

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. ⁷ H04B 7/04		(45) 공고일자	2005년12월20일
		(11) 등록번호	10-0538024
		(24) 등록일자	2005년12월14일
(21) 출원번호	10-2002-0069083	(65) 공개번호	10-2004-0041191
(22) 출원일자	2002년11월08일	(43) 공개일자	2004년05월17일

(73) 특허권자	한국전자통신연구원 대전 유성구 가정동 161번지
(72) 발명자	김경석 대전광역시유성구전민동엑스포아파트406동204호 이석규 대전광역시서구월평3동진달래아파트105동1506호 장경희 대전광역시서구둔산동크로바아파트104동1409호 이원철 서울특별시서초구방배동삼호아파트14동501호 김홍철 경기도광명시하안1동하안주공아파트본1단지133동509호 박재형 전라남도여수시봉산동497번지3-5
(74) 대리인	유미특허법인

심사관 : 장진환

(54) 무선 송수신 시스템 및 그 송수신 방법

요약

본 발명은 무선 송수신 시스템 및 그 송수신 방법에 관한 것이다.

본 발명은 송신하고자 하는 입력 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 신호 변환부, 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 채널화부, 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 송신빔 형성을 가중치를 부여하여 송신 빔 형성기, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 전송하는 N개의 송신 안테나를 포함하는 송신 장치; 및 상기 각 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 수신하는 M 개의 수신 안테나, 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여

수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 수신 빔 형성기, 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 역채널화부, 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 신호 변환부를 포함하는 수신 장치를 포함한다.

이러한 본 발명에 따르면, 다수의 송수신 안테나를 포함하는 무선 송수신 시스템에서 고전송율을 확보함과 동시에 송수신단에서 채널간 상관성을 제거함으로써 최대 공간 다이버시티 이득을 확보할 수 있다.

대표도

도 1

색인어

MIMO, 고유빔형성, 상관행렬, 공간다이버시티

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 무선 송수신 시스템의 전체 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시된 송신 장치의 일부 상세 구조도이다.

도 3은 도 1에 도시된 수신 장치의 일부 상세 구조도이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 무선 송수신 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게 말하자면, 송수신 고유빔 형성 기법을 이용한 다중 부호 다중 입출력(multi-input multi-output:MIMO) 무선 송수신 시스템 및 그 송수신 방법에 관한 것이다.

계층적 시공간 부호화 기법은 계층적 시공간 구조에 따라 제안되고 설계된 채널 코드로 1996년 AT&T 벨 연구소의 포쉬니(G. Foschini)에 의해 최초로 제안된 기법이다[G. J. Foschini, Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment when using multiple antennas, Bell Labs. Tech. Jour., vol. 1, no. 2, pp. 41-59, Autumn 1996.참조]. 이 기법에서 포쉬니는 자신이 제시한 MIMO 시스템의 채널 용량을 얻을 수 있는 전송 및 수신 신호 처리 방식인 D-BLAST (Diagonal Bell Labs Layered Space-Time) 구조를 제안하였다.

계층적 시공간 부호화는 다수의 일차원적 부호화기들에 의하여 이루어지며, 수신단에서 부호들은 최대우(Maximum Likelihood) 복호화에 비해 적은 복호화 복잡성을 가지도록 일차원적 부호화기들에 대하여 발전시킨 복호화 알고리즘에 의하여 분리되고 복호화되며, 이와 더불어 간섭 제거 과정을 결합한 계층적 순차 복호화를 거치게 된다.

이 기법은 플랫 페이딩 채널에서 단일 사용자에 대하여 송신단에서는 N개의 전송 안테나를 사용하고, 수신단에서는 M개의 수신 안테나를 사용하는 MIMO 시스템에 적용된다. 보다 구체적으로, 입력 정보 비트 시퀀스는 먼저, N개의 부분 시퀀스로 나뉘어진 후 일차원적 채널 부호화기에 의해 각각 부호화 된다. 그리고 각 부분 시퀀스별로 부호화된 심볼을 특정 규칙에 의하여 N 개의 전송 안테나를 통해 송신한다.

이러한 계층적 부호화 기법은 부호화되고 심볼화된 신호들을 전송 안테나별로 어떻게 할당하는가에 따라 크게, 수평 계층적 시공간 부호화 (Horizontally Layered Space-Time; HLST)와 대각 계층적 시공간 부호화 (Diagonally Layered Space-Time; DLST) 방법으로 구분된다.

일반적으로 빠른 페이딩 채널 환경에서는 HLST와 DLST 사이에 뚜렷한 성능 차이를 나타내지 않지만 느린 페이딩 채널 환경에서는 DLST가 검출 오류 확률 측면에서 HLST보다 더 우수하다는 사실이 보고되었다[D.-S. Shiu and M. Kahn, Layered space-time codes for wireless communications using multiple transmit antennas, Proc. Int'l Conf. Commun. (ICC '99), vol. 1, pp. 436-440, Vancouver, Canada, June 1999. 참조].

한편, 1998년에는 포쉬니 연구팀이 하드웨어 측면에서 간단화된 형태인 V-BLAST (Vertical BLAST)를 제시하였다[P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela, V-BLAST: An architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel, Proc. Int'l Symp. Advanced Radio Tech., pp. 295-300, Boulder, USA, September 1998. 참조]. 미국 Lucent사는 D-BLAST와 V-BLAST를 기반으로 최근 1xEV-DV의 표준화에서 두개의 송수신 안테나를 사용하여 614 kbps ~6Mbps의 데이터 전송율을 위한 MIMO 시스템을 제안하였다[3G 1xEV-DV Air Interface Specification, Oqus Sunay, September 2000. 참조].

BLAST 방식은 다른 시공간 신호 처리 기법들에 비해 간단한 구조로 고속 전송이 가능하다는 장점이 있으나, MIMO 시스템을 사용함으로써 수용 가능한 최대 다이버시티 이득을 얻을 수 없다는 점 때문에 이를 보완하기 위한 연구가 계속 진행되고 있다. 특히 송신단 안테나 사이의 상호 상관 및 수신단 안테나 사이의 상호 상관 정도가 커질수록 효과적인 다이버시티 이득을 얻기가 힘든 단점을 가지고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러므로 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 단점을 해결하기 위한 것으로, 송신단에서 다수의 송신 안테나를 사용하고 수신단에서도 다수의 수신 안테나를 사용하는 무선 송수신 시스템에서, 채널간 공간 상관성을 제거하여 다중 안테나에 의한 공간 다이버시티 이득을 증대시켜 수신 성능을 향상시키고자 하는데 있다.

특히, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 송신단과 수신단에 각각 서로 다른 고유 빔 형성기를 적용하여 채널간 공간 상관성을 제거하고자 하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

이러한 기술적 과제는 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 무선 송수신 시스템은, 송신하고자 하는 입력 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 신호 변환부, 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 채널화부, 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 송신 빔 형성기, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 전송하는 N개의 송신 안테나를 포함하는 송신 장치; 및 상기 송신 장치의 각 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 수신하는 M 개의 수신 안테나, 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 수신 빔 형성기, 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 역채널화부, 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 신호 변환부를 포함하는 수신 장치를 포함한다.

여기서, 상기 송신 장치는 채널화부에서 출력되는 각각의 부시퀀스들에 심볼을 매핑시키는 심볼 맵핑부를 더 포함하고, 상기 수신 장치는, 상기 역채널화부에 의하여 복원된 각 채널의 부시퀀스에 대하여 역심볼 매핑을 수행하는 역심볼 맵핑부, 및 역심볼 매핑된 신호의 심볼을 결정하는 심볼 결정부를 더 포함할 수 있다.

한편, 상기 송신 빔 형성기는, 상기 송신 안테나간의 공간 상호 행렬에 대한 고유 벡터인 가중치를 생성하는 가중치 갱신기; 상기 가중치 갱신기로부터 제공되는 가중치를 각 채널의 부시퀀스에 승산하여 상기 송신 안테나로 출력하는 다수의 승산기; 및 상기 승산기에서 출력되는 각 신호의 위상 성분 및 진폭을 토대로 채널 추정 신호를 생성하는 채널 추정기를 포함하고, 상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신한다.

또한, 상기 수신 빔 형성기는 상기 수신 안테나간의 공간 상호 행렬에 대한 고유 벡터인 가중치를 생성하는 가중치 갱신기; 상기 가중치 갱신기로부터 제공되는 가중치를 각 수신 안테나에서 출력되는 신호에 승산하여 상기 역채널화부로 출력하는 다수의 승산기; 및 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호를 토대로 특정 사용자 채널의 위상 성분과 진폭 성분을 추정하여 채널 추정 신호를 출력하는 채널 추정기를 포함하고, 상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신한다.

여기서, 상기 역채널화부는 상기 수신 빔 형성기로부터 출력되는 가중치가 부여된 각 채널의 신호에 대하여 채널링 코드를 승산하여 역채널링한 다음에 평균화하는 역채널화기; 및 상기 역채널화기에서 출력되는 각각의 신호에 대하여 공간 다이버시티 혼합을 수행하는 다이버시티 혼합기를 포함할 수 있다.

본 발명의 다른 특징에 따른 무선 송수신 방법은, a) 외부로부터 입력되는 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 단계; b) 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 단계; c) 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여한 다음에, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 N개의 송신 안테나를 통하여 전송하는 단계; d) 상기 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 M 개의 수신 안테나를 통하여 수신한 다음에, 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 단계; e) 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 단계; 및 f) 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스를 출력하는 단계를 포함한다.

여기서 상기 b)와 d) 단계는, 각각 송신 및 수신 채널 각각의 공간 상관 행렬에 대한 고유치 해석을 통하여 가중치를 각각 산출하며, 상기 가중치는 각각 송신 및 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터인 것이 바람직하다.

한편, 상기 e) 단계는, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호에 대하여 채널링 코드를 승산하여 역채널링한 다음에 평균화하는 단계; 및 각 역채널링된 신호에 대하여 공간 다이버시티 혼합을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 송신 장치는, 송신하고자 하는 입력 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 신호 변환부; 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 채널화부; 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 송신 빔형성기; 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 전송하는 N개의 송신 안테나를 포함한다. 이 경우, 상기 송신 빔 형성기는, 상기 송신 안테나간의 공간 상호 행렬에 대한 고유 벡터인 가중치를 생성하는 가중치 갱신기; 상기 가중치 갱신기에서 생성된 가중치를 각 채널의 부시퀀스에 승산하여 상기 송신 안테나로 출력하는 다수의 승산기; 및 상기 승산기에서 출력되는 각 신호의 위상 성분 및 진폭을 토대로 채널 추정 신호를 생성하는 채널 추정기를 포함하고, 상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신하는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 수신 장치는, 다수 채널의 신호를 수신하는 M 개의 수신 안테나; 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 수신 빔 형성기; 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 역채널화부; 및 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 신호 변환부를 포함한다. 이 경우, 상기 수신 빔 형성기는 상기 수신 안테나간의 공간 상호 행렬에 대한 고유 벡터인 가중치를 생성하는 가중치 갱신기; 상기 가중치 갱신기로부터 제공되는 가중치를 각 수신 안테나에서 출력되는 신호에 승산하여 상기 역채널화부로 출력하는 다수의 승산기; 및 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호를 토대로 채널의 위상 성분과 진폭 성분을 추정하여 채널 추정 신호를 출력하는 채널 추정기를 포함하고,

상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신하는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 송신 방법은, a) 외부로부터 입력되는 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 단계; b) 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 단계; c) 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여한 다음에, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 N개의 송신 안테나를 통하여 전송하는 단계를 포함하며, 상기 가중치는 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터이다.

또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 수신 방법은, a) 다수의 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 M 개의 수신 안테나를 통하여 수신한 다음에, 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 단계; b) 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 단계; 및 c) 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 단계를 포함하며, 상기 가중치는 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터이다.

이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

도 1에 본 발명의 실시예에 따른 무선 송수신 시스템의 개략적인 구조가 도시되어 있다.

첨부한 도 1에 도시되어 있듯이, 본 발명의 실시예에 따른 무선 송수신 시스템은 N개의 송신 안테나를 포함하는 송신 장치(10)와, M개의 수신 안테나를 포함하는 수신 장치(20)로 이루어진다.

구체적으로, 송신 장치(10)는 입력 정보 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 신호 변환부(11), 각각의 부시퀀스들에 심볼을 매핑시키는 심볼 맵핑부(12), 심볼 매핑된 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 채널화부(13), 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 빔형성 가중치를 부여하여 송신 빔을 형성하는 송신 빔 형성기(14), 형성된 각각의 송신빔을 전송하는 N개의 송신 안테나(15)를 포함한다.

도 2에 이러한 구조로 이루어지는 송신 장치에서, 채널화부(13)와 송신 빔 형성기(14)의 구체적인 구조가 도시되어 있다.

본 발명의 실시예에 따른 송신 장치의 채널화부(13)는 첨부한 도 2에 도시되어 있듯이, 심볼이 매핑된 각각의 부시퀀스들에게 해당 채널의 채널화 코드를 각각 공급하는 다수의 승산기(I1~IM)를 포함하며, 송신 빔 형성기(14)는 송신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하는 가중치 갱신기(141), 채널 추정기(142), 가중치 갱신기(141)로부터 제공되는 가중치를 각 채널의 부시퀀스에 승산하는 다수의 승산기(J1~JM)를 포함한다. 이러한 송신 빔 형성기(14)로부터 출력된 각각의 부시퀀스들은 해당 송신 안테나를 통하여 각각 전송된다.

한편, 수신 장치(20)는 도 1에 도시되어 있듯이, 송신 장치(10)로부터 전송되어 오는 송신빔을 각각 수신하여 해당하는 신호를 출력하는 M 개의 수신 안테나(21), 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 빔형성 가중치를 부여하여 수신 빔을 형성하는 수신 빔 형성기(22), 각각의 수신 빔에 대하여 채널 추정 신호를 결합하여 전송하고자 한 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 역채널화부(23), 복원된 각 채널의 부시퀀스에 대하여 역심볼 매핑을 수행하는 역심볼 맵핑부(24), 심볼 결정부(25), 각 심볼이 결정된 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 신호 변환부(16)를 포함한다.

도 3에 이러한 구조로 이루어지는 수신 장치에서, 수신 빔 형성기(22)와 역채널화부(23)의 구조가 구체적으로 도시되어 있다.

본 발명의 실시예에 따른 수신 장치의 수신 빔 형성기(22)는 도 3에 도시되어 있듯이, 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호를 토대로 특정 사용자 채널의 위상 성분과 진폭 성분을 추정하여 채널 추정 신호를 출력하는 채널 추정기(221), 채널 추정 신호를 토대로 수신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하는 가중치 갱신기(222), 각 수신 안테나에서 출력되는 신호에 상기 가중치를 승산하여 수신 빔을 형성하는 다수의 승산기(K1~KM)를 포함한다.

또한, 이러한 구조로 이루어지는 수신 빔 형성기(22)로부터 출력되는 수신 빔 신호에 대하여 역채널링을 수행하는 역채널화부(23)는 해당 채널의 채널링 코드를 승산하는 다수의 승산기(L1~LM), 각 승산기의 출력 신호를 평균화하는 평균화기(A1~AM)를 포함하는 역채널화기(231), 및 각 평균화기(A1~AM)로부터 출력되는 신호를 토대로 공간 다이버시티 혼합을 수행하는 공간 다이버시티 혼합기(232)로 이루어진다.

이러한 구조로 이루어지는 본 발명의 실시예와 같이, 송신 안테나가 M_t 개, 수신 안테나가 M_r 개로 구성된 MIMO 무선 송수신 시스템에서, 전송 배열 안테나 즉, 송신 안테나간 공간 상호 상관 행렬은 R_{Tx} 로 나타낼 수 있으며, 수신 안테나간 공간 상호 상관 행렬은 R_{Rx} 로 나타낼 수 있다. 이러한 MIMO 무선 송수신 시스템의 채널 행렬 H는 3GPP 표준안[3GPP TSG RAN WG1, Spatial channel model for MIMO simulations, TSGR1#20(01)0582]을 참조하면 다음과 같이 모델링 된다.

수학식 1

$$H = (R_{Rx})^{1/2} G (R_{Tx})^{1/2}$$

위의 식에서 R_{Tx} 와 R_{Rx} 는 각각 $M_t \times M_t$ 와 $M_r \times M_r$ 크기의 공간 상호 상관 행렬이다. 그리고 G는 $M_r \times M_t$ 크기의 행렬로써 구성 원소는 도플러 스펙트럼(doppler spectrum)이 고려된 복소값을 갖는 백색 가우시안 랜덤 변수이다. 위의 과정에서 송신단의 공간 상호 상관 행렬 R_{Tx} 는 고유치 해석을 통하여 다음과 같이 분해되어 표현될 수 있다.

수학식 2

$$R_{Tx} = Q_{Tx} A_{Tx} Q_{Tx}^H = R_{Tx}^{1/2} (R_{Tx}^{1/2})^H$$

여기서 $R_{Tx}^{H/2} = A_{Tx}^{1/2} Q_{Tx}$ 이며, Q_{Tx}^H 는 아래와 같이 R_{Tx} 의 고유치에 해당하는 고유 벡터들로 구성된 행렬이고, $A_{Tx}^{1/2}$ 는 고유치들로 구성된 대각 행렬이다. 각 행렬은 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$Q_{Tx} = \begin{bmatrix} q_{1Tx} \\ q_{2Tx} \\ \vdots \\ q_{MTx} \end{bmatrix}, \quad A_{Tx}^{1/2} = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_{1Tx}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_{2Tx}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sqrt{\lambda_{MTx}} \end{bmatrix}$$

위의 수학식 3에서, q_{iT_x} 는 송신단 공간 상호 상관 행렬의 i번째 고유 벡터를 의미하며, λ_{iT_x} 는 송신단 공간 상호 상관 행렬의 i번째 고유치를 의미한다.

본 발명의 실시예는 이러한 MIMO 무선 송수신 시스템의 채널 모델링을 기반으로 송신단 안테나간 상호 상관 행렬과 수신단 안테나간 상호 상관 행렬을 이용하여 송수신 빔형성기의 안테나 가중치들을 계산한다.

또한 MIMO 시스템의 채널이 송신단 안테나간 상호 상관 행렬과 수신단 상호 상관 행렬에 의해 모델링 된다는 사실을 바탕으로, 송신단과 수신단에 안테나간 상관성이 존재하는 MIMO 채널에 적합한 송수신 빔형성을 하게 된다. 이 때 송신단의 빔형성을 위한 가중치 벡터는 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유치들과 고유 벡터들로부터 계산되며, 수신단의 빔형성 가중치 벡터는 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터들에 의해 결정된다.

한편, 이러한 본 발명의 실시예에서 송수신 빔 형성을 위한 고유 빔 형성 기법은 공간 영역의 차원을 줄이기 위해서 안테나 신호 경로들에 대해 역상관을 수행하는 기법이다. 여기서 역상관은 장구간 공간 상관 행렬의 고유치 해석에 기반을 둔 전파 경로들의 장구간 채널 특성을 이용하여 수행된다. 특히, 고유 빔 형성 기법은 이러한 상관 특성을 단말기에서 계산하게 되고 계산된 정보를 기지국으로 궤환하여 고유 빔 형성기의 가중치로 사용하는 방법이다.

고유 빔형성 기법은 전송 품질과 성능을 향상시키기 위해 기지국에서 다수의 송신 안테나를 사용하는 시스템을 고려하는 경우, FDD(Frequency Division Duplex) 방식에서 최소한의 궤환량 및 궤환율을 가지는 기법으로 고려되었으며, 2000년 지멘스(Siemens)사에 의해 제안되었다. 특히, 지멘스의 시거(A. Seeger)등에 의해 그 성능이 검증되었으며, W-CDMA 표준화 기구인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)의 표준안으로 고려되고 있다. 이 기법은 주로 송신단인 기지국에서 다수의 송신 안테나를 사용하고 수신단에서는 하나의 수신 안테나를 사용하는 MISO(Multiple Input Single Output) 시스템에서 사용되어왔다. 여기서는 이러한 고유 빔 형성 기법에 대한 자세한 설명은 생략한다.

이러한 고유빔 형성 기법 및 MIMO 시스템의 채널 모델링을 토대로 하여 본 발명의 실시예에 따른 무선 송수신 시스템의 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.

먼저, 송신하고자 하는 입력 정보 비트 시퀀스들은 송신 장치(10)의 신호 변환부(11)로 입력되며, 신호 변환부(11)는 입력되는 정보 비트 시퀀스(송신 심볼 시퀀스)를 직렬-병렬 변환하여 N개의 부시퀀스들로 출력한다.

다음에, 심볼 맵핑부(12)는 각각의 부시퀀스들에 심볼을 매핑시키며, 채널화부(13)는 심볼 매핑된 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링한다. 채널링된 각각의 부시퀀스는 송신 빔 형성기(14)를 통하여 빔형성 가중치가 곱해진 다음에 N개의 송신 안테나(15)를 통하여 전송된다.

여기서, 시공간 부호화된 신호들(부시퀀스)이 각각 채널화부(13)에 의하여 서로 다른 채널 부호 과정을 거치고, 송신 빔 형성기(14)를 통하여 배열 안테나 가중치 벡터가 부여된 후 전송되며, 이 전송되는 신호를 벡터 형태 t로 나타내면 다음과 같다.

수학식 4

$$t = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \cdots + w_M x_M = W_X$$

여기서, w_i 는 i 번째 부시퀀스를 위한 빔형성 가중치 벡터이며, W 는 이들로 M_t 개의 빔형성 가중치 벡터들로 구성되는 $M_t \times M_t$ 행렬이고, x_i 는 i 번째 부스트림 시퀀스이며, $t = [t_1 \ t_2 \ t_3 \cdots t_{M_t}]^T$ 는 안테나 출력 신호 벡터로서, t_j 는 j 번째 안테나의 출력이다.

본 발명의 송신단 빔형성 벡터들로 구성되는 행렬 W 는 다음과 같이 정의된다.

수학식 5

$$W = Q_{Tx}$$

다시 말해서 각 부시퀀스에 해당하는 배열 안테나 가중치 벡터는 송신 다중 안테나간의 상호 상관 행렬에 대한 고유 벡터들이다.

보다 구체적으로 설명하면, 시공간 부호화된 신호들은 채널화부(13)로 입력되면, 첨부한 도 2에 도시되어 있듯이, 채널화부(13)의 각 승산기(I1~IM)는 각 부시퀀스들에게 해당 채널의 채널화 코드($c_1 \sim c_{M_t}$)를 각각 곱하여 채널링한다. 송신 빔형성기(14)의 각 승산기(J1~JM)는 채널링되어 출력되는 각 채널의 신호들($x_1 \sim x_M$)에 대하여 가중치 갱신기(141)로부터 제공되는 송신 빔 형성을 위한 가중치 벡터 즉, 송신 안테나간의 상호 상관 행렬에 대한 고유 벡터($w_1 \sim w_M$)를 곱하여 출력한다. 이에 따라 각 채널의 송신 안테나(15)를 통하여 송신 빔 형성을 위한 가중치 벡터가 곱해진 신호들($t_1 \sim t_M$)이 출력된다. 한편, 가중치 벡터가 곱해져서 출력되는 각 신호를 분석하여 채널 추정기(142)가 채널 추정 신호를 생성하며, 가중치 갱신기(141)는 채널 추정 신호를 토대로 가중치 벡터를 갱신한다.

위에 기술된 바와 같이, 송신단 안테나간 상호 상관 행렬에 의하여 산출된 가중치 벡터가 곱해진 신호들이 송신되며, 송신된 신호는 수신 장치(20)의 각 안테나(21)에 의하여 수신된다.

수신 안테나(21)에 의하여 수신된 신호들은 먼저 수신 빔 형성기(21)로 입력되며, 수신 빔 형성기(22)도 고유빔 형성 기법을 토대로 하여 수신된 신호에 대하여 수신단 안테나간 공간 상관성을 부여하며, 역채널화부(23)는 수신된 신호를 각각 부시퀀스로 복원시킨다.

보다 구체적으로 설명하면, 첨부한 도 3에 도시되어 있듯이, 수신 빔 형성기(22)의 각 채널 추정기(221)는 수신 안테나(15)로부터 출력되는 신호의 위상 성분과 진폭 성분을 추정하여 채널 추정 신호를 출력하며, 가중치 갱신기(222)는 채널 추정 신호를 토대로 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터들을 산출한다. 이와 같이 산출된 벡터 즉, 수신 빔 형성을 위한 가중치 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$v_1 = q_1^{Rx}, v_2 = q_2^{Rx}, v_3 = q_3^{Rx}, \dots, v_{M_r} = q_{M_r}^{Rx}$$

여기서 q_i^{Rx} 는 수신단 안테나간 상호 상관 행렬의 i 번째 고유 벡터를 나타낸다. 따라서 수신단에서 사용되는 빔형성 가중치 벡터는 결국 수신 안테나간 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터들을 사용하게 되며, 이를 통해 고유빔 형성 기법의 효과를 수신단에서 얻어 낼 수 있다. 이 때 다중 수신 안테나 가중치 벡터로 고유 벡터를 사용하면 채널간의 상관도를 감소시키는 효과를 얻을 수 있다.

다음에 수신빔 형성기(22)의 각 승산기(K1~KM)는 수신 안테나(15)에서 출력되는 각 채널의 신호에 위와 같이 산출된 가중치 벡터를 곱하여 출력한다.

즉, 채널 통과 후 수신되는 신호 $y = [y_1 \ y_2 \ y_3 \cdots y_{M_r}]^T$ 는 다음과 같은 수식으로 표현된다.

수학식 7

$$y = H \cdot t + n = H \cdot W_x + n = R_{Rx}^{1/2} \cdot G \cdot A_{Tx}^{1/2} \cdot x + n$$

위의 수학식 7식에서 $B \equiv GA^{1/2}$ 라고 정의하고, 도 3에 도시된 수신 빔 형성기(22)의 각 승산기에 의하여 i번째 빔형성가중치 벡터가 곱해진 후의 값을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

수학식 8

$$z = v_i^H y = v_i^H (R_{Rx}^{1/2} Bx + n) \\ = \sqrt{\lambda_r} [b_{i1} \ b_{i2} \ b_{i3} \cdots b_{iM_r}] x + \tilde{n}_i, \quad i=1, \dots, M_r$$

위의 식에서 $\tilde{n}_i = v_i^H n$ 이고 b_{ij} 는 행렬 B의 ij번째 원소를 나타낸다. 여기서 각 빔형성 출력 신호에 포함되어 있는 잡음 신호의 확률적 특성을 분석하면 다음과 같다.

수학식 9

$$E \left\{ \tilde{n}_i \tilde{n}_i^H \right\} = E \left\{ v_i^H n n^H v_i \right\} = v_i^H \sigma_n^2 I v_i = \sigma_n^2$$

위의 수학식 9를 통해서 잡음 신호의 전력이 증가되는 효과가 발생하지 않음을 알 수 있다. 또한 송신단에서 적절한 파일럿 심볼들을 생성하여 별도로 전송된다면, 수신단은 알려진 파일럿 심볼을 사용하여 행렬 B를 구성하는 원소들을 추정할 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 수신 장치(20)에서 수신 빔 형성기(22)에 의하여 각각 수신 빔형성 과정을 통해 출력된 값들, 즉 $z_1, z_2, z_3, \dots, z_{M_r}$ 는 송신단에서 사용된 M_t 가지의 채널화 부호들로 구성된 정합 필터 과정을 거치게 된다. 구체적으로, 역채널화부(23)의 각 승산기(L1~LM)는 각 채널의 신호에 해당 채널 코드를 승산하여 역채널링을 수행하고, 각 평균화기(A1~AM)는 역채널링된 신호를 평균화하여 출력한다. 예를 들어 수신 빔 형성기(22)에서 출력되는 첫번째 출력 신호 z_1 은 심볼 구간동안 채널화 부호(c_1)와 곱해진 후 평균화 된다. 이에 따른 결과 값은 u_{1j} 로 정의한다. 여기서 u_{1j} 는 첫 번째 빔형성 출력에 대한 j번째 정합 필터의 출력값이 된다. 이러한 과정은 모든 빔형성 출력 ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_{M_r}$)에 대해 동일하게 수행된다.

이와 같이 역채널화기(231)를 통하여 정합 필터링된 신호들($u_{ij} \sim u_{Mj}$)은 공간 다이버시티 혼합기(232)로 입력된다. B의 원소값들, 즉, $b_{ij}, i=1, \dots, M_r, j=1, \dots, M_t$ 를 파일럿 심볼들을 이용하여 정확하게 추정했다고 가정하면, 공간 다이버시티 혼합기(232)는 이들을 사용하여 공간 다이버시티 혼합을 수행한다. 이 때 i번째 부 심볼 시퀀스를 검출하기 위한 결정 통계치는 다음과 같다.

수학식 10

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{M_r} u_{ji} \cdot b_{ji}^*, \quad i=1, \dots, M_t$$

공간 다이버시티 혼합기(232)에서 출력된 신호들은 심볼 역맵핑부(24)로 입력되어 역심볼 매핑 과정을 거치게 된 다음에, 심볼 결정부(25)에 의하여 해당 파일럿 심볼들을 이용하여 정확하게 추정된다.

이와 같이 최종적으로 검출된 부스트림 심볼 시퀀스들을 신호 변환부(26)에 의하여 병렬-직렬 변환되어 송신된 심볼 시퀀스로 복원된다.

이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

발명의 효과

이러한 본 발명의 실시예에 따르면, 본 발명은 고전송율과 고품질을 요구하는 3세대 이후의 무선 통신 방식으로 요구되는 다수의 송신 안테나와 다수의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 무선 송수신 시스템에서, 고전송율을 확보함과 동시에 송수신단에서 채널간 상관성을 제거함으로써 최대 공간 다이버시티 이득을 확보할 수 있다.

또한 MIMO 무선 채널의 장구간 상관 특성을 이용하므로 FDD 방식에 적용할 경우에도 상대적으로 적은 궤환 정보로 시스템을 구성할 수 있다. 따라서 궤환 정보량이 적을수록 정보 궤환시에 발생하게 되는 오류가 적어지기 때문에 시스템의 수신 성능이 향상된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

N개의 송신 안테나를 포함하고, 상기 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 송신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하여 송신하고자 하는 각각의 신호에 부여하고, 상기 가중치가 부여된 각각의 신호를 상기 송신 안테나들을 통하여 각각 송신하는 송신 장치; 및

상기 송신 장치의 각 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 수신하는 M 개의 수신 안테나를 포함하고, 상기 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 수신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하여 상기 수신 안테나를 통하여 수신된 각각의 신호에 부여한 후, 상기 수신된 신호들을 원래의 신호로 복원하는 수신 장치

를 포함하는 무선 송수신 시스템.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 송신 장치는

송신하고자 하는 입력 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 신호 변환부, 각각의 부시퀀스들에 심볼을 매핑시키는 심볼 맵핑부, 심볼 매핑된 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 채널화부, 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 상기 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 상기 송신 안테나들로 각각 전달하는 송신 빔 형성기를 더 포함하고,

상기 수신 장치는 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 상기 수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 수신 빔 형성기, 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 역채널화부, 상기 역채널화부에 의하여 복원된 각 채널의 부시퀀스에 대하여 역심볼 매핑을 수행하는 역심볼 맵핑부, 신호의 심볼을 결정하는 심볼 결정부, 각 심볼이 결정된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 신호 변환부를 더 포함하는

무선 송수신 시스템.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 송신 빔 형성기는,

상기 송신 안테나간의 공간 상호 행렬에 대한 고유 벡터인 가중치를 생성하는 가중치 갱신기;

상기 가중치 갱신기에서 생성된 가중치를 각 채널의 부시퀀스에 승산하여 상기 송신 안테나로 출력하는 다수의 승산기; 및

상기 송신기에서 출력되는 각 신호의 위상 성분 및 진폭을 토대로 채널 추정 신호를 생성하는 채널 추정기를 포함하고,

상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신하는 무선 송수신 시스템.

청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 수신 빔 형성기는

상기 수신 안테나간의 공간 상호 행렬에 대한 고유 벡터인 가중치를 생성하는 가중치 갱신기;

상기 가중치 갱신기로부터 제공되는 가중치를 각 수신 안테나에서 출력되는 신호에 승산하여 상기 역채널화부로 출력하는 다수의 송신기; 및

각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호를 토대로 특정 사용자 채널의 위상 성분과 진폭 성분을 추정하여 채널 추정 신호를 출력하는 채널 추정기

를 포함하고,

상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신하는 무선 송수신 시스템.

청구항 5.

제2항에 있어서,

상기 역채널화부는

상기 수신 빔 형성기로부터 출력되는 가중치가 부여된 각 채널의 신호에 대하여 채널링 코드를 승산하여 역채널링한 다음에 평균화하는 역채널화기; 및

상기 역채널화기에서 출력되는 각각의 신호에 대하여 공간 다이버시티 혼합을 수행하는 다이버시티 혼합기

를 포함하는 무선 송수신 시스템.

청구항 6.

a) 외부로부터 입력되는 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스들로 변환하는 단계;

b) 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 단계;

c) 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 상기 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 산출된 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하고, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 N개의 송신 안테나를 통하여 전송하는 단계;

d) 상기 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 M 개의 수신 안테나를 통하여 수신한 다음에, 상기 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 산출된 수신 빔 형성을 위한 가중치를 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 부여하는 단계;

- e) 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 단계; 및
- f) 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스를 출력하는 단계
- 를 포함하는 무선 송수신 방법.

청구항 7.

삭제

청구항 8.

제6항에서,

상기 가중치는 각각 송신 및 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터인 무선 송수신 방법.

청구항 9.

제6항 또는 제8항에서,

상기 e) 단계는,

상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호에 대하여 채널링 코드를 승산하여 역채널링한 다음에 평균화하는 단계; 및

각 역채널링된 신호에 대하여 공간 다이버시티 혼합을 수행하는 단계

를 포함하는 무선 송수신 방법.

청구항 10.

다수의 수신 안테나를 포함하는 수신 장치로 신호를 송신하는 송신 장치에서,

송신하고자 하는 입력 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스로 변환하는 신호 변환부;

각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 채널화부;

채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 송신 빔형성기; 및

상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 전송하는 N개의 송신 안테나

를 포함하고,

상기 송신 빔 형성기는,

상기 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 가중치를 생성하는 가중치 갱신기;

상기 가중치 갱신기로부터 제공되는 가중치를 각 채널의 부시퀀스에 승산하여 상기 송신 안테나로 출력하는 다수의 승산기; 및

상기 승산기에서 출력되는 각 신호의 위상 성분 및 진폭을 토대로 채널 추정 신호를 생성하는 채널 추정기

를 포함하고, 상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신하며,

상기 수신 장치는 상기 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하고 이를 상기 송신 안테나로부터 송신되어 수신되는 신호에 부여하는 송신 장치.

청구항 11.

삭제

청구항 12.

다수의 송신 안테나를 포함하는 송신 장치로부터 송신되는 신호를 수신하는 수신 장치에서,

상기 송신 장치는 상기 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 송신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하고 이러한 가중치를 각각의 송신하고자 하는 부시퀀스에 부여하여 송신하며,

상기 수신 장치는

다수 채널의 신호를 수신하는 M 개의 수신 안테나;

각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 대하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 부여하는 수신 빔 형성기;

각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 역채널화부; 및

복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 신호 변환부

를 포함하고,

상기 수신 빔 형성기는

상기 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 가중치를 생성하는 가중치 갱신기;

상기 가중치 갱신기로부터 제공되는 가중치를 각 수신 안테나에서 출력되는 신호에 승산하여 상기 역채널화부로 출력하는 다수의 승산기; 및

각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호를 토대로 채널의 위상 성분과 진폭 성분을 추정하여 채널 추정 신호를 출력하는 채널 추정기

를 포함하며, 상기 가중치 갱신기는 상기 채널 추정 신호를 토대로 상기 가중치를 갱신하는 수신 장치.

청구항 13.

삭제

청구항 14.

다수의 수신 안테나를 포함하는 수신 장치로 신호를 송신하는 다수의 송신 안테나를 포함하는 송신 장치의 송신 방법에서,

a) 외부로부터 입력되는 비트 시퀀스를 N개의 부시퀀스로 변환하는 단계;

b) 각각의 부시퀀스들에 해당 채널의 채널화 코드를 부여하여 채널링하는 단계; 및

c) 채널링된 각각의 부시퀀스에 대하여 상기 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하여 부여한 다음에, 상기 가중치가 부여된 각 채널의 신호들을 N개의 송신 안테나를 통하여 전송하는 단계

를 포함하는 송신 방법.

청구항 15.

다수의 송신 안테나를 포함하는 송신 장치로부터 송신되는 신호를 수신하는 수신 장치의 수신 방법에서,

상기 송신 장치는 상기 송신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로하여 송신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하고, 이러한 가중치를 각각의 송신하고자 하는 부시퀀스에 부여하여 송신하며,

상기 수신 방법은,

a) 다수의 송신 안테나로부터 송신되는 신호를 M 개의 수신 안테나를 통하여 수신한 다음에, 상기 수신 안테나간의 공간 상호 상관 행렬의 고유 벡터를 토대로 하여 수신 빔 형성을 위한 가중치를 생성하여, 각각의 수신 안테나에서 출력되는 신호들에 부여하는 단계;

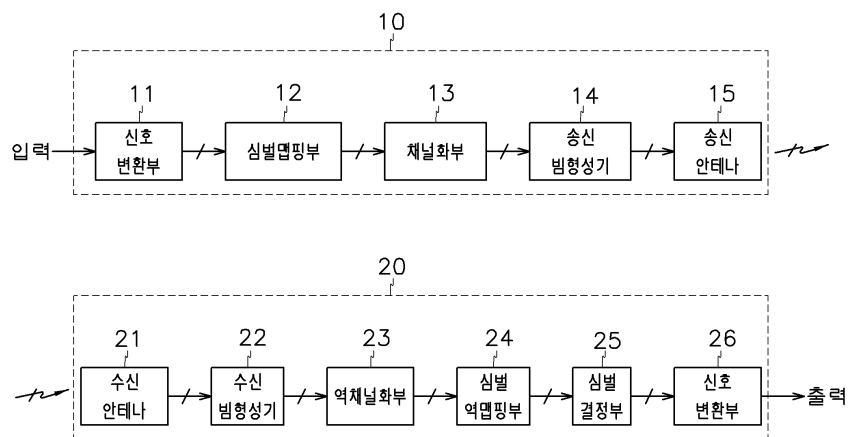
b) 각각의 가중치가 부여된 신호를 역채널링하여 원래의 신호인 부시퀀스를 복원하는 단계; 및

c) 복원된 각 채널의 부시퀀스를 결합하여 입력 비트 시퀀스로 출력하는 단계

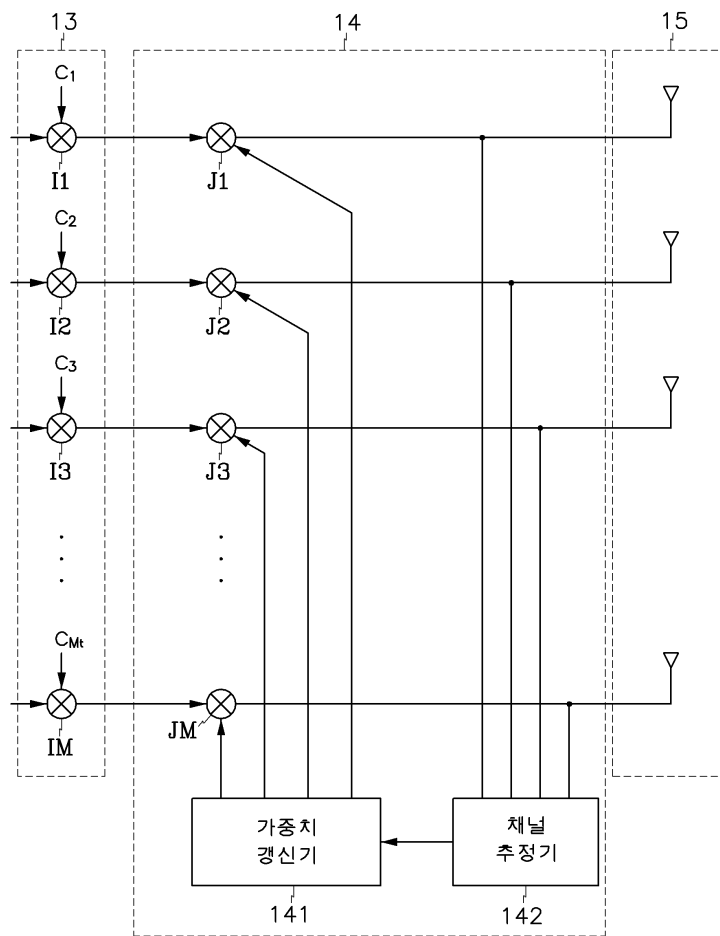
를 포함하는 수신 방법.

도면

도면1



도면2



도면3

