

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04B 1/76 (2006.01)

H04B 1/69 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0082228

(43) 공개일자 2006년07월18일

(21) 출원번호 10-2005-0002513

(22) 출원일자 2005년01월11일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
학교법인연세대학교
서울 서대문구 신촌동 134번지

(72) 발명자 권종형
경기도 수원시 팔달구 인계동 1119 샤르망오피스텔 909호
김웅선
경기도 수원시 영통구 영통동 황골마을 신명아파트 201동 904호
이중혁
경기도 성남시 분당구 야탑동 탑마을주공8단지아파트 808동 901호
홍대식
서울특별시 강남구 대치동 506번지 선경아파트 2동 705호
조영보
경기도 성남시 분당구 서현동 시범단지 우성아파트 222동 1506호

(74) 대리인 이진주

심사청구 : 없음

(54) 다중반송파부호분할다중접속 시스템을 위한 파일럿 기반의채널 추정 방법

요약

파일럿을 이용하여 채널을 추정하는 다중반송파다중접속 기반의 무선 통신 시스템에, 본 발명의 채널 추정 방법은 송신측에서 대역확산을 거쳐 생성된 확산심벌에 상기 확산심벌을 구성하는 확산데이터심벌들과 상관관계를 갖는 파일럿심벌을 생성하고, 상기 파일럿심벌을 상기 확산심벌에 삽입하여 전송한다. 수신측에서는 상기 확산심벌을 수신하고 상기 확산심벌을 구성하는 파일럿 심벌과 확산데이터심벌들을 이용하여 파일럿을 검출한다. 본 발명의 MC-CDMA 시스템을 위한 채널 추정 방법에서는 파일럿 톤 기반의 채널 추정의 장점인 상관 대역 또는 상관 시간 같은 채널 상태에 따른 파일럿 심벌의 위치 최적화와 동시에 파일럿 채널 기반의 채널 추정의 장점인 평균화 과정을 통한 잡음 감소 효과를 동시에 얻을 수 있으므로 채널 추정의 정확성을 향상시킬 수 있다.

대표도

도 4

색인어

다중반송과 부호분할다중접속, 주파수 인터리빙, 파일럿, 채널추정

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 파일럿 톤 기반의 채널 추정 방법을 설명하기 위한 예시도;

도 2는 종래의 파일럿 채널 기반의 채널 추정 방법을 설명하기 위한 예시도;

도 3은 종래의 OFDM 심벌 기반의 채널 추정 방법을 설명하기 위한 예시도;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 MC-CDMA 시스템을 보인 블록도;

도 5는 도 4의 송신기로부터 전송되는 신호를 보인 예시도;

도 6는 본 발명의 채널 추정 방법의 E_b/N_0 에 따른 평균 제곱 오차 (mean square error) 성능 실험 결과를 보인 그래프; 그리고

도 7은 본 발명의 채널 추정 방법의 E_b/N_0 에 따른 비트오류율 (bit error rate) 성능 실험 결과를 보인 그래프이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 이동통신시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 주파수 인터리빙을 적용한 다중 반송과 코드분할다중접속 (Multi Carrier-Code Division Multiple Access: MC-CDMA) 시스템에서의 파일럿 채널을 이용한 채널 추정 방법에 관한 것이다.

차세대 이동통신에서는 보다 향상된 품질의 다양한 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 고속 고품질의 데이터 전송이 요구된다. 이러한 요구에 만족하기 위한 기술의 하나로 최근에는 MC-CDMA에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

MC-CDMA는 직교주파수분할다중화 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) 기술과 CDMA 기술에 기반을 두고 있다. OFDM은 데이터를 서로 직교하는 협대역의 부반송파에 나누어 전송함으로써 광대역 전송 시 겪을 수 있는 주파수 선택적 페이딩 채널(frequency selective fading channel)에 의한 성능 열화를 감소시킨다. 또한, OFDM에서는 보호구간 (guard interval)의 삽입으로 다중 경로 페이딩에 의한 인접 심볼 간섭 (inter-symbol interference :ISI)의 문제를 해결한다. 한편, CDMA 기술은 사용자들을 서로 직교하는 확산 부호로 구분하므로 주파수분할다중접속 (Frequency Division Multiple Access: FDMA)이나 시분할다중접속 (Time Division Multiple Access: TDMA) 기술에 비해 시스템 용량 측면에서 장점을 가진다.

MC-CDMA 시스템은 트레이닝 시퀀스처럼 수신단에서 이미 알고 있는 파일럿 심볼을 전송하여 채널을 추정한다. 그러나 빠른 페이딩 채널이나 다중 경로 채널 환경에서 채널을 정확히 추정하려면 더욱 많은 파일럿 심볼이 요구되며 이로 인해 데이터율이 감소하게 된다. 또한, 일반적인 최소 자승 (least square: LS) 기법의 채널 추정은 잡음에 의한 성능 저하가 발생하므로 최소평균자승오차(minimum mean square error: MMSE) 추정 기법이나 평균화(averaging) 기법 등이 사용된다. 그러나, MMSE는 잡음 신호에 대한 통계적 특성이 필요하고 연산 과정이 복잡하다는 단점이 있으며 파일럿 톤 기반의 채널 추정에 있어서 평균화 과정을 위해서는 많은 파일럿 심볼이 요구되므로 전송률이 감소된다.

도 1은 종래의 파일럿 톤 기반의 채널 추정 방법을 보인 개념도로서, 2개의 사용자단말에 대해 확산계수(SF)가 4인 경우의 전송 신호를 예시하고 있다. 파일럿 톤 기반의 채널 추정 방법에서는 전송 채널의 상관 대역 폭 또는 상관 시간에 따라 파일럿 톤(pilot tone: PT) (103)의 배치 간격을 적절히 설정하여 전송 하면 수신측에서는 보간 기법을 통하여 전 주파수 대역과 전 시간 대역에서 적절한 채널 추정이 가능하다. 그러나 정확한 채널 추정을 위해서는 파일럿 톤을 많이 삽입하여야

하며 파일럿이 포함된 부반송파에는 정보를 전달할 수 없으므로 전송률 측면에서 손실을 감수 해야 한다. 또한 파일럿 톤 간의 간격이 상관 대역폭이나 상관 시간 보다 큰 경우 파일럿이 전송되는 않는 구간에서 보간법에 의한 오류가 발생하므로 정확한 채널 추정이 어려워진다.

도 2는 종래의 파일럿 채널 기반의 채널 추정 방법을 보인 개념도로서, 2개의 사용자단말에 대해 확산계수가 4인 경우의 전송신호를 예시하고 있다. 파일럿 채널 기반의 채널 추정 방법에서는 하나의 확산코드를 채널 채널 추정 용도로 할당하여 주파수 전대역으로 항상 파일럿을 전송하므로 채널 환경 변화에 따른 전송 패턴 및 전송률 손실에 변화가 파일럿 톤 방식의 채널 추정 방법에 비해 적으며 수신단에서 파일럿 채널에 대한 역확산을 수행하는 과정에서 잡음에 대한 평균화 과정이 수행되므로 채널 추정 성능이 좋은 편이다. 그러나 파일럿 채널 기반의 채널 추정은 주파수 인터리빙을 사용하는 MC-CDMA에서는 데이터와 파일럿 간의 직교성이 유지되지 않으므로 적용이 불가능하다.

도 3은 특정 시간에 OFDM 심벌의 전 주파수 대역에 걸쳐 파일럿을 전송하는 블록타입의 채널 추정 방법을 보인 개념도이다. 블록타입의 채널 추정 방법에서는 파일럿 심벌을 통해 전송된 파일럿 신호들은 한 프레임 내에서 주파수 대역과 시간 대역에서 평균화를 통하여 잡음(303)에 의한 영향을 감소 시킴으로써 채널 추정 성능의 향상을 기대할 수 있다. 그러나, 높은 도플러 채널 환경에서는 시간 상의 채널 변화를 추정하기 어렵고 또한 주파수 대역상에서 채널의 상관 대역폭을 고려하지 않고 전 대역에 파일럿을 전송하므로 전송률 낭비가 심하다는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 본 발명의 목적은 주파수 인터리빙을 이용하는 MC-CDMA에서, 파일럿 채널을 기반으로 하는 채널 추정의 장점인 평균화 과정을 통한 잡음 감소는 물론 파일럿 톤 기반의 채널 추정에서와 같이 상관 대역 또는 상관 시간 같은 채널 상태에 따라 파일럿 심벌의 위치를 최적화 함으로써 채널 추정의 정확성을 향상시킬 수 있는 채널 추정 방법을 제공하는 것이다.

상기한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 채널 추정 방법에서는 송신측에서 파일럿 심벌을 할당된 하나의 확산 부호로 확산하여 데이터 심벌들과 구별하여 전송하며 특정 부반송파에 확산된 데이터 심벌들과 상관관계를 가지는 파일럿 심벌을 생성하여 전송하고, 수신측에서 상기 확산심벌을 수신하고, 상기 확산심벌을 구성하는 파일럿 심벌과 확산데이터심벌들을 이용하여 파일럿을 검출한다.

바람직하게는, 상기 파일럿심벌은 상기 확산데이터심벌들의 합의 역수를 송신전력 균일화 계수로 나누어 생성된다.

바람직하게는, 상기 파일럿은 상기 파일럿 심벌과 확산데이터심벌들을 합하여 검출된다.

바람직하게는, 상기 파일럿심벌의 삽입 위치는 채널 상태에 따라 패턴화 된다.

발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 채널 추정 방법을 설명한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 MC-CDMA 시스템을 보인 블록도이다.

도4에서, MC-CDMA 시스템은 입력 정보 비트를 미리 정해진 변조 방식에 따라 변조하는 변조부(411)와 상기 변조부(411)로부터 출력되는 데이터 심벌 s에 대역확산부호 c를 곱하는 대역확산부(412), 상기 대역확산부(412)로부터 출력되는 확산 심벌 들에 대해 역푸리에 변환을 수행하는 역푸리에변환부(413), 상기 확산 심벌들이 역부푸리에 변환되기 전에 파일럿 신호를 삽입하는 파일럿삽입부(414), 상기 역부푸리에 변환부(413)로부터 출력되는 신호열에 보호구간을 삽입하는 보호구간 삽입부(415)로 구성되는 송신기(410)와; 무선 채널을 통해 수신되는 신호의 보호구간을 제거하는 보호구간제거부(421), 상기 보호구간 제거부(421)에 의해 보호구간이 제거된 신호에 대해 푸리에변환을 수행하는 푸리에 변환부(422), 상기 푸리에 변환부(422)를 통해 출력되는 병렬 신호열에 대해 확산부호를 곱하여 역확산을 수행하여 직렬 신호로 출력하는 역확산/결합부(423), 상기 푸리에 변환부(422)의 출력신호를 이용하여 채널을 추정하는 채널 추정부(424), 그리고 상기 역확산/결합부(423)로부터 출력되는 신호를 복조하는 복조부(425)로 구성되는 수신기(420)로 이루어진다.

도 5는 도 4의 송신기로부터 전송되는 신호를 보인 예시도로 2명의 사용자가 확산계수 SF=4인 신호를 전송하는 경우의 예를 보이고 있다. 도 5에서 세로축은 부호 인덱스이며 가로축은 부반송파 인덱스를 나타낸다. k 번째 (k=1, 2) 사용자의 i 번째 전송 심벌 d_{ki} 는 확산부호 $c_k=\{c_{k1}, c_{k2}, c_{k3}, c_{k4}\}$ 로 확산된 후 주파수 축에서 인터리빙된다. P (510)는 수신단에서 미리 알고 있는 파일럿 신호를 나타낸다.

본 발명의 일 실시예에 따른 채널 추정 방법에서 파일럿 채널은 전 주파수 대역에 파일럿 채널로 할당되며 특정 부반송파에는 전송 데이터와 상관 관계를 가지는 파일럿 심벌 (data dependent pilot symbol)(505)이 할당된다. 이 파일럿 심벌은 수신단에서 평균화 과정에서 데이터 심벌 성분이 소거되도록 설계되며 채널 상태에 따라 적절한 위치에 삽입된다.

다시 말해, 상기 파일럿 심벌은 모든 사용자들의 확산 심벌들의 합의 역수에 전력 균일화 계수 P_n 으로 나눔으로써 결정된다.

일반적인 파일럿 채널 기반의 채널 추정 기법에서 파일럿 채널은 상관 대역 보다 작은 길이의 확산 부호를 할당해야 하므로 전송 데이터의 손실이 크지만 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 추정 방법에서는 데이터 상관 파일럿 심벌을 통하여 사용자 신호와 파일럿 신호를 구분할 수 있으므로 파일럿 채널에 가장 긴 길이의 확산 부호를 할당할 수 있으며 데이터 율의 손실은 파일럿 심벌의 개수에 의해서만 감소한다.

본 발명의 일 실시예에서 채널 추정은 연속된 부반송파 간의 평균화 과정을 통하여 이루어진다. 따라서, 데이터 종속적 파일럿 심벌(505)이 전송된 부반송파에 균일화 계수 (power normalization factor) P_n 을 곱하여 수신하고 데이터가 전송된 부반송파 (501, 502, 503, 504)와 평균화를 취하면 사용자 신호들은 모두 소거되어 파일럿 신호 (P) 만이 남게 된다.

수식상의 편의를 위해 연속된 다섯 개의 반송파는 상관 대역폭보다 적은 범위라고 가정하면 이 대역폭 내에서의 채널 응답 H_n 은 같다고 볼 수 있으므로 반송파별 수신 신호는 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

[표 1]

부반송파 1에 대한 수신신호	$H_1*(P+d_{11}*c_{11}+d_{21}*c_{21})$
부반송파 2에 대한 수신신호	$H_1*(P+d_{12}*c_{11}+d_{22}*c_{21})$
부반송파 3에 대한 수신신호	$H_1*(P+d_{11}*c_{12}+d_{21}*c_{22})$
부반송파 4에 대한 수신신호	$H_1*(P+d_{12}*c_{12}+d_{22}*c_{22})$
부반송파 5에 대한 수신신호	H_1* $-(d_{11}*c_{11}+d_{21}*c_{21}+d_{12}*c_{11}+d_{22}*c_{21}+d_{11}*c_{12}+d_{21}*c_{22}+d_{12}*c_{12}+d_{22}*c_{22})$
평균화	$4 H_1*P/4P=H_1$

본 발명의 일 실시예에서는 이렇게 추정된 채널 응답 값에 다시 한번 평균화를 취하여 잡음을 감소시킴으로써 전 주파수 대역의 채널 값을 추정할 수 있다.

이하, 본 발명의 채널 추정 방법의 성능 모의 실험 결과를 설명하난. 모의 실험 환경 변수는 표 2와 같다.

[표 2]

변수	값
부반송파의 수(N_c)	1024
확산 계수 (SF)	16

도 6는 120km/h의 이동 속도에서 25개의 다중 경로를 가지는 레일리 페이딩 채널 환경에서 4명의 사용자에 대한, Eb/No에 따른 파일럿 톤 기반의 채널 추정 방식과 본 발명의 채널 추정 방식의 평균 제곱 오차 (mean square error)를 나타낸 그래프이다. 도 6에서 파일럿 톤(pilot tone)은 파일럿 톤 기반의 채널 추정 방식을 나타내고 신호검출 방식으로 최소자승 (least square) 방식이 사용되었다. df와 dt는 파일럿 톤의 주파수와 시간 상의 간격을 나타낸다. 또한 전 대역의 채널 상태 정보를 얻기 위해 선형 보간법(linear interpolation)을 적용하였다. Pilot tone (df=4, dt=32)는 파일럿 패턴이 채널의 상태에 적합하지 않게 배열된 상태로 채널 추정 성능이 크게 열화됨을 알 수 있으며 pilot tone (df=4, dt=2)는 파일럿 심벌간의 간격을 채널 상태에 최적으로 맞춘 상태의 성능을 나타낸다. 도 6에서 보는 바와 같이, 본 발명의 채널 추정 기법이 평균화 과정을 통해 잡음에 의한 성능 감소를 줄여 파일럿 톤 기반의 채널 추정 방식보다 10^{-2} 의 최소자승오차 (minimum square error: MSE) 범위에서 5dB 정도의 성능 향상을 보임을 알 수 있다.

도 7은 본 발명의 채널 추정 방식의 Eb/No에 따른 비트오류율 (bit error rate) 성능 실험 결과를 보인 그래프이다. 수신단의 신호 검출 방식은 최소평균자승오류결합(minimum mean square error combine) 방식을 사용하였고, Perfect CSI는 정확한 채널 상태 정보 (channel state information)을 안다는 가정에서의 비트 오류율을 나타낸다. 도 7에서 보는 바와 같이, 같은 데이터 율과 송신 전력에서 본 발명의 채널 추정 방법이 종래의 채널 추정 방법에 비해 BER 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

발명의 효과

상기한 바와 같이, 본 발명의 MC-CDMA 시스템에서의 채널 추정 방법에서는 파일럿 톤 기반의 채널 추정의 장점인 상관 대역 또는 상관 시간 같은 채널 상태에 따른 파일럿 심벌의 위치 최적화와 동시에 파일럿 채널 기반의 채널 추정의 장점인 평균화 과정을 통한 잡음 감소 효과를 동시에 얻을 수 있으므로 채널 추정의 정확성을 향상시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

파일럿을 이용하여 채널을 추정하는 다중반송파다중접속 기반의 무선 통신 시스템에 있어서,

송신측에서 대역확산을 거쳐 생성된 확산심벌에 상기 확산심벌을 구성하는 확산데이터심벌들과 상관관계를 갖는 파일럿 심벌을 생성하고;

상기 파일럿심벌을 상기 확산심벌에 삽입하여 전송하고;

수신측에서 상기 확산심벌을 수신하고;

상기 확산심벌을 구성하는 파일럿 심벌과 확산데이터심벌들을 이용하여 파일럿을 검출하는 채널 추정 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 파일럿심벌은 상기 확산데이터심벌들의 합의 역수를 송신전력 균일화 계수로 나누어 생성되는 것을 특징으로 하는 채널추정방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 파일럿은 상기 파일럿 심벌과 확산데이터심벌들을 합하여 검출하는 것을 특징으로 하는 채널 추정 방법.

청구항 4.

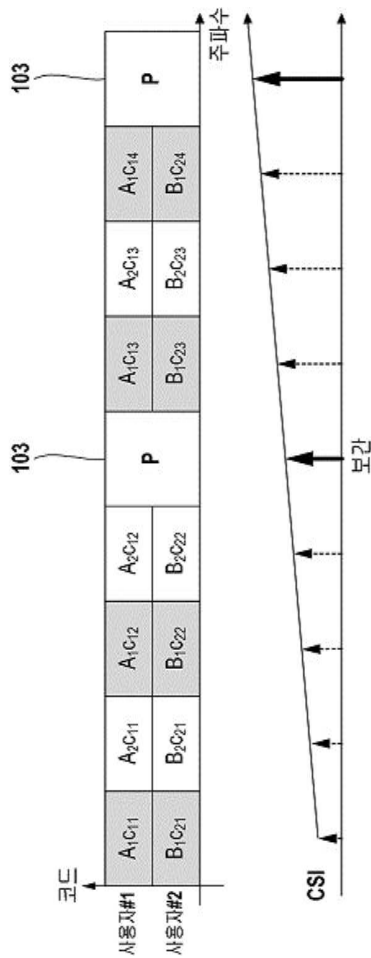
제 1항에 있어서, 상기 파일럿심벌의 삽입 위치는 채널 상태에 따라 패턴화 되는 것을 특징으로 하는 채널 추정 방법.

청구항 5.

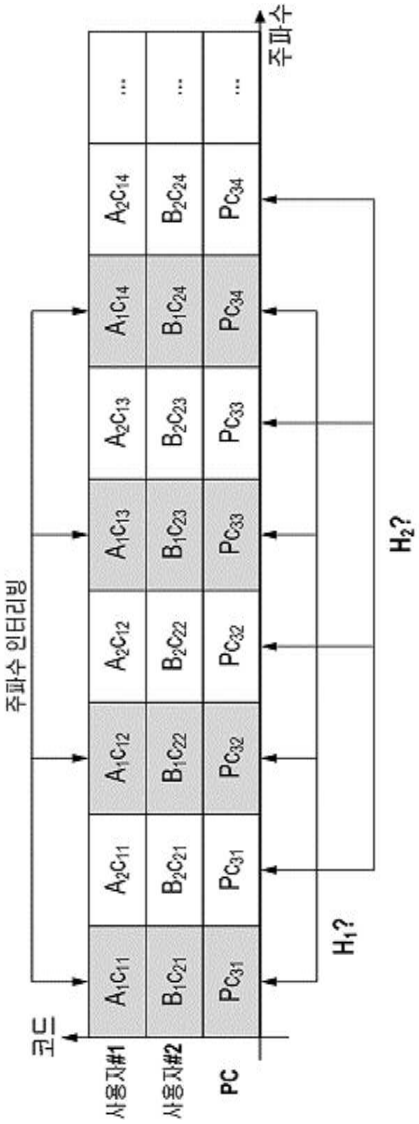
제 1항에 있어서, 상기 확산심벌에 대해 주파수 인터리빙을 수행하는 것을 더욱 포함하는 채널 추정 방법.

도면

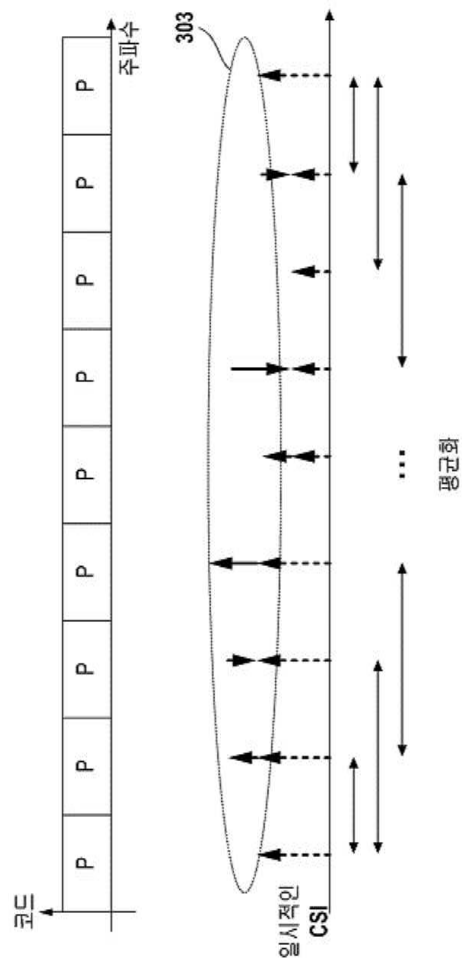
도면1



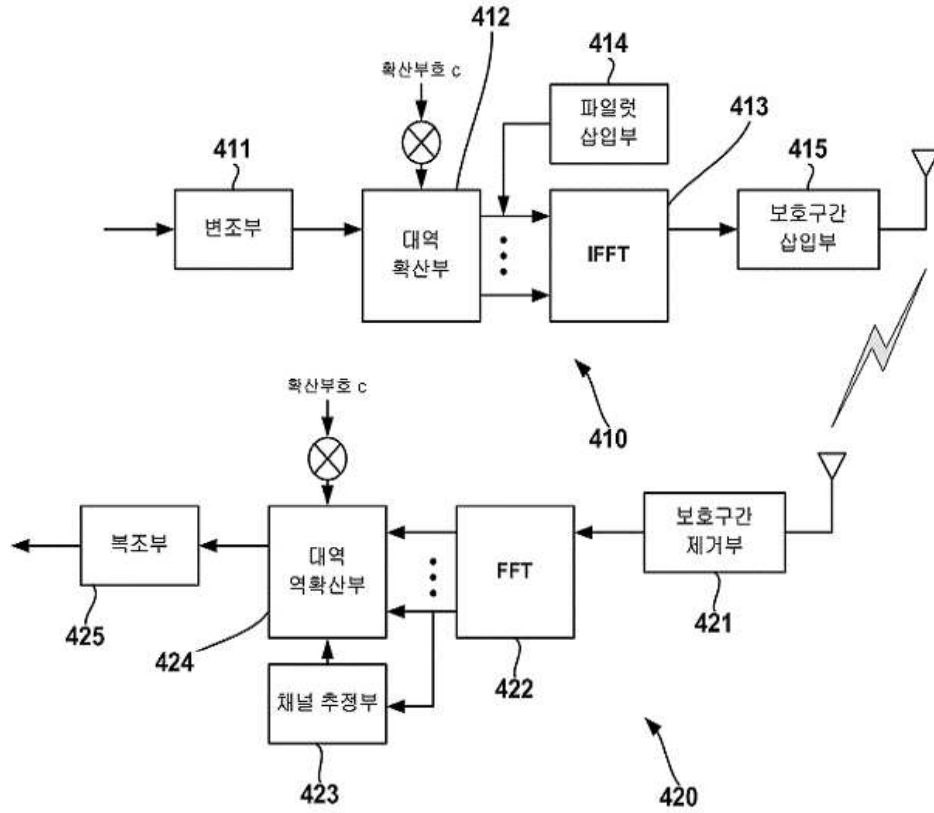
도면2



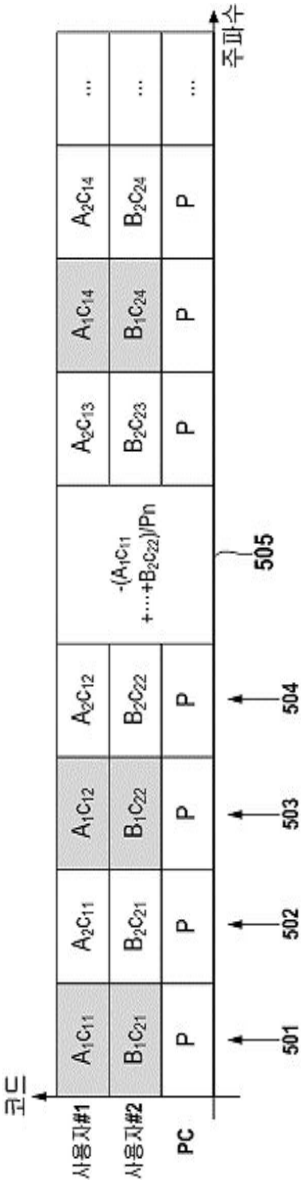
도면3



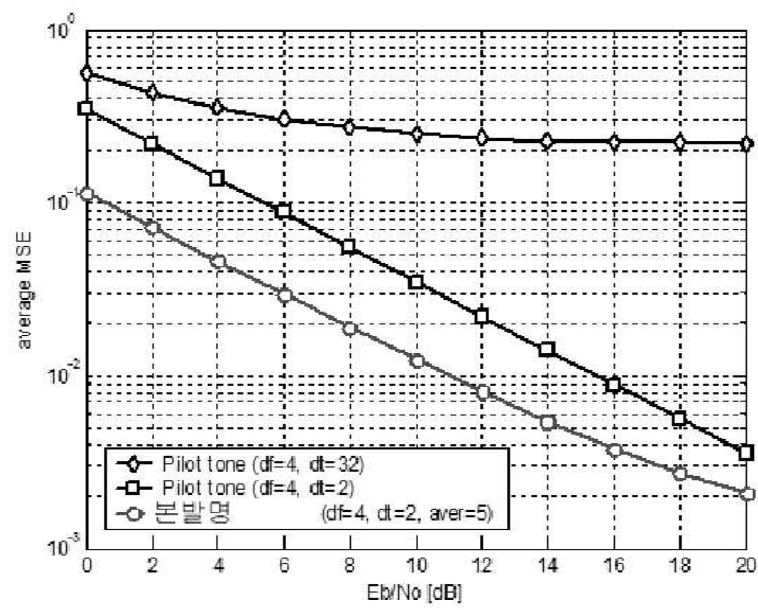
도면4



도면5



도면6



도면7

