

## 진산학으로서의 가상현실

한국과학기술원 원광연\*

### 1. 가상현실이란?

가상현실(Virtual Reality, VR)이란 컴퓨터가 만들어낸 가상의 세계를 사용자에게 다양한 감각 채널을 통해 제공함으로써 사용자로 하여금 이 가상세계에 몰입(immerse)하도록 하는 동시에, 가상세계 내에서 현실 세계에서와 같은 자연스러운 상호작용(interaction)을 가능하도록 하는 제반 기술과 이러한 기술에 필요한 이론적 바탕을 지칭한다.

VR이라는 용어는 지금으로부터 약 10년전 Jaron Lanier에 의해 제안되었다. 그러나 VR 기술 자체는 훨씬 오래 전부터 존재해왔었고, 실제로 비행시뮬레이터나 원격 로봇틱스 등에 제한적으로 사용되고 있었다. VR의 핵심을 이 세상 현실이 아닌 인공적으로 제조된 세계에 몰입되게끔 하는 것이라 본다면 VR의 역사는 수천 년을 거슬러 올라가게 된다.

가상세계를 만들어내는 기술중 가장 오래된 것으로는 연극이 있다. 연극에 관한 이론은 일찍이 아리스토텔레스 시대부터 정립되기 시작하였다. 고대 그리스 시대의 연극이 창조해내는 세계는 신의 세계와 인간의 세계의 중간쯤 되는 것으로 여겨졌다. 여기서 주목할 것은 가상세계란 있을 법은 하지만 있지 않는 세계였다는 것이다. 가상세계를 만들어 내는 또 다른 방법으로 소설과 영화가 있다. VR은 가장 최근에 고안된 방법일 뿐이다. 단지 종래의 방법과 근본적으로 다른 점은 VR에서는 가상세계가 컴퓨터에 의해 제작되고 운영됨으로써 그 사실성과 정교성, 정밀성이 기존의 다른 미디

어가 생성하는 가상현실과는 비교도 되지 않는다는 것이다. 또한, 컴퓨터가 제공하는 interactivity에 의해, 가상세계의 무대 설정은 되어 있으나 각본에 따라 진행되지 않는다는 점이다.

그렇다면 이러한 가상 현실감의 생성이 과연 가능한 것인지 검토해 볼 필요가 있다. 컴퓨터를 이용한 인공적인 현실감의 구축은 이론적으로는 가능하다. 인간은 어차피 인간을 둘러싸고 있는 환경과 끊임없이 접촉하면서 살고 있으며, 인간의 감각기관, 즉 피부, 눈, 귀, 코, 입 등을 통해 외부로부터 들어오는 각종 감각 신호들을 분석함으로써 환경에 관한 정보를 얻고 이들 정보가 통일성을 가질 때 현실감을 느낀다. 따라서, 인간의 감각 기관들을 자연환경으로부터 차단하고 컴퓨터에서 생성된 환경을 대신 제공함으로써 그 감각 기관들로 하여금 인공적 환경의 내용물을 감각하게 하면 된다. 이에 대한 기본적인 접근 방법은 제3장에서 다루도록 한다.

가상현실감 기술은 매우 다양한 응용 분야에서 사용될 수 있고, 적용되는 응용 분야의 요구에 따라 컴퓨터는 다양한 성격의 가상세계를 생성할 수 있다. 군사나 의료 분야의 모의 훈련이나 건축물의 walkthrough와 같은 응용의 경우에는 대상이 되는 현실 세계를 가능한 한 사실적으로 충실히 복사하는 것이 바람직하다. 한편, 현실 세계의 특징을 왜곡하거나 강조하여 사용자에게 제공하는 것이 효과적인 경우도 존재한다. 이를테면, 광속에 가까운 속도로 운동할 때 물체가 축소되는 현상을 경험시키기 위해서는 사실보다 더 강조하여 보여 주는 것

\*정회원

이 효과적일 것이다. 또한 만화 영화에서와 같이 현실 세계에 상존하는 물리 법칙에서 벗어나 자유로운 상상의 세계를 구축하여 이를 사용자에게 제공하는 경우도 여기에 속한다. 세 번째로, 현실 세계와 무관한 세계를 생성하는 경우도 있다. 복잡한 데이터를 3차원으로 시각화(visualization)한 가상세계나, 추상적인 개념들을 사용자에게 이해시키기 위해 만들어진 가상세계가 여기에 속한다. 어느 경우이나 사용자들은 가상세계에 몰입, 자연스러운 상호작용을 통해 높은 수준의 현실감(reality)을 경험하여 '자신이 마치 그곳에 실재하는 듯한' 착각을 느끼게 하는 것이 VR의 첫째 목표이다.

## 2. 가상현실의 양면성

앞절에서 살펴봤듯이 VR은 컴퓨터 기술로서 자리 매김을 할 수 있을 뿐 아니라 미디어로서도 그 존재 의의를 설정할 수 있다. 다만 미디어적인 관점에서 VR의 성격 규명은 아직 시기상조라 여겨지기도 하고 본 논문의 범위를 벗어나므로 여기서는 다루지 않기로 한다. 컴퓨터 기술로서의 VR을 논하기 위해서는 인공지능(AI)을 metaphor로 사용하는 것이 흥미 있을 것 같다. 두 분야 공히 매스컴에 지나치게 노출되어 왔고, 영화의 소재로 빈번히 이용됨에 따라 일반인들뿐 아니라 타 분야 전문가들의 기대치가 높아졌으며, 그 반대급부로서 가시적인 연구 결과가 미진한 듯이 보이고 이에 따라 연구비 투자가 위축되는 공통점을 지니고 있으나, 본 논문에서 VR과 AI의 비교는 이러한 점은 아니다.

AI는 과학적인 측면과 공학적인 측면을 가진다. 과학적인 측면에서의 AI는 지능(intelligence)의 본질에 대해 계산학적인 모델을 세우는 것이다. 반면 공학적인 측면에서의 AI는 지능을 소유한 것처럼 보이는 인조물 소프트웨어든 하드웨어이든 간에 을 만드는 것이다. 이와 비슷하게 VR 연구도 두 개의 다른 얼굴을 지니고 있다. 먼저, 과학으로서의 가상현실이다. 가상현실을 하나의 학문 분야로서 규정하는 이러한 성격의 연구는 주로 현실감(reality)이란 무엇인가?, 인간이 현실감을 느끼기

위한 필요/충분 조건은 무엇인가?, 현실감을 어떻게 객관적/정량적으로 측정할 것인가? 등의 물음에 대한 해답을 모색하는 것이라고 할 수 있다. 즉, 인간이 느끼는 현실감을 과학적으로 규명 혹은 규정하기 위해, 이에 대한 계산학적인 모델을 세우고 이를 검증하려는 노력이라고 할 수 있다. 이런 점에서는 virtual reality라는 용어보다는 computational reality라는 용어가 더 적절하다고 생각한다.

가상현실을 연구하는 또 하나의 접근 방향은 공학으로서의 가상현실이다. 가상현실을 공학의 측면에서 다룰 때의 주 관심사는 컴퓨터가 생성한 가상세계를 사용자인 인간에게 잘 전달하고, 이에 대한 인간의 반응을 컴퓨터가 잘 이해할 수 있도록 하는 방법론이다. 공학적 접근은 과학적 접근 방법에서 얻어진 실재와 현실감에 대한 계산 모델에 기반하여 이를 활용하고 검증하려는 노력이라고 할 수 있다. 이제 이 두 측면에서 연구 대상이 되는 문제들에 대해 좀더 자세히 알아보자.

### 2.1 과학적 측면에서의 가상현실

가상현실의 궁극적인 목표인 현실감을 구성하는 주 요소로는 지각(perception), 몰입(immersion), 상호작용(interaction) 등을 들 수 있다[1, 2]. 과학적 측면에서 본 가상현실의 연구는 이들 요소들 각각의 특성과 서로간의 관계에 대한 이해를 통해 가상현실의 이론적 바탕이 되는 현실감의 계산적 모델을 확립하는 것을 목표로 하고 있다.

먼저, 지각이란 인간이 감각기관을 통해 입력되는 신호를 해석하여 외부 세계에 대한 정보를 얻는 일련의 과정이다. 인간의 지각이 갖는 특성에 대한 이해는 VR 시스템이 인간에게 전달하는 시각, 청각 등의 감각정보를 시스템이 의도한 바대로 인간에게 받아들여지도록, 동시에 효율적으로 생성하기 위해서 필요하다. 현재 시각 및 청각 부분에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 촉각에 대한 연구도 진행되고 있다. 두 번째로, 인간을 가상 세계에 몰입시키기 위해서는 VR시스템에서 공급되는 감각정보가 양적, 질적으로 우수해야 할 뿐더러 인간을 현실 세계의 감각정보로부터 효과적으로 차

단시키는 메커니즘이 필요하다. 세번째 항목인 상호작용에 대해서는, 가상세계 내에서의 객체간의 상호작용은 물리적 상호작용으로부터 사회적 상호작용에 이르는 여러 단계의 수준에서 고찰하여야 한다. 물리적 상호작용은 객체가 갖는 형태, 질량, 속도와 같은 기하학적, 물리적 성질간의 상호작용으로서 물체의 운동, 물체끼리의 충돌 등을 들 수 있다. 사회적 상호작용은 객체간의 의사 전달, 객체간 사회적 관계의 규정 방법 등에 대한 것이다.

이러한 현실감의 구성요소는 서로 어떤 영향을 주고받으며 그들 간의 관계는 전체적인 현실감의 수준과는 어떤 관계가 있는지도 과학적 측면에서 고려되어야 할 점이다(예를 들어 극히 사실적인 렌더링을 통해 지각 면에서 현실적이라 하더라도 이와 동시에 제공되는 상호작용의 수준이 매우 낮아서 사용자가 기대하는 물리 법칙에 반하는 가상세계에서 사용자가 느끼는 현실감은 매우 낮아진다). 현재 VR의 연구는 주로 공학적 측면에 집중되는 양상이며, 과학적 측면에서 현실감 자체에 대한 연구는 상대적으로 취약하다.

## 2.2 공학적 측면에서의 가상현실

VR은 전산학의 거의 모든 분야의 최신 기술이 결합된 신 기술이며 따라서 이들 기존 분야에 발전의 실마리를 제공하는 driving force가 되고 있다. AI가 70~80년대에 전산학 전반에 기여한 역할을 앞으로 얼마동안은 VR이 할 수 있을지 모른다. VR은 전산학의 여러 분야 중에서도 컴퓨터 그래픽스, 인공지능, 인간과 컴퓨터 상호작용(Human Computer Interaction, HCI) 등의 연구분야와 밀접하게 연관되어 있다.

먼저 컴퓨터 그래픽스와 관련되는 연구 주제들을 살펴보자. 모델링의 연구로서, 가상세계가 대규모이고 큰 복잡도를 지녀야 할 때 이를 효과적으로 표현하기 위한 기법, 이러한 표현 양식에 따른 가상세계 표현의 효율적 또는 자동적 생성 기법의 문제가 대두된다. 렌더링의 연구로서는, 사용자의 관점에서 본 가상세계의 영상을 사실적으로 생성하는 방법이 주 연구 대상이다. 가상현실을 위한 렌더링 기술은 초당

최소한 20프레임 이상의 영상을 생성하면서도 가능한한 사실적인 표현을 해야 한다는 점에서 기존의 컴퓨터 그래픽스와 구별된다. 운동제어(motion control)의 연구는 동적으로 변화하는 가상세계의 속성과 관련한 제반 문제 즉, 관절을 갖는 가상 에이전트의 자연스러운 동작 및 표정 생성, 가상 물체끼리의 충돌검색이나 가상세계에 내재된 중력과 같이 가상세계에 존재하는 객체들의 운동을 지배하는 나름대로의 물리 법칙의 구현 문제를 다루고 있다. 여기에서도 역시 실시간 수행의 제약을 안고 있으므로 기존의 계산복잡도가 큰 방법은 사용하기 어렵다. 따라서 계산량을 줄일 수 있는 자료구조나 알고리즘의 개발, 기존 계산 방법을 근사하는 빠른 계산법 등에 관한 연구가 필요하다.

다음으로, AI와 관련한 VR의 연구 주제를 살펴보자. 가상 세계를 일관된 원칙 하에 운영하기 위해 필요한 가상 세계 표현 양식 기법의 연구에는 AI 분야의 여러 지식표현 기법을 근간으로 할 수 있다. 마찬가지로 하나의 독립된 계를 구성하는 객체간에 존재하는 다양한 제약 조건을 만족시켜야 하는 가상세계 운영에 있어서도 인공지능 분야에서의 frame problem이나 물리학의 n-body problem에의 접근 방법은 중요한 출발점이 된다. 또한 가상세계에 존재하며 자신에게 부여된 임무(task)를 수행하는 가상 에이전트의 연구는 에이전트 자신이 외부 세계와 자신의 상황을 인지하고 이로부터 적절한 의사 결정을 내려야 한다는 점에서 인공지능의 연구와 많은 부분을 공유하고 있다. 인공지능의 중요 분야의 하나인 인식, 특히 인간의 의도를 추출하는 것을 목적으로 삼고 있는 음성인식이나 컴퓨터 비전 분야에서의 자세와 동작의 인식 방법은 현재 보편적으로 쓰이고 있는 키보드, 마우스, 데이터글러브, 위치센서 등의 입력 수단을 제치고 가상현실감의 궁극적 입력 방식으로 자리잡을 것이다.

공학적 측면에서 본 가상현실과 관련한 또 하나의 중요 분야는 인간과 컴퓨터 상호작용(HCI)이다. 3차원 공간에서 상호작용 시 요구되는 다양한 입력 장치를 개발하는 것도 연구 이슈이기는 하지만 그보다도 소프트웨어 이슈가 더 문제가 된다. 기존의 GUI(graphic user

interface)가 표방하는 것이 desktop metaphor 라고 할 때 가상현실에 적합한 metaphor란 어떤 형태를 취하는 것이 바람직하겠는가는 가장 근본적인 문제이다. 그 이외에, 다수의 사용자가 동일한 가상세계에서 서로 협업하는 공유 가상환경을 운영하기 위해 필요한 기술들은 그룹웨어의 연구와 밀접하게 연관되어 있으나, VR의 경우에는 사용자간의 의사전달 공간인 personal space와 사용자간의 공동작업 공간인 task space가 분리되지 않는다는 점에서 기존의 그룹웨어와 다르다.

이들 이외의 공학적 측면의 중요한 요소로서 컴퓨터 시스템 소프트웨어가 있다. VR 시스템은 방대한 규모와 대단히 복잡한 가상 세계를 대상으로 다수의 사용자를 지원하며 자연스럽게 효율적인 상호작용을 지원하여야 한다. 실시간 수행 상의 제약, 대규모의 가상세계의 관리 및 운영, 네트워크로 연결된 다수의 사용자들을 위한 시스템의 설계, 복잡한 가상세계의 시뮬레이션 등의 난제를 해결하기 위해 time-critical computing이라는 새로운 컴퓨팅 패러다임이 제시된 바 있다[3]. 이외에도 OOP의 개념 확장, distributed computing에서의 시간 모델 확장 등은 VR의 기술적인 해결책으로 제시되어 연구되고 있는 한편, 전산학의 중심 연구 이슈라고도 볼 수 있다.

### 3. 현실감을 만들어 내기 위하여

제1절에서 기술한 바와 같이, 이론적인 측면만을 고려하면 현실과 대등한 가상 현실을 생성할 수 있다는 것은 자명하다. 그러나 이론과 실재는 분명히 차이가 있다. 현재의 기술로 어떻게 가장 효과적으로 가상 환경을 생성, 제공할 것인가? 이를 위한 이론적 배경은 무엇인가? 인간과 컴퓨터간의 위상, 혹은 상호 관계는 무엇인가? 이러한 문제들에 대한 해답 없이, (혹은 적어도 고려없이) 그래픽스 워크스테이션에 3차원 입출력 장치를 연결하고 OpenGL, Inventor, Performer 등의 그래픽스 라이브러리를 이용해서 만든 소프트웨어를 운용하는 것은 VR의 핵심을 무시한 것이다.

본 절에서는 먼저 인간과 VR 시스템의 상호

작용에 관한 모델을 제시하고(이를 VR의 conceptual model이라 부르겠다), 이를 근거로 하는 VR시스템의 아키텍처를 설계한 후(이를 VR의 functional model이라 부르겠다), VR 아키텍처를 구현하는데 필요로 하는 요소 기술을 정의하고(이를 VR technology라 부르겠다), 마지막으로 VR시스템이 인간에게 제공되는 형태(이를 VR metaphor라 부르겠다)를 기술하고자 한다. 다만 지면 관계상 주요 사항만을 요약하겠으며 자세한 내용은 [4]를 참조 바란다.

#### 3.1 VR의 conceptual model

인간과 VR시스템과의 상관 관계는 어떻게 정의될 수 있는가? 이 문제는 상당히 추상적으로 들리지만, 이 상관관계의 정의에 따라 가상세계 내에서의 인간의 존재, 가상세계와의 상호작용, VR시스템의 구조가 결정된다. VR의 conceptual model은 기 제시된 바 있으나, 기존의 연구는 부분적이고 불완전한 상태였다[5, 6]. 본 논문에서 제시하는 모델은 그림 1과 같다.

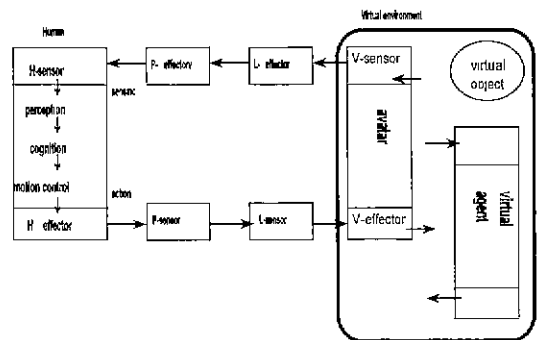


그림 1 Conceptual model of VR

이 모델은 인간, 가상환경, 그리고 인간과 가상환경을 연결하는 인터페이스로 이루어져 있다. 인간은 sensory-motor loop이라 불리는 감각, 지각, 인지, 반응 및 행동 프로세스를 거쳐 실제 혹은 가상 환경과 공존한다. VR 시스템이 궁극적으로 추구하는 것은 실재를 가상으로 대체했을 때 대체하기 전과 차이를 못 느끼도록 하는 것이다. 이를 위하여 가상환경 내에 인간 자신을 대신하는 에이전트(이를 avatar

라 부르겠다)를 정의하고, 인간과 avatar사이의 mapping, 즉 metaphor를 적절히 설정하는 것이 가장 중요한 문제이다. Avatar는 가상세계를 지각하고 가상세계와 상호작용 할 수 있는 v-sensor(virtual sensor)와 v-effector(virtual effector)를 갖는다. Avatar자신은 그의 주인격인 인간을 대신하여 가상세계에 존재하므로 avatar자신의 자율성은 필요치 않으며 따라서 독립적인 sensory-motor loop을 가지지 않는다. 가상세계는 avatar이외에 가상물체와 또 다른 사용자를 대신하는 avatar, 그리고 어느 사용자도 대신하지 않는 에이전트(intelligent agent)로 구성될 수 있다. 물론 intelligent agent는 그 자신의 sensory-cognition-motor 기능을 소유한다. 그림에서 p-sensor와 l-sensor는 기존 데스크탑 그래픽스의 physical input device와 logical input device에 해당한다. P-effector와 l-effector도 이와 비슷하게 정의된다.

### 3.2 VR의 functional model

윗 절에서 제시한 conceptual model을 구현하기 위해서 VR시스템은 어떤 아키텍처를 가질 것인가? 이에 대한 모델을 그림 2에 제시한다.

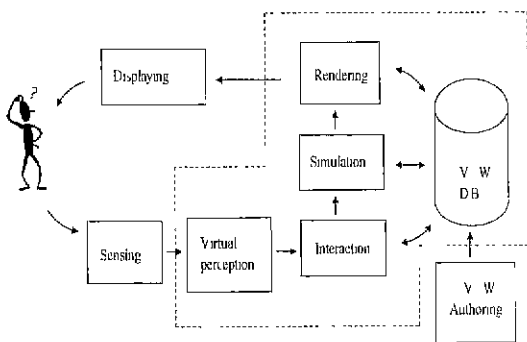


그림 2 Functional diagram

Sensing 모듈은 conceptual model의 physical sensor에 해당하여 인간의 능동적인 행위와 의사표시 뿐 아니라 수동적인 상태도 측정한다. 각종 입력 장치, 비디오 카메라, 센서, 마이크로폰 및 드라이버가 이에 속한다. 이렇게 입력된 정보들은 Virtual perception 모듈에서

처리되어 사용자의 의도를 추출한다. 이 모듈은 conceptual model의 physical sensor와 logical sensor를 연결하는 프로세스라고 볼 수 있다.

사용자의 의도는 기 설정된 metaphor에 따라 avatar에 부과되고 가상세계의 context범위에서 사용자와 가상 세계간의 상호작용의 형태가 결정된다. 이 작업은 interaction모듈에서 수행된다. Metaphor설정 역시 이 모듈에서 담당한다.

Simulation 모듈은 위에서 결정된 interaction을 실제로 수행한다. 물론 interaction이 발생하지 않더라도 주어진 가상세계의 법칙에 따라 가상세계를 변화시키는 등, 가상세계를 운영하는 역할을 한다.

Rendering모듈은 변화된 가상세계를 그려주는 역할을 담당한다. 영상만 그리는 것이 아니라, 음향, 촉각, 운동 등, displaying모듈을 통하여 사용자에게 제공될 감각 신호를 렌더링한다.

그림 2의 맨 오른쪽에 보인 가상세계 데이터베이스 모듈은 가상 세계에 존재하는 모든 객체들 avatar, 가상 물체, intelligent agent에 대한 기하학적, 물리적, 행위적 속성을 지닌다. 이 모듈은 interaction 모듈, simulation 모듈, rendering 모듈 등과 강하게 결합되어 실시간에 액세스가 가능한 구조를 취한다.

마지막으로, 가상세계 제작(virtual world authoring) 모듈은 다른 모듈들과는 달리 비교적 약하게 연결되어 있으며 가상세계를 제작하여 데이터베이스에 저장하는 역할을 한다.

### 3.3 VR technology

앞절에서 제시된 functional model을 구현하여 VR시스템을 만들기 위해서는 상당히 많은 종류의 기술이 상당히 높은 수준에서 요구됨은 자명한 사실이다. 이들 요소 기술을 identify하는 가장 좋은 방법은 윗 절에서 제시된 functional model의 각 모듈별로 이들의 구현에 필요한 기술을 추출하는 것이다. 주요 핵심 되는 연구 이슈는 제2.2절에서 이미 언급하였다. 더 자세한 사항은 본 저자의 강의 노트[4]를 참조 하길 바란다.

### 3.4 VR metaphor

동일한 아키텍처를 지닌 VR시스템이라도 인간에게 제시될 때는 여러 가지 다른 형태를 취할 수 있다. 현재까지 제안된 형태를 나름대로 분류하면 다음과 같다.

- On-the-table metaphor : 가장 간단한 형태로서 가상 세계는 실세계의 일부분에 제시된다. 이를테면 데스크 탑 컴퓨터의 모니터 내에 가상 세계가 제시되는 경우가 이에 속한다. 가상세계와 실세계는 아무런 연관 관계를 이루고 있지 않다.
- Through-the-window metaphor : 가상 세계는 실세계의 창문 너머 제시된다. 따라서 가상 세계와 실세계는 동일한 세계의 안과 밖이라는 관계를 유지한다. 예로서 비행 시뮬레이터를 들 수 있다.
- Immersive metaphor : 실세계로부터 인간을 차단시키고 그대신 가상세계를 제시하는 방법이다. Glove, head-mounted display 등을 이용하는 encumbered 방식, dome 이나 밀폐된 공간의 벽면에 영상을 투영시키는 Cave 방식 등이 현재까지 고안되었으나, 궁극적으로는 인간의 신경 시스템에 직접 연결하는 방식이 있을 수 있다.
- Third person metaphor : 이는 사용자가 자기 자신이 가상 세계에 들어가 있는 것을 관찰하게 한다는 것으로, 사용자 자신의 투영된 이미지가 가상 세계의 영상 속에서 자신이 반응하는 것과 같은 반응으로 속해 있는 것을 보게 된다. Virtual Studio는 기본적으로 이 방식에 의거한다.

만족할 만한 가상 현실감을 실현키 위해서는 어플리케이션에 따라 위와 같은 메타포어를 효과적으로 설정함과 더불어 사용자의 의도를 정확히 감지하기 위한 입력장치, 의도한 바대로 반응을 생성해주기 위한 사용자 모델, 반응을 영상, 음향 등으로 표현하는 출력장치의 연구가 선행되어야 한다.

## 4. 한국과학기술원에서의 연구

한국과학기술원 전산학과와 VR 연구는 본 저

자를 중심으로 1991년부터 수행되어 오고 있다. 초기에는 VR 소프트웨어의 전문 업체인 Sense8 사에 대학원생을 인턴쉽으로 파견하여 기술 습득을 모색하는 한편, 연구차원에서는 비전 기술 위주로 시작해서 최근에는 가상현실 전반에 걸쳐 다음과 같은 토픽을 연구해 오고 있다.

- 제스처 인식 및 해석[7]
- 가상 에이전트의 애니메이션 및 동작 제어 [8, 9]
- 모션 캡처 시스템[10]
- 그래픽스 알고리즘[11, 12]
- VR시스템 개발[13]
- 3차원 Web Browser[14]
- Virtual Stage[15]
- 네비게이션 모델

이상의 연구들은 연구 개시한 이래 현재도 계속 수정 보완되며 진행중이다. 반면, 새로이 시작되어 진행중인 연구 항목은 다음과 같다.

- 현실감에 대한 이론 : VR의 궁극적인 목표는 앞서 언급한 바와 같이 실제 세계와 구분할 수 없을 만큼 정교한 가상 세계를 만드는 것이다. 이를 위해서는 기본적인 이론이 뒷받침 되어야 한다. 특히 현실감이란 무엇이고 어떤 변수에 의해 결정되는가에 대한 연구가 선행되어야 한다.
- Augmented reality : 비디오 카메라로 잡은 실제의 영상과 가상세계를 렌더링한 그래픽스 영상의 합성은 Virtual studio, 작업현장에서의 보조기구 등 그 응용범위가 넓다. 자연스러운 합성을 위해서는 3차원 컴퓨터 비전의 연구가 더 필요하다.
- 대규모 가상세계의 제작 : 현재까지 제작된 가상 세계는 규모가 작거나 demo수준에 지나지 않고 있다. 따라서 그런 규모의 가상세계를 제작하는 것은 기술적으로 어려움이 없었다. 앞으로 VR을 이용한 어플리케이션의 규모가 커짐에 따라서 대상으로 하는 도메인, 즉 가상세계의 크기도 증가할 것이다. 대규모의 가상세계를 현재와 같은 노동 집약적인 방법으로 제작하는 것은 무리일 것이다. 지도나 사진, 그리고 데이터베이스로부터 자동적으로 생성하는 방법, 혹은 알고리즘 적으로 생성하는 방법

이 연구되어야 할 것이다.

VR과 같이 아직 미개척 분야를 연구하기 위해서는 이에 적절한 기본적인 지식과 기술이 충분히 습득되어야 한다.

## 5. 발전방향과 결론

VR기술은 어떤 곳에 이용되며 우리 사회에 어떤 영향을 미칠 것인가? 이를 위해 앞으로 어떤 연구 개발이 필요한가? 산·학·연의 연구 분담은 어떻게 할 것인가? 국가의 역할은 무엇인가? 현재의 기술 수준은 어떠한가? 이러한 질문에 답하기 위하여 1992년 미국 National Research Council주관으로 VR연구개발 협의회가 결성되었다. 협의회의 연구 결과는 단행본으로 출간되었으며[16] 앞의 이슈들에 대해 완벽할 정도로 해답을 제시해 주고있다. 자세한 내용은 이를 참조하기를 바라며 여기서는 몇가지 측면(기술적, 미디어적, 예술적)에 대해서 개인적인 견해를 간단히 피력한다.

가상현실 기술은 어떤 방향으로 발전할 것인가? 컴퓨터의 기술 발전 추세를 볼 때, 가상현실 기술은 컴퓨터의 3차원화를 불러올 것이다. 컴퓨터 기술의 발전에 따라 컴퓨터는 대용량화, 초고속화, 지능화되어 왔다. 이에 덧붙여 컴퓨터는 3차원화 되어야 할 것이고 그렇게 될 것이다. VR 기술을 통해 사용자는 컴퓨터가 생성한 3차원 가상세계에 몰입하여 3차원적 입/출력을 통한 상호작용을 하게 될 것이다.

미디어적인 측면을 볼 때, VR 기술은 궁극적인 통신 매체로의 잠재성을 지니고 있다. 통신 매체는 우편에서 전화로, 전화에서 정보통신으로 발전해 왔다. 가상현실은 지역적으로 떨어진 다수의 사용자가 공유되는 현실적인 3차원 가상세계에서의 자연스럽게 만나고 의사를 교환하고, 효율적으로 협업할 수 있도록 하며, 공동의 체험을 갖는 것을 가능케 한다는 점에서 궁극적인 미디어라 할 수 있다. 또한 이러한 발전의 속도는 인터넷의 발전에 힘입어 더욱 가속될 전망이다. Web이 주도하고 있는 인터넷의 발전 방향은 2차원 텍스트와 이미지를 위주로 하는 HTML로 정의되는 홈 페이지 형태에서 VRML로 정의되는 3차원 스페이스

의 형태가 보편화 될 전망이다. 물론 VRML 역시 과도기적인 해법이라 생각된다.

예술적인 측면에서는, VR은 새로운 예술 양식으로서의 가능성을 보여준다. 예술가가 창조한 세계가 화판, 악보, 대리석, 무대 등에 구현될 수 있다면 그 세계가 컴퓨터 내에서 인공적 세계로 표현되지 못하리라는 법은 없다. 관객이 예술가가 창조한 인공 세계에 들어가 그 세계를 탐구하고 가상의 인물이나 가상의 물체와 상호작용 하면서 예술가의 의도를 이해하게 될 때, 예술가와 관람객 사이에 일체감이 형성되어 양자 모두 즐거움을 맛보는 것이다. 예술가의 입장에서는 그의 예술성을 인공적 혹은 가상적 세계라는 형태로 나타내기는 하지만 자신의 작품인 인공적 세계와 관객간 상호작용의 가능성 수는 거의 무한대에 가깝기 때문에 상호작용의 형태를 사전에 완벽하게 예측하기는 불가능하며 자신이 전혀 기대하지 못했던 미적 결과가 인공적 세계와 관객의 상호작용으로 인해 발생하는 것을 경험하게 될 것이고 이러한 우발적 아름다움이 인공 현실감의 큰 장점이 되리라 본다. 인공 현실감이 새로운 예술 양식으로서 정착하리라는 성급한 판단은 내리기 어렵지만 컴퓨터 기술 특히, 사용자 인터페이스의 발달이 조만간 그 대답을 해 주리라 믿는다. 혹자는 현재 컴퓨터 기술이 완벽한 현실감을 재생하기에는 아직 충분히 무르익지 않았다고 반박할지도 모르지만, 회화, 조각, 연극, 영화 등 기존의 예술 양식 모두 해당 매체의 한계성을 명확히 가지고 있고 매체의 한계성이 도리어 그 예술 분야를 특징 지워주고 한계성으로 말미암아 예술가의 예술성이 발휘됨을 생각할 때 예술로서의 인공 현실감은 그 가능성이 충분하다고 생각된다.

현시점에서 VR 기술이 적용될 수 있는 범위는 시뮬레이터, on-line game, virtual studio 등, 극히 제한되어 있다. 이는 물론 현재의 기술이 극히 초보적인 수준이기 때문이다. 현재의 VR 기술은 컴퓨터 그래픽스 위주로 발전 중이다. 현실감을 생성하는데 영상이 가장 중요한 역할을 하기 때문이다. 앞으로도 컴퓨터 그래픽스 기술은 VR을 발전시키는데 계속 중요한 위치를 차지하겠으나, 실시간 영상 생성

문제가 어느 정도 해결되면 그 외의 기술, 즉 네트워크, 3차원 상호작용, AI, 컴퓨터 비전 등, 전통적으로 어려운 문제로 알려져 있는 문제의 중요성이 대두될 것으로 확신한다.

그러한 상황이 올때까지, 즉 실시간 영상 생성이 VR의 주 이슈인 상황에서는 VR을 다음과 같이 축소 정의할 수 있다.

VR = Interactive, Realtime, Online, 3-D  
Computer Graphics

여기서 online은 지역적으로 멀리 위치한 다수의 사용자(참여자)가 동시에 동일한 가상세계에 참여하여 서로를 인식/인지하며 서로 다른 행위를 하게끔 하기 위한 필요 조건을 제공한다. Online적인 측면에서 본다면 VRML, 분산처리, 그래픽스 하드웨어, 그리고 일반적인 네트워크 기술이 핵심 기술을 이룬다. VRML은 3차원 기하정보를 네트워크 상에서 공유케 하는 script language로서 현재로는 아주 기초적인 정보만이 정의되어 있는 상태이고 앞으로 계속 변화, 발전하리라 본다. Java를 포함하여 분산처리 기술은 공유 가상세계가 일관성 있게, 즉 같은 물리법칙에 따라 돌아가도록 하는데 기본 틀을 제공할 것이다. PC급 컴퓨터를 3차원 단말기로 사용하는 대다수의 사람들에게는 실시간 영상 생성 속도가 가장 큰 고려 사항으로 대두된다. 그러나 이 문제는 그래픽스 하드웨어의 눈부신 발전으로 어느 정도 일반인의 욕구를 충족시킬 것으로 기대된다. 네트워크에 관련된 사항으로 latency와 bandwidth 문제가 남는데, 물리적인 한계를 극복하기 위하여 online game분야와 networked simulator 분야에서 많은 연구가 진행중이어서 어느 정도 해결책이 제시될 것으로 믿는다.

이렇듯 가상현실을 interactive, realtime, online, 3차원 그래픽스로 축소 해석한다 해도 VR 기술은 가까운 장래에 소위 말하는 killer application을 만들어 낼 것으로 확신한다. 구체적으로 어떤 killer application이 될 것인가는 아무도 알고 있지 못하지만, 전자 상거래, 전자게임, 협동 작업(공동 설계 등), 교육훈련, 시각화(visualization) 등에 기대를 걸만하다.

## 참고문헌

- [1] D. Zeltzer, Autonomy, Interaction, and Presence, Presence, Vol. 1, No. 1, pp. 127-132, Winter 1992.
- [2] W. Barfield, D. Zeltzer, T. Sheridan, M. Slater, Chapter 12. Presence and Performance within Virtual Environments, in Virtual Environments and Advanced Interface Design, W. Barfield and T. Furness, Oxford University Press, 1995.
- [3] A. van Dam, VR as a Forcing Function: Software Implications of a New Paradigm, Proc. IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality, pp. 5-8, October 1993.
- [4] 원광연, CS778(Topics in Human Computer Interaction) 강의 노트 및 강의 슬라이드, <http://vr.kaist.ac.kr>.
- [5] S. Ellis, What Are Virtual Environments?, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 4, No. 1, pp. 17-22, January 1994.
- [6] J. Latta, D. Orberg, A Conceptual Virtual Reality Model, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 4, No. 1, pp. 23-29, January 1994.
- [7] Yanghee Nam, KwangYeon Wohn. Recognition of hand gestures with 3D, nonlinear arm movements. Pattern Recognition Letters, accepted for publication.
- [8] Jiyun Lee, K. Wohn, Fuzzy aggregation of motion factors for human motion generation. In Proc. of the ACM symposium on Virtual Reality Software and Technology, pages 55-69, 1994.
- [9] Sonou Lee, Bohee Moon, and KwangYun Who, Speech animation with multilevel control. In Proc. of International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, pp. 231-237, Gifu,



Japan, September 1996.

[10] SoonKi Jung, KwangYun Wohn, Estimation of the articulated object : A hierarchical kalman filter approach. Journal of Real-Time Imaging (to be published), 1997.

[11] JunHyeok Heo, SoonKi Jung, KwangYun Wohn, Generation of stereoscopic views for complex virtual environments : A method using frame coherence in visibility and motion flow. In Proc. of International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, pp. 359-367, Gifu, Japan, September 1996.

[12] JunHyeok Heo, SoonKi Jung, KwangYun Wohn, Exploiting temporally coherent visibility for accelerated walkthroughs. Computers & Graphics (accepted for publication), 21(4), 1997.

[13] 한국과학기술원 전산학과 VR Group, Samsung Architectural Reality Authoring Handler의 설계 및 구현, 최종연구 보고서, 1996.

[14] Myung-gyu Hwang, JiYoung Choi, and KwangYun Wohn. Multiparticpant 3d browsing system on the www. In

Proc. of International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, pp. 381-388, Gifu, Japan, September 1996.

[15] ChangWhan Sul and KwangYun Wohn. The design and implementation of virtual studio. In Proc. of Workshop on New Video Media Technology, pp. 83-87, Seoul, March 1996.

[16] N. Durlach, A. Mavor (eds.), Virtual Reality : Scientific and Technological Challenges, National Academic Press, 1995.

---

원 광 연



1974 서울대학교 응용물리학 학사  
 1974~1979 국방과학연구소 연구원  
 1981 University of Wisconsin 석사  
 1984 University of Maryland 박사  
 1984~1986 Harvard University 강사  
 1986~1990 University of Pennsylvania 교수

1990~현재 한국과학기술원 교수  
 관심분야: Virtual Reality, HCI, 인공지능, 컴퓨터 그래픽스

---