

# 조망변수 조율을 통한 3 차원 상호작용에서의 깊이 지각 문제 분석

이동욱<sup>1</sup>, 박진아<sup>2</sup>  
한국정보통신대학교<sup>1,2</sup>  
{aalee<sup>1</sup>, jinah<sup>2</sup>}@icu.ac.kr

## Role of Viewing Parameters in Minimizing Depth Perception Problem

Dongwook Lee<sup>1</sup>, Jinah Park<sup>2</sup>  
Information and Communication University<sup>1,2</sup>

### 요약

3 차원 공간상에서의 상호작용이란 특정 공간내의 오브젝트를 그 위치와 좌표축에 따라 조작하는 행위를 말한다. 이러한 3 차원 공간상의 상호작용을 행할 때 발생하는 가장 큰 문제중의 하나는 사용자가 현재 조작하고 있는 커서 또는 포인터의 깊이적 위치를 알기 힘들다는 점이며 흔히 깊이 지각문제(Depth Perception Problem)으로 불리 운다. 본 논문은 깊이 지각문제를 발생시키는 기본적인 요소중의 하나를 가상환경을 표현하기 위해 인공적으로 생성된 조망 절두체라고 고려하고 이에 대해서 논의한다. 이를 위하여 3 차원 입력 장치(SensAble PHANToM® OmniTM)를 이용한 간단한 위치지정 작업을 다양한 FOV(Field of View)와 VD(Viewing Direction)의 환경에서 피실험자들에게 수행하게 하였다. 결과적으로, 작업환경내의 FOV 변화는 작업수행의 정확도에 영향을 끼쳤으며, VD 의 경우, 사용자가 실제로 작업환경을 보는 것과 유사한 VD 환경이 효율성의 측면에서 보다 더 높은 작업수행 결과를 보였다.

Keyword : Depth Perception, Viewing Parameter

### 1. 서론

3 차원 입력장치는 기존의 2 차원 입력장치에 비해 하나의 자유도가 추가됨으로써 2 차원 입력장치보다 더 다양하고 효과적인 입력 정보를 발생시킬 수 있으며 이에 대한 사용성 평가 또한 많은 분야에서 연구되어 왔다[1]. 그러나 3 차원 공간상에서의 3 차원 입력장치의 사용은 사용자 하여금 자신이 현재 조작하고 있는 커서의 위치를 정확히 파악하지 못하는 현상인 깊이지각 문제를 수반한다. 이 현상은 사용자가 3 차원 입력장치를 사용하여 3 차원 공간에 대한 상호작용을 행할 때는 항상 발생하는 문제이며 결과적으로 사용자의 3 차원적 상호작용 수행의 저하를 불러일으키는 가장 큰 요소중의 하나이다. 따라서 3 차원 입력장치를 통한

깊이 지각문제를 해결하고자 하는 연구는 인지과학, 컴퓨터 그래픽스, 가상환경 등 여러 분야에서 포괄적으로 진행되고 있으나, 아직 문제 자체를 완벽하게 해결해 내며 인간 인지를 강화시킬 수 있는 방안은 마련되지 않은 것이 현실이다.

인간의 환경 및 사물에 대한 지각은 인간의 가지고 있는 5 개의 감각자극 요소들을 종합하여 나타나는 결과이다. 이 중 깊이는 시각적 자극요소와 촉각적 자극요소에 가장 큰 영향을 받아 그 정보를 형성한다. 따라서 깊이 지각문제를 풀어나가기 위한 연구들은 주로 시각적인 자극이나 촉각적인 자극 또는 두 자극 모두를 사용하는 방안을 이용하여 해결책을 찾고자 노력하고 있으며, 본 논문에서 우리는 인간 지각의 가장 큰 부분 중 하나인 시각적인 요소를 이용하여 깊이 지각문제를

해결하는 방안을 제시하고자 한다. 깊이 지각문제를 시각적 자극요소를 통해 극복하고자 하는 방안들은 크게 두 가지로 분리할 수 있다. 먼저 출력장치를 통해 사용자에게 제공되는 3 차원 공간의 시각적 정보를 보다 더 현실과 유사하도록 묘사하는 방안이 있으며, 이와는 다르게 현실공간에서는 접할 수 없는 3 차원 공간의 표면적 정보 이외의 다른 정보들을 시각적으로 제공하는 방법이 있다.

Hudson [1] 이 제시한 방법은, 사용자가 조작하는 커서에 그림자를 적용시킴으로써 3 차원 공간상의 네비게이션을 강화시키는 방안으로, 3 차원 공간의 시각적 정보를 보다 더 현실과 비슷하도록 만들고자 하는 방안의 예라 할 수 있겠다. 이와는 다르게 추가적인 정보를 제공함으로써 깊이 지각을 강화시키는 방안으로는, 3 차원 공간상의 물체에 대해 반투명한 공간을 적용시킴으로써 물체의 상대적인 위치에 대한 정보를 제공하는 Zhai et al. [2]의 연구를 예로 들 수 있다. Gooch et al. [3] 이 공간 지각을 강화하기 위해 실사에 대해 NPR(Non-Photorealistic Rendering) 기법을 사용한 연구도 추가적인 정보를 깊이 지각 강화를 위해 사용한 또 다른 예라 할 수 있다.

본 연구에서는 깊이 지각문제를 발생시키는 이유 중의 하나가 인간이 2 차원 화면으로 받아들이는 시각적 신호가 실제 세계와는 다르게 지각되기 때문이라고 정의하였다. 이를 위해 본 논문에서는 3 차원 입력 장치를 이용하여 3 차원 공간 내에서 가상의 물체들과 상호작용 할 때, 시각적인 신호 출력의 기본적인 역할을 하는 조망 절두체의 기본 요소들을 변화시킴으로써 출력되는 시각적 자극을 보다 현실 상황과 유사하도록 만들고 이에 따라 깊이 지각을 강화할 수 있는 방안을 제안한다.

## 2. 방법

3 차원 가상공간이 2 차원 화면에 그려질 때, 조망 절두체에 기반하여 3 차원 공간에 대한 투영 변환이 이루어진다. 우리는 이러한 상황에서 조망 절두체가 3 차원 공간상의 상호작용에 영향을 끼친다는 우리의 가설을 증명하기 위해, 그림 1.에서 볼 수 있는 간단한 네비게이션 작업을 다음 2 가

지 요소를 변경해가며 진행했다. 첫 번째는 시야(Field of View, FOV)로써, 조망 절두체가 보이는 범위를 나타내는 요소이며, 두 번째 요소로는 사물에 대한 상대적인 조망 방향(Viewing Direction, VD)이다. 각각의 요소들을 효율성이라는 측면과 정확도라는 측면에서 측정하기 위해, 우리는 작업이 걸리는데 걸리는 총 시간과, 목표 위치로부터의 오류 거리를 측정하여 분석하였다.

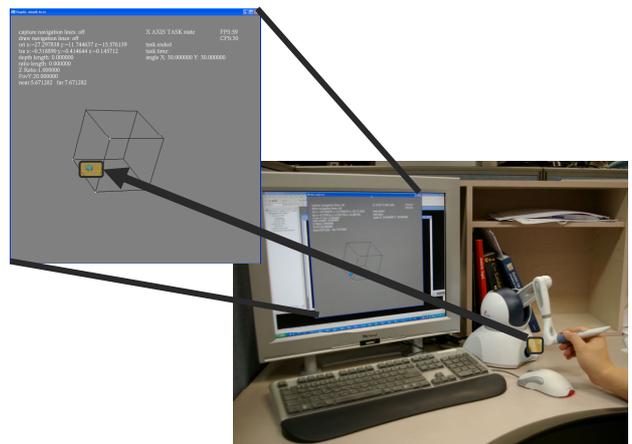


그림 1. Omni 를 이용한 네비게이션 작업

실험 환경에 있어 실험에 쓰인 3 차원 환경에 대해 변인들에 영향을 끼칠 수 있는 요인들은 제거하였다. 이에 따라서 그림자, 배경, 텍스처 등의 추가의 시각적 자극은 배제한 채, 조망 절두체의 변화를 극대화 시킬 수 있는 환경을 조성하였다.

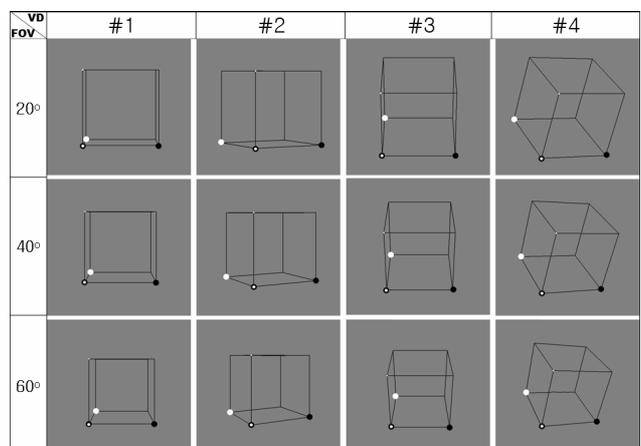


그림 2. 다양한 조망변수들이 적용된 작업환경

작업은 화면 중앙에 정육면체가 위치해 있는 3 차

원 환경에서 진행되었다. 그 정육면체의 3 개 정점이 작업상의 도달해야 할 정점과 기준점으로 사용되었다. 먼저 하단-왼쪽-전면에 위치한 정점(그림 2.에서 검은 바탕에 흰색 점) 을 기준점으로써 사용하여 모든 작업을 시작하기 전에 위치해야 하는 시작부분으로써 사용하였다. 다음으로 하단-오른쪽-전면에 위치한 정점(그림 2.에서 검은색 점)과 하단-오른쪽-후면에 위치한 정점(그림 2.에서 흰색 점)을 각각 X 축 도달목표와 Z 축 도달목표로써 정의하였다. 각 실험은 2 가지 작업을 수행하는 것이 목표였다. 첫 번째 작업은 3 차원 입력 장치를 이용하여, 화면에 나타나 있는 기준점에 커서를 위치하고 그 다음에 X 축 도달목표에 위치하는 것이다. 이 작업은 X 축, 즉 깊이 지각에 있어서 거의 영향을 미치지 않는 작업으로써 Z 축 도달목표 작업에 대한 비교사항으로 사용되기 위해 수행되었다. 두 번째 작업은 3 차원 입력 장치를 이용하여 화면에 나타나 있는 기준점에 커서를 위치하고 그 다음에 커서를 Z 축 도달목표에 위치하는 것이다. 이 두 번째 작업이 깊이 지각에 있어 인간이 나타내는 문제를 측정하는 방안으로 사용되었다. 3 차원 입력 장치를 이용하여 기준점에서 다른 하나의 도달목표까지의 거리는 실제적으로 50mm 이며 이는 모든 환경에서 동일하게 적용되었다.

작업환경에 대한 FOV 값은 20°, 40°, 60° 의 값이 각각 적용되었으며, 다음과 같이 정의된 VD 가 적용되었다. 3 차원 입력 장치를 이용하여, 3 차원 공간상에서 가상의 물체와 상호작용을 행할 때, 사용자가 가상공간과 그 안에 위치한 물체를 바라보는 시점에 대한 좌표축을 A 좌표축이라고 칭하도록 한다. 그리고 3 차원 입력장치를 조작했을 때, 커서 또는 포인터가 움직이는 좌표축을 B 좌표축이라고 명명한다. A 좌표축과 B 좌표축이 서로 동일할 경우, 시점은 장치를 정면으로 바라보는 시점이다. 이 경우를 VD 1)로 정의한다. VD 1)에서 A 좌표축만을 Y 축에 대해 30° 회전시킨 경우를 VD 2)로 정의하며, VD 1)에서 A 좌표축을 X 축에 대해 30° 회전시킨 경우를 VD 3)으로 정의한다. VD 4)는 VD 1)을 X 축과 Y 축 모두에 대해 30° 회전시킨 상황을 말한다.

3 차원 공간을 2 차원상의 화면을 통해 나타내 줄 때, 조망 절두체의 FOV 에 따라서 환경을 나타내 주는 시야 및 왜곡도가 달라지게 된다. 이를 변경함에 따라, 사용자가 깊이 지각을 위해 사용하는 시각적인 신호를 임의적으로 변경해 볼 수 있으며, 그에 따른 깊이 지각의 변화를 찾아 볼 수 있다.

VD 1)의 경우 X 축과 Y 축에 대해서만 네비게이션을 행한다고 생각 했을 때, 그 정확도에 있어서 높은 성공률을 기대할 수 있다. 그러나 Z 축에 대한 네비게이션을 시도할 경우 현재 위치에 대한 상대적인 거리 등에 대해서 매우 열악한 시각적 신호만을 가지고 접근하는 것이 사실이다. 이와는 다르게 VD 2), 3), 4)의 경우, Z 축에 대한 네비게이션에 있어 X 축이나 Y 축을 참조하여 Z 축에 대한 시각적 신호를 강화시키는 것이 가능해질 것이며 결과적으로 깊이 지각을 도와주는 결과가 될 것이라고 예상해 볼 수 있다.

### 3. 실험 및 결과

3 차원 입력은 SensAble 사의 PHANTOM<sup>®</sup> Omni<sup>™</sup> 를 이용하여 수행되었으며 2 차원 화면상에 시각적인 작업환경 및 물체들은 OpenGL 을 이용하여 렌더링 되었다. 네비게이션 작업은 3.4GHz CPU 와 2G RAM 이 장착되어 있는 펜티엄 4 컴퓨터에서 수행되었다. 본 실험은 3 차원 지각능력에 있어 하자가 없고 컴퓨터 사용에 능숙한 성인 3 명을 통해 행해졌다. 각 피실험자들은 모든 환경에 대해 실험을 3 번씩 행했으며, 실험 도중 외부영향에 따른 실패한 네비게이션 작업은 실험결과에 반영되지 않았다.

피실험자는 X 축에 대한 네비게이션 작업과 Z 축에 대한 네비게이션 작업을 모든 환경변수를 변환해 감에 따라 수행하였다. 따라서 X 축에 대한 네비게이션 작업과 Z 축에 대한 네비게이션 작업을 각각 12 회씩 진행하였다.

실험은 각 네비게이션 작업에 대해서 수행시간과 오류거리를 정의하고 이에 대해서 수집 및 분석되었다. 수행시간은 기준점으로부터 하나의 정점 도달목표까지 네비게이션 하는데 걸린 시간을 측정

한 값을 뜻하며, 오류거리는 사용자가 움직이는 커서가 도달목표에 도착하고 나서 네비게이션을 마치지 않고 더 -Z 축으로 이동하였을 경우의 거리를 뜻한다. 이러한 네비게이션 작업에 대한 소요시간과 오류거리는 3 차원 공간 네비게이션에 있어 기본적인면서도 필수적인 요소로 볼 수 있다.

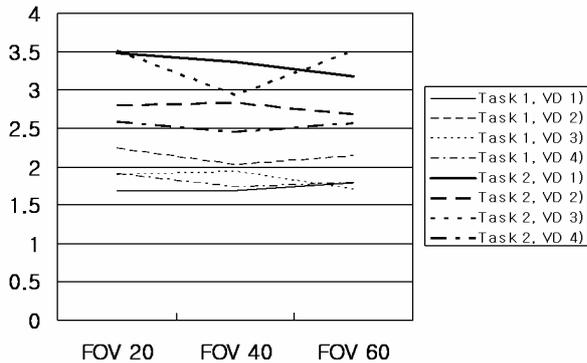


그림 3. 네비게이션 작업의 수행시간 결과

그림 3은 네비게이션 작업의 수행시간을 초단위로 기록한 것을 보여준다. 두꺼운 선이 Z 축 도달 목표에 대한 네비게이션 작업의 소요시간이며 얇은 선이 X 축 도달 목표에 대한 네비게이션 작업의 소요시간이다. 수행시간의 결과를 보면, Z 축 도달 목표에 대한 네비게이션 작업수행의 경우 VD 4)가 적용되었을 때 수행시간이 가장 짧았으며, FOV 값이 60° 일 때, 대체적으로 수행시간이 적게 걸렸다는 것을 알 수 있다. 그러나 X 축 도달 목표에 대한 네비게이션의 경우 VD 1)이 적용되었을 때 수행시간이 가장 짧게 측정되었다. 이는 깊이 지각에 대한 정보를 X, Y 축에 대해 참조하여 적용시킬 때 발생하는 문제로써, Z 축에 대한 시각적인 신호정보를 얻을 수 있는 대신에 X, Y 축에 대한 시각적인 신호정보를 잃어버리는 문제를 보여주고 있다.

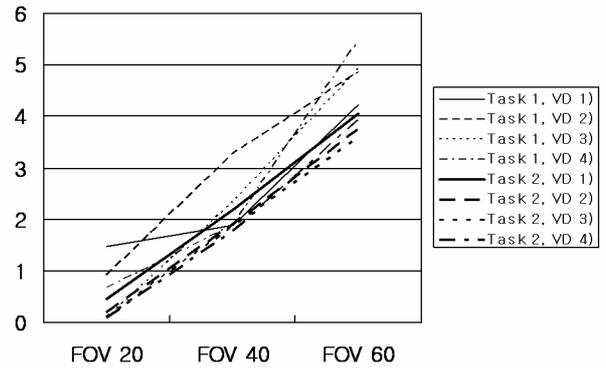


그림 4. 네비게이션 작업의 오류거리 결과

그림 4는 피실험자가 네비게이션 작업 도중 발생시킨 오류거리를 mm 로 나타내고 있다. 두꺼운 선은 피실험자가 Z 축 도달 목표에 도달 후 네비게이션 수행을 멈추지 않고, 더 Z 축으로 3 차원 입력장치를 움직인 실제 거리를 mm 로 기록한 결과이며, 얇은 선은 X 축 도달 목표에 도달 후 X 축 방향에 대해 실제로 움직인 거리를 mm 로 나타낸 결과이다. 오류거리에 따른 정확도의 측면에서 결과를 분석해 볼 때, X 축에 대한 도달 목표와 Z 축에 대한 도달 목표 모두 VD 3)을 적용시켰을 때 정확도가 가장 높았으며, FOV 의 값이 증가함에 따라 그 정확도가 떨어졌다.

전체적인 결과를 분석해 볼 때, VD 3)을 적용시켰을 경우 네비게이션 작업의 수행결과가 높았으며, 몇몇 환경에서 FOV 가 60° 일 때 수행시간은 단축되는 경향이 보였으나, 대부분의 환경에서 FOV 가 증가함에 따라 정확도가 떨어졌다.

#### 4. 논의

VD 2), 3), 4)의 적용 시 Z 축 도달 목표에 대한 네비게이션 즉, 깊이 지각의 측면에 있어서는 비교적 높은 수행결과를 보이지만, 있던 X 축에 대한 네비게이션 작업수행의 결과는 저하됨을 볼 수 있다. 이는 깊이 지각(Z 축에 대한 지각)을 강화하기 위해 평면적인 정보(X 또는 Y 축에 대한 정보)를 변화시킴에 따라 발생한 문제라고 볼 수 있겠다. 깊이 지각의 강화와 평면정보의 유지에 대해 조율점을 찾는 연구가 필요하다.

적은 FOV 값을 적용시킬 시 정확성의 측면에서 높은 결과를 보였다. 이는 실제 3 차원 입력 장치를 이용하여 수행하는 작업환경의 경우 원근감에 따른 왜곡이 적기 때문이다.

이와 같은 결과에 따라서 네비게이션 또는 작업의 목적 및 특성에 따라 조망 절두체를 특화하는 방법에 대해서 논의해 볼 수 있겠다. 향후 연구로는 인간의 깊이 지각을 강화하기 위하여 시각적인 신호뿐만이 아니라 촉각적인 신호 또한 사용하고자 한다. 촉각적인 신호를 사용함으로써 전체적인 깊이 지각에 대한 문제를 감소시킴과 동시에, 시각적인 신호 그 자체에 대한 강화도 이루어질 수 있으리라 본다.

## 5. 결론

컴퓨터 작업환경에 있어서 3 차원 입력장치는 멀지 않은 미래에 보편적으로 사용될 것으로 보인다. 우리는 깊이 지각에 관련된 네비게이션 작업에 대해 시각적 신호를 다르게 적용시키고 그 결과를 살펴보았다. 결과적으로, 작업환경에 대한 상대적인 시야 방향을 X 축과 Y 축에 대해 각각 30 도씩 회전시켜준 경우 작업 수행에 걸린 시간적인 측면과 정확도의 측면에서 가장 높은 결과를 보였다. 또한 FOV 값을 다양하게 적용시킨 결과 적은 FOV 값이 적용될 때 네비게이션 작업의 수행의 정확도가 높아짐을 볼 수 있었다. 이는 3 차원 입력장치를 사용하는 환경에서 깊이 지각과 관련 있는 네비게이션을 수행할 때, 시각 방향을 실 세계에서 작업환경과 유사하게 보여줄 경우 깊이 지각을 위한 시각적 신호를 강화시킬 수 있음을 보여주고 있다.

## Acknowledgement

본 연구는 한국정보통신대학교 디지털미디어연구소의 정보통신연구개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었다.

## 6. 참조문헌

[1] Shumin Zhai, User performance in relation to 3D input device design, ACM SIGGRAPH Computer

Graphics 1998

[2] Scott E. Hudson, Adding Shadows to a 3D Cursor, *ACM Transactions on Graphics* Volume 11, Issue 3, July 1992, pp. 193 - 199

[2] Shumin Zhai, William Buxton, Paul Milgram, The Partial-Occlusion Effect: Utilizing Semitransparency in 3D Human-Computer Interaction, *Proceedings of ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Volume 3, Issue 3, September 1996, pp. 254 - 284

[3] Amy Ashurst Gooch, Peter Willemsen, Evaluating Space Perception in NPR Immersive Environments, *Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering*, 2002, pp. 105 - 110