3차원 촉각 디스플레이에 관한 연구(I)

최태종, 김현규, 김정국, 허 웅
명지대학교 대학원 전자공학과
경기도 용인시 남동 산 38-2
E-mail : bis4@mju.ac.kr

A study on 3 Dimensional Tactile Display(I).

T. J. Choi, H. K. Kim, J. K. Kim, W. Hur
Dept. of Electronics Eng. Myongji Univ.
38-2 Nam-Dong, Yong-In city, Kyunggi-Do, Korea

Abstract

Tactile display devices use an array of pins mounted in the form of a matrix to present three-dimensional shapes to the user by raising and lowering. With a denser matrix of mounted pins, it can be expected that shape identification will be become easier and the time required for identification will also become shorter, but that problems of difficulty in fabrication will arise. It is necessary to consider such trade-offs in the development of such devices.

This study conducted experiments to study the effect of pin pitch on shape identification as part of the fundamental investigation of this subject. The experiment used three tactile display devices with pin pitches of 1mm, 2mm and 3mm for geometrical shape identification, with response time and rate of misidentification taken as the performance data.

Surfaces, edgs and vertices of three-dimensional shapes were used as the shape primitives for displayed shapes and several of each type were selected for presentation.

The results obtained revealed that performance has different relationships to pin pitch with different shape primitives.

I. 서 론

가상현실(Virtual Reality) 기술은 인간으로 하여금 실제 세계에서 느끼는 현실감을 가상의 상태에서 그대로 느끼게 해주는 기술이다. 과학기술의 발달과 더불어서 시각과 청각을 이용한 인터페이스 기술은 괄목할 만한 발달을 가져왔지만, 아직도 촉각 인터페이스 기술은 초보적인 단계를 벗어나지 못하고 있다. 특히, 촉각 인터페이스 기술중 역감 및 평형감각 처리 기술은 일부 응용 분야에서 활용되고 있지만 피부 감각을 이용한 기술은 거의 전무한 실정이다[1].

촉각을 이용한 디스플레이 장치는 대부분 2차원적 정보의 획득에 집중되어 있으며, 몇 몇 3차원 대상체에 대한 인지장치 또한 답보상태에 있는게 사실이다. 또한, 시각정보를 획득할 수 없는 시각장애인의 경우에는 이러한 3차원 정보 획득장치를 이용함으로써 청각이나 다른 정보로만 획득할 수 있었던 대상체에 대한 정확한 모습을 인지하는데는 반드시 필요하다 할 수 있다[2].

본 논문에서는 3차원 대상체에 대한 디스플레이 장치의 기초작업이라 할 수 있는 디스플레이 장치의 핀 간격과 핀 모양에 따른 인식률의 차이, 3차원 대상체의 모양 및 크기 등에 대한 전반적인 인식률 등을 조사 비교하여 추후 개발될 자동화된 3차원 디스플레이 장치의 최적화된 모델을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 시스템 구성

3차원 촉각 디스플레이 장치의 모형은 그림 1에서 보는바와 같이 100㎟의 크기를 가지고 일정한 깊이로 핀이 상하운동을 할 수 있도록 구성되어 있다. 또한, 각 핀들은 가로 세로 각각 20개의 행과 20개의 열로 구성되어 총 400개의 핀들을 가지고 있다. 3차원 모양을 가지는 물체가 이 장치의 핀 아래에 위치하게 되는 경우 핀들은 물체의 두께와 동등한 거리로 비례하여 움직일 것이다. 그래서 디스플레이 장치의 표면은 아래 놓여있는 대상체의 모양과 흡사하게 표현하게 되는 것이다.

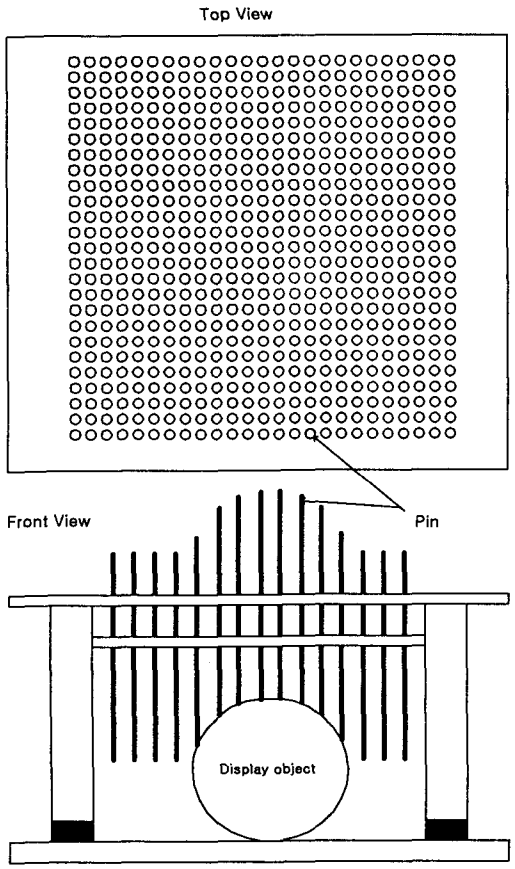

그림 1 . 3차원 촉각 장치의 구조물

디스플레이 장치의 각 핀들의 간격은 1mm, 2mm, 3mm의 세가지 형태로 구성하여 촉각 장치를 3개를 제작하였으며, 각 대상체에 대하여 핀의 간격과 인식률과의 상관관계에 대하여 실험하였다.

3차원 촉각 장치의 핀의 간격을 3가지로 분류하는 것은 시각 장애인을 위한 점자 등의 형태에서 사용되는 간격은 1mm 정도이지만, 그보다 넓은 형태의 핀 간격을 이용할 시 얻을 수 있는 여러 가지 장점이 있으므로 핀의 간격과 인식률과의 상관관계를 알아보기 위함이다.

실질적으로 이러한 실험에서 모든 형태의 3차원 물체를 실험할 수 없으므로 일반적으로 시각 장애인의 3차원 인지 실험이나, 가상현실의 촉각을 이용한 인식 실험 등에서 많이 사용하는 형태를 기준으로 3차원 대상체의 모양에 따라서 분류하였다[3)]

3차원 대상체의 분류는 외부 모양의 특성에 따라서 한 종류당 3개씩 3종류로 나눠서 총 9개의 대상체를 가지고서 실험을 행하였다. 표면체의 모양, 꼭지점의 형태, 각도의 형태등으로 분류하여 제작, 실험에 이용하였다. 세부 항목은 다음 표와 같다.

표 1. 3차원 대상체의 종류 및 형태

형 태	갯수	모 양
표면형태	3	구, 6면체, 원통
꼭지점 형태	3	원형, 사각형, 유선형
각도 형태	3	60, 90, 120도

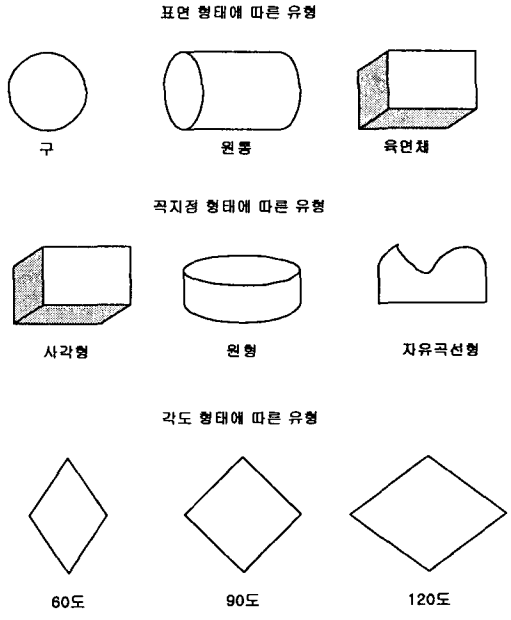

그림 2. 3차원 대상체의 유형별 세부분류

Ⅲ. 실험 및 고찰

실험을 행할 때 장소 및 조건 등 주위환경이 인식결과에 많은 영향을 줄 수 있으므로 비교적 사람의 왕래가 적고, 조용한 장소를 선택해야 하며, 심리학적으로 안정된 상태에서 실험을 할 수 있어야 한다.

본 실험에서는 외부인의 왕래를 차단하고 심리적으로 영향을 받지 않는 환경을 구성하고, 편한 자세에서 우측 검지 손가락을 이용하여 3차원 대상체와 3차원 촉각 장치에서 나타나는 자극을 손끝으로 접촉한 후 각 핀들의 간격과 인식률과의 관계에 대하여 인식 실험을 행하였다.

1. 실험방법

임의로 선정한 5명의 피험자를 대상으로 먼저, 각 대상체에 대한 사전 시각 정보를 획득하게 한 후 3차원 촉각 장치를 이용하여 손가락 끝을 이용하여 정보를 획득하게 하였다.

각 형태에 따른 세가지 유형에 대하여 1일에 한번씩 총 5번의 실험을 행하였으며, 순서는 무작위 추출하여 한가지 인식할 때 마다 1점씩 부여해서 1번 실험 시 총 3점 만점으로 하여 총 5번 실험을 마치고 전체 점수획득(15점 만점)을 백분율로 계산하여 인식률을 조사하였다.

2. 표면형태에 따른 인식률 비교

5명의 피험자에게 먼저 표면형태에 따른 3가지 유형에 대하여 설명을 하고 눈을 가린 상태에서 대상물을 직접 접촉했을 경우와 3차원 촉각 장치를 통해서 접촉했을 경우에 대하여 실험한 결과 표 2와 같은 결과가 얻어졌다.

표 2. 표면형태에 따른 인식 결과

장치 \ 피험자	1	2	3	4	5	인식률
대상체	15	15	14	15	14	97.33
1mm	12	13	11	12	11	78.67
2mm	11	11	12	10	9	70.67
3mm	9	7	8	7	6	49.33

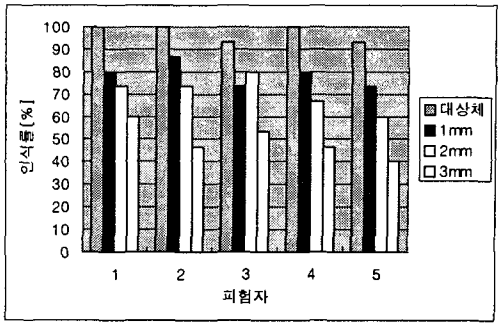

그림 3. 표면형태에 따른 평균 인지 그래프

3. 꼭지점 형태에 따른 인식률 비교

5명의 피험자에게 눈을 가린 상태에서 사각형, 원형, 자유곡선형의 3가지 형태의 모양을 설명하고 직접 대상물을 접촉했을 경우와 3차원 촉각 장치를 통해 꼭지점 부분만을 접촉했을 경우의 실험 결과는 표 3과 같이 나타났다.

표 3. 꼭지점 형태에 따른 인식 결과

장치 \ 피험자	1	2	3	4	5	인식률
대상체	15	15	14	15	14	100
1mm	14	12	12	13	13	85.33
2mm	12	10	12	11	12	76
3mm	8	10	7	10	5	53.33

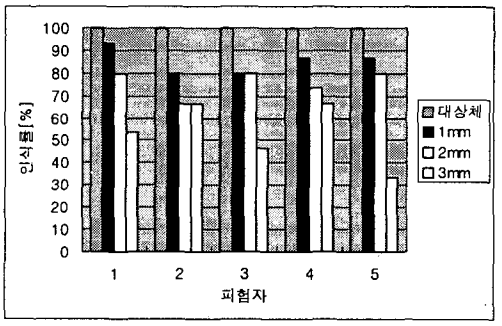

그림 4. 꼭지점 형태에 따른 평균 인지 그래프

4. 각도 형태에 따른 인식률 비교

5명의 피험자에게 사각형의 대상체에 대하여 설명하고 꼭지점의 각도에 대한 차이점을 눈을 가린후, 직접 대상체를 접촉했을 경우와 3차원 촉각 장치를 이용한 경우를 실험한 결과 다음과 같은 결과가 얻어졌다.

표 4. 각도 형태에 따른 인식 결과

피험자 / 장치	1	2	3	4	5	인식률
대상체	12	13	10	12	11	77.33
1mm	10	6	8	8	9	54.67
2mm	9	7	6	7	8	49.33
3mm	3	5	2	2	4	21.33

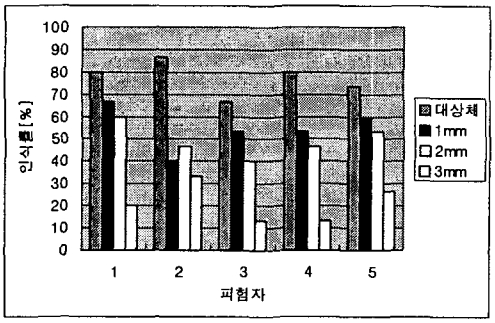

그림 5. 각도 형태에 따른 평균 인지 그래프

5. 3차원 대상체에 따른 평균 인식률

직접 대상체를 접촉했을 경우와 3차원 촉각 장치를 이용하여 접촉했을 경우에 대한 인식률의 종합 평균 인식률은 다음과 같다.

표 5. 3차원 대상체에 따른 평균 인식 결과

피험자 / 장치	표면	꼭지점	각도	인식률
대상체	97.73	100	77.33	91.69
1mm	78.67	85.33	54.67	72.89
2mm	70.67	76	49.33	65.33
3mm	49.33	53.33	21.33	41.33

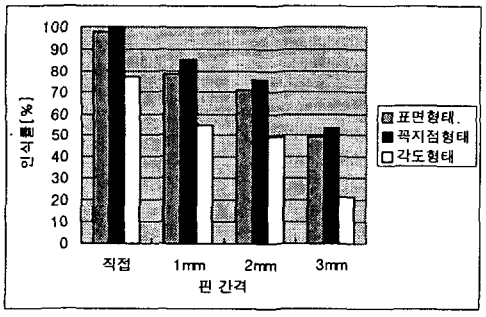

그림 6. 형태에 따른 평균 인지 그래프

위의 실험에서 알 수 있듯이 직접 대상체를 접촉해서 정보를 획득할 때와 3차원 촉각 장치를 접촉해서 정보를 획득할 때는 인식률의 차이가 발생함을 알 수 있다. 하지만, 표면형태나 꼭지점의 경우는 큰 차이가 발생하지 않았으며 핀의 간격이 1mm와 2mm의 경우도 큰 차이가 발생하지 않았음을 알 수 있다.

이는 촉각에 대한 사전 학습을 첨가할 때에는 실제 대상체와 거의 흡사한 인식률을 나타낼 수 있을 것이다. 따라서 이러한 시스템이 원격 시스템으로 개발된다면 여러 분야에서 활발하게 이용될 수 있을 것이다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 사용자가 손가락을 이용하여 3차원 형태에 접촉해서 정보를 획득할 때, 직접적 형태를 접촉하는 경우와 3차원 촉각 장치를 이용하여 접촉하는 경우와의 관계, 3차원 촉각 장치의 각 핀들 사이 간격에 따른 인식률의 차이, 대상체의 모양과 인식률의 관계 등에 관하여 연구하였다.

일반적으로 시각 정보만을 이용한 정보 획득의 경우보다 촉각을 첨가한 정보획득의 경우 훨씬 더 뛰어난 인식률을 나타낼 수 있으므로, 본 인식률을 기본 데이터로 활용하여 시스템을 만든다면 추후 가상현실 기술에의 촉각의 적용이나, TV나 인터넷을 이용한 홈쇼핑 등에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

또한, 앞으로 시각 장애인을 대상으로 한 인식률 실험을 추가하여, 그 인식률을 바탕으로 실제 대상체와 유사하게 인지할 수 있게 시스템을 만들고, 직접적인 움직임을 추가한다면 원거리에 떨어진 3차원 대상체의 모습을 쉽게 인지할 수 있으므로 시각 장애인들의 인터넷을 이용한 정보 획득이나, 인터넷 쇼핑 및 홈쇼핑 등에서 많은 효과를 나타낼 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

[1] 장병태, 박찬용, 김현빈, "촉각 상호작용 기술", 소프트웨어 기술동향, SERI, 제2권2호, pp.83-84, 1998.

[2] Shinohara M., Shimizu Y. and Mochizuki A. : "Development of a 3-dimensional tactile display for the blind", proceedings of European Conference on the Advancement of Rehabilitation Technology-CART, pp.404-405, 1995

[3] Hirota K., Hirose M. : "A force feedback device presenting curved surface", Proc. ROBOMEC95, No.95-17, Vol A, pp.101-104. 1995