



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년10월10일  
 (11) 등록번호 10-2030921  
 (24) 등록일자 2019년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H04L 25/02 (2006.01) H04L 27/26 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 H04L 25/0242 (2013.01)  
 H04L 25/0224 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2018-0035398  
 (22) 출원일자 2018년03월27일  
 심사청구일자 2018년03월27일  
 (65) 공개번호 10-2019-0113138  
 (43) 공개일자 2019년10월08일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020100007992 A\*  
 KR1020160131925 A\*  
 ‘LTE-A 기반 V2X 시스템의 채널 추정과 예측 기  
 법에 관한 연구’, 전남대학교 석사학위논문,  
 2017.08.\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국교통대학교산학협력단  
 충청북도 충주시 대소원면 대학로 50  
 (72) 발명자  
 고균병  
 경기도 화성시 동탄반석로 41, 612동 1902호 (반  
 송동, 나루마을신도브레뉴아파트)  
 (74) 대리인  
 김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 6 항

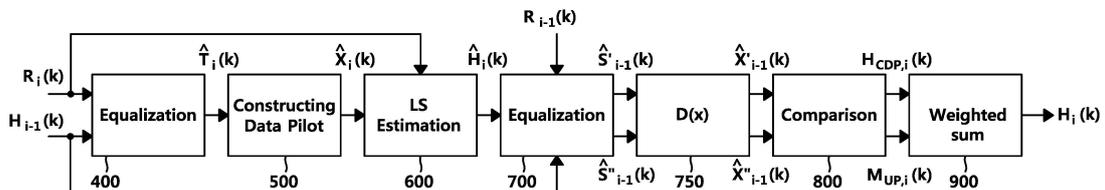
심사관 : 김대성

(54) 발명의 명칭 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 채널 추정 방법 및 이를 이용하는 시스템

**(57) 요약**

본 발명은 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 채널 추정 방법 및 이를 이용하는 시스템에 관한 것으로서, 시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) OFDM데이터 심볼의 채널 추정값인 제i 채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 산출하는 단계와, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 미만인 경우, 상기 제i 채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계와, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우, 상기 제i 채널 추정값 및 상기 업데이트 매트릭스에 포함된 가중합을 이용하여 가중합된 제i 채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법이다.

**대표도**



(52) CPC특허분류

*H04L 27/2695* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711050198

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구(총연구비1.5억초과~3억이하)

연구과제명 IEEE 802.11p/WAVE-advanced 시스템의 저복잡도 채널 추정기법 및 비직교 다중접속 기법을  
이용한 ISM 밴드 운용 가능성 연구

기 여 율 1/1

주관기관 한국교통대학교

연구기간 2017.03.01 ~ 2020.02.28

공지예외적용 : 있음

---

명세서

청구범위

청구항 1

시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) OFDM데이터 심볼의 채널 추정값인 제i 채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 산출하는 단계;

상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 미만인 경우, 상기 제i 채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계; 및

상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우, 상기 제i 채널 추정값 및 상기 업데이트 매트릭스에 포함된 가중합을 이용하여 가중합된 제i 채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계;를 포함하며,

상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인지 판단하는 방법은,

하기 수학적식을 이용하고,

$$\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$$

여기서, m은  $-\beta$  이상  $\beta$  이하에 해당하는 자연수, k는 부반송파의 차수 및  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값을 의미하고, 상기 수학적식이 기준값 이상인지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제i 채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 산출하는 단계는,

시간과 주파수 영역에서 인접한 복수의 심볼들의 채널이 유사한 특성과 주파수축 상의 파일럿들을 함께 이용하여 채널 추정치를 산출하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 가중합은 하기 수학적식과 같고,

$$\frac{\sum_{m=-\beta}^{\beta} H_{CDP,i}(k+m) M_{up,i}(k+m) \omega_m}{\sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) \omega_m}$$

여기서  $H_{CDP,i}(k)$ 는 종래의 CDP 기법에 따른 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) 채널 추정값,  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값, 및 k는 부반송파의 차수를 의미하며,

상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우 (즉,

$$\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$$

을 만족할 경우), 상기 산출된 가중치 합으로 새로운 채널 추정값으로 결정하는 것을

특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법.

**청구항 5**

시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) OFDM 데이터 심볼의 채널 추정값인 제i 채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 결정하는 산출부;

상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인지 여부를 판단하는 판단부; 및

상기 판단부의 판단 결과에 따라, 새로운 채널 추정값을 결정하는 결정부;를 포함하며,

상기 판단부는,

하기 수학적식을 이용하고,

$$\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$$

여기서, m은  $-\beta$  이상  $\beta$  이하에 해당하는 자연수, k는 부반송파의 차수 및  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값을 의미하고, 상기 수학적식이 기준값 이상인지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

상기 산출부는,

시간과 주파수 영역에서 인접한 복수의 심볼들의 채널이 유사한 특성과 주파수 상의 파일럿들을 이용하여 채널 추정치를 산출하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

제 5항에 있어서,

상기 결정부에서 가중합은 하기 수학적식과 같고,

$$\frac{\sum_{m=-\beta}^{\beta} H_{CDP,i}(k+m) M_{up,i}(k+m) w_m}{\sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) w_m}$$

여기서  $H_{CDP,i}(k)$ 는 종래의 CDP 기법에 따른 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) 채널 추정값,  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값 및 k는 부반송파의 차수를 의미하며, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를

통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우 (즉,  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$  을 만족할 경우), 상기 산출된 가중치 합으로 새로운 채널 추정 값을 결정하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 이하 ‘OFDM’ 이라 함) 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 채널 추정 방법 및 이를 이용하는 시스템에 관한 것으로서, 더욱

[0001]

상세하게는 무선 통신 시스템에서 고속 이동 중에 신호를 전송하는 경우 전송 성능을 향상시킬 수 있는 업데이트 매트릭스를 이용한 시간 및 주파수 영역 채널 추정 방법 및 이를 이용하는 추정 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] IEEE 802.11은 흔히 무선랜, 와이파이(Wi-Fi)라고 부르는 무선 근거리 통신망(Local Area Network)을 위한 컴퓨터 무선 네트워크에 사용되는 기술로, IEEE의 LAN/MAN 표준 위원회 (IEEE 802)의 11번째 워킹 그룹에서 개발된 표준 기술을 의미한다.
- [0003] 802.11과 와이파이라는 용어가 번갈아 사용되기도 하지만 와이파이 얼라이언스는 "와이파이"라는 용어를 다른 집합의 표준으로 정의하고 있다.
- [0004] IEEE 802.11p는 차량 이동 환경에서의 무선 액세스(wireless access in vehicular environments, WAVE)를 추가한 IEEE 802.11 표준의 승인된 수정판이다.
- [0005] 최근 차량 및 정보통신의 발전으로 차세대 지능형 교통 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되면서 차량 간 네트워크를 구성하여 운전자에 안전성을 향상시킬 수 있는 V2X(Vehicle to Everything)의 중요성이 대두되고 있다.
- [0006] V2X는 자동차가 자율주행하기 위해 도로에 있는 다양한 요소와 소통하는 기술을 일컫는다. 전방 교통 상황과 차량 간 접근을 알리는 V2V(vehicle to vehicle) 통신, 신호등과 같은 교통 인프라와 소통하는 V2I(vehicle to infrastructure) 통신, 보행자 정보를 지원하는 V2P(vehicle to pedestrian) 통신 등으로 구성된다.
- [0007] 시속 100Km/h 이상의 고속도로 환경에서 차량 간 전송되는 데이터는 신뢰성이 있어야 하며, 이러한 교통 안전 서비스를 지원하기 위해서, WAVE통신의 물리 계층 및 매체접근제어 계층을 정의한 IEEE 802.11p가 표준화 되었다.
- [0008] 현재 IEEE 802.11p 표준을 변경하지 않고 시변 채널 변화를 추정하기 위한 채널 추정 기법들이 연구되었으며, 대표적으로 LS(Least Square) 기법, STA(Space-Time Averaging) 기법, CDP(Constructed Data Pilots) 기법, TRFI(Time domain Reliable test Frequency domain Interpolation) 기법들이 학술 논문으로 발표되었다.
- [0009] 도 6 내지 도 16는 종래의 기술의 문제점으로, 채널 환경, 변조 지수, SNR에 따라 각각 다른 성능을 나타내는 문제점이 있다. 예를 들어 STA와 CDP(TRFI)를 비교하면 낮은 SNR에서 STA가 우수하나 높은 SNR에서 CDP(TRFI)가 우수한 성능을 나타낸다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1637838호(등록일자 2016.07.01.)

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0011] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 적은 복잡도의 증가를 통하여 모든 SNR영역에서 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 기법의 우수한 성능을 나타내는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

- [0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의  $i$ 번째(여기서,  $i$ 는 1 이상의 자연수) OFDM 데이터 심볼의 채널 추정값인 제 $i$  채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 산출하는 단계, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 미만인 경우, 상기 제 $i$  채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계, 및 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우, 상기 제 $i$  채널 추정값 및 상기 업데이트 매트릭스에 포함된 가중합을 이용하여 가중합된 제 $i$  채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법이다.

- [0013] 제 $i$  채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 산출하는 단계는, 시간과 주파수 영역에서 인접한 복수의 심

볼들의 채널이 유사한 특성과 주파수축 상의 파일럿들을 함께 이용하여 채널 추정치를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인지 판단하는 방법은, 하기 수학적식을 이용하고,

[0015] 
$$\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$$

[0016] 여기서,  $m$ 은  $-\beta$  이상  $\beta$  이하에 해당하는 자연수,  $k$ 는 부반송파의 차수 및  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값을 의미하고, 상기 수학적식이 기준값 이상인지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법이다.

[0017] 상기 가중합은 하기 수학적식과 같고,

[0018] 
$$\frac{\sum_{m=-\beta}^{\beta} H_{CDP,i}(k+m) M_{up,i}(k+m) \omega_m}{\sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) \omega_m}$$

[0019] 여기서  $H_{CDP,i}(k)$ 는 종래의 CDP 기법에 따른  $i$ 번째(여기서,  $i$ 는 1 이상의 자연수) 채널 추정값,  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값, 및  $k$ 는 부반송파의 차수를 의미하며, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를

통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우 (즉,  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$  을 만족할 경우), 상기 산출된 가중치 합으로 새로운 채널 추정값으로 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명에 따르면, 시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의  $i$ 번째(여기서,  $i$ 는 1 이상의 자연수) OFDM 데이터 심볼의 채널 추정값인 제  $i$  채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 결정하는 산출부, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인지 여부를 판단하는 판단부 및 상기 판단부의 판단 결과에 따라, 새로운 채널 추정값으로 결정하는 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템이다.

[0021] 산출부는, 시간과 주파수 영역에서 인접한 복수의 심볼들의 채널이 유사한 특성과, 주파수 상의 파일럿들을 이용하여 채널 추정치를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 판단부는, 하기 수학적식을 이용하고,

[0023] 
$$\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$$

[0024] 여기서,  $m$ 은  $-\beta$  이상  $\beta$  이하에 해당하는 자연수,  $k$ 는 부반송파의 차수 및  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값을 의미하고, 상기 수학적식이 기준값 이상인지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템이다.

[0025] 또한 결정부에서 가중합은 하기 수학적식과 같고,

[0026] 
$$\frac{\sum_{m=-\beta}^{\beta} H_{CDP,i}(k+m) M_{up,i}(k+m) \omega_m}{\sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) \omega_m}$$

[0027] 여기서  $H_{CDP,i}(k)$ 는 종래의 CDP 기법에 따른  $i$ 번째(여기서,  $i$ 는 1 이상의 자연수) 채널 추정값,  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값 및  $k$ 는 부반송파의 차수를 의미하며, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신

피도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우 (즉,  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda$  을 만족할 경우), 상기 산출된 가중치 합으로 새로운 채널 추정 값으로 결정하는 시스템이다.

**발명의 효과**

- [0028] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 시간과 주파수 영역 채널 추정 방법을 제안함으로써 IEEE 802.11p 표준의 경우 프레임 구조를 변화시키지 않으면서, WAVE 장치의 성능을 개선시킬 수 있는 채널 추정 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0029] OFDM기반의 시스템에 적용 가능한 채널 추정 기법으로 IEEE 802.11p와 같이 채널 추정을 위한 파일럿 심벌의 개수가 적은 경우에 그 활용성이 크다.
- [0030] 또한 기존의 기법인 TRFI에 적용이 가능하며 이에 대한 성능 향상을 얻을 수 있다.
- [0031] 또한 디코딩 정보를 이용한 채널 추정 기법에 적용이 가능하며 이에 대한 성능 향상을 얻을 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0032] 도 1은 본 발명에 따른 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법의 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법을 이용한 시스템의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 시간 및 주파수 영역의 채널 추정기의 전체 구성도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 시간 및 주파수 영역의 채널 추정기의 전체 구성도이다.
- 도 5는 IEEE 802.11p WAVE 패킷 구조이다.
- 도 6은 IEEE 802.11p WAVE 주파수, 시간 영역에서의 패킷 구조이다.
- 도 7은 IEEE 802.11p WAVE 통신 송수신기의 구조이다.
- 도 8 내지 도 16은 Cohda channel 에서 새로운 채널추정기법의 성능비교 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0033] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필요한 부분을 중심으로 상세히 설명한다. 본 발명의 실시 예를 설명하면서, 본 발명이 속하는 기술 분야에 익히 알려졌고 본 발명과 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.
- [0034] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 동일한 명칭의 구성 요소에 대하여 도면에 따라 다른 참조부호를 부여할 수도 있으며, 서로 다른 도면임에도 동일한 참조부호를 부여할 수도 있다. 그러나 이와 같은 경우라 하더라도 해당 구성 요소가 실시 예에 따라 서로 다른 기능을 갖는다는 것을 의미하거나, 서로 다른 실시 예에서 동일한 기능을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니며, 각각의 구성 요소의 기능은 해당 실시 예에서의 각각의 구성 요소에 대한 설명에 기초하여 판단하여야 할 것이다.
- [0035] IEEE 802.11은 흔히 무선랜, 와이파이(Wi-Fi)라고 부르는 무선 근거리 통신망(Local Area Network)을 위한 컴퓨터 무선 네트워크에 사용되는 기술로, IEEE의 LAN/MAN 표준 위원회 (IEEE 802)의 11번째 워킹 그룹에서 개발된 표준 기술을 의미한다.
- [0036] 802.11과 와이파이라는 용어가 번갈아 사용되기도 하지만 와이파이 얼라이언스는 "와이파이"라는 용어를 다른 집합의 표준으로 정의하고 있다. 따라서 802.11과 와이파이는 동의어가 아니다.
- [0037] IEEE 802.11p는 차량 이동 환경에서의 무선 액세스(wireless access in vehicular environments, WAVE)를 추가한 IEEE 802.11 표준의 승인된 수정판이다.
- [0038] 최근 차량 및 정보통신의 발전으로 차세대 지능형 교통 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되면서 차량 간 네트

워크를 구성하여 운전자의 안정성을 향상시킬 수 있는 V2X(Vehicle to Everything)의 중요성이 대두되고 있다.

- [0039] V2X는 자동차가 자율주행하기 위해 도로에 있는 다양한 요소와 소통하는 기술을 일컫는다. 전방 교통 상황과 차량 간 접근을 알리는 V2V(vehicle to vehicle) 통신, 신호등과 같은 교통 인프라와 소통하는 V2I(vehicle to infrastructure) 통신, 보행자 정보를 지원하는 V2P(vehicle to pedestrian) 통신 등으로 구성된다.
- [0040] 시속 100Km/h 이상의 고속도로 환경에서 차량 간 전송되는 데이터는 신뢰성이 있어야 하며, 이러한 교통 안전 서비스를 지원하기 위해서, WAVE통신의 물리 계층 및 매체접근제어 계층을 정의한 IEEE 802.11p가 표준화 되었다.
- [0041] 현재 IEEE 802.11p 표준을 변경하지 않고 시변 채널 변화를 추정하기 위한 채널 추정 기법들이 연구되었으며, 대표적으로 LS(Least Square) 기법, STA(Space-Time Averaging) 기법, CDP(Constructed Data Pilots) 기법, TRFI(Time domain Reliable test Frequency domain Interpolation) 기법들이 학술 논문으로 발표되었다.
- [0042] 본 발명은 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 채널 추정 방법 및 이를 이용하는 시스템이다.
- [0043] OFDM은 고속의 송신 신호를 다수의 직교(Orthogonal)하는 협대역 반송파로 다중화시키는 변조 방식을 말한다.
- [0044] 여러 변조 방식에서는 각기 장단점이 있기 마련인데 OFDM의 큰 장점을 들자면 대역확산 기술을 들 수 있다. 그것은 정확한 주파수에서 일정 간격 떨어져 있는 많은 수의 반송파에 데이터를 분산 시킨다. 바로 이 간격이, 복조기가 자기 자신의 것이 아닌 다른 주파수를 참조하는 것을 방지하는 기술 내에서 "직교성(Orthogonal)"을 제공한다.
- [0045] 고속의 전송률을 갖는 데이터열을 낮은 전송률을 갖는 많은 수의 데이터열로 나누고, 이들을 다수의 부반송파를 사용하여 동시에 전송하는 것이다. 즉, OFDM은 데이터열을 여러 개의 부채널(Sub-channel)로 동시에 나란히 전송하는 다중 반송파 전송방식의 특별한 형태로 본다. 따라서 OFDM 기법은, 1개 채널의 고속의 원천 데이터열을 다중의 채널로 동시에 전송한다는 측면에서는 "다중화 기술"이며, 다중의 반송파에 분할하여 실어 전송한다는 측면에서는 일종의 "변조 기술"이다. 각 부반송파의 파형은 시간축 상으로는 직교(Orthogonal)하나, 주파수축 상에서는 겹치게(Overlap)된다.
- [0046] 본 발명은 OFDM 시스템에 적용이 가능하고, IEEE 802.11p와 같이 파일럿이 적은 경우에 그 활용성이 크다.
- [0047] 도 1은 본 발명에 따른 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법의 흐름도이다.
- [0048] 시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) OFDM 데이터 심볼의 채널 추정값인 제i 채널 추정값(S110) 및 업데이트 매트릭스(S120)를 산출하는 단계(S100), 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 미만인 경우(S200의 아니오), 상기 제i 채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계(S400) 및 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인 경우(S200의 예), 상기 제i 추정값 및 상기 업데이트 매트릭스에 포함된 가중합을 이용하여 가중합된 제i 채널 추정값을 새로운 채널 추정값으로 결정하는 단계(S300)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법이다.
- [0049] 데이터 심볼의 채널 추정값인 제i 채널 추정값(S110) 및 업데이트 매트릭스(S120)를 산출하는 단계는, 시간과 주파수 영역에서 인접한 복수의 심볼들의 채널이 유사한 특성과 주파수축 상의 파일럿들을 함께 이용하여 채널 추정치를 산출하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법이다.
- [0050] 도 3은 본 발명에 따른 시간 및 주파수 영역의 채널 추정기의 전체 구성도이다.
- [0051] 본 발명에서는 각 패킷의 롱 트레이닝 심볼(Long training symbols)등으로부터 초기 채널 추정치  $H_0(k)$ 를 얻을 수 있으며 이를 이용하여 패킷에 포함되어 있는 모든 데이터 심볼을 복구할 수 있는 OFDM 시스템을 다룬다.
- [0052] 초기 채널 추정 값  $H_0(k)$  혹은 과거 시간의 채널 추정 값  $H_{i-1}(k)$ 를 이용해 수신 신호를 다음과 같이 등화한다.

**수학식 1**

$$\hat{T}_i(k) = \frac{R_i(k)}{H_{i-1}(k)}$$

[0053]

[0054] 상기 수학식 1에서  $R_i(k)$ 는 패킷내 수신된 모든 데이터 심볼을 의미하고,  $H_{i-1}(k)$ 는  $i-1$ 번째(여기서,  $i$ 는 1이상 의 자연수를 의미함) 채널 추정값을,  $\hat{T}_i(k)$ 는 복구된  $i$ 번째 송신 데이터 심볼을 의미한다.

**수학식 2**

$$\hat{X}_i(k) = D(\hat{T}_i(k))$$

[0055]

[0056] 상기 수학식 2에서  $\hat{X}_i(k)$ 는 등화된 신호  $\hat{T}_i(k)$ 를 해당하는 변조 방식으로 디매핑하는 연산(D(x))을 수행한 변수 로 디매핑된 변조 심볼을 의미하며 하기 수학식 3에서 사용되는 데이터 파일럿으로 간주될 수 있다.

**수학식 3**

$$\hat{H}_i(k) = \frac{R_i(k)}{\hat{X}_i(k)}$$

[0057]

[0058] 상기 수학식 3과 같이 LS 채널 추정 기법을 이용하여 업데이트된  $i$ 번째 채널 추정 후보값  $\hat{H}_i(k)$ 을 구한다.

[0059] 종래의 CDP 기법과 같이 수학식 3의 채널 추정 후보값( $\hat{H}_i(k)$ )에 대한 신뢰도 테스트를 연속된 OFDM 심볼의 시간 영역의 높은 상관 특성을 이용하여 수행한다.

[0060] 상기 채널 추정 후보값( $\hat{H}_i(k)$ )과 이전 시간 심볼인  $i-1$ 번째 채널 추정값( $H_{i-1}(k)$ )을 이용하여 패킷내  $i-1$ 번째 수신 데이터 심볼( $R_{i-1}(k)$ )을 등화(Equalization)한다(수학식 4 및 수학식 5). 그리고  $\hat{S}'_{i-1}(k)$ 와  $\hat{S}''_{i-1}(k)$ 는 디매핑 연산(D(x))을 통해  $\hat{X}'_{i-1}(k)$ 와  $\hat{X}''_{i-1}(k)$ 로 디매핑 된다(수학식 6 및 수학식 7).

**수학식 4**

$$\hat{S}'_{i-1}(k) = \frac{R_{i-1}(k)}{\hat{H}_i(k)}$$

[0061]

**수학식 5**

$$\hat{S}''_{i-1}(k) = \frac{R_{i-1}(k)}{H_{i-1}(k)}$$

[0062]

**수학식 6**

[0063]

$$\tilde{X}'_{i-1}(k) = D(\tilde{S}'_{i-1}(k))$$

수학식 7

$$\tilde{X}''_{i-1}(k) = D(\tilde{S}''_{i-1}(k))$$

시간 영역에서 인접한 두 개의 데이터 심볼이 갖는 높은 상관 관계를 이용하여 다음과 같은 비교 과정을 거쳐  $i$  번째 수신 심볼의 채널 추정 값(수학식 8)과 업데이트 매트릭스 값(수학식 9)을 결정할 수 있다.

수학식 8

$$H_{CDP,i}(k) = \begin{cases} \tilde{H}_i(k) & \text{if } (k \equiv \text{pilot}) \parallel (\tilde{X}'_{i-1}(k) \equiv \tilde{X}''_{i-1}(k)) \\ H_{i-1}(k) & \text{else} \end{cases}$$

수학식 9

$$M_{up,i}(k) = \begin{cases} 1 & \text{if } (k \equiv \text{pilot}) \parallel (\tilde{X}'_{i-1}(k) \equiv \tilde{X}''_{i-1}(k)) \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$\tilde{X}'_{i-1}(k) \equiv \tilde{X}''_{i-1}(k)$ 의 경우, 현재 채널 추정 후보값  $\tilde{H}_i(k)$ 가 신뢰할만하기 때문에  $H_{CDP,i}(k) = \tilde{H}_i(k)$ 가 되며,  $\tilde{X}'_{i-1}(k) \neq \tilde{X}''_{i-1}(k)$ 의 경우,  $k$ 번째 반송파의 채널 추정 후보값  $\tilde{H}_i(k)$ 가 부정확함을 의미한다. 따라서 상대적으로 이전 시간의 채널 추정 값이 신뢰할만한 채널 추정 값이라 판단하여  $H_{CDP,i}(k) = H_{i-1}(k)$ 가 된다.

또한 수학식 8과 9에서 ' $k \equiv \text{pilot}$ '는  $k$ 번째 부반송파가 송수신기가 서로 알고 있는 파일럿 심볼임을 의미하고 이 경우 파일럿 심볼을 이용한 채널 추정 값을 신뢰할 수 있으므로  $H_{CDP,i}(k) = H_{i-1}(k)$ 가 된다.

동일한 조건으로 업데이트 매트릭스 값이 결정되며  $M_{up,i}(k) = 1$ 은  $k$ 번째 부반송파의 채널 추정값이 이전 시간의 추정 값과 다르게 새로운 값으로 업데이트 되었다는 것을 의미한다.

총래의 CDP 기법은 수학식 8에서 끝나게 된다.

다만 총래의 CDP 기법에서는 ' $k \equiv \text{pilot}$ '의 조건을 사용하지 않는다. 즉, 파일럿 심볼을 사용하지 않는다.

본 발명에서 제안하고자 하는 방법은 하기 수학식 10과 같이 수학식 9의 업데이트 매트릭스 값을 이용하여 주파수 영역에서 가중치 합을 통해 새로운 채널 추정값을 얻는다.

수학식 10

$$H_i(k) = \begin{cases} \frac{\sum_{m=-\beta}^{\beta} H_{CDP,i}(k+m) M_{up,i}(k+m) \omega_m}{\sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) \omega_m} & \text{if } \sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) \geq \Lambda \\ H_{i-1}(k) & \text{else} \end{cases}$$

업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상인지 판단하는 방법은, 상기 수

학식 10의 조건식에 해당하는  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq N$  를 이용하고, 여기서, m은  $-\beta$  이상  $\beta$ 이하에 해당하는 자연수, k는 부반송파의 차수,  $w_m$ 은 주파수 축 가중치, 및  $M_{up,i}(k)$ 는 수학식 9의 업데이트 매트릭스 값을 의미하고, 기준값 N 이상인지 여부를 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0076] 여기서 본 발명의 일 실시 예에서는  $\beta = 1$ ,  $[w_{-1}, w_0, w_1] = [0.5, 1, 0.5]$  및  $N=2$ 로 설정되어 있다. 다만 이는 사용자가 채널 환경에 따라 다른 값으로 설정할 수 있다.

[0077] 또한 본 발명의 일 실시 예  $\beta = 0$ ,  $[w_0] = [1]$  및  $N=1$ 는 종래의 CDP 방법과 동일하다. 그러므로 수학식 10의 본 발명은 종래의 CDP 기법을 포함하는 일반화된 기법이라 할 수 있다.

$$\frac{\sum_{m=-\beta}^{\beta} H_{CDP,i}(k+m) M_{up,i}(k+m) w_m}{\sum_{m=-\beta}^{\beta} M_{up,i}(k+m) w_m}$$

[0078] 또한 가중합은 상기 수학식 10에서 로, 여기서  $H_{CDP,i}(k)$ 는 종래의 CDP 기법에 따른 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) 채널 추정값,  $M_{up,i}(k)$ 는 업데이트 매트릭스 값 및 k는 부반송파의 차수를 의미하며, 상기 업데이트 매트릭스의 벡터들 중 신뢰도 테스트를 통과한 값의 합이 기준값 이상

인 경우 (즉,  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq N$  을 만족할 경우), 상기 산출된 가중치 합으로 새로운 채널 추정값으로 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0079] 보다 상세히 살펴보면 주파수 축 인접한 부반송파들 간의 상관관계를 이용하여  $H_i(k)$ 를 구한다(수학식 10). 수

학식 10에서  $\beta = 1$  이고  $N=2$ 인 경우, 조건  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq 2$  를 만족할 때에만 k번째 채널 추정값인  $H_{CDP,i}(k)$ 와 주파수 도메인에서 인접한 두 개의 채널 추정 값의 가중치를  $w_{-1}$ 과  $w_1$ 을 고려하여  $H_i(k)$ 를 결정한다.

반면에  $\sum_{m=-\beta}^{m=\beta} M_{up,i}(k+m) \geq 2$  를 만족하지 않는 경우는 주파수축 상에 새롭게 업데이트된 채널 추정값이 없다고 판단하여 과거에 추정된 채널값  $H_{i-1}(k)$ 를 사용한다.

[0080] 도 5는 IEEE 802.11p WAVE 패킷 구조이다.

[0081] 도 2는 본 발명에 따른 OFDM 시스템에서의 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 방법을 이용한 시스템의 구성도이다.

[0082] 각각의 구성을 살펴보면, 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템에 관한 것으로, 시간 영역에서 인접한 복수의 데이터 심볼의 상관관계를 이용한 신뢰도 테스트를 이용하여 패킷 내의 i번째(여기서, i는 1 이상의 자연수) OFDM 데이터 심볼의 채널 추정값인 제i 채널 추정값 및 업데이트 매트릭스를 결정하는 산출부, 상기 신뢰도 테스트를 통과한 상기 업데이트 매트릭스를 합산한 값이 기준값 이상에 해당하는지 여부를 판단하는 판단부 및 상기 판단부의 판단 결과에 따라, 새로운 채널 추정값으로 결정하는 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 시간 및 주파수 영역의 채널 추정 시스템이다.

[0083] 본 발명의 산출부(100)는, 시간과 주파수 영역에서 인접한 복수의 심볼들의 채널이 유사한 특성과 주파수축 상의 파일럿들을 함께 이용하여 채널 추정치를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0084] 본 발명에 따른 채널 추정 방법은 시간과 주파수 도메인에서 인접한 두 개의 심볼들의 채널이 비슷하다는 특성을과 주파수축 상의 파일럿들을 함께 이용하여 보다 정확한 채널 추정치를 활용할 수 있기 때문에 기존의 CDP 채널 추정 기법보다 우수한 성능을 보인다. 또한 신뢰할 수 있는 데이터 파일럿의 채널 추정치들을 업데이트 매트릭스를 이용하여 가중 합을 구하는 기법을 이용한다.

[0085] 이를 이용하여 신뢰할 수 없는 데이터 파일럿에 대해 기존 채널 추정을 그대로 사용하는 CDP 보다 높은 성능을 보여준다.

[0086]

이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

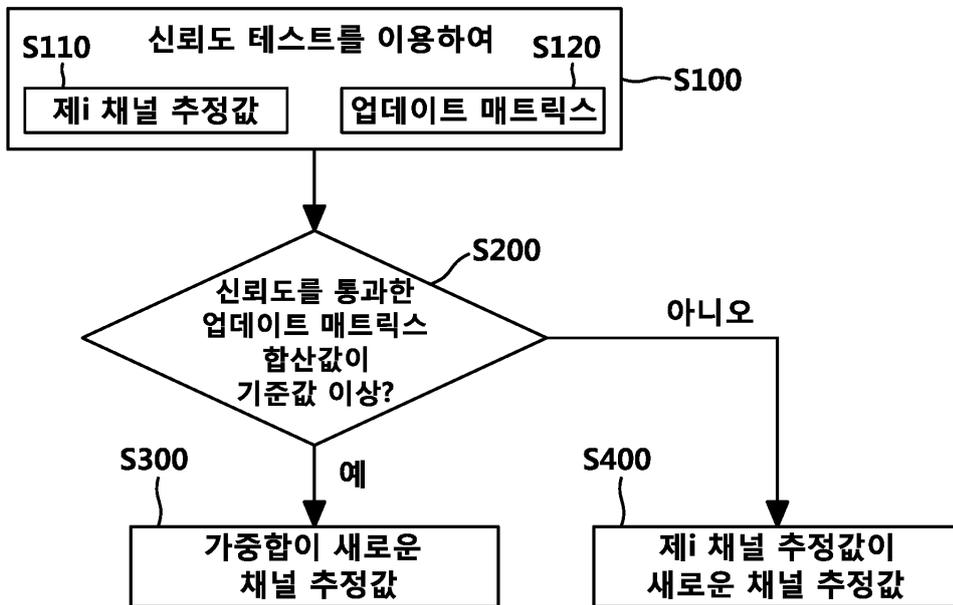
**부호의 설명**

[0087]

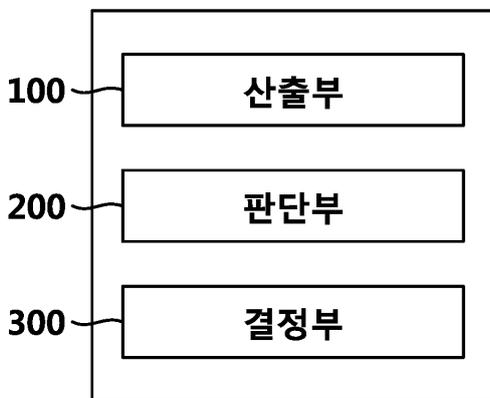
- 100: 산출부
- 200: 판단부
- 300: 결정부

**도면**

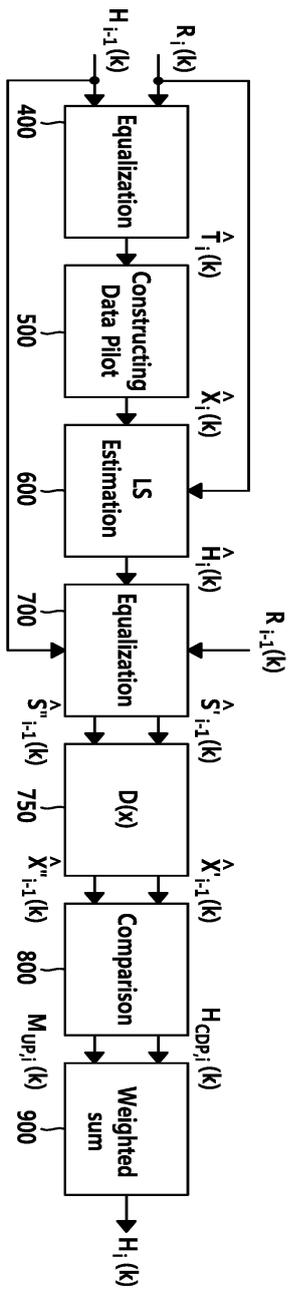
**도면1**



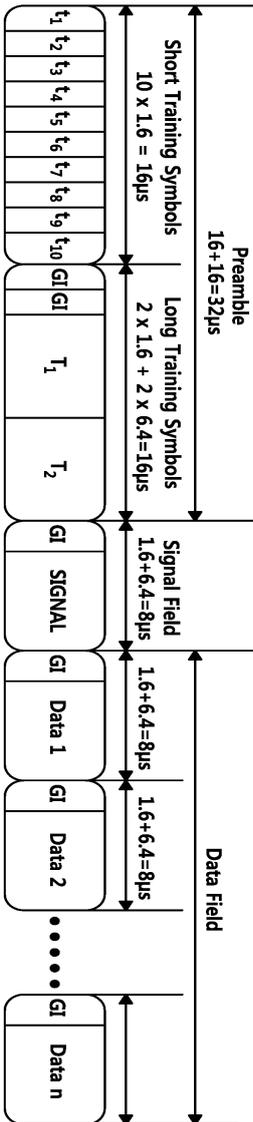
**도면2**



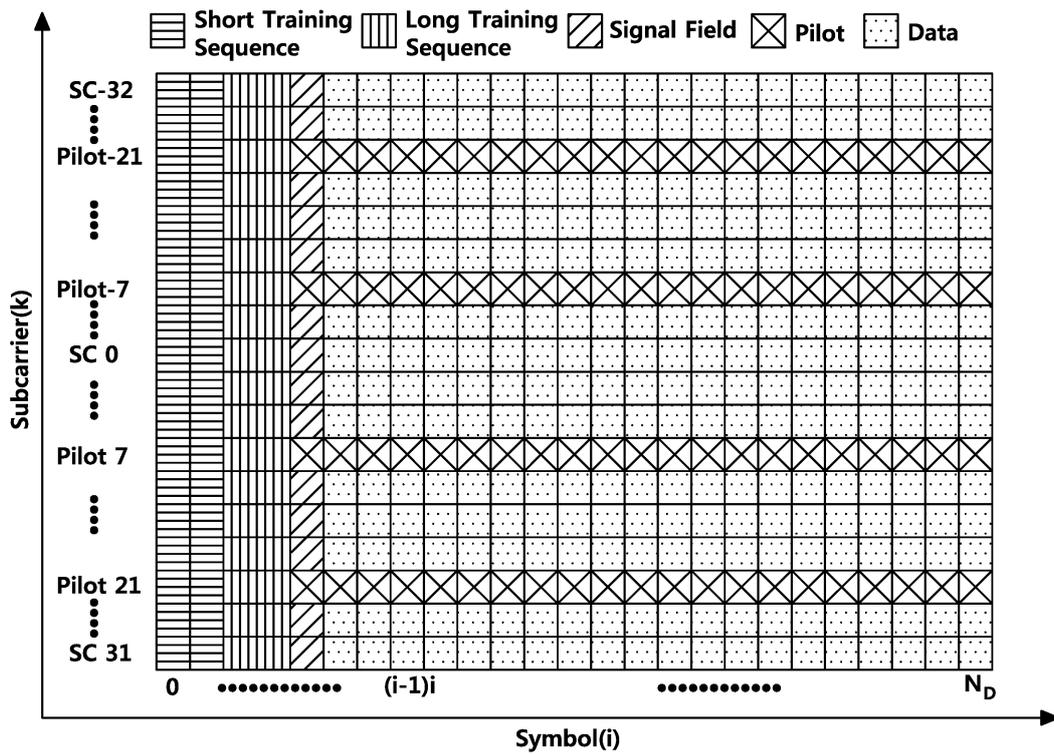
도면3



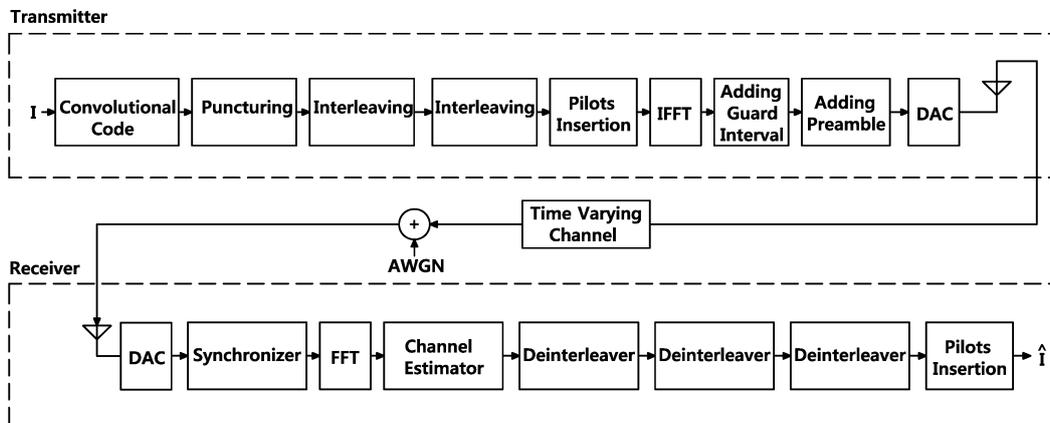
도면4



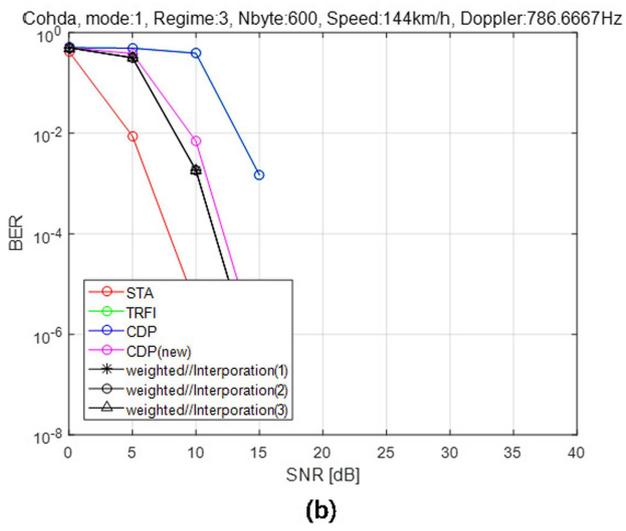
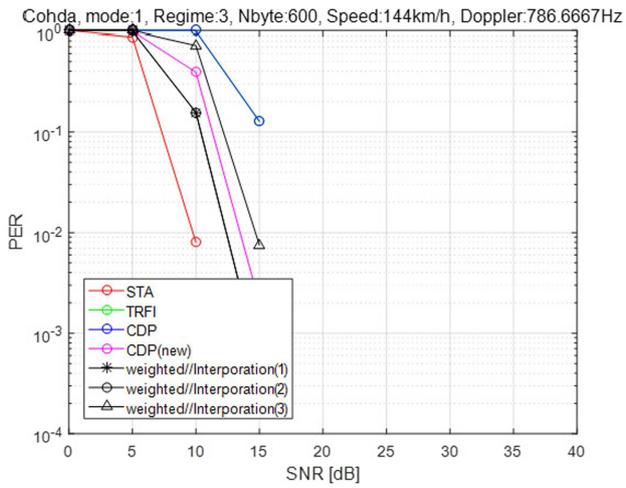
도면5



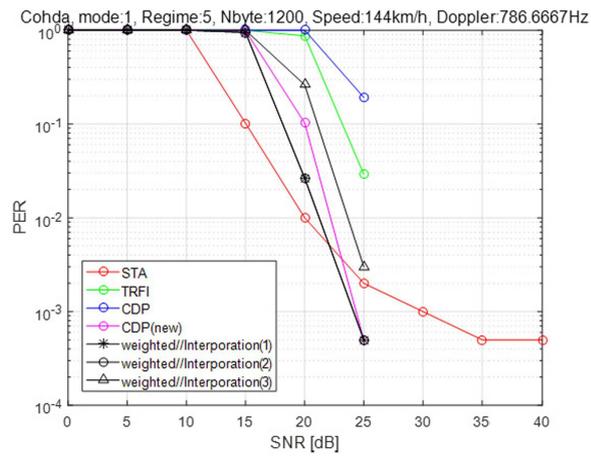
도면6



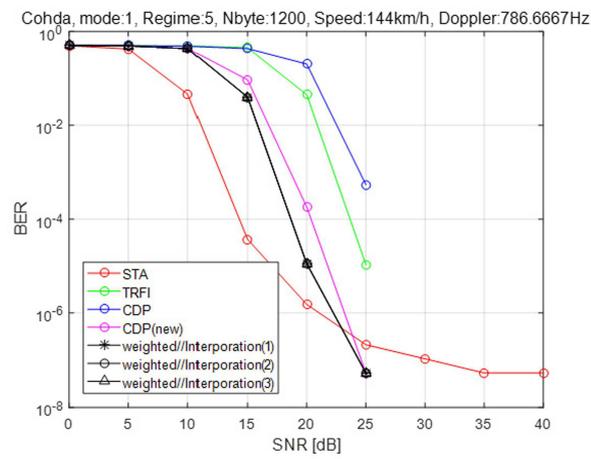
도면7



도면8

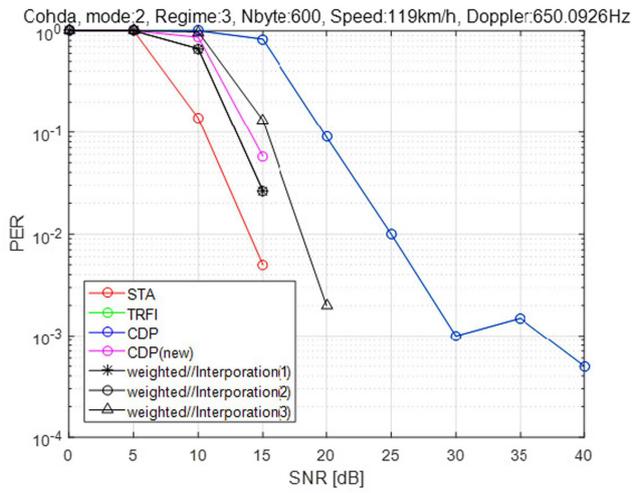


(a)

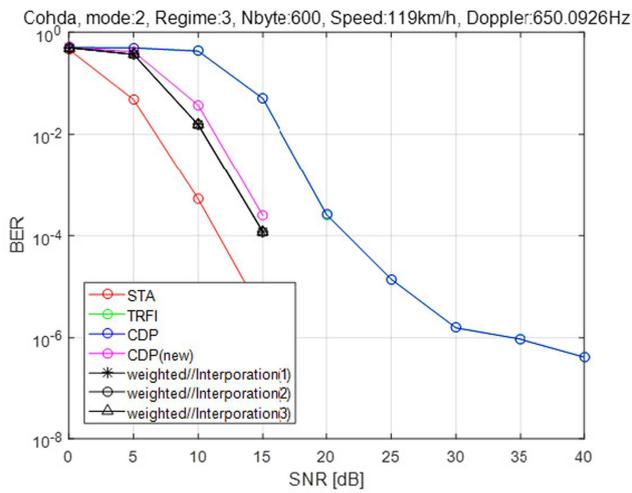


(b)

도면9

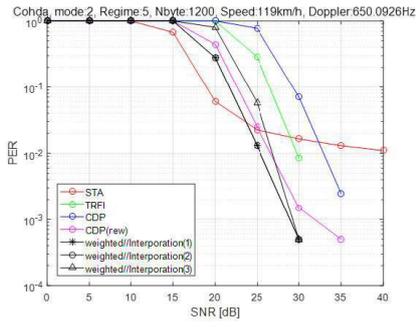


(a)

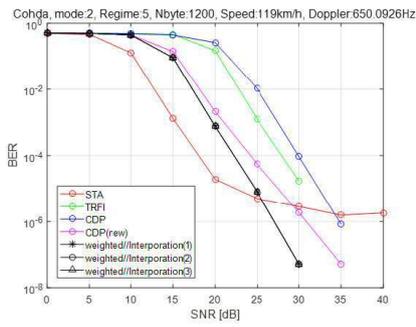


(b)

도면10

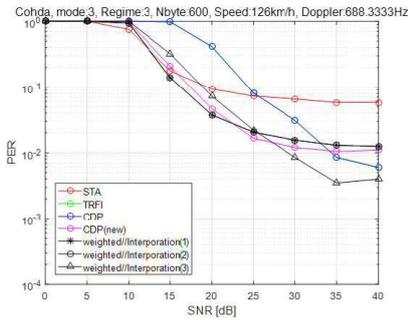


(a)

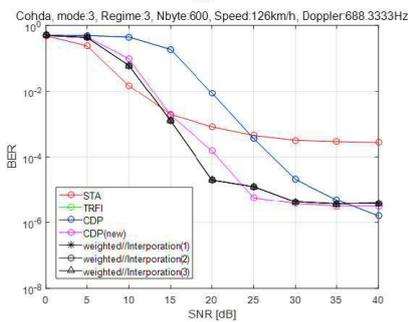


(b)

도면11

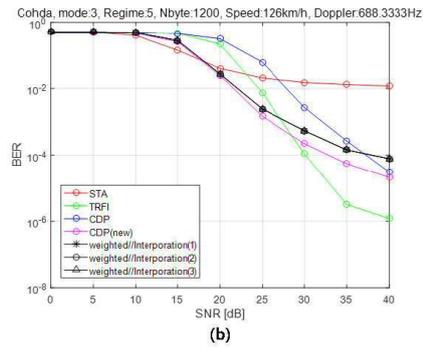
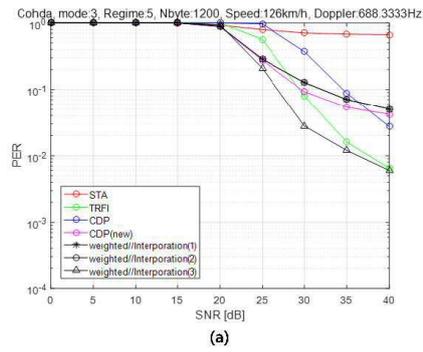


(a)

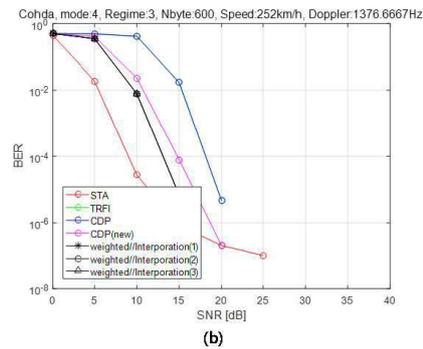
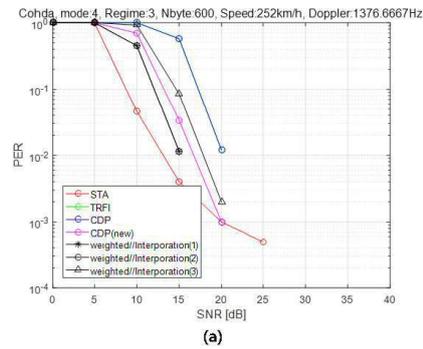


(b)

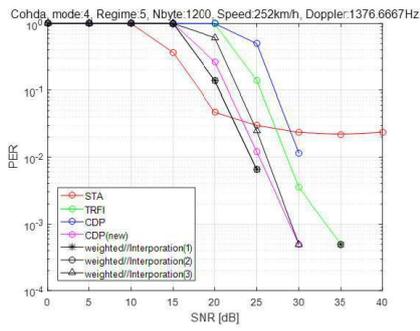
도면12



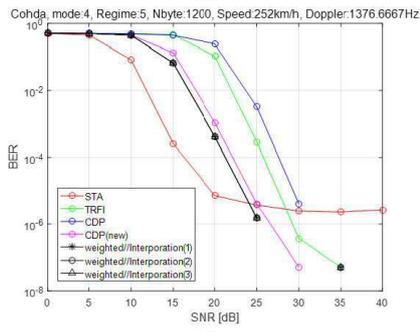
도면13



도면14

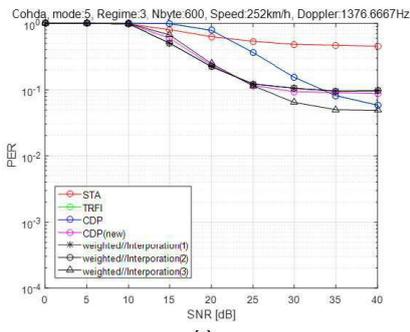


(a)

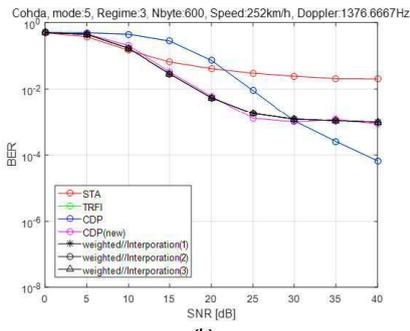


(b)

도면15

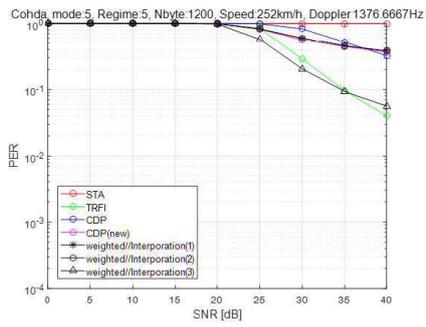


(a)

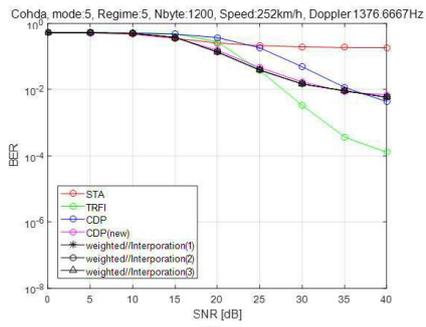


(b)

도면16



(a)



(b)