

主 題

# WPAN용 Binary CDMA 기술

전자부품연구원 조진웅, 주민철, 서경학 (주)카서 류승문

차 례

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| I. 서론              | II. Binary-CDMA 기술 특징 |
| III. MP-HMA 시스템 개요 | IV. MP-HMA 송신기 구조     |
| V. MP-HMA 수신기 구조   | VI. 멀티 네트워크의 구성       |
| Ⅷ. 결 론             |                       |

## I. 서론

최근 초고속 망의 급속한 보급으로 일반 가정에서도 인터넷에 대한 요구가 확산되고 있으며, 기존의 PC 중심 인터넷 접속 환경에서 다양한 기기를 수용하는 형태로 변화하며 발전하고 있다. 이와 더불어 2002년 개시되는 디지털 TV 시대와 IMT(International Mobile Telecommunication)-2000 개시로 인해 기존의 저속 데이터 통신에 중점을 둔 기능과는 차별화 되는 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있는 지능화된 기기에 대한 수요 또한 빠르게 증가하고 있다. "anytime, anywhere"를 모토로 한 근거리 네트워크 산업은 기기간의 상호 연동성과 외부 망과의 연동성이 제공되는 서비스를 효과적으로 운용할 수 있는 시스템이어야 한다. 인터넷 사용자가 급증하면서 기기간의 정보공유를 가능케 하기 위한 '네트워킹' 기술이 급부상하고 있다. 그림 1은 근거리 무선 네트워크의 응용예를 보여준다.

이러한 노력의 일환으로 국내외에서는 Blue-

tooth 와 IEEE802.15 그룹은 WPAN(wireless personal area network) 응용예, 고화질의 영상, 고충실도의 음악 등을 제공하는 기존의 시스템들인 HomeRF, Bluetooth, IEEE802.11 등의 시스템과 상호 간섭을 줄일 수 있는 고속의 전송 속도를 가진 시스템의 제안에 노력하고 있다[1][2][3].

무선통신에서 가정 및 소규모 사무실에서의 네트워크에 관한 개념이 새로이 도입되면서, IMT-2000 서비스 시대의 도래와 함께 근거리에서의 고속 멀티미디어 통신이 가능한 네트워크의 필요성이 빠르게 요구되고 있다[4][5]. 각국의 통신시스템 개발 업체들은 기술의 선점을 위하여 컴퓨터 업체 및 소프트웨어 전문회사, 가전제품 회사들까지 기술적 컨소시엄을 구성하여 시스템의 사양을 정하고 홍보에 전력을 기울이고 있는 실정이다.

근거리 네트워크에 적합한 매체는 크게 유선과 무선 매체로 나누어 볼 수 있는데, 유선 매체 기술로는 전화선(HomePNA(PhoneLine Network Alliance) 전력선(PLC(Power Line Communication)), 유

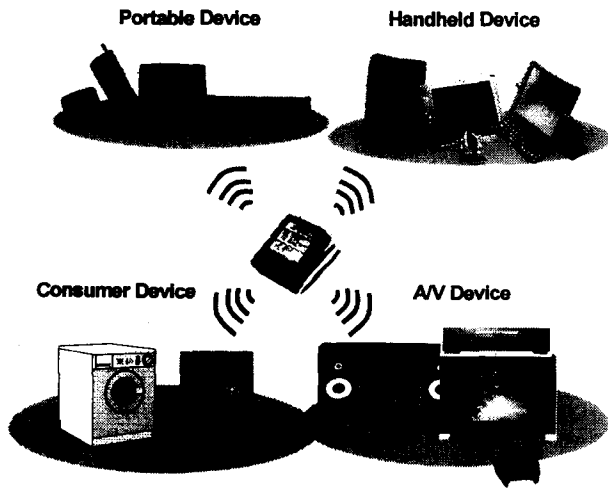


그림 1 근거리 무선 네트워크의 응용에

LAN(IEEE 802.3) 및 광케이블을 통한 연결 등이 있으며 무선 접속 기술로는 블루투스, HomeRF, 무선 LAN 등이 주로 논의되고 있다. 또한 AV 기기 간의 연결과 같은 제한적인 분야에 한해 IEEE 1394와 같은 기술도 사용되고 있다. 궁극적으로는 배선이 필요 없고 기기의 이동성을 지원할 수 있는 무선 채널에 의한 LAN과 PAN의 구축이 부각될 것으로 기대된다.

현재 많은 통신 시스템, 컴퓨터 개발 업체들을 통해 시제품이 개발되었으며, 블루투스와 무선 LAN의 경우 상용 제품들도 활발하게 출시되고 있다. 그러나 대부분 컴퓨터, PDA, 통신 기기 등에 제한적으로 적용되는 형태이며 본격적인 제품들은 아직 개발단계에 있다.

국내에서도 많은 업체에서 제품을 개발하고 있으며, 블루투스 관련 제품 및 무선 LAN 장비도 다양하게 출시되어 있다. 그러나 아직 칩 단위의 제품 개발은 미비하고 대부분이 모듈을 구입하여 응용제품들을 개발하는 실정이다. 그리고 기기를 통한 근거리 네트워크 구성을 지원하는 제품은 출시되어 있지 않으며, 업체에서는 별도

의 팀을 구성하여 별도로 근거리 네트워크 통신 소프트웨어 및 미들웨어, 홈 서버 등을 개발하고 있다.

## II. Binary-CDMA 기술 특징

고속의 전송속도와 다른 시스템으로부터의 간섭 상쇄 효과로 인해 CDMA(code division multiple access) 기술은 많은 주목을 받아왔는데, 이를 구현하는 기술로는 확산이득(spreading gain)을 변화시키는 VSG- CDMA 시스템과 여러 개의 병렬 브랜치의 다중 코드(multi code)를 사용하는 MC-CDMA 시스템이 가장 보편적인 것으로 알려져 있다[6][7]. 이 중에서 다중 코드를 사용하는 기술은 확산 이득이 변화 없고 대역폭의 증가가 없다는 장점이 있지만 다중 레벨의 신호를 증폭하기 위한 앰프의 선형성을 보장하여야 하므로 전력 소모가 많아 휴대형 기기에 적합하지 않다. 이러한 점을 극복하고자 binary-CDMA 기술이 제안되었다.

이 기술의 특징은 CDMA의 전송 출력을 몇 개의 레벨로 변환하여 순간 변화를 없애는 방안에 관한 것이다. CDMA 시스템에서는 송신 시 여러 채널의 신

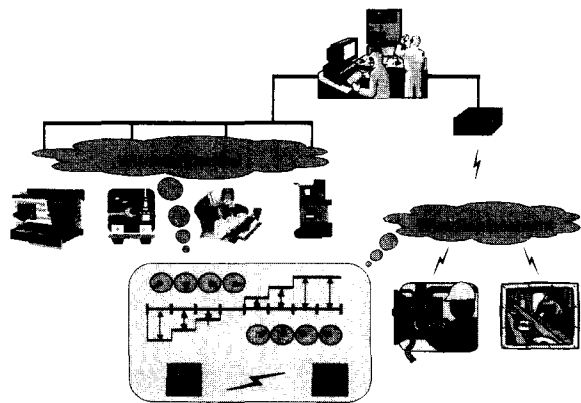


그림 2. Binary-CDMA 기술을 적용한 다중접속 기술의 개념 및 응용

호를 동시에 선형적으로 합하여 전송하므로 채널수가 증가할수록 출력신호의 레벨수가 증가하여 멀티 레벨 신호의 형태를 갖게 된다. 이러한 대역 확산된 멀티 레벨의 데이터를 그대로 변조부에서 전송하지 않고 레벨 clipper를 거쳐 변환된 이진화된 신호를 전송한다. 이를 통해서 복잡한 멀티 레벨의 신호가 간단히 나타나므로 전송되는 신호의 파형이 간단히 표현되어지고 수신기의 구조가 간단해진다. 하지만 멀티 레벨 신호를 clipping함으로 발생하는 에러는 시스템의 성능을 저하시키는 요인이 된다.

다중 코드 방식으로 인해 발생하는 다중 레벨 신호를 clipping함으로써 시스템 구조를 간단히 할 수 있으며, 다중 코드 방식으로 영상 및 고속 데이터의 전송이 가능한 고속 데이터율을 얻을 수 있다. 그림 2는 binary-CDMA 기술을 적용한 다중 접속 기술의 개념 및 응용을 나타내었다. 이러한 Binary-CDMA의 구체적 구현 방법으로는 크게 세 가지가 있는데 PW(pulse width)-CDMA, MP(multi phase) -CDMA, CS(code selection)-CDMA이다[8].

먼저 PW-CDMA 기술은 전송 신호의 크기를 펄스 폭으로 바꾸어 출력신호의 레벨을 이진화하여 신호 레벨이 일정한 전송신호를 만드는 기술이다. CDMA 복조과정은 직교코드 주기 동안의 면적적분을 통해 원래의 정보를 복원하므로 펄스의 크기를 펄스 폭으로 전환해도 복조과정에서 전송하는 정보의 내용에 따른 상대적인 면적 비의 변화는 발생하지 않으므로 DS-CDMA와 동일한 복조 특성을 나타내게 된다. 그러나 펄스 크기를 펄스 폭으로 바꾸는 과정에서 세밀한 펄스 폭의 출현으로 송신 시 전송 대역폭이 넓어지고 수신 시 필요한 표본화율이 높아져 구현 시 높은 데이터율을 유지하기 힘들다는 문제가 발생한다.

MP-CDMA 기술은 PW-CDMA와 유사하지만 전송신호의 크기를 위상 값으로 바꾸어 출

력신호의 레벨이 일정한 전송 신호를 만드는 것이 다르다. 사용하는 채널 수에 비례하여 위상 값이 증가하여 각각의 위상을 서로 구별해 내기 어려워지므로 이를 변조하기 위해 일정 크기 이상의 신호 레벨을 clipping하여 변조하기 위한 레벨 수를 줄여서 위상 값의 수를 줄인다.

CS-CDMA는 코드 집합에서 하나의 코드만을 선택하여 변조 시 사용함으로써 출력 신호를 일정 진폭의 형태로 만들 수 있다. 다중 채널에서 병렬로 입력되는 데이터(n bit)를 이용하여  $2^n$ 개의 코드 집합에서 하나의 코드를 선택하여 이 코드로 다른 또 하나의 채널 데이터에 곱하여 전송한다. 전송 채널이 증가하게 되면 코드의 집합이 매우 큰 것이 요구되므로 구현 측면에서 매우 어렵게 된다. 따라서 기본 블록을 여러 개 사용함으로써 채널을 증가시킨다.

### III. MP-HMA 시스템 개요

본 논문에서는 MP-CDMA의 물리계층을 도입한 다중 코드 방식을 이용한 복합 위상 다중 접속 (MP



그림 3. 복합위상 다중 접속 무선 칩셋 기술의 응용에

-HMA : multi phase hybrid multiple access) 시스템을 제안한다. 이를 이용하여 간단한 구조로 고속 전송율을 얻을 수 있는 근거리 무선 네트워크를 구현할 수 있다. 그림 3은 binary-CDMA 기술을 적용한 다중 접속 기술의 개념 및 응용을 나타내었다

MP-HMA 시스템의 물리 계층은 2.4GHz 대역의 ISM (industrial, scientific, and medical) 영역의 주파수를 사용하며 데이터 속도는 4Mb/s를 지원하도록 설계되었다. 송신부의 다중 레벨 신호를 레벨 clipper를 통해 이진(binary)이나 4진(ternary) 신호로 변환시켜 사용자의 증가에 따른 대역폭의 증가없이 일정 진폭의 신호로 전송할 수 있다. clipping된 신호를 위상 정보로 변화시키기 때문에 TDMA 신호와 같은 특성을 가지므로 시스템이 CDMA와 TDMA의 중간적 특성을 보여준다. 최종단에서는 네트워크의 구분을 위해 스크램블링 코드 ( $S_c$ )를 곱해 주고 이를 위상 변조하게 된다.

이러한 MP-HMA 시스템의 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- TDMA와 CDMA의 장점을 복합적으로 수용한 hybrid multiple-access를 사용한다. TDMA를 이용하여 전체 네트워크를 scheduling하며, CDMA를 이용하여 특정 시점에 여러 개의 device에 데이터를 동시에 전송한다.
- 고속의 데이터를 전송하기 위해 multi-code를 동적으로 할당하여 사용한다. 다양한 multi-media traffic을 QoS에 맞게 전송하기 위해서 전송 데이터가 많을 때에는 많은 코드를 할당하고 적을 때에는 하나의 코드를 할당하는 방식으로 제한된 자원의 효율적으로 사용한다.
- 전송부 최종 단의 멀티 레벨 신호를

clipping하여 위상 정보로 바꾸어 전송한다. multi-code를 이용해 발생한 다중 레벨 신호를 레벨 clipper를 이용하여 이진 또는 4진의 신호로 변환한다. 이로써 대역 폭의 증가없이 전송 신호는 TDMA의 이진 신호와 같은 형태를 나타내게 되어, 수신기의 구조가 간단히 구현될 수 있어, 송신기의 전력소모가 줄고 비 선형 전력 증폭기의 구조가 매우 간단해질 수 있다.

- 네트워크 구성이 실질적인 N:N 통신이 가능하다. 블루투스 master를 중심으로 한 1:N 네트워크 구성만이 가능한데, 본 시스템은 각 device들이 code로 구분되어지므로 네트워크에 참여하고 있는 임의의 device들에게 전송할 데이터를 직접 전송할 수 있는 N:N 구성이 가능하다.
- 기존 셀룰러의 CDMA 방식과 달리 여러 채널을 동시에 전송해도 항상 전송신호 파형이 이진 또는 4진의 형태를 갖게 되어 시스템 구조를 단순화하여 가격을 낮출 수 있다.
- 신호 특성상 단말기간의 통화 중에도 Ad-hoc 중계가 가능하므로 교환기 없이 단말기 자체의 교환 기능이 이루어지는 통신망을 구현할 수 있어 차세대 무선 통신 단말기의 핵심 기술이 될 수 있다.

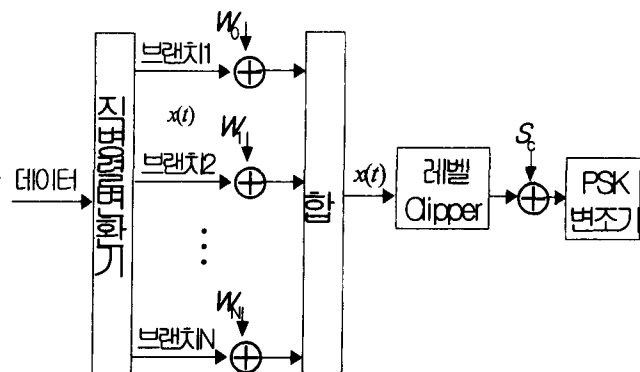


그림 4. 고속 전송을 위한 송신단 구조

## IV. MP-HMA 송신기 구조

MP-HMA는 기존의 MC-CDMA 시스템을 고속 데이터 전송에 적합하게 변경한 시스템이다. 데이터나 음성은 대역 확산 코드를 사용하여 직교 확산되는데 요구되는 전송률에 따라 각 사용자당 하나 이상의 코드가 할당된다. 각각의 확산된 신호의 합인 멀티레벨의 신호는 레벨 clipper에 의해 clipping 되어 멀티레벨 신호를 일정 진폭의 신호로 변환한다. clipping된 신호는 MPSK 변조부에서 clipping 레벨에 따라서 위상 정보로 바꾸어 BPSK나 QPSK로 전송한다.

이러한 고속 전송을 위한 송신단 구조는 그림 4에 잘 나타나있다. 전송하고자 하는 직렬 데이터는 직렬 변환기를 거쳐 병렬 데이터로 변환되며, 각 병렬 브랜치는 직교성을 가지는 코드( $W_k, k=0, 1, 2, \dots$ )가 곱해진 후에 합산된다. 합산된 코드 신호는 레벨 clipper에 의해서 일정 레벨 이상의 신호는 clipping된다. 제안된 시스템에서는 2개나 4개의 레벨만을 남기고 나머지 신호는 clipping된다. 남겨진 레벨이 2개이면 BPSK를 거치고 4개이면 레벨 신호는 QPSK 성상과정을 거쳐서 전송된다. 다중 레벨의 신호를 위상 정보로 바꾸기 때문에 추가적인 대역폭의 확장 없이 일정 진폭의 송신 파형으로 보낼 수 있다. 그러므로 송신단에서는 선형구간이 작은 선형 증폭단을 사용할 수 있고, 전력 소비를 줄일 수 있으며, 수신단에서는 멀티레벨의 신호를 검출할 필요가 없으므로 구조가 기존의 시스템에 비해 간단해진다.

### 1. 확산 코드

시스템에서 쓰이는 확산 코드는 두 종류이다. 채널 구분을 위한 코드와 네트워크 구별을 위한 스크램블링 코드이다. 이는 IS-95나 WCDMA 이동통신 시스템에서 사용하는 두 가지의 코드 구분과 일치한다.

채널 구분 코드는 브랜치의 구분과 대역확산이라

는 두 가지 역할을 한다. 실제 사용되는 코드는 Walsh 코드나 extended m-sequence이다. Walsh 코드는 하다마드 행렬로 만들어지며 그 크기가  $2^m$  ( $m=1, 2, 3, \dots$ )으로 제한되어 있다. extended m-sequence는 m-sequence의 확산된 형태로 m개의 shift register에 의해 발생된  $2^m - 1$  길이의 maximal 코드를 1 비트씩 이동하면서 생성하는데 sequence의 마지막에 '0'을 추가하여 주기가  $2^m$ 이 되고 각 sequence간의 cross-correlation 값을 0이 되도록 하였다. 이의 특징은 Walsh 코드와 같이 주기가  $2^m$ 이고, 서로간의 직교성이 보장된다. 이러한 대역확산 코드를 사용하여 사용자와 데이터를 구분한다. 데이터는 직렬 변환기에 의해 브랜치로 나뉘어져 각각의 확산 코드에 의해 확산되고, 다중 코드를 동적으로 할당하여 사용한다. 다양한 multi-media traffic을 QoS 조건에 맞게 전송하기 위해서 전송 데이터가 많을 때에는 많은 코드를 할당하고 적을 때에는 하나의 코드를 할당하는 방식으로 제한된 자원의 효율적인 할당을 피할 수 있다.

스크램블링 코드는 네트워크의 구분과 페이딩에 의해 발생하는 다중 경로에 의한 영향을 상쇄하기 위해서 사용된다. 여기서는 PN 코드를 사용하여 발생시키는데 주기가 긴 long 코드를 사용한다. 같은 주파수 대역에서 다른 네트워크의 사용이 요구되므로 필요한데 자세한 설명은 V장에 나와있다.

### 2. 레벨 Clipper

채널의 수가  $k$ (홀수)인 경우 출력 신호의 레벨 수는  $k+1$  ( $-k, -k+2, \dots, -1, 1, \dots, k-2, k$ )을 갖는다. 이러한 멀티레벨의 신호를 레벨 clipper를 거쳐 clipping하는데 이는 출력 값들을 취하는 방법에 있어, 출력 값 중에 일정 단계를 정하여 매핑하는 방법이다. 이러한 레벨의 매핑은 변조부와 매우 밀접한 관계에 있다. clipping 레벨을 2단계( $\pm 1$ )로 할

때에는 변조부에서 BPSK로 하고, 4단계 ( $\pm\lambda_1, \pm\lambda_2$ )일 때는 QPSK를 채택한다.

clipping에 의하여 정보의 손실이 유발되어 채널 복조시 correlation 값이 최대치가 되지는 않는다. 는 전송률이 높아질 경우 사용 채널 수의 증가로 신호의 레벨수가 많아지게 되어 MPSK신호의 전송 에러율이 증가한다. 그리고, 채널수에 비해 clipping 레벨이 너무 작으면 채널간의 직교성이 무너져서 복조가 불가능해질 수도 있다. 하지만 채널수에 따라 적당한 clipping 레벨을 선택한다면 성능의 현저한 저하 없이 복조기가 간단해지는 장점이 있다.

그림 5는 MP-HMA 시스템에서 각 멀티 코드 브랜치의 합  $x(t)$ 는  $\pm 1, \pm 3, \dots$  중에 하나의 값을 가지는 멀티 레벨 신호이다. 레벨 clipper는 매 칩마다 발생하는 멀티 레벨 신호를 아래 식과 같은 규칙에 의해 신호 값을 clipping하게 되며, clipping 된 후의 신호  $y(t)$ 는 다음과 같이 표현된다. 여기서  $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 7$ 이다. 그림 5는  $\lambda_1 = 2$ 와  $\lambda_2 = 7$ 인 경우에 레벨 clipper 동작 및 QPSK 성상 규칙을 보여준다.

$$y(t) = \begin{cases} +\lambda_2, & \text{if } x(t) > \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \\ +\lambda_1, & \text{if } 0 \leq x(t) \leq \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \\ -\lambda_1, & \text{if } -\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \leq x(t) < 0 \\ -\lambda_2, & \text{if } x(t) < -\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \end{cases} \quad (1)$$

### 3. 변조방법

제안된 시스템은 그림 5에 나타난 바와 같이 QPSK나 BPSK 신호 성상을 이용하여 전송한다. 이때 성상 규칙은  $\lambda_1$ 과  $-\lambda_1$  그리고  $\lambda_2$ 과  $-\lambda_2$  사이의 거리가 최대가 되도록 설계된다. 결과적으로 송신단에서 전송되는 QPSK 신호  $s^{(i)}(t)$ 는 다음과 같다.

$$s^{(i)}(t) = \sqrt{N_c P_c} h_a(t) \times \begin{cases} \exp\left\{j \frac{\pi}{4} \frac{y^{(i)}(t)}{|y^{(i)}(t)|}\right\} & \text{if } y^{(i)}(t) \in \{-\lambda_1, \lambda_2\} \\ \exp\left\{j \frac{3\pi}{4} \frac{y^{(i)}(t)}{|y^{(i)}(t)|}\right\} & \text{if } y^{(i)}(t) \in \{\lambda_1, -\lambda_2\} \end{cases} \quad (2)$$

여기서  $P_c$ 는 전송 칩 에너지이며,  $h_a(t)$ 는 신호 크기 웨이핑 필터를 나타낸다.

### V. MP-HMA 수신기 구조

그림 6에서 보듯이 수신단에서는 전송 신호의 프리엠블 탐색기를 이용하여 패킷의 시작점을 찾아낸 후에, 전송된 멀티 레벨의 신호를 복원하게 된다. 이때 복원되는 신호는 수신단에서 멀티 레벨 신호를 2 또는 4 레벨로 clip-

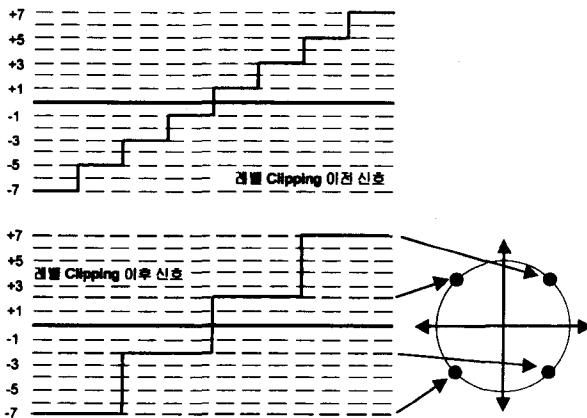


그림 5.  $\lambda_1 = 2$ 와  $\lambda_2 = 7$ 인 경우의 레벨 clipping 및 QPSK 성상 규칙

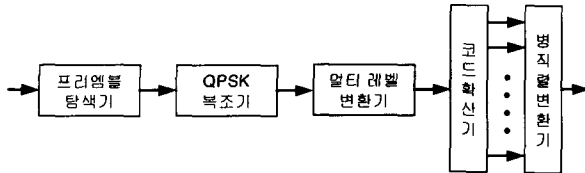


그림 6. 고속 전송을 위한 수신단 구조

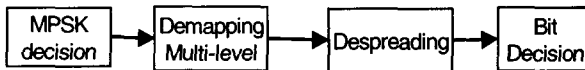


그림 7. 기존의 QPSK 수신기 (Scheme1)

ping 한 후의 전송 신호이다. 복원된 2 또는 4 레벨 신호에 각 브랜치에 해당하는 멀티 코드를 곱하여 상관 과정을 거치면 각 브랜치로 전송된 신호를 복원할 수 있다. 각 브랜치 별로 복원된 신호는 병직렬 과정을 거쳐서 전송 신호를 복원하게 된다.

수신기의 구조가 크게 두 가지로 나뉠 수 있다. 하나는 그림 7에서와 같이 수신된 신호를 MPSK 성상 구조에 맞게 결정을 내린 다음 대역 확산 코드를 곱해 비트 결정을 내리는 구조이고, 다른 하나는 그림 8에서 나타나듯이 수신된 신호를 MPSK 복조를 하지 않고 바로 대역 확산 코드를 곱한 값으로 비트 결정을 내리는 구조이다. 첫 번째 구조를 Scheme1이라고 하고 두 번째 구조를 Scheme2라 둔다.

Scheme1은 일반적인 CDMA 시스템의 수신기의 구조와 동일하다. 이 구조의 특징은 배경잡음이나 다른 신호의 간섭에 의한 에러가 MPSK 수신기에서 결정 되고 이러한 에러가 계속 파급된다는데 있다. 그러므로 SNR이 높을 때에는 MPSK 수신기가 정확히 검파하므로 성능이 매우 좋게 나오나 SNR이 낮아지면 에러가 계속 파급되어 비트 결정 시 수신기의 성능이 현저하게 나빠지는 경향이 있다. Scheme2 방식은 I,Q 채널의 잡음이 같이 합해지므로 상당히 나쁜 특성을 보일 수 있다. 하지만 대역 확산 이득이 커지고 브랜치의 수가 많아지면 QPSK 수신기를 거친 후 역확산을 하는 수신기보

다 좋은 특성을 나타낸다. 각각의 구조의 특징은 SNR의 비율과 clipping 레벨을 2나 4로 했을 때 모두 다르게 나타나는데, 경향은 다음과 같이 나타난다. 전체 채널의 수가 작을 때는 대부분 BPSK의 경우가 QPSK의 성능보다 좋고, 채널의 수가 많아질수록 BPSK보다는 QPSK의 성능이 좋아진다. 그림 9는 PG=8이고 브랜치의 개수가 3일 때의 성능을 보여 준다. 이 경우에는 QPSK 변조방식을 택할 경우 clipping에 의한 에러의 발생은 없고 다만 BPSK의 경우에만 에러가 발생한다. 그런데 그 그래프를 살펴보면 BPSK가 QPSK보다 성능이 좋게 나타나는데 이는 clipping에 의한 에러 발생율이 적고 QPSK에 비해 BPSK의 송신 신호 전력을 높게 전송하기 때문이다. 그림 10은 PG=32이고 브랜치의 개수가 13일 때의 성능을 보여 준다. 그림에서도 알 수 있듯이 BPSK는 전 구간에 걸쳐 성능이 아주 나쁘다. 이는 clipping에 의한 신호 왜곡 현상이 심해져 송신 신호의 전력을 높이더라도 시스템의 성능이 포화 상태에 이르러 더 이상의 성능 향상이 없어져 전체 BER 곡선이 SNR에 관계없이 일정하게 나오는 것을 알 수 있다. 그리고 QPSK의 Scheme1과 Scheme2가 PG와 브랜치의 개수에 따라서 서로 다른 결과를 나타냄을 그래프를 통해서 알 수 있다.

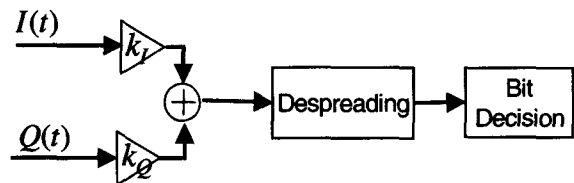


그림 8. 제안된 QPSK 수신기 구조 (Scheme2)

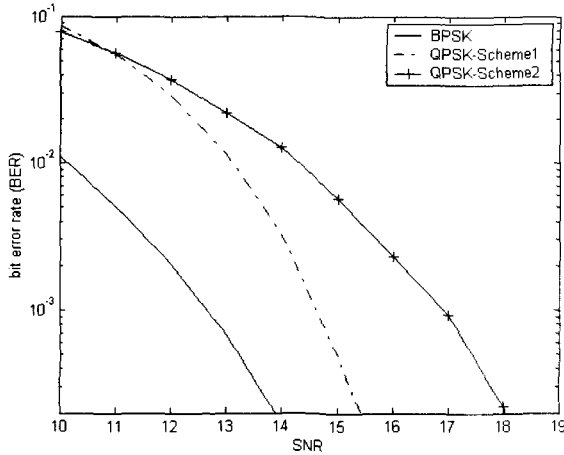


그림 9. BPSK와 QPSK의 수신구조에 따른 MP-HMA 시스템의 성능 비교(PG=8, Number of branches=3)

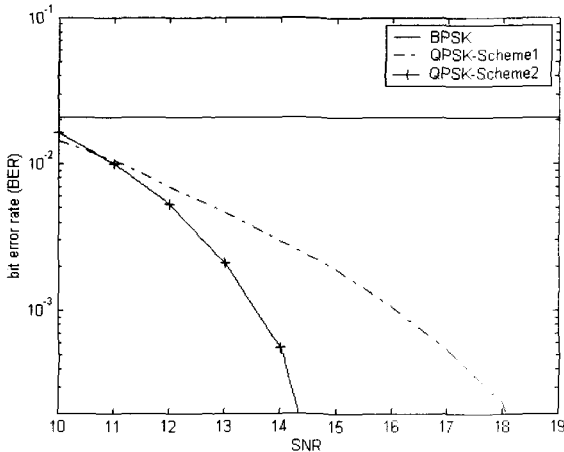


그림 10. BPSK와 QPSK의 수신구조에 따른 MP-HMA 시스템의 성능 비교(PG=32, Number of branches=13)

## VI. 멀티 네트워크의 구성

CDMA 기술을 사용하므로 같은 물리적 주파수 대역에서 다른 네트워크의 사용이 가능하다. 이것은 스크램블링 코드의 사용으로 가능한데, 네트워크의 구분뿐만 아니라 페이딩에 의해 발생하는 다중 경로에 의한 영향을 상쇄하는 효과도 있다.

시스템의 최소단위 네트워크를 piconet이라 하는

데, 이는 링크를 관리하는 하나의 master와 그 네트워크에 참여하고 있는 여러 개의 slave로 구성된다. 네트워크의 구성은 그림 12에 나타나 있는데, 이는 블루투스에서의 네트워크 구성과 유사하다. 네트워크 전체를 관리하는 master와 이에 참여하고 있는 slave로 구성되는 piconet과 piconet 내부의 또 다른 네트워크인 sub-piconet으로 구성된다.

이러한 sub-piconet의 필요성은 여러 가지로 생각할 수 있다. 먼저 각 주파수 대역마다 하나씩의 네트워크만 생성 가능하다면 80 MHz의 ISM 대역을 5MHz로 나누어 쓸 경우 전체 16개의 네트워크가 가능해진다. 하지만 복잡한 사무실이나 아파트와 같은 환경에서의 사용 예를 살펴보면 16개 정도의 네트워크으로는 사용에 제한이 가해질 가능성이 많이 존재한다. 그리고 네트워크의 전체 throughput적인 측면에서의 향상도 꾀할 수 있다.

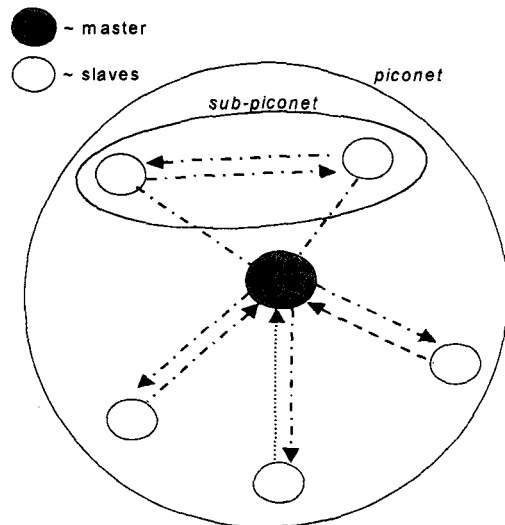


그림 11. 멀티 네트워킹의 구성 : piconet, sub-piconet의 구성



이러한 sub-piconet이 있을 때의 piconet의 성능 분석은 기존의 IS-95 시스템이나 WCDMA 시스템에서의 '인접셀 간의 간섭'과 거의 유사하다. 수신기를 제안된 모델을 사용하고 왈시 코드 'i'와 스크램블링 코드 'm'을 사용하는 사용자를 검파할 때의 분석은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned}
 r &= \int_0^T [2I(t) + Q(t)] P_m(t) w_i(t) dt \\
 &= a_i \int w_i^2(t) dt + a_1 \int w_1(t) w_i(t) dt \\
 &\quad + a_2 \int w_2(t) w_i(t) dt + \dots \\
 &\quad + b_j \int P_m(t) P_n(t) w_i(t) w_j(t) dt + \dots \\
 &= a_i + k(b_1 + b_2 + \dots + b_j + \dots)
 \end{aligned} \tag{3}$$

이때,

$$k = \begin{cases} 0, & \text{for } m = n \\ \int P_m(t) P_n(t) dt, & \text{for } i = j \\ \int P_m(t) P_n(t) w_i(t) w_j(t) dt, & \text{for } m \neq n \text{ and } i \neq j \end{cases}$$

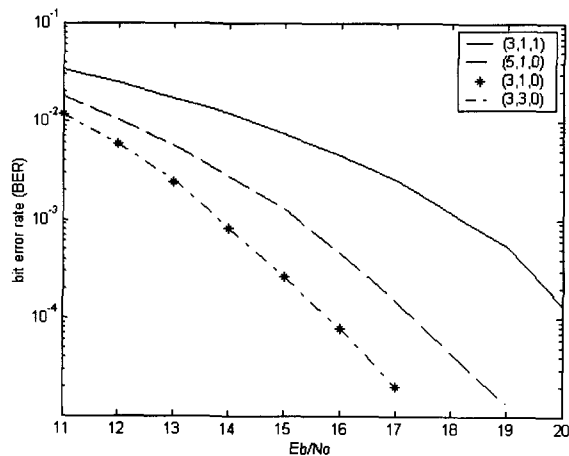
이때  $m$ 과  $n$ 은 서로 다른 네트워크를 나타내는 상수이고  $i$ 와  $j$ 는 채널화 코드의 상수이다. 같은 네트워크일 때( $m = n$ )는 채널화 코드 때문에  $k = 0$ 이며, 다른 네트워크이지만 같은 채널화 코드를 사용한다면( $i = j$ ) 네트워크 구분 코드 사이의 상관 관계이며,  $m \neq n$ 이고  $i \neq j$ 일 때는 스크램블링 코드와 채널 구분 코드의 조합으로 나타난다.

그림 13은 네트워크의 구성에 따른 성능을 보여준다. 각각의 곡선은 하나의 주파수 대역에서 네트워크의 구성이 (piconet, sub-piconet0, sub-piconet1)의 개수

를 각각 나타낸다. 대역 확산 이득을 8로 고정했을 때인데, 고정된 주파수 대역 내에서 3개의 다른 네트워크를 구성하는 것은 2개의 네트워크를 구성하는 것에 비해 전체 성능이 많이 저하됨을 알 수 있다. 그리고 2개의 네트워크를 구성하더라도 각각의 네트워크에 사용자의 수에 따라서 전체 성능이 많이 달라짐을 알 수 있다. 이는 각각의  $m \neq n$ 이고  $i \neq j$ 일 때의 교차 상관계수의 값이 대부분 크게 나타나기 때문이다.

## VI. 결 론

본 논문에서 근거리 무선 네트워크 시스템에서 사용될 수 있는 MP-HMA 시스템에 대해 살펴보았다. PAN을 무선으로 구현하기 위한 기술로 멀티코드 사용 시 송신 신호 파형이 멀티 레벨로 나타나게 되어 시스템의 구조가 복잡해지고 가격이 비싸지는 단점이 존재한다. 이러한 기술적 문제점을 해결하기 위해 멀티레벨의 신호를 위상신호로 전환하여 이진화 또는 4진화하여 전송하는 기술이 요구되며, 또한 산업 기기들이 밀집된 환경에서도 상호 간섭과 전송전력의 효율을 극대화하는 기술이 필요하다. 이를 멀티 레벨 신호를 clipping함으로써 시스템 구조를 단순화하며



고속의 전송률을 얻을 수 있다.

이를 통해 근거리 무선 네트워크 기기 표준화 기술 개발, 시스템 개발과 수요의 창출을 통하여 국내 업체의 경쟁력을 갖출 수 있고, 경제적으로는 로얄티 수입으로 국내 독자 기술로 원천특허를 확보하여 막대한 로얄티 수입이 예상할 수 있다. 관련 산업의 핵심 기술로 발전하여 가전산업의 무선 디지털 가전기기와 통신산업의 WPAN용 휴대 단말기 및 WLAN 접속기와 반도체 산업의 저전력 주문형 반도체와 산업전자 산업의 무선 PostPC 등에서 핵심기술로써 통합·발전될 전망이다.

정보화 사회의 중요한 인프라인 홈 네트워킹의 필수적인 무선 접속기술은 향후 디지털기 산업의 성패를 좌우 할 것이다. 따라서 우리의 원천기술인 Binary CDMA 기술을 개발하여 상용화한다면, 디지털가전 산업뿐만 아니라 모든 개인영역의 무선기기 산업의 경쟁력을 확보할 것이다. 우리의 원천기술과 핵심기술로 디지털기기의 무선 접속방식의 표준화를 이루어 간다면, 로얄티 수입, 경쟁력 있는 제품 생산 등 경제적인 효과가 대단히 클 뿐만 아니라 무선 관련 산업에 엄청난 파급효과가 기대된다. 먼저, 향후 신규 모든 무선응용 분야에 적용 가능해 지는데, 디지털가전용 무선 Network 분야, Bluetooth 응용 분야, 무선 전화기, 무선 키폰, 무선 PABX, Walky-Talky, 무전기, WLAN, WPAN 분야, 무선 게임기, 지능형 로봇 무선 인터페이스, 무선 Control PAD, 무선 산업용 로봇 등의 분야에서 적용 가능하다. 그리고 경제적 기대효과로는 국내 독자적인 원천기술의 로얄티 수입을 가능하게 하며, 디지털 가전의 무선 인터페이스관련 제품으로 수입이 있고, 블루투스 시장과 WLAN 시장의 일부 점유를 통해 경제적 효과를 누릴 수 있다.

## 참고문헌

[1] Bluetooth SIG groups, "Specification of

the blue tooth system," ver 1.0 draft foundation, July 1999.

- [2] HomeRF, "Technical summary of the SWAP specification," February 1999.
- [3] IEEE 802.11 standard, "Wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer (PHY) specifications," 1997.
- [4] F. Bennet, "Piconet : embedded mobile networking," IEEE Personal Commun., pp. 8~15, October 1997.
- [5] K. Pahlavan and A. H. Levesque, Wireless information networks, Wiley-Interscience Publication, 1995.
- [6] T. Ottosson and A. Svensson, "Multi-rate schemes in DS/CDMA systems," in Proc. VTC '95, pp.1006-1010, 1995.
- [7] T. H. Wu and E. Geraniotis, "CDMA with multiple chip rates for multimedia communications," in Proc. Information science and systems, pp.992-997, 1994.
- [8] 안호성, 류승문, 나성웅, "Binary CDMA 소개," JCCI, VI-A.1.1-4, April 2002.



### 조진웅

1986년 2월 광운대학교 전자통신공학과(공학사), 1988년 2월 광운대학교 전자통신공학과(공학석사), 2001년 2월 광운대학교 전자통신공학과(공학박사), 1999년 1월~1999년 12월 (日本)

Electrotechnical Lab. STA fellow 초빙연구원, 1993년 7월~현재 전자부품연구원 무선PAN기술사업단 단장 <관심분야> 무선 PAN 통신 시스템, DAB 시스템



### 서경학

1978년 2월 서울대 전자공학과(공학사), 1980년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사), 1989년 8월 SYRACUSE대학 공과대학원 ELECTRICAL & COMPUTER ENGINEERING(공학박사), 1980년 12월~2001년 4월 삼성전자, 2001년 5월~현재 전자부품연구원 시스템연구본부 본부장 <관심분야> xDSL 시스템, 무선 PAN 통신 시스템

학박사), 1980년 12월~2001년 4월 삼성전자, 2001년 5월~현재 전자부품연구원 시스템연구본부 본부장 <관심분야> xDSL 시스템, 무선 PAN 통신 시스템



### 주민철

1997년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과(공학사), 1999년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사), 1999년 3월~현재 전자부품연구원 무선PAN기술사업단 <관심분야> 무선 PAN

통신 시스템



### 류승문

1975년 2월 서울대학교 전기공학과(공학사), 1980년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사), 1985년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사), 1994년 1

월~1996년 7월 한국이동통신 PCS 추진본부장 (현 SK Telecom), 2000년 10월~현재 (주) 카서 대표이사 <관심분야> 초고속 무선 LAN