



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년08월14일
(11) 등록번호 10-1173472
(24) 등록일자 2012년08월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/04 (2006.01) H04L 25/02 (2006.01)
H04B 7/005 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7023092
(22) 출원일자(국제) 2005년04월19일
심사청구일자 2010년04월16일
(85) 번역문제출일자 2006년11월03일
(65) 공개번호 10-2007-0004947
(43) 공개일자 2007년01월09일
(86) 국제출원번호 PCT/FR2005/000965
(87) 국제공개번호 WO 2005/112329
국제공개일자 2005년11월24일
(30) 우선권주장
04 364 035.8 2004년04월23일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
US06307882 B1
WO2002065685 A1

(73) 특허권자
프랑스 텔레콤
프랑스, 에프-75015 파리, 프라스 달러레, 6
(72) 발명자
르코아블르 로돌프
프랑스, 에프-35510 쉐송-세비느, 스퀘어 드 라
포스 오 무앙 30
르 니르 빈센트
프랑스, 에프-35000 렌느, 블리바드 드 스트라스
버그, 59
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 20 항

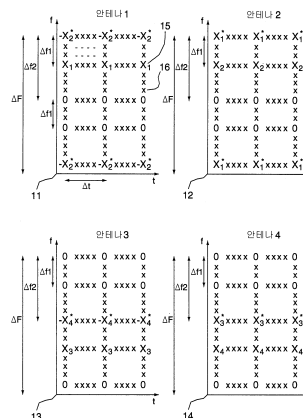
심사관 : 김상인

(54) 발명의 명칭 다중 안테나 시스템에서의 신호 전송을 위한 방법 및 장치그리고 대응되는 전송 채널을 추정하기 위한 신호 및 방법

(57) 요약

본 발명은 n개의 전송 안테나를 통해 디지털 신호를 전송하는 방법에 관한 것으로서, n은 2보다 크고, 각각의 전송 안테나에 의해 개별적으로 전송되는 n개의 근원 벡터는 암호화 행렬 M에 의해 1의 비율로 근원 데이터 벡터와 결합되고, 적어도 하나의 수신자에게 알려진 참조 기호를 사용하고, 상기 수신자가 상기 각각의 전송 안테나에 대응되는 n개의 전송 채널을 추정할 수 있도록 한다. 본 발명에 따르면 상기 참조 기호는 전송되기 전에 상기 암호화 행렬 M에 의해 수학적인 변환 과정을 거친다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

헬라드 메릴린

프랑스, 에프-35700 렌느, 루 찰스 드망쥬, 5

오프레이 장-미셸

프랑스, 에프-35510 쉼송-세비느, 아파트 15, 루
듀 끌로즈세비느

헬라드 장-프랑소아

프랑스, 에프-35700 렌느, 루 찰스 드망쥬, 5

특허청구의 범위

청구항 1

2보다 큰 n 에 대하여, n 개의 전송 안테나를 이용하여 디지털 신호를 전송하는 방법에 있어서,

암호화 함수에 의해 참조 기호의 벡터를 수학적으로 변환하여 1의 비율의 암호화 행렬 M 을 형성하는 단계 - 상기 참조 기호는, 적어도 하나의 수신자에게 알려지며, 상기 수신자가 상기 전송 안테나의 각각에 대응하는 n 개의 전송 채널을 추정할 수 있도록 함 -;

상기 암호화 행렬의 요소를, 상기 전송 안테나 하나당 상기 암호화 행렬의 하나의 행에서, 공간으로 그리고 시간 및 주파수 중 적어도 하나로 분배하는 단계; 및

상기 전송 안테나에서 상기 암호화 행렬을 전송하는 단계

를 포함하고,

상기 비율은 전송되는 상기 참조 기호의 수와 상기 참조 기호가 전송되는 횟수 사이의 비율로 정의되는,

전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 참조 기호는 공간과 시간으로 분배되는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 참조 기호는 공간과 주파수로 분배되는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 암호화 행렬은 직교인 적어도 두 개의 블록을 포함하는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 참조 기호의 블록 각각은 개별적으로 전송되고, 상기 각각의 블록은 상기 전송 안테나의 일부를 통해 전송되며, 다른 전송 안테나는 전원이 꺼지는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전송 방법은 주파수 분배 또는 시간 분배 중에서 하나를 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 선택 단계는 전송 채널의 특성을 참작하는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 참조 기호는 상기 암호화 행렬 M 에 의해 수학적 변환 과정을 거친 후에 모든 전송 안테나를 통해 전송되는 것을 특징으로 하는 전송 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 암호화 행렬은 자파카니(Jafarkhani) 타입 암호화에 의해 획득되고 아래의 형식을 갖는 행렬인 것을 특징으로 하는 전송 방법.

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix},$$

x_i 는 참조 기호이고,

x_i^* 는 켤레 참조 기호,

i 는 $1 \leq i \leq 4$ 인 관계 정수.

청구항 11

삭제

청구항 12

2보다 큰 n 에 대하여, n 개의 전송 안테나와 적어도 하나의 수신 안테나를 이용하는 다중 안테나 시스템에서의 전송 채널의 추정 방법에 있어서,

1의 비율의 암호화 행렬 M 이 상기 수신 안테나에 전송됨에 따라, 암호화 함수에 의해 참조 기호의 벡터를 수학적으로 변환함으로써 상기 암호화 행렬이 얻어지고, 상기 암호화 행렬의 요소는 상기 전송 안테나 하나당 상기 암호화 행렬의 하나의 행에서, 공간으로 그리고 시간 및 주파수 중 적어도 하나로 분배되고, 상기 참조 기호는 적어도 하나의 수신자에게 알려지고 상기 수신자가 상기 전송 안테나의 각각에 대응하는 n 개의 전송 채널을 추정할 수 있도록 하며,

상기 추정 방법은,

상기 전송 안테나에서 전송된 상기 암호화 행렬에 대응하고, 상기 전송 안테나의 각각에 대한 적어도 하나의 전송 채널에 의해 변경된, 수신 참조 벡터를 수신하는 단계; 및

상기 암호화 행렬의 역행렬이고 상기 수신 안테나와 관련된 전송 채널의 효과를 고려하는, 해독 행렬에 의해 상기 수신 참조 벡터를 수학적으로 변환하여, 상기 참조 기호에 상기 전송 채널의 효과에 대한 추정을 제공하는 단계

를 포함하고,

상기 비율은 전송되는 상기 참조 기호의 수와 상기 참조 기호가 전송되는 횟수 사이의 비율로 정의되는,

추정 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 해독 행렬은 MMSE(minimum mean squared error) 또는 ZF(zero forcing) 기준에 따른 균등화를 포함하는

역행렬인 것을 특징으로 하는 추정 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

실행되는 상기 기준은 MMSE 기준이고 상기 해독 행렬은 다음 요소에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 추정 방법.

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M + \frac{I}{\gamma}} r,$$

r은 수신된 참조 벡터,

M은 암호화 행렬,

I는 단위 행렬,

γ 은 신호 대 노이즈 비율,

H는 켈레진치.

청구항 15

제13항에 있어서,

실행되는 상기 기준은 ZF 기준이고 상기 해독 행렬은 다음 요소에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 추정 방법.

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M} r,$$

r은 수신된 참조 벡터,

M은 암호화 행렬,

H는 켈레진치.

청구항 16

제12항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 추정 방법은, 상기 참조 기호의 추정로부터, 각각의 페이로드 데이터에 대해, 상기 전송 채널의 추정을 전달하는 내삽법 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 추정 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 내삽법 단계는 시간 내삽법 및/또는 주파수 내삽법을 실행하는 것을 특징으로 하는 추정 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 내삽법 단계는 선형 내삽법 및 빈(Wiener) 내삽법을 포함하는 그룹에 속한 것을 특징으로 하는 추정 방법.

청구항 19

2보다 큰 n 에 대하여, n 개의 전송 안테나를 이용하여 디지털 신호를 전송하는 장치에 있어서,

암호화 함수에 의해 참조 기호의 벡터를 수학적으로 변환하여 1의 비율의 암호화 행렬 M 을 형성하는 수단 - 상기 참조 기호는, 적어도 하나의 수신자에게 알려지며, 상기 수신자가 상기 전송 안테나의 각각에 대응하는 n 개의 전송 채널을 추정할 수 있도록 함 -;

상기 암호화 행렬의 요소를, 상기 전송 안테나 하나당 상기 암호화 행렬의 하나의 행에서, 공간으로 그리고 시간 및 주파수 중 적어도 하나로 분배하는 수단; 및

상기 전송 안테나에서 상기 암호화 행렬을 전송하는 수단

를 포함하고,

상기 비율은 전송되는 상기 참조 기호의 수와 상기 참조 기호가 전송되는 횟수 사이의 비율로 정의되는,

전송 장치.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 전송 장치는

기지국 또는 단말인 것을 특징으로 하는 전송 장치.

청구항 21

2보다 큰 n 에 대하여, n 개의 전송 안테나와 적어도 하나의 수신 안테나를 이용하는 다중 안테나 시스템에서의 수신 장치에 있어서,

1의 비율의 암호화 행렬 M 이 상기 수신 안테나에 전송됨에 따라, 암호화 함수에 의해 참조 기호의 벡터를 수학적으로 변환함으로써 상기 암호화 행렬이 얻어지고, 상기 암호화 행렬의 요소는 상기 전송 안테나 하나당 상기 암호화 행렬의 하나의 행에서, 공간으로 그리고 시간 및 주파수 중 적어도 하나로 분배되고, 상기 참조 기호는 적어도 하나의 수신자에게 알려지고 상기 수신자가 상기 전송 안테나의 각각에 대응하는 n 개의 전송 채널을 추정할 수 있도록 하며,

상기 수신 장치는,

상기 전송 안테나에서 전송된 상기 암호화 행렬에 대응하고, 상기 전송 안테나의 각각에 대한 적어도 하나의 전송 채널에 의해 변경된, 수신 참조 벡터를 수신하는 수단; 및

상기 암호화 행렬의 역행렬이고 상기 수신 안테나와 관련된 전송 채널의 효과를 고려하는, 해독 행렬에 의해 상기 수신 참조 벡터를 수학적으로 변환하여 상기 참조 기호에 상기 전송 채널의 효과에 대한 추정을 제공하는 수단

을 포함하고,

상기 비율은 전송되는 상기 참조 기호의 수와 상기 참조 기호가 전송되는 횟수 사이의 비율로 정의되는,

수신 장치.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 수신 장치는

기지국 또는 단말인 것을 특징으로 하는 수신 장치.

명세서

기술분야

본 발명은 무선 디지털 통신에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 전송과 수신, 특히 공간-시간 암호화 및/또는 공간-주파수 암호화된 신호의 전송을 통한 다중 입력 다중 출력(multiple input multiple output:MIMO) 또는 다중 입력 단일 출력(multiple input single output:MISO) 타입 다중 안테나 시스템에서의 전송 채널 추정에 관한 것이다.

[0001]

- [0002] 좀더 상세하게는, 본 발명은 몇몇 전송 안테나(특히 두 개 이상의 전송 안테나)를 실행하는 다중 안테나 시스템에 적용될 수 있다. 상기 신호는 참조 기호(reference symbol)를 포함하는데, 상기 참조 기호는 적어도 하나의 수신자에 알려져 있고, 상기 수신자로 하여금 상기 전송 안테나 각각에 대응되는 전송 채널을 추정할 수 있도록 한다.
- [0003] 본 발명의 응용 프로그램의 한 예는 대한 라디오 통신 분야에 속하며, 특히, 제3, 제4 그리고 그 다음 세대 시스템을 위한 것이다.
- [0004] 본 발명은 기지국에서 단말로의 다운링크(downlink) 통신뿐만 아니라 단말로부터 기지국으로의 업링크(uplink) 통신에도 적용될 수 있다.

배경 기술

- [0005] 몇개의 통신 안테나를 포함하는 다중 안테나 시스템의 전송 채널의 추정기술에 대해 몇몇 알려져 있다.
- [0006] 대다수의 상기 추정 기술은 직교 주파수 분할 다중(orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) 타입(type) 다중(multi) 캐리어(carrier) 시스템에서 공간-시간 또는 공간-주파수 암호화의 응용 프로그램에 제한된다.
- [0007] 이렇게, 제안된 첫 번째 시스템은 모두 직교 공간-시간 블록 코드(orthogonal space-time block code)를 사용하였다.
- [0008] 알라모우티(alamouti)("A Simple Diversity Technique for Wireless Communication", IEEE journal on selected areas in communication, pp.311-335, vol.6, 1998)는 두 개의 전송 안테나를 위한 1의 비율(상기 비율은 전송되는 기호의 수 N 과 상기 기호가 전송되는 횟수 L 사이의 비율로 정의된다)의 직교 공간-시간 블록 코드를 사용하는 첫 번째 시스템을 제시하고 있다.
- [0009] 알라모우티 직교 공간-시간 코드(alamouti orthogonal space-time code)의 주요 결점은 두 개의 전송 안테나 시스템에 제한된다는 것이고 단위(unitary) 비율을 유지하고 있는 동안에는 두 개의 전송 안테나보다 많이 사용할 수 있도록 직접 그 사용을 확장하는 것이 불가능하다는 점이다.
- [0010] Tarokh 및 그 외(이후 Tarokh)는 ("Space-time Block Codes from Orthogonal Designs", IEEE Transactions on Information Theory, 1999, 45, (5), pp. 1456-1467) 상기 직교 공간-시간 블록 코드를 3이나 4개의 전송 안테나를 포함하는 시스템에까지 확장했다. 그러나 얻어진 비율($R=N/L$)은 오직 $1/2$ 또는 $3/4$ 였다.
- [0011] Tarokh의 직교 공간-시간 블록 코드의 하나의 결점은, 비록 더 많은 수의 전송 안테나(3또는 4개의 안테나)를 실행할 수 있는 시스템에 적용될 수 있지만, 1 보다 낮은 비율을 갖는다는 것이다.
- [0012] Barhui 및 그 외는 "Pilot Tone-based Channel estimation for OFDM Systems with Transmitter Diversity in Mobile Wireless Channels"에서 특정 캐리어의 소멸을 실행하는 전통적인 OFDM 채널 추정 시스템에 기반한 다중 안테나 단일 입력 단일 출력-OFDM(Single Input Single Output-OFDM: SISO-OFDM) 또는 다중 입력 다중 출력-OFDM(Multiple Input Multiple Output-OFDM: MIMO-OFDM) 시스템을 위한 채널 추정 기술을 제안하였다. 그러나 상기 MIMO 시스템에서의 추정 기술의 하나의 결점은, 상기 전송 채널의 추정을 방해하지 않기 위해 어떤 것이든 데이터가 다른 참조 캐리어에 전송되지 않는 동안, 각각의 전송 안테나에 대해, 참조 기호가 주어진 지점에서 참조 캐리어상에 전송되는 때에는 언제나, 참조 기호의 삽입이 일반적으로 스펙트럼 효율의 중대한 손실을 야기한다는 점이다.
- [0013] 이어서 Fragouli 및 그 외는 "Training Based Channel Estimation for Multiple-Antenna Broadband Transmissions"에서 다중 안테나 시스템에서 채널 추정에 사용될 수 있는 학습 순서에 대하여 다른 연구를 행하였다.
- [0014] 이어서, Stirling-Gallacher 및 그 외는("Improving performance of coherent coded OFDM systems using space time transmit diversity", Electronics Letters, Vol. 37 N, March 2001, "Practical Pilot Patterns coherent coded OFDM systems using space time transmit diversity", European Wireless 2002 conference, 25-28 February 2002, Florence) 알라모우티(Alamouti) 또는 Tarokh 타입의 직교 공간-시간 코드를 사용하는 두개의-전송-안테나 시스템에 제한되어 MIMO-OFDM 시스템에 대한 채널 추정 기술을 파악했다.
- [0015] 언급한 추정 기술의 한가지 단점은 전송 시스템의 전송 안테나의 수가 선행 기술인 직교 공간-시간 블록 코드의

사용에 의해 제한된다는 점이다.

[0016] 이렇게, 선행 기술에 따르면, 두 개를 넘는 수의 안테나를 갖는 시스템을 위한 복잡한 직교 단위-비율(unit-rate) 코드가 없다는 점이다. 이 점은 스펙트럼 효율을 감소시킨다.

발명의 상세한 설명

[0017] 본 발명은 특히 상기 선행 기술의 결점들을 극복하는 데 목적이 있다.

[0018] 보다 상세하게는, 두 개가 넘는 수의 전송 안테나를 실행하는 다중 안테나 시스템의 전송 채널의 추정을 위한 기술을 제공하는 데에 목적이 있다.

[0019] 본 발명의 다른 목적은 낮은 복잡도를 가지면서도 보다 효율적이고 선행 기술보다 더 좋은 성능을 갖는 기술을 제시하는 데에 있다.

[0020] 본 발명의 또 다른 목적은 공간-시간 암호화 및/또는 공간-주파수 암호화 행렬을 실행하는 참조 기호(reference symbol)를 포함하는 신호 전송의 기술을 제공하는 것이다. 특히, 단위-비율(unit-rate) 암호화 행렬을 제공하는 것이다.

[0021] 본 발명의 또 다른 목적은 코드 분할 다중 접속(code division multiple access:CDMA), 주파수 분할 다중 접속(frequency division multiple access:FDMA) 또는 시분할 다중 접속(time division multiple access:TDMA)와 같은 다른 다중 액세스(access) 기술과 조합된 단일 캐리어 또는 다중 캐리어 타입 변조(modulation)을 위한 다중 입력 단일 출력(Multiple input single output: MISO) 또는 다중 입력 다중 출력(Multiple input single output: MIMO) 타입 다중 안테나 시스템에 적용되는 종류의 기술을 제공하는 것이다.

[0022] 본 발명의 다른 목적은 서로 다른 전송 채널간의 간섭을 최소로 줄이고 스펙트럼(spectrum) 효율의 손실을 제한함과 동시에 상기 시스템의 공간 다양성을 증가시키는 종류의 기술을 제공하는 것이다.

[0023] 다른 말로하자면, 본 발명의 목적은 많은 수의 안테나를 실행하는 시스템에서 실용적이고 저비용방식으로 실행될 수 있는 종류의 기술을 제공하는 것이다.

[0024] 아래에 기술되겠지만 이러한 목적들은 다른 목적들과 함께, n 은 2보다 크고, 각각의 전송 안테나에 의해 전송되는 n 개의 근원 벡터(vector)는 암호화 행렬 M 에 의해 1의 비율로 근원 데이터 벡터와 결합되고, 적어도 하나의 수신자에게 알려진 참조 기호(reference symbol)를 사용하고, 상기 수신자가 상기 각각의 전송 안테나에 대응되는 적어도 3개의 전송 채널을 추정할 수 있도록하는, n 개의 전송 안테나를 통해 전송되는 디지털(digital) 신호의 전송 방법을 통해 달성될 수 있다.

[0025] 본 발명에 따르면, 상기 이런 종류의 전송 방법의 참조 기호는 전송되기 전에 상기 암호화 행렬 M 에 의해 수학적인 변환 과정을 거치게 된다.

[0026] 이렇게, 본 발명은 두 개가 넘는 수의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템의 암호화 행렬을 실행하여, 디지털 신호 전송의 전체적으로 독창적이고 발명적인 접근에 의지한다.

[0027] 보다 상세하게는, 본 발명은 n 개의 전송 안테나상에서, 참조 기호의 벡터(vector)가 암호화 함수에 의해 암호화 행렬 M 에 결합되는, 1의 비율인 암호화 행렬 M 의 참조 기호의 전송을 제안한다.

[0028] 상기 1의 비율의 암호화 행렬은 비직교(non-orthogonal) 행렬 또는 블록 직교(orthogonal) 행렬 중 하나에 대응되고, 상기 비율은 전송되는 기호의 수와 상기 기호가 전송되는 횟수 사이의 비율로 정의된다.

[0029] 유리하게도, 상기 참조 기호는 공간-시간 및/또는 공간-주파수로 분배된다.

[0030] 그 후, 상기 암호화 행렬은 공간-시간 암호화 및/또는 공간-주파수 암호화를 실행한다.

[0031] 첫번째 실시예에 따르면, 상기 암호화 행렬은 각각의 블록이 직교하는 적어도 두개의 블록을 포함한다.

[0032] 바람직하게는, 참조 기호의 블록 각각은 개별적으로 전송되고, 각각의 블록은 특정 전송 안테나상에서 전송되며, 나머지 안테나의 전원은 종료된다.

[0033] 이렇게, 첫 번째 안테나 세트에 의해 전송되는 데이터는 다른 세트의 안테나에 의해 전송되는 데이터에 의해 방해받지 않으며, 다른 세트의 안테나는 때 맞추어 같은 장소에 같은 캐리어(carrier)상에 전송하지 않는다.

[0034] 본 발명의 다른 실시예인 세번째 실시예에 의하면, 상기 전송 방법은 주파수 분배와 시간 분배간의 선택 단계를 포함한다.

[0035] 특히, 상기 선택 단계는 전송 채널의 특성을 고려한다.

[0036] 본 발명의 다른 실시예인 두번째 실시예에 의하면 참조 기호는 암호화 행렬 M에 의해 수학적인 변환과정을 거친 후에 모든 전송 안테나상에서 전송된다.

[0037] 이렇게, 상기 암호화 행렬 M은 종합적으로 비직교 행렬이다.

[0038] 특히, 상기 암호화 행렬 M은 다음 형식을 갖는 자파카니(Jafarkani) 타입 암호화에 의해 얻어질 수 있다.

[0039]

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix},$$

[0040] x_i 는 참조 기호이고, x_i^* 는 켤레 참조 기호, i는 $1 \leq i \leq 4$ 인 관계 정수이다.

[0041] 본 발명은 또한 대응되는 전송 장치에 관계된다.

상기 기재된 바와 같이, 본 발명은 이러한 방식으로, 업링크(uplink) 통신, 전송 장치, 그리고 나서 대응되는 단말(또는 단말에 포함됨)에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 다운링크(downlink) 통신, 전송 장치, 이 경우에는, 기지국(또는 기지국에 포함됨)에도 적용될 수 있다.

[0042] 본 발명은 또한 n이 2보다 클 때, n개의 전송 안테나에 의해 각각 전송되는 n개의 벡터에 의해 형성되는 디지털 신호에 관계된다.

[0043] 본 발명에 의하면, 수신자가 각각의 전송 안테나에 대응되는 적어도 세개의 전송 채널 각각을 추정하는 것이 가능하도록 하기 위하여, 상기 신호는 단위(unitary) 비율의 암호화 행렬 M에 의해 참조 기호를 수학적으로 변환한 후에 얻어지는 암호화된 참조 기호를 포함한다.

[0044] 본 발명은 또한, n은 2보다 클 때, n개의 전송 안테나와 적어도 하나의 수신 안테나를 실행하는 다중 안테나 시스템의 전송 채널의 추정 방법에 관계된 것이다. 상기 방법에 의하면, 적어도 하나의 수신자에게 알려진 참조 기호를 실행하고 상기 수신자가 전송 안테나 각각에 대응되는 적어도 3개의 전송 채널에 대해 추정할 수 있도록, 각각의 전송 안테나에 의해 개별적으로 전송되는 n개의 벡터는 암호화 행렬 M에 의해 근원 데이터 벡터에 결합된다.

[0045] 본 발명에 의하면, 상기 추정 방법은, 암호화 행렬 M에 의해 참조 기호를 곱셈함으로써 얻어지고 상기 전송 안테나 각각에 대한 적어도 하나의 전송 채널에 의해 변경되는, 전송 참조 벡터에 따라 수신된 참조 벡터의 수신 단계를 포함한다. 상기 수신 안테나 각각에 대해, 상기 참조 기호상의 상기 전송 채널의 효과에 대한 추정을 주기위해, 상기 수신된 참조 벡터가 암호화 행렬의 역행렬이고 상기 수신 안테나에 결합된 전송채널의 효과를 고려하는 해독 행렬에 의해 수학적인 변환 과정을 거친다.

[0046] 이렇게, 본 발명은 두 개가 넘는 수의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템의 채널 추정의 전체적으로 독창적이고 발명적인 접근에 의지한다. 이 접근 방법은 두개의 안테나를 갖는 시스템에 있어서도 역시 독창적이란 점은 주목할 필요가 있다.

[0047] 실제로, 서로 다른 전송 채널의 추정은, 적어도 하나의 수신자에게 알려진 참조 기호, 암호화 함수에 의해 암호화 행렬 M과 결합된 참조 기호의 벡터로 실행된다.

[0048] 기존에 알려진 참조 기호 벡터 및 암호화 행렬 M으로도, 해독 행렬에 대응되는 암호화 행렬의 역으로부터 서로 다른 전송 채널을 추정하는 것이 가능하다.

[0049] 이렇게, 사용되는 참조 기호와 암호화 기술로부터, 수신 장치는, 서로 다른 전송 채널을 추정하기위해, 해독, 필터링(filltering) 또는 균등화(equalization), 그리고 다양한 안테나로부터의 신호를 재구성하는 기술을 실행

할 수 있다.

[0050] 유리하게도, 상기 해독 행렬은 MMSE(minimum mean squared error) 또는 ZF(zero forcing) 기준에 따른 균등화를 포함하는 역행렬이다.

[0051] 특히, 실행되는 상기 기준은 MMSE 기준이 될 수 있다. 이때, 상기 해독 행렬은 다음 요소에 의해 형성된다:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M + \frac{I}{\gamma}} r,$$

[0052]

[0053] 실행되는 상기 기준은 ZF 기준이 될 수 있다. 이때, 상기 해독 행렬은 다음 요소에 의해 형성된다:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M} r,$$

[0054]

[0055] r 은 수신된 참조 벡터;

[0056] M 은 암호화 행렬;

[0057] I 는 단위 행렬;

[0058] γ 은 신호 대 노이즈 비율;

[0059] H 는 결레전치.

[0060] 보다 바람직하게는, 상기 추정 방법은, 상기 참조 기호의 추정로부터, 각각의 페이로드(payload) 데이터에 대해, 상기 전송 채널의 추정을 전달하는 내삽법 단계를 포함한다.

[0061] 특히, 상기 내삽법 단계는 시간 내삽법 및/또는 주파수 내삽법을 실행한다는 점에서 주목할만 하다.

[0062] 상기 내삽법 단계는 선형 내삽법 및 빈(Wiener) 내삽법을 포함하는 그룹에 속할 수 있다.

본 발명의 다른 측면은, n 은 2보다 클 때, 각각의 전송 안테나에 의해 개별적으로 전송되는 어떤 n 개의 벡터가 암호화 행렬 M 에 의해 근원 데이터 벡터에 결합 되는, n 개의 전송 안테나 및 적어도 하나의 수신 안테나를 실행하고, 상기 수신자에게 알려진 참조 기호를 실행하고, 그리고 상기 수신자가 전송 안테나 각각에 대응되는 n 개의 전송 채널에 대해 추정할 수 있도록 하는 다중 안테나 시스템에서의 수신 장치에 관련된 것이다.

상기 수신 장치는, 암호화 행렬 M 에 의해 참조 기호를 곱셈함으로써 얻어지고, 상기 전송 안테나 각각에 대한 적어도 하나의 전송 채널에 의해 변경되는, 전송 참조 벡터에 따라 수신된 참조 벡터를 수신하는 수단을 포함한다.

상기 수신 안테나 각각에 대해, 상기 참조 기호 상의 상기 전송 채널의 효과에 대한 추정을 주기 위해, 상기 수신된 참조 벡터가, 암호화 행렬의 역행렬이고 상기 수신 안테나에 결합된 전송채널의 효과를 고려하는, 해독 행렬에 의해 수학적인 변환 과정을 거치게 된다.

상기 기재된 바와 같이 본 발명은, 업링크(uplink) 통신, 수신 장치, 그리고 나서 대응되는 기지국(또는 기지국에 포함됨)에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 다운링크(downlink) 통신, 수신 장치, 이 경우에는 대응되는 단말(또는 단말에 포함됨)에도 적용될 수 있다.

실시예

[0066] 본 발명의 일반적인 원칙은, 수신자 내에서 두 개가 넘는 개수의 전송 안테나와 수신 안테나 사이의 서로 다른 전파 채널의 상기 추정이 가능하게 하기 위해서, 적어도 하나의 수신자에게 알려진 참조 기호의 벡터와 암호화 행렬 M 을 결합시키는 것에 의존하고 있다.

[0067] 상기 암호화 행렬 M 은 비직교(non-orthogonal) 또는 블록 직교(block orthogonal)이고, 1의 비율을 갖으며, 상

기 1의 비율의 암호화 행렬은 비직교(non-orthogonal) 행렬 또는 블록 직교(orthogonal) 행렬 중 하나에 대응되고, 상기 비율은 전송되는 기호의 수와 상기 기호가 전송되는 횟수 사이의 비율로 정의된다. 상기 암호화 행렬의 기호는 각각의 전송 안테나 상에서 시간 및/또는 주파수로 분배된다.

[0068] 수신시에, 각각의 수신 안테나에 대해, 필요하다면 상기 수신자에 의해서 개입된 노이즈(noise)를 고려하여, 상기 수신된 신호는 암호화 행렬 M의 역행렬(MMSE 또는 ZF 기준에 따라 이해되는 균등화 기술을 포함하는)에 의해 곱해진다.

[0069] 그 결과는 n개의 전송 안테나와 하나의 수신 안테나 사이의 n개의 전송 채널을 의미하는 n차원의 벡터(vector)이다. 상기 n차원의 벡터는 상기 수신자에 의해 전송채널을 추정하기 위해 사용된다. 예를 들면, 이는 상기 과정을 주기적으로 반복하고, 상기 과정 동안 추정되는 두 개의 참조 기호간에 시간 및/또는 주파수 내삽법을 실행함으로써 행해진다. 상기 내삽법은 예를 들면, 선형 또는 빈(Wiener) 내삽법이다.

[0070] 도 1a 및 도 1b를 참조하여, 네 개의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템의 전송 채널 추정에 대한 본 발명의 일 실시예의 설명을 제시한다.

[0071] 상기 첫 번째 실시예에 의하면, 암호화 행렬 M은 블록 행렬이고, 각각의 블록은 n개의 참조 기호를 포함한다. 알라모우티 직교 공간-시간 암호화(Alamouti orthogonal space-time encoding)는 암호화 행렬 M의 각각의 블록에 적용된다. n개의 참조 기호의 각각의 블록은 비로소 직교가 된다.

[0072] 당업자는 전송 및/또는 수신에서 안테나의 수가 더 많을 때에도 쉽게 이 방법을 확대 적용할 수 있을 것이다. 알라모우티 암호화를 n(n=4,6,8,...)개의 안테나를 갖는 시스템의 각각의 블록에 적용하는 것이 가능할 것이다.

[0073] 도 1a 및 도 1b에 도시된 상기 실시예에 의하면, 상기 알라모우티 암호화는 채널의 추정에 사용되는 참조 기호에 적용될 수 있다. 그후, 상기 암호화된 참조 기호는 다른 안테나의 전원이 꺼져 있는 동안 특정 한 쌍의 안테나상에서 전송된다.

[0074] 이렇게, 참조 기호의 벡터 $[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]$ 를 고려한다면, 암호화 함수에 의해 결합되는 상기 암호화 행렬 M은:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & 0 & 0 \\ -x_2^* & x_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & x_4 \\ 0 & 0 & -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix}$$

[0075]

x_i 는 참조 기호이고, x_i^* 는 켤레 참조 기호, i는 $1 \leq i \leq 4$ 인 관계 정수이고, 0은 관계된 안테나에서 어떠한 기호도 전송되지 않는다는 점을 의미한다.

[0076]

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}$$

[0077] 알라모우티 코드에 따라 암호화되는 암호화 행렬의 각각의 블록

$$\begin{bmatrix} x_3 & x_4 \\ -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix}$$

[0078] 및 $M^H M = I$ 이고, 여기에서 I는 단위 행렬 그리고 H는 켤레 전치이다.

[0079] 암호화 행렬 M의 참조 기호는 공간-주파수 분배(도 1a) 또는 공간-시간 분배(도 1b)후에 서로 다른 안테나상에서 전송되고, 여기에서 공간 축은 상기 행렬 M의 열을 나타내고, 주파수축(도 1a) 또는 시간축(도 1b)는 상기 행렬 M의 행을 나타낸다.

[0080] 공간-시간 및 공간-주파수 분배뿐만 아니라 상기 기호의 다른 공간-시간 또는 공간-주파수 분배가 파악될 수 있다는 점은 명확하다.

[0081] 사실상, 암호화 행렬 M의 각각의 블록은 상기 암호화 행렬의 다른 블록이 전송되지 않는 동안 각각의 안테나에

서 독립적으로 전송된다. 바꾸어 말하면, 참조 기호의 각각의 블록은 개별적으로 전송되며, 다른 안테나의 전원이 꺼져있는 동안 각각의 블록은 특정 전송 안테나 상에서 전송된다.

[0082] 이렇게 도 1a는 네 개의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템의 안테나(11, 12, 13, 14)에 의해 전송되는 기호를 나타내며, 상기 전송되는 기호는 주파수 영역(y-축)에 참조 기호 x_i (15)로 분배되고, x_i^* 는 켤레 참조 기호(i 는 $1 \leq i \leq 4$ 인 관계 정수), X 는 데이터기호(16), 0은 아무 기호도 전송되지 않음을 표현한다.

[0083] 네 개의 안테나(11, 12, 13, 14)에 의해 전송되는 기호는, 상기 참조 기호의 반복 패턴(pattern)을 나타내는, 파라미터(parameter) ΔF , Δf_1 , Δf_2 (도 1a), ΔT , Δt_1 , Δt_2 (도 1b)의 함수로서 공간-주파수 영역(도 1a) 또는 공간-시간 영역(도 1b)에 분배된다.

[0084] Δf 에 대해서는 두 개의 참조 캐리어(상기 예에서는 $\Delta f = \{\Delta F, \Delta f_1, \Delta f_2\}$ 간의 공간에 따라, 그리고 Δt 에 대해서는 시간($\Delta t = \{\Delta T, \Delta t_1, \Delta t_2\}$)에 알려진 지점에서 두 개의 참조 기호간의 공간에 따라 선택된 값은, 제안된 시스템에는 적합하지 않지만 전송 채널의 고정된 상태(stationary state)에 의존한다.

[0085] 일반적으로, 다음이 가정된다:

[0086] $\Delta F \ll B_c$, B_c 는 채널의 간섭 밴드(coherence band),

[0087] $\Delta T \ll T_c$, T_c 는 채널의 간섭 시간(coherence time),

[0088] Δf_1 은 채널의 최상 주파수 고정 상태를 검증하고,

[0089] Δt_1 은 채널의 최상 공간 고정 상태를 검증하고,

[0090] Δf_2 및 Δt_2 는 스펙트럼 효율의 손실과 시스템 성능간의 타협에 의존한다.

[0091] 도 2a 및 도 2b는 파라미터 ΔF , Δf_1 , Δf_2 (도 2a), ΔT , Δt_1 , Δt_2 (도 2b)의 함수로서, 상기 기호를 공간-시간 분배(도 2a) 또는 공간-주파수 분배(도 2b)하는 또 다른 예를 나타낸다.

[0092] 상기 예에서, 참조 기호의 값은 $X_1 = X_3$ 그리고 $X_2 = X_4$ 가 되도록 선택된다.

[0093] 전송 채널에서 변형된, 수신 안테나 레벨에서 수신된 참조 벡터는, $r = Xh + n$ 으로 나타낼 수 있으며, 여기에서 h 는 전송 채널의 모델링(modeling)에 대응되고 n 은 가우스 화이트 노이즈 벡터(Gaussian white noise vector)이다.

[0094] 상기 전송된 참조 벡터는 다음의 벡터 형식으로 쓰여질 수 있다:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & 0 & 0 \\ -x_2^* & x_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & x_4 \\ 0 & 0 & -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}$$

[0095]

[0096] 각각의 수신 안테나에 대하여, 전송된 참조 벡터에 대해 전송 채널 h 를 적용하여 추정하기 위해, 암호화 행렬 M 의 MMSE 또는 ZF 기준에 따른 균등화(equalization) 기술을 포함하는 역행렬에 대응되는 해독 행렬에 의한 수학적인 변환이 요구된다.

[0097] MMSE 기준에 따르면, 해독 행렬은 다음 요소에 의해 형성된다:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M + \frac{I}{\gamma}} r,$$

[0098]

[0099] r은 수신된 참조 벡터;

[0100] M은 암호화 행렬;

[0101] I는 단위(unitary) 행렬;

[0102] γ 은 신호 대 노이즈 비율;

[0103] H는 켈레전치.

[0104] MMSE 기준에 따르면, 해독 행렬은 다음 요소에 의해 형성된다:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M} r,$$

[0105]

[0106] r은 수신된 참조 벡터;

[0107] M은 암호화 행렬;

[0108] H는 켈레전치.

[0109] 상기 두 기준은 높은 신호 대비 노이즈 비율과 동일한 결과로 이끈다.

[0110] ZF기준에 경우에 우리가 얻는 것은 다음과 같다:

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{a} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{b} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{a} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{b} \end{bmatrix} M^H n$$

[0111]

$$a = \sum_{i=1}^2 |x_i|^2 \quad \text{그리고} \quad b = \sum_{i=3}^4 |x_i|^2$$

[0112] 여기서

[0113] 도 2a에 도시된바와 같이, p순간의 캐리어k상에서, p순간의 캐리어 k+△f₁상에서,... 와 같이 채널의 계수들을 결정할 수 있다.

[0114] 참조 기호를 담고 있는 두개의 캐리어 k와 k+△f₁사이의 주파수 내삽법을 적용함으로써, 수신자는 캐리어 k, k+1, k+2, ..., k+△f₁-1, k+△f₁에서의 전달 채널의 계수를 결정할 수 있게 된다.

[0115] 참조 기호가 p순간의 캐리어k상에서, p+△t순간의 동일한 캐리어k상에서,... 전송된다는 점을 고려할 때, 내삽법은 시간 영역에서도 또한 행해질 수 있다. 그 후, 상기 수신자는 p, p+1, p+2, ..., p+△t-1, p+△t 등등의 순간에서의 전달 채널의 계수를 결정할 수 있게 된다.

[0116] 그러므로 상기 수신자는 시간 내삽법 및/또는 주파수 내삽법을 수행할 수 있다. 상기 내삽법 단계는, 예를 들어, 선형 타입 내삽법이나 빈 타입 내삽법과 같이 당업자에게 잘 알려진 내삽법 기술을 실행한다.

[0117] 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 다른 쌍의 안테나는 동일한 순간에 동일한 캐리어 상에서 전송하지 않기 때문에, 첫 번째 쌍의 안테나에 의해 전송되는 신호는 방해받지 않는다.

[0118] 상기 다중 안테나 시스템의 모든 전송 채널을 추정하기 위해, 각 안테나의 쌍은 교대로 안테나에 분배된 참조 기호를 전송한다.

[0119] 본 발명에 의하면, 이렇게, 1의 비율을 보존하는 암호화 행렬 M에 의해, 많은 수의 안테나를 갖는 시스템에 직교 공간-시간 코드를 적용하는 것이 가능하게 된다. 이렇게, 4, 6, 8, ... 개의 전송 안테나를 갖는 시스템에 1의 비율의 알라모우티 코드를 적용할 수 있게 된다(반면에 선행 기술에서는 전송 시스템의 전송 안테나의 개수는 직교 공간-시간 코드의 사용에 따라 제한된다).

[0120] 그러나, 추정과 관련하여 상기 채널 추정 기술이 더 나은 성능을 발휘하더라도, 한 그룹의 안테나가 전송하는 동안 다른 그룹의 안테나는 전원이 꺼진 상태이기 때문에, 본 기술에는 스펙트럼 효율의 손실이 수반되고, 특정 캐리어는 정의된 순간에 어떠한 정보도 운반하지 않기 때문에 전체 안테나의 전력과 관련하여서는 이득이 없다.

[0121] 본 발명의 두 번째 일 실시예가 제시되는데, 여기에서는 비직교인 암호화 행렬 M에 의해 수학적 변환 과정을 거친 후에 참조 기호는 모든 전송 안테나 상에서 전송된다.

[0122] 두 번째 실시예에 의하면, "A Quasi-Orthogonal Space-Time Block Code"(IEEE Transactions on Communications, Vol. 49, N° 1, 2001, pp.1-4)에서 제시된 자파카니 타입 비직교 공간-시간 암호화(Jafarkhani type non-orthogonal space-time encoding)는 채널 추정에 사용되는 참조 기호에 적용된다.

[0123] 상기 암호화는 특별히 낮은 간섭을 보이는 전송 신호에 사용된다.

[0124] 이렇게, 만일 참조 기호의 벡터 $[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]$ 를 고려한다면, 암호화 함수에 의해 결합된 암호화 행렬 M은 다음과 같다:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix},$$

[0125] x_i 는 참조 기호이고, x_i^* 는 켤레 참조 기호, i 는 $1 \leq i \leq 4$ 인 관계 정수.

[0127] 암호화 행렬 M의 모든 참조 기호는 모든 전송 안테나상의 공간/주파수 분배를 거친 후에야 전송되며, 공간 축은 상기 행렬 M의 열을 나타내고 주파수 또는 시간 축은 상기 행렬 M의 행을 나타낸다.

[0128] 상기 묘사된 바와 같이, 전송 채널에서 변형된, 수신 안테나 레벨에서 수신된 참조 벡터는, $r = Xh + n$ 으로 나타낼 수 있으며, 여기에서 h 는 전송 채널의 모델링(modeling)에 대응되고 n 은 가우스 화이트 노이즈 벡터(Gaussian white noise vector)이다.

[0129] 상기 전송된 참조 벡터는 벡터 형식으로 기술될 수 있다:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}.$$

[0130] 다시 한번, 각각의 수신 안테나에 대하여, 전송된 참조 벡터에 대해 전송 채널 h 를 적용하여 추정하기 위해, 암호화 행렬 M의 MMSE 또는 ZF 기준에 따른 균등화(equalization) 기술을 포함하는 역행렬에 대응되는 해독 행렬에 의한 수학적 변환이 요구된다.

[0132] MMSE 기준을 적용한다면 다음의 결과를 얻는다:

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+\frac{1}{\gamma} & 0 & 0 & b \\ 0 & a+\frac{1}{\gamma} & -b & 0 \\ 0 & -b & a+\frac{1}{\gamma} & 0 \\ b & 0 & 0 & a+\frac{1}{\gamma} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & b \\ 0 & a & -b & 0 \\ 0 & -b & a & 0 \\ b & 0 & 0 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a+\frac{1}{\gamma} & 0 & 0 & b \\ 0 & a+\frac{1}{\gamma} & -b & 0 \\ 0 & -b & a+\frac{1}{\gamma} & 0 \\ b & 0 & 0 & a+\frac{1}{\gamma} \end{bmatrix}^{-1} M^H \cdot n$$

[0133]

$$a = \sum_{i=1}^4 |x_i|^2 \quad \text{여기에서} \quad \text{그리고} \quad b = 2\text{Re}(x_1 x_4^* - x_2 x_3^*).$$

[0134]

[0135] 상기 동작은 안테나의 수에 관계없이 각각의 수신 안테나에 대해서 동일하게 반복된다. 이렇게 주파수 c 또는 정의된 순간 c 에서 전송 채널의 계수 h_c 를 결정할 수 있게 되며, 이후 행해져야 할 것은, 놓친 값들을 액세스(access)하기 위해서, 수신자에서 h_c 와 h_{c+k} 간($k=\Delta f$ 일때 c 는 주파수이고 $k=\Delta t$ 일때 c 는 시간) 시간 및/또는 주파수 내삽법을 적용하는 것이다. 이렇게, 각각의 안테나에 대한 전송 채널의 값들은 종합적으로 얻어질 수 있으며, 이렇게, 수신 신호를 전통적으로 균등화 하는 것이 가능해진다.

[0136] 두 번째 실시예에 따르면, 상기 추정 기술을 두개가 넘는 수의 안테나를 갖는 시스템에 적용하는 것이 가능하게 된다.

[0137] 이렇게, 만일 참조 기호의 벡터 $[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]$ 를 고려한다면, 암호화 함수에 의해 결합된 암호화 행렬 M 은 다음과 같다:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & \dots & x_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N-m+1} & \dots & x_N \end{bmatrix},$$

[0138]

[0139] x_i 는 참조 기호이고, i 는 $1 \leq i \leq N$ 인 관계 정수, $N = n^2$.

[0140] 이것은 다른 채널의 추정기간 동안 변환될 수 있는 풀-랭킹(full-ranking) 행렬이다.

[0141] 상기 기술된대로, 상기 암호화 행렬 M 의 참조 기호는 모든 전송 안테나상의 공간/주파수 분배수에 전송되고, 전송 채널에 의해 변형된, 수신안테나에 수신된 참조 벡터는 다음 형식으로 쓰여질 수 있다:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ x_5 & x_6 & x_7 & x_8 \\ x_9 & x_{10} & x_{11} & x_{12} \\ x_{13} & x_{14} & x_{15} & x_{16} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}.$$

[0142]

[0143] 다시 한번, 각각의 수신 안테나에 대하여, 전송 채널 h 를 추정하기 위해, 암호화 행렬 M 의 MMSE 또는 ZF 기준에 따른 균등화(equalization) 기술을 포함하는 역행렬에 대응되는 해독 행렬에 의한 수학적 변환의 적용을 전송된 참조 벡터가 받게 된다.

[0144] MMSE 기준을 적용한 균등화 기술이 사용된다면 다음의 결과를 얻는다:

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 \end{bmatrix} = \left[M^H M + \frac{I}{\gamma} \right]^{-1} M^H \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \left[M^H M + \frac{I}{\gamma} \right]^{-1} M^H n,$$

[0145]

[0146] γ 는 신호 대비 노이즈 비율.

[0147] 위에 기술된대로, 종래의 내삽법 기술을 사용하는 수신자에 시간 및/또는 주파수 내삽법을 적용하여 전송 채널의 놓친 계수를 결정하는 것이 가능하게 된다.

[0148] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 좀 더 특별하게 MIMO 타입 다중 안테나 시스템에 적용될 수 있는 본 발명의 세번째 실시예를 제시하기로 한다.

[0149] 상기 세번째 실시예에 의하면, 전송 채널의 특성에 따라서 공간-시간 암호화 또는 공간-주파수 암호화 중 하나를 탄력적으로 적용할 것을 제안한다.

[0150] 이렇게 도 3a는, 참조 기호 x_i (15), x_i^* 는 켤레 참조 기호(i 는 $1 \leq i \leq 4$ 인 관계 정수), X 는 데이터기호 (16)인 네 개의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템에서, 일시적으로 간격을 둔 네 개의 참조 기호와 켤레 참조 기호를 도시한다.

[0151] 도 3b는, 네 개의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템에서, 빈번하게 간격을 두는 네 개의 참조 기호와 켤레 참조 기호를 도시한다.

[0152] 세번째 실시예에 의하면, 암호화 행렬 M 에 의해 한 번 암호화된 참조 기호는 전파 채널의 특성에 따라 시간축 또는 주파수축으로 분배된다.

[0153] 그 후 공간-시간 암호화와 공간-주파수 암호화를 바꾸는 것이 가능하다.

[0154] Δf (두 개의 참조 캐리어 사이의 간격) 및 Δt (알려진 순간에 대한 두 개의 참조 기호간의 간격)의 선택된 값이 제안된 시스템에 적합하지 않은경우 전송 채널의 간섭의 대역(band)과 시간에 각각 의존하여 바뀔 수 있다.

[0155] 일반적인 규칙에 따를때, 빈번하게 변하는 채널에 주파수 분배가 적용되는 반면에, 일시적으로 변하는 채널의 경우에는 시간 영역에서의 분배가 적용된다.

[0156] 이렇게, 채널의 연역적인 지식(a priori knowledge)에 의해서 또는 채널의 간섭 대역 또는 간섭 시간 값을 계산함으로써, 상기 기술된 참조 기호 삽입의 두 구조간의 교환이 가능해진다.

[0157] 당업자는 더 많은 수의 안테나를 갖는 시스템 뿐만 아니라, 도 1a, 도 1b, 도 2a, 도 2b, 도 3a 및 도 3b에서 제안된 것과 다른 공간-시간 분배 및/또는 공간-주파수 분배를 사용하는 시스템에 상기 세개의 실시예의 기술이 확대 적용될 수 있다는 점을 알 것이다.

[0158] 이렇게 본 발명에 의하면, 서로 다른 전송 안테나는, 같은 순간에 같은 캐리어상에, 공간-시간 암호화 및/또는 공간-주파수 암호화로 특성화된 신호를 전송하고, 이렇게 스펙트럼 효율의 손실을 제한하게 된다.

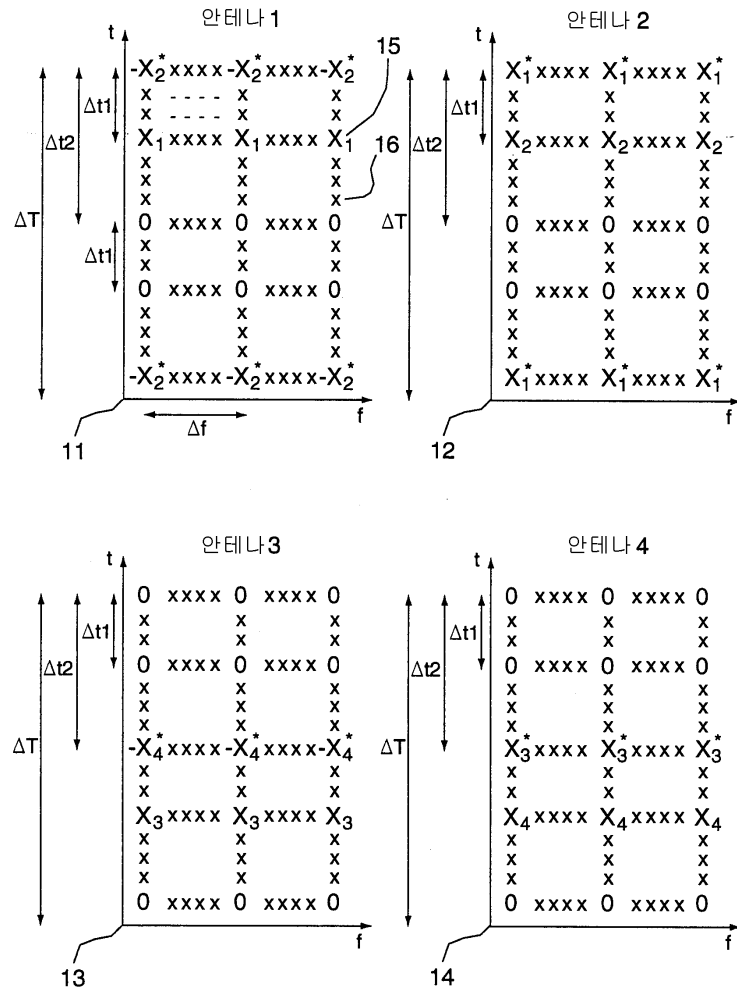
[0159] 그러므로 상기 신호는 본질적으로 본 발명의 특성을 포함한다.

[0160] 마지막으로, 수신자는 기술된 특유한 암호화 및 적절한 처리과정을 바탕으로, 서로 다른 전송 및 수신 안테나의 전송 채널 각각을 추정할 수 있게 된다. 그러므로 본 발명에 따라 제안된 특별한 채널 추정 기술은 두 개의 전송 안테나를 갖는 시스템에도 적용될 수 있다.

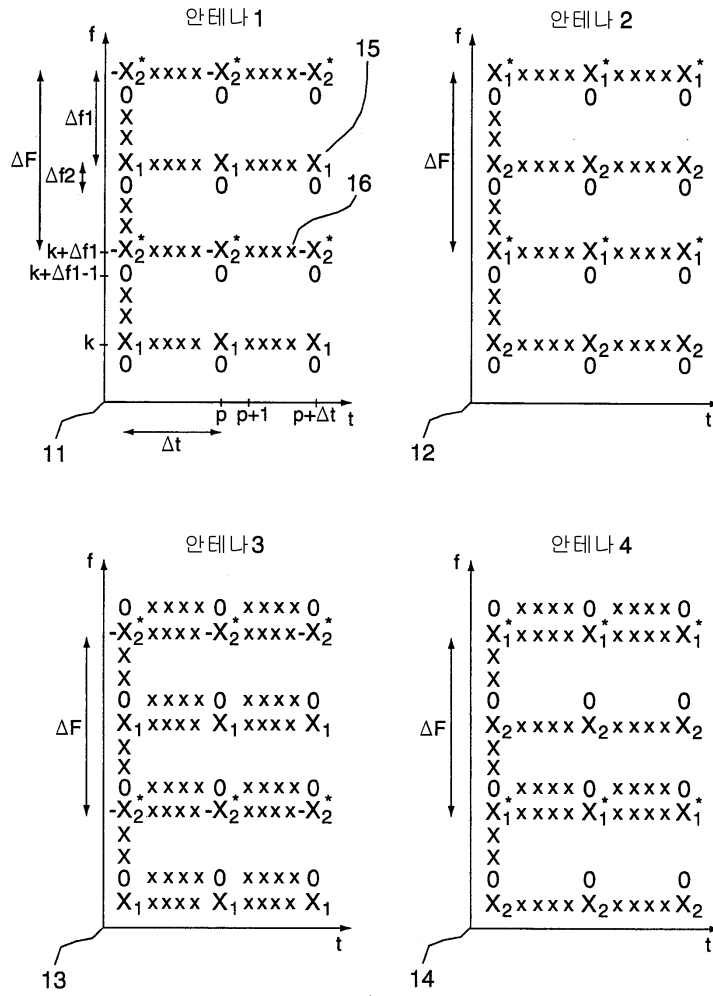
산업상 이용 가능성

[0161] 본 발명은 몇몇 전송 안테나(특히 두 개 이상의 전송 안테나)를 실행하는 다중 안테나 시스템에 적용될 수 있다. 상기 신호는 참조 기호를 포함하는데, 상기 참조 기호는 적어도 하나의 수신자에 알려져 있고, 상기 수신자로 하여금 상기 전송 안테나 각각에 대응되는 전송 채널을 추정할 수 있도록 한다.

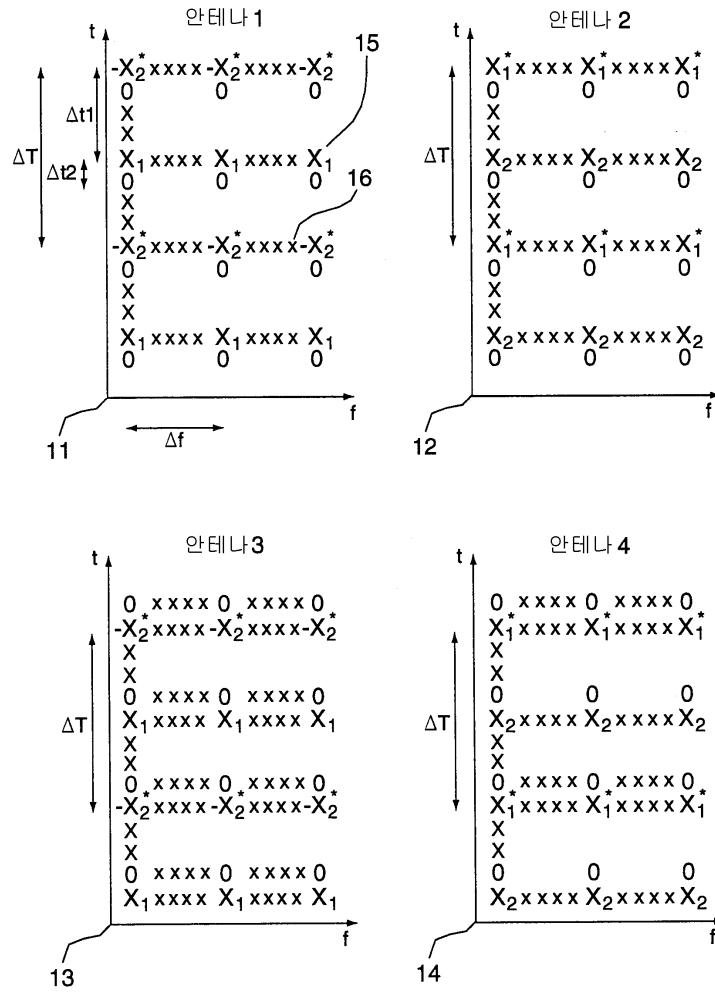
도면1b



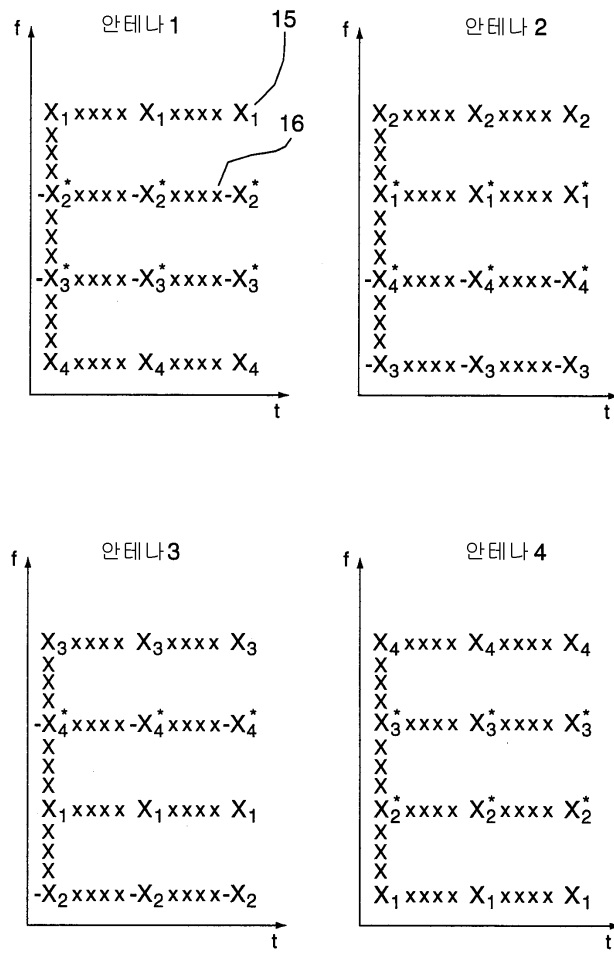
도면2a



도면2b



도면3a



도면3b

