



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월18일

(11) 등록번호 10-1520667

(24) 등록일자 2015년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04J 11/00 (2006.01) *H04B 1/76* (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0078433

(22) 출원일자 2008년08월11일

심사청구일자 2013년08월09일

(65) 공개번호 10-2009-0026723

(43) 공개일자 2009년03월13일

(30) 우선권주장
1020070091730 2007년09월10일 대한민국(KR)

(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문현

US20060285479 A1

US20070202816 A1

(73) 특허권자

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)

(72) 발명자

최진수

경기도 안양시 동안구 흥안대로81번길 77, LG제1
연구단지 (호계동)

남기호

경기도 안양시 동안구 흥안대로81번길 77, LG제1
연구단지 (호계동)

곽진삼

경기도 안양시 동안구 흥안대로81번길 77, LG제1
연구단지 (호계동)

(74) 대리인

방해철, 김용인

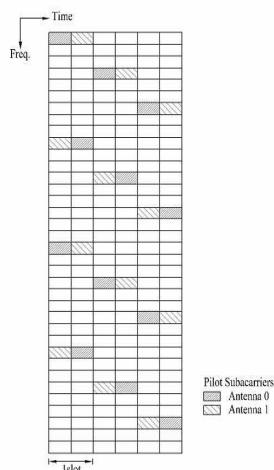
전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 김상인

(54) 발명의 명칭 다중 안테나 시스템에서의 파일럿 부반송파 할당 방법

(57) 요 약

다수의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 심벌과 다수의 부반송파에 걸쳐서 파일럿 부반송파를 할당하는 다중 안테나 시스템에서의 파일럿 할당 방법을 제공한다. 상기 방법은 복수의 안테나에 대한 각각의 파일럿 부반송파를 각 OFDM 심볼마다 균등한 개수로 할당하는 것을 특징으로 한다. 또한, 각각의 파일럿 부반송파는 2개씩 쌍을 이루어, 인접하는 2 OFDM 심볼 상에서 서로 시간 영역 위치가 스위칭되도록 할당한다. 이를 통해 각 시점에서 안테나에 필요한 송신 전력을 균등하게 할당할 수 있으며, 파일럿 오버헤드를 감소시킬 수 있다.

대 표 도 - 도9

(30) 우선권주장

61/021,894 2008년01월17일 미국(US)

61/045,624 2008년04월17일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 기법을 사용하는 다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output, MIMO) 안테나 시스템에서 송신기가 파일럿을 전송함에 있어서,

제1 안테나에 대한 제1 파일럿 P1, 제2 안테나에 대한 제2 파일럿 P2, 제3 안테나에 대한 제3 파일럿 P3 및 제4 안테나에 대한 제4 파일럿 P4를, 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼들을 포함하고 주파수 영역에서 복수의 부반송파들을 포함하는 기본 자원 블록의 매 OFDM 심볼에, 할당; 및

상기 제1 ~ 제4 파일럿들 P1~P4를 수신기에게 전송하는 것을 포함하며,

상기 제1 ~ 제4 파일럿들 P1~P4는, 상기 기본 자원 블록의 2개의 인접한 OFDM 심볼들 내 2개의 인접한 부반송파들에, 다음 표 1:

[표 1]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P1	P2
부반송파 k+1	P3	P4

에 따른 제1 패턴, 혹은 다음 표 2:

[표 2]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P2	P1
부반송파 k+1	P4	P3

에 따른 제2 패턴으로 할당(여기서, k는 부반송파 인덱스)되고,

상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 주파수 축을 따라 서로 교차하는, 파일럿 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1패턴 및 상기 제2패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 소정 개수의 부반송파들만큼 떨어져 할당되는,

파일럿 전송 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1패턴 및 상기 제2패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들의 다음 2개 OFDM 심볼들에 3개 부반송파의 정수배만큼 쉬프트되어 할당되는,

파일럿 전송 방법.

청구항 4

직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 기법을 사용하는 다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output, MIMO) 안테나 시스템에서 송신기가 파일럿을 수신함에 있어서,

제1 안테나에 대한 제1 파일럿 P1, 제2 안테나에 대한 제2 파일럿 P2, 제3 안테나에 대한 제3 파일럿 P3 및 제4

안테나에 대한 제4 파일럿 P4를, 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼들을 포함하고 주파수 영역에서 복수의 부반송파들을 포함하는 기본 자원 블록의 매 OFDM 심볼에서, 수신; 및

상기 제1 ~ 제4 파일럿들 P1~P4는, 상기 기본 자원 블록의 2개의 인접한 OFDM 심볼들 내 2개의 인접한 부반송파들 상에서, 다음 표 1:

[표 1]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P1	P2
부반송파 k+1	P3	P4

에 따른 제1 패턴, 혹은 다음 표 2:

[표 2]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P2	P1
부반송파 k+1	P4	P3

에 따른 제2 패턴으로 수신(여기서, k는 부반송파 인덱스)되고,

상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 주파수 축을 따라 서로 교차하는, 파일럿 수신 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1패턴 및 상기 제2패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 소정 개수의 부반송파들만큼 떨어져 수신되는,

파일럿 수신 방법.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1패턴 및 상기 제2패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들의 다음 2개 OFDM 심볼들에서는 3개 부반송파의 정수배만큼 쉬프트된 부반송파들 상에서 수신되는,

파일럿 수신 방법.

청구항 7

직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 기법을 사용하는 다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output, MIMO) 안테나 시스템에서 송신기가 파일럿을 전송함에 있어서,

MIMO 안테나, 및

상기 MIMO 안테나와 동작 가능하도록 연결된 프로세서를 포함하며, 상기 프로세서는 제1 안테나에 대한 제1 파일럿 P1, 제2 안테나에 대한 제2 파일럿 P2, 제3 안테나에 대한 제3 파일럿 P3 및 제4 안테나에 대한 제4 파일럿 P4를, 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼들을 포함하고 주파수 영역에서 복수의 부반송파들을 포함하는 기본 자원 블록의 매 OFDM 심볼에, 할당하도록 구성되고; 및 상기 제1 ~ 제4 파일럿들 P1~P4를 수신기에 전송하도록 상기 MIMO 안테나를 제어하도록 구성되며,

상기 프로세서는 상기 제1 ~ 제4 파일럿들 P1~P4를, 상기 기본 자원 블록의 2개의 인접한 OFDM 심볼들 내 2개의 인접한 부반송파들에, 다음 표 1:

[표 1]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P1	P2
부반송파 k+1	P3	P4

에 따른 제1 패턴, 혹은 다음 표 2:

[표 2]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P2	P1
부반송파 k+1	P4	P3

에 따른 제2 패턴으로 할당(여기서 k는 부반송파 인덱스)하도록 구성되고,

상기 프로세서는 상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴을 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 주파수 축을 따라 서로 교차하여 할당하도록 구성된,

송신기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 소정 개수의 부반송파들만큼 떨어져 할당되는,

송신기.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들의 다음 2개 OFDM 심볼들에 3개 부반송파의 정수배만큼 쉬프트되어 할당되는,

송신기.

청구항 10

직교 주파수 분할 다중화(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 기법을 사용하는 다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output, MIMO) 안테나 시스템에서 수신기가 파일럿을 수신함에 있어서,

MIMO 안테나, 및

상기 MIMO 안테나와 동작 가능하도록 연결된 프로세서를 포함하며, 상기 프로세서는 상기 수신기로 하여금 상기 파일럿을 수신하도록 제어하되,

제1 안테나에 대한 제1 파일럿 P1, 제2 안테나에 대한 제2 파일럿 P2, 제3 안테나에 대한 제3 파일럿 P3 및 제4 안테나에 대한 제4 파일럿 P4는, 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼들을 포함하고 주파수 영역에서 복수의 부반송파들을 포함하는 기본 자원 블록의 매 OFDM 심볼에서, 수신되고,

상기 제1 ~ 제4 파일럿들 P1~P4는, 상기 기본 자원 블록의 2개의 인접한 OFDM 심볼들 내 2개의 인접한 부반송파들 상에서, 다음 표 1:

[표 1]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P1	P2
부반송파 k+1	P3	P4

에 따른 제1 패턴, 혹은 다음 표 2:

[표 2]

	짝수 번호 OFDM 심볼	홀수 번호 OFDM 심볼
부반송파 k	P2	P1
부반송파 k+1	P4	P3

에 따른 제2 패턴으로 수신(여기서, k는 부반송파 인덱스)되며,

상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 주파수 축을 따라 서로 교차하는, 수신기.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1패턴 및 상기 제2패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들에서 소정 개수의 부반송파들만큼 떨어져 수신되는,

수신기.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 제1 패턴 및 상기 제2 패턴은 상기 2개의 인접한 OFDM 심볼들의 다음 2개 OFDM 심볼들에서는 3개 부반송파의 정수배만큼 쉬프트된 부반송파들 상에서 수신되는,

수신기.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

발명의 설명**발명의 상세한 설명****기술 분야**

[0001] 본 발명은 무선 통신에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 안테나 시스템에서 파일럿을 할당하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16 표준은 광대역 무선 접속(broadband wireless access)을 지원하기 위한 기술과 프로토콜을 제공한다. 1999년부터 표준화가 진행되어 2001년 IEEE 802.16-2001이 승인되었다. 이는 'WirelessMAN-SC'라는 단일 반송파(single carrier) 물리계층에 기반한다. 이후 2003년에 승인된 IEEE 802.16a 표준에서는 물리계층에 'WirelessMAN-SC' 외에 'WirelessMAN-OFDM'과 'WirelessMAN-OFDMA'가 더 추가되었다. IEEE 802.16a 표준이 완료된 후 개정된(revised) IEEE 802.16-2004 표준이 2004년 승인되었다. IEEE 802.16-2004 표준의 결함(bug)과 오류(error)를 수정하기 위해 'corrigendum'이라는 형식으로 IEEE 802.16-2004/Cor1이 2005년에 완료되었다.

[0003] MIMO(Multiple Input Multiple Output Antennas) 기술은 다중 송신 안테나와 다중 수신 안테나를 사용하여 데이터의 송수신 효율을 향상시킨다. IEEE 802.16a 표준부터 MIMO 기술이 도입되어, 현재까지도 계속적인 보완이 이루어지고 있다.

[0004] MIMO 기술은 공간 다중화(Spatial multiplexing) 기법과 공간 다이버시티(Spatial diversity) 기법으로 나눌 수 있다. 공간 다중화 기법에 의하면 서로 다른 데이터를 동시에 전송함으로써 시스템의 대역폭을 증가시키지 않고 고속의 데이터를 전송한다. 공간 다이버시티 기법에 의하면 다중 송신 안테나에서 동일한 데이터를 전송하여 다이버시티를 얻음으로써 데이터의 신뢰성을 증가시킨다.

[0005] 수신기는 송신기로부터 전송된 데이터를 복원하기 위하여 채널을 추정할 필요가 있다. 채널 추정은 페이딩

(fading)으로 인한 급격한 환경변화에 의하여 생기는 신호의 왜곡을 보상하여 전송 신호를 복원하는 과정을 말한다. 일반적으로 채널 추정을 위하여는 송신기와 수신기가 모두 알고 있는 파일럿(pilot)이 필요하다.

[0006] MIMO 시스템에서 신호는 각 안테나에 대응하는 채널을 겪는다. 따라서 파일럿을 다중 안테나를 고려하여 배치하는 것이 필요하다. 안테나의 수가 증가함에 따라 파일럿의 수도 증가할 경우 안테나의 수를 증가시켜 데이터 전송률을 증가시키려는 의도에 부합되지 않는다.

[0007] 또한, 종래 기술에서는 각 퍼뮤테이션(분산/AMC) 방법 별로 각기 다른 파일럿 할당 구조를 가지고 설계되어 사용되었다. 이는 종래의 IEEE 802.16e 시스템에서 퍼뮤테이션 방법이 시간상에서 분리가 되어 있었기 때문에, 각 퍼뮤테이션별로 다르게 최적화된 구조가 설계될 수 있었기 때문이다. 만약 퍼뮤테이션 방법이 시간상으로 공존할 경우 하나의 단일화된 기본 데이터 할당 구조가 필요하다.

[0008] 또한 종래 기술에서는 파일럿 오버헤드가 심각해서 전송률 저하라는 문제점을 지니고 있었다. 또한 인접하는 셀이나 섹터간 같은 파일럿 구조를 적용하여 셀이나 섹터간 충돌이 일어날 수 있는 문제가 있었다.

[0009] 따라서, MIMO 시스템에서 파일럿을 효율적으로 할당할 수 있는 기법이 필요하다.

발명의 내용

해결 하고자 하는 과제

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 다중 안테나 시스템에서 효율적인 파일럿 할당 방법을 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

[0011] 상술한 바와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 양태에서는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조를 사용하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 안테나 시스템에서 하향링크 및 상향링크에 이용되는 파일럿 부반송파를 할당하는 방법에 있어서, 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼들 및 주파수 영역에서 복수의 부반송파들을 포함하는 프레임 구조를 제공하는 단계; 및 제 1 안테나에 대한 제 1 파일럿 부반송파들 및 제 2 안테나에 대한 제 2 파일럿 부반송파들을 시간 영역 및 주파수 영역에서 교차적으로 할당하는 단계를 포함하며, 상기 할당 단계에서, 상기 제 1 파일럿 부반송파들 각각 및 상기 제 2 파일럿 부반송파들 각각을 9 부반송파 개수의 배수만큼 주파수 영역에서 떨어져 할당되되, 각각의 상기 제 1 파일럿 부반송파와 상기 제 2 파일럿 부반송파를 인접하는 2 OFDM 심볼 내에 할당하는 파일럿 부반송파 할당 방법을 제공한다.

[0012] 또한, 상술한 바와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 일 양태에서는 하향링크 및 상향링크 통신에 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조를 사용하는 무선 통신 시스템에 있어서, 다중 입력 다중 출력(MIMO) 안테나; 상기 다중 입력 다중 출력 안테나와 동작 가능하도록 연결된 OFDM 변조기; 및 상기 OFDM 변조기와 동작 가능하도록 연결된 프로세서를 포함하며, 상기 프로세서는 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼들 및 주파수 영역에서 복수의 부반송파들을 포함하는 프레임 구조를 제공하고, 제 1 안테나에 대한 제 1 파일럿 부반송파들 및 제 2 안테나에 대한 제 2 파일럿 부반송파들을 시간 영역 및 주파수 영역에서 교차적으로 할당하도록 구성되며, 상기 제 1 파일럿 부반송파들 각각 및 상기 제 2 파일럿 부반송파들 각각은 9 부반송파 개수의 배수만큼 주파수 영역에서 떨어져 할당되되, 각각의 상기 제 1 파일럿 부반송파와 상기 제 2 파일럿 부반송파는 인접하는 2 OFDM 심볼 내에 할당되는 무선 통신 시스템을 제공한다.

[0013] 이때, 2 OFDM 심볼만큼 떨어져 배치된 상기 제 1 파일럿 부반송파들 각각은 3 부반송파 개수의 배수만큼 쉬프트되어 할당되며, 2 OFDM 심볼만큼 떨어져 배치된 상기 제 2 파일럿 부반송파들 각각은 상기 3 부반송파 개수의 배수만큼 쉬프트되어 할당되어, 주파수 선택성을 달리하도록 하는 것일 수 있다.

[0014] 또한, 상기 OFDM 심볼들 각각은 상기 제 1 파일럿 부반송파 및 상기 제 2 파일럿 부반송파를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 OFDM 심볼들 각각에 포함된 상기 제 1 파일럿 부반송파 및 상기 제 2 파일럿 부반송파의 개수는 동일할 수 있다.

[0016] 또한, 제 3 안테나를 위한 제 3 파일럿 부반송파 및 제 4 안테나를 위한 제 4 파일럿 부반송파를 시간 영역 및 주파수 영역에서 교차적으로 할당하는 단계를 더 포함하며, 상기 할당 단계에서, 상기 제 3 파일럿 부반송파들 각각 및 상기 제 4 파일럿 부반송파들 각각을 상기 9 부반송파 개수의 배수만큼 주파수 영역에서 떨어져 할당되되, 각각의 상기 제 3 파일럿 부반송파와 상기 제 4 파일럿 부반송파를 인접하는 2 OFDM 심볼 내에 할당할 수

있다.

[0017] 또한, 상기 제 1 파일럿 부반송파는 상기 제 3 파일럿 부반송파에 주파수 영역에서 인접하며, 상기 제 2 파일럿 부반송파는 상기 제 4 파일럿 부반송파에 주파수 영역에서 인접할 수 있다.

[0018] 또한, 2 OFDM 심볼만큼 떨어져 배치된 상기 제 3 파일럿 부반송파 각각은 3 부반송파의 배수만큼 쉬프트되어 할당되며, 2 OFDM 심볼만큼 떨어져 배치된 상기 제 4 파일럿 부반송파 각각은 상기 3 부반송파의 배수만큼 쉬프트되어 할당되어, 주파수 선택성을 달리하도록 할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 프레임 구조는 상기 상향링크 및 상기 하향링크 중 하나 이상의 통신에서 이용될 수도, FUSC(Full Usage of Subchannels) 퍼뮤테이션 모드에 이용될 수도, AMC(Adaptive modulation and Coding) 퍼뮤테이션 모드에 이용될 수도 있다.

[0020] 또한, 제 1 OFDM 심볼에서 상기 제 1 파일럿 부반송파의 시작 위치는 하나 이상의 부반송파만큼 오프셋(offset)될 수 있다.

[0021] 또한, 각각의 상기 OFDM 심볼은 상기 제 1 파일럿 부반송파, 상기 제 2 파일럿 부반송파, 상기 제 3 파일럿 부반송파 및 상기 제 4 파일럿 부반송파를 포함할 수 있다. 이 경우, 각각의 상기 OFDM 심볼에 포함된 상기 제 1 파일럿 부반송파, 상기 제 2 파일럿 부반송파, 상기 제 3 파일럿 부반송파 및 상기 제 4 파일럿 부반송파의 개수는 동일할 수 있다.

[0022] 한편, 상기 프로세서는, 상기 하향링크 및 상기 상향링크 통신 중 어느 하나 이상에 이용되는 부반송파들에 심볼들 및 파일럿들을 할당하는 부반송파 할당기를 포함할 수 있으며, 나아가 상기 프로세서는, 입력 스트림을 인터叮하여 코드워드를 생성하는 채널 인코더; 상기 코드워드를 신호 성좌(signal constellation)내의 위치를 나타내는 심볼에 매핑하는 맵퍼; 및 상기 심볼을 프로세싱하는 다중 입력 다중 출력 (MIMO) 프로세서를 더 포함할 수 있다.

효과

[0023] 본 발명에 따른 파일럿 부반송파 할당 방법에 따르면, 다중 안테나 시스템에서 파일럿 오버헤드를 최소화하고, 송신 안테나의 수가 증가하더라도 데이터 맵핑에 영향을 미치지 않는다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0024] 이하의 기술은 다양한 무선 통신 시스템에 사용될 수 있다. 무선 통신 시스템은 음성, 패킷 데이터 등과 같은 다양한 통신 서비스를 제공하기 위해 널리 배치된다. 이 기술은 하향링크(downlink) 또는 상향링크(uplink)에 사용될 수 있다. 일반적으로 하향링크는 기지국(base station; BS)에서 단말(user equipment; UE)로의 통신을 의미하며, 상향링크는 단말에서 기지국으로의 통신을 의미한다. 기지국은 일반적으로 단말과 통신하는 고정된 지점(fixed station)을 말하며, 노드-B(node-B), BTS(base transceiver system), 액세스 포인트(access point) 등 다른 용어로 불릴 수 있다. 단말은 고정되거나 이동성을 가질 수 있으며, MS(mobile station), UT(user terminal), SS(subscriber station), 무선기기(wireless device) 등 다른 용어로 불릴 수 있다.

[0025] 이하에서는 새로운 시스템을 위한 효율적인 파일럿 구조를 제안한다. 새로운 시스템의 예로서 IEEE 802.16m 시스템을 중심적으로 설명하나, 그 뒤의 다른 시스템에도 동일한 원리에 의해 적용될 수 있다.

[0026] 통신 시스템은 다중 입력 다중 출력(multiple-input multiple-output; MIMO) 시스템 또는 다중 입력 싱글 출력(multiple-input single-output; MISO) 시스템일 수 있다. MIMO 시스템은 다수의 전송 안테나와 다수의 수신 안테나를 사용한다. MISO 시스템은 다수의 전송 안테나와 하나의 수신 안테나를 사용한다.

[0027] 도 1은 다중 안테나를 가지는 송신기를 나타내는 블록도이다.

[0028] 도 1을 참조하면, 송신기(100)는 채널 인코더(120), 맵퍼(130), MIMO 처리기(140), 부반송파 할당기(150) 및 OFDM 변조기(160)를 포함한다. 채널 인코더(120)는 입력되는 스트림을 정해진 코딩 방식에 따라 인코딩하여 부호화된 데이터(coded word)를 형성한다. 맵퍼(130)는 부호화된 데이터를 신호 성상(signal constellation) 상의 위치를 표현하는 심벌로 맵핑한다. 맵퍼(130)에서의 변조 방식(modulation scheme)에는 제한이 없으며, m-PSK(m-Phase Shift Keying) 또는 m-QAM(m-Quadrature Amplitude Modulation)일 수 있다. MIMO 처리기(140)는 입력 심벌을 송신 안테나(190-1, ..., 190-Nt)에 따른 MIMO 방식으로 처리한다. 예를 들어, MIMO 처리기(140)는 코드북(codebook) 기반의 프리코딩을 처리할 수 있다. 부반송파 할당기(150)는 입력 심벌과 파일럿을 부반송파에

할당한다. 파일럿은 각 송신 안테나($190-1, \dots, 190-N_t$) 별로 배치된다. 파일럿은 채널 추정 또는 데이터 복조를 위해 사용되는 송신기(100)와 수신기(도 2의 200) 양자가 모두 아는 신호로, 기준신호(reference signal)이라고도 한다. OFDM 변조기(160)는 입력 심벌을 OFDM 변조하여 OFDM 심벌을 출력한다. OFDM 변조기(160)는 입력 심벌에 대해 IFFT(Inverse fast Fourier transform)을 수행할 수 있으며, IFFT를 수행한 후 CP(Cyclic prefix)를 더 삽입할 수 있다. OFDM 심벌은 각 송신 안테나($190-1, \dots, 190-N_t$)를 통해 송신된다.

[0029] 도 2는 다중 안테나를 가지는 수신기를 나타내는 블록도이다.

[0030] 도 2를 참조하면, 수신기(200)는 OFDM 복조기(210), 채널 추정기(220), MIMO 후처리기(230), 디맵퍼(240) 및 채널 디코더(250)를 포함한다. 수신 안테나($290-1, \dots, 290-N_r$)로부터 수신된 신호는 OFDM 복조기(210)에 의해 FFT(fast Fourier transform)가 수행된다. 채널 추정기(220)는 파일럿을 이용하여 채널을 추정한다. MIMO 후처리기(230)는 MIMO 처리기(140)에 대응하는 후처리를 수행한다. 디맵퍼(240)는 입력 심벌을 부호화된 데이터로 디맵핑하고, 채널 디코더(250)는 부호화된 데이터를 디코딩하여 원래 데이터를 복원한다.

[0031] 도 3은 프레임 구조의 일 예를 나타낸다.

[0032] 프레임은 물리적 사양에 의해 사용되는 고정된 시간 동안의 데이터 시퀀스이다. 이는 IEEE 표준 802.16-2004 "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access systems" (이하, 참조 문헌 1)의 8.4.4.2절을 참조할 수 있다.

[0033] 도 3을 참조하면, 프레임은 하향링크(DL) 프레임과 상향링크(UL) 프레임을 포함한다. 시간 분할 이중(Time Division Duplex)은 상향링크와 하향링크 전송이 동일 주파수를 공유하지만 서로 다른 시간에 일어나는 방식이다. 하향링크 프레임은 상향링크 프레임보다 시간적으로 앞선다. 하향링크 프레임은 프리앰블(preamble), FCH(Frame Control Header), DL(Downlink)-MAP, UL(Uplink)-MAP, 버스트 영역의 순서로 시작된다. 상향링크 프레임과 하향링크 프레임을 구분하기 위한 보호시간(guard time)이 프레임의 중간 부분(하향링크 프레임과 상향링크 프레임 사이)과 마지막 부분(상향링크 프레임 다음)에 삽입된다. TTG(transmit/receive transition gap)는 다운링크 버스트와 계속되는(subsequent) 상향링크 버스트 사이의 갭이다. RTG(receive/transmit transition gap)는 상향링크 버스트와 계속되는 하향링크 버스트 사이의 갭이다.

[0034] 프리앰블은 기지국과 단말 간의 초기 동기, 셀 탐색, 주파수 오프셋 및 채널 추정에 사용된다. FCH는 DL-MAP 메시지의 길이와 DL-MAP의 코딩 방식(coding scheme) 정보를 포함한다. DL-MAP은 DL-MAP 메시지가 전송되는 영역이다. DL-MAP 메시지는 하향링크 채널의 접속을 정의한다. DL-MAP 메시지는 DCD(Downlink Channel Descriptor)의 구성 변화 카운트 및 기지국 ID(identifier)를 포함한다. DCD는 현재 맵에 적용되는 하향링크 버스트 프로파일(downlink burst profile)을 기술한다. 하향링크 버스트 프로파일은 하향링크 물리채널의 특성을 말하며, DCD는 DCD 메시지를 통해 주기적으로 기지국에 의해 전송된다.

[0035] UL-MAP은 UL-MAP 메시지가 전송되는 영역이다. UL-MAP 메시지는 상향링크 채널의 접속을 정의한다. UL-MAP 메시지는 UCD(Uplink Channel Descriptor)의 구성 변화 카운트, UL-MAP에 의해 정의되는 상향링크 할당의 유효 시작 시각을 포함한다. UCD는 상향링크 버스트 프로파일(uplink burst profile)을 기술한다. 상향링크 버스트 프로파일은 상향링크 물리채널의 특성을 말하며, UCD는 UCD 메시지를 통해 주기적으로 기지국에 의해 전송된다.

[0036] 이하에서, 슬롯(slot)은 최소한의 가능한 데이터 할당 유닛으로, 시간과 서브채널(subchannel)로 정의된다. 서브채널의 수는 FFT 크기와 시간-주파수 맵핑에 종속한다. 서브채널은 복수의 부반송파를 포함하고, 서브채널 당부반송파의 수는 퍼뮤테이션(permutation) 방식에 따라 다르다. 퍼뮤테이션은 논리적인 서브채널을 물리적인 부반송파로 맵핑을 의미한다. FUSC(Full Usage of Subchannels)에서 서브채널은 48 부반송파를 포함하고, PUSC(Partial Usage of Subchannels)에서 서브채널은 24 또는 16 부반송파를 포함한다. 세그먼트(segment)는 적어도 하나의 서브채널 집합을 말한다.

[0037] 물리계층에서 데이터를 물리적인 부반송파로 맵핑하기 위해 일반적으로 2단계를 거친다. 첫번째 단계에서, 데이터가 적어도 하나의 논리적인 서브채널 상에서 적어도 하나의 데이터 슬롯으로 맵핑된다. 두번째 단계에서, 각 논리적인 서브채널은 물리적인 부반송파로 맵핑된다. 이를 퍼뮤테이션이라 한다. 참조문헌 1은 FUSC, PUSC, 0-FUSC(Optimal-FUSC), 0-PUSC(Optional-PUSC), AMC(Adaptive modulation and Coding) 등의 퍼뮤테이션 방식을 개시한다. 동일한 퍼뮤테이션 방식이 사용되는 OFDM 심벌의 집합을 퍼뮤테이션 영역(permutation zone)이라고 하고, 하나의 프레임은 적어도 하나의 퍼뮤테이션 영역을 포함한다.

[0038] FUSC와 0-FUSC는 하향링크 전송에만 사용된다. FUSC는 모든 서브채널 그룹을 포함하는 하나의 세그먼트로 구성된다. 각 서브채널은 전체 물리채널을 통해 분포되는 물리적인 부반송파로 맵핑된다. 이 맵핑은 각 OFDM 심벌마다

다 바뀐다. 슬롯은 하나의 OFDM 심벌상에서 하나의 서브채널로 구성된다. O-FUSC는 FUSC와 파일럿이 할당되는 방식이 다를 수 있다.

[0039] PUSC는 하향링크 전송과 상향링크 전송 모두에 사용된다. 하향링크에서, 각 물리적인 채널은 2 OFDM 심벌상에서 14 인접하는(contiguous) 부반송파로 구성되는 클러스터(cluster)로 나누어진다. 물리채널은 6 그룹으로 맵핑된다. 각 그룹내에서, 파일럿은 고정된 위치로 각 클러스터에 할당된다. 상향링크에서, 부반송파들은 3 OFDM 심벌상에서 4 인접하는 물리적 부반송파로 구성된 타일(tile)로 나누어진다. 서브채널은 6 타일을 포함한다. 각 타일의 모서리에 파일럿이 할당된다. O-PUSC는 상향링크 전송에만 사용되고, 타일은 3 OFDM 심벌상에서 3 인접하는 물리적 부반송파로 구성된다. 파일럿은 타일의 중심에 할당된다.

[0040] 도 4는 PUSC에서 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

[0041] 도 5는 FUSC에서 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

[0042] 도 6은 PUSC에서 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

[0043] 도 7은 FUSC에서 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

[0044] 이들은 IEEE 표준 802.16-2004/Cor1-2005 "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access systems; Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1" (이하 참조 문현 2), 8.4.8.1.2.1.1절, 8.4.8.1.2.1.2절, 8.4.8.2.1절 및 8.4.8.2.2절을 각각 참조할 수 있다.

[0045] 도 4 내지 7을 참조하면, PUSC나 FUSC와 같은 부반송파 할당시 파일럿 오버 헤드가 크다. 특히, 1개의 송신 안테나를 사용하는 경우에는 송신 안테나 당 파일럿 오버헤드를 고려할 때 2개 이상의 송신 안테나에 비해 오버헤드가 보다 심각하다.

[0046] 표 1은 각 퍼뮤테이션 방식에서 송신 안테나의 수에 따른 파일럿 오버헤드를 나타낸다.

표 1

송신 안테나 수	PUSC	FUSC	O-FUSC
1	14.28% (14.28%)	9.75% (9.75%)	11.1% (11.1%)
2	14.28% (7.14%)	9.75% (4.78%)	11.1% (5.55%)
4	28.55% (7.14%)	18.09% (4.52%)	22.21% (5.55%)

[0047] 여기서, 파일럿 오버헤드는 파일럿에 할당되는 부반송파의 수를 사용되는 전체 부반송파의 수로 나눈 값이다. 괄호 안의 값은 송신 안테나당 파일럿 오버헤드를 나타낸다.

[0049] 더구나, 참조 문현 2에 의하면 4 또는 3 송신 안테나를 사용하는 경우에 채널부호화된 데이터에 대해 천공(puncturing) 또는 절단(truncation)을 수행한 후에 서브채널에 맵핑되는 문제가 발생한다.

[0050] 이제 다중 안테나를 위한 본 발명에 따른 파일럿 구조를 기술한다.

[0051] 최적의 파일럿 구조를 위한 설계 기준(design criteria)는 다음과 같다.

[0052] (1) 시간-주파수 영역에서 단일 안테나에서 파일럿 오버헤드는 4~9% 정도이다.

[0053] (2) 하나의 슬롯은 2 인접하는 OFDM 심벌 상에서 48 부반송파를 포함할 수 있다.

[0054] (3) 파일럿 부반송파는 시간-주파수 영역에서 가능한 균일하게 분포된다.

[0055] (4) 송신 안테나당 파일럿 오버헤드는 유사하게 유지하고, 송신 안테나 증가에 따라 비례하여 전체 파일럿 오버헤드가 증가한다. 단, 전체 파일럿 오버헤드를 고려할 때 송신 안테나 3개 이상의 경우에는 전체 파일럿 오버헤드를 동일하게 유지하여 20%를 넘지 않도록 한다.

[0056] (5) 송신 안테나 수가 증가하더라도 서브채널로의 데이터 맵핑은 영향을 받지 않는다.

[0057] 위와 같은 조건을 활용하여 가능한 후보군을 도출하기 위하여 아래와 같이 요구 사항을 수식으로 표현가능하고, 이를 만족하는 후보군 도출이 가능하다.

[0058] (1) $(N_{used} - 2 * N_p) \bmod N_{sub} = 0$

[0059] (2) $(N_{used}-2*N_p) \bmod N_{sub} = 0$

[0060] (3) $(N_{used}-N_p) \bmod N_{sub} = 0$

[0061] (4) $0.04 \leq N_p \leq 0.09$

[0062] (5) $N_g = N_{fft} - N_{used} - 1$ (DC 부반송파)

[0063] (6) $(N_{used}-N_p) / N_{sub}.sym \geq N_{sch}.pusc$

[0064] 여기서, N_{used} 는 사용되는 부반송파 수, N_p 는 파일럿 부반송파 수, N_g 는 보호 부반송파 수, N_{fft} 는 FFT 크기, N_{sub} 는 서브채널 당 부반송파 수, $N_{sub}.sym$ 은 1 OFDM 심볼 상에서 서브채널에 할당되는 부반송파의 수, $N_{sch}.pusc$ 는 기존 DL-PUSC에서 생성가능한 서브채널의 수이다.

[0065] 표 2는 상기 설계 기준에 따른 26가지 후보 군을 나타낸다.

표 2

#	FFT Size	Used SCs	Pilot SCs	Guard SCs	# of Subch - 1 antenna	# of Subch - 2 antennas	# of Subch - 4 antennas	Pilot Overhead -1 antenna	Data Ratio	Guard Ratio	Pilot Spacing
(1)	2048	1656	72	391	66	63	60	4.3478	80.859	19.092	11.5
(2)	2048	1656	96	391	65	61	57	5.7971	80.859	19.092	8.625
(3)	2048	1680	72	367	67	64	61	4.2857	82.031	17.92	11.6667
(4)	2048	1680	96	367	66	62	58	5.7143	82.031	17.92	8.75
(5)	2048	1680	120	367	65	60	55	7.1429	82.031	17.92	7
(6)	2048	1704	72	343	68	65	62	4.2254	83.203	16.748	11.833
(7)	2048	1704	96	343	67	63	59	5.6338	83.203	16.748	8.875
(8)	2048	1704	120	343	66	61	56	7.0423	83.203	16.748	7.1
(9)	2048	1728	72	319	69	66	63	4.1667	84.375	15.576	12
(10)	2048	1728	96	319	68	64	60	5.5556	84.375	15.576	9
(11)	2048	1728	120	319	67	62	57	6.9444	84.375	15.576	7.2
(12)	2048	1728	144	319	66	60	54	8.3333	84.375	15.576	6
(13)	2048	1752	72	295	70	67	64	4.1096	85.547	14.404	12.1667
(14)	2048	1752	96	295	69	65	61	5.4795	85.547	14.404	9.125
(15)	2048	1752	120	295	68	63	58	6.8493	85.547	14.404	7.3
(16)	2048	1752	144	295	67	61	55	8.2192	85.547	14.404	6.08
(17)	2048	1776	72	271	71	68	65	4.0541	86.719	13.232	12.333
(18)	2048	1776	96	271	70	66	62	5.4054	86.719	13.232	9.25
(19)	2048	1776	120	271	69	64	59	6.7568	86.719	13.232	7.4
(20)	1024	816	48	207	32	30	28	5.8824	79.688	20.215	8.5
(21)	1024	840	48	183	33	31	29	5.7143	82.031	17.871	8.75
(22)	1024	864	48	159	34	32	30	5.5556	84.375	15.527	9
(23)	1024	864	72	159	33	30	27	8.3333	84.375	15.527	6
(24)	1024	888	48	135	35	33	31	5.4054	86.719	13.184	9.25
(25)	1024	888	72	135	34	31	28	8.1081	86.719	13.184	6.1665
(26)	512	432	24	79	17	16	15	5.5556	84.375	15.43	9

[0066]

[0067] FFT 크기에 따라 사용가능한 부반송파(Used SC), 파일럿 부반송파(Pilot SC) 및 보호 부반송파(Guard SC)를 구하고, 송신 안테나 수에 따른 서브채널을 구한다. 여기서, 사용가능한 부반송파는 DC 부반송파를 제외한 값이다. 예를 들어, 케이스 (1)에서 1 송신 안테나에서 서브채널의 수는 (사용가능한 부반송파의 수-파일럿 부반송파의 수) / (1 OFDM 심벌 상에서 서브채널에 할당되는 부반송파의 수) = $1656-72/24 = 66$ 이 된다.

[0068] 도 8은 표 2의 각 케이스를 파일럿 오버헤드 비율과 보호 부반송파 비율로 나타낸 그래프이다.

[0069] 도 8을 참조하면, 표 2에 나타난 케이스 (1)~(26) 중 시스템 대역폭 또는 이에 따른 FFT 크기를 고려할 때, 5~20MHz 또는 512~2048 FFT 에 동일한 설계 기준으로 가장 적합한 케이스는 (10), (22) 및 (26)임을 알 수 있다. 표 2에서 케이스 (10), (22) 및 (26)은 모두 파일럿 간격이 9이다. 즉, 본 발명의 일 실시형태에서는 9 부반송파 간격으로 파일럿을 배치하는 것을 제안한다.

[0070] 표 3은 제안된 부반송파 할당을 나타낸다.

표 3

Parameter	Value			Comments
	2048	1024	512	
# of DC Subcarriers	1	1	1	Index 1024/512/256 (counting from 0)
# of Guard Subcarriers, Left	160	80	40	—
# of Guard Subcarriers, Right	159	79	39	—
# of Used Subcarriers (N_{used})	1729	865	433	Number of all subcarriers used within a symbol, including pilots & a DC carrier
# of Pilot Subcarriers (N_{pilot})	96	48	24	—
Pilot Subcarrier Index	$18k + 9m_i + 3(\lfloor n_s / 2 \rfloor \bmod 3)$			n_s denotes a symbol index, in which index '0' should be the first symbol of the current zone. $k = 0, 1, \dots, N_{pilot}$ $m_i = (n_s + i) \bmod 2, i = 0, 1$ DC carrier is excluded for the calculation of the pilot subcarrier index.
# of Data Subcarriers (in each symbol per subch.)	1632 (24)	816 (24)	408 (24)	—

[0071]

파일럿 부반송파를 할당한 후에 사용되는 부반송파의 나머지 부반송파로 서브채널을 맵핑한다. 이 때, 통상적인 PUSC나 FUSC 퍼뮤테이션 방식을 적용할 수 있다.

[0073]

제안된 방식에 따르면, PUSC/FUSC에서 6~13% 정도의 수율(throughput) 향상을 얻을 수 있다. 예를 들어, 종래 기술에 의하면 PUSC에서 60 서브채널을 얻고, FUSC에서 64 서브채널을 얻을 수 있지만, 제안된 방식에 의하면 68 서브채널을 얻을 수 있다. 또한, 다중 안테나를 고려하여 새로운 퍼뮤테이션 방식을 적용한다면 데이터 천공(puncturing) 또는 절단(truncation)으로 인한 성능 저하를 방지할 수 있다.

[0074]

표 3의 파일럿 부반송파 인덱스(Pilot Subcarrier Index)에 나타나는 수학식은 i 번째 안테나의 파일럿 인덱스 P_i 를 나타낸다. 이를 아래에서 수학식로 다시 표현한다.

수학식 1

$$P_i = 18k + 9m_i + 3(\lfloor n_s / 2 \rfloor \bmod 3)$$

[0075]

여기서, $k=0, 1, \dots, N_{pilot}$, $m_i = (n_s + i) \bmod 2$, $i=0, 1, \dots, \lfloor n_s / 2 \rfloor$ 는 n_s 보다 작은 정수를 말한다. 수학식 1에서 인수 '18'은 1 OFDM 심벌상의 서브채널의 부반송파가 18이고, 인수 '9'는 9 부반송파 간격으로 파일럿 부반송파가 배치됨을, 인수 '3'은 슬롯 단위로 3 부반송파 간격으로 쉬프트됨을 의미한다.

[0077]

도 9는 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 일 예를 나타낸 예시도이다.

[0078]

도 9를 참조하면, 하나의 슬롯은 인접하는 2 OFDM 심벌 상에서 48 부반송파를 포함하고, 하나의 OFDM 심벌상에서 제1 안테나(안테나 0)에 대한 파일럿 부반송파와 제2 안테나(안테나 1)에 대한 파일럿 부반송파가 9 부반송파 간격으로 배치된다. 또한, 제1 OFDM 심벌과 제2 OFDM 심벌에서 제1 안테나(안테나 0)에 대한 파일럿 부반송파와 제2 안테나(안테나 1)에 대한 파일럿 부반송파는 서로 엇갈려 (스위칭되어) 배치된다.

[0079]

제2 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제1 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 3 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 또한, 제3 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제2 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 3 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 결과적으로, 3 슬롯마다 동일한 파일럿 배치가 반복된다.

[0080] 파일럿 배치에 있어서 시간 영역에서 또는 주파수 영역에서 일정한 간격으로 파일럿을 이동시킬 수 있으며, 그 절대적인 위치를 나타내는 것은 아니다. 파일럿 부반송파의 간격은 유지되면서 전체적으로 일정한 시간 간격 또는/및 부반송파 간격만큼 쉬프트될 수 있다.

[0081] 도 10은 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 일 예를 나타낸 예시도이다.

[0082] 도 10을 참조하면, 4개의 송신 안테나에 대한 파일럿 부반송파들은 주파수 영역 또는 시간 영역에서 인접한다. 각 송신 안테나에 대한 파일럿 부반송파는 12 부반송파 간격으로 배치된다.

[0083] 제2 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제1 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 6 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 결과적으로, 2 슬롯마다 동일한 파일럿 배치가 반복된다.

[0084] 4 송신 안테나의 경우 2 송신 안테나보다 파일럿 수가 많으므로, 2 송신 안테나의 파일럿 배치보다 파일럿 간격을 넓게 하고, 반복되는 슬롯의 순환 주기를 줄인다.

[0085] 도 11은 3 또는 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 수식적으로 기술하기 위한 예시도이다.

[0086] 도 11을 참조하면, 2 OFDM 심벌($i=0, 1$)과 2 부반송파를 포함하는 2×2 영역에서 G_0, G_1, G_2, G_3 을 각각 정의한다.

[0087] 4 송신 안테나의 경우 다음 표 4와 같이 파일럿 부반송파를 배치한다. 이에 의하면 도 10의 배치와 동일하다.

표 4

	Antenna 0	Antenna 1	Antenna 2	Antenna 3
Pilot Subcarrier Index	G_0	G_1	G_2	G_3

[0088] 3 송신 안테나의 경우 다음 표 5와 같이 파일럿 부반송파를 배치한다.

표 5

$\lfloor n_s/2 \rfloor \bmod 2$	0	1	2	
Pilot Subcarrier Index	Antenna 0	G_0, G_3	G_2	G_1
	Antenna 1	G_1	G_0, G_3	G_2
	Antenna 2	G_2	G_1	G_0, G_3

[0090] 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 수식화하기 위해, 각 OFDM 심벌($i=0, 1$) 상에 6 파일럿 부반송파 집합 $P_0^i,$

$P_1^i, P_2^i, P_3^i, P_4^i, P_5^i, P_6^i$ 을 고려한다. 이 때, 다음 표 6과 같이 나타낼 수 있다.

표 6

	$m_i=0$	$m_i=1$
k=even	$P_0^i = \{\text{PilotSub}(k, m_i)\}$ $P_1^i = \{\text{PilotSub}(k, m_i)+1\}$	$P_2^i = \{\text{PilotSub}(k, m_i)+3\}$
k=odd	$P_3^i = \{\text{PilotSub}(k, m_i)-5\}$	$P_4^i = \{\text{PilotSub}(k, m_i)-3\}$ $P_5^i = \{\text{PilotSub}(k, m_i)-2\}$

[0092]

[0093] 여기서, $\text{PilotSub}(k, m_i) = 18k + 9m_i + 6(\lfloor n_s/2 \rfloor \bmod 2)$

[0094] 이다. 따라서, 하나의 슬롯에서 4 파일럿 부반송파 G_0, G_1, G_2, G_3 로 파일럿 부반송파 집합은 다음 수학식 2와 같이 맵핑될 수 있다.

수학식 2

$$G_i = P_0^i + P_2^i + P_4^i \text{ and } G_{i+2} = P_1^i + P_3^i + P_5^i$$

[0095] 여기서, $i=0, 1$ 이다.

[0097] 제안된 파일럿 구조에 의하면, 설계 기준을 만족하는 파일럿 오버헤드를 가지고, 종래 기술에 비해 오버헤드를 5% 이상 줄일 수 있다. 파일럿 오버헤드는 2 송신 안테나에서 5.55%, 3 송신 안테나에서 5.55%, 4 송신 안테나에서 4.16%에 불과하다.

[0098] 또한, 송신 안테나의 수가 증가하더라도 서브채널로의 데이터 맵핑에 영향을 주지 않아 퍼뮤테이션 방식이 간단하게 이루어질 수 있다.

[0099] 기준의 IEEE 802.16-2004 표준에 사용되는 분산된(distributed) 서브채널 생성 방식의 경우 제1 안테나와 제2 안테나에 대한 파일럿 부반송파를 먼저 할당하고, 남는 부반송파를 활용하여 서브채널을 구성한다. 제3 안테나와 제4 안테나의 경우 할당된 서브채널을 통해 파일럿 부반송파를 할당하여 사용하므로 안테나 수에 관계없이 항상 동일한 수의 서브채널로 구성한다. 하지만, 제안된 파일럿 구조에 의하면, 파일럿 할당 시 안테나 수에 맞게 필요한 양만 할당하고, 남은 부분을 활용하여 서브채널을 구성할 수 있다. 따라서, 파일럿 오버헤드를 최적화하면서, 서브 채널의 수도 증가시키는 장점을 갖게 된다.

[0100] 도 12는 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 다른 예를 나타낸 예시도이다.

[0101] 도 12를 참조하면, 하나의 OFDM 심벌상에서 하나의 안테나에 대한 파일럿 부반송파가 9 부반송파 간격으로 배치된다. 즉, 제1 OFDM 심벌 상에서 제1 안테나(안테나 0)에 대한 파일럿 부반송파가 9 부반송파 간격으로 배치되고, 제2 OFDM 심벌 상에서 제2 안테나(안테나 1)에 대한 파일럿 부반송파가 9 부반송파 간격으로 배치된다.

[0102] 제2 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제1 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 3 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 또한, 제3 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제2 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 3 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 결과적으로, 3 슬롯마다 동일한 파일럿 배치가 반복된다.

[0103] 도 13은 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 또 다른 예를 나타낸 예시도이다.

[0104] 도 13을 참조하면, 하나의 슬롯에서 파일럿 부반송파의 배치는 도 9의 실시예와 동일하다. 다만, 제2 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제1 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 4 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 결과적으로, 2 슬롯마다 동일한 파일럿 배치가 반복된다.

[0105] 도 14를 참조하면, 각 송신 안테나에 대한 파일럿 부반송파는 12 부반송파 간격으로 배치되며, 각 슬롯마다 2개의 OFDM 심벌 사이에서 서로 엇갈려 배치된다.

[0106] 제2 슬롯에서 파일럿 부반송파는 제1 슬롯에 할당되는 파일럿 부반송파를 전체적으로 6 부반송파만큼 쉬프트하여 배치한다. 결과적으로, 2 슬롯마다 동일한 파일럿 배치가 반복된다.

[0107] 도 15는 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 또 다른 예를 나타낸 예시도이다.

[0108] 도 15를 참조하면, 각 송신 안테나에 대한 파일럿 부반송파는 12 부반송파 간격으로 배치되며, 한 슬롯 내에서 다음 간격에 나타내는 2개의 OFDM 심벌 사이에서 각 안테나에 대한 파일럿 부반송파가 서로 엇갈려 배치된다.

[0109] 이하에서는 본 발명의 다른 일 실시형태에 따른 효과적인 파일럿 할당 구조를 제안한다. 또한 인접 셀간 파일럿 구조를 효과적으로 시프트(shift)하여 할당함으로써 파일럿 간 충돌을 피하는 구조를 제안한다.

[0110] 이하에서 설명할 본 발명의 실시형태에서는 기본 자원 블록(resource block) 단위가 18 부반송파(세로축)* 6 OFDM 심볼(가로축)로 이루어진 경우를 예로 들어 설명한다. 다만, 본 실시형태에 따른 파일럿 부반송파 할당 방법은 기본 자원 블록의 단위가 이와 같이 않은 경우도 동일한 방식을 서브프레임 혹은 프레임 전체로 확장하여 적용시킬 수 있다.

[0111] 이하의 실시형태에 있어서 가로축은 시간 영역 OFDM 심볼의 집합을, 세로축은 주파수 영역 부반송파를 지칭한다. 그리고 P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8는 각각 안테나 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8에 대응하는 파일럿

부반송파를 지칭한다.

[0112] 도 16 내지 도 18은 본 발명의 일 실시형태에 따라 8개 안테나를 이용하는 시스템에서의 파일럿 부반송파 할당 구조를 도시한 도면들이다.

[0113] 본 실시형태에서는 (1 송신 안테나의 파일럿과 2 송신 안테나의 파일럿), (3 송신 안테나의 파일럿과 4 송신 안테나의 파일럿), (5 송신 안테나의 파일럿과 6 송신 안테나의 파일럿), 그리고 (7 송신 안테나의 파일럿과 8 송신 안테나의 파일럿이 도 16 내지 도 18에 도시된 바와 같이 각각 2개의 OFDM 심볼상에서 인접하여 할당되는 것을 제안한다. 또한, 주파수축으로는 각 안테나에 대한 파일럿 부반송파를 18개의 부반송파 간격으로 연속해서 할당하는 것을 제안한다. 즉, 이는 18개의 부반송파로 이루어지는 서브 채널 간격으로 파일럿 부반송파가 할당됨을 의미한다.

[0114] 또한, 본 실시형태에서는 상술한 바와 같이 2 OFDM 심볼 영역 내에 각 안테나에 대한 파일럿 부반송파를 할당하고, 2 OFDM 심볼 단위로 이 파일럿 부반송파 패턴을 일정한 간격으로 쉬프트(Shift)하여 할당하는 것을 제안한다.

[0115] 구체적으로, 도 16은 2 OFDM 심볼 단위마다 3 부반송파 간격으로 쉬프트되어 할당되는 파일럿 패턴을 도시하고 있다. 도 17은 2 OFDM 심볼 단위마다 6 부반송파 간격으로 쉬프트되어 할당되는 파일럿 패턴을 도시하고 있다. 또한, 도 18은 도 17과 같이 2 OFDM 심볼 단위마다 6 부반송파 간격으로 쉬프트되어 할당되는 파일럿 패턴을 도시하고 있으나, 추가적인 1 부반송파 오프셋을 가지는 경우를 도시하고 있다.

[0116] 본 실시형태에서, 8개의 송신 안테나에 대한 파일럿은 도 16 내지 도 18의 경우처럼 모두 인접하여 할당할 수도 있으나, 각 안테나에 대한 파일럿별로(또는 파일럿 쌍 별로) 일정 부반송파간격으로 쉬프트되도록 할당할 수도 있다.

[0117] 이러한 파일럿 할당은 일반 서브프레임(regular subframe)/비정규 서브프레임(irregular subframe) 여부에 상관없이 같은 할당 구조를 가져갈 수 있다. 또한, 본 실시형태에 따라 할당되는 파일럿들은 일부는 공통 파일럿(common pilot)으로, 일부는 전용 파일럿(dedicated pilot)으로 나뉘어 사용될 수도 있다. 또한 할당되는 파일럿들이 전부 전용 파일럿, 반대로 전부 공통 파일럿으로 적용될 수도 있다. 이와 같은 실시형태에 있어서 중요 한 점은 OFDM 심볼당 안테나별 전력 균형(power balancing)을 맞추기 위하여 하나의 OFDM 심볼안에 모든 안테나의 파일럿을 고르게 할당하는 점에 있다.

[0118] 상술한 실시형태에 따른 파일럿 부반송파 할당 방법에 있어서, 파일럿 할당을 위한 쉬프트 오프셋(shift offset)은 셀마다 서로 다르게 적용될 수도 있다.

[0119] 도 19 및 도 20은 4 Tx 시스템 및 8 Tx 시스템에서 각각 셀마다 파일럿 부반송파 할당 오프셋을 다르게 할당하는 실시형태를 설명하기 위한 도면이다.

[0120] 구체적으로, 도 19는 4 Tx 시스템에서 셀 A, 셀 B 및 셀 C 각각에 대해 파일럿 부반송파가 할당되는 오프셋이 다르게 설정된 경우를 도시하고 있으며, 도 20은 8 Tx 시스템에서 셀 A, 셀 B 및 셀 C 각각에 대해 파일럿 부반송파가 할당되는 오프셋이 다르게 설정된 경우를 도시하고 있다.

[0121] 즉, 본 실시형태에서는 셀 A, B, C간의 파일럿 할당 구조를 서로 다르게 적용할 수 있다. 적용되는 쉬프트 오프셋 값은 1부터 18 부반송파 사이의 수로 적용 가능하다. 여기서 18 부반송파는 기본 자원 블록의 크기에 해당한다.

[0122] 물론 쉬프트 오프셋 값은 필요한 경우 기본 자원 블록 크기의 정수 배가 될 수도 있다. 본 실시형태에서 쉬프트는 주파수 축으로 적용되는 경우를 설명하였으나, 물론 시간 축으로도 적용 가능하다.

[0123] 인접하는 셀이 3개 이상인 경우에 상술한 원리를 확장 적용할 경우, 도 19 및 도 20에 도시된 구조를 반복하여 사용하거나, 일정 서브캐리어 오프셋 만큼 혹은 일정 OFDM 심볼 오프셋만큼 쉬프트시켜 적용시킬 수 있다.

[0124] 도 21는 도 20과 같이 8 Tx 시스템에 대한 다른 실시예를 도시하고 있다.

[0125] 한편, 도 22는 본 발명의 다른 일 실시형태에 따른 파일럿 부반송파 할당 패턴을 도시한 도면이다.

[0126] 8 송신 안테나의 경우 파일럿 오버헤드의 문제로 파일럿을 8개의 안테나에 모두 할당하지 않고 안테나 1, 2, 3, 4에만 파일럿을 할당하여 오버헤드 문제를 해결할 수도 있다. 이의 한 예로 SFBC-CDD 기법에 이러한 파일럿 할당 구조를 적용할 수 있다. 도 22는 이와 같은 실시형태를 도식한 도면이다.

[0127] 도 22에 도시된 바와 같은 파일럿 할당 패턴에 따를 경우, 인접 셀간 파일럿 패턴을 쉬프트하여 사용하는 방법은 상술한 실시형태에서 설명한 바와 같다.

[0128] 한편, 도 23 내지 도 25는 본 발명의 또 다른 일 실시형태에 따라 2Tx 시스템에서 파일럿 부반송파를 할당하는 패턴을 도시한 도면이다.

[0129] 도 23 내지 도 25에 도시된 파일럿 패턴 역시 기본적으로 상술한 실시형태에 따른 원리가 동일하게 적용된다. 즉, 제 1 안테나에 대한 파일럿 부반송파와 제 2 안테나에 대한 파일럿 부반송파는 쌍을 이루어 인접한 2 OFDM 심볼 영역 내에 인접하게 배치된다. 또한, 각 OFDM 심볼 영역내에서 모든 안테나에 대한 파일럿이 동일한 개수로 포함되도록 설정된다. 이는 특정 시간에 각 안테나에 할당되는 송신전력을 균등하게 설정하기 위한 것이다. 또한, 각 파일럿 부반송파쌍은 9 부반송파 간격으로 할당되는 것이 바람직하다. 이는 상관 대역폭(coherence bandwidth)을 고려하여 각 파일럿 부반송파 할당에 대한 최적의 그레뉼러러티(granularity)를 고려한 것이 따른 것이다. 아울러, 제 1 안테나에 대한 파일럿 부반송파와 제 2 안테나에 대한 파일럿 부반송파의 쌍은 2 OFDM 심볼 단위로 일정 부반송파만큼 쉬프트되어 할당된다. 도 23 및 도 24에서는 쉬프트되는 일정 부반송파 간격이 3 부반송파 간격인 경우(구체적으로 3 부반송파만큼 부반송파 인덱스를 증가시키는 경우)를 도시하고 있으나, 쉬프트되는 일정 부반송파 간격은 3 부반송파의 일정 배수일 수 있으며(예를 들어, 6 부반송파 간격), 3 부반송파 인덱스만큼 인덱스를 감소시키도록 적용할 수도 있다. 도 25는 이와 같이 쉬프트되는 부반송파 간격이 6 부반송파인 경우를 도시하고 있다. 또한, 도 25는 쉬프트되는 부반송파 간격이 3 부반송파 인덱스만큼씩 감소하는 형태로 해석될 수도 있다.

[0130] 상술한 바와 같이 주파수 영역 쉬프트를 3 부반송파 간격 또는 3의 배수에 해당하는 부반송파 간격으로 설정하는 이유는 각 파일럿 부반송파들이 9 부반송파 간격 단위로 할당되므로, 일정한 주기를 가지고 파일럿 부반송파 할당 패턴이 반복되는 장점을 가지기 때문이다.

[0131] 도 23 내지 도 25에 도시된 파일럿 패턴은 프레임 또는 서브프레임 내에서 시간/주파수 영역으로 똑같이 반복하여 적용시킬 수 있다. 또한, 안테나 1에 대한 파일럿의 위치와 안테나 2에 대한 파일럿의 위치는 서로 바뀌어 적용될 수도 있다.

[0132] 도 23과 같은 파일럿 할당 구조를 가질 경우, 각 안테나에 대한 파일럿 할당 위치는 아래와 같이 구체적으로 나타낼 수 있다.

[0133] <Pilot allocation index for Fig. 23>

[0134] **Antenna 1 -**

[0135] 18k+1 when s is 0

[0136] 18k+10 when s is 1

[0137] 18k+4 when s is 2

[0138] 18k+13 when s is 3

[0139] 18k+7 when s is 4

[0140] 18k+16 when s is 5

[0141] **Antenna 2-**

[0142] 18k+10 when s is 0

[0143] 18k+1 when s is 1

[0144] 18k+13 when s is 2

[0145] 18k+4 when s is 3

[0146] 18k+16 when s is 4

[0147] 18k+7 when s is 5

[0148] k : subcarrier index (k=0, 1, ...),

- [0149] $s : [\text{OFDM symbol index}] \bmod 6$
- [0150] ($\text{OFDM symbol index} = 0, 1, 2, \dots$)
- [0151] 또한, 도 24와 같은 파일럿 할당 구조를 가질 경우, 각 안테나에 대한 파일럿 할당 위치는 아래와 같이 구체적으로 나타낼 수 있다.
- [0152] <Pilot allocation index for Fig. 24>
- [0153] **Antenna 1 -**
- [0154] $18k$ when s is 0
- [0155] $18k+9$ when s is 1
- [0156] $18k+3$ when s is 2
- [0157] $18k+12$ when s is 3
- [0158] $18k+6$ when s is 4
- [0159] $18k+15$ when s is 5
- [0160] **Antenna 2-**
- [0161] $18k+9$ when s is 0
- [0162] $18k$ when s is 1
- [0163] $18k+12$ when s is 2
- [0164] $18k+3$ when s is 3
- [0165] $18k+15$ when s is 4
- [0166] $18k+6$ when s is 5
- [0167] k : subcarrier index ($k=0, 1, \dots$),
- [0168] $s : [\text{OFDM symbol index}] \bmod 6$
- [0169] ($\text{OFDM symbol index} = 0, 1, 2, \dots$)
- [0170] 또한, 도 25에 도시된 바와 같은 파일럿 패턴에 대해, 각 안테나에 대한 파일럿 할당 인덱스는 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0171] <Pilot allocation index for Fig. 25>
- [0172] **Antenna 1**
- [0173] $18k$ when s is 0
- [0174] $18k+9$ when s is 1
- [0175] $18k+6$ when s is 2
- [0176] $18k+15$ when s is 3
- [0177] $18k+3$ when s is 4
- [0178] $18k+12$ when s is 5
- [0179] **Antenna 2-**
- [0180] $18k+9$ when s is 0
- [0181] $18k$ when s is 1
- [0182] $18k+15$ when s is 2

- [0183] $18k+6$ when s is 3
- [0184] $18k+12$ when s is 4
- [0185] $18k+3$ when s is 5
- [0186] k : subcarrier index ($k=0, 1, \dots$),
 s : [OFDM symbol index] mod 6
- [0188] (OFDM symbol index = 0,1,2,...)
- [0189] 상술한 실시형태에 따른 파일럿 할당 패턴에 있어서, 서브프레임의 맨 앞에 일정 주기로 프리앰블 OFDM 심볼이 전송될 경우, 파일럿 부반송파는 두번째 OFDM 심볼부터 적용되는 형태로 변경될 수 있다.
- [0190] 한편, 도 26 및 도 27은 본 발명의 또 다른 일 실시형태에 따라 4 Tx 시스템에서 파일럿 부반송파를 할당하는 패턴을 도시한 도면이다.
- [0191] 도 26 및 도 27 역시 기본적인 파일럿 할당 방법은 상술한 실시형태들에서 설명한 바와 같다. 다만, 본 실시형태에서는 4개 안테나에 대한 파일럿 부반송파가 인접하는 4 OFDM 심볼 영역에서 인접하도록 할당할 수 있다.
- [0192] 도 26과 같은 파일럿 할당 구조를 가질 경우, 각 안테나에 대한 파일럿 할당 위치는 아래와 같이 구체적으로 나타낼 수 있다.
- [0193] <Pilot allocation index for Fig. 26>
- [0194] **Antenna 1 -**
- [0195] $18k+1$ when s is 0
- [0196] $18k+10$ when s is 1
- [0197] $18k+4$ when s is 2
- [0198] $18k+13$ when s is 3
- [0199] $18k+7$ when s is 4
- [0200] $18k+16$ when s is 5
- [0201] **Antenna 2 -**
- [0202] $18k+10$ when s is 0
- [0203] $18k+1$ when s is 1
- [0204] $18k+13$ when s is 2
- [0205] $18k+4$ when s is 3
- [0206] $18k+16$ when s is 4
- [0207] $18k+7$ when s is 5
- [0208] k : subcarrier index ($k=0, 1, \dots$),
 s : [OFDM symbol index] mod 6
- [0210] (OFDM symbol index = 0,1,2,...)
- [0211] **Antenna 3 -**
- [0212] $18k+4$ when s is 0
- [0213] $18k+13$ when s is 1
- [0214] $18k+7$ when s is 2
- [0215] $18k+16$ when s is 3

- [0216] 18k+10 when s is 4
- [0217] 18k+1 when s is 5
- [0218] **Antenna 4-**
- [0219] 18k+13 when s is 0
- [0220] 18k+4 when s is 1
- [0221] 18k+16 when s is 2
- [0222] 18k+7 when s is 3
- [0223] 18k+1 when s is 4
- [0224] 18k+10 when s is 5
- [0225] k : subcarrier index (k=0, 1, ...),
s : [OFDM symbol index] mod 6
(OFDM symbol index = 0,1,2,...)
- [0228] 또한, 도 27과 같은 파일럿 할당 구조를 가질 경우, 각 안테나에 대한 파일럿 할당 위치는 아래와 같이 구체적으로 나타낼 수 있다.
- [0229] <Pilot allocation index for Fig. 27>
- [0230] **Antenna 1 -**
- [0231] 18k when s is 0
- [0232] 18k+9 when s is 1
- [0233] 18k+3 when s is 2
- [0234] 18k+12 when s is 3
- [0235] 18k+6 when s is 4
- [0236] 18k+15 when s is 5
- [0237] **Antenna 2-**
- [0238] 18k+9 when s is 0
- [0239] 18k when s is 1
- [0240] 18k+12 when s is 2
- [0241] 18k+3 when s is 3
- [0242] 18k+15 when s is 4
- [0243] 18k+6 when s is 5
- [0244] k : subcarrier index (k=0, 1, ...),
s : [OFDM symbol index] mod 6
(OFDM symbol index = 0,1,2,...)
- [0247] **Antenna 3 -**
- [0248] 18k+3 when s is 0
- [0249] 18k+12 when s is 1
- [0250] 18k+6 when s is 2

[0251] $18k+15$ when s is 3

[0252] $18k+9$ when s is 4

[0253] $18k$ when s is 5

Antenna 4-

[0255] $18k+12$ when s is 0

[0256] $18k+3$ when s is 1

[0257] $18k+15$ when s is 2

[0258] $18k+6$ when s is 3

[0259] $18k$ when s is 4

[0260] $18k+9$ when s is 5

[0261] k : subcarrier index ($k=0, 1, \dots$),

[0262] s : [OFDM symbol index] mod 6

[0263] (OFDM symbol index = 0,1,2,...)

[0264] 한편, 도 28은 본 발명의 다른 일 실시형태에 따라 4 Tx 시스템에서 파일럿 부반송파를 할당하는 패턴을 도시한 것이다.

[0265] 도 28의 파일럿 패턴 역시 기본적으로 상술한 실시형태들에서 설명한 원리가 동일하게 적용된다. 도 28은 제 1 안테나에 대한 부반송파와 제 2 안테나에 대한 부반송파를 하나의 파일럿 쌍으로, 제 3 안테나에 대한 부반송파와 제 4 안테나에 대한 부반송파를 다른 하나의 파일럿 쌍으로 간주할 경우, 각 파일럿 쌍 사이에 2 부반송파 간격을 가지도록 할당하는 예를 도시하고 있다.

[0266] 즉, 본 실시형태에 따를 경우, 상술한 바와 같이 2개의 파일럿 쌍은 서로 인접하도록 할당될 수도, 인접하지 않도록 할당될 수도 있다.

[0267] 상술한 모든 기능은 상기 기능을 수행하도록 코딩된 소프트웨어나 프로그램코드 등에 따른 마이크로프로세서, 제어기, 마이크로제어기, ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등과 같은 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 상기 코드의 설계, 개발 및 구현은 본 발명의 설명에 기초하여 당업자에게 자명하다고 할 것이다.

[0268] 이상 본 발명에 대하여 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시켜 실시할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 상술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명은 이하의 특허청구범위의 범위 내의 모든 실시예들을 포함한다고 할 것이다.

산업이용 가능성

[0269] 본 발명에 따른 파일럿 부반송파 할당 방법은 IEEE 802.16m 시스템에 적용되는 것을 목적으로 한다. 다만, 상술한 바와 같이 각 안테나별 송신전력 균등 할당을 위한 파일럿 배치, 파일럿 쉬프트 패턴 설정의 기본 원리는 임의의 다른 무선통신 시스템에도 동일한 방식으로 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0270] 도 1은 다중 안테나를 가지는 송신기를 나타내는 블록도이다.

[0271] 도 2는 다중 안테나를 가지는 수신기를 나타내는 블록도이다.

[0272] 도 3은 프레임 구조의 일 예를 나타낸다.

[0273] 도 4는 PUSC에서 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

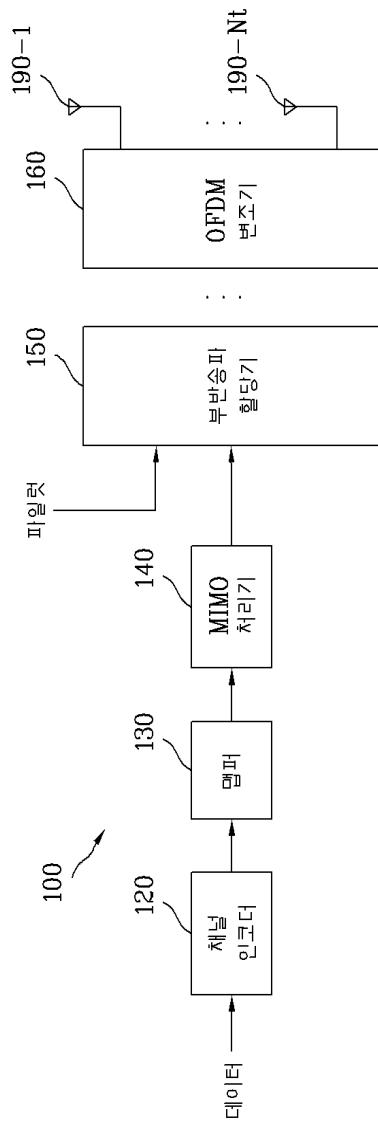
[0274] 도 5는 FUSC에서 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

[0275] 도 6은 PUSC에서 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.

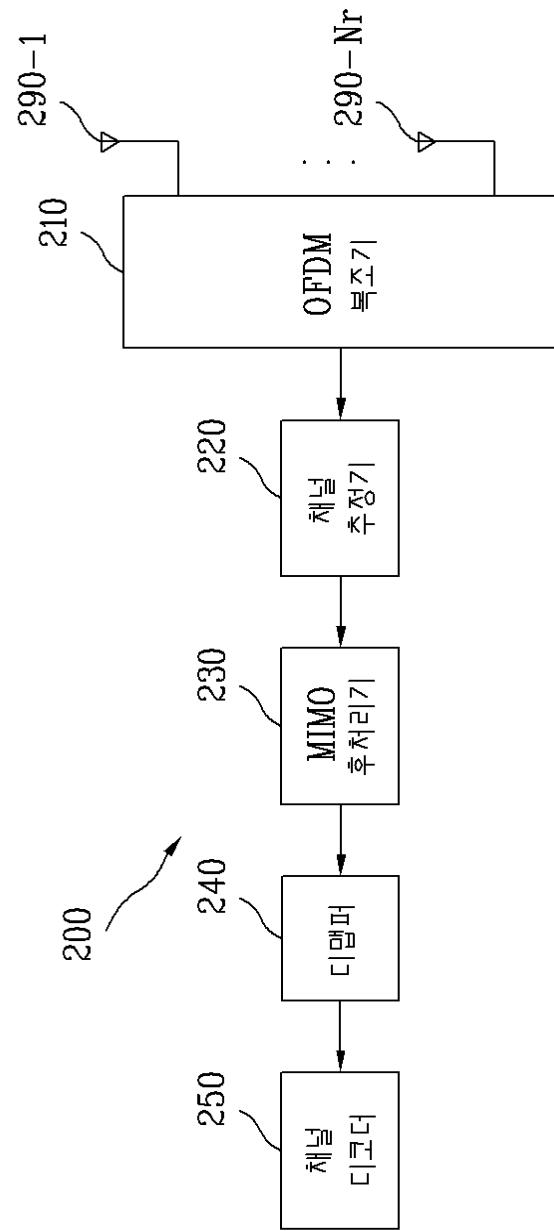
- [0276] 도 7은 FUSC에서 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 나타낸 예시도이다.
- [0277] 도 8은 표 2의 각 케이스를 파일럿 오버헤드 비율과 보호 부반송파 비율로 나타낸 그래프이다.
- [0278] 도 9는 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 일 예를 나타낸 예시도이다.
- [0279] 도 10은 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 일 예를 나타낸 예시도이다.
- [0280] 도 11은 3 또는 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치를 수식적으로 기술하기 위한 예시도이다.
- [0281] 도 12는 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 다른 예를 나타낸 예시도이다.
- [0282] 도 13은 2 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 또 다른 예를 나타낸 예시도이다.
- [0283] 도 14는 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 다른 예를 나타낸 예시도이다.
- [0284] 도 15는 4 송신 안테나에 대한 파일럿 배치의 또 다른 예를 나타낸 예시도이다.
- [0285] 도 16 내지 도 18은 본 발명의 일 실시형태에 따라 8개 안테나를 이용하는 시스템에서의 파일럿 부반송파 할당 구조를 도시한 도면들이다.
- [0286] 도 19 및 도 20은 4 Tx 시스템 및 8 Tx 시스템에서 각각 셀마다 파일럿 부반송파 할당 오프셋을 다르게 할당하는 실시형태를 설명하기 위한 도면이다.
- [0287] 도 21은 도 20과 같이 8 Tx 시스템에 대한 다른 실시예를 도시하고 있다.
- [0288] 도 22는 본 발명의 다른 일 실시형태에 따른 파일럿 부반송파 할당 패턴을 도시한 도면이다.
- [0289] 도 23 내지 도 25는 본 발명의 또 다른 일 실시형태에 따라 2Tx 시스템에서 파일럿 부반송파를 할당하는 패턴을 도시한 도면이다.
- [0290] 도 26 및 도 27은 본 발명의 또 다른 일 실시형태에 따라 4 Tx 시스템에서 파일럿 부반송파를 할당하는 패턴을 도시한 도면이다.
- [0291] 도 28은 본 발명의 다른 일 실시형태에 따라 4 Tx 시스템에서 파일럿 부반송파를 할당하는 패턴을 도시한 것이다.

도면

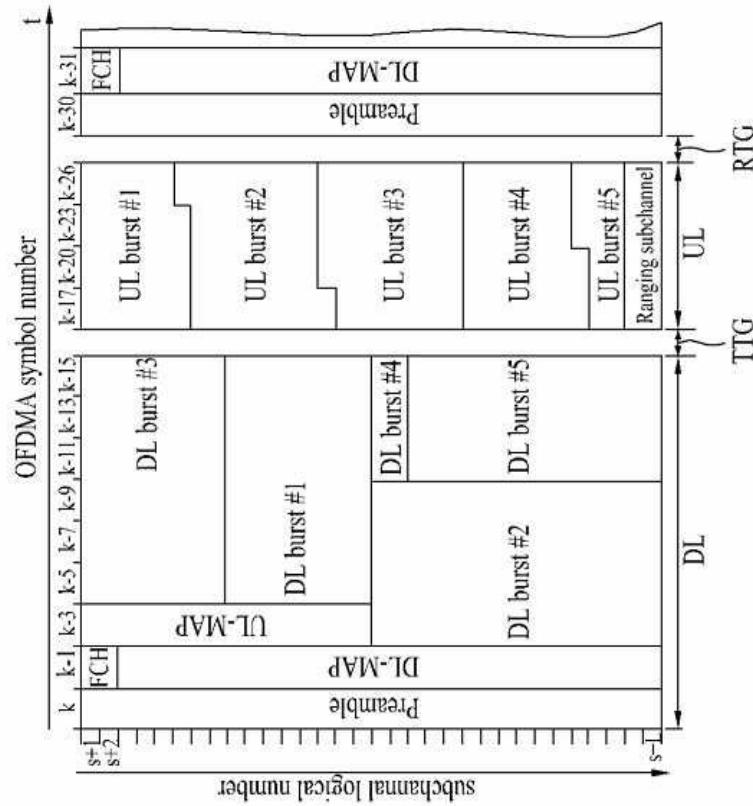
도면1



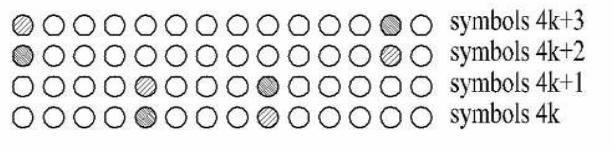
도면2



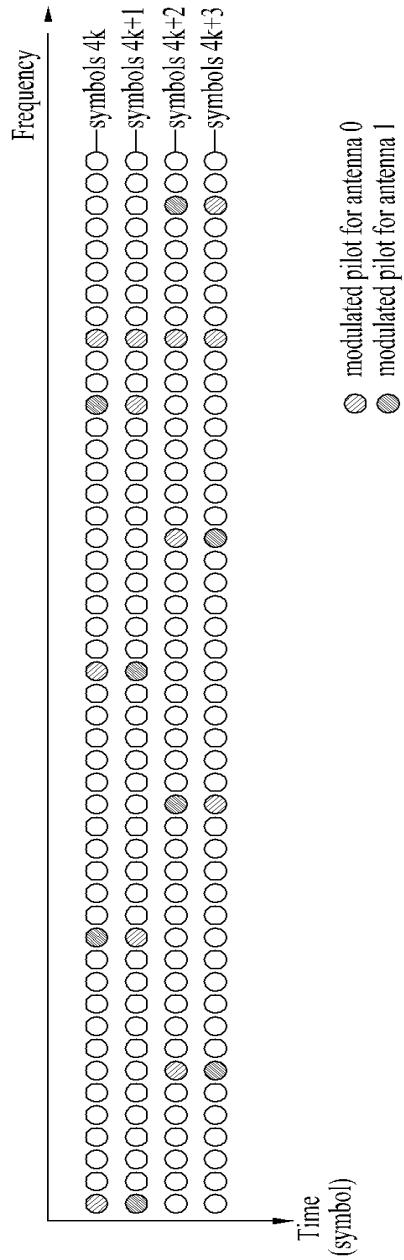
도면3



도면4



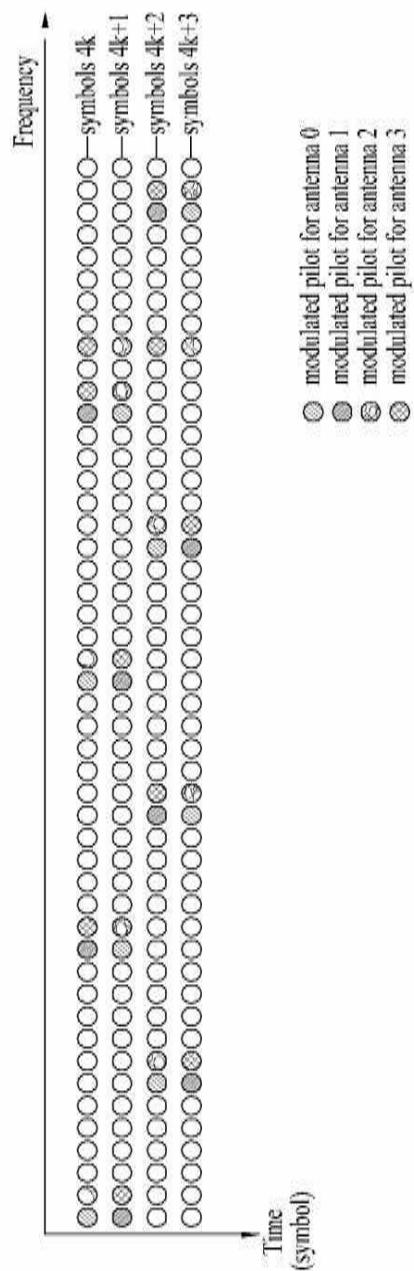
도면5



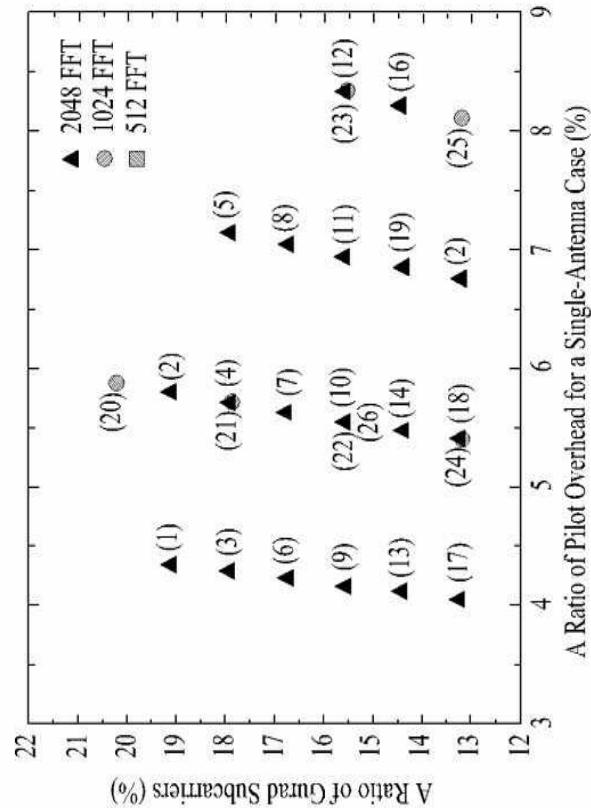
도면6

- data subcarrier
 - pilot subcarrier for antenna 0
 - pilot subcarrier for antenna 1
 - pilot subcarrier for antenna 2
 - pilot subcarrier for antenna 3

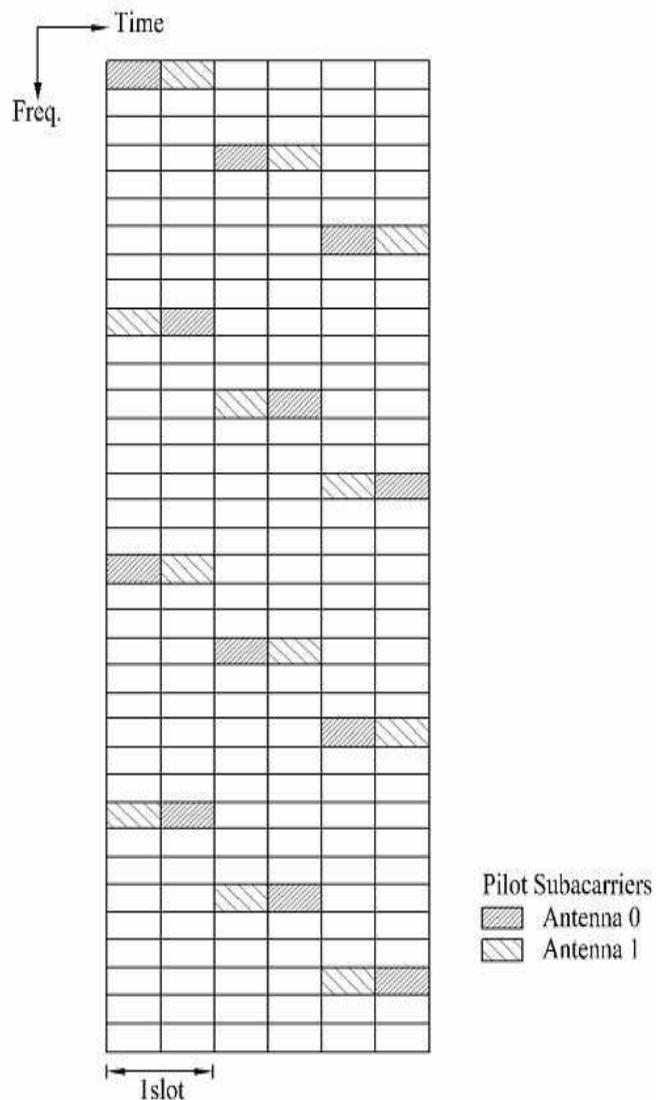
도면7



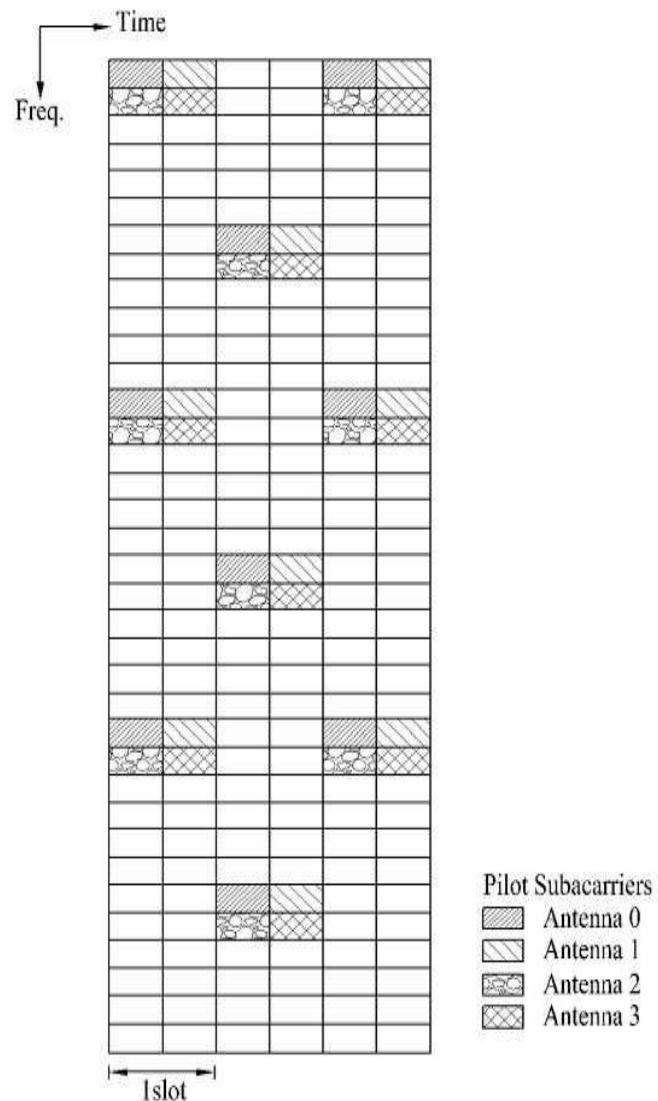
도면8



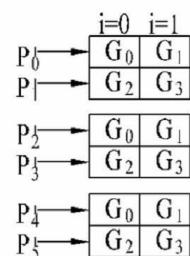
도면9



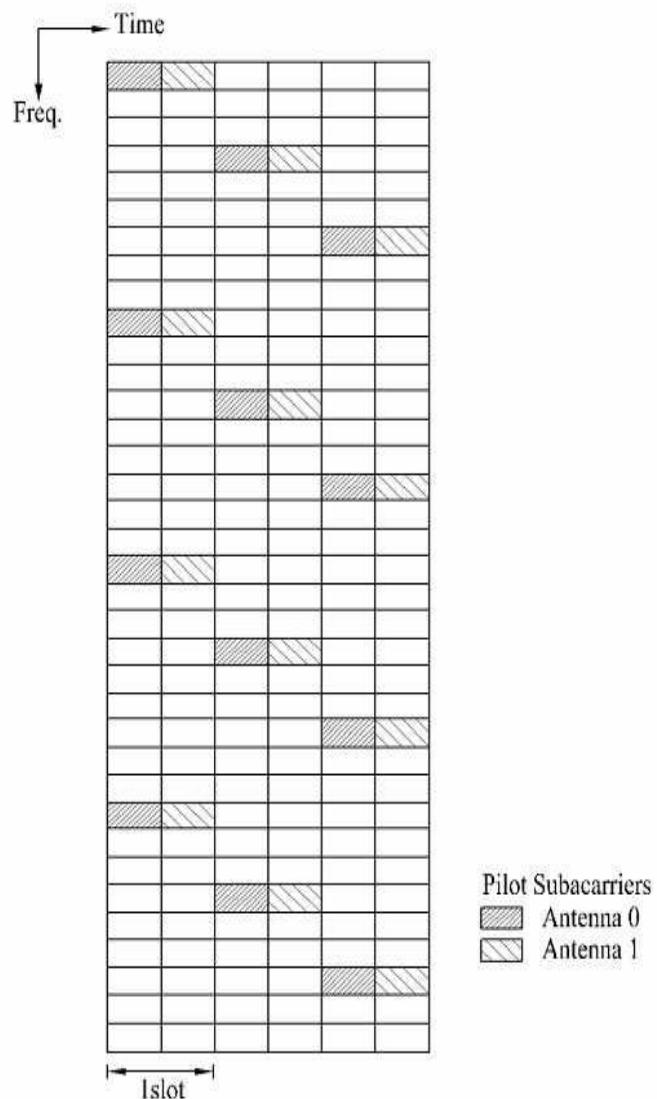
도면10



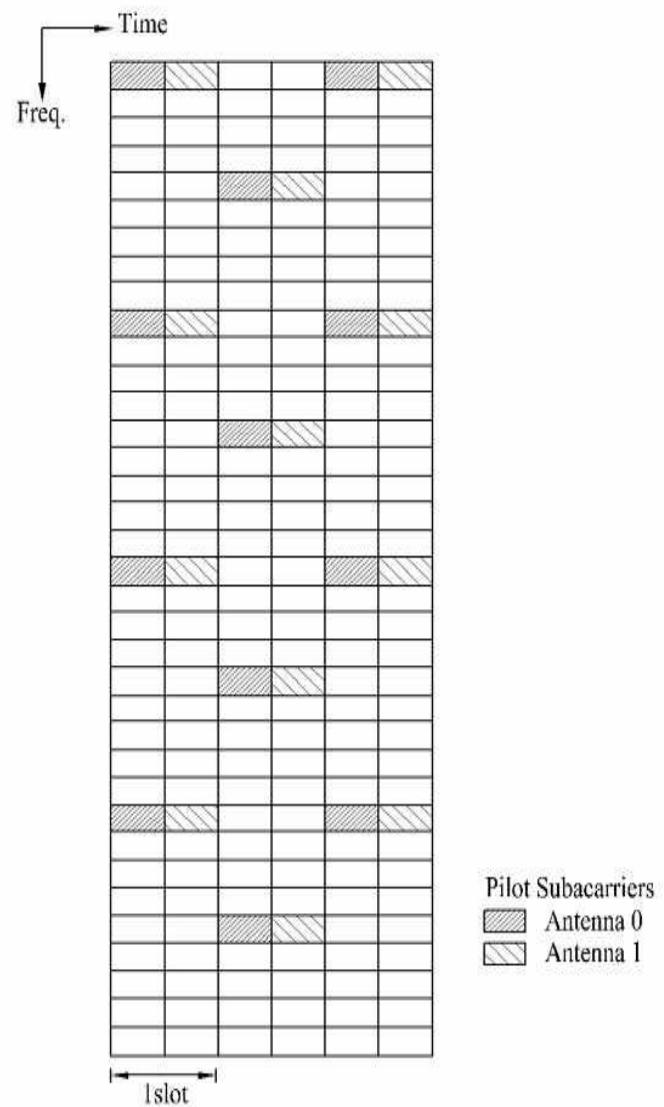
도면11



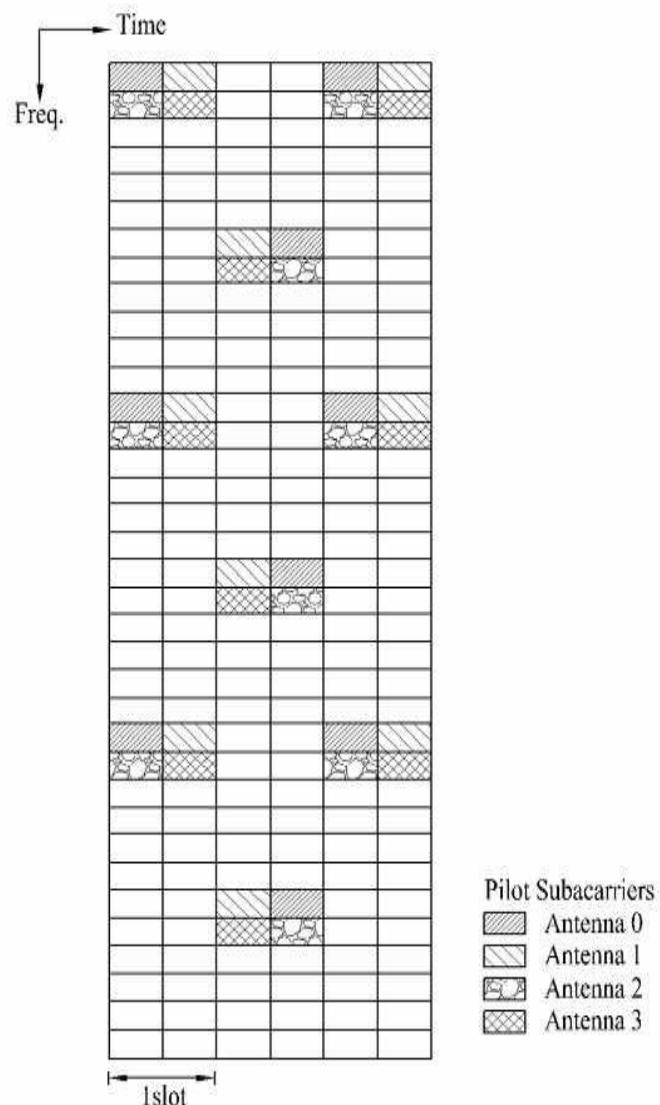
도면12



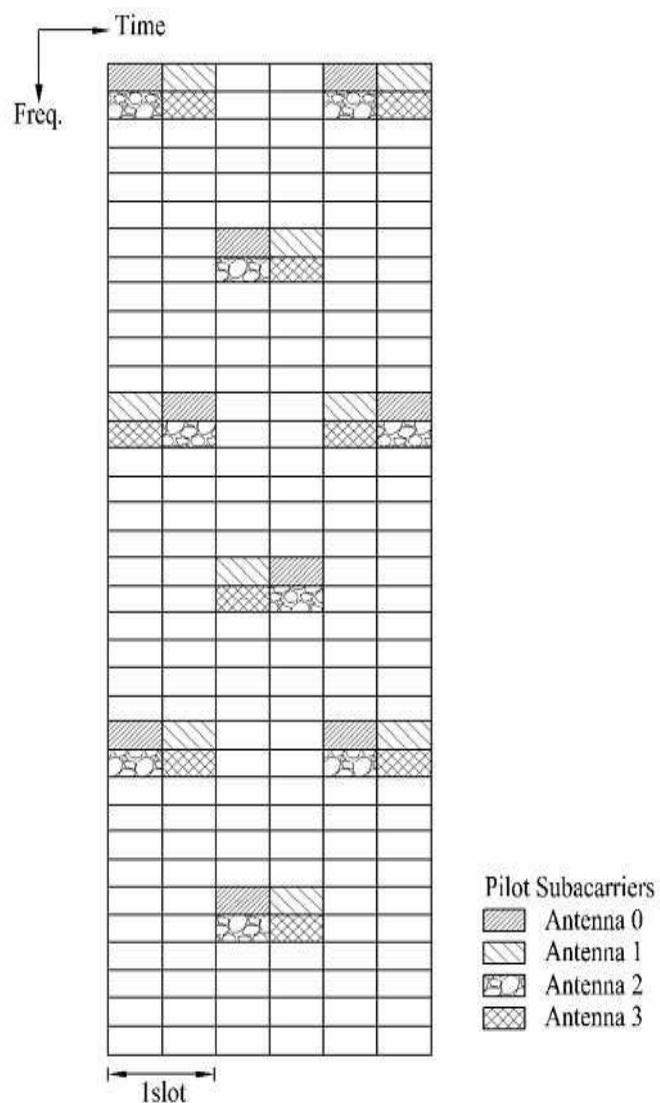
도면13



도면14



도면15



도면16

P1	P2				
P3	P4				
P5	P6	P1	P2		
P7	P8	P3	P4		
		P5	P6	P1	P2
		P7	P8	P3	P4
				P5	P6
				P7	P8
P2	P1				
P4	P3				
P6	P5	P2	P1		
P8	P7	P4	P3		
		P6	P5	P2	P1
		P8	P7	P4	P3
				P6	P5
				P8	P7

도면17

P1	P2	P8	P7		
P3	P4				
P5	P6				
P7	P8			P1	P2
				P3	P4
				P5	P6
		P1	P2	P7	P8
		P3	P4		
		P5	P6		
P2	P1	P7	P8		
P4	P3				
P6	P5				
P8	P7			P2	P1
				P4	P3
				P6	P5
		P2	P1	P8	P7
		P4	P3		
		P6	P5		

도면18

		P6	P5		
P1	P2	P8	P7		
P3	P4				
P5	P6				
P7	P8			P1	P2
				P3	P4
				P5	P6
		P1	P2	P7	P8
		P3	P4		
		P5	P6		
P2	P1	P7	P8		
P4	P3				
P6	P5				
P8	P7			P2	P1
				P4	P3
				P6	P5
		P2	P1	P8	P7
		P4	P3		

도면19

<CELL A>

<CELL B>

<CELL C>

도면20

P1	P2									P1	P2
P3	P4									P3	P4
P5	P6	P1	P2							P5	P6
P7	P8	P3	P4							P7	P8
		P5	P6	P1	P2						
		P7	P8	P3	P4	P5	P6			P5	P6
				P5	P6	P7	P8			P7	P8
				P7	P8						
P2	P1					P2	P1			P2	P1
P4	P3					P4	P3			P4	P3
P6	P5	P2	P1			P6	P5	P2	P1	P2	P1
P8	P7	P4	P3			P8	P7	P4	P3	P4	P3
		P6	P5	P2	P1	P2	P1	P6	P5	P2	P1
		P8	P7	P4	P3	P4	P3	P8	P7	P4	P3
				P6	P5	P6	P5	P6	P5	P6	P5
				P8	P7	P8	P7	P8	P7	P8	P7

<CELL A>

<CELL B>

<CELL C

도면21

P1	P2	P6	P5			P6	P5			P6	P5			P6	P5			P8	P7			P1	P2		
P3	P4					P1	P2	P8	P7					P3	P4					P3	P4			P5	P6
P5	P6					P5	P6																P1	P2	
P7	P8			P1	P2	P7	P8							P1	P2	P7	P8					P1	P2		
				P3	P4									P3	P4							P3	P4		
				P5	P6									P5	P6							P5	P6		
		P1	P2	P7	P8			P1	P2					P1	P2	P7	P8					P1	P2		
	P3	P4						P3	P4					P3	P4							P3	P4		
	P5	P6						P5	P6					P5	P6							P5	P6		
P2	P1	P7	P8			P2	P1	P7	P8					P7	P8			P2	P1			P2	P1		
P4	P3					P4	P3															P4	P3		
P6	P5					P6	P5															P6	P5		
P8	P7			P2	P1	P8	P7							P2	P1	P8	P7					P2	P1		
				P4	P3			P4	P3					P4	P3			P4	P3			P4	P3		
				P6	P5			P6	P5					P6	P5			P6	P5			P6	P5		
		P2	P1	P7	P8			P8	P7					P2	P1	P8	P7					P2	P1		
		P4	P3					P4	P3					P4	P3			P4	P3			P4	P3		

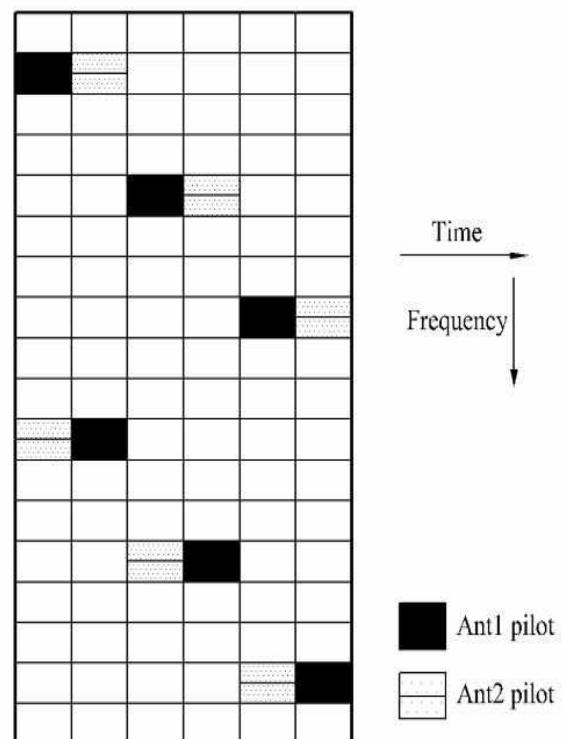
<CELL A> <CELL B>

<CELL C>

도면22

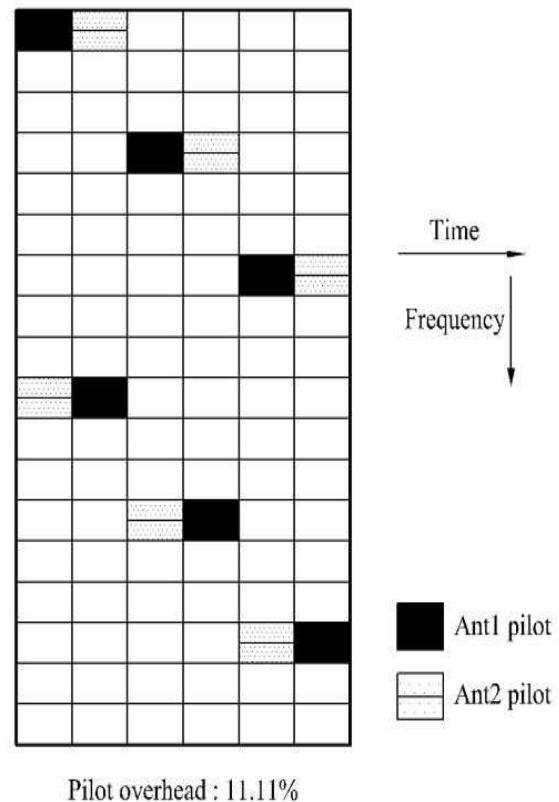
P1	P2				
P3	P4				
				P1	P2
				P3	P4
		P1	P2		
		P3	P4		
P2	P1				
P4	P3				
				P2	P1
				P4	P3
		P2	P1		
		P4	P3		

도면23

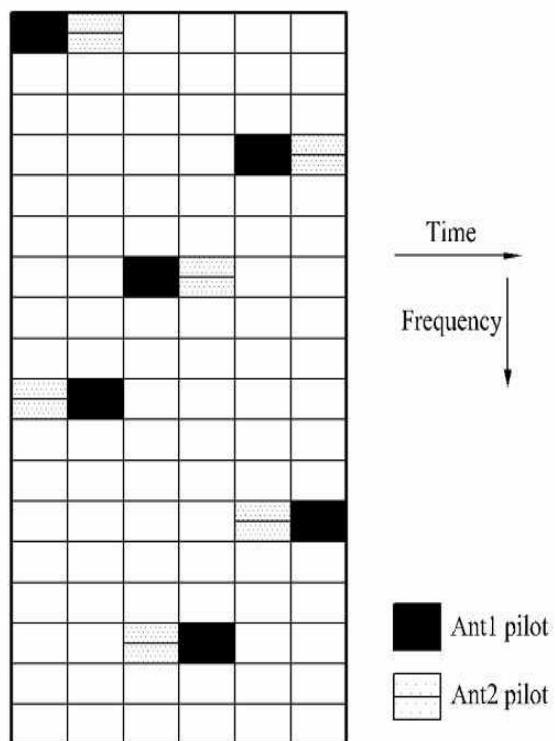


Pilot overhead : 11.11%

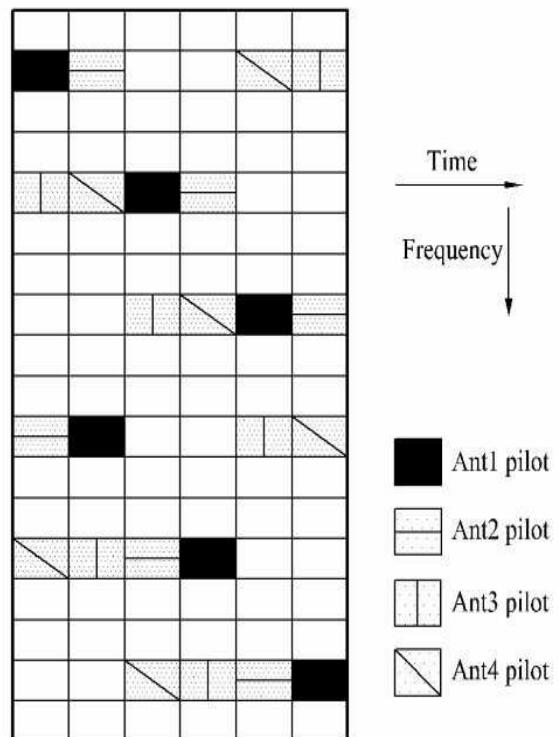
도면24



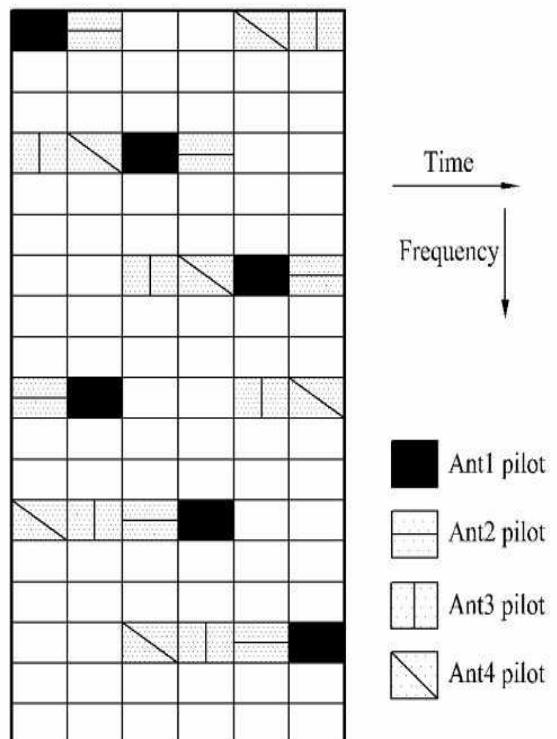
도면25



도면26



도면27



도면28

P1	P2	P4	P3		
P3	P4			P1	P2
		P1	P2	P3	P4
P2	P1	P3	P4		
P4	P3			P2	P1
		P2	P1	P4	P3