

유비쿼터스 컴퓨팅 연구 동향*

양 지 윤 · 안 중 호**

〈目 次〉

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| I. 서 론 | III. 유비쿼터스 컴퓨팅의 활용 |
| II. 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념과 기술 | IV. 결 론 |

I. 서 론

현대 사회의 통신기술이 급변함에 따라 생활환경도 이에 따라 변화하고 있다. 미래 이런 사회를 주도해 나가는 것이 바로 유비쿼터스 컴퓨팅이라고 할 수 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 언제, 어디서나 사용하는 장치에 상관없이 사용자들에게 고도의 개인화된 정보를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 정보를 생성하고 커뮤니케이션을 하는 주체를 변화시키며, 정보처리 속도를 급속하게 증가시키는 원동력이 되고 있다. 사회적 측면에서 유비쿼터스 환경은 정보공유를 급속히 확산시키고 네트워크 사회로의 발전을 가져오지만, 시스템의 의존성이 강화됨으로써 개인 정보유출, 개인주의 등의 역기능이 발생된다는 문제점도 지적되고 있다. 하지만 주위의 모든 사물이 컴퓨터화 되면서, 인간의 모든 행동을 감지하여 인간이 원하는 모든 것을 보조한다면, 이와 같은 최적의 편의성이 보장되는 세상이 곧 구현될 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념을 정의하고, 이것이 지향하는 제3공간과 기반 기술에 대해서 살펴보고, 3장에서는 해외에서 진행되는 유비쿼터스 연구 프로젝트에 대해 설명하고, 국내에서 진행되는 실제 구축 서비스에 대해 살펴보고자 한다. 4장에서는 본 연구에 대한 정리를 하면서 마치고자 한다.

* 본 연구는 부분적으로 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업(IITA-2008-C1090-0801-0031)의 연구결과로 수행되었음

** 서울대학교 경영대학 및 경영전문대학원

II. 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념과 기술

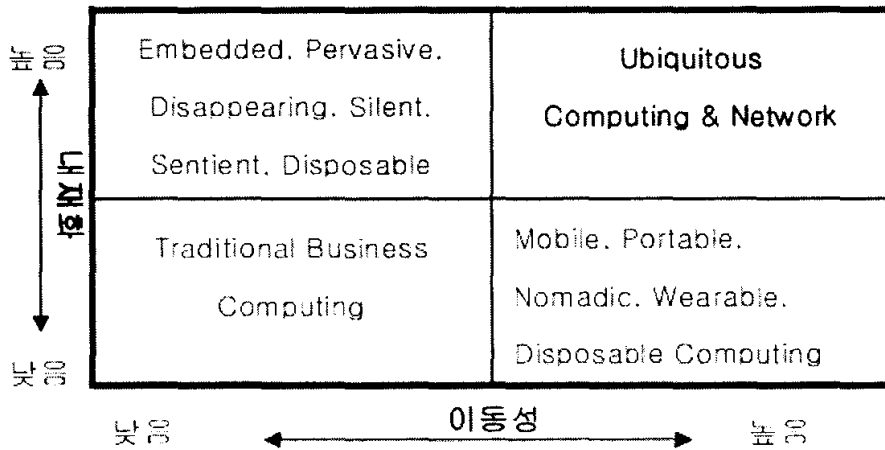
2.1 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념

모든 곳에 존재한다(presence everywhere)라는 뜻의 라틴어인 'ubiquitas'에서 유래된 유비쿼터스(ubiquitous)는 어원 그대로 '언제 어느 곳이나 존재해 있는'이라는 뜻을 일반적으로 내포하고 있다. 즉 이는 일반적으로 물, 공기처럼 도처에 편재해 있는 자연 자원이나 종교적으로는 신이 언제 어디서나 시공을 초월하여 존재한다는 것을 상징할 때 이용된다. 이러한 맥락에서 정보 통신 분야에서는 이 말을 '유비쿼터스 컴퓨팅'이나 '유비쿼터스 네트워크'처럼 유비쿼터스화되고 있는 새로운 정보 기술 환경 또는 정보 기술 패러다임의 의미로 이해되고 있다.

유비쿼터스라는 용어는 미국 제록스 팔로 알토 연구소(PARC)의 마크 와이저가 1988년에 시작한 '쉬운 컴퓨터 연구'라는 프로젝트를 추진하면서부터 이에 대한 개념을 정립하는 계기를 마련하게 되었다. 즉, 그는 유비쿼터스를 '어디에서든지 컴퓨터에 접근이 가능한 세계(computing access will be everywhere)'라고 정의함으로써 유비쿼터스를 단순히 컴퓨팅 환경을 개선하는 것에만 그치는 것이 아니라, 인류의 사회 문화까지 송두리째 바꿔놓을 것으로 예상하였다.

유비쿼터스화의 의미는 우선적으로 물리적 공간에 존재하는 컵, 화분, 자동차, 벽, 교실이나 사람들이 지니고 다니는 옷, 안경, 신발, 시계 등의 우리 주위의 모든 사물 하나하나에 다양한 기능의 컴퓨터와 관련기기들을 탑재하거나 또는 심는 것이다. 더 나아가서는 이들은 보이지 않는 네트워크로 서로 유기적으로 연결시킴으로써, 기능적·공간적으로 사람·컴퓨터·사물이 하나로 연결되고 이들 간에 정보가 자유롭게 흐를 수 있도록 해주는 것이다. 이것이 물리 공간과 가상공간이 연결된 제3의 공간이고 이를 가능케 해주는 기술적 개념이 바로 '유비쿼터스 컴퓨팅'이다.

유비쿼터스는 구현 환경을 위한 IT 개발의 방향 및 전략에 따라 유비쿼터스 컴퓨팅, 유비쿼터스 네트워크, Pervasive 컴퓨팅, nomadic 컴퓨팅 등의 다양한 용어들로 혼용되고 있다(최남희 2003, 김재윤 2003). 이는 컴퓨터의 개념과 적용범위를 제한된 범위에 한정시키지 않고 일상생활 공간과 사물 및 인간의 눈에 보이지 않는 부분까지 확장하고 있기 때문에(김진영 외, 2003), 또는 유비쿼터스 IT 추진에 대한 시점이나 기술력의 차이에서 비롯된 것이라 할 수 있다. 백광현(2004)은 유비쿼터스 IT는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 모두 포함하는 넓은 의미로서 <그림 1>처럼 이동성(mobility, portability), 내재화(embedded, pervasive)를 모두 발전시켜 서로 연결되고(connected) 통합되는(integrated) 기술로서 설명하였다.



(자료: Lyytinen and Yoo, 2002; 김재윤, 2003)

〈그림 1〉 유비쿼터스 IT의 정의

유비쿼터스화는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리 공간을 인공 지능화함과 동시에 물리적 공간에 펼쳐진 각종 사물들을 떨어져 있는 것이 아니라 네트워크로 연결시키는 것이라고 말할 수 있다. 인터넷이 여기 저기 떨어져 있던 컴퓨터를 연결시켰다면, 유비쿼터스화는 환경 속에 떨어져 존재하는 도로·다리·터널 등과 같은 물리적 사물들을 연결하는 것이다. 이와 같이, 유비쿼터스화는 사물들을 인터넷망을 통해 연결시키는 것이다.

유비쿼터스 컴퓨팅의 특성은 다음과 같이 네 가지를 들 수 있다(Weiser, 1988).

첫째, 네트워크에 연결되지 않은 컴퓨터는 유비쿼터스 컴퓨팅이 아니다.

둘째, 인간화된 인터페이스(calm technology)로서 눈에 보이지 않아야(invisible)한다.

셋째, 가상공간이 아닌 현실 세계의 어디서나 컴퓨터의 사용이 가능해야 한다.

넷째, 사용자 상황(장소, ID, 장치, 시간, 온도, 명암, 날씨 등)에 따라 서비스가 변해야 한다.

이런 4가지 특성(사물들의 네트워킹, 인간 중심적인 컴퓨팅 환경, 사물의 지능화, 자율성)은 유비쿼터스 컴퓨팅을 구축하기 위한 기본 개념을 형성한다(이찬도 & Jiao, 2005).

첫째, 유비쿼터스 정보기술을 실제 적용할 때에는 인간 중심적 컴퓨터가 우리가 생활 주위에 편재되어 있지만, 결코 사용자를 귀찮게 하거나 불편하게 하지 않고 조용히 사용자가 자신을 이용해 주기를 기다리는 컴퓨팅 환경(calm & silent technology)이다. 인간이 컴퓨터의 존재를 인식하지 않으면서도 컴퓨터를 사용할 수 있도록 자연스럽게 주변 상황에 파고들게 만드는 기술을 강조하고 있는 인간중심으로 유비쿼터스 기술개발이 이루어져야 한다.

둘째, 유비쿼터스 컴퓨팅은 물리공간의 모든 컴퓨터뿐만 아니라 컴퓨팅 기능이 내재된 모든 사물들이 서로 연결된 네트워크가 되어야 한다. 유비쿼터스 네트워크 기반구조는 유무선 사이에 단절 없는 통신망이 실현되고, 점 조직과도 같은 무선망에 의해서 누구든지 언제 어디서나 네트워크에 접속된 단말기기를 사용하여 네트워크로부터 필요한 정보를 얻을 수 있는 등 우리 주변환경에 내재되어 모든 사물 및 사람이 보이지 않는 네트워크로 연결된 새로운 공간을 의미한다. 이러한 네트워크를 위해서는 근거리에서 주변환경을 감지하는 센서 기술의 발전이 필연적으로 요구된다.

셋째, 유비쿼터스 컴퓨팅은 특정한 기능이 내재된 컴퓨터가 환경과 사물에 심어짐으로써 우리 주변의 모든 환경이나 사물 그 자체가 지능화될 필요가 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 사물의 일부로서 사물 속에 내재화된 칩과 같은 작은 컴퓨터들은 주변공간의 상황을 인식할 수 있게 되며, 공간 속에서 주변 환경과 사물들의 변화를 어느 정도 떨어진 거래에서까지 지각, 감시, 추적 할 수 있게 되는 환경이다. 사람들의 의도적인 조작이 없이도 정보접속이 가능하며, 사물 속에 내재되어 숨어 있는 컴퓨터들과의 연결은 우리가 의식할 수 없을 정도로 조용하고 지능화되어야 한다.

마지막으로, 유비쿼터스 컴퓨팅은 장소에 구애 받지 않아야 하며, 자연스럽게 존재해야 하며, 스스로 판단할 수 있는 자율성을 가져야 한다. 특히 사람과 사물, 사물과 사물간 상호 연결되고 상황을 능동적으로 인지하고 반응하는 등 자율성과 지능성을 극대화하는 것에 초점을 두고 있다. 단순히 빠른 컴퓨터보다는 사람이 일일이 개입하지 않아도 스스로 알아서 일을 처리하고 인간이 감지하지 못했던 세세한 부분의 정보까지 획득하는 '똑똑한 컴퓨팅' 환경이 구현되어야 한다.

2.2 제3의 공간을 창조하는 유비쿼터스 컴퓨팅

유비쿼터스 컴퓨팅의 기반을 구축하는 시작은 물질 공간에 가상공간을 심는 일이다. 물질 공간 구석구석에 더 많은 가상공간을 심음으로써 국토 공간의 제3공간화, 즉 유비쿼터스 공간화의 밀도를 높여야 한다. 유비쿼터스 공간화 밀도가 높아야 산업 경제나 일상생활에 대한 효과를 극대화할 수 있다. 유비쿼터스 공간은 크게 두 가지 차원으로 나누어 볼 수 있는데 하나는 물리적 차원(기술적 차원)이고, 또 하나는 인지적 차원이다(조용일, 2005).

물리적 차원에서 유비쿼터스 공간은 임베디드 시스템, MEMS(Micro-Electro-Mechanical System), 각종 유무선 네트워크, hand-held, appliances 등 각종 기술 발달의 토대 위에서 가능하다. 또한 이것이 장착된 도로, 교량 보도, 가로시설 등 물리적 공간 요소가 전제되어야 한다. 이들 기술적 요소와 물리 공간 요소가 구성하는 것이 유비쿼터스 공간의 물리적 차원이다(조형일, 2005). 이를 위해서는 물질 공간에 가상공간을 심는데 있어 부처나 행정 구역의 경계를 초월해야 한다. 범국가적인 차원에서 모든 기능의 유비쿼터스화가 필요한 것이다. 또 광역 지역 공간이나 제

한된 범위의 특정 공간은 물론, 사무실이나 집과 같은 아주 좁은 공간까지도 개별 기능에 특화된 유비쿼터스 공간화가 필요하다. 이 과정에서 공간을 구성하는 모든 환경과 사물에 빠짐없이 가상 공간을 심어야 한다. 그리고 제3공간의 기본 이념을 어떻게 실현할 것인가 역시 반드시 고려해야 할 문제다. 체계적인 전략을 통해 물질 공간에 놓여질 가상공간의 실체는 유비쿼터스 컴퓨팅과 네트워크로 구현된다. 사물들 속에 컴퓨터와 같은 가상공간 요소를 집어넣어 지능화시키고 이들을 이음매 없는 네트워크로 연결함으로써 제3공간의 가시성을 높이는 것이다.

인지적 차원에서 유비쿼터스 공간도 매우 중요해진다. 본래 인간의 공간관념은 시각, 청각, 촉각, 미각, 후각에 의한 경험이 일치하는 공간에서 경험하여 익혀왔다. 그러나 지금까지 디지털 공간을 통한 경험은 시각과 청각에 제한되어 있었다. 하지만 유비쿼터스 공간에서는 이런 제약이 사라지게 된다(조형일, 2005). 가상현실 기술과 네트워킹 기술의 발달, 그리고 인간 행위의 대상이 되는 인간 및 사물에 장착된 임베디드 기술로 가능해진다. 인간의 몸을 구성하는 수많은 세포들은 네트워크로 연결되어 있다. 이런 네트워크를 가능하게 해주는 것이 바로 뉴런이라고 불리는 신경 세포이다. 유비쿼터스 환경이 인간의 뉴런처럼 작동되기 위해서는 광대역 유선망과 3세대 모바일 및 초고속 무선랜 등의 네트워크가 물리 공간에 널리 편재돼 있어 언제, 어디서, 어떤 기기를 이용하더라도 자유롭게 접속해 필요한 정보를 교환할 수 있어야 한다.

2.3 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반 기술

마크 와이저의 관점에서 유비쿼터스 컴퓨팅에 있어 주요한 키워드는 컴퓨터와 네트워크, 인간, 응용이다. 이들 키워드를 중심으로 현존하거나 실현 가능성이 높은 기술들 중에 유비쿼터스 컴퓨팅에 활용 가능하며 주요한 역할을 수행할 기술들을 정리하면 <표 1>과 같다. 유비쿼터스 공간을 구현하는 주요 기술은 컴퓨팅, 네트워크, 인터페이스, 응용 등으로 분류할 수 있다(김완석, 2003).

컴퓨팅 관련 기술로는 디바이스의 소형화에 관련된 기술로 나노, 병렬 등 고집적 기술, 기억장치 및 저소비 전력화 기술, 개인 인증 기술, 보안 기술 등의 포함된다. 네트워크 관련 기술은 이질적인 네트워크 환경을 통합하기 위한 기술로, IPv6, 근거리 무선 통신 기술, 장치 접근 기술 등을 말한다. 사용자 관련 기술로는 지금까지의 사용자 인터페이스(마우스, 키보드)와는 달리 음성인식 등의 사용자 친화적인 인터페이스 기술을 일컫는다. 마지막으로 응용 기술로는 XML이나 JAVA, 그리드 컴퓨팅, 웹 관련 기술 등이 있다.

〈표 1〉 현존 및 실현 가능성이 높은 기술의 유비쿼터스 컴퓨팅 기술 관점에서의 분류

기술 분야	현존 기술 및 실현 가능성이 높은 기술	유비쿼터스적 기술 진화
컴퓨터	<ul style="list-style-type: none"> • 마이크로컴퓨터 칩 • 나노 병렬 등 고집적 기술 • 개인 인증 및 보안 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 소형/내장형/비가시화 기술
네트워크	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워킹(IPv6) • 장치 접속 기술(P2P/Grid 관련 기술 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 이음매 없는(seamless)접속 기술
인간 (인터페이스)	<ul style="list-style-type: none"> • 수동/능동형 센서 기술 • 근거리 무선 기술 (블루투스, RF I/F 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 인간과 사물 간 자율형 직접 인터페이스 기술
응용	<ul style="list-style-type: none"> • P2P/Grid 기술 • WWW, Java, WAP, XML 	<ul style="list-style-type: none"> • 망 기반 복합 응용/미들웨어 기술

유비쿼터스 컴퓨팅에 의한 제3공간을 창조하기 위해서는 센싱(sensing)기술, 무선 네트워크 기술, 사용자 인터페이스 같은 다양한 기술들이 필요하게 된다.

첫째, 센싱(sensing) 기술로서 물리 공간을 전자화하기 위한 가장 필요한 기술이다. 센싱 기술은 물리 공간에 존재하는 상품과 사물, 그리고 사람의 존재와 그 정보를 인식하고 이를 가상공간에 전달하는 역할을 한다. 그리고 위치 추적 기술은 인식된 물리적 대상이 물리 공간상에서 어떻게 움직이는지를 추적한다. 이러한 센싱 기술과 위치 추적 기술은 물리 공간의 좌표에 존재하는 사물을 가상공간의 데이터베이스에 연결시키는 역할을 수행한다. 센싱 기술의 핵심은 외부변화를 감지하는 입력장치인 센서다(최병철 & 박기식, 2006). 센서가 눈에 띄지 않고 어디에서나 구현되기 위해서는 소형화 기술이 필요하며, 대량으로 보급하기 위해서는 저가화 기술이 전제되어야 한다. 또한 상시적으로 전력을 소모하기 때문에 저전력 기술도 관건이라 할 수 있다.

센서는 식별자와 리더기간의 미리 약속된 표준방식으로 감지가 이루어지는 수동형 센서와 외부 환경, 사물자체를 대상으로 감지가 이루어지는 능동형 센서로 대별된다. 수동형 센싱 시스템에는 RFID가 가장 보편적으로 사용 중이며, 액티브 배지(active badge)나 바코드 기술 등도 활용되고 있다. RFID 태그는 기존의 바코드 기능을 뛰어넘어 사물의 위치나 정보 내용을 자동으로 인식하고 무선으로 정보를 저장, 입출력, 공유할 수 있는 기술이다. RFID는 IC 칩과 안테나를 통하여 데이터를 교환하거나 기록하는 매체로 기존의 태그형 RFID이나 카드형 RFID를 시작으로 장차 휴대 전화 등의 단말 자체가 '이동형 RFID'로 활용될 것으로 추정된다. 초소형 정밀 기계 기술인 MEMS 또한 사물이나 생물에 심어져 지능적으로 동작하고 정보 처리 업무를 수행할 수 있다.

MEMS는 기존의 반도체 산업에서 구축한 인프라를 사용하여 복잡하고 극히 작은 형상의 소자를 제작하지만, 상대적으로 새로운 기술이라고 볼 수 있다. 이러한 이 기술을 이용한 SoC들은 다

양한 기능(센싱, 구동, 통신)을 할 뿐만 아니라 사용에서 군수용까지 무궁무진한 응용처를 보유하고 있다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 요소들이 물리 공간에 심어지고 유비쿼터스 네트워크가 사물과 플랫폼, 단말기 등을 서로 연결하면 제3공간을 개발하는 기초가 마련되는 셈이다(김완석, 2002).

이와 더불어 액티브 배지는 제록스의 마크 와이저가 ID 태그의 일종으로 제안한 개념으로 최근 MIT에서 응용분야를 개발 중에 있으며, 바코드도 2차원이나 컬러화 등을 통해 다양한 정보제공이 가능해지고 있다. 능동형 센서는 환경에 지능을 부여하는 대표적인 도구로 안전, 보안 등의 상태감시 기능이나 동작인식 등의 휴먼인터페이스 기능을 제공한다. 현재 온도, 자기 가스감지 등 물리센서로 구현이 가능한 일부 분야에서는 인간보다 월등하거나 인간에 필적할 센싱 능력을 보유하고 있으나, 후각이나 미각 등을 구현하기 위한 화학센서 분야는 아직 미흡한 실정이다.

센싱기술의 개발과 관련 고려해야 하는 점은 센서들이 모두 개별 주소를 가지고 있어야 한다는 점이다. 과거에는 한 가정에 하나의 인터넷 주소로도 충분했다. 그러나 수십 개의 정보 가전에 수천 개의 칩이 집안 곳곳에 이식될 경우 요구되는 가상공간의 주소는 수천 배에서 수십만 배로 늘어난다. 따라서 32비트의 길이로 제한된 기존 IPv4 인터넷 주소 체계는 폐기될 수밖에 없다. 그 대신 128비트의 길이를 지닌 IPv6 주소 체계가 새로이 등장하는 제3공간의 주소 체계로 자리 잡을 것이다. 즉, 차세대 인터넷 주소 체계인 IPv6은 제3공간에서 사물, 사람, 네트워크, 단말기 등의 정체성과 위치, 네트워크 주소를 언제, 어디서나, 어떤 플랫폼에서도 일체화할 수 있는 기반을 제공한다. 수천, 수만 개의 IP 주소들을 선으로 연결한다는 것은 상상하기 어렵다. 이들 주소들은 무선 ID에서 블루투스에 이르는 다양한 무선 방식에 의해 연결될 것이다. 그만큼 무선 인터넷이 광범위하게 적용될 수밖에 없다.

둘째, 무선 네트워크 기술이다. 유비쿼터스 혁명은 유선 위에서는 성공할 수 없다. 유비쿼터스 혁명은 점 조직과도 같은 무선망에 의해서만 성공할 수 있다. 전파는 입자로서의 물리적 특성과 파동으로서의 정보적 특성을 동시에 지닌다(주종욱, 2005). 전파라는 무선 매체에 의지할 때 유비쿼터스 혁명은 급속히 확산될 수 있으며 무선 매체에 의해 창출되는 제3공간만이 물리 공간과 가상공간을 통합할 수 있다. 같은 필요성에 따라 최근 무선 정보 통신 기반은 다양한 모습으로 발전하고 있다. 무선 정보 통신 기반은 그 범위와 이동성을 기준으로 센서, 홈 랜, 무선 인터넷, 이동 통신 등으로 구분할 수 있다. 이들은 자기 고유한 수요를 충족시키기 위해 발전해 왔다. 현재 실용화된 대표적인 근거리 무선 통신 기술로는 적외선 통신에 의존하는 IrDA, 전송 거리가 50m를 넘지 않는 홈 RF(Home Radio Frequency), 블루투스 등이 있다(안영무, 2004).

블루투스는 무질서하게 흩어져 있는 정보 기기들을 조용히 통합시키고 있다. 블루투스를 활용하면 노트북과 PDA 그리고 휴대폰에 기억되는 모든 전화번호, 주소, 메모 등을 자동으로 일치시킬

수도 있다. 정보 기기들끼리 자발적으로 통신을 주고받으며 정보를 업데이트한다. 이러한 점에서 블루투스는 '감추어진 컴퓨팅(hidden computing)'으로 평가되기도 한다. 비록 블루투스는 1Mbps의 속도와 10m의 전송 거리로 제한되지만 그 개방성과 시장성, 종합성으로 인해 홈 랜의 강력한 대안으로 부상하고 있다.

무선 LAN은 IEEE 802.11 규격을 기초로 11Mbps에서 최고 600Mbps에 이르는 고속의 무선 인터넷 환경을 제공한다. 또한, 100m에 이르는 넓은 전송 거리를 확보하고 있다. 최근 들어 공중 무선 LAN뿐만 아니라 와이브로(WiBro)까지 등장해 무선으로 초고속 인터넷에 접속할 수 있게 됐다. 무선 LAN은 빌딩이나 대학의 캠퍼스, 병원, 아파트 단지 등에서 노트북 PC나 PDA로 인터넷에 접속할 수 있도록 한다. 특히 무선 LAN은 넓은 영역의 물리 공간을 통째로 가상공간에 연결시킨다. 이와 같은 유비쿼터스 기술은 사용자로 하여금 모든 장소에 존재할 수 있도록 해준다.

광범위한 이동 통신도 유비쿼터스 혁명을 완성하는데 필수적인 무선 기반이다. 글로벌 이동 통신을 가능하게 하는 최근 3세대 이동 통신의 기반 기술은 인터넷처럼 개방된 네트워크를 형성한다. 다만, 이 새로운 네트워크는 끊임없이 이동한다는 점에서 기존의 인터넷과 다르다. 위성 통신 역시 끊임없이 변화하는 사용자의 위치를 추적한다. 유비쿼터스 네트워크는 더는 고정되어 있지 않다. 역동적으로 변하고 이동하며 사라졌다가 다시 나타난다. 무선 네트워크를 통해 창출되는 제3공간은 '언제', '어디서나', '무엇이라도' 접근해 추적하고 이를 통제할 수 있다. 제3공간은 끊임없이 이동하면서도 감추어져 있는 조용한 공간이다.

마지막으로 편리한 사용자 인터페이스이다. 현재의 키보드나 마우스 등의 컴퓨터 인터페이스 환경을 극복하기 위해서는 표정·행위·음성·신체 변화 인식 등 다양한 형태의 사용자 중심의 인터페이스가 구현되어야 한다. 사용자가 필요로 하는 서비스를 제공하기 위해서는 일상 곳곳에 편재된 센서 및 컴퓨터들이 수집한 각종 환경 정보를 효과적으로 상호 공유하여 사용자 및 주변 환경의 정황을 알아내는 유비쿼터스 에이전트의 역할이 요구된다. 정보 수집·처리·통신 등의 기능을 지닌 각각의 컴퓨터들 사이를 기능적·공간적으로 연결하여 사용자에게 필요한 정보나 서비스를 즉시 제공하기 위해서는 다양한 형태의 데이터 저장 및 유무선 네트워킹 기술이 상호 연동되어야 한다(우윤택, 2003). 이런 가운데 '입는(wearable)', '1회용(disposable)', '임베디드(embedded)', '이그조틱(exotic)' 등이 차세대 컴퓨팅 기술의 새로운 패러다임으로 부상하고 있다.

입는 컴퓨팅은 유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 출발점으로 옷이나 장신구처럼 컴퓨터를 착용할 수 있게 함으로써 휴대의 번거로움을 극복한 기술이다. 입는 컴퓨팅 기술은 앞으로 체내 이식형 컴퓨팅(implant computing) 기술로 발전해 나갈 것이다. 1회용 컴퓨팅 기술은 모든 사물에 컴퓨터를 심을 수 있도록 컴퓨터를 1회용 종이만큼이나 저렴하게 만드는 기술이다. 이를 위해서는 대중화를

통한 저가격의 실현이 필수적이다. 임베디드 컴퓨팅은 컴퓨터가 수행해야 할 기능을 미리 프로그래밍해 심는 기술이다. 임베디드 컴퓨팅 기술을 활용하면 빌딩 기둥 속에 건물의 안정성을 스스로 진단하고 문제를 사전에 조치할 수 있는 컴퓨터를 심을 수 있다. 이그조틱 컴퓨팅은 그야말로 스스로 생각해 물리 공간과 가상공간의 연계를 수행하는 컴퓨팅 기술이다. 이 기술을 통해 집에서 일어나는 모든 상황과 해야 할 작업들이 지능적으로 파악되고 실제로 수행되는 것이 가능해진다.

Ⅲ. 유비쿼터스 컴퓨팅 활용

3.1 유비쿼터스 연구 프로젝트 현황

해외의 유비쿼터스 컴퓨팅 기술 개발 프로젝트는 <표 2>와 같이 다양하게 진행되고 있다(최병철, 2006).

<표 2> 해외 유비쿼터스 컴퓨팅 주요 기술개발 프로젝트 사례

국가	수행 기관	프로젝트	주요 내용
미국	MIT	Things That Think	<ul style="list-style-type: none"> - 일상생활을 지원하는 컴퓨팅 구현 - 사물들이 사용자의 언어, 행동, 생활습관 등을 스스로 이해하여 적합한 서비스를 제공(예: 이용자들의 커피기호를 파악하는 커피메이커) - 이용자 주변의 환경으로부터 상황인지를 통해 필요한 행동을 도출하는 추론엔진 'MIThril'이 핵심
		Oxygen	<ul style="list-style-type: none"> - 컴퓨터가 산소와 같이 풍부하고 흔한 것이 되어 이용자가 특별한 지식 없이도 언어나 시각 등 자연스러운 인터페이스로 사용할 수 있도록 하는 것이 목적
버클리 대학		Smart Dust	<ul style="list-style-type: none"> - 센서 네트워크에 활용되는 극소형 컴퓨터로 1mm³ 크기로 내부에 자율적인 센싱과 통신기능을 갖추고 있는 가벼워서 떠다닐 수 있으며 먹어도 될 정도의 스마트 먼지 - 에너지 관리, 품질관리, 유통경로 관리, 생태연구, 군사목적 등으로 활용
로체스터 대학		Smart Medical Home	<ul style="list-style-type: none"> - 생활공간에 센서를 설치하고 거울 등에서 수집된 건강정보를 개인의료상담 시스템에 전송하여 의사에게 전달
마이크로소프트		EasyLiving	<ul style="list-style-type: none"> - 지능형 환경을 위한 프로토타입 및 기술개발 - 사람의 움직임을 추적하여 원하는 작업을 미리 알아서 자율적으로 수행 (예: 사용자 이동에 따라 자동적으로 로그온 및 로그오프)

〈표 2〉 해외 유비쿼터스 컴퓨팅 주요 기술개발 프로젝트 사례 (계속)

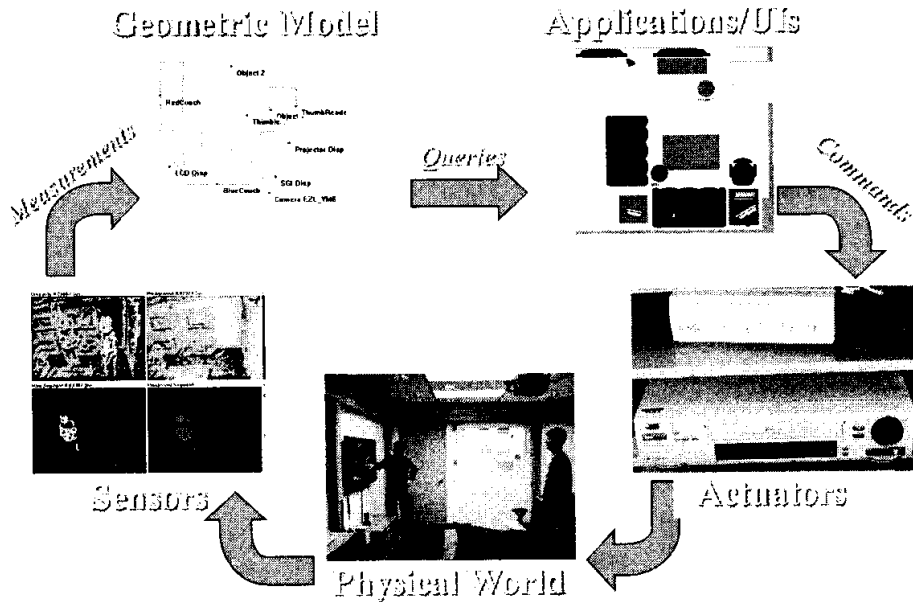
국가	수행 기관	프로젝트	주요 내용
미국	HP	Cooltown	- 사이버 공간과 사람, 사물, 장소가 연동되는 미래도시 모델 구현 - 현실세계에 존재하는 모든 것이 웹상에서도 존재하는 "Real World Wide Web" 구현
EU	EU, ETH 등	Smart-its	- 일상사물의 지능화를 추구하는 스위스, 독일, 핀란드 공동 프로젝트 - Smart-its라는 감지, 인식, 컴퓨팅, 무선통신 기능을 갖춘 초소형 칩을 내재하여 사물의 지능화 추구
	EU	Paper + +	- 종이에 컴퓨팅 능력을 부여 - 특수잉크와 센서디바이스를 이용하여 종이의 기능을 향상
	EU	2WEAR	- Wearable 기기들을 동적으로 연결하는 컴퓨팅 환경 구축 (예: 디지털카메라로 사진을 찍으면 휴대폰 및 GPS를 이용해 찍은 장소까지 기록)
일본	도쿄전철 Omron	Goopas	- 역의 자동개찰을 이용한 정보제공 서비스 - 전용 정기권으로 자동개찰기를 통과하면 행선지 주변의 이벤트 정보 등을 휴대폰으로 전송
	마쓰시타	건강 화장실	- 체중, 체지방, 당뇨수치 등을 자동으로 측정하고 매일매일의 건강상태를 확인해주는 변기 개발 - 건강상태 등에 대해 필요한 조언이나 조치를 받을 수 있도록 병원, 보건소 등과 연결
	총무성	u-Network	- IP 기술로 모든 기기를 연결시켜 네트워크 완성

유비쿼터스와 관련된 연구 프로젝트는 대부분 대학과 기업 연구소에서 이루어지고 있다. 대표적으로 마이크로소프트의 EasyLiving, HP의 CoolTown, MIT의 Oxygen, 버클리 대학의 SmartDust 등을 꼽을 수 있다(한상용, 김경숙, 2003).

마이크로 소프트 EasyLiving 프로젝트¹⁾는 지능형 환경(Intelligent Environment) 구축을 위해 다양한 디바이스를 통합하는 프로토타입 아키텍처의 개발과 그에 따른 기술 연구를 목적으로 하는 프로젝트로, EZLGM(EasyLiving Location Geometric Model)이라는 위치 기반 미들웨어와 디바이스의 위치 정보와 상태 정보를 저장하는 데이터베이스 모델인 월드 맵 모델(World Map Model)을 기반으로 한다. 즉, (1) 건물과 실내의 사람들과 물체들에 대한 위치 관계를 나타낼 수 있는 기하학적 모델링 시스템(그림 2 참조), (2)자동적 행위를 발생시키거나 행위에 대한 관계를 규명하는 기하학적 모델과 사물에 대한 정보를 저장하는 SQL DBMS를 기

1) <http://research.microsoft.com/easyliving/>

반으로 하는 월드 모델 시스템, (3)이동 컴퓨터는 다른 컴퓨터를 제어하는 소프트웨어를 내장하고 있기 때문에 사용자는 이동 컴퓨터 상에서 개인 정보를 조작하거나 실내의 다른 사람과 정보 공유 혹은 실내의 다른 컴퓨터를 제어하는 것에 대한 연구가 주를 이룬다.

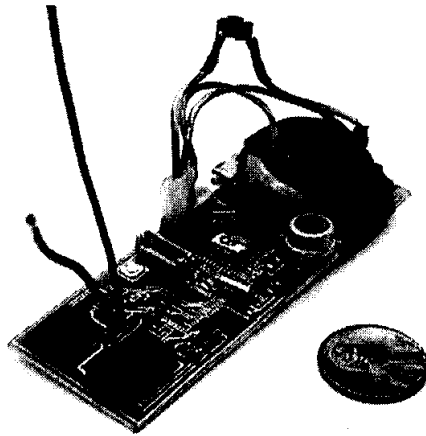


〈그림 2〉 Easyliving 프로젝트의 기하학적 모델 사용 원리

MIT Oxygen 프로젝트는 미 국방성이 지원하는 프로젝트로 컴퓨터가 산소처럼 풍부해져서 우리 생활 자체에 파고들어 별다른 노력 없이 이들을 산소처럼 자연스럽게 사용하도록 하는 인간 중심적 컴퓨터 환경을 조성하고자 하는 프로젝트로, 특별한 사전 지식 없이 언어나 시각 등의 자연 인터페이스를 매개로 언제, 어디서나 사용자의 요구에 맞는 서비스를 이행할 수 있도록 하는 관련 기술들을 연구하고 있다.

버클리 대학의 SmartDust는 미 국방성이 지원하는 군사 목적의 프로젝트로, 아주 작은 센서 장치를 개발하여 이들을 일정 지역에 배치시킴으로써, 열, 온도, 빛, 움직임, 소리 등의 환경 정보를 모니터링에 관한 연구를 진행하고 있다. 즉, 먼지처럼 작고 가벼워 공중에 떠다닐 수 있는 실리콘 모트(Silicon Mote, 그림 3참조)에서 센서, 송수신기, 태양전지 등을 탑재함으로써 자율적인 센서 네트워크의 역할을 하도록 하는 극소형 칩 개발을 목표로 진행되었다. Smart dust 디바이스는 MEMS인데, 무엇이든지 감지해낸다. 빛에서부터 진동까지도 감지가 가능하다. 오

늘날의 혁신적인 실리콘과 칩의 생산기술덕분에 이러한 모트(Motes)들은 결국 모래알처럼 작아질 수 있다. 그리고 각각의 모트들은 센서, 컴퓨팅 서킷, 양방향 무선 통신 기술, 그리고 파워 서플라이가 내장되어 있어서, 모트들은 데이터를 수집하고, 컴퓨팅을 수행하며, 쌍방향 라디오 주파수로 서로 30미터 거리 내에서 정보를 주고 받을 수 있다. 따라서 이 새로운 기술의 적용 분야는 무한하다고 볼 수 있다.

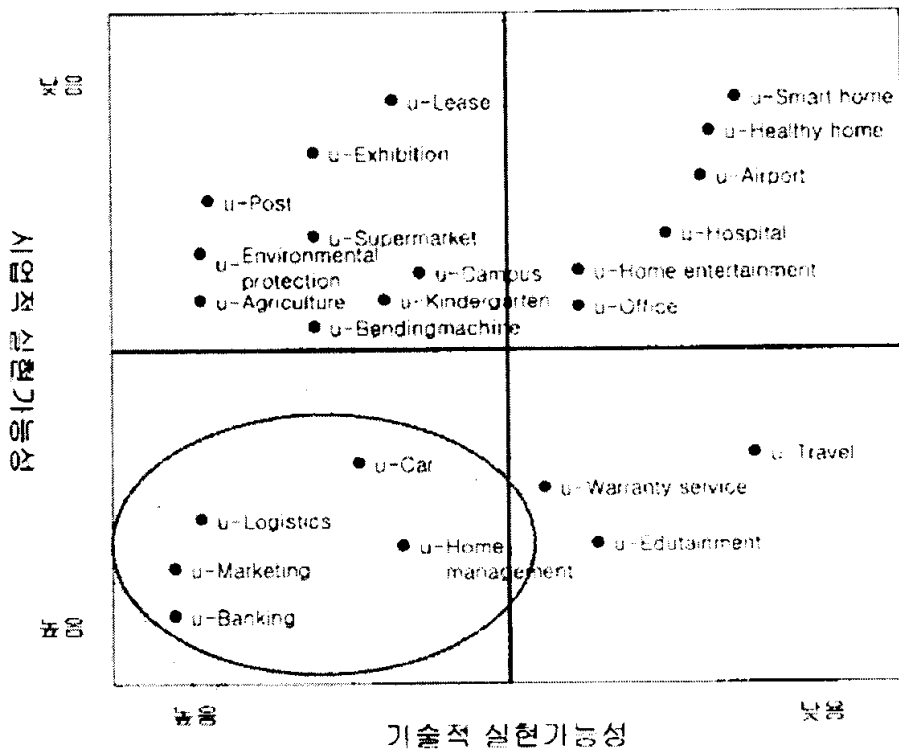


〈그림 3〉 Smartdust의 일환으로 개발 중인 모트

HP의 CoolTown 프로젝트는 기존의 웹 환경을 미들웨어를 이용하여 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하고자 하는 프로젝트로, 사람, 사물, 공간이라는 실제 물리적 요소가 웹에 반영된 웹 프리젠텐스를 구축하여, 이러한 물리적 요소들을 웹을 통해 접근 및 제어하고자 하는 기술이다. 즉, 모든 현실 세계의 사람, 물건, 장소가 해당하는 웹페이지를 보유하고, 이를 바탕으로 가상공간과 현실 세계를 하나로 묶음으로써 현실 생활에 도움이 될 수 있는 웹을 실현하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 이 프로젝트는 스마트 정보 기기를 웹과 연동 할 수 있는 일련의 핵심 애플리케이션 및 표준을 개발하고, 기기 컴퓨팅의 구현 및 이를 이용하기 위한 정보기기 개발 등을 진행하고 있다(이은경, 하원규, 2002). CoolTown 프로젝트는 현재의 웹 환경이 물리적인 실제 공간과의 연관이 적은 거대한 가상공간이기 때문에 웹상에 구축되어진 정보는 물리적인 요소들과 시스템화된 연결이 거의 없다는 점을 지적하고, 웹 가상공간과 물리 공간이 더 가까이 결합된다면 물리적 세계와 가상세계 모두 더 부유해질 수 있을 것이라는 기본적인 아이디어에서 출발하였다. 이 기술은 상당 부분 기술이 적용되어, 영국 버크셔, 미국 팔로 알토 및 캐나다에 시범 단지가 설립되어 있다.

3.2 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스

유비쿼터스 컴퓨팅 서비스를 기술적 가능성(technical viability)과 사업 가능성(business viability)의 두 가지 측면에서 할 수 있다(Lee & Kwon, 2004). <그림 4>에서 보는 것처럼 좌측하단 면에 위치하고 있는 서비스는 U-car, U-물류, u-Marketing, u-Home management, u-Banking 등이 있다. 이런 서비스들은 단시일에 실현 가능한 것으로 보인다. 따라서 사업가능성과 기술적 가능성을 상업화 측면에서 서비스 우선 순위를 결정짓는데 매우 유용하다.



<그림 4> 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스의 분류

(1) U-도시

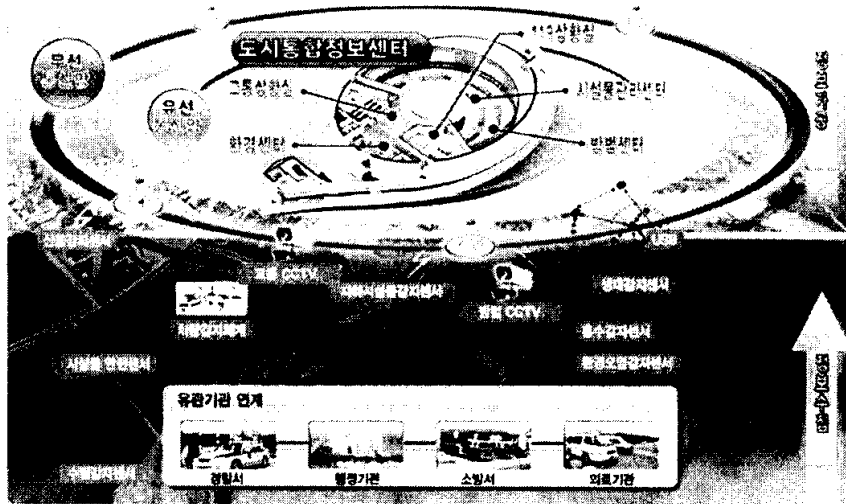
U-도시란 도로, 교량, 학교, 병원 등 도시 기반 시설에 첨단 정보통신기술을 융합하여 유비쿼터스 기반시설을 구축하여 교통, 환경, 복지 등 각종 유비쿼터스 서비스를 언제 어디서나 제공하는 도시를 말한다. 즉, 소극적 의미로는 U-도시는 도시계획, 건설, 관리 및 운영과 IT 기술이 접목된 종합 플랜트 부문이며, 적극적 의미로는 소극적 의미를 포함하여 도시문화, 도시 디자인, 도시정책, 도시문제, 도시 재생, 도시성장관리 등과 밀접한 관련이 있는 새로운 도시의 패러다임을

말한다.²⁾

u-도시의 기대효과로는 신 산업을 창출하고 지자체의 경쟁력을 향상시키고, 주민 삶의 질을 향상시키는 것을 들 수 있다. 즉, u-도시의 건설로 u-관광, u-헬스, u-시설물관리 등의 사업으로 추진되는 서비스 모델과 표준화된 시스템을 통해 지자체내의 수요뿐만 아니라 연관산업을 육성시킬 수 있다. 또한 교통, 물류 등의 네트워크가 지능화되고 교통체증이 해소되며, 물류비용이 절감됨으로써 도시의 효율성을 증대시키고 도시기능, 도시이미지 및 도시의 위상 향상으로 지자체 브랜드 가치를 확보가 가능하다. 그리고 u-도시관리, u-관광, u-문화, u-환경 등의 서비스가 제공되는 유비쿼터스 도시는 주민의 삶의 질을 향상시킬 것으로 기대한다.

이를 위해 고속도로처럼 광대역의 초고속 정보 통신망은 모든 도시 공간을 네트워크로 연결한다. 모바일 네트워크도 모든 공간을 동일한 방식으로 빈틈없이 연결한다. 특히 무선 네트워크는 도시 공간의 크기와 종류에 따라 수없이 많은 백화점, 박물관, 시장, 교량, 학교, 아파트 등 특정 용도의 내부 요소들을 하나로 연결한다.

1. 도로, 교량, 학교, 병원 등 도시기반시설에
2. 첨단 정보통신기술을 응용하여 유비쿼터스 기반기술을 구축하여
3. 교통, 환경, 복지 등 각종 유비쿼터스 서비스를 언제 어디서나 제공하는 도시



[자료: 한국유비쿼터스 도시협회, <http://www.ucta.or.kr>]

〈그림 5〉 U-도시의 개념

2) <http://www.ucta.or.kr>

도시 공간에 존재하는 사물 간의 연결은 센서, 안테나, 집적 회로(IC) 기능 등을 하나의 칩으로 만든 컴퓨터를 사물 속에 집어넣고 이들을 네트워크로 연결함으로써 실현된다. 이를 센서 네트워크(sensor network)라 부른다. 이를 통해 사물이 지능화되고 사람과 사물은 서로 정보를 주고받을 수 있게 된다.

(2) U-전자정부

u-전자정부란 언제 어디서나 대국민 서비스를 제공하고 행정 정보를 공동으로 활용하는 전자정부 서비스를 개인별 맞춤형으로 제공하는 지능형 전자정부를 의미한다. 즉, u-전자정부는 인터넷 위주의 전자정부로부터 개선된 차세대 전자정부를 구축하여 전자정부 선도 국가 실행을 목적으로 한다(행정자치부, 2005). 정보 기술 패러다임의 발전 단계에서 볼 때는 유비쿼터스 정부가 전자 정부의 연장선상에 있지만 정보의 성격과 정보화의 대상, 컴퓨팅 환경, 정보 기반의 특성 등 여러 분야에서 많은 차이가 난다. 정보의 성격 측면을 보면 전자 정부의 정보는 종이로 된 자료, 문서를 디지털화한 것인 반면에 유비쿼터스 정부에서의 정보는 공간 속의 환경, 사물, 사람과 이들 간의 연계에 관한 상황 인식 정보(위치 변화, 동작, 정체성 식별, 물리적·화학적·생물학적 상태, 대화·표정)다.

정보화의 대상도 다르다. 전자 정부에서 정보화는 문서나 자료를 디지털화해 정부 기관 간 또는 정부와 민간이 이를 공유하거나 전자 민원을 통해 행정 업무를 처리하는 수준이다. 그러나 유비쿼터스 정부에서의 정보화는 센서나 태그를 통해 수집된 상황 인식 정보를 실시간으로 수집, 공유하고 사람이 개입하지 않아도 사물이나 컴퓨터가 스스로 필요한 의사 결정이나 행동 조치를 취할 수 있도록 하는 작업을 의미한다. 또한 전자 정부의 정보 기반은 유선 네트워크 중심인데 반해 유비쿼터스 정부는 유선·모바일·무선 이동 통신을 통합한 인프라를 정보 기반으로 한다. 그리고 특정 공간 서비스에 최적화된 지능적 시스템이나 센서 네트워크와 같은 기능적·지능적 네트워크를 토대로 한다. 그래서 확장성과 주소 체계가 무한하다. 유비쿼터스 정부 시대에는 행정 효율성은 물론 국민들에게 제공되는 서비스 수준도 전자 정부 체제보다 훨씬 뛰어나다. 유비쿼터스 정부에서는 지금까지 기술과 인력 때문에 제한돼 왔던 공공 관리의 영역이 크게 확대됨은 물론 그 수준도 높아질 것이다. 따라서 유비쿼터스 정부 구현은 공공 부문의 주요 문제점인 정부의 효율성, 공공 안전, 개인적 요구에 맞춘 대민 서비스 역량 제고, 정부의 신뢰성과 투명성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 열쇠라고 할 수 있다.

(3) U-물류

물류산업은 국내 기간산업의 국내외 경쟁력과 기업 수익성에 직접적인 연관성을 갖는 중요한 산

업으로 그 인프라 확충과 개선이 무엇보다도 필요한 산업이다. 물류산업은 IT와 융합하면서 상당히 기술적 진보했다. 다양한 네트워크 기술을 기반으로 선도적인 우위의 소매 기업은 실시간으로 판매 재고 정보를 축적함과 동시에, 제품화 전략에 관한 정보를 공급망상의 동업자와 경영진에게 제공하기 위한 CCTV 네트워크 서비스와 정교한 위성 시스템 등을 운영한다. 이러한 기술을 사용하는 기업은 경쟁자보다 더 빠른 속도로 핵심 사업 과정을 수행하는 경향이 있다. 이런 가운데 유비쿼터스 네트워크와 RFID를 기반으로 하는 유비쿼터스 물류에 관한 연구가 활발하다.

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 상품의 위치추적, 재고관리, 고객관리 등을 효율화할 수 있으며, 특히 상태감시, 위치추적 등의 서비스를 통해 실시간 물류관리가 가능하다. 생산지와 물품에 대한 기본정보, 유통정보 등이 실린 RFID를 부착한 물품은 자동적으로 분류되어 목적지로 정확히 도착할 수 있게 된다. 그리고 물류의 이동 중에도 물품의 상태 및 보관, 관리 등의 정보를 제공하며, 물품계산대에서 자동적으로 요금이 청구되도록 한다. 공급자 입장에서 보면 이로써 물류유통 및 관리가 보다 효율화된다고 할 수 있다(이호영, 유지연, 2004).

이 같은 국내의 활발한 움직임에도 u-물류의 개념이 아직도 구체적으로 정립되지 않았다는 지적도 있다. u-물류가 도입될 경우 그 파장은 실로 엄청날 것이지만 문제는 현재 가지고 있는 물류 인프라뿐만 아니라 모든 사회 간접 시설의 구조를 바꾸어야 하는 부담이 있다는 것이다. 그런데다 u-물류의 효과가 검증된 상황이 아니어서 투자 대비 효과를 확신할 수 없다.

RFID 칩 장착을 통한 u-물류를 완벽하게 실현하기 위해서는 바코드 중심의 유통 정보 인프라를 뒤집어야 하며 정부 및 기업의 기간 시스템 변경, 프로세스의 전면 수정, 개개인 및 사회 각 집단의 패러다임 변화 등이 수반돼야 한다. 개별 기업 또는 부분적인 도입이 오히려 혼란과 부담을 초래할 수 있다는 것도 함께 지적되고 있다. 초기 e-물류의 모습이 그랬던 것처럼 기술 개발이 수요를 이끌어 내지 못했다는 것을 먼저 인식해야 한다.

그러나 u-물류를 먼저 실현하는 국가나 기업은 강력한 경쟁력을 가지게 될 것은 확실하다. 표준화를 어느 국가에서 가져가느냐에 따라 미래 국가 경쟁력은 크게 달라질 것이며 이는 정부에서 추진하는 동북아 물류 중심 프로젝트에 중요한 열쇠가 될 것이다.

IV. 결 론

우리 생활과 산업의 혁명을 몰고 오게 될 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 사회경제적으로 효율성을 증대시키고 생활의 편의성을 가져오게 될 것으로 기대된다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 물질 공간에 가상공간을 심음으로써 유비쿼터스 공간화 밀도를 높여 산업 경제와 일상생활에 대한 생산성과 효과

를 극대화할 수 있다. 이런 유비쿼터스 환경을 조성하기 위해서는 센싱 기술, 네트워크 기술, 사용자 인터페이스 기술들이 선행되어야 한다. 이 밖에도 유비쿼터스의 근간이 될 정보 보호와 개인화, 무선 기기의 에너지 공급, 칩·통신료·에너지의 저가격 실현, 유비쿼터스 컴퓨팅 확산을 위한 교육 그리고 나노 기술보다 더욱 미세한 기술로 구현해야 할 양자 전자 장치의 실현 가능성 등 아직도 해결해야 할 많은 과제들이 남아 있다.

또한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 인간의 정신적인 측면까지 포함하여 삶의 질을 높이는 역할을 하기 위해서는 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명이 가져올 사회 변혁과 유비쿼터스 컴퓨팅 시대의 인간에 대한 인문 사회학적인 해석도 함께 고려해야 할 과제이다. 그러나 이러한 여러 가지 난제에도 희망적인 사실은 이미 세계는 기술의 통합, 융합, 협업화를 전제로 칼리스터 인프라 기반의 신기술과 신개념이 출현하는 등 정보기술 발전 주기가 더욱 빨라지고 있다는 것이다.

참 고 문 헌

1. 김완석 외 7인, "유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 인프라 그리고 전망," 정보처리학회지, 10(4), 2003
2. 김완석, "유비쿼터스 개요," ETRI 정보화 기술 연구소, 2002.07.08
3. 김재운, 유비쿼터스 컴퓨팅: 비즈니스 모델과 전망, SERI, 2003
4. 김진영, 조태중, Ubiquitous 시대, 신비즈니스: 주요 IT 업체 현황을 중심으로, SBR&D Industry Research Report, 2003
5. 백광현
6. 안영무, "유비쿼터스 컴퓨팅 의복," Fiber Technology and Industry, 8(1), 2004
7. 우운택, 지능적 통합 공간의 탄생, 유비쿼터스 혁명, 마이크로소프트웨어, 2003.03
8. 이은경, 하원규, "유비쿼터스 컴퓨팅 비전과 주요국의 연구 동향," 전자통신동향분석, 17(6), 2002.12
9. 이호용, 유지연, 유비쿼터스 통신환경의 사회문화적 영향연구, 정보통신정책연구원, 2004
10. 이찬도, Jiao Jian, "유비쿼터스 시대의 비즈니스 인식에 대한 실증 분석," 통상정보연구, 제 7권, 제4호, 2005.12
11. 조용일, 유비쿼터스 공간 개념을 적용한 공원 설계, 서울대 조경학 석사학위논문, 2005.08
12. 주종욱, "유비쿼터스의 개요와 동향," DBGuide, 2005.06.08
13. 최남희, "유비쿼터스 컴퓨팅 기술의 응용과 과제: u-비즈니스를 중심으로," ICAT 2003 학술대회, 2003

14. 최병철, 박기식, "u-IT 기술혁신과 산업변화," 전자통신동향분석, 제21권 제2호, 2006.04
15. 하원규, 김동환, 최남희, <21세기 아젠다 U코리아비전>제4부(5)U-정부, 전자신문, 2002.07.03
16. 한상용, 김경숙, 모바일 컴퓨팅 환경의 교육적 활용 방안 연구, 한국교육학술정보원, 연구보고 KR 2003-2
17. Lee, H.G. and O.B. Kwon, "The 1st annual report on the ubiquitous computing services," MOST, Korea, 2004.
18. Lyytinen, K. and Yoo, Y., "Issues and Challenges in Ubiquitous Computing," Communications of the ACM, 45(12), 2002
19. Weiser, M., "The computer for the 21st century," Scientific American, 1991.09
20. 마이크로소프트사의 easyliving 데모 사이트, <http://research.microsoft.com/easyliving/>
21. 유비쿼터스도시협회, <http://www.ucta.or.kr>
22. 전자정부: u-Gov를 향하여, 행정자치부 2005.04.07