

# 분산 가상 환경에서 가상개체의 컨텍스트 기반 반응 모형

이영호, 오세진, 서영정, 장세이, 우운택  
광주과학기술원 U-VR Lab.  
{ylee,sejinoh,ysh,jangsei,wwoo}@gist.ac.kr

## Context-based Reaction Model of Virtual Entity in Distributed Virtual Environments

Youngho Lee, Sejin Oh, Youngjung Suh, Seie Jang and Woontack Woo  
GIST U-VR Lab.

### 요약

가상현실 관련 기술의 발전으로 단순히 사용자가 가상 환경의 개체를 제어하는 것에서 벗어나 사용자와 상호작용이 가능한 지능적인 가상 개체에 대한 필요성이 증대되고 있다. 본 논문에서는 사용자와 가상 환경, 그리고 가상 개체들 간에 컨텍스트를 공유하여, 사용자에게 지능적 반응을 제공하는 컨텍스트 기반 반응 모형을 제안한다. 제안된 모형은 컨텍스트 생성, 수집, 분석 및 결정의 과정을 포함하며 다음과 같이 구성된다. 가상 환경의 정보를 획득하기 위한 가상센서, 현실 환경과 가상 환경의 정보를 주고 받기 위한 네트워크 자가구성 관리기, 수집한 정보를 통합 분석하고 가상 개체의 상태를 결정하는 가상서비스, 그리고 가상 개체로 구성된다. 가상센서는 충돌 검출기를 사용하여 가상 개체가 감지 영역에 들어오면 그에 대한 정보를 획득한다. 네트워크 자가구성 관리기는 publisher/subscribes 방식을 사용하여 획득된 정보를 보내야 할 곳을 알아 내어 전송/수신한다. 가상서비스는 수신 받은 다양한 정보를 통합/분석하여 상황을 파악하고 가상 개체의 상태를 결정한다. 마지막으로 가상 개체는 가상서비스로 부터 상태 전이 조건을 받아 반응한다. 제안된 반응 모형은 동적 네트워크를 구성하여 많은 정보를 수집할 수 있으며, 컨텍스트를 상태 결정 단계에서 활용하여 사용자와 환경의 컨텍스트에 따라 다른 반응을 보인다. 본 논문에서는 제안된 반응 모형의 유용성을 검증하기 위하여, 기존의 가상 문화 유적 답사 시스템에 PDA를 이용한 가상메모와 가상날씨, 가상센서를 추가하였다. 이를 통해, 가상환경, 현실환경 그리고 사용자의 개인 정보가 적용된 지능적 반응을 확인할 수 있었다. 제안된 반응 모형은 향후 교육, 엔터테인먼트 등 지능적 가상 환경을 활용한 응용 분야에 적용될 수 있다.

Keyword : VR, HCI, dynamic reconfigurable network, context-aware

### 1. 서론

가상현실 관련 기술의 발전으로 단순히 사용자들이 가상 환경의 개체를 제어하는 것에서 벗어나 사용자와 상호작용이 가능한 지능적인 가상 개체에 대한 필요성이 증대되고 있다. 지난 수년 동안 CAVE, HMD 를 비롯한 몰입형 디스플레이, wand, data glove, head tracker, haptic device 등 하드웨어 장비와 CAVELib, VR Juggler 등의 VR 엔진이 개발되

어 쉽게 가상 환경을 생성하고 몰입형 디스플레이와 입력장치를 사용할 수 있도록 지원하고 있다 [1][2]. 그러나 기존의 가상 환경에서는 사용자에게 몰입감을 제공하거나 가상 환경에 대한 네비게이션 및 가상 개체를 조작하는 등의 기능을 보장하지만, 가상 개체가 상황에 따라 반응하는 가상 환경에 대한 연구는 아직 미흡한 단계이다.

지능적인 가상 환경에 대한 연구를 진행하고 있

본 연구는 KIST 와 GIST 의 지원에 의해 수행되었음.

는 그룹을 살펴 보면 가상 생명체를 제작하여 지능을 부여하는 그룹과 가상환경의 생명체가 아닌 벽, 문 등의 사물에 지능을 부여하는 그룹으로 크게 나눌 수 있다. MIT Media Lab. 에서는 creature kernel 을 갖춘 가상 생명체를 제작하여, perception system 에서 정보를 수집하고 behavior network 과 motivation system 을 이용하여 행동을 결정할 수 있도록 하였다 [3]. 그리고 Mary Lou Maher 은 가상 환경에 design agent 개념을 도입하여, 가상 환경의 상태를 감지하여 사용자의 작업에 따라 문, 벽 등이 스스로 작업 환경을 변형하도록 하였다 [4]. 그러나 앞의 연구들은 가상 생명체 혹은 가구 등의 특정 개체만을 다루고 있으며, 모든 사용자에게 일관된 된 개체의 반응을 보인다는 제한점을 가진다.

본 논문에서는 가상 개체의 지능적 반응을 위해 지능적 반응 모형을 제안한다. 가상 개체란 가상 환경의 물체로서 컨텍스트에 지능적인 반응을 보이는 물체를 말한다. 그리고 지능적 반응이란 프로그램 개발자가 명시적으로 정한 조건에 의해서만 반응하는 것이 아니라 환경과 사용자의 개인화된 정보에 따라 반응하는 것으로 정의한다. 가상 개체의 지능적 반응을 위해 사용자와 가상환경, 가상 개체들간, 단일 가상 개체 스스로의 반응을 고려해야 한다. 이를 뒷받침 하기 위해서는 컨텍스트 획득, 수집, 분석 및 결정, 실행의 과정이 필요하며, 제안된 반응 모형은 이러한 과정을 포함한다.

제안된 모형은 가상 개체의 지능적 반응을 위해서 현실 환경과 가상 환경의 컨텍스트를 사용한다. 즉, 사용자의 직접적인 입력 뿐만 아니라, 현실 환경의 상황, 가상 환경의 상황, 그리고 사용자의 개인화된 정보까지 가상 개체에 영향을 미치게 된다. 컨텍스트 수집을 위해 현실 환경의 센서와 가상 환경의 가상 센서에서 정보를 생성하여 가상 개체로 전송한다.

이렇게 수집된 정보를 분석하여 가상 개체의 상태를 결정한다. 사용자의 직접적인 입력을 반영하여 가상 개체를 제어할 뿐만아니라 수집된 정보를 분석하여 상황을 판단하고 가상 개체의 상태를 결

정한다. 상태가 결정되면, 가상 개체에 상태전이 조건을 전달하여 실행되도록 한다.

본 논문에서는 제안된 반응 모형의 유용성을 검증하기 위하여, 기존의 가상 문화 유적 답사 시스템에 가상메모(vrMemo), 가상날씨(vrWeather) 응용 프로그램을 추가 구현하였다 [5]. 가상메모는 사용자가 PDA 상에 스타일러스 펜을 이용하여 낙서를 하면, 그 이미지가 가상 환경에 보여지며, 사용자가 낙서가 있는 장소에 접근하면 사용자의 개인정보에 따라 읽기 접근이 허용된 낙서를 보여준다. 가상날씨는 사용자의 개인정보와 현실 환경의 실제 시간, 날씨에 따라 가상 환경의 날씨를 변화시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 제안된 모형을 설명하고, 3 장에서 제안된 반응 모형을 적용한 시스템 구현 사항을 언급한다. 4 장에서는 실험 및 분석을 다루고, 마지막으로 5 장에서는 제안된 방법에 대한 결론과 향후 과제에 대해서 언급한다.

## 2. 컨텍스트 기반의 지능형 반응 모형

제안된 모형은 가상 환경의 정보를 획득하기 위한 가상센서, 현실 환경과 가상 환경의 정보를 주고 받기 위한 네트워크 자가구성 관리자, 수집한 정보를 통합 분석하고 가상 개체의 지능적 반응을 유도하기 위한 가상 개체의 상태를 결정하는 가상 서비스, 그리고 가상 개체로 이루어 진다.

가상 센서에서 새로운 컨텍스트를 생성하면, 네트워크 자가 구성 관리기에 의해 각 가상 개체의 가상서비스로 전달된다. 가상서비스는 수집된 정보를 통합하고 가상 개체의 다음 상태를 결정하여 가상 개체에 전달한다.

### 2-1 가상 센서와 가상 개체

가상센서는 영역과 추출 정보로 정의된다. 가상센서가 센싱할 수 있는 영역을 정하고, 사건 발생 시 특정 정보를 획득하여 전달하도록 한다. 이렇게 가상센서를 정의함으로써, 현실 환경의 센서의 개념을 적용할 수 있으며, 아바타와 같은 생명체

의 감각을 구현할 수가 있다.

가상 센서는 환경에 부착되는 환경 센서와 움직이는 개체에 부착되는 감각 센서로 나뉜다. 환경 센서는 카메라, GPS, 마이크처럼 건물이나 환경에 배치되어 감지 영역에 개체가 출현하였을 때, 특정 정보를 획득하여 전달한다. 감각 센서는 시각, 청각, 후각, 촉각, 미각과 같은 감각도 획득할 수 있다.

가상 개체에는 상태와 상태 전이 조건이 명시된다 [6][7]. 가상 개체의 상태란 가상 개체가 취할 수 있는 행동을 의미한다. 상태 전이 조건은 현재 상태에서 다른 상태로 옮겨갈 수 있는 조건을 의미한다. 그림 1에서 전체 모형은  $C = \langle P, T, E \rangle$  로 표현되며,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  는 상태의 집합이며 원으로 표현되고,  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  는 상태 전이 조건의 집합으로 사각형으로 표현된다.  $E$  는 화살표의 집합으로  $E \subset (P \times T) \cup (T \times P)$  이다. 가상개체의 상태는  $m: P \rightarrow \{0,1\}$  로 나타낼 수 있으며, 이는 원에 놓여진 토큰(token)의 위치와 개수를 의미한다. 그러므로 가상개체의 상태  $m = [m(p_1), m(p_2), \dots, m(p_n)]$  으로 표현되고, 그림 1의 상태는  $m = [1,0,0,0]$  이다. 또한  $t_i$  의 입력 상태 ( $p_j$ )가 토큰이 있고,  $t_i$  가 참이면 상태가 전이된다.

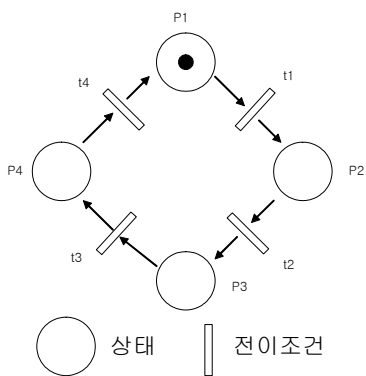


그림 1 상태와 상태 전이 조건

### 2-2 네트워크 자가 구성 관리기

네트워크 자가 구성 관리기는 각각의 가상 센서 혹은 가상 서비스에 내장된 형태를 취하며, 해당 센서와 서비스의 속성 및 컨텍스트에 따라 동적으

로 멀티캐스팅 그룹을 형성하고 컨텍스트를 교환한다 [8].

이는 그림 2에서 보는 바와 같이, 크게 구성매니저, 컨텍스트 제공기, 그리고 컨텍스트 응답기로 구성된다. 구성 매니저는 가상 센서 혹은 가상 서비스의 활성 영역, 타입, 상태 정보 등 조건 정보를 관리하며, 컨텍스트 제공기는 새로운 컨텍스트 생성시, 동적으로 멀티캐스팅 그룹을 생성하여 해당 컨텍스트를 필요로 하는 센서와 서비스들만에게 동시에 컨텍스트를 전송한다. 그리고 컨텍스트 응답기는 구성 매니저의 조건 정보를 이용하여 컨텍스트의 필요성 여부를 자체적으로 판단하며 필요한 경우 해당 멀티캐스팅 그룹에 참여하고 실질적으로 컨텍스트를 받아들인다.

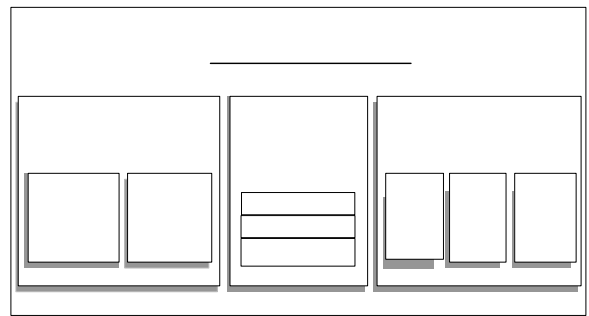


그림 2 네트워크 자가구성 관리기

### 2-3 가상서비스

가상서비스는 가상 센서에서 전송되어 온 정보를 통합하여 의미있는 정보를 생성해 낸후, 이를 이용하여 가상개체의 상태를 결정하여 가상개체에 전달한다.

가상서비스는 통합기, 관리기, 제공기, 해석기로 구성된다 [9]. 통합기는 여러 개의 센서로부터 초별 컨텍스트를 수집한다. 그리고 초별 컨텍스트의 각 항목을 통합하여 통합 컨텍스트를 생성한다. 여러 센서에서 다양한 형태의 정보가 수신되므로 이를 통합하여 의미있는 컨텍스트를 생성해 내는 것이 통합기의 역할이다. 관리기는 가상 개체의 상태 전이 조건( $t_i$ )과 통합기로 생성된 통합 컨텍스트( $c$ )를 비교하여 가상 개체의 참, 거짓을 결정한다. 즉, 가상개체의 상태는  $m(p_i) > 0$  이고,

$t_i \wedge c$  가 참이면 다음 상태로 넘어간다. 제공기는 가상개체와 가상서비스를 연결하며, 가상서비스의 결정 사항을 가상 개체에 전달하여 실행될 수 있도록 한다. 또한 가상개체가 실행될 때 필요한 추가 정보를 제공한다.

### 3. 구현

본 논문에서는 제안된 반응 모형의 유용성을 검증하기 위하여, 기존의 가상 문화 유적 답사 시스템에 PDA 를 이용한 가상메모와 가상날씨 응용프로그램을 추가하였다. 먼저, 가상 센서는 황룡사 앞의 특정 영역에 아바타가 출현하는지 확인한다. 아바타가 출현하면, 그 신호를 가상메모로 전송하여 가상 환경에서는 데이터베이스와 FTP 를 이용하여 이미지를 수신하여 텍스트 맵핑하며, PDA 에서는 메모를 할 수 있도록 JAVA 프로그램이 실행된다. 사용자가 PDA 상에 스타일러스 펜을 이용하여 낙서를 하면, 그 이미지가 데이터베이스와 FTP 서버로 전송되며, 가상 공간의 가상메모는 새로운 이미지로 메모를 변경한다. 가상날씨는 낮과 밤, 안개를 변화시키며, 사용자의 감정과 실제 시간에 따라 변화한다. 사용자의 나이, 감정, 선호하는 색은 PDA 에서 처음에 입력하도록 되어 있다. 또한 PDA 의 버튼 입력은 가상 환경에서 이동시 사용된다.

#### 3-1 가상센서와 응용프로그램 구현

##### 3-1-1 가상 환경의 가상센서

구현된 가상센서는 아바타가 특정 영역에 나타났는지 판별하기 위해 충돌 검출 모듈을 사용하였으며, 충돌 검출 후 가상 환경의 아바타의 위치 정보를 획득하여 현실 환경과 가상 환경의 서비스에 전달하였다. 가상메모가 실행되는 곳이 가상 환경 내의 황룡사 앞이므로 그 영역에서 정보를 획득할 수 있도록 하였다.

##### 3-1-2 가상 환경의 가상메모

가상 환경의 가상메모는 DB 와 FTP 서버에서 메모를 작성한 사용자의 정보와 이미지 파일을 전

송 받아 가상 환경에 텍스트 맵핑하였다. 그림 3 에서 처럼 가상메모가 실행되면, 대기 상태로 신호를 기다린다. 가상서비스에서 아바타가 근처에 접근했다는 신호가 들어오면, 데이터베이스를 체크하여 사용자 이름과 파일 이름을 읽어 온후 FTP 서버에 접속하여 이미지 파일을 받아온다. 이어서 텍스트 맵핑 과정을 거쳐 메모가 보여진다. 아바타가 멀어지면 가상서비스에서 아바타가 사라졌다는 신호를 받아 다시 대기 상태로 돌아간다.

메모가 나타나는 영역은 사용자가 메모를 남길 수 있는 영역인 가상 경주 내의 황룡사 앞으로 설정하였으며, 이미지 파일을 읽어 텍스트 버퍼의 이미지를 변경하는 방식을 사용하여 다른 메모를 볼 수 있도록 하였다. 또한 투명도를 변경하여 대기상태에서는 사용자에게 보이지 않게 하였다.

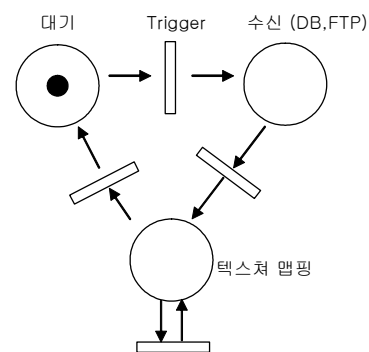


그림 3 가상메모의 동작 순서

#### 3-1-3 PDA 를 이용한 메모 입력

기존의 PDA 의 VRGPS 와 버튼을 이용한 네비게이션 기능에 스타일러스 펜으로 자필로 쓴 메모가 가상 환경의 특정 위치에 직접 쓰이도록 하는 가상메모를 구현하였다.

가상메모는 그림 4에서와 같이, 가상 GPS 가 실행되는 동안 PDA 의 프로세스에서 대기하고 있다. 가상센서로 부터 시작 신호가 전달되면, 실행된다. 프로그램이 실행되면 사용자는 스타일러스 펜으로 그림을 입력하고 완료 버튼을 누르면, 메모를 작성한 사용자의 정보와 파일 이름이 데이터베이스에 저장되고, 파일은 FTP 서버에 저장된다. 마지막으로 가상센서에서 종료 신호가 들어오면 다시 대기 상태로 돌아간다.

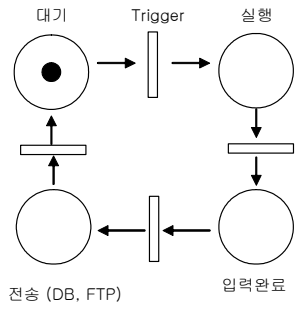


그림 4 PDA 에서 가상메모의 상태와 전이조건

### 3-1-4 가상날씨

가상날씨는 가상 환경내의 light 를 켜고 끄며, 안개 효과를 컨트롤 한다. 가상날씨의 상태는 ‘낮’, ‘밤’, ‘안개’ 이며, 낮의 경우 하늘의 색을, 안개는 농도를 조절할 수 있다. OpenGL Performer 의 pfFog, pfEarthSky 클래스를 사용하였다.

### 3-2 컨텍스트 분석을 위한 가상서비스

가상서비스의 통합기는 컨텍스트 SWIH 각각에 대해 투표를 수행하여, 참조 횟수가 많은 요소를 선택하는 방법을 사용하는 방식을 사용하였다.

관리기는 가상개체의 상태를 결정하기 위해 응용프로그램에서 개발자에 의해 정의된 상태 전이 조건과 통합기에서 생성된 컨텍스트를 비교하여 참이면 상태 전이를 결정하고 제공기를 통해 가상개체를 실행한다.

제공기는 관리기의 결정과 이를 수행하기 위해 필요한 정보를 가상개체에 전달한다. 예를들어 이미지를 수신하기 위한 데이터베이스와 FTP 서버의 주소와 아이디, 비밀번호를 전달하도록 하였다.

### 3-3 네트워크 자가 구성 관리기

PDA, 가상 환경상의 서비스 (가상메모, 가상날씨) 에 내장된 네트워크 자가 구성 관리기는 컨텍스트 발생시 컨텍스트 제공기를 통해 컨텍스트 생성 메시지를 가상 환경 상에 알린다. 이에 대해 가상 환경에 분산되어진 가상 센서 혹은 가상 서비스 각각에 내장된 컨텍스트 응답기들은 각각의 활성 영역, 타입, 상태 등의 구성 매니저의 조건 정보를 이용하여 생성된 컨텍스트의 유용성 여부를 판단하며 필요한 경우 이에 대한 응답 메시지

를 재전송한다. 그런 후 컨텍스트 제공기는 이러한 응답메시지를 이용하여 멀티캐스팅 그룹을 동적으로 형성하며 생성된 컨텍스트 정보를 해당 그룹 내에 전달한다.

## 4. 실험 및 분석

가상메모와 가상날씨의 반응을 검증하기 위해 표 1 과 같이 가상메모와 가상날씨의 상태와 전이 조건 전이 후 상태를 정의 하였다. 또한 표 2 에 서와 같이 가상센서에서는 가상 경주 내의 황룡사 앞에서 아바타의 출몰을, PDA 에서는 사용자의 아이디, 감정상태 등을 입력하도록 하였다.

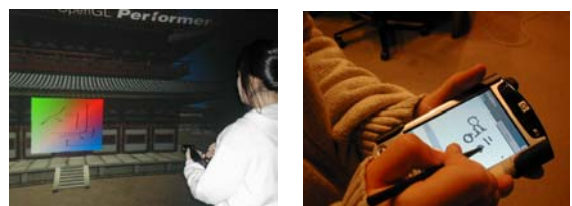
표 1 가상개체의 상태 전이 조건

	상태	전이 조건	전이 상태
가상메모	대기	아바타 나타남	텍스처 맵핑
	텍스처 맵핑	몰러났다 다시 접근	다음 이미지 텍스처 맵핑
	텍스처 맵핑	아바타 사라짐	대기
가상날씨	낮	(18:00-06:00)	밤
	밤	(06:00-18:00)	낮
	안개없음	(기분 나쁨)	안개있음
	안개있음	(기분 좋음)	안개없음

표 2 센서의 획득 정보

센서	가상센서	PDA 입력	PDA 버튼
획득 정보	사용자 아이디, 아바타 나타남	기분 좋음	진, 후, 좌, 우
	아바타 사라짐	기분 나쁨	

따라서, PDA 의 버튼에 입력에 의한 네비게이션 과 가상날씨 변화, 가상 환경내의 아바타의 움직임에 의한 가상메모의 상태변화가 결정되어 사용자와 시간등의 컨텍스트에 따라 반응이 선택됨을 볼 수 있었다.



(a) (b)

그림 5 가상메모 실행 모습



그림 6 가상 환경의 안개

그림 5(a)는 사용자가 PDA의 버튼을 사용하여 접근하였을 때, 다른 사용자의 메모를 보고 있는 모습이며, 그림 5 (b)는 PDA를 통해 새로운 메모를 추가하는 모습이다. 그림 6은 가상 환경에 안개가 생성된 모습이다.

그림 7는 네트워크 자가구성 관리기에 의해 동적으로 연결된 가상센서와 응용프로그램의 연결 관계이다. 가상센서가 특정 위치에 사용자가 접근했음을 나타내는 컨텍스트를 생성하였을 때, 이를 필요로 하는 가상 환경과 PDA의 가상 메모가 동적 형태의 멀티캐스팅 그룹을 형성하였다.

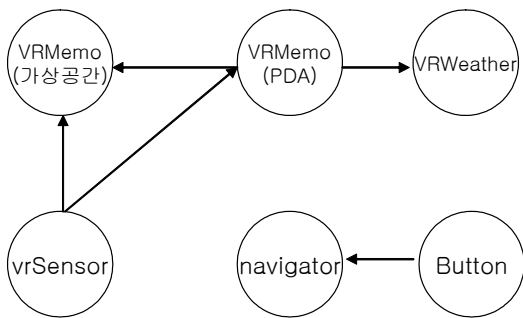


그림 7 각 가상센서와 응용프로그램의 정보 흐름

## 5. 결론 및 추후 과제

본 논문에서는 가상 개체의 지능적 반응을 위해 ubi-UCAM을 가상 환경으로 확장한 반응 모형을 제안하였다 [9]. 그리고 제안된 모형을 이용하여 기존의 문화유적 답사 시스템에 가상 센서와 가상 개체를 추가하였다. 이러한 시스템의 구현을 통해, 가상개체의 상태 전이 조건이 가상환경, 현실환경 그리고 사용자의 개인 정보에 따라 결정되어 가상 개체의 지능적 반응을 일으킴을 알 수 있었다. 그

러나 가상개체의 상태가 입력된 정보에 의해서만 결정되며, 행동 상태가 이미 개발자에 의해 정해져 단조로운 모습을 보인다. 추후에는 제안된 모형의 적합성을 수학적으로 검증하고, 동기 (motivation)회로를 추가하여 가상서비스의 결정능력을 향상 시켜 더 높은 수준의 지능적 반응을 일으킬 수 있도록 할 계획이다.

## 참고 문헌

- [1] Carolina Cruz-Neira, Allen Bierbaum, Patrick Hartling, Christopher Just, Kevin Meinert, "VR Juggler – An Open Source Platform for Virtual Reality Applications", *40th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit 2002*, Reno, Nevada, January 2002
- [2] C. Cruz-Neira et al. , "Surround-Screen Projections-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE," *ACM SIGGRAPH*, 1993, pp. 135-142
- [3] S. Y. Yoon, R. C. Burke, B. M. Blumberg, G. E. Schneider, "Interactive Training for Synthetic Characters" *AAAI 2001*
- [4] Gero, JS and Kannengiesser, U (2002) The situated function-behaviour-structure framework, in JS Gero (ed.), *Artificial Intelligence in Design 2002*
- [5] S.Jang, Y.Lee, W.Woo, "CIVE: Context-based Interactive System for Heterogeneous Distributed Virtual Environments.", *ICAT*, 2004.
- [6] Peterson, J.L., "Petri Net Theory and the Modeling of Systems", Prentice-Hall, 1981
- [7] W.Reisig, "A Primer in Petri Net Design", Springer-Verlag, 1991
- [8] S.Jang, S.J.Oh, W.Woo, "ubi-UCAM 2.0: Unified Context-aware Application Model for Ubiquitous Computing Environment", *ubicomp*, 2004
- [9] S.Jang, W.Woo, "ubi-UCAM: A Unified Context-Aware Application Model", *context*, 2003