

초실감 홀로그래픽 디스플레이를 위한 터치 방식으로 상호작용 가능한 홀로그램 콘텐츠 생성

안형학*, 신춘성**, 김영민***, 홍성희***

*씨제이 포디플렉스 주식회사, **전남대학교, ***전자부품연구원

*hyunghak.an@cj.net, **cshin@jnu.ac.kr, ***rainmaker@keti.re.kr, ***shhong@keti.re.kr

Interactive Hologram Contents using Touch for Realistic Holographic Displays

Hyeong-Hak Ahn*, Choonsung Shin**, Youngmin Kim***, Sunghee Hong***

*CJ 4DPLEX Co.,Ltd, **Chonnam National University, ***KETI

요약

본 논문은 초실감 홀로그래픽 디스플레이를 위해 사용자(관람자)가 손으로 터치 상호작용 할 수 있는 3차원 그래픽스 기반의 홀로그램 콘텐츠 생성 시스템을 제안한다. 제안하는 방법은 우선 입력력인 3차원 그래픽스 콘텐츠로부터 장면의 깊이 정보(Depth map)를 추출하고, 이를 GPGPU 기술을 이용하여 고속으로 홀로그램 콘텐츠(CGH)를 생성하여 홀로그래픽 디스플레이로 출력한다. 출력되는 홀로그램 콘텐츠에 사용자가 손을 대면, 손의 3차원 위치를 실시간으로 인식할 수 있는 립모션(Leap motion) 센서와 이에 초음파 및 적외선 방식의 가상 촉각을 제공하는 울트라햅틱스(Ultrahaptics) 센서를 통해 가상 콘텐츠를 만지거나(tangible) 제어할 수 있다. 제안하는 시스템의 설계와 프로토타입 구현 과정을 소개한다.

I. 서론

최근 초실감 미디어 플랫폼을 위해 3차원 디스플레이나 VR 영상 등 시각 정보에 햅틱(haptic) 렌더링과 같은 촉각 상호작용으로 몰입도를 높이는 기술들이 각광 받고 있다.[1, 2] 본 논문은 그 중에서도 홀로그래픽 디스플레이를 관람하는 사용자가 보다 직관적이고 실제적으로 재생 중인 홀로그램 콘텐츠와 상호작용할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 3차원 그래픽스 장면을 실시간으로 렌더링하는 모듈과 사용자 입력을 받아 처리하여 장면 요소를 제어하는데 반영하는 상호작용 모듈로 구성되는 일반적인 3차원 게임의 프레임워크 형식을 취하고 있으며, 이를 바탕으로 홀로그램 생성이나 가상 촉각과 같은 실감 데이터 생성 기술을 도입하였다. 본 논문에서는 이를 구성하는 각 모듈과 이의 프로토타입 모델을 구현한 실험 결과를 소개한다.

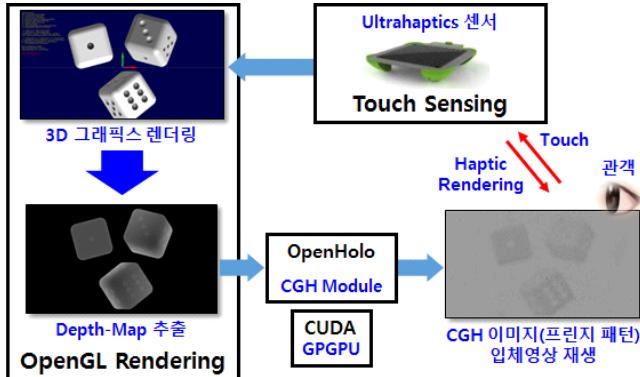


그림 1. 제안하는 시스템의 구성

II. 본론

제안하는 시스템은 위 그림 1과 같이 크게 홀로그램 입체 영상을 생성하는 렌더링 모듈과 센서로부터 사용자의 터치 입력을 받아 처리하는 터치센싱 모듈로 구성된다. 사용자가 렌더링 결과를 보고 센서에 공간 터치 방식으로 원하는 제어 정보를 입력하면 터치센싱 모듈에서 렌더링 모듈로 전달되어 이를 반영한 장면이 다시 렌더링 출력되는 구조로 콘텐츠와 상호작용한다.

II-1. 3차원 그래픽스 장면의 홀로그램 콘텐츠 생성 (CGH)

우선 렌더링 모듈에서 이용되는 콘텐츠 데이터는 게임 등에 사용되는 일반적인 3차원 그래픽스 데이터이다. 이로부터 가상의 장면을 렌더링 할 때 홀로그램 이미지를 생성해야하는데, 프린지 패턴 생성이 용이한 데이터로 변환하는 처리가 필요하다. 홀로그램 이미지 생성에는 3D 포인트 클라우드, 장면의 깊이 정보(Depth map), 모델의 삼각 메쉬(triangle mesh) 등 여러 형식의 3차원 데이터가 이용될 수 있는데, 본 연구에서는 장면의 깊이 정보를 이용한다. 이는 우선 3차원 컴퓨터 그래픽스 렌더링 과정에서 이루어지는, 시점과 기준으로 장면 각 픽셀의 가까이 있는 물체의 거리를 검사하는 깊이 테스트(Depth-Test)를 통해 z-buffer에 현재 장면의 깊이 정보가 정상 저장되기 때문에 깊이 이미지 추출을 위한 별도의 처리 과정이 요구되지 않는다는 이점이 있다. 그리고 가상 그래픽스 데이터뿐 아니라 추후 Kinect나 RealSense와 같은 RGB-D 카메라 센서를 이용하여 실제 실시간 활용한 영상 및 깊이 정보로도 홀로그램 콘텐츠를 생성할 수 있어 확장 응용이 용이하다.

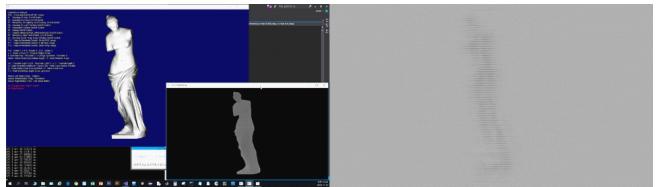


그림 2. 3차원 그래픽스(좌)와 이의 Depth map 정보(중-하)를 이용한 컴퓨터 생성 홀로그램(아래 CGH) 이미지(우)

3차원 장면 데이터로부터 광학 신호를 처리하여 프린지 패턴 이미지를 계산하는 데는 연산량이 매우 많아 상당한 시간이 소요된다. 따라서 홀로그램 콘텐츠 생성 시간을 최대한 가속화하는 것이 매우 중요하다. FPGA와 같은 전용 하드웨어를 제작하는 방법이나, 멀티 코어 프로세서로 병렬 처리를 이용하는 방법이 주로 연구되었다. 본 연구에서는 이 중 후자의 한 방법인 고성능 그래픽카드 환경을 구축하고 CUDA 기반의 GPGPU 기술을 이용한다.

II-2. 초음파 및 적외선 방식 햅틱 센서를 이용한 콘텐츠 터치 상호작용

앞서 렌더링 모듈을 통해 생성된 프린지 패턴은 홀로그래픽 디스플레이

를 통해 사용자에게 실감나는 입체 영상으로 재생된다. 여기에 사용자가 보다 실제감을 느낄 수 있도록 햅틱 기반의 터치 상호작용을 추가한다. 사용자의 손을 가상의 그래픽스 물체와 터치 센싱하기 위해서는 햅틱 센서가 사용자의 실제 손 위치를 3차원으로 인식하고 추적할 수 있어야 하며, 이를 수행하는 센서의 3차원 실제계 좌표계와 홀로그래픽 디스플레이에서 입체 영상이 출력되는 3차원 가상공간 좌표계 간에 캘리브레이션이 되어 있어야 한다. 그러면 렌더링 되는 물체의 가상 표면 위치와 사용자 손의 실제 위치가 임의로 설정한 접촉 거리 내내일 때 적절한 촉감 신호를 해당 손 위치로 방출하면 된다. 본 연구에서는 일정 공간 내 임의의 사용자 손 위치에 맞추어 무접촉식 햅틱 렌더링을 할 수 있는 초음파·집적방식 햅틱 센서를 이용하며, 손 위치는 고정밀 스테레오 비전 센서를 이용한다.

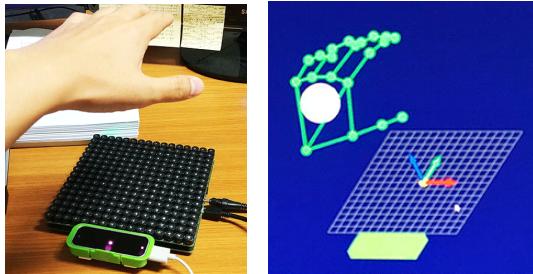


그림 3. 초음파·집적방식 햅틱 센서(좌)와 OpenGL 기반 시각화 테스트(우)

II-3. 제안하는 방법의 구현 및 실험 결과

본 연구에서는 제안하는 시스템을 실제 홀로그래픽 디스플레이에 적용하기에 앞서 프로토타입 모델의 구현으로 실험 제작하였다. 소프트웨어는 모두 Visual Studio 2017 환경에서 C++로 개발되었다.

우선 렌더링 모듈은 3차원 그래픽 처리와 장면 렌더링 시뮬레이션을 위해 OpenGL을 이용하여 렌더링 프레임워크를 개발하였다. OpenGL을 이용하면 z-buffer에서 깊이 정보도 쉽게 취득할 수 있다. 이 깊이 정보 이미지로부터 홀로그램을 손쉽게 생성하기 위해 최근 각광받고 있는 오픈소스 홀로그래픽 라이브러리인 Openholo [3]를 이용했다. Openholo는 프린지 패턴 생성을 위한 입력 3차원 데이터 유형으로 3D 포인트 클라우드, 깊이 정보 이미지, 삼각 면적 모델, 라이트 필드 이미지 어레이를 지원한다. 그리고 각 입력 데이터 유형별로 CUDA 기반의 GPGPU 가속화를 지원하여 CUDA가 지원되는 NVIDIA 그래픽카드 환경에선 고속으로 홀로그램을 생성할 수 있다. 그리고 BSD 라이센스로 배포되어 상용화 목적으로도 아무런 제한없이 사용 가능하다. Openholo에서 Depth map으로부터 홀로그램을 생성하는 구체적인 알고리즘은 Openholo의 기술 문서를 참조한다.

터치센싱 모듈은 Ultraleap 社의 Ultrahaptics [4] 센서의 시험모듈을 이용하였다. 초음파·집적방식 햅틱 센서인 Ultrahaptics 센서는 초음파·변환 모듈 256개를 16×16 의 어레이 형태로 집적 배치하였고, 근거리 적외선 스테레오 카메라로 사용자의 손 위치를 마디 단위까지 정밀하게 고속으로 인식·추적할 수 있는 Leap motion [4] 센서가 고정된 위치에 부착되어 있다. 이를 통해 사용자의 손 위치를 실거리 단위로 정밀하게 실시간 추적할 수 있고, 구성하는 두 센서 모듈 간에 3차원 공간 좌표계가 사전 캘리브레이션 되어 있어 손이 초음파 모듈 어레이 플레이트 위 공간에 위치할 경우 초음파 방출로 무접촉식 가상 촉감을 손 위치에 정밀하게 제공할 수 있다. 또한 Leap motion 센서 그 자체로 손 동작(위치 변화 등)에 따른 장면 회전 등 제어 인터랙션도 가능하다. 아직 프로토타입 모델이므로, 영상이 출력되는 모니터의 디스플레이 공간 좌표계와 햅틱 센서 좌표계 간의 캘리브레이션은 OpenGL로 센서 공간을 시각화 한 다음(그림 3), 수작업을 통해 실험적인 방법으로 기하 변환값을 조절하여 교정하였다. 최

종 구현한 시뮬레이션 결과는 아래 그림 4와 같다.

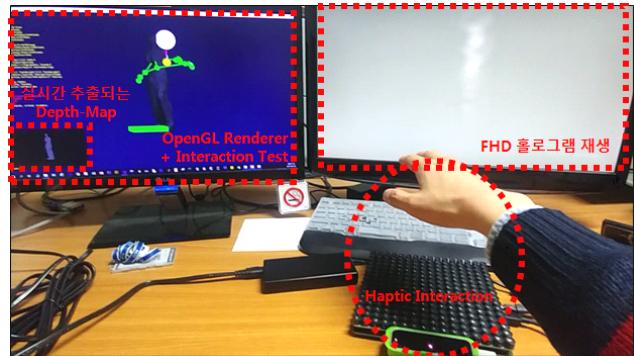


그림 4. 프로토타입 구현 실험 결과

III. 결 론

본 논문에서는 초실감 홀로그래픽 디스플레이를 위해 사용자가 손으로 터치 상호작용 할 수 있는 3차원 그래픽스 기반의 홀로그램 콘텐츠 생성 시스템을 제안하였다. 제안하는 방법은 OpenGL을 이용하여 3D 그래픽스 렌더링 과정에서 장면의 깊이 정보를 받아와 Openholo 라이브러리를 이용하여 홀로그램 영상을 생성하였고, 이를 Ultrahaptics 센서를 통해 사용자가 터치로 상호작용할 수 있게 구성하였다.

제안하는 시스템은 프로토타입 모델로 제작되었으나, 이를 실제 홀로그래픽 디스플레이에 적용하기 위해선 장면의 Depth map으로부터 홀로그램을 고속으로 생성할 수 있는 기술이 실시간 수준으로 개발되어야 할 것이다. 그리고 Ultrahaptics 센서를 이용한 햅틱 신호 역시 최근 많이 연구되고 있는 다양한 햅틱 렌더링 기술을 적용하여 해당 콘텐츠에 보다 적절한 다양한 촉감 신호를 제공할 수 있어야 할 것이다. 여기에 RGB-D 센서를 결합하여 사용자의 실제 실시간 영상을 이용한다면, 추후 AR 등 다양한 초실감 미디어 플랫폼 서비스로 활용 가능할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2020-0-00924, 3차원 정보기반 홀로그램 프린팅 콘텐츠 제작을 위한 홀로그램 저작도구 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] Y. Kim, J. Hong, S. Hong, C. Shin, H. H. Ahn, E. Stoykova, H. Kang, "Interactive Multi-Plane Display," Biomedical Optics and 3-D Imaging: OSA Optics and Photonics Congress – Digital Holography and Three-Dimensional Imaging (DH), Orlando, Florida, USA, JTU4A1, 2018.
- [2] 김영민, 홍지수, 홍성희, 최근섭, E. Stoykova, 강훈종, "공간 터치 방식을 이용한 차량용 정보 제어 장치," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1815–1816, July. 2019.
- [3] 홍성희, 변정재, 황이환, 박주섭, 주상길, 배현주, 김영민, 홍지수, 강훈종, "디지털 홀로그램 콘텐츠 제작과 시뮬레이션을 위한 오픈 라이브러리 개발," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1141–1142, Jan. 2019, (<http://openholo.org>).
- [4] T. Carter, S. A. Seah, B. Long, B. Drinkwater, S. Subramanian, "Ultrahaptics : Multi-point mid-air haptic feedback for touch surfaces," in Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, ser. UIST '13. New York, NY, USA : ACM, 2013, pp. 505–514, (<http://www.ultraleap.com>).