

(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
H03M 13/25

(11) 공개번호 특2002 - 0004068
(43) 공개일자 2002년01월16일

(21) 출원번호 10 - 2000 - 0037423
(22) 출원일자 2000년06월30일

(71) 출원인 오성근
경기 수원시 장안구 조원동 881 한일타운아파트 154 - 1502
(72) 발명자 오성근
경기 수원시 장안구 조원동 881 한일타운아파트 154 - 1502
윤수웅
경기도수원시권선구권선동신안아파트307동1206호
(74) 대리인 오세중

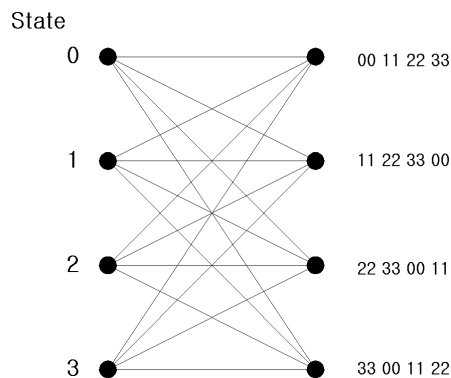
심사청구 : 있음

(54) 무선통신을 위한 스페이스 - 타임 트렐리스 부호의 생성방법

요약

본 발명은 다수의 송신안테나를 사용하는 고속의 데이터를 전송하기 위한 무선통신 방식에 있어, 독립된 페이딩의 영향을 받는 다수의 송신 안테나로부터의 신호가 수신 안테나에 입력될 때 부호들간의 유클리드 거리가 최대가 되도록 공간적으로 부호화하는 최적의 스페이스 - 타임 트렐리스 부호 생성방법에 관한 것이다.

대표도



색인어

스페이스 - 타임 트렐리스 부호

명세서

도면의 간단한 설명

도1은 스페이스 - 타임 트렐리스 부호를 송신하는 일반적인 송신부의 블록도.

도2는 4 - PSK 신호의 성상도.

도3은 종래의 4상, 4 - PSK 스페이스 - 타임 트렐리스 부호의 일례를 나타낸 도면.

도4은 본 발명에 따른 4상, 4 - PSK 스페이스 - 타임 트렐리스 부호의 일례를 나타낸 도면.

도5는 도3의 스페이스 - 타임 트렐리스 부호들이 AWGN 전송로를 통하여 수신부에서 형성되는 성상도를 나타낸 도면.

도6는 도4의 스페이스 - 타임 트렐리스 부호들이 AWGN 전송로를 통하여 수신부에서 형성되는 성상도를 나타낸 도면.

도7은 본 발명에 의해 4개의 송신 안테나를 갖는 4상, 4 - PSK 스페이스 - 타임 트렐리스 부호를 나타낸 도면.

< 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 >

10 : 정보원 11 : 성상 매핑 블록

12 : 트렐리스 코딩 13 : S/P

14 : 필터링 블록 15 : 모듈레이터

16 : 송신 안테나

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다수의 송신안테나를 사용하는 고속의 데이터를 전송하기 위한 무선통신 방식에 있어, 독립된 페이딩의 영향을 받는 다수의 송신 안테나로부터의 신호가 수신 안테나에 입력될 때 부호들간의 유클리드 거리가 최대가 되도록 공간적으로 부호화하여 최대의 다이버시티 및 부호화 이득을 얻을 수 있는 최적의 스페이스 - 타임 트렐리스 부호 생성방법에 관한 것이다.

현재 무선통신 분야에서는 고속의 광대역 멀티미디어 서비스 지원에 대한 관심이 매우 높다. 다양한 무선환경에서 높은 통화 품질, 높은 전력 효율 및 주파수 효율을 유지하며 고속의 데이터 전송을 위해서는 다중 경로 페이딩의 영향에 강한 전송방식의 연구가 필수적이다.

일반적인 전송방식과 채널 부호화를 사용하는 통신 시스템에서 가우스(Gauss) 분포를 갖고 스펙트럼이 일정한 백색 잡음(Additive White Gaussian Noise; 이하 AWGN) 환경하에서 BER(Bit Error Rate: 수신측에서 복호된 비트에 대한 오류를 나타내는 단위) 성능을 10^{-2} 에서 10^{-3} 으로 개선하기 위해서는 2dB의 SNR(Signal to Noise Ratio)이 더 요구되지만 다중 경로의 페이딩 환경하에서는 10dB의 SNR이 더 요구된다.

따라서 전력제어, 인터리빙, FEC(Forward Error Correction), 안테나 다이버시티 등의 방법을 사용하여 다중 경로 페이딩 환경의 영향을 줄이고 있다.

한정된 주파수 자원을 활용하여 우수한 품질로 다량의 정보를 전송하는 멀티미디어 전송에 대한 기술은 현재 전송 다이버시티 안테나 방법, 안테나 배열을 사용하는 방법, 그리고 터보 부호화 방법 등이 주가 되고 있으며, 이들 중 다중 안테나를 사용하는 전송방법에 채널 부호화를 결합한 형태인 스페이스 - 타임(space - time) 부호 방법이 상당한 이득이 있는 것으로 나타나고 있다.

상기 스페이스 - 타임 트렐리스 부호는 채널 부호화된 심벌을 안테나에 따라 공간적으로 다시 부호화하여 송신 안테나 배열에 따라서 동시에 전송하는 것을 특징으로 하며, 수신부에서는 일반적으로 비터비 알고리즘을 사용하여 원신호를 복원한다. 상기 부호는 채널 부호화와 다이버시티 기법을 적절히 조합하여 효율적인 성능 개선을 나타낸다. 또한 부호화에 따른 용량이 시간이 아닌 공간적으로 부가되므로 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있기 때문에 고속의 데이터 전송에 적합하며, 대역 제한된 무선 채널에서 용량을 증가시킬 수 있는 방법이다.

도1은 종래의 일반적인 스페이스 - 타임 트렐리스 부호를 생성하는 송신부를 나타낸 블록도로서, 무선통신 장비로부터 랜덤(random)하게 발생하는 바이너리 데이터 시퀀스(binary data sequence)인 정보원(10, information source)과, 상기 바이너리 데이터를 M - PSK 심볼로 매핑(mapping)하는 성상 매핑 블록(11, constellation mapping block)과, 상기 매핑 블록에서 발생된 데이터에 의하여 트렐리스 코딩하는 트렐리스 코딩(trellis coding) 블록(12)과, 상기 트렐리스 코딩된 부호 심벌을 n개의 안테나에서 동시에 전송하기 위하여 분산시키는 S/P(Serial to parallel converter) 블록(13)과, 펄싱(Pulse Shaper) 블록(14), 그리고 모듈레이터(15, modulator)와 안테나(16)로 구성되어 있다.

상기 QPSK의 4개 심볼을 0, 1, 2, 3 이라고 할때 상기 송신부에 의해 출력되는 스페이스 - 타임 트렐리스 부호는 다음과 같다.

도3을 예로 들면, 4개의 상태(state)를 갖는 경우 각 상태에서 나가는 가지는 각각 '00', '01', '02' '33'등의 가지 레벨(branch label)이 할당되어 있다. 각 상태에서 나가는 4개의 가지는 입력되는 4 - PSK 심벌에 따라서 선택된다. 만약 '0' 상태에서 시작되고 입력 심벌이 '0'이면 상태 '0'에 할당된 4개의 가지 중에서 '00'으로 할당된 가지로 진행하며 부호어 '00'이 발생되고 발생된 부호어 '00'은 직병렬 변환기를 거쳐 '0'과 '0'의 신호로 나뉘어져 각각의 안테나에 입력되며 각각의 안테나는 동시에 이 신호들을 전송하게 된다.

수학식 1은 2개의 송신 안테나를 사용하며 4 - PSK 변조방식을 사용하는 경우 도3의 스페이스 - 타임 트렐리스 부호기의 출력의 예이다.

수학식 1

입력 4 - PSK 심벌 : 0 1 2 3 2 2

첫 번째 송신 안테나 출력 부호어 : 0 0 1 2 3 2

두 번째 송신 안테나의 출력 부호어 : 0 1 2 3 2 2

따라서, 도1에서 각 시간 슬롯 t에 스페이스 - 타임 부호기의 출력은 신호 c_i^t 로 표현할 수 있으며 신호 c_i^t 는 $i(1 \leq i \leq N)$ 번째 송신 안테나를 통해 동시에 전송된다.

수신 안테나에서 수신된 신호는 N 개의 독립적인 페이딩을 겪은 전송신호들에 잡음이 섞인 신호가 된다. 만약 안테나의 수가 1, 2, ..., j 개 (j=양의 정수) 라면, j번째 안테나에서 수신된 t번째 신호 d_t^j 는 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$d_t^j = \sum_{i=1}^N a_{i,j} c_t^i + n_t^j$$

이때, c_t^i 는 스페이스-타임 부호기의 출력이며, n_t^j 는 j번째 안테나에서의 잡음으로 평균이 0이며 분산이 $N_0/2$ 인 복소 가우시안 랜덤 변수를 나타내며, $a_{i,j}$ 는 i번째 송신안테나와 j번째 수신안테나 사이의 경로이득이다. 상기 안테나로부터 전송된 신호들은 채널에서 독립적인 페이딩을 겪게 된다.

수신기에서는 복조기가 각각의 수신 안테나 ($1 \leq j \leq M$)에서 수신된 신호로부터 매 심벌 주기 t마다 트렐리스 상에서 가질 수 있는 모든 경로의 경로 가중치(path metric)를 계산하여 누적 가중치 값이 가장 작은 경로를 찾아가는 비터비 알고리즘을 사용하여 원신호를 복원한다. 따라서 상기 수신부에서 채널의 정보를 완벽하게 알고 있다면, 수학식 3과 같이 수신된 데이터 신호와 가능한 신호조합에 의한 자승 오차의 누적치를 계산하여 비터비 알고리즘을 통하여 복원된다.

수학식 3

$$\hat{c}_t^i = \arg \min \left(\sum_{j=1}^M |d_t^j - \sum_{i=1}^N a_{i,j} c_t^i|^2 \right)$$

여기서, c_t^i 는 수신부에서 복원된 신호이며 $X = \{x_t^i\}$ 는 스페이스 타임 부호기에서 출력될 수 있는 모든 신호들의 집합이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 상술한 스페이스-타임 트렐리스 부호의 설계기준은 송신 신호와 수신신호 사이의 오류 행렬(error matrix)의 판별식이 최소가 되도록 부호를 설계하는 것이나, 다수의 송신 안테나를 사용하는 시스템에서 다이버시티 이득을 최대로 얻을 수 없다는 문제점이 있었다.

따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 방법으로, 스페이스-타임 신호가 수신 안테나에 입력될 때 일정한 구성요소들로 이루어진 성상도를 형성하고, 복호시 부호들간의 유클리드 거리가 클수록 그 성능이 향상된다는 점을 근거로 하여 부호들간의 유클리드 거리가 최대가 되도록 트렐리스 부호를 생성함으로써 시스템의 성능을 극대화시키는 것을 목적으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 독립적인 페이딩의 영향을 받는 다수의 송신 안테나로부터의 신호가 공간적으로 결합되어 수신부로 입력되는데 있어, 부호들간의 유클리드 거리가 최대가 되도록 스페이스-타임 트렐리스 부호를 설계하며, 수신기에서 최대 우도 복호기(maximum likelihood decoder)를 사용하여 누적 가중치를 계산하고, 비터비 알고리즘을 사용하여 복호화하는 것을 특징으로 하는 스페이스-타임 트렐리스 부호 생성방법을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

도4는 본 발명에 따른 4상, 4-PSK 스페이스-타임 트렐리스 부호를 나타낸 것으로, 종래의 트렐리스 부호인 도3과 본 발명의 트렐리스 부호인 도4는 수학식 2에서 η' 가 0이고, 경로 이득 $a_{i,j}$ 를 AWGN 채널에서 1이라 하면, 수신된 신호 d' 는 도5와 같은 성상도를 형성한다.

도5는 도3의 부호가 형성하는 성상도를 나타낸 것이며, 도6은 본 발명의 트렐리스 부호가 형성하는 성상도를 나타낸 것이다. 도3과 도4의 트렐리스 구조를 보면 각 상태에서 가지(branch)들은 모든 상태로 갈 수 있고, 임의의 상태로 갈 수 있으며, 또한 임의의 상태로 결합하는 가지들은 모든 상태에서부터 올 수 있다. 일반적인 트렐리스 부호화 방식에서 오류가 발생하면, 부호어가 가지고 있는 정보 신호와 상태 정보 사이의 상관성과 원래 신호가 가진 가중치의 2배 이상이 되는 최소 자유거리(minimum free distance)를 사용하여 발생한 오류를 정정하게 된다. 그러나 도3과 도4의 트렐리스 부호는 모든 상태에서 가지들이 결합과 갈라짐을 하기 때문에 부호화된 신호는 정보 신호와 상태 정보 사이의 상관성이 적다. 그러므로 오류가 발생할 때 오류 정정은 트렐리스의 가지마다 할당되는 부호어 사이의 유클리드 거리를 사용하여 이루어진다. 따라서 스페이스-타임 트렐리스 부호의 성능은 부호들 간의 유클리드 거리 즉, 경로 가중치 값이 크게 영향을 미친다.

따라서 본 발명에서는 전송된 신호들이 공간적으로 결합할 때 발생하는 성상도의 구성요소들 중에서 도5의 부호들 사이의 유클리드 거리를 작게 만드는 구성 요소들인 '01', '12', '13',, '02' 신호들은 부호화에 사용하지 않고 거리가 최대가 되는 구성 요소들인 '00', '11', '22', '33' 신호만을 사용하여 부호화 한다.

도3과 도4의 트렐리스 부호에서 유클리드 거리의 최소값을 계산하면 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$d_{Euclid} = \min \left(\sum_{i=1}^N \left| \sum_{j=1}^M d_i - \sum_{j=1}^M x_i \right|^2 \right)$$

여기서, d' 는 송신 신호를 나타내고, $X=(x_i')$ 는 d' 가 취할 수 있는 신호의 집합이다. 그리고 τ 는 한 심벌의 주기이다.

동일한 송신 전력을 사용할 때, 기존 부호와 제안된 부호의 최소 유클리드 거리를 비교하여 보면 도5와 도6에서와 같이 제안된 부호의 최소 유클리드 거리가 2배 크다.

본 발명에서 최적 부호의 설계 기준은 수신부에서 형성되는 공간 결합 신호의 유클리드 거리가 최대가 되도록 부호를 설계하는 것이다. 송신 안테나가 4개이고 4상, 4-PSK가 적용된 최적 스페이스-타임 트렐리스 부호의 예는 도7과 같다.

상술한 바와 같이 본 발명의 스페이스-타임 트렐리스 부호는 입력되는 이원 정보를 PSK 심벌로 성상하고, 상기 심벌의 성상에 의해 발생된 데이터에 의하여 임의의 상태에서 분할하거나 임의의 상태로 모이는 가지에 할당되는 부호어는 ANG 채널에서의 수신기에서 유클리드 거리가 최대가 되도록, 상술한 바와 같이 '01', '12', ..., '02' 신호들은 부호화에 사용하지 않고 '00', '11', '22', '33' 신호만을 배치하여 데이터를 트렐리스 부호화한다. 다음에 상기 트렐리스 부호화된 부호어를 다수개의 안테나로 동시에 전송한다. 상기와 같이 전송된 트렐리스 부호화된 부호어는 수신기에서 송신부와 동일한 트렐리스 구조에 따라 비터비 복호화부를 사용하여 복호화 함으로써 스페이스-타임 트렐리스 부호를 생성한다.

또한, 상기 트렐리스 부호의 생성방법에서 송신 안테나의 수가 고정된 상태에서 트렐리스 상태수가 확장될 때, 임의의 상태에서 통합되는 가지에 할당되는 부호어를 AWGN 채널에서의 수신기에서 유클리드 거리가 최대가 되도록 하는 신호만을 사용하여 스페이스 - 타임 트렐리스 부호를 생성한다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명은 스페이스 - 타임 트렐리스 부호가 수신부에 입력될 때 부호들간의 유클리드 거리가 최대가 되도록 부호를 설계함으로써 SNR성능을 향상시킬 수 있으며, 시스템의 용량을 증대시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

스페이스 - 타임 트렐리스 부호를 생성하는 방법에 있어서,

입력되는 이원정보를 M - PSK 심벌로 성상하는 단계와;

상기 성상단계에 의해 발생된 데이터에 임의의 상태에서 분할되거나 임의의 상태로 통합되는 가지에 할당되는 부호어를 AWGN 채널에서의 수신기에서 유클리드 거리가 최대가 되도록 하는 신호만을 사용하여 배치하는 트렐리스 부호화 단계와;

상기 부호화 단계에 의해 트렐리스 부호화된 부호어를 다수개의 안테나로 나누어 동일한 심벌을 동시에 전송하는 단계와;

상기 전송된 부호어를 수신기에서 송신부와 동일한 트렐리스 구조에 따른 비터비 복호화부를 사용하여 복호화하는 것을 특징으로 하는 무선통신을 위한 스페이스 - 타임 트렐리스 부호의 생성방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

송신 안테나가 M개인 경우 유클리드 거리가 최대가 되도록 하는 신호들은 '00....0', '11...1', '22...2', '33...3',, 'MM....M'(여기서 0,1,2,3,...,M은 M - PSK의 각 심벌들임) 신호인 것을 특징으로 하는 무선통신을 위한 스페이스 - 타임 트렐리스 부호의 생성방법,

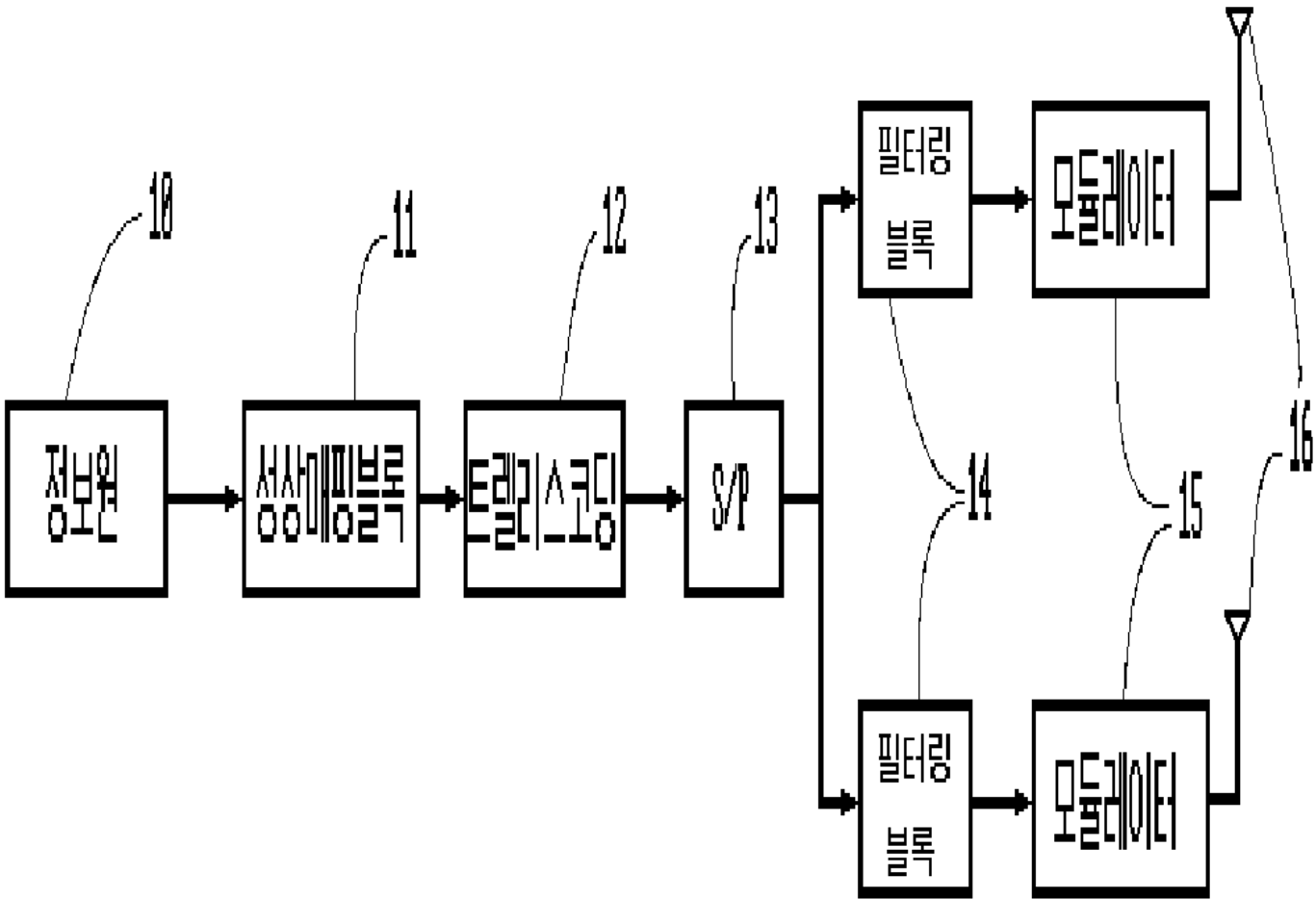
청구항 3.

제 1 항에 있어서,

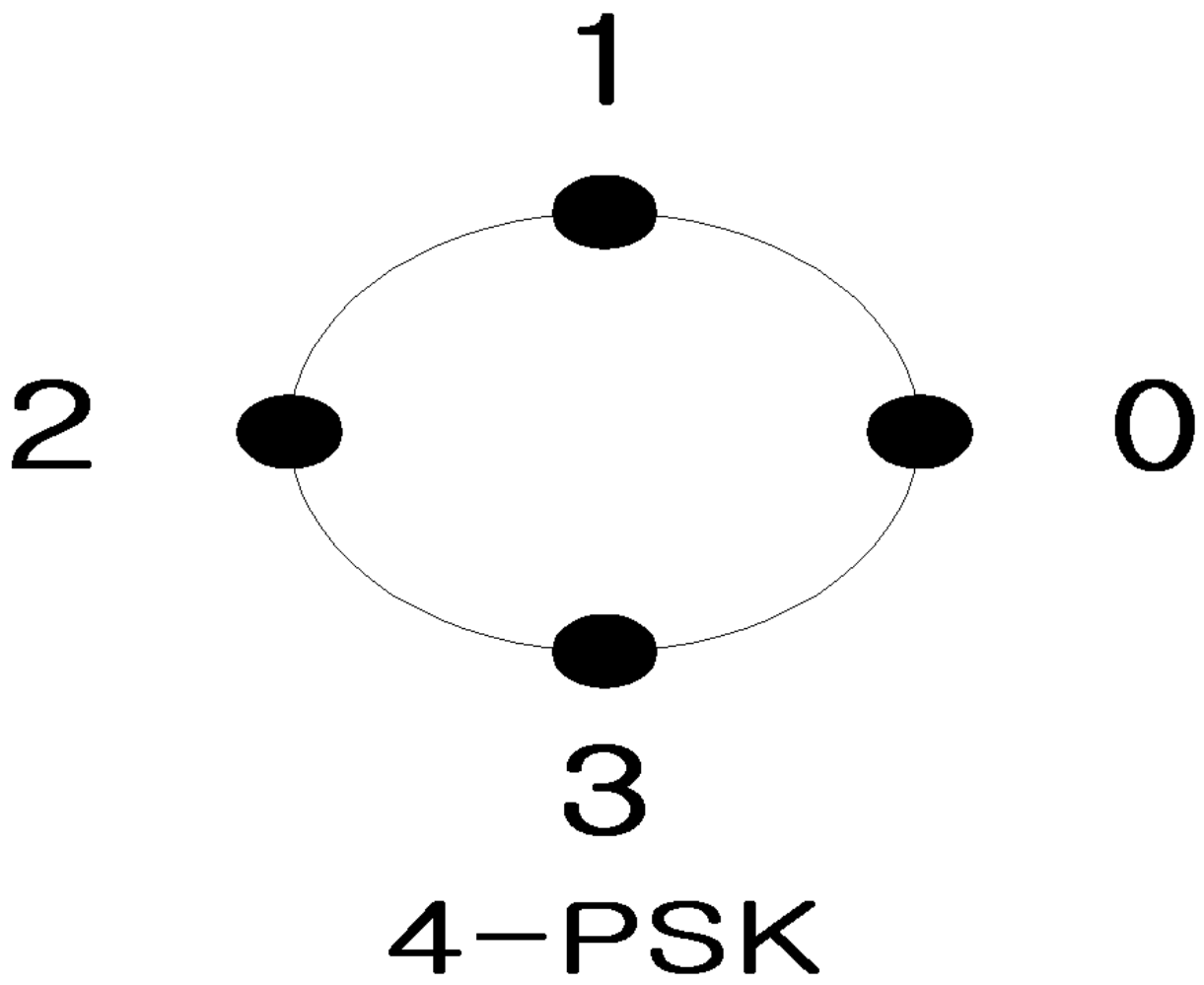
상기 트렐리스 부호의 생성방법에 있어서, 송신 안테나의 수를 고정시키고 트렐리스 상태수가 확장될 때는, 임의의 상태에서 분할되거나 임의의 상태로 통합되는 가지에 할당되는 부호어를 AWGN 채널에서의 수신기에서 유클리드 거리가 최대가 되도록 하는 신호만을 사용하는 것을 특징으로 하는 무선통신을 위한 트렐리스 - 타임 부호의 생성방법.

도면

도면 1

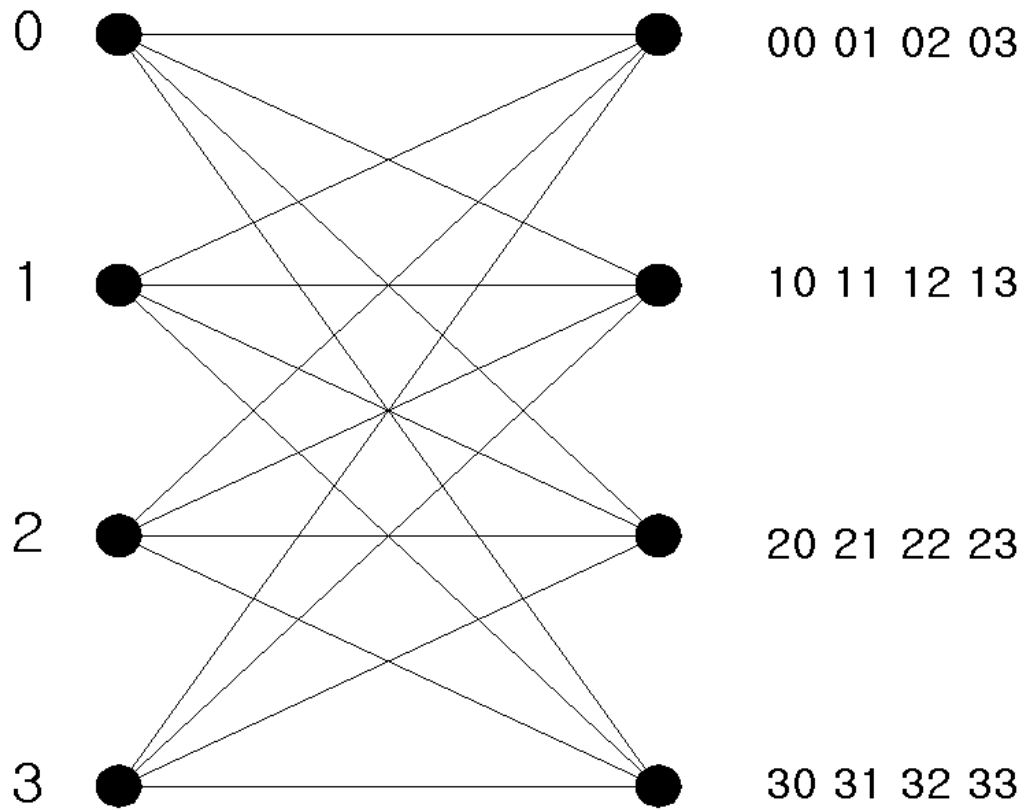


도면 2



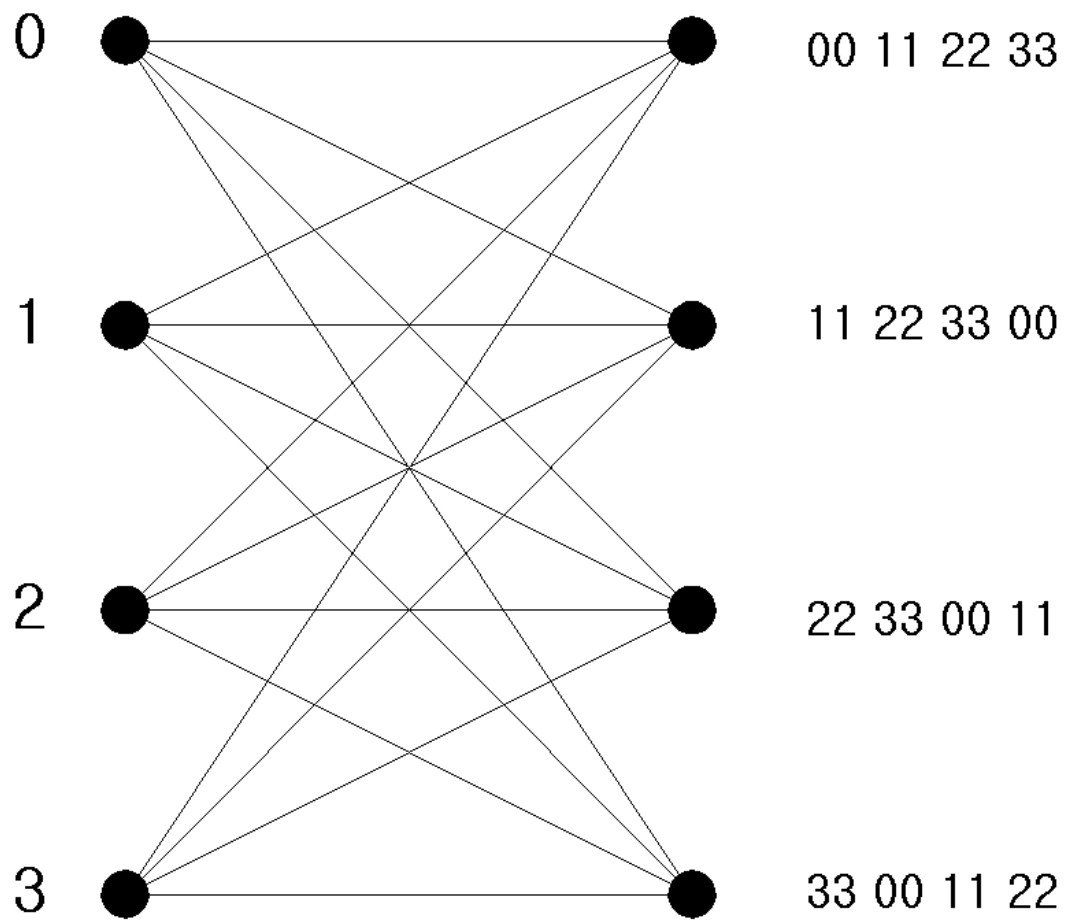
도면 3

State

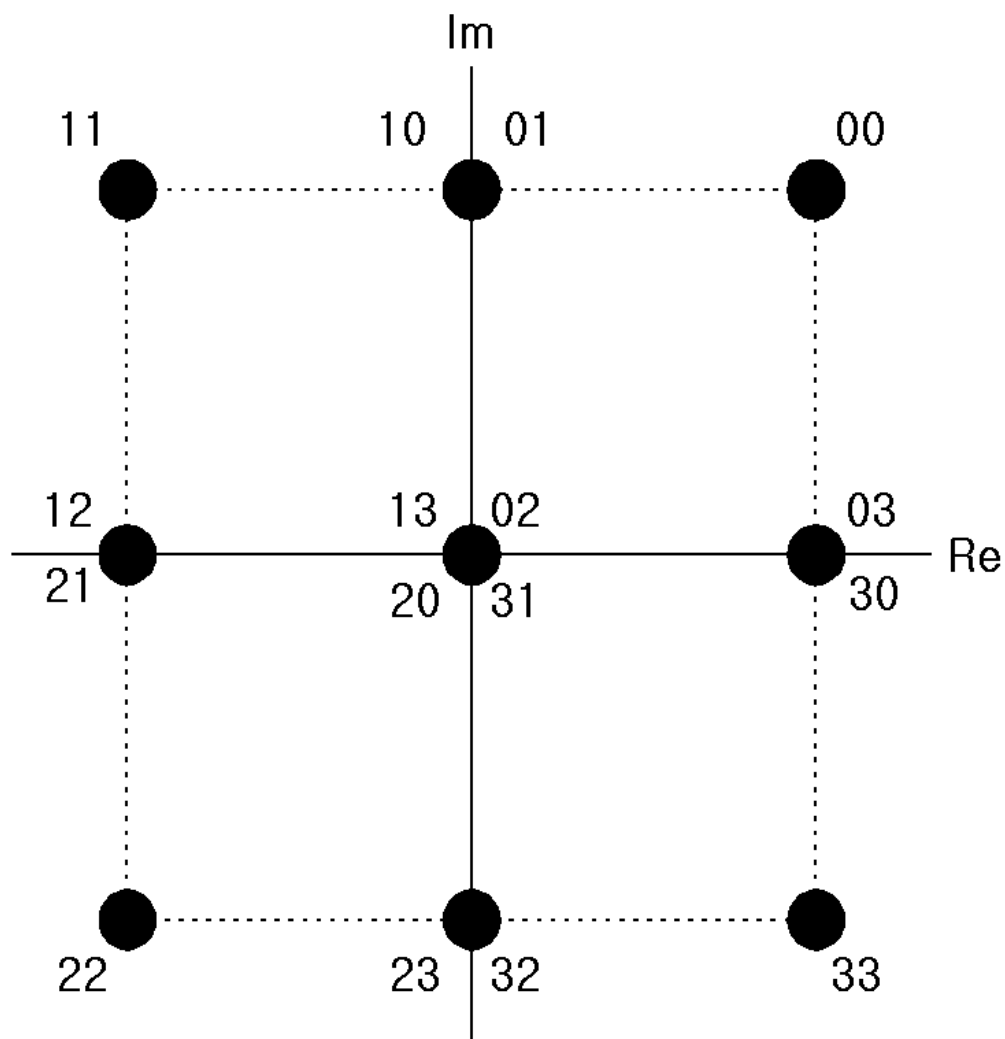


도면 4

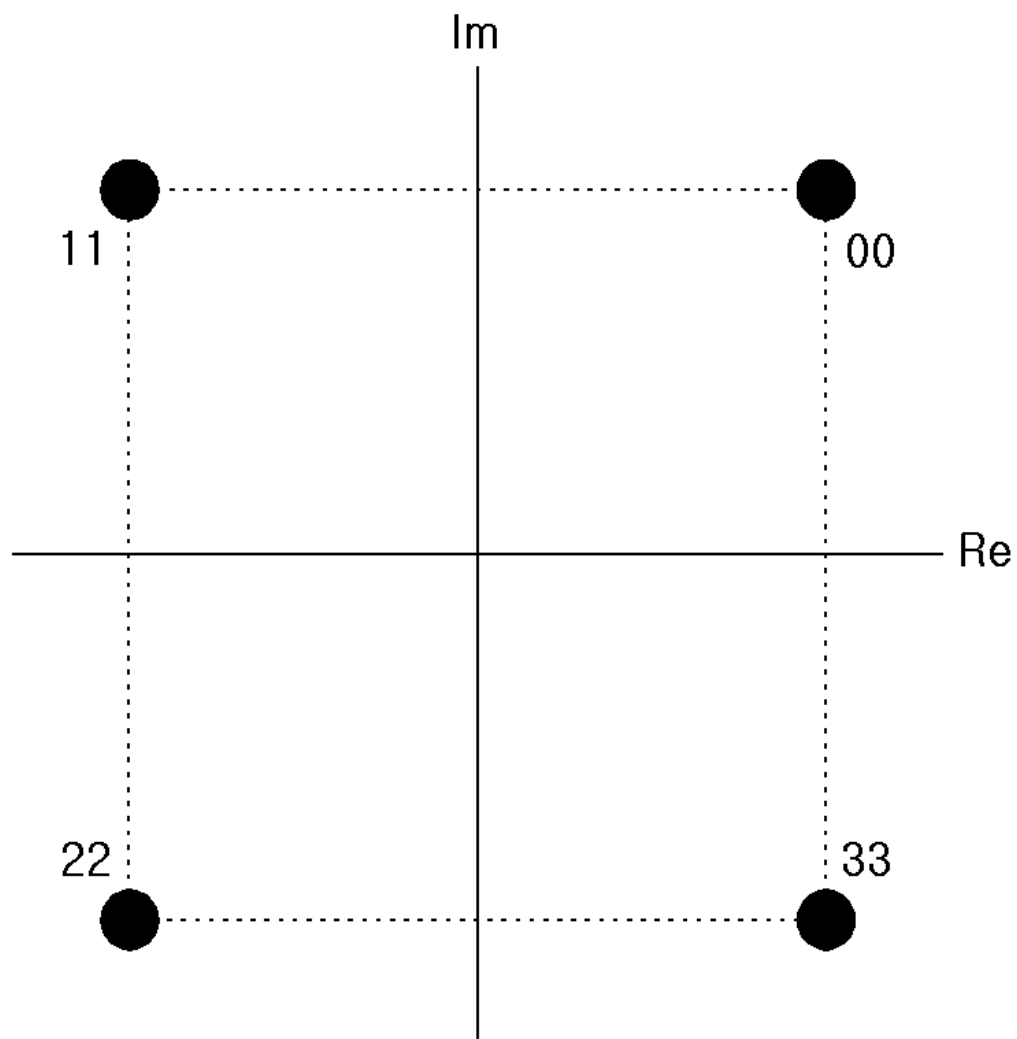
State



도면 5



도면 6



도면 7

