

# 지능형 협업 환경 프레임워크 구현

## (Implementation of Smart Collaboration Environment Framework)

한 상 우 †      김 남 곤 †      최 기 호 ††  
 (Sangwoo Han)      (Namgon Kim)      (Kiho Choi)

고 수 진 ††      배 창 혁 ††      김 종 원 †††  
 (Sujin Ko)      (Changhyeok Bae)      (Jongwon Kim)

**요 약** 지리적으로 분산되어 있는 지식 노동자들 간에 실재감 있는 공동작업 환경 제공을 위하여, 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 응용한 다양한 시도가 이루어지고 있다. 특히 기존의 문제점으로 지적되어왔던 디스플레이 해상도의 한계, 공동 문서 작업의 불편함, 협업 환경 조작의 어려움과 같은 문제점을 해결하고자, 프레임워크 관점에서의 접근방법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 협업 공간에 주어진 각종 장치 및 네트워크 상태에 적응적으로 기능별 서비스 요소들을 통합하여 협업 환경에서 요구하는 다양한 협업기능들을 만족하도록 유연성 있게 조정할 수 있는 하드웨어/소프트웨어/네트워킹에 걸친 지능형 협업 환경 프레임워크를 설계하고자 한다. 제안하는 프레임워크에 기초하여 초고해상도 디스플레이를 중심으로 네트워킹을 통한 미디어/데이터 공유, 포인팅/트래킹을 활용한 디스플레이 상호작용을 지원하는 협업 환경을 개발한다. 또한 실현 가능성을 검증하기 위해 구축된 협업 노드의 시연 과정을 소개한다.

**키워드** : 지능형 협업 환경, 협업 프레임워크, 사용자 상호작용, 격자형 네트워크 디스플레이, 유비쿼터스 커뮤니티 컴퓨팅

**Abstract** To realize advanced collaboration environments for knowledge workers distributed geographically, there are extensive researches in ubiquitous computing environments. Especially, to cope with several known problems in traditional collaboration tools such as limited display resolution, uncomfortable shared documentation, difficult operation of collaboration environments, various approaches are attempted in the aspect of framework design. In this paper, we design a framework for collaboration environments covering hardware/software/networking architecture to flexibly coordinate a set of collaboration services and devices considering users' expectation and node capabilities. Based on the proposed framework, we develop the collaboration environment supporting the interactive networked tiled display enabling media/data sharing via networking, display interaction using pointing/tracking, and high-resolution tiled display. Finally the demonstration of the developed prototype is introduced to prove the possibility of its realization.

**Key words** : smart collaboration environments, collaboration framework, user interaction, networked tiled display, ubiquitous & community computing

† 학생회원 : 광주과학기술원 정보통신공학과  
 swhan@gist.ac.kr

ngkim@nm.gist.ac.kr

†† 비 회 원 : 광주과학기술원 정보통신공학과

khchoi@nm.gist.ac.kr

sjko@nm.gist.ac.kr

chbae@nm.gist.ac.kr

††† 중신회원 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수

jongwon@gist.ac.kr

논문접수 : 2007년 9월 6일

심사완료 : 2007년 12월 7일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제1호(2008.2)

## 1. 서론

고성능 유무선 네트워크 인프라의 보급과 정보기기의 소형화 및 처리능력 향상에 따른 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 저변 확대에 따라, 지능 공간에서의 다양한 응용 서비스에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 협업 분야 측면에서는, 원격지에 존재하는 지식 노동자들이 공간의 제약을 받지 않으면서 원활한 공동 작업을 할 수 있는 환경에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 본 논문에서는 현지, 원격 여부에 무관하게 다중 지점의 다수 참가자들이 동일한 공간에서 협력하는 것과 같은 자연스러운 상호작용을 네트워크로 공유되는 대형 디스플레이 장치를 중심으로 진행하면서, 이를 활용하여 공동 작업을 효과적으로 수행할 수 있는 지능형 협업 공간에 대해 우선적으로 정의하고자 한다. 그림 1에서 기술된 바와 같이, 협업에 참여하는 사람들 간에 미디어, 데이터, 응용 프로그램들을 네트워크로 공유하며, 고품질 음성, 영상과 3차원 그래픽, 도표를 상호작용 가능한 대형 디스플레이 상에서 관찰함으로써 효과적인 공동 작업을 할 수 있다. 이러한 협업 환경 구축을 위해, 각 협업 노드는 멀티미디어 및 상호작용 장치, 대형 디스플레이 장치, 1Gbps 이상의 고성능 LAN에 연결된 PC 또는 워크스테이션들로 구성되며, 협업 노드들은 다시 10Gbps 이상의 WAN에 연결된다.

정의된 지능형 협업 공간을 효과적으로 구축하기 위해서는 협업 공간에 주어진 각종 장치 및 네트워크 상태에 적응적으로 기능별 서비스 요소들을 통합하여 협업 환경에서 요구하는 다양한 협업기능들을 만족하도록 유연성 있게 조정할 수 있는 하드웨어/소프트웨어/네트워크에 걸친 지능형 협업 환경 프레임워크가 설계되어야 한다. 사용자가 자신의 지식/의도를 반영하여 조정하도록 도와주는 지능형 시스템의 구조를 설계하는 것이 일차적으로 요구된다. 이와 같은 과제해결을 위하여, 제안하는 프레임워크는 아래와 같은 접근 방법을 고려한다.

- 유연성을 위한 요소화된 서비스: 협업의 목적과 주어진 협업 노드의 능력에 따라 다수의 요소 서비스들을 선택적으로 이용할 수 있는 유연성을 제공해야 한다. 예를 들면, 어떤 노드들은 한 대의 랩탑 PC로 구성되는 반면, 다른 것들은 고성능 워크스테이션과 각종 협업 장치들의 집합으로 구성될 수 있다. 그러므로 성능을 고려하여 노드들 구성하기 위해서는 협업 서비스들이 기능적인 측면에서 요소화한 후, 사용자에게 선택적으로 활용될 필요가 있다. 또한 선택된 서비스들을 적절히 결합하여 사용자가 원하는 복합적인 협업 서비스를 만들 수 있어야 한다[2].
- 상황정보(context) 공유를 이용하는 사용자 중심적인

협업: 상황정보 공유를 이용하는 사용자 중심적인 협업이 이루어져야 한다. 사용자 편의성을 위하여, 노드들은 참여자의 의도에 맞도록 자연스러운 협업 상황정보를 공유해야 한다. 각 노드들은 장치와 서비스들의 서로 다른 집합을 활용하여 설정될 수 있기 때문에, 협업 상황정보를 자연스럽게 공유하는데 장애를 가져올 수 있다. 예를 들면, 우리는 참여 사용자들의 서로 다른 목적을 알아낼 필요가 있다. 어떤 노드의 사용자들은 수동적으로 정보를 수신하기 위한 목적으로 협업 세션(session)에 참가하는 반면, 발표를 하는 목적으로 협업 세션에 적극적으로 참가할 수 있다. 이러한 이유로 인하여, 협업 세션과 관련된 모든 상황정보를 명확하게 이해하는 것이 필요하고, 주어진 노드에 해석된 협업 상황정보를 적용하는 것이 필요하다[3].

따라서 본 논문에서는 기술한 요구사항을 반영하는 지능형 협업 공간을 위한 프레임워크를 설계하고, 설계된 프레임워크에 따라 네트워킹/미디어/디스플레이/상호작용 등의 기능별로 요소 서비스들을 정의하며 (세부적으로는 원격협업 노드간의 효과적인 상호작용을 지원하는 음성/영상 공유, 데이터/태스크의 시각 정보 공유, 협업 노드 내 및 노드간의 효율적인 네트워킹 지원, 다양한 형식의 미디어를 동시에 보여주는 초고해상도 네트워크 디스플레이 제공, 다중 사용자를 지원하는 포인팅/트래킹 기반의 디스플레이 상호작용 통합), 이들을 격자형 디스플레이(tiled display)를 중심으로 구성된 협업 노드에 통합하여 적용하는 방안을 제시한다.

또한 지능형 협업 환경의 구축을 위해 격자형 디스플레이[4]를 중심으로 초고해상도 동시입력 지원 네트워크 디스플레이와 포인팅/트래킹 등을 활용하여 디스플레이 장치와 자연스럽게 상호작용하는 기술을 결합하여, 이를 스마트 협업 환경 노드들에 각각 적용한 후에 다자간 노드들에 산재한 다중 사용자들이 자연스럽게 협업을 하는 각종 시나리오 모델에 연계하여 개발된 협업 환경 시스템의 효용성을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 제안된 요구사항을 충족시키는 지능형 협업 환경 프레임워크를 설계한 후, 소프트웨어 구조를 중심으로 주요 구성요소 및 연관 관계를 기술한다. 3절에서는 설계된 프레임워크에 기초하여 상호작용 가능한 네트워크 디스플레이의 구현 방안 및 전체적인 개발 결과에 대해 논의하고, 시연을 통해 제안된 프레임워크의 적용 가능성을 보인다. 4절에서 관련 연구에 대해 소개한 후, 5절에서 본 논문을 맺는다.

## 2. 지능형 협업 환경 프레임워크

이 절에서는 지능형 협업 공간(SMeet: smart mee-

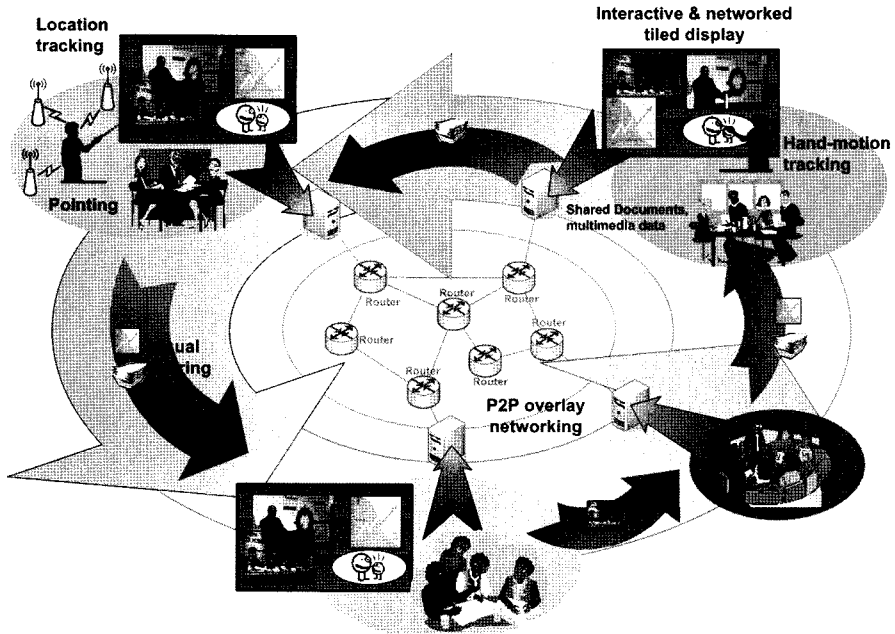


그림 1 지능형 협업 공간 개념도

ting space)을 실현하기 위한 지능형 협업 환경 프레임워크를 제안한다. 이 단계에서 제안하는 구조는 서론에서 설명한 요구사항을 부분적으로 만족하는데 목표를 둔다. 특히 상황정보 공유를 이용한 사용자 중심적인 협업 요구사항을 고려한 구조 설계는 더욱 세밀하게 다듬어질 필요가 있다.

## 2.1 구조적 개요

본 절을 시작하기에 앞서, 언급되는 주요 용어들을 다음과 같이 정의한다. *SMeet Framework*는 *SMeet*를 실현하기 위한 요소 기술 구성 및 연결관계를 체계화시킨 구조로써 하드웨어/소프트웨어/네트워킹 구조로 구성된다. *SMeet System*은 *SMeet Framework*를 기반으로 실제 환경에 맞게 조직된 하드웨어/소프트웨어/네트워킹 구성 요소들의 집합이다. *SMeet Node*는 *SMeet System*을 적용한 회의실과 같이 지능형 협업이 가능한 물리적 공간이다. 마지막으로 *SMeet Service*는 *SMeet Node*에서 이용 가능한 고유의 협업 요소 기능을 가진 단위 응용프로그램이다.

*SMeet Framework*의 하드웨어 구조는 *SMeet Node*에서 이용 가능한 미디어/네트워킹/상호작용/디스플레이 장치들로 구성된다. 이러한 장치들은 상호간에 네트워킹을 할 수 있으며, 소프트웨어 구조에서 정의된 *SMeet Services*와 연결되어 사용자를 위한 협업 장치로 활용된다. 즉, 장치는 다양한 *SMeet Services*를 수용하기 위한 준비된 자원(resource)의 개념에서 특정 *SMeet*

*Service*를 제공하는 전용 장치로 선택된다. 이를 위해 하드웨어 구조에서는 각 장치들이 성능 측면에서 수용 가능한 *SMeet Services*를 결정하기 위한 협상 논리와 협상 결과에 따라 선택된 *SMeet Service*와 장치를 대응시키는 기능을 포함해야 한다.

*SMeet Framework*의 소프트웨어 구조는 *SMeet Node* 전체를 총괄하여 통제하는 *SMeet Mediator*, 네트워킹 구조를 전담하는 *ACE(advanced collaboration environment) Connector*, 그리고 미디어/네트워킹/상호작용/디스플레이 부문을 담당하는 *SMeet Services*로 구성된다. *SMeet Mediator*는 사용자에 의해 선택된 협업 서비스 시나리오를 고려하여, 적절한 *SMeet Service*들을 선택하고 상호 연결하여 사용자가 원하는 협업이 진행되도록 *SMeet Node*를 통제하는 역할을 맡는다. *SMeet Services*의 상호 연결 방식을 도입하기 위해서는, *SMeet Service(s)*가 *SMeet Mediator* 및 다른 *SMeet Service(s)*와 통신하기 위한 수단을 갖춰야 한다. 소프트웨어 구조에서 제공하는 *SMeet Service API*(즉, *SMeet Service*의 발견, 합성, 설정 기능을 프로그래머가 손쉽게 구현할 수 있도록 형식화된 라이브러리)를 이용하면 이러한 통신 기능을 제공할 수 있다. *ACE Connector*는 *SMeet Services* 간에 네트워크 성능을 실시간으로 감시하여, 협업 서비스를 제공하기 위한 네트워크 연결성 문제 및 품질 문제를 지속적으로 파악하고 이를 해결하기 위한 소프트웨어이다[5]. *ACE Connector*는

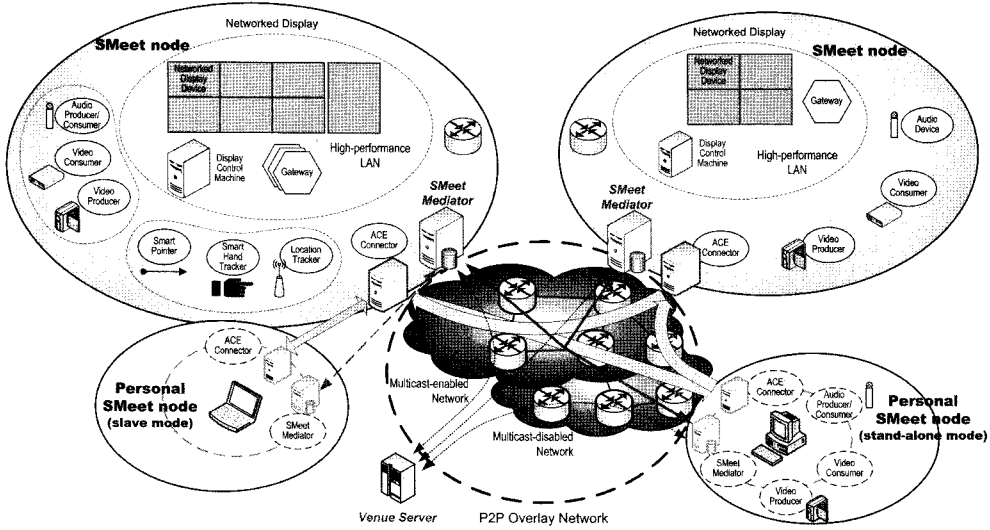


그림 2 SMeet Node 간 연결 구조

SMeet Node 내의 장치 및 SMeet Services들이 P2P 오버레이 네트워크 구조를 갖추도록 하며, 이러한 네트워크 구조가 최소한의 품질을 유지할 수 있도록 도와준다. SMeet Mediator는 서비스 합성의 과정에서 발생하는 모든 네트워크 문제는 ACE Connector에게 위임하게 된다. 일례로, 하나의 SMeet Node에서 제공하는 미디어 서비스를 다수의 SMeet Nodes의 디스플레이 서비스를 통해서 보고자 하는 상황을 가정해 보자. 이때 멀티캐스트 네트워크를 이용하여 서비스 간 통신을 하고자 할 경우, 멀티캐스트 연결성이 확보되어 있지 못하거나 혹은 멀티캐스팅 성능이 미약할 경우, SMeet Mediator는 ACE Connector가 제공해주는 응용 수준의 멀티캐스트 연결 방식을 이용하여 서비스 간 통신을 지속할 수 있다.

그림 3에서는 다수의 SMeet Nodes들이 네트워크 연결을 통해 협업 서비스를 주고받는 개념을 보여준다. SMeet Node는 구성 방식에 따라서 다음과 같이 세 가지로 분류된다.

- SMeet Node: SMeet Mediator, ACE Connector, 미디어/네트워킹/상호작용/디스플레이에 관계되는 모든 SMeet Services를 탑재한 장치들로 SMeet Node를 구성하는 일반적인 방식으로써, 다수의 참가자들이 함께 협업을 하는 회의실 등에 적용 가능한 Node이다.
- SMeet Personal Node(stand-alone mode): 한 대의 장치에서 SMeet Services를 부분적으로 운용하는 방식으로 흔히 개인용 랩톱(Laptop) PC로 구성되는 Node이다. 하지만 전문한 SMeet Node와 같이, 사용자는 외부의 SMeet Node의 다른 참여자들과 일반적

인 협업이 가능하다.

- SMeet Personal Node(slave mode): SMeet Personal Node(stand-alone mode)와 같이 한 대의 장치에서 SMeet Services를 부분적으로 운용하는 방식 면에서는 동일하다. 하지만, SMeet Personal Node(slave mode)는 일대일로 연결되어 있는 SMeet Node와의 통신만을 허용할 뿐, 외부 SMeet Nodes와는 협업이 불가능하다. 이러한 모드는 참여자가 소속된 SMeet Node에서 데이터 혹은 미디어를 자신의 Personal SMeet Node(slave mode)로 공유하기 위한 제한적인 용도로 활용이 가능하다.

## 2.2 소프트웨어 구조

그림 3에서 제안하는 소프트웨어 구조는 고유한 협업 요소 기능을 가진 각각의 SMeet Service를 요소화하며, 이를 요소 서비스(component service)라 부른다. 노드의 능력과 사용 방식에 따른 요소 서비스들의 집합을 선택하여 각 SMeet Node는 유연하게 구축될 수 있다. 또한 주어진 협업 세션의 목적에 맞게 서비스를 구성하기 위한 SMeet Mediator가 요소 서비스들을 통제한다. SMeet Mediator는 요소 서비스를 설정하고, 협업 목적에 맞는 요소 서비스들을 발견하여, 복합적인 기능을 가진 확장된 서비스로 합성한다. 이와 같은 요소 서비스의 설정/발견/합성 과정을 처리할 때, SMeet Mediator는 자동적인 동작을 위해 결정 엔진(decision engine)을 사용하거나 GUI를 통한 직접적인 사용자의 입력에 따라서 중재 기능을 수행한다. 궁극적으로 자동과 수동적으로 결정된 내용 간에 조화를 이루는 것이 이상적인 목표가 될 것이다. Meeting space states는 현재 협업 세

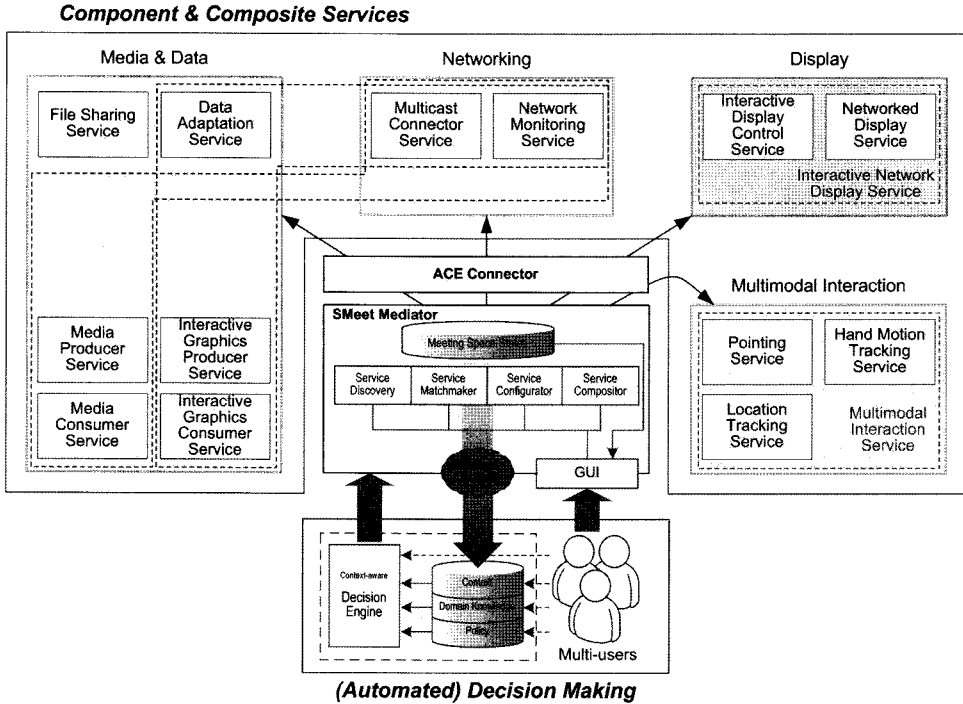


그림 3 SMeet 소프트웨어 구조

선에서 각 요소 서비스들로부터 수집되는 상황 정보로써, 현재 사용자의 의도를 판단하기 위한 자료로 활용된다. Meeting space states는 사용자 상황정보를 파악하기 위한 특정 기준에 따라, 필터링(filtering) 또는 분류되어 협업 상황정보(context)로 저장된다. 다시 말하면, 상황정보는 협업 목적 및 상황별로 상황정보들을 (과거 사례로부터) 축적하고 종합하여, 협업 모드별 주요 상황정보를 예측하는데 활용된다. 영역 지식(domain knowledge)은 각 협업 영역 또는 목적에 필요한 일반화된 협업 환경정보를 제공한다. 정책(policy)은 협업 목적 및 상황별로 SMeet Node를 구성하기 위한 지침이다. 상황 인지 결정엔진(context-aware decision engine)은 영역 지식으로부터 협업 모드에 대한 주요 정보를 획득하고, 상황정보로부터 현재 상황을 인지하여, 이에 대응하는 정책을 검색한 후 SMeet Mediator에게 SMeet Node를 구성하기 위한 지침을 제시한다.

각 요소 서비스는 SMeet Node의 구성을 보조하기 위한 기본적인 고유의 기능을 갖는다. 지능형 협업 공간에 가치를 부여하기 위한 특정 기능을 수행하기 위해, 요소 서비스는 장치와 소프트웨어 프로그램(예, 음성/영상 응용프로그램)과 같은 자원들에 접근할 수 있다 [6]. 이러한 접근방식에서 요소 서비스들은 그림 4와 같이 4가지 기능적 집합(미디어와 데이터, 네트워킹, 디스플레이,

상호작용)을 중심으로 개발된다. 요소 서비스들은 분산 컴포넌트 기술을 기반으로 개발된다. 그러므로 각 SMeet Node는 기본적으로 네트워크상에서 요소 서비스들의 모든 인스턴스(instance)들에게 접근하여 제어하는 것이 허용된다. SMeet Mediator는 복잡한 임무(task)를 수행하기 위한 새로운 서비스를 합성할 수 있다.

또한 각 요소 서비스들은 역할, 범주, 인터페이스로 구성된 서비스 능력(service capability)이라 불리는 요소 서비스 속성을 기술하기 위한 정보를 포함한다. 능력 속성은 주어진 요소 서비스에 대하여 서비스 기능의 제공/수용/조정하는 역할에 따라 생산자/소비자/조정자라는 역할을 부여한다. 범주 속성은 주어진 요소 서비스들의 기능적 범주를 나타낸다. 마지막으로 인터페이스 속성은 요소 서비스에 접근하기 위한 호출 방법을 정의한다. 서비스 능력의 예를 들면, media producer service는 영상을 제공하는 역할을 하므로 생산자 역할을 부여받으며, 범주는 미디어가 되며, 인터페이스는 미디어 형식, 전송 프로토콜, 멀티캐스트 주소, 선택적인 설정 요소와 같은 인자들을 설정하는 방식을 포함한다.

2.2.1 주요 요소 서비스

SMeet 소프트웨어 구조에서 제안하는 주요 요소 서비스들은 다음과 같이 정리하여 소개한다[7].

- Media {Producer, Consumer} Services: Media Producer

Service는 선택된 영상품질 요소들을 반영하여 설정된 영상 장치/프로그램을 실행하여 영상을 지정된 전송 프로토콜을 통해 Media Consumer Service에게 전달한다. 전달된 영상은 RGB 형태의 데이터로 복호화된 후, 즉시 재생 또는 Networked Display Service에게 전달된다.

- Interactive Graphics {Producer, Consumer} Services: 원격 SMeet Node의 데이터/애플리케이션을 공유하기 위해, 화면을 실시간으로 획득하여 이를 원격 사용자에게 전달하고, 키보드 및 마우스 등 입력장치의 제어권을 함께 전달하여 해당 데이터/애플리케이션을 실시간으로 공유하면서 조작할 수 있는 원격 인터페이스 기능을 제공한다.
- File Sharing Service: SMeet Nodes에서 보유한 데이터를 전체적으로 공유하기 위하여, 협업 세션의 다른 사용자들의 접근이 허용된 임의의 데이터 파일들을 저장할 수 있는 분산형 공유데이터 저장소를 제공한다. 공유데이터 저장소에서는 공유데이터 파일과 함께, 파일의 소유권에 관한 지식, 파일 접근 권한 및 통제 기능을 제공한다.
- Data Adaptation Service: SMeet Nodes의 성능을 고려하여 공유 데이터/애플리케이션의 화면을 전달을 위한 가공 기술을 제공한다. SMeet Node별로 노드의 네트워크/시스템 성능, 사용자의 선호도 등 고유한 특징을 파악한 후, 공유 데이터의 화면을 해당 노드에서 수용 가능하도록 가공(예, 트랜스코딩)한 후, 사용자에게 제공한다.
- Multicast Connector Service: 멀티캐스트를 부분적으로 지원하는 네트워크상에 존재하는 SMeet Nodes 간의 통신과정에서 응용 계층에서의 멀티캐스트 터널링(tunneling) 프로토콜, 멀티캐스트 루프 해결 기법 등을 활용하여, 별도의 미디어 전송 프로그램의 수정이나 복잡한 네트워크의 설정 없이 멀티캐스트 연결성을 제공한다.
- Network Monitoring Service: 멀티캐스트를 기반으로 통신하는 SMeet Nodes 사이에 탐침 패킷을 주기적으로 송수신하여 멀티캐스트 연결성 및 성능을 파악한 후, 측정된 결과를 수집하여 협업 세션에 참가중인 SMeet Nodes에 대한 멀티캐스트 연결성 및 네트워크 성능 정보를 종합적으로 제공한다.
- Interactive Display Control Service: GUI 또는 상호작용 서비스들을 통해서 전달받은 사용자의 디스플레이 상호작용 메시지를 수집한 후, 디스플레이 장치들을 조작(예, 영상의 시각/종료/이동/크기조절)하기 위한 멀티모달 상호작용 처리를 담당한다. 실제 디스플레이 조작을 위해서 Networked Display Service의

협조를 요청한다.

- Networked Display Service: RGB 형태의 데이터를 입력 받아 지정된 위치와 크기로 표현한다. 해상도/형태/위치가 다른 네트워크 디스플레이 장치가 하나의 디스플레이처럼 유기적으로 동작하기 위한 동기화 기법을 제공하고, 각 장치별 상태정보 관리하며, 데이터를 표현하기 위한 네트워크 디스플레이 장치들을 통합적으로 제어한다.
- Pointing Service: 레이저 포인팅 장치를 이용하여 디스플레이 상의 특정 위치를 가리키거나 제스처를 행하도록 지원한다. 레이저 포인팅 이미지를 컴퓨터 비전 기술(왜곡 현상 제거 및 포인터 위치 인식)을 이용하여 정확한 포인팅 좌표 계산하고, 실시간으로 추적된 포인팅 위치정보를 분석하여, 사용자에게 의도된 제스처를 인식한다.
- Hand Motion Tracking Service: 손동작 트래킹을 이용하여 3차원 CAD 모델의 제어 및 공유를 지원한다. 핸드 글로브(hand glove)를 이용하여 손의 관절 데이터를 실시간으로 수집하여, 손의 기구학적인 모습을 구성한다. 손동작을 해석하여 디스플레이 상에서의 현재의 위치 및 손의 상태를 추적하여 3차원 CAD 모델과 상호작용하도록 한다.
- Location Tracking Service: SMeet Node 내부에서의 특정 목표물에 대한 위치를 추적한다. 동적 사용자 상황정보 인식 및 분석을 위한 위치 센서 기반 사용자 위치 계산 기술을 활용하여, 위치추적이 요구되는 목표물에 대해 SMeet Node 내부에서의 3차원 위치 좌표를 추정한다.

## 2.2.2 요소 서비스의 정합, 합성, 설정을 위한 SMeet Mediator

SMeet Services가 (사용자들의 수동 동작이 아닌) 주어진 정책(policy)에 따라 동적인 상호 동작을 지원하기 위하여, SMeet Mediator는 복잡한 요구사항을 만족시킬 수 있는 합성 서비스(composite service) 제공을 위한 기본 구조를 제공한다. 기존의 방식에서는 상호간에 기능적 의존성을 가지고 있는 요소 서비스들 간의 실행 순서, 통신 방법 등을 숙련된 운영자에 의존하여 수동적으로 설정하였으나, SMeet Mediator를 이용하면 주어진 정책에 따라 요소 서비스들 간에 합성 및 설정이 가능하게 된다. 궁극적으로 상황정보와 도메인 지식에 따라 SMeet Node의 요소 서비스들이 자원의 제약, 사용자의 의도에 맞게 적절한 설정되도록 기능 개선을 하고자 한다. SMeet Mediator는 다음과 같은 역할을 수행한다. 1) 다양한 요소 서비스들 간에 정합(match-making) 관계를 찾아내어, 2) 정합 가능한 서비스들을 합성하여 확장된 기능의 협업 서비스를 제공하며, 3) 자

원의 제약 및 사용자 기호를 고려하여 합성 서비스의 구성 요소들을 적절히 설정한다. 이런 방식으로 만들어진 합성 서비스는 SMeet Node에 의해서 하나의 SMeet Service로 인식될 수 있으며, 동시에 연관된 요소 서비스들을 이용하기 위한 단일 접속 창구의 역할을 담당한다. 서비스 합성 절차는 다음과 같다[8].

- 1) 합성 서비스의 표현: 합성 서비스의 기술을 위해서, 요소 서비스들의 조합은 그림 4와 같이 정책에 의해 표현된 (요소 서비스를 노드로, 요소 서비스 간의 연결을 링크로 표현하는) 기능적 의존성 그래프 (functional dependency graph)에 의해서 표현된다.
- 2) 요소 서비스들 간의 정합: 규칙 기반의 합성 서비스 기술 정보를 바탕으로, SMeet Node에서 이용 가능한 요소 서비스들 간의 정합 관계를 결정한다. 이때, SMeet Mediator의 Service Matchmaker는 각 요소 서비스의 능력을 바탕으로 의미론적 적합성과 인터페이스의 일치성을 고려하여 합성 가능 여부를 판단한다.
- 3) 요소 서비스들 간의 합성: 서비스 정합에 의해 검증된 요소 서비스들 간에 인터페이스 바인딩과 같은 실제적인 서비스 합성작업을 진행한다. 서비스 합성은 동일 SMeet Node에 속한 요소 서비스들 간에 이루어지며, 합성된 서비스는 하나의 독립된 서비스로 형성되어 SMeet Node에 이용 가능한 서비스로 등록된다. Service Compositor는 이러한 역할을 수행하며, 합성 서비스가 정상적으로 동작하고 있는지, 합성 서비스를 구성하는 요소 서비스들의 성능 상의 문제는 없는지를 지속적으로 감시한다.

### 3. 구현 및 결과

본 절에서는 제안한 SMeet Framework의 구현 결과를 소개하고자 한다. 설계된 SMeet Framework의 초기 버전이 구현된 상태이며, 특히 SMeet Mediator를 포함한 프레임워크의 설계는 지속적으로 보완되고 있다. 현재 버전에서는 상호작용 가능한 격자형 네트워크 디스플레이를 제안된 프레임워크에 따라 일부 구현하였으며, 구현된 디스플레이를 중심으로 다자간 협업이 가능한 SMeet Node를 구축하였다. SMeet Node의 활용 가능성을 검증하기 위해서 광주과학기술원과 서울 KT 미래 기술연구소 간에 원격협업을 시연하였다.

#### 3.1 상호작용 가능한 격자형 네트워크 디스플레이 구현

상호작용 가능한 격자형 네트워크 디스플레이(inter-active networked tiled display)는 지능형 협업 공간에서 고화질 DV(digital video), HDV(high-definition DV), 그래픽, 고해상도 이미지 등 다양한 시각 데이터를 참여자들 간에 공유할 수 있도록 송수신 및 표현을 제공하는 디스플레이 서비스이다. 특히 고해상도 디스플레이의 구현을 위하여, 디스플레이 장치들을 격자 형태로 배치하여 초고해상도를 지원할 수 있는 격자형 디스플레이[9]를 기반으로, 다수의 디스플레이 장치들 간의 동기화 기법, 다중채널 동시입력 처리 기법을 개발한다. 또한 격자형 네트워크 디스플레이 상에 가시화 되는 다양한 영상 애플리케이션들(예, HDV, DV 등의 고해상도 영상과 그래픽 데이터 등)들을 사용자가 직관적인 방법에 의해서 조작할 수 있도록 GUI를 이용하거나 다양한 상호작용 장치(예, 포인터, 핸드 글로브, RFID tag 등)를 이용하여 자연스럽게 제어하는 기법을 제공한다.

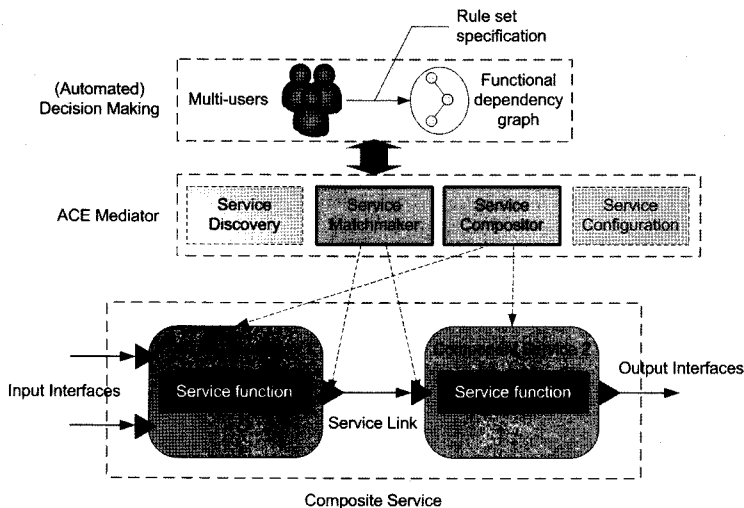


그림 4 서비스 합성 구조

그림 5에서는 상호작용 가능한 격자형 네트워크 디스플레이의 구조를 명시하고 있으며, 절차적인 동작 방법 등은 다음과 같다.

- 영상 애플리케이션(application)의 실행 절차: 사용자는 Display GUI 상에서 원하는 미디어/그래픽 애플리케이션을 실행하기 위하여, 이용 가능한 Media Consumer Service들 또는 Interactive Graphics Consumer Service들을 통해 선택한 스트림을 수신하도록 한다. 이때, ACE Connector의 게이트웨이(gateway)에 의해서 해당 스트림을 재생할 대상 네트워크 디스플레이 장치(networked display devices)의 시스템/네트워크 성능에 맞게 스트림이 변환된다. 게이트웨이를 거친 후, 변환된 스트림은 Networked Display Service의 지시를 받아서 해당 네트워크 디스플레이 장치들에 표현된다.
- 상호작용 서비스를 통한 영상 애플리케이션의 제어: Interactive Display Control Service는 상호작용 서비스들에서 입수한 사용자 상호작용 정보뿐만 아니라 인터넷을 통해서 외부 SMeet Node(s)의 Interactive display control service들의 상호작용 정보도 함께 전달받는다. 이때 상호작용 서비스의 종류에 따른 별도로 준비된 서비스 프로토콜로 대응하며, 수집된 상호작용 데이터들을 사전에 설정된 정책에 따라 멀티

모달(multimodal) 상호작용 정보로 통합한 후, 최종적으로 Networked Display Service의 조작용을 위한 결정을 내린다. 이때 Display GUI와 Interactive Display Control Service 간에 최신의 영상 응용 상태 정보(visual object states)를 항상 공유하며, 실행중인 영상 애플리케이션의 주요 정보와 같은 협업 상황정보로 활용 가능한 정보(즉, 필터링된 영상 응용의 상태 정보)들은 Meeting space context에 저장한다.

- 격자형 네트워크 디스플레이의 동작: Networked Display Service는 격자형 네트워크 디스플레이를 전달된 최신의 영상 애플리케이션 상태 정보에 맞게 유지 및 제어하는 서비스이다. 전송한 바와 같이 ACE Connector의 협조를 받아서 재생해야 할 스트림들을 전달받아, 선택된 Networked Display Device들이 이를 재생하도록 메시지를 전달한다. 추가적으로 Networked Display Device들 간에 미디어/그래픽의 재생 시간 동기화 기능을 제공한다.

### 3.2 시연 결과

개발된 시스템의 시연은 그림 6과 같이 광대역 연구망(KOREN, KREONET)으로 연결된 광주과학기술원과 KT 미래기술연구소 간에 SMeet System을 이용하여 양측 연구원들이 상호작용하고 회의 자료를 초고속도 네트워크 디스플레이를 통해 공유하면서 기술 토론회를

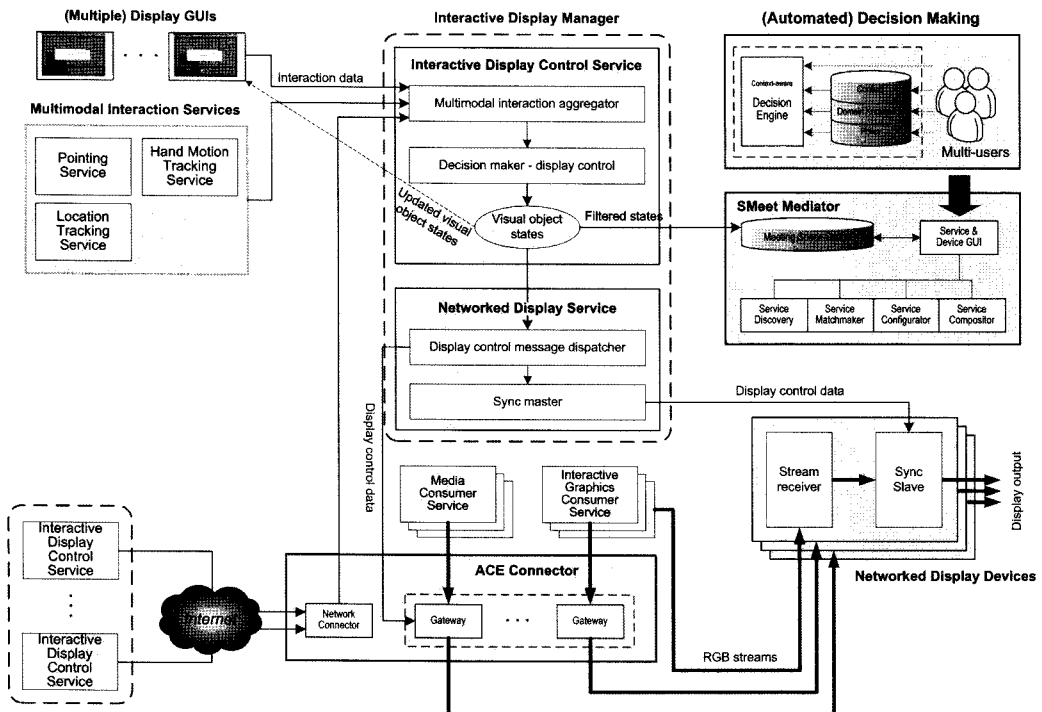


그림 5 상호작용 가능한 격자형 네트워크 디스플레이 구조도



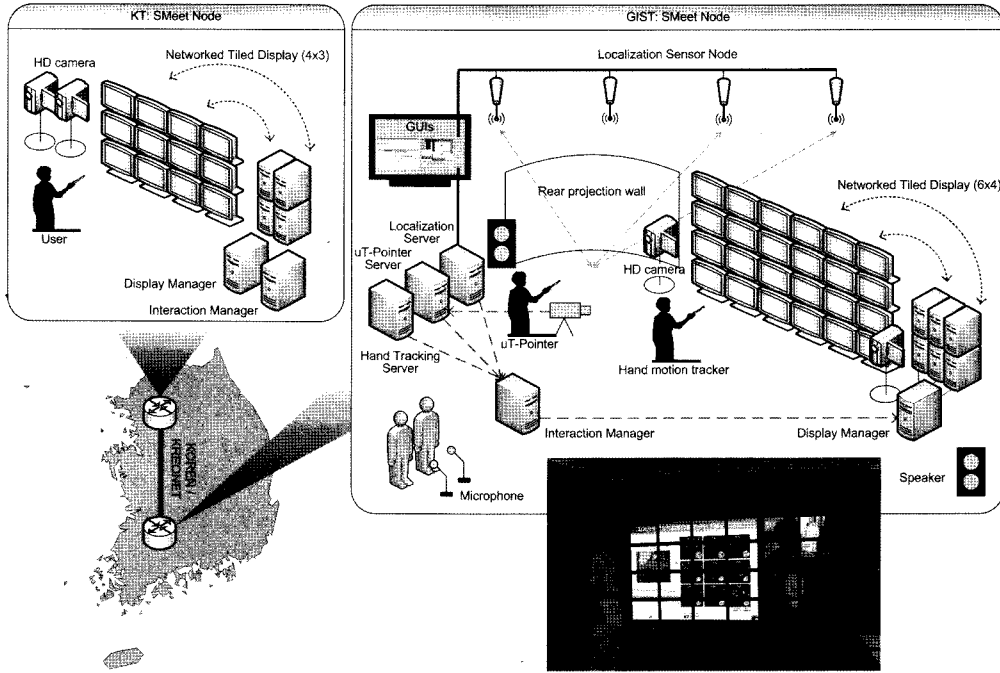


그림 6 SMeet 시스템의 테스트베드

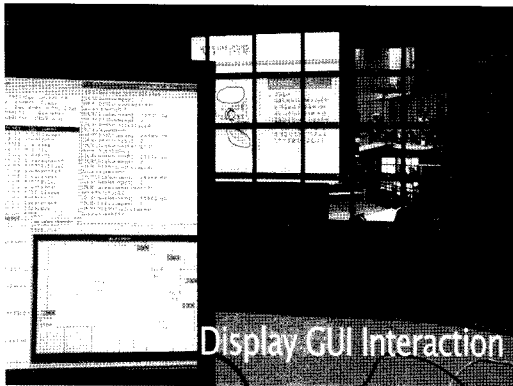
진행하는 형식으로 이루어졌다. 본 시연에서 소개된 내용은 HD 급의 고품질 영상 회의의 기술과 연계한 초고해상도 네트워크 디스플레이 시스템, 위치 인식이 가능한 포인터 및 손 동작 추적장치를 이용한 디스플레이 상호작용 기술, 네트워킹 기반의 화면 공유를 통한 데이터 및 작업 공유 기술 등을 선보였다. 실제로 광주광역시 24(=6×4)개의 20인치 디스플레이를 연결한 9600×4800 초고해상도의 격자형 네트워크 디스플레이와 KT 측의 12(=4×3)개의 6400×3600 해상도의 격자형 네트워크 디스플레이를 중심으로 고품질 영상/음성/작업화면 등을 공유하면서 양측 참여자들 간에 토론하는 모습을 보여주었으며, 스마트 장갑을 이용하여 3차원 그래픽 영상물을 자유롭게 조작할 수 있는 손동작 상호작용 기술, 스마트 포인터를 이용하여 격자형 네트워크 디스플레이 상에서 임의 위치를 편리하게 지시하면서 디스플레이를 자연스럽게 조작하는 포인터 상호작용 기술, 미팅 공간 내의 특정 사람(또는 포인터)의 위치를 3차원으로 인식하여 실시간으로 제시하는 기술 등을 차례로 소개하였다.

그림 7은 본 시연을 통해 공개된 SMeet 시스템의 주요 결과 화면을 보여준다. 그림 7(a)는 격자형 네트워크 디스플레이 장치와 이를 제어하기 위한 GUI를 보여주고 있다. 다수의 디스플레이 장치들을 네트워크를 통해 연결하여, 초고해상도를 지원하는 하나의 디스플레이처

럼 동작한다. 이때 디스플레이 장치들 간에 미디어 재생을 동기화하여 자연스러운 시각 자료 표현을 지원한다. 네트워크 디스플레이에서는 응용프로그램의 화면(예, 발표자료 문서의 화면 등), 3차원 그래픽 모델, 실시간 동영상 등 다양한 콘텐츠를 표현할 수 있으며, 이러한 콘텐츠는 GUI를 통해서 크기 조절, 이동은 비롯한 다양한 조작이 가능하다. 그림 7(b)는 위치 인식 가능한 uT-Pointer에 의해 격자형 네트워크 디스플레이와 상호작용하는 장면을 보여준다. 포인터에 의해 격자형 네트워크 디스플레이로 발사된 레이저를 적외선 필터를 장착한 카메라가 감지하는 방식을 통해, 다수의 사용자가 디스플레이 상에서 콘텐츠를 크기 조절, 이동 등 다양한 조작을 할 수 있도록 하였다. 그림 7(c)는 위치 인식 가능한 uT-Pointer에 장착된 초음파 센서 및 RF 장치가 천장에 격자 형태로 설치된 무선 비콘(beacon)과 상호 교신하여 uT-Pointer를 들고 있는 사용자의 위치를 GUI 상에서 보여주는 장면이다. 그림 7(d)는 장갑 기반 손동작 인식 장치로써 굽힘 센서를 이용한 손가락의 굽힘 각도를 측정하여 디스플레이 상에 표현된 가상 물체를 2인 이상의 사용자가 동시에 조작할 수 있는 상호작용 서비스를 제공한다.

4. 관련 연구

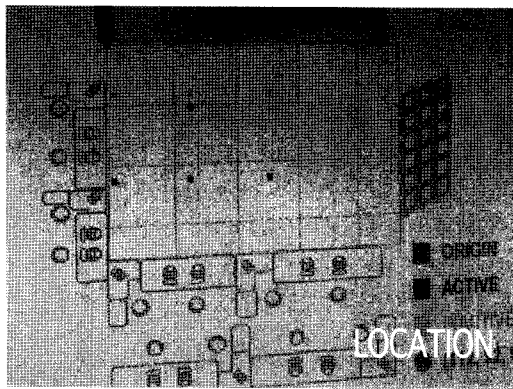
고품질 멀티미디어 서비스 중심의 원격협업 기술들은



(a) 격자형 네트워크 디스플레이 및 GUI



(b) 포인팅 장치에 의한 디스플레이 포인팅



(c) 사용자 위치 추적 화면



(d) 손 동작 인지 장갑에 의한 핸드 트래킹

그림 7 SMeet 시스템의 구현 결과 및 시연 장면

넷미팅, Skype와 같은 개인대 개인 소프트웨어에서 부터, 향상된 품질의 영상 및 음성 서비스와 감성 전달을 위한 회의 공간 구성 방식을 채택한 IIP Halo, Cisco Telepresence 등의 그룹대 그룹간 원격회의의 시스템으로 구분될 수 있다. 이와 더불어 유비쿼터스 컴퓨팅 개념이 도입되면서, 원격협업 기술은 협업 공간과 유저가 상호 작용하면서 편안하고 실감적으로 공동작업할 수 있는 환경을 제공함으로써 사용자의 경험적 품질을 향상시키는 방향으로 발전하고 있다. 본 절에서는 협업 공간의 서비스들을 사용자가 협업 목적에 맞게 구조화하여 사용하기 위한 지능형 원격협업 프레임워크 기술들에 대한 관련연구를 소개하고자 한다.

지능형 원격협업 프레임워크는 사용자가 원하는 협업 방식에 따라 서비스들을 설정하고 공간내의 각종 협업 서비스들이 상호작용을 하는 구조이다. [10]에서는 데이터, 응용, 유저 인터페이스, 환경, 상호작용 모델을 결합하여 유비쿼터스 응용을 개발하기 위한 BEACH 프레임워크를 개발하였다. BEACH 프레임워크에 따라 개발된

RoomWare는 사무실과 같은 공간에 있는 벽면, 테이블 등 모든 사물들을 컴퓨터와 상호작용하기 위한 도구로 개발하여 사용자들이 공간과 상호작용하여 협업을 할 수 있도록 하였다. [11]에서는 지능형 협업 공간을 위한 자원관리 미들웨어인 Gaia를 제안하였다. Gaia는 액티브 스페이스(active space)로 명명된 지능형 협업 공간에 포함되는 각종 자원들(영상, 음성, 위치인식 기기 등)을 관리하며, 사용자가 이러한 자원들을 원하는 방식으로 조합하여 사용할 수 있도록 프로그래밍 가능한 지능형 협업 노드 구성 기술을 제공한다. [12]은 지능공간 상에서 협업 서비스를 모바일 유저의 상황에 맞추어 이 전시켜주는 프레임워크인 Aura를 제시하였다. Aura의 작업 관리자는 사용자가 제공받고 있는 서비스를 지속적으로 관리하다가 사용자의 위치가 변경되면, 변경된 장소에 분포되어 있는 서비스들의 능력을 고려하여 서비스를 이주함으로써, 사용자가 연속적인 서비스를 받을 수 있도록 한다.

위와 같은 프레임워크 관련 기존 연구들은 일반화된

요구사항에 맞게 프레임워크를 설계한 후, 해당 프레임워크에 따른 응용 서비스를 개발하는 하향식 방법론들은 자체적인 협업 공간 프레임워크의 개념 구현에 충실하였으나, 실제적인 응용을 개발하는데 큰 관심을 두지 않았다. 따라서 실제 프레임워크를 활용한 응용들은 설계 및 구현 측면에서 미약한 부분이 있다. 반면 제안된 SMeet 프레임워크에서는 주요 서비스(디스플레이, 상호작용 서비스 등)를 우선적으로 개발한 후, 각 서비스의 요구사항을 고려하여 전체적인 프레임워크를 설계하는 상향식 접근법을 통해 실제 원격협업을 위한 활용도 높은 결과물을 개발하는데 중점을 두었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 지능형 협업 공간을 실현하기 위한 전체적인 프레임워크 설계와 현재까지의 구현 결과를 제시하였다. 제안하는 SMeet Framework에서는 미디어와 데이터, 네트워킹, 디스플레이, 상호작용과 같은 협업 서비스들을 제공하였다. 제안된 소프트웨어 구조는 협업 환경을 구성할 때 컴퓨팅/네트워킹 성능의 제약과 협업의 용도를 고려하여 적절한 요소 서비스들을 선택할 수 있는 유연성을 부여하여, 다양한 환경에서 SMeet Node를 구축할 수 있도록 설계하였다. 또한 SMeet Mediator를 이용하여 협업 목적에 맞게, 각각 기본적으로 고유한 기능을 가진 요소 서비스들을 설정하고, 발견하고, 서비스들 간에 합성을 수행하여 더욱 복잡하고 새로운 기능을 가진 협업 서비스를 제공하기 위한 구조를 제시하였다. 또한 제안하는 구조를 부분적으로 실현하기 위하여 포인팅/손동작 트래킹 등 사용자 상호작용을 지원하는 격자형 네트워크 디스플레이를 개발하여, 고화질 음성/영상/데이터 등을 보다 효율적으로 공유하면서 원격 공동작업을 할 수 있는 지능형 협업 환경의 초기 버전을 구축하였다. 이를 통해서 협업 서비스 품질의 제공과 사용자 편의성을 동시에 만족시킬 수 있는 부분을 시연을 통해 확인하였다.

향후 연구로써, 소프트웨어 구조 개선 측면에서는 SMeet Node의 상황정보를 인지하여 수집하기 위한 Meeting space context의 구체적인 설계와 함께 이에 기초하여 미팅 공간내의 각종 장치와 서비스를 효과적으로 설정하는 원격협업 시스템의 구성방안을 제시하고자 한다. 또한 멀티모달 디스플레이 상호작용 측면에서는 다수의 상호작용 장비를 이용하여 동시에 디스플레이 제어를 할 수 있도록 각 서비스 관리 기법을 제안하고, 더불어 상호작용 데이터 혼합을 통해 상황인지형 디스플레이 운용 방법을 개발하여 사용자가 편리하고 직관적인 방식으로 협업 공간과 상호작용하도록 하고자 한다.

## 참고 문헌

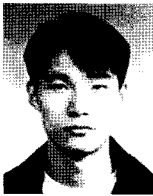
- [1] R. Stevens, M. E. Papka, and T. Disz, "Prototyping the workspaces of the future," *IEEE Internet Computing*, Vol.7, No.4, pp. 51-58, July-August 2003.
- [2] A. Helal, W. Mann, H. Elzabadani, J. King, Y. Kaddourah and E. Jansen, "Gator Tech Smart House: A Programmable Pervasive Space," *IEEE Computer magazine*, Vol.38, No.3, pp. 64-74, March 2005.
- [3] B. Corri, S. Marsh, and S. Noel, "Towards quality of experience in advanced collaborative environments," in Proc. of the 3rd Annual Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE), Seattle, USA, June 2003.
- [4] L. Renambot, A. Rao, R. Singh, B. Jeong, N. Krishnaprasad, V. Vishwanath, V. Chandrasekhar, N. Schwarz, A. Spale, C. Zhang, G. Goldman, J. Leigh, A. Johnson, "SAGE: the Scalable Adaptive Graphics Environment," in Proc. of the 4th Annual Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE), Nice, France, September 2004.
- [5] N. Kim and J. Kim, "UDP-tunneling based multicast connectivity solution for multi-party collaborative environments," in Proc. of SPIE, Vol.6015, October 2005.
- [6] S. Jones, "Toward an acceptable definition of service," *IEEE Software*, Vol.22, No.3, pp. 87-93, May-June 2005.
- [7] S. Han, N. Kim, K. Choi, and J. Kim, "Design of Multi-party Meeting System for Interactive Collaboration," in Proc. of IEEE Second International Conference on Communication System and Software and Middleware, Bangalore, India, January 2007.
- [8] K. Nahrstedt and W.-T. Balke, "A taxonomy for multimedia service composition," in Proc. of ACM Multimedia, pp. 88-95, October 2004.
- [9] J. Kim and J. Kim, "Decomposable decoding and display structure for scalable media visualization over advanced collaborative environments," in Proc. of SPIE, Vol.6015, Oct. 2005.
- [10] P. Tandler, "The BEACH application model and software framework for synchronous collaboration in ubiquitous computing environments," *Journal of Systems and Software*, Vol.69, No.3, pp. 267-296, Jan. 2004.
- [11] M. Román, C. K. Hess, R. Cerqueira, A. Ranganathan, R. H. Campbell, and K. Nahrstedt, "Gaia: A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces," *IEEE Pervasive Computing*, Vol.1, No.4, pp. 74-83, October-December 2002.
- [12] J. Sousa and D. Garlan "Aura: an Architectural Framework for User Mobility in Ubiquitous Computing Environments," in Proc of the 3rd Working

IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, pp. 29-43, Aug. 2002.



**한 상 우**  
2003년 중앙대학교 컴퓨터공학과 학사  
2005년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사. 2005년 3월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정. 관심분야는 Advanced collaborative system, QoE, service composition, and overlay P2P

networking.



**김 남 곤**  
2004년 전남대학교 정보통신공학부 학사 졸업. 2006년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사 졸업. 2006년 3월~현재 광주과학기술원 정보기전공학부 박사과정. 관심분야는 Collaborative environment, and overlay multicast



**최 기 호**  
2006년 전남대학교 전자공학과 학사. 2007년 3월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 Advanced collaborative environment supporting high-quality video transmission over IP networks, distributed computing and networking, and P2P networking

and networking, and P2P networking



**고 수 진**  
1996년 서울시립대학교 전산통계학과 학사. 1996년~2003년 삼성전자 정보통신본부 책임. 2006년 9월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 Advanced Collaborative system, multimodal interaction, context-aware

based service



**배 창 혁**  
2007년 한국기술교육대학교 정보통신공학과 학사. 2007년 9월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 Networked tiled display, Realtime media transmission, and Service discovery



**김 종 원**

1987년 서울대학교 제어계측공학과 학사  
1989년 서울대학교 제어계측공학과 석사  
1994년 서울대학교 제어계측공학과 박사  
1994년 3월~1999년 7월 공주대학교 전자공학과 조교수. 1997년 8월~2001년 7월 University of Southern California

연구 조교수. 1999년 12월~2000년 7월 Technology Consultant for VProtect Systems Inc. 2000년 7월~2001년 6월 Technology Consultant for Southern California Division of InterVideo Inc. 2001년 9월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수. 관심분야는 Networked Media Systems and Protocols focusing "Reliable and Flexible Delivery for Integrated Media over Wired/Wireless Networks," (네트워크미디어: <http://netmedia.gist.ac.kr>)