

제32권 제5·6호 2005년 6월

ISSN 1229-683X

정보과학회논문지 : 시스템 및 이론

Journal of KISS : Computer Systems and Theory

VOLUME 32, NUMBER 5 · 6, JUNE 2005



한국정보과학회

KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY

이기종 분산 가상 환경을 위한 컨텍스트 기반 상호작용 시스템

(CIVE: Context-based Interactive System for Heterogeneous Distributed Virtual Environments)

장 세 미* 이 영 호* 우 운 택**

(Sejie Jang) (Youngho Lee) (Woontack Woo)

요약 본 논문에서는 현실세계의 사용자와 주변 환경의 컨텍스트를 이용하여 가상환경과 상호작용하는 컨텍스트 기반 분산 가상 환경 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 컨텍스트를 이용, 변경, 공유함으로써 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 가상환경의 응용서비스는 사용자의 친원, 연령, 언어 등의 컨텍스트에 따라 가상 환경을 제어하기 위한 인터페이스를 변경함으로써 개인화된 상호작용 환경을 보장한다. 둘째, 가상 환경에 있는 대상을 제어하는 사용자의 입력 장치 신호를 컨텍스트 정보로 추상화함으로써 사용자가 다른 가상 환경 시스템으로 이동하여도 동일한 입력 장치를 가지고 해당 대상을 제어할 수 있는 가상 환경과 장치의 적응적 접근성(adaptive access)을 보장한다. 마지막으로 분산 가상 환경 시스템들은 가상환경 변화에 대한 컨텍스트를 공유하여 이기종 가상 환경 시스템 사이에서 발생하는 데이터 표현의 불일치성을 제거함으로써 이기종 분산 가상 환경 사이의 효과적인 동기화 메커니즘(synchronization)을 제공한다. 따라서 CIVE는 원격회의, 게임, 가상문화 관람 등과 같이 점차 보편화되고 있는 가상환경 응용분야에서 활용될 수 있다.

키워드 : 컨텍스트, 상호작용, 가상환경과 현실 공간의 결합, 분산 가상 환경

Abstract In this paper, we propose CIVE, context-based interactive system for heterogeneous distributed virtual environments that delivers contexts from real world to virtual environment and vice versa. The proposed system consists of ubi-UCAM for generating user's contexts, NAVER for managing virtual environment, and Interface for linking ubi-UCAM with NAVER. The connection between real and virtual world through context is beneficial in following ways. Firstly, CIVE provides a personalized user interface for virtual environment according to a user profile such as identity, age and vernacular. Secondly, translating all input signals into context, it guarantees adaptive access that enables a user to exploit unencumbered input devices controlling a shared object in virtual environment even if he moves with his own device from a virtual system to another. Finally, it provides a mechanism for synchronizing distributed virtual systems that share context representing changes at remote nodes. The context reduces the inconsistency of representing the same data among heterogeneous systems. Therefore, CIVE plays an important role in implementing VR applications such as teleconference, game and entertainment.

Key words : context-based interaction, personalized user interface, adaptive access, synchronization

1. 서론

심리치료를 위한 의료, 비행사 훈련을 위한 시뮬레이션 또는 모의 전투 군사 분야 등과 같이 제한된 영역에서만 활용되던 가상 환경 기술은 고성능 컴퓨터와 실감형 콘텐츠 개발 기술의 발전으로 원격회의, 게임, 가상 문화재 관람 등과 같은 다양한 응용 분야에 적용되어 일상 생활 속으로 점차 스며들고 있다. 그러나 현재의 가상 환경 기술을 이용하여 가상환경과 상호작용 하기

* 본 글에는 KIST의 지원을 받아 수행되었음

* 학제회원 공주과학기술원 정보통신공학부
janssei@gist.ac.kr
ylee@gist.ac.kr

** 편집위원 공주과학기술원 정보통신공학부 교수
woo@gist.ac.kr

논문접수 2004년 11월 25일

심사완료 2005년 2월 23일

위해 사용자는 가상 환경 조사의 어려움, 공간적 제약성, 그리고 장비를 착용함으로써 느끼는 불편함 등을 감수해야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 사용자와 가상환경 사이에 자연스러운 상호작용을 보장하기 위한 연구가 의료, 군사, 교육, 엔터테인먼트, 문화 등 다양한 응용 분야에서 활발하게 진행되고 있다. CMW(collaborative medical workbench)는 사용자가 펜(pen) 형태의 입력장치를 사용하여 가상의 심장 모형을 조작하는 원격 의료 강의를 수행하는 인터페이스를 제공한다[1]. Dragon은 사용자가 제삼 형태의 디스플레이 환경에서 pinchglove, speech recognition, handheld flightstick을 이용하여 전투를 지휘할 수 있는 상호작용 환경을 제공한다[2]. N.I.C.E는 wand와 head tracker를 이용하는 아이들이 CAVE로 구성된 가상공간과 상호작용하는 환경을 제공한다[3]. Heritage Alive는 훼손된 문화유적지를 3차원 그래픽 모델로 복원한 가상환경을 사용자가 답사할 수 있는 인터페이스를 제공한다[4].

이러한 기존의 연구들은 여러 형태의 3차원 몰입형 디스플레이를 통해 사용자에게 몰입감 있는 시각적 효과를 제공하거나 3차원 입력 장치를 통해 가상환경의 대상을 제어하는 인터페이스를 제공한다. 특히, 햅틱 장미, 3차원 조이스틱, HMD 등과 같은 입출력 디바이스를 이용하여 가상 환경 속에 있는 대상을 조작하거나, 실재감 있는 가상환경을 제공하는 것에 초점을 맞추고 있다. 그러나 현실과 가상 환경 사이의 이음매 없는 자연스러운 연결을 위해서는 실감형 입출력장치의 활용뿐만 아니라 현실세계의 사용자에게 대한 정보(또는 컨텍스트)를 가상환경에 반영함으로써 사용자에게 맞춰진 가상 환경을 동적으로 변화시키는 것이 필요하다.

본 논문에서는 현실세계의 사용자와 주변 환경에 대한 컨텍스트를 이용하여 가상환경과 상호작용 하는 컨텍스트 기반 분산 가상 환경 시스템을 제안한다. CIVE는 가상공간을 생성하고 가상 공간을 제어하는 NAVER[4], 현실세계의 상황정보를 센싱 분석하여 컨텍스트를 생성하는 ubi-UCAM[5], 그리고 NAVER와 ubi-UCAM을 연결하는 Interface로 구성된다. NAVER는 가상환경에 사용자와 상호작용 하는 가상 문화 유적지를 생성한다. Ubi UCAM은 사용자가 가상환경과의 자연스러운 상호작용을 할 수 있도록 사용자의 연령, 사용언어 및 세스처 그리고 물리적 공간에서의 사용자 위치 등을 컨텍스트로 생성한다. Interface는 ubi-UCAM에서 생성된 컨텍스트를 NAVER가 인식하는 Event로 변환하고, NAVER에서 발생한 Event를 컨텍스트로 변환하여 ubi UCAM에 전달한다.

CIVE는 사용자의PDA에 등록된 개인 정보, 장소 이동을 위한 가이드의 세스처, 가상공간에서의 아바타 위

치 정보 및 시간 등의 상황정보를 컨텍스트로 활용함으로써 사용자의 직접적인 입력신호 없이 가상환경과 상호작용하는 사용자 중심의 서비스 환경을 제공한다. 둘째, 가상 환경에 있는 대상을 제어하는 사용자의 입력 장치 신호를 컨텍스트 정보로 추상화함으로써 사용자가 다른 가상 환경 시스템으로 이동하여도 동일한 입력 장치를 가지고 해당 대상을 제어할 수 있는 가상 환경과 장치의 저용적 접근성을 보장한다. 마지막으로 분산 가상 환경 시스템들은 가상환경에서 발생한 컨텍스트를 공유하여 이기종 가상 환경 시스템 사이에서 발생하는 데이터 표현의 불일치성을 제거함으로써 이기종 분산 가상 환경 사이의 효과적인 동기화 메커니즘을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 CIVE에 대한 구조 및 동작원리에 대해 설명한다. 3장과 4장에서는 CIVE를 기반으로 구현된 컨텍스트 기반 가상 문화 유적 관람 시스템과 구현된 시스템에 대한 사용자 평가를 통해 컨텍스트 기반 상호작용에 대한 유용성을 증명한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 추후 연구과제에 대해 설명한다.

2. CIVE: 이기종 분산 가상 환경을 위한 컨텍스트 기반 상호작용 시스템

CIVE는 사용자의 컨텍스트를 이용하여 가상 환경의 구성 요소에 영향을 줌으로써 사용자 중심의 상호작용 환경을 제공하는 시스템이다. 이를 위해, CIVE는 사용자의 컨텍스트를 생성하고 관리하는 ubi-UCAM, 가상 환경을 생성하고 관리하는 NAVER, 그리고 ubi-UCAM과 NAVER를 연결하는 Interface로 구성된다. 특히, ubi-UCAM과 NAVER의 연결을 위해, 그림 1과 같이, ubi-UCAM에서 생성되는 컨텍스트는 Interface를

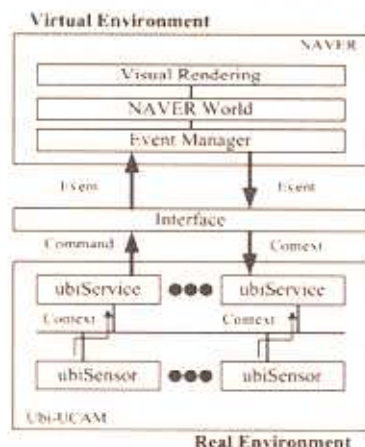


그림 1 CIVE의 구조

통해 가상 환경의 구성 요소를 변화시키는 명령어로 변환된다. 또한, 가상 환경의 변화는 사용자에게 제공되는 현실 환경의 응용 서비스 실행에 영향을 주는 컨텍스트로 변환된다.

2.1 NAVER

NAVER는, 그림 2(a)와 같이, 가상 환경을 생성하고 관리하는 NAVER World, 생성된 가상환경을 2차원 또는 3차원 영상으로 나타내는 Visual Rendering, 그리고 가상환경에서 발생하는 변화를 처리하는 Event Manager로 구성된다[4]. NAVER World는, 그림 2(b)와 같이, 가상 환경을 구성하기 위한 시나리오를 관리하는 Scenario Manager, 시나리오에 정의된 명령에 따라 가상 환경을 생성하거나 가상환경의 구성 요소를 변경시키는 Command Manager, 그리고 가상환경과의 상호작용을 위해 사용되는 키보드 또는 마우스 등의 입력장치를 관리하는 Interaction Manager로 구성된다. 또한, Visual Rendering은 Scene Graph를 이용하여 가상 환경을 시각화(visualization)하기 위한 영상용 frame buffer에 생성한다. 마지막으로 Event Manager는 가상 환경에 있는 구성요소의 변경 상태를 나타내는 Event를 관리함으로써 가상환경의 구성요소를 동적으로 변화시킨다.

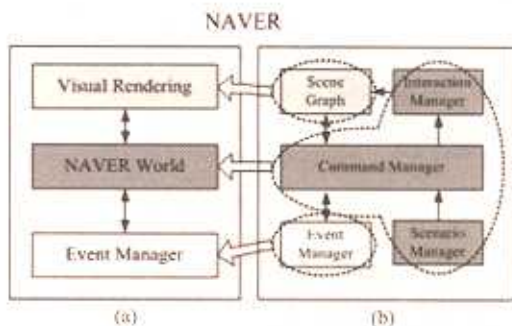


그림 2 NAVER의 구조와 구성요소 (a) CIVE에서의 NAVER 개념적 구조 (b) NAVER의 구성요소

2.2 Ubi-UCAM

Ubi-UCAM은, 그림 3과 같이, 사용자의 신원, 위치, 시간, 체크치, 관심 대상물 등에 대한 정보를 5W1H (Who, Where, When, How, What, Why) 형태의 초벌 컨텍스트로 생성하는 유비센서(ubiSensor)와 여러 개의 초벌 컨텍스트를 수집 통합 해석하여 사용자에게 적절한 서비스를 제공하는 유비서비스(ubiService)로 구성된다[5].

유비센서는 사용자 및 사용자 환경에 대한 변화를 감지하는 센서모듈과 감지된 정보를 초벌 컨텍스트로 생

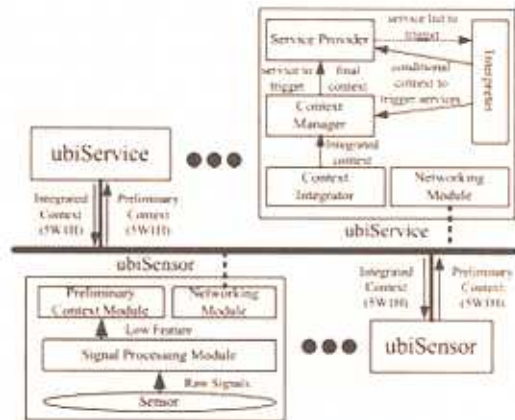


그림 3 ubi-UCAM의 구성 및 유비센서와 유비서비스 구성 요소

성하는 초벌 컨텍스트 결정(preliminary context decision) 모듈로 구성된다. 유비센서는 센서모듈에 따라 5W1H의 일부만 또는 전체를 초벌 컨텍스트 형식으로 생성하여 유비서비스로 전달한다. 초벌 컨텍스트 결정모듈은 센서 모듈이 수집한 정보를 5W1H의 형태로 생성한다. 이러한 초벌 컨텍스트는 유비센서와 연결된 모든 유비서비스들에 멀티캐스팅됨으로써, 여러 개의 유비서비스들에 의해 동시에 사용된다.

유비서비스는 컨텍스트 통합기(context integrator), 컨텍스트 관리기(context manager), 해석기(interpreter), 그리고 서비스 관리기(service provider)등으로 구성된다. 컨텍스트 통합기는 유비서비스의 동일한 동작 영역에 있는 유비센서들로부터 초벌 컨텍스트를 일정 시간 간격으로 수집하고, 5W1H를 항목별로 분류한다. 그리고 각 항목별 특성에 맞는 의사 결정 기법(decision fusion method)을 적용하여 통합 컨텍스트를 생성한다. 컨텍스트 관리기는 생성한 통합 컨텍스트와 일치되는 특정 서비스를 실행시키는 컨텍스트 조건을 검색하고 그에 맞는 서비스를 실행시키는 역할을 담당한다. 만약 일치되는 컨텍스트 조건이 검색되면 실행될 서비스 모듈에 대한 정보를 해쉬테이블에서 획득하고, 검색된 정보를 서비스 관리자로 전달한다. 그리고 컨텍스트 조건이 검색되지 않으면 생성된 통합 컨텍스트는 무시된다. 서비스 관리기는 유비서비스가 제공하는 서비스 모듈이 구현된 코드 형태를 관리하고 컨텍스트 관리기로부터 실행 서비스 이름과 서비스 실행에 필요한 정보인 최종 컨텍스트를 전달 받아 서비스를 직접 실행시킨다. 해석기는 사용자로부터 서비스 실행을 위한 컨텍스트 조건을 설정할 수 있는 환경을 제공하는 기능을 담당한다. 특히, CIVE의 구성요소로서 유비서비스는 두

가지 기능을 담당한다. 우선, 생성된 통합 컨텍스트를 가상 공간에 있는 특정한 대상물이나 환경을 변화시키는 명령어로 변환한다. 이때, 유비서비스는 현실 환경의 컨텍스트에 영향을 받는 가상 환경의 대상물의 개수만큼 구현되어야 한다. 그리고 유비서비스는 가상 환경에서 발생하는 변화정보를 컨텍스트 정보로 입력 받아 사용자에게 실제 서비스를 제공하는 역할을 담당한다.

2.3 Interface

Interface는, 그림 4와 같이, ubi-UCAM과 NAVER를 연결하기 위해 컨텍스트 서비스 관리자(Context Service Manager)와 컨텍스트 서비스 제공자(Context Service Provider)로 구성된다. 컨텍스트 서비스 관리자는 가상 환경을 변경하거나 가상 환경의 특정 구성 요소와 연결된 ubi-UCAM의 유비서비스에서 생성하는 특정 명령어를 NAVER기 처리할 수 있는 이벤트로 변경한다. 또한, 컨텍스트 서비스 제공자는 NAVER의 구성요소에 의해 발생한 변경 사항을 컨텍스트로 변경하여 전달한다. 따라서 현실환경과 가상환경의 컨텍스트를 모두 고려한 사용자 중심의 서비스를 위한 환경을 제공한다.

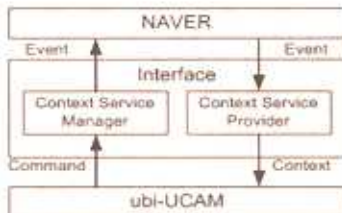


그림 4 Interface의 구조와 구성요소

3. 가상 문화 유적지 체험 시스템

가상환경과 사용자 사이의 자연스러운 상호작용을 제공하기 위해 CIVE를 기반으로 가상 문화 유적지를 체험하는 시스템을 구현한다. 그림 5와 같이, 천년 전 신라 왕조의 문화 유물과 유적지를 3차원 모델로 복원하고, NAVER를 이용하여 시나리오 기반의 가상 문화 유적지 답사 서비스를 제공한다. 시나리오에 따라 가상 문화 유적지를 안내하는 가이드는 가상환경에 있는 유적지의 아동을 제어하며 관람객에게 유적지에 대한 설명을 제공한다. 이때, 가이드의 제스처는 가상 문화유적지 내의 공간을 이동시키는 컨텍스트로 사용된다. 이를 위해, 제스처 정보를 컨텍스트로 생성하는 공간센서(SpaceSensor)와 제스처 정보를 해석하여 가상 공간을 이동시키는 명령어를 생성하는 가이드 서비스(guide service)가 유비센서와 유비서비스로 각기 구현된다. 또한, 관람객은 가이드의 안내에 따라 장해진 유적지에서

자신의 PDA의 방향키를 조작하여 개별 답사를 한다. 그리고 PDA에 등록된 자신의 신원, 언어, 연령, 관심사 등의 정보를 이용하여 유적지에 대한 상세 정보를 선택 언어로 제공 받으며, 연령과 관심사에 따라 차별화된 정보를 연결한다. 이때, PDA에 저장된 관람객 정보를 추출하여 컨텍스트를 생성하는 가상센서와 파악된 컨텍스트를 가상공간으로 제공하는 관람객 정보 서비스가 유비센서와 유비서비스로서 PDA에 구현된다. 이러한 관람객 중심의 서비스를 위해, 관람객 컨텍스트를 기반으로 가상 공간을 담당하는 그룹 네비게이션 서비스, 가상 공간에서의 위치 정보를 제공하는 가상 GPS 서비스, 유적지에 대한 정보를 열람하고 개인 정보를 증강 시키는 가상 메모 서비스 등은 모두 유비서비스로서 구현된다. 마지막으로 지역적으로 밀어진 관람객 그룹들이 가상 문화 유적지를 동시에 관람하고 서로간의 존재성을 인지할 수 있도록 원격 관람객 그룹에 대한 정보를 나타내는 서비스가 가상 공간에 구현된다.

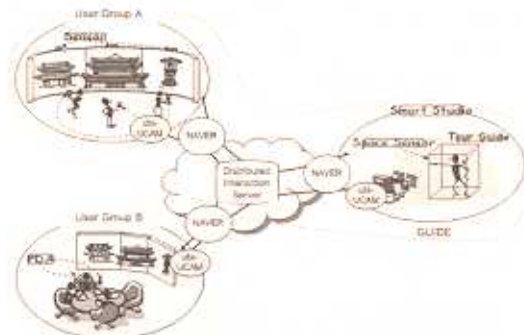


그림 5 가상문화유적지 체험 시스템의 개념도

3.1 가이드 중심의 서비스

관람객들과 독립적인 공간에 있는 가이드는 가상 문화 유적지 답사를 위한 시나리오를 바탕으로 관람객들이 있는 유적지에 대한 안내와 가상 유적지의 공간 이동을 담당한다. 이때, 가이드는 가상유적지를 답사하는 관람객 그룹의 명령, 그룹의 연령대 및 관심사 등과 같은 지역별 관람객 그룹에 대한 정보를 컨텍스트화된 정보 서비스로 제공 받음으로써 관람객 수준에 맞는 유적지 안내를 할 수 있다. 또한, 자연스러운 유적지 안내를 위해 가이드의 제스처를 기반으로 가상 유적지의 공간을 이동한다. CIVE가 가이드의 제스처를 인지하여 가상 환경에서의 공간을 변화시키는 과정은 표 1과 같다. 공간센서가 불리는 유비센서는 3차원 카메라를 이용하여 가이드의 제스처를 파악한다[6]. 가이드 서비스는 공간센서로부터 전달 받은 가이드 제스처에 대한 컨텍스트를 해석하여 가상환경에서의 위치 이동을 위한 명령어

표 1 가이드를 위한 컨텍스트, 명령어 및 이벤트의 예

컨텍스트: ubiSensor (Space Sensor)	명령어: ubiService (Guide Service)	이벤트: NAVER
Hands Forward	Moving Forward	Go 1m
Hands Backward	Moving Backward	Back 1m
Left Hand UP	Turn Left	Left rotation 15
Right-Hand Up	Turn Right	Right rotation 15
Both Hand Up	Move to Next Scene	Scene Change

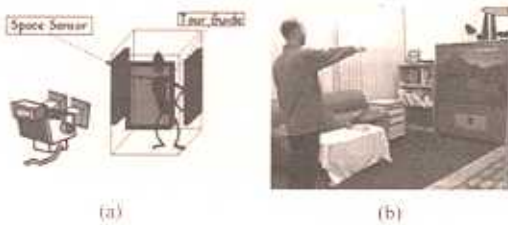


그림 6 가이드 서비스: (a) 가이드 서비스의 개념도 (b) 구현된 가이드 서비스의 예

를 설정한다. Interface는 명령어를 NAVER가 처리할 수 있는 형태로 변환시키고, NAVER는 그에 대응되는 가상 유적지의 공간으로 이동시킨다.

3.2 관람객 중심의 서비스

관람객은 가이드가 제공하는 안내 서비스 뿐만 아니라 가상 문화 유적지 환경과의 개별적인 상호작용 서비스를 이용할 수 있다. 이를 위해, 관람객은 가상 문화유적지를 답사하기 전에 이름, 연월, 사용언어 및 관심사 등의 개인 정보를 자신의 PDA에 입력한다. 관람객에게 제공되는 서비스로는, 그림 7과 같이, 자신이 속해 있는 관람객 그룹의 위치 정보를 가상문화 유적지의 지도 정보에 나타내는 가상 GPS, 특정 가상 문화 유적지 내에서 자신의 PDA를 이용하여 가상 유적지를 이동하는 그룹 내비게이션, 가상유적지 답사 중에 문화유적지 또는 문화 유적물에 PDA를 사용하여 개인화된 메시지를 증강 및 공유함으로써 자신의 자취를 남길 수 있는 가상 메모 등이 있다.

CIVE는, 그림 8과 같이, 여러 PDA에서 입력된 관람객 정보를 컨텍스트로 처리하고 유비서비스 형태로 구현된 가상 GPS, 그룹 내비게이션 및 가상 탐색서비스를 사용자에게 제공한다. 이때, 그룹 내비게이션을 위해 동원 그룹에 있는 관람객들이 동시에 발생시키는 방향키는 각 유비서비스에서 제공하는 voting 기법을 적용하여 내비게이션을 위한 대표값으로 생성된다. 또한, 가상 문화 유적지에서의 위치 정보를 위해 NAVER는 관람객 그룹별 가상 위치 정보를 컨텍스트 형태로 유비서비스에게 제공한다.

3.3 분산 가상환경 서비스

가상 문화 유적지의 이동은 키보드나 관리하는 시나

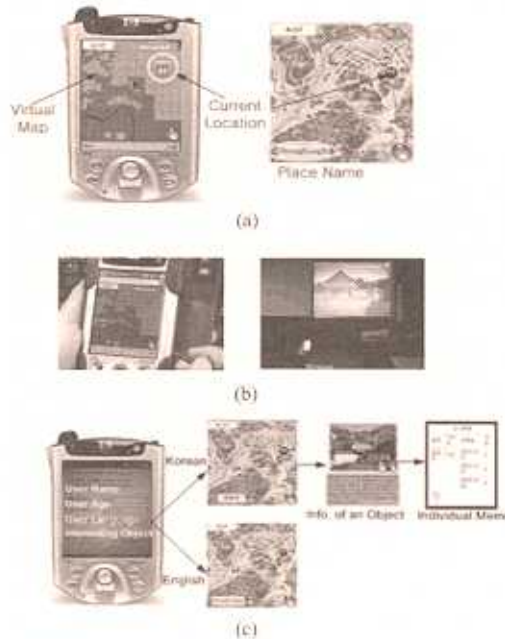


그림 7 PDA를 이용한 사용자 서비스 (a) 가상 GPS : 가상 문화 유적지에 대한 전체 및 부분 지역에서의 위치 표시함 (b)그룹 내비게이션 : PDA의 방향키를 통해 각 사용자 그룹의 위치를 변경함 (c) 가상 메모 유적지 및 유적물에 대한 상세 정보가 관람객의 연령에 맞게 선택되고 언어에 따라 디스플레이됨, 또한, 웹 게시판 기능을 이용하여 개인 메모를 가상 유적물에 증강시킴

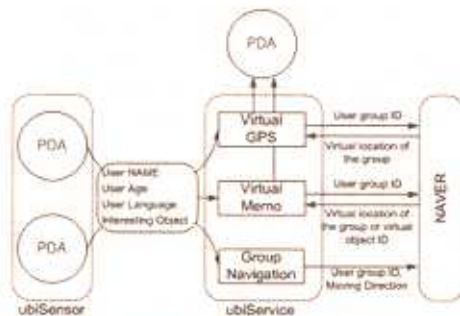


그림 8 관람객 중심의 서비스들을 위한 컨텍스트, 명령어 및 이벤트의 예

리오에 따라 발생되기 때문에 원격지에 존재하는 각각의 관람객 그룹은 동일한 서로 동기적으로 가상 환경을 공유한다. 그러나 각 관람객 그룹이 그룹 네비게이션을 할 때에는 독립적인 관람 시점을 가지고 문화 유적지를 이동한다. 이때, 각 관람객 그룹은 가상 환경에 3차원 아바타로 표현됨으로써 원격지의 관람객 그룹을 인지할 수 있다. 예를 들어, 어떤 사용자 그룹이 가상 문화유적지를 관람하는 동안 다른 사용자 그룹이 동일한 가상 문화유적지를 관람하면, 각 사용자 그룹은 상대방의 아바타를 인지할 수 있으며, 가상 메모 서비스를 이용하여 서로간의 의사 소통을 할 수 있다. 이를 위해서 CIVE는, 그림 9와 같이, 분산 상호작용 서버를 이용하여 모든 관람객 그룹의 컨텍스트를 공유함으로써 원격지에 있는 그룹들의 가상 환경 변화에 대한 일관성을 유지한다.

또한, 분산되어 있는 이기종의 가상환경 사이의 일관성을 보장하기 위해 가상 문화 유적지에서 발생한 변경 사항을 컨텍스트로 변환하여 사용한다. 즉, 가상 문화 유적지가 서로 다른 시스템을 사용하여 구성되는 경우라도 가상 환경에서 발생하는 변경 사항이 컨텍스트 형태로 분산 가상 환경 시스템들에 공유됨으로써 이기종의 시스템으로 구성된 가상환경을 동기화한다. 이를 위해, 전용 노드는 가상환경의 변화를 모든 시스템에서 이해할 수 있는 컨텍스트 기반의 프로토콜로 변환되어 전송된다. 수신노드는 각 노드의 시스템에 맞게 정보를 해석하여 반영한다. 해석된 정보는 3차원 CG 모델 조각, 시스템간 데이터 동기화와 동시적 접근 제어를 위해서 사용될 수 있다.

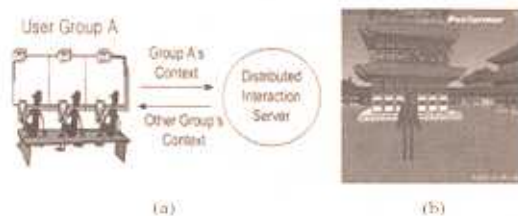


그림 9 분산 가상환경에서의 서비스의 예 (a)관람객 그룹 사이의 분산 상호작용을 위한 서비스 구조 (b) 가상 문화유적지에서 네비게이션을 할 때 나타나는 다른 관람객 그룹의 3차원 아바타의 예

4. 실험 및 평가

4.1 사용자의 컨텍스트가 가상공간과의 상호작용에 미치는 영향에 대한 평가

본 논문에서 제안된 CIVE의 유용성을 평가하기 위해 CIVE를 기반으로 가상문화유적지 체험 시스템을 구현하고 이를 네트워크로 연결된 3개의 노드에 각각 설치

하였다. 두개의 노드에는 관람객 중심의 서비스를 위해, 관람객의 컨텍스트를 생성하는 PDA 기반 유비센서와 가상문화유적지에서 자신이 속해 있는 그룹의 위치를 나타내는 가상 GPS, 그룹 네비게이션 및 가상 메모 등의 유비서비스가 제공되었다. 제공된 관람객 중심의 서비스의 사용성 평가를 위해, 5명으로 구성된 두 개의 관람객 그룹과 1명으로 구성된 가이드로 나누어 실험에 참여하였다. 피험자들은 20대-30대의 연령 분포를 갖는 남녀이며, 각 사용자 그룹의 구성원 등은 가상 문화 유적지에 대한 사전 경험이 없었다. 그리고 가이드 중심의 서비스를 위해, 가이드의 제스처를 파악하는 3차원 카메라 기반 유비 센서와 제스처를 이용하여 가상 문화 유적지를 변화시키는 가이드 지미스인 유비서비스가 나머지 노드에서 실행되었다. CIVE가 구현된 시스템 사양은 intel Xeon 2.4 GHz (Dual CPUs), 2Gbytes (Memory), Wildcat7210 (Graphic card)와 Window2000(OS)가 사용되었다. 가상 공간은 OpenGL Performer 3.0.2를 기반으로 동작하는 NAVER 1.0.2로 구현되었으며, 사용자 컨텍스트를 생성하는 ubi-UCAM은 Java 1.3에서 구현되었다.

가상 환경에서 사용자 컨텍스트의 유용성을 파악하기 위해 사용자 컨텍스트를 사용하여 가상 환경과의 상호작용을 위한 인터페이스를 자동으로 변경시키는 서비스와 컨텍스트를 사용하지 않고 사용자가 인터페이스를 직접 변경시키는 서비스를 비교하였다. 개별 네비게이션을 하여 가상 문화 유적지에 대한 설명이나 가상메모 등을 다른 사람들과 공유할 때 컨텍스트를 사용하는 서비스는 문화 유적지에 대한 정보를 사용자의 연령에 따라 다르게 제공하며 또한 사용자의 언어에 따라 영어, 일어, 한국어 등으로 제공되었다. 또한, 가상 메모에서 특정한 대상물에 연결된 정보를 추출할 때 사용자의 신원 정보를 이용하여 해당 사용자와 관련된 정보만을 제공하였다. 반면, 컨텍스트를 사용하지 않는 서비스는 모든 사용자에게 동일한 문화유적 정보를 제공하였으며 사용자가 직접 언어를 선택하도록 하였다. 또한, 가상 메모는 대상물에 연결된 정보를 모두 나타내어 사용자가 직접 필요한 정보를 검색하도록 하였다.

그림 11은 각 그룹의 사용자들이 가상 환경과 상호작용하기 위해 PDA가 제공하는 인터페이스를 통해 선택한 명령을 컨텍스트로 사용한 서비스와 컨텍스트로 사용하지 않는 서비스를 나타낸 것이다.

또한, 사용자의 직접적인 명령 입력 횟수가 가상 환경과의 상호작용에 대한 집중력에 영향이 있는지를 파악하기 위해 서비스 종료 후 두 사용자 그룹이 방문한 가상 문화 유적지에 대한 질문을 10분할 제시하였으며 사용자들은 OX 형태로 답을 표기하였다. 그림 12는 두

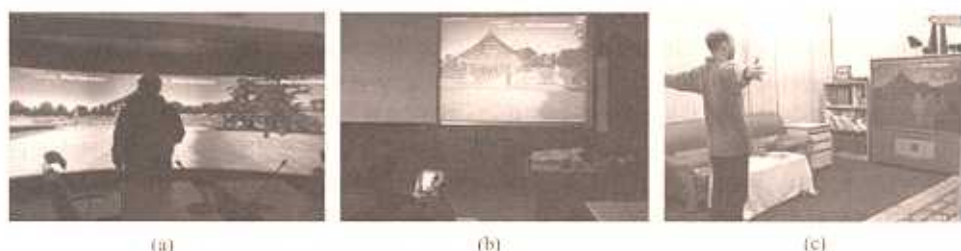


그림 10 사용자 평가를 위한 CIVE의 데모 환경 (a) 관람객 그룹 A를 위한 CIVE 환경 (b) 관람객 그룹 B를 위한 CIVE 환경 (c) 가이드 환경

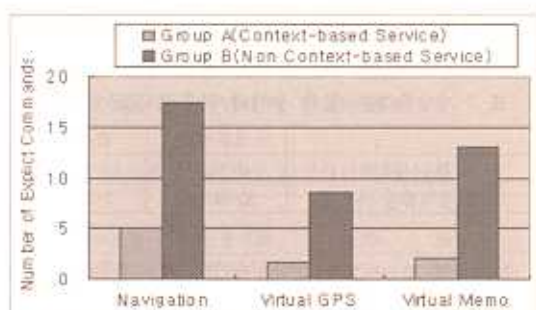


그림 11 컨텍스트를 사용하는 서비스 및 컨텍스트를 사용하지 않는 서비스의 비교. X축은 각각의 서비스를 사용하기 위해 사용자가 직접 입력한 외부 명령어의 개수, Y축은 사용자 그룹 A, B에게 제공되는 가상문화 유적지 서비스

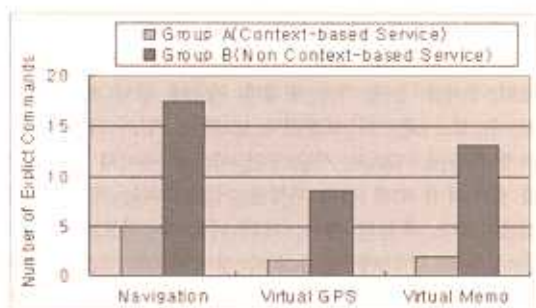
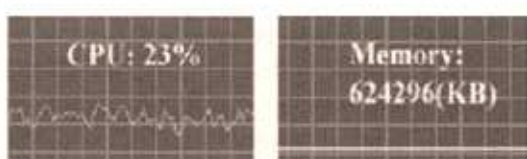


그림 12 가상문화유적지 서비스 종료 후 각 사용자 그룹에게 실시한 유적지 답사에 대한 설문 조사 결과

그들의 사용자들이 동일한 질문에 대해 정답을 맞춘 분포도를 나타낸다.

그림 11은 사용자의 컨텍스트는 가상 환경과 상호작용을 위해 필요한 사용자의 내부적인 명령어 역할을 통해 외부적인 명령어 입력을 줄임으로써 사용자의 인터페이스 작업을 단순화 하였다. 그리고 그림 12에서 보는 것과 같이, 사용자는 간단해진 인터페이스를 통해 가상



(a)



(b)

그림 13 컨텍스트 사용에 대한 관리 비용 측정 (a) 컨텍스트를 사용하지 않는 서비스 시스템 자원 점유율 - CPU사용율: 23%, 평균 메모리 사용량: 624MB (b) 컨텍스트 기반 서비스 사용 시스템의 자원 점유율 - CPU 사용율: 23.9%, 평균 메모리 사용량: 636MB

환경과의 상호작용에 보다 높은 집중력을 나타내며 사용자에게 맞춰진 개인화된 정보 서비스를 통해 가상 문화 유적지에 대한 정보를 오래 기억할 수 있었다. 따라서 사용자의 컨텍스트가 사용자 인터페이스 뿐만 아니라 가상 환경을 구성하는 대상물에 적용함으로써 사용자에게 현실 및 가상 세계를 이음매 없이 연결하는 요소로 작용할 수 있다.

가상 환경이 컨텍스트를 사용함으로써 발생하는 관리 비용을 측정하기 위해 컨텍스트 기반 서비스를 제공하는 시스템과 컨텍스트 기반 서비스를 제공하지 않는 시스템의 자원 점유율을 측정하였다. 그림 13(a)과 (b)는 컨텍스트를 사용하지 않는 서비스와 컨텍스트 기반 서비스를 제공하는 시스템에서 발생하는 CPU와 메모리의 평균 점유율을 각각 나타낸다.

그림 13에서 보는 것과 같이, 컨텍스트를 사용하지 않는 서비스와 컨텍스트 기반 서비스를 동작시키는 시스

템의 CPU 점유율에는 차이는 거의 발생되지 않는다. 다만 메모리 점유율에서 컨텍스트 기반 서비스의 시스템이 12MB 정도 소모율이 증가하였다. 그러나 그림 10과 같이, 컨텍스트 기반 서비스를 사용함으로써 사용자의 직접적인 입력수를 명확하게 감소시키는 것과 컨텍스트 관리를 위해 증가되는 관리비용을 고려할 때 컨텍스트는 시스템의 성능을 향상시킨다고 볼 수 있다.

4.2 컨텍스트가 이기종 분산 가상 환경에 미치는 영향에 대한 평가

이기종 분산 가상 환경을 구축하기 위해 CIVE의 가상 환경 부분을 NAVER와 CAVELib으로 각각 구현하였다. NAVER는 OpenGL Performer를 사용하여 Model Loading과 Scene Graph를 작성하여 가상 공간에 대한 3D 모델 정보를 렌더링한다. CAVELib은 piCAVE라는 API를 통해 OpenGL Performer에 접근함으로써 NAVER와 동일한 가상 공간에 대한 3D 모델 정보를 렌더링한다. NAVER기반의 CIVE는 빛의 반광성을 이용한 passive stereo display의 출력장치와 키보드 및 마우스를 기본 입력 장치로 제공하는 노드 A에 설치되었다. CAVELib 기반의 CIVE는 3채널 클러스터 기반의 active stereo display 출력장치와 3차원 마우스인 IS900을 기본 입력 장치로 갖는 노드 B에 설치되었다. 그리고 노드 A와 B는 155Mbps인 유선 네트워크로 연결되어 있으며, 각 노드는 11Mbps를 지원하는 무선 네트워크를 지원한다.

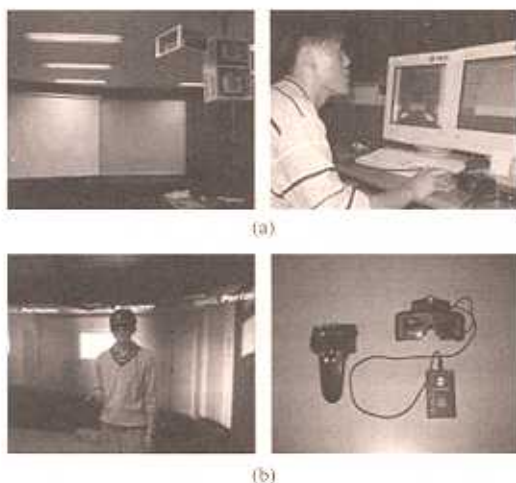


그림 14 이기종 분산 가상 환경의 예. (a) 노드 A에 설치된 NAVER 기반 가상 환경 시스템: passive stereo display, 키보드 및 마우스 (b) 노드 B에 설치된 CAVELib 기반 가상 환경 시스템: 3채널 클러스터 기반의 active stereo display, wand 및 head tracker

이와 같은 분산 가상 환경에서 컨텍스트가 사용자와 가상 환경을 이음에 없이 연결하는 상호작용에 미치는 영향을 살펴보기 위해 다음과 같은 실험을 하였다. 자신의 PDA를 이용하여 그룹 네비게이션을 하던 사용자가 자신이 있던 노드에서 다른 노드로 옮겨가서 PDA를 사용하여 네비게이션을 계속 진행하는 경우와 각 노드에 설치된 입력 장치를 통해 그룹 네비게이션을 하던 사용자가 위치 변경 후에 새로운 노드에 있는 입력 장치를 통해 그룹 네비게이션을 하는 경우를 비교하였다. 표 2에서 보는 것과 같이, 비교된 실험 요소는 각 사용자가 다른 노드로 이동한 후, 입력 장치를 통해 그룹 아바타를 제어할 때까지의 적응 시간과 발생 비용을 측정하였다.

표 2 가상환경과 입력 장치의 적응적 접근성 평가

	적용시간	발생비용
PDA 사용자	0-2(초)	5-9(초)
기본 입력장치 사용자	30-60(초)	7-12(초)

표 2에서 보는 것과 같이, 자신의 PDA를 가지고 위치 이동을 하는 사용자의 경우 그룹 아바타를 제어할 때까지 0-2초 정도의 적응 시간이 발생하였다. 반면, 각 노드에 설치된 새로운 입력 장치를 사용하는 사용자의 경우는 30-60초 정도의 적응 시간이 발생되었다. 전자의 경우, PDA사용자가 빠른 적응성을 나타내는 이유는 새로운 가상 환경 시스템에서도 자신에게 익숙한 입력 장치를 지속적으로 사용할 수 있었기 때문이었다. 이것은 PDA의 입력선호를 컨텍스트로 변환하기 때문에 사용자가 다른 가상 환경 시스템으로 이동하여도 자신의 입력 장치를 통해 가상 환경과 이음에 없이 상호 작용할 수 있는 환경이 보장된다. 그러나 PDA 사용자들은 위치 이동시 PDA와 가상 공간 시스템 사이의 네트워크를 설정하기 위해 접속 과정을 거쳐야 하는 부가비용이 발생하였다. 후자의 경우, 위치 이동 후 사용자는 새로운 입력 장치에 적응하기 위해 상대적으로 많은 시간을 필요로 하였다. 반면, 입력 장치와 가상 공유 시스템은 이미 연결이 되어 있기 때문에 입력 장치 사용을 위한 별도의 부가 비용은 발생하지 않았다. 그러나 PDA를 사용을 위한 접속 과정은 적응적 네트워크 연결 기술을 적용할 때 제기가 가능하다. 따라서 컨텍스트를 통해 보장되는 입력 장치의 적응적 접근성은 사용자와 분산 가상 환경 사이의 이음에 없는 상호작용을 위해 중요한 역할을 담당한다.

마지막으로 컨텍스트가 이기종 분산 가상 환경 시스템의 동기에 미치는 영향을 살펴보기 위해 다음과 같은 실험을 하였다. 두 개의 분산 가상 시스템에 있는 사용자가 그룹 네비게이션을 통해 각 그룹 아바타를 이

동시일 때, 서로 다른 가상 환경 시스템에서 표현되는 동일한 그룹 아바타의 절대좌표의 차이값과 지연 시간을 측정하였다. CAVELib와 NAVER의 좌표계에는 다음과 같은 차이가 있다. CAVELib에서는 현재위치점 기준으로 움직인 방향으로의 변화량을 기반으로 아바타를 이동시킨다. 반면 NAVER는 아바타를 이동시키기 위해 3차원 절대좌표를 사용한다. 표 3은 두 시스템 사이의 동기화를 위해 컨텍스트를 사용할 때와 사용하지 않을 때의 좌표 오차와 지연 시간을 나타낸다. 컨텍스트를 사용한 방법은 NAVER와 CAVELib의 아바타의 이동을 나타내기 위해 해당 아바타의 절대좌표를 컨텍스트로 공유하였다. 반면, 컨텍스트를 사용하지 않은 방법은 NAVER는 절대좌표를 CAVELib에 전달하고 CAVELib은 이동 변화량을 NAVER에 전달하였다.

표 3 이기종 분산 가상 환경사이의 동기화 평가

	좌표오차	지연시간
컨텍스트를 사용한 동기화	2-3%	20-23(ms)
컨텍스트를 사용하지 않은 동기화	1-2%	10-15(ms)

컨텍스트를 사용하여 좌표를 전송할 때에는 각 시스템의 좌표 표현 방식을 절대좌표로 변환하여 전송하고, 다른 가상 시스템에서 제공하는 컨텍스트를 받아 시스템에 맞게 좌표를 변환하는 과정을 거침으로써 이기종 분산 시스템 사이의 동기화를 위해 2번의 계산 과정이 필요하였다. 반면, 컨텍스트를 사용하지 않는 경우는 시스템에서 사용하는 좌표 표현 방식을 그대로 전송하고 전달받은 정보를 각 시스템에 맞게 변환하기 때문에 시스템 사이의 동기화를 위해 1번의 계산 과정이 필요하였다. 따라서 표 3에서 보는 것과 같이 컨텍스트를 사용할 때 두 시스템 사이의 좌표 오차와 지연시간이 상대적으로 낮게 측정된 것이다. 그러나 두개의 이기종 분산 시스템 환경에서 N 개의 이기종 분산 시스템 환경으로 확장된 경우에는 컨텍스트를 이용한 동기화 방식이 보다 많은 이점을 갖는다. 즉, 컨텍스트를 이용하면 각 시스템은 $N-1$ 개의 시스템으로 전달하기 위한 컨텍스트 처리, $N-1$ 개의 다른 시스템들로부터 전달 받은 컨텍스트 처리)번의 처리 과정을 통해 다른 시스템과의 동기화 과정이 완료된다. 그러나 컨텍스트를 사용하지 않으면 각 시스템은 $N-1$ 개의 시스템의 좌표 특성을 관리해야 하며 동기화를 위해 $N-1$ 번의 계산 과정을 해야만 동기화를 맞출 수 있다 따라서 각 시스템은 총 $2(N-1)$ 의 계산 과정이 필요하다. 또한, 새로운 시스템을 추가할 경우 컨텍스트를 사용하면 시스템에 컨텍스트를 처리하는 해석기를 포함시키면 되지만 컨텍스트를 사용하지 않는 경우는 모든 시스템을 업데이트 해야 하는 문제점이

이 발생한다. 따라서 이기종 분산 가상 환경 사이의 동기화를 위해서는 가상 공간에서 발생하는 변화에 대한 정보를 컨텍스트로 변환하여 공유하는 것이 보다 바람직하다.

5. 결론

본 논문에서는 사용자의 가상환경 사이의 보다 자연스러운 상호작용을 보장하기 위해 현실세계의 사용자와 주변 환경에 대한 컨텍스트를 이용하여 가상환경과 상호작용 하는 컨텍스트 기반 가상 환경 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 컨텍스트가 사용자와 가상 환경 사이의 상호작용, 입력장치와 가상 환경 사이의 적용점 접근성, 그리고 이기종 분산 시스템의 동기화에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 앞으로의 연구는 가상 환경과 현실 환경을 연결하는 컨텍스트의 개념을 확장하여 가상 환경과 현실 환경이 대등하게 연결시킴으로써 현실 환경에서의 변화가 가상 환경 자체에 영향을 주고 가상 환경에서 발생하는 변화가 현실 환경에 다시 반영되는 환경을 구축할 예정이다.

감사의 글

본 논문의 작성을 위해 도움을 주신 여러 분께 감사의 마음을 전합니다. 먼저, ubi-UCAM과 NAVER의 연결 부분을 개발해준 이석희, 가상 GPS 서비스를 개발해준 정석민에게 고마움의 마음을 전합니다. 그리고 NAVER를 사용할 때 많은 도움을 주신 고희논 박사님 이하 KIST 연구팀에게 심심한 감사의 마음을 표합니다.

참고 문헌

- [1] G.Goebbels, V.Laloti, and M.Göbel, "Design and Evaluation of Team Work in Distributed Collaborative Virtual Environments," In Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST2003), Paper ISBN:1-58113-568-6, pp.231-238, 2003.
- [2] B.Leibe, T.Starner, W.Ribarksky, Z.Wartell, D.Krum, B.Singletary, and L.F. Hodges, "The Perceptive Workbench-Towards Spontaneous and Natural Interaction in Semi-Immersive Virtual Environments," In Proceedings of IEEE Virtual Reality(VR2000), pp.13-20, 2000.
- [3] M.Roussos, A.E.Johnson, J.Legh, C.A. Vasilakis, C.R. Barnes, and T.G. Moher, "NICE: Combining Constructionism, Narrative and Collaboration in a Virtual Learning Environment," In Proceedings of the SIGGRAPH Educator's Program Vol. 31, pp. 62-63, 1997.
- [4] H.Ko, Mark, and H.Lee "Conceptual Framework of Tangible Space Initiative and its Application

- Scenario to Heritage Alive!," In Proceeding of the Virtual Systems and MultiMedia (VSMM2002), pp. 1001-1007, 2002.
- [5] S.Jang and W.Woo, "ubi-UCAM: A Unified Context-Aware Application Model," Lecture Note Artificial Intelligence, Vol.2680, pp. 178-189, 2003.
- [6] D.Hong and W.Woo, "SpaceSensor:Real-Time Gesture Tracking for I-NEXT," International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT03), Paper ISSN 1345-1278, pp. 95-99, 2003.
- [7] CAVELab, <http://www.vrcu.com/>



강 세 이

1997년 서강대학교 전자계산학과 학사
1999년 서강대학교 전자계산학과 석사
2005년 광주과학기술원 정보통신공학과
박사. 관심분야는 Context Representation,
Context Interpretation, Human Com-
puter Interaction 등



이 영 호

1990년 한국과학기술원 수학과 학사, 2001
년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
2003년~현재 광주과학기술원 정보통신
공학과 박사과정. 관심분야는 Virtual
Reality, Artificial Life, Human Com-
puter Interaction, Networked Virtual

Environments 등



우 윤 택

1989년 경북대학교 전기공학과 학사, 1991
년 포항공과대학교 전기전자공학과 석사
1998년 University of Southern Cali-
fornia, Electrical Engineering-System
박사, 1991년~1992년 삼성종합기술연구
소 연구원, 1999년~2001년 ATR MIC
Labs, 객원 연구원, 2001년~현재 광주과학기술원 정보통신
공학과 조교수. 관심분야는 3D computer vision and its
applications including attentive AR and mediated
reality, HCI, affective sensing and context-aware for
ubiquitous computing 등