

디지로그 북 저작을 위한 감각형 조작 도구를 이용한 직조작 기반의 3D 객체의 이동궤적 삽입 및 편집 기술

Direct Manipulation based Trajectory Inserting and Editing Methods for ARtalet Authoring Tool

하태진, Taejin Ha*, 이영호, Youngho Lee**, 우운택, Woontack Woo***

요약 디지로그 북(Digilog book)은 서적과 디지털 콘텐츠를 융합함으로써, 아날로그적 감성과 디지털 오감을 함께 제공하는 증강현실기반 차세대 출판물이다. 디지로그 북을 저작할 수 있는 저작도구 소프트웨어인 아틀렛(ARtalet)은 최상위 레벨 사용자 인터페이스의 기능을 갖춘 저작 도구로서, 증강현실환경에서 3 차원 사용자 인터페이스를 이용한 직관적인 저작 환경을 제공한다. 본 논문은 아틀렛을 이용한 3D 객체에 정적 속성 저작 이후, 이동궤적과 같은 움직임 속성을 저장/편집 하거나 이미 저장된 이동궤적 템플릿을 3D 객체에 삽입할 수 있는 저작 기법을 제안한다. 카메라 추적된 조작 도구인 프롭(prop)으로 3D 객체를 선택 후, 기준 평면인 책으로부터의 상대적인 좌표 변환 행렬을 시간의 흐름에 따라 실시간으로 저장한다. 저장된 이동궤적은 템플릿으로 관리되며 사용자가 원하는 3D 객체에 중복 삽입이 가능하므로 다양한 조합의 이동궤적을 생성할 수 있다. 본 논문에서 제안된 기술을 활용하여, 기존의 정적인 3D 객체에 움직임 속성을 삽입하여 책의 이야기를 창의적으로 꾸밀 수 있게 하여 독자의 흥미를 높일 것으로 기대한다.

Abstract 'Digilog Book' integrates advantages of existing paper book and immersive digital contents in augmented reality environment, which enables users to feel physical touch and get additional multisensory feedback. As a high level authoring user interface, 'ARtalet' provides an intuitive way to make Digilog Book through 3D user interface in augmented reality environment. This paper mentions trajectory inserting and editing methods of 3D objects, then combining method of the trajectory. 3D object is selected by camera tracked prop, and then transformation matrix relative to book plane is stored in real time based on timeframe. The saved trajectory is managed as templates, and user can make various compositions of trajectories. We expect that suggested methods can enhance interest of readers.

핵심어: *Digilog Book, Authoring Tool, 3D User Interface, Augmented Reality*

본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음.

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신학과 정보기전공학부 박사과정 e-mail: tha@gist.ac.kr

*공동저자 : 광주과학기술원 정보통신학과 정보기전공학부 박사 후 연구원 e-mail: ylee@gist.ac.kr

**교신저자 : 광주과학기술원 정보통신학과 정보기전공학부 교수 e-mail: wwoo@gist.ac.kr

1. 서론

디지로그 북 (Digilog Book)은 유비쿼터스 가상현실 기술을 적용하여 기존 서적과 디지털 콘텐츠를

통합함으로써, 아날로그적 감성과 디지털 오감을 제공하는 차세대 출판물이다[1]. 아틀렛 저작도구는 이러한 디지털 책을 쉽게 제작하기 위한 저작 소프트웨어로서 프로그래밍에 대한 전문적인 지식이 없는 사용자를 대상으로 개발되었으며, 현재 3D 객체의 정적인 속성 편집 기능을 지원한다[2]. 이 기능은 팔레트로부터 3D 객체 복사, 3 차원 공간에 배치, 크기 조절, 색상 조절, 등을 수행하여 디지털 책의 장면생성을 가능하게 한다. 추가적으로 기존 정적인 3D 객체의 움직임 설정 기능은 독자의 상호작용성과 흥미를 높일 수 있다.

현재 증강현실기반 애니메이션 제작을 위한 3D 객체의 애니메이션 속성 삽입 및 편집에 관련된 연구는 매우 미비한 수준이다. 기존 증강현실 응용시스템 저작 관련연구는 크게 비주얼 프로그래밍 기반 콤포넨트 연결[3], 스크립트 작성[4], 몰입형 저작[5]로 분류된다. DART[4] 또는 증강현실 게임 저작 연구[3]는 기존의 상용 소프트웨어인 디렉티[6] 또는 Virtools 소프트웨어[7]와의 연동을 통해, 비주얼 프로그래밍 또는 스크립트 언어를 작성하여 애니메이션을 삽입/편집이 가능하다. iaTAR[5] 연구의 경우 사용자 프로프(Prop) 도구를 이용하여 증강현실 환경에서 3D 객체를 선택 후, 해당 객체를 원하는 이동경로로 직접 움직이면서 해당 좌표를 시간 순을 저장하여 애니메이션을 가능하게 한다.

이러한 연구들은 범용적인 증강현실 응용 프로그램을 개발하기 위한 저작도구로서 책 저작에 특화된 기능이 부족하며, 상용 소프트웨어 사용법에 대한 전문적인 학습이 요구되기도 한다. 그리고 기존 몰입형 저작도구의 경우 사용자가 직관적으로 이동 궤적을 손의 움직임으로 설정할 수 있으나, 사용자 인터페이스 측면에서 객체 선택에 소요되는 지연 시간과 저장 메뉴의 선택 방법의 제한, 그리고 저장/재생 위주의 기능을 제공한다.

본 논문은 사용자가 직관적으로 3D 객체의 이동 궤적을 설정할 수 있는 방법(기법)을 제안한다. 우선 책 저작에 특화된 기본 속성(기능)으로, 책 페이지가 기준 좌표계로 설정되며 증강되는 3D 객체는 동역학 엔진을 연동하여 3D 객체간의 충돌처리 및 중력 속성이 적용된다. 이러한 기본 속성은 이동궤적 설정에 직간접적인 영향을 미친다. 또한 일반 사용자를 대상으로, 가상 손 (Virtual hand) 기법을 적용한 프롭을 이용하여 증강현실 환경에서 3D 객체의 이동 궤적을 직접 삽입 및 편집을 할 수 있다 이산입력을 발생하는 버튼이 내장된 프롭을 사용하여, 기준 평면인 책을 기준으로 3D 객체를 선택 및 드래그(버튼 누름 유지)하여 이동시키는 동안 3D 객체의 자세 행렬을 저장한다. 이 방법은 일반 컴퓨터 사용자에게 친숙한 방법인 드래그 앤드 드롭과 동일하다. 그 밖에 추가된 기능은 이동궤적 템플릿 조합 삽입 기능으로, 기본적 이동궤적 템플릿인 회전, 점프, 따라가기, 근접반응, 원형이동 템플릿과 저장된 이동궤적 템플릿을 3D 객체에 중복 삽입하여 다양한 조합의 이동궤적을 생성할 수 있다는 장점이 있다.

2. 과업 분석

본 논문의 저작 대상 응용 어플리케이션인 디지털 책은 증강현실 환경에서 출판물 (종이책)에 인간의 시, 청, 촉각을 자극하는 멀티미디어 콘텐츠를 융합시켜 기존 종이책에서 제공할 수 없는 부가적인 정보를 제공하고 사용자 상호작용을 지원하는 책이다. 이러한 디지털 책을 저작하기 위해서, 책의 페이지를 기준 평면으로 설정되며, 페이지 내에 글과 그림영역에 어울리는 3D 객체를 사용자가 선택 후, 위치 및 회전 속성을 변경 할 수 있어야 한다. 또한 기존의 정적인 3D 객체에 움직임 속성을 삽입하여 책의 이야기를 창의적으로 꾸밀 수 있는 방법도 필요하다.

대상 사용자는 증강현실과 관련된 컴퓨터비전, 그래픽스와 같은 분야와 프로그래밍에 대한 지식이 없는, 기본적인 컴퓨터 사용능력을 가진 사용자이다. 즉 마우스 커서를 파일/폴더에 위치시키고, 마우스 버튼을 눌러 드래그 앤 드롭할 수 있는 정도의 지적인 이해와 육체적인 능력이 요구된다. 대상 응용 어플리케이션을 예로 든다면, 잠재적인 사용자 (e.g., 저작자)는 학교의 선생님 또는 가정의 학부모, 출판업계의 디자이너를 대상으로 하며 독자는 미 취학 아동 및 초등학교 저학년 학생으로 설정한다.

작업 환경은 특수한 공간이 아닌 ARToolkit[8] 마커가 인식 가능한 정도의 조명 조건을 갖춘 임의의 실내공간으로써, 책을 놓을 수 있는 책상과 책의 영상을 획득할 카메라 그리고 획득한 영상을 처리할 수 있는 컴퓨터가 필요하다. 카메라는 책상에 부착된 카메라 앞에 고정된 상태로, 저가 의 채팅용 USB 카메라로도 작동이 가능해야 한다. 또한 프롭 트래킹은 적외선 광학 트래커 또는 마그네틱 트래커와 같은 정밀도가 높고 고가의 장비가 아닌, 정밀도는 다소 낮지만 가격이 매우 저렴한 방법으로 ARToolkit 마커를 일반 종이에 인쇄한 트래킹 패턴을 사용한다.

일반적으로 3D 콘텐츠 저작도구 또는 MAX/MAYA 와 같은 상용제품을 이용하여 콘텐츠 저작을 완료한 후, 증강현실 상에서 그 저작된 결과물을 실제 물리적인 책 위에 증강하는 경우 서로 다른 두 공간상에 좌표계의 문제, 3D 객체 크기의 문제 등으로 인한 이질감이 발생되며 이를 보정하기 위한 비용이 소용된다. 몰입형 저작은 증강현실 어플리케이션의 구동환경과 동일한 증강현실 환경에서 수행된다. 즉 자신의 시야 (Egocentric view)를 기준으로, 저작단계의 과정이 최종 결과물이 되며, 저작과 동시에 테스트가 수행되며 즉각적인 수정이 가능하다. 이를 통해 저작자는 증강현실 상에서 자연스럽게 (이음매 없이) 증강현실 어플리케이션을 제작할 수 있다.

제안된 직조작 기반의 3D 객체의 이동궤적 삽입 및 편집 기술은 기존의 컴퓨터 사용자에게 익숙한 데스크 탑 메타포와 직조작(Direct manipulation) 기법을 적용한다. 데스크탑 메타포는 이미 기존의 많은 컴퓨터 사용자에게 친숙하며, 사용법에 대한 부가적인 학습의 필요성이 적고, 쉽게 사용 가능하다. 직조작 방법은 가상 손의 기법과 연관을 지어, 사용자가 직접 자신의 손(감각형 객체인

프롭을 손에 쥐고: 펜 (마우스)을 이용해 3D 객체를 선택(포인팅)하고 드래그 엔드 드랍의 기법을 그대로 활용하여 3D 객체의 이동궤적을 삽입 또는 편집 할 수 있다.

3. 3D 객체의 이동궤적 삽입 및 편집 기술

그림 1 은 아틀렛의 저작 과정을 보여준다. 카메라로부터의 입력 영상으로부터 책, 팔레트, 조각 도구 펜에 대한 컴퓨터 비전 기반 3 차원 추적과 모니터상의 펜을 초음파 센서 기반 2 차원 추적을 한다. 펜에 증강된 원형의 가상 볼륨 또는 모니터 상에 추적된 펜의 2D 좌표를 이용하여 3D 객체와의 충돌처리를 수행한다. 사용자는 펜의 버튼을 클릭하여 해당 객체 선택을 완료한다. 다음 단계에서 HUD (Head Up View)에 표시된 저작 메뉴 을 선택한 후, 3D 공간 또는 모니터상에서 펜을 이용하여 이동궤적 설정, 이동궤적 템플릿 삽입 할 수 있다. 마지막으로 저장된 결과는 디스플레이 장치를 통해 표시된다.

3.1 이동궤적 저장

그림 2 는 월드좌표계(M_{world}) 를 기준으로 3D 객체(M_{model}), 프롭(M_{props}), 프롭 앞부분에 증강된 원구(M_{tip})의 위치/회전 좌표관계를 보인다. 수식 1 과 같이 드래그 상태 동안 위치 속성은 현재 프레임에서 얻어진 M_{tip} 를 3D 객체의 좌표행렬에 대입되며, 회전 속성은 이전 프레임의 원구 (M_{tip})로부터 얻어진 좌표행렬의 회전 속성값에 대한 현재 프레임의 상대적인 회전 속성 값을 3D 객체의 좌표행렬에 대입한다.

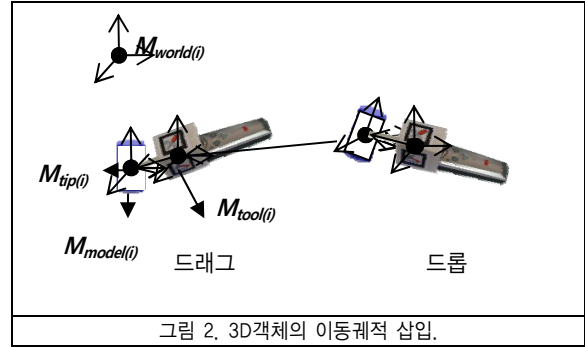


그림 2. 3D객체의 이동궤적 삽입.

$$[RT]M_{model(i+1)} = R(M_{model(i)}) * [R(M_{tip(i)})^{-1} * R(M_{tip(i+1)})] * T(M_{tip(i+1)}) \quad (1)$$

그림 3 은 이동궤적 저장 과정을 보인다. 사용자는 터치 스크린상의 이동궤적 저장 버튼을 누른다. 그 다음 조각도구로 3D 객체와 충돌처리 후 조각도구의 버튼을 눌러 선택을 한다. 이 때 기준 평면인 책에 대한 조각도구의 상대적인 좌표계 변환 행렬을 획득한다. 사용자는 조각도구의 버튼을 누른 상태로, 원하는 이동 경로로 3D 객체를 이동시킨다. 동시에 앞서 저장한 조각도구의 좌표계 변환 행렬에 대하여, 현재 획득한 조각도구의 상대적인 좌표계 변환 행렬을 저장한다. 마지막으로 사용자가 조각도구의 버튼을 때면 이동궤적의 저장이 완료된다. 최종적으로 사용자는 터치 스크린상의 이동궤적 재생, 멈춤 등과 같은 메뉴를 선택하여 저장한 이동궤적 애니메이션을 조작할 수 있다.

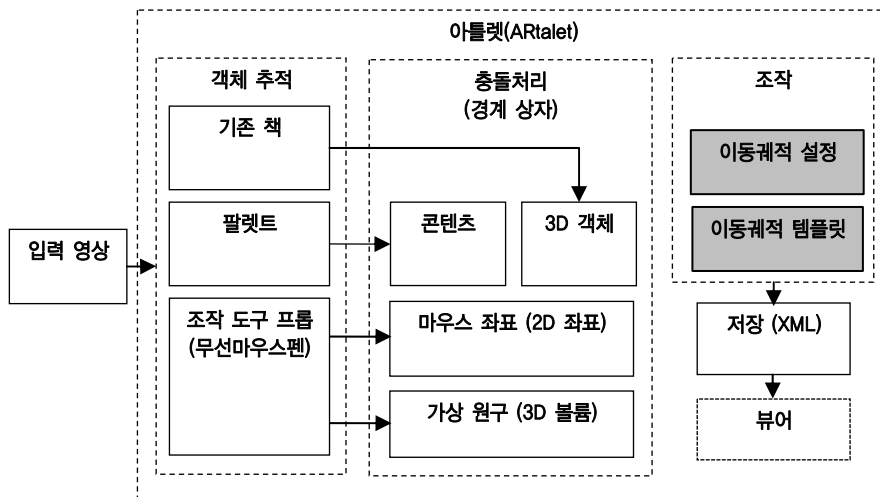


그림 1. 아틀렛: 디지털 북 저작 시스템의 저작 과정.

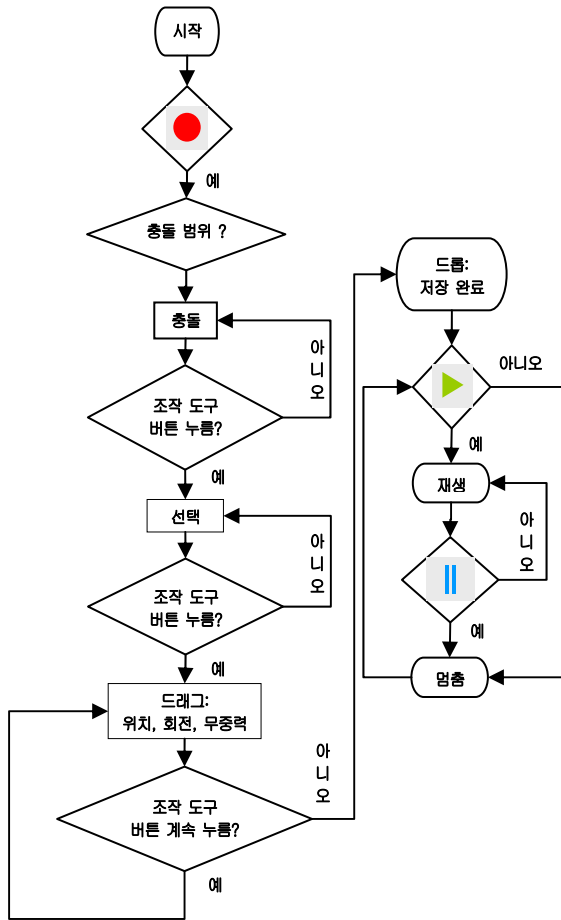


그림 3. 이동궤적 저장 과정.

3.2. 이동궤적 템플릿 삽입

사용자는 3D 공간상의 애니메이션 템플릿을 저장하고 있는 카드를 선택하면, 어떠한 애니메이션이 재생되는지에 대해 미리 보기를 할 수 있다. 터치 스크린 상에서는 마우스 펜을 이용하여 선택이 가능하다. 최종적으로 선택된 애니메이션 템플릿을 증강된 3D 모델 객체에 삽입을 한다. 삽입한 이후에 추가로 속도, 애니메이션 작동 조건등과 같은 속성을 변경할 수 있다. 그 밖에 다양한 기본적인 애니메이션 템플릿을 조합함으로써 매우 다양한 애니메이션을 생성할 수 있다.

‘따라가기’는 어떤 3D 모델 A 가(From) 어떤 3D 모델 B 로 (To) 매 프레임마다, A 의 현재 위치를 이동하게 하는 애니메이션이다. 이동좌표뿐만 아니라 이동 방향도 함께 변경되도록 한다. 추가로 속도 속성을 변경할 수 있다. ‘제자리 뛰기’는 증강된 3D 모델 객체의 높이 값(일반적으로 z 축의 값)을 매 프레임마다, 일정 간격 내에서 변경한다. ‘제자리 회전’은 증강된 3D 모델 객체를 평면의 수직 축을 기준으로 (일반적으로 z 축), 매 프레임마다 회전 각도를 변경한다. ‘주변 돌기’는 증강된 3D 모델 객체를 평면의 수직 축을 기준으로 (일반적으로 z 축) 매 프레임마다 원의 방정식을 만족하며, 매 프레임마다 x, y 축의 좌표를 변경한다. ‘근접반응’은

두 객체의 선호도에 따라 간격, 이동 속도가 설정되며, 다수의 3D 모델 객체들의 3D 이동 좌표간의 거리가 일정 간격 이내에 있을 때 반응한다.

4. 구현 및 결과

4.1 구현 환경

구동은 급격하게 변하지 않는 일반적인 실내 환경에서 수행되었다. 카메라는 일반 화상채팅용도의 USB 카메라를 이용하였고 삼각대 또는 카메라 암(Arm) 고정하였다. 카메라의 초당 영상입력은 30 번이고 영상의 해상도는 640x480 픽셀이며 자동노출 및 자동초점 기능이 기본적으로 설정되어있다. 컴퓨터 사양은 인텔 코어 2 듀오 CPU T7700 2,40GHz, 4GB 크기의 메모리, 그리고 NVIDIA GeForce 8700M GT 그래픽카드를 장착하고 있다. 사용된 라이브러리는 osgART[9]로 장면 그래프(Scene graph) 구조의 렌더링 방식과 컴퓨터 비전 기반 추적 함수를 제공한다.

그림 4 (a)에서와 같이 모니터, 카메라, 사용자의 시선이 일직선 상에 있도록 한다. 사용자 앞에 있는 카메라 방향은 책을 향하게 하고, 그림 4 (b)와 같이 전체 책 영역이 카메라 영상 안에 포함되도록 한다.



그림 4. 실험환경: (a) 실험공간, (b) 입력영상.

4.2 이동궤적 저장

그림 5 은 이동궤적 저장 과정을 보인다. 사용자는 스크린상의 HUD 에 표시되어 있는 이동궤적 저장 버튼을 누른 후, 조작도구로 3D 객체와 충돌처리 후 조작도구의 버튼을 누른다. 이 때 실제 이동궤적 저장 상태가 된다. 사용자는 조작도구의 버튼을 누른 상태로, 원하는 이동 경로로 3D 객체를 이동시킨 후, 버튼을 때면 이동궤적의 저장이 완료된다. 최종적으로 사용자는 터치 스크린상의 이동궤적 재생, 멈춤 등과 같은 메뉴를 선택하여 저장한 이동궤적 애니메이션을 조작할 수 있다.



(a) (b)
 그림 5. 이동 궤적 설정: (a) 3D 객체 선택 후 이동궤적 설정, 그리고 (b) 저장된 이동궤적.

4.3. 이동궤적 템플릿 삽입

사용자는 마우스 펜을 이용하여, 스크린상의 HUD 에 표시되어 있는 이동궤적 템플릿을 선택할 수 있다. 기본적인 애니메이션 템플릿을 조합함으로써 다양한 조합의 애니메이션을 생성할 수 있다. 그림 6 (b) 는 3D 객체 선택 후 ‘제자리 뛰기’ 이동궤적 템플릿을 삽입한 다음 ‘제자리 회전’ 이동궤적 템플릿을 삽입하여 두 가지 이동궤적 템플릿을 조합한 예제를 보인다.



그림 6. 이동궤적 템플릿 삽입: (a) 터치 모니터 상의 이동궤적 템플릿, (b) 3D 객체 선택 후 ‘제자리 뛰기’와 ‘제자리 회전’ 이 조합된 이동궤적 템플릿 삽입.

5. 결론

본 논문의 이동궤적 삽입/편집 기능은 기존 그래픽 사용자 인터페이스 기반의 이동궤적 저작기법과 달리, 결과물과의 동일 환경인 몰입형 저작 환경에서 수행됨으로써 공간적 직관성을 높일 수 있다는 장점이 있다. 실감 상호작용형 디지로그 북의 이동궤적 삽입 및 편집 기술을 통해 기존 정적인 3D 객체에 움직임 속성을 삽입하여 독자의 상호작용성을 높이고 흥미를 극대화 할 수 있을 것으로 기대한다. 더 나아가, 교육 분야와의 접목을 통한 에듀테인먼트(Eduainment) 특성으로 교육적인 학습효과를 증대할 수 있을 것으로 기대한다.

향후 연구는 책과 증강된 3D 객체와의 연계성을 높일 수 있는 이동궤적 삽입 기법에 관한 것으로, 예를 들면 3D 객체가 책 바닥으로부터 위로 서서히 나타나거나 공중에서 떨어지는 것 같은 방법 등이 추가될 것이다. 또한 저장된 이동궤적을 스플라인 곡선 등으로 모델링 하여 3D 객체가 부드럽게 이동하게 하거나 시스템 상의 저장공간을 줄일 수 있는 방법이 고안될 것이다.

참고문헌

[1] 이영호, 하태진, 이형목, 김기영, 우은택, “디지로그 북 - 아나로그 책과 디지털 콘텐츠의 융합,” 정보통신분야학회 합동학술대회, 14 권, pp. 186-189, 2007

[2] 하태진, 이영호, 우은택, 디지로그 북 저작도구 ARtalet - 3 차원 객체 속성 저작, 1 권, pp. 314-318, KHCI 2008

[3] C. Geiger, F. Klompaker, J. Stoecklein, R. Fritze, Development of an augmented reality game by extending a 3D authoring system, pp. 230-231, ACE 2007

[4] B. MacIntyre, M. Gandy, S. Dow and Jay David Bolter, “DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experiences,” ISMAR, pp. 172- 181, 2004

[5] G. Lee, C. Nelles, M. Billingham, G. J. Kim, Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications, pp. 172- 181, ISMAR 2004

[6] Adobe Director,
<http://www.adobe.com/products/director>

[7] 3DVIA Virtools, www.virttools.com

[8] ARToolkit,
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>

[9] OSGART, www.artoolworks.com/community/osgart