



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년04월13일
(11) 등록번호 10-1133937
(24) 등록일자 2012년03월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/34 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0116355

(22) 출원일자 2010년11월22일

심사청구일자 2010년11월22일

(56) 선행기술조사문헌

논문1 : 한국방송공학회 (2008.09)

(73) 특허권자

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 가좌동 900

(72) 발명자

강석근

경상남도 진주시 내동면 독산리 1104번지 휴먼빌
아파트 107동 1904호

(74) 대리인

이현수, 정홍식, 김태현

전체 청구항 수 : 총 10 항

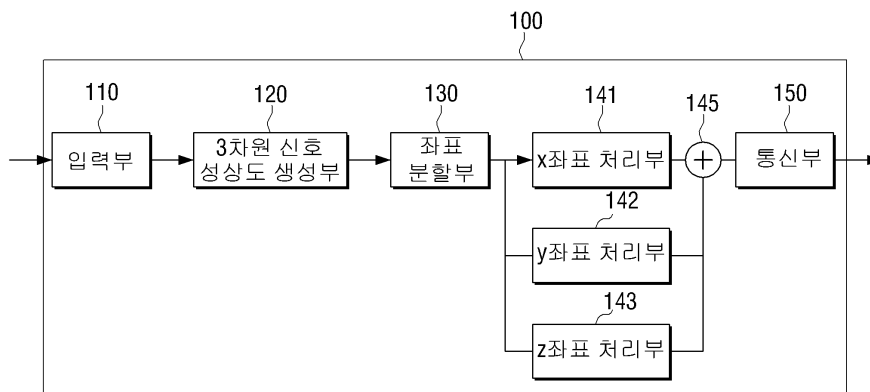
심사관 : 문형섭

(54) 발명의 명칭 3차원 데이터 통신을 위한 송신기, 수신기 및 송수신 시스템

(57) 요약

송신기가 개시된다. 송신기는 이진 신호를 입력받는 입력부, 입력부로부터 전송된 이진 신호를 이용하여 3차원 신호성상도를 생성하는 3차원 신호성상도 생성부, 3차원 신호성상도 생성부로부터 전송받은 3차원 신호성상도를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 좌표 분할부, 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 처리부, 처리부로부터의 출력 신호에 대하여 합 연산을 수행하여 송신 신호를 생성하는 가산기 및 가산기로부터 수신한 송신 신호를 송신하는 통신부를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

이진 신호를 입력받는 입력부;

상기 입력부로부터 전송된 상기 이진 신호를 이용하여 3차원 신호성상도를 생성하는 3차원 신호성상도 생성부;

상기 3차원 신호성상도 생성부로부터 전송받은 상기 3차원 신호성상도를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 좌표 분할부;

상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 처리부;

상기 처리부로부터의 출력 신호에 대하여 합 연산을 수행하여 송신 신호를 생성하는 가산기; 및

상기 가산기로부터 수신한 상기 송신 신호를 송신하는 통신부;를 포함하며,

상기 3차원 신호성상도는, 신호성상도 상의 신호점의 수(N_s)와 이들에 대응되는 비트수(N_b)를 포함하는 송신기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 비트수는,

3의 배수가 아니며, 상기 신호점의 수에 밑이 2인 로그를 취한 값은 3의 배수가 아닌 것을 특징으로 하는 송신기.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 3차원 성상도는,

정육면체형 성상도 구조 중심 구조체; 및

상기 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체의 각각의 면에 배치되는 6개의 보조 구조체;를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

3축 좌표 신호는 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호를 포함하며,

상기 처리부는 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부를 포함하며,

상기 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부는 각각 상기 x좌표 신호, 상기 y좌표 신호, 상기 z좌표 신호에 각각 x좌표 직교 기저 함수, y좌표 직교 기저 함수, z좌표 직교 기저 함수를 곱 연산하는 것을 특징으로 하는 송신기;

청구항 5

신호를 수신하는 통신부;

상기 통신부로부터 수신된 상기 신호를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 좌표 분할부;

상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 각각 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 처리부;

상기 처리부로부터 수신한 상기 곱 연산된 신호들을 각각 적분하는 적분부; 및

상기 적분된 신호들에 대하여 합 연산을 수행하여, 3차원 신호성상도를 생성하는 복원부;를 포함하며,

상기 3차원 신호성상도는, 신호성상도 상의 신호점의 수(N_s)와 이들에 대응되는 비트수(N_b)를 포함하는 수신기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 비트수는,

3의 배수가 아니며, 상기 신호점의 수에 밑이 2인 로그를 취한 값은 3의 배수가 아닌 것을 특징으로 하는 수신기.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 3차원 성상도는,

정육면체형 성상도 구조 중심 구조체; 및

상기 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체의 각각의 면에 배치되는 6개의 보조 구조체;를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신기.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

3축 좌표 신호는 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호를 포함하며,

상기 처리부는 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부를 포함하며,

상기 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부는 각각 상기 x좌표 신호, 상기 y좌표 신호, 상기 z좌표 신호에 각각 x좌표 직교 기저 함수, y좌표 직교 기저 함수, z좌표 직교 기저 함수를 곱 연산하며,

상기 적분부는 x좌표 적분부, y좌표 적분부, z좌표 적분부를 포함하며,

상기 x좌표 적분부, 상기 y좌표 적분부, 상기 z좌표 적분부는 각각 곱 연산된 신호를 적분하는 것을 특징으로 하는 수신기.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 x좌표 적분부, 상기 y좌표 적분부, 상기 z좌표 적분부에 각각 연결된 x좌표 스위치, y좌표 스위치, z좌표 스위치;를 더 포함하며,

상기 x좌표 스위치, 상기 y좌표 스위치, 상기 z좌표 스위치는 심볼 구간(symbol duration) 동안 턴온(turn-on)되어, 상기 x좌표 적분부, 상기 y좌표 적분부, 상기 z좌표 적분부가 상기 심볼 구간동안 적분을 수행하도록 하는 것을 특징으로 하는 수신기.

청구항 10

송신기; 및

수신기;를 포함하며,

상기 송신기는,

이진 신호를 입력받는 입력부;

상기 입력부로부터 전송된 상기 이진 신호를 이용하여 3차원 신호성상도를 생성하는 3차원 신호성상도 생성부;

상기 3차원 신호성상도 생성부로부터 전송받은 상기 3차원 신호성상도를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 제 1 좌표 분할부;

상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 제 1 처리부;

상기 제 1 처리부로부터의 출력 신호에 대하여 합 연산을 수행하여 송신 신호를 생성하는 가산기; 및
 상기 가산기로부터 수신한 상기 송신 신호를 송신하는 제 1 통신부;를 포함하며,
 상기 수신기는,
 신호를 수신하는 제 2 통신부;
 상기 제 2 통신부로부터 수신된 상기 신호를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 제 2 좌표 분할부;
 상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 각각 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 제 2 처리부;
 상기 제 2 처리부로부터 수신한 상기 곱 연산된 신호들을 적분하는 적분부; 및
 상기 적분된 신호들에 대하여 합 연산을 수행하여, 3차원 신호성상도를 생성하는 복원부;를 포함하는 것을 특징
 으로 하는 송수신 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 신호 송신기, 신호 수신기 및 이를 포함하는 신호 송수신 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 3차원 성상도를 이용하는 신호 송신기, 신호 수신기 및 이를 포함하는 신호 송수신 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 3D 입체 영상 기술은 정보통신, 방송, 의료, 교육, 훈련, 군사, 게임, 애니메이션, 가상현실, CAD, 산업 기술 등 그 응용 분야가 매우 다양하며 이러한 여러 분야에서 공통적으로 요구되는 차세대 3D 입체 멀티미디어 정보통신의 핵심 기반 기술이라고 할 수 있다.

[0003] 이에 따라서, 3D 입체 영상의 촬영과 관련한 분야 또는 3D 입체 영상을 디스플레이하는 분야와 관련하여 많은 연구들이 진행되었으며, 이에 따라 다수의 연구 결과 및 특허가 존재한다.

[0004] 하지만, 3D 입체 영상을 촬영하여, 데이터화 한 이후 3D 데이터를 전송하는 기술에 대한 연구에 대하여서는 그 개발 정도가 미미하다.

[0005] 대한민국 공개특허 10-2010-0011639에서는 3차원 신호성상도를 사용하는 직교주파수분할다중화 장치가 개시된다. 대한민국 공개특허 10-2010-0011639에서 개시된 송신기는 직교주파수분할다중화 방식을 이용하며, 또한 여기에서 개시된 송신기는 완전 격자형 3차원 신호성상도, 즉 정육면체형 3차원 신호성상도를 이용한다.

[0006] 하지만, 직교주파수분할다중화 방식과는 상이한 직교변환방식을 적용하여, 3차원 신호성상도를 이용한 송신기에 대하여서는 개시된 바가 없다.

[0007] 아울러, 완전 격자형 3차원 신호성상도와는 상이한, 십자 격자형 신호성상도를 이용하는, 직교변환방식을 적용한 송신기에 대하여서도 개시된 바가 없다.

[0008] 또한 일반적인 3차원 신호성상도 관련한 대부분의 종래의 기술은 신호점의 수가 4개 또는 8개로 구성된 신호 집합을 이용하지만, 유클리드 기하학에서 작도가 가능한 정다면체는 5개만이 존재하므로, 신호점의 수가 2의 자승수인 것은 정사면체와 정육면체로 한정된다.

[0009] 결국, 이러한 성상도를 이용하는 경우에는 신호점당 전송 가능한 비트수가 2 또는 3비트로 제한되며, 3차원 신호성상도를 이용한 고속 디지털 통신 시스템의 설계에 불리하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 목적을 달성하며 동시에 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 3차원 신호성상도를 이용하는 신호 송신기, 신호 수신기 및 이를 포함하는 신호 송수신 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상술한 목적을 달성하기 위한 송신기는 이진 신호를 입력받는 입력부, 상기 입력부로부터 전송된 상기 이진 신호를 이용하여 3차원 신호성상도를 생성하는 3차원 신호성상도 생성부, 상기 3차원 신호성상도 생성부로부터 전송받은 상기 3차원 신호성상도를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 좌표 분할부, 상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 처리부, 상기 처리부로부터의 출력 신호에 대하여 합 연산을 수행하여 송신 신호를 생성하는 가산기 및 상기 가산기로부터 수신한 상기 송신 신호를 송신하는 통신부를 포함할 수 있다.
- [0012] 여기에서 상기 3차원 신호성상도는, 신호성상도 상의 신호점의 수(N_s)와 이들에 대응되는 비트수(N_b)를 포함하며, 상기 비트수는 3의 배수가 아니며, 상기 신호점의 수에 밑이 2인 로그를 취한 값은 3의 배수가 아닐 수 있다.
- [0013] 또한 상기 3차원 성상도는, 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체 및 상기 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체의 각각의 면에 배치되는 6개의 보조 구조체를 포함할 수 있다.
- [0014] 아울러 송신기의 3축 좌표 신호는 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호를 포함하며, 상기 처리부는 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부를 포함하며, 상기 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부는 각각 상기 x좌표 신호, 상기 y좌표 신호, 상기 z좌표 신호에 각각 x좌표 직교 기저 함수, y좌표 직교 기저 함수, z좌표 직교 기저 함수를 곱 연산할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 수신기는 신호를 수신하는 통신부, 상기 통신부로부터 수신된 상기 신호를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 좌표 분할부, 상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 각각 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 처리부, 상기 처리부로부터 수신한 상기 곱 연산된 신호들을 각각 적분하는 적분부 및 상기 적분된 신호들에 대하여 합 연산을 수행하여, 3차원 신호성상도를 생성하는 복원부를 포함할 수 있다.
- [0016] 여기에서 상기 3차원 신호성상도는, 신호성상도 상의 신호점의 수(N_s)와 이들에 대응되는 비트수(N_b)를 포함하며, 상기 비트수는 3의 배수가 아니며, 상기 신호점의 수에 밑이 2인 로그를 취한 값은 3의 배수가 아닐 수 있다.
- [0017] 또한 상기 3차원 성상도는, 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체 및 상기 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체의 각각의 면에 배치되는 6개의 보조 구조체를 포함할 수 있다.
- [0018] 아울러 수신기의 3축 좌표 신호는 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호를 포함하며, 상기 처리부는 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부를 포함하며, 상기 x좌표 처리부, y좌표 처리부, z좌표 처리부는 각각 상기 x좌표 신호, 상기 y좌표 신호, 상기 z좌표 신호에 각각 x좌표 직교 기저 함수, y좌표 직교 기저 함수, z좌표 직교 기저 함수를 곱 연산하며, 상기 적분부는 x좌표 적분부, y좌표 적분부, z좌표 적분부를 포함하며, 상기 x좌표 적분부, 상기 y좌표 적분부, 상기 z좌표 적분부는 각각 곱 연산된 신호를 적분할 수 있다.
- [0019] 또한 수신기는 상기 x좌표 적분부, 상기 y좌표 적분부, 상기 z좌표 적분부에 각각 연결된 x좌표 스위치, y좌표 스위치, z좌표 스위치를 더 포함할 수 있으며, 상기 x좌표 스위치, 상기 y좌표 스위치, 상기 z좌표 스위치는 심볼 구간(symbol duration) 동안 턴온(turn-on)되어, 이에 따라 상기 x좌표 적분부, 상기 y좌표 적분부, 상기 z좌표 적분부가 상기 심볼 구간동안 적분을 수행할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 송수신 시스템은 송신기 및 수신기를 포함할 수 있다.
- [0021] 여기에서 송신기는, 이진 신호를 입력받는 입력부, 상기 입력부로부터 전송된 상기 이진 신호를 이용하여 3차원 신호성상도를 생성하는 3차원 신호성상도 생성부, 상기 3차원 신호성상도 생성부로부터 전송받은 상기 3차원 신호성상도를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 제 1 좌표 분할부, 상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 제 1 처리부, 상기 제 1 처리부로부터의 출력 신호에 대하여 합 연산을 수행하여 송신 신호를 생성하는 가산기 및 상기 가산기로부터 수신한 상기 송신 신호를 송신하는 제 1 통신부를 포함할 수 있다.
- [0022] 또한 송수신 시스템의 수신기는, 신호를 수신하는 제 2 통신부, 상기 제 2 통신부로부터 수신된 상기 신호를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 제 2 좌표 분할부, 상기 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 각각 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 제 2 처리부, 상기 제 2 처리부로부터 수신한 상기 곱 연산된 신호들을

적분하는 적분부 및 상기 적분된 신호들에 대하여 합 연산을 수행하여, 3차원 신호성상도를 생성하는 복원부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 다양한 실시 예들에 따라, 직교변환방식을 적용하여 십자 격자형 3차원 성상도를 이용하는 송,수신기 및 송수신 시스템이 제공되며, 이에 따라 2D QAM을 적용한 경우에 비하여 최대 105%까지 증가된 minimum Euclidean distance(MED)를 획득할 수 있으며, 결국 더 낮은 symbol error probability(SEP)를 가지게 된다.

[0024] 이에 의하여, 더 높은 정도의 3D constellation이 가능하며, 고효율 및 고품질의 디지털 통신의 구현이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신기의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수신기의 블록도이다.

도 3a 및 3b는 완전 격자형 3차원 성상도를 설명하기 위한 개념도이다.

도 4a는 신호점의 수가 32개인 32진 신호성상도, 4b는 128진 신호성상도, 4c는 256진 신호성상도의 개념도이다.

도 5a 및 5b는 32진 신호성상도의 판정 영역을 설명하기 위한 개념도이다.

도 6a 내지 6d는 128진 신호성상도의 판정 영역을 설명하기 위한 개념도이다.

도 7a 내지 7f는 256진 신호성상도의 판정 영역을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하에서는 본 발명의 다양한 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신기의 블록도이다. 도 1에 도시된 바와 같이 송신기는 입력부(110), 3차원 신호성상도 생성부(120), 좌표 분할부(130), x, y, z 좌표 처리부(141,142,143), 가산기(145) 및 통신부(150)를 포함한다.

[0028] 입력부(110)는 디지털 신호를 입력받을 수 있는 인터페이스 장치일 수 있다. 입력부(110)에서는 디지털 신호를 입력받으며, 입력되는 디지털 신호는 3D 촬영 신호일 수 있다.

[0029] 입력부(110)는 직접적인 전기적으로 연결 가능한 단자의 형태로 구현될 수도 있지만, 무선 통신으로도 입력부(110)가 디지털 신호를 입력받는 구성은 당업자에게 자명할 것이다.

[0030] 입력부(110)로부터 입력받은 디지털 신호는 3차원 신호성상도 생성부(120)로 전송될 수 있다.

[0031] 3차원 신호성상도 생성부(120)는 디지털 신호로부터 3차원 신호성상도를 생성할 수 있다. 특히 일련의 이진 데이터 스트림은 이에 대응하는 실수 또는 허수 데이터 시퀀스로 변환될 수 있다.

[0032] 여기에서 신호성상도는 유한한 수의 이진 정보를 대응시킬 수 있는 유한개의 원소로 구성된 신호 집합을 신호 공간에 대응시킨 것이다. 본 발명은 하나의 중심을 가지는 다수의 동심구(concentric sphere)의 표면에 위치하는 3차원 신호성상도를 이용하도록 한다.

[0033] 3차원 신호성상도를 생성하는 구체적인 구성에 대하여서는 더욱 상세하게 후술하도록 한다.

[0034] 3차원 신호성상도 생성부(120)에 의하여 생성된 3차원 신호성상도는 좌표 분할부(130)로 전송된다. 좌표 분할부(130)는 직교변환 방식에 따라서 3차원 신호성상도를 3축 좌표 신호, 즉 x, y, z좌표 신호로 분할한다.

[0035] 좌표 분할부(130)에 의하여 분할된 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호는, 각각 x 좌표 처리부(141), y좌표 처리부(142), z좌표 처리부(143)로 전송된다. x 좌표 처리부(141), y좌표 처리부(142), z좌표 처리부(143)를 포함하며 처리부로 통칭할 수 있다.

[0036] 여기에서 x 좌표 처리부(141), y좌표 처리부(142), z좌표 처리부(143)는 각각 병렬로 좌표 분할부(130)에 연결될 수 있다.

[0037] 각각의 좌표 처리부(141,142,143)는 분할된 각 좌표 신호에 대하여 기설정된 각각의 직교 기조 함수($\phi_x(t)$, ϕ

$y(t)$, $\phi z(t)$)로 곱 연산을 수행할 수 있다. 각각의 좌표 처리부(141,142,143)에 의하여 각 좌표에 해당하는 변조된 신호가 생성될 수 있다.

- [0038] 각각의 좌표 처리부(141,142,143)에 의하여 생성된 각 좌표에 해당하는 변조된 신호는 가산기(145)에 의하여 더하여 질 수 있으며, 세 가지 좌표에 해당하는 변조된 신호가 더해진 신호는 출력신호(s)로서 통신부(150)로 전송된다.
- [0039] 통신부(150)는 출력신호(s)를 외부로 향하여 전송할 수 있다. 통신부(150)가 출력신호를 외부에 전송하는 구성은 유/무선 모두에서 구현될 수 있음은 자명하다.
- [0040] 이하에서는, 도 2와 관련하여 송신기(100)에 의하여 전송되는 출력 신호(s)를 수신 신호(r)로서 수신하는 수신기(200)에 대하여 설명하도록 한다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수신기(200)의 블록도이다.
- [0042] 도 2에 도시된 바와 같이, 수신기(200)는 통신부(210), 좌표 분할부(220), x, y, z 좌표 처리부(231,232,233), x, y, z 좌표 적분부(236,237,238), x, y, z 스위치(241,242,243) 및 복원부(250)를 포함할 수 있다. 다만, 설명의 편의를 위하여, 송신기(100) 측의 구성 요소를 "제 1"로 명명하도록 하며, 수신기(200) 측의 구성 요소를 "제 2"로 명명할 수도 있다. 또한 x, y, z 좌표 처리부(231,232,233)를 통칭하여 처리부로 명명할 수 있으며, x, y, z 좌표 적분부(236,237,238)를 통칭하여 적분부, x, y, z 스위치(241,242,243)를 통칭하여 스위치로 명명할 수 있다.
- [0043] 통신부(210)는 송신기(100)측의 통신부(150)로부터 송신된 출력 신호(s)를 수신 신호(r)로서 수신할 수 있다. 더욱 상세하게는 수신 신호 $r=s+n$ 으로 표현될 수 있다. 통신부(210)와 관련한 설명은 송신기(100) 측의 통신부(150)와 동일하며, 이에 따라 상세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0044] 통신부(210)에 의하여 수신된 수신 신호(r)는 좌표 분할부(220)로 전송될 수 있다.
- [0045] 좌표 분할부(220)는 수신 신호(r)를 각각의 직교하는 좌표인 x, y, z좌표에 대하여 분할할 수 있으며, 이에 따라서 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호가 각각 생성될 수 있다.
- [0046] 생성된 x좌표, y좌표, z좌표 신호는 각각 x좌표 처리부(231), y좌표 처리부(232), z좌표 처리부(233)로 전송된다.
- [0047] 각각의 좌표 처리부(231,232,233)는 우선 각각의 좌표에 대한 신호인 x좌표 신호, y좌표 신호, z좌표 신호에 대하여 직교 기저 함수와 함께 곱 연산을 수행할 수 있다. 또한 각각의 좌표 처리부(231,232,233)는 곱 연산이 수행된 신호에 대하여 적분 연산을 수행할 수 있다. 적분 연산된 각 좌표의 신호들은 복원부(250)로 전송될 수 있다. x, y, z 스위치(241,242,243)는 심볼 구간(symbol duration, T_s)동안만 단락되어, 각 좌표의 신호들에 대한 적분이 T_s 동안 수행되도록 제어할 수 있다.
- [0048] 복원부(250)는 각 좌표의 적분 연산된 신호들에 대하여 합 연산을 수행할 수 있으며, 합 연산된 각 좌표의 신호들은 출력 신호를 생성한다.
- [0049] 본 발명의 실시 예에 의하여, 상술한 송신기 및 상술한 수신기를 포함하는 송수신 시스템도 구현될 수 있다.
- [0050] 본 발명의 일 실시 예에 따른 송수신 시스템은 송신기 및 수신기를 포함할 수 있다. 여기에서 송신기는 이진 신호를 입력받는 입력부, 입력부로부터 전송된 이진 신호를 이용하여 3차원 신호성상도를 생성하는 3차원 신호성상도 생성부, 3차원 신호성상도 생성부로부터 전송받은 3차원 신호성상도를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 제 1 좌표 분할부, 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 제 1 처리부, 제 1 처리부로부터의 출력 신호에 대하여 합 연산을 수행하여 송신 신호를 생성하는 가산기 및 가산기로부터 수신한 송신 신호를 송신하는 제 1 통신부를 포함할 수 있다.
- [0051] 또한 송수신 시스템의 수신기는 신호를 수신하는 제 2 통신부, 제 2 통신부로부터 수신된 신호를, 서로 직교하는 3축 좌표 신호로 분할하는 제 2 좌표 분할부, 3축 좌표 신호 각각에 대하여, 각각 대응하는 직교 기저 함수로 곱 연산을 수행하는 제 2 처리부, 제 2 처리부로부터 수신한 곱 연산된 신호들을 적분하는 적분부 및 적분된 신호들에 대하여 합 연산을 수행하여, 3차원 신호성상도를 생성하는 복원부를 포함할 수 있다.
- [0052] 이하에서는, 송신기(100) 및 수신기(200)에서의 상술한 일련의 과정을 복수의 수학적식과 관련하여 설명하도록 한다.

[0053] 본 발명의 일 실시 예에 따른 디지털 신호는 M개의 벡터를 포함하는 3D 신호일 수 있으며, 이는 $\{S_{(i)}\}$, $i=1,2,\dots,M$ 으로 표현할 수 있다. 집합 S , 즉 $\{S_{(i)}\}$ 를 3차원 신호성상도로 표현할 수 있으며, 이는 3차원 신호성상도 생성부(120)에서 수행된다. 3차원 신호성상도가 생성되면, 디지털 신호는 3차원 좌표인 (x,y,z) 로 표현될 수 있다.

[0054] 좌표 분할부(130)는 (x,y,z) 로 표현된 3차원 신호성상도의 좌표를 각각의 좌표로 분할할 수 있다. 즉 임의의 값을 가지는 x 값, y 값, z 값으로 분할하여, 각각의 좌표에 대한 값들에 대하여 독립적인 작업을 수행할 수 있다.

[0055] 상술한 바와 같이, 분할된 각 좌표에 대한 값들은 각각의 직교 기저(basis) 함수들과 곱 연산이 수행되며, 이러한 과정은 x,y,z 좌표 처리부(141,142,143)에 의하여 수행될 수 있다. 각각의 직교 기저 함수들과 곱 연산이 수행된 각 좌표의 값은 가산기(145)에 의하여 합 연산이 수행될 수 있다.

[0056] 더욱 상세하게는, 그람-슈미트(Gram-Schmidt) 직교화 과정에 의하여, 임의의 시간에서의 전송신호(s)는 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$s(t)=x\phi_x(t)+y\phi_y(t)+z\phi_z(t)$$

[0057]

[0058] 수학식 1에서의 (x,y,z) 는 심볼의 3D 좌표이며, $\phi_x(t), \phi_y(t), \phi_z(t)$ 는 직교 기저 함수이다. 수학식 1에 나타난 바와 같이, x,y,z 값 각각에 대하여 직교 기저 함수 $\phi_x(t), \phi_y(t), \phi_z(t)$ 가 곱해져 있는 것을 확인할 수 있으며, 전송 신호(s)는 $x\phi_x(t), y\phi_y(t), z\phi_z(t)$ 이 합하여진 결과인 것을 확인할 수 있다.

[0059] 송신기(100)는 전송 신호(s)를 상술한 바와 같이 수신기(200)로 전송할 수 있다.

[0060] 수신기(200)는 전송 신호(s)된 신호를 수신할 수 있다. 수신기(200)에서 수신된 수신 신호(r)은 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$r(t)=s(t)+n(t)$$

[0061]

[0062] 수학식 2에서 $n(t)$ 는 가우시안 랜덤 프로세스(Gaussian random process)에 의한 것이며, $n_x\phi_x(t), n_y\phi_y(t), n_z\phi_z(t)$ 로 표현될 수도 있다. n_x, n_y, n_z 는 서로 독립이며, 평균이 0이며 σ^2 의 분산을 가지는 단일하게 분포된 가우시안 랜덤 변수들이다.

[0063] 상술한 바와 같이, 좌표 분할부(220)는 수신 신호(r)를 각각의 좌표로 분할할 수 있으며, x,y,z 좌표 처리부(231)는 각 좌표의 값에 대하여 직교 기저 함수 $\phi_x(t), \phi_y(t), \phi_z(t)$ 과 곱 연산을 수행할 수 있다.

[0064] 이후, x, y, z 좌표 적분부(236,237,238)는, 심볼 구간 동안 각 좌표의 값에 대하여 적분 연산을 수행할 수 있다.

[0065] 이러한 과정을 하기의 수학식들로 표현할 수 있다.

수학식 3

$$\hat{x} = \int_0^{T_s} r(t) \cdot \phi_x(t) dt,$$

[0066]

수학식 4

$$\hat{y} = \int_0^{T_s} r(t) \cdot \phi_y(t) dt,$$

[0067]

수학식 5

$$\hat{z} = \int_0^{T_s} r(t) \cdot \phi_z(t) dt,$$

[0068]

[0069] 수학식 3,4,5의 T_s 는 심볼 구간이다.

[0070] 복원부(250)는 수학식 3,4,5에 의한 값들에 대하여 합 연산을 수행하여 출력 신호를 생성할 수 있다.

[0071] 이하에서는, 본 발명의 다양한 실시 예들에 의한 십자 격자형 3차원 신호성상도의 생성 방법에 대하여 설명하도록 한다.

[0072] 십자 격자형 3차원 신호성상도를 더욱 명확하게 설명하기 위하여, 종래의 완전 격자형(정육면체형) 3차원 신호성상도와 비교하며 설명하도록 한다.

[0073] 우선 3차원 완전 격자형 성상도는 신호성상도가 하나의 정육면체 형 큐브를 형성한다. 이러한 성상도 구조의 경우 전송효율은 임의의 정수가 될 수 있다. 즉, 3차원 신호 공간의 각 좌표 방향으로 전송되는 비트수가 정수이므로 각각의 신호점이 전송되는 비트수는 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$N_b = \log_2 N_s = 3a, \text{ or } N_s = (2^a)^3$$

[0074]

[0075] 수학식 6에서 a 는 1보다 큰 임의의 정수일 수 있으며, N_s , N_b 는 각각 신호성상도 상의 신호점의 수와 이들에 대응되는 비트수이다.

[0076] 수학식 6에서 a 의 최소값은 2인 경우이며, 이 때의 N_s 는 64이며, 이에 대응하는 3차원 완전 격자형 성상도는 도 3a에 도시되어 있다.

[0077] 또한 차원당 3비트를 전송할 수 있는 완전 격자형 성상도는 도 3b에 도시되어 있다.

[0078] 이하에서는, 상술한 3차원 완전 격자형 성상도와 대조되는 본 발명의 실시 예에 따른 3차원 십자 격자형 성상도에 대하여 설명하도록 한다.

[0079] 각 신호점에 대응되는 비트수가, 수학식 6과는 상이하게 3의 배수로 표현되지 않으면 완전 격자형 성상도 구조의 모서리(꼭지점) 부분에 신호점이 존재하지 않는 3차원 십자 격자형 구조로 표현될 수 있다.

[0080] 3가지 3차원 십자 격자형 성상도를 4a 내지 4c에 도시한다.

[0081] 도 4a는 신호점의 수가 32개인 32진 신호성상도, 4b는 128진 신호성상도, 4c는 256진 신호성상도를 나타낸다.

[0082] 도 4a 내지 도 4c에 도시된 바와 같이 십자 격자형 성상도는 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체 및 정육면체형 성상도 구조 중심 구조체의 각각의 면에 배치되는 6개의 보조 구조체를 포함하는 형태로 나타난다.

[0083] 도 4a에서 32진 성상도의 내부의 8개의 신호점들은 원점으로부터 동일한 거리에 위치하고 외부의 24개 신호점들은 원점으로부터 동일한 거리에 있으므로 반지름이 서로 다른 2개의 동심구의 표면에 모든 신호점들을 분포시킬

수 있다.

[0084] 이하에서는, 도 4a 내지 4c에 나타난 3차원 십자 격자형 신호성상도들에 대한 심볼오류확률에 대하여 도면 및 수학적식을 참조하여 설명하도록 한다.

[0085] 우선, 가산성 백색 가우시안 잡음채널에서의 신호의 확률밀도함수(probability density fuction, 이하 PDF)는 수학적식 7과 같이 표현할 수 있다.

수학적식 7

$$f_{XYZ}(x,y,z)=\frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma)^3}\exp\left[-\frac{(x-m_x)^2+(y-m_y)^2+(z-m_z)^2}{2\sigma^2}\right]$$

[0086]

[0087] 수학적식 7에서, m_x, m_y, m_z 는 3차원 신호 공간의 축방향 가우시안 잡음 평균이고, σ^2 은 분산이다. 가우시안 잡음은 통계적으로 서로 독립이며, 동일한 분포를 가질 수 있다.

[0088] 3차원 공간에서 신호성상도는 원점과 각 축에 대하여 대칭을 이루기 때문에 심볼오류확률의 계산은 x, y, z 좌표의 양의 방향에 해당하는 1/8 공간(octant space)에 존재하는 신호점만을 대상으로 할 수 있다.

[0089] 이하에서는, 도 4a에 도시된 32진 신호성상도와 관련한 심볼오류확률에 대하여 설명하도록 한다.

[0090] 신호점이 32개인 경우 1/8 공간에는 도 5a에 도시된 바와 같이 4개의 신호점이 존재한다. 4개의 신호점 가운데 최내각에 위치하는 신호점의 판정영역은 정육면체의 경계(decision boundary)로 둘러싸인 내부이며, 이에 따라 신호에 대한 정판정확률(probability of correct decision) P_{c1} 은 수학적식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학적식 8

$$P_{c1} = \int_0^d \int_0^d \int_0^d \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{3/2}} \times \exp\left[-\frac{(x-d/2)^2+(y-d/2)^2+(z-d/2)^2}{2\sigma^2}\right] dx dy dz$$

$$= V_{ABCD-EFGH} = (1-2u)^3,$$

[0091]

[0092] 수학적식 8에서 d 는 판정영역을 나타내는 정육면체의 변의 길이로, 신호점 간의 최소 유클리드 거리이다. 또한 u 는 $Q/(d/2\sigma)$ 이며, Q 는 공지된 Q -함수이다. $V_{ABCD-EFGH}$ 는 꼭지점 ABCD가 이루는 면을 EFGH가 이루는 면까지 확장하여 형성되는 도형의 부피를 나타낸다.

[0093] 32진 성상도의 1/8 공간에서 바깥쪽에 위치하는 3개의 신호점은 동일한 판정영역을 갖는다. 따라서, 신호점 $(x, y, z) = (3d/2, d/2, d/2)$ 에 대한 정판정확률을 구하면, 수학적식 9와 같이 표현될 수 있다.

수학적식 9

$$P_{c2} = V_{EFGH-IJKL} + 2V_{MEI-NFJ} + V_{F-NOPJ} = 1 - 3u + 10u^2/3 - 7u^3/3 + 2uv - v$$

[0094]

[0095] v 및 $V_{EFGH-IJKL}$ 간의 관계는 수학적식 10으로 표현된다.

수학식 10

$$v = Q\left(\frac{\sqrt{2}d}{2\sigma}\right), V_{EFGH-IJKL} = (1-u)(1-2u)^2$$

[0096]

[0097] 또한, $V_{MEI-NFJ}$ 및 V_{F-NOPJ} 의 관계는 각각 수학식 11 및 수학식 12로 표현된다.

수학식 11

$$V_{MEI-NFJ} = V_{JFP-KGQ} = 1/2[(1-v)^2(1-2u) - (1-u)(1-2u)^2 - 1/4(1-2v)^2(1-2u) + 1/4(1-2u)^3]$$

[0098]

수학식 12

$$V_{F-NOPJ} = 1/3[(1-u)^3 - 2(1-u)^2(1-2u) + (1-u)(1-2u)^2]$$

[0099]

[0100] 전체 32진 성상도는 수학식 7에 의한 정판정확률을 가지는 신호점 8개와 수학식 8에 의한 정판정확률을 가지는 신호점 24개로 구성될 수 있다. 이에 따라, 이들 신호점들의 평균적인 심볼오류확률은 수학식 13과 같이 계산될 수 있다.

수학식 13

$$P_{e,32} = \frac{15}{4} Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{9N_0}}\right)^3 - \frac{11}{2} Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{9N_0}}\right)^2 + \frac{15}{4} Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{9N_0}}\right) + \frac{3}{4} Q\left(\sqrt{\frac{4E_s}{9N_0}}\right)^3 - \frac{3}{2} Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{9N_0}}\right) Q\left(\sqrt{\frac{4E_s}{9N_0}}\right)$$

[0101]

[0102] 수학식 13에서 E_s 는 $1/32\{ [8[(d/2)^2 + (d/2)^2 + (d/2)^2] + 24[(3d/2)^2 + (d/2)^2 + (d/2)^2] \}$ 이며, 이는 심볼 당 평균 에너지를 나타내며, N_0 는 $2\sigma^2$ 이며, 이는 단측 잡음 스펙트럼 밀도를 나타낸다.

[0103] 이에 따라서 도 5b에 도시된 바와 같은 외각 심볼들의 판정 영역을 얻을 수 있다.

[0104] 이하에서는, 도 4b에 도시된 128진 성상도의 심볼오류확률에 대하여 설명하도록 한다.

[0105] 신호점이 128개인 경우 1/8 공간에는 도 6a 내지 6d에 도시된 바와 같은 16개의 신호점과 4개의 판정 영역이 존재한다.

[0106] 도 6a 및 6b의 판정 확률은 신호점이 32개인 경우의, P_{cl} 및 $V_{EFGH-IJKL}$ 의 정판정확률과 동일하다.

[0107] 도 6c에 도시된 일반적인 3개의 심볼의 위치는 $(3d/2, d/2, 3d/2)$ 이다. 이러한 심볼들의 판정 영역은 두 개의 도형으로 구성된다. 하나는 ABCD 및 EFGH면을 가지는 정육면체이며, 다른 하나는 밑면을 BCGF로 가지며, I의 꼭지점을 포함하는 피라미드이다. 그러므로, 정판정확률은 수학식 14와 같이 표현될 수 있다.

수학식 14

$$P_{c3} = V_{ABCD-EFGH} + V_{I-BCGF} = 1 - 17u/3 + 32u^2/3 - 20u^3/3 + 4us/3 - 4u^{2s/3} - v/3$$

[0108]

[0109] 수학식 14에서 s는 $Q(d\sqrt{3}/2\sigma)$ 이다.

[0110] 대칭에 의하여, 도 6d의 여섯 개의 외각 심볼은 동일한 판정 영역을 가진다. $(5d/2, 2d/2, d/2)$ 에 위치하는 심볼의 정판정확률은 수학식 15에 의하여 결정될 수 있다.

수학식 15

$$P_{c4} = V_{ABC-EFGH} + V_{JIL-GCN} + V_{ABI-EFJ} + V_{I-JKL}$$

[0112] 또한 수학식 15의 결과는 수학식 16으로도 표현될 수 있다.

수학식 16

$$1 - 35u/12 + 29u^2/12 - 13u^3/6 + uv - uv^2/2 - us/3 - u^2s/6 + us^2/4 + ut/2 - ut^2/2 + v^2/2 - v + vs/2 - s^2/4 - t/2 + t^2/2$$

[0114] 여기에서, t는 수학식 17로 표현할 수 있다.

수학식 17

$$t = Q(3\sqrt{2d/2}\sigma)$$

[0116] 또한 $V_{JIL-GCN}$ 은 두 개의 삼각면 JIL 및 GCN을 가지는 반-정육면체이며, $V_{ABI-EFJ}$ 는 다른 하나의 반-정육면체이다. V_{I-JKL} 은 JKL 밀면을 가지며, I를 꼭지점으로 하는 사면체이다.

[0117] 그러므로, 128진 십자 격자형 성상도의 평균적인 심볼오류확률을 계산하면, 수학식 18과 같이 표현할 수 있다.

수학식 18

$$P_{e,128} = 1 - \frac{1}{128} (32P_{c1} + 24V_{EFGH-IJKL} + 24P_{c3_{48P_{c4}}})$$

[0119] 수학식 18의 결과는 수학식 19로 표현될 수 있다.

수학식 19

$$\frac{3}{8}(1-u)(v-t/2) - \frac{1}{16}(1-u)(v^2+t^2) + \frac{1}{16}s(1-3v) + \frac{3}{32}s^2(1-u) + \frac{1}{16}us(5u-3) + \frac{1}{32}u(154u^2-257u+147)$$

[0121] 수학식 19에 의하여, 128진 십자 격자형 성상도의 평균적인 심볼오류확률이 계산될 수 있다.

[0122] 이하에서는, 도 4c에 도시된 256진 성상도에 대한 심볼오류확률에 대하여 설명하도록 한다.

[0123] 신호점이 256개인 경우 1/8 공간에는 도 7a 내지 7f에 도시된 바와 같이 32개의 신호점과 6개의 판정영역이 존재한다. 도 7a 및 7b에 도시된 신호점들에 대한 정판정확률은 신호점이 128개인 경우와 동일하다.

[0124] 도 7c에 도시된 여섯 개의 판정 영역은 ABCD 및 EFGH를 가지는 정육면체 및 두 개의 삼각면 BIC 및 FGJ를 가지는 반-육면체로 구성된다. 이에 따라, 심볼의 정판정확률은 $V_{ABCD-EFGH}$ 및 $V_{BIC-FGJ}$ 의 합과 같고, 그 결과는 수학식

20과 같이 표현된다.

수학식 20

$$[0125] \quad 1-5u+35u^2/4-11u^3/2+3uv/2-uv^2-3v/4+v^2/2-t/4+vt/2-s^2/4+3us^2/2-u^2s+us-uv$$

[0126] 도 7d의 심볼 판정 영역은 도 7c의 판정 영역과 매우 유사하지만, 판정 경계가 상이하다. (3d/2,d/2,7d/2)에서의 판정 영역은 $V_{ABCD-EFGH}$ 와 $V_{BIF-CJG}$ 의 합산이며, 그 결과는 수학식 21로 표현될 수 있다.

수학식 21

$$[0127] \quad 1-4u+21u^2/4-5u^3/2-uv/2+uv^2-v^2/2+v/4-t/4+vt/2-s^2/4+us/2+us^2/2-u^2s+ut/2-uv$$

[0128] 여기서 w 는 수학식 22로 표현될 수 있다.

수학식 22

$$[0129] \quad w=Q(\sqrt{2d}/\sigma)$$

[0130] 도 7e 및 7f에 도시된 바와 같이, 면에 접하지 않는 여섯 개의 심볼들이 존재한다. 양측의 심볼 집합의 판정 영역은 매우 유사하다. 도 7e의 (3d/2,3d/2,5d/2)에서의 정판정확률은, $V_{ABCD-EFGH}+V_{EMH-FLG}+V_{BIC-FJG}+V_{G-FJKL}$ 이며, 그 결과는 수학식 23으로 표현될 수 있다.

수학식 23

$$[0131] \quad 1-4u+35u^2/6-11u^3/3+4uv-2uv^2-3v/2-t/2+vt-s^2/6-2us/3+us^2/3-2u^2s/3+ut-2uv$$

[0132] 도 7f의 판정 영역은 도 7e의 판정 영역과 동일하지만, 상이한 경계를 가진다. 그러므로, (3d/2,3d/2,7d/2)에 위치한 심볼의 정판정확률은 $V_{DCGH-ABEF}+V'_{EMH-FLG}+V'_{BIC-FJG}+V'_{G-FJKL}$ 이며, 그 결과는 수학식 24와 같이 표현될 수 있다.

수학식 24

$$[0133] \quad 1-3u+4u^2-3u^3/2-uv/2+uv^2-us^2/3-2s^2/3-s^3/2+3vs/2-sv^2+uv-w/2+ut/2-vw-t/2+st/2+2vws-vst-uv$$

[0134] 여기에서, A,B,I,E,F,J,M,L, 및 K는 무한일 수 있다. 정상도의 평균 심볼에러확률은 수학식 25 및 26으로 나타낼 수 있다. 수학식 26은 수학식 25의 결과값이다.

수학식 25

$$[0135] \quad P_{e,256}=1-\frac{1}{256} (88P_{c1}+24V_{EFGH-IJKL}+48P_{c5}+48P_{c6}+24P_{c7}+24P_{c8})$$

수학식 26

$$\frac{1}{64}(309u^3-539u^2+43u^2s-33uv-27us^2-21ut+11s^2+3s^3+15v-15w-3vs-3ts)$$

$$+\frac{1}{32}(21uvt-9uw-3v^2+3uv^2+3v^2s+3vw+3vts)$$

$$+\frac{1}{16}(3t-3svw-9uw)+\frac{1}{8}(3w-3vt-us+39u)$$

이에 따라 256진 3차원 신호성상도의 에러 확률을 획득할 수 있다.

이하에서는, 상술한 세 가지 32,128,256진 신호성상도를 사용한 경우를 2차원 QAM 성상도를 사용한 경우와의 최소 유클리디안 거리를 비교하도록 한다.

2차원 신호성상도와 3차원 신호성상도를 비교한 결과는 표 1에 나타난 바와 같다.

표 1

성상도 진수	2차원 신호성상도	3차원 신호성상도	증가율(%)
32진	0.4472	0.6667	49.1
128진	0.2209	0.4083	84.8
256	0.1534	0.3143	104.9

표 1에 나타난 바와 같이, 32진의 경우 최소 유클리디안 거리는, 3차원 신호성상도에서 약 49% 증가한다. 최소 유클리디안 거리의 증가는 심볼의 개수와 비례한다. 이에 따라, 3차원 십자 격자형 신호성상도에서 신호점의 수가 증가함에 따라, 에러 특성이 향상된다.

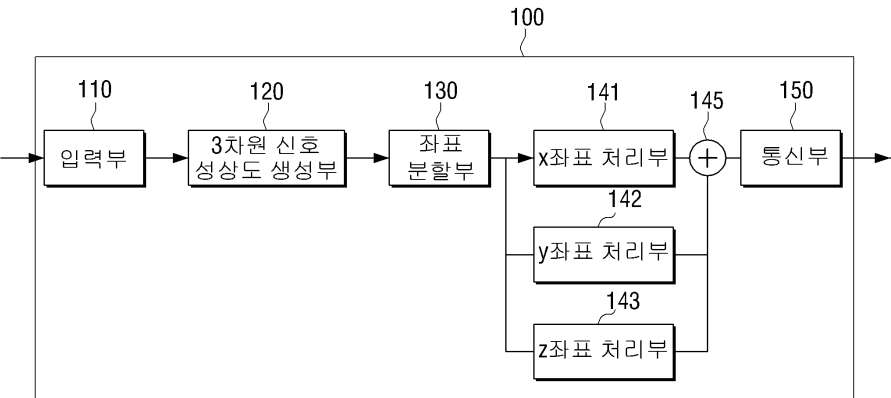
이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 누구든지 본 발명의 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범주 내에서 본 발명의 바람직한 실시 예를 다양하게 변경할 수 있음은 물론이다. 따라서 본 발명은 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어나지 않는다면 다양한 변형 실시가 가능할 것이며, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

부호의 설명

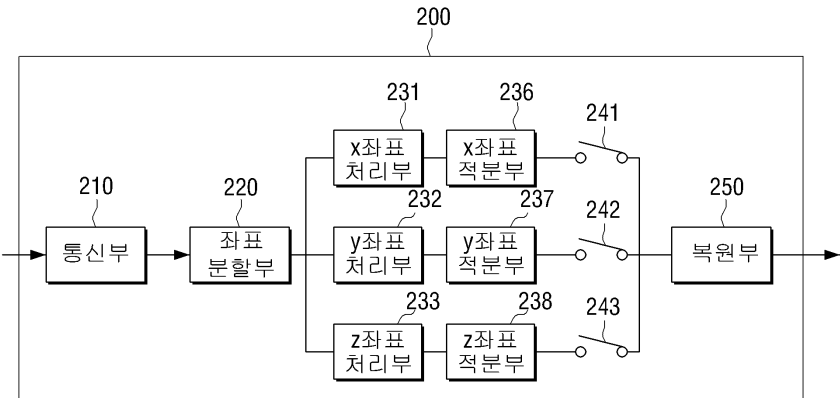
- 100 : 송신기
110 : 입력부
120 : 3차원 신호 생성부
130 : 좌표 분할부
141,142,143 : x,y,z 좌표 처리부
145 : 가산기
150 : 통신부
200 : 수신기
210 : 통신부
220 : 좌표 분할부
231,232,233 : x,y,z 좌표 처리부
241,242,243 : x,y,z 스위치
250 : 복원부

도면

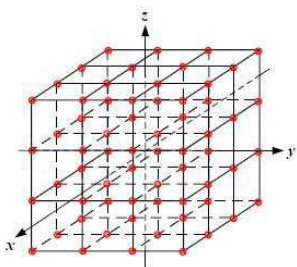
도면1



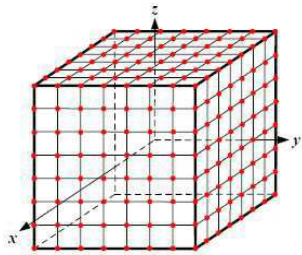
도면2



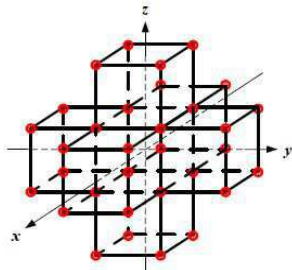
도면3a



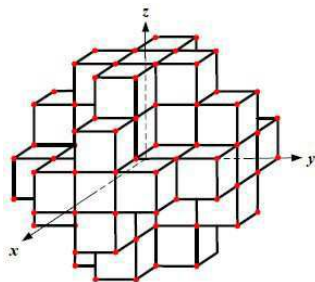
도면3b



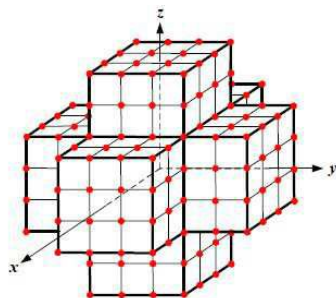
도면4a



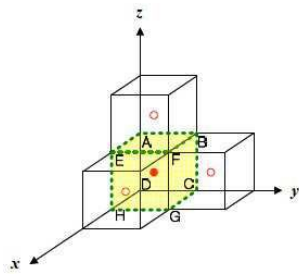
도면4b



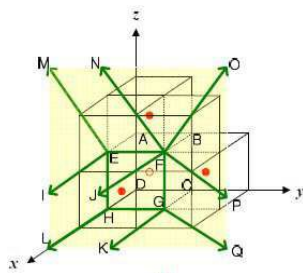
도면4c



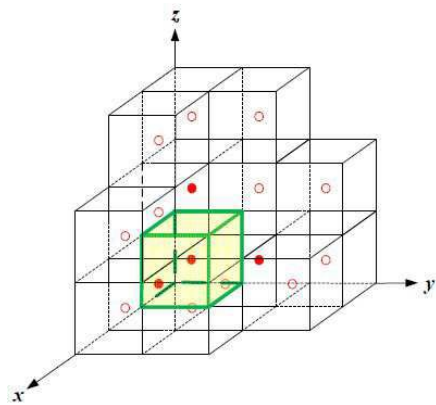
도면5a



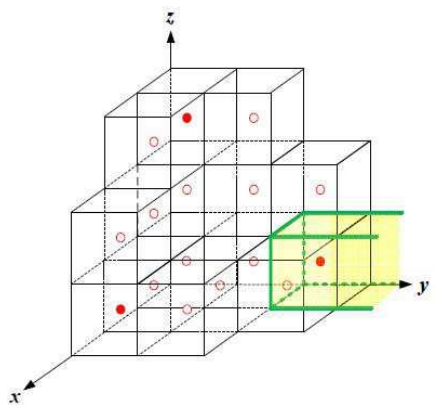
도면5b



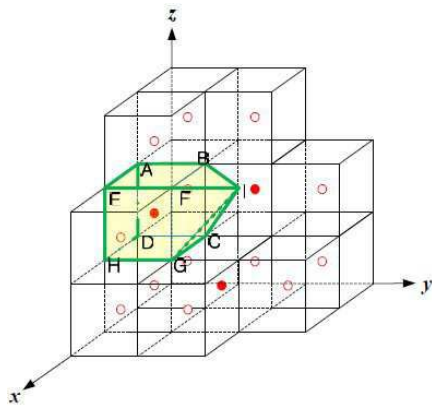
도면6a



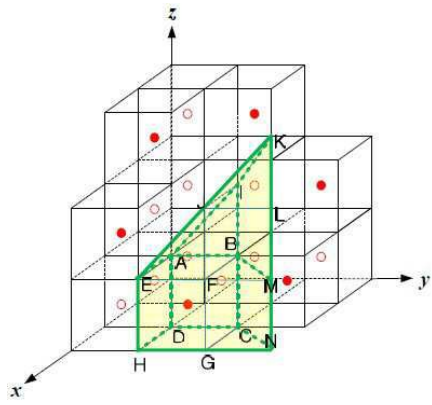
도면6b



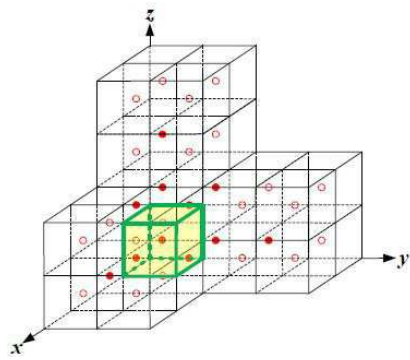
도면6c



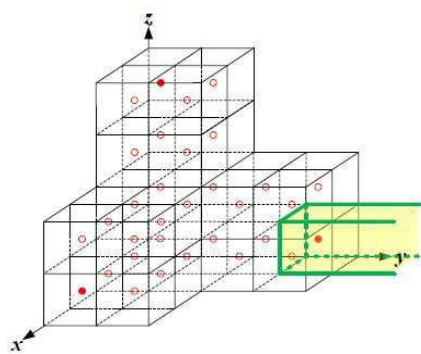
도면6d



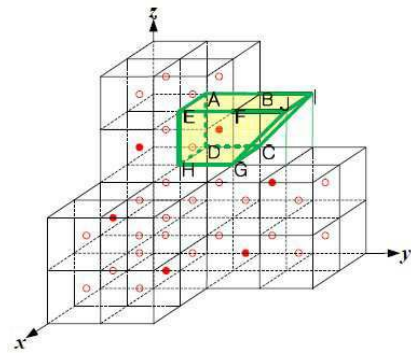
도면7a



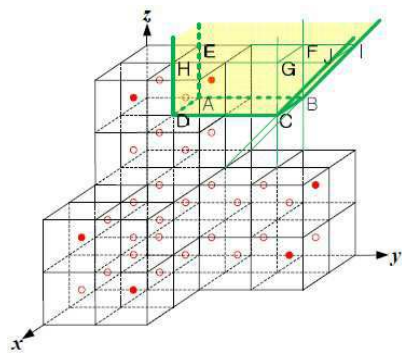
도면7b



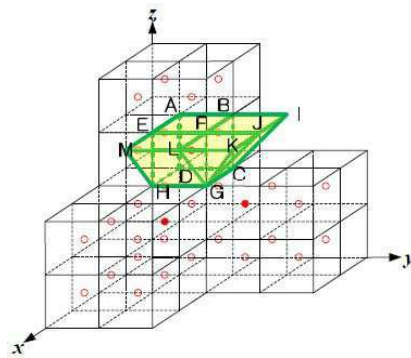
도면7c



도면7d



도면7e



도면7f

