

특집

웨어러블 컴퓨터와 보조기술 분야 응용

Wearable Computers and Its Applications in Assistive Technology

이선우 (한림대학교 정보통신공학부)

I. 서론

언제 어디서나 필요한 정보를 적합한 형태로 얻을 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing) 시대에서 개인이 소지하는 여러 종류의 정보 기기는 필연적으로 하나로 통합될 것이고, 이러한 통합 정보 단말기의 주요 후보 중의 하나로 최근 많은 관심과 함께 본격적으로 연구 개발되고 있는 것이 웨어러블 컴퓨터(wearable computer)이다.

안경에 부착된 아주 작은 디스플레이와 한 손만으로 입력이 가능한 키보드, 주머니에 들어갈 정도의 작은 본체로 구성된 형태의 웨어러블 컴퓨터는 이미 신문, 잡지, TV 등의 여러 매체를 통해 많이 소개된 덕분에 일반인들도 한번쯤은 들어보았거나 본 적이 있을 것이다. 이러한 웨어러블 컴퓨터가 포스트 PC의 자리를 차지할 수 있을지에 대해서는 여러 의견이 분분하다. 그러나 이에 대한 여러 측면에서의 연구, 개발은 매우 중요하며 더욱이 장애인의 능력을 증강시키는 보조기술 분야와 건강 분야에서의 활용은 웨어러블 컴퓨터의 킬러 애플리케이션이 될 가능성이 높다.

따라서 본 고에서는 웨어러블 컴퓨터가 무엇이며, 어떤 특성을 가지도록 설계되어야 하는지, 현재의 연구 수준 및 지금까지 개발된 장치의 모습과 기능은 어떤지, 그리고 어떻게 이용될 수 있는지에 대해 자세히 살펴보고, 이런 웨어러블 컴퓨터가 여러 종류의 장애를 가진 사람들을 돕는 보조 기술 장치(Assistive Technology Device)로서 어떻게 활용될 수 있는지를 여러 선행 연구 결과의 조사, 분석을 통해 살펴보고자 한다.

본 고는 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 웨어러블 컴퓨터에 대한 정의, 특징 및 연구 현황에 대해 기술할 것이고, 3장에서는 보조기술에 대한 간략한 설명과 함께 보조 기술 분야의 웨어러블 컴퓨터의 활용 방안을 기존 연구 사례를 중심으로 살펴보고, 4장에서 향후 전망에 대해 살펴본다.

II. 웨어러블 컴퓨터 개요

1. 웨어러블 컴퓨터란?

웨어러블 컴퓨터를 한 마디로 규정하는 공

인된 정의는 아직 없으나, 선도적 연구자들에 의해 다음과 같은 특징을 가지는 컴퓨터로 정의되어 왔다¹⁾.

●Bradley Rhodes(1997): 이동 중에 동작해야 하고, 핸드 프리(hands-free) 혹은 손의 사용을 최소화 시켜주며, 실제 사용 중(active use)이 아닌 상황에서도 사용자의 주목을 끌 수 있어야 하며, 언제나 “켜져(ON)”있어야 하고, 사용자의 행동에 반응하며 더 나아가 사용자의 현재 상황(context)를 감지하여 더 좋은 서비스를 제공할 수 있는 컴퓨터.

●Steve Mann(1998): 웨어러블 컴퓨터 분야의 선구자의 한 사람인 토론토 대학의 Mann 교수는 다음과 같은 6가지 특징으로 정의하였다.

◆Always ready: 항상 켜져 있고 언제나 사용 가능한 상태 유지

◆Unrestrictive: 일상 활동에 방해/불편을 최소화할 수 있는 구조 및 형태

◆Unmonopolizing of user's attention: 일반적인 데스크탑 PC에서처럼 사용자 주의를 독점하지 않는 인터페이스 필요

◆Observable/controllable: 시스템의 상태를 명확하게 볼 수 있으며, 다양한 인터페이스로 제어 가능

◆Attentive to environments: 사용자 환경을 인식할 수 있다.

◆Useful and personal: 사용자 개인별 특화되어야 하며 통신기기로써 유용해야 한다.

●Thad E. Starner(2000): 웨어러블 컴퓨터 분야의 가장 활발한 연구자의 한 사람인 조지아 공대의 스타너 교수는 다음과 같은 이상적인 인터페이스적 특성을 통해 웨어러블 컴퓨터를 정의하였다.

◆항상성 및 연속 접근성 (Persists and Constant access): 사용자의 삶 전체에 걸쳐서 일상 속에서 연속적으로 언제나 사용이 가능하도록 설계되어야 하고, 최소한의 노력으로 빠르게 컴퓨터 시스템에 접속할 수 있어야 한다.

◆상황 인식 기능(Sense and Model contexts): 사용자를 가장 효과적으로 돕기 위해서는 웨어러블 컴퓨터는 사용자의 현재 상황-환경, 사용자의 물리적/정신적 상태-을 인식할 수 있어야 하며, 이에 대한 모델을 가지며 이에 기초하여 적절하게 실행된다.

◆증강성 및 중개성(Augments and Mediates): 웨어러블 컴퓨터는 실세계 및 사이버 세계 모두에서 사용자에게 통일되고 편리한 방식으로 정보를 제공해야 한다. 일례로 웨어러블 컴퓨터는 특정한 물리적 위치와 관련된 정보 및 자원을 수집하고, 이 정보들을 사용자의 상황 및 필요에 적합하게 필터링하여 사용자에게 제공할 수 있다.

◆끊어짐 없는 상호작용성(Seamless interacts): 웨어러블 컴퓨터는 현재의 사용자 상황에 가장 적합하고 사회적으로도 용인될 수 있는 방식으로 입,출력 신호의 형태(modality)를 자동적으로 변경할 수 있어야 한다. 많은 경우 컴퓨터 인터페이스는 이차적인 작업이므로 최소한의 사용자 노력만을 필요로 하는 방식이어야 하며, 더 나아가 개인 정보(프라이버시) 보호를 보장하며 개인화를 쉽게 지원할 수 있어야 한다.

상기한 웨어러블 컴퓨터의 다소 엄격한 요구사항들은 경제적인 면은 말할 것도 없이

기술적인 면에서도 많은 부분들이 아직은 연구 단계 수준이라는 문제점을 내포하고 있다. 이런 특성은 웨어러블 컴퓨터라는 개인용 정보 단말기가 기존의 노트북 PC나 PDA, 혹은 스마트 폰과 같은 휴대형 정보기기와는 형태, 사용자 인터페이스, 또 기능적인 면에서도 다르다는 것을 강조하기 위한 것이다.

이러한 정의들이 다소 기능 중심으로 기술된 것이었다면, 과연 이러한 특성이 무엇을 위해 필요한 것인지에 대해 간략하게 살펴보자. 웨어러블 컴퓨터의 궁극적인 사용 목적은 다음과 같다.

“웨어러블 컴퓨터는 사용자의 기억력, 인지 능력, 통신 능력, 문제 해결 능력 등을 증대시키는 장치”

즉, 사용자 능력의 증강(enhancement)을 꾀하는 기기인 것이다. 이와 같이 보다 넓은 의미에서 보면 지금까지 발명된 수많은 종류의 착용형 기기들 중의 하나로 웨어러블 컴퓨터를 생각할 수도 있다. 실제 웨어러블 컴퓨터의 개발 역사를 정리한 문서¹⁾에 따르면 11세기의 안경과 1907년의 손목시계의 발명을 매우 주요한 사건으로 다루고 있는데 그 이유는 이 두 가지 발명품이 여러 종류의 착용형 기기 중에서 가장 크게 성공한 대표적인 사례이기 때문이며, 이상적인 웨어러블 장치의 특성을 잘 보여주고 있기 때문이다.

따라서 웨어러블 컴퓨터를 대중 매체에 소개된 형태-안경 장착형 디스플레이, 한 손형 키보드, 작은 본체-의 컴퓨터로만 생각하거

나 또는 현재에는 실현 가능하지 않은 이상적인 기기만으로 생각하는 것은 옳바르지 않다. 기능적인 면에서 사용자의 능력을 증대시키거나 혹은 즐거움을 제공하는, 일상 활동에 방해되지 않도록 만들어진 정보기기로써 웨어러블 컴퓨터를 바라보는 것이 보다 바람직한 시각일 것이다.

2. 연구 현황

본 절에서는 현재까지 연구 개발된 웨어러블 컴퓨터의 프로토타입들과 상용 제품들을 소개함으로써 간략하게나마 연구 현황을 살펴보고자 한다. 연구 그룹별과 연구 분야별로 나누어 웨어러블 컴퓨터의 전체 시스템, 혹은 기능별 개발 현황을 소개한다. 지면 관계상 기술되지 못한 많은 연구 그룹 및 상용 제품들에 대한 정보는 관련 포털 사이트²⁾나 국내 보고서³⁾, 앞으로 소개하는 선도 연구 그룹의 홈페이지 등을 통해 얻을 수 있다.

(1) 연구 그룹별 현황

먼저 웨어러블 컴퓨터에 대해 선도적인 연구를 수행하는 연구 그룹들을 다음에 요약 정리하였다.

◆미국 MIT Media Lab.의 웨어러블 컴퓨터 그룹, URL: <http://www.media.mit.edu/wearables/>

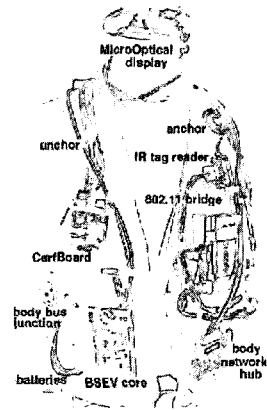
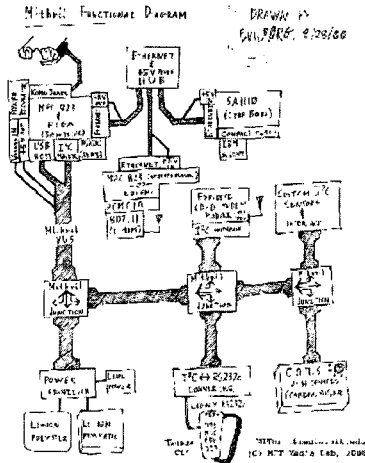
◆미국 조지아 공대(Georgia Institute of Technology) Contextual Computing 그룹, URL: <http://www.gvu.gatech.edu/ccg/>

◆영국: 브리스톨 대학교 웨어러블 컴퓨팅 그룹, URL: <http://wearables.cs.bris.ac.uk/>

◆스위스: 스위스 연방 공대(ETH Zurich)

1) B. Rhodes, A brief history of wearable computing, (<http://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html>)

2) Andy의 웨어러블 컴퓨터 포털: <http://www.redwoodhouse.com/wearable/>



(a) 기능별 블록 다이어그램 (b) 외형 사진 (c) 구성 모듈 형태 및 위치 설명도
 <그림 1> 미국 MIT의 MIThril

웨어러블 컴퓨팅 연구실, URL: <http://www.wearable.ethz.ch/>

◆캐나다: 토론토 대학 Steve Mann 연구실, URL: <http://www.wearcam.org/>

◆일본: 소니 컴퓨터 과학 연구소(Sony Computer Science Lab.) 인터랙션 연구실, URL: <http://www.csl.sony.co.jp/IL/index.html>

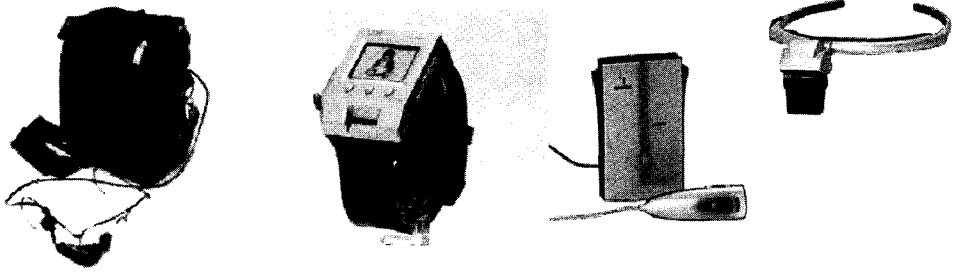
상기한 바와 같이 여러 나라에서 웨어러블 컴퓨터에 대해 다양한 연구를 수행해 오고 있다. 본 절에서는 이중 가장 대표적인 연구 그룹인 미국 MIT 미디어 연구소의 MIThril 프로젝트에서 수행되었던 연구 결과를 요약 정리함으로 현재 연구 수준 및 지향하는 목표 등을 소개하고자 한다.

MITHril 프로젝트³⁾는 “상황인식 웨어러블 컴퓨팅을 위한 차세대 연구형 플랫폼 개발”이라는 목적을 위해 수행되었으며, <그림 1>에 나

타낸 바와 같이 조끼형태의 외형 및 한 손 키보드, 안경 장착형 디스플레이로 구현되어 있다. 프로젝트의 큰 특징은 모든 설계 사양을 개방한다는 점이다. 즉 MIThril은 open-source hardware/software platform을 지향하고 있어서, 홈 페이지를 통해 누구나 관련 하드웨어의 회로도 및 PCB 레이아웃 등 하드웨어 관련 설계 자료와 소프트웨어 소스를 다운로드 받을 수 있다. 이와 함께 잘 정리된 관련 문서 및 온라인 문서들도 개방되어 있어 누구나 쉽게 관련 내용을 보고, 학습할 수 있다.

MITHril 프로토타입은 6~8시간 동작이 보장되는 리튬 이온 배터리, 3개의 컴퓨팅 모듈-MPC823 프로세서 기반 싱글 보드컴퓨터를 메인 모듈로, 인텔 SA-1110 기반 컴퓨터 보드(Cerf board) 하나는 NFS 파일 서버로, 또 다른 하나의 Cerf board는 IEEE 802.11b (10Mbit) 무선 랜 연결 브리지로 사용-, I²C⁴⁾ 기반 센서 모듈, body-bus(센서, 주변기기들과 전력 연결을 위해 16개 라인을 가지는 버

3) 미국 MIT 미디어 연구실, MIThril 프로젝트(<http://www.media.mit.edu/wearables/mithril/>)



(a) CharmIT사 제품 (b) IBM Linux wristwatch (c) Hitachi WIA(Wearable Internet Appliance)
 <그림 2> 상용 제품 및 연구소 프로토타입

스를 새롭게 정의하여 사용함) 및 body-bus junction, 그리고 출력장치로는 MicroOptical 사⁵⁾의 안경 부착형 마이크로 디스플레이와 입력 장치로는 한 손 키보드⁶⁾로 구성되어 있다. 보다 자세한 구성 및 설명은 홈페이지를 참조하기 바라며, 여기서 우리가 주목해야 할 점은 다양한 응용 개발을 위해서는 무엇이 요구되는가 하는 점이다. 더욱이 사용자 편의성 극대화와 충분한 계산 성능 및 장시간의 동작 등과 같은 상충하는 요구 조건의 균형 잡힌 설계 방안 등에 대해서도 주목할 필요가 있다.

학계에서뿐만 아니라 여러 회사들에서 상용화를 목적으로 하여 개념 상품으로 혹은 상용화 제품으로 개발, 판매 중인 제품들도 다수 존재한다. 가장 대표적인 업체가 미국의 Xybernaut 회사⁷⁾일 것이다. 가장 먼저 웨어러블 컴퓨터를 상용화 한 후 지금까지 꾸준히 개발, 판매하고 있으며, 특히 웨어러블 컴퓨터의 산업 분야 활용에 대해 많은 노

력을 기울이고 있다. 판매되는 제품들은 초기엔 벨트 착용형 본체 및 출력 장치로는 안경/헬멧 부착형 디스플레이, 입력 장치로는 팔뚝 부착형 키보드로 구성된 웨어러블 컴퓨터였으나 최근엔 태블릿 PC 형태 제품들도 개발, 판매하고 있다. 또한 조지아 공대의 스타너 교수가 참여한 CharmIT사⁸⁾의 경우엔 상기한 MIThril과 같이 다양한 응용 개발에 적합한 가방형 웨어러블 컴퓨터 (<그림 2(a)>)를 개발, 판매하였으나 현재는 판매를 하지 않고 있다. 이 모델은 스타너 교수가 1993년 이후 지금까지 어디나 언제나 항상 소지하고 다니는 것으로 더 유명하다. 이와 같이 벤처 기업을 중심으로 한 개발뿐만이 아니라 미국 IBM의 경우는 그림 <2(b)>와 같이 가장 성공적인 착용형 기기인 손목시계 형태로 웨어러블 컴퓨터⁹⁾를 개발하였다. 미국뿐만이 아니라 일본 히타치 사에서도 <그림 2(c)>에 나타난 것과 같은 웨어러블 컴퓨터¹⁰⁾를 개발, 판매하기도 하였으나 현재 판매는 중단된 상태다.

4) Phillips사의 Inter IC protocol, (<http://www.semiconductors.philips.com/markets/mms/protocols/i2c/>)

5) MicroOptical co. (<http://www.microopticalcorp.com/>)

6) Handkey co. "Twiddler" (<http://www.handykey.com/site/twiddler2.html>)

7) Xybernaut co.,(<http://www.xybernaut.com/home.asp>)

8) CharmIT co.,(<http://www.charmed.com/>)

9) IBM Linux Wristwatch, (<http://www.research.ibm.com/WearableComputing/>)

10) <http://www.hitachi.co.jp/Prod/vims/wia/main-j.html>

(2) 연구 분야별 현황

본 절에서는 웨어러블 컴퓨터의 주요 연구 분야별 현황을 살펴보자¹¹⁾.

입출력 장치

가장 연구, 개발이 활발한 분야는 휴대형 정보기기를 위한 입력과 출력 장치 분야일 것이다. 지금까지는 입력 장치로는 양 손 키보드와 마우스를, 출력장치로는 CRT 혹은 LCD 디스플레이를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 이런 장치들은 일상적 활동을 하면서의 동시 사용이나 자유로운 손의 사용 등과 같은 요구와는 적합하지 않기 때문에 여러 종류의 입력 장치 및 출력 장치들이 개발되었다.

먼저 입력 장치에 대해 살펴보면 현재 가장 많이 사용되고 있는 것이 휴대폰 숫자 키보드이다. 이 방식은 대개 모든 언어에서 문자 입력을 위해서는 동일 버튼을 여러 번 눌러야 한다는 단점에도 불구하고 방법의 직관성 및 사용 용이함으로 인해 현재 가장 대표적인 한 손 입력 장치로 자리 잡고 있다. 이와 비슷하게 엄지만을 사용하나 보다 직관적인 연속적 움직임을 통해 문자를 구별하는 Thumbscript사¹¹⁾의 입력장치도 개발, 판매되고 있다. 동일한 12개의 숫자 키보드 형태를 가지나 개별 입력이 아닌 코드 입력 방식(동시에 복수 개 버튼을 누르는 방식)으로 개발된 Handkey사의 Twiddler라는 제품은 웨어러블 컴퓨터 분야에서 가장 많이 사용되는 장치다. 이와 달리 일반적인 키보드를 팔뚝에 부착하도록 형태를 바꾸거나¹²⁾ 크기와 버튼의 개수를 줄인 형태¹³⁾, 혹은 일반 키보드

에 대해서도 한 손 만의 타이핑으로도 모든 문자를 입력할 수 있도록 하는 방식¹⁴⁾ 등도 연구, 개발되었다.

이와 같이 버튼을 사용하는 방법 이외에도 현재 PDA를 중심으로 많은 기기에서 사용되고 있는 것이 터치 스크린이다. 직관적인 사용자 상호작용성과 수기 문자 인식 가능 등의 장점도 많이 있으나 한 손 만으로는 조작이 어렵다는 점과 입력속도의 제한과 같은 단점도 가진다.

이러한 손을 통한 입력 방식 이외에도 운전 중과 같은 사용자의 눈과 손이 다른 일에 묶여져 있는 경우에는 소리를 통한 입력 방식이 가장 좋은 방법일 것이다. 더욱이 음성 인식 방법은 사람 중심의 자연스러운 소통 방식이므로 이미 오래전부터 많은 연구, 개발이 수행되어 왔으나 웨어러블 컴퓨터 분야에서의 음성 입출력에 대해서는 최근에야 연구되고 있는 형편이다¹⁵⁾. 다음 장에서 살펴볼 것처럼 시각 장애인에 대해서는 소리를 통한 정보 전달이 주요한 수단이므로 이에 대한 웨어러블 컴퓨터의 보조기술 응용 연구는 비교적 활발하게 이루어지고 있다.

이제 웨어러블 컴퓨터의 출력 장치에 대해 간략하게 살펴보자. 앞 절에서 여러 번 언급한 것처럼 현재 가장 많이 사용되고 있는 출력 장치는 안경 혹은 헬멧 부착형 마이크로 디스플레이들이다. 이 들 제품들은 MicroOptical사 및 TekGear사¹⁵⁾, 시마즈 제작소¹⁶⁾ 및 국내 업체인 대양ENC¹⁷⁾ 등 몇몇 회사에서 개발, 판매

11) www.thumbscript.com

12) <http://l3shop.com/index.html>

13) <http://www.frogpad.com/>

14) <http://www.matias.ca/>

15) <http://www.tekgear.ca/>

16) <http://www.shimadzu.co.jp/hmd/>

17) <http://www.daeyangenc.com/products/near/research.asp>

되고 있다. 이러한 마이크로 LCD를 사용하여 사용자의 눈 가까이서 정보를 보여주는 방식은 크게 두 가지로 구분되는데, 쌍안형(binocular)과 단안형(monocular)이다. 쌍안형은 양 쪽 눈 모두를 사용하는 방식으로 다시 시야를 완전히 가리는 방식과 투과형(see through)으로 나뉘어 진다. 단안형의 경우는 사용자 시야의 일부만을 사용하여 화면을 보여주는 방식으로 일상 활동에 큰 지장을 주지 않고 크기가 작고 가벼우며, 절전형이라는 장점이 있으나 사용자가 눈의 초점을 변경하여 봐야하기 때문에 다소 사용상의 어려움이 있다는 단점이 있다.

이런 방식과 달리 최근 한 걸음 더 나아가 사용자의 망막에 직접 레이저를 스캐닝 방식으로 조사하여 사용자 시야에 선명한 화면을 제공하는 직접형 디스플레이도 연구, 개발되었다¹⁸⁾.

이런 시각적 출력 장치 뿐만이 아니라 입력 장치에서도 마찬가지로 소리를 통한 출력 장치도 매우 다양하게 연구, 개발되어 왔다. 실제 음성을 통한 정보 교환은 사람에게 가장 자연스러운 통신 수단이기 때문이다. 특히 시각 장애인들에게는 매우 중요 수단으로 보조기술 분야 응용에서는 빼놓을 수 없다. 관련한 대표적인 연구 프로젝트가 미국 MIT 미디어 연구실에서 수행된 Nomadic Radio 프로젝트¹⁹⁾일 것이다.

상황 인식 컴퓨팅 (Context-Aware Computing)

웨어러블 컴퓨터의 대표적인 응용의 하나가 일상 생활의 사람 비서와 같이 필요한 정

보를 수집하고, 가공한 후, 적절하게 사용자에게 능동적으로 제공하는 역할이다. 이런 응용에 있어서 정보 검색 기법은 핵심적 요소 기술인데 그 중에서도 가장 도전적인 과제가 비문자 문서를 다루는 것과 현재 사용자에게 꼭 필요한 정보 혹은 알림을 제공하는 것이다. 첫 번째 과제는 다시 말해 사진, 음성 및 소리, 비디오 데이터 들의 색인 및 검색에 대한 문제인데 반해, 두 번째는 앞서 언급한 바와 같은 사용자의 현재 상황(context)을 어떻게 감지하고 관련된 어떤 정보를 어떻게 제공하는가에 대한 문제²⁰⁾인 것이다.

현재 유비쿼터스 컴퓨팅 분야에서 가장 활발한 연구가 이루어지고 있는 분야로써, 상황을 인식하는 컨텍스트 센싱과 인식된 컨텍스트에 따라 적절한 정보를 제공하거나 응용 프로그램의 행동을 제어하는 것으로 구분된다. 컨텍스트 센싱 분야는 대개 여러 종류의 센서들을 사용하여 사용자의 현재 컨텍스트를 어떻게 감지하고 인식하는가에 대한 연구가 주를 이룬다. 여기서 컨텍스트란 “사용자와 시스템(응용 프로그램) 간의 상호 작용에 연관된 존재물(사람, 장소, 사물 등)을 특징짓는 가능한 모든 형태의 정보”이며 보다 구체적으로는 현재 사용자의 위치나 현재 사용자의 활동 상황, 근처에 존재하는 자원 및 사람 등의 다양한 정보들로 간주될 수 있다.

이런 컨텍스트를 웨어러블 컴퓨터가 인식했다면 다음은 이러한 정보에 기초하여 특정 프로그램을 동작시키거나, 혹은 특정 형태-modality 변경 등-로 정보를 가공하는 등의 상황 기반 응용 연구 또한 매우 활발하게 이루어지고 있다. 실제 보조기기로서의 웨어러

18) <http://www.microvision.com/index.html>

19) Nomadic Radio project, Speech Interface Group, MIT Media Lab., (<http://web.media.mit.edu/~nitin/NomadicRadio/>)

블 컴퓨터에서도 이러한 상황인식 기능은 가장 핵심적인 요소 기능이 될 것으로 예상된다. 장애인에게 있어 현 상황에 대한 정확한 인식은 그 중요성이 더 하기 때문이다.

통신

웨어러블 컴퓨터 분야에서의 통신은 크게 착용형 기기들 간의 통신과 웨어러블 컴퓨터와 외부 세계와의 통신으로 나누어 생각할 수 있다. 웨어러블 컴퓨터와 외부 세계와의 통신은 다른 여러 정보기기와 차이점이 없으므로 본 고에서는 제외하고 사용자가 소지하고 있는 기기들 간의 통신에 대해서만 간략하게 살펴본다.

사용자가 착용한 여러 기기들 사이에서의 통신은 사용 편의성을 위한 무선화와 연속 동작을 위한 저전력 소비와 같은 조건을 만족해야 한다. 이러한 요구 조건은 최근 개인이 휴대하는 정보기기의 다양화에 따라 자연스럽게 중요 특성으로 자리잡게 되어 bluetooth²⁰⁾, zigbee²¹⁾와 같은 다양한 표준안 등도 출현하게 되었고, 이러한 기술들 또한 웨어러블 컴퓨터의 다양한 주변기기 사이의 신호 교환에 유용하게 사용될 수 있다.

이와는 달리 무선 통신의 보안상의 취약점을 보완하고 선 연결로 인한 불편함을 해소하는 매우 독특한 방법으로 인체-정확하게는 피부-를 도선으로 간주하여 통신을 수행하는 연구⁶⁾도 수행되었다.

전력

웨어러블 컴퓨터에 요구되는 특성 중에서 연속 동작은 매우 중요한 것으로, 이를 위해

서는 전력 문제가 반드시 해결되어야 한다. 다른 이동형 정보 기기와 마찬가지로 웨어러블 컴퓨터도 배터리를 사용할 수 밖에 없는데 문제는 다른 단일 기능의 기기보다 많은 전력-싱글 보드 컴퓨터의 경우 대개 5watt 정도 전력 소비-을 필요로 한다는 점이다. 이를 해결하기 위해서는 웨어러블 컴퓨터가 절전형으로 설계되고 또한 고용량 배터리를 사용해야 하는데 배터리의 용량에 따라 무게도 증가하므로 이는 의복처럼 항상 착용되는 웨어러블 컴퓨터에게는 사용자 편의성 측면에서 큰 문제로 작용한다. 따라서 사람이 만들어 내는 에너지를 이용하는 방법들에 대해서도 연구되었다. 일레로 스타너²²⁾는 체온, 호흡, 혈압, 팔 움직임, 손가락 움직임, 보행 등과 같은 여러 형태의 인간이 만드는 에너지를 이론적으로 계산했는데, 체온은 2.8~4.8 watt, 혈압은 0.37~0.93watt 정도의 크기에 해당하고, 호흡에서는 가슴의 움직임으로 0.42~0.83watt의 전력 생산이 가능하다고 보고한다. 이런 움직임은 의도하지 않아도 생존시라면 항상 존재한다는 장점은 있으나 기술적으로 이러한 움직임을 전기로 변환하기 어렵다는 단점이 있다. 이에 반해 보행과 팔 움직임은 의도적으로 움직여야 한다는 단점은 있으나 이론적으로 최대 60watt에 이르는 큰 전력을 쉽게 만들 수 있다는 장점이 있어 이미 신발 아래쪽에 압전소자를 장착한 발전장치¹¹⁾와 사람 팔의 움직임을 이용한 발전장치¹²⁾가 개발되기도 하였다.

20) The Official Bluetooth Website(<http://www.bluetooth.com/index.asp>)

21) The ZigBee Alliance (<http://www.zigbee.org/>)

22) Thad Starner, "Human Powered Wearable Computing", (<http://web.media.mit.edu/~testarne/TR328/main-tr328.html>)

(3) 응용 분야

본 절에서는 웨어러블 컴퓨터의 응용 분야에 대해 간략하게 살펴본다. 먼저 다음과 같은 5가지 분야로 크게 나눌 수 있다²³⁾.

● 교육 및 훈련 분야(Education & Training): 학교나 산업 현장에서의 교육 효과를 높이기 위한 목적으로 웨어러블 컴퓨터를 사용한다. 일례로 웨어러블 컴퓨터가 가지는 증강 현실(augmented reality) 기능을 이용하여 복잡한 시스템의 수리 및 점검 작업의 교육에 활용할 수 있으며, 또한 통신 기능을 통해 현장에서의 원격 교육 등이 가능하다.

● 제조 및 관리 분야(Manufacturing & Maintenance): 일례로 항공기와 같이 복잡한 시스템의 제조 공정에서 기존에 사용되던 책 형태의 매뉴얼 대신에 보다 편리하게 다양한 정보 제공이 가능한 웨어러블 컴퓨터를 사용하여 제조 효율성을 높일 수 있다. 이와 함께 항공기의 유지 보수에 요구되는 각 항공기의 점검 기록 및 관련 매뉴얼 등의 수집과 규정에 따른 많은 문서 작업을 웨어러블 컴퓨터의 통신 기능, 현장에서의 문서 접근 및 입력 특성을 이용하면 보다 효과적으로 수행할 수 있다.

● 군사 분야(Military): 개인 병사에 대한 종합 통신 장비로서의 활용 및 전투 현장에서의 주요 무기-탱크, 비행기, 개인 화기 등-가 고장이 났을 경우 원격으로 진단하고 응급조치를 취하는데 활용될 수 있다.

● 오락 분야(Entertainment): 현재 일반화된 여러 멀티미디어 재생기-MP3P, PMP 등-

와 비교하여 월등한 기능을 가지는 웨어러블 컴퓨터를 이용하여 멀티미디어의 재생뿐만 아니라 일상 활동 중의 정지 사진 및 동화상 촬영 및 녹음도 가능하여 여러 오락적 기능으로도 활용 가능하다.

● 의학 및 건강 분야(Medical & Health): 웨어러블 컴퓨터의 킬러 애플리케이션으로서의 역할이 기대되는 분야로, 크게 장애인의 장애를 보조하고 보완하는 장치로 활용되는 것과 일반인 대상의 건강관리 시스템으로 활용되는 것으로 나누어 생각할 수 있다. 보조 장치에 대해서는 다음 절에 보다 자세하게 살펴볼 것이며, 24시간 연속적인 생체 신호 계측 시스템으로서의 가능성에 대해서는 현재 여러 연구 그룹들에서 수행되고 있다.

III. 보조 기술 분야 응용

본 특집호의 주제가 '정보기술과 재활복지 분야의 보조기술'에 대한 것이므로 이미 다른 원고에서 충분한 설명이 있으리라 생각하지만 본 장에서 간략하게 보조기술에 대해 소개하고, 본 고의 주제인 웨어러블 컴퓨터가 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 살펴보고자 한다.

1. 보조기술 개요

보조기술(Assistive Technology; 이하 AT로 약함)의 정의는 여러 참고문헌²⁴⁾에 따라 조금씩의 차이는 있으나 대개 1988년에 만들어진 미국의 법률(A.T. Act, Public Law 100-407)에 기술된 정의를 이용하는 경우가 많다. 이에 따른 보조 기술 장치(AT device)의

23) Xybernaut corp.'s Case study website(http://www.xybernaut.com/case_studies/index_case_study.htm)

정의는 다음과 같다.

“장애를 가진 개인의 기능적 능력을 개선시키고, 유지하는데 이용 가능한 상용화되거나 또는 특별하게 제작되거나 변형된 모든 종류의 시스템, 장비, 기기, 부품”

이와 함께 동일 법안은 보조 기술 서비스(AT service)도 다음과 같이 정의하고 있다.

“보조 기술 장치의 선택, 습득, 사용에 있어 장애인을 직접 도와주는 모든 종류의 서비스”

미국 법안에 기술된 정의를 구지 소개하는 이유는 AT에 대한 명확한 개념 정립이 웨어러블 컴퓨터를 이용한 응용의 정확한 평가를 가능하게 한다고 생각하기 때문이다. 실제 AT장치의 정의는 몇 가지 중요한 요소를 가지는데, 첫 번째로 모든 종류의 장치를 정의에 포함함으로써 우리가 대상으로 할 응용 범위도 한계가 없다는 점과, 두 번째는 장애인의 기능적 능력의 개선이 가장 중요한 목표라는 점, 마지막으로 장애를 가진 개인을 강조함은 동일 장애라 해도 개인별 차이를 반드시 고려해야 한다는 것을 포함하고 있다. 따라서 웨어러블 컴퓨터의 AT장치로서의 응용도 이러한 점들을 중요하게 고려해야 할 것이다.

AT장치에 대한 일반적인 구분 방법 및 관련 장치들을 다음 표 1에 정리하였다. 표 1에 기술된 장치 외에도 장애의 종류 및 정도에 따라 수많은 장치들이 연구, 개발, 판매되고 있는데, 이에 대한 적절한 정보를 제공하기 위해 미국 교육부 산하 국립장애 및 재활 연구소(NIDRR)는 ABLEDATA²⁴⁾라는 데이터베

이스를 구축, 운영하고 있다.

〈표 1〉에서 *표시는 웨어러블 컴퓨터가 이용되거나 될 수 있는 장치들을 표시한 것으로, 대개 시각 및 청각 기능에 문제가 있는 장애인들의 감각 기능을 보조하는데 웨어러블 컴퓨터가 많이 활용될 수 있다는 사실을 보여준다.

2. 사례 연구

본 절에서는 웨어러블 컴퓨터가 AT장치로 어떻게 활용될 수 있는가에 대해 현재까지 진행되어 온 대표적인 연구 내용을 소개함으로써 그 역할 및 가능성에 대해 살펴보고자 한다. 2장에서 살펴본 바와 같이 넓은 의미에서는 대부분의 전자적 계산 기능이 들어간 착용형 AT장치들을 모두 웨어러블 컴퓨터의 응용으로 간주할 수 있다. 일례로 시각 장애인의 이동을 돕기 위해 개발된 많은 종류의 ETA(Electronic travel aid) 장치들 대부분이 형태 및 계산 능력의 범위를 넓게 보았을 때 웨어러블 컴퓨터가 이용된 것으로 생각할 수 있다. 이와 같이 AT 응용 사례들 중에서 앞에서 소개한 바와 같이 연속 사용 및 착용형, 그리고 사용자의 능력 향상이라는 웨어러블 컴퓨터의 특성이 잘 드러나는 연구 내용을 중심으로 다음과 같이 3개 사례를 선정하였다. 선정된 사례에 대한 간략한 특징을 다음 〈표 2〉에 정리하였다.

Navbelt

미시간 대학교의 Borenstein 교수 연구실은 이동 로봇의 위치 인식 및 장애물 감지 및 회피에 대해 연구했는데 여기서 개발된 초음파 센서 기술을 기초로 시각장애인의 보행

24) <http://www.abledata.com>

〈표 1〉 AT장치 기능별 구분 및 종류 일람

카테고리	장 치
Prosthetics/Orthotics 보조구/삽입물	○인공 팔, 인공 손, 인공 발, 인공 다리 등의 보조구(補助具) ○여러 종류의 부목(副木) ○기능성 전기 자극기 (Functional Electrical Stimulus)* 등
For persons with visual impairments 시각장애인 보조	○쓰기와 읽기를 지원하는 장치들 (CCTV 확대기, 전자 점자기, 독서기계, 말하는 계산기, 시각정보 소리/촉감 변환기* 등) ○독립 이동 보조 장치들 (지팡이, 레이저 지팡이*, 초음파 물체 탐지기*, 로봇 안내 시스템 등)
For persons with auditory impairments 청각장애인 보조	○보청기* ○전화기 보조 용품들 (양방향 문자 전송기 등) ○입술 독해 장치 (Lipreading aids) ○음성 인식 장치*
Augmentative and Alternative Communication (AAC) Systems 의사소통 보조	○키보드, 마우스 에뮬레이션 장치 ○특수 제작된 스위치, 센서 등 ○컴퓨터 기반한 통신 장치* ○언어 도구 (그림판 등) 및 소프트웨어
For mobility 이동 보조	○수동 및 특수목적 휠체어 ○전동 휠체어, 스쿠터 등 ○운전 보조 장치 ○Electronic Travel Aid (ETA) 장치들*
Manipulation and Control of the Environment 환경 제어 및 조작 보조	○수동 도구 (손목 부착형 수저 등) ○전자식 책 페이지 넘기기 등 ○가전제품 제어기* ○로봇 팔 보조 장치

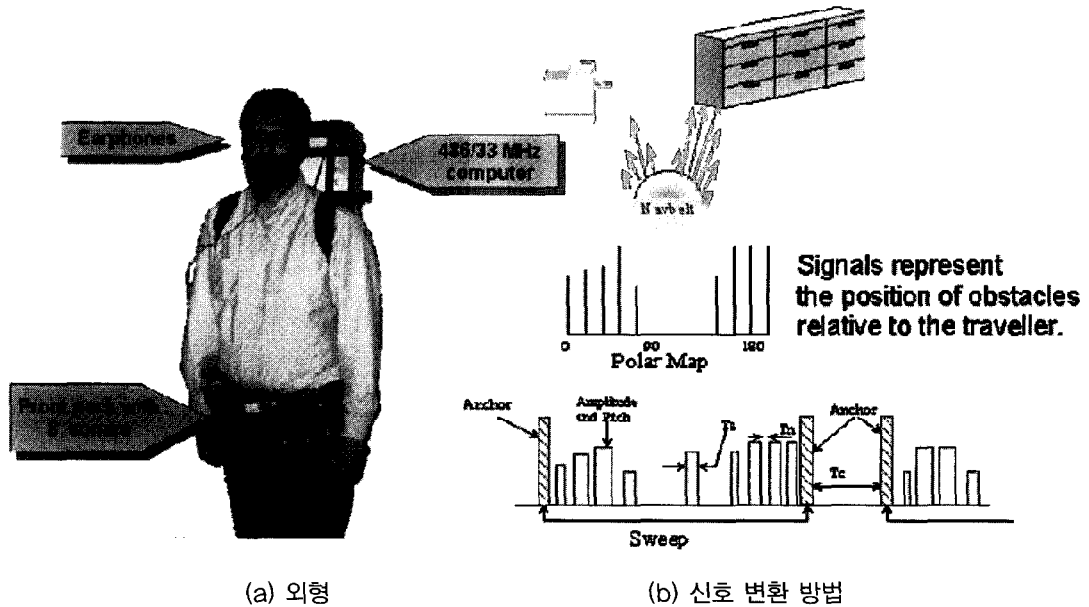
성능을 보조하는 착용형 ETA를 개발하였다. 개발한 NavBelt 시스템은 〈그림 3(a)〉에 나타난 바와 같이 8개의 수신발신 일체형의 초음파 센서들로 구성된 벨트와 신호 처리를 위한 웨어러블 컴퓨터, 그리고 스테레오 신호 출력을 위한 이어폰으로 구성되어 있다.

동작 방식은 8개의 초음파 센서에서 얻어지는 장애물에 대한 거리 정보를 적절한 스테레오 음향 정보로 가공하여 시각장애인에게 제공하는 것이다. 다음 사례에서도 살펴보겠지만 이와 같은 정보의 변환 장치에서는 시각 정보를 어떻게 효과적으로 소리정보(즉

〈표 2〉 선정한 웨어러블 컴퓨터의 AT 응용 사례들

제 목	연구그룹/회사	대 상	기 능	특 징
NavBelt ²⁵⁾	미시간 대학교 Borenstein 교수 연구실	시각장애인	초음파 센서를 사용하여 사용자 주변의 장애물 정보를 특정 소리 정보로 변환하여 시각장애인의 보행을 도움	연구
The vOICe ²⁶⁾	Dr. Peter B.L. Meijer	시각장애인	헬멧/안경에 부착된 카메라로 찍은 화상 정보를 기초로 특별한 포맷의 음성 정보로 변환하여 장애인에게 제공	상용화 전단계
수화통역기 ¹⁰⁾	조지아 공대 Starnier 교수 연구실 ²⁷⁾	청각장애인	헬멧/모자에 부착된 카메라를 이용하여 장애인의 수화를 해석하는 착용형 시스템	연구

25) <http://www-personal.engin.umich.edu/~johannb/navbelt.htm>26) <http://www.seeingwithsound.com/>27) <http://www.gvu.gatech.edu/ccg/>



〈그림 3〉 NavBelt 시스템

시각장애인의 청각기능 이용)로 변환하는가
가 가장 주요한 연구 과제이다.

NavBelt에서 사용한 방법은 〈그림 3(b)〉에
나타낸 바와 같이 8개 센서에서 얻어지는 사
용자의 전방 12개 방향(각 감지영역은 15° 크
기로 전체 180° 영역을 담당함. 실제 8개 센
서에서 12 방향의 거리 정보를 추출)에서의
장애물과의 거리 정보를 구한 후, 각 방향에
서의 거리에 반비례하는 음량(amplitude)으
로 그 방향에서 소리를 듣는 것처럼 좌/우 이
어폰의 신호를 조절(즉 가상 음향원 생성)하
는 방식으로 시각 정보를 음향 정보로 변환
한다. 이런 방식으로 일정한 시간 간격(약
0.5초)으로 12개 방향을 차례대로 들려주는
방식이다. 실제 시스템은 이미지 모드와 안
내모드 2가지 모드를 가지는데, 이미지 모드는
현재 위치에서 검출한 장애물과의 거리를
음향 이미지로 변환하여 들려주는 모드이고,

안내모드는 장애물이 없는 방향을 컴퓨터가
결정하여 그 방향만을 들려주는 모드이다.
연구팀은 이 2가지 모드에서 다양한 평가 실
험을 수행하여 안내모드에서는 일반적인 사
무 환경에서 1m/sec 정도의 보행 속도를, 이
미지모드에서는 0.3m/sec 정도의 보행 속도
가 가능함을 보였다.

The vOICe

이 시스템도 상기한 NavBelt와 동일한 아
이디어에서 출발하였다. 즉 시각 정보를 음
향 정보로 변환하여 시각장애인을 보조한다
는 것이다. 그러나 이 시스템은 NavBelt와는
달리 카메라를 이용하여 사용자 주변 환경에
대한 시각 정보를 얻는다는 점에서 NavBelt
보다 많은 정보를 처리할 수 있다는 장점이
있다. 〈그림 4(a)〉에 나타낸 바와 같이 시스
템의 외형 또한 초기에는 헬멧형으로 사용자
편의성 및 장애 사실의 은닉성 측면에서 부

족했으나 현재 선글래스 형태로 발전되어 이러한 문제점들도 많이 극복되었다. 실제 웨어러블 컴퓨터 분야에서도 단순한 사용자 편의성뿐만 아니라 이와 같이 사용자가 속한 사회에서 용인되는 형태 혹은 방식으로의 설계와 구현이 매우 중요한 연구 주제이며, AT 장치로의 활용에서는 더욱 중요한 평가 항목으로 판단된다.

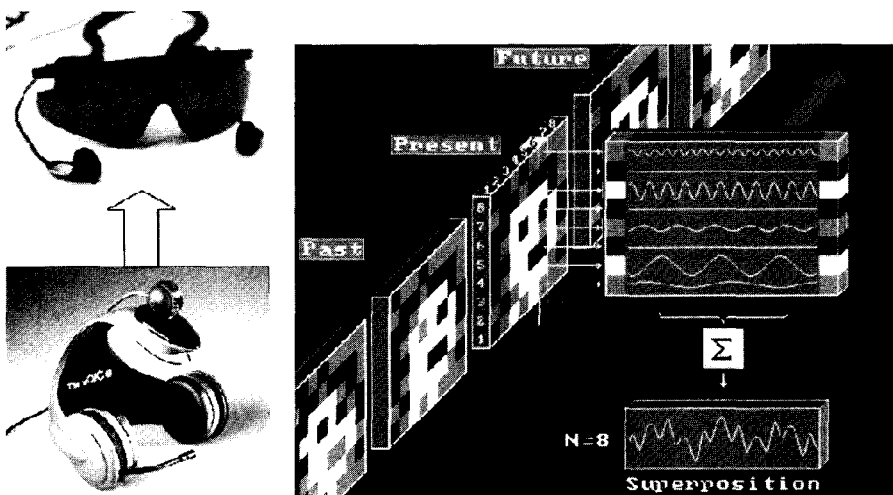
가장 핵심 아이디어인 영상 신호의 변환 방법은 NavBelt에 비해서는 다소 복잡하다. <그림 4(b)>에 나타낸 것처럼 카메라에서 얻어진 흑백 영상에 대해 수직방향으로 한 줄(그림에서 6번 줄)에 대해 각 픽셀의 밝기는 진폭으로, 그리고 픽셀의 위치에 따라 주파수를 배정(위는 고주파 아래는 저주파)하여 복수개의 신호를 만들고 이러한 신호들을 중첩하여 하나의 소리신호로 바꾼다. 그리고 이러한 소리 신호를 화면의 왼쪽에서 오른쪽으로 차례대로 변환하여 들려주는 방식이다. 실제 이렇게 만들어진 소리 신호를 통한 시

각 정보 인지는 직관성 측면에서 상기한 NavBelt보다 떨어지므로 이를 통해 시각 정보를 인지하기까지는 상당한 훈련을 필요로 한다.

선글래스 형태의 시스템에서도 신호 처리는 배낭에 들어있는 이동형 컴퓨터에서 수행되는 것으로 판단되나, 현재 기술 수준으로도 더 작고 가볍게 구현될 수 있으리라 생각되며 이를 통해 보다 이상적인 웨어러블 AT 장치가 될 것으로 기대된다.

수화 통역기(American Sign Language Translator)

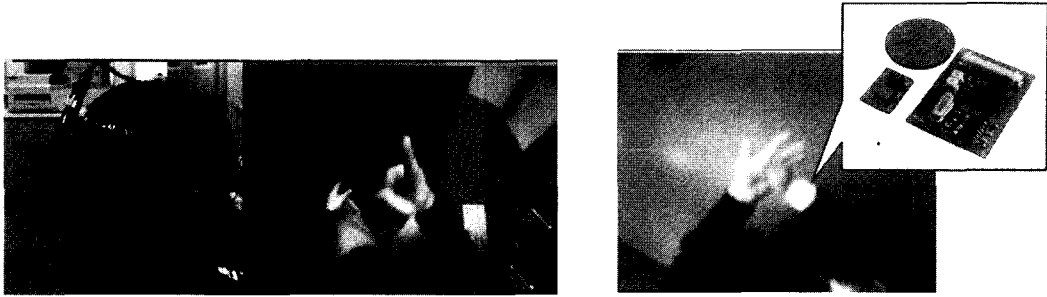
본 연구는 웨어러블 컴퓨터 분야의 핵심 연구자인 스타너 교수에 의해 시작된 것으로, 기존의 데이터 장갑을 이용한 수화 인식 시스템과 달리 사용자의 몸에 장착된 카메라를 이용하여 장애인이 행하는 수화를 인식하는 장치에 대한 것이다. 이 연구는 AT분야에서 주요한 카테고리에 속하는 증강 및 대치 통신 시스템(AAC: Augmentative and Alternative Communication) 장치에서 웨어



(a) 외형

(b) 신호 변환 방법

<그림 4> The vOICe 외형 및 신호 변환 방법



(a) 초기 인식 시스템

(b) 다중 센서 사용 시스템

〈그림 5〉 수화 인식 시스템

러블 컴퓨터가 어떻게 활용될 수 있으며 다른 이동형 PC에 비해 어떤 장점을 가지는지 잘 보여준다.

초기 시스템은 〈그림 5(a)〉와 같이 사용자의 모자에 장착된 카메라와 찍은 영상을 워크스테이션으로 보내는 웨어러블 비디오 전송 시스템, 주 알고리즘을 수행하는 워크스테이션으로 구성되어 있다. 수화 인식은 위에서 아래로 찍은 사용자의 양 손 화면을 영상 처리하여 특징을 추출하고 이에 기초한 은닉 마르코프 모델(Hidden Markov Model; HMM)을 이용하여 학습 및 분류하는 방식으로 이루어진다. 환경에 장착된 카메라와 사용자 모자에 장착된 카메라와의 인식 정확도를 비교하는 실험을 통해 착용형 카메라를 이용하는 시스템의 성능이 더 우수함을 보였다. 인식 결과는 규칙 기반 문법을 이용했을 경우 평균 약 98%의 좋은 성능을 보여주었다.

이에 대해 최근 연구^[10]는 다른 종류의 센서(가속도 센서)를 카메라와 동시에 사용하여 이미지 처리 시에 발생하는 여러 종류의 에러를 감소시키는 방법에 대한 것이다. 개발된 방법은 〈그림 5(b)〉에 나타난 바와 같이

초기 연구와 동일한 사용자 모자 부착 카메라와 함께 손목에 가속도 센서를 부착하여 두 종류의 센서 신호를 동시에 처리하여 수화를 인식하는 것이다. 실제 이러한 다중 센서의 사용을 통해 초기 시스템이 가졌던 문제점-고가의 카메라와 워크스테이션 사용에 따른 비싼 가격 및 이동형 불가능-들을 해결하였다. 즉 현재 시스템은 저가의 USB 카메라를 사용하고 상용화된 웨어러블 컴퓨터를 통해 인식 알고리즘을 수행하여 저가격 및 이동성을 실현하였다. 인식 성능도 비전 정보만을 이용할 경우 약 53% 인식률을 두 센서 동시 사용을 통해 94% 가까운 높은 성능을 얻을 수 있음을 보였다.

사례 비교

위에서 살펴본 3개 사례에 대해 이상적인 웨어러블 컴퓨터에 요구되는 특성들의 일부 항목을 이용하여 각 시스템의 특징을 비교하였다. 〈표 3〉에 나타난 바와 같이 선정한 평가 항목은 모두 4가지로 유용성 및 활용성 항목은 개발된 시스템이 원래의 목적에 얼마나 유용하게 사용되는지와 다른 용도에서의 활용 가능성에 대해 평가하였으며, 편의성 항목은 구조적으로 소형화에 한계가 있는지의 여부

〈표 3〉 사례 특성 비교표

사 례	유용성 및 활용성	요구되는 계산능력	편의성 소형화 가능성	사회적 용인성
NavBelt	원래 목적인 장애물 회피에만 적합 길 안내 능력 미흡	작음	복수개의 초음파 센서를 특정 위치에 장착 해야 하므로 소형화에 구조적으로 한계를 가짐	×
vOIce	NavBelt보다 복잡한 시각정보 변환 가능	보통	선글래스에 내장될 가능성 높음	○
수화통역기	AAC로 활용될뿐더러 SMS 등의 통신기기의 입력 장치로도 활용 가능	많은 계산 성능 요구	아래를 보는 시야가 확보되어야 하므로 모자와 같은 보조물 반드시 필요함	△

로 판단하였다. 사회적 용인성은 일반적으로 장애 사실을 타인이 쉽게 알 수 있는지 여부로 판단하였다.

IV. 향후 전망

웨어러블 컴퓨터가 지향하는 목적인 개인의 인지 및 처리 능력의 지능적 강화(intelligent enhancement)와 지능적 증강(intelligent augmentation)은 여러 분야에서 활용될 것으로 예상되나, 의학 및 AT 분야에서의 활용은 최근 더욱 큰 관심과 함께 활발한 연구가 진행되고 있는 분야다. 일례로 웨어러블 컴퓨터의 항상성(언제나 사용자와 함께 하며 연속 동작함)은 24시간 사용자와 함께 하는 개인별 건강관리 시스템의 구현을 가능하게 하며, 특정 장애를 가지는 사람들에게는 이미 살펴본 바와 같이 여러 형태의 감각 능력의 증강 혹은 보완을 수행하는 AT 장치로의 활용 가능성을 높여준다. 이러한 AT 분야의 응용은 웨어러블 컴퓨터의 킬러 애플리케이션으로 간주될 만큼 기대를 모으고 있다. 현재도 일부 기능은 실사용에 큰 문제가 없을 정도로 개발되었으나 보다 편리하고 기능적 개선을 위해서는 (1) 초소형 플랫폼 기술, (2) 오감정보처리 기술, (3) 체계적

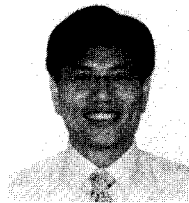
인 성능 평가 기술 부분의 연구가 필요할 것으로 전망된다.

웨어러블 컴퓨터는 개인화, 지능화, 네트워크화된 미래의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 각 개인의 인지능력 및 처리능력을 확장시키는 좋은 도구가 될 수 있다. 휴대폰의 급속한 보급과 사용에 따라 현재도 이미 외형 및 기능은 다르지만 웨어러블 컴퓨터를 사용하고 있다고 생각할 수 있으나, 기술의 발전은 분명 이러한 단말기의 모습과 기능을 혁신적으로 변경할 것이다. 이와 같은 변화에 대비하기 위해 선진국들은 컴퓨터 및 전자공학뿐만 아니라 인지과학, 사회과학, 의학 등의 관련 학문과의 학제적 연구를 통해 요소 기술의 발굴 및 확보에 열심이며, 향후 더 큰 역량을 쏟을 전망이다. 이에 우리나라도 요소기술 및 국내 경쟁력 있는 분야들을 발굴 선택하고, 적절한 학제간 연계 방안을 마련하여 집중적인 연구, 개발을 수행해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Thad E. Starner, "Wearable Computing and Contextual Awareness", PhD Thesis, MIT, 1999.
- [2] 임창주, 한국과학기술정보연구원 해외교포 활용 활성화 과제 보고서, "착용형 컴퓨터 기술 연구 동향", 3월 2003.
- [3] Polly Huang, "Promoting Wearable Computing: A Survey and Future Agenda", Technical Report TIK-Nr95, Swiss Federal Institute of Technology, Sep., 2000. (citeseer.ist.psu.edu/454762.html)
- [4] D.K. Roy, N. Sawhney, C. Schmandt, and A. Pentland, "Wearable audio computing: A survey of interaction techniques", Technical Report, April 1997 (<http://web.media.mit.edu/~dkroy/publications.html>)
- [5] G. Chen and D. Kotz, "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research", Dartmouth Computer Science Tech. Report TR2000-381, 2000.
- [6] T.G. Zimmerman, "Personal area networks: near-field intrabody communication", IBM System Journal, 35(3&4), 1996. (<http://www.media.mit.edu/phsics/projects/pan/pan.html>)
- [7] T. von Büren, P. Lukowicz, and G. Tröster, "Kinetic Energy Powered Computing - an Experimental Feasibility Study", *The 7th Inter'l Symposium on Wearable Computers* (ISWC03), Oct. 2003.
- [8] D. P. Bryant and B. R. Bryant, *Assistive Technology for people with disabilities*, Pearson Edu. Inc, 2003
- [9] A. M. Cook, S. M. Hussey, *Assistive Technologies: Principles and Practice*, 2nd Ed., Mosby, 2002.
- [10] Helene Brashear, Thad Starner, Paul Lukowicz and Holger Junker, "Using Multiple Sensors for Mobile Sign Language Recognition", *The 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers* (ISWC03), October 2003.

저자소개



이 선 우

1996년 9월 - 2000년 1월: 삼성전자(주) 생활시스템 연구소 선임 연구원
 2000년 3월 - 2002년 2월: 일본 ATR Media Information Lab. 연구원
 2002년 3월 - 현재: 한림대학교 정보통신공학부 조교수
 주관심 분야 Ubiquitous computing, Wearable computing, Context-Aware computing, Real-time embedded system, Pattern recognition in sensor signal