

증강현실 콘텐츠 제작을 위한 정형화된 기법

서진석^{1*}

¹동의대학교 게임공학과

A Formalized Approach for Authoring Augmented Reality Contents

Jinseok Seo^{1*}

¹Department of Game Engineering, Dong-Eui University

요약 증강현실 기반의 콘텐츠를 제작하는 데에는 많은 시간과 비용이 필요할 뿐만 아니라 컴퓨터공학, 가상현실, 증강현실, 3차원 그래픽스, 컴퓨터 시각과 같은 여러 분야에 숙련된 기술자의 도움이 필요하다. 이 논문에서는 증강현실 콘텐츠 제작의 어려움을 3가지로 분석하였으며, 이러한 어려움을 해결하기 위한 정형화된 저작 기법을 제안하고 있다. 제안된 기법은 원래 실시간 임베디드 시스템의 모델링을 위한 도구인 Statecharts를 기반으로 하였는데, 자동화된 저작도구로의 적용을 고려하여 증강현실 콘텐츠를 위한 Statecharts의 의미론(semantics)을 제시하고 있으며 상호작용 모델링에서 가장 중요한 이벤트를 정의하고 있다.

Abstract Authoring AR(augmented-reality) contents not only takes too much time and cost, but also needs the help of professionals in the areas of computer science, VR(virtual reality), AR, 3D computer graphics, computer vision, etc. In this paper, we analyze the difficulties(inherent to developing AR contents) into three problems and present a formalized authoring approach for AR contents. The proposed approach is based on the Statecharts, which was originally designed for modeling real-time embedded systems. In order to apply the Statecharts to modeling AR contents, we defined the semantics of the Statecharts and various events for interaction modeling.

Key Words : Augmented Reality, Authoring, Formalized Approach

1. 연구 배경

증강현실 기반의 체감형 콘텐츠의 장점은 이미 여러 연구에서 증명되었다. 체감형 콘텐츠는 기존의 키보드와 마우스만 사용하던 콘텐츠와는 달리 사용자의 다양한 감각 기관을 활용할 수 있으므로, 직관적이고 자유도가 높은 상호작용이 가능하다. 하지만, 증강현실 기반의 콘텐츠를 제작하는 데에는 많은 비용과 시간이 필요할 뿐만 아니라 컴퓨터공학, 가상현실, 증강현실, 3차원 그래픽스와 같은 여러 분야에 숙련된 기술자의 도움이 없이는 제작하기 힘들다. 게다가, 증강현실 기반의 콘텐츠는 다른 형태의 콘텐츠(웹, 멀티미디어 등)나 소프트웨어와는 달

리 본질적으로 해결하기 복잡하고 어려운 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 본질적인 어려움을 다음과 같이 세 가지로 분류하고 이를 해결하고자 하였다.

1.1 증강현실 인터페이스를 이용한 상호작용 모델과 가상 객체의 복잡성

증강현실 콘텐츠의 장점으로는 마커와 같은 tangible 인터페이스를 이용하여 상호작용함으로써 사용자에게 더 큰 매체에서 줄 수 없었던 촉감 제시, 높은 몰입도와 자유도 제공, 흥미 유발 등을 들 수 있다. 하지만, 만족할만한 수준의 사용성을 보장하는 상호작용 모델을 명세하고 개발하기 위해서는 모델 자체의 복잡성과 더불어 많은

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행한 연구임(KRF-2007-1-D00433).

*교신저자 : 서진석(jsseo@deu.ac.kr)

접수일 10년 05월 13일

수정일 10년 05월 29일

게재확정일 10년 06월 18일

시행착오를 겪어야만 한다는 어려움이 있다.

더불어, 증강현실의 기본적인 응용 분야에서는 정적인 3D 모델이나 부가정보(annotation) 등을 비디오 이미지에 합성하는 수준이지만, 다양한 목적을 위한 매체로서의 역할을 하기에는 역부족이다. 보다 역동적인 애니메이션을 보여준다던지 사용자와의 상호작용 및 다양한 이벤트에 따른 콘텐츠의 동적인 반응이 필수적이라고 할 수 있다.

1.2 상호작용 모델의 재사용과 커스터마이징

일반적으로 상호작용 모델의 구현과정은 프로그래밍 언어나 스크립트 언어를 이용하여 처음부터 진행이 되거나, RAD(Rapid Application Development) 도구의 경우 자주 사용되는 상호작용 모델을 미리 구현하여 두고 사용자가 원하는 형태로 파라미터 등을 조정함으로써 이루어진다. 전자의 경우 다양한 객체(사용자, tangible 인터페이스, 가상객체 등) 사이의 이벤트 전달이나 메소드 호출로써 구현하게 되는데 이는 구현 및 검증하기도 힘들 뿐만 아니라 재사용하기에는 더욱 어렵다. 후자의 경우에도 개발의 어려움을 덜어주는 하나, 제한된 수의 미리 제공되는 상호작용 모델로는 다양한 응용 콘텐츠를 제작하기 위한 커스터마이징에 한계가 있다.

1.3 시스템 개발이 아닌 콘텐츠 저작

증강현실 기반의 콘텐츠가 다양한 분야에서 제대로 활용되기 위해서는 최소한의 교육 및 훈련을 거친 비전문가들도 쉽게 그들이 원하는 콘텐츠를 제작할 수 있어야 한다.

기존에는 C/C++, OpenGL, ARToolkit 등과 같은 프로그래밍 언어와 라이브러리를 이용한 프로그래밍 방식에 의해서 “증강현실 시스템을 개발”해야만 했지만, 비전문가들에게는 기술적인 문제를 해결하는데 신경 쓰기보다는 콘텐츠의 목적 자체에 중점을 두면서 쉽고 빠르게 “증강현실 콘텐츠를 저작”할 수 있어야 한다.

2. 관련 연구

증강현실 콘텐츠를 쉽게 제작할 수 있도록 하기 위한 연구는 세계적으로도 이제 시작단계에 불과하며, 아직 대부분의 증강현실 콘텐츠는 자체 제작된 증강현실 라이브러리나 ARToolkit[1]을 기반으로 한 SDK로 개발된다. 이와 같은 SDK를 이용한 방식은 전문적인 프로그래머가 아닌 콘텐츠 작가나 일반인들에게는 쉽게 다가가기 어렵다는 단점이 있기 때문에, 최근 이를 해결하기 위한 연구

가 시작되고 있다.

뉴질랜드 HIT lab에서는 OpenGL 기반의 로우레벨 그래픽스 프로그래밍 API에 의존해야 했던 ARToolkit과 오픈소스 3차원 장면 그래프 라이브러리인 OpenSceneGraph[2]를 통합하여 osgART[3]를 개발하여 증강현실 콘텐츠 제작의 어려움을 해소하고자 하였다. 이 결과는 보다 복잡하고 풍부한 내용의 증강현실 콘텐츠의 개발이 가능하게 하였다. 비슷한 접근 방법으로 독일의 뮌헨 공대의 DWARF[4]는 증강현실 응용 프로그램을 효율적으로 개발하기 위해 다양한 컴포넌트를 CORBA 기반의 미들웨어로 결합하였다.

위의 두 연구사례는 증강현실 관련 전문가들에게는 복잡한 콘텐츠 개발에 드는 수고를 덜어주고 있지만, 여전히 콘텐츠의 제작 및 유지/보수에 드는 비용이 크다는 단점이 있다. 다른 접근방법으로는, 좀 더 쉽고 빠르게 콘텐츠를 제작하기 위한 저작 도구와 관련된 연구 사례로 최근 몇 년 전부터 찾아볼 수 있다.

뉴질랜드 HIT Lab에서 개발한 GUI기반의 저작 도구인 ComposAR[5]는 증강현실 콘텐츠에서 사용되는 마커와 3차원 객체를 쉽게 연결시킬 수 있는 사용자 인터페이스를 제공하고, 동시에 스크립트를 사용할 수 있게 함으로써 동적인 저작이 가능하였다는 장점이 있다. 반면에, 간단한 장면 단위의 콘텐츠밖에 저작할 수 없으며 객체의 행위나 상호작용을 모델링할 수 있는 수단을 제공하지 않고 있다.

스페인을 중심으로 2002년에 시작되어 2004년에 종료된 유럽의 AMIRE 프로젝트[6]는 증강현실 시스템을 개발하기 위한 다양한 컴포넌트를 개발하고 프레임워크로 완성하였으며, 다이어그램 형태의 명세도구를 통하여 콘텐츠를 저작할 수 있는 도구를 개발하였다. 이 프로젝트는 비교적 완성도가 높은 저작 도구를 제시하여 실제 다양한 분야에서 활용되었지만, 복잡한 가상객체의 행위 모델과 상호작용 모델을 명세하기 위한 도구의 표현력이 부족하다는 단점이 있다.

미국의 콜럼비아 대학은 실외 환경에서의 모바일 증강현실 콘텐츠를 위한 MARS(Mobile Augmented Reality System) Authoring Tool[7]을 개발하였다. 이 연구도 완성도가 높은 저작 도구를 제시하고 있지만, 적용 가능한 분야가 주로 실외 환경에서 건물이나 유명 장소의 역사를 보여주는 콘텐츠에 국한되어 있다.

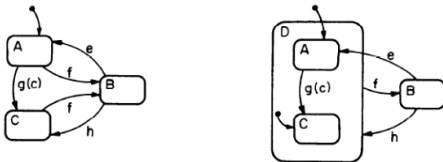
오스트리아의 비엔나 공대는 StudierStube라는 증강현실/혼합현실 개발 툴킷을 개발하고, 이를 기반으로 하여 정형화된 콘텐츠 표현 기법과 스크립팅을 지원하는 APRIL[8]을 개발하였다. APRIL의 접근방법은 본 연구의 기본 철학과 가장 유사하다고 할 수 있지만, XML 기반

으로만 콘텐츠를 표현하고 있다는 단점이 있다. XML과 같은 마크업 언어는 콘텐츠의 정적인 면을 기술하기에는 적합하지만, 가상공간에서 동적으로 상태를 변화시키는 객체의 행위 모델이나 복잡한 상호작용을 표현할 수 없다는 단점이 있다.

3. 정형화 도구: Statecharts

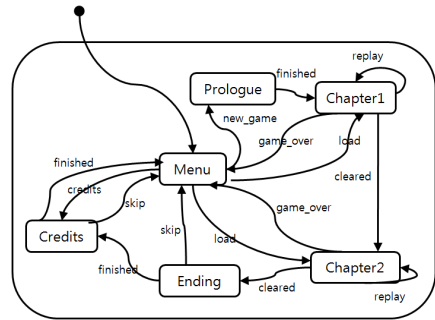
본 연구에서는 Statecharts[9]를 기반으로 증강현실 콘텐츠를 위한 정형화 방법을 고안하였다. Statecharts는 원래 복잡한 실시간 작동을 요구하는 임베디드 시스템용 소프트웨어 모델링을 위해 David Harel이 제안한 것으로, 가장 큰 특징은 기존의 소프트웨어 모델링에서 많이 사용하던 유한상태기계(FSM: Finite State Machine)기반의 상태전이도(STD: State-Transition Diagram)의 단점을 보완하였다는 것이다. Statecharts의 대표적인 3가지 특성이 이러한 단점을 극복하고 있는데, 다음은 이 특성을 증강현실 기반 콘텐츠의 정형화에 적용한 것이다.

3.1 계층 구조



[그림 1] 상태전이도(좌)에 비해 계층적 구조를 지원하는 Statecharts(우) ([19]에서 발췌)

기존의 상태전이도에서는 시스템의 복잡도가 조금만 커져도 상태의 수가 빠르게 증가하여 모델링에도 어려움이 따르고 정확한 검증 및 확인이 힘들다(그림 1의 좌측 다이어그램 참조). 그에 반하여, 그림 1의 우측의 Statecharts 다이어그램은 좌측의 상태전이도와 같은 시스템을 모델링 한 것이지만, 계층적 구조의 도움을 받아 보다 간단하고 명확하게 표현할 수 있다. 예를 들어, 그림 1의 우측 다이어그램의 상태 A와 C는 생략해서 그릴 수도 있으며, A와 C의 복잡한 내부 상태의 명세를 위해서는 별도의 다이어그램에 A와 C를 위한 하위 Statecharts를 그릴 수 있다. 더불어, 소프트웨어공학에서 많이 사용하는 접근방법인 top-down 방식을 사용하여 초기에는 추상화된 모델만 명세한 후에 차츰 상세한 모델로 진화시켜가면서 명세할 수 있다.

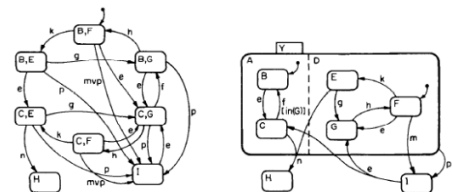


[그림 2] 콘텐츠의 메인 메뉴를 모델링한 최상위 계층의 Statecharts

위와 같은 계층적 구조를 증강현실 콘텐츠의 시나리오 모델링에 사용하면 자연스럽게 복잡한 콘텐츠의 세부 사항들을 체계적으로 구성할 수 있다. 최상위 계층을(1차 계층) 위한 다이어그램에서는 콘텐츠의 각 챕터 간의(혹은 최상위 메뉴, 그림 2 참조) 이동을 표현할 수 있으며, 각 챕터의 세부 시나리오는 별도의 2차 계층 다이어그램을 사용하면 된다. 여기에서, 각 2차 계층 다이어그램의 상태들은 동일한 챕터를 구성하는 각 장면을 묘사할 수 있으며, 마찬가지로 제 3차 계층의 다이어그램에서는 각 장면의 세부 시나리오를(예, 각 객체의 생성과 소멸 및 행위 모델) 기술할 수 있다.

3.2 병렬 구조

병렬구조를 지원하지 않는 기존의 상태전이도의 경우 상태의 수가 증가하면 그림 3의 좌측 다이어그램과 같이 너무 복잡해진다. 반면에, Statecharts의 병렬구조를 사용하면 그림 3의 우측 다이어그램과 같이 상태의 수도 줄어들 뿐만 아니라 가독성이 매우 좋아지고 모델링도 수월해진다. 기존의 상태전이도에서는 활성화된 상태(active state)가 항상 1개만 존재하지만, Statecharts의 경우 각 병렬 상태마다(그림 3의 경우 2개의 병렬 상태) 활성화된 상태가 1개씩 따로 존재하므로, 복잡도 해결에 그치지 않고 멀티쓰레딩과 같은 다중 흐름의 표현, 여러 객체의 동시 행위, 다수의 부품으로 조합된 복잡한 객체의 행위 등의 모델링에 활용될 수 있다.

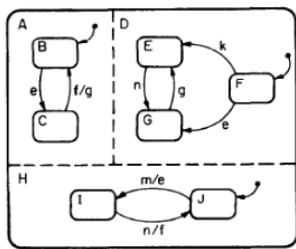


[그림 3] 상태전이도(좌)에 비해 병렬구조를 지원하는 Statecharts(우) ([9]에서 발췌)

콘텐츠의 시나리오에 적용할 경우, 한 장면에 존재하는 여러 객체들의 행위 모델링에 병렬구조를 사용하면 각 객체의 행위를 독립적인 시점에서 바라볼 수 있으면서 동시에 여러 객체의 행위를 종합적으로 관찰할 수 있다. 더불어, 증강현실을 위한 마커와의 상호작용과 객체의 행위를 각각의 독립적인 관점에서 바라보면서도 동시에 병렬구조 전체를 검증하기가 용이해진다.

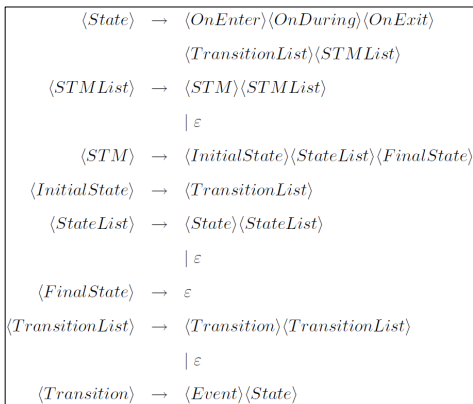
3.3 동기화 구조

위의 2가지 특성만 사용하게 되면 서로 다른 계층이나 병렬상태에서의 상태전이 간에 발생하는 동기화 문제를 해결할 수 없다. 이 문제를 Statecharts에서는 이벤트를 이용하여 해결하고 있다. 그림 4의 경우, 상태 B에서 C로의 전이와 상태 F에서 G로의 전이가 이루어지기 위해 필요한 "e"라는 이벤트는 상태 J에서 I로의 전이가 이루어질 때 발생하게 되는데, 이런 방식으로 상태 B, F, J로부터 시작하는 3개의 전이가 동시에 발생하게 되는 것을 보장할 수 있다.



[그림 4] 이벤트를 이용한 병렬상태간의 동기화 구조 (9에서 발췌)

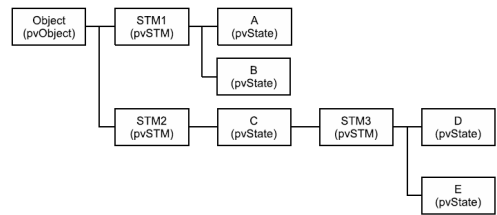
4. 증강현실을 위한 의미론(Semantics)



[그림 5] 본 연구에서 정의한 Statecharts의 의미론 (Semantics)

3장에서는 원래 실시간 임베디드 시스템용 소프트웨어의 모델링을 위해 고안된 Statecharts가 상호작용이 많은 증강현실 콘텐츠와 같이 스토리텔링의 구조가 복잡한 경우에도 이상적인 도구가 될 수 있다는 것을 살펴보았다. 하지만, 본 연구에서는 Statecharts의 의미론 (semantics) 및 표기법(notation)을 그대로 사용하지 않고, 증강현실 콘텐츠의 특성을 고려하여 일부 수정하였다.

그림 5는 본 연구에서 정의한 의미론을 보여주고 있다. 이렇게 명확하게 정의된 의미론은 XML과 같은 구조적인 마크업언어로의 변환을 용이하게 하여 콘텐츠의 저작 과정에서의 검증뿐만 아니라 재사용에도 많은 장점을 가지고 있다. 더불어, 본 연구의 결과인 정형화된 저작 기법이 단순한 방법론의 제안에서 그치지 않고 완전한 저작도구로 발전하기 위해서는 GUI 기반의 저작환경에 적용하기 쉬워야 하는데, 위의 의미론은 Statecharts를 그림 6과 같이 트리형태로 구조화하기 쉽기 때문에 저작환경에의 tree-view와 같은 GUI 컴포넌트로 쉽게 표현이 가능할 뿐만 아니라 장면그래프(scenegraph) 기반의 렌더링 라이브러리와도 통합도 수월해진다. 그림 6은 트리 형태로 표현된 Statecharts의 예를 보여주고 있다.

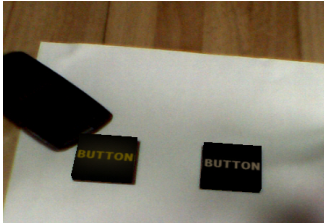


[그림 6] 트리 형태로 표현된 Statecharts의 예

Statecharts가 다양한 증강현실 콘텐츠의 명세에 제대로 사용되기 위해서는 상호작용성이 중요한 증강현실 콘텐츠를 위해서는 새로운 이벤트 타입을 정의할 필요가 있다. 그 예로, 3차원 공간상에서 특정 객체와 객체 사이의 충돌 여부, 특정 마커의 인식 여부, 마커 기반 버튼의 눌림 여부, 마커 기반 슬라이더의 변화 등을 들 수 있다. 주요한 이벤트를 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

- BUTTON_PRESS, BUTTON_RELEASE : 특정 마커를 버튼처럼(그림 7 참조) 사용할 수 있도록 정의한 이벤트이다. 증강현실 콘텐츠에서는 키보드, 마우스 버튼, 조이스틱 등의 부가적인 입력장치를 사용하기 힘들기 때문에 특정 마커위에 버튼과 유사한 3D 이미지를 렌더링하여 버튼처럼 사용할 수 있다. 구현 원리는 원래 카메라를 통하여 인식되고 있던 특정 마커를 사람의 손으로 가리게 되면 작동하는 방식이

다. 다른 구현 방법으로는 특정 3D 객체와 마커의 3차원 위치 값이 미리 정의된 임계치 이내로 접근하게 되면 감지하는 방식도 있다. 이벤트 사용 방법은 "BUTTON_PRESS(id)"와 같은 형태이며, "id"는 각 버튼의 고유 번호이다.



[그림 7] 증강현실 마커 기반의 버튼 컨트롤

- ANALOG_PLUS, ANALOG_MINUS, ANALOG_ZERO : 일련의 마커를 마치 마우스의 포인터나 조이스틱처럼 사용할 수 있도록 정의한 이벤트이다. 구현 원리는 위의 BUTTON_PRESS, BUTTON_RELEASE와 유사하나 마커를 1개가 아닌 여러 개를 일직선상으로 나열하여 사용한다(가장 간단한 경우 3개를 이용). 이러한 이벤트는 포인터의 이동뿐만 아니라 숫자 값의 입력이나 특정 물체의 위치 이동시에도 사용될 수 있다. 사용방법의 예로 "ANALOG_PLUS(id)"와 같이 미리 정의된 고유번호인 "id"에 해당하는 가상의 아날로그 스틱이 한쪽(플러스 방향)으로 이동하였다는 것을 이벤트로 표현하는 것을 들 수 있다.
- MARKER_VISIBLE, MARKER_INVISIBLE : 가장 간단한 증강현실 기반 콘텐츠의 이벤트로 특정 마커의 인식 여부가 변경된 경우에 발생하는 이벤트이다. "MARKER_VISIBLE(id)"의 경우 "id"라는 고유번호로 정의된 마커가 원래는 카메라에 인식되지 않은 상태였지만, 인식되기 시작하면 발생하는 이벤트이다.
- COLLIDE : 객체와 객체 사이의 충돌이나 마커와 객체 사이의 충돌을 감지한다. 단, 마커와 마커사이의 충돌은 감지하기 어려우므로, 이벤트로 정의하여도 발생하지 않는다. 예로 "COLLIDE(obj1, id1)"의 경우 "obj1"이라는 고유번호를 가지는 3차원 객체와 "id1"이라는 고유번호를 가지는 마커와의 충돌을 감지한 경우 발생하는 이벤트이다.
- TIMED : 특정 시간이 경과되면 발생하는 이벤트로, 특정 상태가 활성화되기 시작한 이후 정의된 시간이 경과하면 다른 상태로 전이가 발생할 수 있도록 한

다. "TIMED(0.5)"의 경우 0.5초가 경과하면 발생하는 이벤트를 정의한 것이다.

- MESSAGE, LOCAL_MESSAGE : 문자열로 이루어진 이벤트를 정의한다. 주로, 객체간의 상호작용이나 동기화에 사용되며, 본 연구에서는 특정 객체로만 보낼 수 있는 메시지는 정의하지 않고, 자신에게 보내는 메시지와 전체에게 보내는 메시지의 2가지 종류만 정의하고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 증강현실 콘텐츠 제작의 본질적인 어려움을 "증강현실 인터페이스를 이용한 상호작용 모델과 가상 객체의 복잡성", "상호작용 모델의 재사용과 커스터마이징의 어려움", "시스템 개발이 아닌 콘텐츠 제작"으로 분석하였으며, 이를 해결하기 위한 정형화된 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 실시간 임베디드 시스템의 모델링을 위해 고안된 Statecharts를 기반으로 하였으며, 증강현실 콘텐츠를 위한 의미론과 이벤트의 정의를 포함하고 있다.

추후, 제안하고 있는 정형화된 기법을 바탕으로 하여 비전문가들도 쉽게 GUI 환경에서 복잡한 상호작용성이 요구되는 증강현실 콘텐츠를 제작할 수 있는 도구를 개발할 예정이다.

참고문헌

- [1] ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [2] OpenSceneGraph, <http://www.openscenegraph.org/>
- [3] J. Looser, R. Grasset, S. Hartmut, and M. Billinghurst, "OSGART - A pragmatic approach to MR," In Industrial Workshop at ISMAR 2006, 2006.
- [4] M. Bauer, B. Bruegge, G. Klinker, A. MacWilliams, T. Reicher, S. Riss, C. Sandor, and M. Wagner, "Design of a component-based augmented reality framework," In Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality(ISAR), 2001.
- [5] H. Seichter, J. Looser, and M. Billinghurst, "An Intuitive Tool for Authoring AR Applications," In Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008 (ISMAR

2008), pp. 177-178, 2008.

- [6] P. Grimm, M. Haller, V. Paelke, S. Reinhold, C. Reinmann, and J. Zauner, "AMIRE-Authoring Mixed Reality," The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, 2002.
- [7] S. Güven and S. Feiner, "Authoring 3d hypermedia for wearable augmented and virtual reality," In Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers, p. 118, 2003.
- [8] F. Ledermann and D. Schmalstieg, "APRIL: A High-level Framework for Creating Augmented Reality Presentations," In Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2005, pp. 187-194, 2005.
- [9] D. Harel, On Visual Formalism, Communication of ACM, 31(5), pp. 514-530, 1988.

서진석(Jinseok Seo)

[정회원]



- 2000년 2월 : 포스텍 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 포스텍 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 2005년 8월 : 포스텍 전자컴퓨터공학부 박사후과정
- 2005년 9월 ~ 현재 : 동의대학교 게임공학과 조교수

<관심분야>

기능성 게임, 저작도구, 가상/증강 현실