

유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 기술요소 및 비즈니스적 논점

강 석 호* · 이 우 기**

〈目 次〉

요약	IV. 기술적 쟁점
I. 서 론	V. 유비쿼터스 컴퓨팅과 비즈니스
II. 유비쿼터스 컴퓨팅의 분류	VI. 결 론
III. 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 핵심기술	

요 약

유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)은 컴퓨터기반 정보시스템의 개념과 비즈니스의 틀을 바꾸어 놓을 것으로 예상되고 있다. 이것은 언제, 어디서나, 어떤 기기를 이용해서라도 상호작용하여 정보를 교환하여 사람을 위한 보이지 않는 컴퓨팅환경을 일컫는 개념이다. 정보처리 및 통신 기술의 발달과 컴퓨터의 소형화, 그리고 여러 제반 기술의 발달은 여러 가지 가전기기와 컴퓨터가 결합하여 유비쿼터스 컴퓨팅에서 제안하는 환경으로 나가는 지향점이다. 이를 위해서는 작고, 값싸고, 저전력의 가벼운 컴퓨터 하드웨어들을 만들기 위한 MEMS 및 RFID, 그리고 이들을 연결해 주기 위한 고속의 무선통신 환경과 빠른 속도의 CPU와 정보인식(identifier) 및 데이터처리기술 그리고 모바일 데이터베이스 기술, 위치기반 서비스(LBS), 확산 컴퓨팅, 무선랜, 사용자인식을 위한 생체인식기술, 에이전트 기법, 임베디드 기술 등 필수적으로 요청되는 보안기술 및 핵심개념들을 소개한다. 또한 본 연구에서는 새로운 비즈니스가 만들어지는 추진동력(driving force)으로서 유비쿼터스 컴퓨팅을 거론하면서 관련된 기술적 요인들을 설명하였다. 또한 비즈니스적 쟁점들 그중에서 RFID와 바코드의 관계, IPv4 및 IPv6, 보안요인, 그리고 유비쿼터스 비즈니스관련 비즈니스 양상에 대해 기술하고 유비쿼터스 비즈니스의 발전모형에 대하여 정리하였다.

* 서울대학교 산업공학과.

** 성결대학교 컴퓨터학부.

I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)이라는 개념은 언제, 어디서나, 어떤 기기를 이용해서라도 상호작용하여 정보를 교환하여 사람을 위한 보이지 않는 컴퓨팅환경을 일컫는 것이다. 유비쿼터스라는 말은 라틴어 '(하나님이) 무소부재하다.'라는 말에서 유래했다. 그 의미는 '어디에나 존재하는데 구체적으로 눈에 띄지는 않는다'는 뜻으로 차용한 것이다. 이 개념은 지락스(Xerox)의 팔로알토 연구소(PARC: Palo Alto Research Center)의 매크 와이저가 제안했다(Chandy et al., 2002; Weiser, 1999). 그 기본적인 사상은 컴퓨터가 발전하면 할수록, 사용자가 정작 수행해야 할 업무보다도 컴퓨터의 조작에 더 몰두해야 하는 (computer-centric) 본말이 뒤바뀐 상황을 비판하면서 인간중심의 컴퓨팅 기술(Human-centric)이라는 비전을 제창한데 있다. 다시 말해 현재의 작업 환경은 컴퓨터 중심의 환경이므로, 사용자들이 컴퓨터를 이용할 때 작업하려는 사람보다는 컴퓨터가 중심이 되면서 컴퓨터가 생각하는 도구가 아니고 목적이 되고 있는 현상을 경계하는 것이다. 따라서 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 많은 컴퓨터들이 환경에 숨겨져 있고, 그 컴퓨터들이 서로 통신으로 연결되어 사용자를 위한 환경을 제공하게 하자는 것이다. 이와 유사한 개념으로 확산컴퓨팅(Pervasive Computing)이나 분산이동컴퓨팅, 모바일 적응형 통신시스템(Mobile Ad Hoc Communication) 등이 있으며, 이와 관련하여 아래에 소개되는 몇 가지 주제로 개념이 확대 적용되고 있다(Schmidt et al., 2003; Sengers et al., 2004).

1. 사이버 공간으로의 이주현상

현재 인터넷의 폭발적인 도입으로 말미암아 나타나는 뚜렷한 특징 중의 하나는 물리적인 실체들의 사이버 공간으로 대규모 이주(transference)현상이다. 이를 '디지털 노마드(digital nomad)'라고 부르기도 한다(자크 아탈리, 1997). 자본과 노동의 자유로운 이동을 추구하는 '세계화'는 새로운 '유목시대'와 동전의 앞뒷면을 이루며, 유목민이 성을 쌓지 않듯 국경을 넘나드는 세계화 시대의 돈과 노동력은 철저하게 유목화한다. 고대 유목민이 더 좋은 풀을 찾아 양떼를 몰고 끊임없이 이동했듯 자본은 더 높은 수익률, 노동력은 더 나은 삶을 모색하며 쉬지 않고 움직이고 있다. 현대의 유목은 물리적인 현실공간에서 사이버공간으로 확대된다고 했다(경향신문, 2004). 레비는 "현대인에게 움직인다는 것의 의미는 더 이상 지구 표면 한 지점에서 다른 지점으로 이동하는 것을 뜻하지 않는다. 즉 의미의 지형을 가로지르는 것"이라고 말했다. 이와 같은 배경 하에서 이루어지고 있는 대규모 디지털 노마드 현상은 기본적인

업무환경(회의, 편지, 결재, 보고 등) 이외에도 사이버 금융업무(은행, 보험, 투자분석, 증권 등), 언론 및 정보교환(신문, 방송, 서적, 다중매체 등), 사이버 교육활동(대학, 강의, 실험, 도서관, 사전, 지식교환 및 검색), 사이버 군사활동(사이버 테러, 기간시설 공격 및 방어, 통신 도감청, 선전 선동 등), 사이버 의료(원격진료, 원격수술, 공동진단), 사이버 문화활동(박물관, 음악, 미술, 연주, 게임, 영화 등), 전자 상거래(쇼핑몰, 옥션, 물물교환 등), 전자정부(사이버 범죄, 법률서비스, 등록 및 말소 등 전체 행정업무) 등등, 이것은 마치 게르만 민족 대이동보다도 더 큰 변동을 일으키면서 인간의 주변에 대대적으로 사이버 공간이 형성되고 있는 것이다.

이로 말미암아 물리적 실체와 인식의 괴리현상 및 이에 따른 여러 가지 부작용도 속출하고 있다. 구체적으로 부작용이란 사이버 아이디(identifier) 및 패스워드의 도난 망실 그리고 이에 따른 범죄행위, 미성년자에 대한 사이버 접근관리 부재와 불법적 제반행위, 프라이버시 및 개인 인격보호 대책, 표절 및 불법복제와 유통행위, 사이버 공간과 물리적 공간에 대한 혼돈에 따른 심리적 영향과 인간관계의 단절 등이다. 한국사회에서 '신유목민'은 이민(移民), 이농(離農), 저출산, 수명연장 문제 등과 맞물려 복합적인 사회현상을 함축하는 화두가 되고 있다. 따라서 이러한 현상과 관련해서 유비쿼터스 컴퓨팅은 넓은 의미에서 물리적 공간과 사이버공간 사이의 융합을 실현하는 것을 의미한다. 이들 양자간의 연결을 위해 인공물, 자연물, 및 제반 신변용품에 유비쿼터스 인식자 혹은 컴퓨터시스템을 이식하여 사이버공간의 객체와 물리적인 실체를 통합을 한다는 의미이다[김지홍 외, 2004; 조대래 외, 2004; Lassila and Adler, 2003].

2. 조용한 기술(Calm technology)

마크 와이저는 가상현실과는 대치되는 개념으로 유비쿼터스 컴퓨팅을 설명하였다. 기존의 컴퓨터 환경은 사람이 컴퓨터에 맞추어 일하든지 혹은 컴퓨터 안에 우리가 현재 일하는 환경을 흉내내어 사람들에게 친숙함을 제공하려고 하는 것이 가상현실이라고 한다면, 이와는 반대로 다음 세대의 컴퓨터 환경(즉, 유비쿼터스 컴퓨팅)은 사람의 실제환경 속에 컴퓨터가 숨겨져 있어서 사람이 의도하는 것을 수행해주는 방식이 되어야 한다는 것이다. 컴퓨터들은 필요할 때만 기능을 제공해 주는 숨겨진 도구로서 사용할 수 있게 되는 것이다. 더 나아가 사람의 의도를 알아차려서 사람은 더욱 중요한 생각을 하게하고 일은 컴퓨터가 해주는 겸손한 컴퓨터, 조용한 컴퓨터 환경을 의도하고 있는 것이다. 이상의 내용을 정리하면 유비쿼터스 컴퓨팅은 다음과 같은 세 가지 특징을 가진다[Chandy et al., 2002].

- 은밀성(Invisible): 조용한 인간화 인터페이스 기술(Calm technology)로서 눈에 보이지 않아야 한다.
- 가상현실의 내재화(Embedded Virtuality): 가상공간에서의 컴퓨팅 즉, 가상현실(Virtual Reality)이 아닌 현실 세계의 어디서나 컴퓨터가 포함된 업무환경(Embodied Virtuality)이 가능해야 한다.
- 연결성(Networking): 네트워크에 연결되지 않은 컴퓨터는 유비쿼터스 컴퓨팅이 아니다.

3. 제품의 생명주기 관리

좁은 의미에서 유비쿼터스 컴퓨팅은 네트워크 교신능력을 가진 초소형 칩을 모든 물건에 내장하여 물건들의 생산에서부터 유통과정, 분실 및 재활용, 그리고 소멸되기까지의 전과정 즉 생명주기(Life cycle) 전체를 관리하고, 사용자의 편의성을 증진시키는 것을 의미한다. [Sato, 2003] 이로 인해 물류와 제품관리, 재고관리 등이 제일차적인 영향을 받고 있으며 따라서 공급망관리(SCM)의 규모와 범위확대가 자연스럽게 이어질 것이며, 기술적으로는 제품 인식자(identifier)가 우선 필요하여 물리적으로는 제품의 내부에 스며들어있을 정도의 작은 크기를 가질 수 있도록 만드는 나노기술(Nano Technology) 및 RFID개발이 가속화 될 것이며, 또한 논리적으로는 시스템관리기술, 데이터베이스 기술, 그리고 IPv6 등의 중요성이 커질 것이다. 이와 관련한 세부 사항 및 기술적 비즈니스적 논점을 다음 절에서 자세히 살펴보기로 하자.

II. 유비쿼터스 컴퓨팅의 분류

유비쿼터스 컴퓨팅은 휴대할 수 있는 기기(device)의 크기에 따라 3가지로 나누는데,¹⁾ 센티미터(인치)단위의 포스트잇 크기가 되는 탭(Tab), 몇 십 센티미터(피트) 단위의 공책 크기 정도의 팟(Pad), 몇미터 정도 칠판 크기의 보엣(Board)으로 구분한다.

탭(Tab)은 부착 가능한 크기의 도구로 개인 정보 관리나 계산기, 통신, 통신을 통한 정보의 탐색, 그리고 가지고 다니는 사람의 위치를 추적해 그 정보를 서버에 알려줄 수 있다. 예로서 올리베티 연구소(Olivetti Cambridge Research Labs)의 전자 뱃지(active badge) 같은 것이 있다. 크기가 작고 항상 휴대해야 하기 때문에 화면 크기나 통신 속도, 계산 속도,

1) Mark Weiser.(1999) The Computer for the 21st Century, Scientific American UbiComp.
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>

메모리, 전력 소비를 잘 조화되도록 설계해야 한다. 그리고, 키보드를 사용하기에는 작은 크기가기 때문에 필기체 인식 기능을 사용한 입력이 추가 될 것이다.

〈표 1〉 유비쿼터스 컴퓨팅의 분류

단위	원래 이름	크기	한국 단위	용도
탭	tab	inch	cm	계산기, 정보탐색, ID card,
패드	pad	foot	십cm	메모장, 노트북 컴퓨터, 책, 팀워크
보드	board	yard	m	TV, 영화, 알림판, 협동작업

패드(Pad)은 종이와 현재의 노트북의 중간정도의 컴퓨터로 매우 가볍고 들고 다니면서 사용 가능한 기기이다. 탭(Tabs)과는 달리 개인에 대한 정보를 지니기보다는 현재의 노트북을 대체하거나 종이나 책의 기능을 대체할 수 있을 것으로 보인다. 컴퓨터 화면의 아이콘(desktop metaphor) 같은 것을 사용해 윈도우즈와 비슷한 환경을 갖출 수도 있고, 책상 위에 책을 정리하듯 필요한 분야별로 특화된 패드를 가지고 사용할 수 있다.

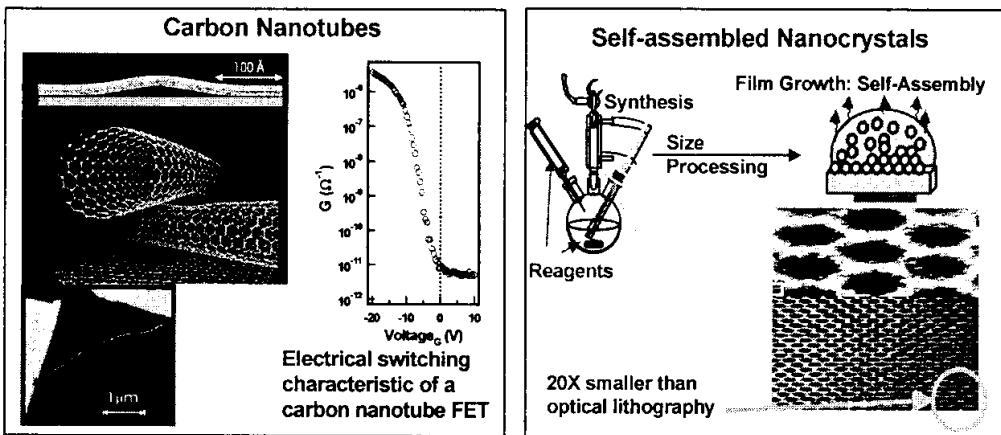
보드(Board)은 칠판 정도의 크기를 가지고 있고 여러 용도로 사용할 수 있을 것이다. 집에서 TV나 Video 시청을 하거나, 알림판 등으로 사용할 수 있고 사무실에서는 알림판이나 칠판, 진도표 등 여러 가지 것들을 표시할 수 있는 도구로 사용할 수 있다. 그리고, 하나의 가상 책상처럼 탭이나 패드를 사용하여 필요한 정보들을 전송 받을 수 있게 한다. 보드는 가상의 환경에서 서로 협동작업을 가능하게 할 수 있을 것이다. 멀리 떨어진 사람들끼리 서로의 얼굴을 보며 하나의 화면을 공유해 이야기하고 화면을 이용해 문서나 그림, 또는 비디오를 볼 수 있고, 전자 '분필'을 이용해 직접 그리면서 이야기 할 수도 있다.

와이저(Mark Weiser)는 이러한 환경을 구축하기 위해 필요한 몇 가지 문제들에 대해 지적을 했다. 저전력을 달성하기 위해 칩의 설계에 있어 대규모의 병렬화를 시도하고, 더 낮은 주파수와 볼트에서 동작하기 위한 고려가 있어야 한다. 그리고 무선 통신망은 수 백개의 기기들이 서로 통신하기 위해서는 상당한 통신 대역폭(bandwidth)을 제공해야 한다. 한 사람이 수 백개의 컴퓨터를 가지고, 수 십명의 사람이 한 지역에 있다면 몇 기가 비트(Giga bit)의 속도가 필요한데 이러한 속도는 현재 상업망에서 제공하려고 하는 데이터 망 속도를 훨씬 상회하는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 마이크로셀(microcell)을 기반으로 한 통신 방법이 제안되고 있다. 또, 사용자와 컴퓨터간의 입력은 탭의 경우에는 전자펜을 기반으로 한 입력 도구를 가정하고, 단순화된 새로운 문자입력 방법을 바탕으로 한 필기체 인식방법 및 음성인식 기술이 요구된다.

Ⅲ. 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 핵심기술

1. MEMS

미세전자기계시스템(Micro Electro Mechanical System)은 전자(반도체) 기술, 기계 기술, 광 기술 등을 융합 하여 마이크로 단위의 작은 부품 및 시스템을 설계, 제작하고 응용하는 기술을 말한다. 이것을 소위 NT(Nano Technology)라고 부르며 반도체 웨이퍼 상에 일괄 제조할 수 있어 소형화가 가능하며, 한 개의 칩에 복수개의 기능소자 및 신호 처리부 등을 집적하여 고성능, 고신뢰성을 얻도록 만드는 것이다. 이와 관련하여 미국방부와 버클리대에서 연구하고 있는 스말트 먼지(smart dust) 프로젝트가 있다.²⁾



<그림 3.1> 나노 기술의 예: 탄소튜브 - 소자의 초소형화와 지능 탑재를 위하여 요구되는 핵심기술이다.

이것은 차세대정보인식 시스템으로서 실리콘 모트(silicon mote)라는 입방체(1mm^3)에 자율적인 센싱(autonomous sensing) 즉, 마이크로 프로세서, 센서, 레이저, 배터리(태양전지), 마이크로머신(MEMS), 통신 플랫폼(communication platform) 까지 탑재하여 100m 또는 그이상의 무선 송수신 능력을 가지게 하며, 가벼워서 떠다닐 수도 있고, 정보감지와 기상상태, 생화학적인 오염, 병력과 장비의 이동 등의 통합된 센서 네트워크를 형성하는 수천 수만 개의 모트를 구성한다는 목표를 가지고 있다[Kahn et al., 1999].

2) robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/

2. RFID(Radio Frequency Identification)

RFID는 주파수 고유번호 인식시스템으로서, 전자태그라고도 부른다. 이것은 바코드, 자기 띠(Magnetic bar), IC 카드 등과 같은 자동인식의 한 분야로서 초단파나 장파를 이용하여 기록된 정보를 무선으로 인식하는 기술이다. RFID 태그는 기본적으로 초소형 마이크로 칩과 안테나로 구성되어 있으며 고유한 정보(고유번호)를 담은 신호 발생시킨다 예컨대, 고객이 단지 제품을 담고 지나가기만 하면 점원에게 일일이 올려놓지 않아도 계산이 자동으로 처리될 수 있는 것이다. 이것은 물류분야에 혁신을 일으킬만한 기술로 평가되고 있다. 뒤에서 별개로 상세히 살펴보기로 하자.

3. 새로운 인터넷주소체계: IPv6

다음 요소기술로 인터넷 주소확대문제가 있다. 인터넷 기반인 개체인식이 보편화되려면 현재보다도 훨씬 더 확대되어야 한다. 즉, 32비트 IPv4주소는 약 43억(2^{32})개의 주소 생성이 가능하나 비효율적인 할당(유효한 주소개수는 5~6억개) 및 무선인터넷, 정보가전 등의 신규 IP주소 수요로 주소 부족문제가 대두되고 있는 것이다. IPv6란 현재 사용하고 있는 IPv4의 주소길이(32비트)를 4배 확장하여 IETF가 '96년에 표준화한 128비트 차세대인터넷 주소체

〈표 3.1〉 기존의 인터넷주소체계(IPv4)와 새로운 주소체계(IPv6) (IETF(Internet Engineering Task Force)가 제정한 IPv6규격(RFC2460) 표준, 1996)

구 분	IPv4	IPv6
주소길이	32비트	128비트
표시방법	8비트씩 4부분으로 10진수로 표시 예) 202.30.64.22	16비트씩 8부분으로 16진수로 표시 예) 2001:0230:abcd:ffff:0000:0000: ffff:1111
주소개수	약43억개	약(43억x43억x43억x43억)개 (거의 무한대)
주소할당	A, B, C, D 등 class 단위의 비순차적 할당 (비효율적)	네트워크 규모 및 단말기 수에 따른 순차적 할당(효율적)
품질제어	Best Effort 방식으로 품질 보장이 곤란 (Type of Service에 의한 QoS 일부지원)	등급별, 서비스별로 패킷을 구분할 수 있어 품질보장이 용이(Traffic Class, Flow Label에 의한 QoS 지원)
보안기능	IPsec 프로토콜 별도 설치	확장기능에서 기본으로 제공
Plug & Play	없음	있음(Auto configuration 가능)
Mobile IP	상당히 곤란(비효율적)	용이(효율적)
웹캐스팅	곤란	용이(Scope field 증가)

제이다. 즉, IPv6는 현재의 IPv4의 문제점을 해결하기 위해 개발된 128Bit 주소체계로, IPv4인 32bit보다 수용능력이 확실히 늘어나기 때문에 필수적인 기법이라 하겠다. 128비트 IPv6주소는 약 3.4×10^{38} (2^{128})개의 주소를 생성할 수 있어 IP주소의 부족문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 품질제어, 보안, 자동 네트워킹 및 다양한 서비스 제공이 용이해진다. 이로 인해 고품질의 QoS를 제공할 수 있고, 보안 기능 강화, 다양한 Option 설정, 다양한 형태의 전송(Uni/ Any/ Multi/ Broadcast), 헤더 형식역시 간단해 질 수 있기 때문에 현재 한계에 달한 웹의 병목을 해결해주는 기술인 것이다[Routing: Sun microsystems, 2003].

4. 기타 주요 요소기술

그 외에 연관되는 기술로는 모바일 데이터베이스 기술, 위치기반 서비스(LBS), 확산 컴퓨팅, 무선랜, 사용자인식을 위한 생체인식기술, 에이전트 기법, 임베디드 기술 등이 있다.

모바일 데이터베이스는 이동기기(자동차, 전화기, PDA등)에서 주변의 기기 및 제품을 인지하고 위치를 파악하며, 관련정보를 제공해주는 핵심적인 역할을 하게 되는데 더욱 시스템의 크기가 작고 빠른 처리를 위해서는 실시간(Real Time) DB 및 주기억장치(Main Memory) 데이터베이스 등의 기능이 요구된다.

LBS는 위치기반 서비스(Location-Based Service)의 약어로서 "이동통신망을 기반으로 사람이나 사물의 위치를 정확하게 파악하고 이를 활용하는 응용시스템 및 서비스"라고 일반적으로 정의된다.

무선랜(Wireless LAN)기술은 주변 기기의 연결을 주로 하는 블루투스과 주변 네트워크를 연결하는 무선랜기술이 필수적이다. 원래는 일본에서 개발된 블루투스(Blue-tooth)라는 근거리 무선통신표준이 원천기술로 각광을 받았다. 그러나 블루투스는 특허료를 과다한 책정하고 이어서 등장한 미국 측의 대안인 무선랜(Wireless LAN)의 비용우위와 효율성에 밀려 시장에서 사라지다가 새로운 도메인으로 RFID에 응용하려는 시도가 있다. 무선랜은 초고속 무선랜으로 기술적 진보가 이루어지고 있다[Gupta and Younis, 2003; Xiao, 2003].

생체인식 및 바이오정보기술(Bio-informatics)은 사용자 고유번호 인식시스템으로서 사용자 신원확인 시스템(User Identity Module)은 개별 제품과는 별개로 사람에 대한 신원확인은 변조가 불가능한 방식이 요구되며, 바이오 기술과의 접목이 이루어지고 있지만 단

기간에 이루어질 것으로 보이지는 않는다[Yamanishi et al., 2003]. 그러나 웹에서의 사용자 신원관리(IM: Identification Management) 및 비밀번호 관리는 단일서명(SSO: **Single Sign-On**)이라는 방식으로 즉, 여러 웹 서비스 기관에 한번의 신원확인만으로 출입과 거래를 수행해주는 방식이 받아들여지고 있다[Chess et al., 2003].

에이전트 기술(Agent Based Application)은 사람을 대신해서 작업을 수행하는 것을 목표로 하는데 에이전트는 동적으로 움직이는 인간과 유비쿼터스 환경에서 동작하기 가장 적합한 솔루션이다. 즉, 사람을 대신하여 가격비교 및 검색과 협상을 하고, 주식거래를 하는 기술은 개별 기계마다 모두 프로세서가 부여되는 유비쿼터스 환경에서는 필수적인 기술이 된다 [Kwon et al., 2004].

확산 컴퓨팅(Pervasive Computing) 유비쿼터스 컴퓨팅은 원래 이동 컴퓨팅의 여러 가지 기법이 필요하다. 지적인 기기 즉, 컴퓨터나 컴퓨터 능력을 보유한 지능형 기기가 이동하는 경우에는 고착형보다도 여러 가지 기술적인 난이도가 크다. 가장 결정적인 차이는 정보의 전송이 순차적(serial)일 수 밖에 없다는 점이다. 컴퓨터 이동 컴퓨팅(Mobile Computing)의 연구그룹이 확산 컴퓨팅의 이름으로 유비쿼터스 컴퓨팅의 이동성 분야를 연구하고 있다 [Berger et al., 2004; Lifton et al., 2002].

임베디드 기술(Embedded technology)은 인터넷과 연결된 임베디드 운영체제(network embedded OS)의 개념이 일반화 될 것이다. 즉, 개별기기가 모두 똑똑해져야 통신과 협업이 가능하므로 이를 위해서는 모든 기기 속에 운영체제와 개별 데이터 저장공간이 필요해진다[Satoh, 2003; Kwon et al., 2004].

〈표 3.2〉 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 요소기술분류

컴퓨터	초소형 내장 비가시화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 마이크로 컴퓨터 칩 • 나노, 병렬 등 고집적 기술, • 기억장치 기술/저소비전력화 기술 • 개인인증기술, 보안 기술
네트워크	유연 접속 기술 (seamless connection)	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워크 (IPv6) • 장치 접속 기술
인간	인간과 사물 간 지능형 직접 인터페이스 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 수동, 능동형 센서 • 근거리 무선 기술 (무선랜, RFID) • 지능형 에이전트 입/출력 기술
응용	망 기반 응용/미들웨어 기술	<ul style="list-style-type: none"> • P2P/Grid 기술 • 웹, XML,

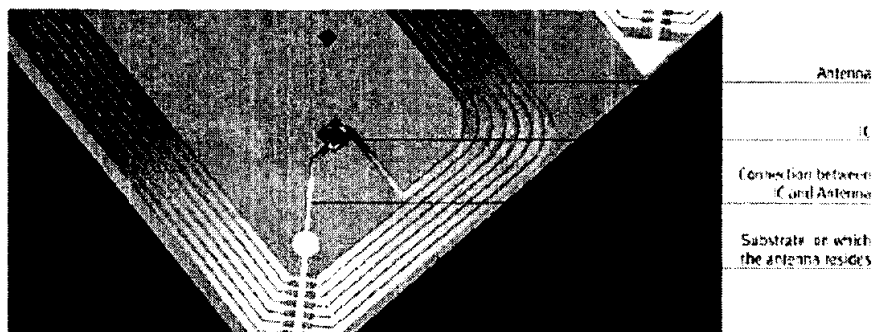
IV. 기술적 쟁점

1. 무선주파수식별(RFID)기술

바코드의 한계를 극복하기 위한 차세대 주자가 무선주파수식별(RFID-Radio Frequency IDentification) 기술이다. 혹은 전자태그라고도 부른다. RFID는 그것을 부착하고 있는 개체에 대한 정보를 담고 있는 반도체 칩과, 전파를 보내 칩의 정보를 무선으로 널리 퍼뜨리는 안테나로 구성되어 있는데, 일정 거리 내에 있는 판독기가 안테나에서 나오는 신호를 받아 정보를 해독한 뒤 그 정보를 컴퓨터로 전송한다. 칩형 태그의 경우 현재 13.56MHz의 칩이 대량 생산되고 있으며, 향후 글로벌 유통과 물류 등 다양한 분야에서 이용될 900MHz 대역의 칩은 최근 ALIEN, PHILIPS, MATRICS 등에서, 2.45G의 칩은 히타치가 소량 생산하고 있다. 현재 칩의 가격이 태그 가격의 약 40%를 차지하고 있으나 소형화와 패키지 조립 기술을 통해 향후1센트 이하수준까지 가격을 낮출 수 있을 것으로 예상되고 있다(Lifton et al, 2002:)].

RFID는 초소형 반도체에 식별 정보를 넣고 무선 주파수를 이용해 상품이나 동물·사람 등을 판독·추적·관리할 수 있는 기술이다. 물류·유통·전자 지불·보안 등 다양한 분야에 적용가능하다. RFID는 주파수 대역별로 인식 거리·데이터 전송 속도·가격 등에서 차이가 있는데 13.56MHz 대역은 교통카드·신분증 등에서 이미 상용화됐다. 인식거리가 수십 센티미터로 짧다는 것이 단점이다. 반면 최근 기술 개발이 한창인 900MHz대역(860~930MHz)은 인식 거리가 길어 생산 자동화·유통과 물류 분야에서 큰 관심을 보이고 있다. 특히 식별코드 관리기구인 EAN·UCC에서 기존 바코드를 대체할 용도로 이 대역 표준화를 추진 중이다.

〈그림 4.1〉 RFID의 구조: 안테나, IC회로, 안테나와 회로의 연결선, 안테나 보존재료 등



RFID 태그는 대략 A4 용지 1장 내외의 정보를 저장할 수 있는데 이는 바코드보다 훨씬 많은 정보량이다. 뿐만 아니라, 바코드와는 달리 직접 접촉하지 않더라도 일정 반경 내에 있을 경우 해독이 가능하고, 한꺼번에 다수의 태그를 해독할 수 있으며, 이동체에 대해서도 해독이 가능하기 때문에 생명체에도 부착할 수가 있어 응용분야가 다양하다고 하겠다.

2. RFID 및 바코드

차세대 신원확인 기법으로 기존의 바코드와 RFID가 결합중에 있으므로 양자간의 내용비교와 분석이 필요하다. 우선 바코드부터 살펴보기로 하자. 오늘날 대부분의 상품에는 바코드가 부착되어 있다. 검은 막대모양인 Bar와 앞뒤의 흰 여백에 의한 명암의 차이와 선의 굵기 등으로 0과 1을 나타내는 바코드는 상품의 제조업체, 품명, 가격 등을 정확하고 간단하게 읽어 들일 수 있도록 고안되었다. 바코드를 통해 입력한 정보는 판매한 물품에 대해 총금액을 계산하고, 적정재고 유지, 효과적인 입출하 관리, 판매관리 등의 업무에 편리하다. 바코드는 판매 및 재고 관리 업무 분야 등의 유통업체뿐만 아니라 병원의 환자 관리 카드, 서점의 서적 관리, 철도나 항공의 여객 및 화물 관리, 우체국의 우편물 관리 등 대량의 데이터를 신속하고 정확하게 처리하기 위한 많은 분야에서 이용되고 있다[한국유통정보센터 <http://www.eankorea.or.kr>].

바코드의 심벌표현에 있어서는 각각의 코드 구분선 3개가 마치 666과 유사하다하여 종교계와 마찰이 빚어지기도 했다. 이 부분은 구분 표시일 뿐 숫자가 아니다. 물론 RFID의 경우에는 이러한 우려가 없다. 단 RFID 칩의 생체이식 문제가 또 다른 미묘한 문제를 야기할 가능성은 있다.

3. 바코드와 RFID의 관계

바코드는 특정 상품에 속하는 각 개체들은 구별하지 못하며 동일 상품에 속하는 모든 개체에는 동일한 바코드가 부착되어 있기 때문에 1회성 소비로 끝나는 제품에 대해서만 적합한 방법이다. 이에 대해 해당 상품에 속한 개체의 사용이 1회성으로 끝나지 않고 계속적으로 지속될 때와, 특정 개체에 대한 정보가 경우에 따라 수정될 필요가 있을 경우에는 기존의 바코드로는 한계가 있다. 책을 예로 들어보면, 서점에서 책을 판매할 때는 백화점 계산대에서와 마찬가지로 바코드로 충분하다. 그러나 그 책이 도서관에서 이용될 때에는 책이 출판될 때 부착되어 나온 바코드를 쓰지 않고 도서관마다 새로이 바코드를 인쇄하여 사용하고 있다. 도서관에서 사용하는 바코드는 각각의 책에 대해 고유한데, 그것은 도서관의 목록DB와 연결되

어 개개의 책을 각자 DB내의 고유한 레코드로 연결시키기 위함이다. 이렇게 하여 대출, 반납, 장서점검 등 도서관의 전반적인 업무에 사용된다.

바코드의 또 다른 한계는 접촉식 판독방식이다. 즉, 바코드의 경우 판독기를 바코드에 직접 접촉시켜야 하기 때문에 하나씩 꺼내서 접촉하면서 순차적으로 읽어야만 하는 문제점이 있고, 또한 이 과정은 주로 인간에 의해 수행되므로 시간과 비용이 들게 된다. RFID는 비접촉식이므로 이러한 문제가 해결된다.

그러나 비용에 있어서는 바코드가 1원내이고, RFID는 100정도라는 차이가 현존한다. 물론 보편화와 대량생산이 이루어질 경우 차이는 줄어들겠지만, 근본적인 비용차이는 엄존한다. 따라서 결론적으로 1회용 소모성 제품에는 바코드가 재활용성 중요제품 이동성 제품 등에는 RFID가 대안이라 하겠다. 물론 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에는 바코드는 해당되지 않는다.

4. RFID 프라이버시 보호 기법

유비쿼터스 컴퓨팅의 확산의 장애로 등장한 문제이면서 동시에 최대의 기술적 해결과제의 하나가 바로 프라이버시 침해의 문제이다(Juels et al., 2003). 주로 소비자 단체 등에서 제기하는 문제로서 물류관리방식의 개선은 좋지만 소비자가 구입하고 난 이후까지 상품의 궤적을 추적한다는 것은 사생활 침해라는 지적이다. 더 나아가 구입과정에서도 카트에 어떤 상품을 담는지, 옷 크기나 기호품, 약의 종류 등이 타인에게 알려진다는 부분은 분명히 사생활 침해의 소지가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기위한 원천기술의 하나로서 다음과 같은 기법들이 소개되고 있다(Rivest, 2004).

1) Kill tag 명령어 기법

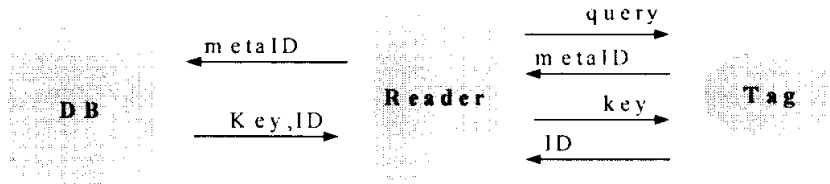
MIT의 Auto-ID센터에 의하여 제안된 Kill명령어 접근법에서는, 각 태그가 8비트의 고유한 패스워드를 갖고 있으며, 자신의 패스워드를 받을 경우 태그는 그 자신이 소거한다. 그러나 이 방법은 구현 시 준비에 시간이 많이 소요되고, Kill 명령이 제대로 완료 되었는지 확인하기 어렵다는 점, 응용 방법이 제한된다는 점 등의 문제들을 가지고 있다. 또한 패스워드가 8비트일 경우, 공격자가 2^8 계산 안에 정확한 패스워드를 확인할 수 있다는 결점을 가지고 있다.

2) 해시락 기법

이 기법에서는 하나의 해시 함수만을 사용하기 때문에 저가로 구현될 수 있는데, 리더는

각각의 태그에 대한 키 K 를 가지고 있고, 각각의 태그는 키에 대한 해쉬 값 $metaID = H(K)$ 를 갖는다. 아래 그림에서처럼 태그가 리더로부터 접근 요청을 받으면 응답으로 $metaID$ 값을 보낸다. 리더는 태그로부터 받은 $metaID$ 와 관계된 키를 K 에게 보낸다. 이때, 태그는 리더로부터 받은 키에 대한 해쉬 값을 계산하고 그 값이 자신이 가지고 있는 $metaID$ 값과 같은 지를 판단한다. 두 값이 일치할 경우에만, 태그는 자신의 ID를 리더에게 보낸다. 비록 이 기법은 저가로 구현될 수 있지만, 공격자가 임의의 태그를 추적할 수 있는 단점을 가지고 있다.

〈그림 4.2〉 해시락 기법



3) 외부 재 암호화 기법

외부 재 암호화(External re-encryption scheme)에서는 공개키 암호방식을 사용한다. 태그 데이터는 외부 유닛으로부터 전달된 데이터를 사용자가 사용 요청할 때 재기록 된다. 이 외부 유닛은 공개키 암호화가 많은 연산량을 요구하기 때문에, 태그만으로는 연산 처리가 어려우며, 이 작업은 대체로 리더에 의해 수행된다. 태그의 결과 값은 각각 재기록 주기 안에서 무작위로 보이므로, 태그의 결과 값을 도청하는 공격자는 긴 시간 주기 동안 태그를 추적할 수 없다. 그러나 이 기법은 암호화된 ID는 일정하기 때문에 각 태그의 데이터는 반드시 자주 재 기록되어야 하는 어려움이 있다. 사용자의 행위를 통한 이런 작업은 다소 비현실적인 것으로 판단되고 있다.

4) 블러커 태그 기법

Kill명령을 이용한 방식은 태그의 정보 유출을 원천적으로 방지함으로써 사용자의 프라이버시를 확실히 보장할 수 있다. 하지만 유용한 태그의 정보를 이후에 재이용하고자 하는 현실적인 문제에 있어서 문제점을 안고 있다. 또한 위에서 나열한 여러 방법이 현 시점에 있어 저가의 RFID 태그의 응용에 적용 가능한가의 의문을 안고 있다. 이런 점에서 현시점의 RFID 기술을 적용하면서 보다 현실적으로 사용자의 프라이버시를 보호할 수 있는 방안으로

서 사용자 프라이버시가 보장되어야 할 시점부터 별도의 태그를 이용하여 공중파로 노출된 태그 정보의 노출을 막아보고자 하는 방안이 제안되고 있다. 이 방안에서는 블러커 태그 (Blaker Tag)라는 별도의 태그를 보호하고자 하는 태그에 용도별로 별도로 부착하는 형태이다. 이때 블러커 태그는 보호하고자 하는 태그의 정보를 알아내고자 하는 공격자의 요청에 대해 실제 태그와 같은 정보로 응답하되, 특정 태그 정보가 아닌 전체 태그 정보를 전달하는 형태로 공격자가 특정태그 정보를 찾지 못하는 방법이다. 이 방법의 유용한 또 다른 점은 블러커 태그 방안이 임의의 공격에 대응해 보호받을 태그의 범위를 이진트리의 특정영역으로 세분화 하는 방안을 제시하고 있다는 점이다. 이렇게 함으로써 보호영역 자체를 다중 프라이버시 영역(Multiple Privacy Zone)으로 나눠 2진 트리의 탐색에 효율을 기할 수 있다. 더불어 관리하고 자하는 제품에 대해 태그의 영역정책(Zone Policy)을 적용해 다양한 보호 정책을 펼 수 있다. 열쇠고리나 시계 등에 블러커 태그를 넣으면, 태그를 죽이거나, 암호화 하지도 않고, 보호영역을 만들 수 있는 것이다(Juels et al., 2003).

V. 유비쿼터스 컴퓨팅과 비즈니스

전자태그는 최근 주목받고 있는 유비쿼터스 비즈니스의 주요 개념인 고요한 상거래(silent commerce)를 가능케 한다. 고요한 상거래는 전자상거래의 주체가 사람이 아닌 사물이 된다는 것이다. 예를 들면 백화점 고객관계관리(CRM)시스템에 고객의 취향정보를 입력하면 고객이 백화점의 특정 매장을 지날 때 고객이 원하는 물건에 부착한 무선태그의 정보가 고객의 PDA나 휴대폰을 통해 자동으로 전달되는 상황을 생각할 수 있다(Weiser, 1999; Satoh, 2003).

RFID 기술을 도입하여 시범적으로 운영하는 도서관이 하나 둘 증가하고 있는데 RFID 기술을 도서관에서 응용할 경우 특히 실무자의 업무효율이 획기적으로 개선된다고 한다. 도서관에서 RFID로 무인대출반납기를 사용하면 대출, 반납 과정에서 사서 없이 이용자 스스로 여러 권의 도서를 한꺼번에 처리할 수 있기 때문에 이용자와 사서 모두 편리하다. 특히 장서점검의 경우 기존의 바코드 시스템에서는 책 한권 한권이 적합한 서가에 제대로 꽂혀있는지, 분실된 책은 없는지 일일이 수작업으로 살펴보아야 했기 때문에 많은 시간과 노력이 필요했지만 RFID 시스템에서는 장서점검기로 서가를 지나가기만 하면 장서점검이 완료되기 때문에 장서점검 업무를 획기적으로 개선시켜 줄 수 있다.

RFID는 주차관리시스템, 기록계측시스템, 출입통제시스템, 지능형 교통시스템, 통합관리

시스템, 가축인식시스템, 공장자동화 등 다양한 분야에 응용될 수 있을 것으로 보인다. 그러나 RFID가 상용화되기 위해서 넘어야 할 장애 또한 많다. 규격의 표준화, 가격경쟁력의 확보, 사생활 침해 방지 등이 그것이다. 그러나 이러한 장애가 효과적으로 극복되어 RFID의 이용이 활성화되면 생활편익을 증진시킬 뿐만 아니라 물류를 개선하며, 위조나 도난을 방지하는 등 실생활에 유용하게 사용될 것으로 전망된다.

전자태그는 모양이나 크기가 다양하다. 동물을 추적하기 위해 피부 아래에 이식된 태그는 직경이 연필심만큼 작으며 길이는 1cm밖에 안된다. 현재 가장 소형인 상용 RFID 태그용 칩은 히타치가 개발한 'Meu 칩'으로 크기가 0.4×0.4×0.06mm에 불과하다. 38자리의 메모리공간과 128비트 ROM을 갖고 있으며 가격은 10~20센트다. 또 가장 대표적인 유비쿼터스 전자태그 기술개발 프로젝트는 MIT Auto-ID센터의 'The Internet of Things'다. 이는 인터넷과 인터넷 비슷한 네트워크를 통해 전자태그가 부착된 아이템을 원거리에서 실시간 감지하는 개념이다.

전자태그는 동물의 목걸이에 이식되거나 붙일 수도 있다. 애완동물이 도망가거나 잃어버렸을 때 스마트 태그는 그것의 위치를 알 수 있다. 어떤 애완동물은 태그가 신호를 주었을 때 명령에 따르도록 교육할 수도 있다 전기 울타리라고 불리는 애완동물에 대한 RFID시스템은 이미 시장에 나와 있다. 이 제품은 미리 정의된 지역의 전자기적인 영역을 벗어나는 경우 애완동물에 전기적 충격을 준다.

스마트 세탁 시스템은 재료항목이 세탁기 안에 있는 동안 그것에 붙여진 태그에 포함된 명령을 읽는다. 이 시스템은 세탁명령에 따라 세탁기를 제어한다. 태그는 재료항목의 세탁물수에 대한 계수를 유지한다. 자동으로 접고 정렬하는 기계는 태그에 저장된 포장과 정렬 명령에 따라 재료항목을 접고 정렬한다. 니트 옷을 위한 부드러운 직물 신축성 센서 태그는 옷을 포장하고 정렬할 때 주의하라는 명령을 내릴 수 있다.

전자태그가 부착된 책·비디오테이프 등은 자동 목록제어시스템을 가능케 한다. 목록 데이터베이스는 모든 도서들을 추적하고 그들의 순환상태 정보를 유지한다. 도서는 자가점검시스템에 따라 대출된다. RFID태그를 읽고 자동으로 도서반납을 검사하는 스마트 반납함 안에 그것을 넣는 것으로 도서반납이 완료된다.

스마트 약제함과 결합된 약이나 약통에 부착된 태그는 병원과 양로원에서 약 소비에 대한 감시와 제어를 가능케 한다. 작은 약제함은 태그가 부착된 약을 식별하고 소비상태를 직접 측정한다. 사용자를 자동으로 식별함으로써 환자가 약을 복용하는 시간과 빈도 등을 추적할 수 있다.

전자태그가 상용화되면 고객은 컨베이어 벨트에 구입한 물품을 일일이 올려놓을 필요가 없다. 물품은 카트에 머무르면서 탐지기가 자동으로 카트를 검사하고 가격을 순간적으로 계산한다. RF검출기와 내장된 컴퓨터를 가진 스마트 냉장고는 썩기 쉬운 음식의 내용물과 유통기한을 정확히 알고 있다. 그래서 사용자에게 음식과 냉장고의 상태에 대한 메시지를 보낸다. 인터넷에 연결된 스마트 냉장고는 자동으로 부족한 물품에 대한 주문도 할 수 있다.

이상의 내역을 정리하여 고요한 상거래의 발전모델로서 다음과 같이 3단계로 보기도 한다. 물건 자체가 제자리에서 이동되면 자동으로 알려 도난을 방지하는 개별시스템 단계(stand-alone system), 매장 전체나 창고에서 재고품에 대한 정보를 실시간으로 자동으로 알려주는 실내시스템 단계(four walls application), 그리고 마지막으로 시장바구니에 담긴 물건이 자동으로 한꺼번에 계산되는 확대시스템 단계(open systems)이다[Satoh, 2004].

〈표 5.1〉 유비쿼터스 관련 비즈니스의 발전모델

단계	비즈니스 단계	기능
1단계	개별시스템	물건이 제자리에서 이동되면 자동통보로 도난방지
2단계	실내시스템	매장이나 창고의 재고품정보를 실시간으로 통보
3단계	확대시스템	시장바구니 및 차 속의 물건이 자동으로 계산

VI. 결 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 컴퓨터기반 정보시스템의 개념과 비즈니스의 틀을 바꾸어 놓을 것이라고 예상되고 있다. 정보통신기술의 발달과 컴퓨터의 소형화, 그리고 여러 제반 기술의 발달은 여러 가지 가전기와 컴퓨터가 결합하여 유비쿼터스 컴퓨팅에서 제안하는 환경으로 나아갈 것은 자명하다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 빠른 네트워크 속도와 발전된 계산 능력을 이용하여 자연스럽게 멀티미디어 매체들을 생활 속에서 그리고 비즈니스에서 표현 및 공유될 수 있는 새로운 틀을 제공할 것으로 예상되고 있다.

향후 웹 공간의 비즈니스 및 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하기 위해서는 값싸고, 저전력의 가벼운 컴퓨터 하드웨어들을 위해서는 MEMS기술의 적용과 이들을 연결해 주기 위한 고속의 무선통신 환경이 요구되며, 또한 추적장치 및 센서 등은 매우 빠른 반응 속도를 보여주어야 하고, 시각화도구(display)는 사람의 눈이 알아차리지 못할 만큼의 높은 해상도를 지원해야 한다. 빠른 속도의 CPU와 빠른 네트워크 환경 및 정보인식(identifier) 및 데이터처리기술, 그리고 사용자의 안전한 거래를 위한 보안기술 등이 핵심적인 원천기술이다.

그러므로 새로운 비즈니스가 만들어지는 중심동력(driving force)으로서 유비쿼터스 컴퓨팅의 제반 기술적 요소들과 인프라 등에 대해 이상과 같이 분석했으며, 또한 비즈니스적 쟁점들 그중에서 RFID와 바코드의 관계, IPv4 및 IPv6, RFID 보안기술상의 쟁점, 그리고 유비쿼터스 비즈니스관련 비즈니스 양상에 대해 기술하고 유비쿼터스 비즈니스의 발전모형에 대하여 정리하였다.

참 고 문 헌

1. 김지홍, 하병현, 이우기, 강석호, (2004). 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 온톨로지를 이용한 동적인 서비스 구성: 「대한산업공학회/한국경영과학회 2004년도 춘계공동 학술대회 논문지」.
2. 조대래, 하병현, 김지홍, 이우기, 강석호, (2004). 유비쿼터스 헬스케어 환경에서 시맨틱 웹 기술을 이용한 컨텍스트 인식, 의료 분야를 중심으로: 「한국경영정보학회 2004년도 춘계학술대회 논문지」 583-592.
3. 자크 아탈리, 이인철 역. 「지혜에 이르는 길」. 도서출판 미로: 서울, 1997.
4. 경향신문 (IT). 「사이버초원의 '디지털 노마드' 진보할 것인가? 유랑할 것인가?」 2004.10.05.
5. Berger, S., McFaddin, S., Binding, C., Hörtnagl, C. and Ranganathan A. (2004) Towards Pluggable Discovery Frameworks for Mobile and Pervasive Applications. In Proc. Mobile Data Management: 308-319.
6. Chandy, K., Fuchs, A. Janssen, B. Mulchandani, and Weiser M. (2002). IC Online: Ubiquitous Computing: The Future of Development? IEEE Distributed Systems Online 3(3).
7. Chess, D., Palmer, C. and White, S. (2003) Security in an autonomic computing environment, IBM System Journal.
8. C. Floerkemeier, M. Lampe (2004) Issues with RFID Usage in Ubiquitous Computing Applications. In Proc. Pervasive04: 188-193.
9. Glesner, M., Hollstein, T., Indrusiak, L., Zipf, P., Pionteck, T., Petrov, M., Zimmer, H. and Murgan, T. (2004) Reconfigurable platforms for ubiquitous computing. In Proc. Computing Frontiers 2004: 377-389.

10. Gupta G. and Younis, M.(2003) Fault-Tolerant Clustering of Wireless Sensor Networks, IEEE Wireless Communications and Networking, vol.3: 1579-1584.
11. Islam, N. and Fayad, M.(2003) Toward ubiquitous acceptance of ubiquitous computing. CACM 46(2): 89-92.
12. Kahn, J., Katz, R. and Pister, K.(1999) Next Century Challenges: Mobile Networking for 'Smart Dust', CACM: 271-278.
13. Kunze, C., Stork, W., and Müller-Glaser, M.,(2003) Tele-monitoring as a medical application of Ubiquitous Computing. In Proc. MoCoMed: 115-120.
14. Kwon, J., Kim, S. and Yoon, Y.(2004) Just-in-Time Recommendation Using Multi-agents for Context-Awareness in Ubiquitous Computing Environment. In Proc. DASFAA: 656-669.
15. James A. Landay, Gaetano Borriello(2003) Design Patterns for Ubiquitous Computing. IEEE Computer 36(8): 93-95.
16. A. Juels, R. Rivest, M. Szydlo(2003) The blocker tag: selective blocking of RFID tags for consumer privacy. In Proc. ACM Computer and Communications Security: 103-111.
17. Lassila, O. and Adler, M.(2003) Semantic Gadgets: Ubiquitous Computing Meets the Semantic Web. In Proc. Spinning the Semantic Web: 363-376.
18. Lifton, J., Seetharam, D., Broxton, M., Joseph A. Paradiso, P.(2002). Computing System Overview: A Platform for Distributed, Embedded, Ubiquitous Sensor Networks. In Proc. Pervasive 2002: 139-151.
19. R. Rivest(2004) Peppercoin Micropayments. In Proc. Financial Cryptography: 2-8.
20. Routing Protocols for Ad Hoc Network, <http://www.discover.uottawa.ca/~candy/projects>.
21. Satoh, I.(2003). Location-Based Services in Ubiquitous Computing Environments. In Proc. ICSOC: 527-542.
22. Satoh I.(2004). Dynamic Federation of Partitioned Applications in Ubiquitous Computing Environments. In Proc. PerCom: 356-360.
23. Schmidt, A., Siegemund, F., Beigl, M., Antifakos, S., Michahelles, F. and

- Gellersen, H.(2003). Mobile Ad Hoc Communication Issues in Ubiquitous Computing - The Smart-Its Experimentation Platforms. In Proc. PWC: 213-218.
24. Sengers, P., Kaye, J., Boehner, K., Fairbank, J. and Gay, G., Medynskiy, Y., and Wyche, S.(2004): Culturally Embedded Computing. IEEE Pervasive Computing, Vol. 3, No. 1, 14-21.
25. Sun microsystems,(2003). Sun's Auto-ID Architecture.
26. Terada, T., Tsukamoto, M., Hayakawa, K., Yoshihisa, T., Kishino, Y., Kashitani, A., and Nishio, S.(2004). Ubiquitous Chip: A Rule-Based I/O Control Device for Ubiquitous Computing. In Proc. Pervasive: 238-253.
27. Weiser, M.(1999). How Computers Will Be Used Differently in the Next Twenty Years. In Proc. IEEE Symposium on Security and Privacy: 234-235.
28. Xiao, Y.(2003). A simple and effective priority scheme for IEEE 802.11. IEEE Communications Letters, 7(2): 189-203.
29. Yamanishi, Y., Akiyasu C. Yoshizawa, Itoh, M., Katayama, T., Kanehisa, M.(2003). Extraction of Organism Groups from Whole Genome Comparisons. Genome Informatics 14: 438-439.