

MP/CDMA를 위한 신호 성상 설계

정희원 안 무 건*, 홍 인 기*, 손 원*, 김 영 수*

Design of Signal Constellation for MP/CDMA

Moo-Gun Ahn*, Een-Kee Hong*, Won Shon*, Young Soo Kim* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 Multi-Phase(MP)/CDMA를 위한 신호 성상 설계 방식을 제안하였고, 제안 방식에 의한 성능을 기존 방식과 비교하였다. 일반적인 MPSK 신호 방식에서는 인접한 위상에 오직 한 비트 다른 신호를 할당하도록 하고 있다. 반면, MP/CDMA 신호 방식에서는 전송신호가 이진 신호가 아닌 신호 크기 값이기 때문에 전송에 있어서는 clipping 한 후의 신호간의 크기 차가 크게 나타나는 신호들을 위상차가 큰 위상에 대응되도록 할당하였다. 성능분석 결과 제안 방식에 의하여 신호를 할당할 경우 성능이 개선되는 것을 확인할 수 있었고, clipping 레벨을 적게 하고 보호위상(guard phase)을 크게 하는 것 보다 제안 방식에 의한 clipping 레벨 수를 크게 하여 주는 방식이 우수한 성능을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, a new signal constellation design method is proposed for Multi-Phase(MP)/CDMA and its performance is compared with that of conventional method. In general MPSK modulation, the neighbor phases are allocated to the symbols that have only one different bit. However, the neighbor phases are allocated to the signal levels that have small differences in amplitude after clipping process since the transmitting signals in MP/CDMA are not binary symbols but the signal levels. The analysis shows that the performance of proposed scheme is much better than that of conventional method and it is better to increase the number of clipping levels than decrease the number of clipping levels and increase the region of guard phase.

1. 서 론

DS/CDMA 방식에서는 다양한 전송속도를 갖는 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 가변확산 이득(Variable Spreading Gain), 다중 반송파(Multi-carrier), 다중 부호(Multi-code) 등의 방식을 채택하고 있다^[1]. IMT-2000 방식에서는 가능하면 확산이득(spreading gain)을 조절하여 데이터 전송 속도의 변화를 수용하도록 하고 있고, 더 이상 확산이득을 낮출 수 없는 경우에는 복수의 코드를 할당하는 Multi-code 방식을 채택하도록 하고 있다. 그 이유는 Multi-code 방식을 사용할 경우 여러 신호가 합쳐지면서 그 크기 변화가 심하여 선형 동작영역이

큰 증폭기를 필요로 하고, 이는 곧 전력 소모가 커진다는 것을 의미하기 때문이다. 그러나 점차로 고속데이터 전송의 필요성이 강조되고 있고, 이를 위한 Multi-code 신호 전송 방식을 사용하면서도 순간 진폭변화를 줄이기 위한 방안들이 연구되고 있다^{[1][2][3]}.

최근 Multi-code CDMA의 전송출력을 이진 심볼 형태로 변환하여 순간변화를 없애주는 방안으로 binary CDMA 방식이 제안되어졌고, 이를 구현하기 위한 방법으로 Pulse Width(PW)/CDMA, Multi-Phase(MP)CDMA, Code Select(CS)/CDMA의 세 가지 방식이 제안되어졌다^{[1][4][5]}. 각각의 신호 방식은 Multi-code에 의하여 여러 채널이 더해진 전송

* 경희대학교 전자정보학부
논문번호 : 020247-0520, 접수일자 : 2002년 5월 20일

신호 크기를 각각 펄스 폭(PW/CDMA), 위상 값(MP/CDMA), 혹은 특정 코드 선택(CS/CDMA)으로 처리하고 있다. 여기서 여러 개의 코드가 더해지게 되면 매우 다양한 신호 크기가 존재하게 되므로 이를 펄스 폭이나 위상 값으로 표현하기에는 어려움이 따르므로 일정크기 이상은 하나의 값으로 표현하는 clipping 기법이 적용되고 있다^{[1][3][4][5]}.

PW/CDMA 방식에서는 신호크기가 펄스 폭으로 표현되게 되므로 그 대역폭이 일정하지 않을 뿐더러 clipping level수에 비례하는 대역폭을 요구하여 대역 사용 효율이 떨어진다. 따라서, 무선 전송 방식에서는 MP/CDMA의 사용이 효과적이라 할 수 있다. 기존의 MP/CDMA에서는 clipping 하고 난 후의 신호의 크기에 따라 대응되는 위상을 차례대로 할당하도록 하고 있다. Multi-Code 수가 10이고 clipping 레벨이 6인 경우를 예로 들면, 10개의 코드가 더해지면 나올 수 있는 레벨은 [-10, -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8, 10]이고, -6이하의 레벨은 -6으로 6이상은 6으로 대응시키는 clipping 과정을 거친 후 -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6을 각각 -135° , -90° , -45° , 0° , 45° , 90° , 135° 에 차례대로 할당하도록 하고 있다.

본 논문에서 제안하는 방식은 MP/CDMA 방식에서 위상 할당 방식에 관한 것으로 두 신호간의 크기가 큰 신호를 가능하면 멀리 위치하도록 할당하고 있다. 일반적인 M-ary PSK 방식에서는 Gray 부호화 방식에 의하여 Hamming 거리가 최소가 되는 신호를 인접 위상에 할당하고 있지만, MP/CDMA에서는 인접한 위상에는 신호 크기가 적은 신호들을 할당하도록 하고 있다. 제안된 방식에서

clipping 레벨이 6인 경우를 예로 들면, 크기가 6과 -6인 신호를 각각 90° , -90° 에 할당함으로써 두 신호간의 차이를 크게 하도록 하고 있다. 또한 clipping 레벨 각각의 값이 전체 성능에 미치는 영향을 분석하여 MP/CDMA 방식에 적절한 신호 성상 및 decision boundary를 제시하였다.

2절에서는 MP/CDMA 방식에 대하여 기술하였고, 3절에서는 신호 할당 방식을 제안하였으며, 4절에서는 그 신호 할당 방식에 따른 성능을 비교하였다. 마지막으로 5절에서는 결론을 도출하였다.

II. Multi-Phase CDMA 시스템

1. 시스템 모델

기존의MC(Multi-code)-CDMA의 경우 고속의 데이터 서비스를 위해 각 사용자당 하나 이상의 직교 부호열이 할당되어지고, 신호는 직교 부호열로 확산된 후 선형적으로 합쳐져 전송하게 되므로 출력신호가 다중 레벨 신호의 형태를 갖게 된다. 다중 레벨 신호는 PAPR(Peak to Average Power Ratio)이 증가하게 되므로 큰 선형성을 갖는 증폭기를 필요로 한다. MP/CDMA 전송 방식은 이러한 증폭기의 비선형 특성에 의한 영향을 최소화하기 위해 다중 레벨 신호를 일정 포락선 신호로 변환하는 것이다^[4]. MP/CDMA 전송 방식은 다중 레벨 신호를 M-ary PSK 방식에 적용하여 신호 레벨이 일정한 전송 신호로 만든다. 다중 레벨 신호의 각 레벨을 MPSK의 심볼에 하나씩 할당하여 전송하게 되므로 최종적으로 신호는 일정 포락선을 유지하게 된다.

그러나 전송률이 높아질 경우 사용 채널 수의 증

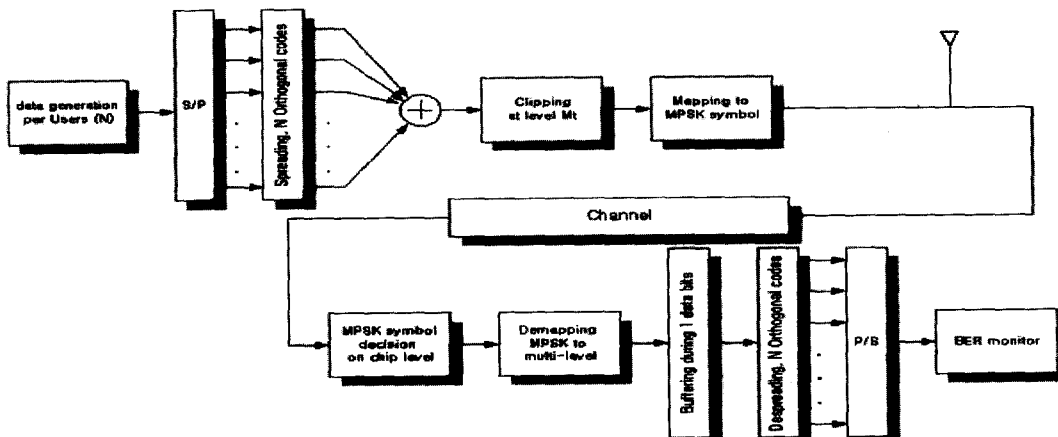


그림 1. MP/CDMA 시스템 송수신단 블록도^[4]

가로 신호의 레벨수가 증가하게 되어 요구되는 MPSK 심볼 수가 많아지게 된다. 이런 경우 위상간의 거리가 줄어들어 MPSK 신호의 전송 심볼 오류율이 증가하게 된다. 따라서 송신 시 출력 신호의 레벨을 일정한 값 이상은 잘라버리는 clipping 방식을 적용하고 이때 요구되는 MPSK 심볼 수를 줄임으로써 시스템의 복잡도를 줄일 수 있다. 그림 1은 MP/CDMA 시스템의 송수신 블록도 이다. 각 사용자 신호는 직교 부호로 확산된 후 선형적으로 합해져 clipping 과정을 거치게 된다. 진폭 제한된 다중레벨 신호는 MPSK 심볼에 각각 할당되어 전송된다. 수신된 신호는 경편정된 후 다중레벨 신호로 역 변환되며 역 확산 과정을 거쳐 복원된다.

2. Clipping 레벨에 따른 심볼 할당

그림 2는 직교 열로 확산된 신호가 선형적으로 더해졌을 때 발생할 수 있는 다중레벨 신호를 M_t 로 clipping하는 과정이며 만약 M_t 를 4로 설정하면, 4 이상의 신호는 모두 4로 -4이하의 신호는 모두 -4로 표현된다. 그림 3은 clipping된 다중레벨 신호가 MPSK 심볼에 할당되는 방식을 보여 준다. 따라서 발생할 수 있는 레벨의 종류는 $\{-4 -2 0 +2 +4\}$ 이며 각 레벨은 8-PSK의 심볼 중 수신 오류가 가장 작은 다섯 심볼에 각각 할당된다.

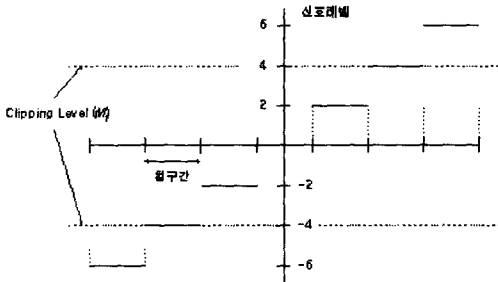


그림 2. 다중레벨 신호의 Clipping^[4]

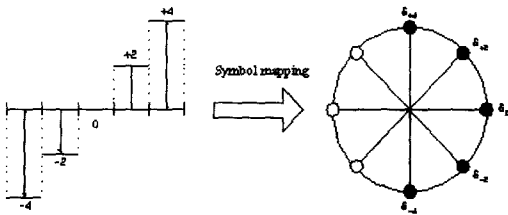


그림 3. Clipping된 신호와 MPSK 심볼 할당^[4]

그림 4는 Clipping 레벨을 2,4,6으로 선정했을 때의 위상 할당을 나타낸 것이다. 짝수 채널이 더해지

면 홀수개의 위상이 필요하게 되어 MPSK 심볼에 할당되지 않는 위상이 발생하게 된다. 이때 신호가 할당되지 않은 위상은 보호위상으로 사용한다. 예를 들어 8채널이 더해지면 가능한 신호레벨은 $[\pm 8, \pm 6, \pm 4, \pm 2, 0]$ 의 9개가 되고 clipping 레벨을 4로 하면 4, 6, 8을 4로 -4, -6, -8을 -4로 표현되어 전송되어진다. 이때 필요한 위상은 $\pm 4, \pm 2, 0$ 을 나타내기 위한 5개의 위상이 필요하고, 기존 MPSK 방식을 이용하려면 8PSK에서 5개의 위상을 사용하고 나머지 3개는 보호위상으로 사용하거나 혹은 360° 를 5개로 균등 분할 하여 72° 마다 하나의 심볼을 할당하는 방식을 사용한다. 각 위상에 매핑된 심볼들은 실제 신호에 미치는 영향력이 다르므로 심볼에러가 발생할 경우 큰 오차가 발생하게 된다. 이러한 심볼간의 에러를 줄이기 위해 보호위상을 사용한다.

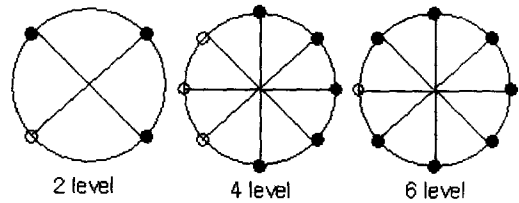


그림 4. Clipping level에 따른 위상 할당

III. MP/CDMA 신호 할당

1. MP/CDMA 위상 할당

MP/CDMA 신호 할당 방식을 위한 고려 사항으로 첫째, 신호 크기가 큰 신호들의 위상차를 크게 하여 주고, 둘째, 인접한 위상에는 신호 크기차가 적은 신호를 할당하도록 하였다.

clipping 레벨이 6일 때의 신호 할당 방식을 그림 5에 나타내었다. (a)는 기존 할당 방식이고, (b)의 할당 방식에서는 신호크기 6과 -6간의 신호 차가 가장 크므로 각각 $\pm 90^\circ$ 에 할당하고 4와 -4를 $45^\circ, -135^\circ$ 에, 2와 -2를 $135^\circ, -45^\circ$ 에 할당하는 방식이고, (c)방식에서는 ± 6 의 신호를 $\pm 90^\circ$ 에, ± 4 의 신호는 보호위상을 고려하여 $\pm 135^\circ, \pm 2$ 는 신호간의 크기가 적으므로 $\pm 45^\circ$ 에 할당하고 신호 크기 0은 0° 에 대응시키는 방식이고, (d)는 360° 를 일정한 간격으로 나눈 경우이다.

위의 (b), (c)와, (d)의 제안 방식은 단순히 신호차가 큰 신호를 멀리 떨어뜨리는 것을 주안점으로 하고 있으나, 아직 신호간의 차를 모두 고려한 것은 아니

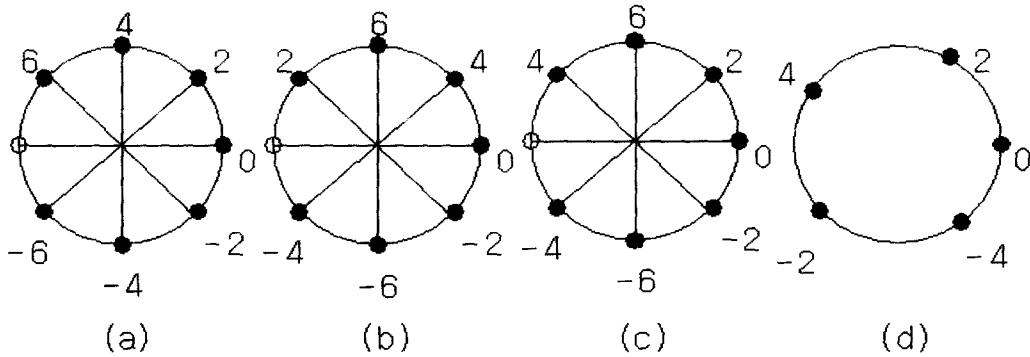


그림 5. MP/CDMA 위상할당 방식

다. 즉, 제안 방식(b)나 (c)의 경우 clipping 레벨 6을 90° 에 할당하였고, 그 인접 위상에 레벨 2와 레벨 4를 할당하였다. 그러나 레벨 6과 4는 2의 차이가 있고, 레벨 6과 2는 4의 차이가 나타나고 있으나 현재의 위상할당 방식에서는 레벨 2와 4를 레벨 6과 동일한 위상차를 갖도록 하고 있다. 만약 레벨 6의 값을 90° 에 할당하여 전송하였다면, 레벨 2와 4에 해당하는 $135^\circ, 45^\circ$ 로 잘못 판정할 확률이 같아지게 되므로 레벨 2와 4에 대한 위상을 배치할 때 신호 크기를 고려할 필요가 있다. 이러한 점을 고려한 MP/CDMA 위상할당 방식을 결정하기 위하여 각각의 레벨 값에 오류가 발생했을 때 전체 BER에 미치는 영향을 표 1에 나타내었다. 각각의 clipping 레벨 값의 오류가 발생하였을 때 전체 시스템 성능에 미치는 영향을 나타내었다. 즉 AWGN을 포함한 여타의 잡음신호는 없고 확산이득이 128이고 clipping 레벨 $M_t=4$ 일 때 MP/CDMA 심볼 에러가 BER에 미치는 영향이다.

32채널이 더해져 clipping 하였을 때를 살펴보면, 레벨 6이 2 혹은 -6이 -2로 잘못 판정되었을 때의 BER은 0.0075625로 나타나고 있으나 레벨 2가 0 혹은 0이 2로 잘못 판정되었을 때의 BER은 0인 것

을 알 수 있다. 64채널에서도 전자가 후자에 비해 잘못 판정될 BER이 높은 것으로 나타났다. 따라서 채널 수가 늘어날수록 레벨 6이 나타날 확률이 많아지고 복조시 레벨 6이 2에 비해 더 많은 영향을 주므로 레벨 0과 2 사이의 위상은 줄여주고, BER에 큰 영향을 미치는 레벨 6과 2 사이의 위상은 크게 할당하는 방식을 제안한다. 이에 따른 위상 배치를 그림 6에 나타내었다. 마찬가지로 6이 4 혹은 4가 6으로 잘못 판정되었을 때의 BER은 0이고, 4와 6은 이미 보호 위상으로 떨어져 있으므로 4와 6은 위상을 그대로 유지하고 2와 6만 고려한다.

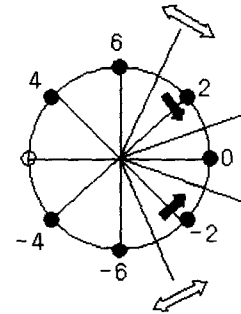


그림 6. clipping 레벨 차를 고려한 위상할당 방안

표 1. clipping 레벨별 오류가 BER에 미치는 영향

Angle Change	8ch	16ch	32ch	64ch
6→2, 6→2	0	0	0.0075625	0.0604844
2→6, 2→6	0	0	0.0003125	0.00978125
6→4, 6→4	0	0	0	0.003375
4→6, 4→6	0	0	0	0.00234375
2→0	0	0	0	0.000328125
0→2	0	0	0	0.000578125
2→0, 0→2	0	0	0	0.0019375

2. Decision Boundary 결정

표1에서 6 → 2, -6 → -2 로 오류가 났을 때의 영향이 2 → 6, -2 → -6 의 오류 영향보다 더 크다. 그러므로 Decision Boundary 를 6과 2의 중간이 아닌 2 또는 -2 쪽으로 놓는 것이 좋을 것이다. 이에 대한 Decision Boundary 배치를 그림 6에 나타내었다.

IV. 모의실험 결과

그림 7에서는 32채널에서 코드길이가 128이고 clipping 레벨이 6일 경우의 기존 방식과 제안한 방식의 성능을 나타내고 있다. chip당 잡음비(SNR)가 증가함에 따라 제안 방식의 성능이 기존 방식에 비하여 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있고, 제안한 두가지 방식은 거의 비슷한 성능을 보여줌을 알 수 있다.

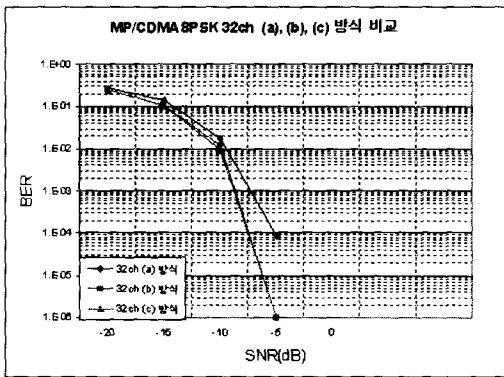


그림 7. 위상할당 방식에 따른 MP/CDMA 성능 비교

그림 8에서는 32채널에서 clipping 레벨을 4로 하고 8PSK 신호 성상에서 왼쪽 신호 성분은 모두 보호위상으로 사용한 결과와 360°를 5개로 균등 분할 하여 72°마다 하나의 심볼을 할당하는 방식(d)의 결과, 또한 clipping 레벨을 6으로 하고 180° 신호 성분만을 보호위상으로 할당하였을 때의 성능을 비교하였다. Clipping 레벨 4에서 기존방식이 보호위상을 갖지 않은 (d) 방식보다 훨씬 우수한 성능을 나타내었다. 이는 각 위상에 매핑된 심볼들은 실제 신호에 미치는 영향력이 다르므로 심볼 에러가 발생하는 경우 큰 오차가 발생하기 때문이다. 따라서 보호 위상을 갖는 것이 성능의 향상을 가져올 수 있으므로 모든 방식에서 보호위상을 사용해야 한다. 기존의 방식에서는 clipping 을 4로 하고 보

호위상을 크게 한 경우의 성능이 clipping 을 6으로 하여 clipping 오류를 줄인 (a)방식의 성능보다 전 대역에서 우수한 것으로 나타났으며, 제안한 방식 (c)와 비교 할 때 -15~-8dB 에서는 기존 방식에서 clipping 레벨을 4로한 방식의 성능이 좋고 -8dB 이상에서는 제안 방식이 우수한 성능을 나타내었다. 또한 clipping 레벨을 6으로 한 기존 방식 (a) 와 제안한 방식 (C)를 비교했을 때 clipping 오류를 줄이는 제안 방식이 전 영역에서 우수한 성능을 나타내었다.

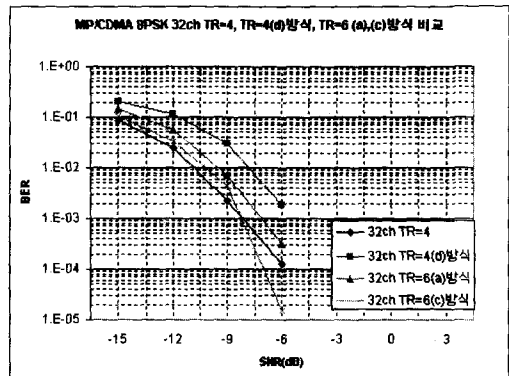


그림 8. MP/CDMA clipping 레벨과 보호위상에 따른 성능 비교(32채널)

그림 9에서는 64채널에 대한 clipping 레벨 4와 6의 성능을 나타내었다. 채널 수가 많아짐에 따라 clipping 오류에 의한 영향이 크게 나타났고, clipping 6의 기존 방식과 clipping 4를 비교할 때 낮은 SNR에서는 clipping 4가 우수한 성능을 나타낸 반면 높은 잡음비에서는 clipping 6의 성능이 우수한 것으로 나타났다. 이것은 그림 8과 다른 모습을 보이고 있는데, 64채널은 clipping 효과가 32채널보

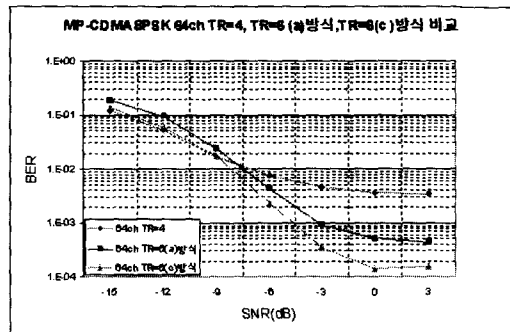


그림 9. MP/CDMA clipping 레벨과 보호위상에 따른 성능 비교(64채널)

다 커지기 때문이다. 제안한 방식을 사용할 경우 낮은 잡음비 영역에서는 clipping 4와 비슷한 성능을 보이다 잡음비가 커짐에 따라 제안 방식의 성능이 급격히 좋아짐을 알 수 있다.

그림 10에서는 그림 6의 clipping 레벨 오류를 고려한 위상 할당 방식을 이용하여 2-0, 2-0으로 위상을 변화 시키면서 나타낸 결과이다. 2,-2의 위상을 제안한 방식에서 0의 위상쪽으로 12° 와 18° 이동시킨 위상 할당 방식에서 좋은 성능을 나타내었다.

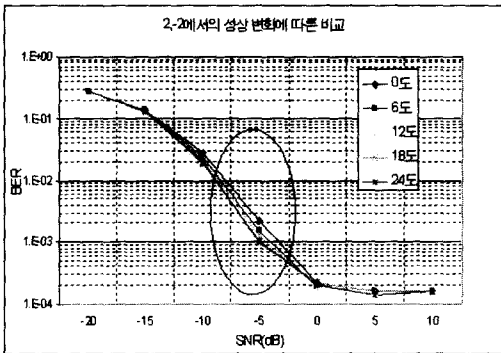


그림 10. 위상 변화에 따른 성능 비교

그림 11은 decision boundary 변화에 따른 성능을 비교한 것이다. 이는 그림 10의 결과를 이용하여 2,-2의 성상을 제안한 방식보다 12° 이동시켜 3 3° 로 고정하고 Decision Boundary를 2 와 -2 방향으로 이동시킨 결과를 나타내고 있다. 잡음비가 -5 ~ 5 dB에서 성능이 조금 향상 되었지만, 전 대역에서 보면 성능에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

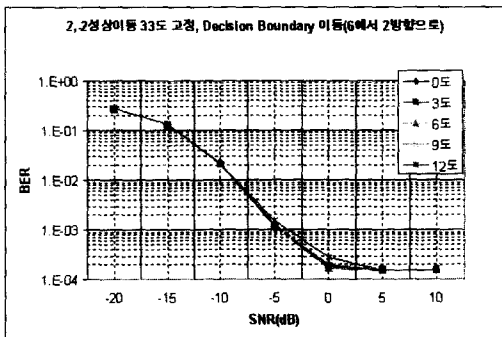


그림 11. Decision Boundary 변화에 따른 성능 비교

V. 결론

본 논문에서는 MP/CDMA 를 위한 신호 성상 설계 방식을 제안하였고, 제안 방식에 의한 성능을 기존 방식과 비교 고찰하였다. Clipping 한 후 신호 크기가 큰 신호들은 수신단 에서 복조시 영향을 많이 주므로 이를 극복하기 위해 신호 크기가 큰 신호들의 위상차를 크게 하여 주고 인접한 위상에는 신호 크기가 작은 신호를 할당하여 모의 실험을 통해 성능을 분석하였다.

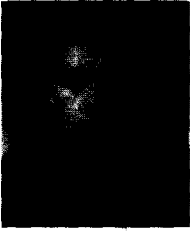
Chip당 잡음비가 증가함에 따라 제안 방식의 성능이 기존 방식에 비해 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있고, clipping 레벨을 적게 하고 보호위상을 크게 하는 것 보다 제안 방식에 의한 clipping 레벨 수를 크게 하여 주는 방식이 우수한 성능을 나타내었다. 또한 제안한 방식에서 성상 2와 -2를 0으로 1 2° 와 18° 이동시킨 결과가 우수한 성능을 나타내었지만, 2와 2의 성상을 33° 로 고정 시킨 후 Decision Boundary를 변화 시킨 것은 성능 향상을 보이지 않았다.

참고 문헌

- [1] 오종갑, 김성필, 김명진, 안호성, 류승문, “고속 무선 데이터 전송을 위한 이진 레벨 클리핑 멀티코드 PW/CDMA 시스템”, 한국통신학회 추계 학술대회, 2001.
- [2] T. Wada, T. Yamazato, M. Katayama, and A. Ogawa, “A constant amplitude coding for orthogonal multi-code CDMA systems,” IEICE Trans. Fund. Dec. 1997.
- [3] 류승문, 김제우, 문장식, 김효성, “PW/CDMA 와 DS/CDMA 의 성능 비교”, 11 th JCCI 2001
- [4] 안철용, 안치훈, 김동구, 류승문, “고속데이터 전송을 위한 Multi-Phased MC-CDMA 시스템의 제안 및 성능 분석”, 한국통신학회 논문지, Vol.26, No.12, 2001
- [5] “CS/CDMA 방식 및 그것을 구현한 장치” (특허 출원 번호 10-2001-0061738 호 : 2001.10. 8)

안 무 건(Moo-Gun Ahn)

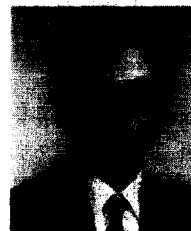
준회원



2001년 2월 : 경희대학교
전자전파계열 졸업
2001년 3월~현재 : 경희대학교
전파공학과 석사과정
<주관심 분야> IMT-2000,
이동통신

김 영 수(Young-Soo Kim)

정회원



1981년 2월 : 연세대학교
전자공학과 졸업
1983년 2월 : 연세대학교
전자공학과 공학석사
1988년 12월 : Arizona State
University 전기공학과
공학박사

홍 인 기(Een-Kee Hong)

정회원



1989년 2월 : 연세대학교
전기공학과 졸업
1991년 2월 : 연세대학교
전기공학과 공학석사
1995년 8월 : 연세대학교
전기공학과 공학박사

1985년 5월~1986년 5월 : Consultant Signal-System Technology Inc. U.S.A..

1986년 6월~1988년 12월 : Research Associate Arizona State University.

1989년 3월~1992년 8월 : 한국전자통신연구원 전파 기술부 전파응용연구실장

1992년~현재 : 경희대학교 전자정보학부 교수

<주관심 분야> 통신 신호처리, SDR, 전파방향탐지

1995년~1999년 : SK Telecom 중앙연구원 선임연구원

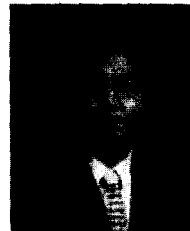
1997년~1998년 : NTT DoCoMo 교환 연구원

1999년~현재 : 경희대학교 전자정보학부 조교수

<주관심 분야> CDMA, 이동통신

손 원(Won Shon)

정회원



1982년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업
1982년 1월~1987년 6월 :
국방과학연구소 연구원
1987년 9월~1990년 5월 :
텍사스 A&M 대학교
전기공학과 공학석사

1990년 6월~1993년 8월 : 텍사스 A&M 대학교 전기공학과 공학박사

1993년 9월~1999년 2월 : 한국전자통신연구원 팀장

1994년 2월~1995년 11월 : MPR Teltech Canada 파견근무

1999년~현재 : 경희대학교 전자정보학부 조교수

<주관심 분야> 디지털 위성방송, 위성 멀티미디어 통신