



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년09월12일
(11) 등록번호 10-1181774
(24) 등록일자 2012년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 1/76 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0024795
(22) 출원일자 2006년03월17일
심사청구일자 2011년03월17일
(65) 공개번호 10-2007-0081397
(43) 공개일자 2007년08월16일
(30) 우선권주장
60/772,475 2006년02월10일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040110904 A
KR1020040045996 A
KR1020050008432 A
KR1020060013653 A

(73) 특허권자
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
(72) 발명자
권영현
경기도 수원시 장안구 서부로2181번길 36-1, 스마일빌 402호 (율전동)
한승희
서울특별시 은평구 진흥로1길 6-3 (역촌동)
노민석
서울특별시 구로구 구로동로47길 24-44, 미래지오오피스텔 2층 211호 (구로동)
(74) 대리인
김용인, 심창섭

전체 청구항 수 : 총 5 항

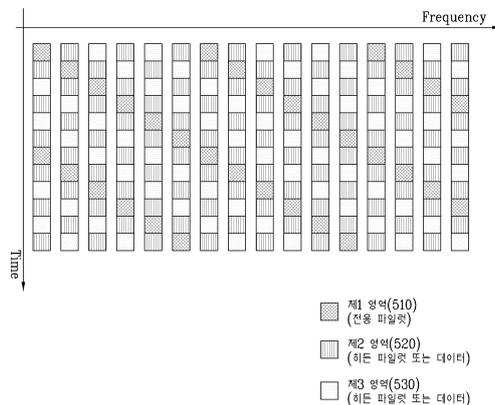
심사관 : 정필승

(54) 발명의 명칭 다중 반송파 시스템에서의 파일럿 할당 방법

(57) 요약

본원 발명은 다중 반송파 시스템에서의 제어 신호 전송 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 다중 반송파 시스템에서 사용하는 파일럿 신호의 구성에 관한 것이다. 상술한 본원 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본원 발명에 따른 파일럿 배치 방법은, 다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 송수신하는 송신 측에서 있어서, 수신 측으로 전송할 전송 데이터를 획득하는 단계; 수신 측에서의 채널 추정을 위한 히든 파일럿(hidden pilot)에 따라 상기 전송 데이터 중 특정한 영역에 대한 데이터 처리를 수행하는 단계; 및 상기 전송 데이터 및 수신 측에서의 채널 추정을 위한 전용파일럿(dedicated pilot)에 대하여 상호 배타적으로 특정한 무선 자원을 할당하는 단계를 포함하는 특징이 있다.

대표도 - 도5a



특허청구의 범위

청구항 1

다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 송신하는 방법에 있어서,

시간 영역에서 복수의 OFDM(Orthogonal Frequency Divisional Multiplexing) 심볼 및 주파수 영역에서 복수의 부반송파로 정의되는 주파수-시간 자원을 이용하여 제1 타입의 파일럿을 하나 이상의 전송 안테나를 통해 전송하는 단계; 및

데이터가 전송되는 주파수-시간 자원을 이용하여 제2 타입의 파일럿을 상기 하나 이상의 전송 안테나를 통해 전송하는 단계를 포함하되,

상기 하나 이상의 전송 안테나 별로 상기 주파수-시간 자원 내에 하나의 OFDM 심볼 및 하나의 부반송파에 의해 정의되는 서로 다른 자원 요소(resource element)들이 상기 제1 타입의 파일럿을 전송하기 위해 이용되고,

상기 데이터는 상기 제2 타입의 파일럿이 전송되는 주파수-시간 자원에서 전송되며, 상기 제1 타입의 파일럿이 전송되는 자원 요소들에서 전송되지 않는 다중 반송파 시스템에서의 파일럿 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 타입의 파일럿은, TDM 방식으로 할당되는 것을

특징으로 하는 다중 반송파 시스템에서의 파일럿 할당 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 타입의 파일럿은, 분산된(scattered) 형태로 할당되는 것을

특징으로 하는 다중 반송파 시스템에서의 파일럿 할당 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 타입의 파일럿은, TDM 방식 및 분산된(scattered) 형태로 할당되는 것

특징으로 하는 다중 반송파 시스템에서의 파일럿 할당 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 수신하는 방법에 있어서,

시간 영역에서 복수의 OFDM(Orthogonal Frequency Divisional Multiplexing) 심볼 및 주파수 영역에서 복수의 부반송파로 정의되는 주파수-시간 자원을 이용하여 제1 타입의 파일럿을 하나 이상의 전송 안테나를 통해 수신하는 단계; 및

데이터가 전송되는 주파수-시간 자원을 이용하여 제2 타입의 파일럿을 상기 하나 이상의 전송 안테나를 통해 수신하는 단계를 포함하되,

상기 하나 이상의 전송 안테나 별로 상기 주파수-시간 자원 내에 하나의 OFDM 심볼 및 하나의 부반송파에 의해 정의되는 서로 다른 자원 요소(resource element)들이 상기 제1 타입의 파일럿을 수신하기 위해 이용되고,

상기 데이터는 상기 제2 타입의 파일럿이 수신되는 주파수-시간 자원에서 수신되며, 상기 제1 타입의 파일럿이 수신되는 주파수-시간 자원 내에 상기 자원 요소들에서 수신되지 않는 다중 반송파 시스템에서의 신호 수신 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0010] 본원 발명은 다중 반송파 시스템에서의 제어 신호 전송 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 다중 반송파 시스템에서 사용하는 파일럿 신호의 구성에 관한 것이다.
- [0011] 본원 발명은 직교하는 다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 전송하는 통신 시스템에서의 파일럿 신호에 관한 것으로서, 이하 본 발명이 사용되는 통신 방법 중 하나인 OFDM 기술을 설명한다.
- [0012] OFDM의 기본원리는 고속 전송률(high-rate)을 갖는 데이터 열(data stream)을 낮은 전송률(slow-rate)를 갖는 많은 수의 데이터 열로 나누고, 이들을 다수의 반송파를 사용하여 동시에 전송하는 것이다. 상기 다수의 반송파 각각을 부 반송파(subcarrier)라 한다. 상기 OFDM의 다수의 반송파 사이에 직교성(orthogonality)이 존재하기 때문에, 반송파의 주파수 성분은 상호 중첩되어도 수신 단에서의 검출이 가능하다. 상기 고속 전송률을 갖는 데이터 열은, 직/병렬 변환부(Serial to Parallel converter)를 통해 다수의 낮은 전송률의 데이터 열(data stream)로 변환되고, 상기 병렬로 변환된 다수의 데이터 열에 각각의 부 반송파가 곱해진 후 각각의 데이터 열이 합해져서 수신 단으로 전송된다.
- [0013] 직/병렬 변환부에 의해 생성된 다수의 병렬 데이터 스트림은, IDFT(Inverse Discrete Fourier Transform)에 의하여 다수의 부 반송파로 전송될 수 있으며, 상기 IDFT는 역 고속 푸리에 변환(IFFT; Inverse Fast Fourier

Transform)을 사용하여 효율적으로 구현될 수 있다.

- [0014] 낮은 전송률을 갖는 부 반송파의 심볼 구간(symbol duration)은 증가하게 되므로 다중경로 지연확산에 의해 발생하는 시간상에서의 상대적인 신호 분산(dispersion)이 감소한다. OFDM 심볼 사이에 채널의 지연 확산보다 긴 보호구간(guard interval)을 삽입하여 심볼간 간섭(Inter-Symbol Interference)을 줄일 수 있다. 또한, 보호구간에 OFDM 신호의 일부를 복사하여 심볼의 시작부분에 배치하면 OFDM 심볼은 순환적으로 확장(cyclically extended)되어 심볼을 보호할 수 있다.
- [0015] 이하 현재 논의가 진행 중인 3GPP LTE(Long Term Evolution) 시스템에서의 파일럿 전송 방법에 대해 설명한다.
- [0016] 차세대 통신의 표준이 될 3GPP LTE에서는 고속의 사용자를 지원하기 위한 방안을 모색중이다. 특히 이용자가 시속 500km정도로 움직여도 통신이 가능하도록 표준 규정에 제시하였다. 이러한 고속에서는 기존의 버스트(burst) 형태의 파일럿으로는 패킷 에러가 커지게 된다. 물론, 분산된(scattered) 형식의 파일럿은 시간에 따른 변화에 적응이 가능하지만, 단말이 휴지 모드가 아닌 활성화 모드를 유지해야 한다는 문제를 갖는다.
- [0017] 상기 파일럿(pilot)은 무선 혹은 유선 통신에서 채널의 상태를 추정할 수 있도록 하는 근거가 되는 신호 성분으로 미지의 채널을 통해서 전파가 전달될 때 송신 단과 수신 단이 모두 알고 있는 미리 정해진 시퀀스를 전송함으로써 구현된다. 상기 파일럿은 훈련 심볼(training symbol)로 표현되기도 한다. 상기 전송되는 파일럿의 형태나 파워에 따라서 수신 단에서 채널을 추정하는 정확도가 결정된다.
- [0018] 기존의 휴대 통신에서의 파일럿 전송은 통신 초기와 그 이후의 시점에 따라 상이하게 이루어진다. 무선 통신 초기에는, 무선 채널을 한꺼번에 추정하기 위해서 전체 파일럿을 특정 OFDM 심볼을 통해 전송한다. 한편, 통신 초기 상태를 벗어난 이후에는 채널의 변화를 추적하기 위해서 각 OFDM 심볼의 적절한 위치에 파일럿 심볼들을 저밀도로 삽입하는 방식을 취하는 것이 일반적이다. 상기 파일럿을 이용하여 채널을 추정하기 위해서는, 각 단말은 우선 상기 특정한 OFDM 심볼에 포함된 파일럿을 이용하여 채널을 추정하고 이후 분산된(scattered) 파일럿들을 이용하여 추정된 채널 값을 갱신하는 방법을 사용한다.
- [0019] 도 1은 종래의 TDM 형식의 파일럿 전송 방법을 나타낸 도면이다. 도시된 바와 같이, 파일럿 신호는 특정한 하나의 OFDM 심볼에 포함된다. 도 1의 파일럿 배치 방법은, 상술한 바와 같이, 통신 초기 상태에서 무선 채널을 한꺼번에 추정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0020] 도 2는 종래 분산된(scattered) 형태의 파일럿 전송 방법을 나타낸 도면이다. 도시된 바와 같이, 특정한 OFDM 심볼에 파일럿 신호가 집중되어 있지 않고, 전체 주파수-시간 영역에 걸쳐 파일럿 신호가 포함된다. 즉, 적어도 2개의 OFDM 심볼에 파일럿 신호가 포함된다. 상술한 바와 같이, 통신 초기 상태에서 전체 무선 채널에 대한 추정이 수행된 후 채널 값의 변화를 갱신하는 경우 사용될 수 있다.
- [0021] 상술한 TDM 방식이나 분산된(scattered) 방식의 파일럿을 전송하는 시스템에서는 채널을 추정하기 위한 방법은 2D 위너 필터(wiener filter)를 사용하는 것이 일반적이다. 상기 필터를 사용하는 경우, 데이터만 전송된 곳의 채널 값에 상응하는 필터 값을 알아내야 하므로, 보간(interpolation)과 필터링(filtering) 기법이 필수적이다. 즉, 모든 OFDM 심볼에 파일럿이 포함되는 것이 아니므로, 보간과 필터링 기법을 통하여 파일럿이 포함되지 않은 주파수-시간 영역에 대한 채널 추정을 수행한다.
- [0022] 먼저 TDM 방식의 경우 파일럿이 전송된 부분이 P개의 OFDM 심볼마다 반복하여 존재한다면, 다음과 같이 채널을 추정한다. 우선 파일럿 심볼이 수신된 위치에서 수신 신호는 다음과 같이 결정된다.

수학식 1

[0023]
$$r_k(m) = H_k(m)s_k(m) + n_k(m)$$

[0024] 상기 수학식 1에서, $r_k(m)$ 는 m번째 OFDM 심볼의 k번째 부 반송파 위치에서의 수신 신호이고, $H_k(m)$ 은 m번째 OFDM 심볼의 k번째 부반송파에서의 채널 응답이고, $s_k(m)$ 은 m번째 OFDM 심볼의 k번째 위치에서의 전송 심볼 값이고, $n_k(m)$ 는 해당 위치에서의 노이즈 값이다. 이것을 벡터 형식으로 표기하

면 하기 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$\vec{r}(m) = S(m)\vec{H}(m) + \vec{n}(m)$$

[0025]

만약 심볼의 위치 m 이 파일럿이 전송된 위치라면 채널은 하기 수학식 3과 같이 추정된다.

수학식 3

$$\hat{H}(m) = (S^H(m)S(m))^{-1} S^H(m)\vec{r}(m)$$

[0027]

그리고, 통신 채널이 L 개의 탭으로 모델링이 가능하다면, 즉 L 개의 다중 경로(multipath)로 모델링 된다면, 위의 추정 값은 하기 수학식 4와 같이 보간(interpolation)법이 적용된다.

수학식 4

$$\hat{h}(m) = F^{-1}\hat{H}(m)$$

[0029]

$$\vec{h}(m) = [\hat{h}_0(m), \hat{h}_1(m), \dots, \hat{h}_L(m), 0, 0, \dots, 0]^T$$

[0030]

상기 수학식 4는 특정한 OFDM 심볼에 대하여 채널 값을 추정한 결과이며, 이로부터 최종적인 주파수 영역에서의 채널 모델은 하기 수학식 5와 같이 구해진다.

수학식 5

$$\vec{H}(m) = F\vec{h}(m)$$

[0032]

상기 수학식 5와 같이 추정된 채널은, 파일럿이 존재하는 P 번의 위치마다 존재하게 되므로, 파일럿 사이에 있는 데이터 OFDM 심볼을 복호하기 위해서는 이 채널 추정값들을 사용하게 된다. 즉, 전체 P 개의 OFDM 심볼 중 하나에 대하여 채널 값을 추정하였으므로, 나머지 $P-1$ 개의 OFDM 심볼에 대한 채널 값을 추정하기 보간 및 필터링을 수행한다. 즉, 상기 수학식 5의 채널 값을 그대로 사용하는 방법보다는 P 번째 OFDM 심볼 사이에 보간(interpolation)을 통해서 중간 데이터 OFDM 심볼의 채널을 추정하는 것이 더 적절한 방법이다. 보간을 이용하여

채널을 추정하는 방법은 상기 수학식 4의 $\vec{h}(m)$ 을 이용하여 구현되며, 채널의 다중 경로 성분은 서로 독립으

로 볼 수 있으므로, 각각의 다중 경로 성분인 $\hat{h}_k(Pi)$ ($i=0,1,2,\dots$)를 동일한 k 에 대해서 보간(interpolation), 예측(prediction), 필터링(filtering) 등을 적용할 수 있다. 이때 사용할 수 있는 기법은 종래의 Kalman과 least square(LS) 필터들을 사용하는 것이다.

[0034]

도 3은 종래 기술에 따라 TDM 방식으로 전송된 파일럿 신호들을 이용하여 채널을 추정하는 개념을 나타내는 도면이다. 특정한 OFDM 심볼 내에 포함된 종래의 파일럿을 이용하여 상기 파일럿이 포함되지 않은 OFDM 심볼에 대한 채널 값을 추정해낼 수 있다. 일반적으로 좀더 정확한 채널 추정을 위해, 상기 보간뿐만 아니라 상기 예측 및 필터링 기법이 함께 사용될 수도 있다.

[0035]

이하, 상기 분산된 형태의 파일럿(scattered pilot)에 대하여 설명한다.

[0036]

만약 상기 분산된 형태의 파일럿이 전송되면 수신 단에서는 충분한 개수의 파일럿이 모일 때까지 채널 추정을 유보해야 한다. 채널을 추정하기 위한 최소 숫자인 L 개의 파일럿이 포함된 OFDM 심볼을 모두 확보하면, 상기 확보된 파일럿 집합을 이용해 상기 수학식 1 내지 수학식 5에 따라 채널 추정을 수행할 수 있다.

[0037]

한편, 상술한 TDM 방식의 파일럿의 경우는 채널 추정이 한 OFDM 심볼 시간을 기준으로 결정되기 때문에 급격한 변화가 발생하는 채널에 대한 채널 추정을 수행할 수 없는 단점이 있다.

[0038] 반면, 상기 분산된 형태의 파일럿(scattered pilot)의 경우는 P번째 OFDM 심볼마다 채널을 따로 추정하기보다는, 한번 파일럿의 개수가 충분히 모이면 그 뒤로는 하나의 OFDM 심볼이 수신될 때마다 누적된 파일럿을 이용하여 채널을 갱신한다. 이러한 특징 때문에 채널이 급격히 변하는 상황에서도 상기 분산된 형태의 파일럿 기법은 급격한 채널 변화를 추정할 수 있다.

[0039] 그러나, 상술한 분산된 형태의 파일럿은 전력소모가 크다는 문제가 있다. 즉, 상기 TDM 방식의 파일럿 기법의 경우에는, 채널 추정이 한 순간에 마무리되기 때문에 나머지 시간에는 이동 단말이 휴지모드(idle mode)에 갈 수 있는 특징이 있지만, 상기 분산된 형태의 파일럿 기법은 상기 휴지모드가 지원될 수 없다.

[0040] 기존 저속 시스템에서는 상술한 TDM 방식의 파일럿이나 분산된 형태의 파일럿 기법은 모두 각기 장점을 가지고 충분히 논의될 수 있었다. 하지만 고속으로 움직이는 단말을 지원하기 위해서는 TDM 방식의 파일럿 전송 기법과 같이 한번에 파일럿을 전송하는 기법은 급격한 채널 변화에 적절히 순응하지 못함으로써 채널 추정에 실패하게 되고 통신 두절이 발생하게 된다. 또한, 상기 분산된 형태의 파일럿 기법의 경우는 채널 변화에는 제대로 순응할 수 있지만, 고속의 변화를 계속 추적해야 하므로 많은 전력을 소모하는 단점이 있다. 특히 정지해 있는 단말마저도 채널 변화에 대비한 알고리즘의 동작을 수행하기 때문에, 전력 소모가 커지는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0041] 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 본 발명의 목적은 급격한 채널 변화를 용이하게 추정할 수 있는 파일럿 배치 방법을 제안하는 것이다.

[0042] 본 발명의 다른 목적은 이동 단말의 전력 소모를 줄일 수 있는 휴지 모드를 지원하는 파일럿 배치 방법을 제안하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

[0043] 발명의 개요

[0044] 상술한 본원 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본원 발명에 따른 파일럿 배치 방법은, 다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 송수신하는 송신 측에서 있어서, 수신 측으로 전송할 전송 데이터를 획득하는 단계; 수신 측에서의 채널 추정을 위한 히든 파일럿(hidden pilot)에 따라 상기 전송 데이터 중 특정한 영역에 대한 데이터 처리를 수행하는 단계; 및 상기 전송 데이터 및 수신 측에서의 채널 추정을 위한 전용파일럿(dedicated pilot)에 대하여 상호 배타적으로 특정한 무선 자원을 할당하는 단계를 포함하는 특징이 있다.

[0045] 또한, 본원 발명에 따른 채널 추정 방법은, 다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 송수신하는 수신 측에서 있어서, 송신 측으로부터 전송되는 무선 신호를 수신하되, 상기 수신 측을 위한 전송 데이터 및 상기 수신 측에서의 채널 추정을 위한 전용 파일럿(dedicated pilot)에 대하여 상호 배타적으로 할당된 무선 자원을 통해 상기 무선 신호를 수신하는 단계; 및 상기 무선 신호에 포함된 파일럿을 이용하여 채널 추정을 수행하는 단계를 포함하여 이루어지되, 상기 전송 데이터의 일부 영역은, 상기 수신 측에서의 채널 추정을 위한 히든 파일럿(hidden pilot)에 따라 데이터 처리가 수행되는 것을 특징으로 한다.

[0046] 발명의 일 실시예

[0047] 본 발명에서는 채널을 추정함에 있어서 고속으로 이동하는 단말의 채널 추정을 효과적으로 하면서도 단말이 휴지모드에 들어갈 수 있는 방안을 제시한다.

[0048] 본원 발명에 따른 파일럿 배치 방법은 서로 직교하는 다수의 부 반송파를 이용하여 데이터를 전송하는 통신 시스템에 적용이 가능하다. 따라서 종래의 OFDM, DFT-S-OFDM, OFDMA 등의 방식에 모두 적용이 가능하다.

[0049] 본원 발명은 상술한 TDM 방식의 파일럿과 분산된(scattered) 형태의 파일럿을 적절하게 조합하되, 전송할 데이터에 포함되는 파일럿을 함께 사용하는 방법을 제안한다. 상기 데이터는 상기 파일럿을 제외한 신호를 나타내며, 일반적으로 수신 측으로 전송되어야 하는 각종 정보를 포함한다. 상기 파일럿은 상술한 바와 같이, 송수신 단에 기설정된 크기 및 위상을 갖는 신호를 나타낸다. 수신 측에서는 상기 파일럿 신호를 이용하여 채널을 추정하여 등화를 수행할 수 있다.

[0050] 본 발명의 파일럿 배치에 의한 신호를 수신하는 단말은 휴지 모드를 지원하는바, 본 발명은 하나의 OFDM 심볼만으로도 채널을 추정할 수 있는 파일럿 배치 방법을 제공하여야 한다. 또한, 본원 발명은 고속의 채널 변화에 적응하기 위해서 매 OFDM 심볼에서 채널 추정 효과가 있어야 한다. 이 두 가지 특징을 모두 나타내기 위해서 상술

한 TDM 방식의 파일럿과 상술한 분산된 형태의 파일럿을 조합할 수 있다. 그러나, 이 경우에는 파일럿 전송으로 인한 전체 시스템의 쓰루풋(throughput)이 감소하는 문제가 발생한다. 따라서 매 OFDM 심볼에서 채널을 추정하는데 있어서 추가적인 대역 오버헤드(bandwidth overhead)가 최소화되어야 한다. 본원 발명은 이러한 문제를 해소하기 위해 데이터와 함께 전송되는 파일럿 신호를 이용한다.

- [0051] 이하, 설명의 편의를 위하여 상기 TDM 방식의 파일럿과 상기 분산된 형태의 파일럿(scattered pilot)을 전용 파일럿(dedicated pilot)이라 칭한다. 상기 전용 파일럿은 특정한 주파수-시간 영역을 통해 전송되는 신호로서, 상기 전용 파일럿은 상기 데이터를 포함하지 않고 오로지 파일럿 신호만을 포함하는 신호를 의미한다.
- [0052] 상기 전용 파일럿이 특정한 하나의 OFDM 심볼에 포함되어 전송되는 경우, 상기 전용 파일럿을 TDM 방식의 파일럿이라 하고, 두 개 이상의 OFDM 심볼에 포함되어 전송되는 경우, 상기 전용 파일럿을 분산된 형태의 파일럿(scattered pilot)이라 한다.
- [0053] 또한, 이하 설명의 편의를 위해 상기 데이터가 전송되는 주파수-시간 영역과 동일한 주파수-시간 영역을 통해 전송되는 파일럿 신호를 히든 파일럿(hidden pilot)이라 칭한다. 상기 히든 파일럿은 이하에서 구체적으로 설명된다.
- [0054] 본원 발명의 구체적인 동작, 구성 및 효과는 이하 설명되는 본원 발명의 일 실시예를 통해 구체화될 것이다.
- [0055] 본 실시예에 따른 파일럿 배치 방법을 사용하는 송신 측은 특정한 개수의 OFDM 심볼(OFDM symbol)을 포함하는 OFDM 서브 프레임(이하, '서브 프레임'이라 칭함) 단위로 데이터를 전송할 수 있다. 상기 서브 프레임에 포함되는 OFDM 심볼의 개수는 가변적이거나 고정적일 수 있는바, 그 개수에는 제한이 없다.
- [0056] 본 실시예는 상기 전용 파일럿(dedicated pilot)을 전송하되, 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 특징을 갖는다. 상기 히든 파일럿은 상술한 바와 같이, 데이터에 파일럿을 포함시켜 전송하는바 통신 시스템의 쓰루풋(throughput)을 감소시키지 않는 유리한 점이 있다. 그러나, 상기 히든 파일럿은 상기 전용 파일럿에 비해 약한 특징이 있는바, 채널의 상태가 좋지 않은 경우 성능 열화가 매우 심하게 발생하는 문제가 있다. 따라서, 본 실시예에서는 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 적절하게 혼용하여 사용한다.
- [0057] 이하, 상기 히든 파일럿에 관해 설명한다. 상기 히든 파일럿은 상술한 바와 같이, 상기 데이터가 전송되는 주파수-시간 자원의 전부 또는 일부는 상기 히든 파일럿이 전송되는 주파수-시간 자원과 중첩된다. 상기 히든 파일럿은 다양한 방법에 생성될 수 있는바, 구체적인 방법의 일례는 다음과 같다.

수학식 6a

[0058]
$$\vec{x} = (\lambda) \vec{d} + (1-\lambda) \vec{p}$$

[0059] 상기 히든 파일럿 신호를 p라 하고, 상기 데이터를 d라 하는 경우, 전송 신호를 나타내는 벡터 x는 상기 수식에 의할 수 있다. 상기 λ는 0과 1 사이의 실수로서 상기 데이터와 히든 파일럿 신호 간의 가중치를 결정하는데 사용된다.

수학식 6b

[0060]
$$\vec{x} = \vec{d} \cdot \vec{p} \quad \text{또는} \quad \vec{x} = \vec{d} \exp(j \vec{p})$$

[0061] 상기 수식은 상기 히든 파일럿 신호를 구성하는 또 다른 방법을 나타내는 것으로 상기 데이터와 상기 히든 파일럿(또는 상기 히든 파일럿에 의해 결정되는 특정한 값)을 곱하여 전송 신호를 생성할 수 있다.

수학식 6c

[0062]
$$\vec{x} = \vec{d} (1 + \vec{p})$$

[0063] 상기 수식은 상기 히든 파일럿 신호를 구성하는 또 다른 방법을 나타내는 것으로 상기 전송 신호는 상기 데이터와 상기 히든 파일럿 간의 합과 곱에 의해 결정된다.

- [0064] 이하, 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 적절하게 혼용하여 사용하는 방법을 설명한다.
- [0065] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 상기 송신 측에서 송신되는 전송 신호는 적어도 하나의 OFDM 심볼로 이루어지는 서브 프레임 단위로 전송된다. 상기 OFDM 심볼은 한 번의 IFFT 연산을 통해 처리되는 데이터들을 나타낸다. 따라서, 상기 OFDM 심볼에 포함되는 데이터들은 동일한 시간 단위 동안 전송된다. 즉, 상기 OFDM 심볼은 특정한 시간 단위, 즉 하나의 시간 슬롯(time slot) 동안 특정한 주파수 대역을 통해 전송되는 데이터들을 나타낸다. 도시된 제1 서브 프레임은 5개의 OFDM 심볼을 포함하는바, 제1 OFDM 심볼에는 상기 전용 파일럿이 포함된다. 상기 전용 파일럿은 특정한 하나의 OFDM 심볼에 포함되는바 상기 전용 파일럿은 상기 TDM 방식의 파일럿이라 할 수 있다. 본 실시예에 따라, 상기 송신 측은 상기 제1 OFDM 심볼에 히든 파일럿을 포함시켜 전송할 수 있다. 상기 히든 파일럿 신호는 다양한 방법에 의하여 생성될 수 있는바, 상기 수확식 6a 내지 6c의 방법에 의해 생성될 수 있다. 도시된 바와 같이, 상기 송신 측은 5개의 OFDM 심볼 단위로 신호를 전송하는바, 각각의 서브 프레임에 포함되는 파일럿 패턴은 서로 동일하거나 상이할 수 있다. 다만 각각의 서브 프레임에 포함되는 상기 전용 파일럿과 히든 파일럿의 패턴이 가변적인 경우에는 변화하는 패턴을 지시하는 추가 정보가 필요하므로, 각각의 서브 프레임에 포함되는 파일럿 패턴은 일정한 것이 바람직하다.
- [0066] 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 도 4b의 일례는, 상기 도 4a의 일례와 달리, 상기 히든 파일럿이 상기 제1 내지 제5 OFDM 심볼에 분산되어 배치된다. 상기 히든 파일럿이 전송되는 주파수-시간 영역은 통신 환경에 따라 적응적으로 변화하거나, 송신 측에 미리 설정될 수 있다.
- [0067] 도 4a 및 4b의 일례에서 상기 전용 파일럿은 상기 TDM 방식의 파일럿에 해당한다. 상기 TDM 방식의 파일럿이 포함된 전송 신호를 수신하는 수신 측에서는 첫 번째 OFDM 심볼을 수신하여 이후에 전송되는 신호가 상기 수신 측을 위한 신호인지 여부를 파악할 수 있다. 상기 수신 측은, 만약 상기 수신 측을 위한 신호가 수신되는 경우 활성화 상태를 유지하고, 만약 상기 수신 측을 위한 신호가 아닌 경우에는 전력 소비를 줄이기 위해 일종의 휴지 상태(idle state)인 마이크로 슬립(microsleep) 모드로 전환할 수 있다. 상술한 일례에 따르는 수신 측은, 휴지 상태로 전환하여 소비 전력을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 활성화 상태에서는 상기 히든 파일럿을 계속하여 수신하여 빠른 채널 변화를 감지할 수 있다. 또한, 상술한 일례들은, 상기 히든 파일럿을 추가하여 수신 측의 채널 추정 및 등화를 돕기 때문에, 상기 전용 파일럿의 전송을 위해 사용되는 주파수-시간 자원을 절약할 수 있다. 즉 더 적은 주파수-시간 영역을 사용하여 수신 측으로 데이터를 전송할 수 있다.
- [0068] 도 4c는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 제1 OFDM 심볼 및 제2 OFDM 심볼에는 전용 파일럿이 포함된다. 즉, 상기 전용 파일럿은 상기 분산된 형태의 파일럿에 해당한다. 상기 전용 파일럿은 상기 제1, 2 OFDM 심볼 외의 다른 OFDM 심볼에 포함될 수도 있다. 도시된 바와 같이, 상기 제1 OFDM 심볼에 상기 히든 파일럿을 포함시켜 수신 측에서의 채널 추정을 도울 수 있다. 상술한 바와 같이 파일럿 패턴은 각각의 서브 프레임마다 반복되는 것이 바람직하나, 상기 파일럿 패턴이 변화하는 것도 가능하다. 도 4c에서는 제1 서브 프레임의 제1 OFDM 심볼에 상기 히든 파일럿이 포함되었으나 제2 서브 프레임에는 상기 히든 파일럿이 다른 OFDM 심볼에 포함될 수도 있다.
- [0069] 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 제2 OFDM 심볼 내지 제6 OFDM 심볼을 통해 상기 히든 파일럿을 전송할 수 있다.
- [0070] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 분산된 형태의 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 전체 주파수-시간 영역을 통하여 상기 히든 파일럿을 포함시키거나 전체 주파수-시간 영역의 일부 영역을 통하여 상기 히든 파일럿을 포함시킬 수 있다.
- [0071] 도 5a에 도시된 파일럿 배치 방법은 채널 환경에 따라 적응적으로 적용되는 것이 더욱 바람직하다. 즉, 채널 상황이 좋거나, 추정된 채널 값이 우수한 경우에는 상대적으로 적은 양의 무선 자원을 파일럿을 위해 사용하고, 채널 상황이 나쁘거나, 추정된 채널 값이 열등한 경우에는 상대적으로 많은 양의 무선 자원을 파일럿을 위해 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로, 도 5a의 무선 자원을 3개의 영역(510, 520, 530)으로 구분하는 경우, 채널 상황이 좋을 때(또는, 채널 추정환경이 좋을 때에는) 제1 영역(510)에서 전용 파일럿만 전송하고, 채널 추정환경이 안좋아지면, 제2 영역(520)에 히든 파일럿을 추가해서 전송하는 것이 바람직하다. 또한, 이동 단말이 고속으로 이동하거나 기타 사유로 채널 추정환경이 더욱 나빠지는 경우 제3 영역(530)에 추가로 히든 파일럿을 할당할 수 있다.

- [0072] 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 TDM 방식의 파일럿과 상기 분산된 형태의 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 상술한 바와 같이, 본 실시예에 따라 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 전송할 수 있다. 상기 전용 파일럿은 상기 TDM 방식의 파일럿 및 상기 분산된 형태의 파일럿 중 적어도 하나이므로, 도 5b와 같이 상기 TDM 방식의 파일럿과 상기 분산된 형태의 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 것도 가능하다.
- [0073] 도 5b에 도시된 파일럿 배치 방법 역시 채널 환경에 따라 적응적으로 적용되는 것이 더욱 바람직하다. 구체적으로, 도 5b의 무선 자원을 3개의 영역(540, 550, 560)으로 구분하는 경우, 채널 상황이 좋을 때(또는, 채널 추정 환경이 좋을 때에는) 제1 영역(540)에서 전용 파일럿만 전송하고, 채널 추정환경이 안 좋아지면, 제2 영역(550)에 히든 파일럿을 추가해서 전송하는 것이 바람직하다. 또한, 이동 단말이 고속으로 이동하거나 기타 사유로 채널 추정환경이 더욱 나빠지는 경우 제3 영역(560)에 추가로 히든 파일럿을 할당할 수 있다.
- [0074] 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 TDM 방식의 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 전체 주파수-시간 영역을 통하여 상기 히든 파일럿을 포함시키거나 전체 주파수-시간 영역의 일부 영역을 통하여 상기 히든 파일럿을 포함시킬 수 있다.
- [0075] 도 5c에 도시된 파일럿 배치 방법은 채널 환경에 따라 적응적으로 적용되는 것이 더욱 바람직하다. 즉, 채널 상황이 좋거나, 추정된 채널 값이 우수한 경우에는 상대적으로 적은 양의 무선 자원을 파일럿을 위해 사용하고, 채널 상황이 나쁘거나, 추정된 채널 값이 열등한 경우에는 상대적으로 많은 양의 무선 자원을 파일럿을 위해 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로, 도 5c의 무선 자원을 3개의 영역(570, 580, 590)으로 구분하는 경우, 채널 상황이 좋을 때(또는, 채널 추정환경이 좋을 때에는) 제1 영역(570)에서 전용 파일럿만 전송하고, 채널 추정 환경이 나빠지면, 제2 영역(580)에 히든 파일럿을 추가해서 전송하는 것이 바람직하다. 또한, 이동 단말이 고속으로 이동하거나 기타 사유로 채널 추정환경이 더욱 나빠지는 경우 제3 영역(590)에 추가로 히든 파일럿을 할당할 수 있다.
- [0076] 본 실시예는 상술한 바와 같이, 단일 입출력(SISO: Single Input Single Output) 시스템에서 적용이 가능하다. 또한, 본 실시예는 다수의 송/수신 안테나를 사용하는 다중 입출력(MIMO: Multiple Input Multiple Output) 시스템에서도 적용이 가능하다.
- [0077] 본 실시예가 상기 MIMO 시스템에 적용되는 경우에, 상기 SISO 시스템에서의 파일럿에 다중화를 수행하여 다수의 안테나를 통해 전송한다. 또한, 각각의 송신 안테나는 서로 다른 패턴의 파일럿 신호를 전송하는 것이 더욱 바람직하다. 본 실시예는, 각각의 송신 안테나에 대해 분해된(disjointed) 형태의 파일럿 패턴 및 전송되는 OFDM 심볼에 따라 전송되는 안테나를 달리하는 형태의 파일럿 패턴을 제안한다.
- [0078] 이하, 상기 분해된(disjointed) 형태의 파일럿 패턴에 관하여 설명한다.
- [0079] 상기 분해된 형태의 파일럿은, 송신 안테나에 따라 서로 다른 무선 자원을 사용하여 전송되는 특징을 갖는다. 즉, 각각의 송신 안테나를 통해 전송되는 파일럿은 서로 중첩하지 않는(non-overlapped) 무선 자원을 통해 전송된다.
- [0080] 도 6a는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 일례이다. SISO 시스템에서는, 첫 번째 제1 OFDM 심볼에 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 포함시켜 전송한다. 다만, 본 실시예를 MIMO 시스템에 적용하는 경우, 상기 SISO 시스템에서의 전용 파일럿 전부 또는 일부를 안테나 1을 통해 전송하고, 상기 SISO 시스템에서의 히든 파일럿 전부 또는 일부를 안테나 1을 통해 전송하되, 나머지 전용 파일럿 및 나머지 히든 파일럿을 안테나 2를 통해 전송한다. 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 어떠한 비율로 상기 안테나 1 및 안테나 2에 할당할지 여부는 다양한 정보에 의해 제어되는 것이 더욱 바람직하다. 예를 들어, 상기 안테나 1로부터의 채널 환경과 상기 안테나 2로부터의 채널 환경을 판단하여, 채널 환경이 불리한 곳에 전용 파일럿의 비율을 증가시킬 수도 있고, 채널 환경이 불리한 곳에 히든 파일럿을 좀더 할당할 수 있다. 또한, 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿의 할당 비율은 서로 무관할 수도 있고, 서로 연관될 수도 있는바, 다양한 방법에 의해 제어될 수 있다.
- [0081] 도 6a에 도시된 바와 같이, 상기 안테나 1과 안테나 2에 할당되는 파일럿은 서로 중첩되지 않는바, 본 실시예에 따른 파일럿 배치는 각각의 안테나에 대하여 분해된(disjointed) 특징을 갖는다. 즉, 각 안테나가 전송하는 파일럿의 부 반송파는 상호 배타적으로 할당되는 특징이 있다.
- [0082] 이하, 전송되는 OFDM 심볼에 따라 전송되는 안테나를 달리하는 형태의 파일럿 패턴을 설명한다.

- [0083] 본 실시예에 따라 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿이 함께 전송되는바, 상기 파일럿들이 전송되는 OFDM 심볼에 따라 전송되는 안테나를 달리할 수 있다. 즉, 다수의 안테나 중 어느 하나의 관점에서는, 특정한 OFDM 심볼들만을 통하여 파일럿 신호를 전송한다. 결과적으로, 본 실시예에 따른 파일럿은, 각각의 안테나에 대하여 서로 다른 시간 단위로 전송된다.
- [0084] 도 6b는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 다른 일례이다.
- [0085] 상기 SISO 시스템에서는 제1 OFDM 심볼에 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 전송한다. 본 실시예에 따라 제1 OFDM 심볼에 포함되는 파일럿은 안테나 1을 통해 전송된다. 상기 파일럿을 특정한 안테나에 할당할지 여부는 채널 환경 등과 같은 제어 정보에 의해 결정되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 안테나 1로부터의 채널 상태가 좋지 않은 경우에는, 상기 안테나 1을 통해 전송되는 대부분의 OFDM 심볼에 파일럿을 할당할 수 있다. 또한, 상기 파일럿을 특정한 안테나에 할당할지 여부는 각각의 서브 프레임마다 가변적일 수 있다. 도시된 바와 같이, 제1 서브 프레임에서 상기 안테나 1을 통해 전송되는 제1 OFDM 심볼에 상기 파일럿을 포함시키고, 제2 서브 프레임에서는 상기 안테나 2를 통해 전송되는 제1 OFDM 심볼에 상기 파일럿을 포함시킬 수 있다. 도 6b의 실시예에 따른 파일럿은, 특정한 시간 단위 동안에는 어느 하나의 안테나만을 통하여 전송되는 특징이 있다.
- [0086] 도 6c는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 또 다른 일례이다. 도 6c의 실시예는, 도 6a의 실시예와 같이 분해된 형태의 파일럿 패턴을 사용한다. 즉, 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 함께 전송하되, 안테나 1을 통해 전송되는 파일럿과 안테나 2를 통해 전송되는 파일럿은 서로 배타적으로 할당된 무선 자원을 통해 전송된다. 상술한 바와 같이, 상기 파일럿을 어떤 안테나에 할당할지 여부 또는 상기 파일럿 중 어느 부분을 어떤 안테나를 통해 전송할지 여부는 다양한 제어 정보에 의해 결정될 수 있다.
- [0087] 도 6d는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 또 다른 일례이다. 도 6d의 실시예는, 도 6b의 실시예와 같이 파일럿이 전송되는 OFDM 심볼에 따라 상기 파일럿이 전송되는 안테나가 결정된다. 도시된 바와 같이, 제1 서브 프레임에서는, 안테나 1을 통해 전송되는 제1, 제3, 제5 OFDM 심볼에 파일럿이 포함되고, 안테나 2를 통해 전송되는 제2, 제4, 제6 OFDM 심볼에 파일럿이 포함된다. 결과적으로, 각각의 파일럿은 특정한 전송 시점에서는 어느 하나의 안테나만을 통하여 전송될 수 있다.
- [0088] 상술한 바와 같이 본 실시예에 따른 파일럿 배치는 서브 프레임 단위로 가변적일 수 있는바, 도 6d의 제2 서브 프레임에서는, 안테나 1을 통해 전송되는 제2, 제4, 제6 OFDM 심볼에 파일럿이 포함되고, 안테나 2를 통해 전송되는 제1, 제3, 제5 OFDM 심볼에 파일럿이 포함된다. 상술한 바와 같이, 상기 파일럿을 어떤 안테나에 할당할지 여부 또는 상기 파일럿 중 어느 부분을 어떤 안테나를 통해 전송할지 여부는 다양한 제어 정보에 의해 결정될 수 있다.
- [0089] 도 6e는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 또 다른 일례이다. 도 6e의 실시예는, 도 6a의 실시예와 같이 분해된 형태의 파일럿 패턴을 사용한다. 즉, 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 함께 전송하되, 안테나 1을 통해 전송되는 파일럿과 안테나 2를 통해 전송되는 파일럿은 서로 배타적으로 할당된 무선 자원을 통해 전송된다.
- [0090] 도 6e에서는, 제1 OFDM 심볼과 제2 OFDM 심볼을 통해 파일럿을 전송하는바 상기 2개의 OFDM 심볼에 포함된 파일럿을 본 실시예에 따른 안테나 다중화 기법에 따라 각각의 안테나에 할당할 수 있다. 상술한 바와 같이, 상기 파일럿을 어떤 안테나에 할당할지 여부 또는 상기 파일럿 중 어느 부분을 어떤 안테나를 통해 전송할지 여부는 다양한 제어 정보에 의해 결정될 수 있다.
- [0091] 도 6f는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 또 다른 일례이다. 도 6f의 실시예는, 도 6b의 실시예와 같이 파일럿이 전송되는 OFDM 심볼에 따라 상기 파일럿이 전송되는 안테나가 결정된다. 도시된 바와 같이, 제1 서브 프레임에서는, 안테나 1을 통해 전송되는 제1, 제3, 제5 OFDM 심볼에 파일럿이 포함되고, 안테나 2를 통해 전송되는 제2, 제4, 제6 OFDM 심볼에 파일럿이 포함된다. 결과적으로, 각각의 파일럿은 특정한 전송 시점에서는 어느 하나의 안테나만을 통하여 전송될 수 있다.
- [0092] 상술한 바와 같이 본 실시예에 따른 파일럿 배치는 서브 프레임 단위로 가변적일 수 있는바, 도 6f의 제2 서브 프레임에서는, 안테나 1을 통해 전송되는 제2, 제4, 제6 OFDM 심볼에 파일럿이 포함되고, 안테나 2를 통해 전송

되는 제1, 제3, 제5 OFDM 심볼에 파일럿이 포함된다. 상술한 바와 같이, 상기 파일럿을 어떤 안테나에 할당하지 여부 또는 상기 파일럿 중 어느 부분을 어떤 안테나를 통해 전송할지 여부는 다양한 제어 정보에 의해 결정될 수 있다.

[0093] 도 6g는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 또 다른 일례이다. 도 6g의 실시예는, 도 6a의 실시예와 같이 분해된 형태의 파일럿 패턴을 사용한다. 즉, 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿을 함께 전송하되, 안테나 1을 통해 전송되는 파일럿과 안테나 2를 통해 전송되는 파일럿은 서로 배타적으로 할당된 무선 자원을 통해 전송된다.

[0094] 도 6g에서는, 모든 OFDM 심볼을 통해 파일럿을 전송하는바 특정한 서브 프레임에 포함되는 파일럿을 본 실시예에 따른 안테나 다중화 기법에 따라 각각의 안테나에 할당할 수 있다. 상술한 바와 같이, 상기 파일럿을 어떤 안테나에 할당하지 여부 또는 상기 파일럿 중 어느 부분을 어떤 안테나를 통해 전송할지 여부는 다양한 제어 정보에 의해 결정될 수 있다.

[0095] 도 6h는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 또 다른 일례이다. 도 6h의 실시예는, 도 6b의 실시예와 같이 파일럿이 전송되는 OFDM 심볼에 따라 상기 파일럿이 전송되는 안테나가 결정된다.

[0096] 도 6a 내지 6h의 실시예는 2개의 안테나 이용하여 안테나 다중화를 수행하는 실시예를 설명하였다. 그러나, 본 발명에 따른 파일럿 할당 방법은 다양한 개수의 안테나를 구비하는 시스템에 적용될 수 있는바, 안테나의 개수에는 제한이 없다.

[0097] 도 7a는 본 실시예에 따라 2개의 안테나에 다중화된 파일럿을 설명하는 도면이다. 상술한 바와 같이, 본 실시예에 따른 파일럿은 각 안테나에 대하여 분해된 특징을 갖을 수 있다. 즉, 안테나 1을 통해 전송되는 전용 파일럿과 안테나 2를 통해 전송되는 전용 파일럿은 서로 다른 부 반송파를 통해 전송되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 파일럿 배치는 각각의 서브 프레임에 대하여 상이할 수 있는바, 제1 서브 프레임에서 특정한 안테나를 위한 파일럿을 전송하는 부 반송파와, 제2 서브 프레임에서 특정한 안테나를 위한 파일럿을 전송하는 부 반송파가 상이할 수 있다.

[0098] 도 7b는 본 실시예에 따라 2개의 안테나에 다중화된 파일럿을 설명하는 또 다른 도면이다. 상술한 바와 같이, 본 실시예에 따른 상기 전용 파일럿 및 상기 히든 파일럿은 각 안테나에 대하여 분해된 특징을 갖을 수 있다. 즉, 안테나 1을 위해 할당된 전용 및 히든 파일럿과 안테나 2를 위해 할당된 전용 및 히든 파일럿은 서로 다른 무선 자원을 통해 수신 측으로 전송된다.

[0099] 도 7c는 본 실시예에 따라 2개의 안테나에 다중화된 파일럿을 설명하는 또 다른 도면이다. 도시된 바와 같이, 전용 파일럿은 각각의 안테나에 대해 분해된 특징을 갖는다. 다만, 상기 히든 파일럿은 상기 히든 파일럿이 전송되는 OFDM 심볼에 따라 특정한 안테나에 할당된다. 상기 전용 파일럿에 대한 파일럿 배치 역시 각각의 서브 프레임에 따라 변화할 수 있고, 상기 히든 파일럿에 대한 파일럿 배치 역시 각각의 서브 프레임에 따라 변화할 수 있다.

[0100] 즉, 상기 분해된 특징의 파일럿 배치 방법과 전송되는 OFDM 심볼에 따른 파일럿 배치 방법은 함께 사용될 수 있다. 또한, 상기 히든 파일럿의 일부는 분해된 특징을 갖고, 상기 히든 파일럿의 나머지는 전송되는 OFDM 심볼에 따라 다수의 안테나 중 어느 하나를 통해 전송될 수 있다. 또한, 상기 전용 파일럿의 일부는 분해된 특징을 갖고, 나머지 전용 파일럿은 전송되는 시간 단위에 따라 다수의 안테나 중 어느 하나를 통해 전송될 수 있다.

[0101] 상기 히든 파일럿(hidden pilot)은 데이터 심볼과 함께 파일럿 정보를 같이 보내는 기법으로, 세미 블라인드(semi-blind) 기법에 많이 사용되는 방식이다. 상기 히든 파일럿의 장점은 전력을 추가로 사용하여 채널 추정을 위해 파일럿을 할당해야 하는 부담을 없앤 방식이다. 하지만 SNR(Signal to Noise Ratio)이 낮은 경우에는 채널 추정 성능이 급격히 나빠지는 단점을 가지고 있다. 따라서 채널 추정 성능을 유지하려면 어느 정도의 초기 채널 추정 값이 존재해야 한다. 상기 히든 파일럿이 포함된 전송 신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 7

[0102]
$$s_k(m) = d_k(m) + w_k(m)p_k(m)$$

- [0103] 상기 수학식 7에서 상기 $s_k(m)$ 은 전송 신호 값이고, 상기 $d_k(m)$ 은 수신 측에 전송하는 데이터 심볼 값이고, 상기 $w_k(m)$ 은 해당 데이터 심볼에 대한 히든 파일럿의 전력 비율을 결정하는 무게 상수(weight constant)이고, 상기 $p_k(m)$ 은 데이터와 함께 전송될 상기 히든 파일럿(Hidden pilot)의 심볼 값이다. 상기 분산된 형태의 파일럿이나 상기 TDM 방식의 파일럿을 보완하여 상기 히든 파일럿을 전송함으로써 정확한 채널 추정 성능을 얻을 수 있다.
- [0104] 본 실시예는 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 다양한 방법을 통해 조합하여 전송하는바, 이하 상기 파일럿 신호를 이용하여 채널을 추정하는 방법을 설명한다.
- [0105] 상기 분산된 형태의 파일럿(scattered pilot)과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 경우, 상기 히든 파일럿을 이용하여 초기 추정(채널 추정)을 할 수 있고, 다음에 상기 분산된 형태의 파일럿을 이용하여 추정된 채널을 보강할 수 있다. 즉, 상기 히든 파일럿에 의해 채널 값을 추정하고, 상기 분산된 형태의 파일럿을 이용하여 상기 추정된 채널 값을 보정하는 것이다. 또 다른 채널 추정 방법은 상기 분산된 형태의 파일럿을 이용하여 채널을 추정하고, 상기 히든 파일럿을 이용하여 상기 추정된 채널 값을 보정하는 것이다.
- [0106] 도 8은 상기 분산된 형태의 파일럿을 이용하여 채널을 추정하고, 상기 히든 파일럿을 이용하여 상기 추정된 채널 값을 보정하는 방법의 개념을 나타낸 도면이다. 상기 분산된 형태의 파일럿, 즉 상기 전용 파일럿을 통해 채널을 추정하는 경우, 상기 파일럿이 포함된 OFDM 심볼에 대한 평균화된 채널 값이 산출된다. 즉 전용 파일럿을 통해 추정할 수 있는 채널 값은, 각각의 OFDM 심볼에 대한 별개의 값이 아니라, 상기 전용 파일럿이 포함된 OFDM 심볼 전부에 대한 평균 값이다. 따라서, 도 8의 경우, 우선 상기 전용 파일럿을 통해 상기 전용 파일럿이 포함된 OFDM 심볼 전부에 대한 평균 값을 획득하고, 상기 히든 파일럿을 통해 각각의 OFDM 심볼에 대한 채널 값을 보정한다. 즉, 상기 OFDM 심볼에 대한 채널값은 상기 히든 파일럿에 의해 정제(refine)되는 것이다.
- [0107] 하나의 OFDM 심볼 만을 이용하여 채널을 추정할 때에는 상술한 두 가지 방법이 동일한 결과를 보이지만, 여러 개의 OFDM 심볼을 동시에 사용하는 경우에는 상기 두 가지 방법이 다른 결과를 낸다. 상기 첫 번째 방법에 의해 추정된 채널 값은 상기 두 번째 방법에 비해 오차가 큰 채널 값을 얻을 수 있다. 다만, 상기 첫 번째 방법에 의하면, 전체적인 채널의 변화 추이를 신속하게 감지하는 유리한 효과가 있다. 상기 두 번째 방법에 의해 추정된 채널 값은 실제 채널 값이 근접하게 된다. 즉 채널의 정확도에 더 큰 의미가 있는 경우 상기 두 번째 방법을 쓰는 것이 바람직하다.
- [0108] 한편, 상기 TDM 방식의 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 경우에는, 우선 상기 TDM 방식의 파일럿을 이용하여 채널 값을 추정한다. 상기 추정된 채널 값은 좀더 정확한 값으로 변형되기 위하여 보간(interpolation)이나 예측(prediction)이 수행된다. 즉, 상기 수학식 5의 결과를 통해 채널을 추정한 다음, 각 다중 경로(multipath)에 대하여 보간을 수행하되, 특정한 시간 위치에서의 채널을 정확하게 추정하기 위해 상기 특정한 시간에 위치하는 히든 파일럿을 이용하여 채널 값을 보정한다. 즉, 상기 TDM 방식의 파일럿에 의해 채널 값을 추정하고, 상기 추정된 채널 값을 각각의 OFDM 심볼에 따라 보정하는바, 상기 보정을 수행할 때 상기 히든 파일럿을 사용한다. 상기 도 8 또는 하기 도 9에서, 상기 히든 파일럿을 사용하여 이미 추정된 초기 채널 값에 대한 보정을 수행하는 방법은 종래에 제안된 히든 파일럿에 따른 채널 추정 기법(Hidden pilot based Channel Estimation)등을 사용할 수 있다.
- [0109] 도 9은 상기 TDM 방식의 파일럿을 이용하여 채널을 추정하고, 상기 히든 파일럿을 이용하여 상기 추정된 채널 값을 보정하는 방법의 개념을 나타낸 도면이다. 상기 TDM 방식의 파일럿에 대해 보간(Interpolation)을 수행하여 추정된 채널은 해당 위치에서의 초기 채널 값으로 지정된다. 상기 초기 채널 값은 상기 히든 파일럿에 의해 보정된다. 또한, 상기 히든 파일럿으로 보정된 채널 추정값이 존재하는 경우, 이후의 채널 값은 상기 TDM 방식의 파일럿으로 추정된 채널 값보다는 상기 히든 파일럿에 의해 보정된 채널 값에 의해 갱신되는바, 이후 채널 추정을 좀 더 정확하게 수행할 수 있다.
- [0110] 도 8 및 도 9의 방법을 수행하는 경우, 상기 전용 파일럿을 이용하여 채널을 추정하는 방법은 상기 수학식 1 내지 수학식 5에 의할 수 있다. 상기 수학식 1내지 수학식 5에 의해 추정된 $\bar{h}(m)$ 은 상기 히든 파일럿에 의해 서 보정된다. 상기 히든 파일럿에 의해 보정되는 경우, 채널 추정시 합산되는 오차의 합에 상응하는 비용 함수

는 하기 수학식 8과 같다.

수학식 8

$$J(m) = |\vec{r}(m) - H(m) \bullet \vec{s}(m)|^2$$

상기 $\vec{r}(m)$ 은 수신 신호를, 상기 $H(m)$ 은 채널 값을, 상기 $\vec{s}(m)$ 은 전송 신호를 나타낸다. 또한, 연산 기호

\bullet 는 벡터의 원소끼리 곱하는 Direct product 연산을 나타낸다. 상기 수학식 8이 최소가 되는 채널 추정 값 $\hat{H}(m)$ 이 정해지면 상기 전용 파일럿으로부터 보간되어 추정된 채널의 초기값 $\bar{H}(m)$ 과 결합한다. 상기 채널 추정 값을 갱신하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으며, 하기 수학식 9 또는 수학식 10에 의해 상기 $\hat{H}(m)$ 와 $\bar{H}(m)$ 를 결합할 수 있다.

수학식 9

$$H(m) = (1 - \lambda)\bar{H}(m) + \lambda\hat{H}(m)$$

상기 수학식 9는 특정한 가중치 λ 에 따라 상기 $\hat{H}(m)$ 와 $\bar{H}(m)$ 를 결합하는 방법이다. 상기 수학식 9와 달리 채널의 초기값 $\bar{H}(m)$ 을 결정하고, 상기 수학식 8이 최소가 되는 방향으로 채널 값을 적응(adaptation)시킬 수 있다. 하기 수학식 10은 수학식 8이 local minimum에 빠지는 것을 방지한다.

수학식 10

$$H^n(m) = H^{n-1}(m) - \mu \frac{\partial J(m)}{\partial H(m)}$$

상기 수학식 10에서 위 첨자 n 은 n 번째 반복(iteration)의 결과를 나타내는 정수이고, μ 는 적응(adaptation) 상수이다. 상기 초기 채널은 $H^0(m) = \bar{H}(m)$ 에 의해 결정된다. 상기 $H^{n-1}(m)$ 의 값은 상기 수학식 9에 의할 수 있다.

본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 안되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

발명의 효과

본 발명은 차세대 통신시스템에서 통신 지원 범위가 넓어지고, 고속의 단말에 대한 지원이 추가되면서 야기되는 채널 추정 문제를 해결하는 방안을 제안한다. 본 발명에 따른 파일럿 배치를 사용하는 경우 고속의 이동 단말에 대한 지원이 손쉽게 가능해지고, 더 넓은 범위의 채널 변화도 추정할 수 있고, 특정한 서브 프레임에서 단말이 휴지 모드에 들어갈 수 있으며, 고속의 이동 단말이 다양한 상황에서 시스템 쓰루풋을 개선할 수 있고, 전송 파워와 히든 파일럿의 개수를 조절하여 시스템의 쓰루풋과 BER 성능을 가변할 수 있는 유리한 효과가 있다.

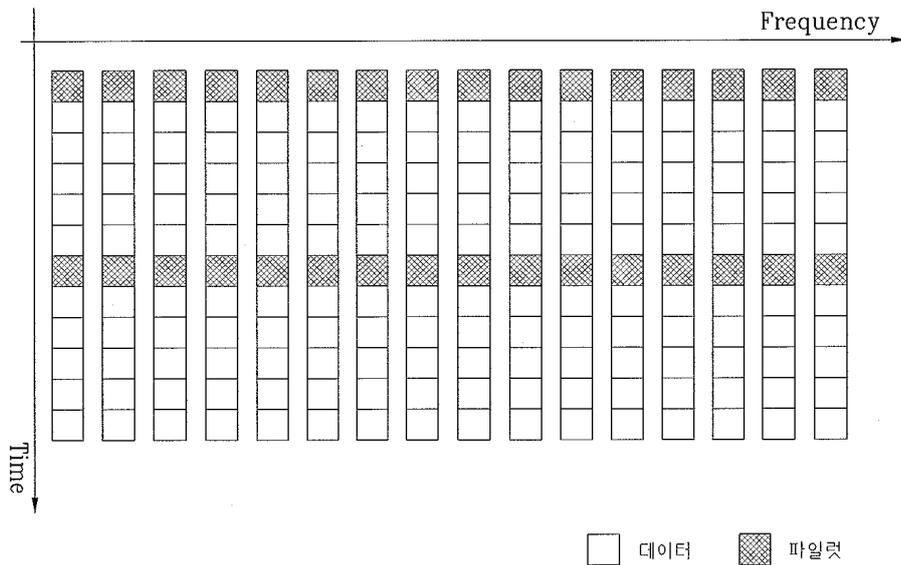
도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 TDM 형식의 파일럿 전송 방법을 나타낸 도면이다.

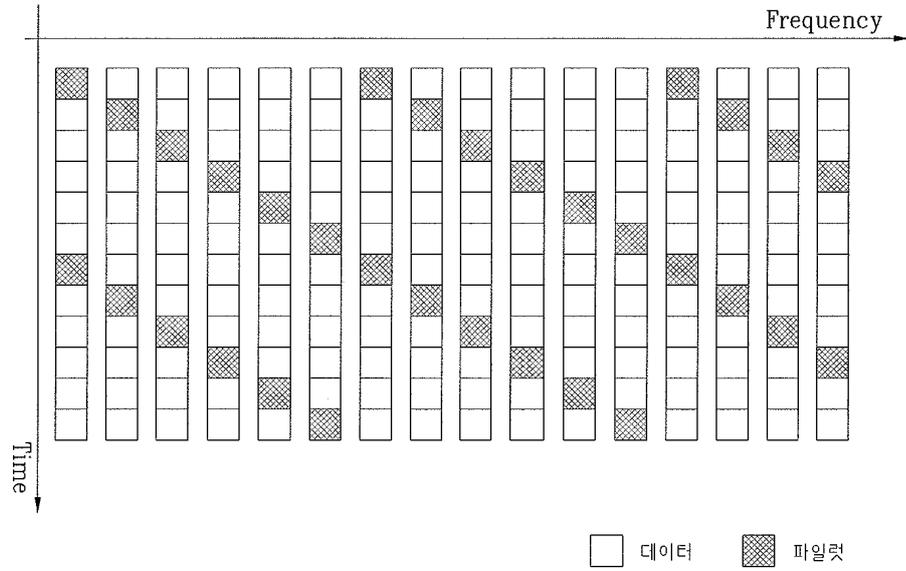
- [0002] 도 2는 종래 분산된(scattered) 형태의 파일럿 전송 방법을 나타낸 도면이다.
- [0003] 도 3은 종래 기술에 따라 TDM 방식으로 전송된 파일럿 신호들을 이용하여 채널을 추정하는 개념을 나타내는 도면이다.
- [0004] 도 4a 내지 4d는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 전용 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다.
- [0005] 도 5a 내지 5c는 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 분산된 형태의 파일럿과 상기 히든 파일럿을 함께 전송하는 방법의 일례를 나타낸다.
- [0006] 도 6a 내지 도 6h는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 일례이다.
- [0007] 도 7a 내지 도 7c는 본 실시예에 따라 전용 파일럿 및 히든 파일럿을 함께 전송하는 파일럿 패턴을 SISO 시스템과 MIMO 시스템에 적용한 일례이다.
- [0008] 도 8은 상기 분산된 형태의 파일럿을 이용하여 채널을 추정하고, 상기 히든 파일럿을 이용하여 상기 추정된 채널 값을 보정하는 방법의 개념을 나타낸 도면이다.
- [0009] 도 9은 상기 TDM 방식의 파일럿을 이용하여 채널을 추정하고, 상기 히든 파일럿을 이용하여 상기 추정된 채널 값을 보정하는 방법의 개념을 나타낸 도면이다.

도면

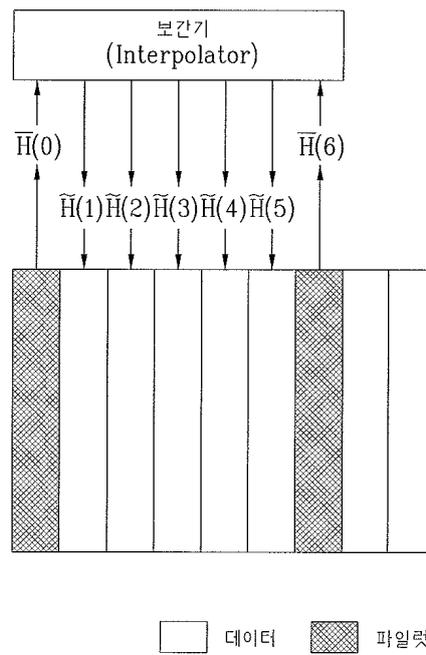
도면1



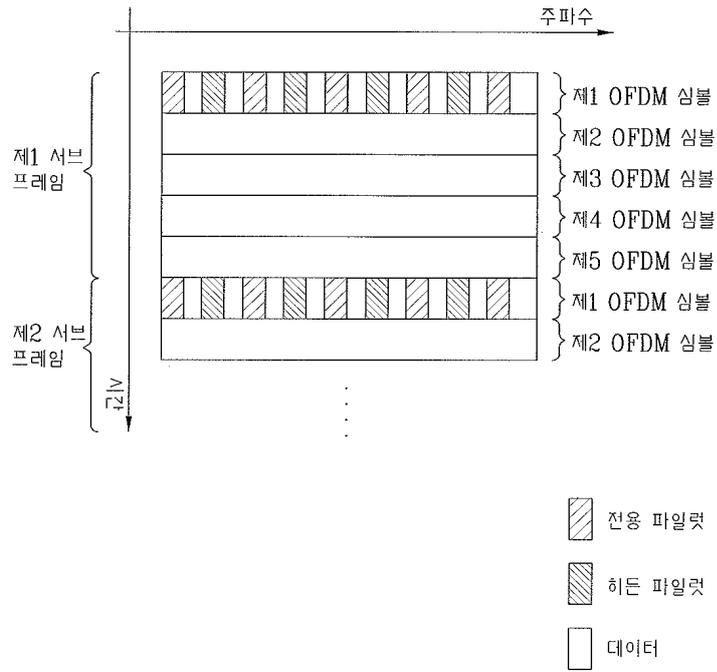
도면2



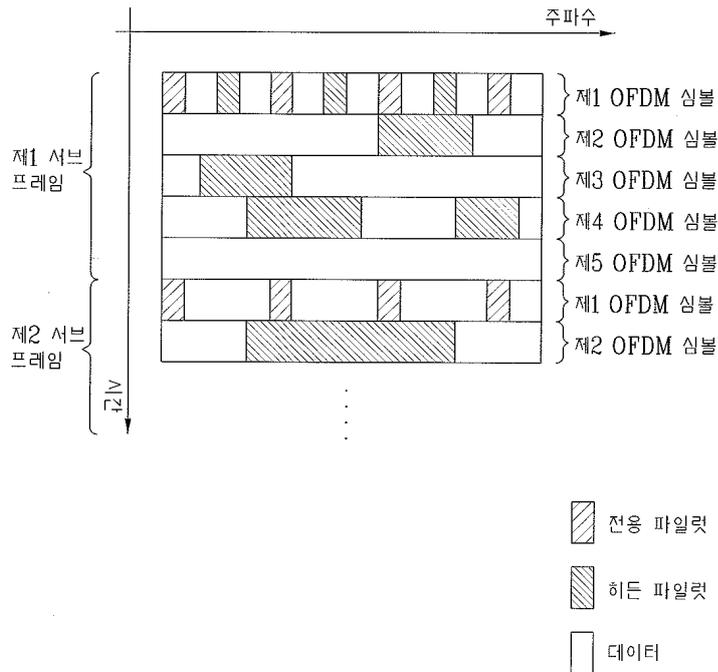
도면3



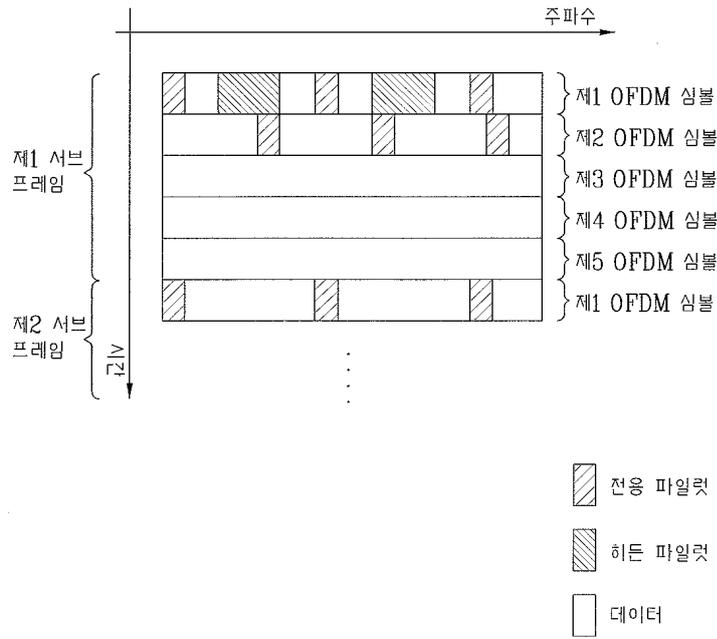
도면4a



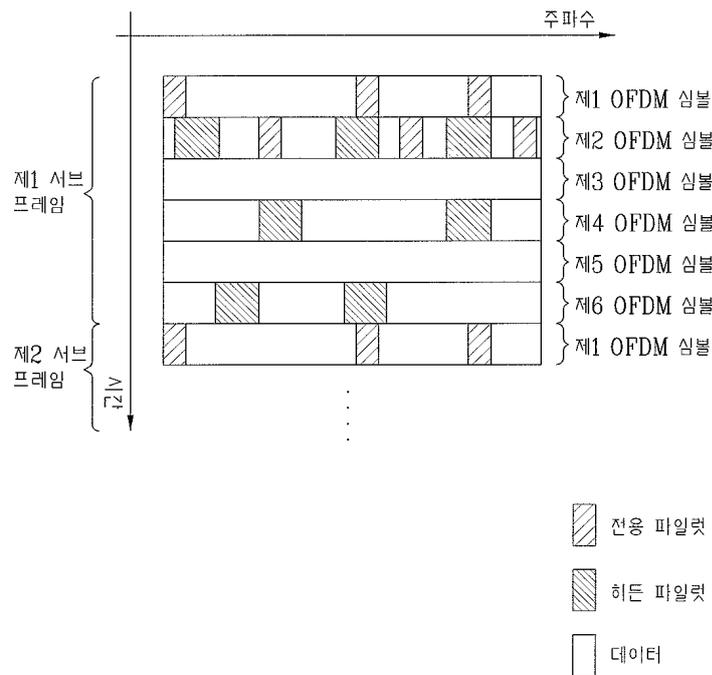
도면4b



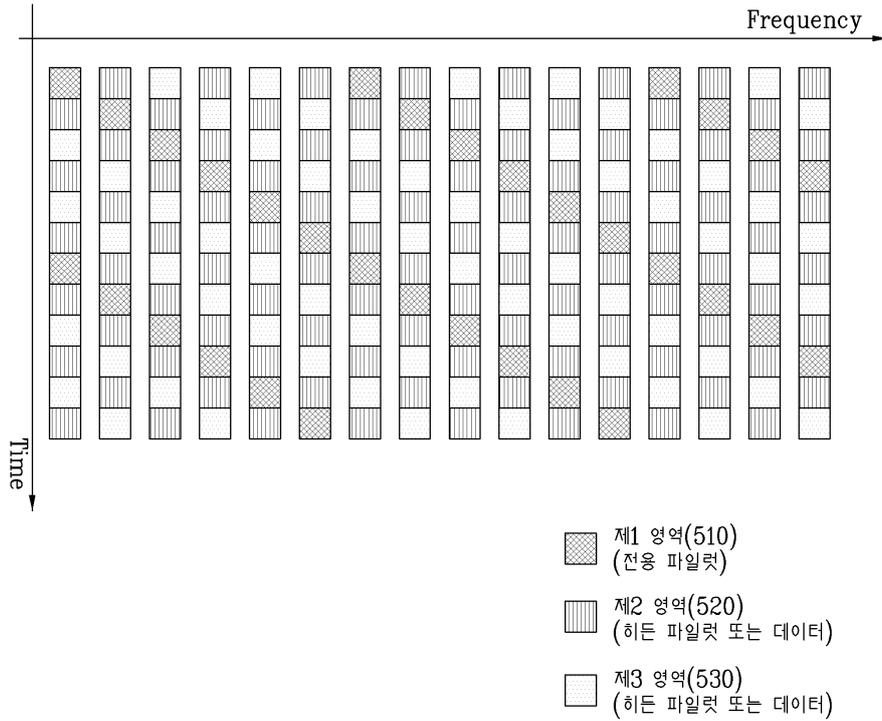
도면4c



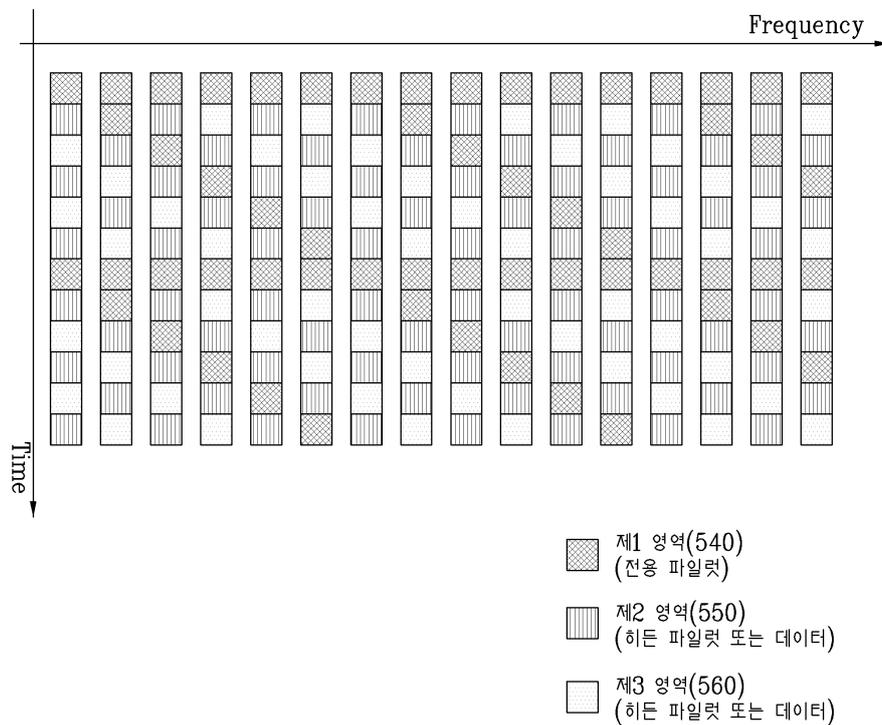
도면4d



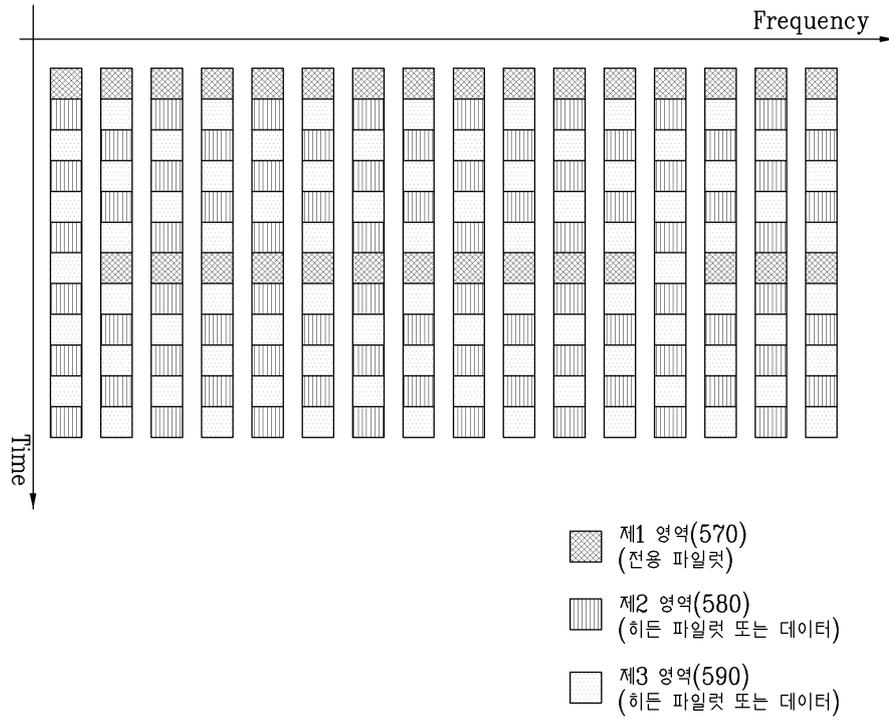
도면5a



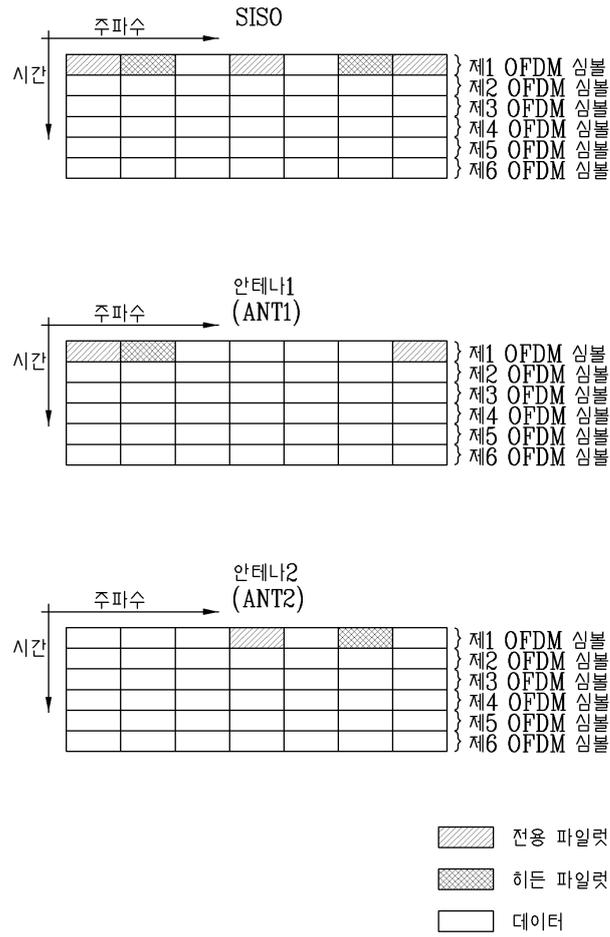
도면5b



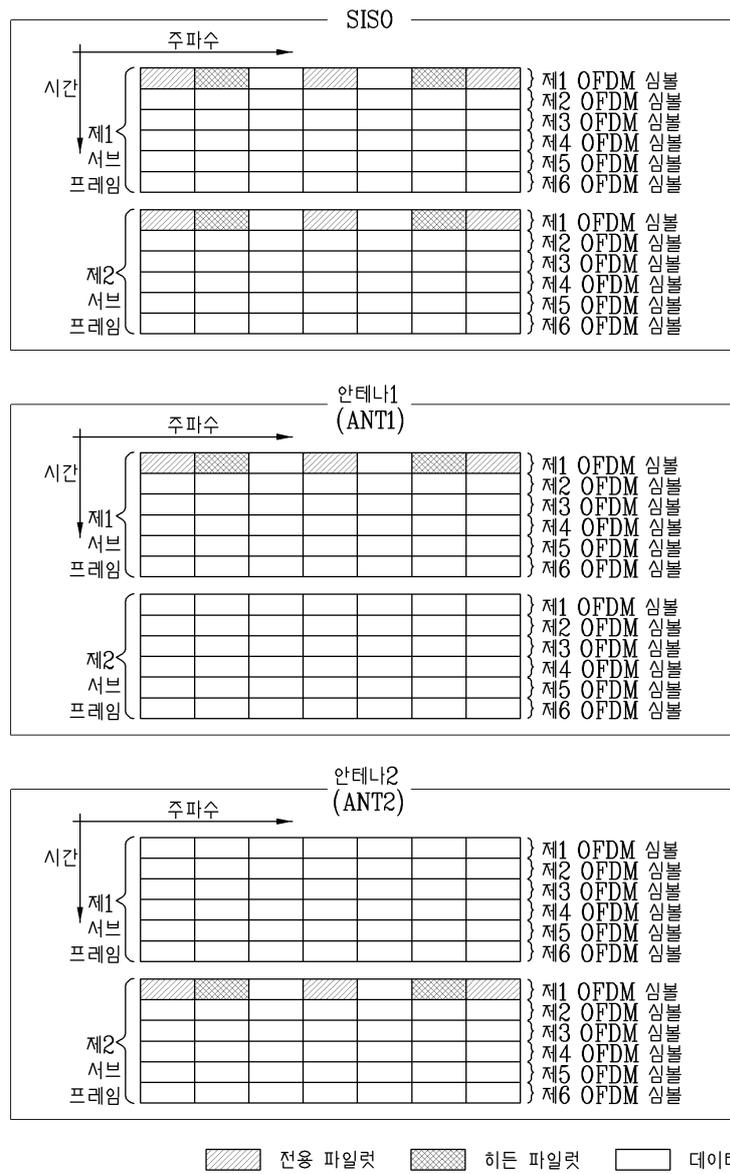
도면5c



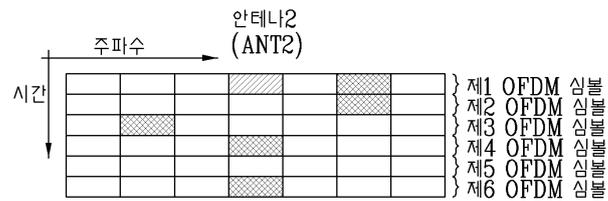
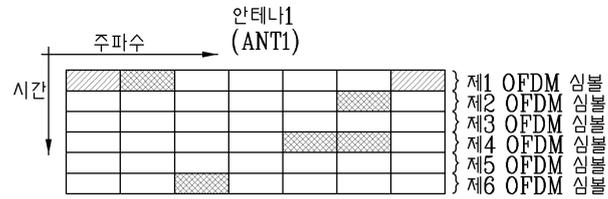
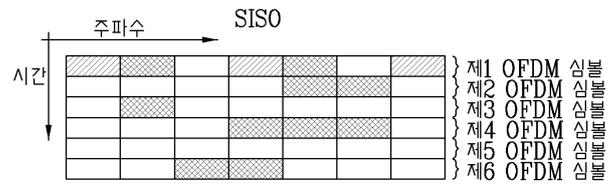
도면6a



도면6b

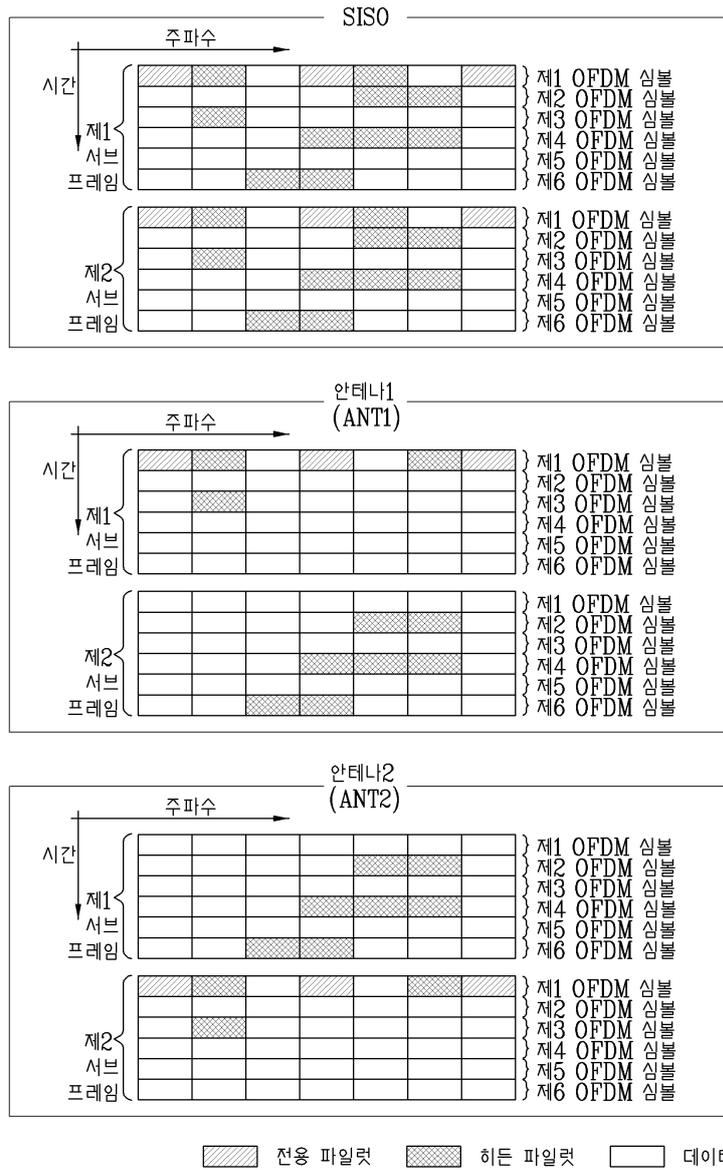


도면6c

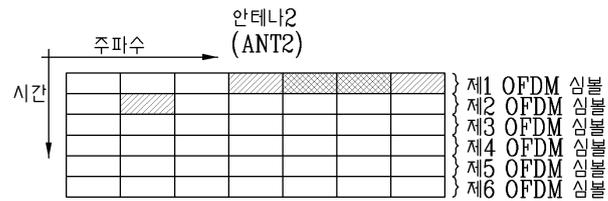
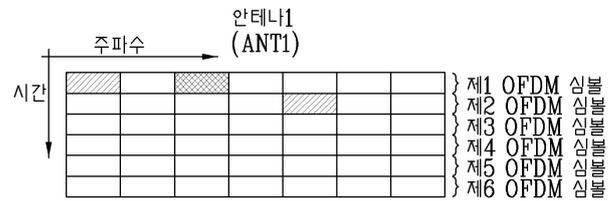
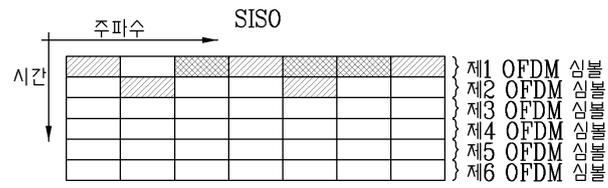


- 전용 파일럿
- 히든 파일럿
- 데이터

도면6d

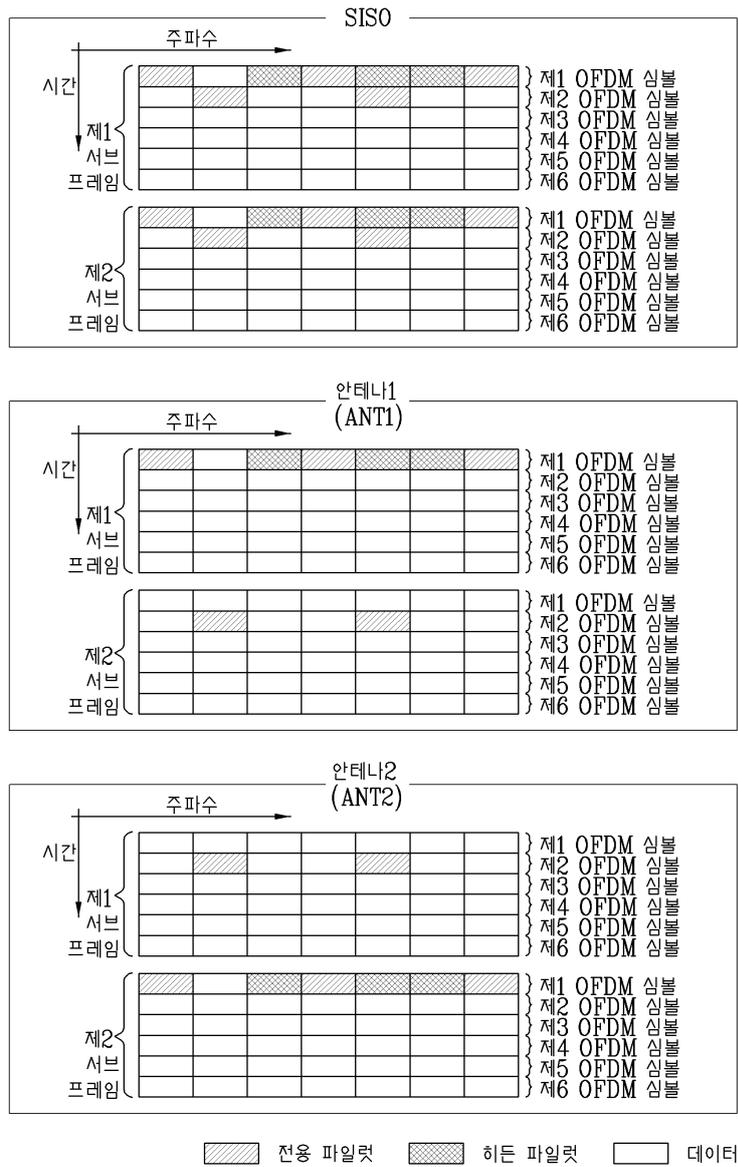


도면6e

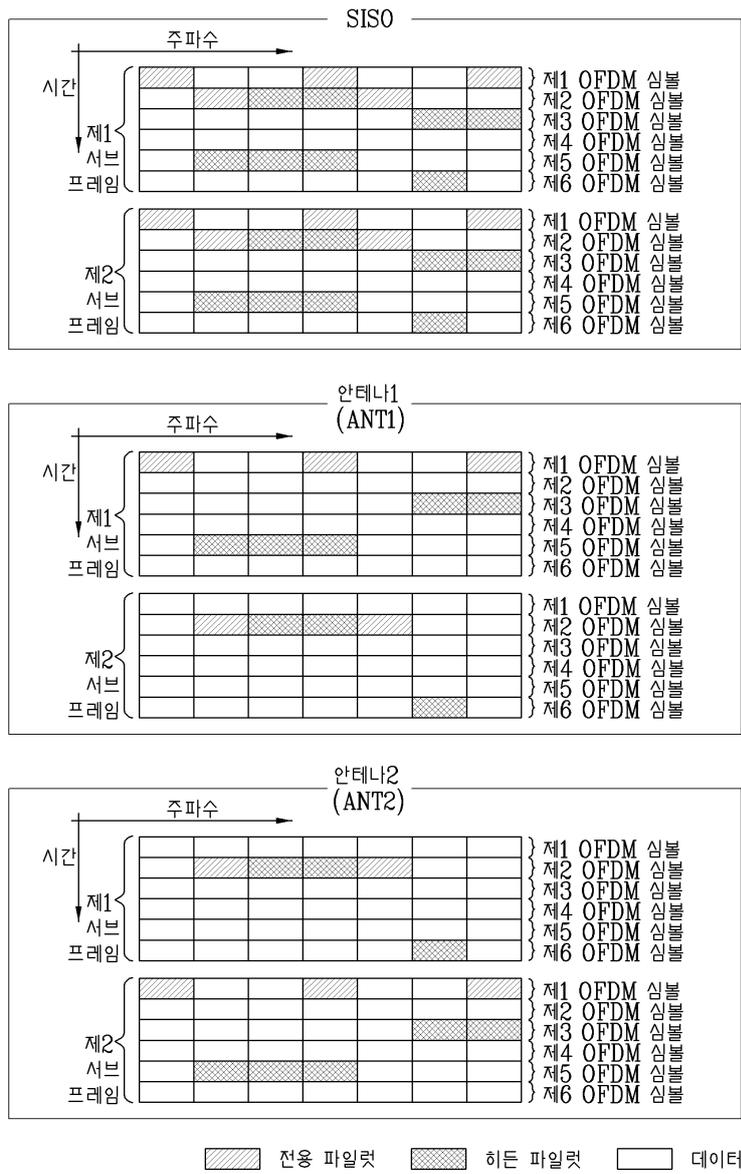


- 전용 파일럿
- 히든 파일럿
- 데이터

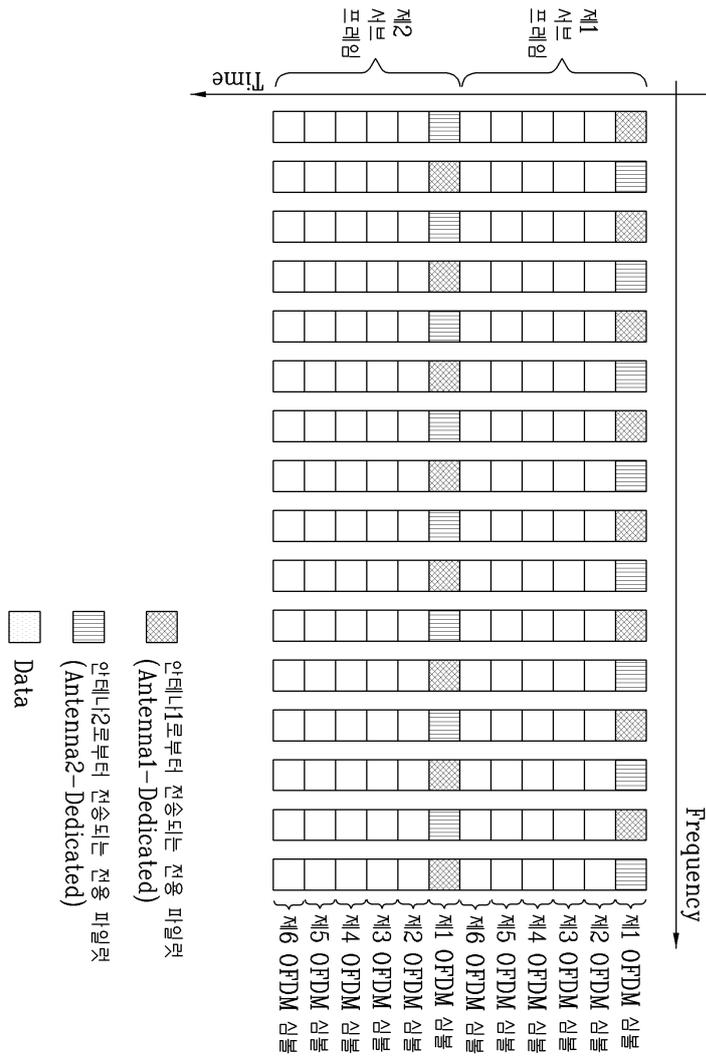
도면6f



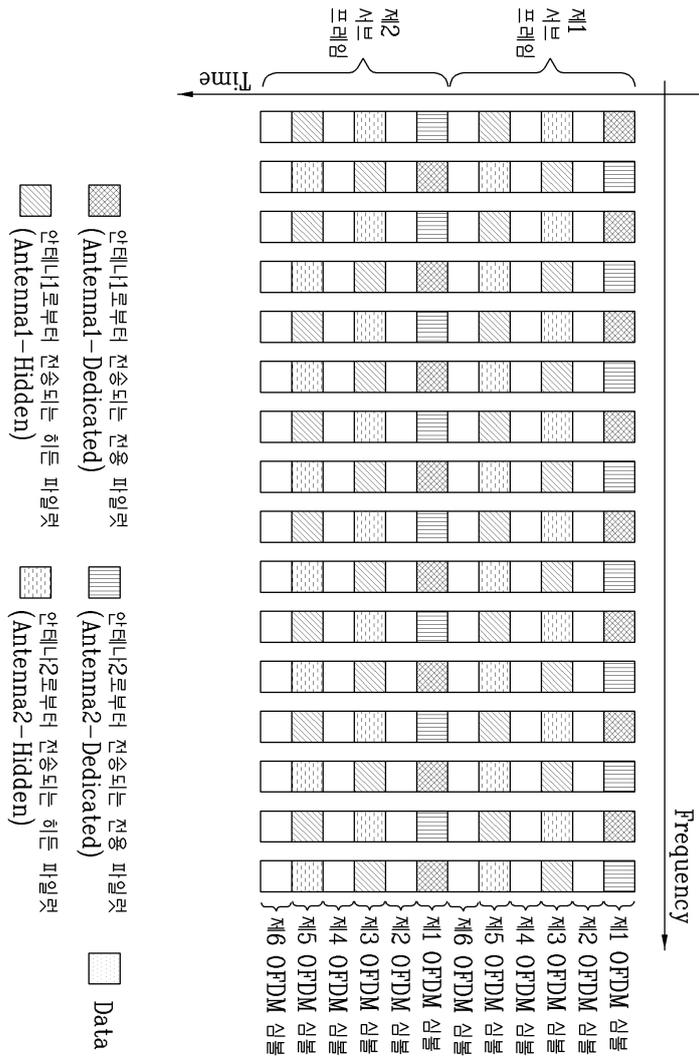
도면6h



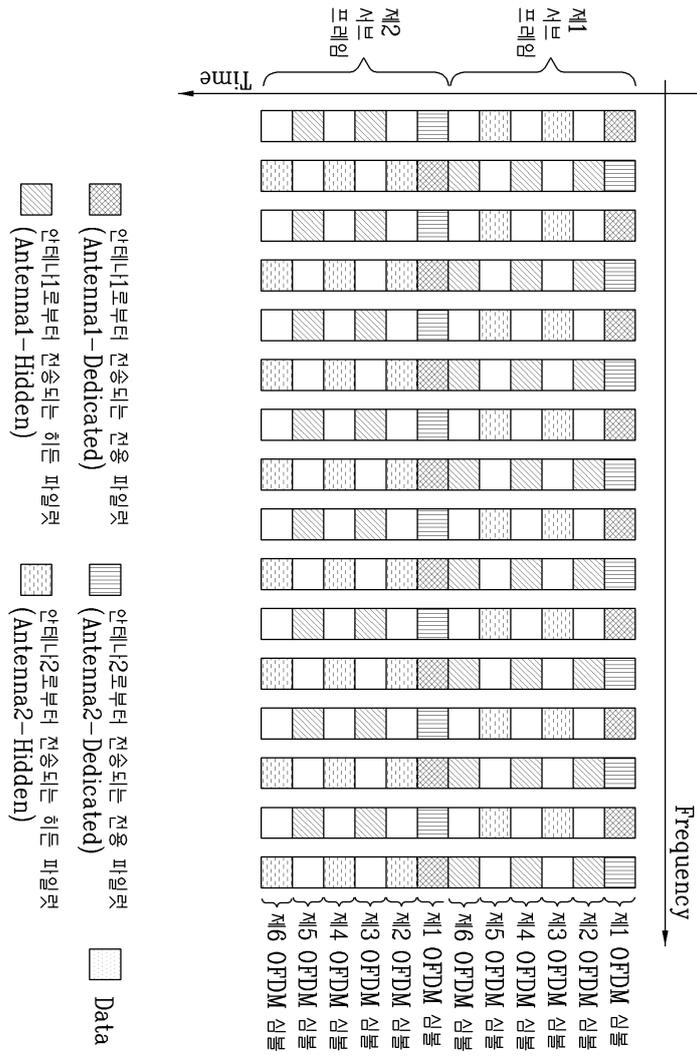
도면7a



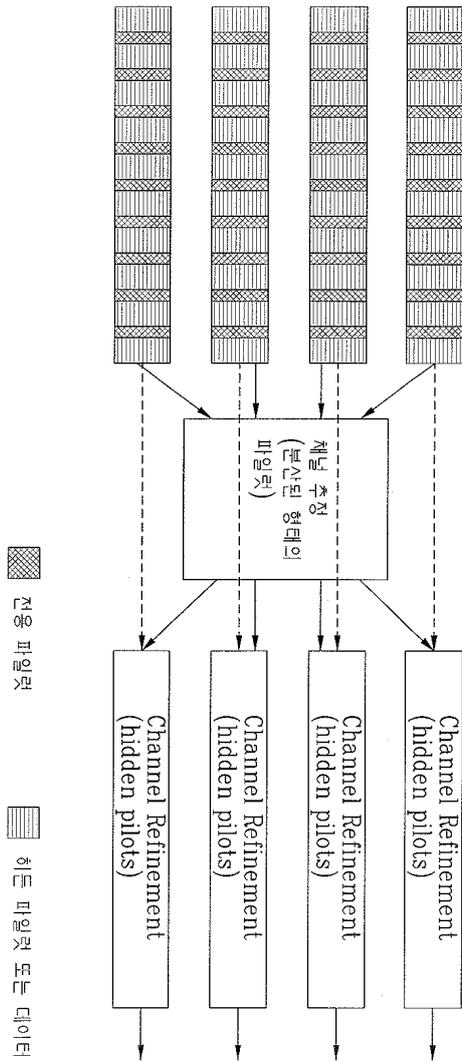
도면7b



도면7c



도면8



도면9

