

유비쿼터스 컴퓨팅 시대를 위한 상황인식 처리 기술

한국IBM 이서우 · 이증권

1. 서론 : 유비쿼터스 컴퓨팅 시대와 비전

유비쿼터스 컴퓨팅이란 용어는 Mark Weiser가 Xerox Palo Alto Research Center (PARC)에서 주도하던 Ubiquitous Computing 이라는 연구를 바탕으로 시작되었다. Weiser의 비전은 인간이 컴퓨터 앞에 앉아서 컴퓨터가 알아듣는 명령을 내려서 계산의 값을 받아오는 패러다임에서 탈피하여, 전기가 인간의 생활 공간에 자연스럽게 융화된 것처럼, 눈에 보이지 않는 컴퓨터가 인간의 생활 공간 도처에 설치되어 생활을 하면서 필요시 쉽게 서비스를 제공받을 수 있는, 눈에 보이지 않고 조용한 컴퓨팅의 패러다임이다. 이후 1991년에 '21세기의 컴퓨터'[1]라는 글을 통해 다양한 컴퓨팅 객체가 환경에 임베디드 되고 무선 통신을 통해 서로 정보를 주고 받는 컴퓨터와 인간 생활공간의 결합의 개념을 '유비쿼터스 컴퓨팅'이란 말로 정리를 하여 차세대 컴퓨팅 패러다임을 소개했다. Weiser는 여러 시험 제작 등으로 자신의 아이디어와 디자인을 구체화 하였으나 1990년대 초반 시장의 IT 기반 기술의 한계로 상업적으로 의미 있는 파장을 일으키지는 못했다.

표 1 주요 컴퓨팅 기술 패러다임의 변화

The Major Trends in Computing	
Mainframe	Many people share a computer
Personal Computer	One computer, one person
Internet - widespread Distributed Computing	... transition to ...
Ubiquitous Computing	Many computers share each of us

하지만, 최근 Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee 등의 급격한 통신 기술의 발전, 고성능 프로세서의 초소형화 및 에너지 효율성에 의한 임베디드 컴퓨터의 발전, 그리고 스마트폰, 인터넷 태블릿 Ultra-Mobile PC[2],

휴대용 정보 단말기(PDA, Blackberry[3]) 등의 발전은, 공기처럼 주변 환경에 내재된 컴퓨터들이 사물 및 사람과 보이지 않는 네트워크로 연결하는 유비쿼터스 컴퓨팅 개념의 가능성을 보여주고 있다. 이에 따라, 정부에서는 IT 역량을 바탕으로 'U-코리아' 전략을 추진 중이고, 여러 IT, 건설, 자동차 등의 산업체들도 유비쿼터스 컴퓨팅 개념의 서비스를 현실화 하기 위한 투자를 하고 있다.

Weiser의 유비쿼터스 컴퓨팅의 비전에 따라 사용자에게 필요한 서비스를 일상 환경 속에 편재된 컴퓨터들이 제공해주기 위해서는, 사용자 및 환경에 대한 동적인 모델을 수용하고 센서를 통해 상황 정보를 인식, 지능적 판단 및 가공을 하고 공유하여 적절한 서비스를 제공해 주어야 한다[4]. 이와 같은 상황인식 및 처리 기술은 크게 환경 또는 사용자에게 관련이 있는 빛, 온도, 소리, 움직임 등의 물리적인 정보나 화학적인 정보를 검출하는 센서 기술과, 여러 가지 센서들 및 디바이스들 간에 정보를 용이하게 공유할 수 있게 하는 센서 네트워크 기술, 그리고 인식 및 공유된 정보를 상위 의 상황 정보로 추론하고 가공하는 지능 및 그 상황 정보에 따라 사용자에게 제공되는 사용자 인터페이스 기술이 집약되어 있다.

본 고에서는 유비쿼터스 컴퓨팅의 요소로서 위에 언급한 상황인식 처리 기술을 중심으로 현재 기술의 동향을 소개하고, 이러한 상황인식 처리 기술이 어떤 형태로 실제 시스템에 응용될 수 있는지에 대해 기술하고자 한다. 2장에서는 센서와 센서 네트워크에 관련된 기술을 간단히 살펴보고, 3장에서는 상황 정보를 표현하는 여러 가지 기술에 대해 다룬다. 4장에서는 이러한 상황 정보 표현 방법 중, 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 온톨로지 기반의 상황 정보 표현 방법에 대해 기술하고, 이런 기술을 집약하는 미들웨어와 그 사례를 5장에서 살펴본다. 마지막으로 6장에서는 결론과 함께 앞으로 유비쿼터스 사회를 준비하기 위한 기술적, 사회적, 경제적인 면을 논한다.

2. 센서와 센서 네트워크의 기술

2.1 센서

초기 센서는 군사, 공업 분야에서 실용화가 되었으나, 그 후 반도체 기술의 발전과 함께 의료, 유통, 공업, 농림, 수산, 환경, 우주산업 등 여러 분야에서 다양한 정보를 검출하는 시스템의 눈, 코, 귀 등의 감지기의 역할을 하는데 사용되고 있다. 최근 산업계에서 많은 기대를 받고 있는 Radio Frequency Identification (RFID) 태그는 그 안에 에너지 소스를 갖고 있지 않고도 동작할 수도 있으며 수 미터 밖에서도 이런 태그 정보를 무선으로 읽고 판단할 수 있게 한다. 이런 기술은 이미 고속도로를 이용하는 자동차들을 식별하여 요금 징수하거나, 물류 추적 및 보안 등 여러 산업 분야에 많이 쓰이고 있고 유비쿼터스 센서 네트워크 발전을 촉진시키고 있다.

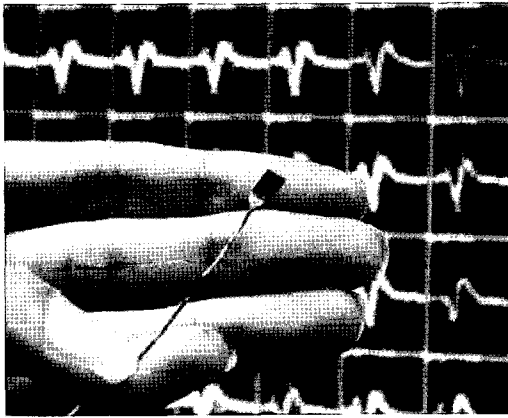


그림 1 Cyberkinetics 사의 뇌 이식용 센서

더 나아가 센서의 발전은 인간의 감각으로 인식이 불가능한 실세계 정보까지도 감지할 수 있는, 정보를 얻는 검출기 이상의 계측기의 역할까지 하고 있다[5]. 예를 들어, 최근 Brown 대학의 연구팀과 Cyberkinetics사 등에서는 뇌에 이식하는 센서가 인간의 뇌에서 나오는 전기적인 신호를 읽고 분석한 후 인공 팔 등을 움직일 수 있는 기술[6]을 개발하였고 미국의 FDA (Food and Drug Administration)의 임상 실험의 승인을 받았다고 한다(그림 1).

MEMS(microelectromechanical systems) 기술과 NEMS(Nanoelectromechanical systems)의 발전은 이런 초소형 센서들을 집적 회로처럼 대량 생산을 가능하게 하여 센서들의 가격을 내려 상업화를 앞당기는 역할을 하며, 이는 유비쿼터스 컴퓨팅 사회의 비전이 현실화 될 수 있음을 보여주고 있다. 다음 절에서는 수 천 개의 센서들을 설치하고 서로 연결하여 유용한 정보를 얻어내는 센서 네트워크에 대해서 소개한다.

2.2 센서 네트워크

고속화, 소형화 그리고 저가화 된 RFID 등의 센서들이 도처에 설치되고, 설치된 수많은 센서들의 정보를 쉽게 수집하고 분석하기 위해서는, 독립적인 센서들에 통신 기능을 부여하고 센서들 간 협동을 가능하게 하는 센서 네트워크의 기술이 요구되었다. 센서 네트워크 기술은 1978년 미국 카네기 멜론 대학에서 Distributed Sensor Nets Workshop이 개최된 이후, 미국의 DARPA에서 1990년 중반 군사용 Low-power wireless integrated microsensors (LWIM) 과제와 1998년 SensIT 과제를 시작함으로써 각광을 받기 시작했다. 최근 국내에서도 기존의 네트워크 인프라와 IT 기술을 기반으로 지능형 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)를 IPv6와 광대역통합망(BcN)과 함께 정보통신부[7]의 IT839 정책의 3대 인프라 기술로 지정하였다.

일반적으로 센서 네트워크는 수많은 센서 노드들이 감시대상지역에 배치되어 자체 네트워크를 구성하고 그 네트워크는 게이트웨이를 통해서 외부 네트워크에 연결되는 구조를 갖는다[8]. 무선으로 연결되는 센서들은 라우터를 통해 연결되는 인터넷 구조와 달리 사전 구성 대로 설치하고 관리를 하기 어려운 지역이나 통신을 방해하는 장애물 등의 영향으로 네트워크의 구성이 동적으로 변하는 옥외에 설치되는 경우가 많으므로, 설치 후 불특정한 다른 주변의 노드를 발견하고 분산 알고리즘을 사용하여 라우팅 정보를 계산하는 자기구성(self-organizing) 네트워크 기술[9]과 센서 고장 등의 경우에 유연하게 대처하기 위한 자기복구(self-healing) 기술[10]을 적용하여 사용한다.

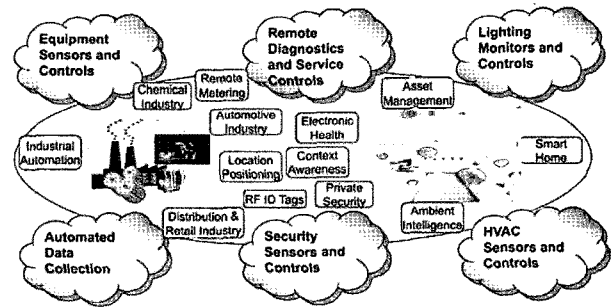


그림 2 IBM의 센서 네트워크 기반 시나리오 구성[11]

센서 네트워크의 노드에는 마이크로프로세서, 정보 스토리지, 센싱 하드웨어, 아날로그-디지털 변환기(ADCs), 트랜지스터 그리고 이런 부속들을 조정 하는 컨트롤러와 파워 소스가 들어가 있다. 최근 마이크로프로세서의 발전은 에너지 효율성을 향상시켜서 대략 10MHz에 1mW 정도의 에너지를 사용하며 절전 모드 일 경우에는 1μW만 사용을 하며 대기할 수 있다

[12]. 이는 1cm^3 대의 소형 배터리가 대략 1,000 mAh를 저장할 수 있고 또 야외에 설치된 1cm^2 크기의 태양열 발전기가 대략 10mW를 발전시킬 수 있다는 것을 감안하면 매우 고무적인 수치이다. 이런 기술을 바탕으로 버클리 대학에서는 가볍게 떠다닐 수 있는 1mm^3 시스템에 센싱과 통신의 기능을 갖춘 Smart Dust 시스템[13]을 개발하였고, 그 외에도 최근 효율적인 마이크로 네트워크들을 위한 많은 연구가 진행되고 있다[14].

하지만 아직 센서 네트워크의 모든 가능성을 현실화하기 전에 넘어야 할 기술적 과제는 남아 있다. 장거리 네트워크의 요구가 있을 경우의 에너지 소모 문제도 하나의 문제이다. 현재 이동전화 기기나 노트북의 무선 랜 통신은 100mW 단위의 에너지를 소모하며, 10 미터 단위의 무선 센서 네트워크의 통신은 대략 20mW를 소모한다[12]. 또, 센서 노드에 설치되는 마이크로 프로세서의 크기가 점점 작아져서 초소형 센서의 현실성[14]을 보여 주고 있지만 크기 때문에 제한되는 메모리와 배터리의 크기 문제 등도 풀어야 할 과제이다.

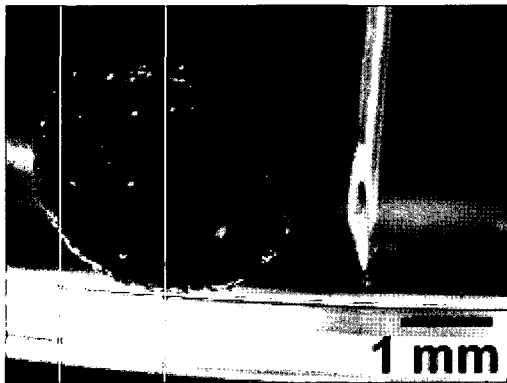


그림 3 센싱, 신호처리, 통신 등의 기능을 가진 photonic crystals [14]

2.3 센서 네트워크 미들웨어

센서네트워크 응용프로그램은 일반적인 환경과는 달리 동적으로 구성되는 복잡한 네트워크에 수많은 센서 노드들의 효율적인 주파수 대역폭 및 에너지 활용 등을 요구한다. 현재 대부분의 센서 네트워크 응용프로그램은 단순한 정보 수집에만 초점이 맞춰져 있고, 그 상위의 응용프로그램 및 프로토콜은 특정 센서 네트워크의 각각의 센서에 맞추어진 하드웨어와 네트워크 등 낮은 수준의 프로그래밍 언어로 주문 제작되어 결합된다. 하지만 미국 LA 지역 가상 지진 시나리오에서 사용되는 조기 지진 경보 시스템[15]의 예를보면위와 같은 접근 방법은 많은 제한점을 갖게 된다. 이 시스템에서는 지진계(seismometer) 등 지진에 대한 정보를

미리 받아서 절전모드에 있는 여러 센서 네트워크를 깨우고 더 정확한 정보를 받아내 도시 전체의 빌딩의 위험한 엘리베이터 등을 안전하게 멈추며, 지진이 끝난 후에도 대기의 화학물질의 노출 여부를 판단하는 센서들을 가동시켜 위험성을 판단하는 정교하고 대도시 규모의 센서 네트워크들이 사용되고 있다. 이러한 센서 네트워크들을 보급하고 유연하게 연결 하려면 센서 네트워크에 응용프로그램 등이 공통으로 사용할 수 있는 API, 응용프로그램들을 동시에 실행하고 통제하는 모듈, 그리고 적절하게 센서 자원들을 절전모드로 전환시켜주는 효율적인 에너지 사용 기능을 제공하고, 정보 복제를 통해 fault tolerance를 높이고 최적화된 정보의 위치 정보 등을 제공해 개발을 쉽게 하고 자원 활용 정책, 서비스, 품질 제어 등의 공통적인 기능을 제공하는 것이 필요하다.

이런 센서 네트워크 미들웨어의 필요성에 부합하여 그동안 여러 종류의 센서 네트워크 미들웨어가 제안되었다. TinyDB[16]는 네트워크를 하나의 데이터베이스로 추상화시키고 사용자가 보내는 SQL 형식의 질의에 반응하여 센서들의 측정을 관여할 수 있다. 이런 방식으로 어떤 건물에 설치되어 있는 센서 네트워크에 아래와 같은 질의를 30초 마다(EPOCH DURATION 30s) 받을 수 있다.

```
SELECT AVG(volume), room FROM sensors
WHERE floor = 6
GROUP BY room
HAVING AVG(volume) > 10
EPOCH DURATION 30s
```

그 외에도 프린스턴 대학에서 개발된 Impala[17]는 동물들의 생태를 센서들을 통해 조사하기 위해 구축된 센서 네트워크를 관장하며 센서들의 에너지 소비를 효율적으로 관리하고 사람들의 개입 없이도 노드의 소프트웨어를 갱신하게 하는 기능이 있다. 그리고 버클리 대학에서 개발된 Mate[18]는 센서 네트워크 상의 가상머신으로, 복잡한 프로그램을 간결하게 만들 수 있는 기반을 제공해주는 기능이 있다.

3. 고차원 상황 정보의 표현

센서가 측정한 아날로그 정보는 디지털 정보로 변환되어 센서 네트워크로 보내지고 센서 미들웨어 등을 통해 저장, 공유 및 추론 되어야 한다. 궁극적으로 사용자에게 편리한 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스를 제공하기 위해서는 측정된 정보는 사용자의 정보와 결합되어 생활의 한 단위로 나타내어질 수 있는 고차원 상황 정

보로 분석 및 추론이 되어야 한다. 측정된 상황의 정보 및 사용자들의 정보 중 응용프로그램에서 필요한 서비스를 해주기 위한 정보를 컴퓨터 상에서 잘 작성된 모델을 바탕으로 정형화 하여, 적절한 정보를 저장하고 체계적이고 효율적으로 공유하는 방법이 상황 인식 시스템의 성공 여부를 판단하는 중요한 기술이다.

상황 정보 시스템에서 정보를 표현 하는 방법은 크게 (1) key-value 기반 모델, (2) 마크 업 기반 모델, (3) 그래픽 기반 모델, (4) 객체지향 기반 모델, (5) 로직 기반 모델, (6) 온톨로지 기반의 모델 방법이 있다[19]. Key-value 기반 모델은 shell 변수 등의 표현 방법으로도 많이 사용되고 있는 가장 간단한 형태의 모델링 방식으로 정보를 나타내고 다루기가 쉽다. Key-value 기반의 정보 표현은 텍스트 형식으로 표현된 값을 패턴 매칭 등의 질의를 할 수는 있으나 정형화된 형식을 필요로 하는 효율적인 정보 검색 기능들을 가능케 하기가 어렵다. 많은 상황인식 시스템의 서비스 디스커버리 프로토콜들은 대부분 이런 key-value로 나타내어진 값들을 단순한 문자 비교의 방식으로 필요한 서비스를 발견한다. [4]에서는 이런 방식으로 사용자, 위치, 주변의 정보, 컴퓨터 장치 시간 등으로 동적인 상황 정보를 나타내는 상황인식 시스템을 개발하였다.

마크업 기반의 환경 모델은 태그, 속성 그리고 내용을 계층구조로 나타내어 재귀적 형태를 가지고 있다. 이런 모델은 간단하고 유연하며 구조화 되어 있고 편재되어 있는 컴퓨팅에 적합하다. 하지만 응용프로그램 수준에서 계층 구조화 된 정보를 해석해야 하고 정보들 간의 복잡한 관계를 정의하기가 힘들다는 단점이 있다. 디바이스의 성격과 사용자의 선호도를 나타내는 Preference Composite Capabilities / Preferences Profile (CC/PP)[20]는 XML과 Resource Description Framework (RDF)[21]에 기반하여 나타냈고, Held 등[22]은 CC/PP 구조의 비유연성, 정보의 분해성 (decomposability) 등을 보완하기 위해 더 포괄적이고 유연한 Comprehensive Structured Context

Profiles (CSCP)를 제안하여 사용자의 정보, 네트워크 성능 등의 컴퓨터 기기의 하드웨어 정보와 사용자 인터페이스를 나타냈다.

그래픽 기반 상황 모델은 Unified Modeling Language (UML)과 같은 강력한 그래픽 기반의 기능을 이용해서 표현된다. Bauer 는 UML 을 통해서 항공통제관리에 관련된 특수한 상황들을 UML로 표현하여 적합성을 보였다[23].

객체지향 기반의 상황모델은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 동적 상황의 복잡성을 캡슐화(encapsulation), 재사용성(reusability), 그리고 상속성(inheritance)과 같은 객체지향 기술을 이용해 상황을 추상화 하여 나타내는 기술에 기반하여 표현한다. 이런 모델은 새로운 타입의 상황 정보의 추가와 인스턴스 업데이트 등이 분산된 시스템에서 가능하게 하는 장점이 있다. Hydrogen 과제에서는 모바일 장치를 사용하여 상황 인식을 하는 프레임워크에 객체지향형 모델링을 하여 시간, 장소, 컴퓨팅 기기, 사용자와 네트워크 상황을 나타내었다[24].

로직 기반 모델은 사실(fact), 표현(expression), 그리고 규칙(rule)의 정형화된 표현을 사용하여 상황을 나타낸다. 상황 정보는 fact라는 형식으로 나타내어지고 규칙(rule)을 통해서 새로운 사실(fact)나 표현(expression)을 추론해 낼 수 있는 장점이 있다. 로직 기반 상황 모델을 관리하는 시스템은 이런 표현을 추가, 갱신, 제거 관리와 추론의 기능을 하는 역할을 한다. 1993년 McCarthy는 수학 기반의 상황 표현[25]을 제안하였고 Giunchiglia[26]는 상황 추론을 제안하여 상황인식의 표현과 추론의 기반을 각각 마련했다.

온톨로지 모델은 정보의 구조화를 하는데 매우 호의적이며 상호 관계성 및 부분적인 상황의 정보를 쉽게 표현할 수 있다. 최근 다양한 상황인식 프레임워크에서 온톨로지 기반의 모델을 채택하고 있는 등 Web Ontology Language (OWL)[27]에 기반한 시맨틱 웹 연구와 관련하여 활발한 연구가 되고 있는 분야이

표 2 상황정보 모델링 방법의 비교[19]

	분산 조합	부분 확인	표현되는 정보의 질	불명확 정보 대처	표현의 정규도	응용 가능성
Key-Value 모델	-	-	△	△	△	○
마크업 기반 모델	○	◎	-	-	○	◎
그래픽 기반 모델	△	-	○	-	○	○
객체지향 기반 모델	◎	○	○	○	○	○
로직 기반 모델	◎	-	-	-	◎	△
온톨로지 기반 모델	◎	◎	○	○	◎	○

- : 지원안함, △ : 부족, ○ : 지원, ◎ : 우수

다. 이 모델에 대해서는 다음 장에서 더 자세히 살펴본다.

그 밖에도 [28]에서는 여러 센서의 정보를 Gaussian 모델을 이용해서 고차원 지식을 추론하는 상황인식 프레임워크를 바탕으로 autonomous cooperating vehicle의 프로토타입을 구축 하였다. 표 2에서는 각각의 모델들을 분산 조합, 부분 정보 확인, 정보의 질, 불명확한 정보에 대한 대처, 표현의 정규도, 현존하는 환경에서의 응용가능성을 척도로 비교를 했다.

4. 온톨로지 기반의 상황 표현

온톨로지라는 용어는 철학에서 현실에 대한 개념과 관계를 연구하는 분야에 어근을 가지며 인공지능 등의 분야에서 특정 분야의 용어와 관계들을 정형화하여 나타내는데 사용되기 시작했고, 이제는 의학[29], 생물정보학[30] 등의 여러 분야에서 개념과 관계를 정리하여 지식 정보를 제공하고 다른 사람 또는 컴퓨팅 에이전트 등과 공유하는데 많이 사용되고 있다. 그 외에도 온톨로지는 타 도메인의 지식을 재사용하고, 도메인 지식의 상속 및 부분 지식의 결합, 그리고 컴퓨터를 이용하여 방대한 지식베이스에 대해서 정형화된 분석을 할 수 있게 해 준다[31]. 이런 기능을 가진 온톨로지는 시맨틱 웹[32]의 등장과 함께 그 핵심 기술로 자리를 잡고, 온톨로지를 정확하면서도 명료하게 표현하고 효율적인 질의와 추론 기능을 지원하기 위해서 다양한 온톨로지를 표현할 수 있는 몇 개의 메타 온톨로지 언어들이 제안 되었다.

4.1 OWL 기반 모델

주어-술어-목적어 형식의 문법을 사용하는 Resource Description Framework(RDF)는 W3C에서 World Wide Web 상에서 정보를 나타내어 사용자와 자동화된 에이전트가 쉽게 접근하여 이해할 수 있게 하기 위해 XML의 문법을 상속 받아 개발되었다. 그 이후 독립적으로 발전된 온톨로지 언어인 DAML+OIL[33]의 Description Logic과 RDF의 문법을 바탕으로 Web Ontology Language (OWL)이 발전되어 표현력을 향상시키고 계산의 복잡성을 개선 시킨 OWL Lite, OWL DL, 그리고 OWL Full 등 3개의 버전을 발표했다.

OWL은 원래 여러 가지 웹 리소스의 성질들과 그 관계 등을 표현하여 자동화된 에이전트가 쉽게 해석할 수 있도록 개발되었다. 하지만, 환경에 존재하는 필요한 시간, 공간, 지식, 사용자의 의도, 이벤트, 사용자의 프로필, 행동 및 정책 등을 표현하고 적절한 관계를

나타내고 새로운 사실을 추론해 내야 하는 유비쿼터스 환경의 상황을 모델링하는데 OWL을 적용하는 시도가 UbiComp Special Interest Group 등에 의해 있었다.

여러 기관 및 학교에서 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 상황 모델을 OWL을 이용해서 모델링하였으나, 대부분 상황인식 플랫폼 기반 모델링 층과 특정 응용프로그램의 모델링 층으로 나누어서 구성되어 있으며 OWL로 모델링 된 의 다른 온톨로지의 모델개념을 가져와서 사용하는 빌려 쓰는 등 개념적으로 비슷한 부분이 많다. 따라서, 여기아래에서는 OWL 기반 모델링 시도 중 대표적인 세 가지의 종류를 알아 보도록 한다.

4.1.1 SOUPA

SOUPA(Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Application)[34] 프로젝트는 2003년 11월에 세계 여러 연구기관과 대학, 그리고 산업체들의 연합에 의해 개발되어 유비쿼터스 환경의 어플리케이션에서 사용될 여러 종류의 개념을 나타내기 위해서 Friend-Of-A-Friend (FOAF) 온톨로지, DAML-Time 등 일곱 개의 기존 도메인 온톨로지에서 빌려온 개념들 위에 SOUPA 온톨로지를 나타냈다. SOUPA 코어(Core) 온톨로지는 PERSON, AGENT, ACTION, BDI, POLICY, TIME, SPACE, EVENT로 구성되어 있다. 그리고 확장(Extension) 온톨로지는 각각의 어플리케이션에서 코어 온톨로지를 기반으로 추가적으로 필요한 정보를 나타내는 역할을 하지만, 하나의 예로 '스마트 공간'과 Peer-to-Peer 정보의 감독을 위해서 만들어진 확장 온톨로지에서는 PRIORITY, CONDITIONAL BELIEF, UNCONDITIONAL BELIEF, CONTACT REFERENCE 가 사용된다.

4.1.2 Celadon Ontology

IBM에서 유비쿼터스 협업 시스템인 Celadon[35]을 위해서 개발된 Celadon Ontology는 존(zone)이라는 개념에서 환경과 컴퓨팅 기기 그리고 사용자들이 쉽게 협업할 때에 필요한 핵심 정보들을 context, zone, user, software, device, service, session, application preference 등의 코어 온톨로지에 모델링하고 다양한 쇼핑몰, 영화관등의 존(zone) 단위에 맞추어서 제작될 수 있는 확장 온톨로지의 프레임워크를 제공한다.

4.1.3 CoBra 온톨로지

CoBra 온톨로지[36]는 상황에 따라 적절하게 대응하는 유비쿼터스 에이전트, 서비스 그리고 디바이스에 상황인식 시스템의 인프라 시스템인 Context Broker Architecture에 사용하기 위해 SOUPA를 이용해 개

발된 온톨로지이다. COBRA-ONT는 (버전 0.3) 88개의 클래스와 125개의 properties 정의를 가지고 있고, 기본적인 COBRA-ONT의 개념으로 PERSON, PLACE, TIME, AGENT, DEVICES, EVENTS을 나타내는 클래스를 정의하고 있다. 이 기본 클래스들의 조합, 상속 등으로 다른 여러 개의 새로운 개념들을 생성할 수 있게 설계되어 있다.

5. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 미들웨어

유비쿼터스 컴퓨팅 미들웨어의 역할은 생활공간에 설치된 센서들과 다양한 종류의 기기들의 정보를 여러 가지의 네트워크의 종류를 통해서 얻은 후, 추론, 로직 등의 기능을 이용하여 고차원 지식으로 변환하여 사용자에게 필요한 서비스를 제공해 주는 환경을 구축하기 위한 관리를 담당하는 것이다.

5.1 유비쿼터스 컴퓨팅 미들웨어의 조건

위에 언급한 역할을 하기 위해서는, 미들웨어를 설계할 때 센서 네트워크 미들웨어, 자치적 분산 시스템 및 상황 인식의 요구 사항 등 기존의 기술과 부파적인 요구 사항을 만족해야 한다:

- 효율적인 에너지 및 리소스 관리
- 하드웨어와 네트워크 등의 저 수준 층의 추상화된 인터페이스와 적절한 프로그래밍 모델을 통해 개발 용이성 향상
- 복제를 통해 fault tolerance를 향상
- 여러 응용프로그램들을 동시에 실행하고 통제
- 다양한 기기들과 서비스의 효율적인 발견
- 서비스 품질 관리
- 수집된 센서나 개인 정보 등을 수집하고 생활공간에 필요한 모델을 기반으로 고차원 지식 추론
- 개인 정보의 적절한 관리와 보호

이런 요구를 만족시키는 미들웨어의 디자인은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 결정적인 요소이며 부분적인 요구를 만족 시키려는 많은 노력이 있었다. 여기서는 고차원적인 역할에 초점을 맞추어 서비스를 제공하는 미들웨어의 사용과 특성을 알아본다.

5.2 CoBrA

매릴랜드 대학에서 제안된 Context Broker Architecture(CoBrA)는 이미 언급되었던 OWL기반의 COBRA-ONT[36]를 통해 기기, 서비스, 사용자 등의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 상황을 기술하여 공통된 모델과 정책 언어를 사용자 및 자동 에이전트에게 제공해서 사용자 정보의 흐름을 제어한다. 그리고 CoBrA를 바

탕으로 유비쿼터스 컴퓨팅용 미팅룸, EasyMeeting 등의 응용프로그램을 개발하여 Bluetooth 기능이 탑재된 사용자의PDA를 개인의 정보 에이전트 플랫폼으로 사용자의 존재 여부 등을 계산하고 명시되지 않은 상황을 추론하는 기능이 탑재된 플랫폼을 개발했다.

5.3 Celadon

IBM에서는 미들웨어와 Celadon Ontology를 이용해서 유비쿼터스 공간에 있는 다양한 종류의 기기들이 서로 협동을 하여 사용자들이 항상 필요한 서비스를 제공 받을 수 있는 Celadon 프레임워크를 제공 한다 [37]. Celadon 은 '다양한 모바일 기기의 지원'을 통해 현재 시장에 있는 여러 가지 기기들을 호환 가능하게 하고, OSGi(Open Services Gateway initiative) 기반의 '동적 코드 프로비저닝(provisioning)과 구성'을 통해 사용자의 동의 아래 각각의 존(zone) 내의 특성에 맞게 방문하는 모바일 기기에 코드를 내려 주고 구성을 하게 해준다. 그리고 사용자가 session등을 통해서 존(zone) 내에 있는 자원을 예약하여 사용할 수 있게 하는 기능을 제공하며 자신의 정보를 얻을 수 있는 기기들을 지정하여 정보 관리를 할 수 있다. Celadon의 상황인식 엔진은 IBM의 Minerva 엔진 [38]과 OWL 형태의 Celadon Ontology를 사용하여 개인화 된 사용자의 서비스를 제공한다.

이런 프레임워크를 기반으로 구현된 U-Shopping Mall[39] 데모에서는 IBM의 Everywhere Interactive Display[40]의 이미지 처리 기술을 통해 물리적인 책과 사용자의 상호작용을 카메라로 감지하고, Amazon.com등의 독서 후기 웹 서비스 등 온라인 공간의 정보와 자원을 물리적 공간에 적용하여 받을 수 있는 유비쿼터스 서비스 형태의 유용성을 제시하고 있다. 또한, 유비쿼터스 기술의 상용화 비전을 보여 주고 스마트 객체를 이용해 상품에 대한 정보의 비대칭성[41]을 최소화 할 때 생기는 새로운 비즈니스 모델의 가능성을 구체적으로 제시한다.

6. 유비쿼터스 컴퓨팅 사회를 위한 앞으로의 과제와 결론

유비쿼터스 컴퓨팅 시대로 나아가기 위해서는 크게 두 가지의 과제가 있다. 첫 번째는 본문에서 설명을 했던 기술적인 부분이다. 예를 들어, 고성능 배터리의 크기를 줄여서 소형 센서에 탑재하는 하드웨어 문제에서부터 복잡한 센서 네트워크 상에서의 프로그래밍 모델, 여러 가지 기기들 간의 원활한 통신을 할 수 있게 하는 표준 통신 규격 상의 과제, 그리고 기존 추론 엔진

에 동적인 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 모델을 적용할 때 생기는 성능 문제[42] 등의 극복해야 할 기술적인 문제들이 남아 있다. 그리고 본문에서 별로 언급이 되어 있지 않은 사용자 인터페이스 기술 등도 여기에 들어 간다.

기술적인 부분 이외에도, 유비쿼터스 컴퓨팅의 의도는 기존의 정보 기술과는 달리 사회와 삶의 공간 전체를 바꾸려는 목적으로 발전을 하고 있다는 점에서 유비쿼터스 기술이 미치는 영향들을 고려하는 것은 중요하다. 예를 들어, 지난 10년간 초고속 인터넷 기술의 발전과 채택이 정보 검색 및 e-mail, Blog등을 통해 상호 협력의 방식을 바꾸어 놓은 것보다 더 생활 속 깊숙이 스며들어, 더 큰 사회적, 경제적 파장을 일으킬 수 있다고 예상되며 이런 선행적인 기술에 의한 급격한 변화를 사회적 수준에서 인지하고 있어야 한다.

유비쿼터스 컴퓨팅과 관련되어 가장 많이 제기되는 이슈는 기본적 사생활 침범과 개인 정보 관리의 문제이고, 이미 많은 평론가들은 이런 모든 사물에 '버그'를 심어두는 '극단적인' 컴퓨팅 패러다임이라 경고하고 있다[43]. 이미 인터넷 검색 사이트에서는 사용자가 입력한 검색어를 바탕으로 개인화된 검색, 좋은 구매 조건 제시 등의 유용한 목적으로 정보와 프로파일을 저장 해둔다. 하지만 이런 인터넷 상에서의 개인의 활동 정보를 기업이 저장하고 있다는 것에 문제를 제기하는 사람도 많고, 불과 얼마 전인 2006년 8월에는 미국의 인터넷 회사에서는 65만 명의 사용자 검색어 들을 인터넷에 공개하는 큰 사고[44]로 사용자들이 격노하는 일이 있었던 것이나, 2002년에 미국의 한 대형 제약 회사가 항우울제 제품 복용자들의 e-mail 주소를 공개 해서 벌금을 낸 사건[45] 등 국내에서도 인터넷 상 개인 정보 관리 문제가 빈번하게 사회적 이슈[46]로 등장되고 있다. 이런 인터넷 상에서의 활동을 모니터링하는 것과 개인 정보의 관리에도 이런 파장이 발생할 수 있다면, 일상 생활의 모든 활동을 소리없이 지켜 보고 저장하는 강력한 감시 기술이 잘못 사용되었을 때의 사회적 그리고 경제적 파장은 엄청날 것이다.

'조용한 컴퓨팅'의 패러다임의 시기에 누가 이런 감시 시스템을 작동 시키고, 감시한 정보를 어떻게 저장 및 관리하는지는 꼭 짚고 넘어가야 할 문제이다. "세상의 모든 사물들이 다른 사물과 연결될 것이다. 그러나 아무도 그 연결이 가져올 의미를 알지 못한다"[47] 라는 강력한 말은 Weiser의 낙관적인 비전을 현실화시키 나가기 위해서 기술적 발전에 더불어 이런 기술이 사회적, 경제적, 인류적으로 미치는 장기적인 영향들에 대한 연구가 선행되어야 하고, 이런 영향들에 대한 고

려가 기술 발전의 장기적 목적 그리고 단기적인 방향의 근원이 되어야 한다고 컴퓨팅 전문가들을 일깨워 준다.

참고문헌

- [1] Weiser, M., "The computer for the twenty-first century." Scientific American, Vol. 265, No. 3, pp. 94-104, 1991.
- [2] Project Orgami, Microsoft.
<http://origamiproject.com/default.aspx>
resource
- [3] Blackberry, Research In Motion.
<http://www.blackberry.com/> resource
- [4] Schilit, B., Adams, N., and Want, R. "Context-Aware Computing Applications." Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, CA., pp. 85, 1994. Schilit95a
- [5] 김한근, 박선국 2003년, 최신 센서 공학, 기전연구소, 2003
- [6] Hopkin, M. "Bionic brains become a reality", Nature News, July July 13, 2006 Editor's Summary
- [7] 정보통신부. <http://www.mic.go.kr/>
- [8] 이재용, "유비쿼터스 센서 네트워킹 기술", TTA 저널 95호, pp. 78-83, 2004.
- [9] Sohrabi, K., Gao, J., Ailawadhi, V. and Pottie, G., "A self-organizing sensor network," In the Proceedings of the 37 Allerton Conference on Communication, Control, and Computing, Monticello, Illinois, September 1999.
- [10] IBM Autonomic Computing.
<http://www.ibm.com/autonomic/>
- [11] IBM Zurich Research Laboratory.
<http://www.zurich.ibm.com/sys/communication/sensors.html>
- [12] Culler, D., Estrin, D. and Srivastava, M. B., "Overview of Sensor Networks," Computer, vol. 37 (8), pp. 41-49, August 2004.
- [13] Warneke, B., Last, M., Liebowitz, B. and Pister K.S.J., "Smart Dust: Communicating with a Cubic-Millimeter", Computer, vol. 34, pp. 44-51, 2001.
- [14] Sailor, M.J. and Link, J.R., "Smart dust: nanostructured devices in a grain of sand",

- Chem. Commun., 1375 - 1383, 2005.
- [15] Elson, J. and Estrin, D., "Sensor networks: A bridge to the physical world, Wireless sensor networks, pages 3-20, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [16] Madden, S.R., Franklin, M.J., Hellerstein, J.M. and Hong, W., "Tinydb: An acquisitional query processing system for sensor networks." ACM Transactions on Database Systems (TODS), 2005.
- [17] Liu, T. and Martonosi, M., "Impala: A Middleware System for Managing Autonomic, Parallel Sensor Systems," ACM SIGPLAN Symp. Principles and Practice of Parallel Programming, June 2003.
- [18] Levis, P. and Culler, D., "Mate: a Virtual Machine for Tiny Networked Sensors" ACM Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS), Oct. 2002.
- [19] Strang, T. and Linnhoff-Popien, C., "A context modeling survey." UbiComp 1st International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management, Nottingham pp. 34 - 41, 2004.
- [20] W3C. Composite Capabilities / Preferences Profile (CC/PP). <http://www.w3.org/TR/2004/REC-CCPP-struct-vocab-20040115/>
- [21] W3C. Resource Description Framework (RDF) <http://www.w3.org/RDF/>
- [22] Held, A., Buchholz, S. and Schill, A., "Modeling of context information for pervasive computing applications." In Proc. of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2002), pp. 1231, 2002
- [23] Bauer, J., "Identification and Modeling of Contexts for Different Information Scenarios in Air Traffic" Diplomarbeit, 2003.
- [24] Hofer, T., Schwinger, W., Pichler, M. and Leonhartsberger, G., "Context-awareness on mobile devices, the Hydrogen approach" In Proceedings of the 36th International Hawaii International Conference on System Sciences, 2002.
- [25] McCarthy, J. "Notes on formalizing contexts.", In Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann, California, pp. 555 - 560, 1993.
- [26] Giunchiglia, F., "Contextual reasoning.", *Epistemologica - Special Issue on I Linguaggi e le Macchine* 16, pp. 345 - 364, 1993.
- [27] W3C. Web Ontology Language <http://www.w3.org/2004/OWL/>
- [28] Wu, M., Friday, A., Blair, G., Sivaharan, T., Okanda, P., Duran-Limon, H., Sorensen, C., Biegel, G. and Meier, R., "Novel Component Middleware for Building Dependable Sentient Computing Application", ECOOP04 Workshop on Component-oriented approaches to Context-aware Systems, Norway, June 2004.
- [29] Humphreys, B.L. and Lindberg, D.A., "The UMLS project: making the conceptual connection between users and the information they need." *Bulletin of the Medical Library Association* 81(2), pp. 170-177, 1993.
- [30] Ashburner, M., Ball, C. A., Blake, J. A., Botstein, D., Butler, H., Cherry, J. M., Davis, A. P., Dolinski, K., Dwight, S. S., Eppig, J. T., Harris, M. A., Hill, D. P., Issel-Tarver, L., Kasarskis, A., Lewis, S., Matese, J. C., Richardson, J. E., Ringwald, M., Rubin, G. M. and Sherlock, G. "Gene Ontology: tool for the unification of biology". *The Gene Ontology Consortium. Nature Genet.* 25, pp. 25-29, 2000.
- [31] McGuinness, D.L., Fikes, R., Rice, J. and Wilder, S. "An Environment for Merging and Testing Large Ontologies." *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000)*. San Francisco, CA, Morgan Kaufmann Publishers, 2000.3
- [32] W3C, "Semantic Web." <http://www.w3c.org/2001/sw/>
- [33] Horrocks, I., "DAML+OIL: a Description Logic for the Semantic Web." *IEEE Computer Society Technical Committee on Data*

Engineering, 25(1): p. 4-9. 2000.

[34] Chen, H., Perich, F., Finin, T. and Joshi A., "SOUPA: Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications.", In Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous systems: Networking and Services (Mobiquitous 2004), Boston, MA, 2004.

[35] Lee, M.C., Jang, H.K., Paik, Y.S., Jin, S.E. and Lee, S., "Ubiquitous device collaboration infrastructure: Celadon", The Fourth IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded and Ubiquitous Systems, and the Second International Workshop on Collaborative Computing, Integration, and Assurance, 2006.

[36] Chen, H. and Finin, T., "An ontology for context-aware pervasive computing environments", The Knowledge Engineering Review archive Volume 18, Issue 3, pp. 197-207, 2003

[37] Narayanaswami, C., Raghunath, M.T., Rosu, M.C., Jang, H.K. Jin, S.E., Kim, S.Y., Lee, M.C., Lee, S., Paik, Y.S., "Device Collaboration for Ubiquitous Computing: Scenarios and Challenges", First Korea/Japan Workshop on Ubiquitous Computing, June 2005.

[38] IBM's IODT/Minerva: Minerva Reasoner, <http://www.alphaworks.ibm.com/tech/semanticstk>

[39] Rosu, M.C., Raghunath, M.T., Narayanaswami, C., Lee, S., Paik, Y.S., Jin, S.E., Jang H.K., Lee, M.C., "Celadon: a Novel Architecture for Symbiotic Computing", International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2006), Seoul, 2006.

[40] Pinhanez, C., "The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces Proc. of Ubiquitous Computing", UbiComp 01, Atlanta, Georgia, September 2001

[41] Akerlof, G. "The Market for Lemons: Qualitative Uncertainty and the Market Mechanism", The Quarterly Journal of Economics, 84(3), pp. 488 - 500, 1970.

[42] Sim, J., Kim, J., Kwon, O., Lee, S., Kim, J., Jang, H.K., Lee M.C., "Applying Inference

Engine to Context-Aware Computing", ubiPCMM06: 2nd International Workshop on Personalized Context Modeling and Management for UbiComp Applications, 2006

[43] Talbott, S., "The Trouble With Ubiquitous Technology Pushers, or: Why We'd Be Better Off without the MIT Media Lab.", NetFuture: Technology and Human Responsibility., 2000. http://www.netfuture.org/2000/Jan0600_100.html#3

[44] Barbaro, M. and Zeller Jr. T., "A Face Is Exposed for AOL Searcher No. 4417749", The New York Times, Aug 9 2006. <http://www.nytimes.com/2006/08/09/technology/09aol.html?ex=1312776000&en=f6f61949c6da4d38&ei=5090&partner=rssuserland&emc=rss>

[45] United States of America Federal Trade Commission Docket No. C-4047, 2002. <http://www.ftc.gov/os/2002/05/elililycmp.htm>

[46] 김원섭, "개인정보 도용땐 미성년자도 실행", 조선일보 2월 19일, 2006. <http://www.chosun.com/national/news/200602/200602190389.html>

[47] Lucky, R. "Everything will be connected to everything else." Connections. IEEE Spectrum, March, 1999.

이 서 우



2002 University of California, Berkeley Computer Science (학사)
 2005 KAIST 바이오시스템학과(석사)
 2005. 1~현재 한국IBM 유비쿼터스 컴퓨팅 연구소 (UCL)
 관심분야: 상황인식 기술, 사용자 인터페이스 기술, 모바일 컴퓨팅
 E-mail : lsean@kr.ibm.com

이 증 권



1994 KAIST 전기및전자공학과(학사)
 1996 KAIST 전기및전자공학과(석사)
 2002 KAIST 전자전산학과(박사)
 2002. 9~2003. 4 KAIST 정보전자 연구소 Postdoc
 2003. 5~2005. 12 UIUC 전산학과 Postdoc
 2006. 1~현재 한국IBM 유비쿼터스 컴퓨팅연구소(UCL)

관심분야: 모바일 컴퓨팅 및 네트워크, 모빌리티 모델링, 위치 인식 및 응용
 E-mail : jklee@kr.ibm.com
