



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월12일
(11) 등록번호 10-1073331
(24) 등록일자 2011년10월06일

(51) Int. Cl.

H04B 7/02 (2006.01) H04L 1/06 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01) H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-7006732

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년10월27일

심사청구일자 2008년10월15일

(85) 번역문제출일자 2005년04월19일

(65) 공개번호 10-2005-0072767

(43) 공개일자 2005년07월12일

(86) 국제출원번호 PCT/US2003/033905

(87) 국제공개번호 WO 2004/038987

국제공개일자 2004년05월06일

(30) 우선권주장

10/674,038 2003년09월29일 미국(US)

60/421,309 2002년10월25일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

EP01241824 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

칼컴 인코포레이티드

미국 캘리포니아 샌디에고 모어하우스
드라이브5775 (우 92121-1714)

(72) 발명자

윌튼, 제이, 알.

미국 01886 메사췌세츠 웨스트포트 레지우드 드라
이브 7

캐침, 존, 더블유.

미국 01451 메사췌세츠 하바드 캔들베리 레인 37
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남상선

전체 청구항 수 : 총 46 항

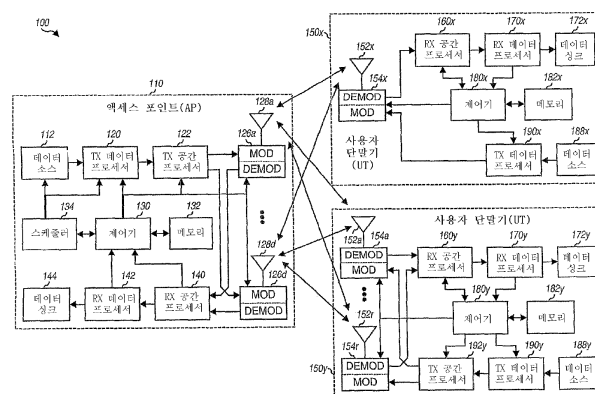
심사관 : 성경아

(54) 다중-안테나 통신 시스템을 위한 전송 다이버시티 처리

(57) 요약

다중-안테나 OFDM 시스템에서의 전송 다이버시티를 위해서, 송신기는 데이터 심볼들을 획득하기 위해 트래픽 데이터들을 인코딩하고, 디인터리빙하며, 심볼 매핑한다. 송신기는 (1) 공간-시간 전송 다이버시티를 위해 두 OFDM 심볼 기간들에서 또는 (2) 공간-주파수 전송 다이버시티를 위해 두 서브대역들을 통해 안테나 쌍으로부터 전송을 위한 두 쌍의 전송 심볼들을 획득할 목적으로 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리한다. $N_T \cdot (N_T-1)/2$ 개의 상이한 안테나 쌍들이 데이터 전송을 위해 사용되는데, 상이한 안테나 쌍들이 인접한 서브대역들을 위해 사용되고, 여기서 N_T 는 안테나의 수이다. 시스템은 다중 OFDM 심볼 크기를 지원할 수 있다. 동일한 코딩, 인터리빙, 및 변조 방식들이 송신기 및 수신기 처리과정을 간소화시키기 위해서 상이한 OFDM 심볼 크기에 대해 사용된다. 송신기는 선택된 OFDM 심볼 크기에 따라 각각의 안테나에 대한 전송 심볼 스트림에 대해 OFDM 변조를 수행한다. 수신기는 상보적인 처리과정을 수행한다.

대표도



(72) 발명자

월리스, 마크 에스.

미국 01730 메사츄세츠 베드포드 마텔 레인 4

하워드, 스티븐 제이.

미국 01721 메사츄세츠 아쉬랜드 허리타지 애브뉴
75

특허청구의 범위

청구항 1

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템에서 전송을 위한 데이터 처리 방법으로서,
 코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 코딩하는 단계;
 인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 인터리빙 방식에 따라 상기 코딩된 데이터를 인터리빙하는 단계;
 데이터 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 변조 방식에 따라 상기 인터리빙된 데이터를 심볼 매핑하는 단계;
 및
 한 쌍의 안테나들로부터 전송될 두 쌍의 전송 심볼들을 획득하기 위해서 상기 스트림의 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리하는 단계를 포함하고,
 각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전(version)이며,
 상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하고, 여기서 S는 1보다 큰 정수이고 L은 S의 정수배인 데이터 처리 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 각 쌍의 데이터 심볼들에 대한 상기 두 쌍의 전송 심볼들은 두 OFDM 심볼 기간들에서 동일한 서브대역을 통해 한 쌍의 안테나들로부터 전송되는 데이터 처리 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 각 쌍의 데이터 심볼들에 대한 상기 두 쌍의 전송 심볼들은 한 OFDM 심볼 기간에서 두 서브대역들을 통해 한 쌍의 안테나로부터 전송되는 데이터 처리 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, N개의 안테나들이 데이터 전송을 위해 이용가능하고, $N_T \cdot (N_T - 1) / 2$ 개의 상이한 안테나들의 쌍들이 상기 스트림의 데이터 심볼 쌍들을 전송하기 위해 사용되며, 여기서 $N > 2$ 인 데이터 처리 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 다수의 서브대역들이 데이터 전송을 위해 사용되고, 상이한 안테나들의 쌍들이 데이터 전송에 사용되는 인접한 서브대역들을 위해서 사용되는 데이터 처리 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1항에 있어서,
 다수의 안테나들을 위한 다수의 전송 심볼 스트림들을 형성하는 단계; 및
 상응하는 OFDM 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 상기 제 1 또는 제 2 OFDM 심볼 크기에 따라 각각의 전송 심볼들의 스트림을 변환하는 단계를 더 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 코딩 단계는,
 고정된 코드 레이트의 코드 비트들을 획득하기 위해서 베이스 코드에 따라 상기 트래픽 데이터를 코딩하는 단계; 및
 상기 시스템에 의해 지원되는 다수의 코드 레이트들 중 하나의 레이트의 코드 비트들로 구성된 상기 코딩된 데

이터 획득하기 위해서 상기 고정된 코드 레이트의 코드 비트들을 펼쳐링하는 단계를 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 베이스 코드는 레이트 1/2 컨볼루셔널 코드인 데이터 처리 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서, 상기 다수의 코드 레이트들이 다수의 펼쳐링 패턴들과 연관되는 데이터 처리 방법.

청구항 11

제 1항에 있어서, 상기 코딩 단계는,

고정된 코드 레이트의 코드 비트들을 획득하기 위해서 베이스 코드에 따라 상기 트래픽 데이터를 코딩하는 단계; 및

상기 고정된 코드 레이트보다 낮은 코드 레이트의 코드 비트들로 구성되는 상기 코딩된 데이터를 획득하기 위해서 상기 고정된 코드 레이트의 상기 코드 비트들을 반복하는 단계를 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 12

제 1항에 있어서, 상기 인터리빙 단계는,

상기 코딩된 데이터로부터 코드 비트들의 시퀀스들을 형성하는 단계; 및

상기 시퀀스들 각각에 대해서, 상기 인터리빙 방식에 기초하여 다수의 서브대역들 중 하나에 상기 시퀀스의 각 코드 비트를 매핑시키는 단계를 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서, 코드 비트들의 각각의 시퀀스는 한 OFDM 심볼 기간에 상기 다수의 서브대역들을 통한 전송을 위해 지정되는 데이터 처리 방법.

청구항 14

제 1항에 있어서, 상기 인터리빙 단계는,

상기 코딩된 데이터로부터 코드 비트들의 시퀀스들을 형성하는 단계;

서브대역들의 각 그룹에 대해서 코드 비트들의 한 블록씩, M개의 별개의(disjoint) 서브대역 그룹들을 통한 전송을 위해서 상기 시퀀스들 각각을 코드 비트들의 M개의 블록들로 분할하는 단계 - 여기서, $M \geq 2$ -; 및

각각의 시퀀스에 대한 M 개의 블록들 각각에 대해서, 상기 인터리빙 방식에 기초하여 상기 블록에 대한 그룹의 서브대역들 중 하나의 서브대역에 상기 블록의 각 코드 비트를 매핑시키는 단계를 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 15

제 1항에 있어서, 상기 심볼 매핑 단계는,

B-비트 이진 값들을 형성하기 위해서 상기 인터리빙된 데이터의 B 비트들의 세트들을 그룹화하는 단계 - 여기서, $B \geq 1$ -; 및

상기 변조 방식에 기초하여 상기 B-비트 이진 값들 각각을 데이터 심볼에 매핑시키는 단계를 포함하고,

상기 변조 방식은, 상기 변조 방식에 대한 신호 정상도(signal constellation)의 두 인접한 데이터 심볼들이 B 비트들 중에서 기껏해야 한 비트만큼 상이하도록, 그레이 매핑(Gray mapping)으로 정의되는 데이터 처리 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 심볼 매핑 단계는 상기 세트들 각각에 대한 B 비트들을 재순서화하는 단계를 더 포함하고, 상기 재순서화된 B 비트들의 세트들은 상기 B-비트 이진 값들을 형성하는데 사용되는 데이터 처리 방법.

청구항 17

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 송신기로서,

코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 인코딩하도록 동작하는 인코더;

인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 인터리빙 방식에 따라 상기 코딩된 데이터를 인터리빙하도록 동작하는 인터리버;

데이터 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 변조 방식에 따라 상기 인터리빙된 데이터를 심볼 매핑하도록 동작하는 심볼 매핑 유닛; 및

한 쌍의 안테나들로부터 전송될 두 쌍의 전송 심볼들을 획득하기 위해서 상기 스트림의 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리하도록 동작하는 전송 공간 프로세서를 포함하고,

각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이며,

상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하며, 여기서 S는 1보다 큰 정수이고 L은 S의 정수배인 송신기.

청구항 18

제 17항에 있어서, 상기 전송 공간 프로세서는 공간-시간 전송 다이버시티를 구현하며 두 OFDM 심볼 기간들에서 각 쌍의 데이터 심볼들에 대한 두 쌍의 전송 심볼들을 제공하도록 동작하는 송신기.

청구항 19

제 17항에 있어서, 상기 전송 공간 프로세서는 공간-주파수 전송 다이버시티를 구현하며 두 서브대역들을 통해 각 쌍의 데이터 심볼들에 대한 두 쌍의 전송 심볼들을 제공하도록 동작하는 송신기.

청구항 20

삭제

청구항 21

제 17항에 있어서,

다수의 안테나들을 위한 다수의 변조기들을 더 포함하고,

각각의 변조기는 상기 안테나에 대한 상응하는 OFDM 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 연관된 안테나에 대한 전송 심볼들의 스트림을 변환하도록 동작하는 송신기.

청구항 22

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치로서,

코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 코딩하기 위한 수단;

인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 인터리빙 방식에 따라 상기 코딩된 데이터를 인터리빙하기 위한 수단;

데이터 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 변조 방식에 따라 상기 인터리빙된 데이터를 심볼 매핑하기 위한 수단; 및

한 쌍의 안테나들로부터 전송될 두 쌍의 전송 심볼들을 획득하기 위해서 상기 스트림의 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리하기 위한 수단을 포함하고,

각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이며,

상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하고, 여기서 S는 1보다 큰 정수이고 L은 S의 정수배인 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 23

제 22항에 있어서, 각 쌍의 데이터 심볼들에 대한 상기 두 쌍의 전송 심볼들은 두 OFDM 심볼 기간들에서 한 쌍의 안테나들로부터 전송되는 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 24

제 22항에 있어서, 각 쌍의 데이터 심볼들에 대한 상기 두 쌍의 전송 심볼들은 두 서브대역들을 통해 한 쌍의 안테나들로부터 전송되는 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 25

삭제

청구항 26

제 22항에 있어서,

다수의 안테나들에 대한 전송 심볼들의 다수의 스트림들을 형성하기 위한 수단; 및

상응하는 OFDM 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 상기 제 1 또는 제 2 OFDM 심볼 크기에 따라 전송 심볼들의 각각의 스트림을 변환하기 위한 수단을 더 포함하는 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 27

무선 다중-안테나 통신 시스템에서의 전송을 위한 데이터 처리 방법으로서,

코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 코딩하는 단계;

인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 인터리빙 방식에 따라 상기 코딩된 데이터를 인터리빙하는 단계;

데이터 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 변조 방식에 따라 상기 인터리빙된 데이터를 심볼 매핑하는 단계; 및

상기 스트림의 데이터 심볼들의 각 쌍이 한 쌍의 안테나들로부터 전송되고 상기 스트림의 데이터 심볼들의 연속적인 쌍들이 상이한 쌍의 안테나들로부터 전송되도록 상기 데이터 심볼들의 스트림을 역다중화하는 단계를 포함하며,

상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하고, 여기서 S는 1보다 큰 정수이고 L은 S의 정수배인 데이터 처리 방법.

청구항 28

제 27항에 있어서, 상기 역다중화 단계는 또한 상기 코딩된 데이터의 각 코드 비트가 상기 코드 비트의 코드 레이트에 기초하여 상기 코드 비트에 대해 이용가능한 최대 수의 안테나들로부터 전송되도록 이루어지는 데이터 처리 방법.

청구항 29

제 27항에 있어서, MIMO 시스템이 직교 주파수 분할 다중화(OFDM)를 구현하는 데이터 처리 방법.

청구항 30

제 29항에 있어서, 상기 스트림의 데이터 심볼들의 각 쌍은 하나의 서브대역을 통해 한 쌍의 안테나들로부터 전송되고, 인접한 서브대역들에 대한 데이터 심볼들의 쌍들은 상이한 안테나들의 쌍들을 통해 전송되는 데이터 처리 방법.

청구항 31

제 29항에 있어서, 상기 코딩된 데이터에 대한 S개의 코드 비트들로 이루어진 각 그룹이 인터리빙되고, 여기서 S는 데이터 전송을 위해 사용되는 서브대역들의 수인 데이터 처리 방법.

청구항 32

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템에서의 전송을 위한 데이터 처리 방법으로서,
 코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 코딩하는 단계;
 인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 인터리빙 방식에 따라 상기 코딩된 데이터를 인터리빙하는 단계;
 데이터 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 변조 방식에 따라 상기 인터리빙된 데이터를 심볼 매핑하는 단계;
 및
 상기 스트림의 데이터 심볼들의 각 쌍이 두 서브대역들을 통해 한 쌍의 안테나들로부터 전송되도록 상기 데이터 심볼들의 스트림을 역다중화하는 단계를 포함하며,
 상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하고, 여기서 S는 1보다 큰 정수이고 L은 S의 정수배인 데이터 처리 방법.

청구항 33

제 32항에 있어서, 상기 스트림의 각 쌍의 데이터 심볼들이 데이터 전송을 위해 사용가능한 두 인접한 서브대역들을 통해 전송되는 데이터 처리 방법.

청구항 34

제 32항에 있어서,
 전송 심볼들의 제 1 및 제 2 쌍들을 획득하기 위해서 상기 스트림의 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리하는 단계를 더 포함하고,
 각각의 전송 심볼은 상기 데이터 심볼들의 쌍의 데이터 심볼들 중 하나의 버전이고,
 상기 제 1 쌍의 전송 심볼들은 제 1 서브대역을 통해 상기 안테나들의 쌍으로부터 전송되고, 상기 제 2 쌍의 전송 심볼들은 제 2 서브대역을 통해 상기 안테나들의 쌍으로부터 전송되는 데이터 처리 방법.

청구항 35

제 34항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 쌍의 전송 심볼들은 각각 상기 제 1 및 제 2 서브대역들을 통해 한 OFDM 심볼 기간에서 동시에 전송되는 데이터 처리 방법.

청구항 36

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 수신기에서 데이터를 처리하기 위한 방법으로서,
 수신된 심볼들의 벡터들의 스트림을 획득하는 단계 - 여기서, 각각의 벡터는 N개의 수신 안테나들에 대한 N개의 수신 심볼들을 포함하고, N은 1 이상임 -;
 두 전송 안테나들로부터 두 쌍의 전송 심볼들로서 전송되는 두 데이터 심볼들의 추정치들인 두 복원된 데이터 심볼들을 획득하기 위해 상기 스트림의 수신된 심볼들의 각 쌍의 벡터들을 처리하는 단계 - 여기서, 각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이고, 복원된 데이터 심볼들의 스트림은 수신된 심볼들의 벡터들의 스트림에 대해 획득됨 -;
 복조된 데이터를 획득하기 위해서 복조 방식에 따라 상기 복원된 데이터 심볼들의 스트림을 심볼 디매핑하는 단계;
 디인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 디인터리빙 방식에 따라 상기 복조된 데이터를 디인터리빙하는 단계;
 및
 디코딩된 데이터를 획득하기 위해서 디코딩 방식에 따라 상기 디인터리빙된 데이터를 디코딩하는 단계를 포함하며,
 상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기

를 지원하며, 여기서 S 는 1보다 큰 정수이고 L 은 S 의 정수배인 데이터 처리 방법.

청구항 37

제 36항에 있어서, 수신된 심볼들의 벡터들의 각 쌍은 두 OFDM 심볼 기간들에 대한 것인 데이터 처리 방법.

청구항 38

제 36항에 있어서, 수신된 심볼들의 벡터들의 각 쌍은 두 서브대역들에 대한 것인 데이터 처리 방법.

청구항 39

삭제

청구항 40

제 36항에 있어서,

수신 안테나에 대한 수신 심볼들의 상응하는 스트림을 획득하기 위해서 상기 제 1 또는 제 2 OFDM 심볼 크기에 따라 상기 N 개의 수신 안테나들 각각에 대한 샘플들의 스트림을 변환하는 단계를 더 포함하고,

수신 심볼들의 벡터들의 스트림은 상기 N 개의 수신 안테나들에 대한 수신 심볼들의 N 개의 스트림으로부터 획득 되는 데이터 처리 방법.

청구항 41

제 36항에 있어서, $N=1$ 이고, 각각의 벡터는 하나의 수신 안테나에 대한 하나의 수신 심볼을 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 42

제 36항에 있어서, $N>1$ 이고, 각각의 벡터는 다수의 수신 안테나들에 대한 다수의 수신 심볼들을 포함하는 데이터 처리 방법.

청구항 43

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 수신기로서,

수신된 심볼들의 벡터들의 스트림을 수신하고, 두 전송 안테나들로부터 두 쌍의 전송 심볼들로서 전송되는 두 데이터 심볼들의 추정치들인 두 복원된 데이터 심볼들을 획득하기 위해서 상기 스트림의 수신된 심볼들의 벡터들의 각 쌍을 처리하도록 동작하는 수신 공간 프로세서 - 여기서, 각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이고, 각각의 벡터는 N 개의 수신 안테나들에 대한 N 개의 수신된 심볼들을 포함하며, N 은 1이상이고, 복원된 데이터 심볼들의 스트림이 상기 수신된 심볼들의 벡터들의 스트림에 대해 획득됨 -;

복조된 데이터를 획득하기 위해서 복조 방식에 따라 상기 복원된 데이터 심볼들의 스트림을 심볼 디매핑하도록 동작하는 심볼 디매핑 유닛;

디인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 디인터리빙 방식에 따라 상기 복조된 데이터를 디인터리빙하도록 동작하는 디인터리버; 및

디코딩된 데이터를 획득하기 위해서 디코딩 방식에 따라 상기 디인터리빙된 데이터를 디코딩하도록 동작하는 디코더를 포함하며,

상기 시스템은 S 개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L 개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하고, 여기서 S 는 1보다 큰 정수이고 L 은 S 의 정수배인 수신기.

청구항 44

제 43항에 있어서, 수신 심볼들의 벡터들의 각 쌍은 두 OFDM 심볼 기간들에 대한 것인 수신기.

청구항 45

제 43항에 있어서, 수신 심볼들의 벡터들의 각 쌍은 두 서브대역들에 대한 것인 수신기.

청구항 46

삭제

청구항 47

제 43항에 있어서,

상기 N개의 수신 안테나들에 대한 N개의 복조기들을 더 포함하고,

각각의 복조기는 상기 수신 안테나에 대한 수신 심볼들의 상응하는 스트림을 획득하기 위해서 상기 제 1 또는 제 2 OFDM 심볼 크기에 따라 연관된 수신 안테나에 대한 샘플들의 스트림을 변환하도록 동작하며,

상기 수신 심볼들의 벡터들의 스트림은 상기 N개의 수신 안테나들에 대한 수신 심볼들의 N개의 스트림들로부터 획득되는 수신기.

청구항 48

무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치로서,

수신 심볼들의 벡터들의 스트림을 획득하기 위한 수단 - 여기서, 각각의 벡터는 N개의 수신 안테나들에 대한 N개의 수신 심볼들을 포함하고, N은 1 이상임 -;

두 전송 안테나들로부터 두 쌍의 전송 심볼들로서 전송되는 두 데이터 심볼들의 추정치들인 두 복원된 데이터 심볼들을 획득하기 위해 상기 스트림의 수신된 심볼들의 각 쌍의 벡터들을 처리하기 위한 수단 - 여기서, 각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이고, 복원된 데이터 심볼들의 스트림은 상기 수신 심볼들의 벡터들의 스트림에 대해 획득됨 -;

복조된 데이터를 획득하기 위해서 복조 방식에 따라 상기 복원된 데이터 심볼들의 스트림을 심볼 디매핑하기 위한 수단;

디인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 디인터리빙 방식에 따라 상기 복조된 데이터를 디인터리빙하기 위한 수단; 및

디코딩된 데이터를 획득하기 위해서 디코딩 방식에 따라 상기 디인터리빙된 데이터를 디코딩하기 위한 수단을 포함하며,

상기 시스템은 S개의 서브대역들을 갖는 제 1 OFDM 심볼 크기 및 L개의 서브대역들을 갖는 제 2 OFDM 심볼 크기를 지원하고, 여기서 S는 1보다 큰 정수이고 L은 S의 정수배인 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 49

제 48항에 있어서, 수신 심볼들의 벡터들의 각 쌍은 두 OFDM 심볼 기간들에 대한 것인 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 50

제 48항에 있어서, 수신 심볼들의 벡터들의 각 쌍은 두 OFDM 심볼 기간들에 대한 것인 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

청구항 51

삭제

청구항 52

제 48항에 있어서, N개의 수신 안테나에 대한 수신 심볼들의 상응하는 스트림을 획득하기 위해서 상기 제 1 또는 제 2 OFDM 심볼 크기에 따라 상기 N개의 수신 안테나들 각각에 대한 샘플들의 스트림을 변환하기 위한 수단을 더 포함하고,

상기 수신된 심볼들의 벡터들의 스트림은 상기 N 개의 수신 안테나들에 대한 수신 심볼들의 N 개의 스트림들로부터 획득되는 무선 다중-안테나 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 통신 시스템의 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 특허 출원은 2002년 10월 25일에 "MIMO WLAN System"이란 명칭으로 가출원된 제 60/421,309호에 대한 우선권을 청구하며, 상기 가출원은 본 출원의 양수인에게 양도되었으며 본 명세서에서 참조문헌으로 명확히 포함된다.

[0002] 본 발명은 전반적으로 통신에 관한 것이며, 더 상세히는 다중-안테나 통신 시스템에서 전송 다이버시티를 위해 데이터를 처리하기 위한 기술에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 다중-안테나 통신 시스템은 데이터 전송을 위해서 다수의 (N_T) 전송 안테나 및 하나 이상의 (N_R) 수신 안테나를 이용한다. N_T 개의 전송 안테나들은 독립적인 데이터 스트림들을 이러한 안테나들을 통해 전송함으로써 시스템 스루풋을 증가시키는데 사용될 수 있다. N_T 개의 전송 안테나들은 단일 데이터 스트림을 이러한 안테나들로부터 중복해서 전송함으로써 신뢰도를 향상시키기 위해 또한 사용될 수 있다.

[0004] 다중-안테나 시스템은 또한 직교 주파수 분할 다중화(OFDM)를 활용할 수 있다. OFDM은 전체적인 시스템 대역폭을 다수개(N_F)의 직교 서브대역들로 효과적으로 분할하는 변조 기술이다. 각각의 서브대역은 데이터로 변조될 수 있는 각각의 서브캐리어와 연관된다. 서브대역들은 또한 일반적으로 톤, 서브캐리어, 빈, 및 주파수 채널들로 지칭된다.

[0005] 다중-안테나 시스템에 있어서, 각 쌍의 전송 및 수신 안테나들 사이에는 전파 경로가 존재한다. $N_T \cdot N_R$ 개의 전파 경로들이 N_T 개의 전송 안테나들과 N_R 개의 안테나들 사이에 형성된다. 이러한 전파 경로들은 상이한 채널 상황들(예컨대, 상이한 페이딩, 다중경로, 및 간섭 효과들)을 경험할 수 있으며, 상이한 신호-대-잡음+간섭 비율(SNR)을 달성할 수 있다. 따라서, $N_T \cdot N_R$ 개의 전파 경로들의 채널 응답은 경로마다 다를 수 있다. 분산적인 통신 채널에 있어서는, 각각의 전파 경로에 대한 채널 응답이 또한 N_F 개의 서브대역들에 걸쳐 다르다. 채널 상황들이 시간에 따라 변할 수 있기 때문에, 전파 경로들에 대한 채널 응답도 마찬가지로 변할 수 있다.

[0006] 전송 다이버시티는 데이터 전송의 신뢰도를 향상시키기 위해서 공간, 주파수, 시간, 또는 이러한 세 가지 디멘션들의 결합을 통한 데이터 중복 전송을 지칭한다. 전송 다이버시티의 한 목적은 로버스트 성능(robust performance)을 달성하기 위해서 가능한 많은 디멘션들을 통해 데이터 전송을 위한 다이버시티를 최대화하는 것이다. 다른 목적은 송신기 및 수신기 양쪽 모두에서 전송 다이버시티를 위한 처리과정을 간략하게 하는 것이다. 따라서, 다중-안테나 시스템에서 전송 다이버시티를 위해 데이터를 효율적으로 처리하는 기술이 해당 기술분야에서 필요하다.

발명의 상세한 설명

[0007] 본 명세서에서는 다중-안테나 OFDM 시스템에서 전송 다이버시티 처리과정을 수행하기 위한 기술들이 제공된다. 송신기는 코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 인코딩한다. 그 코딩 방식은 고정 레이트 베이스 코드와 시스템에 의해서 지원되는 한 세트의 코드 레이트에 대한 한 세트의 반복 및/또는 평처링 패턴들을 포함한다. 송신기는 인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 상기 코딩된 데이터를 인터리빙 방식에 따라 인터리빙한다. 송신기는 다음으로 데이터 심볼 스트림을 획득하기 위해서 상기 인터리빙된 데이터를 변조 방식에 따라 심볼 매핑한다. 시스템은 향상된 효율성을 위해 다수의 OFDM 심볼 크기들을 지원할 수 있다. 동일하거나 유사한 코딩, 인터리빙, 및 변조 방식이 상이한 OFDM 심볼 크기들을 위해 사용될 수 있음으로써 송신기 및 수신기에서의 처리과정을 간략하게 할 수 있다.

[0008] 송신기는 한 쌍의 송신 안테나로부터의 전송을 위해 두 쌍의 전송 심볼들을 획득할 목적으로 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리한다. 각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이다. 두 쌍의 전송 심볼은 (1) 공간-시간 전송 다이버시티(STTD)를 위해 두 OFDM 심볼 기간들 동안에 동일한 서브대역을 통해서나 또는 (2) 공간-주파수 전송 다

이버시티(SFTD)를 위해 동일한 OFDM 심볼 기간 동안에 두 서브대역들을 통해서 상기 한 쌍의 안테나로부터 전송될 수 있다. 만약 N_T 개의 전송 안테나들이 데이터 전송을 위해 이용가능하다면, $N_T \cdot (N_T-1)/2$ 개의 상이한 쌍의 안테나들이 데이터 심볼 스트림을 전송하는데 사용될 수 있다. 송신기는 전송 안테나에 대한 상응하는 OFDM 심볼 스트림을 획득하기 위해서 선택된 OFDM 심볼 크기에 따라 각각의 전송 안테나를 위한 전송 심볼 스트림을 변환한다(예컨대, OFDM 변조를 수행한다).

[0009] 수신기는 아래에 설명되는 바와 같이 트래픽 데이터를 복원하기 위해서 상보적인 처리과정을 수행한다. 본 발명의 여러 양상들 및 실시예들은 아래에서 더 상세히 설명된다.

실시예

[0021] 본 명세서에서 "예시적인"이란 용어는 "일예, 인스턴스, 또는 예시로서 제공되는 것"을 의미하도록 사용된다. 본 명세서에서 "예시적인 것"으로서 설명되는 임의의 실시예는 다른 실시예들에 비해 바람직하거나 유리한 것으로 반드시 해석되지는 않는다.

[0022] 본 명세서에서 설명되는 전송 다이버시티 처리 기술은 (1) 다수의 전송 안테나들과 단일 수신 안테나를 구비하는 다중-입력 단일-출력(MISO) 시스템 및 (2) 다수의 전송 안테나들과 다수의 수신 안테나들을 구비하는 다중-입력 다중-출력(MIMO) 시스템을 위해 사용될 수 있다. 이러한 기술들은 또한 다운링크뿐만 아니라 업링크를 위해서도 사용될 수 있다. 다운링크(즉, 순방향 링크)는 액세스 포인트(예컨대, 기지국)로부터 사용자 단말기(예컨대, 이동국)로의 통신 링크이고, 업링크(즉, 역방향 링크)는 사용자 단말기로부터 액세스 포인트로의 통신 링크이다. 명확히 하기 위해서, 이러한 기술들은 OFDM을 활용하는 예시적인 다중-안테나 시스템에서 다운링크에 대해 설명된다. 이러한 예시적인 시스템에 있어서, 액세스 포인트에는 4개의 안테나가 장착되고, 각각의 사용자 단말기에는 하나 이상의 안테나들이 장착된다.

[0023] 도 1은 다중-안테나 OFDM 시스템(100)에서 액세스 포인트(110)와 두 개의 사용자 단말기들(150x 및 150y)로 이루어진 실시예의 블록 다이어그램을 나타낸다. 사용자 단말기(150x)에는 단일 안테나(152x)가 장착되고, 사용자 단말기(150y)에는 다수의 안테나들(152a 내지 152r)이 장착된다.

[0024] 다운링크를 통해서는, 액세스 포인트(110)에서, 전송(TX) 데이터 프로세서(120)는 데이터 소스(112)로부터 트래픽 데이터(예컨대, 정보 비트들), 제어기(130)로부터 제어 데이터, 및 가능하게는 스케줄러(134)로부터의 다른 데이터를 수신한다. 여러 타입들의 데이터가 상이한 전송 채널들을 통해 전송될 수 있다. TX 데이터 프로세서(120)는 변조 심볼 스트림을 획득하기 위해서 하나 이상의 코딩 및 변조 방식들에 기초하여 상이한 타입의 데이터를 처리한다(예컨대, 프레임링, 스캐램블링, 인코딩, 인터리빙, 및 심볼 매핑). 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "데이터 심볼"은 데이터에 대한 변조 심벌을 지칭하고, "파일럿 심볼"은 파일럿에 대한 변조 심벌을 지칭한다. TX 공간 프로세서(122)는 TX 데이터 프로세서(120)로부터의 데이터 심볼 스트림을 수신하고, 전송 다이버시티를 위해 데이터 심볼들에 대해서 공간 처리를 수행하고, 파일럿 심볼들과 다중화하며, 각각의 전송 안테나에 하나의 전송 심볼들 스트림을 제공한다. TX 데이터 프로세서(120) 및 TX 공간 프로세서(122)에 의한 처리과정이 아래에서 설명된다.

[0025] 각각의 변조기(MOD;126)는 OFDM 심볼 스트림을 획득하기 위해서 각각의 전송 심볼 스트림을 수신하여 처리하며, 다운링크 신호를 생성하기 위해서 그 OFDM 심볼 스트림을 컨디셔닝한다(예컨대, 증폭, 필터링, 및 주파수 업컨버팅). 4개의 변조기들(126a 내지 126d)로부터의 4개의 다운링크 신호들이 4개의 안테나들(128a 내지 128d)로부터 사용자 단말기들에 각각 전송된다.

[0026] 사용자 단말기(150)에서는, 하나 또는 여러 안테나들(152)이 전송된 다운링크 신호들을 수신하고, 각각의 안테나는 수신된 신호를 각각의 복조기(DEMOD;154)에 제공한다. 각각의 복조기(154)는 변조기(126)에서 수행된 처리과정과 상보적인 처리과정을 수행하며, 수신된 심볼 스트림을 제공한다. 수신(RX) 공간 프로세서(160)는 복원된 데이터 심볼 스트림을 획득하기 위해서 모든 복조기들(154)로부터의 수신된 심볼 스트림들에 대해 공간 처리과정을 수행하는데, 상기 복원된 데이터 심볼 스트림은 액세스 포인트(110)에 의해 전송되는 데이터 심볼 스트림의 추정치이다. RX 데이터 프로세서(170)는 복원된 데이터 심볼들을 수신하여 그들을 각 전송 채널들로 역다중화한다. 다음으로, 각각의 전송 채널에 대한 복원된 데이터 심볼은 그 전송 채널에 대한 디코딩된 데이터를 획득하기 위해서 처리된다(예컨대, 디매핑, 디인터리빙, 디코딩, 및 디스캐램블링). 각각의 전송 채널에 대한 디코딩된 데이터는 저장을 위해 데이터 싱크(172) 및/또는 추가 처리를 위해 제어기(180)에 제공될 수 있는 복원된 사용자 데이터, 제어 데이터 등을 포함할 수 있다.

- [0027] 각각의 사용자 단말기(150)에서는, 채널 추정기(도 1에 미도시)가 다운로드 채널 응답을 추정하여 채널 추정치를 제공하는데, 상기 채널 추정치는 채널 이득(또는 경로 이득) 추정치들, SNR 추정치들 등을 포함할 수 있다. RX 데이터 프로세서(170)는 또한 다운로드를 통해 수신되는 각각의 패킷/프레임에 대한 상태를 제공할 수 있다. 제어기(180)는 채널 추정치들 및 패킷/프레임 상태를 수신하며, 액세스 포인트(110)에 대한 피드백 정보를 어셈블링한다. 피드백 정보 및 업링크 데이터는 TX 데이터 프로세서(190)에 의해 처리되고, TX 공간 프로세서(192)(만약 사용자 단말기(150)에 존재한다면)에 의해 공간 처리되고, 파일럿 심볼들과 다중화되고, 하나 이상의 변조기들(154)에 의해 컨디셔닝되며, 하나 이상의 안테나들(152)을 통해 액세스 포인트(110)에 전송된다.
- [0028] 액세스 포인트(110)에서는, 전송된 업링크 신호(들)가 안테나(128)에 의해 수신되고, 복조기(126)에 의해 복조되며, 사용자 단말기(150)에서 수행되는 방식과 상보적인 방식으로 RX 공간 프로세서(140) 및 RX 데이터 프로세서(142)에 의해 처리된다. 복원된 피드백 정보는 제어기(130) 및 스케줄러(134)에 제공된다. 스케줄러(134)는 (1) 다운로드 및 업링크를 통한 데이터 전송을 위해서 한 세트의 사용자 단말기들을 스케줄링하고 (2) 이용가능한 다운로드 및 업링크 자원들을 스케줄링된 단말기들에 할당하는 것과 같은 다수의 기능을 수행하기 위해서 피드백 정보를 사용할 수 있다.
- [0029] 제어기들(130 및 180)은 액세스 포인트(110) 및 사용자 단말기(150)의 다양한 처리 유닛들의 동작을 각각 제어한다. 예컨대, 제어기(180)는 사용자 단말기(150)로의 다운로드에 의해 지원되는 최대 레이트를 결정할 수 있다. 제어기(130)는 각각의 스케줄링된 사용자 단말기에 대한 레이트, 페이로드 크기, 및 OFDM 심볼 크기를 선택할 수 있다.
- [0030] 업링크에 대한 액세스 포인트(110) 및 사용자 단말기(150)에서의 처리과정은 다운로드에 대한 처리과정과 동일하거나 상이할 수 있다.
- [0031] 시스템(100)은 상이한 타입의 데이터를 전송하기 위해 한 세트의 전송 채널들을 활용한다. 예시적인 설계에서는, 다운로드를 통해서, 액세스 포인트(110)는 방송 채널(BCH)을 통해 시스템 정보를 전송하고, 순방향 제어 채널(FCCH)을 통해 제어 데이터를 전송하며, 순방향 채널(FCH)을 통해 트래픽 데이터를 특정 사용자 단말기에 전송한다. 업링크를 통해서, 사용자 단말기(150)는 랜덤 액세스 채널(RACH)을 통해 액세스 데이터 및 메시지들을 전송하고 역방향 채널(RCH)을 통해 트래픽 데이터를 전송한다. 다른 시스템 설계는 상이한 및/또는 다른 전송 채널들을 사용할 수 있다. 전송 다이버시티가 전송 채널들 각각을 위해 사용될 수 있다.
- [0032] 도 2는 액세스 포인트(110)의 송신기 부분에 대한 블록 다이어그램을 나타낸다. TX 데이터 프로세서(120) 내의, 프레임링 유닛(212)은 예컨대 순환 중복 검사(CRC) 값을 생성하고 패킷에 대한 헤더를 첨부함으로써 각각의 데이터 패킷을 포맷한다. CRC 값은 패킷이 정확하게 디코딩되었는지 또는 에러적으로 디코딩되었는지 여부를 결정하기 위해서 수신기에 의해 사용될 수 있다. 프레임링은 일부 전송 채널들에 대해서만 수행될 수 있고 다른 전송 채널들에 대해서는 생략될 수 있다. 프레임링은 또한 상이한 전송 채널들에 대해서 상이할 수 있다. 각각의 패킷은 특정 시간 지속시간(예컨대, 하나 이상의 OFDM 심볼 기간들)에 걸쳐 전송하기 위해 개별적으로 코딩되고 변조되며 지정된다. 스캐램블러(214)는 프레임링/비프레임링 데이터를 스캐램블링하여 데이터를 랜덤화한다.
- [0033] 인코더(216)는 스캐램블링된 데이터를 코딩 방식에 따라 인코딩하며 코드 비트들을 제공한다. 상기 인코딩은 데이터 전송의 신뢰도를 증가시킨다. 다음으로, 반복/평처리 유닛(218)은 각각의 패킷에 대한 원하는 코드 레이트를 획득하기 위해서 코드 비트들 중 일부를 반복하거나 평처리(즉, 삭제)한다. 실시예에서, 인코더(216)는 레이트 1/2 이진 컨벌루션 인코더이다. 1/4의 코드 레이트가 각각의 코드 비트를 한번 반복함으로써 획득될 수 있다. 1/2 보다 큰 코드 레이트들이 인코더(216)로부터의 코드 비트들 중 일부를 삭제함으로써 획득될 수 있다. 인터리빙(220)은 인터리빙 방식에 기초하여 반복/평처리 유닛(218)으로부터의 코드 비트들을 인터리빙한다(즉, 재정렬한다). 인터리빙은 코드 비트들에 대한 시간, 주파수, 및/또는 공간 다이버시티를 제공한다.
- [0034] 심볼 매핑 유닛(222)은 인터리빙된 데이터를 선택된 변조 방식에 따라 매핑하고 데이터 심볼들을 제공한다. 이러한 심볼 매핑은 (1) B-비트 이진 값들을 형성하기 위해 B 비트들의 세트를 그룹화하고(여기서 $B \geq 1$), (2) 선택된 변조 방식에 상응하는 신호 constellation의 포인트에 각각의 B-비트 이진 값을 매핑함으로써 달성될 수 있다. 각각의 매핑된 신호 포인트는 복소 값이며 데이터 심볼에 상응한다. 심볼 매핑 유닛(222)은 데이터 심볼 스트림을 TX 공간 프로세서(122)에 제공한다.
- [0035] 인코더(216), 반복/평처리 유닛(218), 인터리빙(220, 및 심볼 매핑 유닛(222)에 대한 예시적인 설계가 아래에서 설명된다. 인코딩, 인터리빙, 및 심볼 매핑은 제어기(130)에 의해 제공되는 제어 신호에 기초하여 수행될 수

있다.

- [0036] TX 공간 프로세서(122)는 아래에 설명되는 바와 같이 TX 데이터 프로세서(120)로부터 데이터 심볼 스트림을 수신하여 전송 다이버시티를 위한 공간 처리과정을 수행한다. TX 공간 프로세서(122)는 4개의 전송 안테나들에 대한 4개의 변조기들(126a 내지 126d) 각각에 하나의 전송 심볼 스트림을 제공한다.
- [0037] 도 3은 시스템을 위한 베이스 코드를 구현하는 인코더(216)의 실시예를 나타낸다. 본 예에서, 베이스 코드는 133 및 171(8진법)의 생성원을 갖는 레이트 1/2의 구속 길이 7($K=7$)인 컨볼루션 코드이다.
- [0038] 인코더(216) 내의, 다중화기(312)는 스크램블러(214)로부터 각각 패킷에 대한 스크램블링된 비트들 및 테일 비트들(예컨대, 제로)을 수신하며, 스크램블링된 비트들을 먼저 제공하고, 뒤이어 6개의 테일 비트들을 제공한다. 인코더(216)는 또한 직렬로 연결된 6개의 지연 엘리먼트들(314a 내지 314f)을 구비한다. 4개의 덧셈기들(316a 내지 316d)이 또한 직렬로 연결되며 제 1 생성기(133)를 구현하는데 사용된다. 마찬가지로, 4개의 덧셈기들(318a 내지 318d)이 직렬로 연결되며 제 2 생성기(171)를 구현하는데 사용된다. 덧셈기들은 도 3에 도시된 바와 같이 두 생성기들(133 및 171)을 구현하기 위한 방식으로 지연 엘리먼트들(314)에 또한 연결된다.
- [0039] 스크램블링된 비트들은 제 1 지연 엘리먼트(314a) 및 덧셈기들(316a 및 318a)에 제공된다. 각각의 클록 사이클 동안에, 덧셈기들(316a 내지 316d)은 그 클록 사이클 동안에 제 1 코드를 획득하기 위해서 지연 엘리먼트들(314b, 314c, 314e, 및 314f)에 저장된 4개의 이전 비트들과 인입 비트의 모듈로-2 덧셈을 수행한다. 마찬가지로, 덧셈기들(318a 내지 318d)은 그 클록 사이클 동안에 제 2 코드를 획득하기 위해서 지연 엘리먼트들(314a, 314b, 314c, 및 314f)에 저장된 4개의 이전 비트들과 인입 비트의 모듈로-2 덧셈을 수행한다. 다중화기(320)는 두 생성기들로부터의 두 코드 비트 스트림을 수신하여 단일 코드 비트 스트림으로 다중화한다. 각각의 스크램블링된 비트 q_n 에 대해서(여기서 n 은 비트 인덱스임), 두 개의 코드 비트들 c_{1n} 및 c_{2n} 이 생성되고, 이는 1/2의 코드 레이트를 유도한다.
- [0040] 시스템(100)은 데이터 전송을 위한 한 세트의 "레이트들"을 지원한다. 표 1은 시스템에 의해 지원되는 예시적인 14개의 레이트들 세트를 목록화하고 있는데, 상기 레이트들은 레이트 인덱스 0 내지 13으로 식별되어 있다. 인덱스 0을 갖는 레이트는 널 데이터 레이트에 대한 것이다(즉, 어떠한 데이터 전송도 없음). 비-제로 레이트 각각은 비-페이딩 AWGN 채널에 대한 원하는 레벨의 성능(예컨대, 1%의 패킷 에러 레이트(PER))을 획득하기 위해서 필요한 특정 스펙트럼 효율, 특정 코드 레이트, 특정 변조 방식, 및 특정 최소 SNR과 연관된다. 스펙트럼 효율은 시스템 대역폭에 의해 정규화된 데이터 레이트(즉, 정보 비트 레이트)를 지칭하며, bps/Hz의 단위로 제공된다. 각각의 레이트에 대한 스펙트럼 효율은 그 레이트에 대한 변조 방식 및 코딩 방식에 의해 결정된다. 표 1에서 각각의 레이트에 대한 코드 레이트 및 변조 방식은 예시적인 시스템에 대해 특정된다.

[0041]

표 1

레이트 인덱스	스펙트럼 효율 (bps/Hz)	코드 레이트	변조 방식	필요한 SNR (dB)	짧은 OFDM 심볼		긴 OFDM 심볼	
					정보 비트/ OFDM 심볼	코드 비트/ OFDM 심볼	정보 비트/ OFDM 심볼	코드 비트/ OFDM 심볼
0	0.00	-	-	-	0	0	0	0
1	0.25	1/4	BPSK	-1.8	12	48	48	192
2	0.5	1/2	BPSK	1.2	24	48	96	192
3	1.0	1/2	QPSK	4.2	48	96	192	384
4	1.5	3/4	QPSK	6.8	72	96	288	384
5	2.0	1/2	16 QAM	10.1	96	192	384	768
6	2.5	5/8	16 QAM	11.7	120	192	480	768
7	3.0	3/4	16 QAM	13.2	144	192	576	768
8	3.5	7/12	64 QAM	16.2	168	288	672	1152
9	4.0	2/3	64 QAM	17.4	192	288	768	1152
10	4.5	3/4	64 QAM	18.8	216	288	864	1152
11	5.0	5/6	64 QAM	20.0	240	288	960	1152
12	6.0	3/4	256 QAM	24.2	288	384	1152	1536
13	7.0	7/8	256 QAM	26.3	336	384	1344	1536

[0042]

[0043]

표 1에서, BPSK는 이진 위상 시프트 변조를 지칭하고, QPSK는 직교 위상 시프트 변조를 지칭하며, QAM은 직교 진폭 변조를 지칭한다.

[0044]

인코더(216)는 각각의 패킷을 인코딩하며, 단일 베이스 코드에 기초하여 레이트 1/2 코드 비트들을 생성한다. (표 1에 리스트된 바와 같이) 시스템에 의해 지원되는 모든 다른 코드 레이트들은 코드 비트들을 반복하거나 평처링함으로써 획득될 수 있다.

[0045]

도 4는 1/2의 베이스 코드 레이트에 기초하여 여러 코드 레이트들을 생성하는데 사용될 수 있는 반복/평처링 유닛(218)의 실시예를 나타낸다. 반복/평처링 유닛(218) 내에서는, 인코더(216)로부터의 레이트 1/2 코드 비트들이 반복 유닛(412)이나 평처링 유닛(414)에 제공된다. 반복 유닛(412)은 1/4의 효과적인 코드 레이트를 획득하기 위해서 각각의 레이트 1/2 코드 비트를 한번 반복한다. 평처링 유닛(414)은 원하는 코드 레이트를 획득하기 위해서 특정 평처링 패턴에 기초하여 레이트 1/2 코드 비트들 중 일부를 삭제한다. 표 2는 시스템에 의해 지원되는 코드 레이트들에 대해 사용될 수 있는 예시적인 평처링 패턴들을 리스트하고 있다. 다른 평처링 패턴들이 또한 사용될 수 있다.

[0046]

표 2

코드 레이트	평처링 패턴
1/2	11
7/12	11111110111110
5/8	1110111011
2/3	1110
3/4	111001
5/6	1110011001
7/8	11101010011001

[0047]

[0048]

k/n 코드 레이트에 있어서는, 모든 k 정보 비트들에 대해서 n개의 코딩된 비트들이 존재한다. 레이트 1/2 베이스 코드는 모든 k개의 정보 비트들에 대해서 2k개의 레이트 1/2 코드 비트들을 제공한다. k/n의 코드 레이트를 획득하기 위해서, 평처링 유닛(218)은 인코더(216)로부터 수신되는 2k개의 레이트 1/2 코드 비트들의 각 입력 그룹에 대해 n개의 코드 비트들을 출력한다. 따라서, 2k-n개의 코드 비트들이 2k개의 레이트 1/2의 각 그룹으로부터 삭제됨으로써 n개의 레이트 k/n 코드 비트들을 획득한다. 각각의 그룹으로부터 삭제될 코드 비트들은 평처링 패턴에서 제로들로 표시된다. 예컨대, 7/12의 코드 레이트를 획득하기 위해서, 2개의 코드 비트들이 인코더(216)로부터의 14 코드 비트들의 각 그룹으로부터 삭제되고, 상기 삭제된 비트들은 평처링 패턴 "11111110111110"에 의해 표시된 바와 같이 그룹에서 8번째 및 14번째 비트들이다. 원하는 코드 레이트가 1/2라면, 어떠한 평처링도 수행되지 않는다.

[0049]

다중화기(416)는 반복 유닛(412)으로부터의 코드 비트 스트림 및 평처링 유닛(414)으로부터의 코드 비트 스트림을 수신한다. 다중화기(416)는 만약 원하는 코드 레이트가 1/4이면 반복 유닛(412)으로부터의 코드 비트들을 제공하고, 원하는 코드 레이트가 1/2 또는 그 이상이라면 평처링 유닛(414)으로부터의 코드 비트들을 제공한다. 논리 유닛(418)은 코딩 제어 신호를 수신하고, 평처링 유닛(414)을 위한 평처링 제어 신호 및 다중화기(416)를 위한 다중화 제어 신호를 생성한다.

[0050]

위에 설명된 것 이외의 다른 코딩 방식들 및 평처링 패턴들이 또한 사용될 수 있으며 이는 본 발명의 범위 내에 든다. 예컨대, 터보 코드, 저 밀도 패리티 검사(LDPC) 코드, 블록 코드, 일부 다른 코드들, 또는 그것들의 임의의 결합이 데이터를 인코딩하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 상이한 코딩 방식들이 상이한 전송 채널들을 위해 사용될 수 있다. 예컨대, 컨볼루셔널 코드가 시스템 정보 및 제어 데이터를 전달하는 전송 채널을 위해 사용될 수 있고, 터보 코드가 트래픽 데이터를 전달하는 전송 채널을 위해 사용될 수 있다.

[0051]

위에 설명된 코딩 및 평처링 방식들을 통해, 다수의 코드 레이트들이 액세스 포인트에 있는 동일한 인코더 및 사용자 단말기에 있는 동일한 디코더를 통해 지원될 수 있다. 이는 액세스 포인트 및 사용자 단말기의 설계를 상당히 간소화시킬 수 있다.

[0052]

시스템(100)은 더 큰 효율을 달성하기 위해서 두 개의 OFDM 심볼 크기들을 활용한다. 예시적인 설계에서, "짧은" OFDM 심볼은 64개의 서브대역들을 포함하고, "긴" OFDM 심볼은 256개의 서브대역들을 포함한다. 짧은 OFDM 심볼에 있어서는, 64개의 서브대역들에 -32 내지 +31의 인덱스들이 할당되고, 48개의 서브대역들(예컨대, $K_s = \pm\{1, \dots, 6, 8, \dots, 20, 22, \dots, 26\}$ 의 인덱스들을 가짐)이 데이터 전송을 위해 사용되며 데이터 서브대역들로서 지칭되고, 4개의 서브대역들(예컨대, $\pm\{7, 21\}$ 의 인덱스들을 가짐)이 파일럿 전송을 위해 사용되고, DC 서브대역(0의 인덱스를 가짐)이 사용되지 않으며, 나머지 서브대역들도 또한 사용되지 않고 보호 서브대역들로서 기능한다. 긴 OFDM 심볼에 있어서는, 256개의 서브대역들에 -128 내지 +127의 인덱스들이 할당되고, 192 서브대역들(예컨대, $K_s = \pm\{1, \dots, 24, 29, \dots, 80, 85, \dots, 104\}$ 의 인덱스들을 가짐)이 데이터 전송을 위해 사용되며, 16개의 서브대역들(예컨대, $\pm\{25, \dots, 28, 81, \dots, 84\}$ 의 인덱스들을 가짐)이 파일럿 전송을 위해 사용되고, DC 서브대역이 사용되지 않으며, 나머지 서브대역들도 또한 사용되지 않고 보호 서브대역들로서 기능한다.

- [0053] 긴 OFDM 심볼에 대한 파일럿 및 데이터 서브대역들은 다음과 같은 식에 기초하여 짧은 OFDM 심볼에 대한 파일럿 및 데이터 서브대역들에 매핑될 수 있다:
- [0054] $k_1 = 4 \cdot k_s - \text{sgn}(k_s) \cdot k_{os}$
- [0055] 여기서 k_s 는 짧은 OFDM 심볼의 서브대역들에 대한 인덱스이고($k_s \in K_s$),
- [0056] k_{os} 는 서브대역 인덱스 오프셋이고($k_{os} \in \{0, 1, 2, 3\}$)
- [0057] $\text{sgn}(k_s)$ 는 k_s 의 부호(즉, "+" 또는 "-")를 제공하며,
- [0058] k_1 은 긴 OFDM 심볼의 서브대역들에 대한 인덱스이다($k_1 \in K_L$).
- [0059] 짧은 OFDM 심볼의 각각의 데이터/파일럿 서브대역은 긴 OFDM 심볼의 4개의 데이터/파일럿 서브대역들에 연관되는데, 상기 긴 OFDM 심볼은 서브대역 인덱스 오프셋 k_{os} 의 4개의 값과 연관된다.
- [0060] 표 1은 각각의 비-제로 레이트에 대해 각각의 짧은 및 긴 OFDM 심볼에서 전송될 수 있는 데이터 비트들의 수를 리스트하고 있다. 데이터 패킷은 임의의 수의 긴 OFDM 심볼들 및 작은 수의 짧은 OFDM 심볼들을 사용하여 전송될 수 있다. 예컨대, 데이터 패킷은 N_L 개의 긴 OFDM 심볼들 및 N_S 개의 짧은 OFDM 심볼들을 사용하여 전송될 수 있는데, 여기서 $N_L \geq 0$ 및 $3 \geq N_S \geq 0$ 이다. N_L 개의 긴 OFDM 심볼들의 끝에 있는 N_S 개의 짧은 OFDM 심볼들은 사용되지 않은 용량의 크기를 감소시킨다. 따라서, 상이한 크기의 OFDM 심볼들은 OFDM 심볼들의 데이터-전달 용량을 패킷 페이로드에 더 잘 매칭시키기 위해 사용될 수 있음으로써 패킹 효율을 최대화시킨다.
- [0061] 실시예에서는, 동일한 인터리빙 방식이 짧은 OFDM 심볼들 및 긴 OFDM 심볼들 모두를 위해 사용된다. 각각의 짧은 OFDM 심볼로 전송될 코드 비트들은 모든 48개의 데이터 서브대역들에 걸쳐 인터리빙된다. 각각의 긴 OFDM 심볼로 전송될 코드 비트들은 4개의 블록들로 분할되고, 각각의 블록의 코드 비트들은 48개의 데이터 서브대역들로 이루어진 각각의 그룹에 걸쳐 인터리빙된다. 두 경우에 있어서, 인터리빙은 하나의 OFDM 심볼 기간에 걸쳐 수행된다.
- [0062] 도 4는 짧은 OFDM 심볼들 및 긴 OFDM 심볼들 모두를 위해 사용될 수 있는 인터리버(220)의 실시예를 도시한다. 인터리버(220) 내에서, 역다중화기(422)는 반복/평처리 유닛(218)으로부터 각각의 OFDM 심볼에 대한 코드 비트 시퀀스들을 수신한다. 코드 비트 시퀀스는 $\{c_i\}$ 로 표기되는데, 여기서 짧은 OFDM 심볼에 대해서 $i \in \{0, \dots, 48 \cdot B - 1\}$ 이고, 긴 OFDM 심볼에 대해서 $i \in \{0, \dots, 192 \cdot B - 1\}$ 이며, B는 각각의 변조 심볼에 대한 코드 비트의 수이다.
- [0063] 짧은 OFDM 심볼에 대해서, 역다중화기(422)는 시퀀스의 모든 $48 \cdot B$ 개의 코드 비트들을 블록 인터리버(424a)에 제공한다. 다음으로, 인터리버(424a)는 표 3에 제시된 주파수 인터리빙 방식에 따라 짧은 OFDM 심볼의 48개의 데이터 서브대역들에 걸쳐 코드 비트들을 인터리빙한다(즉, 재정렬). 이러한 인터리빙 방식에 있어서, 시퀀스 $\{c_i\}$ 의 각각의 코드 비트는 i 모듈로-48의 비트 인덱스가 할당된다. 시퀀스의 코드 비트들은 B개의 그룹들에 효과적으로 분할되고, 48개의 코드 비트들을 포함하는 각각의 그룹에는 0 내지 47의 비트 인덱스가 할당된다. 각각의 비트 인덱스는 각각의 데이터 서브대역과 연관된다. 동일한 비트 인덱스를 갖는 모든 코드 비트들은 그 비트 인덱스와 연관된 데이터 서브대역을 통해 전송된다. 예컨대, 각 그룹의 제 1 코드 비트(0의 비트 인덱스를 가짐)는 서브 대역 -26을 통해 전송되고, 제 2 코드 비트(1의 비트 인덱스를 가짐)는 서브대역 1을 통해 전송되며, 제 3 코드 비트(2의 비트 인덱스를 가짐)는 서브대역 -17을 통해 전송된다. 전체 코드 비트 시퀀스가 인터리빙된 이후에는, 블록 인터리버(424a)가 그 인터리빙된 비트들을 다중화기(426)에 제공한다. 짧은 OFDM 심볼에 대해서는 블록 인터리버들(424b, 424c, 및 424d)이 사용되지 않고, 다중화기(426)가 블록 인터리버(424a)로부터만 인터리빙된 비트들을 제공한다.

[0064]

표 3

서브대역 인덱스 k_s	비트 인덱스	서브대역 인덱스 k_s	비트 인덱스	서브대역 인덱스 k_s	비트 인덱스	서브대역 인덱스 k_s	비트 인덱스
-	-	-13	26	1	1	15	33
-26	0	-12	32	2	7	16	39
-25	6	-11	38	3	13	17	45
-24	12	-10	44	4	19	18	5
-23	18	-9	4	5	25	19	11
-22	24	-8	10	6	31	20	17
-21	-	-7	-	7	-	21	-
-20	30	-6	16	8	37	22	23
-19	36	-5	22	9	43	23	29
-18	42	-4	28	10	3	24	35
-17	2	-3	34	11	9	25	41
-16	8	-2	40	12	15	26	47
-15	14	-1	46	13	21	-	-
-14	20	0	-	14	27	-	-

[0065]

[0066]

긴 OFDM 심볼에 대해서는, 역다중화기(422)가 시퀀스의 $48 \cdot B$ 개의 코드 비트들로 이루어진 제 1 블록을 블록 인터리버(424a)에 제공하고, $48 \cdot B$ 개의 코드 비트들로 이루어진 그 다음 블록을 블록 인터리버(424b)에 제공하고, $48 \cdot B$ 개의 코드 비트들로 이루어진 제 3 블록을 블록 인터리버(424c)에 제공하며, $48 \cdot B$ 개의 코드 비트들로 이루어진 마지막 블록을 블록 인터리버(424d)에 제공한다. 인터리버들(424a 내지 424d)의 4개의 코드 비트 블록에는 $k_{as}=0, 1, 2$ 및 3의 서브대역 인덱스 오프셋들이 각각 할당된다. 각각의 블록 인터리버(424)는 짧은 OFDM 심볼에 대해 위에서 설명한 방식으로 48개의 데이터 서브대역들에 걸쳐 자신의 코드 비트들을 인터리빙한다. 전체 코드 비트 시퀀스가 인터리빙된 이후에, 다중화기(426)는 블록 인터리버들(424a 내지 424d)로부터 인터리빙된 비트들을 수신하며, 긴 OFDM 심볼의 상응하는 서브대역들에 적절한 순서로 이러한 비트들을 매핑한다. 특히, 각각의 블록 인터리버(424)에 대한 짧은 OFDM 심볼 서브대역 인덱스 k_s 및 서브대역 인덱스 오프셋 k_{as} 가 식 (1)에 제시된 바와 같이 상응하는 긴 OFDM 심볼 서브대역 인덱스 k_l 를 생성하기 위해서 사용된다. 논리 유닛 (428)은 제어기(130)로부터 OFDM 심볼 크기를 수신하며, 역다중화기(422) 및 다중화기(426)에 대한 제어 신호를 생성한다.

[0067]

도 4는 채널 인터리버(220)에 대한 예시적인 설계를 나타낸다. 짧은 OFDM 심볼 및 긴 OFDM 심볼 양쪽 모두를 지원할 수 있는 다른 설계들이 또한 사용될 수 있다. 예컨대, 하나의 인터리버가 인터리빙될 코드 비트들 모두를 저장하기 위해 사용될 수 있다. 다음으로, 다중화기(426) 또는 역다중화기(422)는 상기 인터리버로부터의 코드 비트들을 적절한 서브대역들에 매핑시킬 것이다.

[0068]

표 3에 제시된 주파수 인터리빙 방식은 음의 인덱스를 갖는 서브대역들에 짝수 인덱스(핑처리링 이후에)를 갖는 코드 비트들을 할당하고, 양의 인덱스를 갖는 서브대역들에 홀수 인덱스를 갖는 코드 비트들을 할당한다. 코드 레이트 1/2에 대해서, 제 1 생성기(133)로부터의 코드 비트들은 음의 인덱스들을 갖는 서브대역들을 통해 전송되고, 제 2 생성기(171)로부터의 코드 비트들이 양의 인덱스들을 갖는 서브대역들을 통해 전송된다. 코드 비트들은 또한 서플링됨으로써 각각의 생성기로부터의 코드 비트들이 모든 데이터 서브대역들에 걸쳐 확산될 수 있다.

[0069]

인터리빙은 여러 다른 방식으로 수행될 수 있다. 예컨대, 데이터 서브대역들에 걸친 인터리빙 이후에, 각각의 서브대역에 대한 코드 비트들은 시간 다이버시티를 달성하기 위해서 다수의 OFDM 심볼 기간들에 걸쳐 또한 인터리빙될 수 있다.

[0070]

짧은 OFDM 심볼들 및 긴 OFDM 심볼들 모두에 대해서, 인터리버(220)는 각각의 OFDM 심볼에 인터리빙된 코드 비

트 시퀀스를 제공한다. 그 시퀀스는 각각의 데이터 서브대역들에 대한 B개의 인터리빙된 코드 비트들을 포함한다. 다음으로, 심볼 매핑 유닛(222)은, 표 1에 제시된 바와 같이, 선택된 레이트에 의해 결정되는 변조 방식에 기초하여 상기 인터리빙된 코드 비트들을 데이터 심볼들에 매핑시킨다.

[0071]

표 4는 시스템에 의해서 지원되는 6가지의 변조 방식들에 대한 심볼 매핑을 도시한다. 각각의 변조 방식에 대해서(BPSK 제외), B/2개의 코드 비트들이 동상(I) 성분 매핑되고, 다른 B/2개의 코드 비트들이 직교위상(Q) 성분에 매핑된다. 실시예에서, 각각의 변조 방식을 위한 신호 성상도가 그레이 매핑(Gray mapping)에 기초하여 정해진다. 그레이 매핑을 통해서, 신호 성상도에서 이웃하는 포인트들(I 및 Q 성분 모두에서)은 1비트 위치만큼 상이하다. 그레이 매핑은 확률이 높은 에러 이벤트들에 대한 비트 에러 수를 감소시키는데, 상기 에러 이벤트는 정확한 위치에 근접한 위치에 매핑되는 수신 심볼에 상응하며, 이 경우에는 단지 하나의 코드 비트만이 에러적으로 검출될 것이다.

[0072]

표 4

BPSK			
b_0	I	Q	
0	-1	0	
1	1	0	

QPSK			
b_0	I	b_1	Q
0	-1	0	-1
1	1	1	1

16 QAM			
b_0b_1	I	b_2b_3	Q
00	-3	00	-3
01	-1	01	-1
11	1	11	1
10	3	10	3

64 QAM			
$b_0b_1b_2$	I	$b_3b_4b_5$	Q
000	-7	000	-7
001	-5	001	-5
011	-3	011	-3
010	-1	010	-1
110	1	110	1
111	3	111	3
101	5	101	5
100	7	100	7

256 QAM			
$b_0b_1b_2b_3$	I	$b_4b_5b_6b_7$	Q
0000	-15	0000	-15
0001	-13	0001	-13
0011	-11	0011	-11
0010	-9	0010	-9
0110	-7	0110	-7
0111	-5	0111	-5
0101	-3	0101	-3
0100	-1	0100	-1
1100	1	1100	1
1101	3	1101	3
1111	5	1111	5
1110	7	1110	7
1010	9	1010	9
1011	11	1011	11
1001	13	1001	13
1000	15	1000	15

정규화 인자 K_{mod}	
변조 방식	값
BPSK	1.0
QPSK	$1/\sqrt{2}$
16 QAM	$1/\sqrt{10}$
64 QAM	$1/\sqrt{42}$
256 QAM	$1/\sqrt{170}$

[0073]

[0074]

표 4에 제시된 4개의 QAM 변조 방식들 각각에 대해서, 각각의 성분에 대한 가장 좌측의 비트는 에러적으로 수신될 가능성이 가장 작고 각각의 성분에 대한 가장 우측의 비트는 에러적으로 수신될 가능성이 가장 크다. 각각의 비트 위치에 대해 동일한 에러 가능성을 달성하기 위해서, 각각의 QAM 심볼을 구성하는 B개의 비트들이 셔플링되어야 한다. 이는 QAM 심볼들의 디멘션에 걸쳐 인터리빙을 효과적으로 구현함으로써, QAM 심볼들을 형성하는 코드 비트들이 QAM 심볼들의 상이한 비트 위치들에 매핑된다.

[0075]

표 4에 제시된 각각의 변조 방식에 대한 I 및 Q 값들이 정규화 인자 K_{mod} 에 의해 스케일링됨으로써, 연관된 신호 성상도에서 모든 신호 포인트들의 평균 전력은 1과 같다. 각각의 변조 방식에 대한 정규화 인자가 표 4에 제시되어 있다. 정규화 인자들에 대한 양자화 값이 또한 사용될 수 있다. 다음으로, 각각의 데이터 서브대역에 대한 데이터 심볼 $s(k)$ 이 다음의 형태를 가질 것이다:

$$\mathbf{s}(k) = (\mathbf{I} + j\mathbf{Q}) \cdot \mathbf{K}_{\text{mod}}$$

식(2)

여기서, $k \in K_S$ 는 짧은 OFDM 심볼에 대한 것이고, $k \in K_L$ 는 긴 OFDM 심볼에 대한 것이고,

I 및 Q는 선택된 변조 방식에서 표 4의 값들이며,

K_{mod} 는 선택된 변조 방식에 따라 다르다.

시스템(100)은 두 디멘션들을 통해 전송 다이버시티를 달성하기 위한 공간 처리과정을 수행한다. 실시예에서, 시스템(100)은 (1) 짧은 OFDM 심볼에 대한 공간 및 시간 다이버시티를 달성하기 위해서 서브대역마다 및 OFDM-심볼-쌍마다에 기초하여 공간-시간 전송 다이버시티(STTD)를 구현하고 (2) 긴 OFDM 심볼에 대한 공간 및 주파수 다이버시티를 달성하기 위해서 서브대역 쌍마다 및 OFDM-심볼마다에 기초하여 공간-주파수 전송 다이버시티(SFTD)를 구현한다.

짧은 OFDM 심볼에 대한 예시적인 STTD는 다음과 같이 동작한다. s_1 및 s_2 로 표기된 두 심볼이 정해진 서브대역을 통해 전송될 것이라고 가정하자. 액세스 포인트는 두 벡터들 $\mathbf{x}_1 = [s_1 \ s_2]^T$ 및 $\mathbf{x}_2 = [s_2^* \ -s_1^*]^T$ 을 생성하는데, 여기서 "*"는 공액 복소수이고 "T"는 전치행렬을 나타낸다. 각각의 벡터는 하나의 OFDM 심볼 기간 내에 두 안테나들로부터 전송될 두 전송 심볼들을 포함한다(예컨대, 벡터 \mathbf{x}_1 는 제 1 OFDM 심볼 기간 내에 두 안테나들로부터 전송되고, 벡터 \mathbf{x}_2 는 그 다음 OFDM 심볼 기간 내에 두 안테나들로부터 전송된다). 따라서, 각각의 데이터 심볼은 두 OFDM 심볼 기간들에 걸쳐 전송된다(예컨대, 전송 심볼 s_1 은 제 1 심볼 OFDM 기간 내에 한 안테나로부터 전송되고, 전송 심볼 $-s_1^*$ 는 그 다음 OFDM 심볼 기간 내에 다른 안테나로부터 전송된다).

만약 사용자 단말기에 단일 안테나가 장착되어 있다면, 수신되는 심볼들은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$r_1 = h_1 s_1 + h_2 s_2 + n_1$$

$$r_2 = h_1 s_2^* - h_2 s_1^* + n_2$$

식(3)

여기서, r_1 및 r_2 는 두 개의 연속적인 OFDM 심볼 기간들 동안에 수신되는 두 심볼들이고,

h_1 및 h_2 는 고려 중인 서브대역에 대해 두 전송 안테나로부터 수신 안테나로의 경로 이득들이며,

n_1 및 n_2 는 두 수신된 심볼들 r_1 및 r_2 에 대한 잡음이다.

사용자 단말기는 다음과 같이 두 데이터 심볼들 s_1 및 s_2 의 추정치를 유도할 수 있다:

$$\hat{s}_1 = \frac{h_1^* r_1 - h_2 r_2^*}{|h_1|^2 + |h_2|^2} = s_1 + \frac{h_1^* n_1 - h_2 n_2^*}{|h_1|^2 + |h_2|^2}$$

$$\hat{s}_2 = \frac{h_2^* r_1 + h_1 r_2^*}{|h_1|^2 + |h_2|^2} = s_2 + \frac{h_2^* n_1 + h_1 n_2^*}{|h_1|^2 + |h_2|^2}$$

식(4)

대안적으로, 액세스 포인트는 $\mathbf{x}_1 = [s_1 \ -s_2^*]^T$ 및 $\mathbf{x}_2 = [s_2 \ s_1^*]^T$ 로서 두 벡터들을 생성할 수 있으며, 두 OFDM 심볼 기간들 내에 이러한 두 벡터들을 순차적으로 전송한다. 사용자 단말기는 두 데이터 심볼들의 추정치를 $\hat{s}_1 = (h_1^* r_1 + h_2 r_2^*)/\alpha$ 및 $\hat{s}_2 = (-h_2 r_1^* + h_1^* r_2)/\alpha$ 로서 유도하는데, 여기서 $\alpha = |h_1|^2 + |h_2|^2$ 이다.

위의 설명은 두 개 이상의 전송 안테나들, 다수의 수신 안테나들, 및 다수의 서브대역들을 갖는 시스템에 대해

확대될 수 있다. 두 개의 전송 안테나들이 각각의 데이터 서브대역에 대해 사용된다. $s_1(k)$ 및 $s_2(k)$ 로 표기되는 두 개의 데이터 심볼들이 정해진 서브대역 k 를 통해 전송될 것이다. 액세스 포인트는 두 벡터들 $\mathbf{x}_1(k) = [s_1(k) \ s_2(k)]^T$ 및 $\mathbf{x}_2(k) = [s_2^*(k) \ -s_1^*(k)]^T$ 이나, 등가적으로 두 심볼 세트들 $\{x_i(k)\} = \{s_1(k) \ s_2^*(k)\}$ 및 $\{x_j(k)\} = \{s_2(k) \ -s_1^*(k)\}$ 을 생성한다. 각각의 심볼 세트는 서브대역 k 를 통해 각각의 안테나로부터 두 OFDM 심볼 기간들 내에 순차적으로 전송될 두 전송 심볼들을 포함한다(즉, 심볼 세트 $\{x_i(k)\}$ 는 두 OFDM 심볼 기간들 내에 안테나 i 로부터 서브대역 k 를 통해 전송되고, 심볼 세트 $\{x_j(k)\}$ 는 동일한 두 OFDM 심볼 기간들 내에 안테나 j 로부터 서브대역 k 를 통해 전송된다).

[0091] 만약 사용자 단말기에 다수의 안테나들이 장착된다면, 수신되는 심볼들은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$\mathbf{r}_1(k) = \mathbf{h}_i(k)s_1(k) + \mathbf{h}_j(k)s_2(k) + \mathbf{n}_1(k)$$

$$\mathbf{r}_2(k) = \mathbf{h}_i(k)s_2^*(k) - \mathbf{h}_j(k)s_1^*(k) + \mathbf{n}_2(k)$$

식(5)

[0093] 여기서, $\mathbf{r}_1(k)$ 및 $\mathbf{r}_2(k)$ 는 사용자 단말기에서 서브대역 k 를 통해 연속적인 두 OFDM 심볼 기간들 내에 수신되는 두 심볼 세트들인데, 각각의 벡터는 N_R 개의 수신 안테나들로의 N_R 개의 수신 심볼들을 포함하고,

[0094] $\mathbf{h}_i(k)$ 및 $\mathbf{h}_j(k)$ 는 서브대역 k 에 대해 전송 안테나 i 및 j 에 대한 경로 이득들의 벡터이며, 각각의 벡터는 연관된 전송 안테나로부터 N_R 개의 수신 안테나들 각각으로의 채널 이득들을 포함하며,

[0095] $\mathbf{n}_1(k)$ 및 $\mathbf{n}_2(k)$ 는 두 수신 심볼 벡터들 $\mathbf{r}_1(k)$ 및 $\mathbf{r}_2(k)$ 에 대한 잡음 벡터들이다.

[0096] 사용자 단말기는 두 데이터 심볼들 $s_1(k)$ 및 $s_2(k)$ 의 추정치들을 다음과 같이 유도할 수 있다:

$$\hat{s}_1(k) = \frac{\hat{\mathbf{h}}_i^H(k)\mathbf{r}_1(k) - \mathbf{r}_2^H(k)\hat{\mathbf{h}}_j(k)}{\|\hat{\mathbf{h}}_i(k)\|^2 + \|\hat{\mathbf{h}}_j(k)\|^2} = s_1(k) + \frac{\hat{\mathbf{h}}_i^H(k)\mathbf{n}_1(k) - \mathbf{n}_2^H(k)\hat{\mathbf{h}}_j(k)}{\|\hat{\mathbf{h}}_i(k)\|^2 + \|\hat{\mathbf{h}}_j(k)\|^2}$$

$$\hat{s}_2(k) = \frac{\hat{\mathbf{h}}_j^H(k)\mathbf{r}_1(k) + \mathbf{r}_2^H(k)\hat{\mathbf{h}}_i(k)}{\|\hat{\mathbf{h}}_i(k)\|^2 + \|\hat{\mathbf{h}}_j(k)\|^2} = s_2(k) + \frac{\hat{\mathbf{h}}_j^H(k)\mathbf{n}_1(k) + \mathbf{n}_2^H(k)\hat{\mathbf{h}}_i(k)}{\|\hat{\mathbf{h}}_i(k)\|^2 + \|\hat{\mathbf{h}}_j(k)\|^2}$$

식(6)

[0098] 대안적으로, 액세스 포인트는 두 심볼 세트들 $x_i(k) = \{s_1(k) \ s_2(k)\}$ 및 $x_j(k) = \{-s_2^*(k) \ s_1^*(k)\}$ 을 생성할 수 있으며, 안테나들 i 및 j 로부터 이러한 심볼 세트들을 전송한다. 사용자 단말기는 두 데이터 심볼들의 추정치들 $\hat{s}_1(k) = [\hat{\mathbf{h}}_i^H(k)\mathbf{r}_1(k) + \mathbf{r}_2^H(k)\hat{\mathbf{h}}_j(k)]/\beta$ 및 $\hat{s}_2(k) = [\hat{\mathbf{h}}_i^H(k)\mathbf{r}_2(k) - \mathbf{r}_1^H(k)\hat{\mathbf{h}}_j(k)]/\beta$ 로서 유도할 수 있는데, 여기서 $\beta = \|\hat{\mathbf{h}}_i(k)\|^2 + \|\hat{\mathbf{h}}_j(k)\|^2$ 이다.

[0099] STTD 방식은 각각의 데이터 서브대역에 대한 한 쌍의 전송 안테나들을 활용한다. 만약 액세스 포인트에 두 개의 전송 안테나들이 장착된다면, 두 안테나 모두는 짧은 OFDM 심볼의 모든 48개의 데이터 서브대역들을 위해 사용된다. 만약 액세스 포인트에 4개의 전송 안테나들이 장착된다면, 각각의 안테나는 48개의 데이터 서브대역들 중 절반을 위해 사용된다.

[0100] 표 5는 짧은 OFDM 심볼을 위한 STTD 방식에 대해 예시적인 서브대역-안테나 할당 방식을 리스트하고 있다.

서브대역 인덱스 k_s	전송 안테나	서브대역 인덱스 k_s	전송 안테나	서브대역 인덱스 k_s	전송 안테나	서브대역 인덱스 k_s	전송 안테나
-	-	-13	1,2	1	3,4	15	1,2
-26	1,2	-12	3,4	2	1,2	16	2,4
-25	3,4	-11	1,3	3	2,4	17	1,3
-24	1,3	-10	2,4	4	1,3	18	2,3
-23	2,4	-9	1,4	5	2,3	19	1,4
-22	1,4	-8	2,3	6	1,4	20	3,4
-21	-	-7	-	7	-	21	-
-20	2,3	-6	1,2	8	3,4	22	1,2
-19	1,2	-5	3,4	9	1,2	23	2,4
-18	3,4	-4	1,3	10	2,4	24	1,3
-17	1,3	-3	2,4	11	1,3	25	2,3
-16	2,4	-2	1,4	12	2,3	26	1,4
-15	1,4	-1	2,3	13	1,4	-	-
-14	2,3	0	-	14	3,4	-	-

[0101]

[0102] 도 5는 표 5에 제시된 서브대역-안테나 할당 방식을 도시하고 있다. 이런 방식에 있어서, 전송 안테나 1 및 2는 인덱스들 $\{-26, -19, -13, -6, 2, 9, 15, 22\}$ 를 갖는 서브대역들을 위해 사용되고, 전송 안테나들 3 및 4는 인덱스들 $\{-25, -18, -12, -5, 1, 8, 14, 20\}$ 을 갖는 서브대역들을 위해 사용된다. 4개의 전송 안테나들을 갖는 6개의 상이한 안테나 쌍이 존재한다. 6개의 안테나 쌍들 각각은 8개의 데이터 서브대역들을 위해 사용되는데, 상기 8개의 데이터 서브대역들은 48개의 데이터 서브대역들에 걸쳐 거의 균일하게 이격되어 있다. 서브대역 할당에 대한 안테나 쌍은 상이한 안테나들이 인접한 서브대역들을 위해 사용되도록 이루어지는데, 이는 더 큰 주파수 및 공간 다이버시티를 제공할 수 있다. 예컨대, 안테나 1 및 2는 서브대역 -26을 위해 사용되고, 안테나 3 및 4는 서브대역 -25를 위해 사용된다.

[0103] 표 5의 안테나-서브대역 할당은 또한 모든 4개의 전송 안테나들이 1/4의 가장 낮은 코드 레이트에 대해서 각각의 코드 비트를 위해 사용되는데, 이는 공간 다이버시티를 최대화시킨다. 코드 레이트 1/4에 대해서, 각각의 코드 비트는 반복되며, 별개의 안테나 쌍들에 매핑되는 두 서브대역들을 통해 전송됨으로써, 모든 4 안테나들이 그 코드 비트를 전송하는데 사용된다. 예컨대, 표 3에서 비트 인덱스들 0 및 1은 동일한 반복 코드 비트에 상응하고, 인덱스 0을 갖는 코드 비트는 안테나들 1 및 2로부터 서브대역 -26을 통해 전송되며, 인덱스 1을 갖는 코드 비트는 안테나 3 및 4로부터 서브대역 1을 통해 전송된다.

[0104] 긴 OFDM 심볼은 짧은 OFDM 심볼의 지속시간의 거의 4배이다. 처리과정 지연 및 버퍼링 요건을 최소화하기 위해서, 공간-주파수 전송 다이버시티가 두 안테나들로부터 두 서브대역들을 통해 동시적으로 두개의 긴 OFDM 심볼들을 전송하는데 사용된다.

[0105] 긴 OFDM 심볼에 대한 예시적인 SFTD 방식이 다음과 같이 동작한다. $s(k_i)$ 및 $s(k_i+1)$ 로 표기되는 두 데이터 심볼들이 생성되며 긴 OFDM 심볼의 두 인접한 서브대역들에 매핑된다고 가정한다. 액세스 포인트는 서브대역 k_i 를 통해 두 안테나로부터 심볼들 $s(k_i)$ 및 $s(k_i+1)$ 을 전송하며, 서브대역 k_i+1 을 통해 동일한 두 안테나들로부터 심볼들 $s^*(k_i+1)$ 및 $s^*(k_i)$ 를 전송한다. 인접한 서브대역들이 데이터 심볼들 쌍을 위해 사용되는데, 그 이유는 채널 응답이 두 서브대역들을 통해 거의 일정한 것으로 가정되기 때문이다.

[0106] 만약 액세스 포인트에 두 개의 전송 안테나가 장착된다면, 두 안테나 모두는 긴 OFDM 심볼의 모든 192개의 데이터 서브대역들을 위해 사용된다. 만약 액세스 포인트에 4개의 전송 안테나들이 장착된다면, 표 5에 제시된 동일한 서브대역-안테나 할당 방식이 긴 OFDM 심볼을 위해서 또한 사용될 수 있다. 이 경우에, 긴 OFDM 심볼을 위한 인덱스 k_i 의 서브대역은 먼저 짧은 OFDM 심볼에 대한 인덱스 k_s 의 상응하는 서브대역에 다음과 같이 매핑된다:

$$k_s = \left\lfloor \frac{k_l + \text{sgn}(k_l) \cdot k_{os}}{4} \right\rfloor$$

[0107]

식(7)

[0108] 여기서, $\lfloor z \rfloor$ 는 z 에 대해 가장 근접한 낮은 정수를 제공하는 플로어 연산자(floor operator)이고,

[0109] k_{os} 는 긴 OFDM 서브대역 인덱스 k_l 에 대한 서브대역 인덱스 오프셋이다($k_{os} \in \{0, 1, 2, 3\}$).

[0110] 매핑되는 짧은 OFDM 심볼 서브대역 인덱스 k_s 에 상응하는 안테나 쌍은 표 5로부터 결정되며, 인덱스 k_l 을 갖는 긴 OFDM 심볼 서브대역을 위해 사용된다.

[0111] SFTD 방식에 있어서, 두 데이터 심볼들의 추정치를 획득하기 위해 사용자 단말기에서의 처리과정은 식(4) 및 식(6)에 제시된 바와 같이 수행될 수 있다. 그러나, 두 OFDM 심볼 기간들 대신에 두 서브대역들을 통해 획득되는 수신된 심볼들에 대해서 계산이 수행된다.

[0112] 도 6은 TX 공간 프로세서(122a)의 블록 다이어그램을 나타내는데, 상기 프로세서는 짧은 OFDM 심볼에 대한 STTD 방식을 구현한다. TX 공간 프로세서(122a)는 도 1에서 TX 공간 프로세서(122)의 일 실시예이다.

[0113] TX 공간 프로세서(122a) 내에서, 역다중화기(612)가 데이터 심볼 스트림 $\{s(k)\}$ 을 TX 데이터 프로세서(120)로부터 수신하고, 그 스트림을 짧은 OFDM 심볼의 48개의 데이터 서브대역들에 대한 48개의 데이터 심볼 서브스트림들로 역다중화하며, 각각의 서브스트림을 각각의 공간-시간 인코더(620)에 제공한다. 각각의 서브스트림은 각각의 짧은 OFDM 심볼 기간 동안에 하나의 데이터 심볼을 포함하는데, 이는 T_s^{-1} 의 심볼 레이트에 상응하고, 여기서 T_s 는 하나의 짧은 OFDM 심볼의 지속시간이다.

[0114] 각각의 공간-시간 인코더(620) 내에서, 역다중화기(622)가 데이터 심볼 서브스트림을 두 심볼 시퀀스들로 역다중화하는데, 각각의 시퀀스는 $(2T_s)^{-1}$ 의 심볼 레이트를 갖는다. 제 1 심볼 시퀀스는 스위치(628a)의 "0" 입력단 및 유닛(624b)에 제공되는데, 상기 유닛(624b)은 시퀀스의 각 심볼을 인버팅하고 켄쥬게이트(conjugate) 한다. 제 2 심볼 시퀀스는 스위치(628b)의 "0" 입력단 및 유닛(624a)에 제공되는데, 상기 유닛(624a)은 시퀀스의 각 심볼을 켄쥬게이트 한다. 지연 유닛(626a)은 유닛(624a)으로부터의 심볼들을 하나의 짧은 OFDM 심볼 기간만큼 지연시키며, 지연된 심볼들을 스위치(628a)의 "1" 입력단에 제공한다. 지연 유닛(626b)은 유닛(624b)으로부터의 심볼들을 하나의 짧은 OFDM 심볼 기간만큼 지연시키며, 지연된 심볼들을 스위치(628b)의 "1" 입력단에 제공한다. 스위치(628a)는 짧은 OFDM 심볼 레이트로 토글시키며, 각각의 두 OFDM 심볼 기간 동안에 하나의 전송 안테나에 심볼 세트 $\{x_i(k)\} = \{s_1(k) \ s_2^*(k)\}$ 를 제공한다. 마찬가지로, 스위치(628b)는 짧은 OFDM 심볼 레이트로 토글링하며, 각각의 두 OFDM 심볼 기간들 동안에 다른 전송 안테나에 심볼 세트 $\{x_j(k)\} = \{s_2(k) \ -s_1^*(k)\}$ 를 제공한다.

[0115] 버퍼들/다중화기들(630a 내지 630d)은 공간-시간 인코더들(620)로부터의 전송 심볼들을 버퍼링하고 다중화한다. 각각의 버퍼/다중화기(630)는 표 5에 의해 결정되는 바와 같이 파일럿 심볼들을 수신하며 적절한 공간-시간 인코더들(620)로부터 심볼들을 전송한다. 특히, 버퍼/다중화기(630a)는 안테나 1에 매핑되는 모든 서브대역들(예컨대, 서브대역들 -26, -24, -22, -19 등)에 대한 전송 심볼들을 수신하고, 버퍼/다중화기(630b)는 안테나 2에 매핑되는 모든 서브대역들(예컨대, 서브대역들 -26, -23, -20, -19 등)에 대한 전송 심볼들을 수신하며, 버퍼/다중화기(630c)는 안테나 3에 매핑되는 모든 서브대역들(예컨대, 서브대역들 -25, -24, -20, -18 등)에 대한 전송 심볼들을 수신하며, 버퍼/다중화기(630d)는 안테나 4에 매핑되는 모든 서브대역들(예컨대, 서브대역들 -25, -23, -22, -18 등)에 대한 전송 심볼들을 수신한다.

[0116] 다음으로, 각각의 버퍼/다중화기(630)는, 각각의 짧은 OFDM 심볼 기간 동안에, 4개의 파일럿 서브대역들에 대한 4개의 파일럿 심볼들을 다중화하고, 24개의 데이터 서브대역들에 대한 24개의 전송 심볼들을 다중화하며, 36개의 비사용 서브대역들에 대한 36개의 제로 신호 값들(또는 "제로" 심볼들)을 다중화하여 총 64개의 서브대역들에 대한 64개의 전송 심볼로 이루어진 시퀀스를 형성한다. 비록 짧은 OFDM 심볼에 대해 48개의 데이터 서브대역들이 존재하지만, 단지 24개의 서브대역들만이 STTD 방식을 위해 각각의 전송 안테나에 대해서 사용되는데, 그 이유는 단지 두 개의 안테나만이 각각의 서브대역을 위해 사용되고, 따라서 각각의 안테나에 대한 효과적인

비사용 서브대역들의 수는 12 대신에 36이기 때문이다. 시퀀스의 각 전송 심볼은 인코더(620)로부터의 전송 심볼, 파일럿 심볼, 또는 제로 심볼일 수 있으며, 하나의 짧은 OFDM 심볼 기간 내에 하나의 서브대역을 통해 전송된다. 각각의 버퍼/다중화기(630)는 하나의 전송 안테나에 전송 심볼 스트림 $\{x_i(k)\}$ 을 제공한다. 각각의 전송 심볼 스트림은 각각의 OFDM 기간에 대해 하나의 시퀀스씩, 64개의 전송 심볼들로 이루어진 연결된(concatenated) 시퀀스를 포함한다.

[0117] 도 7은 TX 공간 프로세서(122b)의 블록 다이어그램을 도시하는데, 상기 프로세서는 긴 OFDM 심볼에 대한 SFTD 방식을 구현한다. TX 공간 프로세서(122b)는 도 1의 TX 공간 프로세서(122)의 다른 실시예이다.

[0118] TX 공간 프로세서(122b) 내에서, 역다중화기(712)는 TX 데이터 프로세서(120)로부터 데이터 심볼 스트림 $\{s(k)\}$ 을 수신하고, 긴 OFDM 심볼의 192개의 데이터 서브대역들에 대한 192개의 데이터 심볼 서브스트림들로 상기 스트림을 역다중화하며, 각 쌍의 서브스트림들을 각각의 공간-주파수 인코더(720)에 제공한다. 각각의 서브스트림은 각각의 긴 OFDM 심볼 기간 동안에 하나의 데이터 심볼을 포함하는데, 상기 기간은 T_L^{-1} 의 심볼 레이트에 상응하며, 여기서 T_L 은 하나의 긴 OFDM 심볼의 지속시간이다.

[0119] 각각의 공간-주파수 인코더(720)는 두 서브대역들 k_i 및 k_i+1 에 대한 데이터 심볼 서브스트림 쌍을 수신한다. 각각의 인코더(720) 내에서, 유닛(724a)은 서브대역 k_i+1 에 대한 서브스트림의 각 심볼을 컨주게이트 하고, 유닛(724b)은 서브대역 k_i 에 대한 서브스트림의 각 심볼을 인버팅하여 컨주게이트 한다. 각각의 인코더(720)는 (1) 서브대역 k_i 을 통한 전송을 위해 두개의 연관된 안테나들을 위한 두개의 버퍼/다중화기(730)에 두 데이터 심볼 서브스트림을 제공하고, (2) 서브대역 k_i+1 을 통한 전송을 위해 동일한 두 안테나에 유닛(724a 및 724b)으로부터의 두 서브스트림들을 제공한다. 각 공간-주파수 인코더(720)로부터의 모든 서브스트림들에 대한 심볼 레이트는 T_L^{-1} 이다.

[0120] 각각의 버퍼/다중화기(730)는, 식(7) 및 표 5에 의해 결정되는 바와 같이, 파일럿 심볼들을 수신하며 적절한 공간-주파수 인코더들(720)로부터 심볼들을 전송한다. 특히, 버퍼들/다중화기들(730a, 730b, 730c 및 730d)은 안테나들 1, 2, 3 및 4에 각각 매핑되는 모든 서브대역들에 대한 전송 심볼들을 수신한다. 다음으로, 각각의 버퍼/다중화기(730)는, 각각의 긴 OFDM 심볼 기간 동안에, 16개의 파일럿 서브대역들에 대한 16개의 파일럿 심볼들을 다중화하고, 192개의 데이터 서브대역들에 대한 192개의 전송 심볼들을 다중화하며, 48개의 비사용 서브대역들에 대한 48개의 제로 심볼들을 다중화함으로써 총 256개의 서브대역들에 대한 256개의 전송 심볼들로 이루어진 시퀀스를 형성한다. SFTD 방식에 있어서, 모든 192 데이터 서브대역들이 데이터 전송을 위해 사용된다. 각각의 버퍼/다중화기(730)는 하나의 전송 안테나에 전송 심볼 스트림 $\{x_i(k)\}$ 을 제공한다.

[0121] 도 8은 변조기(126x)의 실시예에 대한 블록 다이어그램을 도시하는데, 상기 변조기는 도 1에서 변조기들(126a 내지 126d) 각각을 위해 사용될 수 있다. 변조기(126x)는 송신기 유닛(TMTR;820)에 접속된 OFDM 변조기(810)를 포함한다. OFDM 변조기(810)는 가변-크기 역고속 푸리에 변환(IFFT) 유닛(812) 및 사이클릭 프리픽스 생성기(814)를 포함한다. IFFT 유닛(812)은 전송 심볼 스트림 $\{x_i(k)\}$ 을 수신하고, 그 스트림 $\{x_i(k)\}$ 에서 L개의 전송 심볼들로 이루어진 각 시퀀스에 대해 L-포인트 IFFT를 수행하며, 변환된 심볼에 대한 L개의 시간-도메인 칩들로 이루어진 상응하는 시퀀스를 제공한다. OFDM 심볼 크기 L는 제어기(130)에 의해서 제공되는 제어 신호에 의해 지시되고, 짧은 OFDM 심볼에 대해서는 $L=64$ 이고 긴 OFDM 심볼에 대해서는 $L=256$ 이다. 사이클릭 프리픽스 생성기(814)는 상응하는 OFDM 심볼을 형성하기 위해서 IFFT 유닛(812)으로부터의 각각 변환된 심볼의 일부분을 반복한다. OFDM 심볼 기간은 하나의 OFDM 심볼의 지속시간에 상응한다. 사이클릭 프리픽스 생성기(814)의 출력은 제어 신호에 의해 결정되는 크기들을 갖는 OFDM 심볼들로 이루어진 스트림이다. 송신기 유닛(820)은 OFDM 심볼 스트림을 하나 이상의 아날로그 신호들로 변환하며, 연관된 안테나(128x)로부터의 전송에 적합한 다운링크 신호를 생성하기 위해서 그 아날로그 신호를 추가로 컨디셔닝한다(예컨대, 증폭, 필터링, 및 주파수 업컨버팅).

[0122] 도 9는 다수의 ($N_R>1$) 안테나들을 갖는 사용자 단말기(150y)의 블록 다이어그램을 도시한다. 액세스 포인트(110)로부터의 다운링크 신호들은 각각의 안테나(152a 내지 152r)에 의해 수신된다. 각각의 안테나는 그 수신된 신호를 각각의 복조기(154)에 제공한다.

[0123] 각각의 복조기(154) 내에서, 수신기 유닛(RCVR;912)은 수신된 신호를 컨디셔닝하고(예컨대, 주파수 다운컨버팅, 증폭, 및 필터링) 디지털화하며, OFDM 복조기의 샘플 스트림을 제공한다. OFDM 복조기는 사이클릭 프리픽스 제

거 유닛(914) 및 가변-크기 고속 푸리에 변환(FFT) 유닛(916)을 구비한다. 유닛(914)은 각각의 OFDM 심볼에서 사이클릭 프리픽스를 제거하며, L개의 샘플들을 포함하고 있는 상응하는 수신되는 변환 심볼을 제공하는데, 여기서 L은 OFDM 심볼 크기에 의존한다. 가변-크기 FFT 유닛(916)은 유닛(914)으로부터 샘플 스트림을 수신하고, 수신되는 변환된 심볼에 대한 스트림의 L개의 샘플들로 이루어진 각각의 시퀀스에 대해 L-포인트 FFT를 수행하며, 변환된 심볼에 대해 L개의 수신된 심볼들로 이루어진 상응하는 시퀀스를 제공한다. 복조기들(154a 내지 154r)은 수신된 심볼들의 N_R 개의 스트림(데이터에 대해)을 RX 신호 프로세서(160y)에 제공하고 수신되는 파일럿 심볼들을 채널 추정기(960)에 제공한다.

[0124] RX 공간 프로세서(160y)는 예컨대 식(6)에 제시된 바와 같이 채널 추정기(960)로부터의 채널 이득 추정치들을 갖는 수신된 심볼들로 이루어진 N_R 개의 스트림들에 대해 공간 처리를 수행한다. RX 공간 프로세서(160y)는 복원된 데이터 심볼 스트림 $\{\hat{s}(k)\}$ 을 RX 데이터 프로세서(170y)에 제공하는데, 상기 데이터 심볼 스트림은 액세스 포인트(110)에 의해서 전송되어지는 데이터 심볼 스트림 $\{s(k)\}$ 의 추정치이다.

[0125] RX 데이터 프로세서(170y) 내에서, 심볼 디매핑 유닛(972)은, 제어기(180y)에 의해 제공되는 복조 제어를 의해 표시된 바와 같이, 데이터 스트림을 위해 사용되는 변조 방식에 따라 상기 복원된 데이터 심볼들을 복조한다. 다음으로, 채널 디인터리버(974)는, 제어기(180y)에 의해 제공되는 디인터리빙 제어에 의해 지시된 바와 같이, 액세스 포인트(110)에서 수행되는 인터리빙과 상보적인 방식으로 복조된 데이터를 디인터리빙한다. 짧은 OFDM 심볼에 대해서, 디인터리빙은 위에서 설명된 인터리빙과 상보적인 방식으로 각각의 짧은 OFDM 심볼에 대한 48개의 데이터 서브대역들에 걸쳐 수행된다. 긴 OFDM 심볼에 대해서, 디인터리빙은 위에서 또한 설명된 48개의 데이터 서브대역들로 이루어진 4개의 블록 각각에 걸쳐 수행된다. 다음으로, 디코더(976)는, 제어기(180y)에 의해 제공되는 디코딩 제어에 의해 지시된 바와 같이, 액세스 포인트(110)에서 수행되는 인코딩과 상보적인 방식으로 상기 디인터리빙된 데이터를 디코딩한다. 위에 설명된 종래 코딩 방식에 대해서 디코더(976)를 위해 비터비 디코더가 사용될 수 있다. 디스크램블러(978)는 액세스 포인트(110)에서 수행되는 스램블링과 상보적인 방식으로 상기 디코딩된 데이터를 디스크램블링한다. 비록 도 9에는 도시되지 않았지만, CRC 검사기가 패킷이 정확하게 수신되었는지 또는 에러적으로 수신되었는지 여부를 결정하기 위해서 패킷에 포함된 CRC 값에 기초하여 각각의 패킷을 검사할 수 있다. 패킷 상태는 사용자 단말기(150y)에 의해서 에러적으로 수신되는 패킷의 재전송을 개시하는데 사용될 수 있다.

[0126] 채널 추정기(960)는 수신되는 파일럿 심볼들에 기초하여 여러 채널 특징들(예컨대, 경로 이득들 및 잡음 변동)을 추정한다. 채널 추정기(960)는 각각의 액세스 포인트 안테나에 대한 경로 이득 추정치 벡터 $\hat{\mathbf{h}}_i(k)$ 를 제공하고, 상기 RX 공간 프로세서는 식(6)에 제시된 바와 같이 전송된 데이터 심볼들을 복원하기 위해서 이러한 경로 이득 추정치를 사용한다. 채널 추정기(960)는 또한 채널 추정치를 제어기(180y)에 제공한다. 제어기(180y)는 사용자 단말기(150y)에서의 다이버시티 처리과정에 관련된 여러 기능들을 수행할 수 있다. 제어기(180y)는 또한 채널 추정치 및/또는 다른 고려사항들에 기초하여 데이터 전송에 사용하기 위한 적절한 레이트 및 OFDM 심볼 크기를 선택할 수 있다.

[0127] 단일 안테나(152x)가 장착되는 사용자 단말기(150x)에 있어서, 복조기(154x)는 하나의 수신 심볼 스트림을 제공한다. RX 공간 프로세서(160x)는 채널 이득 추정치(예컨대, 식(4)에 제시된 바와 같은)를 갖는 수신 심볼 스트림에 대해 공간 처리과정을 수행하며, 복원된 데이터 심볼 스트림 $\{\hat{s}(k)\}$ 을 제공한다. 다음으로, RX 데이터 프로세서(170x)는 사용자 단말기(150y)에 대해 위에서 설명한 바와 같은 방식으로 상기 복원된 데이터 심볼 스트림을 심볼 디매핑하고, 디인터리빙하고, 디코딩하며, 디스크램블링한다.

[0128] 명확성을 위해서, 전송 다이버시티 처리 기술들은 예시적인 다중-안테나 OFDM 시스템에서 다운링크에 대해 위에서 설명되었다. 이러한 기술들은 다중 안테나들이 장착된 사용자 단말기들에 의해 업링크에 대해 사용될 수 있다. 또한 명확성을 위해서, 이러한 기술들은 OFDM 시스템에 대해 설명되었다. OFDM 시스템은 하나의 OFDM 심볼 크기, 두 개의 OFDM 심볼 크기들(위에 설명된 바와 같이), 둘 이상의 OFDM 심볼 크기들을 지원할 수 있다. 이러한 기술들 중 많은 기술들이 단일-반송파 다중-안테나 시스템을 위해 사용될 수 있다.

[0129] 도 10은 다중-안테나 OFDM 시스템의 송신기에서 전송 다이버시티 처리과정을 수행하기 위한 처리(1000)의 블록 다이어그램을 나타낸다. 송신기는 코딩된 데이터를 획득하기 위해서 코딩 방식에 따라 트래픽 데이터를 인코딩한다(블록 1012). 그 코딩 방식은 시스템에 의해서 지원되는 코드 레이트 세트에 대한 반복 세트 및/또는 평치

링 패턴과 고정된 레이트 베이스 코드를 포함할 수 있다. 다음으로, 송신기는 인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 인터리빙 방식에 따라 상기 코딩된 데이터를 인터리빙한다(블록 1014). 송신기의 다음 심볼은 데이터 심볼들의 스트림을 획득하기 위해서 변조 방식에 따라 상기 인터리빙된 데이터에 매핑한다(블록 1016). 다음으로, 송신기는 한 쌍의 전송 안테나들로부터 전송하기 위한 두 쌍의 전송 심볼들을 획득하기 위해서 각 쌍의 데이터 심볼들을 처리한다(블록 1018). 각각의 전송 심볼은 데이터 심볼의 버전이다. 두 쌍의 전송 심볼들은 두 OFDM 심볼 기간들 내에 또는 두 서브대역들을 통해서 상기 한 쌍의 안테나들로부터 전송될 수 있다. 만약 N_T 전송 안테나들이 데이터 전송을 위해 이용가능하다면, $N_T \cdot (N_T-1)/2$ 상이한 쌍의 안테나들이 데이터 심볼들을 전송하는데 사용될 수 있다. 만약 시스템이 다중 OFDM 심볼 크기들을 지원한다면, 송신기는 전송 안테나에 대한 상응하는 OFDM 심볼들 스트림을 획득하기 위해서 선택된 OFDM 심볼 크기에 따라 각각의 전송 안테나를 위한 전송 심볼 스트림을 변환한다(예컨대, OFDM 변조를 수행한다)(블록 1020).

[0130] 도 11은 멀티-안테나 OFDM 시스템의 수신기에서 전송 다이버시티를 갖는 데이터 수신을 수행하기 위한 처리(1100)의 흐름도를 나타낸다. 수신기는 수신 안테나에 대한 상응하는 수신 심볼 스트림을 획득하기 위해서 선택된 OFDM 심볼 크기에 따라 N_R 수신 안테나들 각각에 대한 샘플 스트림을 변환하는데, 여기서 $N_R \geq 1$ 이다(블록 1112). 수신기는 수신된 심볼들의 벡터 스트림을 획득하는데, 여기서 각각의 벡터는 N_R 안테나에 대한 N_R 수신 심볼들을 포함하며 하나의 OFDM 심볼 기간 내에 하나의 서브대역을 위한 것이다(블록 1114). 수신기는, 식(4) 및 식(6)에 제시된 바와 같이, 두개의 복원된 데이터 심볼들을 획득하기 위해서 채널 추정치들을 갖는 각 쌍의 수신 심볼 벡터를 처리한다(블록 1116). 두 벡터들은 STTD 방식을 위한 두 OFDM 심볼 기간들 및 SFTD 방식을 위한 두 서브대역들에 대한 것이다. 복원된 데이터 심볼들 스트림이 수신된 심볼들의 벡터 스트림에 대해 획득된다. 다음으로, 수신기는 복조된 데이터를 획득하기 위해서 복조 방식에 따라 상기 복원된 데이터 심볼 스트림을 디매핑하고(블록 1118), 디인터리빙된 데이터를 획득하기 위해서 디인터리빙 방식에 따라 상기 복조된 데이터를 디인터리빙하며(블록 1120), 디코딩된 데이터를 획득하기 위해서 디코딩 방식에 따라 상기 디인터리빙된 데이터를 디코딩한다(블록 1122). 복조, 디인터리빙, 및 디코딩 방식들은 송신기에서 사용되는 변조, 인터리빙, 및 코딩 방식들에 대해 각각 상보적이다.

[0131] 본 명세서에서 설명되는 전송 다이버시티 처리 기술들은 여러 방법을 통해 구현될 수 있다. 예컨대, 이러한 기술들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 그것들의 결합으로 구현될 수 있다. 하드웨어 구현에 있어서는, 액세스 포인트 및 사용자 단말기 각각에서 전송 다이버시티를 수행하는데 사용되는 처리 유닛은 하나 이상의 ASIC(application specific integrated circuit), DSP(digital signal processor), DSPD(digital signal processing devices), PLD(programmable logic devices), FPGA(field programmable gate array), 프로세서들, 제어기들, 마이크로-제어기들, 마이크로프로세서들, 본 명세서에 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 다른 전자 유닛들, 또는 그것들의 결합 내에 구현될 수 있다.

[0132] 소프트웨어 구현에 있어서, 전송 다이버시티 처리 기술은 본 명세서에 설명된 기능들을 수행하는 모듈들(예컨대, 절차들, 기능들 등)로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드가 메모리 유닛(예컨대, 도 1의 메모리 유닛(132, 182x 또는 182y))에 저장될 수 있고 프로세서(예컨대 제어기(130, 180x, 또는 180y))에 의해 실행될 수 있다. 메모리 유닛은 프로세서 내부 또는 프로세서 외부에 구현될 수 있는데, 그 경우에 상기 메모리 유닛은 해당 분야에 공지된 바와 같이 여러 방법을 통해 프로세서에 통신가능하도록 접속될 수 있다.

[0133] 개시된 실시예들에 대한 앞선 설명은 임의의 당업자가 본 발명을 제작하거나 사용할 수 있을 정도로 제공되었다. 그러한 실시예들의 다양한 변경은 당업자에게는 쉽게 자명해질 것이고, 본 명세서에서 정의된 일반적인 원리는 본 발명의 사상이나 범위로부터 벗어나지 않으면서 다른 실시예에도 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에 도시된 실시예들로 제한되도록 의도되지 않고 본 명세서에 개시된 원리들 및 신규한 특징들에 부합하는 가장 넓은 범위가 제공될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 다중-안테나 OFDM 시스템에서의 액세스 포인트 및 두 사용자 단말기들을 나타내는 도면.

[0011] 도 2는 액세스 포인트의 송신기 부분을 나타내는 도면.

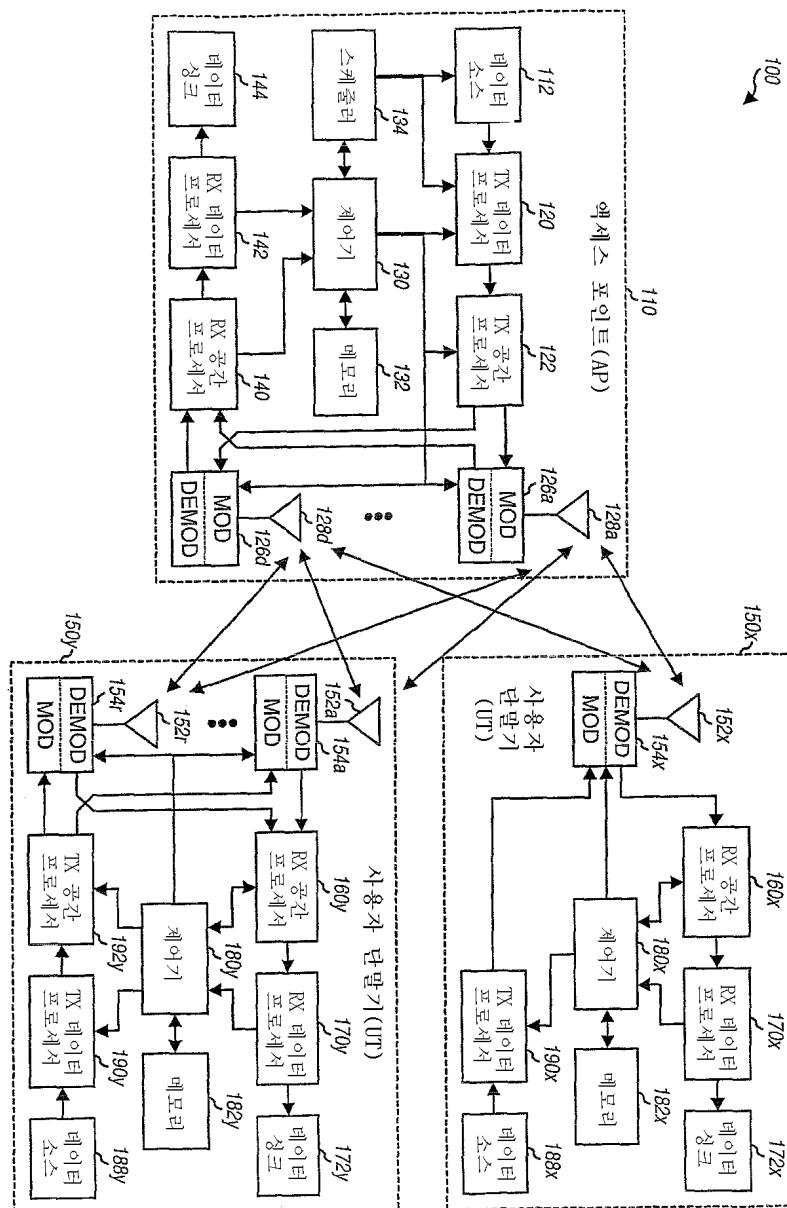
[0012] 도 3은 인코더를 나타내는 도면.

[0013] 도 4는 반복/평처리 유닛 및 채널 인터리버를 나타내는 도면.

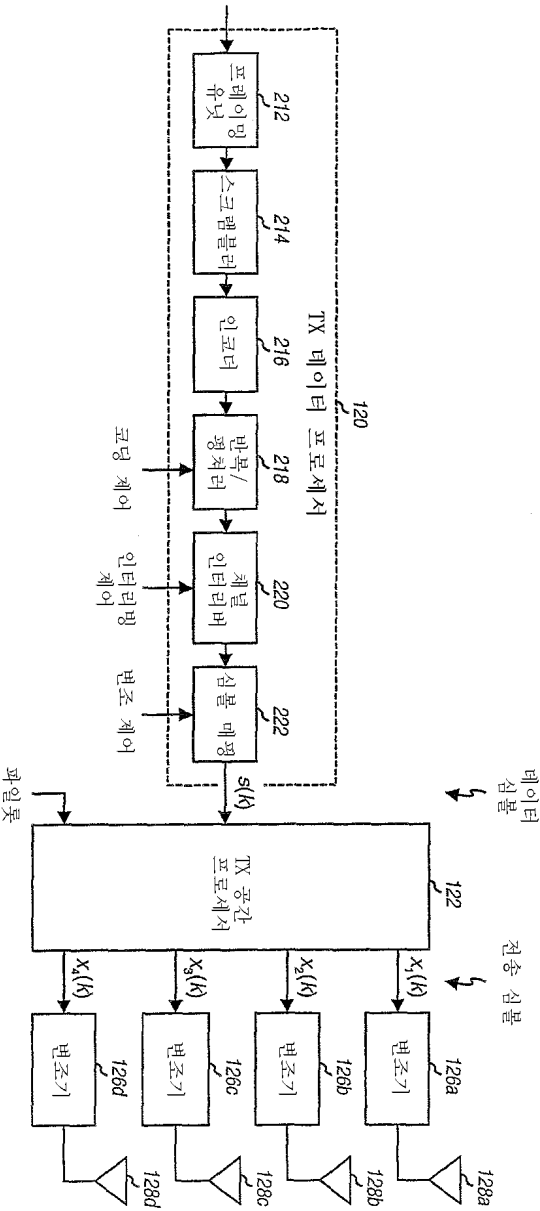
- [0014] 도 5는 서브대역-안테나 할당 방식을 나타내는 도면.
- [0015] 도 6은 STTD 방식을 위한 전송(TX) 공간 프로세서를 나타내는 도면.
- [0016] 도 7은 SFTD 방식을 위한 TX 공간 프로세서를 나타내는 도면.
- [0017] 도 8은 변조기를 나타내는 도면.
- [0018] 도 9는 다중 안테나를 구비한 사용자 단말기를 나타내는 도면.
- [0019] 도 10은 송신기에서 전송 다이버시티 처리과정을 수행하기 위한 처리를 나타내는 도면.
- [0020] 도 11은 수신기에서 전송 다이버시티를 통해 데이터 수신을 수행하기 위한 처리를 나타내는 도면.

도면

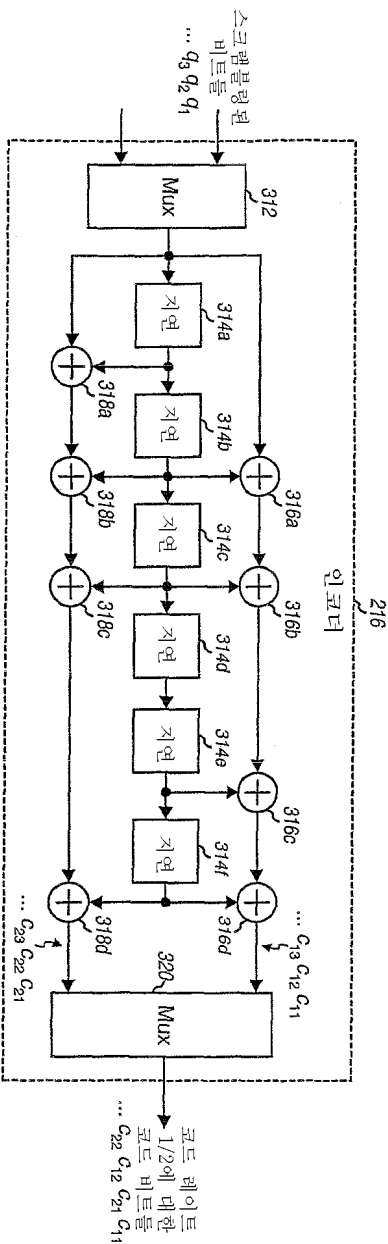
도면1



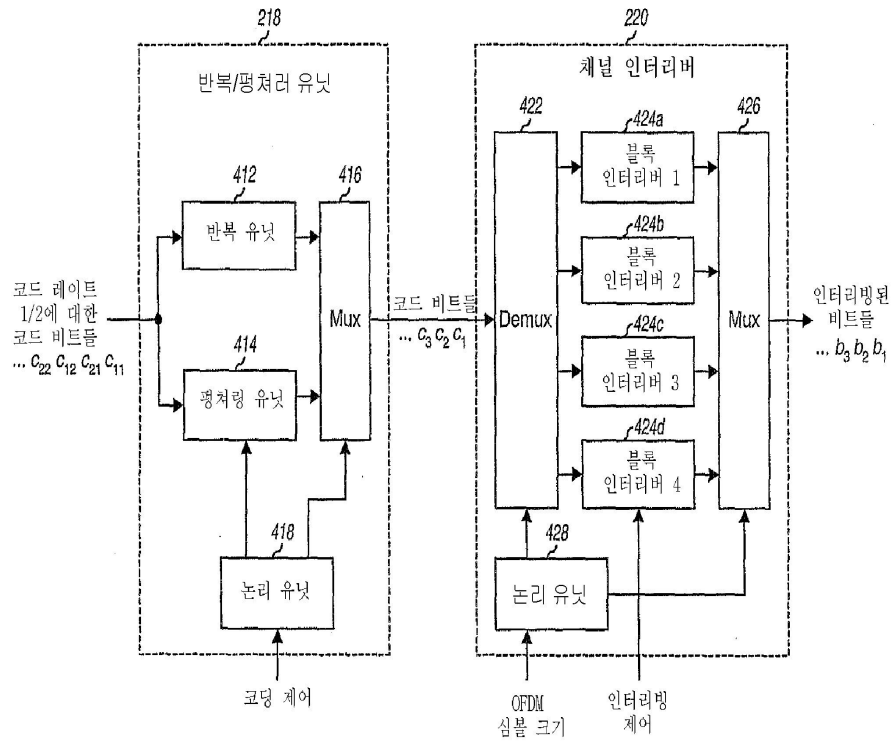
도면2



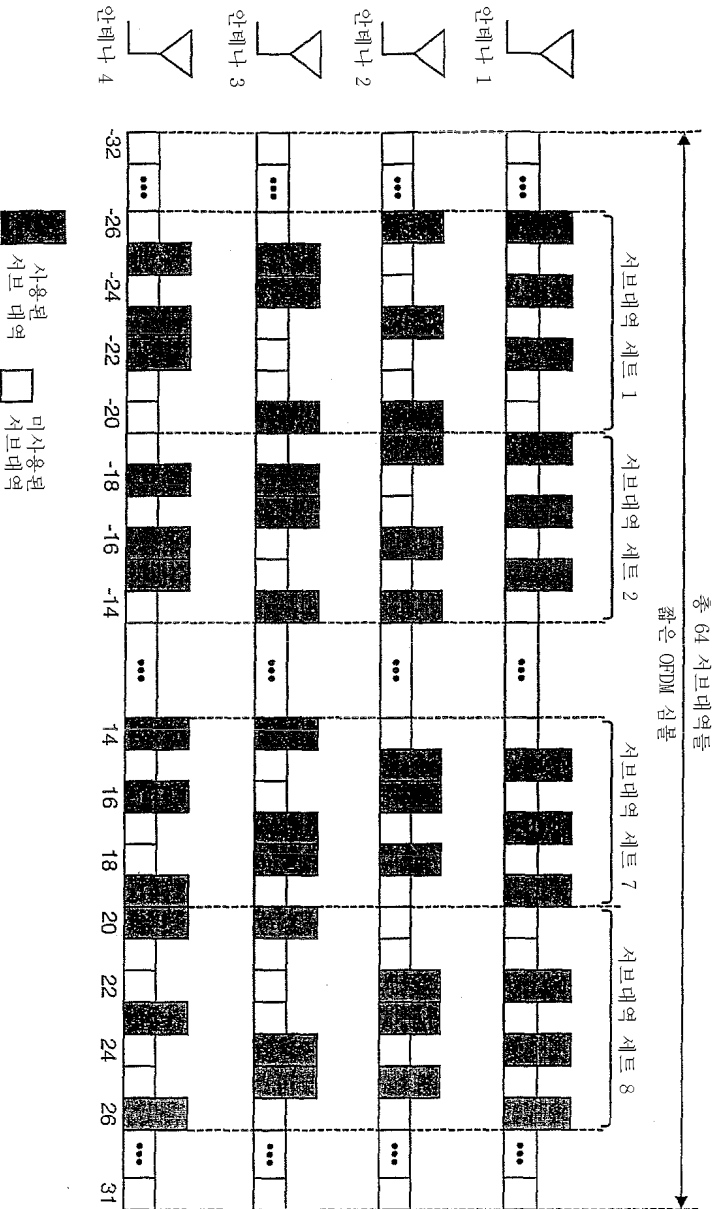
도면3



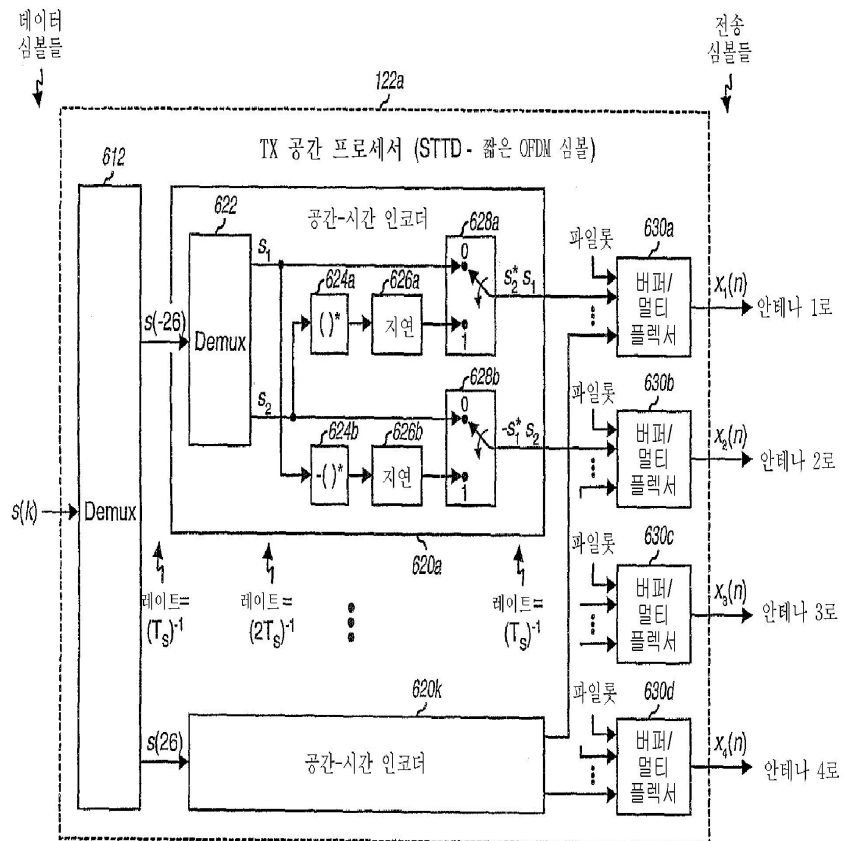
도면4



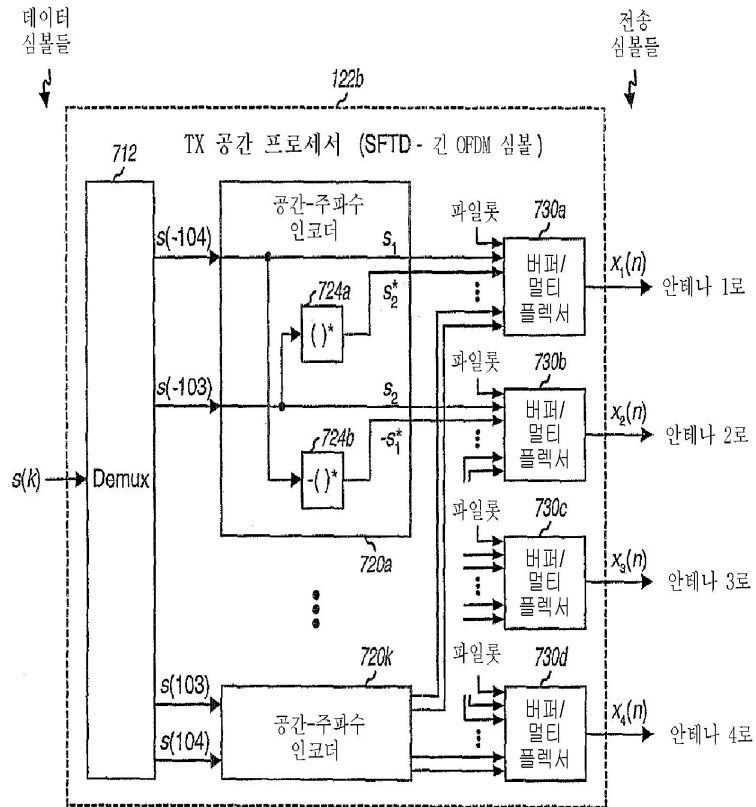
도면5



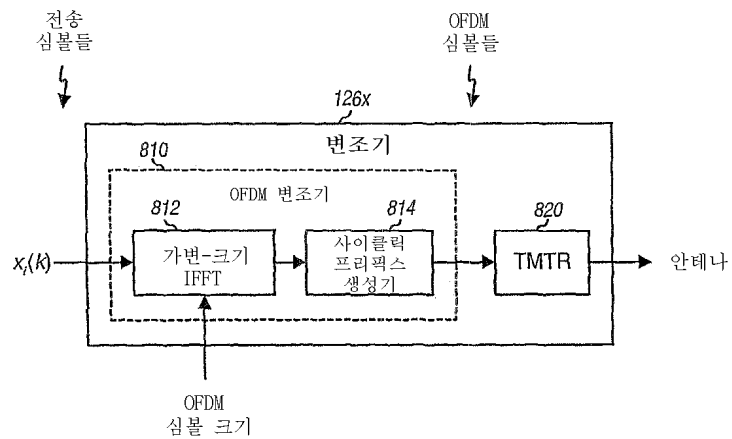
도면6



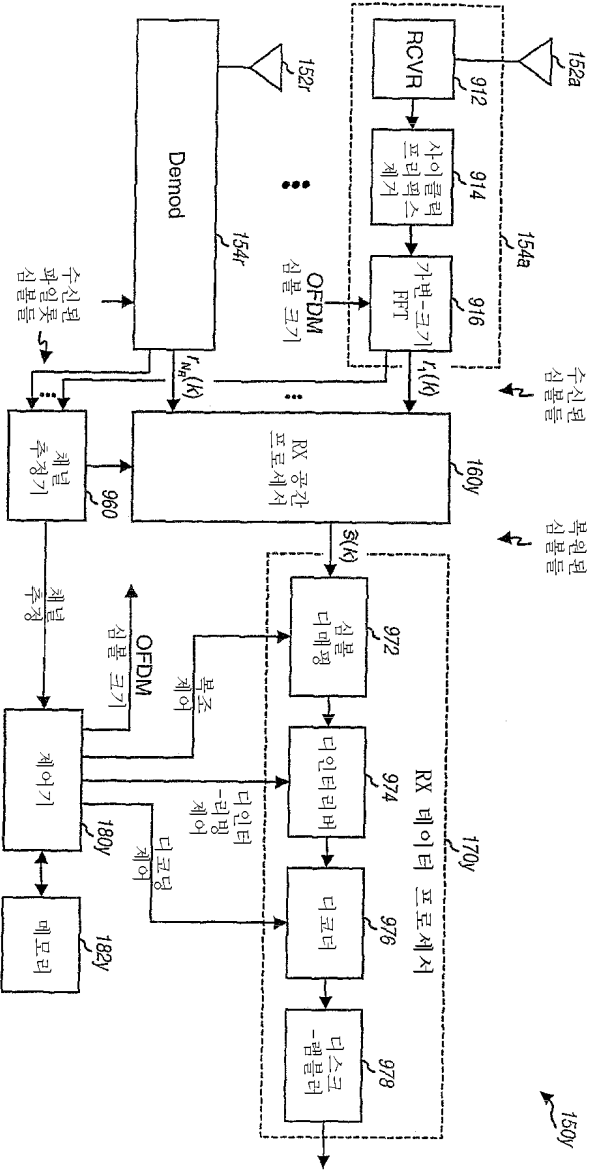
도면7



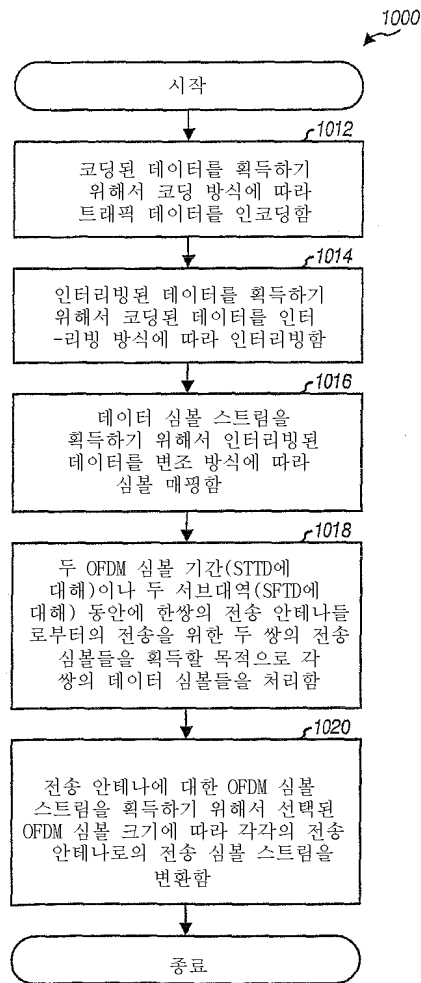
도면8



도면9



도면10



도면11

