(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0034268
(43) 공개일자 2010년04월01일

(51) Int. Cl.
H04J 11/00 (2006.01) *H04J 13/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0093310
(22) 출원일자 2008년09월23일
심사청구일자 2008년09월23일

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 가좌동 900
(72) 발명자
최은창
대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 101-603
허재두
대전 서구 월평동 한아름아파트 103-906
강석근
경상남도 진주시 평거동 한보아파트 102-1505
(74) 대리인
이헌수, 유경열, 천성훈

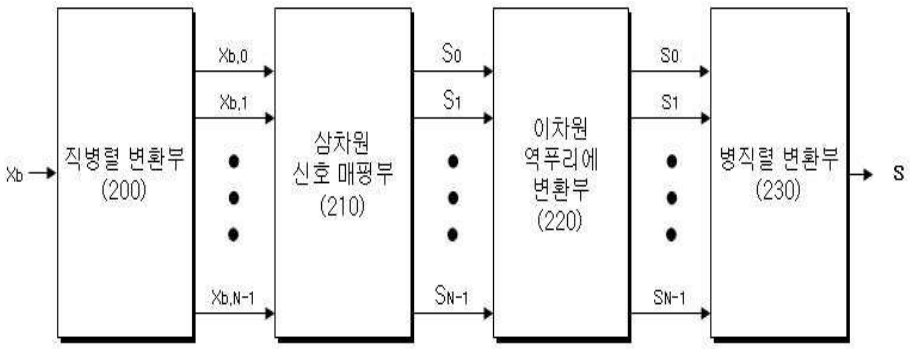
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 삼차원 직교 주파수분할다중화 장치 및 그 장치에 이용되는삼차원 공간격자형 신호성상도 구현 방법

(57) 요 약

삼차원 신호성상도를 이용하는 직교 주파수분할다중화 장치가 개시된다. 본 발명의 직교 주파수분할다중화 장치는, 직렬 입력 신호를 병렬로 변환하는 직병렬 변환부; 상기 병렬화된 입력 신호들을 공간격자형 신호성상도의 삼차원 좌표점들로 각각 매핑하는 삼차원 신호 매핑부; 및 상기 매핑된 삼차원 좌표점들을 기초로 이차원 행렬을 생성하여 역푸리에 변환을 수행하는 역푸리에 변환부;를 포함한다. 이에 의해 이차원 신호성상도를 이용하는 것에 비해 신호대 잡음비가 개선되고 송신전력을 감소시킬 수 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2008-P1-03-08K53
부처명	지식경제부 및 정보통신연구진흥원
연구사업명	정보통신표준개발지원
연구과제명	WPAN/WBAN 표준개발
주관기관	한국전자통신연구원
연구기간	2008년 01월 01일~ 2010년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

직렬 입력 신호를 병렬로 변환하는 직병렬 변환부;

상기 병렬화된 입력 신호들을 공간격자형 신호성상도의 삼차원 좌표점들로 각각 매핑하는 삼차원 신호 매핑부; 및

상기 매핑된 삼차원 좌표점들을 기초로 이차원 행렬을 생성하여 역푸리에 변환을 수행하는 역푸리에 변환부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 역푸리에 변환된 병렬 신호들을 직렬 변환하여 출력하는 병직렬 변환부;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 공간격자형 신호성상도는, 32진 공간격자형 신호성상도임을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 공간격자형 신호성상도는, 비 상진폭(non-constant amplitude) 특성을 가짐을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 공간격자형 신호성상도는, 서로 다른 두 진폭을 가짐을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 공간격자형 신호성상도는, 삼차원 직각좌표계의 중점을 무게중심점으로 하는 내부 정육면체와, 삼차원 직각좌표계의 3축에 위치한 여섯 개의 표시점을 무게중심점으로 하며 일면이 상기 내부 정육면체와 접하는 여섯 개의 외부 정육면체로 구성되는 32개의 신호점을 갖는 32진 삼차원 공간격자형 신호성상도임을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 삼차원 신호 매핑부는, 병렬화된 5비트 길이를 가지는 32개의 비트열을 상기 32개의 신호점에 매핑하되, 5비트 중에서 1비트로 신호점의 제1축 성분 부호를 결정하고, 1비트로 신호점의 제2축 성분 부호를 결정하고, 1비트로 신호점의 제3축 성분 부호를 결정하며, 나머지 2비트로 3축 성분의 크기를 결정하여 해당 신호점에 매핑함을 특징으로 하는 직교 주파수분할다중화 장치.

청구항 8

정육면체의 무게중심점이 삼차원 직각좌표계의 중심에 위치하도록 삼차원 직각좌표계 상에 배치하는 단계;

삼차원 직각좌표계의 3축에 6개의 중심점을 표시하는 단계; 및

상기 6개의 중심점 각각을 무게중심점으로 하여 상기 정육면체와 동일한 크기를 갖는 6개의 외부 정육면체를 배치하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 신호성상도 구현 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 표시 단계는, 상기 외부 정육면체와 상기 정육면체의 일면이 접하도록 삼차원 직각좌표계의 3축에 6개의 중심점을 표시함을 특징으로 하는 삼차원 신호성상도 구현 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 삼차원 신호성상도는, 상기 정육면체 및 상기 외부 정육면체의 꼭지점을 신호점으로 이용하는 32진 공간격자형 삼차원 신호성상도임을 특징으로 하는 삼차원 신호성상도 구현 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 변조 기술에 관한 것으로, 특히 직교 주파수분할다중화 기술에 관한 것이다.

[0002] 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 정보통신표준개발지원사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다.[과제관리번호: 2008-P1-03-08K53, WPAN/WBAN 표준개발]

배 경 기 술

[0003] 직교 주파수분할다중화(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식은 하나의 고속 데이터 스트림을 다수의 저속 데이터 스트림으로 나누고, 다수의 저속 데이터 스트림을 상호 직교하는 부반송파를 이용하여 동시에 전송함으로써 전송효율을 높일 수 있다. 직교 주파수분할다중화 장치에 대한 기술은 1980년대 초반에 이차원 신호성상도(signal constellation)와 일차원 고속 역푸리에변환을 이용하는 형태로 개발되었으며, 현재 무선통신장치나 이동통신(mobile communication) 장치에 가장 널리 사용되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 본 발명은 이 같은 배경에서 도출된 것으로, 이차원 신호성상도가 아닌 삼차원 신호성상도 구현 및 이를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치를 제공함을 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0005] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 직교 주파수분할다중화 장치는, 직렬 입력 신호를 병렬로 변환하는 직병렬 변환부; 상기 병렬화된 입력 신호들을 공간격자형 신호성상도의 삼차원 좌표점들로 각각 매핑하는 삼차원 신호 매핑부; 및 상기 매핑된 삼차원 좌표점들을 기초로 이차원 행렬을 생성하여 역푸리에 변환을 수행하는 역푸리에 변환부;를 포함한다.

[0006] 상기 공간격자형 신호성상도는, 32진 공간격자형 신호성상도이며, 비 상진폭(non-constant amplitude) 특성을 가진다.

[0007] 한편 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 삼차원 신호성상도 구현 방법은, 정육면체의 무게중심점이 삼차원 직각좌표계의 중심에 위치하도록 삼차원 직각좌표계 상에 배치하는 단계; 삼차원 직각좌표계의 3축에 6개의 중심점을 표시하는 단계; 및 상기 6개의 중심점 각각을 무게중심점으로 하여 상기 정육면체와 동일한 크기를 갖는 6개의 외부 정육면체를 배치하는 단계;를 포함한다.

효 과

[0008] 본 발명은 삼차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치 및 방법을 실현한다. 이에 의해 본 발명은 이차원 신호성상도를 신호 매핑에 이용한 기존의 직교 주파수분할다중화 장치에 비하여 심볼오율 측면에서 더욱 우수한 성능을 보이며, 동일한 기준 심볼오율을 달성하기 위하여 요구되는 송신전력을 현저히 감소시킨다.

[0009] 나아가 본 발명은 디지털 통신을 위하여 사용되는 직교진폭변조(quadrature amplitude modulation, QAM)의 삼차원 확장형으로 해석 가능한 공간격자형 구조를 가지는 신호성상도를 이용하여 직교 주파수분할다중화의 각 부채널에 5비트를 할당할 수 있도록 하였다. 따라서 구면 내접 다면체 구조를 가지는 삼차원 신호성상도를 이용하는 방식에 비하여 각 부채널에 2비트 혹은 3비트를 더 할당할 수 있어서, 추가적인 주파수 대역의 확장이 없이도 1.6배 혹은 2.5배 높은 전송속도를 달성하는 효과를 창출한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0010] 전술한, 그리고 추가적인 본 발명의 양상들은 첨부된 도면을 참조하여 설명되는 바람직한 실시예들을 통하여 더욱 명백해질 것이다. 이하에서는 본 발명을 이러한 실시예를 통해 당업자가 용이하게 이해하고 재현할 수 있도록 상세히 설명하기로 한다.

[0011] 도 1은 이차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치의 블록도이다.

[0012] 도시된 바와 같이, 이차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치는 직병렬 변환부(100), 이차원 신호 매핑부(110), 역푸리에 변환부(120), 및 병직렬 변환부(130)를 포함한다. 직병렬 변환부(100)는 직렬 이진 시퀀스 입력을 병렬화한다. 이차원 신호 매핑부(110)는 병렬화된 입력 신호들을 이차원 신호성상도(signal constellation)의 신호점에 각각 매핑시킨다. 이에 의해 입력 신호들은 복수개의 복소수 좌표값들로 변경된다. 역푸리에 변환부(120)는 이차원 신호 매핑부(110)에 의해 변경된 복소수 좌표값들을 다음의 수학식 1을 이용하여 고속 변조한다. 병직렬 변환부(130)는 역푸리에 변환된 N개의 좌표값을 직렬 변환하여 출력(x)한다.

수학식 1

[0013] $$x_n = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} X_k \exp(j2\pi nk/N)$$

[0014] 수학식 1에서 $0 \le n \le N-1$이다.

[0015] 여기서, N은 직교 주파수분할다중화 장치에서 사용되는 부채널의 수를 나타내고, k는 각각의 부채널을 나타낸다.

[0016] 도 2는 본 발명에 따른 삼차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치의 블록도이다.

[0017] 도시된 바와 같이, 삼차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치는 직병렬 변환부(200), 삼차원 신호 매핑부(210), 이차원 역푸리에 변환부(220), 및 병직렬 변환부(230)를 포함한다. 직병렬 변환부(200)는 직렬 이진시퀀스 입력(x_b)을 N개의 직교 주파수분할다중화의 부채널에 할당될 수 있도록 병렬화($x_{b,0}$, $x_{b,1}$, ..., x_b, $x_{b,N-1}$)한다. 삼차원 신호 매핑부(210)는 직병렬 변환부(200)에 의해 병렬화된 이진 시퀀스들을 삼차원 신호성상도의 신호점들에 각각 매핑시켜 N개의 복소수 값으로 변경한다.

[0018] 삼차원 신호 매핑부(210)에 의하여 생성된 N개의 벡터는 3축 방향 좌표값(x, y, z)에 따라 수학식 2와 같이 이차원 행렬로 변환된다.

수학식 2

[0019] $$S(k_1, k_2) = \begin{pmatrix} x_0 & x_1 & \cdots & x_{N-1} \\ y_0 & y_1 & \cdots & y_{N-1} \\ z_0 & z_1 & \cdots & z_{N-1} \end{pmatrix}$$

[0020] 수학식 2에 나타낸 바와 같이 이차원 행렬에서 각 열은 N개의 삼차원 좌표값이 해당된다. 그리고 k_1, k_2 값은 이차원 역푸리에 변환부(220)에서 이용된다. 이처럼 복소수의 삼차원 좌표값을 이차원 행렬로 변환하는 이유는

역푸리에 변환을 가능토록 하기 위함이다.

[0021] 이차원 역푸리에 변환부(220)는 이차원 행렬로 표현된 N개의 삼차원 좌표값들을 수학식 3을 이용하여 동시에 고속 역푸리에 변환을 수행한다.

수학식 3

[0022]
$$s(n_1,n_2) = \frac{1}{N_1N_2}\sum_{k_2=0}^{N_2-1}\sum_{k_1=0}^{N_1-1}S(k_1,k_2)\exp\left[j2\pi\left(\frac{n_2k_2}{N_2}+\frac{n_1k_1}{N_1}\right)\right]$$
$$= \frac{1}{N_1N_2}\sum_{k_2=0}^{N_2-1}\exp(j2\pi n_2k_2/N_2)\left[\sum_{k_1=0}^{N_1-1}S(k_1,k_2)\exp(j2\pi n_1k_1/N_1)\right]$$

[0023] 수학식 3에서 N1과 N2는 각각 수학식 2의 행렬에서의 행과 열의 수와 동일하다.

[0024] 병직렬 변환부(230)는 이차원 역푸리에 변환부(220)에 의해 고속으로 역푸리에 변환된 N개의 삼차원 좌표값을 직렬 변환하여 출력(s)한다.

[0025] 도 3은 구면 내접 정사면체의 4개 꼭지점을 신호점으로 이용하는 삼차원 4진 신호성상도이며, 도 4는 도 3의 삼차원 4진 신호성상도의 4개 신호점에 대한 삼차원 좌표값을 나타낸다. 그리고 도 5는 구면 내접 정육면체의 8개 꼭지점을 신호점으로 이용하는 삼차원 8진 신호성상도이며, 도 6은 도 5의 삼차원 8진 신호성상도의 8개 신호점에 대한 삼차원 좌표값을 나타낸다.

[0026] 삼차원 4진 신호성상도를 이용하는 경우, 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치는 각각의 부채널에 2비트를 할당할 수 있으며, 그 좌표값은 도 4에 나타낸 바와 같다. 그리고 삼차원 8진 신호성상도를 이용하는 경우, 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치는 각각의 부채널에 3비트를 할당할 수 있으며, 그 좌표값은 도 6에 나타낸 바와 같다.

[0027] 도 7은 도 3의 삼차원 4진 신호성상도를 이용한 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율(symbol error rate)과 기존 이차원 신호성상도를 이용한 도 1의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율을 비교한 그래프이다.

[0028] 기존의 도 1에 도시된 바와 같은 직교 주파수분할다중화 장치의 경우, 심볼오율 Ps = $10^{-4.5}$(log 형태로 표현하는 경우 -4.5)를 달성할 수 있는 신호대 잡음비 E_s/N_o는 15.3dB이다. 그리고 삼차원 4진 신호성상도를 이용한 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치의 경우, 심볼오율 Ps = $10^{-4.5}$(log 형태로 표현하는 경우 -4.5)를 달성할 수 있는 신호 대 잡음비 E_s/N_o는 12.2dB이다. 따라서 약 3dB 가량 송신기에서 송신전력을 감소시킴을 알 수 있다.

[0029] 도 8은 도 5의 삼차원 8진 신호성상도를 이용한 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율(symbol error rate)과 기존 이차원 신호성상도를 이용한 도 1의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율을 비교한 그래프이다.

[0030] 기존의 도 1에 도시된 바와 같은 직교 주파수분할다중화 장치의 경우, 심볼오율 Ps = $10^{-4.5}$(log 형태로 표현하는 경우 -4.5)를 달성할 수 있는 신호대 잡음비 E_s/N_o는 19.9dB이다. 그리고 삼차원 8진 신호성상도를 이용한 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치의 경우, 심볼오율 Ps = $10^{-4.5}$(log 형태로 표현하는 경우 -4.5)를 달성할 수 있는 신호 대 잡음비 E_s/N_o는 13.1dB이다. 따라서 약 6dB 가량 송신기에서 송신전력을 감소시킴을 알 수 있다.

[0031] 이상에서와 같이, 삼차원 신호성상도를 신호 매핑에 이용한 직교 주파수분할다중화 장치는 이차원 신호성상도를 신호 매핑에 이용한 기존의 직교 주파수분할다중화 장치에 비해 신호대 잡음비 측면에서 우수한 성능을 보이며, 동일한 기준 심볼오율에 있어서 현저히 감소된 송신전력을 사용할 수 있다. 그러나, 상술한 구면 내접 다면체(inscribed polyhedron) 방식의 삼차원 신호성상도는 구면에 내접하는 정다면체의 꼭지점 좌표들로 구성됨으로 인하여 모든 신호점들이 동일한 전력을 가져 상진폭(constatnt amplitude) 특성을 가지는 유리한 점이 있으나, 꼭지점의 개수가 8개보다 크면서 2의 승수에 해당되는 정다면체의 기하학적 작도가 불가능함에 따라 각 부채널에 4비트 이상 할당할 수 있는 삼차원 신호성상도의 구현이 불가능하다.

[0032] 부연 설명하면, 도 3과 도 5에 보인 삼차원 신호성상도에서는 모든 신호점이 삼차원 구면(sphere)에 내접하는 정사면체(a regular tetrahedron)와 정육면체(a regular hexahedron)의 꼭지점으로 구성된다. 따라서 이와 같은 성상도는 각각 4개와 8개의 동일한 진폭을 가지는 신호점들로 구성되며, 각 부채널에 할당될 수 있는 비트 수는 아래의 수학식 4에 따라 2비트와 3비트가 된다.

수학식 4

[0033] $N_b = \log_2 N_S$ (단위 : 비트, bit)

[0034] 여기서 N_S는 신호성상도를 구성하는 신호점의 수를 나타낸다.

[0035] 이 같은 단점을 보완하기 위해, 본 발명은 상진폭 특성을 가지는 구면 내접 다면체 방식의 삼차원 신호성상도 대신에, 비 상진폭(non-constant amplitude) 특성을 가지는 공간격자형(space-lattice) 삼차원 신호성상도를 제안한다. 구체적으로는 비 상진폭(non-constant amplitude) 특성을 가지는 공간격자형 삼차원 32진 신호성상도가 제안된다.

[0036] 도 9는 디지털 통신에서 일반적으로 이용되는 직교진폭변조(quadrature amplitude modulation, QAM) 성상도이다. 가장 내부의 점선으로 둘러싸인 4개의 신호점은 4진 신호성상도를 나타내고, 실선으로 둘러싸인 16개의 신호점은 16진 신호성상도를 나타내며, 전체 64개의 신호점은 64진 신호성상도를 구성한다.

[0037] 도 10은 본 발명에 따른 삼차원 32진 공간격자형 신호성상도이다.

[0038] 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도는 도 9에 도시된 직교진폭변조의 삼차원 확장형으로 해석 가능한 공간격자형 구조를 가진다. 구체적으로, 도 10에 나타낸 본 발명의 공간격자형 신호성상도에서는 신호점들이 2가지의 진폭을 가진다. 즉, 32개의 신호점 가운데 P_{00}, P_{02}, P_{04}, P_{06}, P_{11}, P_{13}, P_{15}, P_{17}의 8개 신호점은 내부 정육면체의 꼭지점에 위치한다. 이들은 삼차원 공간의 원점인 (x, y, z) = (0, 0, 0)으로부터 같은 거리에 있다. 따라서 이들은 반지름이 d_1인 구의 표면에 위치하므로 동일한 진폭 d_1을 갖는다. 그리고 위에 열거된 8개 신호점 외의 24개 신호점은 내부 정육면체의 6면에 접한 6개의 외부 정육면체 각각의 바깥쪽 4개 신호점들로 구성된다. 이들은 (x, y, z) = (0, 0, 0)으로부터 반지름이 d_2인 구의 표면에 위치하며, 신호들의 진폭은 d_2가 된다. 여기서 d_2는 d_1보다 크다.

[0039] 도 11은 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도를 구성하기 위하여 사용되는 단위격자의 예시도이며, 도 12는 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도를 구성하기 위하여 사용되는 직각좌표계의 3축에 위치한 무게중심점의 예시도이다.

[0040] 도 11 및 도 12를 참조하여 본 발명에 따른 삼차원 32진 공간격자형 신호성상도를 구성하는 방법을 설명한다. 우선, 도 11과 같은 정육면체 신호성상도를 작도한다. 그리고 작도된 정육면체의 중심이 도 12에 표시된 3축의 6개의 중심점 C_0, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 와 일치하도록 정렬시킨다. 이때 외부의 정육면체와 내부 정육면체의 한 면이 접하도록 6개의 중심점을 작도한다. 이 같은 방식에 의해 도 10에 도시된 삼차원 32진 공간격자형 신호성상도가 구성되며, 이와 같은 작도법은 수학식의 사용을 최대한 억제할 수 있는 유리한 점을 갖는다.

[0041] 따라서 6개의 정육면체가 사용되는 경우 신호점은 6×8=48개까지 생성될 수 있으나, 위 P_{00}, P_{02}, P_{04}, P_{06}, P_{11}, P_{13}, P_{15}, P_{17} 인 8개의 신호점은 3개의 정육면체 꼭지점과 중복된 결과이므로, 2×8=16개의 신호점이 제외되므로, 본 발명에 제시된 공간격자형 신호성상도에서 실제 이용 가능한 신호점의 수는 32개가 된다. 그리고 이 수는 수학식 4에 따라 5개의 비트로 구성되는 비트열이 된다.

[0042] 도 13은 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도의 32개 신호점에 이진 비트열을 체계적으로 대응시키기 위한 예시도이다.

[0043] 32개의 신호점에 따른 5비트 길이를 가지는 비트열이 (b4, b3, b2, b1, b0)라 한다. b4는 신호점의 x축 성분의 부호를 결정하고, b3는 신호점의 y축 성분의 부호를 결정하며, b2는 신호점의 z축 성분의 부호를 결정한다. 그리고 나머지 두 비트인 b1, b0는 도 13에 나타낸 바와 같이 3축 성분의 크기를 결정한다. 그러나 이는 예시적인 것으로, 이에 한정되지 않는다.

[0044] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통

상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 이차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치의 블록도.

[0046] 도 2는 본 발명에 따른 삼차원 신호성상도를 이용한 직교 주파수분할다중화 장치의 블록도.

[0047] 도 3은 구면 내접 정사면체의 4개 꼭지점을 신호점으로 이용하는 삼차원 4진 신호성상도.

[0048] 도 4는 도 3의 삼차원 4진 신호성상도의 4개 신호점에 대한 삼차원 좌표값 예시도.

[0049] 도 5는 구면 내접 정육면체의 8개 꼭지점을 신호점으로 이용하는 삼차원 8진 신호성상도.

[0050] 도 6은 도 5의 삼차원 8진 신호성상도의 8개 신호점에 대한 삼차원 좌표값 예시도.

[0051] 도 7은 도 3의 삼차원 4진 신호성상도를 이용한 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율(symbol error rate)과 기존 이차원 신호성상도를 이용한 도 1의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율을 비교한 그래프.

[0052] 도 8은 도 5의 삼차원 8진 신호성상도를 이용한 도 2의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율(symbol error rate)과 기존 이차원 신호성상도를 이용한 도 1의 직교 주파수분할다중화 장치의 심볼오율을 비교한 그래프.

[0053] 도 9는 디지털 통신에서 일반적으로 이용되는 직교 진폭 변조 성상도.

[0054] 도 10은 본 발명에 따른 삼차원 32진 공간격자형 신호성상도.

[0055] 도 11은 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도를 구성하기 위하여 사용되는 단위격자의 예시도.

[0056] 도 12는 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도를 구성하기 위하여 사용되는 직각좌표계의 3축에 위치한 무게중심점의 예시도.

[0057] 도 13은 본 발명에 따른 공간격자형 신호성상도의 32개 신호점에 이진비트열을 체계적으로 대응시키기 위한 예시도.

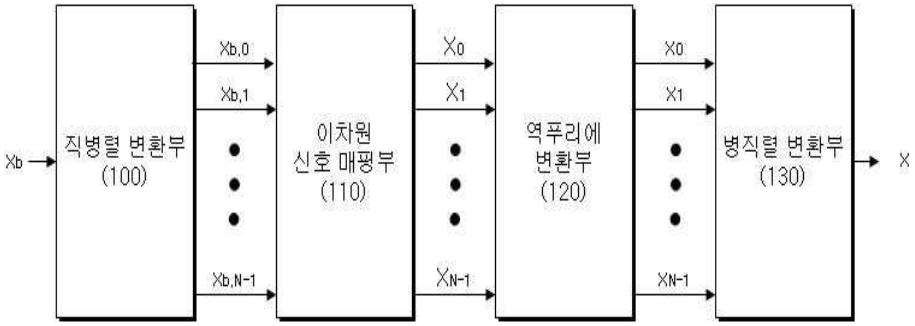
[0058] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

[0059] 200 : 직병렬 변환부 210 : 삼차원 신호 매핑부

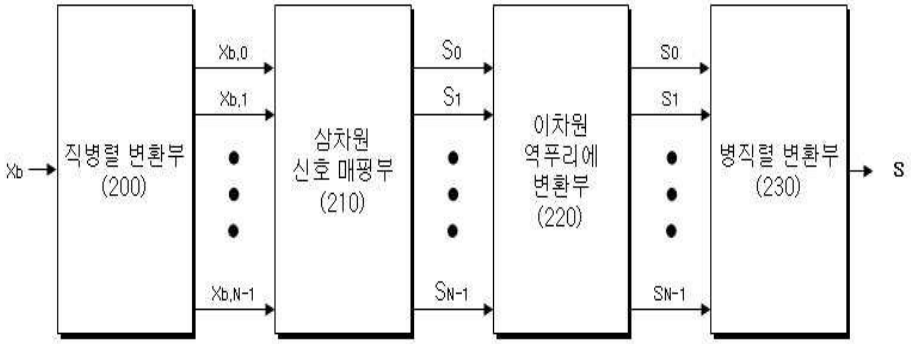
[0060] 220 : 이차원 역푸리에 변환부 230 : 병직렬 변환부

도면

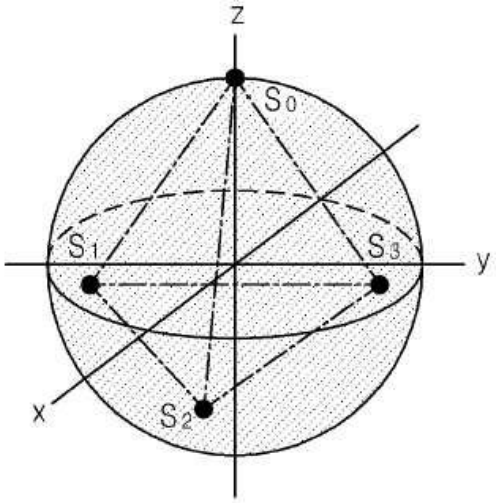
도면1



도면2



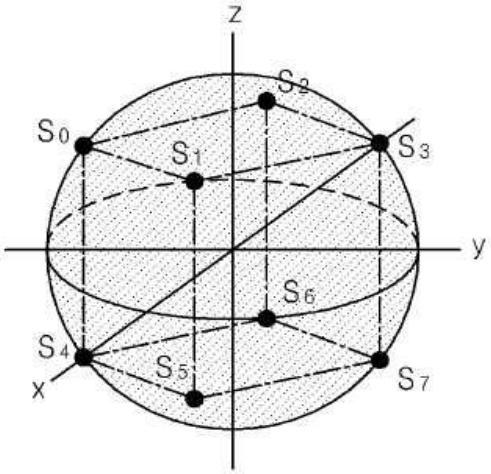
도면3



도면4

신호점의 개수=4			
신호점 기호	x축 좌표 값	y축 좌표 값	z축 좌표 값
S_0	0	0	1
S_1	$-\sqrt{2}/3$	$-\sqrt{6}/3$	$-1/3$
S_2	$2\sqrt{2}/3$	0	$-1/3$
S_3	$-\sqrt{2}/3$	$\sqrt{6}/3$	$-1/3$

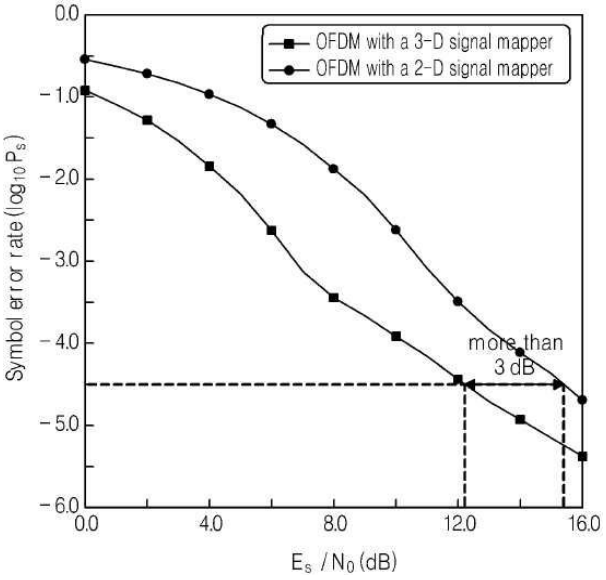
도면5



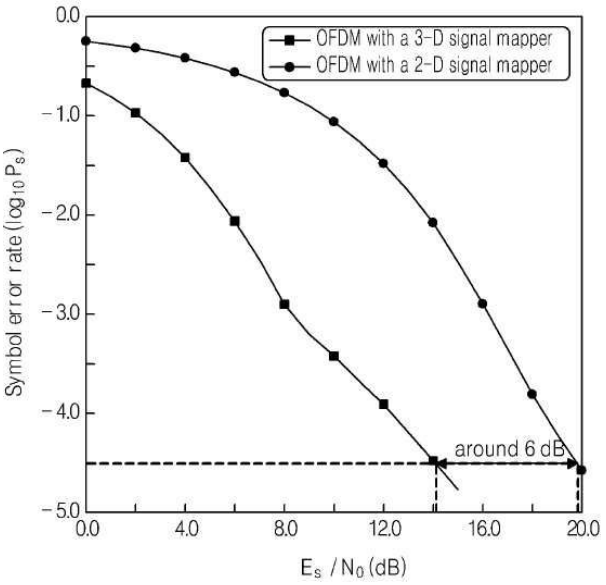
도면6

신호점의 개수=8			
신호점 기호	x축 좌표 값	y축 좌표 값	z축 좌표 값
S_0	$\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$
S_1	$\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$
S_2	$-\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$
S_3	$-\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$
S_4	$\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$
S_5	$\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$
S_6	$-\sqrt{3}/3$	$\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$
S_7	$-\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$	$-\sqrt{3}/3$

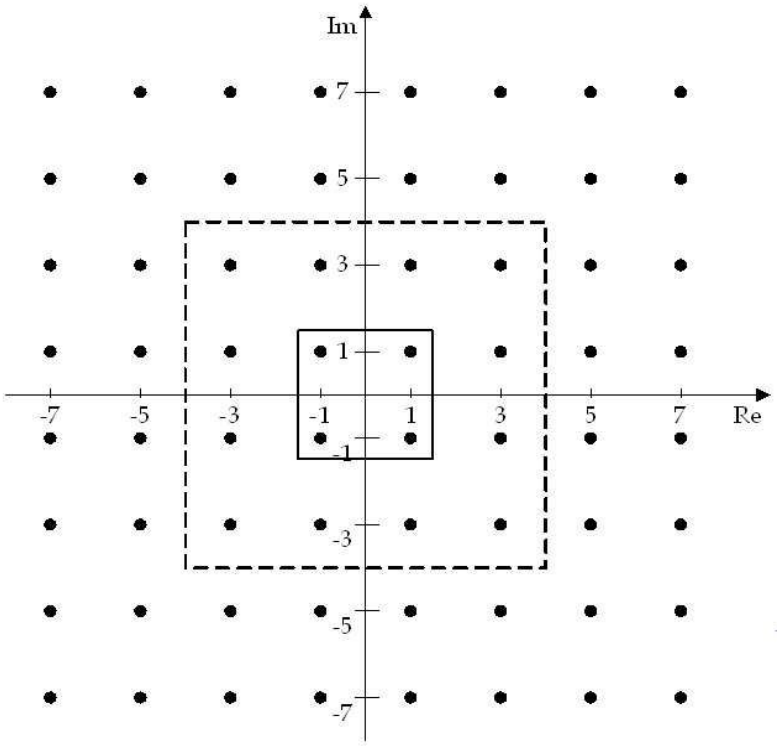
도면7


OFDM with a 3-D signal mapper
OFDM with a 2-D signal mapper
Symbol error rate ($\log_{10} P_s$)
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
-6.0
0.0
4.0
8.0
12.0
16.0
more than 3 dB
E_s / N_0 (dB)

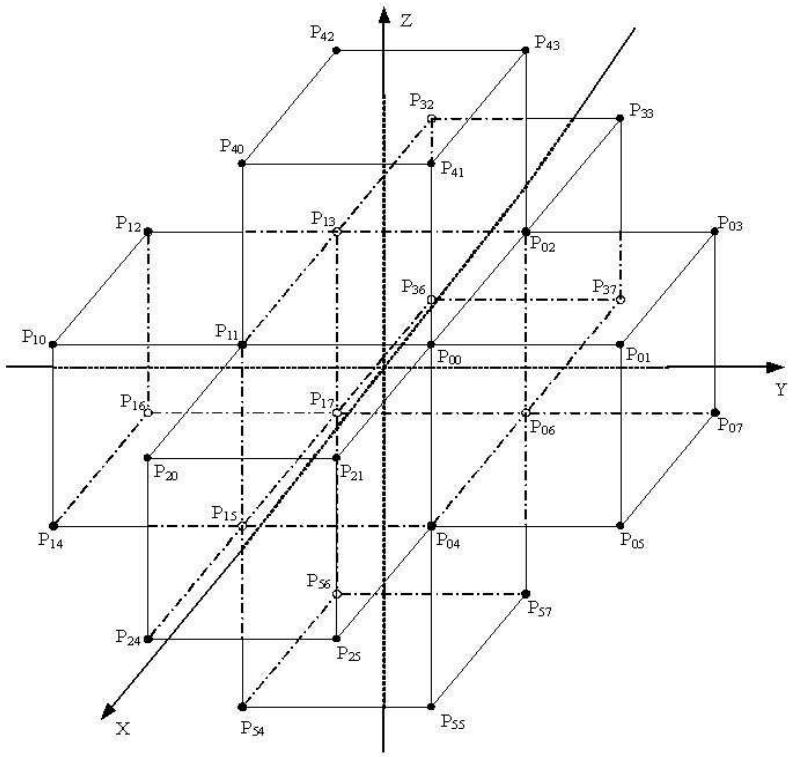
도면8


OFDM with a 3-D signal mapper
OFDM with a 2-D signal mapper
Symbol error rate ($\log_{10} P_s$)
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
0.0
4.0
8.0
12.0
16.0
20.0
around 6 dB
E_s / N_0 (dB)

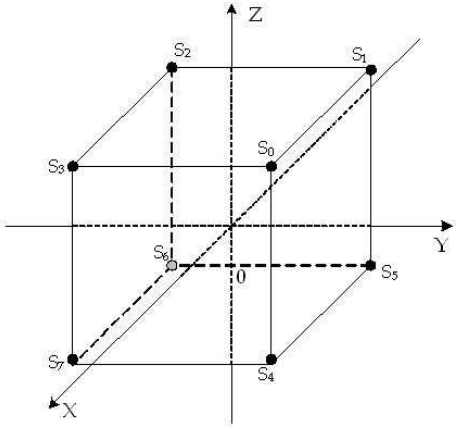
도면9


Im
Re
7
5
3
1
-1
-3
-5
-7
-7
-5
-3
-1
1
3
5
7

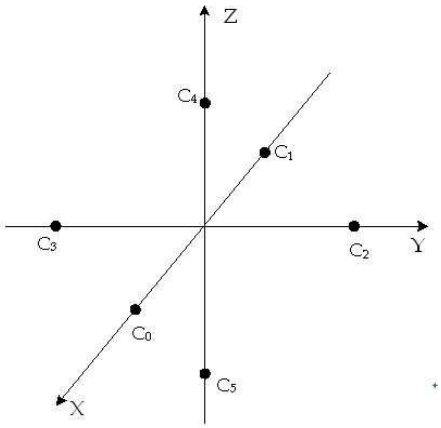
도면10


Z
Y
X
P42
P43
P32
P33
P40
P41
P12
P13
P03
P02
P36
P37
P10
P11
P00
P01
P16
P17
P06
P07
P20
P21
P15
P14
P04
P05
P56
P57
P24
P25
P54
P55

도면11



도면12



도면13

32개 신호점에 따른 5비트 길이를 가지는 비트열 :

b_4	b_3	b_2	b_1	b_0

비트	역할			
b_4	신호점의 x축 성분 부호 결정			
b_3	신호점의 y축 성분 부호 결정			
b_2	신호점의 z축 성분 부호 결정			
$b_1 b_0$	3축 성분의 크기 결정			
	00	01	10	11
	$\|x\|= d_2/\sqrt{3}$, $\|y\|= \|z\|= d_1/\sqrt{3}$	$\|y\|= d_2/\sqrt{3}$, $\|x\|= \|z\|= d_1/\sqrt{3}$	$\|z\|= d_2/\sqrt{3}$, $\|x\|= \|y\|= d_1/\sqrt{3}$	$\|x\|= \|y\|= \|z\|= d_2/\sqrt{3}$