

◆특집◆ Intelligent HCI 를 위한 TSI 기술

Tangible Space Initiative 기술

하성도*, 안정근*, 노형민*

Introduction to Tangible Space Initiative Technology

Sungdo Ha*, Chong Keun Ahn* and Hyung-Min Rho*

Key Words : Human Computer Interaction, Tangible Space, Virtual Reality, Cyber Space

1. 서론

Human Computer Interaction (HCI) 기술은 컴퓨터와 사용자 사이의 상호 작용을 통하여 원활하게 정보를 주고 받을 수 있도록 지원하는 기술로서, 키보드와 모니터, 그리고 스피커를 이용한 단순한 정보 교환을 위한 interface 에서 점차 발전하여 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각을 포함하는 인간의 오감을 이용한 컴퓨터와 사용자간의 상호작용(interaction)으로 발전하고 있다. 이러한 HCI 기술은 사용자가 보다 직관적으로 컴퓨터를 사용할 수 있어서, 사용자가 컴퓨터라는 기계가 아닌 인간과의 상호작용을 하는 것과 같은 정도로 느낄 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

HCI 기술에서 한걸음 더 발전하여 Intelligent HCI 기술은 사용자인 인간과 컴퓨터와의 상호작용에서 컴퓨터가 지능을 갖추어 사용자의 의도를 파악하고 파악된 의도에 능동적으로 대응함으로써 사용자에게 서비스를 제공하는 수준의 기술을 지향하고 있다. Intelligent HCI 기술에는 영상, 음성 및 생체신호 등을 활용하여 사용자의 정보를 받아

들이는 interface 기술과, 측정된 정보를 바탕으로 사용자의 상태와 의도를 파악하는 기술, 그리고 파악된 의도에 맞추어 필요한 서비스를 생성하고 제공하는 기술 등이 포함된다.

한국과학기술연구원 시스템연구부에서는 최근 Intelligent HCI 분야의 핵심 기술 개발을 위하여 “Tangible Space Initiative (TSI) 기술 개발” 연구 과제를 수행해오고 있으며 본 논문에서는 이 연구 과제에서 개발되고 있는 기술의 개요를 소개하고자 한다.

TSI 기술은 사용자와 여러 실제의 물리적인 대상물이 존재하는 실제공간과 컴퓨터가 구현하는 가상공간이 결합된 Tangible Space (실감공간) 개념을 바탕으로 한다. 즉 Tangible Space 는 컴퓨터로 구현되는 사이버 공간과 인간의 물리적 생활 공간을 융합시켜 공간의 한계와 물리적 제약을 초월하는 생활공간으로 정의할 수 있다. TSI 기술은 인간-실감공간-실제대상 사이에서 인간의 의도를 인식하고 인간에게 시각, 청각, 촉각의 실감을 제시하는 기술과 실제대상으로부터 실감을 측정하고 실제대상에게 물리적 활동을 행하는 기술, 그리고 실감공간을 구성하는 기술로 구성된다.

본 논문에서는 TSI 기술을 인간과 실감공간을 연계시키기 위한 방법 및 장비 개발 기술인 Tangible Interface (TI) 기술, 인간의 필요와 의도를 파악하여 적절한 서비스를 제공하기 위한 컨텐츠를 결정하는 기술인 Responsive Cyber Space (RCS) 기술, 그리고 실제 생활공간에서 인간을 대신하여

* 한국과학기술연구원 시스템연구부

Tel. 02-958-5647, Fax. 02-958-5649

Email s.ha@kist.re.kr

Intelligent HCI 분야에서 지능형 소프트웨어, Haptic 장치 개발 등의 기술을 중심으로 연구활동을 하고 있다.

감지하고 작동하는 agent 를 개발하는 Tangible Agent (TA) 기술로 나누어 설명하기로 한다.

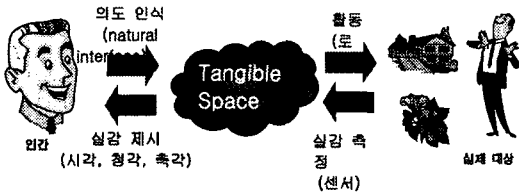


Fig. 1 Concept of Tangible Space

2. Tangible Interface 기술

Tangible Interface 기술은 사용자인 인간과 Tangible Space 를 연계 시키기 위한 방법 및 장비를 개발하는 기술로서, 사용자에게 자연스러운 interface 를 제공하면서 사용자의 의도를 인식하는 기술과 인간에게 시각, 청각, 촉각의 감각을 제공하는 기술을 포함한다.

본 연구에서는 인간의 의도를 인식하기 위하여 인간의 시선 방향을 측정하는 기술로서, stereo-based head tracking 기법을 활용하여 3 대의 스테레오 카메라로 측정된 이미지 안에 존재하는 얼굴의 특징점을 인식하여 머리의 방향을 측정하는 기술을 개발하고 있다.

인간이 외부 정보를 인식하는 감각 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 시각 감각을 위하여 몰입형의 대화면 고해상도의 디스플레이 장치가 개발되고 있는데 여기에서는 4 채널의 영상을 graphic processing unit 을 이용하여 실시간으로 warping 하며 다수의 화면들 사이의 경계를 없애면서 연속적인 화면을 생성하기 위한 image blending 기술을 개발하고, 2 채널의 입체 영상과 4 채널의 대형 화면을 실시간으로 변경하기 위한 dynamic reconfiguration 기술을 개발한다. 이러한 대화면 고해상도의 디스플레이 장치는 인간의 시야의 대부분을 차지함으로써 인간에게 몰입감을 느끼게 하고 이로 인한 실제감을 크게 증대시키게 된다.

종래의 가상환경 기술은 주로 시각과 청각을 이용하여 인간에게 실감을 주고자 하는 기술이었으나, 가상환경과 실제환경과의 차이를 더욱 좁히기 위해서는 신체를 통한 물리적인 감각을 주는

것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 인간에게 역감과 촉감을 실현하기 위한 haptic 장비가 개발되고 있다. 이러한 haptic 장비는 시각 혹은 청각 장치와 연계된 multi-modal interaction 의 구현에 사용되어 실제감 향상에 큰 역할을 하게 된다.

본 연구에서 개발되는 haptic 장비는 사용자가 장착하고 쉽게 사용할 수 있는 형태로 개발되고 있으며 수동형의 힘반력 장치인 브레이크 형태의 구조를 가지고 있다. 컨트롤러를 포함한 전체 무게가 2.5kg 이하로서 사용 편의성이 크며, 허리에 장착한 형태로써 오른손의 활동 공간을 포함하며, 위치정밀도 2mm 와 각도 정밀도 0.2 도 이내에서 손과 팔을 통하여 얻어지는 역감을 재현할 수 있는 구조로 되어 있다. 최적화된 소형 브레이크를 이용하여 경량화를 이루었으며, 손의 6 자유도 위치와 3 자유도의 힘을 반영할 수 있는 기능이 구현되었다.

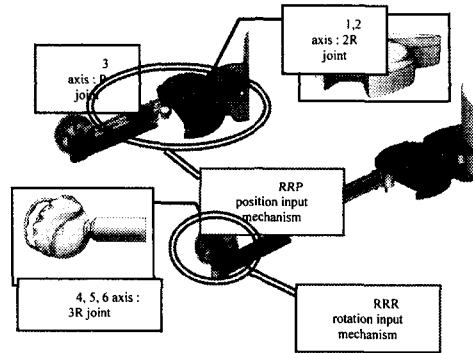


Fig. 2 Design of Wearable Haptic Device

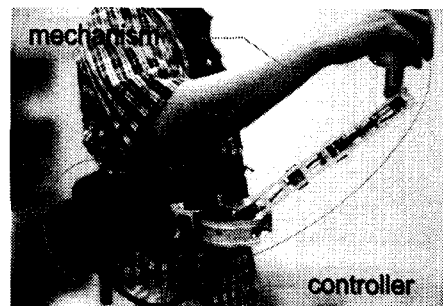


Fig. 3 Picture of Wearable Haptic Device in Use

팔의 움직임을 통한 역감을 구현할 뿐 아니라

손의 움직임을 통한 역감의 구현을 위하여 hybrid surface 구현 기술 개발을 통하여 붓 혹은 펜을 이용하여 사물의 표면의 질감을 느낄 수 있는 기술이 개발되고 있다. 구현사례로서는 치아 가공 시에 느껴지는 반력을 구현하고 여기에 sound rendering 기술로서 음향 효과를 부가하여 가상의 치아 가공 경험을 느낄 수 있는 환경을 개발하였다.

Sound rendering 기술은 가상 환경에서 발생하는 음향 효과를 구현함으로써 가상 환경의 실제감을 증대시킬 수 있는 매우 중요한 기술로서 현재 다양한 재질과 접촉 상태에 따른 sound 모델이 개발되고 있으며 향후에는 3 차원 음향 구성을 통하여 몰입형 공간에서의 실감 청각 구현으로 개발될 예정이다.

손가락을 이용한 사물의 질감을 인식하는 것은 인간이 사물을 접촉하고 인지하는 과정에서 많은 정보를 얻을 수 있는 과정으로서 사물의 질감을 측정하고 이를 재현함으로써 가상 공간의 실제화를 달성하는 기술이 개발되고 있다. 사물의 질감을 측정하기 위한 기술이 PDVF 를 이용한 센서 개발과 질감 측정 장치 개발을 통하여 이루어지고 있으며, 측정된 질감을 인간의 손가락에 전달하기 위하여 소형의 pin array 를 이용한 texture display 장치가 개발되고 있다. Texture display 장치는 손가락 끝부분의 피부에 수직과 수평 방향의 자극을 동시에 부여할 수 있는 장치로서 수직 방향의 자극의 경우 0.5 N 의 힘을 $\pm 1\text{mm}$ 의 변위에서 구현하는 pin 을 8 열로 배치하여 구동하며, 수평 방향의 자극은 이러한 pin array 를 40mm 범위에서 수평 이동시켜 구현한다. 향후에는 질감뿐만 아니라 온도도 동시에 느낄 수 있도록 장비를 개발할 계획이다.

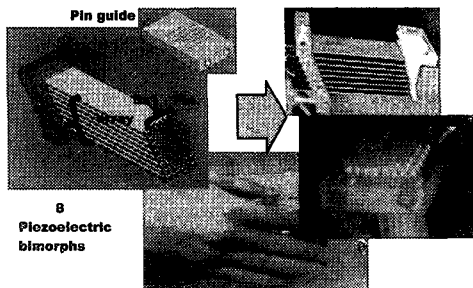


Fig. 4 Picture of Tactile Display Device

3. Responsive Cyber Space 기술

Responsive Cyber Space 기술은 사용자인 인간의 필요와 의도를 파악하여 적절한 서비스를 제공하기 위한 콘텐츠를 결정하는 기술로서, 종래의 가상 현실 기술에서 컴퓨터로 구현되는 가상 공간을 구성하는 기술과 사용자의 반응에 따라 적절한 콘텐츠를 결정하여 제공하는 인공지능 기술이 포함된다.

현재까지의 가상 현실 기술은 주로 3 차원의 영상 이미지의 개발에 주력하여 왔으며 따라서 사용자와 영상 이미지와의 interaction 에 대한 연구가 미비하여 사용자에게 실제감을 주지 못하였다. 또한 실제 환경에 존재하는 물체들이 가지고 있는 영상 이외의 특성, 즉 질량, 재질, 물리적 특성들에 대한 고려가 이루어지지 않아서 컴퓨터가 만들어내는 인간과의 반응은 충분한 실제감을 느낄 수 없는 수준이었다. 본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위하여 인간의 필요와 의도를 파악하고 이에 적절한 서비스를 제공할 수 있는 기법을 개발하며 컴퓨터가 만들어 내는 환경에 현실감을 증대시키기 위한 기법들이 개발되었다.

우선 사용자의 context 를 이해하고 그에 따른 적절한 서비스 콘텐츠 결정을 위한 인공 지능 기반의 정보 추론 기술이 개발되고 있는데 상황 인지 소프트웨어 에이전트에 의한 서비스를 구체화하여 콘텐츠를 구축하는 기술이 개발되어 mobile type 의 interaction cyber space 지원을 위한 Intelligent Software Agent 를 구현하고 있다. 서비스 제공을 위하여 강화학습 기법을 통한 사용자의 모델을 설정하고 추천 시스템에 기반한 콘텐츠 결정 기법을 개발하며 사용자 context 이해를 통한 최적의 서비스 콘텐츠 제공을 구현하고 있다.

몰입형의 가상 공간을 구성하고 3 차원의 가상 모델에 실사 영상을 결합하여 실제감 있는 영상 콘텐츠를 생성하고 생성된 3 차원 모델이 사용자와의 interaction 에 따라 반응하도록 하는 기술이 개발되고 있다. 이를 위하여 실시간으로 실사 영상과 3 차원 가상 모델을 통합하기 위한 image-based visual hull 기술이 개발되어 3 차원의 video avatar 가 구현되었으며, 3 차원 가상 공간에서 실사 영상을 통한 video avatar 가 활동하는 것이 가능하다.

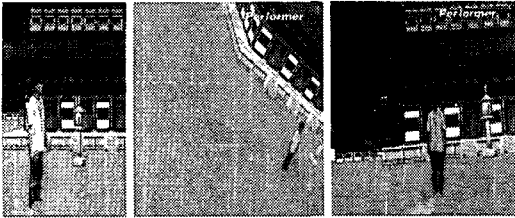


Fig. 5 3-dimensional Video Avatar in Computer Graphics Environments

다수의 사용자 들이 분산된 환경에서 가상 공간을 공유하게 하는 기술로서 PDA/설치형 통합 분산 interaction 기술이 개발되어, 공간적으로 분리되어 있으나 네트워크를 통하여 연결되어 있는 가상 극장에 존재하는 다수의 사용자들이 PDA 를 사용하여 정보를 입출력하고 서로 대화하면서 하나의 가상 공간을 공유하는 기술이 개발되고 있다. 이를 유적 답사 시나리오에 적용하여 가상 스튜디오에 존재하는 실제 답사 안내자의 안내를 받으며 다른 집단의 유적 답사에 따른 반응을 느끼면서 가상의 유적 답사를 경험할 수 있는 시스템이 개발되고 있다. 이러한 시스템의 개발을 위하여 NAVER (Networked Augmented Virtual Environment Architecture) kernel 이 개발되고 있는데, NAVER 는 TSI 구성 요소들 간의 원활한 정보 교환을 위한 middleware 로서 활용된다.

NAVER 에서는 XML 형태의 script 파일에 입력되어 있는 command 를 분석하여 action 을 수행한다. 이를 위하여 NAVER 구조에는 Scenario Manager, Command Manager, Event Manager, Interaction Manager 등이 구성되어 있으며, 개발되는 각종 하드웨어 장치들의 통합을 위한 기능 개발이 진행되고 있다. 특히 실제감의 극대화를 위하여 물리 기반의 시뮬레이션을 쉽게 구현하기 위한 모듈이 개발되었다.

4. Tangible Agent 기술

Tangible Agent 기술은 실제 생활공간에서 인간을 대신하여 감지하고 작동하는 agent 를 개발하는 기술로서, 실제 생활공간에서의 환경 감지를 위해서는 카메라 네트워크, indoor GPS 등의 장치를 통

한 sensor network 기반의 location awareness 기술 및 reality sensing 기술이 포함되며, 실제공간에서의 작동을 위해서는 intelligent action navigation 기술이 포함된다.

사용자의 위치를 파악하기 위한 location awareness 기술에서는 조명에 둔감한 color clustering 기술을 이용한 다중물체의 영상 추적 기술을 개발하고, 이를 다수의 카메라 센서 네트워크에서 활용하여 일정 공간 안에서의 사용자의 위치를 인식한다.

또한 초음파 신호와 RF 신호를 함께 사용하는 indoor GPS 기술이 개발되고 있는데, 여기서는 사용자 혹은 physical avatar 에 부착된 master module 이 RF 신호를 이용하여 beacon 들에 요청하고 이 요청에 따라 beacon 들이 초음파 신호를 송신하게 된다. 이 beacon 들은 자체적으로 방향을 조절하여 master module 에 최적의 신호를 송신하기 위한 기능을 갖춘 active beacon 으로 개발되고 있다. master module 은 수신한 초음파 신호를 기반으로 위치를 계산함으로써 사용자의 위치를 기반으로 사용자의 의도의 분석이 가능하게 된다.

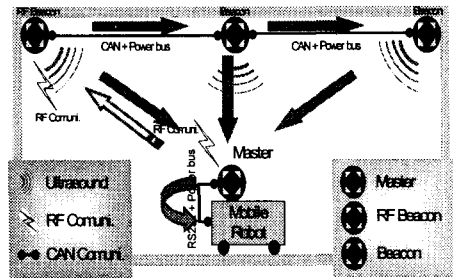


Fig. 6 Indoor GPS Schematic Diagram

Reality sensing 기술 분야에서는 3 차원 환경의 자동 복원 기술로서 laser scanner 로부터 얻어지는 3 차원 측정 데이터를 이용하여 데이터 registration 과정을 통하여 주위 환경의 3 차원 모델을 얻는다.

Intelligent action navigation 기술에서는 영상정보를 이용한 physical avatar 의 자기 위치 결정 기술과 자율 주행을 위한 dependable navigation 기술이 개발되었다.

5. 결론

본 논문에서는 한국과학기술연구원 시스템연구부에서 최근 수행해 온 “Tangible Space Initiative 기술 개발” 연구과제를 소개하고 개발된 기술 내용을 소개하였다.

TSI 기술에서는 물리적인 대상물이 존재하는 실제공간과 컴퓨터가 구현하는 가상공간이 결합된 Tangible Space 개념을 바탕으로 관련 기술 분야를 인간과 실감공간을 연계시키기 위한 방법 및 장비 개발 기술인 Tangible Interface 기술, 인간의 필요와 의도를 파악하여 적절한 서비스를 제공하기 위한 콘텐츠를 결정하는 기술인 Responsive Cyber Space 기술, 그리고 실제 생활공간에서 인간을 대신하여 감지하고 작동하는 Agent 를 개발하는 Tangible Agent 기술로 나누어 개발하고 있다.

이러한 TSI 기술은 Intelligent HCI 분야의 요소 기술들로서 또한 Tangible Space 를 구현하기 위한 요소 기술로서 개발되고 있으며 이러한 기술 들을 통합한 사례로서 현재 데모를 구성하고 있다. TSI 데모룸에서는 문화재 유적 답사를 주제로 하여 physical avatar 의 안내로 대화면의 콘텐츠 감상, haptic 장비와 연계되어 가상의 문을 여닫는 실감 체험, 답사자의 취향과 의도에 적절한 답사 안내 체험, haptic 장치를 사용한 가상 조각 및 붓글씨 쓰기 등의 데모가 시연될 예정이다.

또한 몰입형의 실감 공간 체험을 위한 실감 공간도 구성되어, 분산된 VR 환경에서 동시에 유적 답사를 경험하는 분산 실감 공간을 체험하고, 답사자들은 PDA 를 통하여 통합 분산 interaction 을 경험할 수 있다.

2005 년부터 3 단계의 계획으로 진행될 예정인 “Tangible Space Initiative 기술 개발” 연구과제의 향후 연구에서는 Tangible Interface 기술은 각각 단계별로 대화형 Interface, 반응형 Interface, 지능형 Interface 라는 주제로 보다 효율적으로 사용자인 인간의 의도를 인식하고 시각, 청각, 촉각의 감각을 제공하는 기술을 개발할 계획이다. 또한 Responsive Cyber Space 기술에서는 구성형, 적응형, 그리고 자율형의 사이버 플랫폼을 단계별로 개발하여 가상 공간과 실제공간을 통합하는 실감 공간을 목표로 하고 있으며 Tangible Agent 기술에서는 단계별로 명령 기반, 임무 기반, 그리고 학습형의 실감 Agent 를 개발할 계획이다.

Tangible Space 기술은 인간과 컴퓨터의 interaction 을 기반으로 하는 기술이므로 사용자인 인간의 이해를 위한 human studies 분야의 연구가 필수적이며 앞에서 설명한 각각의 기술 분야에서 이러한 human studies 연구 내용에 기반한 연구 수행을 목표로 하고 있다.

이러한 연구의 궁극적인 목표는 발전하는 컴퓨터 관련 하드웨어 및 소프트웨어의 개발에 힘입어 머지않은 미래에 도래할 인간의 생활 환경의 변화에 발맞추어 필요한 기술을 예견하고 미리 개발하고자 하는 데에 있으며 이러한 기술 개발의 결과는 미래 인간의 생활의 모든 분야에서 적극 활용될 것으로 기대된다.

후 기

본 논문은 한국과학기술연구원의 기관고유연구사업인 “Tangible Space Initiative 기술 개발” 연구과제의 연구결과임을 밝힌다.

참고문헌

1. “Tangible Space Initiative 연구계획서”, 한국과학기술연구원, 2004 년 2 월.
2. Alanm, Dix, Janet, E. Finlay, Grogory, D. Abowd, Russell, Beale and Janet, E. Finley, “Human computer Interaction: 2nd Edition”, Prentice Hall, 1997.
3. “Intelligent HCI”, 제 8 회 미래기술포럼, 한국과학기술연구원, 2003 년 9 월.