

인터랙티브 폼: 3차원 CAD 시스템과 실제세계의 괴리를 잇는 탠저블 인터페이스

Interactive Foam: Tangible Interface Bridging the Gap between 3D CAD System and the Real World

이우훈

한국과학기술원 산업디자인학과

Lee, Woohun

Dept. of Industrial Design, KAIST

박준

홍익대학교 컴퓨터공학과

Park, Jun

Dept. of Computer Science, Hongik University

• Key words: 3D CAD System, Augmented Reality, Tangible Interface, Skin Detection

1. 서론

우리가 일상에서 새로운 사물을 접하면 무의식적으로 손을 대며 만져보곤 한다. 액티브 터치[1]를 통해 인간은 물체의 표면을 탐색하며 오브젝트의 크기와 부피감 그리고 3차원적인 면의 흐름에 대한 보다 실제적인 느낌을 파악한다. 디자이너는 디자인 결과물에 대한 심미적 평가단계에서 반드시 오브젝트를 손으로 만져보며 꼼꼼히 관찰하는데 시각적인 정보만으로는 부족함을 느끼기 때문이다. 그렇다면 과연 제품 디자인 초기단계에서 3D CAD 시스템이 갖는 아이디어 표현과 편집의 유연성이라는 장점을 유지하며 디자이너로 하여금 조형에 대한 촉각적 존재감을 느끼게 하는 효율적인 방법은 없는 것일까?

모든 디자이너가 애용하고 있는 발포수지와 증강현실(Augmented Reality)을 합성함으로써 우리는 가능성 있는 대안을 만들어 낼 수 있다. 폴리우레탄으로 된 블루폼(Blue foam)은 저렴하고 절삭가공이 용이하기 때문에 수공을 통한 스터디 모형제작에 널리 활용되고 있으며 계속해서 CNC 가공도 할 수 있다. 그래서 이미 많은 디자인 스튜디오에서 3차원 CAD 모델링 결과를 바탕으로 CNC 가공을 거쳐 외관 디자인 결과를 테스트하는 기법을 활용하고 있다. 우리는 가공된 블루폼 모형에 증강현실 기술을 접목하여 동일한 모델링 데이터를 컴퓨터 그래픽으로 중첩시킴으로써 만지고 잡을 수 있는 증강현실을 구현할 수 있는데 우리는 이를 "인터랙티브 폼(Interactive Foam)"이라고 명명하였다.

2. 선행 관련연구

물리적인 모형 위에 가상영상 합성을 통해 보다 현실감 있는 경험을 제시하고자 한 연구사례로 Shader Lamps[2]와 Augmented Prototyping[3] 등이 있다. Shader Lamps는 흰색의 물리적 모형에 컴퓨터로 계산한 표면색을 프로젝트로 영상함으로써 관찰자가 화면을 통해 보는 것과는 다른 실체감을 느끼게 하고 있으며 표면 속성을 조정할 수 있도록 하여 상호작용적으로 오브젝트를 감상할 수 있도록 하였다. Stork등이 제안한 Augmented Prototyping의 개념은 제품개발 프로세스를 개선하고자 RP기술과 증강현실 기술을 합성한 것이다. RP로 제작된 부품에 증강현실로 실제 색상과 텍스처를 오버레이하도록 하였다. 디자이너는 HMD를 통해 3D CAD 시스템에서 작업한 결과물을 충분한 시각적 사실성과 촉각적 피드백을 느끼며 검토할 수 있도록 하였다.

상기한 두 연구 중 특히 Augmented Prototyping은 개념적으로 인터랙티브 폼과 상당한 공통점을 갖는다. 하지만 인터랙티브 폼은

CNC가공에 의한 소프트 폼 모형을 사용하기 때문에 디자인 리뷰 단계가 아닌 초기단계에도 쉽게 활용가능하다는 것이 Augmented prototyping과 구별된다. 또한 디자이너와 오브젝트 간의 보다 적극적인 물리적 상호작용을 구현하기 위해 손과 오브젝트간의 가려짐 문제에 대한 현실적 해결안 제시에 중점을 두고 있는 점에서도 명확한 차이를 나타낸다.

3. 인터랙티브 폼의 구현

3.1 손가림 문제에 대한 해결방안

실제 배경 이미지로부터 사용자 손을 분리해내기 위해 피부영역에 대한 정의가 필요하다. RGB 값에서의 비교는 단순해 보이지만 피부 검출에서 상당히 괜찮은 방법이라고 할 수 있다. Wark등[4]은 피부 유사색을 효과적으로 검출해내기 위해 R/G 비율에 의한 단순 역치비교법을 사용했다. 우리가 요구하는 적절한 퍼포먼스의 방법을 찾기 위해 전술한 피부 영역 검출법을 테스트하였고 최종적으로 우리가 구축한 시스템에서는 Peer 등[5]이 제안한 아래의 방법을 채용하였다.

$$\begin{aligned} &R>95 \text{ and } G>40 \text{ and } B>20 \text{ and} \\ &\text{Max}\{R,G,B\}-\text{Min}\{R,G,B\}>15 \text{ and} \\ &|R-G|>15 \text{ and } R>G \text{ and } R>B \end{aligned}$$

피부영역을 검출한 후 경계선에서 나타나는 지터(jitter)를 약화시키기 위해3X3평활 필터를 사용했다. 평활과정을 통해 손 영역은 가상 오브젝트와 자연스럽게 합성될 수 있었다.

3.2 3차원 CAD 데이터로부터 인터랙티브 폼 제작

인터랙티브 폼은 3차원 CAD 시스템에서 작업한 모델링 데이터를 가공해 물리적인 폼 모형을 제작하고 동일한 데이터를 이용해 증강현실 기술로 그래픽 오버레이를 생성하여 양자를 합성하는 방식을 통해 구현된다. 본 연구에서는 Rhinoceros 3.0을 이용해 오브젝트 모델링을 수행했고 이를 STL 포맷을 전환하여 다음 단계의 작업을 진행했다. 푸른색 폴리우레탄 폼을 CNC 머신으로 가공하여 모델링한 오브젝트의 폼 모형을 제작하였다. (그림 1의 좌1) CNC를 이용해 가공한 폼 모형에 피부색 검출을 보다 용이하게 하기 위해 푸른색 페인트로 도장하였다. 마지막으로 폼 모형의 특정부위에 트래킹을 위한 사각형 마커를 부착하여 인터랙티브 폼을 완성했다. (그림 1의 우1)

3.3 물리적 폼 모형과 가상 오버레이의 합성

증강현실에 의한 가상 그래픽 오버레이를 구현하기 위해 비전 기반 마커 트래킹 라이브러리인 ARTToolKit2.65를 사용했다. 비디오

입력장치로는 IEEE1394 웹캠(iBOT)을 사용했고 디스플레이는 SVGA 해상도의 비디오투시형 HMD를 사용했다. 인터랙티브 폼에 합성되는 가상 오버레이는 3차원 CAD에서 생성한 STL포맷의 데이터를 그대로 이용했다.

그림 1의 좌2와 우2는 머그 컵 디자인을 이용해 기존의 증강현실과 인터랙티브 폼을 기반으로 하는 제품외관 디자인 시뮬레이션 과정에서의 차이를 나타낸다. 종래의 일반적인 증강현실의 경우 폼 모델 없이 종이 마커만을 사용하므로 오버레이된 오브젝트를 만질 수 없고 컵 손잡이도 잡을 수 없다. 동일한 인터랙티브 폼을 사용했음에도 불구하고 그림 1의 좌2와 우2 사이에는 상당한 차이가 느껴진다. 좌2의 경우 가려짐 현상 때문에 손이 가상 오버레이에 가려 전혀 보이지 않는 반면 우2의 경우 인터랙티브 폼을 탐색하는 손의 움직임을 확인할 수 있다. 따라서 그림1의 우2에서 디자인하는 제품을 만지듯이 인터랙티브 폼을 터치하며 조형적 느낌을 파악할 수 있는 것이다. 그림 1의 좌3에서도 알 수 있듯이 종이 마커 위에 단순한 가상 오버레이는 배경과 유리되어 공중에 부양한 느낌(floating effect)을 주는데 그림 1의 우3 같이 인터랙티브 폼은 그림자와 반사이미지를 제공해 상당한 시각적 실재감을 느끼게 한다.

4. 청소용 로봇 디자인에의 활용

우리는 인터랙티브 폼의 효용성을 평가하기 위해 청소용 로봇의

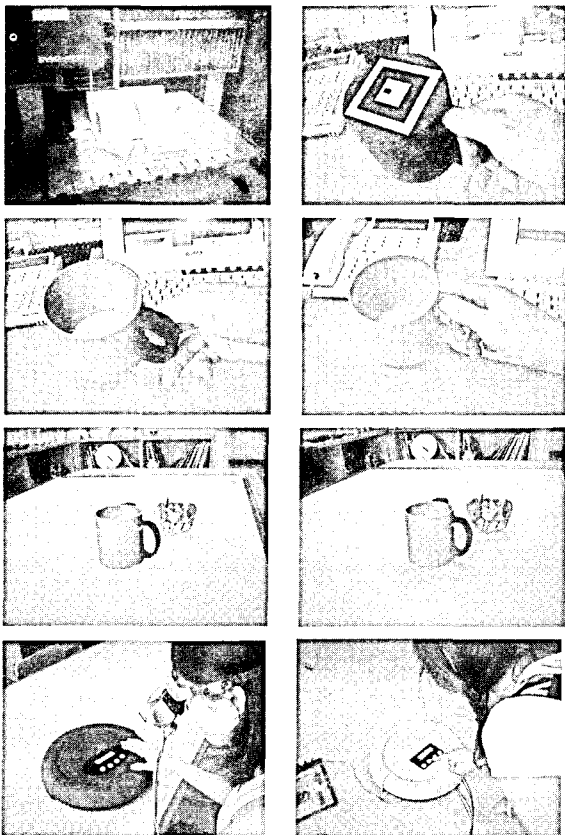


그림1 인터랙티브 폼의 구현 및 응용. (좌1) 3차원 모델링 후 CNC 가공. (우1) 트래킹용 마커를 부착하여 인터랙티브 폼 완성. (좌2) 가려짐 문제를 해결하지 전의 인터랙티브 폼. (우2) 가려짐 문제를 해결한 경우. (좌3) 그림자나 반사 이미지가 없는 기존의 증강현실. (우3) 그림자나 반사 이미지가 선명한 인터랙티브 폼. (좌4) 인터랙티브 폼을 활용하여 청소용 로봇의 외관 디자인을 감상하는 장면. (우4) 인터랙티브 폼을 통해 청소용 로봇을 조작하는 장면

외관과 유저 인터페이스 디자인 작업에 연구결과를 적용하였다. 주로 디자인 결과에 대한 시뮬레이션을 통해 문제점을 발견하고 수정하는데 인터랙티브 폼이 활용되었다. (그림1의 좌4와 우4) 이 과정에서 몇 가지 흥미로운 사실을 확인할 수 있었다. 우선 인터랙티브 폼이 청소용 로봇의 조작부의 위치와 크기에 대한 적정성 평가를 위해 아주 효과적으로 사용될 수 있다는 것이다. 이렇게 상세 디자인에 대한 정량적 검토는 기존의 3 차원 CAD 시스템이나 일반적인 증강현실에서는 거의 불가능한 것이다. 또한 기존의 폼 모형과는 달리 상세 디자인에 대한 다양한 대안을 신속히 교체하며 상호간의 장단점을 비교할 수 있었다. 유저 인터페이스 디자인 프로토타입과 합성하여 제시할 경우 손쉽게 고품질의 워킹 프로토타입을 제작할 수 있음을 확인할 수 있었다. 특히 이 경우 화면상의 가상 프로토타입과는 달리 사용자와 인터랙티브 폼과의 공간적 상호작용이 가능하다는 특징을 갖는다. 따라서 사용자는 실제 제품을 사용하는 것과 같이 인터랙티브 폼을 만져보고 조작해 볼 수 있어 자연스럽게 사용행태를 관찰할 수 있었다.

5. 결론 및 향후연구과제

본 연구를 통해 기존 3차원 CAD 시스템을 기반으로 하는 디자인 과정에서 관찰되는 "실체성 결여"의 문제에 대한 해결방안으로서 만지고 잡을 수 있는 신개념을 증강현실인 인터랙티브 폼을 제안하였다. 아울러 인터랙티브 폼의 구현과 응용사례를 통해 기대했던 만큼 신속하게 고품질의 워킹 프로토타입을 제작할 수 있음을 확인할 수 있었다. 인터랙티브 폼은 기존의 일반적 증강현실기술에 비해 향상된 시각적 실재감과 촉각적 존재감을 제공할 수 있어 디자이너로 하여금 상세 디자인에 대한 다양한 디자인 검토를 가능하게 했다. 아울러 디자인 결과물과의 공간적 상호작용을 시뮬레이션할 수 있게 했다.

이러한 성취와 더불어 몇 가지 후속 연구에 대한 몇 가지 이슈를 발견할 수 있었다. 인터랙티브 폼에 부착된 마커는 손에 의해 가려지는 경우가 빈번하고 기물기에 적지 않은 영향을 받기 때문에 보다 향상된 트래킹 방법에 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서 개발한 인터랙티브 폼은 조명환경에 따라 피부 검출의 정확성이 저하되는 경우가 가끔 관찰되는데 현실적으로 디자인 과정에 응용하기 위해서는 더욱 개량된 기법의 개발이 요구된다.

참고문헌

- Gibson, J. J.: Observations on Active Touch, Psychological Review 69(6) (1962) 477-490
- Raskar, R. Welch, G., Low, K.-L., Bandyopadhyay, D.: Shader Lamps: Animating Real Objects with Image Based Illumination, Eurographics Workshop on Rendering (2001)
- Fiorentino, M., de Amicis, R, Monno, G., Stork, A.: Sapce design: A Mixed Reality Workspace for Aesthetic Industrial Design, ISMAR2002 (2002) 86-94
- Wark, T., Sridharan, S.: A Syntactic Approach to Automatic Lip Feature Extraction for Speaker Identification, Proceedings of ICASSP '98 (1998) 3693-3696
- PEER, P., KOVAC, J., SOLINA, F.: Human skin colour clustering for face detection, EUROCON 2003 International Conference on Computer as a Tool (2003)