특집

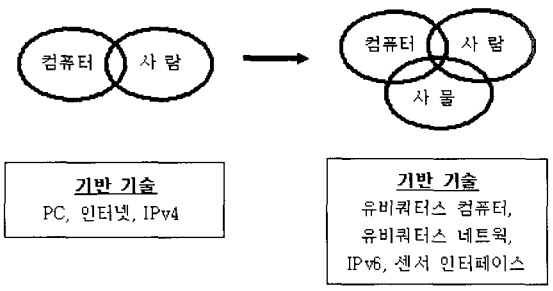
개인 통신 네트웍(Personal Area Network)

이 귀 로[1] 최 필 순[2]

목 차

1. 서 론
2. 무선 개인 통신 네트웍(WPAN)
3. MICROS 개발 사례
4. 응용 분야
5. 결 론

1. 서 론



(그림 1) 유비쿼터스 컴퓨팅 개념도

컴퓨터와 컴퓨터, 사람과 컴퓨터 사이의 네트워킹을 넘어 사람, 사물, 컴퓨터가 각각 독립적인 IP를 갖고 연동되는 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대를 맞이하고 있다(그림 1). 머지않은 미래에는 컴퓨터를 비롯한 우리 주변의 모든 사물들이 인간의 삶을 편리하게 해 주는 단순한 '도구'의 차원을 넘어, 인류의 삶의 질 향상을 위해 없어서는 안 될 '환경'이 될 것이다. 특히 다양한 기술 분야들 사이의 급격한 컨버전스가 이루어지고 있는 시대에, 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅은 언제, 어디서나, 어떠한 정보라도 편리하게 전송 및 처리가 가능하다는 점에서 미래의 핵심 기반 기술로 자리매김해 나가고 있다.

무수히 많은 사람, 사물들 간의 유비쿼터스 컴퓨팅이 가능하기 위해서는 (그림 1)에 나타난 것과 같은 여러 가지 기반 기술이 요구되지만, 그 중에서도 특히 주변에 널리 퍼져 있으면서, 동시에 IP 기반의 네트웍 기능을 갖는 근거리 무선 통신용 라디오가 기본적으로 요구된다. 현재 무선랜을 이용하여 실내 개인용 컴퓨터 간, 그리고 주변기기 간의 무선 네트웍을 구성해 나가고 있지만, 이는 단지 컴퓨터들 사이의 연결을 의미할 뿐이며, 여타 근거리 무선 통신용 기기들은 IP를 기반으로 하지 않기 때문에 소규모의 국부적 네트웍에 한정될 수밖에 없다. 따라서 유비쿼터스 네트웍 환경을 위한 통신 기기는 독립적인 IP를 갖고 기존의 네트웍에 연결이 가능해야 하며, 기존에 비해 크기가 매우 작아서 어떠한 사물에도 부착할 수 있어야 한다. 또한 주변의 모든 사물에 부착되어 널리 사용될 수 있기 위해서는 가격이 매우 싸야 하고, 적어도 1년 이상의 배터리 사용을 위해 전력

1) 미세 정보시스템 연구센터 소장
2) 한국과학기술원 전기 및 전자공학 박사과정

소모를 획기적으로 줄여야 할 필요가 있다.

근거리에서 많은 개체들 사이의 통신이 이루어지는 개인 통신 네트웍을 논함에 있어서, 유선 통신을 이야기하는 것은 상식적으로 옳지 않을 것이다. 따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 시대의 근거리 통신방법으로 주목을 받고 있는 무선 개인 통신 네트웍 (Wireless Personal Area Network, WPAN) 기술에 대하여 살펴 보고자 한다. 2장에서는 개인 통신 네트웍을 위한 라디오의 개발 및 표준화 동향에 대해 살펴 보고, 3장에서는 KAIST의 MICROS 연구센터에서 지난 6여 년 간 연구개발한 라디오에 대하여 기술하며, 4장에서는 이러한 라디오로부터 창출되는 개인 통신 네트웍의 응용범위 및 시장 규모에 대하여 언급한 후, 5장에서 결론을 내리도록 하겠다.

2. 무선 개인 통신 네트웍(Wireless PAN)

〈표 1〉 IEEE의 근거리 무선 통신 표준 제정 현황

IEEE WPAN TG	표 준	데이터율	비 고
IEEE 802.15.1	Bluetooth	〉1Mbps	Bluetooth SIG
IEEE 802.15.2	Coexistence	·	·
IEEE 802.15.3	WPAN-HR	20Mbps 이상	UWB
IEEE 802.15.4	WPAN-LR	250kbps 이하	ZigBee Alliance

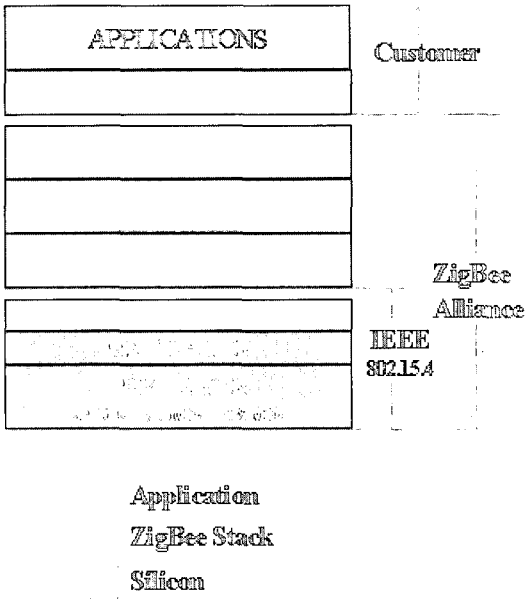
IEEE802.15 워킹 그룹에서는 2000년부터 무선 개인 통신 네트웍(WPAN)에 대한 표준을 제정해 나가고 있다. TG(Task Group)1에서는 1998년부터 SIG(Special Interest Group)가 구성된 Bluetooth를, TG2에서는 공존 문제를, TG3에서는 고속 데이터 통신을, TG4에서는 저속 데이터 통신에 대한 표준을 각각 다루고 있다. 〈표 1〉에 802.15 워킹 그룹의 각 TG별 내용을 요약하였다.

Bluetooth SIG는 1998년에 1Mbps 전송율로 표준을 정하고, IEEE에 의해 2000년을 전후해서 개인 통신 네트웍의 라디오 기술로서 세계적인 주목을 받았으나, 현재까지 $5 이하의 가격대를 실현하지 못함으로 인하여 시장 규모가 기대에 현저하게 못 미치는 수준에 머물고 있다. 근래에는 10Mbps 이상의 Bluetooth 표준을 제정하여 재기를 노리고 있으나, 이 역시 WLAN과의 경계가 모호해 짐으로 인하여 전환점을 마련하지 못하여 그 전망은 그리 밝다고 볼 수 없다. TG3의 경우는 멀티미디어 등 고속 데이터용으로 표준화가 진행되어 왔지만 이 또한 OFDM을 이용한 WLAN인 802.11a과 최근에 등장한 802.11g와의 한판 승부를 피할 수 없게 되었다. 이에 최근 FCC의 허락을 받아 UWB(Ultra Wide Band) 기술을 포함함으로써, WLAN에 비하여 저가격 구현 가능성을 계속 남겨 놓고 있다[1]. 그러나 이제 표준 제정을 위한 초안이 완성된 상태이고, 구현을 위해 극복해야 할 기술적인 과제 또한 남아 있으므로 추후 몇 년 후에나 시장이 형성될 전망이다. 4장에서 다시 살펴보겠지만, 근거리 개인 통신 네트웍의 대부분은 센서, 제어 등 간단한 데이터 전송을 요구하는 경우가 많고, 유비쿼터스 컴퓨팅을 위해서는 값싸고 작은 라디오가 모든 개체 간 통신을 주도하므로, 이미 개발을 완료하고 시장 진입 단계에 들어간 TG4의 저속 데이터 통신용 라디오 (WPAN-LR)이 유비쿼터스 시대를 열 핵심 기술이라 할 수 있다.

IEEE 802.15의 WPAN을 위한 워크 그룹에서는 2000년도부터 TG4를 통해 이러한 용도에 부합하는 라디오의 표준을 제정하여 왔으며, 2003년 4월, 그 표준안을 완성하였다[2]. 또한 2002년에는 이러한 기술이 창출할 시장의 가능성을 확신한 기업들을 중심으로 ZigBee라는 이름의 국제적인 동맹이 결성되어 현재 라디오 및 시스템 관련 제품의 개발과 시장 창출을 위해 치열한 협력과 경쟁을 벌이고 있다[3].

IEEE 802.15.4는 홈 네트워크, 무선 장난감, 무

선 검침, 산업체에서 필요한 근거리 무선 네트워크 등을 그 응용분야로 하는 라디오의 표준을 제정한다. (그림 2)에서 보는 바와 같이 IEEE 표준은 프로토콜 스택에서 주로 PHY와 MAC에 대해 정의하고 있으며, PHY는 2.4GHz 대역과 868MHz/915MHz의 두 개 대역으로 나뉘어 따로 정의되고 있다. 나머지 상위 계층은 ZigBee Alliance를 통해 논의되고 있는 부분이 되며, 이러한 모든 프로토콜 스택을 지원할 경우 요구되는 메모리는 32kbit 이하로 매우 단순화 되어 있다.



(그림 2) 프로토콜 스택

IEEE 802.15.4의 개인 통신 네트웍용 라디오는 낮은 데이터 전송 속도를 통해 작고, 값싸며, 오래 쓸 수 있는 라디오에 적합하도록 표준을 제정함으로써 근거리에서 모든 사물 간의 네트웍화가 가능하도록 하였다. 〈표 2〉에 IEEE 802.15.4 PHY와 MAC 계층에 대한 사양을 정리하였다. 이러한 라디오는 duty cycle이 매우 낮은 응용분야에 대해서 2년까지 사용 기간을 늘릴 수 있으며, $1 내외의 가격으로 보급되어 가정 및 산업 곳곳에 매우 광범위하게 응용될 수 있을 것이다. MAC에서는 싸고, 간단한 라디오의 데이터 송수신 신뢰도를 높임과 동시에, 이러한 라디오가 어떠한 기기에도 쉽게 장착되어 무선 네트웍을 구성할 수 있도록 하는 데에 초점이 맞추어져 있다.

〈표 2〉 IEEE 802.15.4 PHY/MAC 표준

	868MHz/915MHz	2.4GHz
채널 수	11 채널 (0~10)	16 채널 (11~26)
채널 대역폭	2MHz	5MHz
전송 속도	40kbps, 20kbps	250kbps
데이터 변조	BPSK	16-ary orthogonal
칩 변조	BPSK (0.6Mcps, 0.3Mcps)	OQPSK (2.0Mcps)
송신기 출력 전력	〉-3dBm	
최소 수신 전력	-85dBm	
토폴로지	Star and Peer-to-peer	
프레임 구조	Optional frame structure	
채널 접속	CSMA-CA	
신뢰성	Handshake generation	
기타	Guaranteed time slots	

3. MICROS 개발 사례

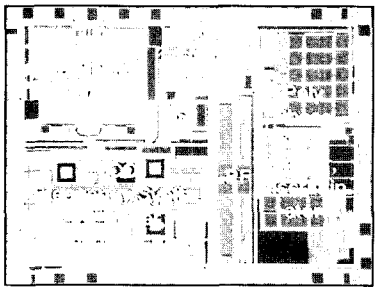
MICROS(Micro Information Communication Object-oriented System)는 동전만한 크기의 저가, 극소전력 소모 디지털 라디오로서 1996년 KAIST 전자전산학과 교수님들을 주축으로 제안되었고, 1997년 한국과학재단 지정 우수 연구센터로 지정되었다[4]. MICROS 연구센터에서는 지난 2년 간 0.18um CMOS 공정을 이용하여 세계 최초로 IEEE 802.15.4의 예비 표준을 만족시키는 라디오를 개발하여[5] 국내외적으로 주목을 받고 있으며, 현재 유비쿼터스 컴퓨팅의 요소 기술로서의 라디오 연구를 지속적으로 진행해 나가고 있다.

(그림 3)과 (그림 4)는 각각 설계된 2.4GHz 대역의 RF 칩 및 디지털 칩의 사진과 이를 통해 구

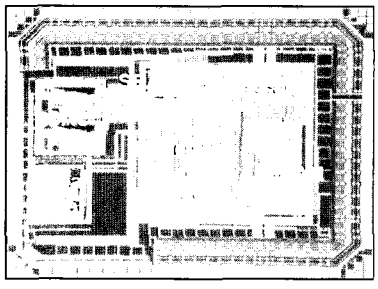
현된 최종 라디오의 모습을 보여 주고 있으며, 〈표 3〉에 그 특징 및 성능을 요약하였다.

〈표 3〉 2002년에 개발된 MICROS 라디오의 특징 및 성능

	MICROS (2.4GHz)	
채널 수	8 채널	
채널 대역폭	3MHz	
전송 속도	200kbps 이내 (가변)	
데이터 변조	~OQPSK(uplink), ~CPFSK(downlink)	
칩 변조	Precoded GMSK(uplink), GMSK(downlink)	
송신기 출력 전력	0dBm	
최소 수신 전력	-82dBm	
토폴로지	Star	
채널 접속	Simplified CSMA-CA	
신뢰성	Handshake generation (programmable)	
기타	Periodic sleep (programmable duty)	
전력 소모 (1.8V Vdd)	수신기	18mW
	송신기	9mW
	주파수 합성기	12mW
	디지털 모뎀/MCU	0.5mW (4.4MHz clock)

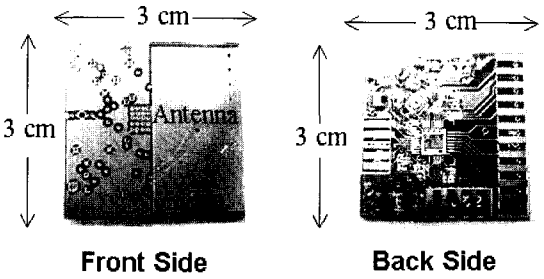


(a) 2.4GHz RF 송수신기 (3.5x2.5mm²)



(b) 디지털 모뎀 / MCU / DSP (3.4x2.4mm²)

(그림 3) 2002년에 개발된 MICROS 칩 사진



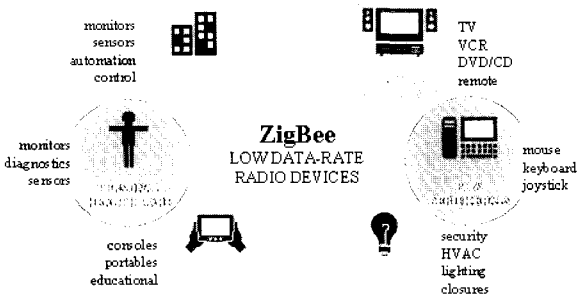
(그림 4) 최종 구현된 MICROS 라디오 시스템

위의 표에서 보는 바와 같이 MICROS는 IEEE 802.15.4의 예비 표준에서 정한 사양을 만족시키며 동시에 동전만한 크기의 저가 라디오 개발 가능성을 보여 주었다. 특히 외부 소자의 수를 줄이기 위해 칩의 집적도를 높임으로써 라디오를 동전만한 크기로 구현할 수 있었고, 안테나와 외부 수동 소자 또한 인쇄회로기판(PCB) 상에 구현함으로써 라디오 제작 원가를 $1 대로 낮출 수 있는 가능성을 제시하였다. 또한 고주파 회로의 새로운 설계 방식을 도입하여 높은 선형성을 유지하면서 전력 소모 또한 획기적으로 줄임으로써 배터리의 사용 기간을 1년 이상으로 늘릴 수 있게 되었다. 고주파 회로의 불완전성은 디지털 기술을 활용한 보정을 통해 해결하였고, 되도록 프로그램이 가능하도록 하드웨어를 설계함으로써 유비쿼터스 시대를 여는 핵심적인 라디오 기술을 실현하였다.

4. 응용 분야

IEEE 802.15.4(ZigBee)는 (그림 5)에서 보이는 것과 같이 우리 주변에 있는 모든 기기 간의 근거리 접속을 그 응용으로 한다. 홈 네트워킹, 산업 기기의 자동화 및 원격 제어에서 방범과 오락 기능, 인간의 건강 진단에 이르기까지 그 범위는 우리의 삶 모든 곳에 해당될 만큼 광범위하다. 따라서 앞에서 언급된 라디오 간의 상호 운영(interoperability) 및 안보(security) 문제가 앞

으로 해결해 나가야 할 부분이라 할 수 있다.



(그림 5) IEEE 802.15.4 / ZigBee 응용 사례

현재 필립스, 모토롤라, 미쯔비시 등을 비롯한 세계 유수의 기업들이 ZigBee 라디오 및 그 응용상품의 개발에 열중하고 있으며, 머지않은 미래에 (그림 5)에서 보인 응용 사례들을 통해 유비쿼터스 컴퓨팅 시대를 여는 도화선이 될 것으로 보인다. 저속 데이터 통신용 WPAN 라디오의 시장은, 가격이 싼 대신 다양한 응용 분야에 폭넓게 사용되므로, 시장에서 요구되는 라디오의 개수는 기하급수적으로 증가하게 되고, 이에 대한 총 시장 규모는 WLAN 및 여타 통신 시스템의 시장 규모보다도 클 것으로 예상된다.

5. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 머지않아 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대가 열릴 것이란 확신에 찬 기대 속에 세계 곳곳에서 이를 위한 기술의 개발과 표준화 작업에 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 소형, 저가, 극소전력의 라디오 기술은 실질적인 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현하는 데에 없어서는 안 될 핵심 기술로서, 본 논문에서는 WPAN을 중심으로 유비쿼터스 라디오 기술 및 개발 동향에 관하여 살펴보았다. 특히 저속 WPAN으로서 IEEE 802.15.4 / ZigBee에서 다루고 있는 라디오의 표준화 내용과, 이를 CMOS 공정을 이용하여 세계 최초로 구현한 KAIST의 MICROS 연구센터 개발 내용에 대하여 기술하였고, 그 응용 사례에 대해서도 살펴보았다.

국내에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 산업을 차세대 성장 동력 엔진으로 육성하려는 움직임이 있으나, 아직 이에 부응하는 라디오 개발 기술 및 이를 이용한 시스템 구현 기술은 턱없이 부족한 실정이다. 따라서 앞서 언급한 외국 업체들의 빠른 시장 진입 노력에 발맞추고, 국제적으로 기술적인 우위를 선점하기 위해서는 국내에서도 WPAN 라디오의 개발과 기술의 상업화에 더욱 박차를 가해야 할 것이다.

참고문헌

[1] IEEE 802-15-WG_Ultra-Wideband-Tutorial(doc.: IEEE 802.15-02/133rl), Mar. 2002.

[2] http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html

[3] http://www.zigbee.org

[4] http://micros.kaist.ac.kr

[5] Pilsoon Choi, et al., "An Experimental Coin-sized Radio for Extremely Low-power WPAN(IEEE802.15.4) Application at 2.4GHz", International Solid-State Circuit Conference, San Francisco, CA, 2003, pp. 92-93.

저자 약력

이 귀 로

1976년 서울대학교 전자공학 학사
1981년 Univ. of Minnesota 전기공학 석사
1983년 Univ. of Minnesota 전기공학 박사
1983년~1986년 금성 반도체(주) 기술부장
1986년 -현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수
1994년~1995년 정보통신 연구관리단 반도체 관리위원
1993년~1996년 차세대 반도체 연구개발 사업단 위원
1997년 -현재 미세 정보시스템 연구센터 소장
1999년 LG 반도체 사외이사
1998년~2000년 KAIST 연구처 및 발전협력처 처장
이 메 일 : krlee@ee.kaist.ac.kr

최 필 순

1998년 한국과학기술원 전기 및 전자공학 학사
2000년 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사
2000년 -현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학 박사과정
이 메 일 : pilsoon.choi@kaist.ac.kr