



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월17일
(11) 등록번호 10-0767485
(24) 등록일자 2007년10월09일

(51) Int. Cl.

H04B 1/69 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2001-7002126

(22) 출원일자 2001년02월19일

심사청구일자 2004년08월13일

번역문제출일자 2001년02월19일

(65) 공개번호 10-2001-0072782

공개일자 2001년07월31일

(86) 국제출원번호 PCT/US1999/018814

국제출원일자 1999년08월17일

(87) 국제공개번호 WO 2000/11825

국제공개일자 2000년03월02일

(30) 우선권주장

09/136,107 1998년08월18일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US5463657 A

US5606322 A

전체 청구항 수 : 총 16 항

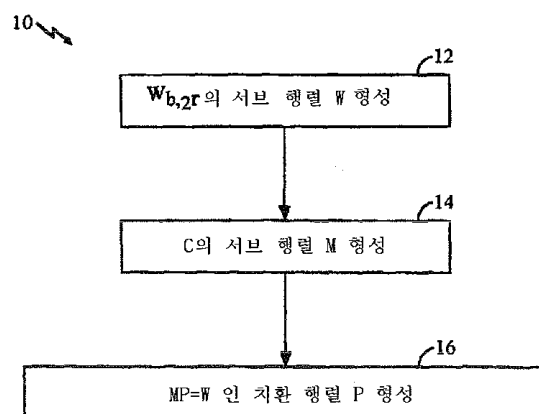
심사관 : 강희국

(54) 준직교 벡터의 송신 및 생성을 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 메시지 신호를 송신하기 위해 직교 코드 벡터(10)를 갖는 통신 시스템의 송신 방법 및 장치에 관한 것이다. 상기 방법은 제 1 순환 쉬프트들 시리즈를 사용하여 제 1 벡터 행렬을 형성하는 단계 및 제 2 순환 쉬프트들 시리즈를 사용하여 제 2 벡터 행렬을 형성하는 단계를 포함한다. 상기 제 1 벡터 행렬은 직교 코드를 제공하도록 치환되고 치환 연산이 결정된다. 상기 방법은 또한 준직교 코드 벡터(50)를 제공하기 위해 상기 제 2 행렬에 결정된 치환 연산을 적용하는 단계를 설명한다. 준직교 코드 벡터(50)는 인코딩된 신호를 제공하기 위해 메시지 신호에 적용되고 상기 인코딩된 신호는 송신된다. 제 1 행렬 벡터의 형성은 특성 다항식을 갖는 시퀀스의 순환 쉬프트들을 포함한다.

대표도 - 도1



(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르기즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 남아프리카, 인도네시아, 인도, 가나, 감비아, 크로아티아, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨, 그라나다

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우

특허청구의 범위

청구항 1

메시지 신호들을 송신하기 위한 직교 코드 벡터들을 갖는 통신 시스템에서의 송신 방법으로서,

- (a) 제 1 순환 쉬프트들 시리즈를 사용하여 제 1 벡터 행렬을 형성하는 단계;
- (b) 제 2 순환 쉬프트들 시리즈를 사용하여 제 2 벡터 행렬을 형성하는 단계;
- (c) 직교 코드를 제공하기 위해 상기 제 1 벡터 행렬을 치환하는 단계;
- (d) 상기 단계 (c)의 치환 연산들을 결정하는 단계;
- (e) 준직교 코드 벡터를 제공하기 위해 상기 결정된 치환 연산들을 상기 제 2 행렬에 적용하는 단계; 및
- (f) 인코딩된 메시지 신호를 제공하기 위해 상기 준직교 코드 벡터를 메시지 신호에 적용하고 상기 인코딩된 메시지 신호를 송신하는 단계를 포함하는 송신 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (a)는 특성 다항식을 갖는 시퀀스의 순환 쉬프트들을 포함하며, 상기 특성 다항식은

$$c(x) = \sum_{i=0}^r c_i x^i$$

로 표현되는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 시퀀스의 특성 다항식은 가능한 최대 길이를 가지는 시퀀스를 형성하는 원시 다항식인 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 원시 다항식은 차수 r을 갖는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 시퀀스는 m-시퀀스를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

n은 상기 직교 코드 벡터의 길이와 같고 상기 단계 (a)는 n-2의 순환 쉬프트들을 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 행렬을 치환하기 전에 상기 제 1 행렬을 확장하는 단계를 포함하며, 상기 제 1 행렬 확장 단계는 상기 제 1 행렬에 제로들로 구성된 하나의 행과 제로들로 구성된 하나의 열을 부가함으로써 수행되는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 원시 다항식은 2진 다항식이고, 상기 2진 다항식을 4진 다항식으로 리프팅하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 4진 다항식을 자신의 특성 다항식으로서 가지는 시퀀스를 형성하는 단계를 포함하며, 상기 형성된 시퀀스는 패밀리 A 시퀀스인 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 패밀리 A 시퀀스에 따라 상기 제 2 행렬을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 2 행렬을 치환하기 전에 상기 제 2 행렬을 확장하는 단계를 포함하며, 상기 제 2 행렬 확장 단계는 상기 제 2 행렬에 제로들로 구성된 하나의 행과 제로들로 구성된 하나의 열을 부가함으로써 수행되는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

- (a) 상기 제 2 벡터 행렬을 치환하여 마스크를 제공하는 단계; 및
- (b) 상기 마스크를 직교 코드 벡터에 적용하여 상기 준직교 벡터를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 마스크를 다수의 직교 벡터들에 적용하여 다수의 준직교 벡터들을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 직교 코드 벡터는 길이 n 을 가지며 상기 직교 벡터와 상기 준직교 벡터간의 상관관계의 절대값은 2 의 n 제곱에 대해 $1/\sqrt{n}$ 인 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 15

메시지 신호들을 송신하기 위한 직교 코드 벡터를 갖는 통신 시스템으로서,

- (a) 제 1 순환 쉬프트들 시리즈에 의해 형성된 제 1 벡터 행렬;
- (b) 제 2 순환 쉬프트들 시리즈에 의해 형성된 제 2 벡터 행렬;
- (c) 상기 제 1 벡터 행렬을 치환하여 형성된 직교 코드 벡터;
- (d) 상기 (c)의 치환 연산들의 결정 행렬식(determination);
- (e) 상기 결정된 치환 연산을 상기 제 2 행렬에 적용하여 형성된 준직교 코드 벡터; 및
- (f) 상기 준직교 코드 벡터를 메시지 신호에 적용하여 형성된 송신을 위한 인코딩된 메시지 신호를 포함하는 통신 시스템.

청구항 16

메시지 신호들을 송신하기 위한 직교 코드 벡터들을 갖는 통신 시스템 내의 송신 시스템으로서,

- (a) 제 1 순환 쉬프트들 시리즈를 사용하여 제 1 벡터 행렬을 형성하는 수단;
- (b) 제 2 순환 쉬프트들 시리즈를 사용하여 제 2 벡터 행렬을 형성하는 수단;
- (c) 상기 제 1 벡터 행렬로부터 직교 코드 벡터를 제공하기 위해 상기 제 1 벡터 행렬을 치환하는 수단;
- (d) 상기 수단 (c)에서의 치환 연산들을 결정하는 수단;
- (e) 준직교 코드 벡터를 제공하기 위해 상기 결정된 치환 연산을 상기 제 2 행렬에 적용하는 수단; 및
- (f) 인코딩된 메시지 신호를 제공하기 위해 상기 준직교 코드 벡터를 메시지 신호에 적용하고 상기 인코딩된 메시지 신호를 송신하는 수단을 포함하는 송신 시스템.

명세서

기술 분야

- <1> 본 발명은 통신 시스템 분야에 관한 것이며, 특히 통신 시스템내의 확산 코딩 메시지 신호의 송신 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 송신될 메시지 신호들을 확산 코드 벡터와 혼합하는 통신 기술은 공지되어 있다. 상기 기술은 메시지 신호들이 조합되고 송신되며 송신 후에 서로 분리되도록 한다. 상기 목적에 적합한 코드 벡터들의 집합의 가장 유용한 특징은 확산 코드 벡터들이 상호 직교하는 것이다. 이것은 메시지 신호들간에 제로의 이론적 간섭을 허용한다. 상기 목적에 가장 일반적으로 사용되는 코드 벡터들은 월시(Walsh)코드 벡터들이다.
- <3> 길이 n 을 갖는 2진 코드 벡터들의 총수는 2^n 이다. 그러나 전체 벡터 공간내의 2진 벡터들의 총수 2^n 중 n 개만이 상호 직교한다. 예를 들어, $n = 8$ 일 때 256개의 다른 2진 벡터들이 존재한다. 상기 256 벡터들 중 8개만이 상호 직교한다. 따라서, $n = 8$ 인 시스템에서 일반적으로 8개의 메시지 신호들만이 상기 방식으로 조합되고 분리될 수 있으며 8명의 사용자들만이 동시에 지원될 수 있다. 유사하게, $n = 128$ 이면, 128명의 사용자들이 동시에 지원될 수 있다. 소정의 벡터들은 소정의 시간동안 휴지상태일 수 있으며, 그로 인해 n 명 이상의 사용자들이 서비스받도록 할 수 있다. 그러나, 코드 벡터의 크기는 통신 시스템의 크기에 대한 제약이 된다.
- <4> 제로의 이론적 간섭에 대한 직교 요건을 만족하는 코드 벡터 w 들의 집합 W 는 다음과 같이 표시될 수 있다.
- <5> $w_1 = [w_{1,1} \ w_{1,2} \ \dots \ w_{1,n}]$
- <6> $w_2 = [w_{2,1} \ w_{2,2} \ \dots \ w_{2,n}]$
- <7> .
- <8> .
- <9> .
- <10> $w_n = [w_{n,1} \ w_{n,2} \ \dots \ w_{n,n}]$
- <11> 여기서, 각각의 벡터 w_i 는 0/1의 알파벳 또는 -1/+1의 알파벳을 사용하는 열 벡터(column vector)이다. 하기에 서, 0/1 알파벳을 사용하는 코드 벡터들의 집합은 $W_{b,n}$ 으로 표시되고 -1/+1 알파벳을 사용하는 집합은 W_n 으로 표시된다.
- <12> 집합 W 의 모든 벡터들 w 는 서로 직교하기 때문에, 상기 집합에서 임의의 두개 벡터들의 도트 곱(dot product)은 제로여야 한다. 이것은 다음과 같이 표시될 수 있다:
- <13> $(w_x, w_y) = 0$

<14> x 및 y 는 1과 n 사이의 어떤 값들도 가질 수 있으며, $x \neq y$ 이고, (w, w_y) 는 다음과 같다.

$$1/n \sum_{i=1}^n w_{x,i}, i w_{y,i}.$$

<15>

<16> 동일하게, 상기의 식은 다음과 같이 행렬 곱이 될 수 있다.

$$w_x^T w_y = 0$$

<17>

$$\text{또한 } w_x^T w_x = n$$

<18>

<19> i 번째 송신될 데이터 심볼은 d_i 로 표시하고, 송신 신호의 총수는 k 로 표시하면, 기지국에 의해 이동국으로 송신되는 총 송신 신호(S)는 다음과 같다.

$$S = \sum_{i=1}^k d_i w_i$$

<20>

<21> 이동국은 총 송신 신호(S)를 수신하고 자신의 신호를 제외한 모든 메시지 신호들을 제거하려 한다.

<22> 다른 메시지들을 제거하기 위해서 이동국은 자신의 월시 코드 벡터의 전치벡터(transpose)를 신호(S)에 곱할 수 있다. $i = 1$ 인 한 실시예는 다음과 같다.

$$w_1^T S = w_1^T \sum_{i=1}^k d_i w_i$$

$$= w_1^T \left(d_1 w_1 + \sum_{i=2}^k d_i w_i \right)$$

<23>

<24> 상기 식에서 우변 제 1항은 원하는 신호를 표시한다. 우변 제 2항은 각자의 개별 월시 코드들과 혼합된 모든 나머지 메시지 신호들로부터의 간섭을 표시한다. 상기 식을 풀면 다음과 같다.

$$w_1^T S = n d_1 + 0$$

<25>

<26> 따라서, 수신기에서의 송신된 메시지 신호들의 분리는 원하는 신호와 나머지 모든 메시지 신호들간의 제로 상관관계(zero correlation)에 따른다.

<27> 가능한 한 효율적으로 통신 시스템을 이용하기 위해서 가능한 많은 메시지 신호들을 동시에 송신하고 분리하는 것이 바람직하다. 그러나, n 개의 메시지 신호들만을 혼합하고 상기 메시지 신호들을 제로 간섭(zero interference)으로 분리하는 것만이 가능한데, 이는 상기에 기술된 바와 같이 n 개의 직교 벡터들만이 이용할 수 있기 때문이다. 상기 한계를 극복하기 위해 준직교 함수(quasi orthogonal function)를 사용하는 것이 공지되어 있다. 준직교 벡터들은 n 개의 직교 벡터들에 추가되는 벡터들이다. 준직교 벡터들은 가능한 적은 간섭을 제공하기 위해 총 2^n 개의 2진 벡터 공간에서 나머지 코드 벡터들로부터 선택되었다. 특히, 준직교 벡터들은, 간섭 레벨이 제로가 아니더라도, 허용가능한 한계 내에서 제공되도록 선택된다.

<28> 준직교 벡터들을 선택하기 위해 컴퓨터 탐색은 2진(+1/-1 알파벳) 마스크(mask)들에 대하여 총 2^n 벡터 공간 내에서 수행될 수 있다. 상기 마스크들은 준직교 벡터들인 새로운 벡터들의 집합을 형성하기 위해 직교 벡터들에 적용될 수 있다. 월시 코드 벡터들 w_n 의 집합에 총 M 개의 마스크들을 적용하면, 생성된 준직교 함수의 총수는 $(M + 1)n$ 이다. 마스크 m 을 코드 벡터 $w \in W_n$ 에 적용하는 것은 새로운 코드 벡터를 제공하기 위해 마스크 m

및 직교 코드 벡터 w 의 성분간 곱(component multiplication)에 의한 성분을 포함한다.

<29>
$$w_m = w \cdot m$$

<30> 새로운 코드 벡터들의 사용으로부터 발생하는 간섭은 테스트될 수 있고 최저 상관관계(lowest correlation)를 제공하는 코드 벡터들이 준직교 벡터들 집합을 제공하기 위해 선택될 수 있다. 다수의 상기 마스킹 함수(masking function)들은 단일 직교 벡터들 집합로부터 다수의 준직교 벡터들 집합들을 제공하기 위해 요구될 수 있다. 컴퓨터 탐색에 의해 발견된 준직교 벡터들과 혼합된 메시지 신호들이 서로 분리되도록 하기 위해, 준직교 벡터들은 서로에 대해 상호 직교해야 한다. 직교 집합 내의 적어도 하나의 코드 벡터와 준직교 집합 내의 하나의 벡터 사이의 제로가 아닌 상관관계가 있다.

<31> 준직교 벡터를 v 로 표시하면 다음과 같다.

<32>
$$1/n \sum_{j=1}^n \left((v, w_j) \right)^2 = \frac{1}{n}.$$

<33>
$$\max_{1 \leq i \leq n} \{ (v, w_i) \}$$

준직교 벡터들(v)을 수집하는 목적은 이 가능한 한 작게 되도록 벡터들을 수집하는 것이다.

<34> 삭제

<35> 이들의 상관관계는 벡터들 간의 분리 정도(amount of separation)의 유용한 척도이기 때문에, 두개의 코드 벡터(x 및 y)들간의 표준화된 상관관계는 다음과 같이 정의된다.

<36>
$$(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

<37> 두개의 직교 벡터들간의 상관관계는 제로이다. 상관관계에 대하여 더 낮은 절대값은 직교 벡터들과 혼합된 메시지 신호들 및 준직교 벡터들과 혼합된 메시지 신호들간의 더 우수한 분리를 유발한다. 더 우수한 신호 분리는 디코딩을 수행할 때 신호들간에 더 낮은 간섭을 발생시킨다.

<38> n 이 2의 제곱인 경우에 직교 벡터들과 이들에 대응하는 준직교 벡터들간의 평균 제곱 상관관계(mean square correlation)는 $1/n$ 이다. 상관관계의 절대값에 대한 하한은 $1/\sqrt{n}$ 값을 갖는 것으로 알려질 수 있다. 상기 수량은 홀츠만(Holtzman) 하한으로 지칭된다. 마스크들은 n 이 2의 짝수 제곱(even power)인 경우에 하한을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나, n 이 2의 홀수 제곱(odd power)인 경우에는 상기 하한은 동일하게 만족하지 않았다. 후자의 경우에 나타난 최저 상관관계는 $\sqrt{2}/\sqrt{n}$ 이다. 따라서, 컴퓨터 탐색 기술을 사용하여 2의 홀수 제곱 경우에 나타난 최상 준직교 벡터들의 간섭은 이론적 한계치의 $\sqrt{2}$ 배가 된다.

<39> 따라서 허용가능한 낮은 간섭량을 유지하면서 통신 시스템의 용량을 증가시키기 위해서, n 이 2의 홀수 제곱인 경우에 대해 직교 벡터들과의 낮은 상관관계를 갖는 부가적 준직교 벡터들을 제공하는 것이 바람직하다.

발명의 상세한 설명

<40> 본 발명은 메시지 신호를 송신하기 위한 직교 코드 벡터들을 갖는 통신 시스템에서의 송신 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 제 1 순환 쉬프트들 시리즈(first series of cyclic shifts)를 사용하여 제 1 벡터 행렬을 형성하는 단계 및 제 2 순환 쉬프트들 시리즈(second series of cyclic shifts)를 사용하여 제 2 벡터 행렬을 형성하는 단계를 포함한다. 제 1 벡터 행렬은 직교 코드를 제공하기 위해 치환되며 치환 연산(permuting operation)

이 결정된다. 상기 방법은 또한 준직교 코드 벡터를 제공하기 위해 상기 결정된 치환 연산을 제 2 행렬에 적용하는 단계를 설명한다. 준직교 코드 벡터는 인코딩된 메시지 신호를 제공하기 위해 메시지 신호에 적용되고 상기 인코딩된 메시지 신호는 송신된다. 제 1 행렬 벡터를 형성하는 단계는 특성 다항식(characteristic polynomial)을 갖는 시퀀스의 순환 쉬프트들을 포함한다. 상기 시퀀스의 특성 다항식은 r 차수를 갖는 원시 다항식일 수 있다. 상기 시퀀스는 m -시퀀스이다. 직교 코드 벡터의 길이는 $n = 2^r$ 이고 제 1 벡터 행렬의 형성은 $n-1$ 순환 쉬프트들을 요구할 수 있다. 제 1 행렬은 치환에 앞서 확장된다. 원시 다항식은 4진(quaternary)의 다항식으로 리프팅된다(lifted). 특성 다항식으로서 4진 다항식을 갖는 시퀀스가 형성되고, 형성된 시퀀스는 패밀리 A 시퀀스이며 제 2 행렬을 형성하는 단계는 상기 패밀리 A 시퀀스에 따라 형성된다. 제 2 행렬은 또한 제 2 행렬을 치환하기에 앞서 확장된다(extended). 제 2 벡터 행렬은 마스크를 제공하기 위해 치환되고 상기 마스크는 준직교 벡터를 제공하기 위해 직교 코드 벡터에 적용된다. 상기 마스크는 다수의 준직교 벡터들을 제공하기 위해 다수의 직교 벡터들에 적용될 수 있다.

<41> 본 발명의 형태, 목적 및 이점들은 유사 참조 부호가 대응하는 소자들을 식별하는 도면과 관련하여 하기에 설명된 상세한 기술로부터 더욱 명백해질 것이다.

실시예

<45> 본 발명의 신호 송신 방법으로서, 마스크들(m)이 형성되고 준직교 코드 벡터를 제공하기 위해 직교 코드 벡터에 적용되며, 여기서 상기 마스크들은 4개 위상 또는 4진 위상 쉬프트 키잉(quaternary phase shift keying, QPSK) 마스크이다. 따라서 마스크들(m)은 2개의 엘리먼트들보다는 4개의 엘리먼트들의 알파벳 $\{\pm 1, \pm j\}$ 을 가지며, $j = \sqrt{-1}$ 인 1의 허수근이다. 본 발명의 신호 송신 방법은 메시지 신호를 송신할 때 두개 마스크들(m)을 필요로 할 수 있다. 두개 마스크들 중 하나는 동 위상(in phase, I) 채널에 사용될 수 있으며 나머지 하나는 직교(out of phase, Q) 채널에 사용될 수 있다.

<46> 본 발명의 송신 방법을 실행하기 위해서, 새로운 마스크들(m)은 선형 피드백 쉬프트 레지스터(linear feedback shift resistor, LFSR)를 사용하여 생성될 수 있다. 2^k -어레이(2^k -ary)의 LFSR 시퀀스 $s[t]$ 는 심볼 $\{0, 1, \dots, 2^k - 1\}$ 를 갖는 시퀀스인데, 여기서 k 는 2진의 경우에는 1의 값으로, 4진의 경우에는 2의 값으로 제한된다. 한편, 여기서 $K=1$ 인 경우, 즉 2진 LFSR 시퀀스 $s[t]$ 는 제 1 순환 쉬프트들 시리즈에 대응되고, $k=2$ 인 경우, 즉 4진 LFSR 시퀀스는 제 2 순환 쉬프트들 시리즈에 대응된다. $k=1$ 인 경우와 $k=2$ 인 경우에 생성되는 LFSR 시퀀스에 대한 내용은 하기에 상술된다. 시퀀스는 다음 형태의 선형 반복 관계식(linear recurrence relationship)을 만족시킨다.

$$\sum_{i=0}^r c_i s(t+i) = 0 \pmod{2^k}, \forall t > 0$$

<47>

<48> 여기서 $r \geq 1$ 인 반복 차수(degree of recursion)이다. 계수 c_i 는 집합 $\{0, 1, \dots, 2^k - 1\}$ 에 속하고 $c_r \neq 0$ 이다. 상기 형태의 시퀀스 $s[t]$ 는 특성 다항식을 갖는다.

$$c(x) = \sum_{i=0}^r c_i x^i$$

<49>

<50> $k = 1$ 일 때, 시퀀스 $s[t]$ 는 $2^r - 1$ 과 같거나 더 작은 주기를 갖는 주기함수이다. 시퀀스 $s[t]$ 의 주기가 최대값 $2^r - 1$ 에 도달하면, $s[t]$ 의 특성 다항식은 원시 다항식으로 정의되고, 시퀀스 $s[t]$ 는 m -시퀀스가 된다. 이런 형태의 시퀀스들은 1967년 캘리포니아 샌프란시스코의 홀튼 데이 S.W. Golomb의 "쉬프트 레지스터 시퀀스(shift Register Sequences)"에 나타난다.

<51> 코드 C' 은 m -시퀀스의 한 주기 및 상기 시퀀스의 순환 쉬프트들 각각의 한 주기를 포함한다. 따라서, 코드 C' 의 크기는 $2^r - 1$ 이다. 그 후에 코드 C' 은 C' 의 각각의 코드 워드에 제로 비트를 부가함으로써 확장될 수 있다. 제로는 각각의 코드 워드의 동일한 비트 위치에 부가된다. 이 방법에서의 모든 제로 벡터의 산입

(inclusion)은 코드 C'로부터 코드 행렬 C를 형성한다.

- <52> 코드 행렬 C는 길이 2^r 및 크기 2^r 을 갖는다. 일 실시예에서 코드 C는 크기 2^r 의 원시 코드 $W_{b,2r}$ 을 생성하기 위해 열 방향(columnwise) 및 행 방향(rowwise)으로 치환될 수 있다. 그러나, 행렬 곱 CP의 열 벡터들 집합이 $W_{b,2r}$ 의 행 벡터들 집합과 동일하게 되도록 치환 행렬(Permutation matrix) P를 획득하는 것은 충분하다.
- <53> 도 1을 참조하면, 본 발명에 사용되는데 적합한 치환 행렬 알고리즘(10)이 도시된다. 치환 행렬 알고리즘(10)에서 행렬 $W_{b,2r}$ 의 서브 행렬(submatrix) W는 블록(12)에 도시된 바와 같이 형성된다. 서브 행렬 W는 지수들 1, 2, 4, ..., 2^{r-1} 을 갖는 r개의 행(row)들을 포함한다. $W_{b,2r}$ 의 지수는 제로를 기초하며, 0부터 2^r-1 까지의 범위를 갖는다는 것을 유의하라. 행렬 W는 따라서 r개의 행들 및 2^r 개의 열들을 갖는다. 행렬 W의 모든 열들은 나머지 모든 열들과는 구별된다.
- <54> 코드 행렬 C의 서브 행렬 M은 치환 행렬 알고리즘(10)의 블록(14)에 도시된 바와 같이 형성된다. 서브 행렬 M은 r개의 행들 및 2^r 개의 열들을 갖는다. 서브 행렬 M을 형성하기 위해 r개의 행들 및 2^r-1 개의 열들을 갖는 중간 서브 행렬 M'이 형성된다. 중간 서브 행렬 M'은 서브 행렬 M에 모두 제로를 포함하는 열을 부가함으로써 형성된다. 중간 서브 행렬 M'의 제 1 행은 코드 C를 형성하는데 사용된 m-시퀀스의 임의의 순환 쉬프트일 수 있다. 제 1 행에 뒤따르는 중간 서브 행렬 M'의 r-1개 행들은 상기 제 1 행에서 시작하는 각 경우에 하나의 시간 단위만큼의 연속적인 쉬프트들이다. 중간 서브 행렬 M'의 모든 열들은 별개이다(distinct).
- <55> $MP = W$ 인 치환 행렬 P는 그후에 치환 행렬 알고리즘(10)의 블록(16)에 도시된 것과 같이 결정된다. 치환 행렬 P는 알고리즘(10)의 요구된 출력이다. 서브 행렬들 M 및 W는 개별 열(distinct column)들이 동일한 집합을 가지기 때문에, 상기와 같은 P의 결정은 간단하다. 본 발명의 선택적인 실시예에서 치환 행렬 P는 행렬 계산 기술을 사용하여 결정될 수 있다. 행렬 CP의 행들이 $W_{b,2r}$ 의 행들과 동일하다는 것은 공지되어 있다.
- <56> $k = 2$ 일 때, 시퀀스들이 4진수의 알파벳을 가지면, 패밀리 A로 공지된 시퀀스가 결정될 수 있다. 패밀리 A 시퀀스는 예를 들어, S. Boztas, P. V. Kumar, R. Hammons의 정보 이론상의 IEEE 트랜잭션, IT-38 No. 3(1992년 5월) "최적 상관 특성을 갖는 4 위상 시퀀스" pp 1101-1113에 나타난다. 패밀리 A 시퀀스를 얻기 위해, $c(x)$ 를 차수 r의 2진 원시 다항식(primitive polynomial)이라 하자. 집합 $\{0, 1, 2, 3\}$ 의 계수들을 갖는 다항식 $g(x)$ 는 다음과 같이 다항식 $c(x)$ 로부터 리프팅될 수 있다.
- <57>
$$g(x) = (-1) c(x)c(-x)(\text{mod } 4)$$
- <58> 4진 다항식 $g(x)$ 으로의 2진 다항식 $c(x)$ 의 리프팅(lift)은 다항식의 헨젤 리프팅(Hensel lift)의 특별한 경우이다. 예를 들어, 1974년 뉴욕 Marcel Dekker, Inc. B, R, Mac Donald의 "항등 함수를 갖는 유한 링(Finite Rings with Identity)"을 참조하라. 특성 다항식 $g(x)$ 를 갖는 LFSR 시퀀스는 패밀리 A 시퀀스인 것으로 정의된다. 상기 시퀀스는 주기 2^r-1 을 갖는다.
- <59> 도 2를 참조하여, 준직교 마스크 형성 알고리즘(50)이 도시된다. 준직교 마스크 형성 알고리즘(50)은 길이 2^r 의 준직교 벡터들을 형성하기 위한 4-위상 마스크를 형성하는데 사용될 수 있다. 마스크 형성 알고리즘(50)에서 차수 r의 2진 원시 다항식 $c(x)$ 는 블록(52)에 도시된 것과 같이 제공된다. 원시 다항식 $c(x)$ 을 특정 다항식으로 사용하여, m-시퀀스의 주기는 블록(56)에 도시된 대로 생성된다.
- <60> $n = 2^r$ 인 경우에 대해 $(2^r-1)X(2^r-1)$ 의 크기를 갖는 행렬 M'은 블록(58)에 도시된 대로 형성된다. 행렬 M의 행들 각각은 자신의 모든 순환 쉬프트와 함께 블록(56)의 m-시퀀스의 주기를 포함한다. 행렬 M'은 블록(62)에 도시된 대로 행렬 M을 형성하도록 확장된다. 행렬 M'의 확장은 행렬 M'에 모두 제로의 열 및 모두 제로의 행을 부가함으로써 수행된다. 행렬 M의 크기는 따라서 $2^r \times 2^r$ 이다. 편의를 위해, 행렬 M의 제 1 열은 모두 제로인 열일 수 있다. 블록(66)에 나타난 바와 같이 치환 P는 열이 $W_{b,2r}$ 에 포함된 것과 동일한 행 벡터들을 포함하도록 행렬 M을 치환하는 것으로 알려져 있다. 상기에 나타난 치환 행렬 방법 또는 당업자에게 공지된 어떤 다른 방법은 블록(66)의 연산을 수행하는데 사용될 수 있다.
- <61> 그 후에 헨젤 리프팅이 상기에 기술된 바와 같이 다항식 $g(x)$ 을 제공하기 위해 마스크 형성 알고리즘(50)의 블록(52)에서 얻어진 원시 다항식 $c(x)$ 에 대해 수행된다. 헨젤 리프트 연산은 블록(72)에 도시된다. 자신의 특

성 다항식으로서 다항식 $g(x)$ 을 갖는 패밀리 A 시퀀스의 주기는 블록(78)에 도시된 대로 생성된다. 패밀리 A 시퀀스들 중 하나의 시퀀스가 선택된다. 선택된 시퀀스는 1 또는 3과 같은 적어도 하나의 심볼을 갖는 패밀리 A 시퀀스들 중 어느 하나일 수 있다.

<62> 길이(2^F-1)의 벡터 N'이 생성된다. 벡터 N'은 블록(78)에 따라 선택된 패밀리 A 시퀀스의 주기로 이루어진다. 길이 2^F 의 벡터 N은 벡터 N'에서 제 1 비트 위치에 제로 비트를 부가함으로써 형성된다. 블록(70)에 도시된 바와 같이, 벡터 N은 블록(66)에 나타난 치환 P를 사용하여 열 치환된다. 최종 치환된 코드 워드는 본 발명의 방법에 따른 준직교 벡터들을 생성하는 마스크 함수로서 사용될 수 있다. 상기 방법으로 생성된 준직교 벡터들은 (+1, -1, +j, -j)에 매핑되는 심볼로서 사용될 수 있다. 총 127개의 마스크들은 길이 128 워드 코드에 대해 상기 방법으로 생성될 수 있다. 준직교 마스크 알고리즘(50)에 따라 생성된 두개의 마스크들은 표 1에 나타난다.

<63> Ⅵ 1

[1j1j1j1j1j1j1j1j1j1j-1-j-1-j-1-j-1j1j-1-j-1-j1j1-1-j j -1-j1j1j-1-j-1-j-1-j-1-j1j1j1j-1-j1j-1-j1j-1-j1j-1-j1j- 1 -j-1-j1j-1-j1j1j-1-j-1-j1j1j-1-j-1-j1j1j-1-j-1-j1j1j-1- j]
[1j1j1j1j-1-j-1-j1j1j1j-1-j1j-1-j1j-1-j-1-j1j1-j1-j-1j-1j- 1j -1j-1j1-j-1j-1j1-j1-j-1j1-j-1j1j-1-j1j-1j-1-j1-j1-j1- j1 -j1-j1-j1j-1j-1j1-j-1-j-1j1-j-1j1j1j1-j-1-j-1j1j1j1j1]

<64>

<65> 도 3을 참조하면, 벡터 매핑 함수(100)가 도시된다. 벡터 매핑 함수(100)에 도시된 바와 같이 준직교 벡터 마스크는 {0, 1, 2, 3} 알파벳으로부터의 심볼들 로, 또는 다음의 매핑을 사용하여 표 1의 {+1, -1, +j, -j} 알파벳으로부터의 심볼들로 표시될 수 있다.

<66> 0 → 1

<67> 1 \rightarrow j

<68> 2 → -1

<69> $3 \rightarrow -j$

<70> 블록(102, 104)들에 각각 도시된 바와 같이, (0/1) 월치 코드 벡터(2가 곱해짐)들 및 {0, 1, 2, 3} 알파벳에서의 마스크들은 모듈로 4 가산기(modulo 4 adder; 106)를 사용하여 가산될 수 있다. 가산의 결과는 매핑 블록(108)에 도시된 바와 같이 {+1, -1, +j, -j} 알파벳으로 매핑된다. 매핑 블록(108)의 출력은 송신을 위한 코딩된 메시지 신호 출력을 제공하기 위해 혼합기(mixer; 110)에 의해 코딩된 QPSK 심볼들에 적용될 수 있다.

<71> 월시 코드 벡터에 표 1의 마스크들을 적용함으로써 얻어진 월시 코드에서의 어떤 코드 벡터와 어떤 코드 벡터간의 상관관계는,

<72> $\{\pm 1/16 \pm j/16\}$ 이다.

$$\frac{1}{8}\sqrt{2} = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

<73> 따라서, 최대 절대 상관관계는 \sqrt{n} 이며 상관관계에 대한 이론적 하한은 동일하게 충족된다. 게다가, 준직교 마스크 형성 알고리즘(50)의 방법은 2의 제곱 각각에 대해 최적 준직교 벡터들을 산출하기 위해 모든 2의 제곱들로 일반화될 수 있다. 표 2는 여러 2의 제곱에 대한 본 발명의 방법에 따라 제공된 다수의 마스크들과 상관관계를 설명하고 있다.

<74> 표 2

길이	월시코드와의 최대 절대 상관관계	상관관계 스펙트럼	이용가능한 마스크 수
32	0.177	$\{\pm \frac{1}{8} \pm \frac{j}{8}\}$	31
64	0.125	$\{\pm \frac{1}{8}, \pm \frac{j}{8}\}$	63
128	0.0833	$\{\pm \frac{1}{16} \pm \frac{j}{16}\}$	127
256	0.0625	$\{\pm \frac{1}{16}, \pm \frac{j}{16}\}$	255
512	0.0442	$\{\pm \frac{1}{32} \pm \frac{j}{32}\}$	511

<75>

<76> 상기에 기술된 바람직한 실시예들은 당업자가 본 발명을 제조하거나 사용할 수 있도록 제공된다. 당업자는 상기 실시예들에 대해 다양한 변형들이 쉽게 이루어질 수 있음을 알 것이며, 여기에 정의된 일반 원리들은 특별한 노력없이도 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 상기에 도시된 실시예들에 한정되지 않으며 상기에 밝혀진 원리들 및 신규한 특징에 일치하는 최광의 범위에 따른다.

도면의 간단한 설명

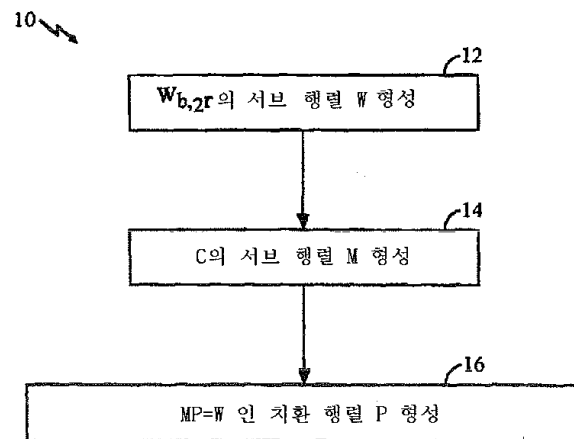
<42> 도 1은 본 발명의 방법에 사용하는데 적합한 치환 행렬 알고리즘의 블록선도이다.

<43> 도 2는 본 발명의 준직교 마스크 형성 알고리즘의 블록선도이다.

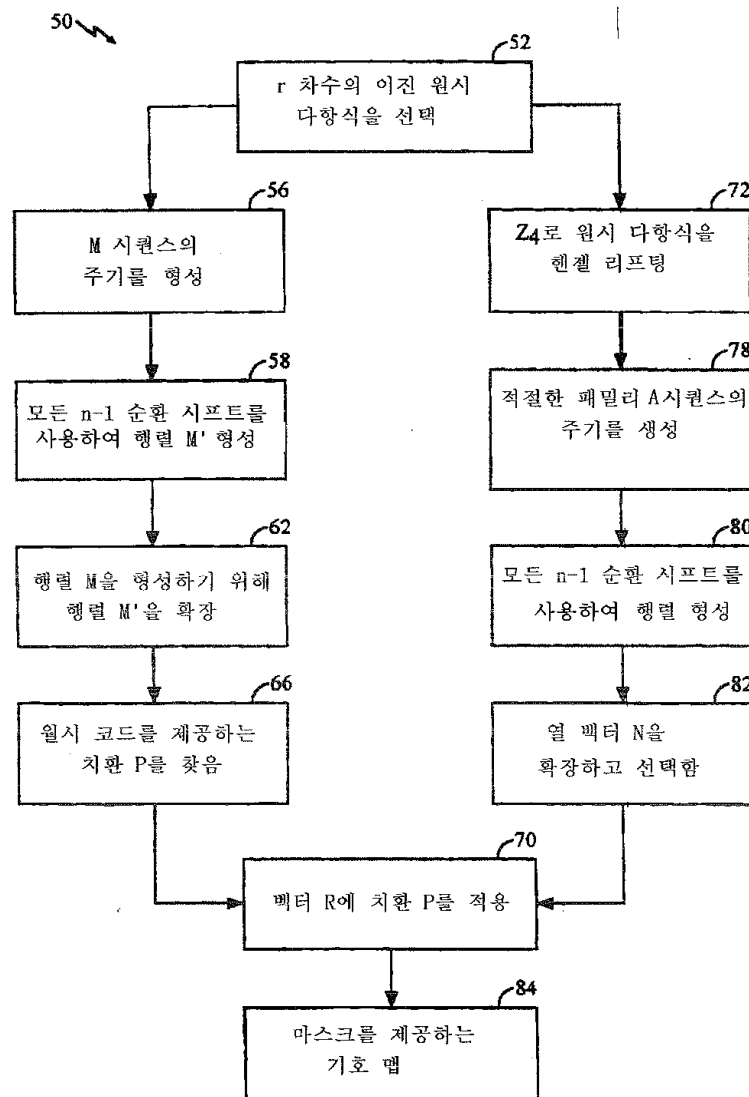
<44> 도 3은 본 발명의 방법에 사용하는데 적합한 벡터들을 매핑하는 방법의 블록선도이다.

도면

도면1



도면2



도면3

