



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월22일  
(11) 등록번호 10-2168896  
(24) 등록일자 2020년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 27/26 (2006.01) H04L 1/24 (2006.01)  
H04L 25/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H04L 27/2695 (2013.01)  
H04L 1/24 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0008992  
(22) 출원일자 2019년01월24일  
심사청구일자 2019년01월24일  
(65) 공개번호 10-2020-0092013  
(43) 공개일자 2020년08월03일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020160050107 A\*  
KR1020160073656 A\*  
KR1020070090800 A  
KR1020180120457 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국교통대학교산학협력단  
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50  
(72) 발명자  
송창익  
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50 (한국교통대학교)  
백승환  
서울특별시 동작구 상도로37길 55, C동 403호 (상도동, 동원베스트타운)  
(74) 대리인  
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 5 항

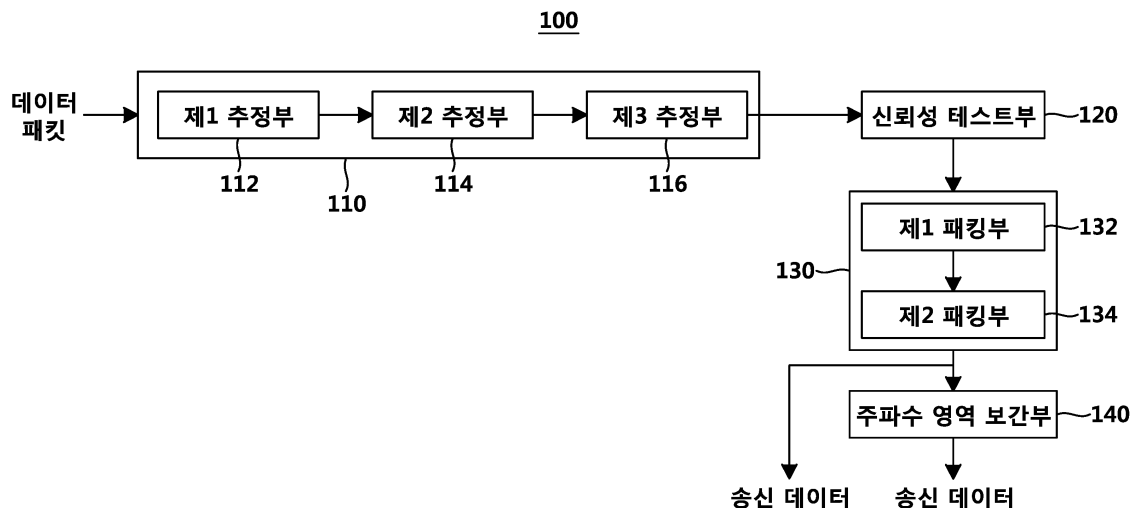
심사관 : 광현선

(54) 발명의 명칭 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치 및 그 채널추정방법

(57) 요약

본 발명은 웨이브(WAVE) 기반의 차량 간 고속 이동 통신환경에서 802.11p 물리계층의 패킷 에러율(PER)의 성능향상을 위한 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치 및 방법에 관한 것이다. 이러한 본 발명의 채널추정장치에는 복수 개의 수신 안테나가 수신한 송신 데이터의 특정 OFDM 심볼의 채널 값을 이전 OFDM 심

(뒷면에 계속)  
대표도 - 도3



불의 채널 값을 이용하여 추정하는 추정부가 구비된다. 그리고 상기 추정부가 추정한 상기 OFDM 심볼의 채널 값에 대한 신뢰성 테스트를 수행하는 신뢰성 테스트부와, 신뢰성 테스트 결과에 따라 채널 값들을 MRC 결합하는 부반송파 패킹부가 구비된다. 상기 부반송파 패킹부는 상기 신뢰성 테스트의 결과에 따라 각각의 수신 안테나별로 신뢰성 있는 OFDM 심볼의 채널 값들을 MRC 결합하여 데이터 파일럿을 복원하는 제1 패킹부와, 상기 복원된 데이터 파일럿을 이용하여 상기 신뢰성 테스트를 통과하지 못한 OFDM 심볼의 모든 채널 값들을 MRC 결합하여 송신 데이터를 복원하는 제2 패킹부를 갖는다. 이와 같은 본 발명에 따르면, 기존의 채널추정방법들에 비하여 채널 추정의 정확도 및 패킷 수신율이 향상되며, 또한 차량의 고속 이동시 발생하는 시변 채널에서의 패킷 에러율의 성능 열화도 극복할 수 있는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류

*H04L 25/0228* (2013.01)

*H04L 27/2692* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345281708
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기본연구 (1년~5년)
연구과제명	딥 러닝 기반 V2X 채널추정 기술 개발 및 구현
기여율	1/2
과제수행기관명	한국교통대학교 산학협력단
연구기간	2018.06.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2016-0-00500
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기술진흥센터 (IITP)
연구사업명	정보보호핵심원천기술개발
연구과제명	암호와 물리계층보안을 결합한 IoT 네트워크 보안 기술 개발
기여율	1/2
과제수행기관명	한밭대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

공시예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수 개의 수신 안테나가 수신한 송신 데이터의 특정 OFDM 심볼의 채널 값을 이전 OFDM 심볼의 채널 값을 이용하여 추정하는 추정부;

상기 추정부가 추정한 상기 OFDM 심볼의 채널 값에 대한 신뢰성 테스트를 수행하는 신뢰성 테스트부; 그리고

상기 신뢰성 테스트의 결과에 따라 각각의 수신 안테나별로 신뢰성 있는 OFDM 심볼의 채널 값들을 MRC 결합하여 데이터 파일럿을 복원하는 제1 패킹부와, 상기 복원된 데이터 파일럿을 이용하여 상기 신뢰성 테스트를 통과하지 못한 OFDM 심볼의 모든 채널 값들을 MRC 결합하여 송신데이터를 복원하는 제2 패킹부가 구비된 부반송파 패킹부를 포함하여 구성되며,

상기 추정부는,

각 수신 안테나에서 이전 OFDM 심볼에서의 채널 추정치를 이용하여 현재 OFDM 심볼의 초기 채널값을 추정하는 제1 추정부;

상기 초기 채널 값을 디매핑(demapping) 하여 송신데이터를 추정하는 제2 추정부; 그리고

상기 추정된 송신데이터를 가상의 데이터 파일럿으로 이용하여 상기 OFDM 심볼의 초기 채널 값보다 더 정확한 채널 값을 다시 추정하는 제3 추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

모든 수신 안테나가 신뢰성 있는 OFDM 심볼의 채널 값을 획득할 수 없는 경우, 상기 MRC 결합이 수행된 후에 각 수신 안테나별로 주파수 영역 보간을 수행하여 상기 획득하지 못한 채널 값을 복원하는 주파수 영역 보간부를 더 포함하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

복수 개의 수신 안테나별로 이전 OFDM 심볼의 채널 값을 이용하여 현재 수신된 송신 데이터의 OFDM 심볼의 채널 값을 추정하는 단계;

상기 추정된 OFDM 심볼의 채널 값의 신뢰성 테스트를 수행하는 단계;

상기 신뢰성 테스트의 결과, 신뢰성 테스트를 통과한 채널 값은 해당 채널에 업데이트하고, 신뢰성 테스트를 통과하지 못한 채널 값은 폐기하는 단계; 그리고

상기 신뢰성 테스트 결과에 따라 신뢰성 테스트를 통과한 채널 값들을 MRC 결합하여 데이터 파일럿을 생성하는 단계를 포함하며,

상기 단계들은 데이터 패킷의 마지막 OFDM 심볼까지 반복 수행되고,

상기 추정된 OFDM 심볼의 채널 값들은 다음 OFDM 심볼의 채널 추정에 이용되며,

상기 OFDM 심볼의 채널 값 추정단계는,

각 수신 안테나에서 이전 OFDM 심볼에서의 채널 추정치를 이용하여 현재 OFDM 심볼의 초기 채널 값을 추정하는 단계;

상기 추정된 초기 채널 값을 디매핑(demapping) 하여 송신데이터를 추정하는 단계; 그리고

상기 추정된 송신데이터를 가상의 데이터 파일럿으로 이용하여 상기 OFDM 심볼의 채널 값을 다시 추정하고 신뢰성 테스트에 제공하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정방법.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,

상기 생성된 데이터 파일럿을 이용하여 상기 폐기된 채널 값을 추정하고, 상기 추정된 채널 값들을 MRC 결합하여 송신데이터를 복원하는 단계를 더 포함하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 신뢰성 테스트 결과, 모든 수신 안테나에서 신뢰성 있는 채널 값을 획득하지 못하면, 상기 MRC 결합이 수행된 후에 각 수신 안테나별로 주파수 영역 보간을 수행하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정방법.

**청구항 7**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 무선채널환경에서의 채널추정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 LTE(long term evolution)와 차량통신기술인 웨이브(WAVE; Wireless Access for Vehicle Environment) 기반의 차량 간 고속 이동 통신환경에서 802.11p 물리계층의 패킷 에러율(PER)의 성능향상을 도모하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 주목받고 있는 자율주행 자동차의 실시간 제어를 위해서 차량 상호 간 또는 차량과 인프라 간의 안정적인 통신이 필수적이며, 이에 IEEE 802.11p 기반의 WAVE(Wireless Access for Vehicle Environment) 통신기술에 대한 표준을 정립하는 단계에 있다.

[0003] 상기 WAVE 통신을 기반으로 운전자가 원하는 정보를 고속으로 송수신하기 위해서는 고정밀의 채널 추정이 반드시 수행되어야 한다. 이를 위해 IEEE 802.11p의 물리계층에서 제안하는 채널추정기법이 사용되었는데, 이러한 채널추정기법은 한 개의 프레임 내의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 심볼 개수가 많을수록, 변조 오더가 커질수록, 그리고 차량 이동 속도가 빨라질수록 채널 추정성능이 열화되는 문제가 있었다.

[0004] 종래에 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 방안들이 제안된 바 있다. 예컨대, LS(Least Square), STA(Spectral Temporal Averaging), CDP(Constructed Data Pilots), TRFI(Time domain Reliability test and Frequency domain Interpolation), ICED(Iterative Channel Estimation and Detection) 등이 있다. 그러나 상기한 여러 방법은 차량의 고속이동에 따른 도플러 주파수 천이효과 때문에 채널 변화를 추적하기 어려웠다. 따라서 이처럼 채널 추정의 부정확성으로 인하여 수신단은 데이터 복원을 신뢰성 있게 수행하는데 한계가 있었다.

[0005] 다른 방법으로는 WAVE 시스템의 패킷 에러율(PER: Packet Error Rate) 향상을 위하여 SIMO(Single Input Multi Output) 환경에서 다중 수신안테나를 이용한 채널 추정 방안이 있다. 이는 각각의 안테나별로 채널을 독립적으로 추정하여 모든 패킷의 채널이 추정된 후 최대비 결합(MRC: Maximum Ratio Combining) 패킹을 수행하는 방식이다. 그러기 때문에 채널추정의 오류 발생시 다이버시티(Diversity) 이득을 충분히 얻기 어려운 문제가 있었다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 따라서 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 다중 수신안테나를 사용하는 웨이브 기반의 차량 간 고속 이동통신환경에서 채널추정의 정확성을 향상시키도록 하는 채널추정 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명의 다른 목적은 다중 수신안테나의 다이버시티 이득을 충분히 극대화함으로써 시변 채널(time varying channel)의 정확한 추정과 데이터의 신뢰성을 향상시키기 위한 채널추정 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0008] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 복수 개의 수신 안테나가 수신한 송신 데이터의 특정 OFDM 심볼의 채널 값을 이전 OFDM 심볼의 채널 값을 이용하여 추정하는 추정부; 상기 추정부가 추정한 상기 OFDM 심볼의 채널 값에 대한 신뢰성 테스트를 수행하는 신뢰성 테스트부; 그리고 상기 신뢰성 테스트의 결과에 따라 각각의 수신 안테나별로 신뢰성 있는 OFDM 심볼의 채널 값들을 MRC 결합하여 데이터 파일럿을 복원하는 제1 패킹부와, 상기 복원된 데이터 파일럿을 이용하여 상기 신뢰성 테스트를 통과하지 못한 OFDM 심볼의 모든 채널 값들을 MRC 결합하여 송신데이터를 복원하는 제2 패킹부가 구비된 부반송파 패킹부를 포함하는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치를 제안한다.
- [0009] 본 발명은 모든 수신 안테나가 신뢰성 있는 OFDM 심볼의 채널 값을 획득할 수 없는 경우, 상기 MRC 결합이 수행된 후에 각 수신 안테나별로 주파수 영역 보간을 수행하여 상기 획득하지 못한 채널 값을 복원하는 주파수 영역 보간부를 더 포함한다.
- [0010] 상기 추정부는, 각 수신 안테나의 긴 훈련 필드(LTF)에 포함된 두 개의 반복된 훈련신호를 이용하여 OFDM 심볼의 초기 채널 값을 추정하는 제1 추정부; 상기 초기 채널 값을 디매핑(demapping) 하여 송신데이터를 추정하는 제2 추정부; 상기 추정된 송신데이터를 가상의 데이터 파일럿으로 이용하여 상기 OFDM 심볼의 초기 채널 값보다 더 정확한 채널 값을 다시 추정하는 제3 추정부를 포함하여 이루어지고 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 복수 개의 수신 안테나별로 이전 OFDM 심볼의 채널 값을 이용하여 현재 수신된 송신 데이터의 OFDM 심볼의 채널 값을 추정하는 단계; 상기 추정된 OFDM 심볼의 채널 값의 신뢰성 테스트를 수행하는 단계; 상기 신뢰성 테스트의 결과, 신뢰성 테스트를 통과한 채널 값은 해당 채널에 업데이트하고, 신뢰성 테스트를 통과하지 못한 채널 값은 폐기하는 단계; 그리고 상기 신뢰성 테스트 결과에 따라 신뢰성 테스트를 통과한 채널 값들을 MRC 결합하여 데이터 파일럿을 생성하는 단계를 포함하며, 상기 단계들은 데이터 패킷의 마지막 OFDM 심볼까지 반복 수행되고, 상기 추정된 OFDM 심볼의 채널 값들은 다음 OFDM 심볼의 채널 추정에 이용되는 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정방법을 제안한다.
- [0012] 여기서, 상기 생성된 데이터 파일럿을 이용하여 상기 폐기된 채널 값을 추정하고, 상기 추정된 채널 값들을 MRC 결합하여 송신데이터를 복원하는 단계를 더 포함한다.
- [0013] 그리고 모든 수신 안테나에서 신뢰성 있는 채널 값을 획득하지 못하면, 상기 MRC 결합이 수행된 후에 각 수신 안테나별로 주파수 영역 보간을 수행하는 단계를 더 포함한다.
- [0014] 또한, 본 발명에 따른 상기 OFDM 심볼의 채널 값 추정단계는, 패킷 데이터의 긴 훈련 필드(LTF)를 이용하여 각 수신 안테나의 OFDM 심볼의 초기 채널 값을 추정하는 단계; 상기 추정된 초기 채널 값을 디매핑(demapping) 하여 송신데이터를 추정하는 단계; 그리고 상기 추정된 송신데이터를 가상의 데이터 파일럿으로 이용하여 상기 OFDM 심볼의 채널 값을 다시 추정하고 신뢰성 테스트에 제공하는 단계를 포함하여 이루어진다.

**발명의 효과**

- [0015] 이상과 같은 본 발명의 다중 수신안테나를 이용한 부반송파 패킹기반의 채널추정장치 및 그 채널추정방법에 따르면, 각 수신 안테나의 OFDM 심볼 단위로 이전 OFDM 심볼의 채널을 이용하여 현재 OFDM 심볼의 채널을 추정하고, 그 추정된 채널 값에 대한 신뢰성 테스트와 부반송파 패킹과정을 수행하고 있어, 채널 추정의 정확도 및 패킷 수신율이 향상되는 효과가 있다.
- [0016] 또한, 신뢰성 테스트 및 부반송파 패킹에 따른 정확도가 향상된 추정 채널정보를 다음 OFDM 심볼에서 사용하고 있어, 차량의 고속 이동시 발생하는 시변 채널에서의 패킷 에러율의 성능 열화를 충분히 극복하고 있는 효과가 있다.
- [0017] 특히 본 발명은 시뮬레이션을 통한 기존 방법들과의 성능 비교를 보면 차량 간 고속 이동 통신환경에서 기존의

STA, TRFI 방법들보다 소정 dB 이상의 SNR, 성능 이득을 확인할 수 있어, 고속으로 이동하는 차량 간에도 신뢰성 있는 통신을 제공할 수 있는 기대가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1은 본 발명에 적용되는 일반적인 IEEE 802.11p 데이터 패킷 구조
- 도 2는 본 발명의 채널추정방법을 포함하여 전송 패킷의 송수신 과정을 보인 구성도
- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 채널추정장치의 블록 구성도
- 도 4는 도 3에 의한 부반송파 패킹 채널추정을 설명하는 내부 구성도
- 도 5는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 채널추정방법을 설명하는 흐름도
- 도 6은 본 발명의 채널추정방법에서 부반송파 패킹과 보간법에 따라 OFDM 심볼 채널 값의 상태 변화를 보인 도면
- 도 7 및 도 8은 서로 다른 통신환경에서 본 발명과 종래방법들과의 성능비교를 나타낸 그래프

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0019] 본 발명은 각 OFDM 심볼 단위에서 다이버시티(Diversity) 이득을 극대화하여 부반송파 패킹 과정을 통해 채널 값을 추정하고 그 추정된 채널 값은 다음 OFDM 심볼에서 사용될 수 있게 함으로써, 채널 추정의 정확도 및 고속 이송시 발생하는 시변 채널에 의한 PER 성능 열화를 개선하고자 하는 효율적인 채널 추정방안을 제안하는 것이고, 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.
- [0020] 본 발명은 도 1에 도시하고 있는 IEEE 802.11p WAVE 물리계층의 패킷 구조를 기반으로 하고 아울러 부호화/복호화를 위한 송/수신단에서 사용하는 파라미터는 다음 [표 1]과 같다. 이처럼 본 발명의 패킷 구조나 파라미터는 기존에 사용되는 방식이기 때문에, 웨이브(WAVE) 기반의 차량 간 고속 이동 통신환경뿐만 아니라 일반적인 OFDM 기반의 무선채널환경에도 적용할 수 있어, 이미 사용되고 있는 표준시스템과의 호환성을 유지할 수 있다.
- [0021] 도 1의 패킷 구조를 보면, 시간 동기화를 위한 짧은 훈련 심볼(short training symbols or short training field)과 채널 추정에 사용되는 긴 훈련 심볼(long training symbols or long training filed)로 이루어진 프리앰블(preamble), 송신신호의 변조방식 및 코드율 등의 정보를 가지는 시그널 필드(signal field), 실제 데이터 정보를 가지는 데이터 필드(Data field)로 구성되고, 모든 심볼은 OFDM을 기반으로 생성된다.

**표 1**

파라미터	값(Value)
Bandwidth	10 MHz
Modulation order	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Code rate	1/2, 2/3, 3/4
# data subcarriers	48
# Pilot subcarriers	4
Pilot subcarrier indes(δ)	-21, -7, 7, 21
Total # subcarriers	64
FFT size	6.4μs
Guard interval	1.6μs
Symbol duration	8.0μs

[0023] 도 2는 본 발명의 채널추정방법이 포함된 전송 패킷의 송수신 과정을 보인 구성도이다. 송신단에서는 송신데이터를 상기 [표 1]에 제시된 변조기법과 코드율을 기반으로 길쌈부호화(Convolutional Encoding) 후 인터리빙을 통해 무선채널에 의한 연접 오류(Burst Error)를 회피하는 과정을 수행한다. 그리고 64포인트 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 과정을 통해 OFDM 변조를 수행한 다음 보호구간과 프리앰블을 삽입한 1개의 전송 패킷을 완성하여 송신한다.

[0024] 이러한 전송 패킷을 수신하는 수신단은 채널과 잡음이 반영된 수신 신호에서 프리앰블과 시그널을 분리한 후 긴 훈련 심볼을 이용하여 초기 채널 값을 추정한다. 그리고 보호구간 제거, FFT(Fast Fourier Transform) 수행 후



아래에서 설명하는 본 발명의 채널추정기법에 따라 송신데이터를 복원하게 된다.

- [0025] 다음에는 본 발명이 제안하고 있는 실질적인 채널추정장치에 대해 먼저 살펴보고, 이러한 채널추정장치를 이용한 채널추정방법을 설명하기로 한다.
- [0026] 도 3 및 도 4를 참조하면, 송신단은 1개의 송신 안테나를 이용하여 데이터 패킷을 송신하고, 수신단은 복수 개의 수신 안테나를 이용하여 송신된 데이터 패킷을 수신하게 된다.
- [0027] 본 발명에 따르면, 송신단이 송신한 데이터를 수신단에 마련된 복수 개의 수신 안테나가 수신한 후, 각 수신 안테나별로 데이터 필드에 포함된 모든 OFDM 심볼의 채널 값을 추정하는 추정부(110)가 마련된다. 추정부(110)에는 초기 채널값을 추정하고, 이를 기초로 더 정확한 채널값을 추정하기 위한 구성이 포함된다.
- [0028] 추정부(100)는 m번째 수신 안테나의 긴 훈련 필드(LTF)에 포함된 두 개의 반복된 훈련신호를 이용하여 OFDM 심볼의 초기 채널 값을 추정하는 제1 추정부(112)와, 상기 추정된 초기 채널 값에 대한 디매핑(demapping) 과정을 수행하여 송신데이터를 추정하는 제2 추정부(114), 그리고 제2 추정부가 추정한 송신데이터를 가상의 데이터 파일럿으로 활용하여 더 정확한 OFDM 심볼의 채널 값을 추정하는 제3 추정부(116)를 포함하여 이루어진다.
- [0029] 그리고 추정된 채널 값에 대한 신뢰성 여부를 판단하는 신뢰성 테스트부(120)가 구비된다. 여기서 신뢰성 테스트는 다양한 방법에 의해 수행될 수 있으나, 본 발명의 실시 예는 CDP(Constructed Data Pilots) 방법을 적용할 것이다. 이러한 신뢰성 테스트에 따라서 채널 값은 업데이트 또는 폐기되는 과정을 거치게 될 것이다.
- [0030] 그리고 신뢰성 테스트의 수행결과에 따라 신뢰성 있는 OFDM 심볼의 채널 값 및 폐기된 OFDM 심볼의 채널 값을 이용하여 송신데이터를 복원하는 부반송파 패킹부(130)가 구비된다. 상기 부반송파 패킹부(130)는 신뢰성 테스트를 통과한 채널 값들을 이용하여 MRC 결합을 통해 데이터 파일럿을 생성하는 제1 패킹부(132)와, 제1 패킹부(132)에 의해 추정된 데이터 파일럿을 이용하여 폐기된 OFDM 심볼의 채널 값을 추정한 다음 이들 채널 값을 MRC 결합하여 송신 데이터를 복원하는 제2 패킹부(134)로 이루어진다.
- [0031] 본 발명에 따르면, 상기 부반송파 패킹과정을 수행할 수 없는 경우를 대비하여 OFDM 심볼의 채널 값을 주파수 영역 보간법을 수행하여 추정하는 주파수 영역 보간부(140)가 더 구비될 수 있다. 즉 주파수 영역 보간부(140)는 모든 수신 안테나가 신뢰성 있는 채널 값을 획득할 수 없는 경우를 대비하기 위한 것이다. 따라서 모든 수신 안테나에서 신뢰성 있는 채널 값을 획득할 수 있다면 상기 주파수 영역 보간법은 수행되지 않음은 당연하다 할 것이다. 상기 주파수 영역 보간법은 다양한 보간 기법들을 활용할 수 있겠으나, 본 실시 예에서는 큐빅 스플라인(cubic spline) 보간법을 이용하였다.
- [0032] 다음에는 도 5를 함께 참조하여 부반송파 패킹기반의 채널추정방법에 대하여 설명한다. 수신단이 복수 개의 수신 안테나를 통해 송신된 데이터 패킷을 수신하면, 추정부는 각 수신 안테나별로 OFDM 심볼의 초기 채널 값을 추정한다(s100).
- [0033] 상기 초기 채널값의 추정과정은, 먼저 제1 추정부(112)가 각 m번째 안테나에서 긴 훈련 필드(LTF: long training filed)내의 두 개의 반복된 훈련신호를 이용하여 [수학식 1]과 같이 추정하게 된다(s102).

**수학식 1**

[0034] 
$$\hat{H}_{m,0}(k) = \frac{Y_{m,0}^{(L_1)}(k) + Y_{m,0}^{(L_2)}(k)}{2X_0(k)}, \forall (k,m)$$

[0035] 여기서  $X_0(K)$ 는 상기 LTF 내의 k번째 부 반송파의 훈련신호를 나타낸다.

[0036] 그리고 상기 제1 추정부(112)에 의해 초기 채널 값이 추정되면, 제2 추정부(114)는 이전(i-1번째)의 OFDM 심볼의 채널 값을 이용하여 송신 데이터를 추정한다. 추정된 송신 데이터 값은 [수학식 2]와 같다(s104).

**수학식 2**

[0037] 
$$\hat{X}_{m,i}(k) = Q\left(\frac{Y_{m,i}(k)}{H_{m,i-1}(k)}\right), \forall (k,m)$$

[0038] 여기서 송신 데이터의 추정작업은 잡음 제거를 위한 인접 변조신호로의 디매핑(demapping) 과정을 통해 이루어진다.

[0039] 그러면 제3 추정부(116)는 상기 송신 데이터의 추정 값을 가상의 데이터 파일럿으로 활용하여 OFDM 심볼의 채널 값을 더 정확하게 추정하는 작업을 수행하게 된다. 추정된  $i$ 번째 OFDM 심볼의 채널 추정값은 다음 [수학식 3]과 같다(s106).

**수학식 3**

[0040] 
$$\hat{H}_{m,i}(k) = \frac{Y_{m,i}(k)}{\hat{X}_i(k)}, \forall (k, m)$$

[0041] 이러한 과정을 통해 각 OFDM 심볼에 대한 채널 값이 추정되면, 각 수신 안테나별로 상기 추정된 채널 값에 대한 신뢰성을 테스트한다(s110). 이러한 신뢰성 테스트는 실질적으로 채널 추정의 정확도를 향상시킴으로써, 차량의 고속 이동시 발생하는 시변채널에서의 PER 성능 열화를 극복하기 위한 것이라 할 것이며, 다양한 신뢰성 테스트 방법 중 본 실시 예는 CDP(Constructed Data Pilots)에서 사용하는 방식을 이용한다.

[0042] 신뢰성 테스트를 위하여 신뢰성 테스트부(120)는 상기 추정부(110)가 추정한 채널 값을 전달받아 신뢰성 테스트를 수행한다. 그리고 이러한 신뢰성 테스트 결과에 따라 제112단계와 같이 현재의 채널 추정 값이 신뢰성이 있다면 제114단계에서 해당 채널(즉,  $m$ 번째 안테나의  $i$ 번째 OFDM 심볼의  $k$ 번째 부반송파 채널)에 업데이트를 한다. 반면, 제113단계와 같이 신뢰성이 없다고 판단된 경우에는 제115단계에서 상기 채널 추정 값은 폐기하게 된다. 따라서 이러한 신뢰성 테스트 결과에 의하면 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이 각각의 수신 안테나별로 채널 값이 폐기된 채널(e부분)은 비워있고, 신뢰성 있는 채널 값만 남아 있게 될 것이다.

[0043] 이러한 신뢰성 테스트에 따라 해당 채널에 업데이트 된 다음에는 부반송파 패킹과정을 통해 송신 데이터를 복원하는 과정이 수행된다. 부반송파 패킹과정은 제1 패킹부(132)가 상기한 도 6의 (a)에 도시하고 있는 신뢰성 있는 부 반송파의 채널 값만을 이용하여 부반송파 패킹을 수행하고(s116), 데이터 파일럿을 생성하는 과정이 선행된다(s118).

[0044] 그리고 제2 패킹부(134)가 상기 제1 패킹부(132)에 의해 생성된 데이터 파일럿을 이용하여 상기 폐기된 부반송파 채널(e부분)을 추정함으로써(s120), 도 6의 (b)와 같이 각각의 안테나별로 비워져 있는 부 반송파의 채널을 채운다. 그런 다음 제2 패킹부(134)는 각각의 안테나별로 채워진 모든 부 반송파의 채널 값을 MRC 결합을 통해 [수학식 4]와 같은 송신 데이터를 복원하게 된다(s122). 즉 부반송파 패킹과정은 제116단계 내지 제122단계를 포함하는 것이다.

**수학식 4**

[0045] 
$$\hat{X}_i(k) = Q \left( \frac{\sum_m Y_{m,i}(k) H_{m,i}^*(k)}{\sum_m |\hat{H}_{m,i}(k)|^2} \right), \forall (k, m)$$

[0046] 여기서  $Q(\cdot)$ 는 디매핑(demapping)을 위한 양자화 과정을 나타낸다.

[0047] 이와 같은 과정에 따라 수신단은 송신단이 송신한 송신 데이터를 정확하게 복원할 수 있게 될 것이다. 물론, 상기 신뢰성 테스트 결과 모든 채널 값이 신뢰성이 있다면, 제1 패킹부(132)의 부반송파 패킹과정만으로 송신 데이터를 복원할 수 있을 것이다.

[0048] 한편, 경우에 따라서 상기 부반송파 패킹 과정이 수행되지 못하는 경우도 발생할 수 있다. 예를 들면 모든 수신 안테나에서 신뢰성 테스트를 통과하지 못하여 신뢰성 있는 채널 값을 얻지 못한 경우가 있을 수 있는데, 이럴 경우 상기 MRC 과정만 제공된다면 정확한 송신 데이터를 복원할 수 없을 것이다.

[0049] 본 발명에서는 이처럼 부반송파 패킹 과정을 수행할 수 없는 경우(즉 도 6의 (c))에도 채널을 추정하여 송신 데이터를 제공할 수 있게 한다. 이는 상기 부반송파 패킹과정이 수행된 다음에 주파수 영역 보간부(140)가 각 수신 안테나별로 주파수 영역 보간을 수행함으로써, 안테나별로 비어있는 OFDM 심볼의 채널을 추정하는 것이다.



따라서 도 6의 (d)와 같이 모든 수신 안테나의 모든 부 반송파의 채널에 의미있는 채널 값들이 채워질 것이며, 이후 각 채널 값들을 MRC 디매핑하여 상기 [수학식 4]와 같은 송신 데이터를 복원한다.

[0050] 여기서 상기 주파수 영역 보간법은 큐빅 스플라인(cubic spline) 보간법에 의해 수행되며, 물론 이러한 주파수 영역 보간법은 선택적이라 할 것이다. 즉, 부반송파 패킹 과정을 수행할 수 없는 경우에만 해당하는 것이고, 부반송파 패킹과정만으로 송신데이터를 복원할 수 있는 경우에는 수행되지 않는다는 것이다.

[0051] 그리고 상기한 부반송파 패킹과정 및 주파수 영역보간에 따라서 복원된 송신 데이터는 최대 다이버시티를 얻을 수 있을 것이다.

[0052] 한편, 현재의 OFDM 심볼에서 추정된 채널 값들은 다음(i+1번째) OFDM 심볼에 전달되어 다시 그 i+1번째 OFDM 심볼의 채널 추정에 이용되며, 이러한 과정은 데이터 패킷의 마지막 OFDM 심볼의 채널 추정이 완료되기까지 반복하여 수행된다.

[0053] 다음에는 모의실험을 통해 본 발명과 종래 방법들과의 패킷 에러율 성능을 비교, 분석한 결과를 살펴본다. 종래 방법은 상술한 바 있는 SISO 환경의 STA 및 TRFI와, SIMO 환경에서 패킷단위의 MRC기법이 적용된 STA 및 TRFI 방법을 예를 든다.

[0054] 그리고 본 발명과 종래방법들과의 시뮬레이션 환경은 'Cohda Wireless' 채널모델의 시나리오 A 및 B의 채널환경에서 수행하였고, 각각의 시나리오에 따른 채널 프로파일은 다음 [표 2] 및 [표 3]과 같다. 시나리오 A를 나타내는 [표 2]는 126Km/h에서의 Cross NLOS 환경에서의 채널 프로파일, 시나리오 B를 나타내는 [표 3]은 252Km/h에서의 Highway NLOS 환경에서의 프로파일이다. 그리고 변조방식은 BPSK, QPSK, 코드율은 1/2이며, 데이터 심볼은 OFDM 심볼 100개로 가정하였다.

표 2

	Tap 1	Tap 2	Tap 3	Tap 4	Units
Power	0	-3	-5	-10	dB
Delay	0	267	400	533	ns
Doppler	0	295	-98	591	Hz

표 3

	Tap 1	Tap 2	Tap 3	Tap 4	Units
Power	0	-2	-5	-7	dB
Delay	0	200	433	700	ns
Dpppler	0	689	-492	886	Hz

[0057] 도 7은 시나리오 A 환경에서 본 발명과 종래방법들과의 성능비교를 나타낸 그래프로써, (a)는 BPSK 변조방식, (b)는 QPSK 변조방식으로 할 때의 성능비교를 각각 나타내고 있다. 이를 보면, BPSK 변조방식일 때 본 발명이 제안하는 채널추정방법이 종래 방법들에 비해  $10^{-3}$ (0.1%) PER 에서 5dB 이상의 SNR 성능이득이 있음을 확인할 수 있다. 이는 QPSK 변조방식일 때에도 마찬가지로  $10^{-3}$ (0.1%) PER 에서 약 10dB 이상의 SNR 성능이득이 있음을 알 수 있다.

[0058] 도 8은 시나리오 B 환경에서 본 발명과 종래방법들과의 성능비교를 나타낸 그래프로써, (a)는 BPSK 변조방식, (b)는 QPSK 변조방식으로 할 때의 성능비교를 각각 나타내고 있다. 차량 속도가 증가하는 시나리오 B의 결과 그래프를 보면 실질적으로 시나리오 A에 비하여 차량의 빠른 이동속도로 인하여 도플러 주파수 천이 값이 클 뿐만 아니라 NLOS 환경이라는 이유로 시간과 주파수 축 모두 채널 변화가 심하게 나타나는 경향이 있다.

[0059] 그러나 본 발명의 제안방식은 높은 변조 레벨에서도 도플러 천이로 인한 채널변화에 적응적으로 동작하여 채널 추정 오류를 최소화하고 있고, 따라서 동일한 안테나 개수를 제공하는 조건에서 약 10dB 이상의 SNR 성능 이득이 있음이 확인되고 있다.

[0060] 이처럼 본 발명은 기존의 채널추정방법들과 같이 각 OFDM 심볼 단위에서 시간영역의 신뢰성 테스트와 MRC 패킹 과정으로 얻은 다이버시티 이득을 통해 신뢰성이 극대화된 채널 값을 지속적으로 갱신하고 있어, 신뢰성 있는

패킷 에러율을 보장할 수 있고 소정 db 이상의 SNR 성능이득도 기대할 수 있다.

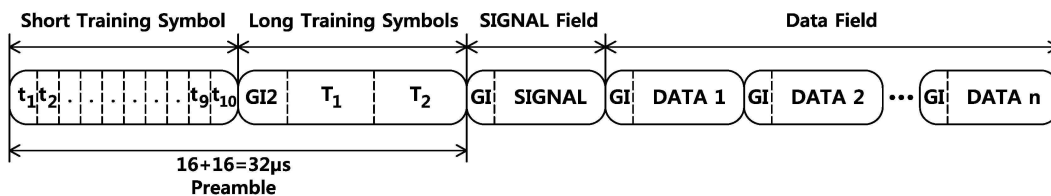
[0061] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

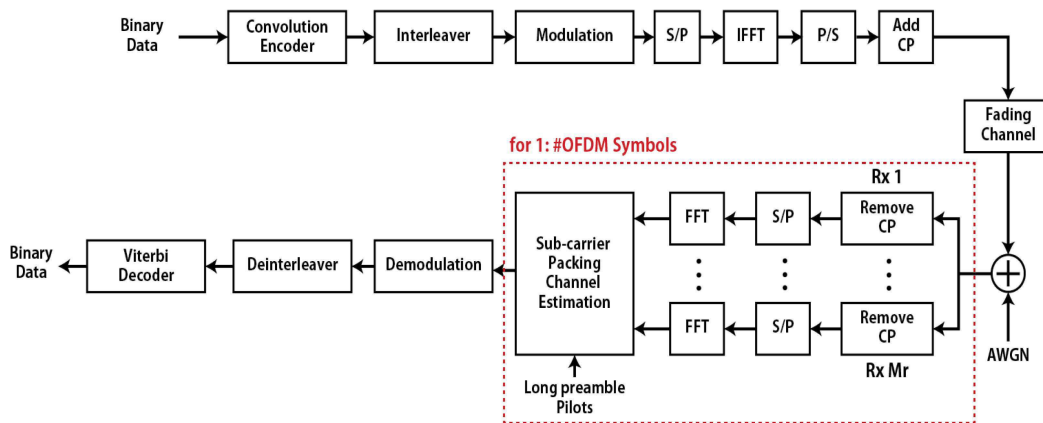
- [0062]
- 110: 추정부
  - 112: 제1 추정부
  - 114: 제2 추정부
  - 116: 제3 추정부
  - 120: 신뢰성 테스트부
  - 130: MRC 패킹부
  - 132: 제1 패킹부
  - 134: 제2 패킹부
  - 140: 주파수 영역 보간부

**도면**

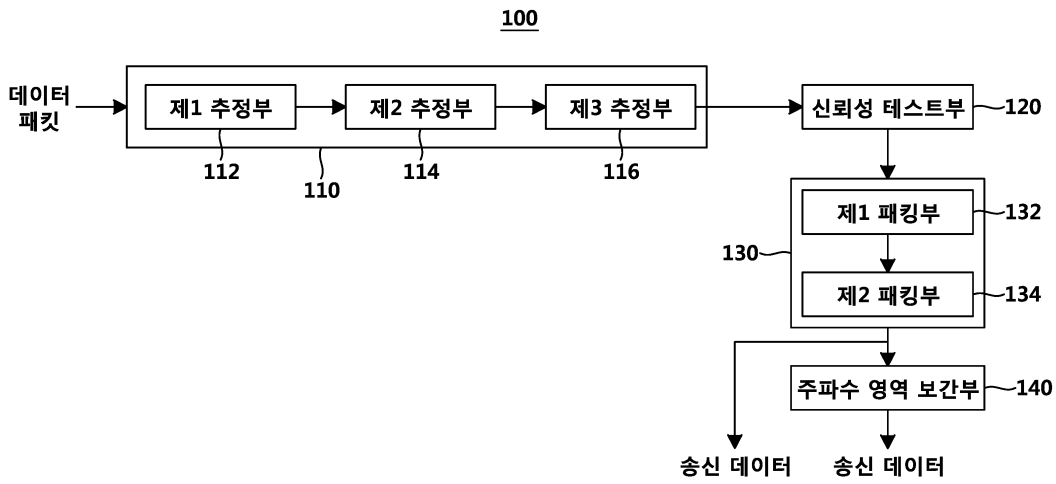
**도면1**



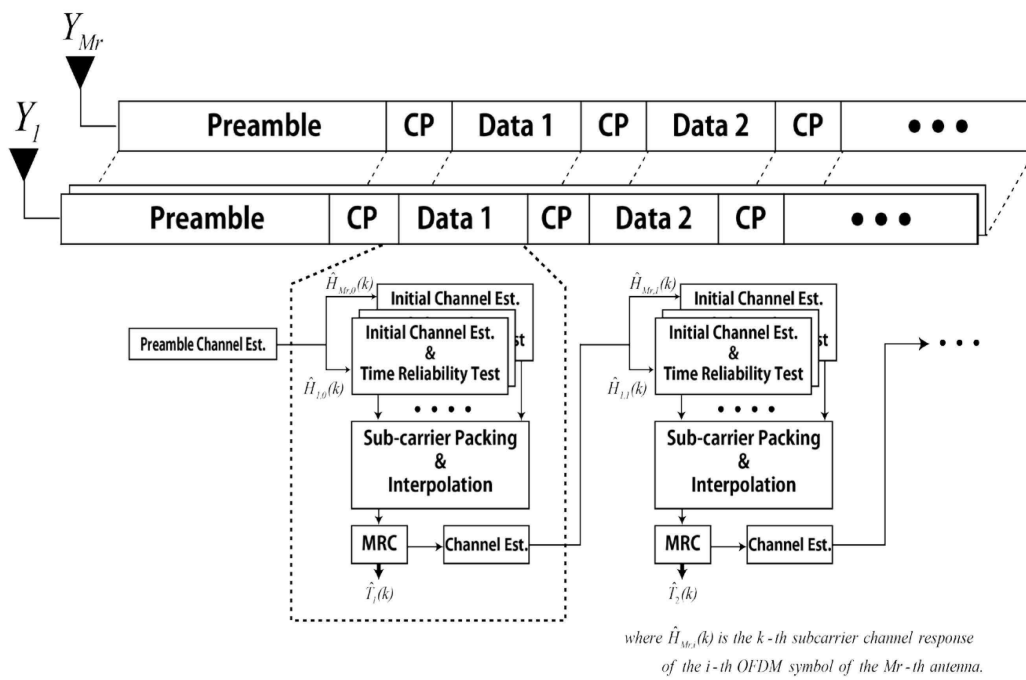
**도면2**



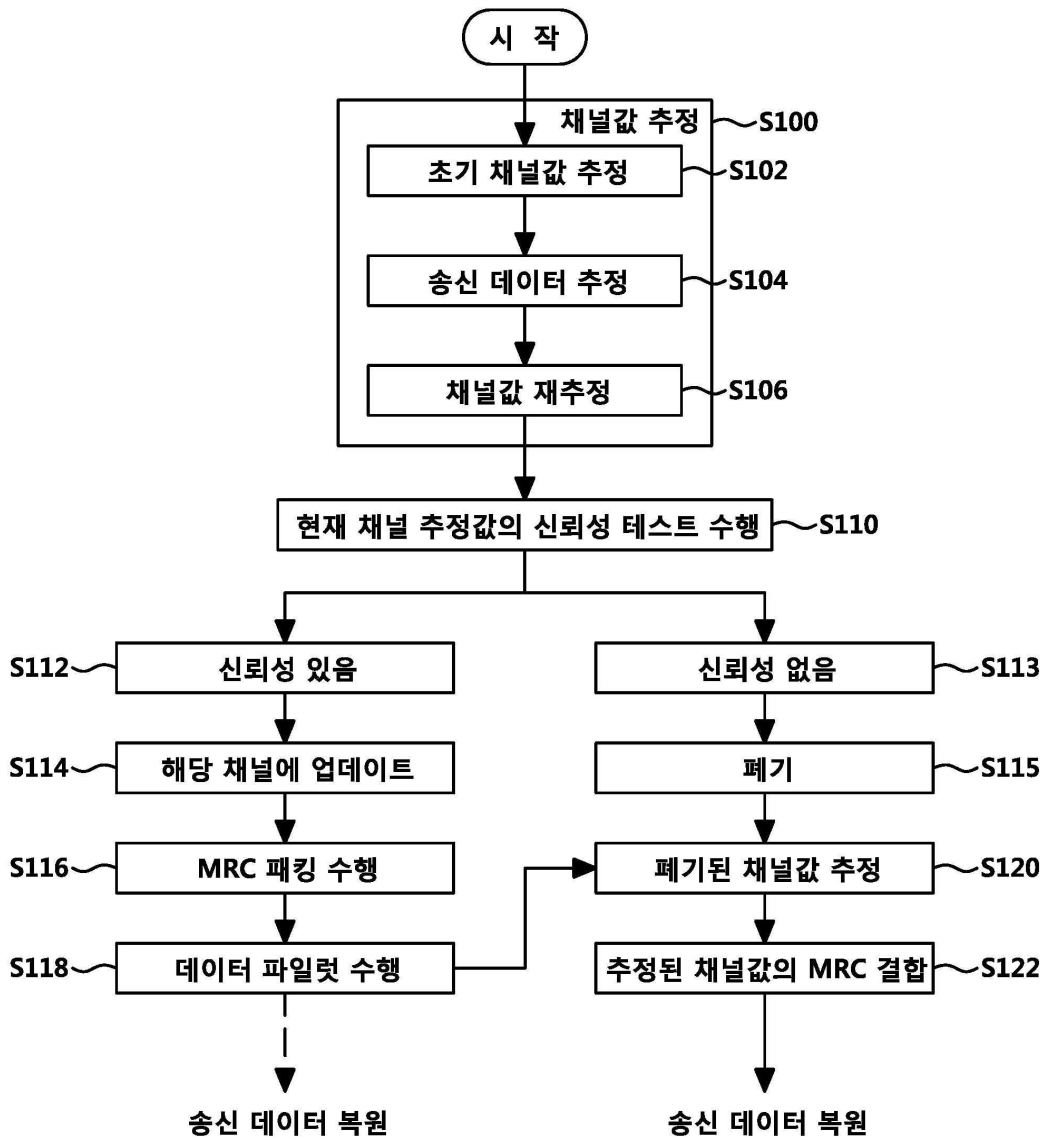
도면3



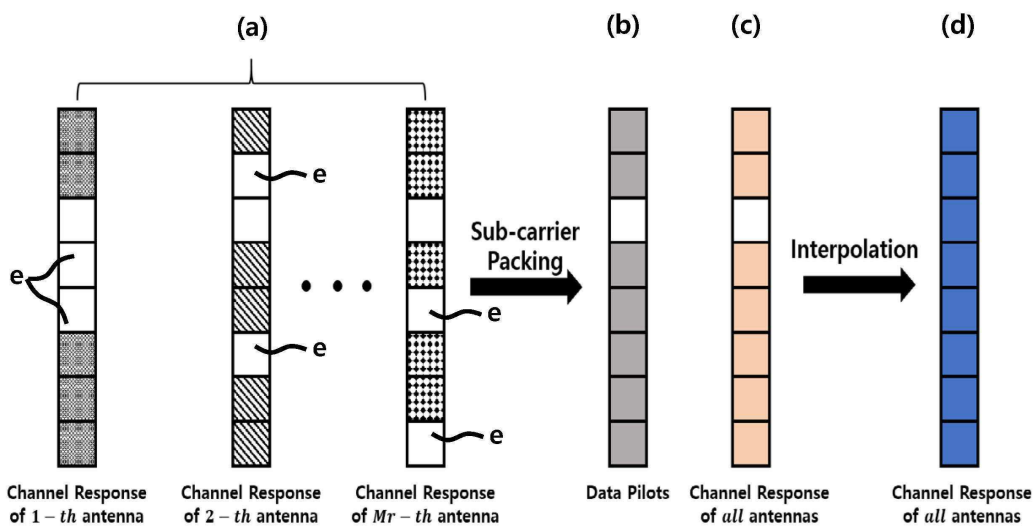
도면4



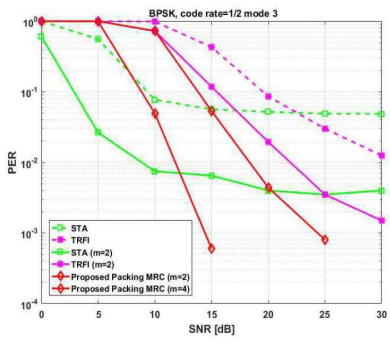
도면5



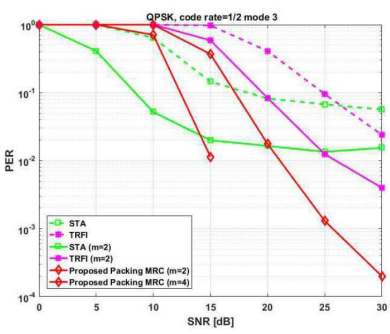
도면6



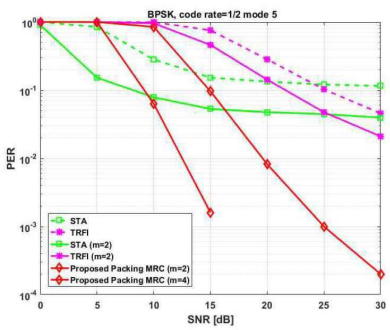
도면7a



도면7b



도면8a



도면8b

