일반논문-09-14-2-11

실감 방송에서의 3D 깊이/모양 지각감 왜곡의 측정

이 형 철^{a)†}

Measurement of the Perceptual Distortion of 3D Depth/Shape in Realistic Broadcasting

Hyung-Chul O. Li^{a)†}

요 약

자연 3D 환경에서와 달리 3D 디스플레이를 통해 제시되는 대상의 깊이와 모양은 관찰거리에 따라서 체계적으로 왜곡되어 지각된다. 동일한 3D 디스플레이를 시청하는 다수의 시청자가 상이한 3D 깊이감과 모양감을 지각하는 것은 바람직하지 않은데, 이와 같은 3D 깊이감/모양감 왜곡 문제를 해결하기 위해서는 3D 깊이감과 모양감의 왜곡정도를 측정하는 정교한 도구가 필요하다. 본 연구는 3D 깊이감과 모양감 왜곡의 문제를 해결하기 위한 기반연구로서 3D 깊이감과 모양감 왜곡정도를 측정할 수 있는 깊이감/모양감 왜곡 측정도구를 제안한다.

Abstract

The 3D shape as well as the depth of an object presented on a 3D display is perceptually distorted depending on viewing distance. It is quite undesirable that different observers perceive different depth and shape from an object displayed on a 3D monitor. To resolve the problem of perceptual distortion of 3D depth and shape, the degree of the distortion should be measured appropriately. As a basis for resolving these problems, the present research suggests an instrument for measuring the degree of the perceptual distortion of 3D depth and shape.

Key Words : 3D depth, shape, perceptual distortion, measurement

I. 서 론

3D 디스플레이는 인간이 자연 3D 환경에서 획득하게 되는 양안시차(binocular parallax)를 2차원 화면을 통해 시청자에게 전달하는 시스템이다. 3D 실감방송의 핵심은 자연 3D 환

경에서 인간이 직접 접하는 3D 대상과 동일대상을 3D 디스플레이를 통하여 간접적으로 접하는 3D 대상이 지각적으로 구별하기 힘들 정도로 유사해야 한다는 데 있다. 이쉽게도 현재의 3D 방송기술은 자연환경에서 인간이 접하는 3D 대상과 3D 디스플레이를 통하여 간접적으로 접하는 3D 대상에 대한 지각에서 뚜렷한 차이를 유발한다. 가장 큰 차이는, 실제 자연 3D 환경에서 접하는 3D 대상은 관찰거리, 관찰시점, 관찰환경에 관계없이 동일한 3D 깊이와 3D 모양을 갖는 것으로 지각되는데 반하여 3D 디스플레이를 통하여 지각되는 3D 대상은 관찰거리, 관찰시점 및 관찰환경에 따라서 3D 깊이감과

a) 광운대학교 산업심리학과

Department of Industrial Psychology, Kwangwoon University

† 교신저자 : 이형철 (hyung@kw.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업(2007-F-037-02) 지원을 받아 수행하였음.

· 접수일(2008년12월2일), 수정일(2009년1월18일), 게재확정일(2009년2월23일)

3D 모양감이 체계적으로 왜곡되어 지각된다는 점이다. 자연 3D 환경에서 접하는 대상으로부터 획득되는 지각감과 동일한 지각감을 유발하는 3D 실감방송을 구현하기 위해서는 현재의 3D 디스플레이가 유발하는 3D 깊이감과 모양감의 왜곡이 객관적이고도 안정성있게 수량화되어 측정되어야 한다.

Woods, Docherty 그리고 Koch(1993)는 입체 카메라 시스템과 디스플레이 시스템에서 화면시차 또는 궁극적으로 입체 영상에 영향을 미치는 관련 파라미터와 투사법을 기술하고 각 파라미터에 따라서 대상간의 깊이(object distance)에 비해 이에 대응하는 영상에서의 거리(image distance)가 어떻게 체계적으로 왜곡되는지, 그리고 실제 대상에서의 평행한 면이 어떻게 이미지 상에서 곡률형태로 왜곡되는지를 보여 주었다^[1]. 비슷한 맥락에서 기하학적 3차원 영상의 왜곡과 관련된 3차원 영상촬영, 표시 및 관찰자와의 상관관계 분석에 대한 시도가 있었다^[2].

본 연구의 목적은 입체카메라 시스템과 디스플레이 시스템에서의 관련된 파라미터가 변함에 따라서 어떻게 이미지가 왜곡되는지를 측정하는데 있지 않고, 최종적으로 시청자에게 제시되는 동일한 입체영상이 관찰조건에 따라서 어떻게 지각적으로 왜곡되는지를 측정하는 데에 있다. 여러 관련 파라미터가 변화함에 따라서 동일 대상에 대한 입체영상이 어떻게 왜곡되는지를 분석하는 것은 충분히 의미가 있는 작업이다. 하지만, 궁극적으로 입체영상은 입체영상 자체로서 보다는 시청자에게 제시되어 3D 입체감을 형성할 때에 의미가 있다. 3차원 공간을 2차원 망막에 투사하면 당연히 관찰거리와 양안간 거리에 따라서 기하학적 법칙에 따라 망막

이미지가 변화한다. 흥미롭게도 인간의 시각시스템은 자연의 3D 환경에서 관찰거리 및 방향등의 조건이 변함에 따라 망막 이미지가 변화함에도 불구하고 일반적으로 3차원 공간의 고유속성을 항상성있게 지각하는데, 이를 3D 깊이 항상성(perceptual depth constancy)이라고 한다^[3, 4]. 이와 같은 맥락에서 3차원 영상의 왜곡에 영향을 미치는 파라미터가 궁극적으로 3차원 지각왜곡을 유발하는지를 규명하는 것이 추가적으로 필요하며 본 연구에서 제안하는 깊이/모양 지각 왜곡 측정 기법이 이와 같은 규명에 이용될 수 있을 것이다.

II. 본 론

1. 인간 3D 지각 시스템의 특성과 3D 디스플레이에서의 깊이/모양지각 왜곡

3D 디스플레이에 제시되는 영상이 시청환경 조건에 따라서 지각적으로 왜곡되고 이 왜곡의 측정이 중요한 문제임을 이해하기 위해 기본적으로 인간의 3D 지각시스템에 대한 이해가 필요하다. 일반적으로 관찰거리 변화에 따라서 양안시차 양이 감소함에도 불구하고 일반적인 자연 3D 환경에서는 인간 관찰자가 대상의 깊이와 모양을 안정적으로 지각한다는 것을 이해할 필요가 있다. 특히, 자연 3D 환경과 달리 인공적인 3D 디스플레이 환경에서 깊이와 모양 지각 왜곡이 발생함을 이해할 필요가 있다.

그림 1. 반원통체 모형 입체영상 구성을 위한 도식과 관련 파라미터들

Fig 1. Parameters relevant to the construction of the model of half-cylindrical stereo-images

1.1 양안시차에 영향을 미치는 파라미터

양안시차는 관찰거리의 제곱에 반비례한다. 그림 1은 고정된 깊이와 모양을 갖는 반원통체를 특정한 관찰거리에서 관찰할 때 양쪽 눈의 망막에 형성될 양안시차에 대응하는 화면시차에 영향을 미치는 파라미터를 도식적으로 나타낸 것이다. 양안시차 또는 화면시차에 영향을 미치는 파라미터는 대상의 물리적 깊이, 관찰거리와 양안간 거리인데, 대상의 깊이와 양안간 거리는 변화하지 않고, 결국, 주어진 대상에 대한 양안시차에 영향을 미치는 변인은 주로 관찰거리인데, 이 때 관찰거리가 증가함에 따라서 주어진 대상의 양안시차 또는 화면시차는 관찰거리 제곱에 반비례하여 감소한다. 즉, 관찰거리가 증가할수록 궁극적으로 양안시차는 0에 근접하게 된다^{[5][6][7]}.

1.2 3D 깊이항상성

일상생활에서의 경험에 비추어 보면, 특정대상에 대한 3차원 깊이감은 관찰거리와 관계없이 일정하게 유지되는데, 이를 3D 깊이 항상성(perceptual depth constancy)이라고 한다^[8, 9]. 동일대상의 깊이에 대응하는 양안시차가 관찰거리의 제곱에 반비례하여 감소함에도 불구하고 자연환경에서 인간의 3D 시각 시스템이 3D 깊이 항상성을 갖는다고 하는 것은 우리의 시각시스템이 어떤 형태로든 관찰거리에 따라서 체계적으로 변화하는 양안시차의 문제를 극복한다는 것을 시사한다.

인간의 3D 깊이 항상성에 관한 두 가지 대표적인 이론이 있는데, 하나는 척도화 이론(scaling theory)이고 다른 하나는 규제이론(constraint theory)이다. 척도화 이론에 의하면 우리의 시각기제는 양안시차 정보에만 근거하여 깊이를 지각하지 않는데, 왜냐하면 양안시차는 대상까지의 관찰거리에 따라서 체계적으로 변화하기 때문이다. 이 이론에 의하면 우리의 시각기제는 대상까지의 관찰거리에 대한 정보로 양안시차를 척도화하여 실제 대상의 깊이를 계산한다^[6]. 반면, 규제이론에 의하면 우리의 시각기제는 관찰거리가 변화하더라도 대상의 깊이에 대한 일관된 정보를 항상성있게 외부세계에서 찾아내고 이에 기반하여 3D 깊이를 지각한다고 주장한다^[7]. 앞서 기술한 이론들은 각 각 자신의 이론이 타당함을 지지하는 경험적 데이터를 제시하였는데, 정

도의 차이는 있지만 두 이론 모두 관찰거리가 변화함에도 불구하고 인간의 3D 시각 시스템이 어떻게 자연 3D 환경에서 안정적으로 3D 깊이감을 지각할 수 있는지를 제시하고 있다.

1.3 3D 모양 항상성

3D 깊이 항상성이 깊이차원에서의 항상성 개념인데 비하여, 3D 모양 항상성에는 최소한 두 개의 차원이 관여하는데, 깊이 차원과 크기 차원이 동시에 고려되는 경우로서 표면 곡률(curvature)이 이에 해당한다. 그림 2는 깊이차원이 단독으로 고려된 경우와 깊이와 크기 차원이 동시에 고려된 경우의 표면 곡률 개념의 차이를 보여준다. 그림 2의 가)는 크기(반지름)와 깊이가 동일한 반원이다. 이 때, 크기를 동일하게 유지한 상태에서 깊이차원을 확장하면 나)와 같이 되는데, 크기와 깊이 두 차원을 모두 고려하면 나)는 가)와 3차원 모양이 다르다. 곡률개념으로 표현하면 나)의 곡률이 가)의 곡률보다 크다. 반면, 다)는 가)보다 깊이가 크지만 크기도 같은 비율로 증가하였기 때문에 가)와 다)의 3차원 모양 즉 곡률은 동일하다. 나)와 다)의 깊이는 동일하지만 크기가 상이하기에 나)와 다)의 모양 즉 곡률은 상이하고 특히 나)의 경우 크기에 비하여 깊이가 크기 때문에 크기와 깊이가 동일한 다) 보다 곡률이 크다. 이처럼, 곡률은 2개의 차원 즉 크기차원과 깊이차원을 동시에 고려한 개념으로써 깊이와 관계는 있지만 개념상 독립적인 개념이며, 3D 디스플레이에 제시되는 3차원 자극 속성의 지각왜곡에 있어서 독립적으로 고려되어야 할 속성들이다.

1.4 3D 디스플레이에서의 깊이/모양 지각의 왜곡

자연 3D 환경에 존재하는 3차원 대상의 깊이와 모양이 관찰거리와 관계없이 항상성 있게 지각되는 것과 달리, 인공의 3D 디스플레이에 제시되는 대상은 디스플레이까지의 관찰거리에 따라서 깊이와 모양이 왜곡되어 지각되는데, 그 이유는 다음과 같다. 자연 3D 환경에서 특정대상의 깊이에 대응하는 양안시차 양은 관찰거리의 제곱에 반비례한다. 반면에, 특정 대상에 대한 3D 영상(좌안 영상과 우안 영상)은 카메라와 대상까지의 거리에 따라서 좌안영상과 우안영상의 시차, 즉 양안시차가 촬영거리 제곱에 반비례

하여 변화하겠지만, 일단 촬영된 3D 영상이 3D 디스플레이에 제시될 때 발생하는 화면시차(screen disparity)는 고정적이다. 이 화면시차는 시청자가 3D 디스플레이에 가깝게 다가서던 또는 3D 디스플레이로부터 멀어지던 변화하지 않는다. 화면에 제시되는 좌우영상의 차이 즉 화면시차는 시청거리에 의해 변화하지 않고 촬영시의 대상과 카메라 사이의 거리인 촬영거리에 의해서만 변화한다. 이와 같은 자연 3D 환경과 인공 3D 디스플레이상에서의 관찰거리에 따른 양안시차(또는 화면시차)의 변화패턴에서의 차이 때문에 자연 환경에서는 관찰되지 않는 깊이/모양 지각 왜곡이 3D 디스플레이에서 관찰된다.

그림 2. 3D 깊이와 3D 모양 (자세한 내용은 본문 참조)
Fig 2. 3D depth and 3D shape (refer to the text for detail)

2. 3D 깊이/모양 지각 왜곡 측정 도구 개발

3D 깊이감/모양감 지각 왜곡을 측정하는 도구는 크게 자극 구성, 자극 제시 그리고 지각왜곡 측정부 세 개의 부분으로 구성되어 있다.

2.1 자극 구성

3D 깊이/모양이 왜곡되게 지각된 정도를 측정하기 위해서는 실제 특정 깊이와 모양을 갖는 사물을 모사(simulation)할 필요가 있다. 본 연구에서는 시청자에게 친숙한 사물인 반 원통체(또는 반 타원기둥체)를 모사하였다. 본 연구에서는 자극 구성과 깊이 및 모양지각 측정에서의 효율성을 높이기 위해서 반 원통체를 모사하고 실험에 이용하였다. 연구문제에 따라서 본 연구에서 제안하는 측정 방법을 대상의 모양과 깊이를 변화시킨 자극에 적용하는 것이 가능하다. 본 연구에서 측정하고자 하는 표면 곡률(크

기 차원의 변화에 따른 깊이 차원에서의 변화)에서의 지각 감 측정에는 원통체 자극이 적절한데, 왜냐하면 곡률의 개념을 최대 크기 대비 최대 깊이의 비율로 규정하는 것이 가능하고 이것이 직관적 개념과도 일치하기 때문이다. 이와 같은 이유에서 3차원 깊이와 모양지각 연구에서 원통체를 자극으로 사용하는 것은 일반화되어 있다^{5, 6}.

반원통체에 대한 3차원 정보인 양안시차(binocular parallax)를 2D 화면에 재현하기 위해서는 3차원 사물의 수리적 모형, 수리적 모형과 시청자 사이의 관찰거리, 시청자 개인의 양안간 거리가 규정되어야 한다. 본 연구에서 구성한 원통체의 x축에서의 각 점의 깊이에 대한 수리적 모형은 다음 식 (1)과 같다.

$$d_x = (s/4) \sqrt{r^2 - d_{ox}^2} \quad (1)$$

식 (1)에서 d_x 는 x에서의 깊이를 나타내고, s는 모양계수를 나타내며, r은 원통체의 반지름을 나타내고, d_{ox} 는 원통체 중심에서 x까지의 거리를 나타낸다. 식 (1)에서 원통체의 반지름과 모양계수는 표 1에 제시되어 있다. 표 1에서 s1, s2 등은 모양계수 s를 나타낸다. 식 (1)을 이용하여 실험 자극을 구성하였는데, 실험에 사용된 반원통체는 y축상에서의 깊이는 모두 동일하고 단지 x축 상에서의 깊이만 상이하다. 식 (1)은 y축의 값과 관계없이 반원통체를 구성하는 x축에서의 각 점들의 깊이를 나타내는 것으로서 기본적으로 원의 공식과 유사하다. 다만 실험에 사용되는 타원기둥체의 곡률을 고려하여 (s/4)가 계수로 이용되었고, s가 s4인 경우에는 x축에서의 깊이의 집합은 완벽한 원형을 이루게 된다.

표 1. 3D 깊이감/모양감 지각 왜곡 측정에 사용된 반타원기둥체의 척도(단위 cm)
Table 1. Scales of the half-cylinders employed in the measurement of the perceptual distortion of 3D depth/shape (cm)

r	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
3.51	0.88	1.76	2.63	3.51	4.39	5.27	6.14
3.9	0.98	1.95	2.93	3.9	4.88	5.85	6.83
4.29	1.07	2.15	3.22	4.29	5.36	6.44	7.51

본 연구에서는 매트랩(Matlab) 환경에서 실시간 렌더링

툴인 OpenGL을 이용하여 표 1의 깊이와 크기를 갖는 반타원기둥체 21개를 3개의 관찰거리 90cm, 110cm, 130cm에 걸쳐서 모사하였다. 표에서 크기는 반타원기둥체체의 반지름(그림 2 참조)을 나타내고, 동일 모양(곡률)을 갖도록 깊이(그림 2 참조)를 모양의 크기에 맞게 체계적으로 구성하였다. 표 1에서 각 s열에 있는 수치는 반타원기둥체체의 깊이를 나타낸다. 예를 들어, s4는 완벽한 반원통체로서 세 가지 크기를 갖는 반원통체의 척도를 나타낸다. s4의 가장 작은 크기는 3.51cm인데, 이때 s4의 깊이가 3.51cm로서 반지름과 깊이가 동일하기 때문에 완벽한 반 원통체가 된다. 그림 3은 무선점 애너글리프 형태로 제시되었던 s4(반원통체)를 나안으로 관찰할 수 있도록 재구성한 무선점 입체그림(RDS: Random Dot Stereogram) 자극 예이다. 그림 3의 좌측은 좌안영상, 우측은 우안영상이다. 실험상황에서 피험자가 경험한 지각감을 경험하기 위해서는 자극의 크기, 관찰거리, 양안간 거리 조건이 모두 충족되어야 하는데, 그림 3은 단지 실험에서 제시된 자극에 대한 도식적인 예일 뿐이다.

일반 3D 디스플레이 환경에서 3D 깊이/모양 지각 왜곡이 발생하는 원인은 자연 3D 환경과 상이하게 양안시차가 관찰거리 변인에 따라 달리 작동하기 때문이다. 양안시차 이외의 3D 관련 변인의 효과를 제거하기 위해서 평행투사법(parallel projection)을 사용하여 표 1에 제시된 척도를 갖는 사물을 모사하였고, 같은 이유로 가능한 한 3D 지각에 대한 단안정보(monocular 3D information)를 배제하기 위하여 무선점 입체그림쌍(RDS, random dot stereogram)을 구현하였다.

그림 3. 모양계수 s4로 구성된 애너글리프 자극의 RDS 버전 자극 예
Fig 3. An example stimulus of a random dot stereogram version of the anaglyph type stimulus simulating with the shape parameter s4

표 1에 제시된 척도를 갖는 사물을 무선점 입체 그림 쌍으로 모사하는데 필요한 양안간 거리 파라미터는 실제 측정대상이 되는 시청자의 양안간 거리를 측정하여 입력하도록 모사 프로그램을 구성하였다. 본 연구에서 모사된 자극은 실험공간의 특성상 17인치 모니터에 제시되도록 상대적으로 작은 크기의 대상이 모사되었다. 대형화면에서의 측정을 염두에 둔다면 표 1에 제시된 척도를 동일한 비율로 확대하여 사용하는 것이 가능하다.

2.2 자극 제시

모사된 자극은 17인치 LCD 모니터에 애너글리프(anaglyph) 형식으로 제시되었는데 좌안영상은 적색, 우안영상은 녹색의 점으로 겹쳐서 제시되도록 하였으며 시청자는 적녹 안경을 착용하고 제시된 자극을 관찰하였다. 본 연구에서는 제한된 연구 환경 때문에 애너글리프 형식으로 자극을 구성하고 제시하였지만, 자극제시방법은 편광방식, 무안경식 등 다양한 형태로 구현하는 것이 가능하다.

2.3 3D 깊이감/모양감 왜곡 측정

시청자는 앞서 기술한 3 가지 크기 7 가지 모양을 갖도록 50cm 관찰거리를 전제로 모사한 총 21개 반타원기둥체를 50cm, 110cm, 그리고 130cm 관찰거리에서 관찰하면서 제시된 사물의 3D 지각 왜곡 정도를 측정 받았다. 깊이감과 모양감 왜곡은 독립된 세션에서 측정되었는데, 각 세션에서 시청자들은 세 개의 관찰거리에서 측정되었다. 측정의 변산성을 최소화하기 위하여 각 자극은 각 관찰거리에서 10회 반복 측정되도록 하였다. 따라서 각 관찰거리에서 시청자는 총 210회(21개 자극 X 10회 반복=총 210회)에 걸쳐 측정 받았다. 본 연구에서는 총 10명의 시청자가 실험에 참여하였다. 모든 시청자는 21개의 자극을 세 관찰거리에서 모두 측정 받았다. 연습효과를 상쇄시키기 위하여 5명의 피험자는 가까운 관찰거리부터 측정 받고 후에 먼 관찰거리에서 측정 받았으며 나머지 5명은 먼저 먼 관찰거리에서 측정 받았고 후에 가까운 관찰거리에서 측정 받았다.

깊이감 왜곡 측정 세션에서 관찰자의 주어진 대상에 대한 깊이감은 강도추정법을 이용하여 측정되었다. 관찰자에게 주어진 대상의 깊이감 판단의 기준을 제공하기 위하여

s4(깊이와 크기가 동일한 반원통체)에 대하여 지각된 깊이감을 “20”이라고 보고하도록 하였다. 예를 들어 지각된 깊이감이 s4의 깊이감보다 2배로 크게 지각되면 “40”이라고 보고하도록 하였고, 반대로 s4의 깊이감보다 1/2로 작게 지각되면 “10”이라고 보고하도록 하였다. 모양감 왜곡 측정 세션에서도 s4의 모양감(곡률)을 “20”으로 제시하고 깊이감에서의 보고 방법과 동일한 방법으로 모양감을 보고하도록 하였다. 예를 들어, s4의 경우 크기와 깊이가 동일한데, 크기에 비해 깊이가 2배로 지각되면 “40”이라고 모양감을 보고하도록 하였고, 크기에 비해 깊이가 1/2로 작게 지각되면 “10”이라고 모양감을 보고하도록 하였다. 깊이감과 모양감(곡률) 모두 깊이 차원을 고려한다는 면에서 동일하지만 모양감은 크기차원 대비 깊이차원에서의 지각감 비율을 의미한다. 모양감 지각 과제 수행에 크기지각 메카니즘

과 깊이지각 메카니즘이 복합적으로 관여할 수 있기에 깊이감과 독립적으로 모양감을 측정하는 것이 의미가 있다.

3. 3D 깊이/모양 지각 왜곡의 측정 결과

3.1 깊이감 왜곡 측정 결과

피험자의 안정적인 깊이감 지각을 추정하기 위하여 21개 조건 각 각에 대하여 10회 반복 측정한 값의 평균을 계산하였다. 세 가지 관찰거리에서 21개 대상의 깊이감에 대한 10명 피험자의 반응은 대체적으로 유사하였다. 따라서, 10명 피험자의 반응을 각 조건별로 평균하여 깊이감 왜곡 정도를 계산하였다. 그림 4는 7가지 자극 깊이(자극 종류) 및 세 가지 크기에 대한 21개 대상의 세 가지 관찰거리별 지각된 깊이감을 나타낸다.

그림 4. 대상의 7가지 모양계수(s, 자극종류) 및 세 가지 관찰거리에 따른 지각된 깊이감 측정치

Fig 4. The measurements of the perceived depth along with 7 shape parameters and 3 viewing distances

그림 4의 가)는 세 가지 크기의 자극에 대한 깊이감 지각 데이터를 통합한 자료이며 그림 4의 나), 다), 라)는 각각 크기 3.51, 3.9, 4.25cm 에 대한 대상의 깊이 지각감을 나타낸다. 그림에서 굵은 실선은 기준자극(모양 4인 반 원통체)의 값으로 제시한 “20”과 실제 자극의 깊이를 고려하였을 때 피험자가 대상의 깊이를 올바르게 지각하였다는 것을 전제로 보고할 수 있는 예상 깊이감(즉 제시된 자극의 수학적 모형을 고려할 때 이상적으로 지각되어야 하는 깊이감)을 나타낸다. 지각된 깊이감이 실선과 가까울수록 모양 지각 왜곡이 작고 멀어질수록 모양지각 왜곡이 많았음을 나타낸다. 관찰거리 50cm에서 지각한 깊이감이 다른 관찰거리에서의 깊이감보다 굵은 실선과 가깝고 관찰거리가 90cm(가는 실선), 그리고 130cm(파선)로 멀어질수록 동일

자극에 대하여 지각하는 깊이감도 상대적으로 커지는 것을 알 수 있다. 예를 들어 그림 4의 가)에서 자극종류 4(s4)가 완벽한 반원통체인데, 이 자극에 대하여 피험자들은 관찰거리 50일 때 “20”이라고 깊이감을 보고한데 반하여, 관찰거리 90cm에서는 약 “25” 그리고 관찰거리 130에서는 약 “28”이라고 깊이감을 보고하였다. 이와 같은 경향성은 모든 자극종류에서 일관되게 관찰되었다. 동일한 경향성이 자극의 깊이가 상이할지라도 일관되게 관찰됨을 그림 4의 나), 다) 및 라)에서 확인할 수 있다.

3.2 3D 모양감 왜곡 측정 결과

그림 5는 본 실험에서 사용한 동일한 자극에 대한 세 가지 관찰거리에서의 10 명 피험자의 3D 모양감(곡률감) 평

그림 5. 대상의 7가지 모양계수(s, 자극종류) 및 세 가지 관찰거리에 따른 지각된 모양감(곡률) 측정치.

Fig 5. The measurements of the perceived shape along with 7 shape parameters and 3 viewing distances

균치를 나타낸다. 그림 5의 가)는 세 가지 깊이를 통합한 자료의 평균 모양감을 나타내고 나, 다) 및 라)는 각각 크기 3.51, 3.9, 4.25cm인 대상을 세 가지 관찰 거리에서 관찰했을 때의 지각된 모양감 평균치를 나타낸다.

그림 4와 마찬가지로 굵은 실선은 대상의 모양(곡률)을 제대로 지각하였을 때 예상되는 측정치를 나타낸다. 그림 5의 가)에 나타나 있듯이 대상과 관찰자까지의 거리가 50cm 임을 전제로 모사한 대상을 실제 관찰거리 50cm에서 관찰할 때 지각된 모양감이 굵은 실선(실제 모양감을 제대로 지각했을 때 예상되는 측정치)과 가장 가까웠다. 예를 들어, s4는 완벽한 반원통체인데, 피험자들은 s4의 지각된 모양감을 “20”에 가깝게 보고하였다. 하지만, 관찰거리가 90cm 일 때는 동일한 대상을 “25”라고 보고하였고 관찰거리가 130cm일 때는 “28”이라고 보고하였다. 동일한 반응 패턴이 다른 모양에서도 반복되어서 관찰되었고, 이러한 반응양상은 다른 크기를 갖는 대상 전체에서 일관되게 관찰되었다(그림 5의 나), 다) 및 라) 참조).

III. 논의 및 결론

3D 모양을 관찰거리에 관계없이 실감있게 감상할 수 있게 하기 위해서는 먼저 현재의 실감방송 및 3D 디스플레이가 어느 정도의 깊이감/모양감 왜곡을 유발하는지 수량화하여 객관적으로 측정할 수 있는 깊이감/모양감 왜곡 측정 도구가 필요하다. 본 연구는 다양한 형태의 원통형 또는 타원형의 3차원 기둥체가 특정 관찰거리에서 관찰될 때 획득되는 양안시 자극을 모사하고, 이를 특정 관찰거리에서 관찰할 때 지각되는 깊이감/모양감을 측정하면서 동시에 관찰자가 보고한 깊이감/모양감이 실제의 깊이/모양과 얼마나 일치하는지 또는 얼마나 과장/축소되어 보고되는지의 왜곡정도를 평가할 수 있는 깊이감/모양감 왜곡 측정 도구를 구현하였다.

실제 10명의 피험자를 대상으로 50cm 관찰거리를 전제로 모사한 대상을 3D 디스플레이에 제시하고 50cm, 90cm, 130cm 관찰거리에서 대상의 깊이감과 모양감을 측정한 결과, 관찰거리 50cm에서 실제 모사한 대상과 가장 근접하게

깊이감과 모양감을 지각하였다. 하지만 관찰거리가 90cm, 130cm로 증가함에 따라서 지각되는 깊이감과 모양감(특히 곡률감)이 25% ~40% 가량 증가하는 것으로 관찰되었다. 이러한 실험결과는 관찰거리가 증가함에 따라서 지각되는 모양감이 체계적으로 왜곡됨을 시사하며 주목해야할 것은 그 왜곡되는 정도를 본 연구에서 개발한 깊이감/모양감 왜곡 측정도구가 측정한다는 것이다. 동일 입체 영상에 대하여 관찰거리가 증가할수록 깊이감과 곡률이 증가하는 것으로 지각되는 이유는 아마도 우리의 시각체계가 동일 영상을 증가된 관찰거리로 재척도화 했기 때문인 것으로 판단된다.

Cardboard effect 또는 Puppet Theater Effect와 같이 크기감과 깊이감이 실제보다 왜곡된다는 보고는 있어왔지만^[10,11,12,13,14], 깊이감과 모양감이 왜곡되는 정도를 양화하여 측정할 수 있는 도구는 현재까지 보고된 바가 없다. 스테레오스코픽 비디오 시스템에서 이미지가 카메라간 거리, 수렴거리, 시야각, 스크린 크기, 촬영 방위등에 따라서 어떻게 변화하고 왜곡되는지에 대한 분석은 있었다^[1,2]. 하지만, 이와 같은 이미지 왜곡은 기하학적 법칙에 의해서 결정되는 것이며 이미지 상에서의 왜곡이 지각적 왜곡에 어떤 영향을 미치는지를 규명하기 위해서는 지각감 왜곡 측정 도구를 이용한 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구에서 제안하는 깊이감/모양감 왜곡 측정 기법은 스테레오스코픽 비디오 시스템에서의 관련 파라미터 변화에 따른 이미지 변화 및 왜곡이 지각적 왜곡에 어떤 영향을 주는지 규명하는데 이용될 수 있다.

기술의 발전을 위해서 현재 기술의 문제점을 정확히 수량화하여 진단하는 것이 중요한데, 이러한 진단에 가장 기본이 되는 것이 문제가 되는 변인의 측정이다. 어떻게 하면 실제 대상의 깊이감과 모양감을 그대로 전달할 수 있는 3D 디스플레이를 개발할 것인가의 문제가 남아있지만 본 연구에서 구성한 3D 깊이/모양 지각감 왜곡 측정 도구는 현재의 기술이 안고 있는 깊이감/모양감 왜곡의 문제를 진단하고 그 정도를 파악할 수 있는 새로운 기술 개발을 위한 중요한 출발점이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Woods, A., Docherty, T. & Koch, R., Image distortions in stereoscopic video systems, Proceedings of SPIE Vol.1915, pp.36~48, 1993
- [2] 김성규, 스테레오 방식의 3D TV를 위한 3차원 영상의 촬영과 표시 그리고 관찰자와 관련된 왜곡, 방송공학회지, Vol.13 No.1, pp.38~44, 2008
- [3] Todd, J. T. & Norman, J. F., Distortions of perceived 3-D structure in natural vision, Annual meeting of the Psychonomic Society, November, 1995
- [4] Jain., R. A., Tsina, L. & Durgin, F. H., Stereoscopic 3-D shape constancy with real objects in the real world: effects of contextual disparity contrast, Investigative Ophthalmology and Visual Science, Vol.38, S904, 1997
- [5] Sedgwick, H. A., Space perception, Handbook of Perception and Performance(Ch. 21, pp.1~57), Willy, New York, 1986
- [6] Johnston, E. B., Systematic distortions of shape from stereopsis, Vision Research, Vol.31, pp.1351~1360, 1991
- [7] Rogers, B. J. & Cagenello, R. B., Disparity curvature and the perception of three-dimensional surfaces, Nature, Vol.339, pp.135~137, 1989
- [8] Todd, J. T. & Norman, J. F., Distortions of perceived 3-D structure in natural vision, Annual meeting of the Psychonomic Society, November, 1995
- [9] Jain., R. A., Tsina, L. & Durgin, F. H., Stereoscopic 3-D shape constancy with real objects in the real world: effects of contextual disparity contrast, Investigative Ophthalmology and Visual Science, Vol.38, S904, 1997
- [10] Landy, M. S. & Movshon, J. A., Computational models of visual processing-shape from X, Psychophysics and Computation, MIT Press, Cambridge, pp.306~330, 1991
- [11] MacAdam, D. L., Stereoscopic perceptions of size, shape, distance and direction, SMPTE J., Vol.62, pp.271~289, 1954
- [12] Yamanoue, H., Okui, M. & Yuyama, I., A study on relationship between shooting conditions and cardboard effect of stereoscopic images, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., 10, April, 2000
- [13] Komatsu, T. & Pastoor, S., Puppet theater effect observing stereoscopic images, Tech. Rep. of IEICE, IE92~104, pp.39~46, 1993
- [14] Yamanoue, H., Okui, M. & Okano, F., Geometrical analysis of puppet-theater and cardboard effects in stereoscopic HDTV images, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol.16, pp.744~752, June, 2006

저 자 소 개

이 형 철

- 1987년 : 연세대학교 심리학과 학사
- 1989년 : 연세대학교 대학원 심리학과 석사
- 1996년 : Univ. of Wisconsin - Madison 심리학과 Ph.D.
- 1997년 ~ 1999년 : McGill Vision Research Center 연구원
- 1999년 ~ 현재 광운대학교 산업심리학과 정교수
- 2009년 ~ 현재 인지과학 편집위원장
- 주관심분야 : 3D 휴먼팩터, 시각과학, Brain-Computer Interface