USN을 위한 이동 멀티미디어 통신 시스템의 성능 분석

우병훈* , 백승선* , 강희조**

* 전주공업대학 정보통신과
** 목원대학교 컴퓨터·멀티미디어공학과

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 유비쿼터스 컴퓨팅
Ⅲ. 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 통신 시스템
Ⅳ. 근거리 무선통신 환경
Ⅴ. 근거리 통신시스템의 성능 분석
Ⅵ. 결 론

Ⅰ. 서 론

마크 와이저와 그의 동료들은 '우리가 사용하는 컴퓨터가 왜 이리 사용하기도 힘들고 어려운가?'라는 의문에서 출발하여 '미래의 컴퓨터는 우리들이 컴퓨터의 존재를 의식하지 않은 형태로 생활 속에 파고들게 되며, 하나의 방에 수백 개의 컴퓨터가 자리 잡고, 컴퓨터들이 유선 네트워크와 양방향 무선 네트워크로 상호 접속될 것'으로 예견하였다[1]. 이것은 우리의 눈에는 보이지 않지만 분산되어 있는 수많은 컴퓨터들이 서로 연결되어 사람이 컴퓨터들을 의식하지 않고도 자연스럽게 컴퓨팅 기술을 이용할 수 있는 환경이 도래한다고 주장하면서 이러한 환경을 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)'혹은 'calm technology'로 부르면서 컴퓨팅의 '제3의 물결'이라고 보았다[1],[2].

유비쿼터스 컴퓨팅이란 어디에 있어도, 아무런 제약 없이 컴퓨터나 네트워크의 존재를 의식하지 않고 누구나, 어떠한 단말기든지 이용할 수 있는 지식 정보사회의 성숙국면이라고 할 수 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅의 기본이 되는 컴퓨터는 소형 단추 정도의 칩에 마이크로 프로세서, 메모리, 안테나, 센서, 통신제어 회로, 암호회로 등이 들어있고 그것이 기기 속에 이식되어 제품을 제어하게 된다. 이러한 칩이 모든 기기, 부품 그리고 소비재에 이르기까지 ID를 붙여서 네트워크화 될 수 있고, 사회 시스템으로 작동되면 유비쿼터스 사회가 도래하게 되는 것이다[3].

앞으로 다가올 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위하여 근거리 무선 통신 시스템에 대한 종합적인 이해와 성능 분석에 대한 연구가 필요하며 유비쿼터스 컴퓨팅에 적합한 시스템의 제안이 필요하게 되었다. 무선 LAN으로 대변되는 근거리 무선통신은 현재 홈 네트워킹 전송 기술 방식으로 전화선, 전력선 등 유선을 활용하는 방법과 Wireless LAN, HomeRF, 블루투스, IrDA 등과 같이 무선을 활용하는 방법으로 여러 단체에서 표준화가 추진되고 있다[4].

Ⅱ. 유비쿼터스 컴퓨팅

유비쿼터스란 단어의 어원은 라틴어에서 유래된 것으로 '언제, 어디서나, 도처에 존재한다'라는 뜻을 가지고 있다. 일반적으로 도처에 편재(偏在)해 있는 물과 공기와 같이 자연물을 말할 때 사용되고, 종교적으로는 언제, 어디서나 시간과 공간을 초월하여 존재한다는 무소부재(無所不在)를

의미할 때 사용되는 말이다. 유비쿼터스란 용어를 컴퓨터 분야에서 처음 사용한 사람은 미국 제록스(Xerox)사, PARC (Palo Alto Research Center)의 마크 와이저(Mark Weiser) 박사로서, 그는 유비쿼터스 컴퓨팅의 원전이라고 불리는 '21세기를 위한 컴퓨터(The Computer for the 21st Century)'라는 논문을 미국의 대표적 과학저널의 하나인 'Scientific American', 1991년 9월호에 게재했다[5].

많은 사람이 한 대의 대형 컴퓨터를 공유하던 메인 프레임 시대에서, 1980년대부터 시작된 퍼스널 컴퓨터 시대와 광역 분산 컴퓨팅을 제공하는 인터넷 시대를 거쳐 개개인이 주변에 편재되어 있는 여러 컴퓨터를 사용하는 유비쿼터스 컴퓨팅 시대가 다가오고 있으며, 2005년에서 2020년 사이에 일반화 될 것이라고 예측하고 있다[1],[6].

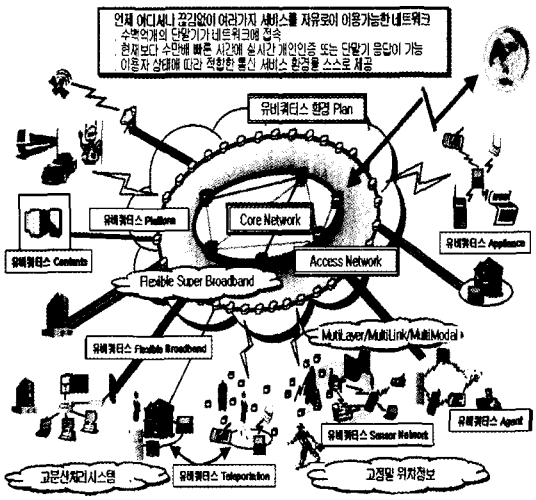


그림. 1 Ubiquitous Network

그림. 1은 2010년의 유비쿼터스 네트워크의 전체 모습을 나타내었다.

기술이 발전하면서 유비쿼터스 컴퓨팅의 단어는 여러 방면에 사용되어 온 동시에 의미도 조금씩 변하여 왔다. 최근 휴대전화가 폭발적으로 보급되면서 위의 둘째 방법도 포함이 되어 유비쿼터스 컴퓨팅의 의미를 크게 확장시켰다. 이 의미는 휴대전화를 시작으로 모바일 단말에 컴퓨터 칩을 내장하면 어디서나 컴퓨터를 사용할 수 있게 되어 유비쿼터스가 실현된다고 볼 수 있는 것이다. 그래서 요즘은 마크 와이저가 당초 제창한 유비쿼터스 컴퓨팅의 의미가 변하여 휴대전화, 가전, AV기기 등 우리 주위의 다양한 기기를 컴퓨터로 제어하고 네트워크에 연결하는 기술로 통용되고 있다.

한편 마크 와이저는 다음과 같은 유비쿼터스 컴퓨팅의 특징을 언급하였다[7],[8].

첫째, 네트워크에 연결되지 않은 컴퓨터는 유비쿼터스 컴퓨팅이 아니다.
둘째, 인간화된 인터페이스 'calm technology'로서 눈에 보이지 않아야(invisible) 한다.
셋째, 가상공간이 아닌 현실 세계의 어디서나 컴퓨터의 사용이 가능해야 한다.
넷째, 사용자 상황(장소, ID, 장치, 시간, 명암, 날씨 등)에 따라 서비스가 변해야 한다.

III. 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 통신 시스템

유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 통신 시스템은 아직 구체화되어 있지 않지만 현재까지 알려진 근거리 무선통신 시스템이 근간을 이룰 것으로 예상된다. 상용화 되었거나 상용화가 준비 중인 근거리 무선통신 시스템은 초광대역 통신(UWB : Ultra Wideband Impulse Radio 이하 UWB), 무선 LAN, 무선 홈 네트워크 등이 있으며 그림. 2는 근거리 무선 통신 시스템별 전송률을 나타내었다[9].

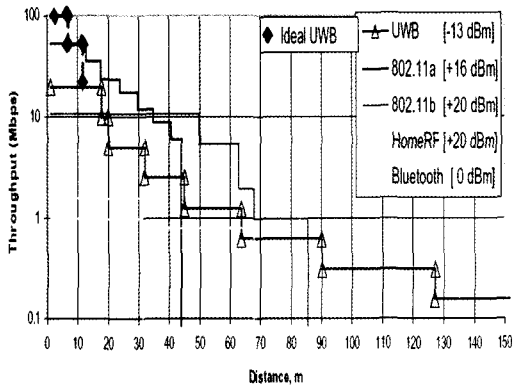


그림. 2 Comparison of bit rate according to wireless communication systems

3.1 초광대역 통신 방식

UWB 통신 방식은 펄스의 폭이 매우 좁기 때문에 0 Hz ~ 수 GHz 이상의 매우 넓은 주파수 스펙트럼 특성을 갖게 되며, 기저대역 잡음과 같은 매우 낮은 전력 스펙트럼을 형성하므로 기존의 협대역 및 3세대 셀룰러 기술로 대표되는 광대역 시스템과 상호 간섭 영향 없이 주파수를 공유하여 사용할 수 있어 주파수의 제약 없이 사용 가능한 기술이다[10]. 그림. 3은 협대역 통신 시스템, 광대역 시스템과 UWB 스펙트럼을 비교한 것이다.

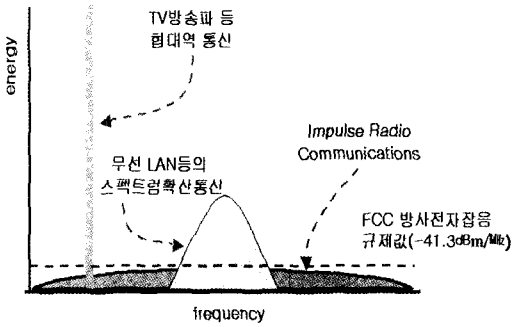


그림. 3 Comparison of spectrum with narrowband, wideband system and UWB

UWB 통신 방식은 주로 미국에서 군사적인 목적으로 처음 개발되었으나 1994년 이후 UWB 통신 방식에 대한 많은 부분이 군사 보안에서 해제됨으로써 Time Domain, Multispectral Solution, Xtreme Spectrum, AetherWire & Location, Intel, Sony 등 외국의 여러 업체들에서 이 기술의 상업화를 위한 개발에 박차를 가하고 있다. 지난 2002년 2월 14일에는 미국 FCC에서 제한적이지만 UWB 통신 방식에 대하여 상업적 이용을 허용하는 UWB 1st Report & Order를 채택함으로써 새로운 차세대 무선 기술로 급부상하고 있다.

UWB 통신 시스템은 아주 짧은 펄스파에 정보를 실어 안테나를 직접 구동하여 정보를 송·수신한다. 그 결과 중간 주파수 증폭기와 믹서를 사용하지 않으므로 구성요소가 적어 회로가 간단하다. 한 개의 펄스에 1 bit 데이터 전송이 가능하여 고속 데이터 전송을 할 수 있다. 효과적인 방사를 위해 직류 성분이 제거된 매우 짧은 주기의 모노사이클 펄스(monocycle pulse)를 주로 사용하며 현재 고려되는 변조 방식으로는 OOK, PAM, PSM, Biphase 및 PPM 등이 있다[11]. UWB 시스템 신호의 펄스 예는 그림. 4와 같다.

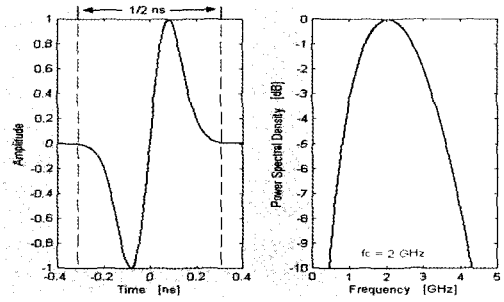


그림. 4 Signal type in case of f_c=2 GHz

3.2 무선 홈 네트워킹 기술

홈 네트워크란 가정내의 모든 기기, 즉 컴퓨터 관련 기기, A/V 기기, 홈 오토메이션을 위한 제어나 보안기기, 오락기기 등을 가정 내의 통신망으로 묶어서 정보를 공유하고 제어하는 시스템을 말한다. 그러나 가정 내의 홈 네트워크 개발이 최근에 시작된 것은 아니다. 이미 전력선을 이용하여 저속의 데이터 통신을 하여 가정내의 각종 전기 기구를 제어하는 홈 오토메이션 기술은 오래 전부터 연구되어 실용화 되어져 왔다[12].

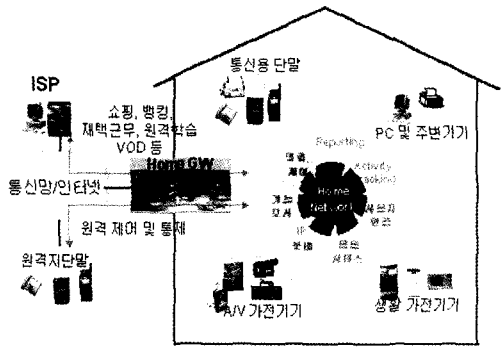


그림. 5 Concept of home network service

현재 홈 네트워킹 전송 기술 방식으로 전화선, 전력선 등 유선을 활용하는 방법과 무선을 활용

하는 방법으로 여러 단체에서 표준화가 추진되고 있다. 유선 형태의 대표적인 것은 기존 전화선을 이용하는 HomePNA, IEEE 1394, USB, 전력선 등이 있으며 무선 형태는 Wireless LAN, HomeRF, 블루투스, IrDA가 있다[13-15].

3.3 무선 LAN

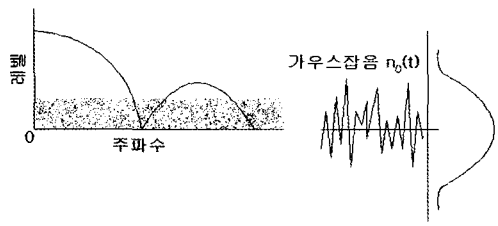
무선 LAN이란 유선 LAN의 허브에 해당하는 AP(Access Point) 장치를 사용하여 무선 LAN card를 장착한 PDA, 헨드폰, Notebook PC, Desktop PC 등과 같은 단말에 무선 구간으로 LAN 서비스를 제공하는 네트워크 환경으로 기존의 Ethernet 시스템에서 Hub와 사용자 단말 사이의 유선구간을 AP와 무선 LAN card와 같은 NIC(Network Interface Card) 사이를 무선 구간으로 대체한 시스템이라 할 수 있다[16].

무선 LAN은 현재 가장 널리 이용되고 있는 IEEE802.11b 규격의 제품 외에도 5 GHz 대역을 이용한 IEEE 802.11a 규격의 칩셋과 NIC/AP가 출시되고 있다. 또한 2.4 GHz 대역에서 최대 54 Mbps의 전송율을 제공하는 IEEE 802.11g의 경우 조만간 표준화가 완료될 예정이다. IEEE 802.11 WG에는 이외에도 QoS 강화를 위한 MAC 계층 규격 개선 작업을 수행중인 TGe(Task Group e), AP간 로밍을 지원하기 위해서 표준화된 프로토콜을 개발하는 TGf, 5 GHz 대역에서의 송신전력 제어(TPC : Transmitted Power Control) 및 동적 주파수 선택(DFS : Dynamic Frequency Selection)에 대한 표준화를 추진 중인 TGh, 보안 강화를 위한 MAC 규격 개선 작업을 수행중인 TGi 등이 활동하고 있다[17].

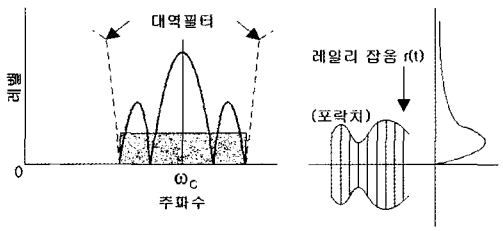
Ⅳ. 근거리 무선 통신 환경

4.1 AWGN 채널 모델

랜덤 잡음의 기본적 성질에 대해 알아보면 다음과 같다. 그림. 6(a)와 같이 0에서부터 일정하게 평탄한 스펙트럼을 갖는 잡음 $n_0(t)$의 순시 전압 분포는 가우스 분포가 된다. 한편 그림. 6(b)와 같이 어느 주파수 f_c를 중심으로 하는 대역필터를 통과한 협대역 잡음 $n(t)$는 주파수가 f_c인 반송파 베이스 밴드 잡음으로 진폭 변조한 파형이 되고 그 포락치 $r(t)$의 확률 분포는 레일리(Rayleigh) 분포에 따른다는 것이 알려져 있다[18],[19].



(a) Wideband noise $n_0(t)$



(b) Narrowband noise $n(t)$

그림. 6 Wideband noise and narrowband noise

$n(t)$를 단위 진폭 반송파 f_c에 대한 동상 성분(in-phase component)과 직교 성분(quadrature component) 으로 나누어 표현하면,

$$n(t) = x(t)\cos(2\pi f_c t) - y(t)\sin(2\pi f_c t) \quad (1)$$

로 주어진다. 여기서 $x(t)$와 $y(t)$는 f_c의 변동에 비해 천천히 변화하는 함수로서 모두 평균치가 0인 가우스 분포에 따른다. 또 $n(t)$를 포락선과 순시 위상을 갖는 극좌표 형식으로 표현하면,

$$n(t) = r(t)\cos\{2\pi f_c t + \phi(t)\} \quad (2)$$

$$r(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \quad (3)$$

$$\phi(t) = \tan^{-1}\frac{y(t)}{x(t)} \quad (4)$$

가 된다. 여기서 $r(t)$는 위에서 설명했듯이 레일리 분포에 따르며 $\phi(t)$는 $[0 \sim 2\pi]$ 구간에서 일양 (uniform) 분포한다. 또 잡음의 전력을 ${\sigma_G}^2$이라고 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\sigma_G^2 = \overline{n^2(t)} = \overline{y^2(t)} = \frac{1}{2}\overline{r^2(t)} \quad (5)$$

그리고 $r(t)$, $\phi(t)$, $x(t)$, $y(t)$에 대한 확률밀도함수는 각각 다음과 같이 나타내진다.

$$p_G(r) = \frac{r}{{\sigma_G}^2}\exp\left(-\frac{r^2}{{\sigma_G}^2}\right), \qquad r \geq 0 \quad (6)$$

$$p_G(\phi) = \frac{1}{2\pi}, \qquad 0 \leq \phi < 0 \quad (7)$$

$$p_G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\,{\sigma_G}^2}}\exp\left(-\frac{x^2}{2\,{\sigma_G}^2}\right) \quad (8)$$

$$p_G(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\,{\sigma_G}^2}}\exp\left(-\frac{y^2}{2\,{\sigma_G}^2}\right) \quad (9)$$

4.2 실내 무선 채널 모델

실내 이동 통신 환경에서 채널은 가구나 내부 구조의 표면에 의해 산란되거나 회절이 발생하여 송수신기 사이에 수많은 경로가 존재하는 다중경로(multipath propagation) 현상이 나타난다. 수신신호가 넓게 퍼지는 지연 확산(delay spread)과 이동국이 이동하고 있는 경우에는 도플러 효과에 의한 반송파의 주파수 천이가 다중경로 페이딩에서 나타나는 주요 현상이다[20]. 또한 LOS 경로의 존재 여부에 따라 수신신호의 통계적인 특성은 레일리, 혹은 라이시안 분포로 모델링 된다. 다중경로 페이딩 환경을 라이시안 페이딩 채널로 모델링 하는 것은 수신 신호 중에는 직접파 성분이 존재하며, 반사파 성분을 무시할 수 없다고 가정한다. 예를 들어, 실내 무선 환경에서는 근접한 거리에서 통신이 이루어짐으로서 LOS의 직접파 성분과 장애물에 의한 반사파 성분이 함께 존재함으로, 라이시안 파라미터 (K)의 범위는 6~12 dB 정도이고, 따라서 직접파와 반사파로 구성된 수신파의 진폭 (R)은 Rice 분포를 하게 되며 수신파의 진폭의 확률밀도함수는 다음과 같다 [20],[21].

$$p_{Rice}(R) = \frac{R}{\sigma_\gamma^2}\exp\left(-\frac{R^2+R_0^2}{2\sigma_\gamma^2}\right)I_0\left(\frac{R\,R_0}{\sigma_\gamma^2}\right) \quad (10)$$

단, σ_γ^2 : 반사파의 신호 전력,

$R_0^2/2$: 직접파의 신호 전력,

$I_0(\cdot)$: 0차의 제1종 변형 베셀 함수.

이는 실내 무선 환경으로 가정할 수 있으며, 라이시안 페이딩 채널에서 수신 신호 전력 대 잡음 전력비의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p_{Rice}(\gamma) = \frac{K+1}{\bar{\gamma}}\exp\left(-\frac{(K+1)\gamma}{\bar{\gamma}} - K\right)I_0\left(2\sqrt{\frac{K(K+1)\gamma}{\bar{\gamma}}}\right) \quad (11)$$

단, $\gamma = R^2/(2\eta_0)$: 순시 신호 대 잡음 전력비,

$\bar{\gamma} = R_0^2/(2\eta_0)$: 평균 신호 대 잡음 전력비,

$K = R_0^2/(2\sigma_\gamma^2)$: 직접파 대 반사파 전력비 (라이시안 파라미터).

V. 근거리 통신 시스템의 성능 분석

5.1 UWB 시스템의 성능 분석

본 절에서는 UWB 통신 방식 중 펄스에 정보를 싣기 위한 방법으로 펄스 위치 변조(pulse position modulation : PPM), 복수의 사용자를 수용하기 위한 다원접속 방법으로 시간도약(time hopping : TH)을 이용하여, FCC에서 규정한 실내 UWB 시스템 허용 주파수 범위(3.1 GHz ~ 10.6 GHz) 내에서 사용 가능한 모노 사이클 펄스 폭과 UWB 시스템 레벨 설계를 위한 특성 파라미터들을 이용하여 시스템 성능을 분석한다. 또한 이를 바탕으로 100 Mbps급 UWB 시스템 구현에 필요한 시스템 파라미터의 규격을 이용하여 AWGN 환경에서 분석 가능한 2진 PPM UWB 시스템의 신호 특성 및 규격 변화에 따른 오율 성능을 분석한다.

(1) UWB 시스템 성능 분석

AWGN 환경에서 UWB 시스템의 비트 오율 P_b는 아래와 같이 구해진다.

$$P_b = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\sqrt{S_{out}(N_u)}}^{\infty} e^{-x^2/2} dx = Q(\sqrt{S_{out}(N_u)}) \tag{12}$$

$$S_{out}(N_u) = \frac{1}{S_{out}(1) + \frac{1}{N_s} \frac{\sigma_a^2}{m_p^2} \sum_{k=2}^{N_s} \left(\frac{A_k}{A_1} \right)^2} \tag{13}$$

$$m = \int_{t \in T_j} A_1 v(t) w(t)\, dt = A_1 N_s m_p \tag{14}$$

$$m_p = \int_{-\infty}^{\infty} v(t)[v(t) - v(t-\delta)]\, dt = \int_{-\infty}^{\infty} v(t) w(t) dt \tag{15}$$

$$\sigma_a^2 = T_f^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} v(t-s) w(t) dt \right]^2 ds \tag{16}$$

여기서, m_p는 기준 신호와 단일 수신된 펄스의 상관후의 수신단의 상관기 출력, σ_a^2는 복수 사용자에 대한 PN sequence의 분산이다.

다른 사용자의 간섭이 전혀 없는 한 명의 사용자만이 접속한 것과 같은 상황에서는 식 (12)과 식 (13)은 다음과 같이 다시 표현된다.

$$P_b = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\sqrt{S_{out}(1)}}^{\infty} e^{-x^2/2} dx = Q(\sqrt{S_{out}(1)}) \tag{17}$$

$$S_{out}(1) = \frac{(A_1 N_s m_p)^2}{\sigma_{rec}^2(1)} \tag{18}$$

여기서, 편의상 A_1=1이라 할 때, 위의 식 (18)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_{out}(1) = \frac{m^2}{\sigma_{rec}^2} = \frac{N_s \left[\int_{-\infty}^{\infty} v(t)\, w(t)\, dt \right]^2}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} w^2(t)\, dt} = \frac{N_s E_p}{N_0} (1 - \beta) \tag{19}$$

$$\sigma_{rec}^2 = \frac{N_o N_s}{2} \int_{-\infty}^{\infty} w^2(t) dt \tag{20}$$

그림. 7은 다중 사용자 간섭을 배제한 AWGN 채널에서 UWB 시스템의 오율 성능을 나타낸다. 그림에서 N_s=1, 2, 5, 10, 20으로 증가할수록 무선 데이터 서비스를 만족하는 BER= 10^{-6}을 N_s=1을 기준으로 각각 14.45 dB, 11.4 dB, 7.5 dB, 4.3 dB, 1.5 dB의 E_p/N_o가 개선을 보임을 알 수 있다. 또한, 동일한 펄스 신호의 세기에서 case 1, 2에 대한 시스템의 성능은 변화 없이 일정하기 때문에 실내 다원접속 시스템 설계 시 동시 사용자 수에 따라 모노 펄스의 폭을 설정하고 채널 환경에 따른 적정한 펄스 반복 개수를 설계해야 함을 알 수 있다.

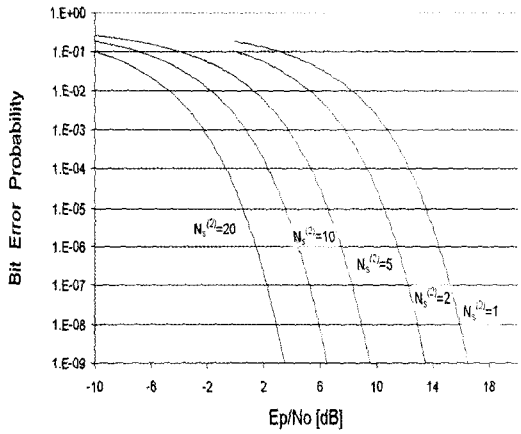


그림. 7 Error Performance of UWB system in AWGN

(2) M-ary UWB 시스템 성능 분석

AWGN 채널에서 M-ary UWB 시스템이 M-ary

신호를 송수신할 경우, 수신기 성능을 해석하기 위한 BER 특성은 식 (21)으로 표현할 수 있으며, 식 (22)에서 m_a^2는 송신 신호가 상관기를 거쳐 나온 신호전력, $\sigma_{rec}^2(N_u)$는 잡음전력을 나타낸다.

$$P_b(N_u) = \frac{M}{2} \int_{\sqrt{\log_2 M \, S_{out}(N_u)}}^{\infty} e^{-x^2/2} \, dx \tag{21}$$

$$S_{out}(N_u) = \frac{1}{M} \frac{m_a^2}{\sigma_{rec}^2(N_u)} \tag{22}$$

단일 사용자일 경우, M-ary UWB 시스템의 신호대 잡음비 $S_{out}(1)$은 식 (23)과 같이 나타낼 수 있으며, 식 (24)은 M-ary UWB 시스템의 심볼 에너지 E_s와 비트에너지 E_b와의 관계를 나타낸다.

$$\begin{aligned} S_{out}(1) &= \frac{1}{\log_2 M} \frac{(A_1 N_s m_p)^2}{\sigma_{rec}^2} \\ &= \frac{1}{\log_2 M} \frac{A_1^2 E_s (1-\beta)}{N_o} \end{aligned} \tag{23}$$

$$E_s = \log_2 M \cdot E_b \tag{24}$$

식 (25)는 M-ary UWB 시스템에서 사용되는 심볼 반복 개수 N_s를 나타낸다.

$$N_s \cong \log_2 M \cdot N_s^{(2)} \tag{25}$$

여기서 $N_s^{(2)}$는 2진 PPM에서 사용된 펄스 반복 개수이며, 위의 식들을 통하여 데이터 심볼 주기 T_s와 심볼 에너지 E_s는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_s = N_s T_f = \log_2 M \cdot N_s^{(2)} \cdot T_f \cong \log_2 M / R_b \tag{26}$$

$$E_s = N_s E_p = \log_2 M \cdot N_s^{(2)} \cdot E_p \cong \log_2 M \cdot E_b \tag{27}$$

M-ary UWB 시스템에서 M 값의 변화에 따른 시스템 특성을 분석하기 위하여 T_p와 δ를 일정하게 유지하고자 할 경우로 가정하였으며, R_b=100 Mbps의 데이터 전송률을 만족하는 M-ary UWB 시스템에서 M값의 변화에 따른 오율 특성을 분석하였다. 여기서 $T_c \cong T_p + (M-1)\delta$로 한다[22].

그림. 8과 그림. 9에서는 식 (25)에서 $N_s^{(2)}$=1과 10경우, M의 증가에 따른 M-ary 오율 성능을 나타내었다. 그림. 8과 그림. 9를 통하여 $N_s^{(2)}$를 1과 10 고정한 각각의 경우에서, BER= 10^{-6}을 기준으로 보면 M이 2에서 4, 8, 16, 32로 증가함에 따라 E_p/N_o는 각각 약 2.5 dB, 1.5 dB, 1 dB, 0.5 dB 정도 개선되며, M이 증가할수록 개선 효과가 감소함을 알 수 있다. 이를 통하여 M-ary UWB 시스템에서 데이터 전송률을 일정하게 유지할 경우, M과 $N_s^{(2)}$의 증가에 따라 오율 성능이 개선되며, $N_s^{(2)}$의 증가에 따른 오율 성능 개선 효과가 M의 증가에 따른 개선 효과보다 큼을 알 수 있다.

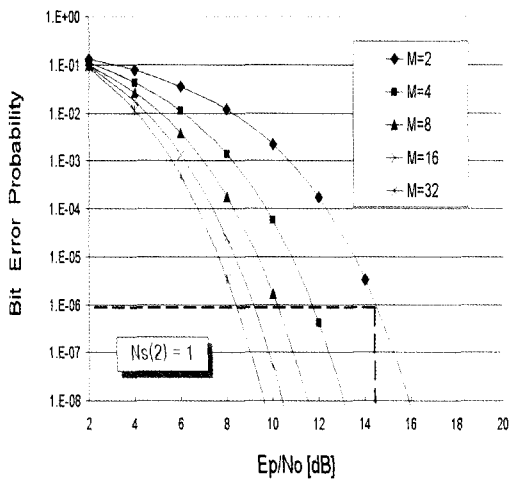


그림. 8 Error performance of UWB system according to M-ary scheme with $N_s^{(2)}$=1

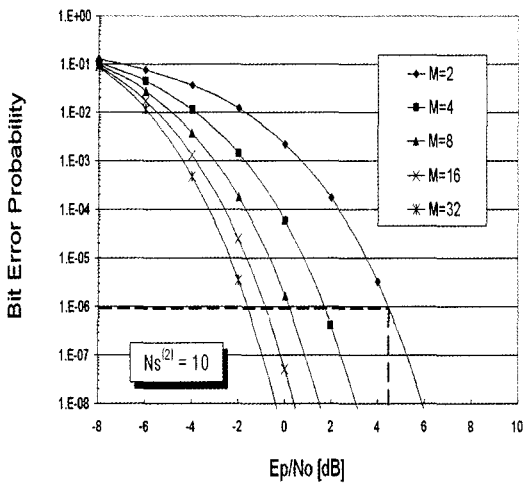


그림. 9 Error performance of UWB system according to M-ary scheme with $N_s^{(2)}$=10

5.2 무선 홈 네트워킹 시스템의 성능 분석

(1) 실내 무선 환경에서 오율 성능

AWGN 환경에서 무선 홈 네트워킹 시스템 변조 방식의 오율 식은 모두 대역필터 출력에 있어서의 E_b/N_o비 γ의 함수로서 다음 식과 같이 표시된다[4],[19].

무선 LAN에서 사용하고 있는 DPSK/DQPSK 변조 방식을 적용한 오율 식은 다음과 같다.

$$P_{eDPSK} = 1/2 \exp(-\gamma) \tag{28}$$

$$P_{eDQPSK} = 2erfc(\sqrt{\gamma} \sin \pi / M) \tag{29}$$

HomeRF에서 사용하고 있는 2FSK/4FSK 변조 방식을 적용한 오율 식은 다음과 같다.

$$P_{e2FSK} = 1/2 \exp(-\gamma/2) \tag{30}$$

$$P_{e4FSK} = 1/3 \exp(-\gamma/2) \tag{31}$$

블루투스에서 사용하고 있는 GFSK 변조 방식을 적용한 오율 식은 다음과 같다.

$$P_{eGFSK} = 1/2 erfc(\sqrt{\alpha \cdot \gamma}) \tag{32}$$

여기서 α는 감쇄상수로 가우스 저역 필터에 따라서 변하는 파라메타를 나타낸다. 즉 α는 B_bT의 함수이며 B_bT가 0.5인 경우이다. 실내 무선 환경에서 사용되는 홈 네트워킹 시스템 변조 방식의 확률밀도함수는 AWGN 환경에서의 오율 식 (28) ~ (32)에 라이시안 페이딩의 확률밀도함수 식 (11)을 곱하여 적분을 취하면 구할 수 있다.

$$P_e = \int_0^\infty P_{eG} \cdot p(\gamma) d\gamma \tag{33}$$

단, P_{eG}는 무선 홈 네트워킹 시스템 오율 식, $p(\gamma)$는 라이시안 페이딩 확률밀도함수.

간섭이 존재하지 않는 실내 공간을 라이시안 페이딩 환경으로 가정하여 시스템을 고려한 오율 식을 비트에너지 대 잡음전력 스펙트럼 밀도비 (E_b/N_o), 직접파대 반사파 전력비(K), M-ary(M) 변수로 하여 비트 오율 성능을 구하였다.

그림. 10은 K=6인 경우 무선 홈 네트워킹 시스템에 사용되는 변조 방식의 오율 성능을 나타내고 있는데, E_b/N_o 성능을 살펴보면 실내 무선 환경에서 오율 10-3을 기준으로 보면, DPSK가 4FSK와 GFSK 보다 4 dB 우수하고 DQPSK와는 11 dB 그리고 2FSK 보다 28 dB 정도 우수하였다.

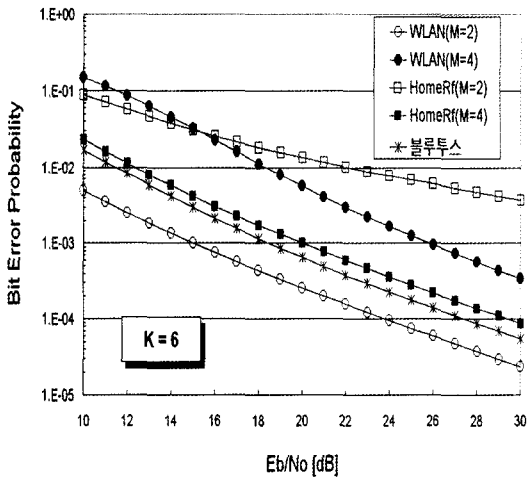


그림. 10 Error performance of wireless home networking system (K=6 dB)

(2) 성능 개선 기법이 적용된 무선 홈 네트워킹 시스템의 성능

본 논문에서 무선 홈 네트워킹 시스템의 성능 개선을 위하여 특정채널 환경에서 Throughput 열화와 같은 단점을 보완하여 전송 횟수 제안으로 높은 전송효율을 얻을 수 있는 Truncated Type-Ⅱ Hybrid ARQ 기법을 채용하였다.

Truncated Type-Ⅱ Hybrid ARQ 기법 채용시 전송 효율 μ를 고려한 방식의 오율은 무선 홈 네트워킹 시스템 오율 식 P_{eG}에서 E_b/N_o비 γ의 함수를 γ_c로 대신하여 취하면 얻을 수 있다. 여기서, $\gamma_c=(1/\mu)\gamma$ 이다[23],[24]. 전송효율 μ는 다음 식으로 정의되며, 이의 역수는 throughput을 나타낸다.

$$\mu=\frac{n}{k}[P_c+2(1-P_c-P_b)P_t] \tag{34}$$

여기서,

k/n는 부호율, $P_c=(1-P_{eG})^n$ 는 수신 신호에 오류가 없을 확률이며, $P_b\le[1-(1-P_{eG})^k]2^{-(n-k)}$는 C_0부호를 수신한 후 검출 불가능한 오류를 가질 확률, $P_t=P_c+(1-P_c-P_b)\frac{q_0-y}{1-y}$ 는 패리티 비트를 수신한 후 변환과정을 통해 원래의 신호로 복호 가능한 확률이다.

단, $q_0=\sum_{j=0}^{t}\binom{2n}{j}P_{eG}{}^{j}(1-P_{eG})^{2n-j}$,

$y=(1-P_{eG})^n\left[2\sum_{l=0}^{t}\binom{2n}{l}P_{eG}{}^{l}(1-P_{eG})^{2n-l}-(1-P_{eG})^n\right]$

이다.

Truncated Type-Ⅱ Hybrid ARQ 기법 채용시 수신 에러 확률을 $P_r(E)$라 할 때 본 논문에서는 한번만 재전송하는 경우를 고려하므로 오율 식은 다음과 같다.

$$P_r(E)=P_b+P_d(P_b+P_d(1-\frac{q_0-y}{1-y})) \tag{35}$$

단, P_b 는 수신신호가 검출 불가능한 에러를 가질 경우, P_d는: 수신신호가 검출 가능한 에러를 가질 경우 $(=1-P_c-P_b)$이다.

간섭이 존재하지 않는 실내 공간을 라이시안 페이딩 환경하에서 성능개선 기법을 채용한 경우의 오율 식을 비트 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비 (E_b/N_o), 직접파대 반사파 전력비(K), M-ary(M) 변수로 하여 비트 오율 성능을 구하였다.

그림. 11은 K=6인 경우 무선 홈 네트워킹 시스템에 사용되는 변조방식의 오율 성능을 나타내고 있는데, E_b/N_o 성능을 살펴보면 실내 무선 환경에서 오율10-3을 기준으로 보면, 2FSK가 DQPSK 보다 약 E_b/N_o = 3 dB 우수하고 10-6을 기준으로 DPSK가 4FSK 보다 약 E_b/N_o = 5 dB 우수하였다. 또한 라이시안 환경하에서 변조 방식만을 고려한 경우보다 성능 개선 기법을 채용한 무선 홈 네트워킹 시스템의 E_b/N_o가 더 우수함을 알 수 있었다.

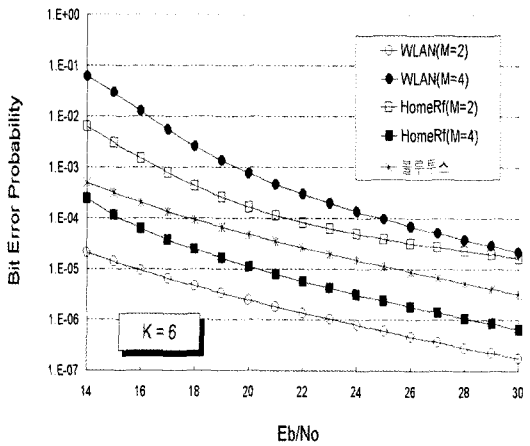


그림. 11 Error performance of wireless home networking system with Truncated Type-II Hybrid ARQ (K=6 dB)

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 앞으로 다가올 유비쿼터스 컴퓨

팅 시스템의 근거리 통신 방식으로 고려할 수 있는 UWB 통신 방식, 무선 LAN, 무선 홈 네트워킹 등에 대한 성능을 분석하였다. 유비쿼터스 컴퓨팅의 통신 방식으로는 현재까지 알려진 근거리 통신 방식이 고려되고 있으며 실내 환경에 적합한 통신 시스템들이 제안되고 있다. 무선 LAN으로 대변되는 근거리 무선 통신은 홈 네트워킹 기술로 잘 알려져 있다. 현재 무선 홈 네트워킹 전송 기술 방식으로 Wireless LAN, HomeRF, 블루투스, IrDA가 있으며 최근 미 연방통신위원회(FCC)가 새로운 무선 통신 기술인 UWB 방식이 있다.

따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 이동 멀티미디어 통신 시스템으로 UWB, 무선 홈 네트워킹, 무선 LAN 시스템을 실내 환경에서 성능 분석하고 성능 개선 기법으로 Truncated Type-Ⅱ Hybrid ARQ 방식을 도입하여 성능 개선 정도를 분석하였다.

UWB 시스템의 성능 분석 결과, BER= 10^{-6}을 기준으로 보면 M이 증가함에 따라 E_b/N_o는 0.5 dB ~ 2.5 dB 정도 개선되며 시스템에서 데이터 전송률을 일정하게 유지할 경우, M과 $N_s^{(2)}$의 증가에 따라 오율 성능이 개선됨을 알 수 있다.

무선 홈 네트워킹 시스템의 성능 분석 결과, 간섭이 존재하지 않는 실내 공간을 라이시안 페이딩 환경으로 가정하여 시스템을 고려한 오율식을 비트에너지 대 잡음전력 스펙트럼 밀도비(E_b/N_o), 직접파대 반사파 전력비(K), M-ary(M) 변수로 하여 비트 오율 성능을 구하였다. K=6인 경우 BER= 10^{-3} 을 기준으로 보면, DP SK가 4FSK와 GFSK 보다 4 dB 우수하고 DQPSK와는 11 dB 그리고 2FSK 보다 28 dB 정도 우수하였다. 또한 성능 개선 기법을 채용한 경우는 BER= 10^{-3}을 기준으로 보면, 2FSK가 DQPSK 보다 약 E_b/N_o = 3 dB 우수하고 10-6을 기준으로 DPSK가 4FSK 보다 약 E_b/N_o = 5 dB 우수하였다.

참고문헌

[1] http://www.ubiq.com/weiser/

[2] http://www.etnews.co.kr/

[3] 이성국, "미국·일본·유럽의 유비쿼터스 컴퓨팅 전략의 비교론적 고찰," Telecommunication Review, vol. 13, no. 1, pp. 16-26, 2003년 2월.

[4] 김동호, 강희조, 백승선, "실내 환경에서 무선 홈네트워킹 시스템의 성능," 전자파기술 학술대회 논문집, pp. 163-166, 2001년 6월.

[5] 최용석, "유비쿼터스 활용 사례 소개,"해양정보통신학회지, 제4권 1호, pp. 97-100, 2003년 6월.

[6] Mark Weiser, "Hot topic : Ubiquitous Computing," IEEE Computer, pp. 71-72, Oct. 1993

[7] Mark Weiser and John Seely Brow n,"Designing Calm Technology," Power Grid Journal, July 1996.

[8] Mark Weiser and John Seely Brown, "The Coming Age of Calm Technology," Power Grid Journal, Oct. 1996.

[9] 이양선, "실내 무선 통신을 위한 초광대역 임펄스 무선 전송 시스템에 관한 연구," 동신대학교 석사학위논문, 2003년 2월

[10] M. L. Welborn, "System considerations for ultra-wideband wireless networks," Proceeding of RAWCON, pp. 5-8, 2001.

[11] G. Durisi and G. Romano,"Simulation anal ysis and performance evaluation of an UWB system in indoor multipath channel," IEEE Conference on UWBST, pp. 255-258, May 2002.

[12] 우병훈, 정보통신개론, 전주공업대학출판부, 2002년 2월.

[13] ETSI BRAN, Broadband Radio Access Networks(BRAN) HIPERLAN Type 2; Data Link Control (DLC) Layer Part 2: Radio Link Conrtol (RLC) sublyer, TS 101 761-2, v1.1.1 Apr. 2000.

[14] K. J. Negus, A. P. Sttephens, & J. Lansford, "HomeRF: Wireless Networking for the Connected Home," IEEE P. Commun., vol. 7 No. 1, pp. 20-27, 2000.

[15] J. C. Haartsen, "The Bluetooth Radio Sys tem," IEEE P. Commun., vol. 7, No. 1, pp. 28-36, 2000.

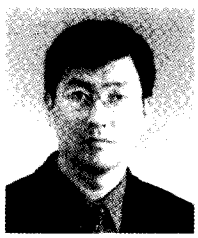
[16] 강희곡, 강희조, 조성언, "무선 LAN 동향과 전망," 해양정보통신학회지, 제4권 1호, pp. 29-34, 2003년 6월.

[17] Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer(PHY) specifications : further higher data rate extension in the 2.4 GHz Band, IEEE Std. 802.11g/D8.2, Mar. 2003.

[18] J. G. Proakis, Digital communications. 2nd ed.,

McGraw-Hill : New York, 1989.
[19] B. Sklar, Digital communications funda mentals and applications., Prentice-Hall, 1988.
[20] 우병훈, 백승선, 강희조, "STTD 수신기를 채용하는 이동 멀티미디어 통신 시스템의 성능,"한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 논문집, Vol. 7, No. 1, pp. 551-555, 2003. 5.
[21] Byung-Hoon Woo, Seung-Sun Baek, and Heau-Jo Kang, "Performance Improvement of a STTD Receiver without the Mutual Interference Antenna," Journal of the Korea Electromagnetic Eng. Society, Vol. 3, No. 2, pp. 97-101, Nov. 2003
[22] 김동호, "실내 다중경로환경에서 UWB 시스템 성능에 관한 연구," 동신대학교 석사학위논문, 2003년 2월
[23] S. Lin and P. S. YU, "A hybrid ARQ scheme with parity retransmission for error control of satellite channels," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-30, pp. 1701 -1719, July 1982.
[24] Y. M. Wang and S. Lin, "A modified selec tive repeat type-II hybrid ARQ system and it performance analysis,"IEEE Trans. Commun., Vol. Com-31, pp. 598-608, May 1983.
[12] http://dvd-forum.org
[13] http://www.iso.ch
[14] http://www.iec.org
[15] http://www.openbook.org
[16] I. J. Cox, M. L. Miller and J. A. Bloom, "Water-marking applications and their pro perties," Proc. Of Int. Conf. on Information Technology: Coding and Computing 2000, pp.6-10, Mar. 2000.
[17] Miller M.L., I.J. Cox and J.A. Bloom, "Water-marking in the Real World: An Application to DVD.", in Multimedia and Security-workshop at ACM Multimedia Steinmetz(eds.) bristol, U.K.: ACM GMD Forschungszentrum Informationsste-chnik GmbH, 41, pp.71-76, 1998.
[18] Mitchell D. Swanson, Z. Bin, C. Benson and T. H. Ahmed, "Object-Based Trans parent Video Watermarking", IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing, June 23-25, 1997. Princeton, New Jersey, USA, Electronic Proceedings.
[19] Rakesh Dugad and Narendra Ahuja, "A Scheme for Joint Watermarking and Compression of Video", IEEE ICIP 2000, v.2, pp.80-84, Sept., 2000.
[20] Lintian Qiao and Klara Nahrstedt, "Water marking Methods For MPEG Encoded Video: Towards Resolving Rightful Owner ship", IEEE IC on Multimedia Computing and Systems, Austin. Tx., pp.276-285, June 1998.
[21] Bender W., D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for Data Hiding", IBM Systems Journal, vol. 35, NOS 3&4, pp.313-336, 1996.
[22] Solachidis V. and I. Pitas, "Circularly Symmetric Watermark Embedding in 2-D DFT Domain", ICASSP'99, Phoenix, Arizona, USA, Accepted for publication, 15-19 March. 1999.
[23] Bijan G. Mobasseri, J. S. Michael and J. S. Richard, "Content Authentication and Tamper Detection in Digital Video", IEEE ICII"2000, Vancouver, Canada.
[24] C-Y. Lin, M. Wu, J.A. Bloom, M.L. Miller, I.J. Cox, and Y-M. Lui, "Rotation, Scale, and Translation Resilient Public Watermarking for Images", SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents II, SPIE EI 2000
[25] Shelby Pereira and Thierry Pun, "Fast robust template matching for affine resistant image watermarking", In International Workshop on Information Hiding, Dresden, Germany, Sep. 29 -- Oct. 1, 1999

저자소개



우병훈

1988년 2월 : 한국항공대학교 통신정보공학과 졸업(공학사)
1994년 2월 : 한국학공대학교 통신정보공학과 졸업(공학석사)
2003년 2월 : 동신대학교 전기전자공학과 졸업(공학박사)
1994년 ~ 1999년 : 고등기술연구원 주임연구원
1999년 ~ 현재 : 전주공업대학 정보통신과 조교수
※관심분야 : 이동통신, 통신시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅

강희조

1986년 2월 : 원광대학교 전자공학과(공학사)
1988년 2월 : 숭실대학교 반도체공학과(공학석사)
1994년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과(공학박사)
1994년 7월 ~ 1995년 12월 : 한국전자통신연구소 위성망 연구소 초빙연구원
1996년 8월 ~ 1997년 8월: 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수
1990년 ~ 2003년 2월 : 동신대학교 전기전자공학과 교수
2003.3월 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 교수
※관심분야 : 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 멀티미디어통신, 무선조명광통신, UWB통신, 유비쿼터스, RFID, 텔레매틱스, 밀리미터파 통신.

백승선

1988년 2월 : 단국대학교 전자공학과 졸업 (공학석사)
2004년 2월 : 동신대학교 전기전자공학과 졸업 (공학박사)
1990년 ~ 현재 : 전주공업대학 정보통신과 부교수
※관심분야 : 멀티미디어 이동통신, 통신시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅