

가상공학 서비스를 위한 유비쿼터스 및 상황인식 컴퓨팅 프레임워크

이재열*, 서동우**, 김 현***, 김광수****

A Framework for Supporting Virtual Engineering Services Using Ubiquitous and Context-Aware Computing

Lee, J. Y.*, Seo, D. W.**, Kim, H.*** and Kim, K. S.****

ABSTRACT

Context-aware engineering services in ubiquitous environments are emerging as a viable alternative to traditional engineering services. Most of the previous approaches are computer-centered rather than human-centered. In this paper, we present a Ubiquitous and Context-Aware computing Framework for collaborative virtual Engineering (U-CAFÉ) services. The proposed approach utilizes BPEL-based (Business Process Execution Language) process templates for engineering service orchestration and choreography and adopts semantic web-based context-awareness for providing human-centered engineering services. The paper discusses how to utilize engineering contexts and share this knowledge in support of collaborative virtual engineering services and service interfaces. The paper also discusses how Web services and JINI (Java Intelligent Network Infrastructure) services are utilized to support engineering service federations and seamless interactions among persons, devices, and various kinds of engineering services.

Key words : Virtual engineering, Business process management, Web services, JINI, Semantic web, Context-aware and ubiquitous computing, Topic Map

1. 서 론

인터넷은 잠재적 서비스의 네트워크이며 서비스 체인들로 이루어진 복잡한 시스템이다. 인터넷 기반의 CAX(Computer-Aided Applications, CAD/CAM/CAE) 도구들은 분산된 제품 개발 환경하에서 다양한 가상공학 서비스를 제공하며, 이를 통해 또 다른 종류의 가상공학 서비스를 창출시킬 수 있다^[1-6]. 또한, 유비쿼터스 및 상황인식 컴퓨팅 기술의 발전으로 디바이스, 소프트웨어, 에이전트 서비스, 가상공학 서비스들이 사용자의 필요와 의도를 예상하고, 서비스를 위하여 협상을 하고, 사용자의 행동에 기반하여 언제 어

디서나 다양한 디바이스간의 연동을 통하여 상황에 가장 적합한 서비스를 제공할 수 있게 되었다^[7-12].

상황인식기반 서비스 제공 시스템은 상황에 따라 사용자의 작업과 관련된 적절한 정보 또는 서비스를 사용자에게 제공해줄 수 있는 컴퓨터 시스템이다. 상황은 장소, 장소의 환경적인 속성 그리고 장소에 동시에 존재하고 있는 사람들, 관련된 디바이스에 대한 정보를 의미한다. 또한 상황인식 컴퓨팅은 현실공간과 가상공간을 연결하여 가상공간에서 현실의 상황을 정보화하고 이를 활용하여 사용자 중심의 지능화된 서비스를 제공하는 기술이다^[7,10]. 상황인식 컴퓨팅은 일반적으로 지능을 가진 미팅 공간, 지능형 로봇, 편리한 생활을 위한 스마트 공간을 구현하기 위한 리빙룸과 같은 분야에서는 대중적으로 이용되고 있지만, 유비쿼터스 환경에서 가상공학 서비스의 통합과 협업을 지원하기 위한 연구는 거의 이루어지지 않은 상태이다^[7,12].

기존의 몇몇 연구에서는 컴퓨터 네트워크 지향의

*교신저자, 종신회원, 전남대학교 산업공학과

**전남대학교 산업공학과

***종신회원, ETRI 소프트웨어로봇연구팀

****종신회원, 포항공과대학교 산업경영공학과

- 논문투고일: 2005. 05. 10

- 심사완료일: 2005. 08. 04

설계와 제조 서비스를 이용한 협업제품 개발 환경을 제시하였다. Sobolewski는 동시공학 환경하에서 연합화된 P2P 서비스를 제시하였다^[2]. Kim 등은 기업간 제품 정보 통합을 위한 프레임워크를 제시했다^[3,4]. Lee 등은 분산환경하에서 파트 및 어셈블리 모델링을 지원하는 가상모형 개발 방법론을 제시하였다^[5,6]. 하지만 이러한 방법들은 자료중심(혹은 단위중심)의 엔지니어링 어플리케이션 통합에 초점을 두고 있다. 통합 플랫폼으로써 가상공학 서비스의 가능성을 최대화시키기 위해서는 어플리케이션과 엔지니어링 프로세스들이 표준화된 프로세스 모델을 이용하여 그들의 복잡한 상호작용을 통합할 수 있을 때 성취될 수 있다^[3,6]. 이를 위하여 프로세스 중심의 가상공학 서비스 제공 방법에 관한 연구결과도 있었다^[3]. 하지만, 대부분의 연구결과는 유비쿼터스 환경하에서 컴퓨터 중심의 서비스를 제공하지 인간중심의 서비스를 제공하지는 못했다.

본 논문은 협업적 가상공학 서비스를 지원하기 위한 유비쿼터스 및 상황인식 컴퓨팅 프레임워크를 제시한다. BPML기반의 엔지니어링 프로세스 템플릿을 이용하고 시멘틱 웹 기반의 상황인식 관리와 추론방법을 적용한다. 프로세스 템플릿은 등록된 가상공학 서비스들의 연합을 구성한다. 특히, 동적이고 협업적인 제품 개발 환경이 수행될 수 있도록 도구, 오퍼레이션, 지식 베이스의 연합이 가능하도록 한다. 사용자 중심의 가상공학 서비스를 지원하기 위한 지식 및 상황을 관리하며, 이를 기반으로 사용자의 상황에 가장 적합한 서비스와 정보를 제공할 수 있다. 또한, 토픽 맵(Topic Map)을 이용하여 가상공학 서비스와 관련된 상황을 어떠한 방식으로 추론하고 관리할 수 있는지에 대해서도 논의한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 U-CAFÉ 프레임워크를 살펴본다. 제3장은 유비쿼터스 및 상황인식 컴퓨팅 환경하에서 가상공학 웹서비스 실행에 관해서 설명하고, 제4장에서는 U-CAFÉ 시스템 구현에 대해서 설명하고, 제5장에서 결론을 맺는다.

2. U-CAFÉ 개요

본 논문의 주된 목적은 유비쿼터스 환경하에서 상황인식기반 가상공학 서비스를 지원하는 아키텍처를 제시하는 것이다. Fig. 1은 상황인식기반 가상공학 서비스 제공을 위한 인프라구조를 보여주고 있다. 인터넷과 웹 상에서 다양한 가상공학 서비스를 제공할 수 있도록 가능한 한 표준화된 서비스 제공방법을 적용

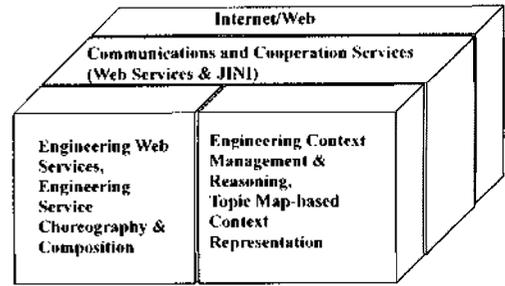


Fig. 1. Infrastructure for context-aware engineering services.

한다. 특히, 통신 및 협업을 위한 기반 기술로 웹서비스와 지니기술을 함께 이용한다^[5,8]. 이 기술들은 다양한 종류의 가상공학 서비스와 디바이스간의 유연하고 손쉬운 커뮤니케이션을 지원할 수 있다.

우선 각각의 가상공학 서비스는 웹서비스 컴포넌트로 랩핑(Wrapping)된다. 또한, 웹서비스 컴포넌트들을 조합 및 연합하여 새로운 가상공학 서비스를 제공할 목적으로 BPML을 이용하여 모델링하고 실행한다^[8]. 한편, SUN Microsystems의 지니서비스 기술은 작은 디바이스로부터 엔터프라이즈의 규모에 이르기까지 여러 장치에서 엔지니어링 어플리케이션과 서비스를 네트워크 컴포넌트로 생성하는데 이용된다.

특히, 지니기술은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 코드 이동성: 자바 프로그램 모델을 네트워크로 확장한 것이다. 자바의 GUI와 같은 자바 객체 인스턴스가 네트워크를 거쳐서 다른 디바이스로 이동한 후 인스턴스로 즉시 이용 가능하다.
- Leasing: 지니 커뮤니티는 스스로 치유한다. 네트워크 상에서 서비스들의 복잡한 이동 및 변화에 동적으로 적응할 수 있다.
- 유연한 통합성: 추가된 네트워크 컴포넌트와 기존의 컴포넌트 간의 쉽고 빠른 통합이 가능하다. 지니서비스 사용자는 서비스 구현에 관해 사전지식이 필요하지 않아 어떠한 설정도 사용자의 간섭 없이 서비스를 동적으로 로드하고 추가하기만 하면 된다.

하지만, 지니서비스는 BPML과 같은 표준화된 프로세스 표현방법이 지원되지 않는다. 따라서, 본 연구에서는 가상공학 서비스 표현 및 연합은 웹서비스를 활용하고, 사용자, 디바이스, 가상공학 서비스의 동적인 상호작용은 지니기술을 이용한다. 즉, 두 기술의 장점을 살리고 단점을 서로 보완할 수 있도록 설계되었다.

토픽맵을 이용하여 명시적인 가상공학 서비스 상

황을 표현함으로써 상황에 적합한 서비스 환경을 제공할 수 있다^{16,17}. 사용자, 디바이스, 다양한 형태의 가상공학 서비스 들간의 동적인 상황 맵을 표현하는데 이용된다. 이외에도, 토픽맵을 사용하는 또 다른 이유는 PSI(Published Subject Indicator) 기반의 다수의 상황들의 병합, 영역(Scope) 표현에 따른 특정 상황의 다중 관점 제공과 상황의 질의와 추론 때문이다¹⁶.

Fig. 2는 이러한 인프라구조를 기반으로 한 유비쿼터스 가상공학 서비스 프레임워크(U-CAFÉ)를 도시하고 있다. U-CAFÉ는 1) Communication & Cooperation Layer (C&C Layer), 2) E-Service Layer, 3) E-Context Layer의 세가지 레이어로 구성이 된다. C&C Layer는 상황인식 장치들(혹은, 서비스 요청자)과 가상공학 서비스 제공사 사이의 상황인식을 위한 양방향 커뮤니케이션을 제공해준다. C&C Layer는 이용 가능한 서비스들을 위한 추상적인 레이어를 제공해주는 여러 개의 가상공학 서비스들로부터 클라이언트를 캡슐화한다. E-Service Layer 는 서비스 전송 및 연합을 위한 브로커로서 프로세스 템플릿을 통한 동적인 서비스 연합과 동적 바인딩을 제공한다. 우선, 웹 서비스의 랩핑을 통하여 각 가상공학 서비스는 엔지니어링 서비스 저장소(Repository)에 등록된다. E-Context Layer는 장치, 사람, 환경과 같은 여러 자원들로부터 획득한 상황을 관리한다. 게다가 Context

Broker는 토픽맵으로 표현되어 있는 상황을 추론하고 질의한다. 따라서, 서비스 요청자 또는 모바일 장치들은 주어진 상황에 가상 타당한 가상공학 서비스를 받을 수 있게 된다.

예를 들면, 사용자가 유비쿼터스 및 상황인식 환경에서 PDA 또는 모바일 장치를 이용하여 공개된 인터페이스를 통하여 가상공학 서비스를 호출했을 경우 Context Broker를 통하여 E-Service Broker에 적절한 상황을 위한 서비스 요청이 전달된다. E-Service Broker는 적당한 가상공학 서비스 템플릿을 검색하고 매칭하는 작업을 수행한다. 이 시점에서 장치, 장소, 사람과 관련된 상황이 발견되고 상황 저장소에 저장된다. 프로세스 템플릿이 발견되면 브로커는 가상공학 서비스가 실행가능 하도록 프로세스 내의 각각의 액티비티 들을 검색하고 바인딩한다. 요청된 가상공학 서비스가 성공적으로 수행되면 서비스 요청자는 상황 추론과 질의에 따라서 PC나 PDA에서 재검토하고 분석할 수 있다.

3. 상황인식 기반 가상공학 서비스

3.1 가상공학 서비스 연합과 실행

가상공학 서비스 연합은 표준화된 프로토콜간의 단순한 상호작용 수행 능력 이상의 기능을 필요로 한다. 올바른 연합은 어플리케이션과 엔지니어링 프로

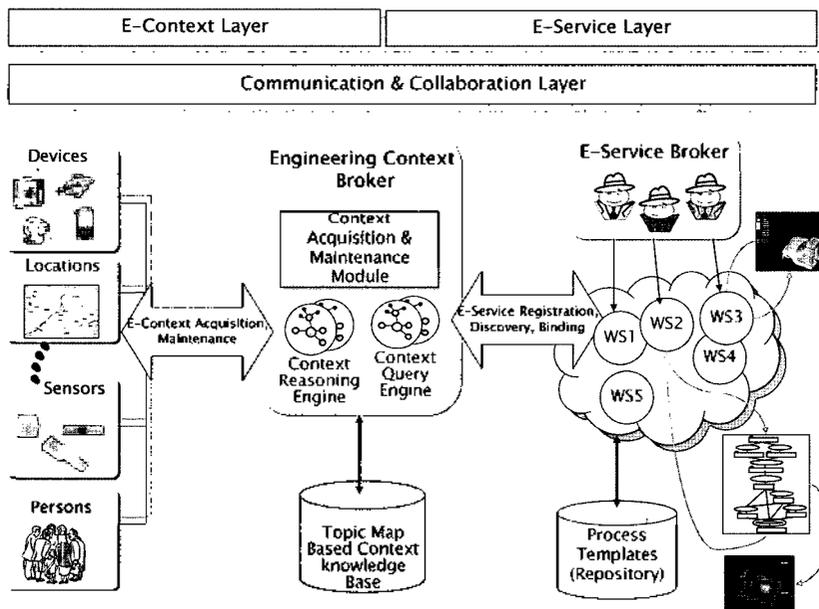


Fig. 2. Conceptual implementation of U-CAFÉ.

세스들이 표준화된 프로세스 통합 모델을 이용하여 그들의 복잡한 상호작용을 통합할 수 있을 때 성취될 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 BPEL 기반의 엔지니어링 프로세스 템플릿을 이용한 엔지니어링 어플리케이션과 프로세스의 통합을 실현한다. BPEL 기반의 엔지니어링 프로세스 템플릿은 새로운 가상공학 서비스를 제공하기 위하여 기존의 서비스를 연합하는데 사용된다.

BPEL 프로세스 모델은 플로우 기반의 구조가 표현되어 프로세스 구동시에 프로세스 모니터링이 가능하며, 느슨한 결합에 따른 프로세스 수행 시에 생길 수 있는 예외처리와 실패에 대한 보상(Compensation)을 지원한다. 또한 이미 만들어져 있는 비즈니스 내외부의 컴포넌트들을 조합하여 사용할 수 있는 기반 기술이므로 컴포넌트들의 재사용을 용이하게 하여 시스템의 라이프 사이클을 늘일 뿐만 아니라, 프로세스 모델링을 하는 것만으로도 비즈니스 프로세스를 곧바로 구동시킬 수 있는 장점을 지닌다. 비즈니스 프로세스를 웹기반 서비스 컴포넌트로 인식해 보면, 중심이 되는 BPEL 프로세스는 추상적인 모델이며, 비즈니스 프로세스를 구성하는 개별 액티비티는 실제로 다른 비즈니스 프로세스 컴포넌트를 호출함으로써 수행된다.

Fig. 3에서 볼 수 있듯이 새로운 가상공학 웹서비스 인스턴스가 생성이 되면 WSDL(Web Service Description Language) 또는 토픽맵 명세서를 UDDI(Universal Description, Discovery and Integration)에 등록을 한다. 등록된 프로세스 템플릿은 엔지니어링 프로세스 저장소에 저장이 된다. 서비스 요청이 있을 경우, E-Service Broker는 서비스 저장소로부터 적절한 프로세스 템플릿을 검색한 후 실행가능한 프로세스를 구성하고 구성된 프로세스를 BPEL기반의 프로세스 실행 엔

진에 연동한다. 마지막으로, 서비스 요청자는 자신의 상황에 가장 적합한 서비스를 받게된다. 프로세스 템플릿과 E-Service Broker에 대한 내용은 참고문헌 13에 자세히 기술되어 있다.

3.2 가상공학 서비스 관련 상황관리

가상공학 서비스 관련 상황을 시멘틱형 표준언어로 표현함으로써 서비스에 관한 명확한 질의와 추론이 가능하여 서비스 요청자의 상황에 가장 적절한 서비스 또는 정보를 제공할 수 있다. 이를 위해 상황 관련 인프라구조는 여러 개의 컴포넌트가 상호 협력하는 형태로 구성되어 있다(Fig. 2 & 4 참조). 상황 획득 모듈은 PDA, 휴대폰, RFID, 블루투스 관련 센서와 같은 어플리케이션으로부터 상황을 획득한 후 이를 지식베이스에 저장한다. 또한, 사용자 상황과 E-Service broker가 제공할 수 있는 E-Service의 상황도 함께 저장한다.

상황 지식베이스는 저장된 상황에 대한 다양한 질의와 추론이 가능한 인터페이스를 제공한다. 본 연구에서는 이를 위해서 Topic Map Query Language (TMQL)를 이용하였다. 토픽맵이란 정보자원들을 상호 연관성에 따라 연결하고 조직하여 지식 구조를 기술할 수 있도록 제정된 ISO 표준이다. 토픽맵은 대용량의 미구조화되고 비조직화된 정보를 분류하고 구조화하여 의미론적인 연관관계를 설정할 수 있는 모델을 제시하고 있으며 원하는 지식을 쉽고 정확하게 찾을 수 있는 맵을 제시한다. 토픽맵 모델은 토픽(Topic), 연관관계(Association), 어커런스(Occurrence)의 기본요소로 구성된다. 무엇보다도, 토픽맵은 표준화된 모델이며 표준화된 질의언어가 있다. 자세한 내용은 참고문헌 16에 기술되어 있다.

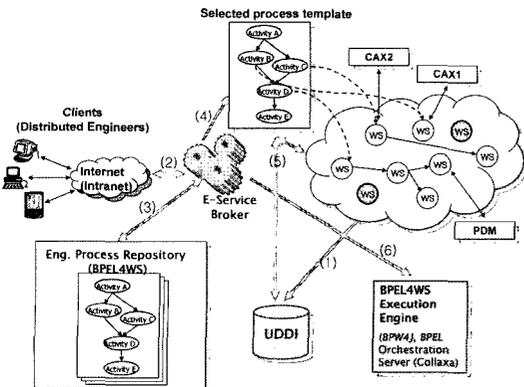


Fig. 3. Process templates and E-service broker.

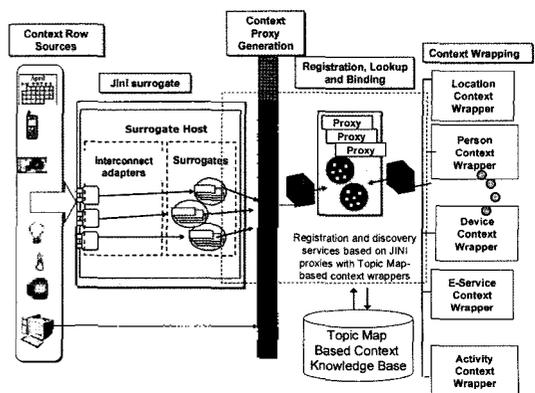


Fig. 4. Context acquisition and maintenance.

3.3 상황획득 및 유지 서비스

상황획득 및 유지 모듈(Context Acquisition & Maintenance Module)은 이기종의 분산된 다수의 상황소스(Context Raw Source)로부터 상황을 획득한 후 관리한다. 이 모듈은 가상공학 서비스 관련 상황정보의 등록(Registration), 확인(Lookup), 검색(Discovery)을 지원한다. 이를 효과적으로 지원하기 위해서 상황을 3단계로 관리한다: 1) 상황별 프락시(Proxy) 생성, 3) 사람, 디바이스 및 E-Service간의 상황 클러스터(Cluster) 생성, 2) 토픽맵기반 통합된 가상공학 서비스를 위한 상황 병합.

각 상황별로 효율적인 검색과 관리를 지원하기 위해서 등록된 각 상황은 상황랩핑(Context Wrapping) 과정을 거친 후 지니 프락시(Proxy) 형태로 관리된다. 또한, 각 프락시별로 토픽맵기반의 랩퍼(wrapper)가 동적으로 생성되는데 이는 지니기반의 검색과 질의 기능에 부가적으로 시맨틱 기반의 검색을 효과적으로 지원하기 위해서나. 또한, 효과적인 유비쿼터스 가상공학 서비스를 지원하기 위해서 사람, 사람이 소유하고 있는 디바이스, 사람이 요청한 E-Service간의 상관관계를 계층적으로 관리한다(Fig. 5 참조). 즉, 개인별로 여러 개의 디바이스를 소유하고 있을 수 있고, 여러 개의 가상공학 서비스를 요청할 수 있다. 또한 가상공학 서비스는 여러 사람으로부터 요청받을 수 있다. 마지막으로, 모든 상황들간의 상관관계는 토픽맵기반 지식베이스에서 모든 프락시와 클러스터 별로 관리되는 상황을 토픽맵 병합(Merging) 과정을 통해서 유지 및 관리된다(Fig. 6).

특히, 프락시 랩핑과정은 각 상황이 보유하고 있는 속성들을 토픽맵 어댑터를 통해 객체화한 후 이들 지

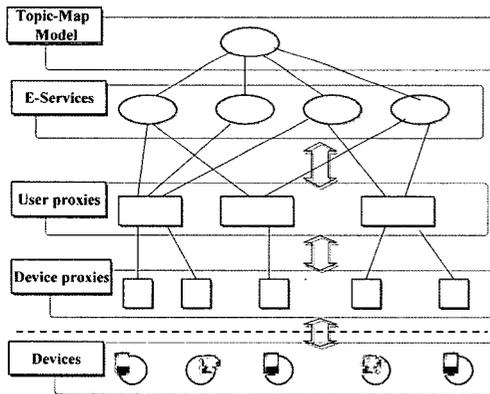


Fig. 5. Hierarchical representation for systematically managing context relationships among E-services, users, and devices.

니 프락시 검색 속성(Discovery Attribute)과 연결하여 지니 서비스 네트워크에 등록한다. 각 프락시에는 토픽맵기반의 상황랩퍼가 생성되는데, 위치, 사람, 디바이스, E-Service 별로 적합한 토픽맵기반의 랩퍼가 생성된다. 각 프락시별 검색, 서비스, 연관관계는 이 랩퍼를 통해서 쉽게 이루어진다. 하지만, 동적인 상황들간의 통합된 시맨틱 관계는 상황지식베이스를 통해서 관리된다. 결론적으로 이렇게 3가지 형태로 상황이 관리되는 이유는 상황이라는 것은 주위 환경에 민감하여 다중적인 변을 가지고 있기 때문에 사용자, 디바이스, 그리고 E-Service 다차원적인 관점을 표현할 수 있어야 하고, 사용자측에서는 이러한 시맨틱 상황을 계층적으로 관리함으로써 가상공학 서비스관련 지식공간을 보다 효과적으로 모니터링 및 검색을 할 수 있어야 하기 때문이다.

U-CAFÉ 상에서 상황소스들은 지니기반의 상황객체가 만들어지며 이들간의 상호작용은 지니네트워크 상에서 이루어진다. 하지만, 특정 장치나 센서 등에서 하드웨어 또는 소프트웨어적인 제약으로 인하여 지니 네트워크에 접근할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 지니 서비스가 작동할 수 없는 상황들도 지니 네트워크 서비스가 실현될 수 있도록 각 상황별로 지니 서비스에 접근가능한 대행자(Surrogate)를 구현하였다(Fig. 4 참조). 지니 대행자는 상황별로 독립적인 서비스를 제공하며 퍼베이시브(Pervasive)환경에서 Plug-and-work들을 실현해준다^[18]. 예를들면, PC는 지니 서비스가 쉽게 지원이되지만, PDA같은 장치는 하드웨어 및 소프트웨어 제약때문에 지니 서비스가 직접 지원이되지 않으므로 이를 효과적으로 지원하기 위해서는 지니대행자가 생성되어야만 한다. 따라서, 상황에 따른 지니 대행자를 생성시킴으로써 직·간접적으로 모든 상황객체가 지니 서비스 네트워크에 공존할 수 있다.

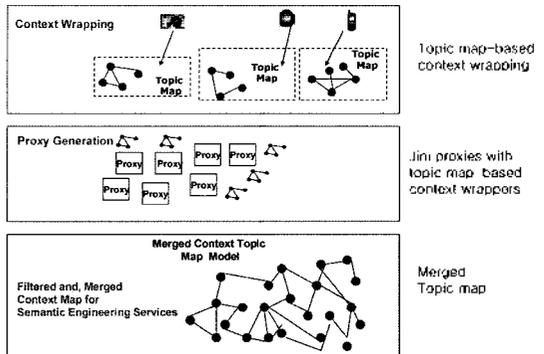


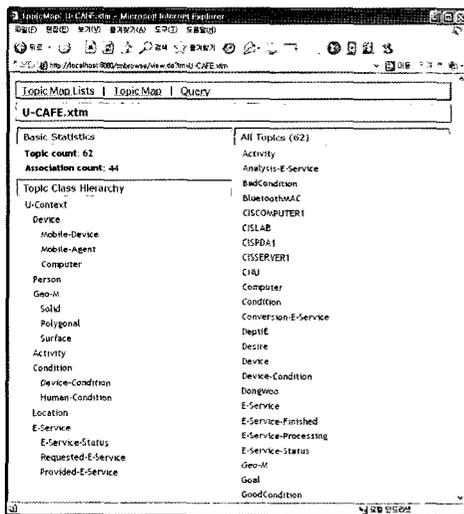
Fig. 6. Topic map-based context merging.

3.4 가상공학 서비스를 위한 토픽맵 기반 상황 검색 및 추론

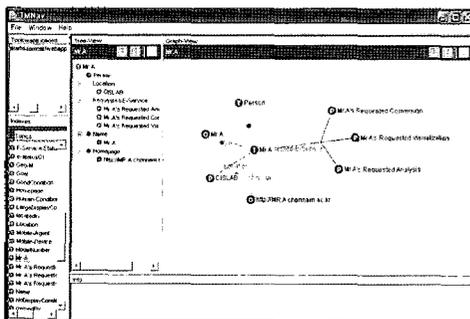
본 절에서는 보다 효과적으로 가상공학 서비스를 지원하는 상황질의 및 추론에 대해서 논의한다. 본 연구에서 사용된 토픽맵 기반의 가상공학 서비스 시멘틱 웹은 Fig. 7에 도시되어 있다. 최상위 노드를 나타내는 U-Context 토픽과 디바이스(Device), 사람(Person), 기하모델(Gct-M), 활동(Activity), 상태(Condition), 가상공학서비스(E-Service) 등의 지식 노드들로 구성되어 있다. Fig. 7(b)는 토픽타입이 Person인 Mr.A 토픽 및 관련된 토픽들을 토픽맵 네비게이션을 통해서 그 결과를 보여준다.

아래에 제시된 시나리오를 통해서 상황인식기반 가상공학 서비스 예를 설명하고자 한다. 이 시나리오에서 사용자를 Mr.A라고 가정하고 Mr.A는 집에서 모바일 PDA 장치를 통하여 비동기적인 Analysis-E-

Service 서비스를 요청하고 CisLab으로 향한다. CisLab에 도착한 후 RFID기반의 인증시스템을 거친 후 CisLab에 설치된 다양한 디바이스를 통해서 서비스에 대한 결과를 검토하는 시나리오다. Fig. 8~10은 상황과 관련된 토픽맵기반의 시멘틱웹의 병합을 통해서 어떻게 상황에 적합한 가상공학 서비스를 제시할 수 있는지 보여주고 있다. Fig. 8은 Mr.A와 PDA의 상황관계를 기술한 토픽맵이며, Fig. 9은 CisLab, Cis-Server1, Analysis-E-Service 간의 상황관계를 기술한



(a) Context hierarchy



(b) Topic Map navigation around Mr.A Topic

Fig. 7. Topic Map-based engineering service context representation and navigation.

```

<!-- Mr.A Topic -->
<topic id="Mr.A">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#Person"/>
  </instanceOf>
  <baseName>
    <baseNameString>
      Mr.A
    </baseNameString>
  </baseName>
</topic>

<!-- PDA Topic -->
<topic id="Cis-PDA">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#Mobile-Device"/>
  </instanceOf>
  <baseName>
    <baseNameString>CISPDA</baseNameString> </baseName>
  <occurrence>
    <instanceOf>
      <topicRef xlink:href="#BluetoothMAC"/>
    </instanceOf>
    <resourceData>168.131.132.123</resourceData>
  </occurrence>
</topic>

<!-- carrying relation topic -->
<topic id="carrying">
  <baseName>
    <baseNameString>carrying</baseNameString>
  </baseName>
</topic>

<!-- association between Mr.A and PDA -->
<association id="Mr.A-carrying-Cis-PDA1">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#carrying"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Person"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Mr.A"/>
  </member>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Device"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Cis-PDA1"/>
  </member>
</association>

```

Fig. 8. Topic map representing Mr.A with a PDA.

```

<topic id="CisLab">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#Location"/>
  </instanceOf>
  <baseName>
    <baseNameString>CISLAB</baseNameString>
  </baseName>
</topic>

<topic id=" CIS-Server1">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#Computer"/>
  </instanceOf>
  <baseName>
    <baseNameString>
      CIS-Server1
    </baseNameString>
  </baseName>
  <occurrence>
    <instanceOf>
      <topicRef xlink:href="#BluetoothMAC"/>
    </instanceOf>
    <instanceOf>
      <resourceData>168.131.132.121</resourceData>
    </instanceOf>
  </occurrence>
</topic>

<association id="CIS-Server1-locatedIn-CisLab">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#locatedIn"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Device"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Cis-Server1"/>
  </member>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Location"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#CisLab"/>
  </member>
</association>

<associationId="Analysis-E-Service-servedBy-Cis-Server1">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#servedBy"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Provided-E-Service"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Analysis-E-Service"/>
  </member>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Device"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Cis-Server1"/>
  </member>
</association>
...

```

Fig. 9. Topic map representing CisLab which has a Cis-Server providing Analysis-E-Service.

토픽맵이다. 개별 상황을 표현한 두 토픽맵은 Mr.A가 RFID인증시스템을 기친 후 CisLab에 들어올 때 합쳐 지는데 일부 토픽들은 Fig. 10에 도시되어 있다. 각 상황소스에 대한 정보는 토픽맵기반의 상황래퍼에 저장되지만 연합된 토픽백은 이러한 결합과정을 통해서 생성된다.

또한, 앞에서 결합된 상황 맵을 검색 및 추론하여 Mr.A의 상황에 가장 적합한 가상공학 서비스를 제공 해 줄 수 있다. TMQL로 작성된 아래의 질의문과 추 론 결과는 주어진 상황에서 적절한 가상공학 서비스 를 제공해주기 위하여 어떻게 상황이 효율적으로 사

```

<association id="Mr.A-locatedIn-CisLab">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#locatedIn"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Person"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Mr.A"/>
  </member>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Location"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#CisLab"/>
  </member>
</association>

<association id="CISPD1-locatedIn-CisLab">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#locatedIn"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Device"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#Cis-PDA1"/>
  </member>
  <member>
    <roleSpec>
      <topicRef xlink:href="#Location"/>
    </roleSpec>
    <topicRef xlink:href="#CisLab"/>
  </member>
</association>

```

Fig. 10. Some of the derived associations between two topic maps in Fig. 8 and 9 based on context-based topic map merging.

용될 수 있는지 보여준다. 아래는 CisLab에서 Mr.A가 요청한 가상공학 서비스와 그들의 상태에 관한 상황 질의 및 결과이다.

-Query-

```

select $R-Service, $Status
from
  e-requestedBy($R-Service:Requested-E-Service, Mr.A:Person),
  e-statusOf($R-Service:Requested-E-Service, $Status:E-Service-Status),
  e-instanceOf($R-Service:Requested-E-Service, $P-Service:Provided-E-Service),
  servedBy($P-Service:Provided-E-Service, $Computer:Device),
  locatedIn($Computer:Device, CisLab:Location),
  conditionOf($Computer:Device, GoodCondition:Condition) ?

```

-Query Result-

| \$R-Service | \$Status |
|-------------------|----------------------|
| Mr.A's R-Service1 | E-Service-Finished |
| Mr.A's R-Service2 | E-Service-Processing |
| Mr.A's R-Service3 | E-Service-Finished |

상황 질의를 이용하여 기존의 상황으로부터 새로운 상황을 추론하는 것도 가능하며, 새로운 상황 규칙을 추론하기 위하여 아래와 같은 규칙이 정의될 수 있고 이로부터 새로운 상황을 이끌어낼 수 있다. 아래는 Mr.A가 비동기적으로 요청한 서비스가 완료되면 Mr.A

가 서비스 결과를 재검토하고 분석하기 위해서 Mr.A에게 가장 타당한 디스플레이 또는 다른 디바이스를 (예, VR 디바이스) 제안해주는 규칙을 암시하고 있다. 이 규칙이 적용이 되고 실행이 되면 아래와 같은 상황인식 제안을 얻을 수 있다. 그 실행의 후론과 질의의 결과는 Mr.A가 요청한 서비스의 결과를 보기 위해서 큰 디스플레이의 컴퓨터가 추천되었다는 것을 암시하고 있다. 이 결과에 따르면 PDA 대신에 추천된 CisLab에 큰 디스플레이를 가진 컴퓨터로 결과 분석을 재검토 할 수 있다.

-Rule-

```
e-recommendedWith($R-Service, $Display) :-
    e-requestedBy($R-Service:Requested-E-Service,
    Mr.A:Person),
    e-statusOf($R-Service:Requested-E-Service, E-Service-Finished:E-Service-Status),
    e-instanceOf($R-Service:Requested-E-Service, $P-Service:Provided-E-Service),
    desiredBy($P-Service:Provided-E-Service,
    $Display:Device-Condition).
```

-Inferencing Result-

```
e-recommendedWith(Mr.A's R-Service3, $B) ? →
    $B LargeDisplayCondition
```

4. 시스템 구현

본 장에서는 유비쿼터스 및 상황인식 컴퓨팅 환경 하에서 제시된 프레임워크가 어떻게 가상공학 서비스를 제공할 수 있는지에 관해서 구체적으로 설명한다. 우선 분산환경하에서 가상모형 기술을 지원할 수 있는 U-CAFÉ 시스템을 설명한다. 구현된 U-CAFÉ 시스템은 Fig. 11에서 볼 수 있듯이 NetVP Server, Distributed Constraint Manager(DCM), Collision Detection Manager(CDM) 등의 서비스 컴포넌트로 구성되어 있다. NetVP Server는 가상모형 설계 및 분석에 필요한 다양한 기능을 제공한다. 특히, NetVP Analyzer는 NetVP Model을 분석할 수 있는 기능을 제공한다¹⁵⁾. DCM은 분산된 형상 제약조건을 해결할 수 있는 기능을 제공한다. 따라서 분산환경하에서 동적 시뮬레이션 및 어셈블리 모델링을 지원할 수 있다. CDM은 빠른 간섭확인 (Rapid Collision Detection)을 지원한다. 구현된 가상공학 서비스를 기반으로 사용자가 가상공학 서비스를 요청한 후 그 결과를 분석할 경우 사용자의 상황에 적합한 서비스 형태로 제공할 수 있다. 특히, 상황인식기반 분산협업기능도 가능하다. 앞

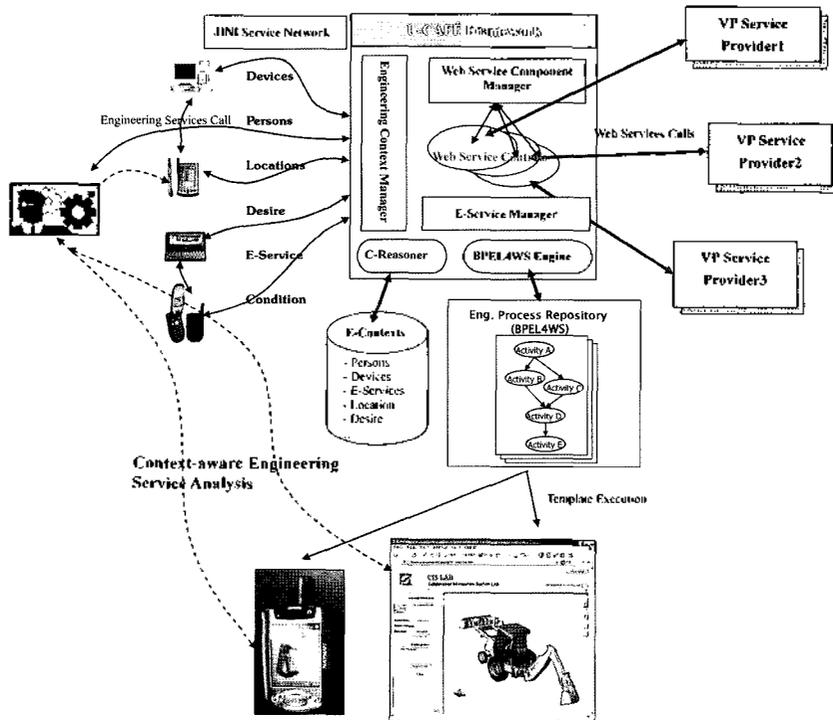


Fig. 11. System implementation of U-CAFÉ.

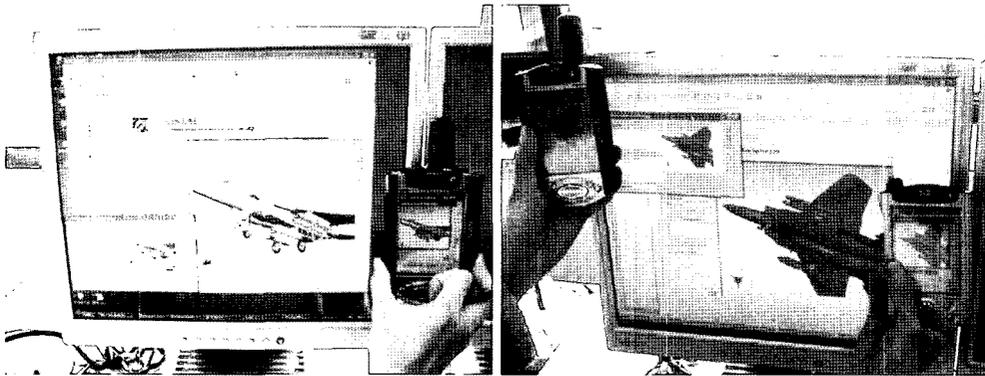


Fig. 12. Ubiquitous engineering service collaboration based on engineering contexts.

장에서 언급된 시나리오 상에서 Mr.A가 요청한 결과를 분석하는 도중 심각한 문제점을 발견한 후 Mr.B와 3D 협업을 수행하고자 한다. 하지만, Mr.B는 단지 그의 PDA만 사용할 수 있는 상황이다. Fig. 12는 이러한 상황 하에서 컴퓨터와 PDA간의 협력이 가능함을 보여주고 있다. 일반적으로, PDA에서는 용량이 큰 CAD모델을 가시화하는 것이 하드웨어 및 소프트웨어 제약 때문에 불가능하다. 하지만, U-CAFÉ에서는 응용시스템 LOD(Level-of-Detail)을 적용시켜 PDA가 가상공학 협업을 지원할 수 있도록 이미지기반의 협업시스템 모듈을 구동시켜서 다자간의 협업을 지원한다. 응용시스템 LOD 생성 기법은 특정한 업무를 수행하는데 있어서 시스템의 상황에 가장 적합한 모듈을 선택 및 구동시켜주는 방법이다. 응용시스템 LOD에 관한 연구는 추후 연구내용 중의 하나이다. 한편, 이미지기반의 가시화 모듈은 단순히 서버로부터 스트리밍하는 역할을 할 수 밖에 없기 때문에 양방향의 협업을 지원할 수 없다. 따라서, 서비스를 제공하는 컴퓨터 상에 PDA로부터 다양한 Markup의 결과를 수신할 수 있는 모듈이 함께 구동되어 양방향 협업이 이루어진다. 이러한 구현결과는 앞으로 다가올 유비쿼터스 환경하에서 빈번히 발생하는 시나리오에 대한 실현가능한 해결 방법을 제공할 수 있다.

본 연구에서 PDA와 컴퓨터간의 협업은 무선랜을 활용하였다. 또한, PDA에서는 Markup과 이미지 및 비디오 전송 이외에도 PDA의 하드웨어 및 소프트웨어의 제약을 고려했을 경우 PDA에서 다룰 수 있는 모델이면 3차원 모델의 가시화 및 협업도 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 가상 공학 서비스를 지원하기 위한

유비쿼터스 및 상황인식 컴퓨팅 프레임워크를 제안하였다. 웹서비스와 지니서비스 기술을 효과적으로 이용하여 가상공학 서비스의 연한과 사람, 니마이스, 가상공학 서비스간의 이음새없는 상호작용을 지원할 수 있다. 또한, 상황을 관리 및 추천하여 사용자의 상황에 적합한 가상공학 서비스를 제공할 수 있다. 특히, 표준화된 모델이며 표준화된 질의언어가 있는 토픽맵을 이용하여 동적인 유비쿼터스 환경하에서 가상공학 서비스 관련 상황을 분류하고 구조화하여 의미론적인 연관관계를 표현할 표현할 수 있었다. 결론적으로, 상황인식기반 협업적 가상공학 서비스에 관한 시스템을 구현하여 유비쿼터스 가상공학 서비스의 가능성을 또한 보여주었다. 하지만, 여전히 상황인식기반 가상공학 서비스와 관련된 많은 연구 영역들이 남아 있다. 다양한 상황 하에서 가상공학 서비스 제공을 위한 보다 보편적인 상황 시멘틱웹을 구축해야 한다. 또한, 상황에 적합한 가상공학 서비스를 제공하기 위한 응용시스템기반 LOD 생성에 관한 보다 체계적인 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Abrahamson, S., Wallace, D., Senin, N. and Sferro, P., "Integrated Design in a Service Marketplace", *Computer-Aided Design*, Vol. 32, No. 2, pp. 97-107, 2000.
2. Sobolewski, M., "Federated P2P Services in CE Environment", *Advances in Concurrent Engineering*.

- A.A. Balkema Publishers, pp. 13-22, 2002.
3. Kim, H., Kim, H.-S., Lee, J.-H., Jung, J.-M., Lee, J. Y. and Do, N. C., "Framework for Sharing Product Information Across Enterprises", *10th ISPE International Conf. on Current Engineering: Research and Applications*, Portugal, pp. 497-504, 2003.
 4. 김 현, 김형선, 이주행, 정진미, 도남철, 이재열, "기업간 제품정보 공유를 위한 협업적 제품거래 프레임워크", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제8권, 제4호, pp. 201-211, 2003.
 5. Lee, J. Y., Kim, H. and Kim, K., "A Web-enabled Approach to Feature-based Modeling in a Distributed and Collaborative Design Environment", *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 9, No. 1, pp. 74-87, 2001.
 6. Lee, J. Y., "Shape Representation and Interoperability for Virtual Prototyping in a Distributed Design Environment", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 17, No. 6, pp. 425-434, 2001.
 7. Chen, H., Finin, T., Joshi, A., Kagal, L., Perich, F., and Chakraborty, D., "Intelligent Agents Meet the Semantic Web in Smart Spaces", *IEEE Internet Computing*, Vol. 8, No. 6, pp. 69-79, 2004.
 8. Wang, X., Dong, J. S. and Chin, C. Y., "Semantic Space: An Infrastructure for Smart Spaces", *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 3, No. 3, pp. 32-39, 2004.
 9. Brumitt, B., Meyers, B., Krumm, J., Kern, A. and Shafer, S., "EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments", *Proc. 2nd Int'l Symp. Handheld and Ubiquitous Computing(HUC2000)*, LNCS 1927, Springer-Verlag, pp. 12-29, 2000.
 10. Kindberg, T. et al., "People, Places, Things: Web Presence for the Real World", *Mobile Networks and Applications*, Kluwer Academic Publishers, pp. 365-376, 2002.
 11. Johason, B., Fox, A. and Winograd, T., "The Interactive Workspaces Project: Experience with Ubiquitous Computing Rooms", *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 1, No. 2, pp. 67-74, 2002.
 12. Garlan, D. et al., "Project Aura: Towards Distraction-free Pervasive Computing", *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 1, No. 2, pp. 22-31, 2002.
 13. 이재열, 윤상혁, 이순재, 김 현, 김광수, "프로세스 중심의 엔지니어링 웹서비스 지원 방법에 대한 연구", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제9권, 제4호, pp. 361-372, 2004.
 14. BPEL4WS, <http://www106.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-bpel/>, 2003.
 15. Web Services, <http://www.w3.org/2002/ws/>, 2002.
 16. XML Topic Maps 1.0, <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/>, 2001.
 17. OWL, <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>, 2004.
 18. JINI, <http://www.jini.org/>, 2004.



이재열

1992년 포항공과대학교 산업공학과 학사
 1994년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1998년 포항공과대학교 산업공학과 박사
 1998년~2003년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2003년~현재 한국전자통신연구원 초빙연구원

2003년~현재 전남대학교 산업공학과 조교수
 관심분야: Collaborative Virtual Engineering, Ubiquitous Computing, Context-aware Computing, Augmented and Virtual Reality, Ubiquitous Software Robot



서동우

2005년 전남대학교 산업공학과 학사
 2005년~현재 전남대학교 산업공학과 석사과정
 관심분야: Ubiquitous Computing, Context-aware Computing, Intelligent System



김현

1984년 한양대학교 기계설계학과 학사
 1987년 한양대학교 기계설계학과 석사
 1997년 한양대학교 기계설계학과 박사
 1998년~1999년 한양대학교 산업공학과 겸임교수
 1999년~현재 한국전자통신연구원 소프트웨어로봇연구팀장, 책임연구원

관심분야: Ubiquitous Software Robot, Concurrent Engineering, Virtual Engineering, Distributed Collaborative Design, Engineering Knowledge Management, Intelligent System



김광수

1977년 서울공과대학교 산업공학과 학사
 1979년 서울공과대학교 산업공학과 석사
 1985년 University of Central Florida 산업공학과 박사
 1985년~1988년 Rochester Institute of Technology 산업공학과 교수

1988년~현재 포항공과대학교 산업공학과 교수
 관심분야: Real-Time Enterprise, Semantics, Enterprise Architecture, Business Process Management, Web Services