



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0037220
(43) 공개일자 2017년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A63F 13/80 (2014.01) A63F 13/214 (2014.01)
A63F 13/285 (2014.01) A63F 13/45 (2014.01)
A63F 13/55 (2014.01)

(52) CPC특허분류

A63F 13/80 (2015.01)
A63F 13/214 (2015.01)

(21) 출원번호 10-2015-0136488

(22) 출원일자 2015년09월25일

심사청구일자 2015년09월25일

기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

성미영

서울특별시 서대문구 연희로12길 38, 102호(연희동)

김성민

인천광역시 연수구 컨벤시아대로42번길 95, 1006동 204호(송도동, 더샵 익스포)

최아람

인천광역시 남동구 도리미로7번길 28-1, B동 301호(도림동, 그린캐슬)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 10 항

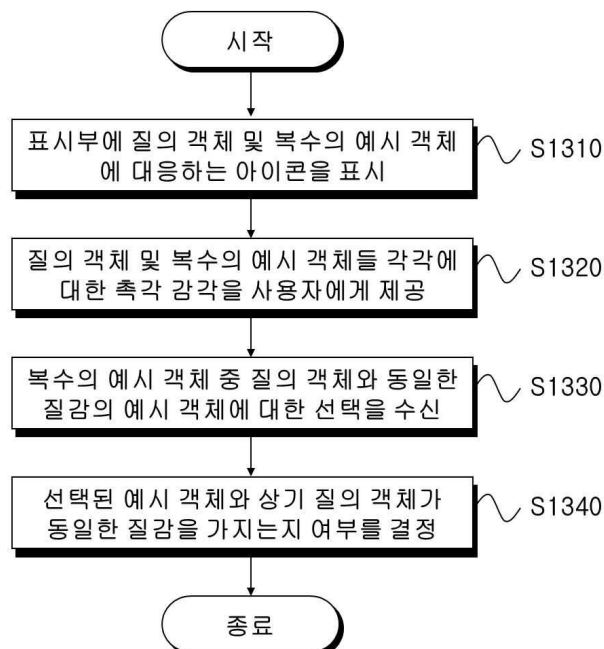
(54) 발명의 명칭 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐, 형태 퍼즐 및 위치 퍼즐을 제공하는 방법

(57) 요약

촉각 질감(tactile texture) 및 3D 형태를 인지하는 능력을 개선하도록 장애인뿐만 아니라 노인 및 어린이를 돕기 위해 사용될 수 있는 햅틱 VR 게이밍 시스템이 제공된다. 햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle)을 제공하는 방법은, 표시부에 질의 객체 및 복수의 예시 객체에 대응하는 아이콘을 표시하고, 터치 장치를 이용하여 질의 객체 및 복수의

(뒷면에 계속)

대표도 - 도13



예시 객체들 각각에 대한 촉각 감각을 사용자에게 제공하며, 입력부를 이용하여 사용자로부터 복수의 예시 객체 중 질의 객체와 동일한 질감의 예시 객체에 대한 선택을 수신한다. 이후, 선택된 예시 객체와 질의 객체가 동일한 질감을 가지는지 여부를 결정한다. 형태 퍼즐(Shape Puzzle)을 제공하는 방법은, 표시부에 질의 객체와 연관된 3D 도형(구체, 토러스, 4면체, 6면체, 8면체, 12면체, 및 20면체 등)의 아이콘을 표시하고, 질의 객체 중 하나를 랜덤하게 물음표 화면 뒤에 보이지 않게 배정한다. 이후, 사용자에게 보이지 않는 3D 도형을 촉감을 제공하고, 사용자가 촉감 탐색 후 추정된 객체의 형태 명칭을 수신하여, 제시하였던 3D 도형의 명칭과 일치하는지 여부를 결정한다. 위치 퍼즐(Position Puzzle)을 제공하는 방법은, 표시부에 커서를 표시하였다가, 3차원 공간의 임의의 위치에 보이지 않는 객체를 위치시키고 커서 표시를 중단한다. 이후, 사용자는 사라진 커서 위치로 보이지 않는 커서를 이동시킬 수 있으며, 이 때 커서가 보이지 않는 객체에 닿으면 사용자에게 촉감을 제공하며, 사용자로부터 수신한 보이지 않는 객체의 위치가 사라진 위치와 일치하는지 여부를 결정한다.

(52) CPC특허분류

A63F 13/285 (2015.01)

A63F 13/45 (2015.01)

A63F 13/55 (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2013R1A1A2009580

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단 NRF (National Research Foundation)

연구사업명 2013년 상반기 (구)기본연구지원사업

연구과제명 이비인후과 내시경 수술 훈련을 위한 햅틱 시뮬레이션 연구

기 여 율 1/1

주관기관 한국연구재단 NRF (National Research Foundation)

연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

햅틱 가상 현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐 (Haptic Puzzle) 을 제공하는 방법으로서,

표시부에 질의 객체 및 복수의 예시 객체에 대응하는 아이콘을 표시하는 단계;

햅틱 장치를 이용하여 상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들 각각에 대한 촉각 감각을 사용자에게 제공하는 단계;

입력부를 이용하여 상기 사용자로부터 상기 복수의 예시 객체 중 상기 질의 객체와 동일한 질감의 예시 객체에 대한 선택을 수신하는 단계; 및

상기 선택된 예시 객체와 상기 질의 객체가 동일한 질감을 가지는지 여부를 결정하는 단계를 포함하는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들 각각에 대한 질감은 강성, 감쇠, 정지 마찰 및 운동 마찰 중 적어도 하나 이상의 햅틱 특성을 기반으로 구현되는, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들은 고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리 및 오렌지 중 어느 하나에 대응하는, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리 및 오렌지의 강성, 감쇠, 정지 마찰 및 운동 마찰에 대한 햅틱 특성은 하기의 표에 따라 결정되는, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법.

재료	강성	감쇠	정지 마찰	운동 마찰
유리	1.0	1.0	0.0	0.0
젤리	0.1	0.0	1.0	0.2
나무	1.0	1.0	0.2	0.2
오렌지	0.5	0.1	0.9	0.2
고기	1.0	1.0	0.0	1.0
뼈	1.0	0.7	0.2	0.2
가죽	1.0	0.0	0.1	0.7
돌	1.0	1.0	0.7	0.2
모래	1.0	1.0	0.9	0.3

청구항 5

햅틱 가상현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 형태 퍼즐 (Shape Puzzle) 을 제공하는 방법으로서,

표시부에 질의 객체와 연관된 질의 아이콘을 표시하는 단계;

햅틱 장치를 이용하여 상기 질의 객체의 3 차원 형태 및 구조에 대한 감각을 사용자에게 제공하는 단계;

입력부를 이용하여 상기 사용자로부터 상기 질의 객체의 형태 명칭에 대한 입력을 수신하는 단계; 및

상기 입력된 형태 명칭이 상기 질의 객체의 형태 명칭과 동일한지 여부를 결정하는 단계를 포함하는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 형태 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 표시하는 단계는, 상기 표시부에 복수의 예시 객체의 3 차원 형태 및 구조에 대한 시각화 자료를 더 표시하고,

상기 질의 객체의 형태 명칭에 대한 입력은 상기 복수의 예시 객체 중 어느 하나에 대한 선택을 나타내는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 형태 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 예시 객체는 구체, 토러스, 4 면체, 6 면체, 8 면체, 12 면체 및 20 면체 중 적어도 하나 이상을 포함하는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 형태 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 8

햅틱 가상 현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 위치 퍼즐 (Position Puzzle) 을 제공하는 방법으로서,

표시부에 커서를 표시하는 단계;

상기 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템의 3 차원 좌표계 내의 임의의 위치에 대상 객체를 위치시키고, 상기 커서를 대상 객체 위치로 이동시킨 직후 표시를 중단하는 단계;

사용자가 상기 햅틱 장치를 이용하여 조작 지점을 이동시키는 동안, 상기 조작 지점의 위치가 상기 대상 객체의 위치와 적어도 부분적으로 중첩되는 경우, 상기 대상 객체에 대한 촉각 감각을 사용자에게 제공하는 단계;

입력부를 이용하여 상기 사용자로부터 상기 조작 지점에 대한 선택 신호를 수신하는 단계; 및

상기 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 적어도 부분적으로 중첩되는지 여부를 결정하는 단계를 포함하는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 중첩되지 않는다는 결정에 응답하여, 상기 대상 객체의 크기를 증가시키는 단계를 더 포함하는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 적어도 부분적으로 중첩된다는 결정에 응답하여, 상기 대상 객체의 크기를 감소시키는 단계를 더 포함하는, 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle), 형태 퍼즐(Shape Puzzle) 및 위치 퍼즐(Position Puzzle)을 제공하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가상 현실 (virtual reality, VR) 은 현실의 환상을 제공한다. 가상현실 기술은 일반적으로 교육, 오락, 훈련, 의학 등의 분야의 컴퓨팅 시스템 (computing system) 에서 사용된다 (비특허문헌 1 내지 2 참조). 정의에 의하면, 가상현실은 현실 세계 또는 가상 세계의 장소에서의 물리적 존재를 시뮬레이션할 수 있는 컴퓨터 매개 환경이다. 가상현실 환경은 시각 지각, 청각 지각, 촉각 지각, 후각(냄새) 지각, 및 구개(맛) 지각의 5 가지의 인간 감각 현상의 주의 깊은 시행에 의해 실현될 수 있다.

[0003] 이들 중, 촉각 지각은 컴퓨터-인간 상호작용에서 시각 및 청각 다음으로 가장 지배적인 감각이며, 햅틱 (haptic) 은 상호작용을 더욱 효과적으로 만들기 위하여 터치의 감각을 적용하기 위해 발명된 기술이다 (비특허문헌 3 내지 4 참조). 햅틱 지원이 더욱 높은 몰입성 및 상호작용성의 질을 갖는 가상 환경을 제공할 수 있다고 하더라도, 이 분야에 대한 연구는 여전히 초기 단계에 있다. 최근 연구는 여전히 맹인을 위해 보충적인 감각 채널을 제공하는데에 초점을 맞추는 것에 제한되어 있다(비특허문헌 5 내지 8 참조).

[0004] 상기 기술의 많은 잠재적인 어플리케이션 중, 본 발명은 매력적인 흥미로 인해 주로 햅틱 VR 게이밍(gaming)에 초점을 맞출 것이다. TheraGame 은 신경 장애를 치료하기 위해 간단한 웹캠을 사용하는 VR 재활 게임의 일레이다 (비특허문헌 9 참조). 또 다른 것으로서, 사용자가 진동 스타일러스 펜(stylus pen)으로 다각형을 선택하고, 이동시키고, 회전시키고, 크기를 조절함으로써 퍼즐을 맞추도록 하고 맞춰지는 경우 촉각 신호를 제공하는 Ubi-Pen Puzzle (비특허문헌 10 참조) 게임이 있다. 최근, VR 재활 연구는 임의의 햅틱이 없는 시청각 감각, 또는 단지 간단한 힘 및 진동 감각으로 제한된다. 여전히 힘 및 촉각 감각 둘 모두를 동시에 구현하는 기술은 없다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0005] (비특허문헌 0001) J. O. Kim, M. Kim and K. H. Yoo, "Real-Time Hand Gesture-Based Interaction with Objects in 3D Virtual Environments", International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, vol. 8, no. 6, (2013), pp. 339-348.
- (비특허문헌 0002) S. Andrews, J. Mora, J. Lang and W. S. Lee, "HaptiCast: A physically-based 3d game with haptic feedback", Proceedings of The International Conference on the Future of Game Design and Technology, (2006).
- (비특허문헌 0003) W. Mark, S. Randolph, M. Finch, J. V. Verth and R. M. Taylor, "Adding force feedback to graphics systems: Issues and solutions", Proceedings of SIGGRAPH 96 Conference, (1996) August, pp. 447-452.
- (비특허문헌 0004) J. K. Salisbury and M. A. Srinivasan, "Phantom-based haptic interaction with virtual objects", IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 17, no. 5 (1997), pp. 6-10.
- (비특허문헌 0005) J. H. Crosbie, S. Lennon, M. D. MC McGoldrick, J. McNeill, J. W. Burke and S. M. McDonough, "Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke:a randomised pilot study", Proceedings of ICDVRAT, (2008), pp. 229-235.
- (비특허문헌 0006) Y. Takahashi, "Haptic Device System for Upper Limb and Cognitive Rehabilitation - Application for Development Disorder Children", Haptics Rendering and Applications, Edited Abdulmotaleb El Saddik, InTech (2012), pp. 151-164.
- (비특허문헌 0007) J. David, R. Boian, S. A. Merians, M. Tremaine, G. C. Burdea, S. V. Adamovich, M. Recce and H. Poizner, "Virtual Reality-Enhanced Stroke Rehabilitation", IEEE Transactions of Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 9, no. 3, (2001) September.
- (비특허문헌 0008) V. G. Cobb and P. M. Sharkey, "A Decade of Research and Development in Disability", Virtual Reality and Associated Technologies: Review of ICDVRAT 1996-2006, The

International Journal of Virtual Reality, vol. 6, no. 2, (2007), pp. 51-68.

(비특허문헌 0009) R. Kizony, P. L. Weiss, Weiss, M. Shahar and D. Rand, "TheraGame - a Home Based VR Rehabilitation System", Proceedings of ICDVRAT, (2006), pp. 209-214.

(비특허문헌 0010) D. Chung, "Cognitive Development Evaluation of Haptic Puzzle Game Using a Haptic Pen. Korea Game Society", vol. 9, no. 4, (2009), pp. 45-56.

(비특허문헌 0011) J. Brooke, "SUS- A quick and dirty usability scale", (1986), pp.189-194.

(비특허문헌 0012) S. Andrews and J. Lang, "Haptic Texturing based on Real-World Samples", IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and thiere Applicaions, (2007) October 12-14, pp. 142-147.

(비특허문헌 0013) E. Ruffaldi, D. Morris, T. Edmunds, F. Barbagli and D. Pai, "Standardized Evaluation of Haptic Rendering Systems", Proceedings of the Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, (2006) March, pp. 225-232.

(비특허문헌 0014) M. Mihelj and J. Podobnik, "Haptics for Virtual Reality and Teleoperation", Springer, (2012).

(비특허문헌 0015) SensAble Technologies, PHANTOM Omni Haptic Device, <http://www.dentsable.com/haptic-phantom-omni.htm> (Retieved June 20, 2014).

(비특허문헌 0016) OpenGL, The Industry's Foundation for High Performance Graphics. <http://www.opengl.org> (Retieved June 20, 2014).

(비특허문헌 0017) FMOD, FMOD Studio. <http://fmod.org> (Retieved June 20, 2014).

(비특허문헌 0018) Solid Geometry, Polyhedra and Non-Polyhedra. <http://www.mathsisfun.com/geometry> (Retieved June 20, 2014).

(비특허문헌 0019) L. McCarron and Paul W. Horn, "Haptic visual discrimination and intelligence", Journal of Clinical Psychology, vol. 35, no. 1, (1979) January, pp. 117-120.

(비특허문헌 0020) J. Aman, C. H. Lu and J. Konczak, "The Integration of Vision and Haptic Sensing: A Computational & Neural Perspective", Cognitive Critique, vol. 2, (2010) May, pp.75-98.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 촉각 질감 인지를 위한 "햅틱 퍼즐 (Haptic Puzzle)", 3D 기하학적 오브젝트 인지를 위한 "형태 퍼즐 (Shape Puzzle)", 및 3D 공간 인지를 위한 "위치 퍼즐 (Position Puzzle)" 의 3 가지 게임에 사용되는 기술을 기반으로, 촉각 질감(tactile texture) 및 3D 형태를 인지하는 능력을 개선하도록 장애인뿐만 아니라 노인 및 어린이를 돕기 위해 사용될 수 있는 햅틱 VR 게이밍 시스템을 제공하는 것이다.

[0007] 다만, 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 이에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐 (Haptic Puzzle) 을 제공하는 방법은, 표시부에 질의 객체 및 복수의 예시 객체에 대응하는 아이콘을 표시하는 단계; 햅틱 장치를 이용하여 상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들 각각에 대한 촉각 감각을 사용자에게 제공하는 단계; 입력부를 이용하여 상기 사용자로부터 상기 복수의 예시 객체 중 상기 질의 객체와 동일한 질감의 예시 객체에 대한 선택을 수신하는 단계; 및 상기 선택된 예시 객체와

상기 질의 객체가 동일한 질감을 가지는지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따르면, 상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들 각각에 대한 질감은 강성, 감쇠, 정지 마찰 및 운동 마찰 중 적어도 하나 이상의 햅틱 특성을 기반으로 구현될 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들은 고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리 및 오렌지 중 어느 하나에 대응할 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따르면, 고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리 및 오렌지의 강성, 감쇠, 정지 마찰 및 운동 마찰에 대한 햅틱 특성은 하기의 표에 따라 결정될 수 있다.

재료	강성	감쇠	정지 마찰	운동 마찰
유리	1.0	1.0	0.0	0.0
젤리	0.1	0.0	1.0	0.2
나무	1.0	1.0	0.2	0.2
오렌지	0.5	0.1	0.9	0.2
고기	1.0	1.0	0.0	1.0
뼈	1.0	0.7	0.2	0.2
가죽	1.0	0.0	0.1	0.7
돌	1.0	1.0	0.7	0.2
모래	1.0	1.0	0.9	0.3

[0012] 일 실시예에 따르면, 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 형태 퍼즐 (Shape Puzzle) 을 제공하는 방법은, 표시부에 질의 객체와 연관된 질의 아이콘을 표시하는 단계; 햅틱 장치를 이용하여 상기 질의 객체의 3 차원 형태 및 구조에 대한 감각을 사용자에게 제공하는 단계; 입력부를 이용하여 상기 사용자로부터 상기 질의 객체의 형태 명칭에 대한 입력을 수신하는 단계; 및 상기 입력된 형태 명칭이 상기 질의 객체의 형태 명칭과 동일한지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 상기 표시하는 단계는, 상기 표시부에 복수의 예시 객체의 3 차원 형태 및 구조에 대한 시각화 자료를 더 표시하고, 상기 질의 객체의 형태 명칭에 대한 입력은 상기 복수의 예시 객체 중 어느 하나에 대한 선택을 나타낼 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 상기 예시 객체는 구체, 토러스, 4 면체, 6 면체, 8 면체, 12 면체 및 20 면체 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0016] 한편, 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 위치 퍼즐 (Position Puzzle) 을 제공하는 방법은, 표시부에 커서를 표시하는 단계; 상기 햅틱 가상현실 게이밍 시스템의 3 차원 좌표계 내의 임의의 위치에 대상 객체를 위치시키고, 상기 커서를 대상 객체 위치로 이동시킨 직후 커서 표시를 중단하는 단계; 사용자가 상기 햅틱 장치를 이용하여 조작 지점을 이동시키는 동안, 상기 조작 지점의 위치가 상기 대상 객체의 위치와 적어도 부분적으로 중첩되는 경우, 상기 대상 객체에 대한 촉각 감각을 사용자에게 제공하는 단계; 입력부를 이용하여 상기 사용자로부터 상기 조작 지점에 대한 선택 신호를 수신하는 단계; 및 상기 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 적어도 부분적으로 중첩되는지 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따르면, 상기 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 중첩되지 않는다는 결정에 응답하여, 상기 대상 객체의 크기를 증가시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따르면, 상기 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 적어도 부분적으로 중첩된다는 결정에 응답하여, 상기 대상 객체의 크기를 감소시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템에 따르면, 촉각 질감 인지를 위한 햅틱 퍼즐, 3D 기하학적 오브젝트 인지를 위한 형태 퍼즐 및 3D 공간 인지를 위한 위치 퍼즐의 3 가지 게임을 햅틱 시스템의 사용자에게 제공할 수 있다. 따라서, 촉각 질감(tactile texture) 및 3D 형태를 인지하는 능력을 개선하도록 장애인뿐만 아니라 노인 및 어린이를 돕기 위해 사용될 수 있는 햅틱 VR 게이밍 시

시스템이 제공될 수 있다.

[0020] 또한, 상기와 같은 방법을 이용하여 SUS (System Usability Scale; 시스템 유용성 척도)을 기반으로 한 시험(비특허문헌 11 참조)과 햅틱 현실성 시험을 기반으로, 본 시스템의 효과를 확인할 수 있다. 또, 햅틱 특성 식별 시험, 촉각 질감 인식 시험, 및 햅틱 3D 형태 인식 시험을 기반으로 민감한 식별 능력을 개선시키는 것에 대한 본 시스템의 효과를 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 용수철-댐퍼 모델을 나타낸다(비특허문헌 14 참조).
 도 2는 햅틱 퍼즐의 표시부의 표시 내역을 나타낸다.
 도 3은 형태 퍼즐의 표시부의 표시 내역을 나타낸다.
 도 4는 위치 퍼즐의 표시부의 표시 내역을 나타낸다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템의 소프트웨어 구조를 나타낸다.
 도 6은 햅틱 현실성 시험의 결과를 나타낸다.
 도 7은 고체 기하학을 나타낸다(비특허문헌 18 참조).
 도 8은 타겟 3D 도형에 대한 시각 정보가 없는 햅틱 형태 인식 시험의 그래프를 나타낸다.
 도 9는 햅틱 형태 인식 시험을 위한 타겟 3D 도형을 나타낸다.
 도 10은 타겟 3D 도형에 시각 정보가 있는 햅틱 형태 인식 시험의 그래프이다.
 도 11은 시각 정보 유무에 따른 평균 인식 성능을 나타내는 그래프이다.
 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템의 개념도이다.
 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법의 흐름도이다.
 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 형태 퍼즐을 제공하는 방법의 흐름도이다.
 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.

[0023] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0026] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0028] 최근, 햅틱 VR 기술이 급격히 발전하고 있으며, 많은 실험적 시스템이 고안되었으며, 이는 주로 촉각 및 힘 상호작용을 기반으로 한다 (비특허문헌 12 내지 13 참조). 햅틱 피드백은 강성(stiffness), 감쇠(damping), 정지 마찰(static friction), 및 운동 마찰(dynamic friction)의 4 가지 특성에 의해 구별될 수 있다. 이들 특성들은 물리적 힘, 예컨대 용수철력(spring force), 감쇠력(damping force), 및 마찰력(friction force)과 관계가 있다.
- [0029] **용수철력:** 용수철이 기계적 에너지를 저장할 수 있기 때문에, 용수철력은 일반적으로 용수철-댐퍼(spring-damper) 햅틱 렌더링(rendering)에 사용된다. 후크의 법칙은, F 가 용수철의 자유 말단을 잡아당기는 것에 대해 용수철에 의해 발휘된 복원(반응)력이라는 조건 하에, 하기 방정식이 나타내어질 수 있음을 설명한다: $F = -Kx$ (식 중, F 는 힘이고, K 는 용수철 상수이고(용수철의 강성), x 는 거리이다). 복원력의 방향이 변위의 방향의 반대이기 때문에, 용수철력은 오브젝트의 강성의 관점에서 모델링될 수 있다. 오브젝트의 거리가 동일한 경우, 용수철 상수 값 K 는 용수철-댐퍼 오브젝트의 강성에 영향을 줄 수 있다.
- [0030] **감쇠력:** 댐퍼는 점도를 통해 운동에 저항하는 기계 장치이다. 선형 감쇠는 전위 진동 변수가 반대 영향에 의해 감쇠되는 경우에 발생하며, 이는 순간 변화율 및 변수 자체의 속도 또는 시간 도함수에 직접적으로 비례한다. 물리학 및 공학에서, 감쇠는 오브젝트의 속도와는 동시성을 가지나 방향이 반대인 힘으로서 수학적으로 모델링될 수 있다. 이러한 힘이 속도와도 비례하는 경우, 간단한 기계적 점성 댐퍼에 관해서는, $F = -Bv$ (식 중, F 는 힘이고, B 는 감쇠 계수이고, v 는 속도이다)로 표현될 수 있다. 이것이 감쇠력은 오브젝트의 점도에 대해 모델링될 수 있고, 오브젝트의 속도가 동일한 경우 감쇠 계수 값 B 는 용수철-댐퍼 모델링된 오브젝트의 점도에 영향을 줄 수 있다는 것을 의미할 수 있다.
- [0031] **마찰력:** 마찰은 관련 운동을 방해하는 표면 힘이다. 마찰력은 두 개의 고체 오브젝트가 접촉 지점에서 분리된 상태로 유지시키는 작용을 하는 수직항력과 직접적으로 연관된다. 정지 마찰 및 운동(=동적) 마찰의 두 개의 개괄적인 마찰력의 분류가 존재한다. 정지 마찰 계수(μ_{sf}) 및 수직항력(F_N)의 곱으로 명시되는 한계까지, 정지 마찰력(F_{sf})은 접촉 표면에 평행하게 오브젝트에 적용된 힘에 정확히 반대로 대립할 것이다. 정지 마찰력의 크기는 하기 부등식을 만족한다: $0 \leq F_{sf} \leq \mu_{sf}F_N$ (식 중, F_{sf} : 정지 마찰력, μ_{sf} : 정지 마찰 계수, F_N : 수직항력). 운동 마찰력(F_{kf})은 적용된 힘 및 오브젝트의 운동 둘 모두에 독립적이다. 따라서, 상기 힘의 크기는 다음과 같다: $F_{kf} = \mu_{kf}F_N$ (식 중, F_{kf} : 운동 마찰력, μ_{kf} : 운동 마찰 계수, F_N : 수직항력). 대부분의 표면 계면에 대하여, 운동 마찰 계수는 정지 마찰 계수 미만이다. 결과적으로, 마찰력은 오브젝트의 표면 질감에 따라 모델링될 수 있고, 오브젝트의 수직항력이 동일한 경우 마찰 계수 값 μ_{kf} 및 μ_{sf} 은 질감에 영향을 줄 수 있다.
- [0032] 단단한 지표면을 모델링하는 것은, 도 1에 개시된 바와 같이, 강성 K 를 갖는 용수철 및 점도 B 를 갖는 댐퍼 사이의 병렬 연결로 이루어진 모델을 기반으로 할 수 있다. $x = 0$ 이 오브젝트의 무변형 상태를 나타내고 $x < 0$ 이 오브젝트의 경계의 내부를 나타내기 때문에, 도 1에 개시된 바와 같은 가상의 손에 대한 모델링된 접촉력은 다음과 같다.
- $$F = \begin{cases} -(Kx + B\dot{x}) & \text{for } x < 0 \wedge \dot{x} < 0 \\ -Kx & \text{for } x < 0 \wedge \dot{x} \geq 0 \\ 0 & \text{for } x \geq 0. \end{cases}$$
- [0033]
- [0034] (식 중, F : 힘, K : 강성, B : 점도, x : 변위, $\dot{x}$: 이동 속도)
- [0035] 이 경우, 점성 감쇠는 오브젝트가 압축되는 경우 활성화되게 되고 압력이 제거되는 경우 수동적이게 되는, 유도된 댐퍼로서 작용한다. 이는 오브젝트와 안정하고 감쇠된 접촉을 가능하게 함으로써, 현실적인 접촉 렌더링을 생성한다(비특허문헌 14 참조).
- [0036] 4 가지 특성(강성, 감쇠, 정지 및 운동 마찰)은, 오브젝트의 그래픽 특성과 동기화되는 경우, 다양한 패턴의 질

감을 생성할 수 있다. 예를 들어, 4 가지 특성이 각각 1.0, 1.0, 0.0 및 0.0의 값으로 설정되는 경우 (상기 값들은 1로 표준화될 수 있다), 상기 조합은 유리 오브젝트를 터치하는 느낌을 생성할 수 있다. 그러나, 터치의 감각이 인간 감각 실험에서 비롯되기 때문에, 실제 인간 실험 없이 4 가지 특성에 대한 최적의 값을 규정하는 것은 어렵다.

[0038] **햅틱 가상현실 게이밍 시스템**

[0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상 현실 게이밍 시스템은 촉각 질감 및 3D 기하학적 형태의 식별 능력을 향상시키기 위해 설계될 수 있다. 본 명세서에서, 본 발명자들은 상기 시스템을 기반으로 하기 3 가지 게임을 제공할 수 있다.

[0040] · 타겟 질감의 동일한 촉각 감각을 매칭하기 위한 "햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle)"

[0041] · 타겟 3D 오브젝트의 형태를 매칭하기 위한 "형태 퍼즐(Shape Puzzle)"

[0042] · 타겟 3D 좌표의 3D 위치를 매칭하기 위한 "위치 퍼즐(Position Puzzle)"

[0044] 촉각 질감 및 3D 형태를 식별하기 위한 본 발명의 목적을 만족시키기 위해 개발된 3 가지 퍼즐은 하기와 같다.

[0046] 햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle): 도 2에 개시된 바와 같이, 게임은 좌측의 타겟 질감 및 우측에 나타난 랜덤하게 선택된 9 개의 상이한 촉각 감각과 함께 시작할 수 있다. 사용자는 타겟 질감 및 우측에 나타난 9 개의 모든 나타난 질감들을 햅틱 장치를 이용하여 언제든지 느낄 수 있다. 이후, 사용자는 이어서 9 개의 선택들 (고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리, 및 오렌지) 중에서 타겟 질감과 동일한 질감을 선택할 수 있다.

[0047] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법의 흐름도이다. 이하, 도 13 을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법을 보다 상세히 설명한다.

[0048] 도 13에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 햅틱 퍼즐을 제공하는 방법은 먼저, 상기 햅틱 가상현실 게이밍 시스템의 표시부에 질의 객체 및 복수의 예시 객체에 대응하는 아이콘을 표시할 수 있다 (S1310). 도 2 에 예시된 바와 같이, 예를 들어 표시부의 좌측에 질의 객체의 타겟 질감과 관련된 아이콘을 표시하고, 우측에 9 개의 예시 객체의 질감과 관련된 아이콘을 표시할 수 있다. 이후, 상기 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 포함된 햅틱 장치를 이용하여 사용자에게 질의 객체 및 복수의 예시 객체들 각각에 대한 촉각 감각을 제공(S1320)할 수 있다. 사용자는 원하는 객체를 선택하여 해당 객체의 촉각을 확인할 수 있으며, 복수의 객체들 각각에 대해서 동시 또는 순차적으로 촉각 정보를 느낄 수 있다.

[0049] 이후, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 포함된 입력부를 이용하여, 사용자로부터 복수의 예시 객체 중 질의 객체와 동일한 질감의 예시 객체에 대한 선택을 수신(S1330)할 수 있다. 즉, 사용자는 질의 객체의 촉각 감각과 복수의 예시 객체들 각각의 촉각 정보를 확인한 후, 질의 객체가 복수의 예시 객체들 중 어느 객체에 해당하는지 여부를 선택할 수 있다.

[0050] 입력 이후에, 선택된 예시 객체와 질의 객체가 동일한 질감을 가지는지 여부를 결정(S1340)하여, 정답에 해당하는지 여부를 표시부에 표시할 수도 있다.

[0051] 한편, 질의 객체 및 복수의 예시 객체들 각각에 대한 질감은 앞서 설명한 바와 같이, 강성, 감쇠, 정지 마찰 및 운동 마찰 중 적어도 하나 이상의 햅틱 특성을 기반으로 구현될 수 있으며, 보다 구체적으로는 상기 질의 객체 및 복수의 예시 객체들은 고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리 및 오렌지 중 어느 하나에 대응할 수 있다. 상기 객체들의 강성, 감쇠, 정지 마찰 및 운동 마찰 등에 대해서는 이후 실험예에서 보다 구체적으로 설명한다.

[0053] 형태 퍼즐(Shape Puzzle): 먼저, 이 게임은 큰 물음표를 나타낸다. 이후, 이는 물음표 뒤에 3D 기하학적 오브젝트를 랜덤하게 배정한다. 가능한 오브젝트는 구체(sphere), 토러스(torus), 4면체(4 개의 정삼각형 면으로 구성됨; tetrahedron), 6면체(6 개의 정사각형 면; hexahedron), 8면체(8 개의 정삼각형 면; octahedron), 12면체(12

개의 정오각형 면;dodecahedron), 및 20면체(20 개의 정삼각형 면;dodecahedron)를 포함할 수 있다. 사용자는 3D 구조를 탐색하고 그것이 무엇인지 알아낼 수 있다.

[0054] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 형태 퍼즐을 제공하는 방법의 흐름도이다. 이하, 도 14 를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 형태 퍼즐을 제공하는 방법을 보다 상세히 설명한다.

[0055] 도 14 에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 (Haptic Virtual Reality Gaming) 시스템을 이용하여 형태 퍼즐 (Shape Puzzle) 을 제공하는 방법은 먼저, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 포함된 표시부에 질의 객체와 연관된 질의 아이콘을 표시할 수 있다 (S1410). 예를 들어, 도 3 에 도시된 바와 같이, 표시부의 중앙에 물음표를 표시할 수 있다.

[0056] 질의 객체는 예를 들어, 구체, 토러스, 4 면체, 6 면체, 8 면체, 12 면체 및 20 면체 중 적어도 하나에 해당하는 객체가 랜덤하게 지정될 수 있다. 따라서, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 포함된 햅틱 장치를 이용하여 질의 객체의 3 차원 형태 및 구조에 대한 감각을 사용자에게 제공할 수 있다(S1420). 사용자는 햅틱 장치가 제공하는 3 차원 형태 및 구조에 대한 감각을 기반으로 상기 질의 객체가 어떠한 객체인지 여부를 판단할 수 있다.

[0057] 따라서, 상기 방법은 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 포함된 입력부를 이용하여 사용자로부터 질의 객체의 형태 명칭에 대한 입력을 수신할 수 있다(S1430). 한편, 도 3 에도 도시된 바와 같이, 상기 질의 객체에 대한 질의 아이콘을 표시함과 더불어, 예를 들어 표시부의 하단에 복수의 예시 객체의 3 차원 형태 및 구조에 대한 시각화 자료를 더 표시할 수도 있으며, 이 경우에는 질의 객체의 형태 명칭에 대한 입력은 상기 표시된 복수의 예시 객체 중 어느 하나에 대한 선택을 나타낼 수 있다. 이후, 질의 객체의 형태 명칭과 동일한지 여부를 결정하여 (S1440), 퀴즈의 정답 여부를 판단할 수 있다.

[0058] 한편, 도 12 는 형태 퍼즐이 수행되는 경우의 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템의 예시적인 구성을 나타낸다. 시각 및 촉각적 피드백 생성 알고리즘은 게임의 현재 단계에서 무작위로 삼차원 도형 오브젝트를 선택할 수 있다. 선택된 오브젝트 모델의 기하 데이터를 로드하고, 현재 게임 화면의 가상 공간의 좌표계로 변환하며, 변환된 기하 데이터를 햅틱 렌더링의 충돌 검사 단계에서 현재 햅틱 포인터와 충돌하였는지 계산하는데 사용한다. 이때 햅틱 포인터 또한 가상 공간의 좌표계로 변환되어야 한다. 햅틱 포인터가 기하 데이터가 이루는 어떤 한 삼각형과 충돌이 발생했다면 힘 피드백을 계산하여 햅틱 장치에 적용한다. 게임의 사용자는 이 햅틱 장치를 통해 가상 공간에서의 힘, 촉감을 느낄 수 있다.

[0059] 가상 공간으로 변환된 기하 데이터는 스크린에 렌더링할 때 사용될 수 있다. 그래픽 렌더링에서는 먼저 게임이 시작되기 전에 텍스처 리소스를 로드해 놓는다. 이 텍스처 리소스를 사용하여 유저 인터페이스나 게임 실행시의 오브젝트에 매핑하여 그래픽 렌더링을 수행하게 된다. 유저 인터페이스는 간단한 사각형으로 되어있으며 여기에 텍스처를 매핑하여 렌더링한다. 게임 진행시의 게임 화면은 렌더링되지 않고, 유저가 보기에 제시된 삼차원 도형 중 하나를 선택하여 결과를 확인할 때 렌더링되며, 가려져있던 게임에 사용된 오브젝트가 그려지게 된다.

[0060] 도 3 을 다시 참조하면, 그래픽 유저 인터페이스에서 왼쪽 그림은 게임이 진행중인 상태를 나타낸 것이다. 큰 물음표로 가려져 있으며, 햅틱 장치를 통한 촉각으로 가상의 오브젝트를 맞춰야 한다. 왼쪽 하단의 'STEP' 은 현재 게임의 단계를 나타내며, 그 옆의 도형 리스트들은 주어진 보기를 나타낸다. 오른쪽 그림은 주어진 보기에서 하나를 골라 맞추었을 경우 나타나는 화면이다.

[0062] 위치 퍼즐(Position Puzzle): 처음에, 커서가 어두운 화면 상에 나타나고, 이후 이는 갑자기 보이지 않는 늑대가 위치한 장소로 사라진다. 이 게임은 사용자로 하여금 커서가 사라진 위치를 추측하도록 한다. 사용자는 햅틱 장치를 추측한 위치로 움직일 수 있고, 보이지 않는 늑대의 촉각 피드백 힌트를 느낄 수 있다. 사용자가 보이지 않는 늑대를 찾고 햅틱 장치의 버튼을 클릭하면 게임은 종료된다. 답이 맞으면, 게임의 레벨이 증가하고, 보이지 않는 늑대의 크기가 이전 레벨보다 작아진다.

[0063] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법의 흐름도이다. 이하, 도 15 를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법을 보다 상세히 설명한다.

[0064] 도 15 에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 가상현실 게이밍 시스템을 이용하여 위치 퍼즐을 제공하는 방법은 먼저, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템에 포함된 표시부에 커서를 표시할 수 있다(S1510). 이후,

커서의 표시를 중단하고, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템의 3 차원 좌표계 내의 임의의 위치에 대상 객체(예를 들어, 보이지 않는 늑대)를 위치시키고, 커서를 대상 객체 위치로 이동시킨 직후 커서의 표시를 중단할 수 있다(S1520).

[0065] 사용자는, 상기 햅틱 장치를 이용하여 햅틱 시스템 내에서의 조작 지점을 이동시킬 수 있다. 따라서, 사용자가 햅틱 장치를 이용하여 조작 지점을 이동시키는 동안, 이동된 조작 지점의 위치가 대상 객체에 해당하는 위치와 적어도 부분적으로 중첩되는 경우에, 햅틱 장치는 대상 객체에 대한 촉각 감각을 사용자에게 제공할 수 있다(S1530).

[0066] 이후, 입력부를 이용하여 사용자로부터 조작 지점에 대한 선택 신호를 수신할 수 있다(S1540). 즉, 사용자는 현재 조작 위치가 대상 객체의 위치라고 판단하면, 햅틱 장치를 조작하여 선택 신호를 발생하도록 상기 햅틱 장치를 구동시킬 수 있다.

[0067] 이후, 햅틱 가상현실 게이밍 시스템은, 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 객체의 위치가 적어도 부분적으로 중첩되는지 여부를 결정할 수 있다(S1550). 만약, 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 상기 객체의 위치가 중첩되지 않는다고 결정하는 경우에는, 상기 대상 객체의 크기를 증가시킴으로써, 게임의 레벨을 하락시킬 수 있고, 만약 선택 신호에 대응되는 조작 지점의 위치와 객체의 위치가 적어도 부분적으로 중첩된다고 결정하는 경우에는, 대상 객체의 크기를 감소시킴으로써, 게임의 레벨을 상승시킬 수도 있다.

[0069] 제안 시스템의 소프트웨어 구조

[0070] 제안 시스템의 소프트웨어 구조가 도 5에 요약되어 있다. 본 시스템은 하기의 4 개의 층으로 구성된다: 플랫폼, 인터페이스, 렌더러 (renderer) 및 리소스. 3 개의 퍼즐 어플리케이션이 리소스 층 위에 위치된다. 본 명세서에서는, 플랫폼 및 본 시스템을 위해 개발된 고유한 모듈을 개시한다.

[0071] **플랫폼:** 시스템 하드웨어는 PHANTom Omni 햅틱 장치(비특허문헌 15 참조)를 포함하며, 이는 6 개의 공간적 자유도(앞/뒤, 위/아래, 좌/우, 피치, 편요(yaw), 및 회전) 및 3 개의 힘 자유도(앞/뒤, 위/아래, 및 좌/우)를 제공한다. 햅틱 렌더링은 SensAble OpenHaptics Toolkit을 이용하여 시행된다. 그래픽 렌더링은 OpenGL (Open Graphics Library)로 코딩된다(비특허문헌 16 참조). 사운드 렌더링은 FMOD(다양한 포맷의 음악 파일을 플레이하는, Firelight Technologies에 의해 제조된 오디오 콘텐츠 생성 툴(tool) 세트)(비특허문헌 17 참조)로 수행된다.

[0072] **햅틱 인터페이스 모듈:** 이 모듈은 햅틱 장치와 통신한다. 이는 햅틱 장치 지점 및 버튼 클릭 이벤트의 좌표를 송신 및 수신한다. HLAPI(Haptic Library API) 및 HDAPI(Haptic Device API)가 PHANTom Omni 햅틱 장치를 조절하기 위해 사용된다. HDAPI는 햅틱 렌더링에 대해 저레벨 접근을 허용하는 반면, HLAPI는 고레벨 접근을 허용한다.

[0073] **햅틱 렌더링 모듈:** 이 모듈은 하기 4 가지 특성을 결합하여 다양한 패턴의 질감을 생성한다: 강성, 감쇠, 정지 마찰, 및 운동 마찰. 이는 HLAPI를 사용하며, 터치된 오브젝트가 오브젝트의 그래픽 특성과 동기화되는 경우, 터치된 오브젝트의 촉각 감각을 생성한다. 운동 마찰 값이 커질수록, 질감이 더 거칠어진다. 강성 값이 커질수록, 오브젝트가 더 단단해진다.

[0074] **그래픽 렌더링 모듈:** 그래픽 렌더링은 OpenGL(Open Graphic Library)를 이용하는 이 모듈에 의해 수행된다. 이는 게임 이미지를 로딩하고, 30 Hz로 출력한다. 그래픽 렌더링 사이클은 햅틱 렌더링 사이클로부터 독립적이다. 이는, 본 형태 퍼즐(Shape Puzzle)의 구체, 토러스, 4면체, 6면체, 8면체, 12면체, 및 20면체의 렌더링을 위하여 OpenGL의 3D 도형 라이브러리를 이용한다.

[0075] **사운드 모듈:** 이 모듈은, 사운드 소스를 플레이하기 위해 C 프로그래밍 언어로 쓰여진 라이브러리 세트인 사운드 미들웨어 FMOD API를 이용하여 MP3 파일을 플레이한다. 상이한 사운드 채널 및 상이한 사운드 소스가 상이한 퍼즐에 대해 사용된다.

[0076] **신(scene) 그래픽 모듈:** 이 신 그래픽 모듈은 비트맵 이미지를 로딩하고, 2D 이미지를 제공한다. 이는 또한, 마스크 이미지 및 스프라이트 프로세싱을 이용하여, 걷기와 같은 게임 캐릭터의 이동을 나타낸다. 512 픽셀에 의한 512의 비트맵 이미지가 질감을 위해 사용되고, 이는 OpenGL 기능을 통해 맵핑된다(mapped).

[0078] **실험예**

[0079] 본 명세서는, 본 제안 시스템의 실험이 어떻게 수행되었는지를 개시한다. 본 시스템의 시스템 유용성 및 햅틱 현실성에 대한 시험이 평가된다. 인식 시험 전에, 4 가지 햅틱 특성에 대한 식별 시험이 수행되었다. 이후, 본 발명자들은 본 시스템을 이용하여 촉각 질감 인식 성능 및 햅틱 형태 인식 성능을 분석하였다.

[0080] **시스템 유용성 시험**

[0081] 제1 주관적 시험은 SUS(System Usability Scale; 시스템 유용성 척도)를 기반으로 하였다(비특허문헌 11 참조). 이는 본 시스템의 유용성을 시험하기 위해 수행되었다. 각각의 게임의 몰입성, 오락성, 참신성, 용이성, 및 촉각 감각에 대해 질의하기 위하여 10 개의 조사 질문이 준비되었다. 설문의 참가자들은 30 명의 남성 및 여성 대학생이었다. SUS에 의해 계산된 설문 결과는 76.5의 평균 및 9.24의 표준 편차를 갖는다. 이 점수는 TheraGame(73.8)보다 상대적으로 높다.

[0082] 표 1은 각각의 게임에 대한 시스템 유용성 척도의 결과를 나타내며, 4 개의 카테고리에 대하여 1 내지 5의 척도로 점수 매겨졌다.

[0084] [표 1] 시스템 유용성 척도

게임	몰입성	오락성	참신성	용이성
Haptic Puzzle	4.2	4.5	4.4	2.1
Shape Puzzle	4.7	3.7	3.6	2.4
Position Puzzle	4.5	3.9	4.1	3.3

[0087] 햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle)은 오락성 및 참신성에서 높은 점수를 받았다. 형태 퍼즐(Shape Puzzle)은 몰입성에서 가장 높은 점수를 받았고, 위치 퍼즐(Position Puzzle)은 상이한 카테고리들에서 유사한 점수를 받았다. 익숙하지 않은 장치 및 3D 공간에서의 햅틱 커서를 다루는 것에 있어서의 어려움으로 인해, 3 가지의 모든 퍼즐들은 용이성에서 낮은 점수를 받았다.

[0088] **햅틱 현실성 시험**

[0089] 본 발명의 제2 주관적 시험은 햅틱 현실성 측정에 대한 것이다. 본 시험은 실제 질감에 대한 인공적인 촉각 감각의 유사성에 따라 1 내지 5로 평가하는 것이다. 햅틱 현실성을 시험하기 위한 제1 단계는 오브젝트의 질감을 정확히 규정하는 것이다. 최근, 본 발명자들은 고기, 나무, 돌, 유리, 가죽, 뼈, 모래, 젤리, 오렌지 등과 같은 9 개 초과 상이한 촉각 감각을 식별할 수 있다. 표 2는 햅틱 특성들의 조합의 반복적인 시도를 통해 수득된 4 가지 햅틱 특성들의 값을 나타낸다.

[0091] [표 2] 상이한 재료의 햅틱 특성

재료	강성	감쇠	정지 마찰	운동 마찰
유리	1.0	1.0	0.0	0.0
젤리	0.1	0.0	1.0	0.2
나무	1.0	1.0	0.2	0.2
오렌지	0.5	0.1	0.9	0.2
고기	1.0	1.0	0.0	1.0
뼈	1.0	0.7	0.2	0.2
가죽	1.0	0.0	0.1	0.7
돌	1.0	1.0	0.7	0.2
모래	1.0	1.0	0.9	0.3

[0094] 상기 햅틱 현실성 시험의 결과가 도 6에 요약되어 있다. 현실성 정도는 다음과 같다: 유리에 대하여 대하여 4.3, 젤리에 대하여 4.1, 나무에 대하여 3.7, 오렌지에 대하여 3.1, 고기에 대하여 2.7, 뼈에 대하여 2.5, 가죽

에 대하여 2.1, 돌에 대하여 1.7, 모래에 대하여 1.3(내림차순으로).

[0095] 이후, 시험 결과의 유효성을 확인하기 위하여, ANOVA(ANalysis Of Value) 시험이 수행되었다. 시험은 귀무가설(null hypothesis)(H_0 : 각각의 촉각 현실성 측정은 차이가 없다) 및 타겟 샘플로부터 계산되었다. 그 결과에 있어서, 귀무가설이 진실이라고 가정하였을 때 ANOVA 시험이 우연이 아닌 값을 산출하는 경우, 통계적으로 유의미하다고 간주되었다. 즉, 확률(p 값(p-value))이 특정 한계치(유의미한 수준), 흔히 5%($\alpha=0.05$) 미만으로 나타나는 경우, 통계적인 결과는 통계적으로 유의미한 것으로 간주된다. 그러나 귀무가설의 연역적인 확률이 높지 않은 경우에만, 통계적으로 유의미한 결과는 귀무가설의 기각을 정당화한다. 따라서, 수득된 3.76×10^{-38} 의 p 값($\alpha(0.05)$ 미만임)은 귀무가설의 기각을 정당화하고, 본 발명자들은 각각의 촉각 현실성 정도가 차이를 갖는다고 결론지었다.

[0096] [표 3] 햅틱 현실성 시험에 대한 ANOVA 시험

재료	현실성 (1~5)	분산 (variance)	ANOVA의 결과		
			자유도	F 비율	P 값
유리	4.3	0.906897	8	36.04853	3.76E-38
젤리	4.1	0.989655			
나무	3.7	1.389655			
오렌지	3.1	1.127586			
고기	2.7	0.975862			
뼈	2.5	1.224138			
가죽	2.1	0.989655			
돌	1.7	0.493103			
모래	1.3	0.217241			

[0097]

[0099] 햅틱 특성 식별 시험

[0100] 인식 성능에 대한 실험 전에, 각각의 햅틱 특성의 사용자 민감성 및 영향을 평가하였다. 강성은 오브젝트의 강도를 정의한다; 감쇠는 오브젝트의 점도를 정의한다; 정지 마찰; 운동 마찰은 질감 감각을 정의한다.

[0101] 이들을 평가하기 위하여, 본 발명자들은 사용자들 간의 차이를 확인하기 위하여 햅틱 특성 식별 시험을 수행하였다. 모든 각각의 카테고리(강성, 감쇠, 정지 마찰, 운동 마찰)에 대하여, 표준 민감성은 (0.1, 0.1, 0.1, 0.1)로 정의되었다. 이후, 이들은 또한 각각의 평가에 대하여 재정의되었다: 강성 시험에 대하여 (0.9, 0.1, 0.1, 0.1), 감쇠 시험에 대하여 (0.1, 0.9, 0.1, 0.1), 정지 마찰 시험에 대하여 (0.1, 0.1, 0.9, 0.1), 운동 마찰 시험에 대하여 (0.1, 0.1, 0.1, 0.9).

[0102] 사용자가 각각의 특성의 분명한 차이점을 용이하게 식별할 수 있다는 가정 하에, 실험이 수행되었다. 실험의 결과는 표 4에 개시되어 있다.

[0103] [표 4] 햅틱 특성 식별 시험

	표준 (0.1, 0.1, 0.1, 0.1)	강성 (0.9, 0.1, 0.1, 0.1)	감쇠 (0.1, 0.9, 0.1, 0.1)	정지 마찰 (0.1, 0.1, 0.9, 0.1)	운동 마찰 (0.1, 0.1, 0.1, 0.9)
표준 (0.1, 0.1, 0.1, 0.1)	20	0	0	0	0
강성 (0.9, 0.1, 0.1, 0.1)	0	12	8	0	0
감쇠 (0.1, 0.9, 0.1, 0.1)	0	10	10	0	0
정지 마찰 (0.1, 0.1, 0.9, 0.1)	0	0	0	20	0
운동 마찰 (0.1, 0.1, 0.1, 0.9)	0	0	0	0	20

[0104]

[0106] 결과는 예상된대로 나타났다: 강성, 정지 마찰, 및 운동 마찰의 차이는 사용자에게 의해 완전히 인식되었다. 그러나, 사용자는 강성 및 감쇠 변화 사이에서는 매우 혼동하였다. 따라서, 본 발명자들은, 상기 2 개의 특성의 조합이 오브젝트의 강도를 정의하고, 감쇠 특성은 촉각 식별에 대한 가장 적은 영향력을 갖는 것으로 결론지었다.

[0107] **촉각 질감 인식 시험**

[0108] 본 시험에 있어서, 표 2의 오브젝트에 대해 촉각 질감 식별력을 평가하기 위하여, Haptic Puzzle이 사용되었다. 참가자들은 20대 남성 7 명, 20대 여성 3 명이였다. 타겟 질감은 표 2로부터 랜덤하게 선택되어 스크린에 표시되었다. 이들은 최대 30 초 동안 햅틱 장치를 이용하여 타겟을 탐색하였다. 이후, 이들은 표 2의 9 개의 오브젝트들 중 상응하는 질감 이미지를 선택하였다. 평균 정답율이 표 5에 개시되어 있다. 또한, 본 촉각 인식 시험에 대한 혼돈 매트릭스(confusion matrix)는 표 6에 개시되어 있다.

[0110] [표 5] 질감의 평균 정답율

[0111]

재료	고기	젤리	가죽	유리	나무	뼈	오렌지	돌	모래
평균 정답율	100	85	85	75	55	55	45	40	30

[0113] [표 6] 촉각 인식 시험에 대한 혼돈 매트릭스

[0114]

재료	고기	젤리	가죽	유리	나무	뼈	오렌지	돌	모래
고기	20	0	0	0	0	0	0	0	0
젤리	0	17	1	0	0	0	2	0	0
가죽	1	0	17	0	3	0	0	0	0
유리	0	0	0	15	5	0	0	0	0
나무	0	0	2	1	11	6	0	0	0
뼈	0	0	1	0	8	11	0	0	0
오렌지	0	0	0	0	0	0	9	5	6
돌	0	0	0	0	0	0	6	8	6
모래	0	0	0	0	0	0	7	7	6

[0116] 인식율은, 내림차순으로, 고기, 젤리, 유리, 가죽, 뼈, 나무 오렌지, 모래 및 돌에 대하여 우수한 결과를 나타낸다.

[0117] 시험의 혼돈 매트릭스는 또한 흥미로운 정보를 나타낸다. 나무는 흔히 가죽 또는 모래와 혼동된다. 본 발명자들이 재료의 4 개의 특성을 평가하기 때문에, 나무와 모래 사이의 유일한 차이점은 정지 마찰 값이다. 또한, 나무와 가죽 사이의 차이점은 감쇠 및 운동 마찰 값이다. 따라서, 본 발명자들은, 오브젝트의 강성 값이 동일한 경우 사용자가 마찰 변수들을 잘 구별하지 못한다는 것을 추론할 수 있었다.

[0118] 피험자들은 또한, 오렌지, 모래 및 돌을 구별하는 것을 혼동하였다. 모래 및 돌의 인식율은 둘 모두 매우 낮았다. 모래의 정지 마찰 값은 돌보다 돌보다 약간 높았다. 이러한 결과는 또한 사용자가 마찰의 미세한 차이를 거의 식별할 수 없다는 것을 입증한다. 또 다른 주목할만한 결과는, 나무와 뼈의 강성 값이 매우 유사하기 때문에 나무와 뼈가 혼동되었다는 것이다.

[0119] 오렌지의 중요한 특성은, 정지 마찰과 운동 마찰이 동일하다는 것이었다. 본 발명자들은, 유사한 마찰 값으로 인해, 오렌지가 모래 또는 돌과 혼동될 것으로 추측할 수 있었다. 그러나, 오렌지의 강성 및 감쇠 값이 독특했기 때문에, 오렌지의 인식율은 상대적으로 높았다. 오렌지(0.5) 및 모래(1.0) 또는 돌(1.0) 사이의 강성 값의 차이는 상대적으로 컸고, 이들의 감쇠 값은 각각 0.1, 1.0, 1.0 이다. 본 실험을 통해, 본 발명자들은, 강성 및 감쇠 특성이 마찰 특성보다 더 영향력이 있다고 결론지었다.

[0120] **햅틱 형태 인식 시험**

[0121] 도 7에 개시된 바와 같이, 고체 기하학적 형태에는 2 가지 주요 유형, "다면체"(평평한 면들을 가져야 함) 및 "비-다면체"(임의의 표면이 평평하지 않음)가 있다. 다면체는 2 가지 주요 유형의 정육면체 및 직육면체, 플라톤의 입체, 각기둥(prism) 및 피라미드로 분류된다. 비-다면체는 구체, 토러스, 실린더, 및 콘(cone)으로 나뉜다.

[0122] 본 실험은, 본 발명자들의 햅틱 게이밍 시스템이 상이한 3D 형태를 식별하는 인간의 능력을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다는 것을 확인하기 위해 설계되었다. 본 발명자들의 Shape Puzzle이 본 실험을 위해 사용되었고, 2 개의 비-다면체와 5 개의 다면체(플라톤의 입체)가 평가되었다. 가능한 형태는 구체, 토러스, 4면체(4 개의 삼각형면), 6면체(6 개의 사각형 면), 8면체(8 개의 삼각형 면), 12면체(12 개의 오각형 면) 및 20면체(20 개의 삼각형 면)이었다. 사용자는 큰 물음표 뒤에 배치된 3D 오브젝트를 햅틱 장치를 이용하여 탐색할 수 있다.

[0123] 본 시험의 2 가지 케이스가 5 명의 학생에 대해 실험되었다. 첫 번째 케이스는 타겟 오브젝트에 대하여 임의의 시각 정보 없이 오직 구두 정보만 제공함으로써 수행되었다. 두 번째 케이스는 주어진 타겟 형태의 시각적인 지식을 가지고 수행되었다. 타겟 형태가 7 개의 그림들 중 랜덤하게 선택된 후, 시험 참가자들은 보이지 않는 타겟 형태가 무엇이었는지 대답하였다.

[0124] **시각 정보 없음:** 본 실험은 3D 형태 세트(구체, 토러스, 4면체, 6면체, 8면체, 12면체 및 20면체)에 대해 구두 정보만 가지고 5 회 수행되었다. 표 7은 임의의 시각 정보가 없는 형태 인식 실험의 정답의 개수를 나타낸다. 도 8은 표 7의 그래프적인 표현에 해당한다. 구체 및 토러스는 높은 비율의 정확한 인식을 수신하였다. 그러나, 8면체, 12면체 및 20면체는 잘 인식되지 못했다. 본 발명자들이 실험을 반복함에 따라, 12면체 및 20면체를 제외하고는 정답율이 개선되었다. 본 발명자들은, 형태가 너무 복잡하고 참가자들에게 익숙하지 않다는 것을 원인으로 추측하였다.

[0126] [표 7] 타겟 형태의 시각 정보가 없는 햅틱 형태 인식 시험의 정답 개수

모델	구체	토러스	4면체	6면체	8면체	12면체	20면체
1회차 시도	20	21	10	18	7	3	3
2회차 시도	23	25	11	21	8	4	4
3회차 시도	25	25	15	23	9	6	4
4회차 시도	25	25	16	25	10	4	5
5회차 시도	25	25	19	25	12	5	4

[0129] **시각 정보 있음:** 본 실험은 또한 도 9에 개시된 바와 같은 3D 형태 세트에 대한 시각 정보를 제공함으로써 5회 수행되었다. 표 8은 주어진 시각 정보를 이용하여 수신된 각각의 도형에 대한 정확한 인식의 개수를 나타낸다. 도 10은 표 8의 상응하는 그래프적인 표현이다. 결과는, 시각 지식이 있는 경우 반복적인 시도는 인식율을 개선시키는데 거의 영향을 끼치지 않는다는 것을 나타내었다.

[0131] [표 8] 타겟 형태의 시각 정보가 있는 햅틱 형태 인식 시험의 정답 개수

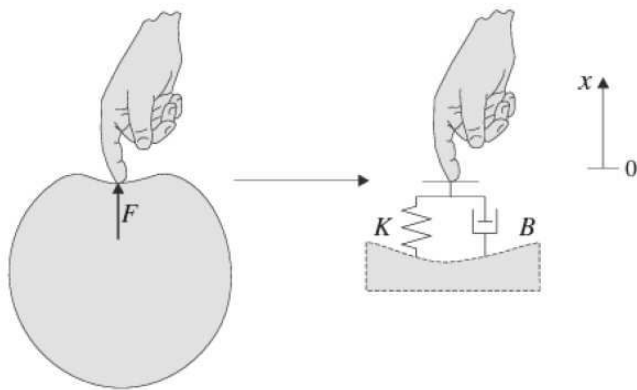
모델	구체	토러스	4면체	6면체	8면체	12면체	20면체
1회차 시도	25	25	23	25	22	16	15
2회차 시도	25	25	23	25	23	18	14
3회차 시도	25	25	24	25	23	17	15
4회차 시도	25	25	25	25	25	19	16
5회차 시도	25	25	25	25	25	18	17

[0134] 도 11은 하기 2 가지 케이스의 평균 인식 성능을 나타낸다: 시각 정보 유무. 3D 형태에 대한 시각 지식이 오브젝트를 정확하게 구별하는 참가자들의 능력을 크게 개선시켰다는 것을 주목할만하다.

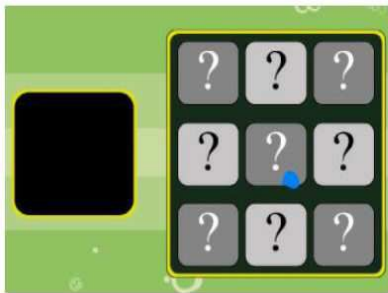
- [0136] 이상, 본 연구에서, 본 발명자들은 인간의 햅틱 시각 식별 능력을 개선시키기 위해 사용될 수 있는 햅틱 게이밍 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 햅틱 인지를 위한 "햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle)", 3D 형태 인지를 위한 "형태 퍼즐(Shape Puzzle)", 및 3D 공간 인지를 위한 "위치 퍼즐(Position Puzzle)"의 3 가지 요소로 구성될 수 있다.
- [0137] 본 발명을 입증하기 위해 수많은 실험이 수행되었다. 첫 번째는 시스템 유용성 시험이었다. 햅틱 퍼즐(Haptic Puzzle)은 오락성 및 참신성에 대해 높은 점수를 받았다. 형태 퍼즐(Shape Puzzle)은 몰입성에서 가장 높은 점수를 받았고, 위치 퍼즐(Position Puzzle)은 모든 카테고리에서 고른 점수를 받았다. 전체 시스템 유용성이 SUS 주관적 시험에 의해 확인되었으나, 사용자는 3D 공간에서 햅틱 커서를 다루는데 있어서 다소 어려움을 나타냈다. 햅틱 장치의 생소함은, 사용자가 적응하는데 다소 시간을 필요로 한다는 것을 나타내었다. 이후, 또 다른 시험이 수행되었고, 이는 유리, 젤리, 나무, 오렌지, 고기, 뼈, 가죽, 돌 및 모래(상기 오브젝트들은 참가자들에 의해 얼마나 성공적으로 인식되었는지의 측면에서 내림차순으로 열거된 것이다)의 인식을 측정하는 햅틱 현실성 시험이었다.
- [0138] 식별 시험에서의 4 개의 햅틱 특성(강성, 감쇠, 정지 마찰, 및 운동 마찰)의 결과로부터, 본 발명자들은 사용자가 감쇠 특성에 가장 적은 민감성을 가지며 감쇠 변화가 또한 강성 변화와 매우 혼동된다는 것을 추론할 수 있었다. 또한, 촉각 질감 인식 시험을 통해, 본 발명자들은, 마찰 값이 상이한 표면 특성을 정의한다고 하더라도, 질감을 식별하는데 있어서 강성 및 감쇠 특성이 마찰 특성보다 더 영향을 미치는 것을 발견하였다. 이후, 촉각 질감 인식 시험은, 좋지 않은 정답율을 가진 재료의 값을 보정함으로써, 상이한 재료에 대한 4 개의 특성의 표준 값을 제시하였다.
- [0139] 다음으로, 본 발명자들의 햅틱 형태 인식 시험은, 본 게이밍 시스템이 인간의 3D 형태 인식 능력을 개선시키는데 분명히 도움을 줄 수 있다는 것을 나타내었다. 시각 정보를 갖거나 갖지 않는 실험은 또한, 형태의 시각 지식이 오브젝트를 정확하게 식별하는 참가자의 능력을 크게 업그레이드 시킨다는 것을 나타내었다.
- [0140] 상기 실험들을 통해, 본 발명자들은, 본 시스템이 촉각 질감 및 3D 형태를 식별하는 인간의 능력을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다고 결론지었다. 또한, 본 발명자들이 수행한 마지막 2 개의 인식 실험은 McCarron-Dial 시스템의 HVDT(햅틱 시각 식별 시험)와 밀접하게 연관되어 있다. 이는, 촉각 민감성, 공간 합성 및 부분적인 정보의 전체로의 오브젝트 통합에 있어서의 인지 기능을 평가하기 위한 표준화되고 정량적인 시험 키트이며, 이는 장애 및 정신적인 장애가 있는 개인을 평가하기 위한 효과적인 방법일 수 있다(McCarron & Dial, 1978)(비특허 문헌 19 참조). HVDT는 실재하는 구성요소, 예컨대 피험자에 의해 식별되어야 하는 다양한 오브젝트를 나타내는 사진판, 병풍(피험자의 시야로부터 오브젝트를 가리기 위한 것), 형태 및 크기 세트, 질감 및 구성, 하나의 패키지 HVDT 점수 양식, 및 시험 메뉴얼로 구성된다. 촉각 질감 및 3D 형태에 대한 본 인식 실험은, 본 시스템이 인간의 시각-햅틱 식별 능력(visual haptic discrimination capability)을 평가하기 위해 사용될 수 있고 고가의 HVDT 시험 키트를 대체할 수 있다는, 본 시스템의 실현가능성을 입증하였다.
- [0141] 가장 유의미하게는, 본 시스템은 육체적으로 또는 정신적으로 장애가 있는 사람들 뿐만 아니라 어린이들의 시각 및 햅틱 감각을 통합하는데 기여할 수 있다는 발견 가능성을 나타내었다. 본 발명자들의 최종 실험은, 시각-햅틱 통합 인식이 단일 햅틱 인식보다 더욱 유리하다는 것을 입증하였다. 컴퓨터 신경과학 및 뇌영상 연구에 있어서의 최근의 발전은 기저 메커니즘에 대한 새로운 식견을 부가하였고, 시각-햅틱 통합에 연관될 가능성 있는 뇌영역을 확인하였다(비특허문헌 20 참조). 그러나, 컴퓨터적인 연구와 뇌영상 연구로부터의 결과들 사이에 여전히 갭이 존재한다. 본 실험은 이 갭을 가까이하기 위한 시도로서 간주될 수 있다.
- [0143] 상기에서는 본 발명을 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 것이다.

도면

도면1



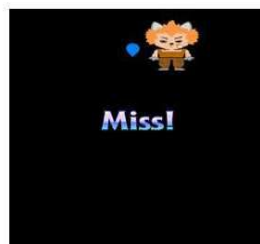
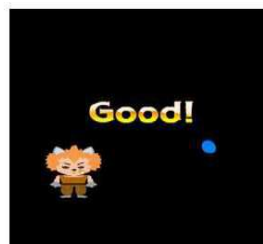
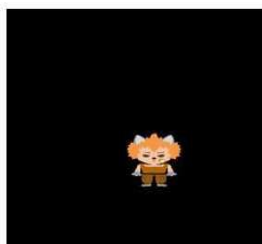
도면2



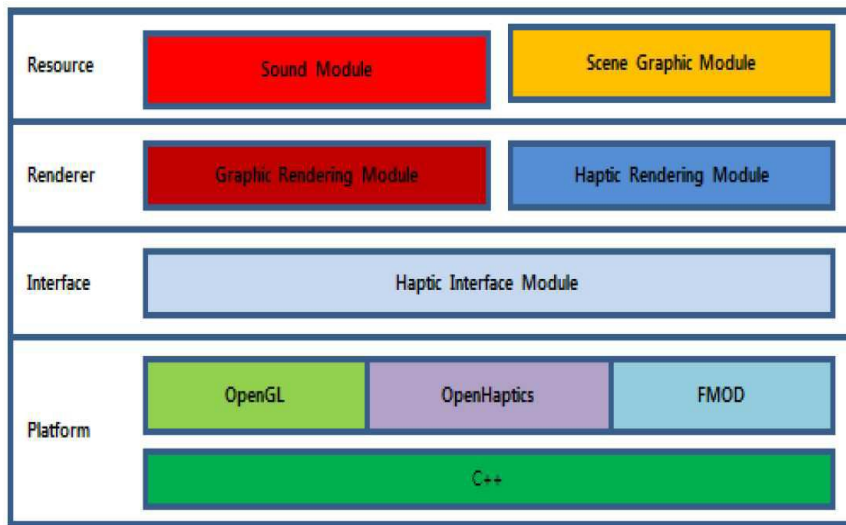
도면3



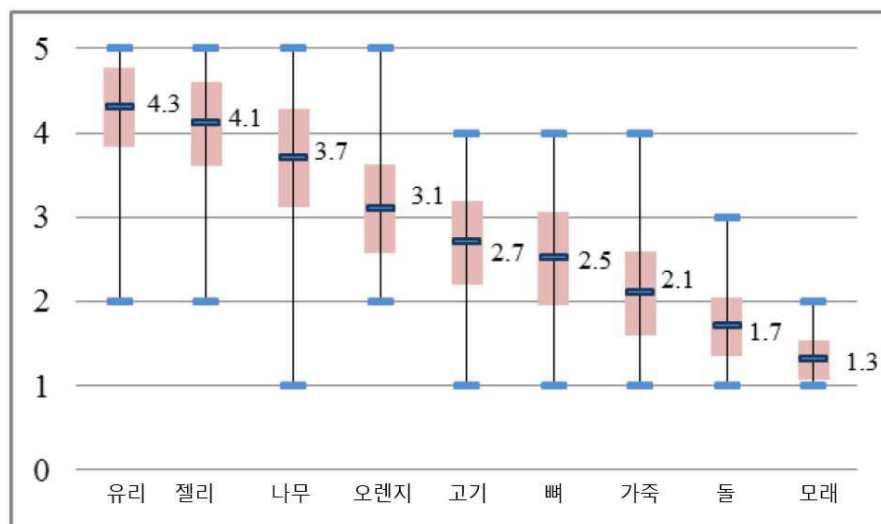
도면4



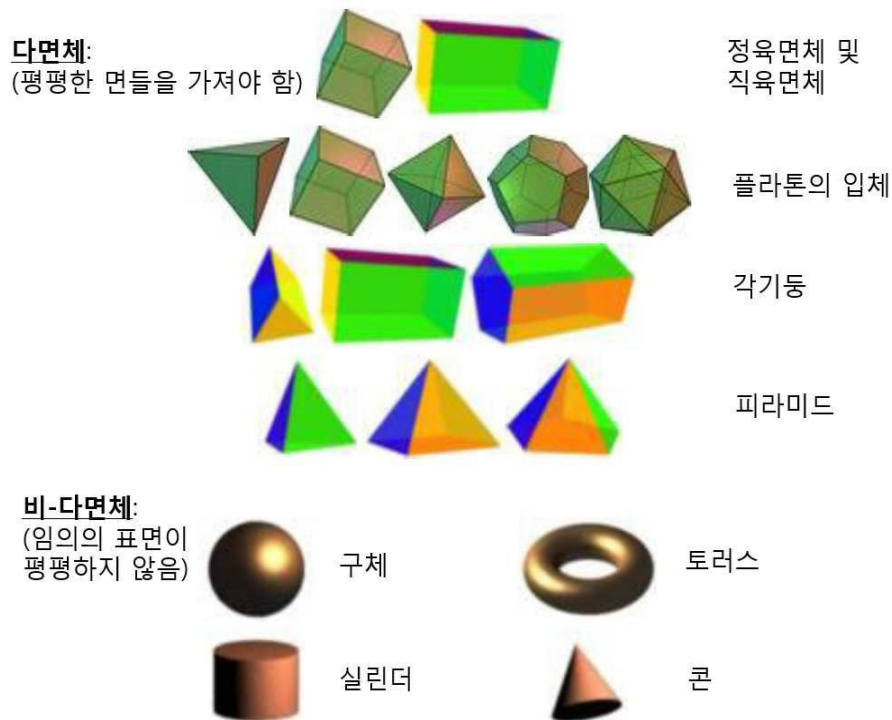
도면5



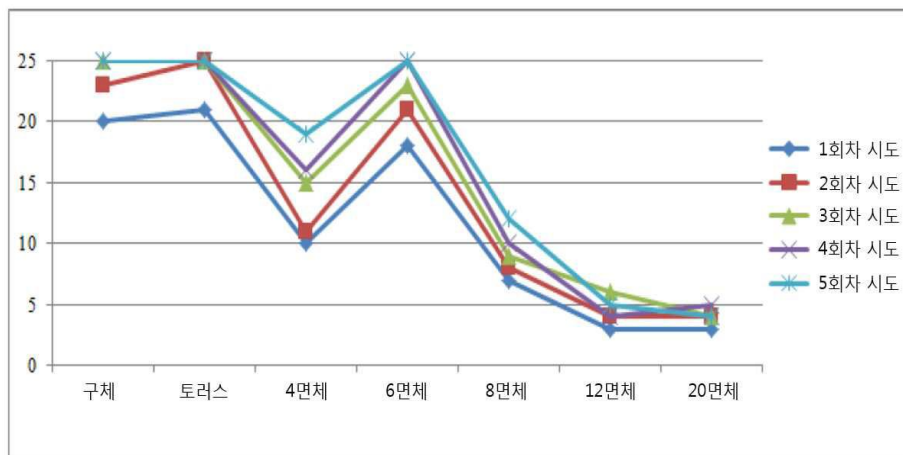
도면6



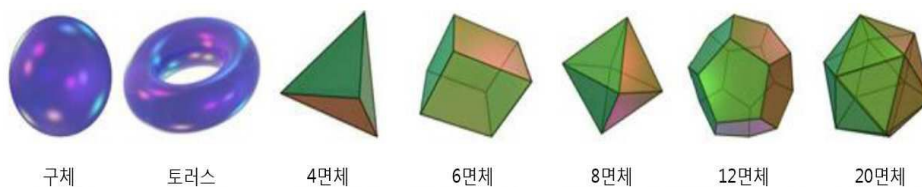
도면7



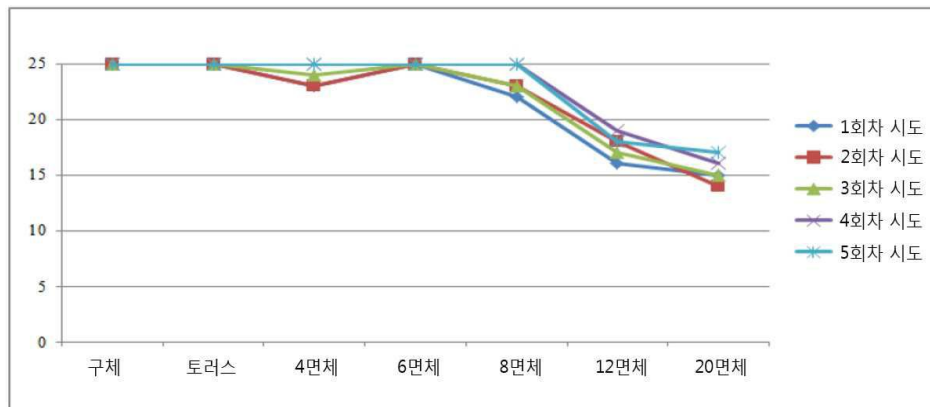
도면8



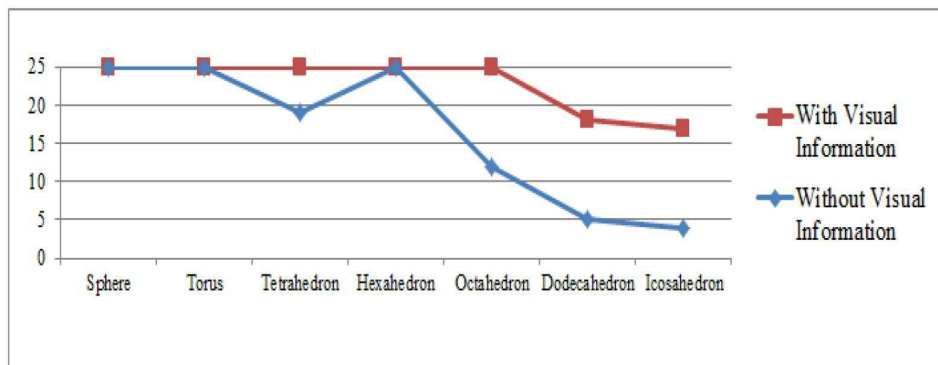
도면9



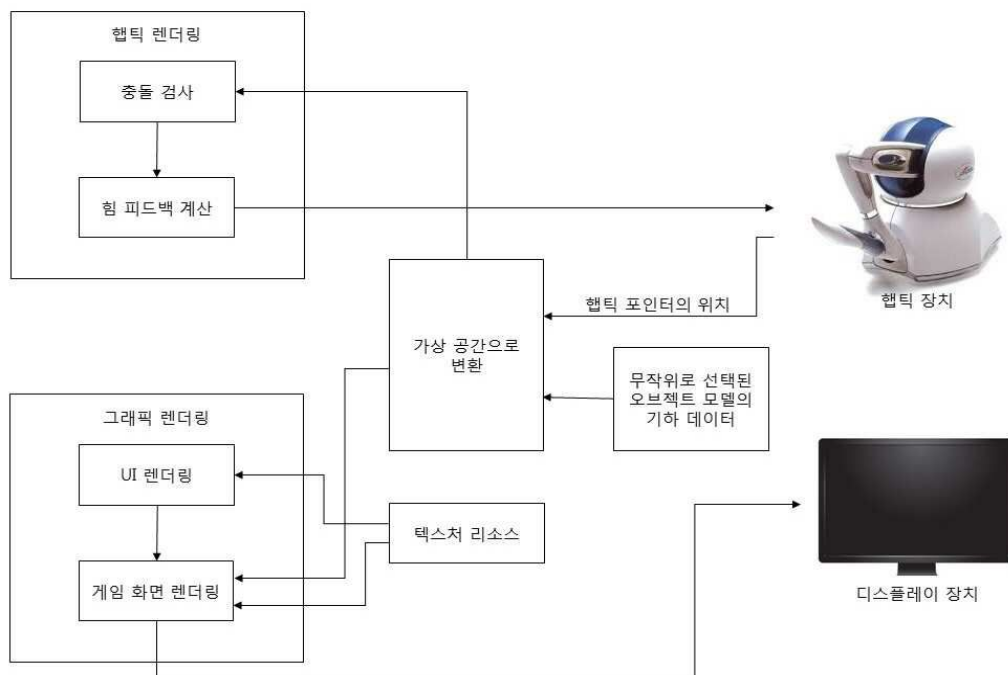
도면10



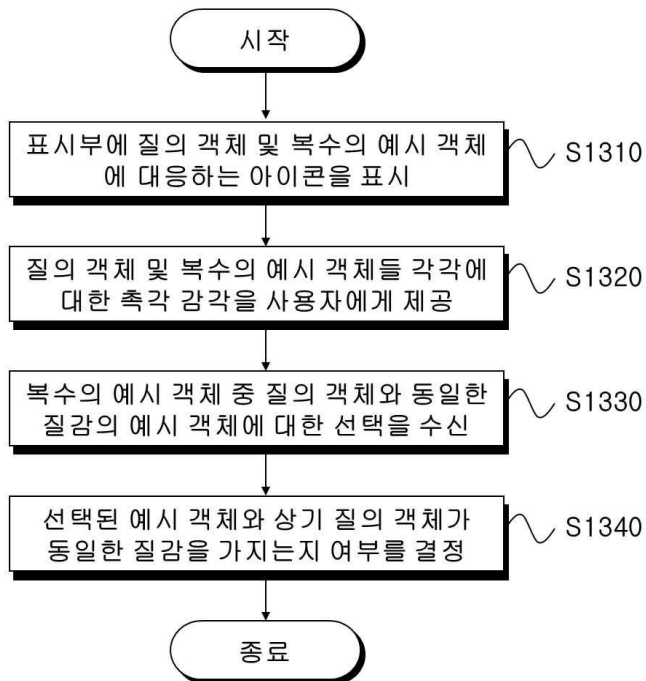
도면11



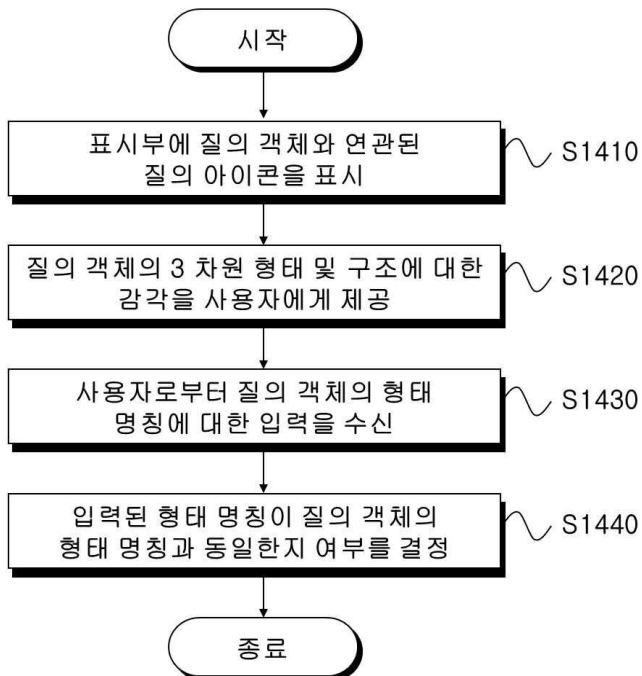
도면12



도면13



도면14



도면15

