

유비쿼터스 환경의 사용자 서비스를 위한 분산 지능형 에이전트 기술

(Distribute Intelligent Multi-Agent Technology for User
Service in Ubiquitous Environment)

최정화[†] 최용준[†] 박영택^{††}
(Jung-Hwa Choi) (Yong-June Choi) (Young-Tack Park)

요약 유비쿼터스 시대가 도래하면서 거대한 양의 컴퓨팅 서비스 및 장치들은 언제 어디서나 사용자의 요구에 반응하게 된다. 더불어 사용자 특성에 따른 기호에 맞는 개인화된 서비스가 요구된다. 사람의 위치 이동에 따른 동적인 다양한 서비스 제공을 위해서는 사용자의 개입을 최소화 하여야 한다. 그리고 사용자 관심 여부에 맞춘 서비스 장치 및 동작 모드들이 자동적으로 결정되어야 할 것이다. 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 사용자의 요구에 가장 근접한 맞춤형 서비스의 제공을 위하여 다음의 네 가지 단계로 분산 지능형 에이전트 기술을 제안한다. 첫째, 유비쿼터스 환경의 인프라구조인 스마트한 공간을 가상의 시뮬레이터로 설계하여 물리적 자원 및 컴퓨팅 객체 환경을 모델링 한다. 둘째, 분산된 에이전트들의 상호협력력을 통한 서비스 목적 달성을 위해서 FIPA 표준안에 따르는 멀티 에이전트 기반 구조를 이용한 지능형 에이전트 기술을 연구한다. 셋째, 에이전트간의 메시지 통신을 이용하여 서비스 적용이 가능한 스마트 공간으로의 사용자의 위치 이동에 따른 이기종 환경에서의 자율적인 서비스 발견 및 구성 방안을 제안한다. 넷째, 휴대가 쉬운 이동 장비에 사용자의 프로파일 정보를 저장함으로써 언제, 어디에서나 에이전트의 모니터링을 통한 개인화 서비스 방법을 연구한다. 따라서 일반적인 자동화된 서비스 구동 이상의 개인 특성에 맞는 고품질의 서비스를 제공한다.

키워드 : 유비쿼터스, 퍼베이시브 컴퓨팅, 컨텍스트, 멀티 에이전트, 개인화, 지능형, 휴대형 단말기

Abstract In the age of ubiquitous environment, huge number of devices and computing services are provided to users. Personalized service, which is modeled according to the character of each and every individual is of particular need. In order to provide various dynamic services according to user's movement, service unit and operating mode should be able to operate automatically with minimum user intervention. In this paper, we discuss the steps of offering approximate service based on user's request in ubiquitous environment. First, we present our simulator designed for modeling the physical resource and computing object in smart space - the infrastructure in ubiquitous. Second, intelligent agents, which we developed based on a FIPA specification compliant multi-agent framework will be discussed. These intelligent agents are developed for achieving the service goal through cooperation between distributed agents. Third, we propose an automated service discovery and composition method in heterogeneous environment using semantic message communication between agents, according to the movement by the user interacting with the service available in the smart space. Fourth, we provide personalized service through agent monitoring anytime, anywhere from user's profile information stored on handheld device. Therefore, our research provides high quality service more than general automated service operation.

Key words : Ubiquitous, Pervasive Computing, Context Aware, Multi Agent, Personalized, Intelligent, Handheld

· 본 연구는 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

† 학생회원 : 숭실대학교 컴퓨터학과
cjh79@ailab.ssu.ac.kr
ai@ailab.ssu.ac.kr

†† 중신회원 : 숭실대학교 컴퓨터공학 교수
park@ssu.ac.kr
논문접수 : 2005년 12월 9일
심사완료 : 2007년 6월 7일

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 일상생활에 존재하는 물리적 장치 및 컴퓨팅 서비스를 마치 공기처럼 생활 주변 어디에서든 사용자 중심으로 자연스럽게 이용할 수 있는 공간을 말한다[1]. 이 공간에서는 사용자가 직접 컴퓨터 장비 등을 통하여 정보 및 서비스를 찾는 것이 아니라 거대한 양의 컴퓨팅 서비스 및 장치들이 사용자의 위치 이동에 따른 요구에 반응한다[2]. 이에 다양한 서비스 자원들은 사용자의 개입을 최소한으로 한 seamless한 서비스 수행이 요구된다. 또한 개개인의 특성에 따른 개인화된(personalized) 서비스 제공이 필요하다. 이 서비스는 사용자 주위의 상황 정보 및 개인 프로필 정보 등을 기반으로 하여 사용자 욕구에 가장 근접하게 실질적으로 필요한 맞춤형 서비스가 되어야 한다.

본 논문에서는 사용자가 특정 서비스 도메인 공간으로의 이동에 따른 동적인 서비스 발견 및 개인 맞춤형 서비스 제공을 위하여 사용자의 관심 정보를 고려한 지능형 멀티 에이전트 기반의 스마트 공간 모델을 제안한다. 이 모델은 이동통신 사용자 환경의 에이전트 기반 프레임워크와 스마트 공간의 에이전트 기반 프레임워크로 구분된다. 우선, 이동통신 사용자 환경 모델은 한정된 리소스의 사용자 휴대 장비에 에이전트 프레임워크를 구축한다. 이 에이전트는 사용자의 프로필 관리 및 관심 서비스 항목을 스마트 공간의 에이전트에게 전달하여 작업을 요청하는 역할을 한다. 에이전트는 사용자의 관심정보나 행위정보와 같은 컨텍스트(context) 정보를 ACL(Agent Communication Language)[3], 즉 표준화된 언어체계를 통하여 각 서비스 공간의 루트 에이전트에 전달한다. 루트 에이전트의 규칙(rule) 엔진은 컨텍스트 정보를 의미적으로 처리하여 특정 상황에 맞는 서비스가 동작할 수 있도록 한다. 본 시스템에서는 개개인의 요구에 맞는 맞춤형 서비스를 위해서 이동장비에 사용자의 프로필 정보를 저장하여 언제, 어디에서나 에이전트가 모니터링 할 수 있도록 한다. 에이전트는 사용자가 어떠한 서비스를 관심 있게 허락하였는지, 또는 어떠한 서비스 항목을 수락하지 않았는지 기록한다. 또한 서비스 수행 시 각각의 서비스가 가지고 있는 속성(property)들을 기록함으로써 체계화된 프로필 구축이 가능하다. 사용자의 서비스 이용 빈도가 증가할수록 각 공간에서의 행위정보가 기록된 시스템 로그 데이터는 점차 쌓이게 되며 피드백을 통한 이용패턴을 학습함으로써 점점 더 지능화된 서비스 수행이 이루어진다. 다음으로, 스마트 공간의 환경 모델은 사용자로부터 전달받은 상황 정보를 토대로 각 공간 내에 존재자 에이전트를 두고 모든 물리적 장치 및 컴퓨팅 객체의 에이전트

들과 통신하여 사용자 요구를 파악하는 프레임워크를 구축한다. 사용자에게 적합한 서비스 구성을 위하여 에이전트 또는 에이전트간의 서비스 구성을 통한 연관성의 의미 해석은 자율적인 서비스 수행 구조로 제안한다. 이기종 환경의 작업 수행을 위해서는 기존의 중앙집중식 처리 구조로는 한계가 있으며 각각의 서비스 도메인 공간에 존재하는 물리적 장치들에 대하여 에이전트 커뮤니티 구조로 맵핑하여 물리적 장치 및 컴퓨팅 객체간의 효율적인 상호운용성(interoperability)을 강화한다. 사용자의 상황에 따라서 각각의 에이전트들은 고유의 서비스 제공의 목적을 가지고, 개발자에 의해 미리 정의된 자신의 의도를 다른 에이전트에게 전달한다. 이 방법은 일반 응용 프로그램의 집합으로는 해결 할 수 없는 복잡한 문제를 분산 환경에서 협력적으로 해결한다.

본 논문에서는 이러한 분산 컴퓨팅 환경에서 지능형 멀티 에이전트 기반의 스마트 공간 시스템 환경을 구축하기 위해서 특정 플랫폼에 독립적인 서비스 수행을 위한 Java 기반의 응용 어플리케이션과 FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agent)[4] 표준을 따르는 분산 멀티 에이전트 플랫폼인 JADE(Java Agent Development Environment)[5] 미들웨어를 이용하여 멀티 에이전트 프레임 워크를 구축한다. PDA와 같은 제한된 리소스 장치의 에이전트 동작 환경을 위하여 JADE-LEAP(Light Extensible Agent Platform)[6]을 이용하여 이동 사용자 환경의 에이전트 프레임 워크를 구축한다. 이러한 분산 에이전트 미들웨어(middleware)는 스마트 환경의 기반 구조를 위하여 빠른 프로토타입(rapid prototype)을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 제안된 관련 연구를 기술하며, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 분산 지능형 에이전트 시스템 구조를 설명한다. 4장에서는 멀티 에이전트 기반의 사용자 환경 및 스마트 공간 모델링에 대하여 설명한다. 5장에서는 사용자 프로필 기반의 개인화 서비스에 대하여 기술하며, 6장에서는 지능형 에이전트 기반의 시뮬레이션 결과에 대하여 기술한다. 마지막으로 7장에서는 결론 및 앞으로의 연구방향에 대하여 논의한다.

2. 관련 연구

최근 몇 년 간의 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 연구 방향을 고려해보면 분산 컴퓨팅 자원의 상호운용을 위해서 실세계의 물리공간과 컴퓨팅 기반구조의 네트워크 통합을 주제로 하여 많은 시나리오와 기술들이 연구되어 왔다. 본 논문에 대한 관련연구로써 대표적인 세 개의 연구를 살펴본다. 다음은 유비쿼터스 환경의 컨텍스트 정보를 이용하여 멀티 에이전트 프레임워크 기술을 제안

한 UMBC의 CoBrA 시스템과, 유비쿼터스 컴퓨팅을 위해 모바일 컴퓨팅과 지능형 환경을 통합한 Microsoft의 Easy Living 프로젝트, 그리고 유비쿼터스 환경 기반에서 정보자원을 웹과 연결한 HP(Hewlett Packard)의 Cooltown 프로젝트에 대해서 설명한다.

2.1 UMBC의 CoBrA(Context Broker Architecture)

CoBrA[1,7]는 유비쿼터스 환경에서 컨텍스트 정보의 생성 및 관리, 배포를 지원하기 위하여 UMBC(University of Maryland, Baltimore County)에서 개발한 멀티 에이전트 기반프레임워크이다. 이 연구의 핵심은 특정 스마트 공간상에 존재하는 모든 물리적 장치 및 컴퓨팅 객체들을 관리하는 컨텍스트 브로커(context broker)라 불리는 지능형 에이전트이다. 컨텍스트 브로커는 에이전트, 서비스, 물리적 장치간의 커뮤니티 측면의 컨텍스트의 공유 모델을 유지하고, 정의하는 정책적인 규칙을 향상시켜서 서비스 공간에 존재하는 다양한 디바이스 장치에 대한 지능적인 서비스 수행을 하도록 한다.

스마트 공간에서의 멀티 에이전트 구조는 공간의 모든 물리적 장치 및 컴퓨팅 객체를 관리하는데 사용자의 개입을 최소화할 수 있는 구조이다. 본 연구에서도 멀티 에이전트 구조를 활용하여 사용자의 개입 대신 특정 기능의 에이전트간의 지식 공유 및 상호운용성을 강화하였다. 또한 기능별로 공간을 분리하여 하나의 메인 에이전트를 두고 각 공간의 서비스 에이전트들의 역할 및 서비스를 스케줄링 하도록 하였다. 다른 공간의 서비스가 필요할 경우는 메인 에이전트들 간의 커뮤니케이션으로 분산 환경의 협력적 서비스를 제공한다.

2.2 Microsoft의 Easy Living

Microsoft의 Easy Living 프로젝트[8]는 지능형 환경 구축을 위한 프로토타입 구조 및 기술 개발을 위하여 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 모바일 컴퓨팅과 지능형 환경의 통합으로 정의하여 현실세계에서의 실현 가능성을 보여주고 있다. 사람의 움직임을 추적하여 현재 상태를 파악하고 적합한 서비스를 자동적으로 제공하게 함으로써 생활의 편의성 향상을 목표로 편리한 지능형 공간 창조를 표방하고 있다. 현실세계(real world)와 센싱 및 세계 모델링(sensing & world modeling), 분산컴퓨팅 시스템의 결합으로 가장 안락한 삶의 공간 창조하는 것이 목적이다.

본 논문에서도 모바일 컴퓨팅과 지능형 환경의 통합을 실현하기 위하여 사용자 모바일에 컨텍스트 정보를 이용하여 특정 상황에 맞는 개인화 서비스가 동작하는 방법을 연구한다. 본 논문의 분산 지능형 에이전트 프레임워크는 각 에이전트가 규칙 기반 추론 엔진을 가지고 있어서 컨텍스트 정보를 기반으로 사용자와 상황에 따른 최적의 서비스 추론 및 공유와 재사용이 가능하다.

2.3 HP의 Cooltown

Cooltown 프로젝트[9]는 현실 속의 사람, 사물, 공간이 동시에 웹상에도 존재하는 '현실 같은 월드와이드웹'을 구축하기 위해 개발되었다. Cooltown은 정보기기 간 또는 정보기기와 이용자 간에 URL을 생성 및 교환하여 웹상의 한 HTML 페이지(웹 가상공간)에 링크한다. 그리고 모든 개체(사람, 사물, 장소 등)가 웹으로 통합되어 정보를 교환하는 방식으로 수행된다. Cooltown은 URL 정보를 화면, 인쇄장치 등에 전송하여 각 구성요소를 상호 통합하기 위한 플랫폼으로, 정보기기 간의 컴퓨팅으로 구현되기 때문에 정보기기의 호환성을 중시한다. 아직은 HP제품만을 이용하여 웹 서비스가 지원되며, 타 정보기기의 호환성을 위한 연구가 진행 중이다.

유비쿼터스 컴퓨팅이 궁극적으로 실세계와 가상세계와의 원활한 통합이라고 생각할 때, 이것은 매우 적합한 연구 방향이라고 판단된다. 하지만 제품마다 유비쿼터스를 지원하는 프로그램을 개발하여 설치하는 것은 유비쿼터스 컴퓨팅 사회의 실현을 늦추는 작용을 한다. 본 논문에서도 개체가 이동하여 만나게 되는 사람, 사물, 장소의 컨텍스트 정보에 따라 적절한 서비스를 제공한다. 하지만 각 제품의 응용프로그램을 통한 서비스가 아닌, 예를 들어 프린터의 기능을 제어하는 에이전트, 텔레비전의 기능을 제어하는 에이전트 등의 기능별 에이전트를 두어 루트 에이전트와의 커뮤니케이션을 통해서 서비스 하는 구조를 제안한다.

이 외에도 MIT Media Lab의 생각하는 사물 프로젝트[10]의 지능화된 사물들에 대한 연구, MIT의 Oxygen 프로젝트[11]는 컴퓨터가 산소와 같이 풍부하고 흔한 것이 되어 언제, 어디에서나 자연스러운 인터페이스 환경과 같은 스마트 공간의 기반 구축을 위해서 다양한 방식의 연구를 수행한다.

3. 분산 지능형 에이전트 프레임워크

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 사람들에게 일상생활 곳곳에 편재되어 있는 서비스를 제공하기 위해 네트워크로 연결된 수많은 물리적 장치 및 컴퓨팅 자원들이 환경 곳곳에 스며들어 사용자의 요구를 기다리고 있다. 이러한 자원들은 각 스마트 공간마다 각각의 장치, 서비스, 어플리케이션 등이 다르게 구성되어 있으며 서비스 이용자가 특정 공간에서 다른 공간으로 이동시 제공되는 서비스 구성은 사용자의 개입 없이도 자동적으로 사용자의 성향에 따라서 커스터마이징(customizing) 되어야 한다. 예를 들어 사용자가 서비스를 제공받을 수 있는 임의의 공간에 도착하면 그 공간에 있는 자원을 관리하는 에이전트로부터 발신된 메시지를 수신하여, 그 공간에 활용 가능한 장치가 뭐가 있는지 파악할 수 있

어야 한다. 사용자 에이전트는 이렇게 수신한 서비스 영역의 정보와 자신이 가지고 있는 사용자 프로파일 정보를 활용하여 자동화된 서비스를 구성한다. 이러한 환경에서 사용자와의 인터랙션 수단으로 PDA와 같은 휴대하기 손쉬운 모바일 장치들을 이용할 수 있다. 모바일 장치에 탑재되어있는 사용자의 대리인 역할을 하는 에이전트들은 동적으로 변화되는 스마트한 환경에 반응하여 사용자에게 필요한 정보 및 서비스를 제공해야 한다.

이렇게 다양한 형태의 이기종간 환경에서 분산된 자원의 공유와 관리를 위해서는 물리적 장치와는 독립적으로 에이전트기반의 컴퓨팅 객체 환경을 구성하여 이질성 문제를 해결할 수 있다. 개개인마다 다른 특성을 가진 사용자의 이동에 따라서 빠르게 변화되는 맞춤형 서비스를 제공하기 위해서는 중앙집중식 구조로는 한계가 있으며 DCOM, RMI, CORBA와 같은 분산 컴포넌트 환경을 구성하여 네트워크에 연결된 물리적 장치 간 커뮤니케이션을 수행 할 수 있다. 하지만 이러한 분산 객체 구조는 지능형 서비스 수행에서의 한계점이 있다. 물리적 장치 및 컴퓨팅 객체 간 효율적인 상호운용성(interoperability)을 위해서는 에이전트 사이의 통신언어인 ACL과 같은 표준화된 언어 체계를 이용한 메시지 교환을 통하여 의미적(semantic) 요소를 부여해야 한다. 따라서 에이전트 사이의 표준화된 인터페이스와 프로토콜 정의를 통하여 상호운용성을 강화하고, 분산 컴퓨팅 환경에서의 의미적인 정보의 상호호환을 통하여 이질적 구조 문제를 해결할 필요성이 있다. 그림 1은 사용자가 서비스 적용이 가능한 특정 스마트한 공간에 들어갔을 경우 블루투스(bluetooth)와 같은 근거리 통신 기술을 기반으로 하여 사용자 에이전트와 특정 서비스 도메인 지역을 관리하는 에이전트 사이의 메시지 통신이 연결되는 것을 가정한 개념도이다.

사용자 에이전트와 서비스 도메인 공간을 관리하는 루트 에이전트 사이의 통신 여부에 대한 기본 설정이 수행되면 현재 상황 정보를 담고 있는 메시지 교환을 통하여 개인 맞춤형 서비스 장치를 찾기 위한 과정이 이루어진다. 구체적인 서비스 교환 과정은 3.3에서 자세히 논의한다. 본 논문에서는 사람, 사물, 장소가 웹으로 통합된 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하기 위해서 다음과 같은 시나리오를 적용한다.

3.1 적용 시나리오

서비스를 이용하는 사용자A는 PDA와 같은 휴대 가능한 모바일 인터페이스를 통해 간단한 취향 설문조사를 수행한다. 좋아하는 각 서비스의 종류 및 타입에 대하여 입력한 데이터는 사용자 프로파일로 저장되어 사용자가 휴대하고 있다. PDA에는 사용자A의 대리인 역할을 하는 사용자 에이전트를 통하여 사용자 프로파일 정보가 저장 및 관리된다. 사용자A가 이동하여 가정이나 회의실과 같은 서비스 기반구조가 구축된 임의의 공간에 도착하면, 그 공간에 있는 물리적 장치 및 컴퓨팅 객체 자원을 관리하고 있는 개인화 서비스 시스템의 루트 에이전트와의 ACL 메시지 커뮤니케이션을 수행하게 된다. 그리고 그 공간에 활용 가능한 장치를 탐지하여 사용자A의 사용자 에이전트로부터 전달받은 프로파일 정보와 공간내의 활용 가능한 서비스를 조합하여 개인화된 서비스를 구성한다. 예를 들어 사용자가 high-quality의 video 감상을 좋아하는데 마침 이 서비스 영역에 아주 좋은 video 장치가 루트 에이전트에게 인식되면 이 video 장치를 이용해 고화질의 영상 서비스 제공이 가능하다는 것을 video 서비스 에이전트와의 커뮤니케이션을 통해 판단하여 이를 위한 절차를 밟는다. 이러한 모든 결정과 협상은 에이전트 커뮤니티 구조에서의 각 에이전트들 간의 메시지 교환을 통해서 이루어진

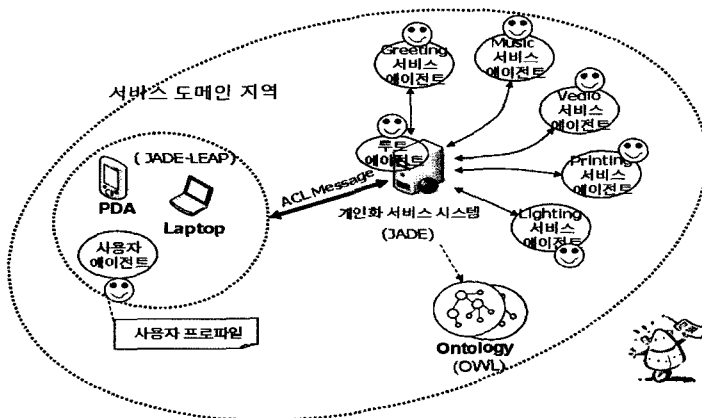


그림 1 분산 지능형 에이전트간의 통신 구조

다. 최종적으로 서비스가 준비되면 사용자 에이전트는 PDA 인터페이스를 통해 사용자에게 선택되어진 서비스에 관한 메시지를 보여주면서 최종 결정을 내려달라고 요청한다. 사용자가 승인하면 사용자의 프로필 및 기존의 로그 데이터를 바탕으로 사용자의 특성에 맞추어진 물리적 장치 및 동작 모드가 결정된다.

3.2 컨텍스트 기반의 지능형 에이전트

컨텍스트란 다양한 의미로 해석될 수 있지만 본 논문에서 사용되는 의미로는 이동사용자와 공간, 공간에 있는 객체간의 상황에 따라 발생할 수 있는 상황정보를 의미한다. 즉 사용자의 시간에 따른 공간이동 및 서비스 이용 행위 정보가 추출될 수 있으며, 소음이나 날씨와 같은 환경적 요소 정보, 사용자의 현재 기분, 스케줄, 서비스 이용가능한 장비의 상태와 같은 상황 정보가 추출될 수 있다. 따라서 주어진 환경에 대한 상황을 인지하고, 복잡한 문제를 해결하며, 목적을 성취하기 위하여 적절한 행위를 선택하는 지능적인 컴퓨터 객체가 필요하다. 이러한 처리를 위하여 지능형 에이전트는 스마트 공간과 같은 동적이고 빠르게 변화하는 환경에서 센서를 통한 컨텍스트를 감지하고 해석하며 사용자의 관심 항목 등을 이용하여 특정 서비스의 목적을 만족시키기 위한 행동을 한다. 본 논문에서의 지능형 에이전트는 특성에 따라 세 분류를 정의한다. 루트 에이전트, 사용자 에이전트, 그리고 각각의 서비스 에이전트들이다. 루트 에이전트는 한 도메인 공간의 서비스 에이전트들을 관리하고 다른 공간의 에이전트와 통신하는 에이전트이다. 사용자 에이전트는 사용자 개인별로 부여되는 에이전트

로 사용자의 프로필 정보를 관리하고 다른 에이전트가 사용자 정보 요청시 관련 정보를 제공한다. 마지막으로 서비스 에이전트는 각 도메인 공간에서 서비스 가능한 서비스 자원, 즉 장치를 관리하는 에이전트이다. 각각의 서비스 에이전트들은 소속된 도메인 환경에서의 자신이 가지고 있는 능력을 그 도메인의 루트 에이전트에 의해 등록되어 스케줄링 됨으로써 목적 성취를 위한 일의 분담으로써 다른 에이전트들과 의사소통을 통하여 협력적으로 일을 처리하는 커뮤니티 구조를 이룬다.

그림 2는 본 논문에서 제안하는 멀티 에이전트 커뮤니티 구조를 나타낸 것이다. 물리적 영역에서의 사용자 환경 및 서비스 도메인 환경에 대하여 에이전트 기반의 지능형 작업 수행을 위하여 각각의 서비스 에이전트에 역할을 부여하여 물리적 영역에 대하여 에이전트 커뮤니티 구조로 구성한다. 예를 들어 각 서비스 공간에 등록되어 있는 서비스 에이전트 A가 자신이 담당하고 있는 장치에 따르는 수행 가능한 서비스(전등을 켜는 서비스, 라디오 볼륨을 조정하는 서비스 등)를 각 공간의 루트 에이전트에 등록하게 되면 루트 에이전트는 특정 이벤트에 따르는 서비스 수행 시 자신에게 등록되어져 있는 서비스 에이전트들이 제시하는 서비스 타입을 참조하여 서비스를 계획하거나 구성할 수 있다. 또는 다른 서비스 어플리케이션 에이전트 B가 특정 서비스의 이벤트 수행 시 자신이 가지고 있는 능력(개발자가 정의한) 외의 서비스를 수행하고자 할 때 루트 에이전트에게 질의하여 등록된 서비스의 판별 여부를 통해 타 에이전트가 등록된 서비스를 요청한다.

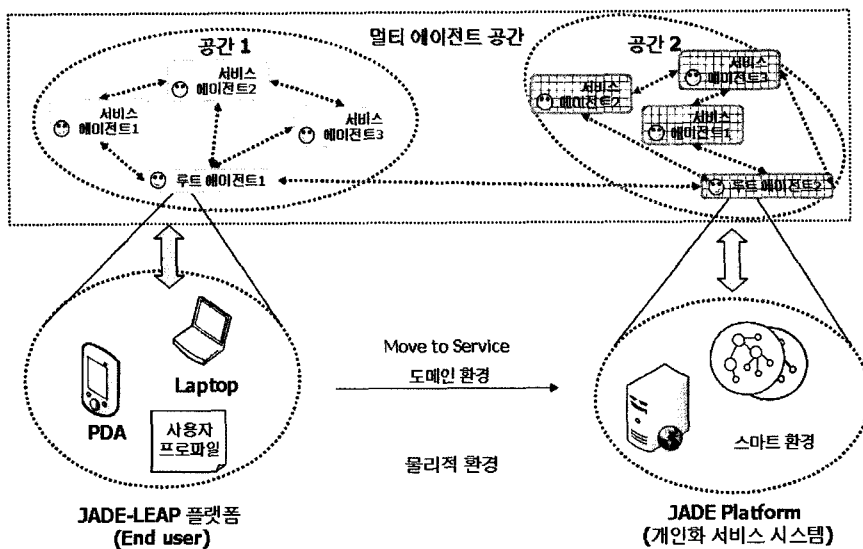


그림 2 멀티 에이전트 커뮤니티 환경

3.3 멀티 에이전트 프레임워크 기반의 에이전트 의사소통

멀티 에이전트 커뮤니티의 기반 구조를 위한 응용시스템의 효율적인 실험환경 구축을 위해서는 에이전트사이의 상호운용을 강화하여야 한다. 이러한 상호운용 확보하기 위한 하나의 수단은 에이전트 사이의 인터페이스와 프로토콜을 표준화하는 것이다. 본 논문에서는 FIPA 표준 참조 모델에 따르는 에이전트 플랫폼을 이용한 멀티 에이전트 프레임워크를 구축한다. 에이전트가 내부 플랫폼에서 활동하는 에이전트, 또는 외부 플랫폼에서 활동하는 에이전트들과의 협력 작업 수행을 위해서는 최소한 하나의 플랫폼에 등록되어야 한다. 이러한 에이전트 플랫폼에는 하나의 루트 에이전트가 존재하며 다음과 같이 특수한 기능을 수행하는 에이전트들을 통해서 서비스가 이루어진다. 에이전트의 생성, 등록, 제거, 일시정지, 복구 등과 같은 전반적인 에이전트 생명주기에 대한 관리를 수행하는 AMS(Agent Management System)와, 에이전트 플랫폼 내의 에이전트들이 제공하는 능력이나 서비스에 대한 정보를 다양한 장비에서 활동하고 있는 각각의 에이전트가 참조하도록 하기 위하여 각 에이전트의 서비스 정보의 검색을 위한 디렉토리 서비스를 담당하는 DF(Directory facilitator), 다른 에이전트 플랫폼과 정보나 메시지를 상호 전달하는 기능을 수행하는 MTS(Message Transport System)를 포함한다. 이러한 표준화된 에이전트 활동 기반 프레임워크를 이용하여 이질적 분산 환경에서 새로운 서비스도메인 확장 시 개발자는 이미 설계되어진 라이브러리를 이용하여 하위 레벨에 대한 고려 없이도 상위 레벨의 응용 서비스 에이전트 설계에만 고려할 수 있으므로 빠른 개발을 가능하게 한다[12].

사람들은 표준화된 언어체계를 통하여 서로 대화를 나누며 의사에 따른 결정을 내린다. 에이전트사회에서도

KQML(Knowledge Query and Manipulation Language) [13]과 유사한 형태의 ACL[3]을 사용한다. 이러한 언어는 사람의 의사소통에서 사용하는 언어를 토대로 만들어진 화행 이론(speech act theory)을 기반으로 하여 구어체형식과 modal logic기반의 semantic 형식 모두 묘사된다. 에이전트들은 ACL 메시지를 기반으로 하여 특정 목표를 위한 서비스 구성을 수행하기 위해 자신의 의도를 다른 협력 에이전트에게 전달함으로써 서로간의 역할을 분담한다. 본 논문에서는 FIPA 표준안에 기초한 ACL 메시지구조 및 프로토콜을 통하여 사용자의 컨텍스트 정보 및 에이전트의 지식 정보를 전달한다.

일반적인 ACL 메시지 구조는 그림 3에 표시된 sender(송신자 에이전트), receiver(수신자 에이전트), content(술어논리 형식의 에이전트가 내포하고 있는 메시지 내용) 등이 있으며 이외에도 reply-with(다중송신을 위한 항목)등의 정보를 포함한다. 에이전트간의 메시지 교환시에 효율적인 작업수행을 위하여 정보교환(information exchange), 작업위임(task delegation), 협상(negotiation)과 같은 통신행위(communicate act)의 표준 메시지 교환 방식에 따라서 서로간의 송수신을 약속하여 통신한다. 예를 들어 사용자 에이전트가 공간을 관리를 담당하고 있는 루트 에이전트에게 메시지 내용에 대한 작업수행을 요청하기 위해 CFP(Call for Proposal) 메시지를 전송하게 되면, 루트 에이전트는 accept message를 응답하거나 또는 refuse message를 응답함으로써 약속된 통신 프로토콜을 통하여 반응한다. 다양한 센서 장비 등으로 수집되어진 가공되지 않은 컨텍스트 정보를 통하여 에이전트가 의미적인 정보와 불필요한 정보에 대하여 구별하도록 한다. 이와 같은 처리는 지능형 서비스 수행을 위하여 중요한 작업이다. 이러한 의미적 처리 수행을 위해서는 low-level의 컨텍스트 정보로부터 질적 서비스 제공을 위한 high-level의 의미적 컨텍

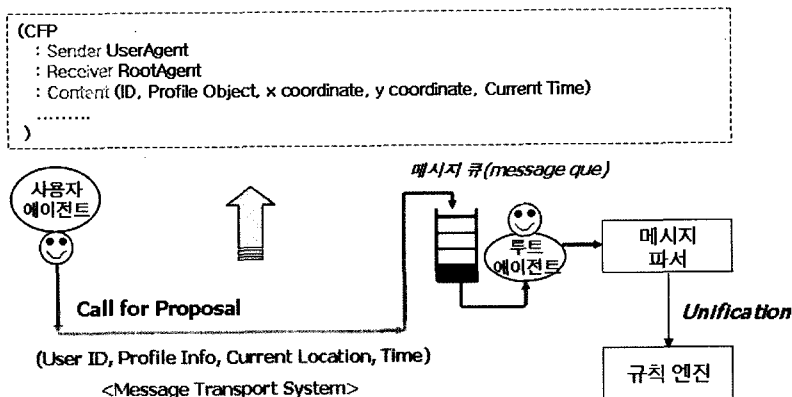


그림 3 에이전트간의 메시지 교환 방식

스트 정보를 추출하여야 한다. 그리고 유비쿼터스 환경에서 각 서비스 에이전트들에게 요청되는 에이전트들의 메시지 전달과 행위를 추론하기 위해서 규칙 기반 추론 시스템이 요구된다.

본 연구에서는 최적화된 자동화 목표 수행을 위해서 에이전트간의 주고받는 메시지 내용(content)이 담고 있는 의미 파악을 통한 서비스의 수행 방안을 제안한다. 제안하는 방법은 비절차적(non-procedural) 형태인 ACL 메시지의 내용을 선언적(declarative) 방식으로 구성하여 추론에 용이하도록 한다. 추론기관의 지식베이스에는 각 스마트 공간의 루트 에이전트가 파싱(parsing)한 메시지들이 사실(fact)로 저장되어 있다. 각 에이전트들은 외부 또는 다른 에이전트에서 입력된 이벤트(메시지)를 추론엔진으로부터 추론함으로써 이에 적절히 대응되는 행위를 취하거나 새로운 컨텍스트를 생성한다. 다음은 ACL 메시지의 내용의 예이다.

(user01, Profile, x66, y130, 200509220730)

루트 에이전트는 위와 같은 메시지를 센서로부터 전달 받으면, 메시지 파싱을 통해서(person user01) (locatedIn spaceA) (time 200509220730)과 같은 FOL(First Order Logic) 형태(form)로 지식베이스에 저장한다. 그리고 user01의 사용자 에이전트로부터 받은 프로파일 정보와 공간내에서의 작동 가능한 서비스를 조합하여 해당 서비스 에이전트에게 추천된 서비스의 동작을 요청한다. 즉, 루트 에이전트는 ACL 메시지의 의미 파악을 통하여 최종 목적을 위한 서비스를 구성할 수 있으며 계획에 따라 서비스 장치들을 담당하는 에이전트에게 메시지를 전송함으로써 해당 장치에 대한 동작을 수행할 수 있다.

4. 사용자 환경 및 스마트 공간의 모델링

본 논문에서의 분산 지능형 에이전트 프레임워크는 사용자 환경에서의 에이전트 프레임워크와 각각의 서비스 환경에서의 에이전트 프레임워크 두 가지에 대하여 고려한다. 우선 사용자 환경에서의 에이전트 프레임워크를 고려해보면 유비쿼터스 환경 및 개인화 서비스에 적합한 인터페이스로 모바일 플랫폼을 이용한다. PDA나 스마트폰과 같이 제한된 리소스(resource) 장치에 적합한 에이전트 통신 기반을 구축하기 위하여 소형 기기의 리소스 문제를 고려하여 개발된 JADE의 확장 버전인 JADE-LEAP[6]을 이용한다.

사용자 환경 기반구조에서 동작하는 에이전트는 사용자의 대리인으로서의 역할을 수행하기 위하여 주기적으로 현재 사용자의 상태 및 관심 정보를 모니터링 한다. 동적으로 변화하는 사용자 정보의 의미적 처리를 수행하기 위해서 표준화된 에이전트 통신 언어 및 프로토콜을 사용하여 각 서비스 공간을 관리하는 에이전트와의

의사 교환을 수행한다. 이렇게 수집된 정보를 통하여 실시간으로 공간에 맵핑된 에이전트들을 구성하거나 실행하여 사용자의 요구를 이행 하도록 한다.

에이전트를 통한 자율적이고 자동적인 컴퓨팅 수행을 위해서는 정보의 수집 및 공유가 필수적 요소이지만 이러한 정보 공유는 개인의 사적 활동에 대한 정보가 노출되며 개인 프라이버시 침해를 유발할 수 있다. 따라서 다양한 서비스를 누구라도 안심하고 이용할 수 있도록 하기 위하여 에이전트는 사용자가 원하지 않은 정보의 요구로부터 사용자를 보호하여야 하며 획득한 컨텍스트 정보 및 사용자의 관심 정보가 설정되어 있는 프로파일 항목은 이동 장비 내에 감추어져 사용자가 서비스 요청 수락 시에만 개인정보를 전달하여 이용함으로써 프라이버시 보호를 설정한다. 예를 들어 사용자가 특정 서비스 공간으로 이동시 사용자 에이전트는 자신의 소유자를 대신하여 공간을 관리하는 루트 에이전트와의 인증 작업을 수행한다. 루트 에이전트는 사용자 에이전트로 부터의 정보 전송 허가를 획득하여 개인 프라이버시를 보호할 수 있는 정보 교환의 수행을 고려할 수 있다(그림 4).

다음으로 스마트 공간 환경의 모델링을 고려해 보면, 각각의 공간에 존재하는 물리적 장치들에 대하여 에이전트 커뮤니티 구조로 접근하여 모든 사물에 대해서 지능적인 서비스 수행한다. 이 구조는 그림 5의 예제와 같이 다수의 에이전트들로 물리적 환경을 맵핑하였다.

각 서비스 에이전트들은 자신의 고유 ID 및 제공 서비스에 대한 정보가 정의되어져 있으며 이러한 정보는 각 공간을 관리하는 루트 에이전트에 등록된다. 루트 에이전트는 전달받은 컨텍스트 정보 및 프로파일 정보를 바탕으로 하여 해쉬(Hash) 테이블에 등록되어진 에이전트들이 제공하는 서비스 정보를 참조한다. 그리고 추출된 정보의 의미 파악을 통하여 특정 서비스를 수행하기 위하여 서비스를 계획하거나 필요한 에이전트들을 선택적으로 구성하는 중재자 역할을 한다.

5. 사용자 프로파일기반 개인화 서비스

인터넷의 발전과 더불어 정보의 양이 무한대로 증가하게 되면서 사용자의 욕구에 맞는 정보를 추출하여 제시하도록 하는 개인 맞춤형 서비스 제공을 위한 방안이 연구되어 왔다. 유비쿼터스 응용 서비스의 가장 큰 특징 중 하나는 개개인의 사람마다 모두 다른 개인화된 서비스를 제공한다는 것에 있다. 사용자는 사용자의 이름이나 성별, 기존 활동 내역 등의 변하지 않는 고정된 특성과 현재의 사용자의 상태(위치, 기호도, 감정 등)를 나타내는 동적인 특성을 통해 모델링 될 수 있으며 이러한 프로파일 정보의 분석을 통해 개인화 서비스를 제공한다. 사용자의 정보는 사용자란 객체에 대한 현재의 상황으로 정

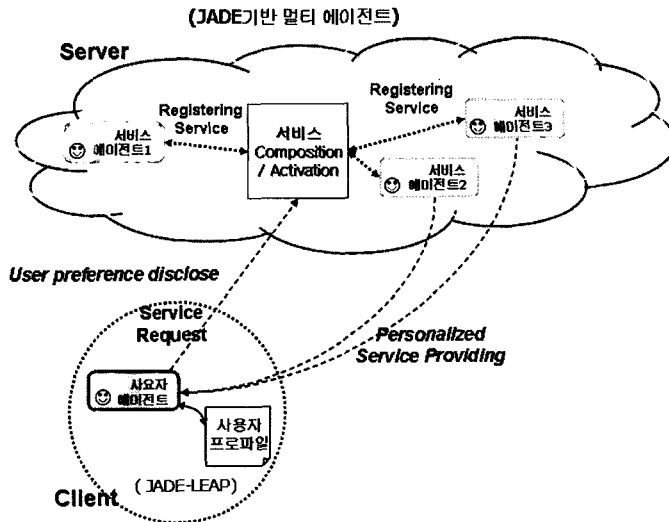


그림 4 사용자 환경 및 스마트 공간 모델

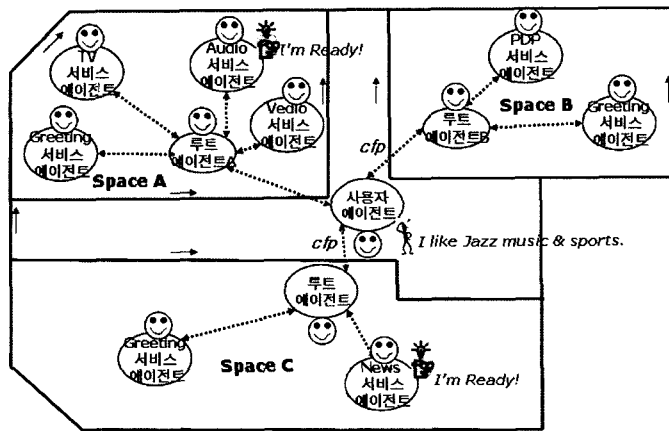


그림 5 스마트 공간내의 에이전트 맵핑

의될 수 있으며 이러한 상황에 따라 개인화 서비스를 제공해 주는 개체는 사용자 에이전트라 분류될 수 있다.

사용자 에이전트는 사용자의 현재 상황을 정확하게 파악하고 이를 지속적으로 유지하며 사용자가 필요로 하는 서비스를 사용자가 직접 요구하지 않더라도 지능적으로 제공해주는 기능을 한다. 모든 사용자의 선호도에 따른 서비스 결과가 항상 만족스러울 수는 없으므로 선호도의 우선순위나 볼륨, 조명과 같은 서비스제공에 따른 배경속성들을 고려한다. 추후 한번 만들어진 프로파일은 지속적인 기계학습을 통하여 사용자의 관심 영역과 특성을 반영한 최신의 사용자 프로파일을 유지하도록 하여야 하며 사용자의 관심 여부에 맞추어서 따라서 각각의 에이전트가 반응하는 지능형 지식 서비스를 수행하도록 하여 장치 및 동작 모드를 자동적으로 결정한다.

본 논문에서는 그림 6과 같이 사용자에게 개인 신상, 관심 분야, 선호도 등에 대한 몇 가지 질문을 통한 선호도 여부를 입력받을 수 있도록 간단한 인터페이스를 구현하여 초기 프로파일을 구성할 수 있도록 하였다. 좋아하는 영화나 음악 장르, 취미와 같은 경우 그 사람에 몇 가지 질문을 거치는 것을 통해 그 사람에 대한 관심정보가 프로파일로 구성되어 저장되며 사용자 에이전트는 이렇게 수집된 사용자의 선호도 정보를 바탕으로 알맞은 서비스를 추천 혹은 제공하는 역할을 한다.

6. 구현

본 논문에서 제안한 멀티 에이전트 기반 구조는 개인화 서비스 구현에 대한 작업 수행 검증을 위하여 가상 시뮬레이터를 구현하였다. 그림 7은 사용자가 스마트

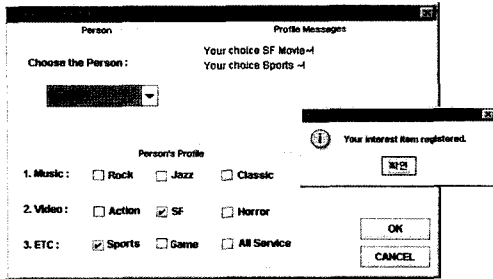


그림 6 사용자 프로필 인터페이스

공간 영역에 들어 왔을 경우 시간의 흐름에 따른 에이전트간의 상호작용에 대하여 나타낸 것으로서 하나의 시나리오에 대한 작업수행 흐름을 살펴보면 그림 7과 같다.

- ① 시스템 수행을 위한 신원이 확인된 사용자는 자신의 이동기기에 관심 항목 정보를 저장하여 관심 프로필을 구성한다.
- ② 사용자의 위치 정보를 통하여 특정 서비스 공간에 들어서면 사용자 에이전트와 서비스 공간의 관리 에이전트사이의 통신 연결이 이루어지며 서비스 이용 여부에 대한 확인 메시지를 전송한다. 각 공간의 물리적 장치를 담당하는 서비스 에이전트들은 자신의 신분과 제공 서비스에 대하여 공간 관리 에이전트에 등록되어 있다.
- ③ 사용자가 서비스 이용 여부를 허가하면 현재 지역의 이용 가능한 서비스 리스트 항목이 전송되며 사용자 에이전트는 관심 프로필 정보 및 현재 컨텍스트

정보 메시지를 전송한다.

- ④ 공간관리 에이전트는 수신된 정보를 파악하여 목적 서비스에 대한 계획에 따라서 물리적 장치를 담당하는 에이전트들에게 메시지를 보내어 장치를 구동시킨다.
- ⑤ 서비스가 수행되면 최종 수행 정보에 대하여 사용자에게 알린다.

그림 8은 구현된 시뮬레이터 이미지를 나타내고 있다. 스마트 공간에 사용자가 들어가는 것을 가정하여 사용자의 이동은 키보드 또는 마우스 클릭을 통한 이미지 아이콘의 움직임에 나타낸다. 공간이동함에 따른 사용자 환경에 대한 정보 메시지와 실제 서비스 수행 여부에 대하여 확인하기 위하여 사용자 영역과 스마트 공간 영역을 구분하였다. 이동 시에 현재 위치에 대한 좌표 값 및 현재 시간 정보가 나타나며 사용자의 서비스 수행 허가가 확인되면 사용자 에이전트는 사용자의 ID, 현재 Location, X좌표, Y좌표에 대한 정보를 사용자의 관심 프로필 정보를 주기적으로 수신하고 있으며 이러한 정보는 각 공간의 루트 에이전트에게 ACL 메시지로 전달한다. 루트 에이전트는 가지고 있는 규칙을 이용해서 ACL 메시지에 대한 서비스 계획(plan)을 만들고, 해당하는 서비스 에이전트가 서비스를 수행할 수 있도록 서비스 설명(description)을 ACL의 내용으로 담아 Communication Acts가 Request 형태인 ACL 메시지를 만든다. 다음 예는 루트 에이전트가 Audio 에이전트에게 사용자 에이전트로부터 받은 정보와 상황을 통하여 추천된 결과인 사용자가 선호하는 음악을 요청하는 규칙이다.

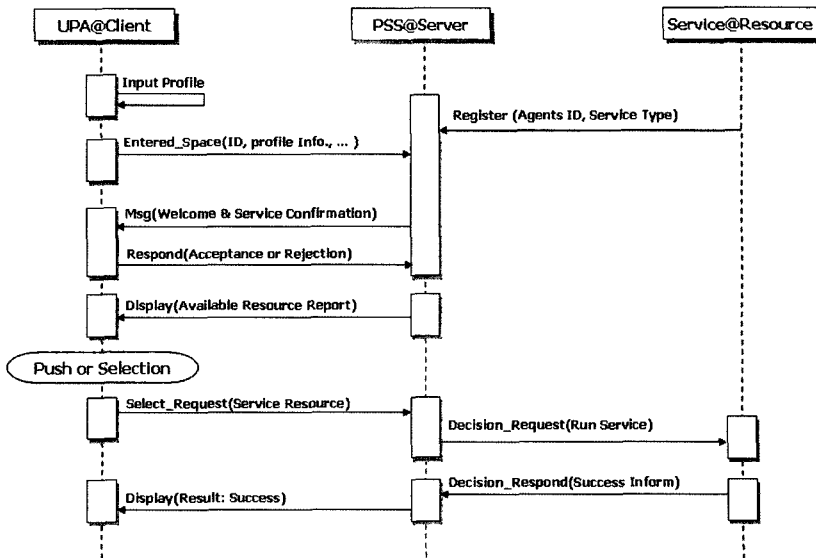


그림 7 작업 수행 흐름도

```
(defrule audio-agent-call
  (plan-is-to returning play ?music ?loc)
  (Agent (name Root) (aid ?sender))
  (Agent (name Audio) (aid ?receiver))
  =>
  (assert (ACLMessage (communicative-act
    REQUEST)
    (sender ?sender)
    (receiver ?receiver)
    (content (str-cat "(task play " ?music " "
      ?loc ")")))))
)
```

본 논문에서는 사람과 사물의 현재 상황과 위치정보를 바탕으로 적절한 서비스를 추천하기 위해서 다중 에이전트 JADE 플랫폼과의 연동이 쉬운 Java 언어 기반의 규칙 기반 Jess(Java Expert System Shell)[14] 추론엔진을 사용하였다. 그리고 위와 같은 선언적인 규칙의 형식을 지닌 지식(즉 fact와 rule)들을 정의하여 추론이 가능한 시뮬레이터를 구현하였다.

그림 8의 시뮬레이터에서 PDA 이미지가 서비스 도메인 영역에 들어가면 사용자 에이전트는 좌표정보에 따라 각 영역을 관리하는 에이전트와의 커뮤니케이션이 이루어진다. Space A 영역을 관리하는 루트 에이전트는 환영 인사 서비스를 담당하는 greeting 서비스 에이전트에 구동 메시지 전송과 함께 현재 자신의 관리 영역

에 존재하는 서비스 이용 가능한 장치 리스트를 사용자에게 디스플레이 한다. 현재 사용자의 프로필 정보에 체크되어진 관심 항목의 우선순위에 따라서 음악 서비스 장비를 관리하는 Audio 서비스 에이전트에게 구동 메시지를 전송하여 사용자의 최종 승인을 기다린다.

서비스 수행과정도중 에이전트 영역에서의 올바른 메시지 송수신이 이루어졌는지 확인한다. 그림 9는 JADE에서 제공하는 컴포넌트의 일부인 Sniffer 에이전트를 이용하여 각 공간을 구성하는 에이전트간의 협업적 작업 수행과정에서 올바른 메시지가 교환이 이루어졌음을 확인한 결과이다.

사용자의 프로필 설정에 따라 사용자가 A->B->C의 공간으로 이동시에 각 공간을 관리하는 에이전트는 자신에게 등록되어 있는 서비스 수행 목록을 바탕으로 선택적으로 필요한 에이전트에게만 메시지를 송신하여 서비스 계획에 따른 수행을 나타내고 있다.

7. 결론 및 향후 연구

본 논문은 사람의 위치 이동에 따라 빠르게 변화되는 동적 환경에서 사용자의 관심정보를 바탕으로 요구에 가장 근접한 서비스의 탐지 방법과 지능형 에이전트 간의 의미적 메시지 교환을 통하여 스마트한 자율적 서비스 수행 방안을 제안한다. 물리공간의 사용자가 공간을 이동하여 서비스 공간에 진입하였을 때 특정 자원에 관하여 동적으로 변화하는 정보를 제공받는다. 이 방법은 물리적 공간과 에이전트가 존재하는 제3의 공간이 통합

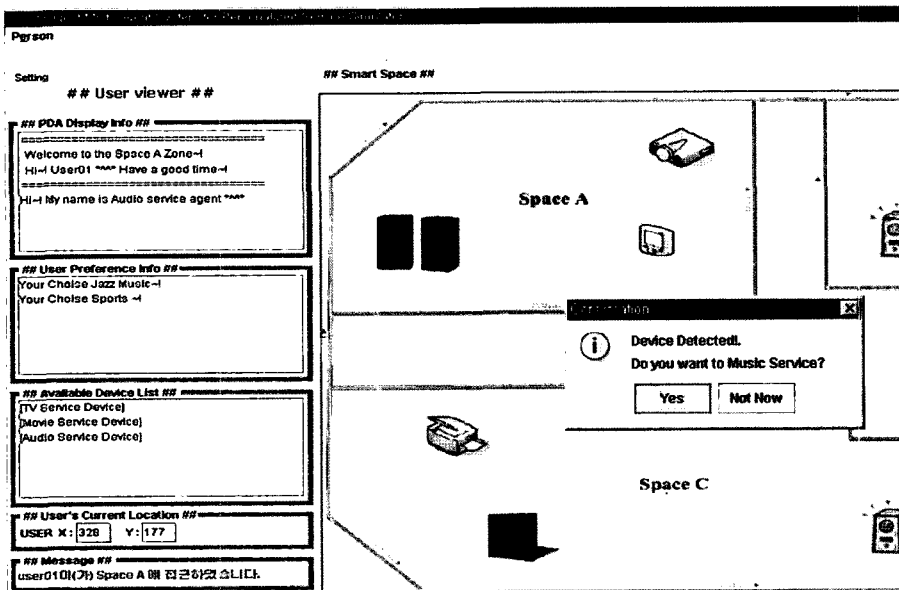


그림 8 시뮬레이터

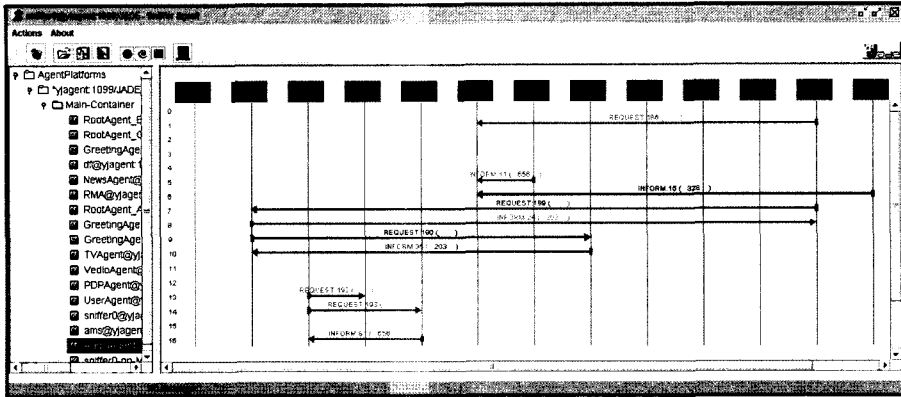


그림 9 에이전트간의 메시지 교환 확인

되어 유비쿼터스 서비스를 가능하게 한다. 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 사용자의 행위를 분석하여 요구되는 서비스를 제공하기 위해서 사용자 프로파일을 모바일 장치에 탑재하고 에이전트가 개인의 선호도를 분석하고 추론하여 서비스 할 수 있도록 하였다. 또한 모든 공간의 디바이스를 공유함으로써 침해될 수 있는 프라이버시 문제를 사용자 프로파일의 컨텍스트 정보를 사용하여 자원의 공유를 제한하였다. 본 연구는 분산 멀티 에이전트 프레임워크 기반의 분산 에이전트 커뮤니케이션을 통해서 일반 응용 프로그램의 집합으로는 해결할 수 없는 복잡한 문제를 에이전트간의 협력적인 방법으로 해결하였다. 향후 연구에서는 보다 정확한 사용자 관심도를 반영하기 위하여 학습 알고리즘을 이용한 시간의 흐름에 따라 변화되는 사용자 관심 프로파일링과 에이전트 사이의 체계화된 지식 공유를 수행하여 스마트 공간의 효율적인 동적 자원 관리 및 컨텍스트 리스닝(context reasoning)을 통한 부적절한 상황판별 등을 수행한다. 따라서 실제 환경의 다양한 변화에 에이전트가 능동적으로 대처하도록 하여 보다 지능화된 개인화 서비스 계획이 이루어지도록 연구한다.

참고 문헌

[1] Harry Lik Chen, "An Intelligent Broker Architecture for Pervasive Context-Aware Systems," University of Maryland, 2004.
 [2] Martin Griss et al., "CoolAgent: Intelligent Digital Assistants for Mobile Professionals - Phase 1 Retrospective," Hewlett-Packard Labs, June, 2002.
 [3] Foundation for Intelligent Physical Agent, "FIPA ACL Message Structure Specification," 2002.
 [4] Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org>
 [5] Fabio Bellifemine et al., "JADE ADMINISTRATOR'S GUIDE," January 2005.

[6] Giovanni Caire, "LEAP USER GUIDE," TILAB, 2003.
 [7] Harry Lik Chen et al., "Intelligent agents meet semantic web in smart meeting room," In proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi-Agent Systems, July 2004.
 [8] B. Brumitt et al., "EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments," 2000.
 [9] HP Cooltown project, <http://www.cooltown.com>.
 [10] MIT Media Lab (Think that think), <http://ttt.media.mit.edu/>.
 [11] MIT Project Oxygen, <http://oxygen.lcs.mit.edu/>.
 [12] 최정화, 박영택, "유비쿼터스 시스템을 위한 시맨틱 다중 에이전트," 정보과학회 논문지: 소프트웨어 및 응용, 32권 3호, pp. 192-201, 2005.
 [13] Tim Finin, "KQML as an agent Communication Language," University of Maryland, September, 1997.
 [14] Maarten Menken, "Jess Tutorial," Vrije Universiteit, Amsterdam, December 24, 2002.



최 정 화
 2004년 2월 숭실대학교 정보과학대학 컴퓨터학부 졸업(학사). 2006년 2월 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 졸업(석사). 2006년 3월~현재 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 시맨틱 웹, 온톨로지 추론, Semantic Annotation, 다중 에이전트 시스템 등

최 용 준
 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 34 권 제 6 호 참조

박 영 택
 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제 34 권 제 6 호 참조