

포스트 PC 시대의 착용형 컴퓨터 전망

한 탁 돈, 정 철 호
연세대학교

1. 서론

얼마 전까지만 해도 정보처리의 중심은 주로 PC나 워크스테이션이었다. 그러나 급격한 네트워킹 기술의 발전과 장치들의 소형화, 그리고 새로운 정보처리 서비스들의 등장에 힘입어 점차 포스트 PC라는 개념이 등장하였고, 이에 대한 논의와 기술 개발이 다각도로 이루어지고 있다. 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있는 개인용 정보처리 단말기(PDA), 휴대전화, 스마트폰 등이 포스트 PC의 일종이다. 현재 제공되는 무선 통신이나 무선 인터넷, 그리고 간단한 개인정보 처리 등의 기능은 포스트 PC 서비스의 초기 단계에 해당한다. 포스트 PC의 종류와 그 서비스들은 매우 다양하고 확장 가능성이 크기 때문이다.

포스트 PC란 기본적으로 무겁고 커다란 PC의 시대 이후의 정보처리 기기를 의미하지만, 그 범위가 명확하게 정의된 것은 아니다. 먼저 좁은 의미에서 본다면 PC를 대체하여 사용자가 휴대하면서 정보처리를 할 수 있는 기기들이라고 할 수 있다. 즉, 앞에서 언급한 휴대 가능한 정보 단말기나 노트북, 태블릿(Tablet) 컴퓨터 등이 이에 해당한다. 더 넓은 의미로는 휴대용이 아니지만 정보처리가 가능한 정보기기들도 포스트 PC에 포함할 수 있다. 이 제품군에는 셋톱박스(set-top box), 정보가전, 텔레매트릭스, 콘솔게임기 등이 있다[1].

일반적으로 포스트 PC의 개념은 주로 PC와 차별성을 가지는가 여부를 판단 기준으로 본다고 할 수 있다. 이 때문에 포스트 PC는 기존 PC 시장을 대체하는 새로운 정보기기 시장으로서 취급되고 있으며 다분히 상업적 관점에서 보는 경향이 많다[2]. 그러나 현재 진행되고 있는 많은 연구들이나 제품군을 보면 미래의 정보환경에서 이러한 기기들이 PC를 대체하느냐 아니냐보다는 얼마나 서로 간에 유기적으로 정보를 주고받으며 사용자가 쉽게 사용할 수 있게 하는가에 관심이 집중되고 있다.

근래 주목을 받고 있는 유비쿼터스(Ubiquitous computing) 컴퓨팅, 퍼베이시브(Pervasive computing) 컴퓨팅, 착용형 컴퓨터(Wearable computer) 등은 바로 그러한 관점에서 새로운 컴퓨터 환경을 대표할 수 있는 개념들이다. 이들의 특징은 다양한 장치들을 유기적으로 엮고, 다양한 형태의 정보를 서로 유연하게 교환할 수 있게 하며, 사용자가 마치 공기를 들이키듯 자연스럽게

사용할 수 있도록 컴퓨터 환경을 구성하는데 있다.

새로운 컴퓨터 환경에서 다양한 종류의 정보처리 기기들은 여러 가지 방법으로 배치된다. 사용자가 휴대하거나 부착하고 다닐 수도 있고, 주변 환경에 숨겨져 있어서 눈에 띄지 않을 수도 있다. 물론 기존 PC들도 그대로 사용할 수 있다. 다만, 이러한 기기들은 서로의 정보를 자유롭게 공유할 수 있게 되어 언제 어디서나 원하는 정보처리가 가능해진다.

이 글에서는 새로운 컴퓨팅 환경 패러다임이라 할 수 있는 유비쿼터스, 퍼베이시브, 웨어러블 컴퓨터를 중심으로 그 의미와 현황을 살펴보고자 한다. 이를 위해 먼저 각각의 개념과 전반적인 영역들을 기술할 것이다. 그리고 이들을 구성하기 위한 기반 기술들에 대해 다각도로 살펴보고 현재의 연구상황과 응용분야를 보도록 한다. 마지막으로 향후 정보화 사회의 미래를 전망하면서 글을 맺고자 한다.

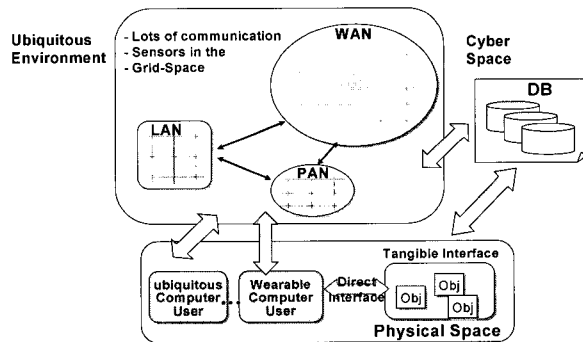


그림 1. 포스트 PC 시대의 컴퓨팅 환경[3]

2. 포스트 PC시대의 새로운 패러다임들

유비쿼터스, 퍼베이시브 컴퓨팅은 근래 가장 인기있는 용어 중의 하나이다. 이 두 가지는 혼용하여 사용되기 때문에 명확하게 그 의미의 차이를 도출하기란 결코 쉽지 않다. 그러나 본래 이 용어들이 나온 배경을 본다면 의미의 차별성을 어느 정도 찾아낼 수 있다. 따라서 유비쿼터스 컴퓨팅, 퍼베이시브 컴퓨팅, 그리고 착용형 컴퓨터의 개념과 역사를 살펴보고 이의 차별성과 공통점을 살펴보고자 한다.

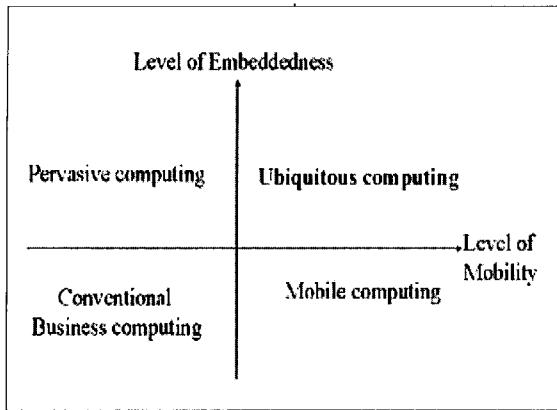


그림 2. 포스트 PC 시대의 패러다임[4]

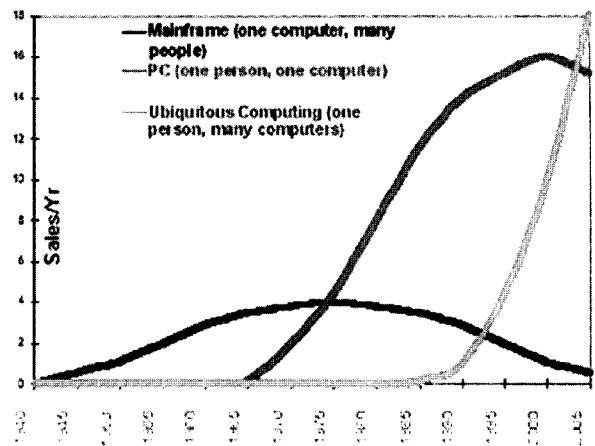
2.1. 유비쿼터스 컴퓨팅

유비쿼터스란 단어는 '어디에나 존재하는', 혹은 '편재하는' 이란 의미를 가지고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅이란 물리적 환경 곳곳에 존재하는 많은 컴퓨팅 장치를 이용한 정보처리 환경이라고 할 수 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅이란 용어는 1988년 제록스 팔로알토 연구소(PARC)의 컴퓨터과학연구실에서 근무하던 마크 와이저(Mark Weiser)가 처음 사용하였다. 그는 PC나 워크스테이션이 미래에는 시들해질 것이라고 했는데, 그 이유로 정보기기로 접근이 벽이나 손목 위, 혹은 필요시 집을 수도 있는 작은 종이조각과 같은 스크랩 컴퓨터 (scrap computer)를 통해 이루어질 것이기 때문이라고 했다. 그는 이를 유비쿼터스 컴퓨팅, 혹은 유비컴(ubicomp)이라고 지칭했다.

유비쿼터스 컴퓨팅의 목적은 물리적 환경에 많은 컴퓨터 장치를 배치하여 상황에 맞는 정보처리 기능과 서비스 제공을 확대하되 사용자에게는 컴퓨터 장치를 효과적으로 숨기는데 있다. 또한 사용자가 컴퓨터 장치라는 사실을 의식하지 않고 어떠한 곳에서도 일상적으로 사용하게 하는 것이다. 이러한 장치들은 값싼 무선통신 칩이 내장되어 서로 간에 정보를 주고받게 된다[5].

한편 일본 도쿄대의 사카무라 겐(坂村健) 교수는 마크 와이저보다 앞선 84년에 TRON(The Realtime Operating System Nucleus) 프로젝트를 통해 유비쿼터스 컴퓨터와 유사한 '어디서나 컴퓨팅(computing everywhere)', 혹은 'HFDS(Highly Functionally Distributed System)'라는 개념을 발표하였다. 그는 주변 모든 물체에 컴퓨터, 센서, 아키텍처를 내장시켜 네트워크로 연결해놓은 환경에서 환경이 된 칩이 서로 도와 사람들의 삶을 안 보이는 곳에서 풍요롭게 해 주는 것이 바로 '어디서나 컴퓨팅'이라고 하였다[6].

마크 와이저나 사카무라 겐의 개념은 거의 유사하며, 사카무라 겐의 경우에는 각 장치의 자율성과 조화에 보다 방점을 둔 것이라고 할 수 있다.



2.1.1. 물리적 환경과 전자적 환경의 융합

유비쿼터스 컴퓨팅이 구축된 공간은 스마트 스페이스 (smart space) 혹은 제3의 공간이라 불린다. 제3의 공간이라고 칭하는 것은 기존의 물리적 공간, 그리고 컴퓨터에 의한 전자적 공간을 하나로 융합했기 때문이다. 예를 들어 집안에 있는 여러 가전제품이나 물건들은 물리적 공간이고 컴퓨터와 네트워크는 전자적 공간이다. 이에 대해 제3의 공간은 물리적 공간을 전자화, 혹은 전자적 공간을 물리화한 것을 의미한다[8]. 이러한 공간에서는 물리적 환경에 컴퓨터 기기가 내장됨으로써, 모든 물건이 서로 정보를 교환하고 사용자 혹은 상황에 적합한 컴퓨팅 기능을 제공할 수 있다.

벽을 통해 디지털 TV를 시청하거나 화상전화를 할 수도 있으며, 칩이 내장된 냉동제품을 넣으면 자동으로 조리가 되는 전자렌지, 상황에 알맞게 스스로 가동되는 냉난방 장치 등의 사용도 가능해진다. 또한 얇은 전자패널을 이용해서 신문이나 책을 읽을 수도 있는 것이다. 이들 기기는 단독으로 작동할 수도 있으나 서로 무선통신을 통해 연결되어 정보를 주고받거나 조정할 수 있다. 외부에서 전화나 인터넷을 통해 가전제품들을 조정한다거나 디지털 TV나 냉장고를 통해 다른 제품들을 제어할 수도 있다.

기존의 컴퓨터 환경과 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 사이에는 많은 차이점들이 존재한다. 기존의 컴퓨팅은 주로 사용자가 PC나 PDA 같은 소수의 개인용 컴퓨터를 이용하게 된다. 또한 그 컴퓨터에는 사용자가 필요로 하는 대부분의 정보와 기능이 들어있으며 작업공간도 이 기기들로 제한된다. PC나 PDA 등은 기존의 사무실 작업 공간을 기기를 통해 전자적으로 구현하려고 하므로 사용자는 사용법을 익혀야 하고, 컴퓨터에게 원하는 명령을 입력해야 하며 처리된 정보는 기기를 통해 표현된다. 즉, 컴퓨터 사용을 의식하게 되며 작업 목적보다는 컴퓨터 사용 그 자체가 목적이 된다는 의미이다.

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 단일 사용자가 주변에 숨겨진 많은 정보처리기기를 사용하게 된다. 또한 작업

공간이 벽이나 탁자와 같은 물리적 환경이며 사용자는 컴퓨터 사용을 의식하지 않고 무의식적으로 일상생활을 하듯이 정보환경을 이용하게 된다. 그리고 시간, 날씨나 기온, 사람의 출입과 같은 상황을 탐지하여 그에 맞는 서비스를 제공한다.

마크 와이저는 통합된 정보가 주로 증강현실(Augmented Reality)을 통해 벽이나 천장, 바닥 등 물리적 환경에 표시되므로 컴퓨터 내부에 구현되어야 하는 가상현실(Virtual Reality)과는 다른 것이라 하였다. 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 무선 네트워크를 통해 언제 어느 곳에서나 원하는 정보에 접속할 수 있으므로 PDA와도 다르다고 하였다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 컴퓨터가 아닌 물리적 환경을 통해 정보에 접속하고 처리하므로 마치 자신이 직접 정보를 다루는 듯한 느낌을 받게 된다[3,9].

2.1.2. '조용한 기술'

마크 와이저의 유비쿼터스 컴퓨팅 개념에서 또 한 가지 중요한 개념은 '조용한 기술(calm technology)'이다. 컴퓨팅 장치가 늘어날수록 사용자는 각각에 대해 많은 주의를 기울여야 한다. 무선호출기, 셀룰러폰, 실시간 뉴스 서비스, 웹, 전자우편, TV, 라디오 등의 폭격은 자주 '조용함'과 편안함을 해치게 된다. 편안한 신발, 잘 써지는 펜, 일요일 아침의 배달된 신문은 홈 PC만큼이나 훌륭한 기술이다. '조용한 기술'은 결국 사용자의 집중을 언제 요구하는가에 따른 문제를 해결하는 기술이다. 인간은 중요한 정보만 취급하고 나머지는 그리 크게 인식하지 못하는 경우가 많다[10].

사용자의 집중을 받고 있는 정보를 '중앙부(center)'라고 하고 그렇지 않은 정보를 '주변부(periphery)'라고 할 때 '조용한 기술'이란 사용자가 평소에는 의식하지 못하고 있지만, 원하는 시기 혹은 필요로 하는 상황에 그 서비스에 집중할 수 있게 해주는 컴퓨팅 환경을 제공하는 기술이다. 즉 모든 정보를 '중앙부'에 배치하지 않고 필요한 것 이외에는 '주변부'로 배치하여 지각적 조화를 이루게 함으로써 사용자 하여금 편안함을 느끼게 하는 것이다. 또한 '주변부'와 '중앙부'를 필요에 따라 바꾸면, 사용자는 새로운 '중앙부'에 보다 더 강하게 집중하게 된다[11].

일상생활에서 본다면 사람이 다가왔을 때 열리는 자동문, 자동으로 켜지는 전등, 현관 깔개에 장치된 자동벨 등이 '조용한 기술'의 한 예라고 볼 수 있다. 사용자가 의식하지 않더라도 필요하거나 사용자가 원할 때 필요한 기능을 제공하기 때문이다. 이 예들에서 보듯 '조용한 기술'을 뒷받침하는 중요한 요소는 센서기술이다. 유비쿼터스 환경에서 센서기술은 사용자에게 상황에 적합한 서비스를 자동으로 제공하며, '주변부'의 정보를 '중앙부'로 바꾸어주는 역할도 수행한다.

2.1.3. 유비쿼터스 컴퓨팅의 특징

현재 유비쿼터스 컴퓨팅이란 용어의 사용은 매우 혼란스럽다. 본래 마크 와이저는 PDA나 PC 등의 중앙집중적 정보기기는 유비쿼터스 개념에서 배제했다. 그러나 근래 사용되는 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념은 유무선 통신과 인터넷의 발달에 따라 어디서나 컴퓨터나 네트워크를 사용할 수 있다는 것 정도의 의미로 알려진 것이 사실이다. 그러나 본래의 의미에서 유비쿼터스 컴퓨팅의 중요한 특징을 정리하자면 다음과 같다.

- 물리적 환경에 많은 컴퓨팅 장치가 내장됨.
- 각 장치는 환경에 숨겨져 있음.
- 각 장치는 주로 무선네트워크를 통해 연결되며 서로 정보를 주고받음.
- '조용한 기술'에 의해 사용자가 의식하지 않고 컴퓨터를 사용함.

2.2. 퍼베이시브 컴퓨팅

NIST(National Institute Standard & Technology)에 따르면 네 가지 경향에 의해 미래의 정보기술 산업이 좌우될 것이라고 한다. 그 경향이란 한 사람이 사용하는 컴퓨터의 수가 증가한다는 것, 소형화 기술의 발전, 인터넷 사용의 확대와 무선통신 기술의 발달을 의미한다. 이러한 경향들의 결과로 퍼베이시브 컴퓨팅의 시대가 도래할 것이며, 이에 따라 컴퓨터와 기계장치와 센서들이 가까운 시일 내에 각종 장치와 가전기기, 장치의 일부, 그리고 심지어 옷에까지 장착되고 이들은 서로 인터넷으로 연결될 것이라고 한다[12].

퍼베이시브란 단어는 사전적으로 '퍼지른', '스며드는', '배어드는' 등의 의미를 가지고 있다. 퍼베이시브 컴퓨팅이란 용어는 매우 다양하게 정의되고 있다. NIST에서는 Pervasive Computing 2000 컨퍼런스를 통해 퍼베이시브 컴퓨팅이란 다음과 같은 경향을 띄고 있다고 하였다[13].

- 셀 수없이 많고 일상적 접근이 가능한, 때때로는 눈에 띄지 않게 숨겨진 컴퓨팅 장치들
- 빈번하게는 휴대하거나 혹은 환경에 내장된 컴퓨팅 환경
- 증가하고 있는 편재형 네트워크 구조로의 접속성

그리고 이에 따르면 퍼베이시브 컴퓨팅의 목적은 필요로 할 때 어디서나 쉽고 유용한 컴퓨팅을 제공하는데 있다.

IBM에서는 퍼베이시브 컴퓨팅이란 자유를 보장한다고 하였다. 도처에 있는 소프트웨어를 통해 사람들은 필요에 따라 어느 장비나 어떠한 장소에서도 데이터에 접근할 수 있는 자유를 얻는다. 제일 간단하고 가장 자연스러운 사용자 인터페이스인 말을 통해서 다양한 컴퓨터 환경을 이용할 수 있는 말의 자유를 얻는다. 또한 열린 표준을 통해 상호작용적이고 할 수 있는 일이 많은 시스템 구축이 가능한 자유가 있다[14].

퍼베이시브 컴퓨팅은 이 외에도 매우 다양하게 정의되는데, 심지어 유비쿼터스의 발전형으로 보는 견해도 있다

[15]. 그러나 퍼베이시브 컴퓨팅은 마크 와이저의 유비쿼터스 컴퓨팅과는 달리 단말기, 팜톱 컴퓨터처럼 고성능 휴대 장치들의 사용을 부정시하지 않는 점에서 차이를 발견할 수 있다. 그리고 현재의 퍼베이시브 컴퓨팅이 주목 받는 분야는 휴대장비 분야와 텔레메트릭스, 홈 오토메이션 등이다.

엄밀하지는 않으나 유비쿼터스 컴퓨팅이 주로 환경에 내장된 많은 네트워크형 정보기와 생활 속의 컴퓨팅 개념을 중심으로 보았다면, 퍼베이시브 컴퓨팅은 정보기기 사이에 있는 데이터들의 교환에 보다 비중을 두고 있다. 즉, 서로 다른 장치들을 통해 처리된 데이터를 미디어 컨버전스 개념을 통해 시스템간의 정보 교환을 원활하게 하는 것이다. 여기에는 PDA, 휴대전화, 스마트폰, IMT-2000 단말기 등의 휴대장비들이 포함되며 심지어 PC나 서버와 같이 휴대용이 아닌 컴퓨터 기기까지 아우르고 있다. 또한 각종 장비와 시스템 구조, 데이터 교환을 위한 소프트웨어 구조와 에이전트 설계, 네트워크 구조 등의 구축에 보다 관심이 모아지고 있는데, 이로 인해 근래에는 산업체들이 상업적으로는 유비쿼터스보다는 퍼베이시브 컴퓨팅이라는 용어를 즐겨 사용하는 추세이다.

사실 유비쿼터스와 퍼베이시브 컴퓨팅은 현실적으로 거의 비슷한 서비스를 구현한다. 그러나 근본적인 접근 방법에서 유비쿼터스 컴퓨팅은 고성능 개인용 정보기기보다는 생활 속에서 의식하지 않고 컴퓨팅이 가능하도록 하는데 관심이 있다. 이에 반해 퍼베이시브 컴퓨팅은 다양한 장비에서 필요한 정보의 변환과 서비스처럼 보다 정보를 관리하고 통합 운용하는 면에 좀 더 초점이 맞추어져 있다.

☞ NIST(Smart Space) : Pervasive Computing Initiative

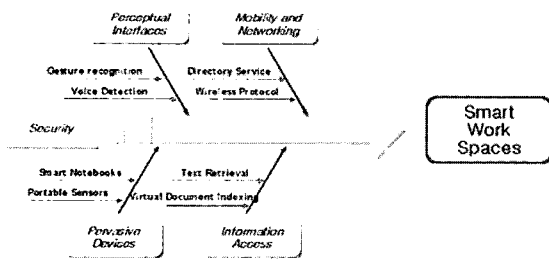


그림 4. 퍼베이시브 컴퓨팅의 개념 [16]

2.3. 착용형 컴퓨터

MIT 미디어 랩에서는 착용형 컴퓨터를 HUD(Head Up Display), 간편한 입력장치, 근거리 개인 무선통신망, 상황감지(context sensing) 모듈과 통신기기로 구성되어 마치 유능한 비서처럼 역할을 수행하는 컴퓨팅 장치로 정의하고 있다[17]. 이의 개념을 본다면 대부분의 정보가 개인이 착용한 컴퓨터 장치들에 의해 처리된다는 것을 알 수 있으며, 유비쿼터스나 퍼베이시브처럼 환경에 내재된 수많은 컴퓨터를 사용한다는 개념과는 차이가 크다.

사실 착용성의 개념만으로 본다면 중세에 발명된 안경이나 회중시계 등도 정보처리가 어느 정도 가능하므로 착용형 컴퓨터의 역사에 넣을 수 있다. 그러나 정보기기를 중심으로 한 착용형 컴퓨터와 유사한 제품들은 1960년대에 시작되었다. 1960년에 특허를 받은 헤일리그(Heilig)의 HMD(Head Mounted Display)형 스테레오 TV, 1961년에 MIT의 에드 소프(Ed Thorp)와 클라우드 샤논(Claude Shannon)이 만든 룰렛게임 예측기 등이 그것이다. 특히 룰렛게임 예측기는 아날로그 컴퓨터를 이용해서 룰렛바퀴 속도 측정과 결과를 예측하였는데, 컴퓨터를 사용한 최초의 착용형 컴퓨터라고도 할 수 있다[18]. 1966년에는 이반 서덜랜드(Ivan Sutherland)의 HMD가 개발되었다. 반사경과 두 개의 소형 CRT를 사용하여 영상에 3D 와이어 프레임을 투영하여 보여줌으로써 증강현실과 가상현실 개념을 구현하였다[19]. 이는 컴퓨터를 이용하여 영상을 처리하고 사용자에게 보여준 본격적인 착용형 컴퓨터 제품이라고 할 수 있다.

표 1. 스티브 만의 Wearcomp 시리즈에 의한 세대별 구분 [20]

	제 1 세대	제 2 세대	제 3 세대	제 4 세대(예측)
시 기	이전 - 1981	1982 - 80년대말	80년대 중반-현재	2000년대 이후 미래
스티브 만의 제품	WearComp0, 1, 2	WearComp3	WearComp4,5,6,7	-
장비 형태	일체형 장비 무겁고 귀찮음	분산된 장비 전선이 내장된 의복	전도성 섬유가 포함됨 (옷감 자체가 회로임)	전도성 섬유로 전체구성 (신경조직화 가능성)
착용성	단기 착용 격렬자세 아외용 안테나 사용	장기 착용 앉거나 서있을 수 있음 실내/실외 가능	기의 상시 착용 행동 및 장소 제약 없음(수중 제외)	항상 착용 가능성 장소 제약 없음
사용 분야	조명 예술 (Light Painting)	개인 디큐멘터리 등	범용	신체 삽입 영상 메모리 (기타 많은 분야)
가동 시간	수 분	수 시간	수 일	수 년
외 관	착용한다는 개념에 어울리지 않음	패션화 (퍼포먼스 예술)	자연스러움 (눈에 띄지 않음)	완벽히 감추어짐 (금속탐지기로 감지)
프로세서	Relay, MSI, 6502 (Hand assembly code)	8085 프로세서 (Intel)	(VLSI 또는 80*86 (DOS, NOS, Linux)	생체 프로세서
정보 표현	증강현실 (Light Painting)	증강현실	Mediate reality (reality의 축소/수정)	Mediate perception
통신	통신중계국 기반	인터넷	WWW (Wearable Wireless Webcam)	다양한 다른 사람들 (텔레파시와 유사함)
대상 집단	누구에게도 호소력 없음	예술가, 주변부 집단	공학도, 과학자, 취미가, 연구자들	광범위한 영역의 사람들
아이디어에 대한 반응	미쳤다/터무니없다	기묘하지만 흥미롭다	미래지향적	일반화/당연한 것

이후에도 착용할 수 있는 키보드, 카메라, 워크맨, 영상 기기 등이 개발되었지만, 착용형 컴퓨터라는 개념은 1970년대에 이르러 스티브 만(Steve Mann)에 의해서 구체화되었다. 스티브만은 1970년대부터 WearComp 시리즈를 만들기 시작했다. 시리즈 최초 제품인 WearComp0는 사진 장비 제어용 배낭형 컴퓨터(Backpack-mounted computer

to control photographic equipment)이다. WearComp0란 조명을 이용하여 다양하게 빛과 노출을 사물에 비추는 일종의 증강현실 기법을 사용하여 예술적인 사진을 얻기 위한 장치였다. WearComp0라는 이름의 이 제품은 휴대가 가능하다는 점과 컴퓨터를 통한 정보의 처리와 입출력이 이루어진다는 점에서 착용형 컴퓨터의 구체적인 모습을 보여 주었다. 스티브 만은 이후 음성 장치, 컴퓨터 장치, 전력장치 등을 개선하고 다양한 착용형 컴퓨터 개념을 정립하면서 WearComp 시리즈를 계속적으로 만들었다.

착용형 컴퓨터 분야의 선구자라고 할 수 있는 스티브 만은 착용형 컴퓨터를 세대별로 분류하였다. 그에 따르면 이전부터 1981년까지를 1세대, 82년부터 80년대 말까지를 2세대, 80년대 중반부터 현재까지를 3세대로 구분하였고, 2000년 이후를 4세대로 보았다. 각 세대별 착용형 컴퓨터의 특징은 [표 1]과 같다. 다만 4세대는 개념이 정립된 것이 아니라 미래를 예측한 것을 기술한 것임을 주의할 필요가 있다. 또한 각 세대는 완전히 단절된 것이라기 보다 어느 정도 혼재되어 있다.

스티브 만이 처음으로 착용형 컴퓨터의 개념을 내놓고 실제로 제품을 만들어 착용하고 다닐 때 그는 여러 가지 비난을 받았으나 현재에는 많은 연구기관과 산업체에서 연구하고 있으며 상업적으로도 사용하고 있다. 무겁고 성능이 약하던 각종 장치들은 소형화되었고 강력한 성능을 갖추고 있다. 또한 유비쿼터스나 퍼베이시브 컴퓨팅의 개념이 일반화함에 따라 처리 가능한 서비스 영역도 넓어가고 있다.

한편으로는 착용형 컴퓨터의 개념이 처음과는 달리 불분명해지고 있는 것이 사실이다. 각종 입출력 장치와 중앙처리장치, 통신장치, 유무선 네트워크장치로 이루어져 있으며 사람이 착용하고 다닐 수 있는 컴퓨터라는 개념은 컴퓨팅 장비의 발달로 인해 그 경계를 구분하기가 어렵게 된 것이다.

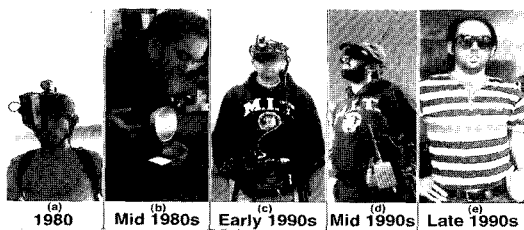


그림 5. 스티브 만의 Wearcomp 제품들 [21]

예를 들어 PDA는 착용형 컴퓨터인가? 고성능 PDA에는 그 자체가 이미 통신장치와 무선 네트워크 장치가 내장되어 있다. 또한 훌륭한 인터페이스 장치들이 장착될 수 있다. 손목에 장치하거나 들릴 말 수 있는 키보드, 카메라, 고성능 마이크와 이어폰, HMD나 모니터까지도 연결할 수 있는 것이다. 이렇게 장착한 PDA와 제품들은 분명 훌륭한 착용형 컴퓨터이다. 그러나 PDA만 가지고 다닌다면 이를 착용형

컴퓨터라 불러야 할 것인지 말아야 할 것인지 구분하기 어려워지는 것이다. 미래에는 더욱 심한 텔레마를 겪게 될 지도 모른다. 생체칩등이 개발되어 이를 몸에 이식하고 다니는 경우에는 더 이상 착용형 컴퓨터라 부르는 것은 어렵울 것이다. 그것이 비록 착용형 컴퓨터의 미래이더라도 그러하다. 미래에는 응용분야에 따라 더욱 소형화되고, 입는다는 것을 의식하지 않고 일상적으로 사용될 것으로 예상된다.

3. 포스트 PC 시대의 요소 기술들

유비쿼터스, 퍼베이시브, 착용형 컴퓨터는 PC나 휴대 전화처럼 단일기기를 사용하는 환경과는 전혀 다른 양상의 컴퓨팅 환경을 구성하게 된다. 단일기기에서는 모든 정보의 입출력과 처리가 그 자체에서만 일어나기 때문에 비교적 지각이나 인지적 혼란이 적으며 정보처리도 비교적 일관성을 갖는다.

그러나 포스트 PC시대의 컴퓨팅 환경은 동시다발적으로 일어나는 여러 상황들과 이로 인해 전달되고 처리되어야 하는 다양한 종류의 정보들이 사방에서 넘나들게 된다. 벽에서 튀어나온 정보, 상황에 따라 센서가 감지해서 연결시켜주는 정보, 휴대 단말기에서 실시간으로 연결되는 정보 등등. 여러 가지 멀티미디어 정보들이 인간의 감각기관에 전달되기 때문에 인간은 이를 통해 공감각적인 정보처리를 하여야 한다. 또한 사람이 혼란을 겪지 않고 편안하게 정보를 처리해야 하는 것은 물론이다.

이를 위해서는 편리한 입출력 장치, 상황을 인식하는 센서장치, 유무선 네트워크 장치, 프로세서 장치 및 전력 장치 등이 요구된다. 또한 조용한 기술을 이룩할 수 있는 인터페이스 기술 및 이의 기반 기술들이 필요하다.

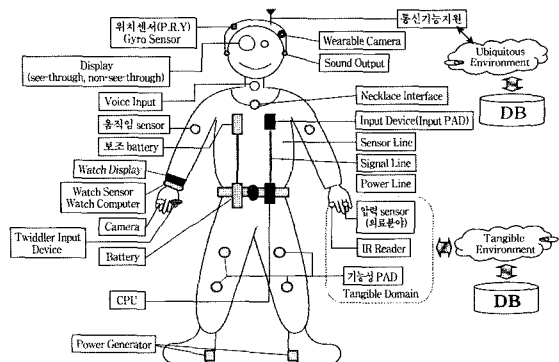


그림 6. 착용형 컴퓨터의 구성 [3]

3.1. 입력 장치

입력장치는 키보드나 패드, 포인팅 장치처럼 원하는 정보를 기계적으로 입력하는 직접입력 방식, 인간의 동작, 음성 등을 인식하여 정보로 변환하는 방식, 그리고 영상과 음향을 기록하는 방식으로 분류할 수 있다.

3.1.1. 직접 입력 방식

직접 입력 방식은 일반적으로 사용하는 마우스와 키보드를 대신하여 화면상의 위치를 지정하거나 문자 정보를 입력할 수 있도록 만들어진 제품들이다. 스크린 키보드, 초소형 키보드, 키패드, 터치 패드, 직물 키패드, 터치 스크린, 리모컨, 콘솔게임 패드 등이 이에 해당한다. 유비쿼터스 환경에서는 대형 디스플레이에 장착된 터치 스크린 등이나 스마트 리모컨으로 정보를 입력하고 선택하는 경우가 많아질 것이다. 미래에 쉽게 상상할 수 있는 것은 PDA나 스마트폰의 키패드나 포인팅 장치를 이용하여 각종 가전제품을 제어하고 관리하는 것이다.

유비쿼터스 환경이나 착용형 컴퓨터를 위해서는 전도성 섬유를 이용하여 직물에 자수로 새겨진 키패드를 만들어 사용하기도 한다. 이를 스마트 키패드(Smart keypad)라고 하는데, 옷에 장착한 이 키패드를 사용하면 정보를 입력하거나 음악을 연주할 수 있다. 이를 직물 전도성 자판(All-fabric conductive keyboard), 혹은 자수패드(Embroidered keypad)라고도 하며 탈부착이 쉽고 세탁까지 가능한 장점이 있다[22-24]. 이를 사용하면 옷은 물론이고 커튼이나 소파, 쿠션, 배개, 양탄자, 인형 등에도 이를 장착해서 정보를 입력할 수 있다.

착용형 컴퓨터 제품들은 몸에 부착하고 다녀야 하고, 다양한 환경에서 작업할 경우 필요하므로 주로 한 손으로 다룰 수 있는 입력장치들이 이용되고 있다. 스마트 키패드도 이 중 일부이며, 다른 제품으로는 트위들러(Twiddler)와 코드®패드(Kord®Pad)가 유명하다. 트위들러는 이미 산업 현장에서 널리 쓰이고 있는데, 앞쪽에는 키패드가 있고, 뒤쪽은 포인팅 스틱과 몇 개의 기능 버튼으로 구성되어 있다. 키의 조합에 의해 다양한 문자 입력이 가능하다[25]. 코드® 패드는 특이하게도 물 속에서 사용할 수 있는 입력장치로 한 손으로 버튼을 조합하여 눌러서 메뉴 선택과 입력이 가능한 제품이다[26].



(a)스마트키패드[22-24] (b)트위들러[25]
(c)코드®패드[26] (d)게임용키패드[27]

그림 7. 직접 입력 방식 장치

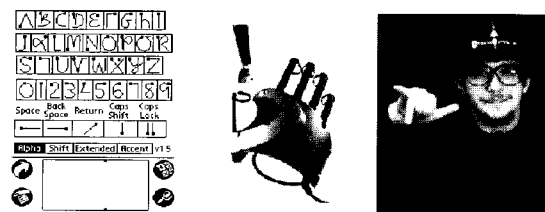
3.1.2. 정보 인식을 통한 입력 방식

정보 인식을 통한 입력 장치란 주로 생체인식이나 제스처 인식, 문자 인식, 음성 인식 등과 같이 컴퓨터에서 인식을 통해 비로소 정보를 얻는 장치들을 의미한다. 생체인식 분야는 이미 잘 알려진 바와 같이 광학 스캐너나 카메라 장비를 이용하여 지문, 홍채, 손맥의 정맥 등을 인식함으로써 사용자를 판별하는 방법이다.

문자인식은 온라인과 오프라인식이 있는데, 온라인은 주로 PDA나 터치 스크린, 마우스, 전자칠판 등을 이용하여 실시간으로 직접 문자를 입력받는 방식을 의미한다. 온라인 방식은 일반적인 필기체를 입력받는 방식과 그래피티(Graffiti) 입력 방식이 있다. 그래피티는 그래피토(Graffito)의 복수형으로 본래 유적등에서 발견되는 문자나 그림을 의미하지만, 컴퓨터 분야에서는 일반 문자의 자소를 간략한 형태로 재설계하여 인식이 쉽고, 빠르게 필기할 수 있도록 한 문자집합을 뜻한다. 예를 들어 'A'는 'Λ'로 입력하는 식이다. 이 방법은 3COM사의 팜파일럿(Palm Pilot) 제품에 적용되고 있다. 오프라인 방식은 주로 이미 인쇄된 문자를 스캐너를 이용하여 입력받고 이를 다양한 알고리즘을 사용하여 인식하는 방법이다.

제스처 인식은 사람의 움직임을 인식하는 방법이다. 수화하는 사람의 움직임을 카메라로 촬영하면서 이를 해석하는 방법도 있고, 데이터 글로브(data glove)를 착용하여 손과 손가락의 움직임을 인식하여 해석하는 방법 등이 있다[28]. 제스처 인식은 가상현실 환경에서 인터페이스나 청각장애 인용 수화 인식 서비스로 많이 활용된다. 세계적 게임쇼인 2003년도 E3에서는 가정용 게임기 PS2(PlayStation2)의 인터페이스로 아이토이(Eye Toy)를 소개했다. 이는 웹 카메라를 이용하여 사용자의 동작을 게임 속에서 표현하는 장치이다[29].

음성 인식은 가장 오랫동안 논의되어 온 이상적인 정보 입력 방법이다. 손을 사용하지 않아도 되고 가장 자연스런 입력 방법이기도 하다. 휴대전화 걸기, 주가지회 전화 서비스 등에서 실용화되어 사용 중에 있다. 그러나 인식률에 대한 문제로 인해 여전히 어려움이 많은 기술이다. 이와 유사하게 손뼉 소리를 인식하여 전구를 켜고 끄는 음향인식 장치들도 있다.



(a) 그래피티 인식기[30] (b) 데이터 글로브[31]
(c) 수화 인식용 카메라[32]

그림 8. 인식에 의한 정보입력 장치

3.1.3. 화상 및 음성 입력 장치

직접입력 방식이나 정보인식을 통한 입력 방식은 정보의 내용이나 포인팅 장치의 내용을 전자적으로 입력하는 장치를 이용한다. 이에 반해 화상 및 음성 입력 장치는 영상, 화상, 음성, 음향 등을 가공하지 않고 단순하게 입력받는 방식이다. 따라서 같은 비디오나 음향기기를 사용하더라도 정보인식을 통한 방법과는 목적이나 기능상 차이가 있으므로 별도로 구분하였다.

3.2. 출력 장치

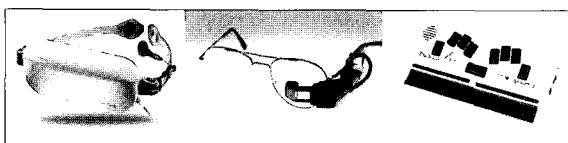
착용형 컴퓨터의 출력장치로는 디스플레이 장치, 음향 장치, 촉감 장치 등이 있다. 이중 디스플레이 장치로는 HMD (Head Mounted Display), HUD, 스크린, 모니터, 프로젝터 등이 있다. HMD는 얼굴에 착용하는 영상 디스플레이이다. 달려있는 소형 LCD 디스플레이를 통해 컴퓨터로 처리된 영상을 얻는데, 투과(See-through)형과 비투과형(Non see-through)이 있다. 투과형은 디스플레이가 투명하여 마치 안경처럼 밖을 볼 수 있다. 그리고 컴퓨터로 처리된 영상은 투명한 디스플레이 위에 표시되므로 실영상 위에 겹쳐보이게 된다. 비투과형은 밖이 보이지 않고 오로지 컴퓨터로 처리된 영상만 보이며 주로 게임등에 많이 사용된다.

HUD는 일반적으로 시야 앞에 있는 유리나 화면에 추가적인 정보를 비춰주는 장치를 의미한다. 투과형 HMD도 이의 일종이라 할 수 있지만, 가장 널리 알려진 것은 전투기나 자동차의 조정석 앞의 유리에 홀로그램 기법을 사용하여 정보를 출력해주는 것이다. 근래의 HMD/HUD 제품들은 소형화되어 있어서 일반 안경에 장착하기도 한다.

근래에는 홈씨어터의 일부로 빔 프로젝터를 사용하기도 한다. 빔 프로젝터는 유비쿼터스 컴퓨팅의 관점에서 볼 때에는 벽이나 사물에 정보를 나타내는 출력 장치로 볼 수 있다. 빔 프로젝터는 연구상에 있어서도 다양한 정보를 사물에 덧씌워서 추가 정보를 나타내는 증강현실 분야에서 매우 중요한 출력 장치이다.

음향 장치로는 일반적인 이어폰이나 헤드폰 등 이외에 3차원 음향기기를 별도로 의복등에 부착하도록 설계된 제품들이 연구되고 있다. 예를 들어 옷의 목이나 깃에 음향기기를 여러 개를 배치시켜 영화나 음악을 들을 때 입체감을 살릴 수도 있다.

촉감형 장치로는 데이터 글러브와 점자출력기, 진동장치 등이 있다. 데이터 글러브는 각종 동작을 할 때 그 부분에 임의로 압력을 가해줌으로써 가상의 촉각을 느끼게 할 수 있다. 시각장애인의 경우에는 브레일리 라이트 40(Braille Lite 40)이라는 점자 출력기를 이용하여 인터넷의 HTML 문서를 읽을 수 있다(33). 이외에 진동 기기도 출력장치로 사용할 수 있는데, 휴대전화의 진동모터, 가정용 게임기의 진동패드 등이 이에 해당한다. 진동 기기는 어떤 신호를 해주거나 가상현실, 게임, 실감영화 등에서 몰입감을 높이기 위해 사용한다. 시각장애인의 옷에 센서와 진동장치를 여러 곳에 부착하여 어떤 물체가 있는 방향의 진동장치를 자동으로 구동하게 하여 물체와 부딪치지 않는 아이디어도 제시된 바 있다.



(a) 음향장치 일체형 HMD(34) (b) 안경형 HMD(35)
(c) Braille Lite40(36)

그림 9. 착용형 컴퓨터의 정보 출력 장치

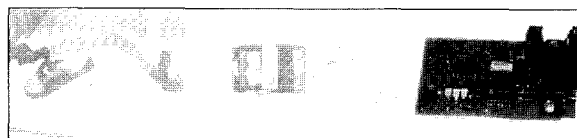
3.3. 네트워크 장치

네트워크 장치는 유무선 네트워크망을 구축하기 위한 장치이다. 유비쿼터스나 퍼베이시브에서는 무선네트워크가 매우 중요한 문제이다. 환경에 내장된 무수한 장비들마다 주로 무선네트워크 칩을 장착할 것이기 때문이다. 이를 위한 근거리, 원거리 무선통신은 라디오주파수(RF:Radio frequency) 방식, 적외선 방식(IR:Infra-red), 블루투스(Bluetooth), CDMA(Code Division Multiple Access) 방식 등이 이용된다.

이중에서 블루투스 기술은 근거리(10~100m)에서 데이터와 음성 통신용으로 사용하는데, 장치가 작고 저렴하며 전력 소모량이 작아서 휴대 단말기와 네트워크 접속 장치, 그리고 프린터, 헤드셋, PC카드와 같은 주변장치들 간의 데이터 교환에 적합하다(37,38).

유비쿼터스나 퍼베이시브 컴퓨팅 환경에서는 새로운 장비가 영역에 들어왔을 때 이를 감지하고 가능한 서비스를 서로 제공받아야 한다. 이 때문에 서로 다른 장비 사이에서 데이터 통신과 서비스가 가능한 JAVA, JINI 등의 소프트웨어적인 미들웨어들도 연구되고 있다.

착용형 컴퓨터에서는 사용자가 장착한 장비간의 네트워킹, 그리고 착용형 컴퓨터와 외부환경과의 네트워킹이라는 두 가지 측면이 있다. 착용형 컴퓨터는 신체에 분산된 장비들을 서로 연결해야만 한다. 그러나 기존의 케이블로는 무게나 활용성면에서 매우 큰 제약을 준다. 따라서 전도성 직물을 이용해서 옷을 이용한 네트워킹, 근거리 무선 네트워킹 등이 연구되고 있다. 이중 PAN(Personal Area Network)은 개인용 통신망으로서 휴대정보 단말기와 무선통신 모듈을 이용하여 필요한 정보를 송수신할 수 있도록 구성되거나 신체, 혹은 인체내의 소금물 성분을 전도체로 이용하여 장비들이 미세한 신호를 송수신하여 정보를 교환할 수 있도록 설계된다. 이 경우 두 사람이 악수를 할 때 서로가 가진 카드형 컴퓨터들이 서로의 신호를 송수신하여 명함 정보를 교환할 수도 있다(35,36).



(a) PDA형 무선 PAN(IBC:Intrabody Communication)(39)
(b) MIT의 PAN 카드(40)

그림 10. PAN 제품들

3.4. 상황인식 및 센서 장치

유비쿼터스 컴퓨팅이나 착용형 컴퓨터 등에서는 상황감지(context awareness)가 매우 중요한 문제이다. 이미 소개한 조용한 기술의 개념에 따르면 사용자에게 적합한 서비스를 상황에 알맞게 제공해야 하기 때문이다. 이러한 서비스는 주로 센서 장치를 이용함으로써 가능하다. 예를 들어 온도

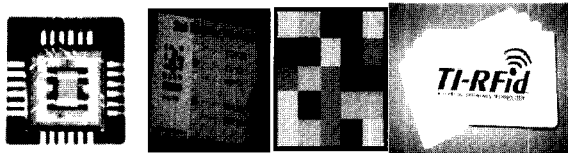
센서를 이용하여 냉난방을 하거나 목욕탕 물의 온도를 조절할 수 있으며, 광센서를 이용하여 자동으로 빛을 조절한다. 또한 음향센서, 이미지센서 등을 이용하여 사용자의 기분을 파악한 후 그에 알맞은 이미지를 벽에 뿌려주는 것도 가능하다. 이외에도 주목할 만한 센서로는 자이로센서(Gyro Sensor), 코드/태그 인식기, GPS(Global Positioning System) 수신기 등이 있다.

자이로센서는 관성의 센서가 회전하면 그 각속도의 변화를 측정하여 회전 정도를 탐지한다. 따라서 3개를 장착하면 3차원 공간상의 움직임을 인식할 수 있는데, HMD나 데이터 글로브에 장착하여 가상현실용 게임이나 수화 인식 등에 사용한다[41].

근래에는 GPS 수신기가 소형화되고 상용화되어 PDA, 차량 네비게이션 시스템 등에 장착되고 있다. GPS 서비스는 크게 일반인에게 제공되는 SPS(Standard Positioning Service) 방식과 군사용인 PPS(Precise Positioning Service)이 있다. SPS는 PPS와 달리 SA(Selective Availability) 기능이 포함되어 있어서 정확도가 떨어지도록 조정되어 있으므로 약 30~100m까지 오차가 발생할 수 있다. 그 때문에 정확한 위치 판단을 위해서는 다른 센서들의 보조가 필요하다[42].

코드/태그 인식기는 이미지 코드 인식기와 RF-ID 인식기 등이 있다. 이미지 코드 인식기는 바코드, 2차원 코드 등을 인식하여 해당 정보를 제공하는 방법이다. 보통 스캐너나 광센서를 사용하는데 근래에는 PC, 휴대전화나 PDA에 장착된 저가형 카메라를 이용하여 코드를 인식하는 제품들이 나오고 있다. PC용으로는 일본 소니사의 사이버코드와 한국 (주)칼라잡미디어의 컬러코드가 이에 해당한다. 사이버코드는 흑백 코드로서 데이터 영역과 코드영역 표시셀, 그리고 방향 탐지 막대로 이루어져 있다. 컬러코드는 4가지 색상 혹은 3가지 회색조로 이루어져 있고 코드 안에 방향 탐지와 오류검증기능이 내장된 것이 특징이다[43,44].

RF-ID 인식기는 일정 거리내의 소형의 RF-ID 칩을 인식하여 그 ID값을 얻어내는데, 출입문용 ID카드 시스템 등에서 흔히 볼 수 있고, 물류 분야에서도 사용된다[46].



(a) 자이로센서[45] (b) 소니 사이버 코드[43]
(c) 컬러코드[44] (d) RF-ID[46]

그림 11. 각종 센서 및 코드들

3.5. 프로세서 장치와 전력장치

프로세서 장치는 정보 연산을 하는 장치로서 사용 목적과 성능에 따라 천차만별이다. 대체적으로 PC나 워크

스테이션 등의 프로세서 장치는 매우 막강한 CPU와 그래픽 가속기 장치가 내장되어 있는 반면 휴대전화나 PDA는 성능이 비교적 낮다. 고성능 프로세서는 연산량이 많으므로 당연히 전력 사용도 많으므로 휴대용, 착용형일 경우에는 배터리 문제가 매우 심각해진다.

유비쿼터스 환경에서는 각종 장비가 무선 네트워크로 연결되어야 하므로 최소한의 프로세서 장치와 전력장치가 필요한 경우가 많다. 그러나 때로는 RF-ID 칩처럼 전력을 전파로 받아서 운영되기 때문에 별도의 전력 장치는 필요가 없는 장비들도 있다. 결국 장비들이 제공하는 서비스의 양과 처리되는 정보의 양에 따라 빛이나 전파를 이용하거나 외부에서 연결, 혹은 배터리를 장치하는 다양한 경우들이 존재할 것이다.

착용형 컴퓨터에서 전력장치는 반드시 해결해야 하는 문제인데, 실용화까지는 아직도 많은 노력이 요구된다. 이런 노력 중에는 사람의 신발에 발전장치를 부착하여 걸을 때마다 전력을 발생시키고, 이를 직접 이용하거나 축전지에 충전하려는 연구도 있다[47].

3.6. 인터페이스 및 인간요소(human factor)의 기반 기술

HCI(Human-Computer Interaction)은 인간과 컴퓨터 간의 인터페이스와 상호작용을 연구하는 학문이다. 인간은 가상이건 현실이건 간에 지각되는 것을 믿어버린다고 한다. 따라서 많은 컴퓨팅 장치가 환경에 내재되어 만들어내는 물리-전자적 환경에서 인간의 지각과 정보처리 능력에 대한 다양하고 많은 연구가 진행되고 있다. 간단하게는 키보드의 배치, 메뉴구성 방식 등 단일기기를 사용하는 인터페이스에서부터 복잡하게는 인간공학과 인간의 심리, 지각연구에 이르기까지 매우 폭넓은 분야이기도 하다.

조용한 기술은 HCI에서 연구하는 분야인 인간요소에 기반한 기술이기도 하다. 사람 지각 능력에 따라 정보량을 배치하고 사용하기 쉬운 인터페이스를 제공한다는 기본 컨셉과 일치하기 때문이다. 착용성과 물리적 환경을 위한 인체공학 등과 지각의 문제를 해결하기 심리학, 의학, 철학, 언어학 등의 분야, 소재와 실용성을 위한 물리학, 화학, 의류학, 실용디자인 등이 컴퓨터과학과 함께 요구된다.

4. 연구 현황 및 응용 분야

유비쿼터스, 퍼베이시브 컴퓨팅에서 주목받고 있는 연구로는 마크 와이저가 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념으로 고안한 탭(Tab), 패드(Pad), 보드(Board) 제품군이 있으며, 버클리 대학의 Smart Dust, 워싱턴 대학의 Portolano, 카네기 멜론 대학의 Aura, MIT의 Oxygen 등의 프로젝트가

있다. 또한 실생활을 위한 홈 오토메이션, 텔레매트릭스 분야가 여러 산업체로부터 주목받고 있다.

착용형 컴퓨터 분야에서는 MIT의 미스릴 프로젝트, 미육군의 랜드 워리어 프로젝트, 호주의 WetPC, NASA의 우주선 관리 프로젝트, 조지아 공대의 EPPS, 오리곤 주립 대학의 각종 착용형 컴퓨터 제품 등이 유명하다. 착용형 컴퓨터는 대규모 생산라인 관리, 의료, 군사, 지리 시스템, 원거리 협동작업 등의 분야에서 사용된다.

4.1. 버클리 대학의 스마트 더스트(Smart Dust) 프로젝트

스마트 더스트란 미국 버클리대학에서 추진하는 프로젝트 명으로서 아주 작은 크기의 값싼 정보기기들을 대량으로 살포하여 구축하는 센서 네트워크를 위한 프로젝트이다. 각각의 정보기기는 수 밀리미터 크기에 불과하지만 센서와 통신 플랫폼, 연산장치, 심지어 전원공급기까지 내장된다. 이들 수백 개를 뿌리면 각각의 기기들은 서로 정보를 주고 받으며 유비쿼터스 공간을 만들게 된다. 이러한 장비들을 만들기 위해서는 각 요소를 초소형화하고 통합하는 기술 개발이 필요하다.

스마트 더스트는 화성의 날씨와 지진 조사, 우주선 내부 조사, 지상 및 우주공간상의 네트워크 구축, 화학/생물 탐지, 무기 재고 관리, 국방 관련 센서 네트워크, 공장 제어, 제품 품질 관리, 스마트 오피스, 스포츠, 에너지 관리 등에 사용될 수 있다[48].

4.2. 워싱턴 대학의 포트라노(Portolano) 프로젝트

포트라노 프로젝트는 보이지 않는 컴퓨팅 공간을 연구하기 위해 실험환경을 만드는 작업이다. 보이지 않는 컴퓨팅이란 용어는 도널드 노먼(Donald Norman)이 창안한 것으로서 편재된 특정 작업용 컴퓨터 장치들의 시대의 도래를 묘사하기 위한 것이다. 각 장치들은 특정 작업에 최적화되어 환경에 섞여 있게 되며 사용자들은 기술적 지식을 알 필요가 거의 없게 된다. 포트라노는 14-15세기경 포르투갈의 항해사들이 만든 해안선을 그린 해도들의 이름으로서 향후 대항해시대의 기초가 되었다[49].

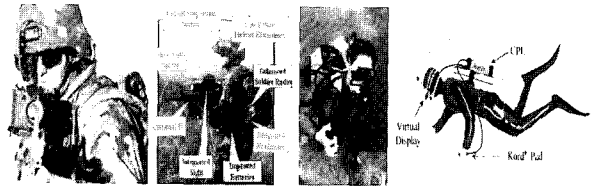
포트라노 프로젝트는 일종의 개념적 정의이며, 그 결과물은 여러 가지이다. 근래의 연구는 착용형 컴퓨터를 착용한 사용자가 일반 PC에 정보를 키보드로 입력하면 자동으로 착용형 컴퓨터에 그 정보가 입력되고, 착용형 컴퓨터에서 처리된 정보는 다시 PC 모니터로 보여주는 시스템을 개발하고 있다. 이때 정보들은 사람의 신체를 이용한 PAN에 의해 교류하게 된다[50]. 따라서 착용형 컴퓨터 사용자는 키보드가 없어도 주변의 컴퓨터를 이용해 착용형 컴퓨터를 이용할 수 있다.

4.3. 카네기 멜론대학의 오러(Aura) 프로젝트

카네기 멜론 대학의 오러 프로젝트는 사용자들에게 보이지 않는 후광(aura)처럼 컴퓨팅과 정보 서비스를 장소에 관계 없이 제공하는 목적을 가지고 있다. 오러는 구체적인 프로젝트라기 보다는 착용형 컴퓨터, 무선통신, HCI, 노마딕(Normadic) 컴퓨팅, 협동작업 등 다양한 분야를 망라하는 총체적인 개념이다[51].

4.4. 미육군의 랜드 워리어 프로젝트

미육군에서 사업중인 랜드 워리어 프로그램(Army's Land Warrior Program)이 대표적인 예이다. 디스플레이와 야간센서, 음향기기로 구성된 통합 헬멧(integrated helmet assembly), 배낭 컴퓨터(backpack computer), 배터리와 GPS, 각종 보호대 및 군장 등으로 구성되어 있으며, OICW(Objective Individual Combat Weapon)라는 개인용 신형무기에는 레이저추적 장치가 있어 이를 이용하여 직접 조준하지 않아도 공격할 수 있는 기능이 있다. 이 프로그램은 본래 2000년까지 완료 예정이었으나 무게와 비용 등의 이유로 2004년에 실용화 예정에 있으며 이미 아프가니스탄 전쟁등에서 일부 장비가 운용된 바 있다[52,53].



(a) 미육군 Land Warrior[52] (b) WetPC[26]

그림 12. 착용형 컴퓨터의 응용 분야

4.5. 수중 탐사 및 환경 생태 조사에 응용

WetPC는 수중에서 사용하는 착용형 컴퓨터로써 수중 탐사 및 수중 작업을 위해 사용된다. WetPC를 착용한 잠수부는 방수가 완벽한 소형 컴퓨터와 한 손으로 제어할 수 있는 Kord®Pad 입력장치를 사용하여 수중으로부터 데이터를 얻을 수 있다. 수경에는 디스플레이가 위치하도록 구성되어 있고, 수중으로부터 습득된 정보의 조사와 분석을 직접 수행할 수 있다. 또한 날로 심각해지는 환경 문제를 해결하기 위한 환경 실태 조사 등의 다양한 연구에도 사용될 수 있다[26].

4.6. MIT Media Lab.의 미스릴 프로젝트

MIT 미디어 랩에서는 차세대 착용형 컴퓨터 연구의 플랫폼으로 착용형 컴퓨터의 응용 분야에 대한 접근을 주로 HCI적 관점에서 시도하고 있다. 특히 미스릴 프로젝트(MIThril Project)는 인간적 요소, 하드웨어와 소프트웨어 기술 등 다양한 분야의 연구를 통합하여 의사소통, 실시간 자료의 전달 등의 어플리케이션 프로토타입등을 개발함으로써 새로운 컴퓨팅 환경을 제시하고 있다[17].

4.7. 조지아 공대의 EPPS

조지아 공대에서는 주로 중앙의 컴퓨터에서 공장 생산 라인의 작업자에게 실시간으로 작업 지시를 내리거나 교육을 함으로써 공장내 어디에 있던 작업을 쉽게 수행할 수 있도록 하는 시스템을 연구하고 있다. EPPS(Electric Performance Support System)라고 불리는 이 시스템은 유지보수 작업을 주 대상으로 잡고 있다[54].

4.8. 오리곤 주립대의 웨어러블 커뮤니티

착용형 컴퓨터의 디자인과 함께 공동작업 분야와 모바일 컴퓨팅 인터페이스를 대상으로 하는 연구가 진행 중에 있다. 관련 연구로 웨어러블 커뮤니티(Wearable Communities), Proem, 웨어러블 어시스턴트(Wearable Assistant) 등이 있다. 웨어러블 커뮤니티는 일상생활에서 만나는 사람들과의 대인관계를 보조하는 기능을 컴퓨터가 수행하도록 설계하고 있다. Proem은 사용자간의 공동작업을 위해 모바일 네트워킹 환경을 제공해주는 연구이며, 웨어러블 어시스턴트는 시각 능력이 손상된 사람을 위해서 GPS를 이용한 개인의 위치등의 정보를 제공해주고 도움이 필요한 경우 이를 알려주는 기능을 제공하기 위해 설계되었다[55].

4.9. 미국방위고등연구계획국(DARPA)의 스마트 모듈 프로그램

DARPA에서 연구되는 스마트 모듈 프로그램(Smart Modules Program)은 센서, 마이크로프로세서, 통신 등이 모듈화된 패키지로 구성된다. 이는 경량이고 저전력을 사용하는 특성을 가지고 있으므로 전투수행에 적합하다. DARPA에서는 전장에서 병사들이 자신의 병기들을 효과적으로 제어하고 상황인식 능력을 증진할 수 있도록 하기 위해 착용형 컴퓨터를 연구하고 있다. 이를 위해 전자공학, Micro Electro Mechanical Systems (MEMS), 포토닉스(Photonics)를 기반으로 각종 통신, 디스플레이, 착용형 전송정보 시스템(Wearable Tactical Information Assistants) 등의 하드웨어와 소프트웨어를 개발 중에 있다[56].

4.10. 미항공우주국(NASA)의 우주선 관리

우주 왕복선은 한번의 비행이후 다시 사용되어지기 위해서 항상 많은 작업들이 필요하게 된다. 이 과정에는 비행선의 유지보수 및 비행선 외부의 고온 절연 타일의 손상된 위치 파악 등이 포함된다. 우주 산업에 있어서 방대한 정보에의 빠른 접근은 필수적 요소이다. 이를 위해 HUD(Head Up Display)와 BWC(Body Wearable Computer)가 개발하였고 이를 이용하여 유지보수 작업을 진행하고 있다[57].

4.11. VIA PC의 서비스 모델

사람의 일상 생활에 다양하게 사용될 수 있도록 사용하기 쉽고 휴대하기 간편한 착용형 컴퓨터들을 연구하여 그 모델을

제시하였다. 소방관을 위한 인명구조용, 공장에서 제조 공정상의 문제해결용, 공항 안내 서비스용, 측량, 작업 진행사항 및 자재 관리, 그리고 비행기의 유지/보수 등에 대한 사례 등이다[58].

4.12. Levi's의 착용형 컴퓨터 디자인

이동 단말기나 mp3플레이어 등의 장치들을 자켓등의 의복에 부착하거나, 시계나 귀걸이, 반지 등의 장신구에 컴퓨팅 기능을 내장시킴으로써 무선 통신을 이용해 PDA, 휴대전화, 탁상형 컴퓨터 등과 연동하여 사용할 수 있도록 디자인하였다[59].



(a) MIT[17] (b) 조지아공대[54] (c) NASA[57]
(d) VIA-PC[58] (e) 미래형 장비[60]

그림 13. 착용형 컴퓨터 연구 사례

4.13. 연세대학교의 UTOPIA 프로젝트

연세대학교에서는 착용형 컴퓨터 연구를 위하여 입력 장치로서의 이미지 기반 태그 인식 기술과 센서 기술, 스마트 패션 및 재료, 무선 통신기술 등의 요소 기술을 착용형 컴퓨터에 적용시키기 위한 연구를 수행 중에 있다. 이를 위하여 증강 현실의 연구, 편재 컴퓨팅 환경(Ubiquitous Computing Environment)을 위한 플랫폼 구축, 만질 수 있는 정보 인터페이스(Tangible Information Interfaces) 등의 개념을 도입하였고, 제반 기술을 착용형 컴퓨터 기술과 혼합하여 새로운 형태의 차세대 착용형 컴퓨터의 개념을 설계하고 있으며 다양한 적용 분야의 확대와 어플리케이션 개발 중에 있다.

2002년에는 스키장등에서 구급요원을 위한 패트롤(patrol) 자켓과 대형상점에서 쇼핑 가이드를 위한 스토어 가이드(store guide)의 착용형 컴퓨터를 개발하였다. 2003년에는 UTOPIA(Ubiquitous TOWN Project: Intelligent context Awareness) 프로젝트를 시행중에 있다. 이는 연세대학교를 대상으로 위치기반 서비스와 각종 유비쿼터스 메시징 시스템을 착용형 컴퓨터 사용자에게 제공하는 시스템이다. 이를 위해 심리, 물리, 의류, 기계, 전자, 의학 등의 학제간 연구가 착용형 컴퓨터 연구 그룹을 중심으로 이루어지고 있다.

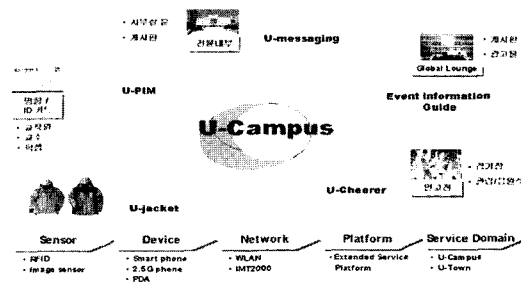


그림 14. UTOPIA 프로젝트 개념도

5. 포스트 PC 시대의 향후 전망

현재 유비쿼터스와 퍼베이시브 컴퓨팅은 그 용어가 일반화 되었음에도 불구하고 아직 마크 와이저가 꿈꾸었던 수준의 컴퓨팅 환경을 제공한다고 할 수 없다. 그보다는 휴대전화와 스마트 폰, IMT-2000 단말기와 같은 핸드헬드 제품군들의 하드웨어와 그 인터페이스 개발쪽에서 연구개발이 더 활발하다. 이는 기술 개발의 어려움과 함께 어떠한 서비스를 어떠한 방식으로 제공할 것인지에 대한 고민이 계속되고 있기 때문이다.

유비쿼터스 컴퓨팅, 퍼베이시브 컴퓨팅은 3A(Anywhere, Anytime, Any device) 산업이라고도 불린다. 다양한 크기의 컴퓨터들이 주변 환경 여기저기서 작동되고 있고, 사용자가 가지고 있는 단말기나 착용형 컴퓨터들은 더욱 빈번하고 막강하게 정보 운용을 요구할 것이기 때문이다. 시공간적으로 끝없이 정보교환이 사방에서 일어나는 환경하에서는 인간에게 어떻게 편안함과 편리함을 제공할 수 있는가하는 문제가 중요시된다. 근래들어 HCI에 대한 관심이 높아지고 있는 이유는 이 때문이다.

미래의 컴퓨팅 환경은 아마도 자율 컴퓨팅(autonomous computing)의 개념이 더 확고해질 것이다. 사방에 많은 컴퓨터들이 둘러싸고 있고, 수많은 서비스가 제공된다고 하더라도 사용자가 평소에 그 존재를 의식하지 않도록 하는 것이 '조용한 기술'의 개념이기 때문이다. 자동으로 불이 켜지고, 문이 열리고, 자동으로 냉난방이 조절되고 하는 수준의 간단한 컴퓨팅들도 사실은 자율 컴퓨팅의 한 예라고 할 수 있다. 그러나 미래에는 각기 독립된 수준이 아니라 통합되고 더 많은 서비스들이 제공될 수 있다. 몇몇 영화에서처럼 사용자의 기분에 따라 방안의 그림들이나 조명이 바뀌는 무드(mood) 서비스, 식품 자동조리 시스템, 원하는 영상을 아무 곳이나 뿌려주는 증강현실 시스템 등이 그 예이다.

물론 어디나 그러하듯 유비쿼터스, 퍼베이시브 컴퓨팅 환경에 긍정적인 면만 있는 것은 아니다. 영화 마이너리티 리포트에서 보듯 길거리를 지나가는 사람의 흥채를 자동으로 인식하고 이름을 끊임없이 부르며 홀로그램으로 유혹하는 광고들의 경우처럼 전자감시 환경으로 쉽게 바뀔 수도 있기 때문이다. 전자적 환경은 그 편리한 서비스만큼 개인정보 노출이나 각종 범람하는 정보들로 인해 고통받을 수도 있다. 인터넷의 발달과 함께 스팸메일도 증가한 것이 그 좋은 예이며, 해킹으로 여러 종류의 범죄에 노출되는 것도 같은 맥락이다. 착용형 컴퓨터도 카메라를 장착한 경우 초상권 문제로 어려움을 겪을 수 있다. 이렇듯 사회문화적 장벽과 파생되는 부작용들의 해결방안도 항상 고려하여야 한다.

사실 우리는 이미 몇 가지 유비쿼터스 컴퓨팅하에서 작동될 수 있는 장비들을 착용하거나 들고 다니고 있다. PDA나 휴대전화뿐만 아니라 RF-ID에 의한 ID카드,

전자배지(badge), 버스나 지하철에서 사용하는 교통 충전 카드, 스마트 칩이 내장된 은행카드, 손목부착형 PDA 등이 그것이다. 그리고 보면 주변의 자동지급 단말기, RF-ID 태그를 인식하는 출입문과 자동 차단기 등은 비록 시작 단계이지만 이미 별로 의식하지 않고 사용하는 물리적 환경 속의 전자적 환경이라고도 할 수 있다. 이런 방식으로 굳이 의식하지 못하더라도 유비쿼터스, 퍼베이시브 컴퓨팅 등은 천천히 우리 생활에 점차적으로 자리잡아 나갈 것이다. 그리고 어느 날 한순간 이미 그런 환경 속에서 생활하고 있는 우리 자신을 발견하게 될 것이다.

참고 문헌

1. '컴퓨터시장의 새 희망 포스트 PC', <http://www.dapis.go.kr/mndweb/daily/2001/01/0111-26.htm>, 국방일보, 2001년 1월 11일.
2. '2003년 IT 기술산업 전망 10대 핵심기술', www.i-news24.com, 2003년 5월 1일.
3. 한탁돈, "Wearable Computer의 현황과 한국 IT의 접목," Wearable Computer 3차 Workshop 자료집, pp. 29-48, 연세대학교, 2001.
4. K. Lyytinen, Y. J. Yoo, Communications of ACM, pp. 64, December, 2002.
5. M. Weiser, "Hot topics: ubiquitous computing," *IEEE Computer*, October, 1993.
6. "유비쿼터스, 혁명이 시작됐다. (15) 사카무라 겐 교수 e메일 인터뷰," 전자신문, 2003년 4월 14일.
7. Ubiquitous Computing Web Page, <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>, May, 2003.
8. 하원규, 김동환, 최남희, "유비쿼터스 정보기술(UIT)," 전자신문, 2002년 5월 31일.
9. M. Weiser, "The computer for the twenty-first century," *Scientific American*, pp. 94-10, September, 1991.
10. M. Weiser, J. S. Brown, "Designing calm technology," <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/calmtech/calmtech.htm>, Xerox PARC, December 21, 1995.
11. M. Weiser, J. S. Brown, "The coming age of cam technology," <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>, Xerox PARC, October 5, 1996.
12. J. Thilmany, "Technology's future," *Mechanical Engineering*, New York, vol. 122, Iss. 4, pp. 18, April, 2000.
13. Pervasive Computing 2000 NewIT Industry

- Conference, <http://www.nist.gov/pc2000/>, NIST, January, 25-26, 2000.
14. What is pervasive computing?, <http://wireless.ibm.com/pvc/>, 2003. 5. 25.
 15. 퍼베이시브 컴퓨팅-사람·환경 하나된 열린 컴퓨팅 세계, http://kbiz.kookmin.ac.kr/html/studyroom/sub_studyroom_01.html, 2003.
 16. P. Tandler, N. Streitz, T. Prante. "Roomware-moving toward ubiquitous computers," *IEEE MICRO*, pp. 36-47, November - December, 2002.
 17. MIT Wearable Computing Web page, <http://wearables.www.media.mit.edu/projects/wearables>
 18. MIT Wearable Computing Web Page, "A brief history of wearable computing," <http://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html>
 19. I. Sutherland, "A head-mounted three dimensional display," *In Proc. Fall, Joint Computer Conference*, pp. 757-764, 1968.
 20. S. Mann, "An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'Personal Imaging,'" *First International Symposium on Wearable Computers*, pp. 66-73, 1997.
 21. The link between cyberspace and lightspace, <http://wearcomp.org/netcam.html>
 22. MIT Wearable Computing Web Page: all-fabric conductive keyboard, <http://web.media.mit.edu/~rehmi/fabric/index.html>
 23. M. Orth, R. Post, E. Cooper, "Fabric computing interfaces," *Proc. of the conference on SIGCHI 98*, pp. 331-332, April, 1998.
 24. MIT Wearable Computing Web Page: Smart Jacket, <http://web.media.mit.edu/~joep/SpectrumWeb/captions/Jackets.html>
 25. HandKey website: Twiddler, <http://www.handykey.com/site/twiddler2.html>
 26. WetPC Web Page, <http://wetpc.com.au>
 27. 주식회사 소니 컴퓨터 엔터테인먼트 코리아, <http://www.scek.co.kr/>, May, 2003.
 28. A. Braffort, "A gesture recognition architecture for sign language," *Proc. of the second annual ACM conference on Assistive technologies*, Vancouver, pp. 102-109, April 1996.
 29. New EyeToy games come into view, http://uk.playstation.com/news/newsStory.jhtml?storyId=103168_en_GB_NEWS & linktype=
 - SSL, January, 2003.
 30. Palm Pilot Web Page, <http://www.palm.com>
 31. Essential Reality Web Page:p5 Glove, <http://www.essentialreality.com/products.html>,
 32. A. Pentland, "Perceptual user interfaces: perceptual intelligence," *Communications of the ACM*, vol. 43 Issue 3, pp. 35-44, ACM Press, March, 2000.
 33. 박찬용, 장병태, "시각장애인을 위한 인터넷 웹 브라우저 개발," HCI'99 학술대회, pp. 819-823, 한국정보과학회 HCI 연구회, 1999.
 34. Olympus America Web Page:HMD_FMD-250W, <http://www.olympusamerica.com>
 35. Microoptical corporation Web Page: eyeglasses display, <http://www.microopticalcorp.com>
 36. 4Access Web Page: Braille Lite40, <http://www.4access.com/>
 37. Tom's hardware Korean Web Page, <http://www.tomshardware.co.kr/business/00q3/000907/bluetooth-01.html>
 38. Bluetooth Web Page: <http://www.bluetooth.com/tech/works.asp>
 39. K. Partridge, B. Dahlquist, A. Veisoh, "Empirical measurements of intrabody communication performance under varied physical configurations," *Proc. of the 14th annual ACM symposium on UIST01*, pp. 183-190, November, 2001.
 40. MIT PAN(Personal Area Network) Web Page, <http://web.media.mit.edu/~bigjoe/pan/>, <http://www.media.mit.edu/physics/projects/pan/pan.html>, March, 2002.
 41. 3D Tracker-Interactive Imaging System: x-viewer, <http://www.iisvr.com/>
 42. GPS Korea Web Page, <http://www.gpskorea.co.kr/GPS/Gps.htm>
 43. J. Rekimoto, Y. J. Ayatsuka, "Cyber Code: designing augmented reality environments with visual tags," *Proc. of DARE*, Elsinore, Denmark, pp.1-10, ACM Press, NY, 2000.
 44. ColorZip Media Inc. Web Page, <http://www.colorzip.com>
 45. 마이크로 머신 제작기술 "멤스", <http://www.dongas-science.com/news/viewhottrend.asp?no=5775 & m=sn>, 동아사이언스, 2002. 2. 4.
 46. Texas Instrument Web Page, <http://www.ti.com/tiris/docs/products/transponders/transponders.shtml>, May, 2003.

47. J. Kymissis, C. Kendall, J. Paradsio, N. Gershenfeld, "Parasitic power harvesting in shoes", Second International Symposium on Wearable Computers, *IEEE Computer Society*, Pittsburgh, Pennsylvania, pp. 132-139, October, 1998.
48. Berkeley Smart Dust Web Page, <http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/~warneke/SmartDust/>
49. Project Portolano Web Page, <http://portolano.cs.washington.edu/>, May, 2003.
50. Rosencranz, M., Partridge, K. *Walk-up Keyboard: An Efficient Low Overhead Interface for Transient Workers*. CHI Student Poster, CHI 2001. (PDF)
51. Project Aura Web Page, <http://www-2.cs.cmu.edu/~aura/>, 2003.
52. Naver Offworld Colony: Land Warrior, <http://myhome2.naver.com/2019ad/frame1.htm>, March, 2002.
53. Washington Post Web Page: High-Tech Gear To Get Workout In Afghanistan, <http://www.washtech.com/news/govtit/13127-1.html>, March, 2002.
54. Georgia Tech Research Institute Web Page, <http://wearables.gatech.edu>
55. University of Oregon Web Page, <http://www.cs.uoregon.edu/research/wearables/>
56. DARPA Web Page, <http://www.darpa.mil/mto>
57. NASA Web Page : <http://science.ksc.nasa.gov/payload/projects/borg/shuttle.html>
58. VIA-PC Web Page: <http://www.via-pc.com>
59. "Wearable Computers", *PC Advisor*, pp. 154, May, 2001.
60. N. Kleinman, "Next Generation of Wearable Computers," *Pen Computing*, pp. 32-33, May, 2001.

----- 저자 소개 -----



《한 탁 돈》

- 1978년 연세대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
- 1983년 Wayne State University 컴퓨터공학(공학석사)
- 1987년 University of Massachusetts 컴퓨터공학(공학박사)
- 1987년~1989년 Cleveland 주립대학 조교수
- 1994년 Kyoto 대학 객원교수
- 1996년 Stanford University visiting associate professor
- 1989년~현재 연세대학교 공과대학 컴퓨터과학과 산업시스템공학과 교수
- 2000년~현재 (주)칼라짚미디어 대표이사
- 주요 관심분야 : Wearable computer, HCI, ASIC 설계, 고성능 컴퓨터구조
- E-mail : hantack@kurene.yonsei.ac.kr
hantack@colorzip.com



《정 철 호》

- 1994년 연세대학교 통계학과 졸업(이학사)
- 1998년 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(공학사)
- 2001년 연세대학교 대학원 컴퓨터과학 산업시스템공학과 졸업(공학석사)
- 2000~2001 (주)칼라짚미디어 연구개발팀 선임연구원
- 2002년~현재 연세대학교 컴퓨터과학 산업시스템공학과 박사과정 재학
- 주요 관심분야 : Wearable Computer, HCI, Pervasive Computing, Data Analysis
- E-mail : bright@kurene.yonsei.ac.kr
balgeum@korea.com