



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월19일  
(11) 등록번호 10-1657903  
(24) 등록일자 2016년09월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 27/34 (2006.01) H04L 1/06 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H04L 27/3405 (2013.01)  
H04L 1/0668 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0099167  
(22) 출원일자 2015년07월13일  
심사청구일자 2015년07월13일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020100098219 A\*  
KR1020100098219A  
KR1020050089730A  
KR1020000041498A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
금오공과대학교 산학협력단  
경상북도 구미시 대학로 61 (양호동)  
(72) 발명자  
신수용  
경상북도 구미시 고아읍 들성로 126, 105동 805호(원호푸르지오아파트)  
모하마드 이르판  
경상북도 구미시 거양길 17, 시동 206호 (거의동, 프라임비발디)  
(74) 대리인  
특허법인이름리온, 특허법인리온

전체 청구항 수 : 총 6 항

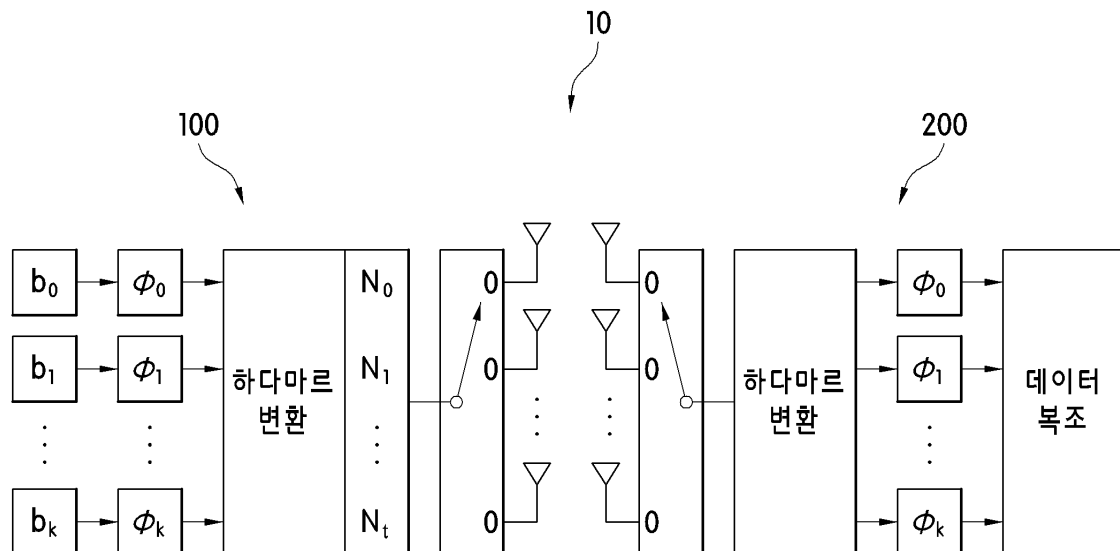
심사관 : 황철규

(54) 발명의 명칭 **알쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법**

(57) 요약

알쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템에 있어서, 전송하고자 하는 신호를 디지털 심벌로 변조하는 변조부; 상기 변조된 심벌의 위상을 시프트하는 제 1 위상 시프트부; 상기 위상이 시프트된 심벌을 하다마르(Hadamard) 변환하여, 신규 성상도(constellation)를 생성하는 제 1 변환부; 및 상기 변환된 심벌에서 안테나 인덱스 부분을 공간 성상도 다이어그램에 기반하여 부호화하고, 상기 부호화된 신호를 전송하기 위해 다수개의 안테나 중 하나의 안테나를 결정하는 안테나 인덱스 부호화부를 포함하는 알쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템이 제공된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345242069

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원

연구과제명 5G 및 미래 무선 접속을 위한 새로운 무선 접속 기술의 연구

기 여 율 1/1

주관기관 금오공과대학교

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

전송하고자 하는 신호를 디지털 심벌로 변조하는 변조부;

상기 변조된 심벌의 위상을 시프트하는 제 1 위상 시프트부;

상기 위상이 시프트된 심벌을 하다마르(Hadamard) 변환하여, 신규 성상도(constellation)를 생성하는 제 1 변환부; 및

기 변환된 심벌에서 안테나 인덱스 부분을 공간 성상도 다이어그램에 기반하여 부호화하고, 상기 부호화된 신호를 전송하기 위해 다수개의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나를 결정하는 안테나 인덱스 부호화부를 포함하며,

상기 위상 시프트부는 하기의 수식을 이용하여 변조 레벨 M 및 왈쉬-하다마르 레벨 k를 이용하여 시프트될 위상의 각도를 결정하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템.

수식

$$\phi_i = \frac{(i-1) \times 2\pi}{M \times k}, i = 1, 2, \dots, k$$

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 결정된 송신 안테나로부터 전송된 신호를 이용하여 해당 송신 안테나에 대응하는 안테나 인덱스를 추정하는 안테나 인덱스 추정부;

상기 추정된 신호를 하다마르 변환하는 제 2 변환부;

상기 제 1 위상 시프트부에서 시프트된 위상을 복원하기 위해 역위상을 연산하는 제 2 위상 시프트부; 및

상기 위상이 역시프트된 심벌을 복조하여 원래의 신호로 복원하는 복조부;

를 더 포함하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 변조부는 MPSK 또는 QPSK 방식으로 변조하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

전송하고자 하는 신호를 디지털 심벌로 변조하는 단계;

상기 변조된 심벌의 위상을 시프트하는 단계;

상기 위상이 시프트된 심벌을 하다마르 변환하여, 신규 성상도를 생성하는 단계; 및

상기 변환된 심벌에서 안테나 인덱스 부분을 공간 성상도 다이어그램에 기반하여 부호화하고, 상기 부호화된 신호를 전송하기 위해 다수개의 송신 안테나 중 하나의 송신 안테나를 결정하는 단계;

를 포함하며,

상기 위상을 시프트 하는 단계는 하기의 수식을 이용하여 변조 레벨 M 및 왈쉬-하다마르 레벨 k를 이용하여 시프트될 위상의 각도를 결정하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법.

수식

$$\phi_i = \frac{(i-1) \times 2\pi}{M \times k}, i = 1, 2, \dots, k$$

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 결정된 송신 안테나로부터 전송된 신호를 이용하여 해당 송신 안테나에 대응하는 안테나 인덱스를 추정하는 단계;

상기 추정된 신호를 하다마르 변환하는 단계;

상기 시프트하는 단계에서 시프트된 위상을 복원하기 위해 역위상을 연산하는 단계; 및

상기 위상이 역시프트된 심벌을 복조하여 원래의 신호로 복원하는 단계;

를 더 포함하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법.

### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 변조하는 단계는 MPSK 또는 QPSK 방식으로 변조하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법.

### 청구항 8

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법에 관한 것으로, 신호의 위상 시프트 및 왈쉬-하다마르를 이용하는 공간 변조 시스템 및 방법이다.

#### 배경 기술

[0002] 최근 무선 통신 기술의 발전과 더불어 무선 인터넷 서비스를 이용할 수 있는 기기가 널리 보급됨에 따라 데이터 사용량의 증가되고 있다. 이러한 데이터 사용량의 증가에 따라 제한된 주파수 자원이 큰 문제점으로 대두되고 있다.

[0003] 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방법 중 하나로, 다중 입력 다중 출력(MIMO; Multiple-input-multiple-output) 기술이 등장하였으며, 이는 복수의 안테나를 갖는 송신기에서 데이터를 송신하고, 그 다음에 복수의 수신 안테나를 갖는 수신기에서 송신된 데이터를 수신하는 것으로서, 이는 복수의 안테나들이 송신기들과 수신기들 둘 다에 배치되기 때문에, 더 높은 용량 또는 송신 레이트들의 전송효율을 향상시킬 수 있다.

[0004] 한편, 공간 변조는 공간 영역을 정보 소스로 이용함으로써 주파수 효율을 향상시키는 것으로서, 공간 변조에서 송신된 심벌 및 능동 송신 안테나는 양쪽의 정보 비트를 운반함으로써 주파수 효율이 향상된다.

[0005] 이러한 방안 중 하나로서, 알라무티에 의해 제안된 MIMO 방식중 하나인 직교 시공간 블록 코드(orthogonal space time block code; STBC)는 알고리즘의 검출의 단순함에 기인하여 많은 관심을 가져왔다. 이것은 두 개의 안테나를 갖는 송신기가 사용되는 경우, 하나의 심벌 레이트로 완전한-다이버시티(full-diversity)를 달성할 수

있다.

- [0006] 이에 따라 왈쉬-하다마르 변환을 사용하여 알라무티 방식과 다른 기술을 사용하는 대신 다이버시티가 향상되는 기술을 제안한다.
- [0007] 왈쉬-하다마르는 통신 시스템에서 이용되는 코드로서, CDMA, UMTS와 같은 통신 시스템에서 OVFS로 사용된다. 왈쉬-하다마르 기반 변조 코드 또는 다중화 방식에서, 상이한 엔티포탈 데이터 스트림을 상이한 코드에 의해 확산되고, 코드의 길이에 걸쳐 등가적으로 합쳐진다. 이때, 수신기는 페이딩 채널이 유도되는 시간 다이버시티의 장점을 갖는다.
- [0008] 또한, 왈쉬-하다마르는 다이버시티를 달성하기 위해 공간 변조의 둘 이상의 송신 심볼을 병합하기 위해 사용된다. 이는 왈쉬-하다마르 행렬의 레벨 k개의 성상도 포인트의 정보를 전달하는 하나의 심볼을 전송하는 것을 가능하게 한다. 또한, 원래의 성상도 포인트를 다시 회복하기 위해, k개의 수신된 심볼들이 요구된다.
- [0009] 이러한, 공간 변조는 송신 신호 및 공간 안테나 인덱스와 같은 두 개 전송 도메인을 생성하여 복잡한 공간 변조 신호를 탐지한다. 이러한 공간 변조의 복잡한 신호 검출 과정은 두 개의 정보를 운송하는 도메인 때문에 비트 에러 오류율(BER; Bit Error Rate)이 저하되는 문제점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) KR 2010-0098219 A

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 신호의 위상을 시프트 한 후에 왈쉬-하다마르를 이용하여 비트 에러 레이트를 감소시킬 수 있는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법을 제공하고 자 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 전송하고자 하는 신호를 디지털 심벌로 변조하는 변조부; 상기 변조된 심벌의 위상을 시프트하는 제 1 위상 시프트부; 상기 위상이 시프트된 심벌을 하다마르(Hadamard) 변환하여, 신규 성상도(constellation)를 생성하는 제 1 변환부; 및 상기 변환된 심벌에서 안테나 인덱스 부분을 공간 성상도 다이어그램에 기반하여 부호화하고, 상기 부호화된 신호를 전송하기 위해 다수개의 안테나 중 하나의 안테나를 결정하는 안테나 인덱스 부호화부를 포함하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템이 제공된다.
- [0013] 일 실시예에서, 상기 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템은 상기 결정된 송신 안테나로부터 전송된 신호를 이용하여 해당 송신 안테나에 대응하는 안테나 인덱스를 추정하는 상기 안테나 인덱스 추정부; 상기 제 추정된 신호를 하다마르 변환하는 제 2 변환부; 상기 제 1 위상 시프트부에서 시프트된 위상을 복원하기 위해 역위상을 연산하는 제 2 위상 시프트부; 및 상기 위상이 역시프트된 심벌을 복조하여 원래의 신호로 복원하는 복조부;를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 변조부는 MPSK 또는 QPSK 방식으로 변조하는 왈쉬-하다마르를 이용할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 상기 위상 시프트부는 하기의 수식을 이용하여 변조 레벨 M 및 왈쉬-하다마르 레벨 k를 이용하여 시프트될 위상의 각도를 결정할 수 있다.
- [0016] 수식

$$\phi_i = \frac{(i-1) \times 2\pi}{M \times k}, i = 1, 2, \dots, k$$

[0017]

[0018] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 전송하고자 하는 신호를 디지털 심벌로 변조하는 단계; 상기 변조된 심벌의 위상을 시프트하는 단계; 상기 위상이 시프트된 심벌을 하다마르 변환하여, 신규 성상도를 생성하는 단계; 및 상기 변환된 심벌에서 안테나 인덱스 부분을 공간 성상도 다이어그램에 기반하여 부호화하고, 상기 부호화된 신호를 전송하기 위해 다수개의 안테나 중 하나의 안테나를 결정하는 단계;를 포함하는 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법이 제공된다.

[0019] 일 실시예에서, 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법은 상기 결정된 송신 안테나로부터 전송된 신호를 이용하여 해당 송신 안테나에 대응하는 안테나 인덱스를 추정하는 단계; 상기 제 추정된 신호를 하다마르 변환하는 단계; 상기 시프트하는 단계에서 시프트된 위상을 복원하기 위해 역위상을 연산하는 단계; 및 상기 위상이 역시프트된 심벌을 복조하여 원래의 신호로 복원하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0020] 일 실시예에서, 상기 변조하는 단계는 MPSK 또는 QPSK 방식으로 변조할 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 위상을 시프트 하는 단계는 하기의 수식을 이용하여 변조 레벨 M 및 왈쉬-하다마르 레벨 k를 이용하여 시프트될 위상의 각도를 결정할 수 있다.

[0022] 수식

$$\phi_i = \frac{(i-1) \times 2\pi}{M \times k}, i = 1, 2, \dots, k$$

[0023]

**발명의 효과**

[0024] 본 발명의 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법은 신호의 위상을 시프트한 후 왈쉬-하다마르를 이용하여 신규 성상도를 생성하고, 이를 이용함으로써, 제로 값이 출력되지 않도록 하여 비트 에러 레이트를 감소시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0025] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템의 개략적 블록도이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템의 송신기 및 수신기의 블록도이다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법의 순서도를 나타낸다.

도 4 내지 도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 위상 시프트 및 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템과 종래의 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템의 비트 에러 레이트를 비교한 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0026] 본 발명의 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법은 송신기에서 신호의 위상을 시프트한 후에 왈쉬-하다마르 변환을 수행함으로써, 제로 값이 출력되지 않아 신호의 오류가 발생하지 않으므로 비트 에러 레이트가 감소할 수 있다.

[0027] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.

[0028] 이하에서는 도 1을 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템의 개략적 블록도이다.

[0029] 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템(10)은 송신기(100) 및 수신기(200)를 포함할 수 있다. 또한, 공간 변조 시스템(10)은 다중 입력 다중 출력 기술을 이용할 수 있으며, 송신기(100) 및 수신기(200)는 신호를 전송 및 수신하기 위해 다수개의 안테나를 포함할 수 있다.

[0030] 이하에서는 도 2를 참조하여, 본 발명에 따른 공간 변조 시스템의 송신기(100) 및 수신기(200)를 보다 상세히 설명하도록 한다. 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템의 송신기의 세

부 구성을 나타낸다.

[0031] 송신기(100)는 변조부(110), 제 1 위상 시프트부(120), 제 1 변환부(130) 및 안테나 인덱스 부호화부(140)를 포함할 수 있다.

[0032] 변조부(110)는 송신기(100)에 입력되는 신호를 신호 정상도 다이어그램에 기반하여 디지털 심벌로 변조할 수 있다. 여기서, 신호 정상도 다이어그램은 MPSK, QPSK 및 BPSK를 포함할 수 있다.

[0033] 제 1 위상 시프트부(120)는 변조된 심벌의 위상을 시프트할 수 있다. 즉, 제 1 위상 시프트부(120)는 변조된 심벌의 위상차를 발생하도록 만들 수 있다. 예를 들면, 제 1 위상 시프트부(120)는 하기의 수식 1을 이용하여 위상이 시프트될 수 있다.

[0034] 수식 1

$$\phi_i = \frac{(i-1) \times 2\pi}{M \times k}, i = 1, 2, \dots, k$$

[0035]

[0036] 이때, 수식 1에서 M은 변조 레벨을 의미하고 k는 왈쉬-하다마르 레벨을 의미하는 것으로서, 두 값의 곱에 따라 변화하게 되는 위상이 달라지게 되어 신호의 위상 시프트 각도가 정해질 수 있다.

[0037] 본 발명에서 제 1 위상 시프트부(120)는 변조된 심벌의 위상을 시프트하여 왈쉬-하다마르 변환 이후에 제로 에너지를 가지는 0+0j가 산출되는 것을 방지하기 위한 것으로서 본 실시예에 개시된 방법은 그 방법 중 하나를 예시적으로 보여주는 것이며 본 발명의 보호 범위는 이에 특별히 제한되는 것은 아니다.

[0038] 제 1 변환부(130)는 위상이 시프트된 심벌을 변환할 수 있다. 예를 들면, 제 1 변환부(130)는 신규 정상도(constellation)를 생성하기 위해 위상이 시프트된 심벌을 왈쉬-하다마르 변환 할 수 있다. 즉, 제 1 변환부(130)는 왈쉬-하다마르 행렬의 차수 k인 정상도 포인트 정보가 담긴 하나의 심벌로 통합할 수 있고, k개의 하다마르 레벨 지점의 합 또는 차를 신규 정상도로서 생성할 수 있다. 즉, 제 1 변환부(130)는 수신기(200)로 감소된 정상도 정보를 전송할 수 있다.

[0039] 하다마르 변환은 OVVSF(orthogonal variable spreading factor) 코드들에 대하여 CDMA, UMTS와 같은 이동 통신 시스템에서 사용되어 왔으나, 하다마르 변환에 기반한 변조 코드가 직교 멀티플렉싱 방식들에 동일한 송신기 구성을 제공하고, 여기서, 상이한 정반대의 데이터 스트림들이 상이한 코드들에 의해 확산되며, 동시에 코드의 블록 길이에 따라 동시에 합산되고, 또한 수신기는 완전하게 인터리빙된 페이딩 채널들을 통하여 도입된 고유의 시간 다이버시티의 장점을 제공한다.

[0040] 즉, 왈쉬-하다마르 변환은 무선 전파 환경에서 수신 전계의 불규칙한 변동과 같은 페이딩 발생 영향을 적게 하기 위해서 사용하는 방식으로, 시간, 주파수, 공간 영역에서 각기 다르게 전송된 신호의 변환 결과가 서로 다르므로, 이를 페이딩 영향이 적도록 합성하여 수신기(200)에서 수신 처리하도록 할 수 있는 방법이다.

[0041] 본 실시예에 따른 제 1 변환부(130)는 변조된 심벌의 두 지점을 통합하기 위해 하다마르 변환을 사용할 수 있다.

[0042] 이하 표 1을 참조하면, 송신기(100)에서 하다마르 변환 후의 결과를 나타낸 표이다. 즉, 본 발명의 한 실시예에 따른 신호에 위상 시프트 후 하다마르 변환 결과는 제로 값을 가지는 0+0j의 값이 출력되지 않는 것을 알 수 있다.

[0043] 표 1

$C_1$	$C_2$	$C_2$	$C_2$	$s_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}[c_1 + c_2]$	$s_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}[c_1 - c_2]$
00	1 + 0j	00	0.7071 - 0.7071j	1.2 - 0.5j	0.2 + 0.5j
00	1 + 0j	01	-0.7071 - 0.7071j	0.2 - 0.5j	1.2 + 0.5j
00	1 + 0j	11	0.7071 + 0.7071j	1.2 + 0.5j	0.2 - 0.5j
00	1 + 0j	10	-0.7071 + 0.7071j	0.2 + 0.5j	1.2 - 0.5j
01	0 - j	00	0.7071 - 0.7071j	0.5 - 1.2j	-0.5 - 0.2j
01	0 - j	01	-0.7071 - 0.7071j	-0.5 - 1.2j	0.5 - 0.2j
01	0 - j	11	0.7071 + 0.7071j	0.5 - 0.2j	-0.5 - 1.2j
01	0 - j	10	-0.7071 + 0.7071j	-0.5 - 0.2j	0.5 - 1.2j
11	0 + j	00	0.7071 - 0.7071j	0.5 + 0.2j	-0.5 + 1.2j
11	0 + j	01	-0.7071 - 0.7071j	-0.5 + 0.2j	0.5 + 1.2j
11	0 + j	11	0.7071 + 0.7071j	0.5 + 1.2j	-0.5 + 0.2j
11	0 + j	10	-0.7071 + 0.7071j	-0.5 + 1.2j	0.5 + 0.2j
10	-1 - 0j	00	0.7071 - 0.7071j	-0.2 - 0.5j	-1.2 + 0.5j
10	-1 - 0j	01	-0.7071 - 0.7071j	-1.2 - 0.5j	-0.2 + 0.5j
10	-1 - 0j	11	0.7071 + 0.7071j	-0.2 + 0.5j	-1.2 - 0.5j
10	-1 - 0j	10	-0.7071 + 0.7071j	-1.2 + 0.5j	-0.2 - 0.5j

[0044]

[0045]

안테나 인덱스 부호화부(140)는 제 1 변환부(130)에서 변환된 심벌에서 신호 부호화 부분과 안테나 인덱스 부분 중에서 안테나 인덱스 부분을 공간 성상도 다이어그램에 기반하여 부호화할 수 있다. 예를 들면, 송신기(100)가 4개의 안테나를 구비한 경우, 안테나 인덱스 부호화부(140)는 안테나 인덱스 부분을 2비트의 정보로 부호화할 수 있다.

[0046]

또한, 안테나 인덱스 부호화부(140)는 제 1 변환부(130)에서 신호 부호화 부분을 전송하기 위해  $N_t$ 개의 안테나 중 하나의 안테나를 결정할 수 있다. 예를 들면, 송신기(100)가 4개의 안테나를 구비하는 경우, 안테나 인덱스 부호화부(140)는 수신기(200)로 정보를 전송하도록 부호화된 2비트의 정보에 따라 4개의 안테나 중 하나를 결정할 수 있다.

[0047]

이와 같은 안테나 인덱스 부호화부(140)는 공간 변조를 위한 것으로, 이러한 공간 변조는 2차원 신호 성좌들(M-ary 위상-시프트 편이(M-PSK), M-ary 직교 진폭 변조(M-QAM)와 같은)에 대한 3차원으로의 확장이며, 이는 공간(안테나) 차원이다. 게다가, 공간 변조는 채널이 하나의 안테나에 대하여 다른 안테나들 상이하게 하는 만드는 특징을 갖기 때문에 상호 사용자 간섭의 제거에 효과적일 수 있다.

[0048]

한편, 공간 변조의 기본 사상은 정보를 2개의 정보 전달 유닛들, 즉, 복소 신호-성좌도(M-PSK, M-QAM 등)에 기반한 심벌 및 안테나 어레이에서의 송신 안테나의 세트에 기반하여 선택되는 송신 안테나 인덱스(공간 성좌도 다이어그램)로 매핑하는 것이다. 예를 들면, 두 개의 심벌들이 전송되는 경우, 단지 하나의 심벌만이 전송되고, 다른 심벌은 송신 안테나의 인덱스를 결정함으로써, 암시적으로 전송될 수 있다.

[0049]

다시 도 2를 참조하여, 수신기(200) 각각은 송신기(100)로부터 전송된 신호를 수신하여 신호 및 안테나 인덱스를 검출할 수 있다. 이때, 수신기(200)는 안테나 인덱스 추정부(210), 제 2 변환부(220), 제 2 위상 시프트부(230) 및 복조부(240)를 포함할 수 있다.

[0050]

안테나 인덱스 추정부(210)는 송신기(100)로부터 전송된 신호를 수신하여 해당 송신 안테나에 대응하는 안테나 인덱스를 추정할 수 있다.

[0051]

또한, 안테나 인덱스 추정부(210)는 부호화된 신호를 수신하기 위해  $N_r$ 개의 안테나 중 하나의 안테나를 결정할 수 있다. 예를 들면, 안테나 인덱스 추정부(210)는 하기의 수식 2에 따라 송신기(100)에서 송신시 사용된 안테나의 인덱스를 추정할 수 있다.

[0052]

수식 2

$$\hat{m} = \arg \max_{\forall m} (|\ell_{m,1}(q)|) \quad m = 1, 2, \dots, N_t$$

[0053]

[0054]

여기서,  $m \in 1, 2, \dots, N_t$ 는 송신기(100)의 안테나 인덱스로서, 즉, 안테나 인덱스를 추정하는 수식 2는 순서치  $q$ 에서 송신기(100)로부터 수신된 신호  $\ell_{m,1}(q)$ 의 최대 정격값의 위치가 측정된 값이다.



- [0055] 또한, 안테나 인덱스 추정부(210)는 부호화된 신호를 수신하기 위해  $N_r$  개의 안테나 중 하나의 안테나를 결정할 수 있다. 예를 들면, 수신기(200)가 4개의 안테나를 구비하는 경우, 안테나 인덱스 추정부(210)는 부호화된 2비트의 정보에 따라 4개의 안테나 중 하나를 결정할 수 있다.
  - [0056] 제 2 변환부(220)는 안테나 인덱스 추정부(210)에서 추정된 신호를 변환할 수 있다. 예를 들면, 제 2 변환부(220)는 송신기(100)의 제 1 변환부(130)에 대응하여 왈쉬-하다마르 방식으로 수신된 신호를 심벌로 변환할 수 있다.
  - [0057] 제 2 위상 시프트부(230)는 변환된 심벌의 위상을 시프트할 수 있다. 예를 들면, 제 2 위상 시프트부(230)는 송신기(100)의 제 1 위상 시프트부(120)에 대응하여 시프트된 위상만큼의 역위상을 변환된 심벌에 적용하여 역시프트할 수 있다.
  - [0058] 복조부(240)는 위상이 역시프트된 심벌을 복조하여 원래의 데이터로 복원할 수 있다. 즉, 복조부(240)는 송신기(100)의 변조부(110)에 대응하는 방식으로 복원할 수 있으며, 예를 들면, MPSK, QPSK 또는 BPSK 방식으로 복조할 수 있다.
  - [0059] 이와 같은 구성에 의해, 본 발명의 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법은 신호의 위상을 시프트한 후 왈쉬-하다마르를 이용하여 신규 성상도를 생성하고, 이를 이용함으로써, 제로 값이 출력되지 않도록 하여 비트 에러 레이트를 감소시킬 수 있다.
  - [0060] 이하, 도 3을 참조하여, 왈쉬-하다마르 변환기를 이용한 공간 변조 방법(300)을 설명한다. 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법의 순서도를 나타낸다.
  - [0061] 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 방법(300)은 송신기에서 신호를 디지털 심벌로 변조하는 단계(S301), 변조된 심벌의 위상을 시프트하는 단계(S302), 위상 시프트된 심벌을 성상도로 변환하여 전송하는 단계(S303), 수신기에서 전송된 성상도를 심벌로 변환하는 단계(S304), 변환된 심벌의 위상을 역시프트하는 단계(S305) 및 수신기에서 위상이 역시프트된 심벌을 복조하는 단계(S306)를 포함할 수 있다.
  - [0062] 먼저, 송신기(100)에서 신호를 디지털 심벌로 변조할 수 있다(단계 S301).
  - [0063] 구체적으로, 송신기(100)에서 입력되는 신호를 신호 성상도 다이어그램에 기반하여 변조할 수 있다. 여기서, 신호 성상도 다이어그램은 MPSK, QPSK 및 BPSK를 포함할 수 있다.
  - [0064] 다음으로, 변조된 심벌의 위상을 시프트할 수 있다(단계 S302).
  - [0065] 구체적으로, 송신기(100)에서 변조된 심벌의 위상을 시프트할 수 있다. 즉, 송신기(100)에서 변조된 심벌을 각각 위상차가 발생하도록 만들 수 있다. 예를 들면, 송신기(100)에서 하기의 수식 3을 이용하여 위상이 시프트될 수 있다.
  - [0066] 수식 3
- $$\phi_i = \frac{(i-1) \times 2\pi}{M \times k}, i = 1, 2, \dots, k$$
- [0067]
  - [0068] 이때, 수식 3에서 M은 변조 레벨을 의미하고 k는 왈쉬-하다마르 레벨을 의미하는 것으로서, 두 값의 곱에 따라 변화하게 되는 위상이 달라지게 되어 신호의 위상 시프트 각도가 정해질 수 있다.
  - [0069] 다음으로, 위상이 시프트된 심벌을 성상도로 변환할 수 있다(단계 S303). 즉, 송신기(100)에서 신규 성상도를 생성하기 위해 위상이 시프트된 신호에 왈쉬-하다마르 변환을 할 수 있다. 즉, 송신기(100)에서 위상이 시프트된 심벌의 두 지점을 하나의 심벌로 통합할 수 있고, 이 때, 신호의 두 지점의 합 또는 차를 신규 성상도로서 생성할 수 있다.
  - [0070] 이와 같은 왈쉬-하다마르 변환은, 예를 들면, 송신기에서 입력 신호 행렬에 왈쉬-하다마르 행렬을 곱함으로써, 변환된 신호 행렬을 산출하고, 수신기에서 원래의 입력 신호 행렬의 복구는 출력 신호 행렬에 하다마르 행렬을 곱함으로써 가능하다.
  - [0071] 본 발명의 한 실시예는 MIMO 무선 통신 시스템의 성능을 향상시키기 위해 신호의 위상 시프트 후 하다마르 변환을 수행하는 신규한 방법으로서, 이에 의해 기존의 하다마르 방식의 공통 구조를 변경하지 않고도, 하나의 시간

슬롯에서 변조 결과들의 두 지점들을 포함하는 하나의 심벌을 전달하는 것을 가능하게 할 수 있다. 따라서, 예를 들면, 변조 결과들, 즉, 변조 성상도들을 하다마르 변환으로 곱함으로써, 새로운 심벌 지점들이 획득될 수 있기 때문에, 변조된 심벌의 두 지점들을 하나의 심벌로 전송하는 것을 가능하게 할 수 있다.

[0072] 이러한 하다마르 행렬은 상호 직교 행들을 가지며, 이는 모든 2개의 상이한 열들이 2개의 직교 벡터를 나타낸다는 것을 의미하고, 그 행렬 상에  $2^n$  이 코드를 이용하며, 여기서, n은 정수 값이다. 또한, 하다마르 변환의 형태는 정방 행렬이고, 하다마르 변환에서, PSK 또는 QAM과 같은 복소 성상도로부터의 신호 지점들의 행렬에 정방 하다마르 행렬을 곱함으로써  $1 \times n$  행렬의 하다마르 변환의 결과를 얻을 수 있다.

[0073] 이와 같은 왈쉬-하다마르 변환의 결과는 새로운 성상도 지점들로 사용된다.

[0074] 예를 들면, QPSK 변조에서 각 지점의 성상들로서 {00, 01, 10, 11}를 얻을 수 있고, 이와 같은 변조 처리 후에 왈쉬-하다마르 변환을 수행하며, 따라서, 변조 성상도의 두 지점들을 하나의 새로운 성상도로 결합함으로써, 표 1과 같은 값이 산출될 수 있다.

[0075] 표 1에서 5번째 열은 QPSK 변조의 2개의 심벌들의 합이고, 6번째 열은 QPSK 변조의 2개의 심벌들의 차이를 나타낸다.

[0076] 다음으로, 수신기에서 전송된 성상도를 심벌로 변환할 수 있다(단계 S304). 즉, 수신기(200)에서 전송된 심벌을 단계 S303에서 연산한 바와 같이, 하다마르 행렬과 연산할 수 있어 성상도를 심벌로 변환할 수 있다.

[0077] 다음으로, 변환된 심벌의 위상을 역시프트할 수 있다(단계 S305). 즉, 송신기(100)에서 디지털 심벌의 제로 에너지를 가지는  $0+0j$  값 출력을 피하기 위하여 위상을 시프트했던 각도만큼, 수신기(200)에서 해당 심벌의 역위상만큼 역시프트할 수 있다.

[0078] 다음으로, 수신기에서 위상이 역시프트된 심벌을 복조할 수 있다(단계 S306). 즉, 수신기(200)에서 위상이 역시프트된 심벌을 복조하여 원래의 데이터로 복원할 수 있다. 이때, 수신기(200)에서 송신기(100)의 변조부(110)에 대응하는 방식으로 복원할 수 있으며, 예를 들면, MPSK, QPSK 또는 BPSK 방식으로 복조할 수 있다.

[0079] 이하, 도 4 내지 도 6을 참조하여, 본 발명의 한 실시예에 따른 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법에 대하여 각각의 비트 에러 레이트(BER)를 측정함으로써 성능을 비교하였다.

[0080] 도 4는 송신 안테나  $N_t = 4$  및 수신 안테나  $N_r = 4$  일 때, 송신 신호의 위상 시프트 없이 진행된 방식의 비트 에러 오류율을 나타낸다. 여기서, 실선은  $N_t, N_r = 4$  QPSK 및 4bps/Hz 이고, 점선은  $N_t, N_r = 4$  8-PSK를 나타낸다.

[0081] 도 4에 도시된 바와 같이, 변조 레벨 M 또는 왈쉬-하다마르 레벨 k에 따른 신호 대 잡음비 증가와 함께 비트 에러 오류율은 감소되는 것을 알 수 있다. 이는, 신호 대 잡음비 값이 크다는 것은 노이즈가 작다는 것을 의미하여 그에 따른 오류율이 낮아지는 것을 의미하지만, 모든 방식에서 비트 에러 오류율은 특정 신호 대 잡음비 이후에 일정한 비율에 도달하는 것을 알 수 있다. 일정한 신호 대 잡음비 이후에는 신호 변환시 발생하는 제로 에너지를 가지는  $0+0j$  값 때문에 비트 에러 오류율이 감소되지 못하는 것을 알 수 있다.

[0082] 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 신호의 위상을 시프트한 후에 왈쉬-하다마르 변환을 이용한 공간 변조 시스템 및 종래의 위상 시프트없이 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템의 비트 에러 레이트를 비교한 그래프이다.

[0083] 간략화를 위해, 본 실시예에서 송신 안테나  $N_t = 4$  및 수신 안테나  $N_r = 4$ 에서 4bps/Hz의 조건을 가정하였다. 이와 같은 조건에서 본 발명의 실시예에 따른 신호의 위상 시프트 후에 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템과 종래의 위상 시프트없이 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템에 대하여 시뮬레이션된 각 시스템의 비트 에러 오류율이 도 5에 도시된다.

[0084] 도 5에 도시된 바와 같이, 신호 대 잡음비(SNR) $<20$ dB의 범위에서, 왈쉬-하다마르 변환 레벨이 2 및 4일 때 뿐만 아니라, 왈쉬-하다마르 변환 레벨이 8 및 16에서도 낮은 비트 에러 오류율을 달성하게 되어, 모든 신호 대 잡음비 값에 대해, 종래의 공간 변조 시스템은 높은 비트 에러 레이트가 출력되지만, 본 실시예에 따른 공간 변조 시스템은 비트 에러 레이트가 감소된 결과가 출력된다.

[0085] 또한, 비트 에러 레이트가  $10^{-2}$  일 때 왈쉬-하다마르 레벨이 2 및 4일 때 각각 5.5dB 및 8.5dB의 신호 대 잡음

비를 출력할 수 있다.

[0086] 또한, 본 발명의 공간 변조 시스템(10)에서 하다마르 레벨이 4, 8 및 16에 대해 신호 대 잡음비가 증가함과 함께 이득 감소의 이유는 복소 평면의 원점으로부터 최소 유클리디안 거리에 따른 효과로 설명된다.

[0087] 이하, 표 2는 다른 하다마르 변환 레벨에 대한 결과 신호의 최소 유클리디언 거리를 나타낸다. 즉, 표 2에 나타난 바와 같이, 하다마르 레벨이 증가하면서 최소 유클리디언 거리가 감소하는 것을 나타내며, 신호 추정뿐만 아니라 안테나 인덱스 추정도 송신 신호 에너지에 따라 다르다.

[0088] 표 2

Hadamard Level	Constellation point( $\alpha + \beta j$ )	$abs(\alpha + \beta j)$
SM - H <sub>2</sub>	0.2 + 0.5j	0.5412
SM - H <sub>4</sub>	-0.2483-0.165j	0.2986
SM - H <sub>8</sub>	-0.0560-0.017j	0.0585
SM - H <sub>16</sub>	0.0019+0.0003j	0.0019

[0089]

[0090] 도 6은 본 발명의 한 실시예의 하다마르 레벨이 2일 때, 4bps/Hz의 주파수 효율 및 수신 안테나  $N_r$ 의 차이를 동일하게 갖는 종래의 공간 변조와 비교한 그래프를 나타낸다. 즉, 도 6은 수신 안테나  $N_r$ 의 수가 증가함에 따라 비트 에러 오류율이 개선된 것을 보여준다.

[0091] 즉, 도 6은 4 X 4 및 4 X 2 QPSK 변조 방식에 비해 8 X 4 및 8 X 2 BPSK 변조 방식에서 신호 대 잡음비가 증가함에 따라 높은 비트 에러 오류율이 출력되는 것을 보여준다. 그 이유는 종래의 공간 변조 시스템에서 송신 안테나의 수  $N_t$ 는 정보 비트의 수  $\log_2(Nt)$ 를 전송한다. 그래서 송신 안테나의 수가 증가하면, 신호 대 잡음비가 높아질 때, 비트 에러 오류율이 높게 나타난다. 그러나 본 발명의 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템(10)은  $N_t \times N_r$ 의 모든 구성의 하다마르 다이버시티 이득 때문에 종래의 공간 변조 시스템보다 비트 에러 오류율이 감소한다.

[0092] 이와 같은 결과를 기반으로, 본 발명의 왈쉬-하다마르 변환을 이용한 공간 변조 시스템은 왈쉬-하다마르를 기반으로 한 공간 변조 시스템을 제안하여 공간 변조 시스템의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

[0093] 이와 같은 구조에 의해 본 발명의 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템 및 방법은 신호의 위상을 시프트한 후 왈쉬-하다마르를 이용하여 신규 성상도를 생성하고, 이를 이용함으로써, 제로 값이 출력되지 않도록 하여 비트 에러 레이트를 감소시킬 수 있다.

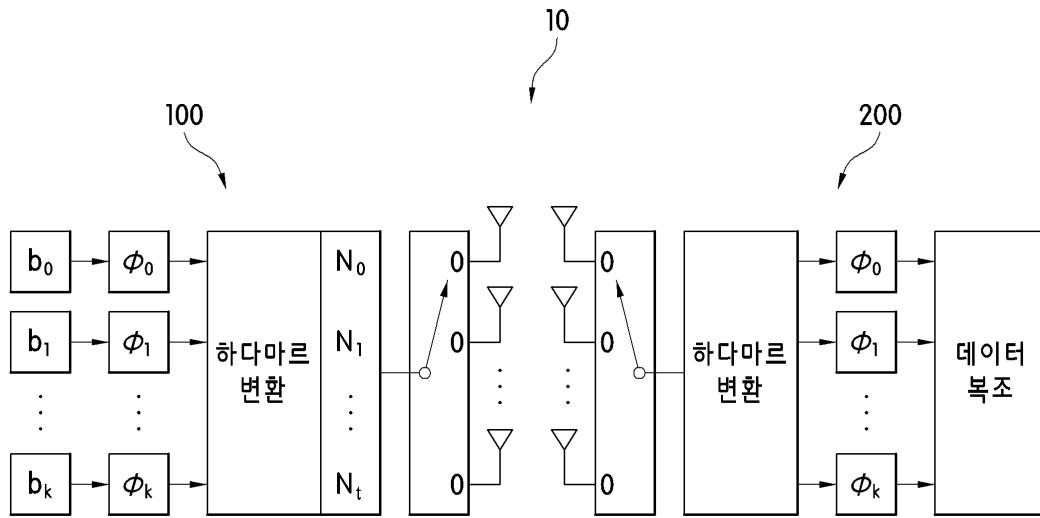
[0094] 이상에서는 본 발명을 실시예에 기초하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 상기 실시예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

**부호의 설명**

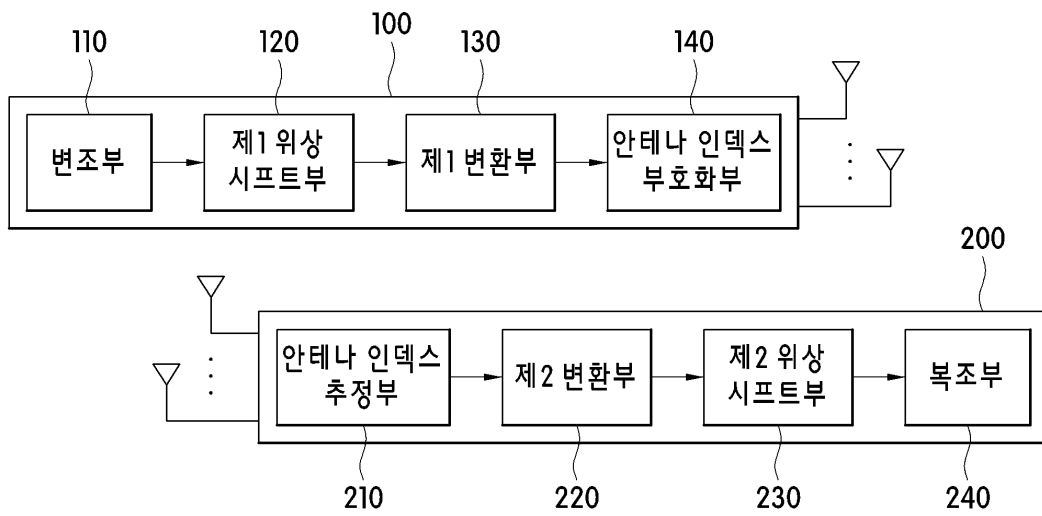
- [0095] 10 : 왈쉬-하다마르를 이용한 공간 변조 시스템
- 100 : 송신기
- 110 : 변조부
- 120 : 제 1 위상 시프트부
- 130 : 제 1 변환부
- 140 : 안테나 인덱스 부호화부
- 200 : 수신기
- 210 : 안테나 인덱스 추정부
- 220 : 제 2 변환부
- 230 : 제 2 위상 시프트부
- 240 : 복조부

도면

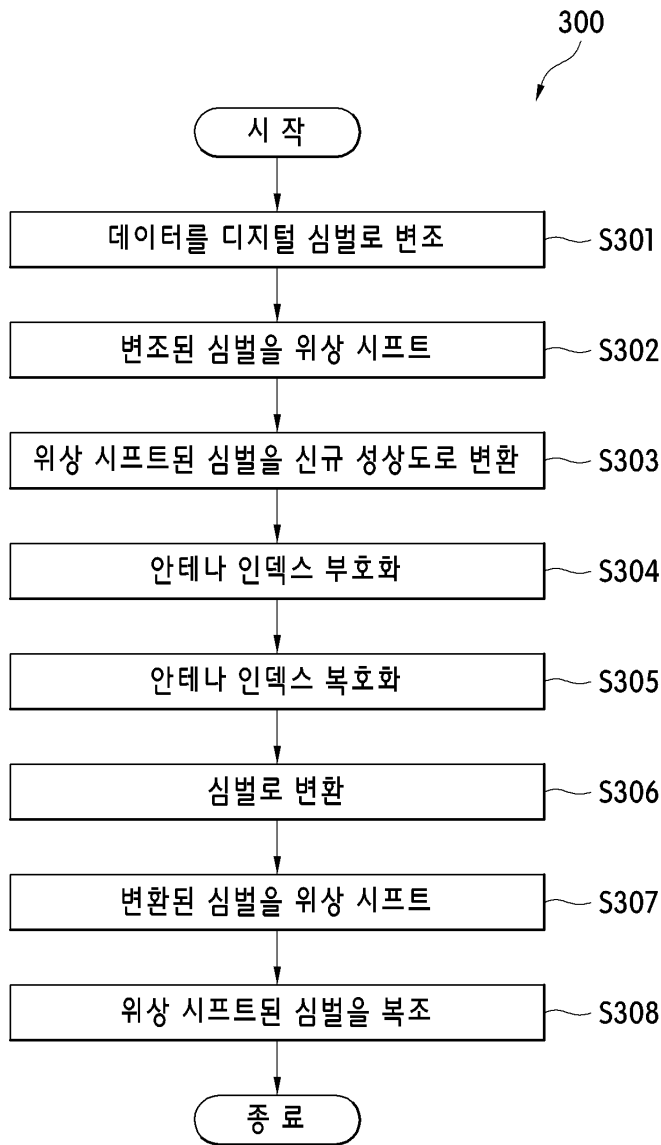
도면1



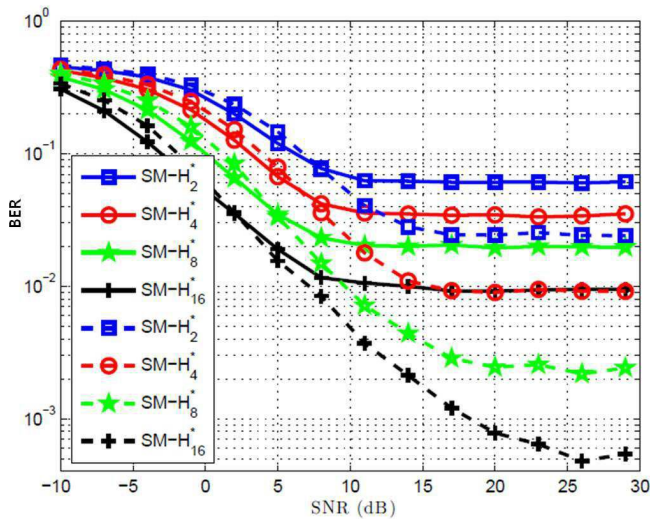
도면2



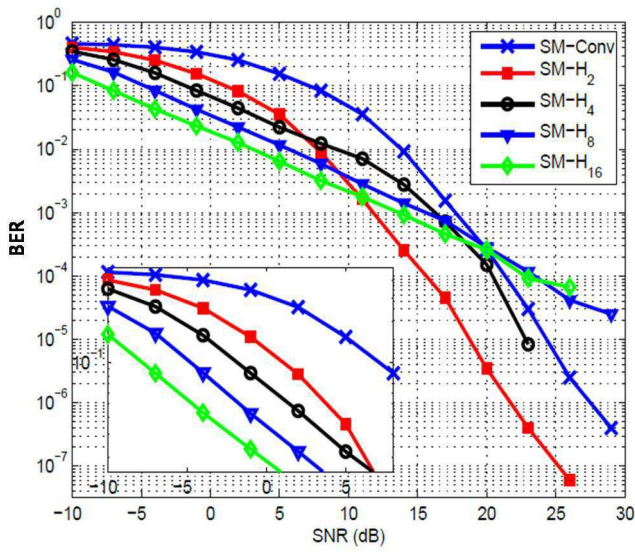
도면3



도면4



도면5



도면6

