



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월21일
(11) 등록번호 10-2376762
(24) 등록일자 2022년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
HO4L 1/06 (2006.01) HO4B 7/06 (2017.01)
HO4L 1/00 (2006.01) HO4L 1/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
HO4L 1/0618 (2013.01)
HO4B 7/0626 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0080793
(22) 출원일자 2020년07월01일
심사청구일자 2020년07월01일
(65) 공개번호 10-2022-0003232
(43) 공개일자 2022년01월10일
(56) 선행기술조사문헌
US20150180562 A1*
S.M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity
Technique for Wireless Communications", IEEE
Journal on Select Areas Communications. vol.
16, no. 8, pp.1451-58, Oct 1998. (1998.10.)*
Kim H S et al., "A Novel Iterative Detection
Scheme of Bootstrap Signals for ATSC 3.0
System", IEEE Transactions on Broadcasting,
Vol. 65, No. 2, JUNE 2019 (2019.06.)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303
호(서현동, 시범단지한양아파트)
강태훈
서울특별시 중랑구 용마산로58길 18-7, 501호(면
목동)
노재현
서울특별시 송파구 동남로13길 44-22, 301호(가락
동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 이현주

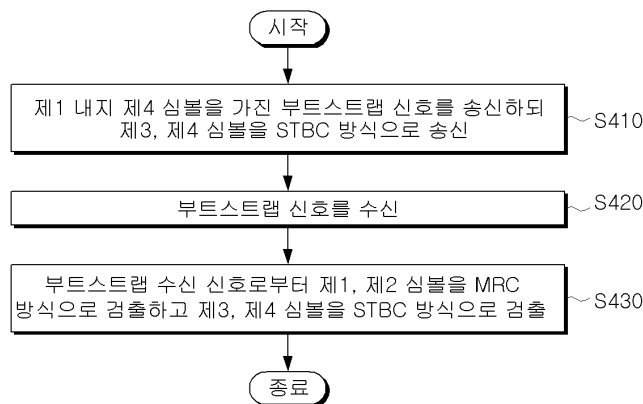
(54) 발명의 명칭 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템 및 그것을 이용한 신호 검출 방법

(57) 요약

본 발명은 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템 및 그것을 이용한 신호 검출 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 4개의 심볼로 구성된 부트스트랩 신호를 2개의 안테나를 통하여 4개의 타임슬롯 동안 전송하되, 제1 및 제2 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제1 심볼과 제2 심볼을 동일하게

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



순차 전송하고, 제3 및 제4 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제3 심볼과 제4 심볼을 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 송신하는 송신기, 및 상기 송신기에서 송신된 부트스트랩 신호를 두 개의 안테나를 통해 수신하고 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 내지 제4 심볼을 검출하되, 상기 제1 및 제2 심볼을 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식으로 검출하고, 상기 제3 및 제4 심볼을 STBC 방식으로 검출하는 수신기를 포함하는 다중 안테나 송수신 시스템을 제공한다.

본 발명에 따르면, ATSC 3.0 시스템에서 부트스트랩 신호를 송신할 때 STBC 기법을 이용하여 송신 다이버시티 이득을 높이고 수신기에서 MRC 기법을 이용하여 수신 다이버시티 이득을 얻음으로써, 결과적으로 ATSC 3.0 시스템에서 SER(Symbol Error Rate) 성능을 향상시키고 재난 상황의 열악한 환경에서도 신뢰성 있는 통신을 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04L 1/0047 (2013.01)

H04L 1/203 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102996
과제번호	2017-0-00217-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발(R&D)
연구과제명	투명도와 레이어 가변형 실감 사이니지 기술 연구
기여율	1/1
과제수행기관명	서울과학기술대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템에 있어서,

4개의 심볼로 구성된 부트스트랩 신호를 2개의 안테나를 통하여 4개의 타임슬롯 동안 전송하되, 제1 및 제2 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제1 심볼과 제2 심볼을 동일하게 순차 전송하고, 제3 및 제4 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제3 심볼과 제4 심볼을 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 송신하는 송신기; 및

상기 송신기에서 송신된 부트스트랩 신호를 두 개의 안테나를 통해 수신하고 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 내지 제4 심볼을 검출하되, 상기 제1 및 제2 심볼을 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식으로 검출하고, 상기 제3 및 제4 심볼을 STBC 방식으로 검출하는 수신기를 포함하며,

상기 제1 내지 제4 타임슬롯 동안의 상기 부트스트랩 수신 신호는 아래의 수학적식으로 표현되는 다중 안테나 송수신 시스템:

$$Y_S = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (h_{1,1} + h_{2,1})s_0 \\ (h_{1,1} + h_{2,1})s_1 \\ h_{1,2}s_2 + h_{2,2}s_3 \\ -h_{1,2}s_3^* + h_{2,2}s_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix}$$

여기서, y_m 은 m 번째 타임슬롯에서 수신기의 수신 신호, $h_{j,i}$ 은 j 번째 송신 안테나와 i 번째 수신 안테나 사이의 채널 계수($j=1,2, i=1,2$), s_0 내지 s_3 은 상기 제1 내지 제4 심볼, w_m 은 m 번째 타임슬롯에서 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 송신기는,

상기 부트스트랩 신호의 제1 내지 제4 심볼에 각각 절대적 순환 이동 값인 M_0 내지 M_3 을 적용하여 전송하며 ($M_0=0$),

n 번째 심볼에 대한 k 번째 부반송파의 수신 신호 $R_n(k)$ 는 아래의 수학적식으로 정의되는 다중 안테나 송수신 시스템:

$$R_n(k) = H_n(k)S_n(k)e^{j\frac{2\pi kM_n}{N_{FFT}}} + W_n(k) \\ = H_{e,n}(k)S_n(k) + W_n(k)$$

여기서, $H_n(k)$ 과 $W_n(k)$ 는 n 번째 심볼에 대한 k 번째 부반송파의 채널 이득과 부가 백색 가우시안 잡음, $n=\{0,1,2,3\}$, $S_n(k)$ 는 n 번째 심볼, N_{FFT} 는 FFT 길이, M_n 은 n 번째 절대적 순환 이동 값,

$$H_{e,n}(k) = H_n(k) e^{j2\pi k \frac{M_n}{N_{FFT}}}$$

으로 순환 이동 값을 고려한 등가 채널을 나타낸다.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 수신기는,

상기 제2 내지 제4 심볼에 적용된 M_1 내지 M_3 을 아래 수학적식을 이용하여 검출하는 다중 안테나 송수신 시스템:

$$M_n = \arg \min_{m_n \in \chi_a} \sum_{k=0}^{N_{FFT}} \left| R_n(k) - H_n(k) S_n(k) e^{j \frac{2\pi k m_n}{N_{FFT}}} \right|^2, \quad (n = 1, 2, 3)$$

여기서, χ_a 는 절대적 순환 이동 값의 가능한 모든 종류의 참조 값(reference)이다.

청구항 5

디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템을 이용한 신호 검출 방법에 있어서,

송신기가 4개의 심볼로 구성된 부트스트랩 신호를 2개의 안테나를 통하여 4개의 타임슬롯 동안 전송하되, 제1 및 제2 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제1 심볼과 제2 심볼을 동일하게 순차 전송하고, 제3 및 제4 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제3 심볼과 제4 심볼을 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 송신하는 단계;

수신기가 상기 송신기에서 송신된 부트스트랩 신호를 두 개의 안테나를 통해 수신하는 단계; 및

상기 수신기가 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 내지 제4 심볼을 검출하되, 상기 제1 및 제2 심볼을 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식으로 검출하고, 상기 제3 및 제4 심볼을 STBC 방식으로 검출하는 단계를 포함하며,

상기 제1 내지 제4 타임슬롯 동안의 상기 부트스트랩 수신 신호 Y_S 는 아래의 수학적식으로 표현되는 신호 검출 방법:

$$Y_S = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (h_{1,1} + h_{2,1})s_0 \\ (h_{1,1} + h_{2,1})s_1 \\ h_{1,2}s_2 + h_{2,2}s_3 \\ -h_{1,2}s_3^* + h_{2,2}s_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix}$$

여기서, y_m 은 m번째 타임슬롯에서 수신기의 수신 신호, $h_{j,i}$ 은 j번째 송신 안테나와 i번째 수신 안테나 사이의 채널 계수($j=1,2, i=1,2$), s_0 내지 s_3 은 상기 제1 내지 제4 심볼, w_m 은 m번째 타임슬롯에서 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다.

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 송신기는,

상기 부트스트랩 신호의 제1 내지 제4 심볼에 각각 절대적 순환 이동 값인 M_0 내지 M_3 을 적용하여 전송하며 ($M_0=0$),

n번째 심볼에 대한 k번째 부반송파의 수신 신호 $R_n(k)$ 는 아래의 수학적식으로 정의되는 신호 검출 방법:

$$R_n(k) = H_n(k)S_n(k)e^{j\frac{2\pi kM_n}{N_{FFT}}} + W_n(k)$$

$$= H_{e,n}(k)S_n(k) + W_n(k)$$

여기서, $H_n(k)$ 과 $W_n(k)$ 는 n번째 심볼에 대한 k번째 부반송파의 채널 이득과 부가 백색 가우시안 잡음, $n=\{0,1,2,3\}$, $S_n(k)$ 는 n번째 심볼, N_{FFT} 는 FFT 길이, M_n 은 n번째 절대적 순환 이동 값,

$$H_{e,n}(k) = H_n(k)e^{j2\pi k\frac{M_n}{N_{FFT}}}$$

으로 순환 이동 값을 고려한 등가 채널을 나타낸다.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 수신기는,

상기 제2 내지 제4 심볼에 적용된 M_1 내지 M_3 을 아래 수학적식을 이용하여 검출하는 신호 검출 방법:

$$M_n = \arg \min_{m_n \in \chi_a} \sum_{k=0}^{N_{FFT}} \left| R_n(k) - H_n(k)S_n(k)e^{j\frac{2\pi km_n}{N_{FFT}}} \right|^2, (n = 1, 2, 3)$$

여기서, χ_a 는 절대적 순환 이동 값의 가능한 모든 종류의 참조 값(reference)이다.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템 및 그것을 이용한 신호 검출 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 디지털 사이니지를 통한 신뢰성 높은 재난 경보를 위해 ATSC 3.0 시스템 기반으로 신호 검출 시 오류 성능을 향상시키며 재난 상황에서의 신호 검출의 신뢰성을 높일 수 있는 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템 및 그것을 이용한 신호 검출 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 디지털 사이니지란 디지털 정보 디스플레이를 이용한 옥외광고로, 관제센터에서 통신망을 통해 광고 내용을 제어할 수 있는 광고판을 말한다. 현재는 단순히 동영상 형태의 광고를 시간대별로 번갈아 노출하는 형식이 대부분이지만 향후에는 광고 뿐만 아니라 긴급재난 정보를 송출하는 매체로 활용될 전망이다.

[0003] 최근 ATSC(Advanced Television Systems Committee)에서는 고품질 음성 및 영상 서비스를 제공하기 위해서 차세대 지상파 방송 표준으로 ATSC 3.0을 개발하였다. ATSC 3.0 신호는 부트스트랩(bootstrap), 프리앰블(preamble) 및 적어도 하나의 서브프레임(subframe)의 순서로 구성된다.

[0004] ATSC 3.0 표준에서 프레임의 가장 전단에 위치한 부트스트랩 신호는 ATSC 3.0 신호의 존재를 수신기로 알리며 바로 뒷단에 위치한 데이터 프레임의 프리앰블을 복조하기 위한 정보로 활용된다.

[0005] 수신기는 부트스트랩 신호로부터 얻은 정보를 토대로 프레임의 프리앰블을 복조할 수 있으며, 복조된 프리앰블에 포함된 정보들을 이용하여 바로 뒤에 전송된 서브프레임의 OFDM 심볼들을 복조할 수 있다.

[0006] 부트스트랩 신호에는 웨이크업 비트(wake up bit)들이 포함되어 있으며, 이 웨이크업 비트는 재난 상황 시 수신기를 깨워 재난 정보를 받을 수 있도록 하고 서브프레임에 재난 정보가 포함되어 있다는 정보를 제공한다.

[0007] 이와 같이 부트스트랩 신호는 재난 상황에 대한 알림 정보를 포함하고 있기 때문에, 재난 발생 시 열악한 재난 환경에서 신호의 검출 신뢰성을 보장하기 위한 방법이 요구된다.

[0008] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2010-0042028호(2010.04.23 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은, 열악한 무선 채널의 환경에서 부트스트랩 신호의 견고함을 더욱 증대시키기 위해 독립적 채널 경로를 통한 다이버시티 기법 중 송신 다이버시티 기법인 STBC 기법과 수신 다이버시티 기법인 MRC 기법을 활용하여 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템 및 그것을 이용한 신호 검출 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은, 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템에 있어서, 4개의 심볼로 구성된 부트스트랩 신호를 2개의 안테나를 통하여 4개의 타임슬롯 동안 전송하되, 제1 및 제2 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제1 심볼과 제2 심볼을 동일하게 순차 전송하고, 제3 및 제4 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제3 심볼과 제4 심볼을 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 송신하는 송신기, 및 상기 송신기에서 송신된 부트스트랩 신호를 두 개의 안테나를 통해 수신하고 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 내지 제4 심볼을 검출하되, 상기 제1 및 제2 심볼을 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식으로 검출하고, 상기 제3 및 제4 심볼을 STBC 방식으로 검출하는 수신기를 포함하는 다중 안테나 송수신 시스템을 제공한다.

[0011] 또한, 상기 제1 내지 제4 타임슬롯 동안의 상기 부트스트랩 수신 신호는 아래의 수학적식으로 표현될 수 있다.

$$Y_S = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (h_{1,1} + h_{2,1})s_0 \\ (h_{1,1} + h_{2,1})s_1 \\ h_{1,2}s_2 + h_{2,2}s_3 \\ -h_{1,2}s_3^* + h_{2,2}s_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix}$$

[0012] 여기서, y_m 은 m번째 타임슬롯에서 수신기의 수신 신호, $h_{j,i}$ 은 j번째 송신 안테나와 i번째 수신 안테나 사이의 채널 계수($j=1,2, i=1,2$), s_0 내지 s_3 은 상기 제1 내지 제4 심볼, w_m 은 m번째 타임슬롯에서 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다.

[0014] 또한, 상기 송신기는, 상기 부트스트랩 신호의 제1 내지 제4 심볼에 각각 절대적 순환 이동 값인 M_0 내지 M_3 을 적용하여 전송하며($M_0=0$), n번째 심볼에 대한 k번째 부반송파의 수신 신호 $R_n(k)$ 는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

$$R_n(k) = H_n(k)S_n(k)e^{j\frac{2\pi k M_n}{N_{FFT}}} + W_n(k) \\ = H_{e,n}(k)S_n(k) + W_n(k)$$

[0015] 여기서, $H_n(k)$ 과 $W_n(k)$ 는 n번째 심볼에 대한 k번째 부반송파의 채널 이득과 부가 백색 가우시안 잡음, $n=\{0,1,2,3\}$, $S_n(k)$ 는 n번째 심볼, N_{FFT} 는 FFT 길이, M_n 은 n번째 절대적 순환 이동 값,

$$H_{e,n}(k) = H_n(k)e^{j2\pi k \frac{M_n}{N_{FFT}}}$$

으로 순환 이동 값을 고려한 등가 채널을 나타낸다.

[0017] 또한, 상기 수신기는, 상기 제2 내지 제4 심볼에 적용된 M_1 내지 M_3 을 아래 수학적식을 이용하여 검출할 수 있다.

$$M_n = \arg \min_{m_n \in \chi_a} \sum_{k=0}^{N_{FFT}} \left| R_n(k) - H_n(k)S_n(k)e^{j\frac{2\pi k m_n}{N_{FFT}}} \right|^2, (n = 1,2,3)$$

[0018]

[0019] 여기서, χ_a 는 절대적 순환 이동 값의 가능한 모든 종류의 참조 값(reference)이다.

[0020] 그리고, 본 발명은 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템을 이용한 신호 검출 방법에 있어서, 송신기가 4개의 심볼로 구성된 부트스트랩 신호를 2개의 안테나를 통하여 4개의 타임슬롯 동안 전송하되, 제1 및 제2 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제1 심볼과 제2 심볼을 동일하게 순차 전송하고, 제3 및 제4 타임슬롯 동안에는 제1 및 제2 안테나를 통해 제3 심볼과 제4 심볼을 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 송신하는 단계, 수신기가 상기 송신기에서 송신된 부트스트랩 신호를 두 개의 안테나를 통해 수신하는 단계; 및 상기 수신기가 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 내지 제4 심볼을 검출하되, 상기 제1 및 제2 심볼을 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식으로 검출하고, 상기 제3 및 제4 심볼을 STBC 방식으로 검출하는 단계를 포함하는 신호 검출 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따르면, ATSC 3.0 시스템에서 부트스트랩 신호를 송신할 때 STBC 기법을 이용하여 송신 다이버시티 이득을 높이고 수신기에서 MRC 기법을 이용하여 수신 다이버시티 이득을 얻음으로써, ATSC 3.0 시스템에서 SER 성능을 향상시키고 재난 상황의 열악한 환경에서도 신뢰성 있는 통신을 제공할 수 있는 이점을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 일반적인 2×2 STBC 송수신기 구조를 도시한 도면이다.
- 도 2는 일반적인 1×2 MRC 송수신기 구조를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 도 3을 이용한 신호 검출 방법을 설명한 도면이다.
- 도 5는 기존 부트스트랩 신호의 프레임 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에서 STBC를 적용한 부트스트랩 신호의 프레임 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 부트스트랩 OFDM 심볼의 2가지 보호구간 생성 구조를 설명한 도면이다.
- 도 8은 AWGN 채널과 7-tap Multi-Path Rayleigh 페이딩 환경에서 수신 안테나 개수에 따른 MRC 기법 기반 부트스트랩 송신 프레임의 SER 성능을 나타낸 도면이다.
- 도 9는 7-tap Multi-Path Rayleigh 페이딩 환경에서 본 발명의 실시예에 따라 STBC 기법과 MRC 기법을 이용한 부트스트랩 송신 프레임의 SER 성능을 설명한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 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 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0025] 본 발명은 ATSC 3.0 시스템에서 부트스트랩 신호를 송신할 때 STBC(Space-Time Block Code) 기법을 이용하여 송신 다이버시티 이득을 얻고 수신기에서 신호 수신 시 MRC(Maximum Ratio Combining) 기법을 이용하여 수신 다이버시티 이득을 얻는 기법을 제안한다.

[0026] 본 발명의 상세한 설명에 앞서 STBC 기법과 MRC 기법을 간략히 설명한다.

[0027] 본 발명에서는 2개의 송신 안테나와 2개의 수신 안테나를 가진 다중 안테나 기술에 대해 다룬다. 다중 안테나

기술은 크게 SNR 이득을 통해 신뢰성을 향상시키는 다이버시티 기법과 전송률 향상을 위한 멀티플렉싱 기법이 있다. 본 발명의 실시예에서는 무선 채널의 열악한 환경에서 부트스트랩 신호의 견고함을 더욱 증대시키기 위하여 독립적인 채널 경로를 통한 공간 다이버시티 기법을 다룬다.

[0028] 다이버시티 기법은 송신 다이버시티 기법과 수신 다이버시티 기법으로 나뉠 수 있으며, 본 발명의 실시예는 송신 다이버시티 기법으로 STBC를 수신 다이버시티 기법으로는 MRC를 다룬다.

[0029] 도 1은 일반적인 2×2 STBC 송수신기 구조를 도시한 도면이다. 도 1과 같이 STBC는 다중 송신 안테나를 이용하여 전송 신호를 시공간적으로 부호화하는 기법으로 직교성을 이용하여 다이버시티 이득을 극대화 하는 기법이다.

[0030] 아래의 수학식 1은 STBC 송신 신호의 블록 형태를 나타낸다.

수학식 1

[0031]
$$S = \begin{bmatrix} s_0 & s_1 \\ -s_1^* & s_0^* \end{bmatrix}$$

[0032] 여기서, 각 행은 타임슬롯을 나타내고, 각 열은 송신기의 제1 및 제2 안테나(tx antenna 0, tx antenna 1)를 의미한다.

[0033] 따라서, 첫 번째 행을 보면, 제1 타임 슬롯에서 송신기는 제1 안테나(tx antenna 0)를 통해 제1 심볼인 s_0 을 송신하고, 제2 안테나(tx antenna 1)를 통해 제2 심볼인 s_1 을 송신한다. 그리고 두 번째 행을 보면, 제2 타임 슬롯에서 송신기는 앞서와는 반대로 제1 안테나를 통해 제2 심볼인 s_1 을 송신하고, 제2 안테나를 통해 제1 심볼인 s_0 을 전송한다.

[0034] 여기서, *는 쾰쥬게이션 연산을 나타낸다. 따라서 보다 상세하게는 제2 타임슬롯에서 제1 안테나는 제2 심볼에 쾰쥬게이션과 역수를 취한 $-s_1^*$ 을 전송하고 제2 안테나는 제1 심볼에 쾰쥬게이션을 취한 s_0^* 을 전송한다.

[0035] 전송 타임 슬롯 간에는 quasi-static 채널이라고 가정할 때, $2 \times N_r$ 시스템에서 수신기가 수신한 STBC 수신 신호 (Y_s)는 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0036]
$$Y_S = \begin{bmatrix} y_{t_1} \\ y_{t_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{t_1,1} \\ y_{t_1,2} \\ \vdots \\ y_{t_2,N_r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11}s_0 + h_{12}s_1 \\ h_{21}s_0 + h_{22}s_1 \\ \vdots \\ -h_{N_r1}s_1^* + h_{N_r2}s_0^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{t_1,1} \\ w_{t_1,2} \\ \vdots \\ w_{t_2,N_r} \end{bmatrix}$$

[0037] 여기서, y_{t_n} 은 n번째 타임슬롯에서의 수신 신호(n=1,2), $y_{t_n,j}$ 은 n번째 타임슬롯에서 j번째 수신 안테나의 수신 신호, h_{ij} 는 i번째 송신 안테나와 j번째 수신 안테나 사이의 채널 계수(i=1,2, j=1,2,...,N_r), N_r은 수신 안테나의 개수, 그리고 $w_{t_n,j}$ 는 n번째 타임슬롯에서 j번째 수신 안테나에서의 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다.

[0038] 또한, STBC 수신기는 직교성으로 인해 아래와 같은 간단한 선형 결합(linear combination)을 기반으로 송신 신호를 검출할 수 있다. 이는 곧 공간 다이버시티 이득과 연관이 되며, STBC 수신기의 송신 신호 검출식은 다음의 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$\hat{\mathbf{S}} = [s_0 \ s_1] = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{j=1}^{N_r} h_{j1}^* y_{t_1,j} + h_{j2} y_{t_2,j}^*}{\sum_{j=1}^{N_r} \sum_{i=1}^2 |h_{ij}|^2} & \frac{\sum_{j=1}^{N_r} h_{j2}^* y_{t_1,j} - h_{j1} y_{t_2,j}^*}{\sum_{j=1}^{N_r} \sum_{i=1}^2 |h_{ij}|^2} \end{bmatrix}$$

[0039]

[0040] 즉, STBC 수신기는 두 타임슬롯(t1,t2)에서 수신한 신호 간의 선형 결합을 기반으로, 송신기(100)에서 보낸 두 심볼 s0 및 s1을 검출할 수 있다.

[0041] STBC와 비슷하게 수신 다이버시티는 다중 수신 안테나를 이용하여 다이버시티 이득을 극대화하는 기법이다.

[0042] 도 2는 일반적인 1×2 MRC 송수신기 구조를 도시한 도면이다. 수학식 4는 N_r×N_r 시스템에서의 수신기의 수신 신호 Y_M을 나타낸다.

수학식 4

$$\mathbf{Y}_M = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{N_r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_i} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_r1} & h_{N_r2} & \cdots & h_{N_rN_i} \end{bmatrix} \mathbf{s} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_{N_r} \end{bmatrix}$$

[0043]

[0044] 여기서, y_i는 i번째 수신 안테나에서의 수신 신호, s는 송신 신호, 그리고 w_i는 i번째 수신 안테나에서의 AWGN이다.

[0045] MRC 기법은 수신 신호의 위상을 제거하고, 채널의 진폭이 큰 경우에는 가중치를 많이 주고, 반대인 경우에는 가중치를 적게 주는 linear combination 연산을 진행하여, 다이버시티 이득을 극대화한다. 또한, 송신 안테나가 1개일 때에도 STBC와 동일한 전송률을 지니면서 송신 전력 면에서 약 3dB 이득을 볼 수 있는 장점이 있다. MRC 기법의 송신 신호 검출식은 다음의 수학식 5와 같다.

수학식 5

$$\hat{s} = \sum_{i=1}^{N_r} \frac{(h_{i1} + h_{i2} + \cdots + h_{iN_i})^* y_i}{|h_{i1} + h_{i2} + \cdots + h_{iN_i}|^2}$$

[0046]

[0047] 다음은 상술한 내용을 바탕으로 본 발명의 실시예에 따른 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템 구조를 설명한다.

[0048] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 사이니지를 위한 재난 방송 지원 다중 안테나 송수신 시스템의 구성을 나타낸 도면이고, 도 4는 도 3을 이용한 신호 검출 방법을 설명한 도면이다.

[0049] 도 3에 나타낸 것과 같이, 본 발명의 실시예에 따른 송수신 시스템은 송신기(100) 및 수신기(200)를 포함한다. 송신기와 수신기는 각각 2개의 안테나를 가지므로 2×2 시스템에 해당한다.

[0050] 먼저, 송신기(100)는 4개의 심볼로 구성된 부트스트랩 신호를 두 안테나를 통해 4개의 타임슬롯 동안 전송한다 (S410). 이때, 초기 2개의 타임슬롯(t1,t2) 동안에는 두 안테나를 통해 제1 및 제2 심볼을 동일하게 순차로 전송하고, 나머지 2개의 타임슬롯(t3,t4) 동안에는 제3 및 제4 심볼을 STBC 방식으로 전송한다.

- [0051] 그러면, 수신기(200)는 송신기(100)에서 송신한 부트스트랩 신호를 안테나를 통해 수신한다(S420).
- [0052] 그리고, 수신기(200)는 수신한 부트스트랩 신호로부터 4개의 심볼을 각각 복조한다(S430). 이때, 수신기(200)는 제1 및 제2 심볼의 경우 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식으로 검출하고, 제3 및 제4 심볼의 경우 STBC 방식으로 검출한다. STBC 방식으로 복조 시에는 제3 및 제4 타임슬롯에 수신한 신호 간의 선형 결합(Linear combination)을 이용할 수 있다.
- [0053] 물론, 각 심볼에 대한 서로 다른 방식의 검출을 위하여, 수신기(200)는 제1 및 제2 심볼의 검출시에는 MRC 복조기를 사용하고 제3 및 제4 심볼 검출시에는 STBC 복조기를 사용할 수 있다. 따라서 수신기(200)는 두 가지 방식의 복조기를 포함할 수 있다.
- [0054] 도 5는 기존의 일반적인 부트스트랩 신호의 프레임 구조를 나타낸 도면이다.
- [0055] 도 5와 같이, ATSC 3.0 시스템에서 부트스트랩은 심볼 0(s_0) 내지 심볼 3(s_3)의 4종류의 OFDM 심볼로 구성된다. 이하에서는 이들 4가지 심볼을 제1 내지 제4 심볼로 명명한다.
- [0056] 도 5에서, 각각의 OFDM 심볼에 적용된 M_0 내지 M_3 는 절대적 순환 이동 값(absolute cyclic shift)에 해당한다. 이때, 심볼 0에 대한 절대적 순환 이동 값 $M_0=0$ 으로 설정된다.
- [0057] 이와 같이 송신기(100)는 부트스트랩 신호를 전송할 때 제1 내지 제4 심볼에 절대적 순환 이동 값인 M_0 내지 M_3 을 각각 적용하여 전송하게 된다.
- [0058] 여기서, 기존의 경우 부트스트랩 신호를 송신할 때 한 타임슬롯 마다 한 개의 심볼을 순차 전송하는 구조를 사용한다. 하지만, 본 발명의 실시예는 매 타임슬롯마다 두 개의 송신 안테나를 통해 신호를 송신하며 그 중에서 제3 및 제4 심볼에 대해 STBC 구조가 적용된다.
- [0059] 도 6은 본 발명의 실시예에서 STBC를 적용한 부트스트랩 신호의 프레임 구조를 나타낸 도면이다.
- [0060] 도 6과 같이, 송신기(100)는 제1 및 제2 타임슬롯(Time Slot 1,2) 동안 제1 및 제2 안테나(Tx1, Tx2)를 통해 제1 심볼(s_0)과 제2 심볼(s_1)을 동일하게 순차 전송한다. 즉, 제1 타임슬롯(Time Slot 1)에서는 두 안테나(Tx1, Tx2) 모두 제1 심볼(s_0)을 송신하고 이후 제2 타임슬롯(Time Slot 1)에서는 두 안테나(Tx1, Tx2) 모두 제2 심볼(s_1)을 송신한다. 이때, 제1 및 제2 심볼에는 각각 절대적 순환 이동 값인 M_0 과 M_1 이 적용된다. 이때 제1 심볼에 대한 절대적 순환 이동값으로 $M_0=0$ 이 적용된다.
- [0061] 이후, 제3 및 제4 타임슬롯(Time Slot 3,4) 동안에는 제1 및 제2 안테나(Tx1, Tx2)를 통해 제3 심볼(s_2)과 제4 심볼(s_3)을 STBC(Space-Time Block Code) 방식으로 송신한다.
- [0062] 즉, 수학적 식 1에 나타낸 STBC 송신 구조와 같이, 제3 타임슬롯(Time Slot 3)에서는 제1 안테나(Tx1)를 통해 제3 심볼(s_2)을 송신하고 제2 안테나(Tx2)를 통해 제4 심볼(s_3)을 송신하며, 반대로 제4 타임슬롯(Time Slot 4)에서는 제1 안테나(Tx1)를 통해 제4 심볼(s_3)을 송신하고 제2 안테나(Tx2)를 통해 제3 심볼(s_2)을 송신한다.
- [0063] 도 6에서 알수 있듯이, 본 발명의 실시예는 총 4개의 타임 슬롯동안 4개의 신호를 전송하므로, 기존의 부트스트랩 송신 방식과 상대적인 전송률은 1로 동일하다.
- [0064] 본 실시예에서 STBC 송신 구조는 타임슬롯 3과 4에서만 적용이 되는데, 그 이유는 다음의 도 7과 같이 부트스트랩에 포함된 OFDM 심볼의 생성 구조가 제1 심볼(심볼 0)과 제2-4 심볼(심볼 1-3) 간에 상이하기 때문이다.
- [0065] 도 7은 부트스트랩 OFDM 심볼의 2가지 보호구간 생성 구조를 설명한 도면이다. 도 7의 (a)는 CBA 구조이고, (b)는 BCA 구조를 나타낸다.
- [0066] 도면에서 A 부분은 송신 신호가 할당되는 부분이며, B 부분과 C 부분은 A 부분의 일부를 복사한 것에 해당한다. 즉, 도 7의 (a)에 도시된 CBA 구조는 A의 일부분인 B와 C 부분을 복사하여 A의 뒤쪽과 앞쪽에 각각 붙인 구조이며, (b)에 도시된 BCA 구조는 A의 일부분인 B와 C 부분을 복사하여 A의 앞쪽에 각각 나란히 붙인 구조이다.
- [0067] ATSC 3.0 방송 시스템에서 부트스트랩의 가장 전단에 배치된 제1 심볼(S_0 ; 심볼 0)은 도 7의 (a)와 같은 CBA 구조를 가지는데, CBA 구조는 신호 동기화 및 채널 추정에 유리한 구조에 해당하므로 부트스트랩의 4개 심볼 중

맨 앞의 제1 심볼에만 적용된다. 나머지 세 심볼들($s_1 \sim s_3$; 심볼 1-3)은 도 7의 (b)와 같이 간섭에 강인한 특성을 가지는 BCA 구조를 가진다.

[0068] 이처럼 symbol 0(제1 심볼)은 도 7의 CAB 구조를 이용하고, 반면에 symbol 1(제2 심볼)은 BCA 구조를 이용하므로, 수신기(200)에서 이를 분리하는 것이 어렵다. 하지만, symbol 2(제3 심볼)과 symbol 3(제4 심볼)은 모두 BCA 구조를 이용하여 생성되므로, 수신기에서 채널 정보를 얻을 수만 있으면, 이를 공간적으로 분리하는 것이 가능해진다.

[0069] 이러한 이유로, 본 발명의 실시예에는 symbol 2, 3(제3,4 심볼)에 대해서만 STBC 구조(STBC structure)를 사용한다. 또한 수학적 식 1과 같은 STBC 송신 구조를 만들기 위해서는 주파수 영역에서 진행되는 신호 처리가 이루어져야 한다.

[0070] 본 발명의 실시예에서 수신기(200)는 송신기(100)에서 전송한 부트스트랩 신호를 두 개의 안테나를 통하여 수신하고, 수신한 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 내지 제4 심볼($s_0 \sim s_3$)을 각각 검출한다.

[0071] 2×2 시스템에서 전체 4개의 타임 슬롯동안의 수신기(200)에 수신되는 부트스트랩 수신 신호 Y_S 는 아래 수학적 식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 6

$$Y_S = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (h_{1,1} + h_{2,1})s_0 \\ (h_{1,1} + h_{2,1})s_1 \\ h_{1,2}s_2 + h_{2,2}s_3 \\ -h_{1,2}s_3^* + h_{2,2}s_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix}$$

[0073] 여기서, y_m 은 m번째 타임슬롯에서 수신기의 수신 신호, s_0 내지 s_3 은 제1 내지 제4 심볼, w_m 은 m번째 타임슬롯에서 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN)을 나타낸다.

[0074] 수학적 식 6에서, y_m 은 m번째 타임슬롯에서 수신기(200)의 수신 신호($m=1,2,3,4$), $h_{j,i}$ 은 송신기의 j번째 송신 안테나와 수신기의 i번째 수신 안테나 사이의 채널 계수($j=1,2, i=1,2$), s_0 내지 s_3 은 제1 내지 제4 심볼, w_m 은 m번째 타임슬롯에서 AWGN을 나타낸다.

[0075] 또한, 두 개의 타임 슬롯동안은 quasi-static 채널 환경이라고 가정하여, 타임 슬롯 1과 2, 그리고 타임 슬롯 3과 4는 서로 채널 계수가 같다. 부트스트랩의 relative cyclic shift \tilde{M} 을 구하기 위해 ML(Maximum Likelihood) 검출 기법을 이용한다.

[0076] 본 발명의 실시예에서 수신기(200)는 부트스트랩 수신 신호로부터 제1 심볼 내지 제4 심볼(심볼 0 ~ 심볼 3)을 검출하되, 제1 및 제2 심볼(심볼 0, 1)을 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식을 이용하여 검출하고, 제3 및 제4 심볼(심볼 2, 3)을 STBC 복조 방식을 이용하여 검출한다.

[0077] 본 발명의 실시예에서, n번째 심볼에 대한 k번째 부반송파의 수신 신호 $R_n(k)$ 는 아래의 수학적 식 7과 같이 정의된다.

수학적 식 7

$$R_n(k) = H_n(k)S_n(k)e^{j\frac{2\pi kM_n}{N_{FFT}}} + W_n(k) \\ = H_{e,n}(k)S_n(k) + W_n(k)$$

[0079] 여기서, $H_n(k)$ 과 $W_n(k)$ 는 n 번째 심볼에 대한 k 번째 부반송파의 채널 이득과 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN), $n=\{0,1,2,3\}$, $S_n(k)$ 는 n 번째 심볼, N_{FFT} 는 FFT 길이, M_n 은 n 번째 절대적 순환 이동 값, $H_{e,n}(k)$ 는 순환 이동 값 M_n

을 고려한 등가 채널이며 $H_{e,n}(k) = H_n(k)e^{j2\pi k \frac{M_n}{N_{FFT}}}$ 로 표현된다.

[0080] 채널 $H_n(k)$ 을 추정된 이후, 절대적 순환 이동 값 M_n 을 검출하기 위하여, 수신기(200)는 아래 수학적 식 8과 같은 ML 검출 기법을 사용한다.

수학적 식 8

$$M_n = \arg \min_{m_n \in \chi_a} \sum_{k=0}^{N_{FFT}} \left| R_n(k) - H_n(k) S_n(k) e^{j \frac{2\pi k m_n}{N_{FFT}}} \right|^2, \quad (n = 1, 2, 3)$$

[0081]

[0082] 여기서, χ_a 는 절대적 순환 이동 값의 가능한 모든 종류의 참조 값(reference)이다. 나머지 파라미터는 앞서 설명한 바 있다. 이때, $n=0$ 인 첫 번째 부트스트랩 심볼인 제1 심볼(symbol 0; s_0)에 대한 절대적 순환 이동 값인 $M_0=0$ 이고 이는 이미 알고 있는 값이므로, 수학적 식 8을 이용하면 M_1 부터 M_3 까지 구할 수 있다.

[0083] 본 발명의 실시예의 경우, STBC 기법이 적용된 부트스트랩 수신 신호를 복조하기 위하여 수학적 식 8을 이용한다.

[0084] 우선, M_1 을 구하기 위하여, 수학적 식 8의 수신 신호 $R_n(k)$ 대신에 수학적 식 6의 제1 타임슬롯의 수신 신호 $y_1(k)$ 를, 수학적 식 8의 채널 이득 $H_n(k)$ 대신에 수학적 식 6의 채널 $(h_{1,1} + h_{2,1})$ 을 각각 대입하며, 가능한 모든 종류의 참조 값 χ_a 을 사용하여 ML 기법으로 M_1 을 구한다.

[0085] 또한, 나머지 M_2 와 M_3 를 구하기 위해, 먼저 수학적 식 6의 제3 타임슬롯과 제4 타임슬롯의 수신 신호 $y_3(k)$ 과 $y_4(k)$ 를 수학적 식 3에 대입하여 수학적 식 9을 얻는다.

수학적 식 9

$$\begin{bmatrix} \hat{s}_2 \\ \hat{s}_3 \end{bmatrix} = (|h_{1,2}|^2 + |h_{2,2}|^2) \begin{bmatrix} s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \tilde{w}_3 \\ \tilde{w}_4 \end{bmatrix}$$

[0086]

[0087] 여기서, \tilde{w}_3 와 \tilde{w}_4 는 복조시 변형된 잡음 성분이다.

[0088] M_2 와 M_3 를 구하기 위해, M_1 을 구하는 과정과 마찬가지로, 수학적 식 8을 이용한다. 즉, 수학적 식 8의 수신신호 $R_n(k)$ 대신에 수학적 식 9의 \hat{s}_n 를 대입하고(이때, $n=2,3$), 수학적 식 8의 채널 입력 $H_n(k)$ 대신에 수학적 식 9의 $|h_{1,2}|^2 + |h_{2,2}|^2$ 를 대입하면 된다.

[0089] 이와 달리, MRC 검출은 수신 다이버시티 기술이므로 제1 심볼(s_0)과 제2 심볼(s_1) 검출의 경우 도 5의 기존 부트스트랩 프레임 구조를 이용한다.

[0090] $1 \times N_r$ 시스템에서 전체 부트스트랩 수신 신호 Y_M 은 수학적 식 10과 같다. 여기서, MRC는 수신 다이버시티에 대한 설명이므로, 설명의 편의상 수신단의 개수만 증가한 1×2 ($N_r=2$)에 대한 수식으로 설명한다.

수학식 10

$$Y_M = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{N_r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_{N_r} \end{bmatrix} s + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_{N_r} \end{bmatrix}$$

[0091]

[0092]

여기서, y_i 는 i 번째 수신 안테나에서의 수신 신호, h_i 는 송신기와 i 번째 수신 안테나 사이의 채널 계수, w_i 는 i 번째 수신 안테나에서의 AWGN을 나타낸다. 또한, s 는 송신 신호를 나타내며, 이는 도 5의 부트스트랩 송신 프레임 구조를 지닌다.

[0093]

부트스트랩 cyclic shift \tilde{M}_1 을 구하기 위해 STBC와 마찬가지로 수학식 5를 이용하여 MRC 복조를 진행하면 수학식 11과 같다.

수학식 11

$$\hat{s} = \sum_{i=1}^{N_r} |h_i|^2 s + \tilde{w}$$

[0094]

[0095]

여기서, \hat{s} 는 복조시 추정된 송신신호, h_i 는 송신기와 i 번째 수신 안테나 사이의 채널 계수, s 는 송신 신호, \tilde{w} 은 복조시 변형된 잡음 성분이다.

[0096]

기존의 방식과 마찬가지로 절대적 순환 이동값을 구하기 위하여 수학식 8의 수신 신호와 채널 입력에 각각 수학

식 11의 \hat{s} 와 $\sum_{i=1}^{N_r} |h_i|^2$ 을 대입한다. 이를 통해 제2 타임슬롯에서 제2 심볼(s_1)에 적용된 절대적 순환 이동값 M_1 을 구할 수 있다.

[0097]

이와 같이, 본 발명의 실시예는, 부트스트랩 수신 신호로부터 전체 심볼 4개를 검출할 때 제1,2 심볼은 MRC 방식으로, 제3,4 심볼은 STBC 방식으로 검출한다. 그리고, 이미 알고 있던 M_0 와, 상술한 방식으로 구한 M_1, M_2, M_3 을 이용하여, 그에 대응된 제1 내지 제4 심볼인 s_0, s_1, s_2, s_3 을 각각 검출해낼 수 있다.

[0098]

일반적으로 심볼은 통신 시스템에서 정보(bit)를 전송하는 단위를 의미하며, ATSC 3.0 시스템에서는 심볼 당 8bit의 정보를 송신한다. 순환 이동 값은 8bit의 정보를 심볼에 넣는 방식을 나타내며 정보를 검출하기 위해 그 값을 정확하게 검출하는 것이 중요하다.

[0099]

따라서, 실질적으로 심볼을 검출한다는 것은 심볼에 들어가 있는 정보(순환 이동 값)를 검출하겠다는 의미를 가진다. 여기서 순환 이동 값 연산에 송신 신호가 들어가지만 이는 수신기에서 간접적으로 파악한 것에 해당한다. 즉, 수신기는 송신 신호의 값을 모르고 간접적으로 알게 된다. 예를 들어 송신 신호 s 에 대해 수신 신호 y 는 $y=hs+w$ 로 표현되는데, 이를 검출하기 위해 양변에 채널 h 를 나누면 $y/h=s+w/h$ 가 된다. 이때 잡음을 물리적으로 제거할 수 없으므로, y/h 를 s^{\wedge} (송신신호 추정 값)로 정의한다. 이와 같이, 간접적으로 알게 된 송신 신호 추정 값 s^{\wedge} 을 이용하여 순환 이동 값을 먼저 구한 다음, 구한 순환 이동 값을 통하여 그에 대응된 심볼을 각각 구할 수 있게 된다.

[0100]

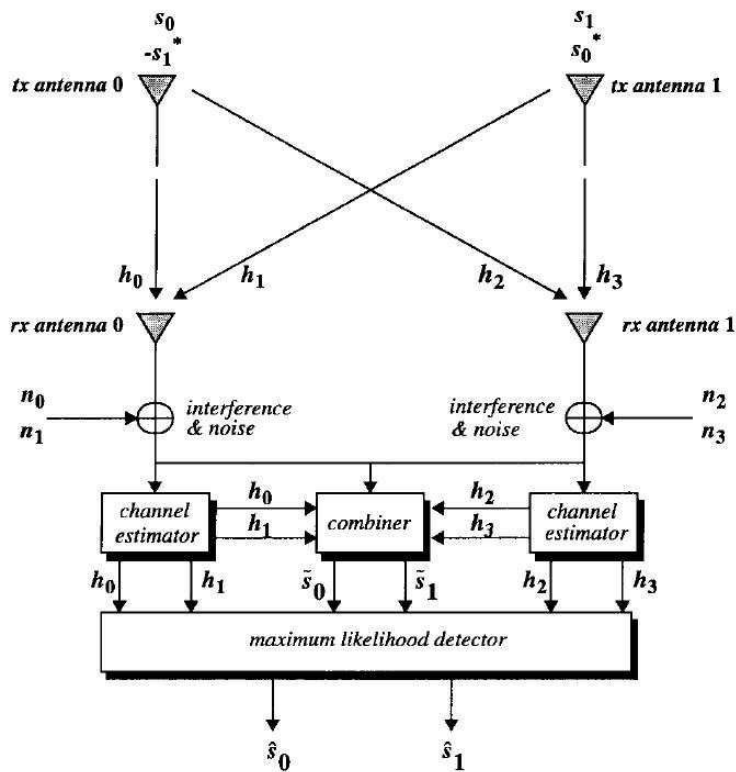
도 8은 AWGN 채널과 7-tap Multi-Path Rayleigh 페이딩 환경에서 수신 안테나 개수에 따른 MRC 기법 기반 부트스트랩 송신 프레임의 SER 성능을 나타낸 도면이다.

[0101]

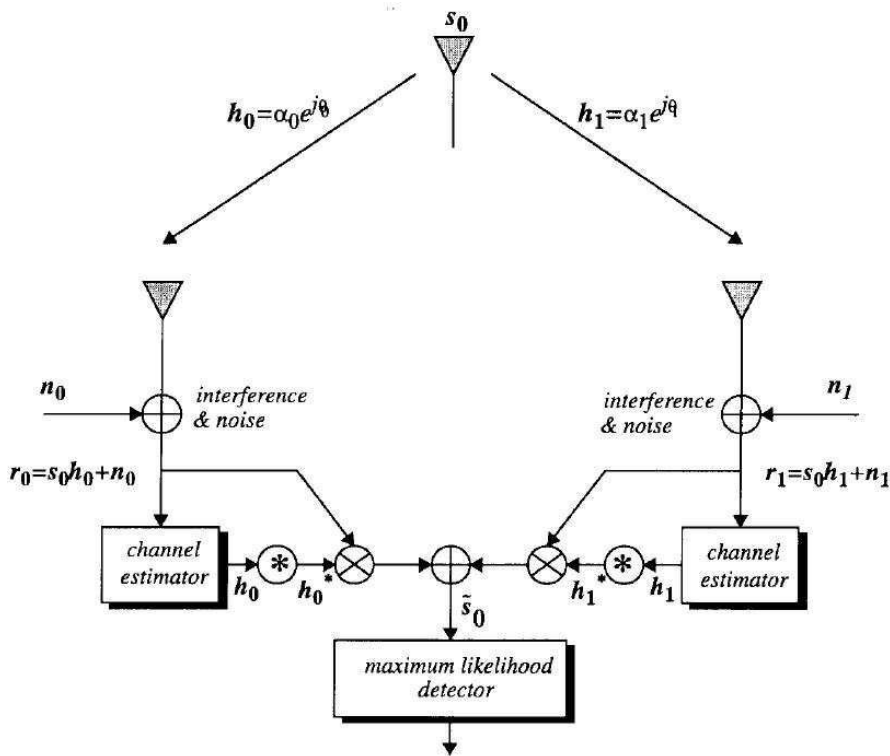
이러한 도 8은 종래에 단일 송수신 안테나를 이용하여 채널을 고려하지 않고 잡음만 고려한 경우(초록색), 채널 까지 고려한 경우(파란색), 그리고 수신 안테나의 개수를 증가시켜 MRC 기법으로 신호를 검출한 경우에 대한 SER(Symbol Error Rate) 성능을 나타낸다.

도면

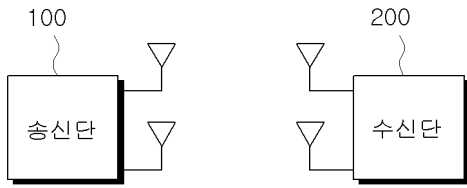
도면1



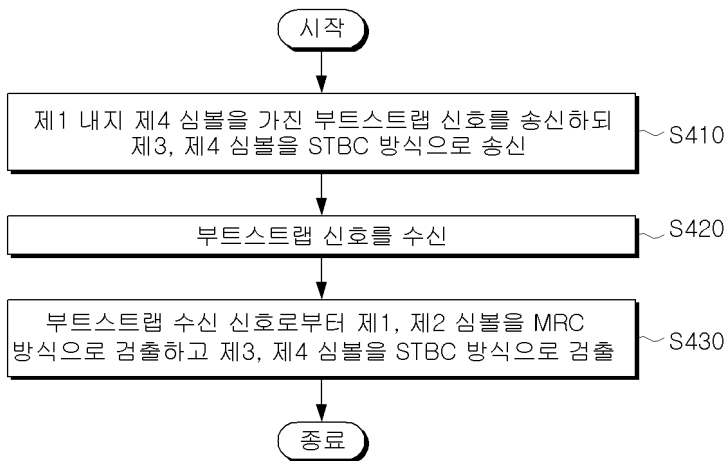
도면2



도면3



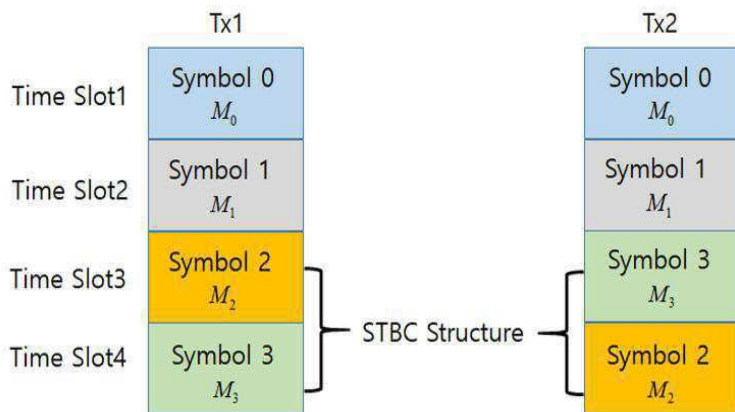
도면4



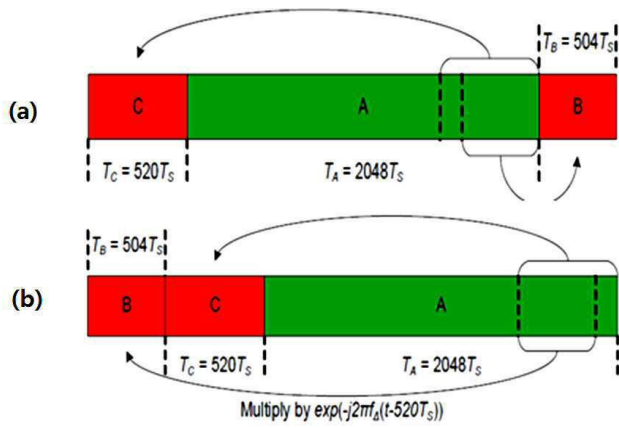
도면5



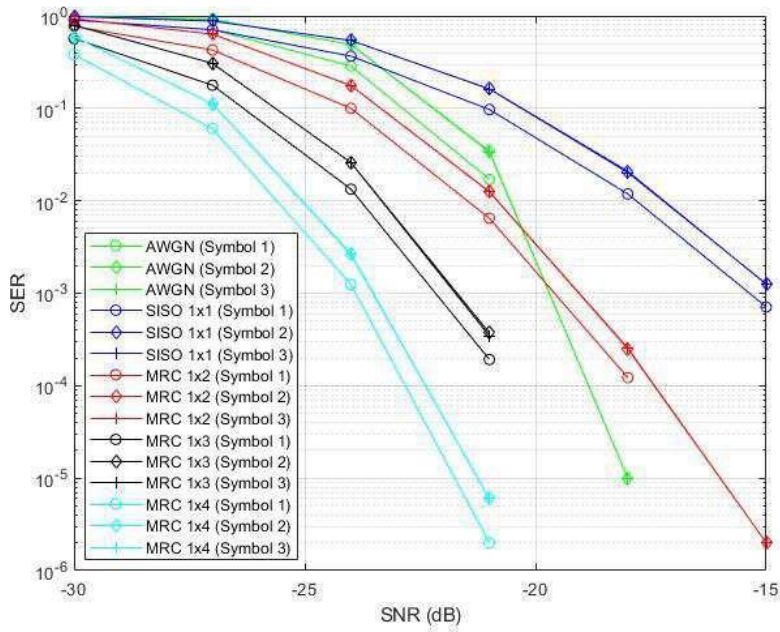
도면6



도면7



도면8



도면9

