

자연스러운 상호작용이 가능한 증강현실기반 실감형 모델링 환경구현*

이민경, 김세환, 박영민, 우운택
광주과학기술원 U-VR 연구실
{mlee, skim, ypark, wwoo}@gist.ac.kr

Development of Natural Interaction-enabled AR-based Immersive Modeling Environment

Minkyung Lee, Sehwan Kim, Youngmin Park, and Woontack Woo
GIST U-VR Lab.

요약

본 논문에서는, 기존의 제품 디자인 과정이 많은 시간과 비용을 필요로 하는 단점을 보완하기 위하여, 자연스러운 상호작용이 가능한 증강현실기반 실감형 모델링 환경을 제안한다. 구현된 시스템은 크게 세 부분, 1) 배경 분리 방법을 적용한 양안차 추정, 2) 단순화된 손 모델을 이용한 상호작용, 그리고 3) 시정각 피드백,으로 나뉜다. 제안된 시스템은 3 차원 시각 정보를 이용하여 사용자의 손이 증강된 가상 객체에 의해 가려지는 문제점을 해결함으로써, 보다 사실적인 증강현실 환경을 제공한다. 그리고, 사용자가 마커 혹은 장갑 등을 착용하지 않고도, 환경에 증강된 실감형 모델과 상호작용할 수 있도록 하기 때문에, 사용자에게 시제품을 사용하는 것과 유사한 형태의 작업 환경을 제공할 수 있다. 또한, 상호작용의 결과로 제공되는 시정각 피드백은 사용자로부터 더 많은 몰입감을 느낄 수 있도록 한다. 제안된 환경은 모델 수정을 실시간에 가능하도록 하기 때문에, 다양한 디자인 교육 과정 뿐만 아니라, 실제 제품을 디자인하는 데 있어서도 유용하게 사용할 수 있다.

Keyword : Vision-based Interaction, Augmented Reality, HCI

1. 서론

최근 다수의 소비자들이 디자인을 중시하여 물건을 선택하기 때문에, 디자인이 제품 판매에 큰 영향을 미친다. 그러나, 디자인이 실제 제품으로 생산되기 위해서는 많은 시간과 비용을 필요로 하는 과정을 거쳐야 하는 문제점이 있다. 특히, 컴퓨터를 이용한 제품 모델링의 경우, 제품의 모델이 3 차원임에도 불구하고 2 차원적인 설계 정보 표현으로 인해 실제 환경과 유사한 형태의 시물레이션하기에는 한계가 있다. 이러한 한계점을 해결하기 위해 일반적으로 CAD 모델을 목업 모델(Mock-up Model)로 생산하여, 사용자가 실제 사용

하는 것과 같은 효과를 제공할 수 있다. 그러나, 목업 모델 생산에 시간 및 비용이 많이 소모될 뿐 아니라, 수정을 위해서는 모델 설계에서 목업 모델을 생산하는 과정을 반복해야 한다. 이러한 개발 시간 및 비용의 소비는 제품 개발 속도를 현저히 저하시킨다. 이러한 기존의 모델링 방법의 한계점을 보완하기 위하여, 증강현실기술 및 가상현실기술이 도입되었다.

CAVE 를 이용한 모델링 시스템은 사용자가 육면체의 가상 공간 내에서 모델을 체험하게 함으로써, 몰입감을 증대시키고자 하는 시스템이다 [1]. 이러한 시스템은 사용자가 실제 크기와 유사한 형태의 가상 모델을 상호작용을 통해 조작할 수 있

* 본 연구는 광주과학기술원 실감콘텐츠연구센터(ICRC) 및 실감방송연구센터(ITRC)의 지원에 의하여 수행됨.

다는 장점이 있다. 그러나, 시스템을 구축하는데 많은 비용이 소모되고, 특정 입력장치를 이용한 상호작용만이 가능하다. 그리고, 사용자는 3 차원 디스플레이를 위해 서티글래스 혹은 편광 안경을 착용해야만 한다.

스프레이를 이용한 모델링의 경우 사용자가 실제의 스프레이 도구를 이용하여 가상의 모델과 상호작용할 수 있도록 하였다 [2]. 그러나, 모델을 생성하기 위한 사용자의 작업 공간과 가상 모델을 디스플레이하는 공간이 분리되어 있기 때문에, 사용자가 3 차원 모델을 이용하여 효과적으로 작업하기에는 한계가 있다. 또한 이러한 방법 역시 사용자가 특정 안경을 착용해야만 3 차원 효과를 경험할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하기 위하여, 자연스러운 상호작용이 가능한 증강현실기반 실감형 모델링 환경을 제안한다. 제안된 환경에서는 3 차원 모니터를 이용하여 사용자가 특정 안경을 착용하지 않고도 입체적인 작업 환경을 경험할 수 있도록 한다. 또한 모니터 뒷면에 부착된 스테레오 카메라를 통하여 사용자의 시야와 디스플레이 공간을 동일화 함으로써, 사용자 손의 움직임을 추적할 수 있기 때문에, 부가적인 입력장치를 대신해서 사용자의 손을 사용할 수 있다. 더불어 사용자가 자연스럽게 증강된 가상 객체와 상호작용할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 전체적인 시스템 구성 요소에 대해 설명하고, 3 장에서 시스템 구현을 보인다. 그리고 4 장에서 결론 및 향후 과제에 대해 논의한다.

2. 시각기반 실감형 모델링 환경

그림 1 에서 보이는 바와 같이 제안된 시스템은 크게 1) 폐색 (Occlusion) 문제를 해결하기 위한 배경 분리 방법을 적용한 양안차 추정, 2) 정확한 상호작용 제시를 위한, 단순화된 손 모델을 이용한 상호작용, 그리고 3) 실감성 부여를 위한 시청각 피드백의 세 부분으로 구성된다.

제안된 시스템은, 모니터 뒷면에 부착된 스테

레오 카메라로부터 사용자 환경 및 손의 스테레오 영상을 획득한다. 획득된 스테레오 영상에 배경 분리 방법을 적용하여 AR 마커 및 사용자 손을 분리한다. 분리된 영상에 양안차 추정 알고리즘을 적용함으로써, AR 마커 및 사용자 손의 3 차원 정보를 추출한다.

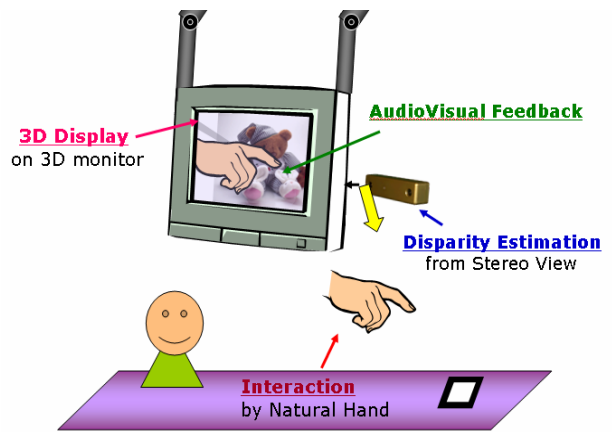


그림 1. 시스템 구성도

2-1. 배경 분리 알고리즘을 적용한 양안차 추정

제안된 시스템의 첫번째 구성 요소인 양안차 추정 모듈은 사용자에게 편리하고 입체감 있는 증강현실 환경을 제시하기 위한 것이다. 전체적인 과정은 그림 2 에서 보인다.

3 차원 디스플레이가 가능한 모니터 뒷면에 스테레오 카메라를 부착하여, 사용자 작업 환경의 3 차원 정보 획득 및 디스플레이가 가능하도록 한다. 사용자에게 3 차원 디스플레이를 제공할 모니터 및 환경의 정보를 획득하는 스테레오 카메라는 사용자의 시야와 같은 방향으로 향하기 때문에, 가상 객체를 증강하기 위한 AR 마커 및 사용자의 손이 포함된 영상을 획득할 수 있다. 스테레오 카메라는 고정 되어있기 때문에, 보다 빠르고 정확한 양안차 맵 획득을 위해 배경 분리 기법을 적용한다 [3]. 제안된 시스템에 적용된 배경 분리 기법은 일반적인 배경 분리 기법과 마찬가지로 배경 모델링 및 모델링된 배경 영상으로부터 사용자 손을 분리하는 두 가지 단계로 나뉘어진다. 배경 모델링 단계에서는 배경을 학습하고, RGB 및 정규화된 RGB 공간에 대한 기준 영상을 생성한다. 사

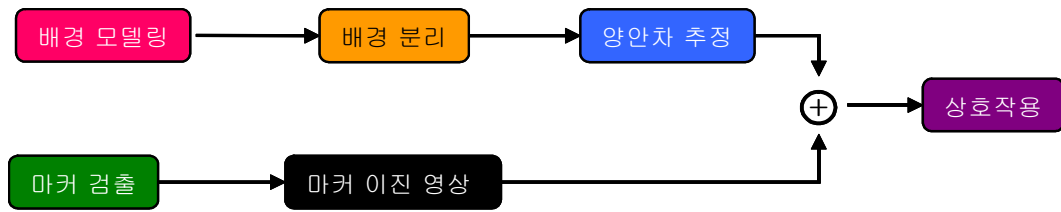


그림 2. 용도에 따른 3차원 정보 획득 과정

용자의 손 분리 단계에서는 각각의 컬러 공간의 기준 영상에 현재 획득된 영상을 감산연산 함으로써 분리된 사용자 손을 획득할 수 있다. 획득된 두 장의 분리 영상을 이용하여, SAD에 기반한 양안차 추정 알고리즘을 적용함으로써, 영상 전체를 고려한 방법보다 빠르고, 정확한 결과를 제공할 수 있다. 오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.. 마커의 경우, ARToolKit [4]을 이용하여 획득한 마커의 이진 영상을 다시 분리된 영상에 적용함으로써, 마커의 3차원 정보를 획득할 수 있다.

2-2.3 3차원 시각 기반 상호작용

2차원 시각 기반 증강현실 시스템의 경우, 사용자의 손이 증강된 객체에 의해 가려지는 폐색 문제가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서, 제안된 시스템에서는 분리된 사용자의 손 영상을 마스크로 이용하여, 가상 객체와의 깊이 정보의 차이에 따라 자연스럽게 보일 수 있도록 하였다.

그림 3에서 보인 것과 같이, 3차원 시각 기반 상호작용의 첫 단계로, 분리된 사용자 손 영상에서 사용자 손의 실루엣을 획득한다. 획득된 실루엣에서 사용자 손의 한 손가락 끝점을 찾아내기 위해서 스캐닝을 통해 가장 작은 y 값을 가지는 점을 손끝점으로 가정한다. 획득된 손끝 점의 위치 정보를 기준으로 32 × 32 픽셀의 마스크를 이용하여 손끝의 방향을 계산한다.

손가락을 하나의 구와 원통으로 이루어진 모델이라고 가정하고, 손끝점에 5~10 픽셀의 크기를 가지는 구를, 손가락은 계산한 손가락 방향과 같은 방향을 가지는 원통을 각각 맵핑하여 간략화된 손가락 모델을 생성한다. 이렇게 생성한 손가락 모델과 증강된 가상 모델 사이에 모델 대 모델 충돌 알고리즘을 적용하여, 보다 정확한 충돌 검

출 결과를 제시할 수 있다 [6]. 충돌 결과는 사용자에게 시청각 피드백을 제공하기 위한 결과로 사용된다.

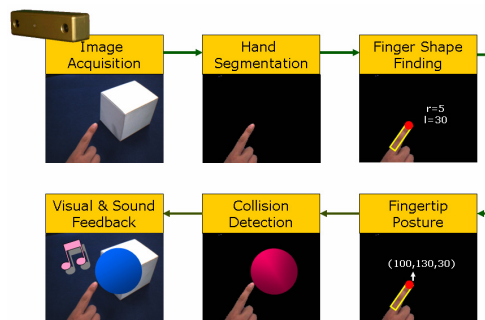


그림 3. 상호작용 순차도

2-3. 시각 및 청각 피드백

시각 기반 상호작용으로부터 획득한 충돌 검출 여부는 사용자에게 시청각 피드백을 제공하기 위한 필수적인 요소이다. 시각 기반 상호작용 모듈에서 넘겨진 사용자의 손끝과 증강된 가상 객체 사이의 충돌 감지 결과를 이용하여, 충돌 시 청각 피드백을 제공할 수 있다. 뿐만 아니라, 시각 피드백으로 증강된 가상 객체의 색상을 바꾸거나, 디자인을 변경하는 등의 다양한 기능을 제공할 수 있다. 시청각 피드백은 제안된 시스템이 사용자에게 현실감을 제공하기 위한 필수적인 요소이다.

3. 시각기반 실감형 모델링 환경 구현

제안된 시스템은 3차원 디스플레이를 위하여 무안경 입체 디스플레이가 가능한 DTI의 2015XLS를 이용하였다 [7]. 모니터는 512 × 768 해상도의 3차원 디스플레이를 제공한다. 모니터 뒷면에 부착한 스테레오 카메라는 PointGrey사의 BumbleBee를 채택하였다 [8]. 시스템 하드웨어 구

성은 그림 4에서 나타내었다.

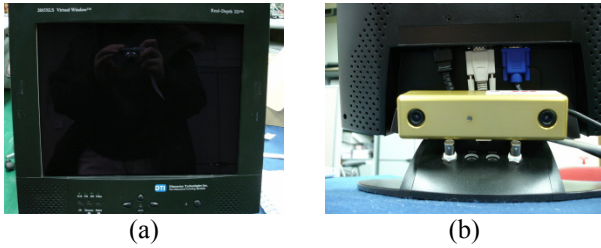


그림 4. 시스템 하드웨어 구성 (a) 무안경 입체 디스플레이 (b) 모니터 뒷면에 부착된 스테레오 카메라

스테레오 카메라 출력 및 모니터 입력은 2.8Ghz Xeon CPU, 2GByte memory, 128M Video Ram 으로 구성된 워크스테이션에 연결되었다. 영상신호처리와 관련된 부분은 OpenCV 라이브러리 β3.0 버전을 이용하였으며, 마커 획득 및 추적과 관련한 ARToolKit 은 Directshow 2.52 버전을 이용하였다 [9][10]. 손가락 모델과 증강된 가상 객체 사이의 충돌은 Solid Library 를 이용하였다 [11].

그림 5는 2-1 절에서 제안된 배경분리 방법을 이용한 양안차 추정 방법을 적용한 결과이다. 그림 5 (a)는 스테레오 카메라로부터 획득한 영상이고, 그림 5 (b)는 배경 분리 방법이 적용된 결과를 보인다. 그리고, 그림 5(c)는 분리된 영상을 이용한 양안차 추정 결과를 보인다.

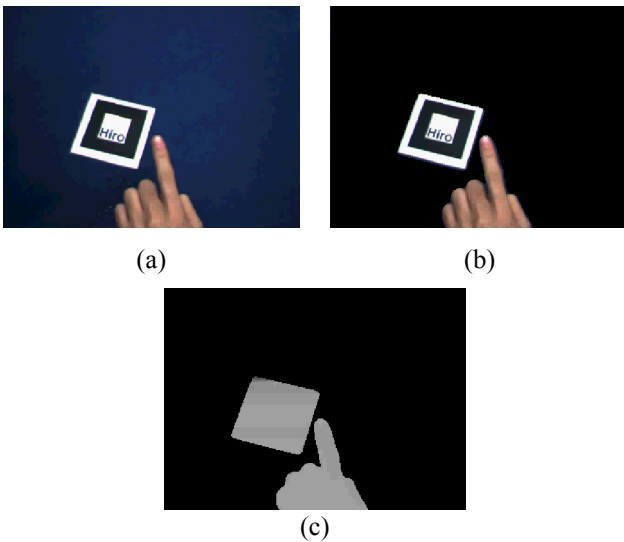


그림 5. 양안차 맵 획득 (a) 획득된 영상 (b) 배경 분리된 영상 (c) 두 장의 분리 영상을 이용한 양안차 추정 결과

그림 6은 분리된 영상을 이용한 사용자 손가락 끝점 추적 결과를 보인다. 그림 6 (a)는 스테레오 카메라로부터 획득된 영상을 나타내고, 그림 6 (b)는 배경 분리 영상으로부터 사용자 손만을 분리하여 생성한 사용자 손 마스크를 보인다. 그림 6 (c)는 마스크를 이용한 사용자 손끝점 추적 결과와 실제 영상과 획득된 사용자 손끝점을 동시에 나타내었다.

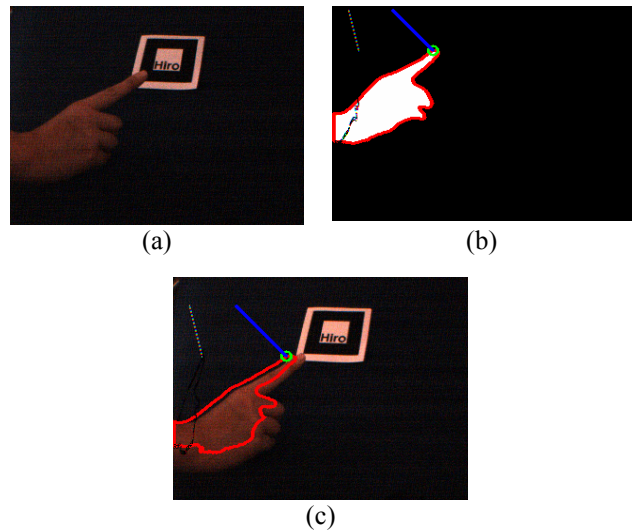


그림 6. 손가락 추적 결과 (a) 획득된 영상 (b) 사용자 손만의 분리 결과를 이용한 마스크 및 손끝점 추적 (c) 실제 영상에 적용한 사용자 손 추적

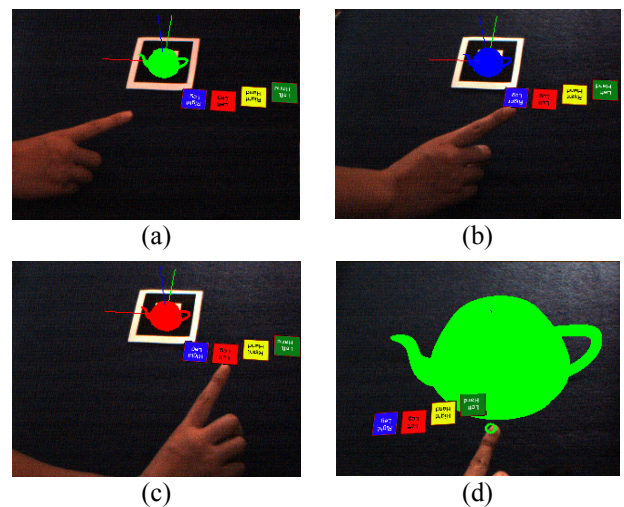


그림 7. 사용자 피드백 결과; (a) 초기 화면, (b), (c) 상호작용을 통한 증강된 모델의 색상 변화, (d) 상호작용을 통한 증강된 모델의 크기 변화

그림 7은 사용자 시각 피드백으로 제공되는 여러 기능들을 보인다. 그림 7 (a)는 ARToolKit 마커를 이용한 가상 객체 증강 및 해당 메뉴 증강을 보인다. 그림 7 (b)와 그림 7 (c)는 사용자 손과 증강된 메뉴 사이의 충돌을 감지하여, 그 결과 변화된 모델 색상을 보인다. 그림 7 (d)는 다른 형태의 시각 피드백으로 모델의 크기가 변화된 결과를 보인다. 사용자가 해당 버튼을 누르는 횟수에 따라, 증강된 모델의 크기가 점차적으로 변화할 수 있도록 구성하였다.

표 1과 그림 8에서는 셔터 글래스를 착용한 경우의 3차원 모델링 환경과, 제안된 시스템을 이용한 사용성 평가 결과이다. 전체 10명 (남성 7명, 여성 3명)을 대상으로 제안된 작업 환경에 대한 사용성 평가를 수행하였다.

표 1. 사용성 평가 결과표

	Shutter Glass		3D monitor	
	mean	Std.	mean	Std.
안경 미착용 편리성	2.3	0.823	4.4	0.516
작업 효과	2.6	0.843	4.3	0.483
어지러움	2.4	0.699	2.9	0.738
전체적인 만족도	2.3	0.483	3.9	0.316

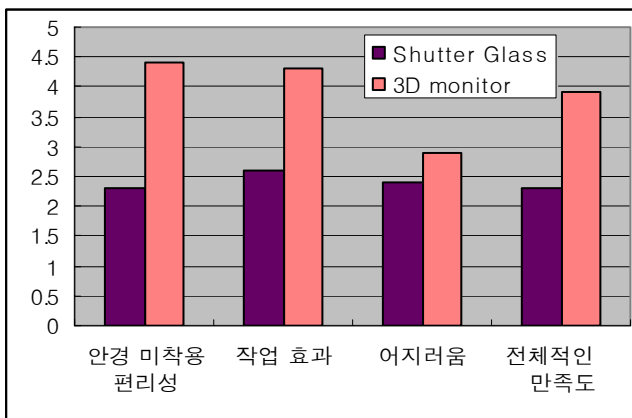


그림 8. 일반적인 스테레오 디스플레이 및 3차원 모니터를 이용한 작업 환경 평가

실험 결과에서 볼 수 있는 것과 같이 3차원 모니터 디스플레이를 이용한 경우와 일반적인 셔터글래스를 사용하는 스테레오 디스플레이를 이용하는 경우를 비교해 볼 때, 안경을 착용해야 하는 불편함이 적고, 작업 효과도 향상됨을 알 수 있다.

그러나, 셔터글래스를 착용하고 3차원 디스플레이를 경험하는 것보다는 약간의 어지러움을 더 느꼈다. 그러나, 전체적인 시스템 만족도에서, 3차원 모니터를 이용한 시스템의 경우 만족도가 3.9 (표준편차 0.316)이었으며, 셔터글래스를 착용해야 하는 일반적인 스테레오 디스플레이를 이용한 경우의 만족도는 2.3 (표준편차 0.483)이었다. 따라서, 사용자가 느끼는 어지러움은, 시스템의 전체적인 성능에서 비교해 볼 때 크게 문제가 되지 않음을 알 수 있었다.

4. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 기존의 제품 디자인 과정의 단점을 보완하기 위하여 자연스러운 상호작용이 가능한 증강현실기반 실감형 모델링 환경을 제안하였다. 제안된 시스템은 3차원 시각 정보를 이용하여 사용자의 손이 증강된 가상 객체에 의해 가려지는 문제점을 해결함으로써, 보다 사실적인 증강현실 환경을 제공하고 사용자에게 실제 제품을 사용하는 것과 유사한 형태의 작업 환경을 제공하였다. 또한, 상호작용의 결과로 제공되는 시정각 피드백은 사용자가 더 많은 몰입감을 느낄 수 있도록 하였다. 향후 연구로는 제안된 시스템을 촉각 피드백과 결합하여, 사용자에게 보다 많은 실감성을 제공하는 시스템으로의 확장이 가능하다. 또한, 3차원 모델링 툴과 연동함으로써, 2차원으로 한정된 디자인 환경을 3차원으로 확장하여 보다 쉽고 현실감있는 디자인이 가능하도록 한다.

참고 문헌

- [1] Kirill Dmitriev, Thomas Annen, Grzegorz Krawczyk, Karol Myszkowski, Hans-Peter Seidel, "A CAVE System for Interactive Modeling of Global Illumination in Car Interior," Proceedings of ACM VRST '04, 2004.
- [2] Hee-Kyoung Jung, Tek-jin Nam, Ho-sung Lee, and Seung-yeop Han, "Spray Modelig: Augmented Reality Based 3D Modeling Interface for Intuitive and Evolutionary Form Development," In the Proc. Of

International Conference on Artificial Reality and Telexistence(ICAT2004), pp.319 –324, 2004.

[3] D.Hong and W.Woo, “Background Subtraction for a Vision-based Interface,”In the Proc. Of Pacific-Rim Conference on Multimedia, PCM03-CD Proceeding, pp. 1B3.3, 2003.

[4] Heiko Hirschmuller, Peter R. Innocent and Jon Garibaldi, "Real-Time Correlation-Based Stereo Vision with Reduced Border Errors," IJCV, vol. 47 (1/2/3), pp. 229-246, 2002.

[5] Kato H. and Billinghamurst, M., “Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System,” Proc. International Workshop on Augmented Reality (IWAR99), 1999.

[6] Gino van den Bergen, Collision Detection in Interactive 3D Environment, Morgan Kaufmann Publishers, 2004.

[7] Dimension Technologies Inc.,
http://www.dti3d.com/Products/dti_2015xls.htm, 2004.

[8] Point Grey Inc.,
<http://www.ptgrey.com/products/bumblebee/index.html>,
2004

[9] Intel OpenCV library,
<http://www.intel.com/research/mrl/research/opencv/>,
2004.

[10] ARToolkit library,
http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/download/, 2004.

[11] Solid Collision Detection Library,
<http://www.dtecta.com/>, 2004