

가상현실의 공학적특성과 현황

원 광 연

한국과학기술원 전산학과

I. 좋았던 지난 날들

가상현실(virtual reality, VR)이란 용어가 일반 대중에게 알려진 지 꼭 10년째 된다. Jaron Lanier가 지금은 망해버린 VPL이라는 회사를 설립하고 DataGlove와 EyePhone을 만들어 팔면서 virtual reality라는 신조어를 탄생시켰다. VPL은 사라졌으나 그 회사의 고유상표이었던 DataGlove는 손 제스처어 입력장치를 통칭하는 일반명사로 남게 되었다. 또한 virtual reality라는 용어는 artificial intelligence와 함께 20세기 후반을 장식하는 첨단기술의 대표적인 예로서 기억될 것이다. 지난 수 년간 전 세계의 주요언론들은 VR을 앞다투어 보도하였고, 심지어는 환각제가 발명된 이후 가장 멋진 발명품이라는 찬사아닌 찬사도 받았다. 새로 생겨난 벤처 기업들은 예외없이 virtual 혹은 cyber 라는 단어를 회사 이름이나 제품이름에 경쟁적으로 붙였고, 문자 그대로 그들 회사나 제품들은 지금은 가상에서나 존재하게 되었다.

사회 어느 분야이든지 VR기술이 그 분야의 패러다임을 바꿀 것 같았다. 의료계는 나름대로 가상인체를 의대생들의 해부 실습에 이용할 수 있다거나, 원격수술에 이용할 수 있다거나 하는 꿈에 부풀어 있었고, 교육계는 VR기술이 현재 교육시스템의 몇몇 주요 문제들을 해결할 것으로 기대했었고, 문화예술계는 새로운 형태의 장르가 탄생할 것으로 내다보았다. 벤처 기업가들은 VR기술을 이용한 새로운 사업기회를 모색하였고 그 중에 사이버섹스, 사이버스포츠, VR게임등은

대중의 호기심을 충분히 자극시킬만 한 단어들이었다. 그러나 유감스럽게도 아직도 진정한 의미에서의 가상수술, 가상인체, 가상교육, 가상음악, 사이버섹스는 존재하지 않는다.

만일 수 년 전 우리나라에 VR학회가 생겨났더라면 지금 이 순간 어떤 모습을 하고 있을까? 선진국에서조차 아직도 독립된 VR학회는 커녕, 변변한 학술대회도 몇 개 없는 실정임을 감안할 때, 아마도 유명무실한 단체로 전락했을 가능성이 농후하다. 전세계적으로 VR을 전문적으로 다루는 학술저널도 한 두 개에 불과하고, VR을 주로 다루는 일반 잡지는 오래버린 것이 2년이였다.

그렇다면 VR은 20세기 말의 유행어에 불과한 것인가? 그 많던 VR전문가, VR사업가, VR예술가들은 다 어디 갔는가?

II. 가능한 현실인가, 불가능한 꿈인가?

전문가들은 현재를 VR의 암흑기, 혹은 재도약기로 보고있다. VR기술이 매스컴에서 다루어왔던 것만큼 대중의 기대치를 훨씬 밑돌자, 그나마 얼마 안되었던 VR산업은 거의 붕괴되다시피 된 점에서 암흑기라는 표현을 쓰고있다. 또 한편으로는 초기의 거품이 빠지고 이제부터는 VR을 학문적, 기술적으로 깊게 다루기 시작하고 있다는 점에서 도약기라고도 볼 수 있다. 그렇다면 VR을 학문적, 기술적인 면에서 기존의 타 분야와 구별짓는 점은 무엇인가?

VR이란, 컴퓨터가 만들어 낸 가상의 세계를 사

용자에게 다양한 감각 채널을 통해 제공함으로써 사용자 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 지칭한다고 보는 것이 가장 적절하다.

앞서 말한 대로 VR이라는 용어는 10년 전 Lanier에 의해 제안되었다. 그러나 VR 기술 자체는 훨씬 오래전부터 존재해왔었고, 실제로 비행시뮬레이터나 원격 로보틱스 등에 제한적으로 사용되고 있었다. VR의 핵심을 이 세상 현실이 아닌 인공적으로 제조된 세계에 몰입되게끔 하는 것이라 본다면 VR의 역사는 수천 년을 거슬러 올라가, 연극에서부터 시작하여 소설, 오페라, 영화까지도 포함시켜야 할 것이다. 실제로 영화제작자인 Morton Heilig를 VR의 창시자라고 보는 견해도 있다. 이런 면에서, VR은 가상적인 현실(혹은 현실과 같은 가상세계)를 만들어 내는 가장 최근에 고안된 방법일 뿐이다. 단지 종래의 방법과 근본적으로 다른 점은 VR에서는 가상세계가 컴퓨터에 의해 제작되고 운영됨으로써 그 사실성과 정교성, 정밀성이 기존의 다른 미디어가 생성하는 가상현실과는 비교도 되지 않는다는 것이다. 또한, 컴퓨터가 제공하는 상호작용성(interactivity)에 의해, 가상세계의 무대 설정은 되어 있으나 각본에 따라 진행되지 않는다는 점이다.

그렇다면 이러한 가상 현실감의 생성이 과연 가능한 것인가? 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.

이론적인 측면만을 고려하면 현실과 대등한 가

상 현실을 생성 할 수 있다는 것은 자명하다. 그러나 이론과 실제는 분명히 차이가 있다. 현재의 기술로는 어느정도 현실감을 생성해 낼 수 있는가? 어떻게 가장 효과적으로 가상 환경을 생성, 제공할 것인가? 이를 위한 이론적 배경은 무엇인가? 인간과 컴퓨터간의 위상, 혹은 상호 관계는 무엇인가? 이러한 문제들에 대한 해답없이, (혹은 적어도 고려없이) 그래픽스 워크스테이션에 3차원 입출력 장치를 연결하고 OpenGL, Inventor, Performer 등의 그래픽스 라이브러리를 이용해서 만든 소프트웨어를 운용하는 것은 VR의 핵심을 간과한 것이다. 이들 문제에 대한 해답은 장기간에 걸친 체계적인 과학적, 공학적 연구를 통해서만 얻을 수 있는 것이다. 개략적인 연구 이슈에 대해서는 다음 절에서 언급하기로 한다.

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

III. 가상현실의 양면성

앞 절에서 살펴보듯이 VR은 컴퓨터 기술로서 자리 매김을 할 수 있을 뿐 아니라 미디어로서도 그 존재 의의를 설정할 수 있다. 다만 미디어적인 관점에서 VR의 성격 규명은 아직 시기 상조라 여겨지기도 하고 본 논문의 범위를 벗어나므로 여기서는 다루지 않기로 한다. 컴퓨터 기술로서의 VR을 논하기 위해서는 인공지능(AI)과 비교해서 이야기를 전개하는 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 소프트웨어인 하드웨어이든 간에 을 만드는 것이다. 이와 비슷하게 VR 연구도 두 개의 다른 얼굴을 지니고 있다. 먼저, 과학으로서의 VR이다. VR을 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.

VR을 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.

1. 과학적 측면에서의 가상현실

VR의 궁극적인 목표인 현실감을 구성하는 주요소로는 지각(perception), 몰입(immersion), 상호작용(interaction) 등을 들 수 있다^[1]. 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 몰입 시키기 위해서는 VR시스템에서 공급되는 감각정보가 양적, 질적으로 우수해야 할 뿐더러 인간을 현실 세계의 감각정보로부터 효과적으로 차단시키는 메커니즘이 필요하다. 세 번째 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 의사전달, 객체간 사회적 관계의 규정 방법등에 대한 것이다.

이러한 현실감의 구성요소는 서로 어떤 영향을 주고 받으며 그들 간의 관계는 전체적인 현실감의 수준과는 어떤 관계가 있는지도 과학적 측면에서

고려되어야 할 점이다. (예를 들어 생성되는 영상이 극히 사실적이라 하더라도 상호작용의 수준이 매우 낮아서 사용자가 기대하는 물리 법칙에 반하는 가상세계에서 느끼는 현실감은 매우 낮아진다.) 현재 VR의 연구는 주로 공학적 측면에 집중되는 양상이며, 과학적 측면에서 현실감 자체에 대한 연구는 상대적으로 취약하다.

2. 공학적 측면에서의 가상현실

VR은 컴퓨터공학의 거의 모든 분야의 최신 기술이 결합된 신기술이며 따라서 이들 기존 분야에 발전의 실마리를 제공하는 driving force가 되고 있다. AI가 70-80 년대에 컴퓨터 기술 전반에 기여한 역할을 앞으로 얼마 동안은 VR이 할 수 있을 지 모른다. VR은 컴퓨터공학의 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. 모델링에 관련된 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. 렌더링에 관련된 연구로서는, 사용자의 관점에서 본 가상세계의 영상을 사실적으로 생성하는 방법이 주 연구 대상이다. 가상현실을 위한 렌더링 기술은 초당 최소한 20 프레임 이상의 영상을 생성하면서도 가능한 한 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 충돌감색이나 가상세계에 내재된 중력과 같이 가상세계에 존재하는 객체들의 운동을 지배하는 나뭇대로의 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 원칙하에 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 제약조건을 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 자리 잡을 것이다.

공학적 측면에서 본 VR과 관련한 또 하나의 중요 분야는 인간과 컴퓨터 상호작용(HCI)이다. 가장 급선무는 몰입감을 최대화 하기위한 영상 디스플레이 장치의 개발이다. HMD(head-mounted display), 인간의 망막에 영상을 직접 주사하는 방식, 레이저 홀로그래픽 애니메이션 등의 기술은 아직 초창기이다. 3차원 공간에서 상호작용 시 요구되는 다양한 입력 장치를 개발하는 것도 연구 이슈이고, 상호작용을 지원하는 소프트웨어 이슈도 중요한 문제이다. 기존의 GUI(graphic user interface)가 표방하는 것이 데스크탑 메타포(desktop metaphor)라고 할 때 VR에 적합한 메타포어란 어떤 형태를 취하는 것이 바람직 하겠는 가는 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^[2,3]. 이 외에도 객체지향기술의 개념 확장, 분산 컴퓨팅에서의 시간 모델 확장 등은 VR의 기술적인 해결책으로 제시되어 연구되고 있는 한편, 컴퓨터 공학의 중심 연구 이슈라고도 볼 수 있다.

IV. 더 좋은 내일을 향하여

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. 협의회 연구 결과는 단행본으로 출간되었으며^[4] 앞의 이슈들에 대해 완벽할 정도로 해답을 제시해 주고 있다. 자세한 내용은 이를 참조하기를 바라며 여기서는 몇 가지 측면에 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 3차원화되어야 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 스페이스의 형태가 보편화 될 전망이다. 물론 VRML 역시 과도기적인 해법이라 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.

향후 수년간, 즉 실시간 영상 생성이 VR의 주 이슈인 상황에서는 VR을 다음과 같이 축소 정의할 수 있다.

VR=Interactive, Real-time, On-line, 3-D Computer graphics

여기서 online은 지역적으로 멀리 위치한 다수의 사용자(참여자)가 동시에 동일한 가상세계에 참여하여 서로를 인식/인지하며 서로 다른 행위를 하게끔 하기위한 필요 조건을 제공한다. Online적인 측면에서 본다면 VRML, 분산처리, 그래픽스 하드

웨어, 그리고 일반적인 네트워크 기술이 핵심 기술을 이룬다. VRML은 3차원 기하정보를 네트워크 상에서 공유케 하는 script language로서 현재로는 아주 기초적인 정보만이 정의되어 있는 상태이지만 앞으로 계속 보완, 발전 하리라 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 bandwidth문제가 남는데, 물리적인 한계를 극복하기 위하여 온라인 게임 분야와 시뮬레이션 분야에서 많은 연구가 진행 중이어서 어느 정도 해결책이 제시될 것으로 믿는다.

이렇듯 VR=interactive, realtime, online, 3차원 그래픽스로 축소 해석한다 해도 VR 기술은 가까운 장래에 소위 말하는 킬러 어플리케이션을 탄생시킬 것으로 확신한다. 구체적으로 어떤 킬러 어플리케이션이 출현할 것인가는 아무도 알고 있지 못하지만, 전자 상거래, 전자 게임, 협동 작업 (공동 설계 등), 교육 훈련, 시각화 (visualization), 의료분야 등에 기대를 걸만 하다.

마지막으로, VR에 대해 더 자세한 정보는 본 저자의 VR강의노트 [4]를 참조하기 바란다.

참 고 문 헌

[1] D. Zeltzer, Autonomy, Interaction, and

Presence, Presence, Vol. 1, No. 1, pp. 127-132, Winter 1992.

- [2] 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.
- [3] N. Durlach, A. Mavor(eds.), Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges. National Academic Press, 1995.
- [4] 원광연, CS778 (Topics in Human Computer Interaction) 강의 노트 및 강의 슬라이드, <http://vr.kaist.ac.kr>.

저 자 소 개



元 光 淵

1952年 2月 28日生, 1974年 2月 서울대학교(학사), 1981年 1月 University of Wisconsin(석사, 전산학), 1984年 8月 University of Maryland(박사, 전산학), 1974年 5月~1979年 8月 국방과학연구소 연구원, 1984年 9月~1986年 8月 Harvard University 강사, 1986年 9月~1991年 2月 University of Pennsylvania 교수, 1991年 7月~현재 한국과학기술원 교수, 주관심분야: 가상현실, HCI, 컴퓨터비전, 과학과 예술