
다자간 협업을 위한 컴포넌트 서비스 기반 소프트웨어 구조 설계

Design of Software Architecture based on Componentized Services for Multi-party Collaboration

한상우, Sangwoo Han*, 김남곤, Namgon Kim*, 최기호, Kiho Choi*, 고수진, Sujin Ko*,
이현룡, Hyunyong Lee*, 김종원, JongWon Kim*
*광주과학기술원 정보기전공학부 네트워크미디어연구실

요약 고성능 연구개발망이 보급되면서, 각 지역에 분산되어 있는 전문가들 간의 원격 공동작업을 지원해주는 원격 협업환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 고해상도 디스플레이를 이용한 원격 협업환경은 참여자들에게 현장감있는 공동작업을 지원하며, 실제로 다자간 HD급 영상회의 혹은 대용량 가시화 데이터 표현 등에 활발히 사용되고 있다. 또한 협업환경에 대한 편리한 상호작용 지원기술도 사용자의 편의성 향상을 위한 주요 요소로써 비중있게 다루어지고 있다. 본 논문에서는 고품질 미디어 서비스와 사용자 편의성을 고려한 인터랙션 기법을 결합한 네트워크 기반의 원격 협업환경을 실현하기 위한 통합 소프트웨어 구조를 제안한다. 구체적으로 설명하면, 고품질 영상을 송수신할 수 있는 미디어 기술, 고해상도 격자형 디스플레이에 영상을 표현하기 위한 디스플레이 기능, 포인팅/트래킹 장비를 이용하여 디스플레이 상호작용을 지원하는 컴포넌트화된 협업 서비스들을 사용자의 의도에 따라 유연하게 통합할 수 있는 원격 협업환경을 위한 소프트웨어 구조를 설계한다. 추가적으로 상기 협업 서비스들을 일부 구현하여 실현가능성을 검증하기 위한 시연 과정을 소개한다.

핵심어: *Smart meeting space, software architecture, interactive display, tiled display, and Access Grid*

1. 서론

고성능 네트워크와 개선된 멀티미디어 기술이 도래함에 따라, 전통적인 영상회의의 개념은 점차 ACE (advanced collaboration environments)로 확장되고 있다. ACE는 적합한 사람들 간에 적절한 데이터를 적절한 시간에 공유하면서, 공통의 작업을 수행하고, 문제를 풀며, 공통 관심사에 대한 것을 토론할 수 있는 원격 협업환경을 의미한다. 현재, ACE를 지향하는 초기 시제품들이 연구소와 대기업 등을 중심으로 다자간 미팅/세미나/강의 그리고 원격 공동작업/훈련 등에 활용되고 있다.

그러나 ACE를 실현하는데 여러 가지 제약사항들이 존재한다. 효과적인 협업을 위해서는 사용자들은 스트리밍 오디오/비디오, 그래픽스 데이터, 어플리케이션, 문서들과 같은 다양한 데이터 종류를 상호작용 방식에 의하여 공유하기를 원한다. 또한 공통적으로 사용하는 대형 디스플레이뿐만 아니라 개인 디스플레이 상에서 상기 데이터를 보기를 원한다. 멀티캐스트 (또는 P2P 오버레이) 네트워킹은 원격 사용자들의 실시간 미디어 스트림을 분배하기 위해 고려되어야 한다. 마지막으로 사용자 인터랙션 방식은 이러한 협업환경을 직관

적이고 쉽게 사용하기 위해 필요하다.

이러한 과제들을 해결하기 위해서, 기존 연구에서는 네트워크 적응형 고화질 미디어 서비스 [8], 멀티캐스트 연결성 기술 [11], 고해상도 격자형 디스플레이 기술 [12] 등 요소 기술 개발을 진행하였다. 또한 상기 요소기술들에 더하여 사용자 친화적인 인터랙션 기법을 포함하는 컴포넌트화된 협업 서비스를 위한 기본적인 구조 설계 기술을 다루었다 [13]. 본 논문에서는 협업 서비스들을 통합하기 위한 중재 기능을 추가적으로 제공하여, 기존의 컴포넌트화된 소프트웨어 구조를 개선하고자 한다. 이를 통해 공동작업 시 경험의 품질 (quality of experience)을 향상시키기 위한 고화질 미디어/네트워킹/디스플레이 서비스와 사용자 친화적인 인터랙션 서비스를 사용자 의도와 협업의 목적에 맞게 효과적으로 통합하여 다자간 미팅 공간의 품질 및 사용 편의성을 개선하고자 한다.

2. 다자간 미팅 시스템 개요

이 절에서는 ACE를 위한 다자간 미팅 시스템을 향한 개

넘적인 비전을 보여주고, 이 비전을 실현하기 위한 주요 요구사항에 대해 간단히 논의한다.

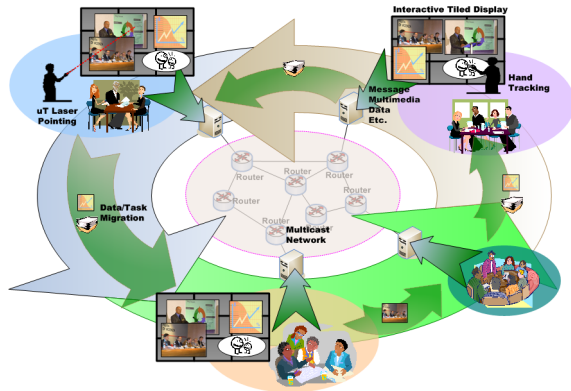


그림 1. 진보된 협업을 위한 다자간 미팅 시스템 개념.

그림 1은 ACE를 위한 다자간 미팅 시스템의 개념을 묘사하고 있으며, 미디어, 데이터, 응용들이 협업 세션에 참가하는 참가자들 간에 네트워크를 통한 공유 장면이 나타나 있다. 사용자는 HD 오디오/비디오와 3차원 그래픽/차트를 상호작용 가능한 격자형 디스플레이 상에서 공유하고, 문서와 작업내용을 공유함으로써 공동의 목표를 달성하기 위해 원격 사용자와 효과적으로 협업할 수 있다. 각 ACE 노드(단일 미팅 공간)는 복수의 오디오/비디오/인터랙션 장치들과 LCD/프로젝터/격자형 디스플레이 장치 및 다수의 컴퓨터들로 구성되어 있다. 각 ACE 노드의 모든 컴퓨터들은 1~10Gbps 급 고성능 LAN에 연결되어 있으며, ACE 노드들은 다시 10Gbps급 WAN에 연결되어 있다. 우리는 다음 기능들을 특별하게 고려한다.

- 미디어/네트워킹 지원: 오디오와 비디오 서비스들은 실시간으로 오디오/비디오를 획득한 후, 미디어 스트림의 형태로 다른 ACE 노드들에게 전달한다. 특히, 멀티캐스트를 통해 모든 원격 참가자들에게 고품질 영상을 지원하는 것은 확대된 사용자 모습과 전체적인 배경을 보여주는 것을 가능하게 한다.
- 고해상도 디스플레이 지원: 디스플레이 서비스는 H.261, DV(digital video), HDV(high-definition DV)와 같은 다양한 영상 포맷을 수신하고, 이들을 프로젝터, LCD 모니터, 격자형 디스플레이 등의 디스플레이 장치에 표현한다. 특히 격자형 디스플레이를 위한 네트워크 디스플레이 능력은 원격 ACE 노드들로부터 수신한 다수의 고해상도 영상 및 이미지를 지원할 수 있도록 한다.
- 디스플레이 상호작용 지원: 포인팅 서비스는 사용자들로 하여금 격자형 디스플레이 상에서 특정 위치를 지시하거나 영상/이미지를 이동할 수 있도록 한다. 위치 추적 서비스는 사용자 위치를 추적한다. 손동작 추적 서비스는

3차원 모델을 조작(격자형 디스플레이 상의 가상 객체를 조작하며, 이를 ACE 노드들 간에 공유하는 등)하기 위한 편리한 방법을 제공한다.

위와 같은 ACE를 위한 다자간 미팅 시스템 비전을 실현하기 위해서, 제안하는 시스템은 아래와 같은 요구사항을 고려해야 한다.

- 유연성을 위한 컴포넌트화된 서비스: ACE 노드를 구축하기 위해서, 우리는 이질적인 노드 성능(예를 들면, 모바일 노드, 회의실 노드, 대형 강당 노드)을 고려해야 한다. 예를 들면, 어떤 ACE 노드들은 랩탑 PC를 기반으로 구성되는 반면, 다른 것들은 강력한 컴퓨터와 기기들의 집합으로 구성된다. 그러므로 노드의 성능에 기반을 두고 유연하게 ACE 노드들 구성하기 위해서는 협업 서비스들이 컴포넌트화되고 기능적인 측면에서 분류될 필요가 있다. 이 컴포넌트 기반 접근방식은 우리에게 주어진 ACE 노드의 능력에 맞는 협업 서비스들을 선택할 수 있는 유연성을 제공한다.
- 콘텍스트(context) 공유를 이용하는 사용자 중심적인 협업: 사용자 편의성을 위하여, ACE 노드들은 참여자의 의도에 맞도록 자연스러운 협업 콘텍스트를 공유해야 한다. 각 ACE 노드들은 장치와 서비스들의 서로 다른 집합을 활용하여 설정될 수 있기 때문에, 협업 콘텍스트를 자연스럽게 공유하는데 장애물을 가져올 수 있다. 예를 들면, 우리는 참여 사용자들의 서로 다른 목적을 알아낼 필요가 있다. 어떤 ACE 노드의 사용자들은 수동적으로 정보를 수신하기 위한 목적으로 협업 세션에 참가하는 반면, 발표를 하는 목적으로 협업 세션에 적극적으로 참가할 수도 있다. 이러한 이유로 인하여, 협업 세션과 관련된 모든 콘텍스트를 명확하게 이해하는 것이 필요하고, 주어진 ACE 노드에 해석된 협업 콘텍스트를 적용하는 것이 필요하다.
- 호환성을 고려한 AG의 확장: 다른 원격 참가자들과 다자간 통신을 쉽게 지원하기 위해서, 우리는 AG (Access Grid) 기반 다자간 협업 시스템을 확장하고자 한다. 선택된 서비스들의 집합을 AG와 통합함으로써, 우리는 ACE 노드가 AG 베뉴 서버(venue server)를 공유할 수 있는 설계를 할 수 있다. 참고로 베뉴 서버는 AG 노드별로 분산되어 있는 협업 정보들을 동기화하기 위한 중앙집중식 가상공간이다. 이를 위해서 서비스들과 AG 툴킷 간에 메세징 프로토콜이 서비스 상태 정보와 제어 메시지를 공유할 수 있도록 확장되어야 한다.

3. 컴포넌트 서비스를 위한 통합 소프트웨어 구조

이 절에서는 ACE를 위한 다자간 미팅 시스템을 실현하기

위한 시스템 구조를 제안한다. 이 단계에서 제안하는 구조는 2절에서 설명한 요구사항을 부분적으로 만족하는데 목표를 둔다. 특히 콘텍스트 공유를 이용한 사용자 중심적인 협업 요구사항을 고려한 구조 설계는 더욱 세밀하게 다듬어질 필요가 있다.

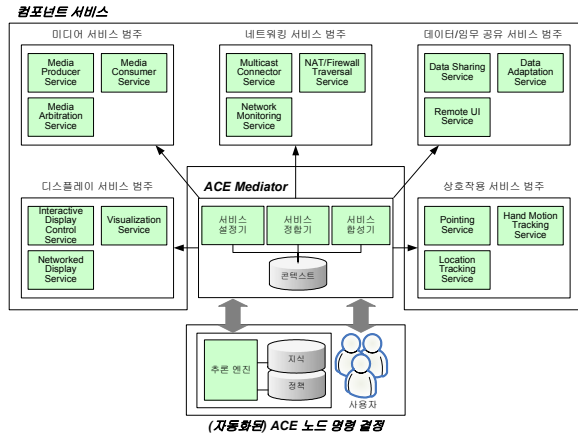


그림 2. 제안하는 소프트웨어 구조.

가. 구조적 개요

그림 2에서 제안하는 소프트웨어 구조는 고유한 협업 요소 기능을 가진 각각의 서비스를 컴포넌트화한다. 노드의 능력과 사용 방식에 따른 컴포넌트 서비스들의 집합을 선택하여 각 ACE 노드는 유연하게 구축될 수 있다. 또한 주어진 협업 세션의 목적에 맞게 서비스를 구성하기 위한 ACE mediator를 제안한다. ACE mediator는 컴포넌트 서비스를 설정하고, 협업 목적에 맞는 컴포넌트 서비스들을 발견하여, 복합적인 기능을 가진 확장된 서비스로 합성한다. 이와 같은 컴포넌트 서비스의 설정/발견/합성 과정을 처리할 때, ACE mediator는 자동적인 동작을 위해 추론 엔진을 사용하거나 GUI를 통한 직접적인 사용자의 입력에 따라서 중재 기능을 수행한다. 궁극적으로 자동과 수동적인 자문의 조화를 이루는 것이 이상적인 목표가 될 것이다. 콘텍스트는 현재 협업 세션에서 각 컴포넌트 서비스들로부터 수집되는 상황 정보로써, 현재 사용자의 의도를 판단하기 위한 자료로 활용된다. 지식은 협업 목적 및 상황별로 콘텍스트들을 (과거 사례로부터) 추적하고 종합하여, 일반화된 협업환경을 위한 정보로써, 협업 모드별 주요 상황 정보를 예측하는데 활용된다. 정책은 협업 목적 및 상황별로 ACE 노드를 구성하기 위한 지침이다. 추론 엔진은 지식으로부터 상황 정보를 추론하고, 이에 대응하는 정책을 획득하여 ACE mediator에게 ACE 노드를 구성하기 위한 지침을 제시한다.

나. 컴포넌트 서비스들과 서비스 범주

각 컴포넌트 서비스는 ACE 노드의 구성을 보조하기 위한 기본적인 고유한 기능을 갖는다. 진보된 협업에 가치를 부여하기 위한 특정 기능을 수행하기 위해, 컴포넌트 서비스는 장치와 소프트웨어 프로그램(예, 오디오/비디오 프로그램)과 같은 자원들에 접근할 수 있다. 이러한 접근방식에서 컴포넌트 서비스들은 그림 2와 같이 5가지 기능적 집합(미디어, 네트워킹, 디스플레이, 상호작용, 데이터/임무 공유)을 중심으로 개발된다. 컴포넌트 서비스들은 분산 컴포넌트 기술을 기반으로 개발된다. 그러므로 각 ACE 노드는 기본적으로 네트워킹상에서 컴포넌트 서비스들의 모든 인스턴스(instance)들에게 접근하여 제어하는 것이 허용된다. ACE mediator는 복잡한 임무(task)를 수행하기 위한 새로운 서비스를 합성할 수 있다.

또한 각 컴포넌트 서비스들은 역할, 범주, 인터페이스로 구성된 서비스 능력이라 불리는 컴포넌트 서비스 속성을 기술하기 위한 정보를 포함한다. 능력 속성은 주어진 컴포넌트 서비스에 대하여 서비스 기능의 제공/수용/조정하는 역할에 따라 생산자/소비자/조정자라는 역할을 부여한다. 범주 속성은 주어진 컴포넌트 서비스들의 기능적 범주를 나타낸다. 마지막으로 인터페이스 속성은 컴포넌트 서비스에 접근하기 위한 호출 방법을 정의한다. 서비스 능력의 예를 들면, video producer service는 영상을 제공하는 역할을 하므로 생산자 역할을 부여받으며, 범주는 미디어가 되며, 인터페이스는 비디오 형식, 전송 프로토콜, 멀티캐스트 주소, 선택적인 설정 요소와 같은 파라미터들을 설정하는 방식을 포함한다. 본 구조에서 제안하는 컴포넌트 서비스들은 아래와 같이 기능적 범주에 따라 설명된다.

1) 미디어 서비스 범주

- Media producer service: ACE 노드의 전경/배경 영상을 획득한 후, 다른 ACE 노드들에게 전달한다. 1)사용자에 의해 의도된 영상 코덱/크기/전송률을 비롯한 영상 품질 선택요소들을 반영하도록 다양한 영상 장치 및 어플리케이션을 설정/실행하여 영상을 획득하며 2)실시간으로 획득한 협업 공간의 전경/배경 영상을 (media arbitration service 또는 사용자 조작을 통해) 지정된 전송 프로토콜과 멀티캐스트 주소를 통해 (협업 세션에 참가한) ACE 노드들의 media consumer service에게 전달한다.
- Media consumer service: 다른 ACE 노드들로부터 협업 영상을 수신한 후 영상 표현한다. 1)(media arbitration service 또는 사용자 조작을 통해) 상호 합의된 전송프로토콜/멀티캐스트주소를 통해 media producer service들로부터 영상을 수신하고 2)영상 코덱/어플리케이션을 이용하여 복호화하여 RGB 형태의 데

이터로 변환하며 3)복호화된 영상은 로컬에서 재생되거나 네트워크 디스플레이 장치들에게 전달한다.

- Media arbitration service: 실시간 미디어 서비스의 협업에 관한 경험의 품질 향상을 위한 문제 해결을 담당한다. 1)media producer service에게 영상 전달용 멀티캐스트 주소 할당 후 이들의 속성 (영상 코덱/어플리케이션을 포함)을 다른 ACE 노드들의 media arbitration service에게 알리고 2)수신측 사용자가 원하는 media producer service들을 선택적으로 수신하여 media consumer service와의 연결을 통해 미디어를 전달받을 수 있도록 유도하며 3)media producer service와 media consumer service간에 서비스 능력차이로 인해 비정상적인 영상 전달이 이루어질 때, 서비스 간의 능력 차이를 파악한 후, 이를 극복하기 위한 적절한 대책(예, 트랜스코딩과 같은 부가 서비스 제공)을 제공하여 연속적인 미디어 전달을 제공하기 위한 역할을 수행하면서 4)가변적인 네트워크/시스템 성능에 대처하기 위해서 시스템/네트워킹 성능에 의존적인 중단간 미디어 품질 분석 결과에 따라, 적절한 적응형 전송 정책을 media producer service와 media consumer service에게 제시한다.

2) 네트워킹 서비스 범주

- Multicast connector service: 상호 간에 멀티캐스트 연결성을 갖지 않는 ACE 노드들 사이에 멀티캐스트 연결성을 제공한다. 멀티캐스트를 부분적으로 지원하는 네트워크상에 존재하는 (멀티캐스트 네트워킹에 기반을 둔) ACE 노드들 간의 통신과정에서 응용 계층에서의 멀티캐스트 터널링(tunneling) 프로토콜, 멀티캐스트 루프 해결 기법 등을 활용하여, 별도의 미디어 전송 프로그램의 수정이나 복잡한 네트워크의 설정 없이 투명하고 효율적인 멀티캐스트 연결성을 제공한다.
- NAT/firewall traversal service: NAT/방화벽의 영향을 받는 ACE 노드들 간에 멀티캐스트 연결성을 제공한다. NAT/방화벽 장비에 변화를 주거나, 관리자에 의한 NAT/방화벽 설정을 바꾸지 않고 사설 네트워크의 ACE 노드에게 투명한 멀티캐스트 연결성을 제공한다. 이를 위해 NAT/방화벽 장비를 통과 시 내부 네트워크에서 외부 네트워크로의 연결 요청이 선행되어야 한다는 점을 이용한다. 네트워크 연결 설정 시에 내부 네트워크에서 외부에 연결요청을 선행하고, 이때 설정된 정보를 통해 외부에서 다시 내부로 연결요청을 하여 양방향 멀티캐

트 연결성을 제공한다.

- Network monitoring service: 멀티캐스트를 기반으로 통신하는 ACE 노드들 사이에 멀티캐스트 연결성 및 네트워킹 성능을 감시한다. 1)ACE 노드들은 멀티캐스트 주소를 공유하고, 이 주소로 주기적으로 자신의 존재를 알리는 탐침 패킷을 전송하여 탐침 패킷이 제공하는 ACE 노드의 정보, 패킷의 일련번호/시간정보를 기반으로 노드 간 멀티캐스트 성능을 파악하고 2)각 노드 간 멀티캐스트 성능을 중앙 서버에서 수집하여, 공통의 협업 세션에 참가중인 ACE 노드들에 대한 멀티캐스트 연결성 및 네트워킹 성능 정보를 종합적으로 제공함으로써 멀티캐스트 성능 분석을 위한 주요 지표로 제공한다.

3) 디스플레이 서비스 범주

- Interactive display control service: 사용자 또는 상호 작용 서비스들로부터 디스플레이 제어 명령을 받아, 네트워크 디스플레이 장치들을 통합적으로 운용하기 위한 제어 서비스를 제공한다. 1)사용자가 GUI 또는 상호작용 서비스를 통해 네트워크 디스플레이 제어명령(영상 시작/종료/이동/크기조절)을 내리기 위한 메시징 방법을 제공하고 2)사용자에 의해 선택된 가시화 데이터(영상/이미지/그래픽스)를 네트워크 디스플레이에서 표현하기 위해, media consumer service, visualization service를 통해 가시화 데이터를 디코딩/렌더링한 뒤 networked display service와 연결시킨다.
- Visualization service: 다양한 포맷의 이미지/그래픽스 파일을 RGB 형태로 변환한다. 1)다양한 포맷으로 압축된 이미지를 이미지 라이브러리를 이용하여 RGB 형태의 데이터로 변환하고 2)각 네트워크 디스플레이 장치의 해상도와 위치를 고려하여 해당 영역에 맞게 데이터를 분할 후, TCP 또는 UDP를 이용하여 분할된 데이터와 이에 해당하는 데이터 크기와 출력 위치, 비율 정보와 통합 전송한다.
- Networked display service: RGB 형태의 데이터를 입력 받아 지정된 위치와 크기로 표현한다. 1)해상도/형태/위치가 다른 네트워크 디스플레이 장치가 하나의 디스플레이처럼 유기적으로 동작하기 위한 동기화 기법을 제공하고, 각 장치별 상태정보 관리하며, 사용자 의도에 따라 RGB 데이터를 표현하기 위한 통합된 네트워크 디스플레이 장치들을 제어하며 2)네트워크를 통해 전달받은 RGB 데이터와 각종 디스플레이 정보 (크기, 위치)를 이용하여, OpenGL 기반의 디스플레이 상에서 표현한다.

4) 상호작용 서비스 범주

- Pointing service: 레이저 포인팅 장치를 이용하여 ACE 노드 내에서 특정 위치를 가리키거나 체크처를 행하도록 지원한다. (현재 버전에서는 임시적으로 디스플레이 장치 상에서의 포인팅 위치 추적 및 체크처 인식 기능만 제공함) 1)포인팅하기 위한 레이저 장치, 레이저 포인트를 구별하기 위한 카메라 필터, 포인팅 위치를 추적하기 위한 카메라를 이용하여 획득한 포인팅 이미지를 컴퓨터 비전 기술 (카메라 간의 보정 및 왜곡현상 제거)을 이용하여 정확한 포인팅 좌표 계산하고 2)실시간으로 추적된 포인팅 위치정보를 분석하여, 사용자에게 의해 의도된 체크처를 인식한다.
- Location tracking service: ACE 노드 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 ACE 노드 내부에서의 3차원 위치좌표를 추정한다. 위치 추정 정확도 향상을 위하여, 기존 RF기반의 위치 인식 방법에 초음파 감지 기법 추가하여 위치 추정오차 0.5m 이내의 정확도를 제공한다.
- Hand motion tracking service: 손동작 트래킹을 이용하여 3차원 CAD 모델 제어 및 공유를 지원한다. 핸드 글로브(hand glove)를 이용하여 손의 관절 데이터를 실시간으로 수집하여, 손의 기구학적인 모습을 구성한다. 디스플레이 상에서 3차원 CAD 모델을 실시간으로 관찰하고, 손동작을 해석하여 현재의 위치 및 손의 상태를 추적하여 3차원 CAD 모델과 상호작용하도록 한다.

5) 데이터/임무 공유 서비스 범주

- Data sharing service: 개별 ACE 노드에서 보유한 데이터를 전체적으로 공유하기 위한 분산 공유데이터 저장소를 지원한다. 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.
- Remote UI service: 원격 ACE 노드의 데이터/어플리케이션을 공유하고 제어하기 위한 사용자 인터페이스를 지원한다. 어플리케이션이 동작하는 화면을 실시간으로 획득하여 이를 원격 사용자에게 전달하고, 키보드 및 마우스 등 입력장치의 제어권을 함께 전달하여 해당 어플리케이션을 실시간으로 공유하면서 조작할 수 있는 원격 인터페이스 기능을 제공한다.
- Data adaptation service: ACE 노드의 성능을 고려한

공유 데이터/어플리케이션의 화면을 전달을 위한 가공 기술을 제공한다. ACE 노드별로 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.

다. 컴포넌트 서비스의 설정, 정합, 합성을 위한 ACE mediator

1) ACE mediator와 메뉴 서버간의 메시지 교환

AG의 메뉴 서버는 ACE mediator들 간에 메시지 교환을 가능하게 하기 위한 초기화 작업을 수행한다. ACE mediator들은 협업 세션에 참가하기 위해서, 우선적으로 메뉴 서버에 접속한다. 메뉴 서버는 현재 협업 세션에 참가 중인 ACE mediator들을 알려주고, 조정자로 지정된 ACE mediator를 통해 메시지 교환을 하도록 유도한다. 그림 3은 메뉴 서버를 통한 ACE mediator들 간에 상호 메시지 교환을 하는 순서도를 보여준다. ACE mediator들은 먼저 메뉴 서버에 접속하여, 협업 세션 참가 요청을 한다. 메뉴 서버는 현재 참가중인 ACE mediator들의 정보를 회신한다. 이때, 메뉴 서버는 최초로 접속한 ACE mediator를 조정자로 지정하여, 다른 ACE mediator들과 통신하기 위한 중앙 서버로 지정한다. 만약 조정자 역할을 하고 있는 ACE mediator가 협업 세션을 탈퇴하는 경우에는, 메뉴 서버가 (참가중인) 임의의 ACE mediator를 조정자로 지정할 수 있다. 조정자를 통해 모든 ACE mediator들은 메뉴 서버를 거치지 않고 상호 메시지 교환을 할 수 있다. 모든 ACE mediator들은 자신의 ACE 노드에서 관리하고 있는 컴포넌트 서비스들의 서비스 능력들을 조정자에게 전달한다. 그러면, 조정자는 연결된 모든 ACE mediator들로부터 수신한 각 ACE 노드의 서비스 능력 목록을 회신한다. ACE mediator들 간에 서비스 능력 교환이 이루어지고 난 후, ACE mediator들은 조정자를 통해서 서비스 정합/설정/합성을 진행할 수 있다.

2) 컴포넌트 서비스 간 기능적 의존성에 따른 연결 작업 (서비스 정합)

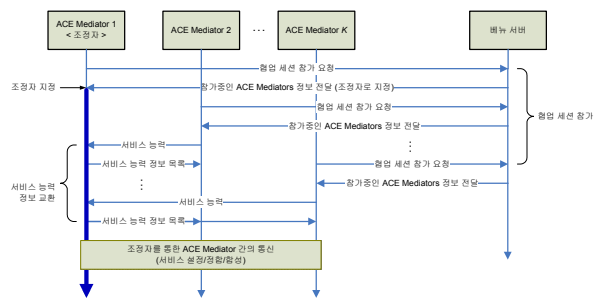


그림 3. 메뉴 서버와 ACE mediator간 메시지 교환의 순서도.

사용자가 제시한 사용 방식과 (이를 위해 요구되는) 컴포넌트 서비스의 목록을 이용하여 서비스 정합을 진행한다. 서비스 정합이란, 컴포넌트 서비스들이 기능적으로 서로 의존적인 관계에 있는 다른 종류의 컴포넌트 서비스들과 연결함으로써 사용 방식에 맞도록 컴포넌트 서비스 간에 기능적인 처리 순서를 정하고, 이들 간에 메시지 전달을 위한 논리적인 전달경로를 설정하는 것을 말한다. ACE mediator의 서비스 정합기는 의존관계가 성립하는 컴포넌트 서비스의 일련을 생성하기 위하여, 각 컴포넌트 서비스들이 가지고 있는 서비스 능력을 이용한다. 현재의 컴포넌트 서비스가 필요로 하는 연결될 컴포넌트 서비스의 기능은 범주를 통해서 판별할 수 있으며, 서비스를 제공/수용할 지 여부에 대해서는 역할을 통해서 판별할 수 있다. 역할이 생산자인 컴포넌트 서비스는 소비자인 컴포넌트 서비스에게 기능적 결과물을 제공할 수 있으며, 조정자인 컴포넌트 서비스는 기능적 결과물을 제공하는 것이 아니라 주어진 목적을 위해서 여러 컴포넌트 서비스들 간에 중재역할을 한다. 컴포넌트 서비스의 일련을 생성하면, 연결된 컴포넌트 서비스의 인터페이스를 통해 메시지 교환을 할 수 있다.

3) ACE 노드별 자원 상황을 고려한 컴포넌트 서비스의 최적화 작업 (서비스 설정)

효율적인 협업환경을 제공하기 위해서는, 노드의 성능과 사용 모드에 따라 ACE 노드를 구성하기 위한 컴포넌트 서비스를 선택하고, 이들의 서비스 파라미터들을 상황에 맞게 설정하는 작업이 필요하다. 그러나 각 ACE 노드들이 다른 자원 설정과 가용성을 가지고 있기 때문에, 우리는 그것의 컴포넌트 서비스들을 주의 깊게 설정할 필요가 있다. 즉, 어떤 협상 가능한 범위 내에서 서비스 능력을 제한하는 것에 의해서 서비스 기능을 유연하게 수행하도록 보조할 수 있다. 예를 들면, media producer service들은 영상 프레임율의 상한 값이 주어지고, media consumer service는 디코딩을 위한 가용 컴퓨터들의 개수를 알 수 있으며, pointing service는 요구되는 정확도를 통지받을 수 있다. 서비스 설정은 사용자에게 의해서 수동으로 이루어지거나, 지식과 정책을 이용하는 추론 엔진에 의해서 자동으로 수행될 수 있다. 그림 4는 ACE mediator와 추론 엔진에 의한 자동적인 서비스 설정의 순서도를 보여준다. 컴포넌트 서비스들은 자신을 관장하는 ACE mediator의 서비스 설정기에 자신의 서비스 능력을 등록한다. 사용자는 자신이 소속된 ACE 노드의 ACE mediator에게 사용 방식과 (이를 위해 요구되는) 서비스 목록을 전달한다. 그러면 ACE mediator는 다른 ACE mediator들과 협상하여 사용하고자 하는 (서비스 정합기의 도움을 받아서) 서비스들 간의 연결 정보를 생성한다. ACE mediator는 서비스 연결 정보, 각 ACE 노드별 자원상태,

사용 방식으로 구성된 상황 정보를 추론 엔진에게 전달한다. 추론 엔진은 전달받은 상황 정보에 근거하여, 이러한 상황에 부합하는 (과거로부터 축적된 일반화된) 협업 지식을 검색한다. 검색된 상황 지식을 기반으로, 현재 상황이 어떤 상황인지를 추론한 후, 이에 맞는 정책을 검색하여 적절한 서비스 설정 정책을 획득한다. 추론 엔진은 서비스 설정 정책을 ACE mediator에게 회신하며, 이를 통해 ACE mediator는 서비스 설정 정책을 이용하여 자신이 관장하는 컴포넌트 서비스들을 설정한다. 컴포넌트 서비스의 설정이 완료되면, ACE mediator들은 활성화된 컴포넌트 서비스들에게 시작 요청을 전달한다. 시작 요청을 전달받은 각각의 컴포넌트 서비스들은 컴포넌트 서비스들 간의 연결 순서 및 인터페이스 정보를 고려하여 주어진 임무를 수행한다. 그림 6에서는 ACE mediator를 이용한 서비스 초기화 설정의 실시 예제를 보여준다. 노드 2의 hand motion tracking service는 손 동작에 의해 조작된 3차원 그래픽스 객체의 정보를 노드 1, 2 상에 있는 tiled display service에게 전달한다. 이와 연관된 각 컴포넌트 서비스들은 서비스 설정기를 통해서 서비스들 간에 정보를 적절히 전달받고, 이를 수용할 수 있도록 각종 파라미터 값들을 지정받는다. 또한 노드 1의 smart pointing service는 노드 1, 2의 tiled display service에게 전달되며, 마찬가지로 서비스 설정기에 의해서 서비스간 설정 작업이 진행된다.

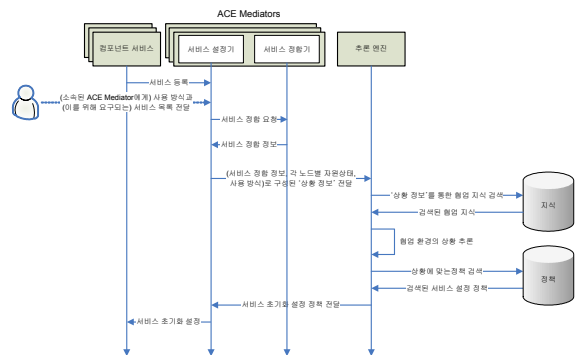


그림 4. 자동적인 서비스 초기화 설정을 위한 순서도.
(ACE mediator의 서비스 설정기의 기능 이용)

4) 복잡한 임무를 수행하기 위한 서비스 기능의 확장 방법 (서비스 합성)

ACE mediator는 새롭고 확장된 기능을 제공하기 위해 서비스를 합성함으로써, 사용자의 다양한 요구사항을 만족시킬 수 있다. 그림 5는 서비스 합성을 위한 순서도를 제시한다. 사용자는 ACE mediator의 서비스 합성기에 서비스 합성의 목표와 합성하고자 하는 서비스 목록을 전달한다. 서비스 합성기는 서비스 정합기에게 서비스 연결 작업을 요청하면, 서비스 정합기는 서비스 연결 정보를 서비스 합성기에 회신한다. 서비스 합성기는 (서비스 합성의 목표, 서비스

연결 정보)로 구성된 상황 정보를 추론 엔진에게 전달하면, 추론 엔진은 상황 정보를 통한 지식을 검색하여, 그 결과를 되돌려준다. 검색된 지식을 통해서 협업환경의 상황을 추론한 뒤에, 이러한 상황에 맞는 서비스 합성 정책을 검색한 후, 결과를 서비스 합성기에게 전달한다. 이때 전달되는 결과는 합성된 서비스의 서비스 능력 및 (합성에 사용되는) 요소 서비스 간 상호작용 방법에 대한 정책을 전달한다. 이러한 결과를 바탕으로 서비스 합성기는 서비스 합성을 실시하며, 합성된 서비스는 서비스 설정기에게 등록된다. 그림 6은 서비스 합성의 예를 보여준다. 노드 1의 사용자 A는 location tracking service와 pointing service를 합성하여, smart pointing service를 생성하여 사용한다. 사용자 A는 smart pointing service를 이용하여 위치 인식 서비스가 추가된 포인팅 장치를 조작하면, 그 결과는 노드 1과 2의 격자형 디스플레이에 나타난다.

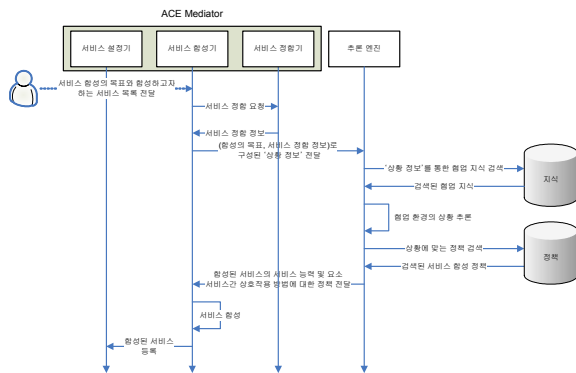


그림 5. 자동적인 서비스 합성을 위한 순서도. (ACE mediator의 서비스 합성기의 기능 이용)

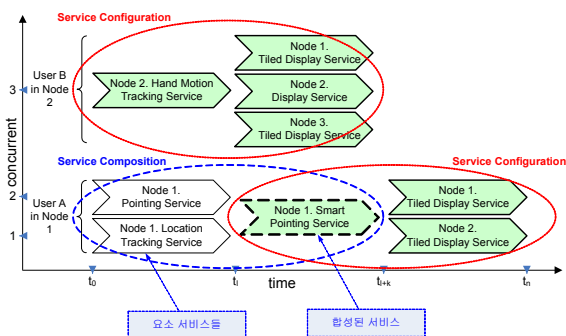


그림 6. ACE mediator를 이용한 서비스 초기화 설정 및 서비스 합성의 실시 예제.

4. 결과 및 시연

본 절에서는 제안한 ACE 노드의 구현 결과를 소개하고자 한다. 설계된 ACE 노드의 초기 버전만이 구현된 상태이며, 특히 ACE mediator는 구현되지 않은 상태이다. 현재의 구

현 상황은 media {producer, consumer} service와 multicast connector service와 NAT/firewall traversal service의 기능을 부분적으로 포함한 ACE connector, 그리고 interactive display control, visualization, networked display service, pointing service, hand motion tracking service 등이 구현되었다. ACE 노드의 활용 가능성을 검증하기 위해서 미국 Tampa에서 2006년 11월 에 개최된 SC(super computing) Global Showcase에서 원격 협업을 시연하였다. 본 시연의 목적은 멀티캐스트 네트워크상에서 다자간 협업의 경험적 품질을 향상시키기 위한 제안된 시스템의 가능성을 가늠하는 것이다. 먼저 구현된 ACE 노드의 하드웨어 특성에 대한 상세 정보를 설명한 뒤, SC Global Showcase에서의 데모 결과를 설명한다.

그림 7은 광주과학기술원의 원격협업용 회의실에 설치된 ACE 노드를 보여준다. 이 회의실에는 회전 가능한 아날로그 카메라, HD 디지털 카메라, 마이크, 스피커, 적외선 레이저 포인터, 사이버 글로브, 격자형 디스플레이 장치를 갖추고 있다. 모든 컴퓨터들은 1G 이더넷 네트워크 카드를 통해서 포스텐 E300 기가비트 네트워크 스위치와 연결되어 있다. 격자형 디스플레이 장치는 LCD 모니터 24대, 이를 운용하는 PC(Intel Xeon 3.0GHz CPU, 1GB RAM, NVidia Quadro FX3450) 12대로 구성된다. 격자형 디스플레이 장치는 6×4 디스플레이를 구성하여 9600×4800 해상도를 제공하며, 지역/원격으로부터 고해상도 영상을 동시에 전송 받아 표현할 수 있다. 12대의 PC 중 한대는 격자형 디스플레이에서 프레임율(frame rate) 동기화를 맞추기 위한 역할을 담당한다.



그림 7. ACE 노드가 설치된 회의실 공간.

SC Global Showcase에서 우리는 한국과 미국 간에 개발된 시스템을 이용하여 원격 발표와 토론을 시연하였다. 두 장소는 1Gbps급 고성능 멀티캐스트 네트워크로 연결되었으며, 두 장소의 시연팀은 AG를 이용하여 영상회의를 진행하였다. 미국 측 시연팀은 구현된 시제품의 소개를 하였고, 한국 측 시연팀은 고품질 영상 서비스, 고해상도 디스플레이

장치, 포인팅/트래킹 기반의 디스플레이 상호작용 방법에 대한 시연을 하였다. 그림 8은 SC Global Showcase를 위해 한국 측 ACE 노드에서 시연하는 장면을 보여준다. 격자형 디스플레이 장치의 우측에 위치한 2개의 HD 영상(상단: 한국 측 화면, 하단: 미국 측 화면)과 좌측에 위치한 3차원 해골 그래픽 모델이 표시되고 있다. 사용자가 사이버 글로브를 착용한 상태로 해골 모델을 조작하고 있으며, 조작된 해골 모델과 사용자의 조작 중인 모습은 네트워크를 통해 미국 측 화면에 전달되어 현장감있는 회의 진행을 할 수 있었다.



그림 8. SC Global Showcase 장면.

4. 결론

본 논문에서는 ACE를 실현하기 위한 다자간 미팅 시스템의 소프트웨어 구조를 제안하였다. 본 구조에서는 미디어, 네트워킹, 디스플레이, 상호작용, 데이터/임무 공유와 같은 5가지 기술적 집합에 포함되는 컴포넌트 서비스들을 제공한다. 컴포넌트화된 소프트웨어 구조는 협업환경을 구성할 때 컴퓨팅/네트워킹 성능의 제약과 협업의 용도를 고려하여 적절한 컴포넌트 서비스들을 선택함으로써 유연하게 ACE 노드를 구축할 수 있게 된다. 또한 ACE mediator를 이용하여 협업 목적에 맞게, 각각 기본적이고 고유한 기능을 가진 컴포넌트 서비스들을 설정하고, 발견하고, 서비스들 간에 합성을 수행하여 더욱 복잡하고 새로운 기능을 가진 협업 서비스를 제공할 수 있다. 또한 제안하는 구조를 부분적으로 실현하기 위하여, 고화질 영상, 고해상도 디스플레이, 포인팅/손 동작 트래킹을 이용한 인터랙션 기능을 AG 기반으로 통합하여 다자간 협업환경 시스템을 구축하였다. 이를 통해서 협업 서비스 품질의 제공과 사용자 편의성을 동시에 만족시킬 수 있는 부분을 시연을 통해 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임.

참고문헌

- [1] 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, 2003.
- [2] R. Stevens, M. E. Papka, and T. Disz, "Prototyping the workspaces of the future," *IEEE Internet Computing*, pp. 51-58, 2003.
- [3] L. Childers, T. Disz, R. Olson, M. E. Papka, R. Stevens, and T. Udeshi, "Access Grid: Immersive group-to-group collaborative visualization," in Proc. of Immersive Projection Technology Workshop, 2000.
- [4] S. Jones, "Toward an acceptable definition of service," *IEEE Software*, vol. 22, no. 3, pp. 87-93, May-June 2005.
- [5] K. Fujii and T. Suda, "Semantics-based dynamic service composition," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 23, no. 12, pp. 2361-2372, Dec. 2005.
- [6] K. Nahrstedt and W.-T. Balke, "A taxonomy for multimedia service composition," in Proc. of ACM Multimedia, pp. 88-95, Oct. 2004.
- [7] S. Kalasapur, M. Kumar, and B. Shirazi, "Evaluating service oriented architectures(SOA) in pervasive computing," in Proc. of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, March 2006.
- [8] S. Han and J. Kim, "Adaptive high-quality video service for network-based multi-party collaboration," in Proc. of SPIE, vol. 6015, Oct. 2005.
- [9] M. Handley, C. Perkins, and E. Whelan, "Session announcement protocol," IETF RFC 2974, 2000.
- [10] M. Handley and V. Jacobson, "SDP: Session description protocol," IETF RFC 2327, 2003.
- [11] N. Kim and J. Kim, "UDP-tunneling based multicast connectivity solution for multi-party collaborative environments," in Proc. of SPIE, vol. 6015, Oct. 2005.
- [12] 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.
- [13] 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, Jan. 2007.