

유비쿼터스 컴퓨팅과 증강현실

세종대학교 이종원

1. 서론

Wellner와 Mackay, Glod는 1993년에 기존의 컴퓨팅 환경이 실세계와 독립적으로 구성되어 복잡한 실세계와 교류하는데 어렵다는 점을 인식하고 이를 극복하기 위한 방안으로 computer-augmented environments를 소개하였다[1]. Computer-augmented environments란 우리가 매일 사용하는 실세계를 컴퓨터가 생성하는 가상의 세계로 대체하는 것이 아니라 실세계와 가상세계의 융합을 의미한다. Computer-augmented environments 환경에서 사용자는 컴퓨터가 제공하는 기능을 실세계에서 자연스럽게 사용할 수가 있다. 이러한 환경을 구현하기 위해서는 다양한 분야의 연구가 필요하며 현재는 아직 시작단계에 머물러 있다.

Computer-augmented environments 환경을 구현하는 접근법 중 대표적인 것으로는 Ubiquitous Computing(UbiComp)과 Augmented Reality(AR)가 있다[1]. UbiComp이란 사용자에게 인식되지 않는 많은 수의 컴퓨터를 실제 공간에 분산시켜 사용자의 컴퓨터 사용을 확장시키는 방법이며[2] AR이란 실세계와 가상세계의 융합을 통해 생성된 증강된 세계에서 자신의 감각 기관을 통하여 얻을 수 없는 정보를 획득하여 사용하는 방법이다. 이들은 실세계의 중요성을 인식하고 이를 바탕으로 우리의 일상적인 생활의 질을 향상시키는 도구라는 공통점을 가지고 있으나 computer-augmented environments 환경을 구현하는 접근법에서 차이가 있다. UbiComp 환경에서는 실제 공간에 분산된 컴퓨터를 사용하여 실세계와 가상

세계를 융합하는 반면에 AR 환경에서는 일반적으로 사용자가 장착하고 있는 소형 컴퓨터를 사용한다. 현재는 UbiComp의 개념이 소형 컴퓨터를 가지고 다니며 환경에 분산된 컴퓨터와 연결되어 사용자의 일상적인 생활의 질을 향상시키는 방법으로 확장되어 AR을 UbiComp의 하나의 적용분야로 보기도 한다.

이 논문에서는 computer-augmented environments를 구현하는 접근법인 AR과 UbiComp을 간략하게 소개한 후 AR과 UbiComp 구현에 필요한 기술과 최근 연구 동향을 AR 중심으로 소개하였다. 2장과 3장에서는 UbiComp과 AR을 정의하였고 4장에서는 UbiComp과 AR 환경을 구현하는데 필요한 요소들을 설명하였다. 5장에서는 최근 연구 동향을 소개하고 맺음말을 끝으로 논문을 마쳤다.

2. 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)

Ubiquitous Computing이란 어휘는 1988년 Xerox PARC의 연구원인 Mark Weiser가 처음 도입하였다. UbiComp 환경에서는 사용자에게 인식되지 않는 다수의 컴퓨터가 실세계에 존재하며 상호작용을 통하여 사용자에게 유용한 일을 실행한다. 예로 의식하지 못하는 사이에 컴퓨터들이 가정에서 소모되는 음식량을 파악하고 새로 구입해야 할 품목이나 건강을 유지하기 위한 음식 재료를 사용자에게 제안을 할 수 있다.

Ubiquitous Computing은 다음의 두 가지 특징, Ubiquity와 Transparency로 묘사된다[3].

- Ubiquity : UbiComp 환경에서는 하나의 컴퓨터와 대화를 하는 것이 아니라 여러 장소에 산재한 컴퓨터를 액세스 하는 것이다. 예를 들면 사무실에 수십 개의 컴퓨터와 디스플레이가 존재한다. 이러한 컴퓨터는 시계 정도의 크기부터 칠판 크기 등 다양하며 모두 네트워크로 연결되어 있다. 무선 네트워크가 가능해지면서 이동 중 먼 거리에서도 액세스가 가능해진다.
- Transparency : UbiComp은 컴퓨터가 집이나 사무실에 사용되는 책상, 의자, 책과 같이 환경에 융합되어 사용자가 컴퓨터의 존재를 인지하지 못하며 사용자에게 특별한 주의를 요구하지 않는다.

위에 묘사된 두 가지 특징은 서로 상반되는 개념으로 인식될 수 있다. 많은 컴퓨터가 사무실 등 실재 공간에 존재하면서 어떻게 존재가 사용자에게 인지되지 않을 수 있는가? 이에 대한 답은 컴퓨터가 물리적으로 존재하나 생활에 조화가 잘 되어서 사용자에게 현재의 컴퓨터처럼 주의를 요구하지 않는 것을 의미한다. UbiComp 환경에서는 사람이 사용하는 일반적인 행동에 기술을 접목시켜 컴퓨터를 조정한다. 이를 통해 사용자가 새로운 디바이스를 배우는 시간을 줄이고 사용하기 위해 요구되는 관심 정도를 줄일 수 있다. 컴퓨터 기술이 사용자에게서 사라지게 되는 것이다. Mark Weiser는 1991년 논문에서 가장 뛰어난 기술은 사용자에게서 사라지는 것이라고 하였다[4]. 기술이 대중적으로 사용되고 자주 사용되면 사람들은 더 이상 기술을 사용하고 있다고 인지하지 못한다. 기술이 사람들에게서 사라지는 것이다. UbiComp 시대는 컴퓨터가 생성하는 가상의 세계가 실세계와 자연스럽게 융합되어 컴퓨터의 존재가 현재 언어나 종이와 같이 사용자에게 인식되지 않는 세계가 되는 것이다.

3. 증강현실(Augmented Reality)

AR은 실세계와 컴퓨터가 생성한 가상세계가 융합된 세계를 의미한다. 기존의 가상현실(Virtual Reality)은 컴퓨터가 생성한 가상의 세계로 사용

자가 들어가 새로운 경험을 하도록 도와준다. 컴퓨터의 성능이 매년 빠르게 성장을 하고 있으나 가상현실에서 제공하는 세계는 컴퓨터가 생성한 세계로 실세계에 비하여 단순하고 해상도가 떨어진다. 실제 환경에는 너무나 많은 정보를 있어서 컴퓨터가 복제하기에는 어려움이 많다. AR은 실세계가 컴퓨터에 의하여 정확히 구현될 수 없다는 사실과 사람들이 실세계에 익숙하다는 생각에서 비롯되었다. 가상현실과 대조적으로 AR은 실세계에 가상의 세계를 추가하여 사용자의 감각으로는 얻을 수 없는 정보를 사용자에게 제공한다. AR에서는 물리적인 세계를 가상의 세계로 대체하는 것이 아니라 가상과 실세계를 융합시킨다.

Augmented Reality를 정의하는데 다음의 세 가지 특징이 사용된다[5].

- 실세계와 가상의 세계가 융합되어야 하고
- 실시간으로 작동하고 사용자와 시스템과의 대화가 실시간으로 이루어지고,
- 실세계와 가상의 세계가 서로 정확히 정렬되어야 한다.

위의 세 특징을 포함하는 첫 시스템은 1960년대에 Ivan Sutherland에 의하여 개발되었다. 그는 see-through Head Mounted Display(HMD) 위에 컴퓨터 그래픽을 추가하는 시스템을 개발하였다[6]. 약 30년 동안 많은 주목을 받지 못하던 AR은 1990년대에 되어서 많은 학자들에 의하여 연구되기 시작하였다. 현재는 방송국 등에서 사용되는 제품이 소개되고 있으며 많은 다양한 적용이 시도되고 있다. 지금까지 많은 AR 관련 연구는 시각적인 정보에 중심을 두고 있으나 시각 이외의 감각에도 사용이 가능하다. 맛있는 음식 광고에 음식의 냄새를 추가하는 것도 AR이라고 할 수 있다. AR 환경에서는 실시간에 실세계와 가상세계가 자연스럽게 융합되어 사용자의 실세계에서 역할을 확장 시킨다.

4. 증강현실과 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 주요 이슈

AR과 UbiComp 환경을 구현하기 위해서는 다양한 분야의 연구를 필요로 한다. 각각의 분야에

서 필요한 요소에는 약간의 차이가 있으나 다음의 세 가지 이슈는 대부분의 AR과 UbiComp 시스템을 구현하는데 반드시 고려되어야 할 사항이다.

- Context awareness
- Transparent interfaces
- Privacy and security

Context란 사용자 주변 환경을 의미한다. 사용자 주위의 다른 사람, 사용자가 현재 회의 중인지 운동 중인지 등을 나타내는 사용자 상황, 시간, 온도 등을 표시하는 주변 환경, 그리고 사용자의 감정 등이 모두 사용자 주변 환경, 즉 Context가 된다. 이러한 주변 환경의 인식(Context Awareness)은 사용자의 편리성을 증가시키는 중요한 역할을 한다. 주변 환경 인식을 통하여 컴퓨터는 사용자에게 불편을 주지 않는 대화 방식의 선택과 좀더 정확한 정보 제공이 가능하게 된다. 현재 많이 사용되고 있는 주변 환경의 인식은 사용자의 위치를 추적하는 것이다. 사용자 위치를 추적하여 사용자에게 지리정보 등을 Personal Digital Assistance (PDA)나 mobile phone을 통하여 제공하는 상업적인 시스템이 존재한다.

Transparent interfaces는 사용자에게 인식되지 않는 방식을 사용하여 사용자와 컴퓨터가 대화를 하는 것을 말한다. 키보드나 마우스와 같이 컴퓨터와의 대화를 위하여 고안된 디바이스를 사용하지 않고 일상적인 생활에서 사용되는 사용자의 행위 등을 사용하여 컴퓨터와 대화를 한다. 예로는 필적 인식(Handwriting Recognition), 행위 인식(Gesture Recognition), 음성 인식(Speech Recognition) 등이 있다. 사용자는 일상생활의 익숙한 행동을 통하여 컴퓨터와 대화하며 시스템을 사용하기 위한 특별한 교육의 필요가 없어진다. Transparent interfaces의 다른 특징은 융통성이 있는 인터페이스라는 것이다. 한가지의 일을 하는데 사용자의 환경에 따라 다양한 인터페이스를 제공하여 사용자가 선택을 할 수 있도록 지원한다.

AR과 UbiComp 환경 구현에 있어서 우려의 대상은 프라이버시와 보안의 문제이다. 개개인의 생활이 무엇인가에 의하여 관찰되고 추후 사용을 위하여 기록된다는 사실은 두려운 일이다. 이러한

문제를 극복하기 위해서는 사용자가 믿을 수 있는 시스템을 구현해야 한다. 저장되어 있는 개인의 정보가 의도되지 않은 용도로 사용되지 않는다는 믿음이 사용자에게 있어야 한다. Schmidt와 Beigel은 프라이버시와 보안의 문제를 해결하기 위하여 개인용 디바이스를 사용하는 방법을 제안하였다[7]. 사용자가 개인적인 정보를 직접 가지고 다니는 방식으로 공유할 정보의 수준을 개인이 직접 조절하는 것이다. 공유하는 정보의 수준에 따라 주변 컴퓨터와 연결 수준이 결정된다. 즉, 적게 공유하면 그만큼 주변의 컴퓨터에서 정보를 받을 수 없고 제공되는 모든 서비스를 활용할 수 없게 되는 것이다. 이것은 편리성과 프라이버시 사이에 존재하는 균형을 나타낸다. 프라이버시와 보안의 이슈는 AR과 UbiComp 환경 구현에 필요한 기술 연구와 더불어 깊은 연구가 필요한 분야이다.

5. 최근 연구 동향

사용자의 컴퓨팅 환경을 책상 공간에서 실세계로 이동시키려는 많은 연구가 진행되고 있다. 아직은 기술적 문제로 인하여 AR과 UbiComp에서 꿈꾸는 환경은 이루어지지 않았으나 실내와 실외를 포함한 실 공간에서 사용자의 위치와 방향을 인식하여 사용자의 일상적인 활동을 지원해 주는 시스템들이 최근 소개되었다. 이 장에서는 그중 실외에서 사용되는 시스템과 위치 추적 방법을 소개한다.

5.1 Touring Machine

실외 공간에서 사용이 가능한 첫 시스템은 미국 콜롬비아 대학에서 개발된 Touring Machine이다 [8]. Touring machine은 위치 추적 시스템, 노트북 컴퓨터, see-through HMD로 구성되어 있고 콜롬비아 대학의 방문자에게 학교 안내를 하기 위하여 개발되었다. 시스템은 사용자의 위치를 파악하고 주변 관심 있는 건물에 관한 정보를 사용자에게 HMD와 Handheld 디바이스 통하여 제공한다(그림 1). 사용자의 위치는 Differential Global Positioning System(DGPS)을 사용하여 추적하고 사용자의 보는 방향은 나침반(compass)과 경사계

(inclinometer)를 사용하여 추적한다. 이 곳에서 사용된 추적법은 정확한 사용자 위치와 방향 추적이 필요한 경우에는 사용이 불가능하나 캠퍼스 투어 등 위치와 방향 추적의 정확성에 민감하지 않은 작업에는 사용이 가능하다.

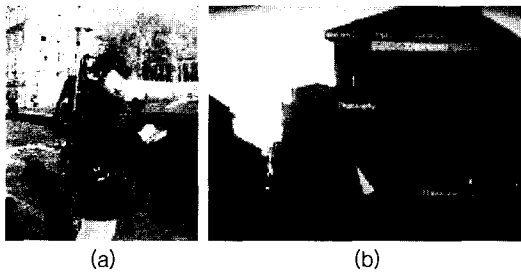


그림 1 (a)Touring machine

(b)HMD를 통하여 보여 지는 화면

※ 자료: 콜롬비아 대학 홈 페이지, <http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/mars/mars.html>

이와 유사한 시스템으로 미국의 Naval Research Lab에서 개발된 Battlefield Augmented Reality 시스템이 있다. 이 시스템은 군인들의 도시 환경에서의 작전을 지원해 주는 목적으로 개발되었다[9].

5.2 Archeoguide

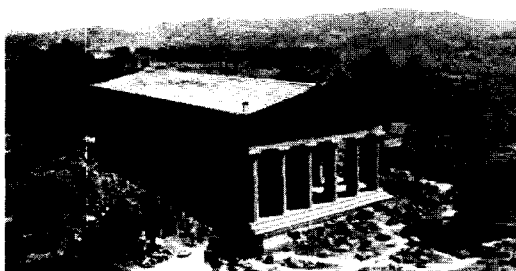


그림 2 Archeoguide 시스템을 통하여 HMD에 보여지는 화면

※ 자료: ARCEOGUIDE 프로젝트 홈 <http://archeoguide.intranet.gr/project.htm>

Archeoguide 시스템은 개인용 여행 도우미로 문화적 유산에 접근하는 새로운 방법을 제시하였다[10]. 이 시스템은 여행자에게 청각과 시각을

통하여 정보를 전달한다. 특히, 여행 지역의 3차원 모델을 실세계에 정렬하여 여행자가 문화적 유산의 모습을 여러 다른 시간대에서 관찰이 할 수 있도록 한다(그림 2). 여행자가 파손되기 이전 문화적 유산의 모습을 다양한 위치와 방향, 시간대에서 관찰할 수 있게 되었다.

여행자의 위치와 방향의 추적은 Archeoguide 시스템에 가장 중요한 요소 중 하나이며 여러 센서를 결합한 Hybrid 방법이 사용되었다. 우선 GPS와 나침반(compass)을 사용하여 위치와 방향에 관한 대략적인 정보를 획득하고 이미지를 사용하는 방법(image-based techniques)을 근거로 정확한 위치와 방향을 계산한다. 사전에 저장된 이미지와 획득된 이미지를 비교하여 워핑 변환(warping transformation)을 계산하고 이를 사용하여 사용자의 위치와 방향이 계산된다. 여행지에 관한 지형의 모델은 정해진 경로에서 획득된 이미지를 근거로 생성되고 사용자의 위치와 방향에 근거하여 여행자의 HMD에 실세계와 정렬되게 그려준다.

5.3 ARQuake

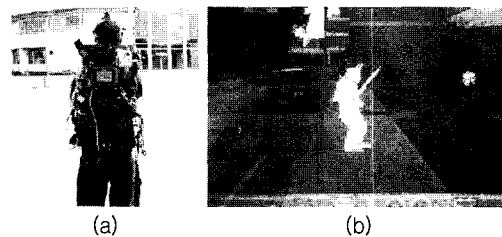


그림 3 (a)ARQuake 시스템

(b)HMD를 통하여 보여 지는 화면

※ 자료: [11]과 <http://www.timnith.net/arquake.htm>

ARQuake은 데스크톱 컴퓨터에서 플레이 되어 온 id Software(www.idsoftware.com)의 Quake이란 게임을 실세계로 옮겨놓은 것이다[11]. 게임 플레이어가 실세계에서 이동하면서 가상의 몬스터와 물체를 상대로 전투를 하게 된다. 가상의 몬스터와 물체는 플레이어의 위치와 방향에 따라 다르게 보이며 사용될 실의 공간의 모든 건물들에

관한 정보를 사전에 획득하여 몬스터가 실세계에 존재하는 것과 같이 건물의 뒷부분에 숨어 있을 경우 플레이어에게 보이지 않게 만든다(그림 3). 플레이어의 위치와 방향의 추적은 Touring Machine과 유사한 방법을 사용한다. TCM2 나침반(compass)을 사용하여 플레이어의 보는 방향을 추적하고 Garmin GPS를 사용하여 위치를 추적한다. Haptic이 포함된 총을 사용하여 몬스터에게 가격하며 가격 당했을 경우에도 몸에 느낌이 오도록 시스템을 설계하여 게임의 현실감을 높였다.

5.4 실외에서 사용 가능한 위치와 방향 추적 방법

위에 소개된 세 개의 시스템은 사용자의 위치와 보는 방향을 자동으로 인식하고 이를 바탕으로 사용자에게 청각 또는 시각을 통하여 필요한 정보를 제공한다. 이렇듯 사용자의 위치와 보는 방향의 추적은 매우 중요하다. 정확한 추적 없이 제공되는 정보는 사용자에게 도움이 되지 못하고 불편함만 주게 된다.

현재 실외에서 사용이 가능한 방법으로는 GPS와 관성을 이용한 센서(inertial sensor)를 결합한 Hybrid 방식이 있다. 위의 세 시스템도 이를 바탕으로 위치와 방향을 추적하였다. 하지만 GPS와 관성을 이용한 센서의 결합을 통해서 얻을 수 있는 정확도에는 한계가 있다. 정확성 향상을 위하여 컴퓨터 비전 기술을 응용한 방식이 연구되고 있으며 두 번째 시스템에서도 사전에 획득된 이미지와 현재의 이미지를 비교하는 컴퓨터 비전 기술을 사용하여 정확도를 향상시키었다.

사용자의 위치와 방향을 이미지 상의 정보를 사용하여 추적하기 위해서는 실세계의 3차원 정보를 필요로 한다. 실세계의 3차원 정보와 대응하는 2차원 이미지 상의 정보를 이용하여 카메라의 위치와 방향이 계산되고 이를 바탕으로 사용자의 위치와 방향이 추적된다. 현재 개발된 방법으로는 지평선의 실루엣을 사용하는 방법, 주변 건물의 모델을 사용하는 방법이 있다. 이러한 3차원 정보는 실외에서는 획득하기가 어려워 실세계에 존재하는 특징점을 사용하려는 시도가 연구되고 있다. 이러한 연구는 미국의 HRL과 남가주 대학

(University of Southern California)의 그래픽 연구소(Computer Graphics Immersive Technologies Laboratory) 등에서 꾸준히 진행되고 있다.

남가주 대학의 B. Jiang은 증강적인 추적 방법(Incremental extendible tracking)을 개발하였다[12]. 이 방법은 사전에 측정된 3차원 정보를 바탕으로 사용자의 위치와 방향 추적을 시작한다. 시작 시기에 추적된 위치와 방향 정보, 이미지 위에 추적된 점의 정보, 삼각법을 사용하여 실세계의 3차원 정보를 획득하고 획득된 3차원 정보를 이용하여 사용자의 위치와 방향을 추적하는 방식으로 시스템의 사용 공간을 확장하고 실외에서도 사용이 가능하게 한다. 단점은 추정된 3차원 정보를 바탕으로 사용자의 위치와 방향이 추적되어 시간이 지남에 따라 정확성이 감소하는 것이다.

남가주 대학에서 개발된 두 번째 방법은 시야의 제한이 많은 기존의 원근법(perspective) 카메라를 사용하지 않고 파노라마 카메라(omni-directional camera)를 사용하는 방법이다[13]. 이 방법은 우선 사용할 공간의 측정된 위치와 방향에서 소량의 파노라마 이미지(omni-directional image)를 획득하고 저장한다. 다음에 이를 바탕으로 현재의 카메라의 모션을 계산하고 계산된 모션을 사용하여 카메라의 위치와 방향을 추정한다. 이 방법은 이미지 상의 2차원 정보만을 사용하여 사용자의 위치와 방향을 추적하는 장점이 있다. 단점은 사전에 사용할 공간에서 이미지 캡처가 필요하고 이미지 간의 대응점 발견이 어렵다는 것이다.

여기에 언급된 방법들은 각각 장, 단점을 가지고 있고 자유롭게 실외 공간에서 사용되기에 어려움이 많이 있다. 현재는 사용자에게 장착된 시스템만을 사용하여 위치와 방향을 추적을 하고 있어 그 사용범위에 많은 제한이 있고 정확성이 떨어진 다. UbiComp 개념이 실세계에 도입되어 컴퓨터가 주변 환경에 산재하면 이들의 도움을 받아 미래에는 정확하고 사용하기 편리한 사용자 위치와 방향 추적 방법이 개발되리라 생각된다.

6. 결론

Computer-augmented environments는 책상 공간으로 제안되었던 컴퓨팅 환경을 벗어나 실세계

로 컴퓨팅 환경을 이동시켜 사용자에게 자연스럽게 컴퓨터를 사용하게 한다. 이러한 환경을 구현하는 접근법인 Augmented Reality와 Ubiquitous Computing을 이 논문에서 간략하게 소개하였다. AR과 UbiComp은 실세계를 중요히 여기고 사용자의 일상 생활의 질을 향상시키려는 공통의 목적을 가지고 있다. 약 10년 전부터 두 분야의 연구가 진행되었으나 제한된 경우를 제외하고는 아직 실용화 되지 않았으며 이상적인 시스템과는 아직 상당한 거리가 있다. 현재 AR과 UbiComp 환경 구현에 필요한 기술적 문제를 극복하기 위하여 세계적으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 우리나라에서도 최근 들어 AR과 UbiComp에 대한 관심이 높아지고 있으며 집적기술과 네트워크 등의 원천기술을 보유하고 있어 꾸준한 연구와 지속적인 지원이 이루어지면 세계를 선도할 수 있는 분야라고 생각된다.

참고문헌

- [1] Wellner, P., Mackay, W. and Gold, R., "Computer-Augmented Environments: Back to the real world," *Communication of ACM*, vol.36, no. 7, July, 1993, pp. 24-25
- [2] Weiser, M., "Some computer science issues in ubiquitous computing," *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, 1993, pp. 75-85
- [3] Buxton, W., "Ubiquitous Media and the Active Office," <http://www.billbuxton.com/ubicomp.html>
- [4] Weiser, M., "The Computer for the Twenty-First Century," *Scientific American*, pp. 94-100, September, 1991.
- [5] Azuma, R., et al., "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 6 (Nov/Dec 2001), 34-47
- [6] Sutherland, I., "A Head-Mounted Three-Dimensional Display," *Fall Joint Computer Conf. Proc.* 33, Thompson Books, Washington, D.C., 1968, pp. 757-764
- [7] Schmidt, A. and Beigl, M., "New Challenges of Ubiquitous Computing and Augmented Reality," 5th CaberNet Radicals Workshop, Valadares, NR. Porto, Portugal, July, 5-8, 1998.
- [8] Feiner, S. et al., "A Toruing Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment," *Proc. 1st International Symposium on Wearable Computers (ISWC'97)*, Los Alamitos, California, 1997, pp. 74-81
- [9] Julier, S. et al., "Information Filtering for Mobile Augmented Reality," *Proc. International Symposium on Augmented Reality 2000(ISAR00)*, Los Alamitos, California, 2000, pp. 3-11
- [10] Stricker, D. et al., "Design and Development Issues for Archeoguide: An Augmented Reality based Cultural Heritage On-Site Guide," *Proceedings of International Conference on Augmented Virtual Environments and 3D Imaging (ICAV3D 2001)*, Greece, 2001, pp. 1-5
- [11] Piekarski, W. and Thomas, B., "ARQuake: The Outdoor Augmented Reality Gaming System," *Communications of the ACM*, vol. 45, no. 1, January, 2002, pp. 36-38
- [12] Jiang, B. and Neumann, U., "Extendible Tracking by Line Auto-Calibration," *International Symposium on Augmented Reality*, New York, 2001.
- [13] Lee, J. W., You, S. and Neumann U., "Tracking with Omni-directional Vision for Outdoor AR Systems," *Proceedings of International Symposium on Mixed Augmented Reality, ISMAR2002*, Darmstadt, Germany, September, 2002.



이 종 원

1989 Ohio University Electrical Engineering 졸업
1991 University of Wisconsin Madison Electrical and Computer Engineering 졸업
2002 University of Southern California Computer Science 졸업
2002~현재 세종대학교 디지털콘텐츠학과 조교수
E mail : jwlee@sejong.ac.kr

● The 9th International Conference on Database Systems for Advanced Applications ●

- 일자 : 2004년 3월 17~19일
- 장소 : 제주도
- 주최 : 데이터베이스연구회
- 상세안내 : <http://aitrc.kaist.ac.kr/~dasfaa04>