9(520)	0	1	0	0
10(585)	0	0	0	0

[표 9]에서와 같이, 실험 A에서 피실험자들은 대체로 비슷한 시점에서 입체영상 속 피사체의 크기 왜곡을 느낀다고 답하였다. 우선 실험 A-1은 대다수 피실험자가 4번 영상부터 왜곡을 느낀다고 답하였다. 아울러 A-2, A-3, A-4에서도 가장 많은 피실험자들이 4번 영상을 선택하였으며 그다음으로 많이 선택된 영상이 5번이었다. 4번과 5번 영상은 촬영에 사용된 두 카메라의 광축 간 거리가 각각 195cm와 260cm로, 이것은 피사체를 볼 때 우리 눈보다 약 300%에서 400%가량 더 넓은 면적을 보게 되는 때이다.

표 10. 실험모델 A의 설문 결과

영상 (cm)	B-1	B-2	B-3	B-4
1(6.5)	0	0	0	0
2(5.85)	0	0	0	0
3(5.2)	0	0	0	0
4(4.55)	0	0	0	0
5(3.9)	2	1	4	5
6(3.25)	12	5	8	5
7(3.6)	11	13	14	14
8(1.95)	3	8	4	3
9(1.3)	2	3	0	3
10(0.65)	0	0	0	0

[표 10]에서는 실험 B도 실험 A와 마찬가지로 대부분의 피실험자가 일정한 시점에서 피사체의 크기 왜곡

을 느끼는 것으로 나타났다. B-1에서는 6번과 7번 영상부터 왜곡을 느낀다고 답한 피실험자들이 많았으며 B-2, B-3, B-4에서는 대다수가 7번 영상부터 왜곡을 느낀다고 답하였다. 6번과 7번 영상에 사용된 두 카메라의 광축 간 거리는 2.6cm와 3.25cm로, 이것은 피사체를 볼 때 우리 눈보다 약 0.5%에서 0.6%가량의 면적을 덜 보게 되는 것이다.

즉, 인간의 입체시는 좌, 우 눈의 간격인 6.5cm를 기준으로 약 60%에서 2,000% 범위인 3.9cm에서 130cm 내에서는 카메라의 광축 간격이 변화하더라도 크기 지각에 왜곡을 느끼지 않음을 알 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 고품질의 입체영상 구현을 위한 지침을 제시하고자 인간의 입체시에서의 크기 지각 특성을 고려한 입체 카메라의 광축 간격 조절에 대하여 연구하였다. 입체시에서의 크기 지각에 가장 큰 비중을 차지하는 요소는 영상 속에 나타나는 피사체의 면적임에 불구하고 기존 연구들은 카메라와 피사체까지의 거리나 촬영에 사용되는 화각에 관한 것이 대부분이었다. 그래서 본 논문에서는 카메라의 축 간 거리에 따라 촬영되는 피사체의 면적 변화에 대한 객관적인 데이터를 산출하고 전반적인 실효성을 검증하였다. 아울러 이것을 바탕으로 실제 입체영상을 촬영하여 설문을 진행함으로써 인간의 입체시에서 정상적으로 크기를 지각할 때 왜곡을 느끼지 않는 최소, 최대 광축 간격을 알아보았다. 그리고 이 연구 결과를 종합하여 다음과 같은 결론을 내렸다. 첫째, 본 논문에서 산출한 광축 간격에 따라 촬영되는 피사체의 전체면적 대비 교차면적의 비율은 일정하다. 영상의 해상도, 주시점의 위치, 렌즈의 화각이나 피사체의 위치가 변하여도 광축 간격이 같다면 촬영되는 피사체의 면적 비율은 동일하게 나타났다. 둘째, 인간의 입체시는 6.5cm를 기준으로 약 60%에서 2,000% 범위인 3.9cm에서 130cm 내에서는 광축 간 거리가 변화하더라도 크기 지각에 왜곡을 느끼지 않는다. 그러므로 입체영상 촬영할 때 광축 간격을 3.9cm에서 130cm 내에서 유지한다면 영상 관람에도 크기 지각에 문제가 발생

하지 않고 실제와 동일한 크기로 느껴지는 영상을 제작할 수 있을 것이다.

이렇듯, 입체영상은 평면영상에 비해 단순히 깊이만이 추가된 것이 아닌, 영상을 관람하는 인간의 복잡한 생리적, 심리적 요소가 복합적으로 작용하고 있다. 그래서 각각의 요소들의 특징과 한계점을 고려하지 않으면 잘못된 영상을 만들게 되고, 이것은 관람자들에게 외면받을 수밖에 없다. 그러므로 본 논문에서 제안한 내용을 토대로 인간의 입체시 특성을 고려하여 입체영상을 제작한다면 더욱 뛰어난 품질의 영상을 제작할 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] Motion Picture Association of America, *Theatrical Market Statistics 2009*, MPAA, 2010.

[2] R. Cormack and R. Fox, "The computation of disparity and depth in stereograms," *Percept Psychophys*, Vol.38, pp.375-380, 1985.

[3] S. Nagata, "The binocular fusion of human vision on stereoscopic displays," *Ergonomics*, Vol.39, No.11, pp.1273-1284, 1996.

[4] T. Iwasaki, S. Akiya, T. Inoue, and K. Noro, "Surmised state of accommodation to stereoscopic three-dimensional images with binocular disparity," *Ergonomics*, Vol.39, No.11, pp.1268-1272, 1996.

[5] 이두현, *입체시에서 깊이와 크기의 지각 특성 및 보정*, 한국과학기술원 석사학위 논문, 2003.

[6] 박선의, 최호천, *비주얼 커뮤니케이션 디자인*, 미진사, 2004.

[7] 이한석, *CGI 3D 입체영상에서 질감(Texture)이 시각적 촉각성에 미치는 지각 영향에 관한 연구*, 동국대학교 박사학위 논문, 2010.

[8] 이미용, 조열, "형태인지능력 측정에 관한 연구", *기초조형학회*, 제4권, 제1호, pp.369-381, 2003.

[9] 조열, 이미용, "네트웍시대의 새로운 커뮤니케이

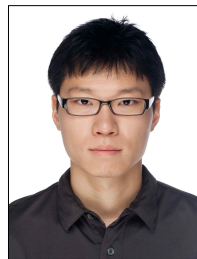
선도구, *이모티콘의 시지각적연구*", *한국기초조형학회*, 제2권, 제2호, pp.275-284, 2001.

[10] 베니김, *입체영화 산업론*, MJ미디어, 2009.

[11] T. Alexander, J. Conradi, and C. Winkelholz, "Depth perception and visual After-effects at Stereoscopic Workbench Displays," *Proceedings of the IEEE Virtual Reality*, pp.269-270, 2003.

저 자 소 개

형 세 찬(Sae-Chan Hyung) 준회원



- 2009년 : 중앙대학교 예술대학 사진학과(B.A.)
- 2011년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과(M.A.)

<관심분야> : 입체영상, 시지각

전 국 진(Kook-Jin Chun) 준회원



- 2007년 : 건국대학교 전기공학과(B.A.)
- 2010년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과 석사과정

<관심분야> : 입체영상, 특수영상

하 동 환(Dong-Hwan Har) 정회원



- 1993년 : Brooks Institute of photography, Industrial/Scientific Photography(B.A.)
- 1994년 : Ohio University, Visual Communication(M.A.)
- 2005년 : 한양대학교 교육대학원

(Ph.D)

- 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수

<관심분야> : 과학사진, 특수영상