



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월15일  
(11) 등록번호 10-2156501  
(24) 등록일자 2020년09월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
HO4L 25/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
HO4L 25/0256 (2013.01)  
HO4L 25/0228 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0104685  
(22) 출원일자 2019년08월26일  
심사청구일자 2019년08월26일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020080054410 A  
KR1020180059133 A  
KR1020160073656 A

(73) 특허권자  
한국교통대학교산학협력단  
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50  
(72) 발명자  
고균병  
경기도 화성시 동탄반석로 41, 612동 1202호 (반송동, 나루마을신도브래뉴아파트)  
장동선  
충청남도 천안시 동남구 성남면 성남로 184  
(74) 대리인  
김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 황철규

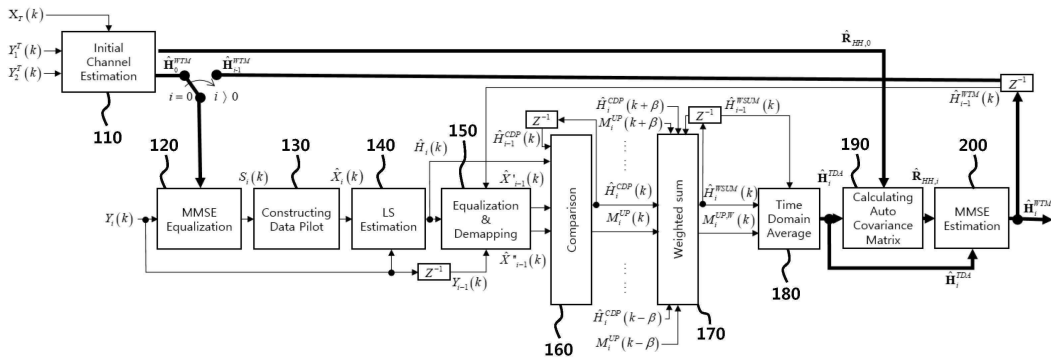
(54) 발명의 명칭 MMSE 기반으로 하는 채널추정장치

(57) 요약

본 발명은 MMSE 기반으로 하는 채널추정장치에 관한 것이다. 이러한 본 발명은 업데이트 매트릭스를 이용한 주파수 영역 채널추정방법 및 시간영역에서 평균을 이용하는 채널추정방법을 적용함과 아울러 최소 평균 제곱 오차를 이용함으로써, 고속 이동 중의 신호 전송 능력을 향상시키도록 하고 있다.

대표도 - 도3

100



(52) CPC특허분류  
*H04L 25/0242* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711050198
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	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
과제수행기관명	한국교통대학교
연구기간	2017.03.01 ~ 2020.02.28
공지예외적용	: 있음

---

명세서

청구범위

청구항 1

초기 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_0^{WTM}$  을 추정하는 초기 채널 추정부;

초기 MMSE 채널 추정 벡터값을 이용하여 데이터 심벌  $S_i(k)$  을 출력하는 MMSE 등화부;

상기 데이터 심벌  $S_i(k)$  을 디맵핑하여 데이터 파일럿  $\hat{X}_i(k)$  을 제공하는 데이터 파일럿 생성부;

상기 데이터 파일럿  $\hat{X}_i(k)$  과 수신신호  $Y_i(k)$  에 의해 LS 방법에 의한 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$  을 제공하는 현재 채널값 추정부;

이전 시간의 수신신호  $Y_{i-1}(k)$  를 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$  으로 등화하여 현재 및 이전 채널 추정값에 대한 데이터 심벌  $S'_{i-1}(k)$  을 구하고, 상기 현재 및 이전 채널 추정값에 대한 데이터 심벌을 디맵핑하여 각각의 현재 채널에 대한 데이터 파일럿  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  및 이전 채널에 대한 데이터 파일럿  $\hat{X}''_{i-1}(k)$  을 구하는 등화/디맵핑부;

상기 현재 채널에 대한 데이터 파일럿과 이전 채널에 대한 데이터 파일럿을 비교하고, 비교결과 동일하면 ( $\hat{X}'_{i-1}(k) == \hat{X}''_{i-1}(k)$ ) 상기 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$  이 정확하게 추정되었다고 판단하여 최종 채널 추정 값  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$  에 업데이트하는 비교부;

상기 최종 채널 추정값  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$  의 주파수 영역에서 인접한 부반송파 채널들에 대하여 가중합을 수행하여 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$  을 출력하는 가중합 수행부;

상기 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$  을 TDA 방식으로 하여 TDA(Time Domain Averaging) 방식의 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$  을 출력하는 TDA부;

상기 TDA 방식의 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}$  과 이전 자기상관 행렬 값  $\hat{R}_{HH,i-1}$  을 이용하여 i번째 자기상관 행렬 값  $\hat{R}_{HH,i}$  을 출력하는 자기상관 행렬부;

상기 i번째 자기상관 행렬 값  $\hat{R}_{HH,i}$  으로 구한 MMSE 가중치  $W_i^{MMSE}$  와 TDA 방식의 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_i^{TDA}$  을 이용하여 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_i^{MMSE}$  을 추정하는 MMSE 추정부를 포함하여 구성되는 MMSE 기반으로 하는 채널 추정장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 TDA부는 가중합 방식의 업데이트 매트릭스가 1일 경우 ( $M_i^{UP,W}(k) == 1$ )에만 상기 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$  과 이전 시간의 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)$  의 평균을 구하여 채널을 추정하는 MMSE 기반으로 하는 채널 추정장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 TDA부는 가중합 방식의 업데이트 매트릭스가 1이 아니면 상기 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 을 사용하여 상기 TDA 방식의 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$ 을 하기 수학식으로 구하는 MMSE 기반으로 하는 채널 추정장치.

$$\hat{H}_i^{TDA}(k) = \begin{cases} \frac{\hat{H}_i^{WSUM}(k) + \hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)}{2} & , \text{if } k \in S_p \text{ or } M_i^{UP,W}(k) == 1 \\ \hat{H}_i^{WSUM}(k) & , \text{else} \end{cases}$$

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 i번째 자기상관 행렬 값을 하기 수학식에 의해 구하는 MMSE 기반으로 하는 채널 추정장치.

$$\hat{R}_{HH,i} = \frac{H_i^{TDA} H_i^{TDA} + (\hat{R}_{HH,i-1} \times i)}{i+1}$$

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 채널추정장치에 관한 것으로, 특히 업데이트 매트릭스를 이용한 주파수 영역 채널추정방법 및 시간영역에서 평균을 이용하는 채널추정방법을 적용함과 아울러 최소 평균 제곱 오차를 이용함으로써, 고속 이동 중의 신호 전송 능력을 향상시키는 MMSE 기반으로 하는 채널추정장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 차량 및 정보통신의 발전으로 차세대 지능형 교통 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되면서 차량 간 네트워크를 구성하여 운전자의 안정성을 향상시킬 수 있는 V2X(Vehicle to Everything)의 중요성이 대두되고 있다. 특히 시속 100km/h 이상의 고속도로 환경에서 차량 간 전송되는 데이터는 신뢰성과 함께 안정적인 통신이 필수적이다.

[0003] 이에 WAVE(Wireless Access for Vehicle Environment) 통신의 물리계층 및 매체접근 제어 계층을 정의한 IEEE 802.11p가 표준화되었다. 즉 WAVE 통신을 기반으로 운전자가 원하는 정보를 고속으로 송수신하기 위해서는 고정밀의 채널 추정이 반드시 수행되어야 하는 것이고, IEEE 802.11p의 물리계층에서 제안하는 채널추정방법이 이용되었다.

[0004] 기존에도 이러한 채널 추정을 위한 다양한 방안들이 제안된 바 있다. 그 중 STA(Spectral Temporal Averaging)를 이용한 채널 추정방법은 낮은 SNR(Signal to noise ratio)에서 가장 좋은 성능을 나타내는 반면 높은 SNR에서는 만족할만한 성능을 기대할 수 없다. 반대로 WSUM(Weighted Sum using Update Matrix) 채널 추정방법은 높은 SNR에서 가장 좋은 성능을 나타내지만 낮은 SNR에서는 상기 STA 채널추정방법보다 성능이 좋지 못하다.

[0005] 다른 방안으로 CDP(Constructed Data Pilots)나 MMSE(Minimum Mean Square Error) 채널 추정방법이 있지만 이러한 방안들 역시 상기한 방안들과 마찬가지로 채널환경이나 변조지수, SNR에 따라 각각 다른 성능을 나타내는 문제가 있다.

[0006] 따라서 상기한 채널추정방법들 대비 성능이 우수한 채널추정방법이 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 따라서 본 발명의 목적은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 기존의 채널 추정방법보다 모든 SNR 영역에서 우수한 성능을 제공하는 채널추정장치를 제공하는 것이다.

[0008] 즉 본 발명의 채널추정방안은, 낮은 SNR 및 높은 SNR에서의 성능 향상을 위하여 MMSE(Minimum Mean Square

Error) 채널 추정기법을 기반으로 하여 디맵핑 오차를 줄이고, 아울러 WSUM 및 TDA(Time Domain Averaging) 기법을 적용하여 주파수 영역과 시간 영역에서 인접한 채널들의 유사한 특성을 이용하여 채널 추정의 정확도를 향상시키는 것이라 할 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, WSUM(Weighted Sum using Update Matrix) 방식의 초기 채널 추정값과 초기 자기 상관행렬 값, 상기 초기 자기상관 행렬 값에 의한 MMSE(Minimum Mean Square Error) 가중치를 각각 구하고, 상기 WSUM 방식의 초기 채널 추정값과 상기 MMSE 가중치를 이용하여 초기 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_0^{WSUM}$  을 추정하는 초기 채널 추정부; 초기 MMSE 채널 추정 벡터값을 이용하여 데이터 심벌  $S_i(k)$ 을 출력하는 MMSE 등화부; 상기 데이터 심벌  $S_i(k)$  을 디맵핑하여 데이터 파일럿  $\hat{X}_i(k)$ 을 제공하는 데이터 파일럿 생성부; 상기 데이터 파일럿  $\hat{X}_i(k)$ 과 상기 수신신호에 의해 LS 방법에 의한 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 을 제공하는 현재 채널 추정부; 이전 시간의 수신신호  $Y_{i-1}(k)$ 를 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 으로 등화하여 현재 및 이전 채널 추정값에 대한 데이터 심벌  $S'_{i-1}(k)$ 을 구하고, 상기 현재 및 이전 채널 추정값에 대한 데이터 심벌을 디맵핑하여 각각의 현재 채널에 대한 데이터 파일럿  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  및 이전 채널에 대한 데이터 파일럿  $\hat{X}''_{i-1}(k)$ 을 구하는 등화/디맵핑부; 상기 현재 데이터 파일럿과 이전 데이터 파일럿을 비교하고, 비교결과 동일하면 ( $\hat{X}'_{i-1}(k) == \hat{X}''_{i-1}(k)$ ) 상기 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 이 정확하게 추정되었다고 판단하여 최종 채널 추정 값  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 에 업데이트하는 비교부; 상기 최종 채널 추정값  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 의 주파수 영역에서 인접한 부반송파 채널들에 대하여 가중합을 수행하여 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 을 출력하는 가중합 수행부; 상기 가중합 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 을 TDA 방식으로 하여 TDA(Time Domain Averaging) 방식의 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$ 을 출력하는 TDA부; 상기 TDA 방식의 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}$ 과 상기 초기 자기상관 행렬 값  $\hat{R}_{HH,i-1}$ 을 이용하여 i번째 자기상관 행렬 값  $\hat{R}_{HH,i}$ 을 출력하는 자기상관 행렬부; 상기 i번째 자기상관 행렬 값  $\hat{R}_{HH,i}$ 으로 구한 MMSE 가중치  $W_i^{MMSE}$ 와 TDA 방식의 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_i^{TDA}$ 을 이용하여 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_i^{MMSE}$ 을 추정하는 MMSE 추정부를 포함하여 구성되는 MMSE 기반으로 하는 채널 추정장치를 제공한다.

[0010] 상기 비교부는 상기 현재 채널 추정값이 송수신 상호간 약속된 파일럿 심벌의 위치이면, 상기 현재 채널 추정값이 정확하게 추정되었다고 판단하여 최종 채널 추정값에 업데이트한다.

[0011] 상기 비교부는 상기 현재 데이터 파일럿과 이전 데이터 파일럿을 비교하고, 비교결과 동일하지 않으면, 상기 최종 채널 추정값에 이전 채널 추정값을 할당한다.

[0012] 상기 가중합 수행부는 상기 가중합 채널 추정값을 하기 수학식으로 구한다.

[0013] 
$$\hat{H}_i^{WSUM}(k) = \begin{cases} \frac{\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} \hat{H}_i^{CDP}(k+\lambda) M_i^{UP}(k+\lambda) \omega_{\lambda}}{\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \omega_{\lambda}} & , \text{if } \sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N \\ \hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k) & , \text{else} \end{cases}$$

[0014] 여기서 상기  $\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N$  조건을 만족하는 경우에만 가중합 방식을 사용하여 채널을 추정하고, 만족하지 못하면 이전 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값을 사용하여 가중합 방식에 의한 채널 추정값을 구한다.

[0015] 상기 TDA부는 가중합 방식의 업데이트 매트릭스가 1일 경우에만 상기 가중합 채널 추정값과 이전 시간의 가중합 채널 추정값의 평균을 구하여 채널을 추정한다.

[0016] 상기 TDA부는 가중합 방식의 업데이트 매트릭스가 1이 아니면 상기 가중합 채널 추정값을 사용하여 상기 TDA 방

식의 채널 추정값을 구한다.

[0017] 상기 TDA 방식의 채널 추정값은 하기 수학식으로 구한다.

$$\hat{H}_i^{TDA}(k) = \begin{cases} \frac{\hat{H}_i^{WSUM}(k) + \hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)}{2}, & \text{if } k \in S_p \text{ or } M_i^{UP,W}(k) = 1 \\ \hat{H}_i^{WSUM}(k), & \text{else} \end{cases}$$

[0018]

[0019] 상기 i번째 자기상관 행렬 값은 하기 수학식에 의해 구한다.

$$\hat{R}_{HH,i} = \frac{H_i^{TDA} H_i^{TDA} + (\hat{R}_{HH,i-1} \times i)}{i+1}$$

[0020]

[0021] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 현재 채널 추정 값  $\hat{H}_i(k)$ 의 정확한 추정 여부에 따라 최종 채널 추정값  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 에 업데이트 하면서, 채널 추정 값의 업데이트를 업데이트 매트릭스  $M_i^{UP}(k)$ 에 업데이트하는 단계; 상기 최종 채널 추정값  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 의 주파수 영역에서 인접한 부반송파 채널들에 대한 가중합을 수행하는 단계; 상기 가중합 방식에서의 채널 추정값의 업데이트 여부를 업데이트 매트릭스  $M_i^{UP,W}(k)$ 에 업데이트하는 단계; 상기 업데이트 매트릭스 값  $M_i^{UP,W}(k)$ 이 1을 만족하면 시간영역에서 가중합 이후 생성된 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 과 이전 시간의 가중합 이후 생성된 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)$ 을 평균하여 채널을 추정하고, 1이 아니면 현재 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 을 사용하여 TDA 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$ 을 구하는 단계; MMSE에 따른 채널 추정을 위하여 상기 TDA 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$ 과 (i-1)번째 수신신호에서 계산된  $\hat{R}_{HH,i-1}$ 을 이용하여 자기상관행렬(Auto Covariance Matrix)  $\hat{R}_{HH,i}$ 를 구하는 단계; 상기  $\hat{R}_{HH,i}$ 를 이용하여 MMSE 가중치  $W_i^{MMSE}$ 를 구하는 단계; 및 상기  $W_i^{MMSE}$ 와  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$ 를 사용하여 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_i^{MMSE}$ 를 구하는 단계를 포함하는 채널 추정방법을 제공한다.

[0022] 상기 가중합 수행단계는, 부반송파 간의  $\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N$  조건을 만족한 경우 부반송파 간에 가중치를 가지는 가중합 방식을 사용하여 채널을 추정하고, 만족하지 못하면 이전 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)$ 을 사용하여 가중합 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 을 구한다.

[0023] 상기 TDA 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$ 는 하기 수학식에 의해 구한다.

$$\hat{H}_i^{TDA}(k) = \begin{cases} \frac{\hat{H}_i^{WSUM}(k) + \hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)}{2}, & \text{if } k \in S_p \text{ or } M_i^{UP,W}(k) = 1 \\ \hat{H}_i^{WSUM}(k), & \text{else} \end{cases}$$

[0024]

[0025] 상기 자기상관행렬(Auto Covariance Matrix)  $\hat{R}_{HH,i}$ 는 하기 수학식에 구한다.

$$\hat{R}_{HH,i} = \frac{H_i^{TDA} H_i^{TDA} + (\hat{R}_{HH,i-1} \times i)}{i+1}$$

[0026]

**발명의 효과**

[0027] 이상과 같은 본 발명의 MMSE 기반으로 하는 채널추정장치에 따르면, 시간과 주파수 영역 채널 추정 방법을 제안함으로써 IEEE 802.11p 표준의 프레임 구조를 변화시키지 않으면서 WAVE 장치의 성능을 개선시킬 수 있는 채널 추정 성능을 향상시킬 수 있다.

[0028] 그리고 OFDM 기반의 시스템에 적용 가능한 채널 추정 기법으로 IEEE 802.11p와 같이 채널 추정을 위한 파일럿 심벌의 개수가 적은 경우에 유용하게 적용할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명은 가중합을 구하는 기법과 시간영역에서 평균을 이용하는 기법을 적용하여 MMSE 채널 추정을 수행하고 있어 기존의 STA, CDP, MMSE, 그리고 WSUM 채널 추정 기법보다 성능이 향상되는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0030] 도 1은 IEEE 802.11p WAVE 패킷 구조
- 도 2a는 IEEE 802.11p WAVE 프레임 구조
- 도 2b는 IEEE 802.11p WAVE 송수신기 구조
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 MMSE 기반으로 하는 채널추정장치를 보인 구성도
- 도 4 내지 도 13은 Cohda channel에서 기존 채널추정방법과 본 발명의 채널추정방법의 성능을 비교한 그래프

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0031] 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.

[0032] 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 요소의 설명에 기초하여 판단하여야 할 것이다.

[0033] 본 발명은 IEEE 802.11p와 같이 채널추정을 위한 파일럿 심벌이 적은 경우에도 MMSE 기법을 적절하게 적용하여 기존의 채널추정방법들보다 성능이 향상된 새로운 방식의 채널추정방안을 제안하는 것이고, 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0034] 도 1은 IEEE 802.11p WAVE 패킷 구조, 도 2a는 IEEE 802.11p WAVE 프레임 구조, 도 2b는 IEEE 802.11p WAVE 송수신기 구조이다. 본 발명에서는 이러한 IEEE 802.11p 표준의 프레임 구조를 변화시키지 않으면서도 기존의 채널추정방법 대비 정확한 채널 추정이 가능한 채널 추정 성능을 제공할 수 있는 것이다.

[0035] 이를 위한 채널 추정장치(100)는 도 3에 도시한 바와 같이 초기 채널 추정부(Initial Channel Estimation)(110)가 구비된다. 초기 채널 추정부(110)의 초기 채널 추정값  $\hat{H}_0(k)$ 은 시간 영역에서 초기 수신신호인 롱 트레이닝 심벌로 구성된  $Y_1^T(k)$ ,  $Y_2^T(k)$ 와, 송수신 간 약속된 롱 트레이닝 심벌  $X_T(k)$ 을 사용하여 LS 채널 추정기법으로 하기 수학식 1과 같이 정의된다.

**수학식 1**

$$\hat{H}_0(k) = \frac{Y_1^T(k) + Y_2^T(k)}{2X_T(k)}, k \in (S_d \cup S_p)$$

[0036] .

[0037] 여기서,  $S_d$ 는 데이터 부반송파 인덱스를 원소로 하는 집합,  $S_p$ 는 파일럿 부반송파 인덱스를 원소로 하는 집합이

다.

[0038] IEEE 802.11p 표준에 대한 실시 예에서,  $S_a \cup S_p = \{-26, -25, \dots, -1, 1, 2, \dots, 25, 26\}$  이고, 상기  $S_p$  는  $\{-21, -7, 7, 21\}$ 이다.

[0039] 그리고 상기 초기 채널 추정값  $\hat{H}_0(k)$  에 대한  $i = 0$ 번째의 업데이트 매트릭스  $M_0^{UP}(k)$ 를 정확히 추정되었다는 판단하에 하기 수학적 식 2와 같이 '1'로 업데이트 한다.

**수학적 식 2**

[0040] 
$$M_0^{UP}(k) = 1, k \in (S_a \cup S_p)$$

[0041] 초기 채널 추정부(110)는 상기 초기 채널 추정값  $\hat{H}_0(k)$  과 업데이트 매트릭스  $M_0^{UP}(k)$ 를 사용하여 WSUM 방식의 초기 채널 추정값  $\hat{H}_0^{WSUM}(k)$  을 수학적 식 3과 같이 추정한다.

**수학적 식 3**

[0042] 
$$\hat{H}_0^{WSUM}(k) = \frac{\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} \hat{H}_0(k+\lambda) M_0^{UP}(k+\lambda) \omega_{\lambda}}{\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_0^{UP}(k+\lambda) \omega_{\lambda}}$$

[0043] 여기서 본 실시 예는 WSUM을 기준으로 제안하는 채널 추정 기법을 설명하기 위하여 WSUM 채널 추정기법에서 가장 좋은 성능을 내는 가중합 기준(N=2)과 가중치  $[\omega_{-1}, \omega_0, \omega_1] = [0.5, 1, 0.5]$  를 고정으로 사용하고 주파수 영역에서 가중합을 취하기 위해 사용되는 인접한 부반송파의 수( $2\beta+1$ )와 관련하여 ( $\beta = 1$ )를 사용한다. 그러나 이러한 값들은 실시 예로서, 다른 값들이 얼마든지 적용될 수 있다.

[0044] 한편, 초기 채널 추정부(110)는 채널의 Auto Covariance Matrix에 대한 초기 추정값  $\hat{R}_{HH,0}$ 과 초기의 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_0^{WTM}$  을 제공해야 한다.

[0045] 상기  $\hat{R}_{HH,0}$ 은 상기 초기 채널 추정값  $\hat{H}_0^{WSUM}(k)$  을 사용하고, WSUM 채널 추정값의 벡터 값  $\hat{H}_0^{WSUM}$  을 사용하여 하기의 수학적 식 4와 같이 구할 수 있다. 여기서  $\hat{H}_0^{WSUM}(k)$  을 사용하는 이유는, 시간 영역에서  $i = 0$ 번째 즉, 가장 처음 시작하는 부분에서는 TDA 방식을 적용하기 위해 필요한 이전 시간 영역의 채널 추정값이 없기 때문이다. 따라서 현재 채널 추정 값이고 초기 채널 추정 값  $\hat{H}_0^{WSUM}(k)$  을 사용하는 것이고, 이때  $\hat{H}_0^{WSUM}(k)$  는 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_0^{TDA}$  이다( $\hat{H}_0^{TDA} = \hat{H}_0^{WSUM}$ ).

**수학적 식 4**

[0046] 
$$\hat{R}_{HH,0} = \hat{H}_0^{WSUM} (\hat{H}_0^{WSUM})^H$$

[0047] 여기서 상기 허미션  $(\cdot)^H$  을 사용한다.



[0048] 이렇게 구해진  $\hat{R}_{HH,0}$ 를 이용하여 초기의 MMSE 가중치  $W_0^{MMSE}$ 을 다음 수학적 식 5를 이용하여 구한다.

**수학적 식 5**

[0049] 
$$W_0^{MMSE} = \hat{R}_{HH,0} (\hat{R}_{HH,0} + \sigma^2 I)^{-1}$$

[0050] 여기서  $\sigma^2$ 는 AWGN의 전력을 말한다.

[0051] 그런 다음 상기 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_0^{TDA}$ 와  $W_0^{MMSE}$ 를 사용하여 초기의 MMSE 채널 추정 벡터값인  $\hat{H}_0^{WTM}$ 을 다음 수학적 식 6을 이용하여 구하게 된다.

**수학적 식 6**

[0052] 
$$\hat{H}_0^{WTM} = W_0^{MMSE} \hat{H}_0^{TDA}$$

[0053] 본 발명에 따르면 이와 같이 구해진  $\hat{H}_0^{WTM}$ 와  $\hat{R}_{HH,0}$ 를 이용하여 MMSE 채널 추정 벡터값인  $\hat{H}_i^{WTM}$ 을 추정할 수 있게 된다.

[0054] MMSE 채널 추정 벡터값인  $\hat{H}_i^{WTM}$ 의 추정을 위한 구성으로 i번째 OFDM 심벌과 k번째 부반송파 데이터 심벌에 대한 수신신호인  $Y_i(k)$ 를 이전 시간에 추정된 (i-1)번째 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WTM}(k)$ 를 사용하여 등화하고 데이터 심벌  $S_i(k)$ 를 출력하는 MMSE 등화부(MMS Equalization)(120)가 구비된다. MMSE 등화부(120)는 다음 수학적 식 7을 이용한다. 여기서 i가 1일 때는 초기 채널 추정값은  $\hat{H}_0^{WTM}(k)$ 을 사용한다.

**수학적 식 7**

[0055] 
$$S_i(k) = \frac{Y_i(k)}{\hat{H}_{i-1}^{WTM}(k)}, k \in (S_d \cup S_p)$$

[0056] 상기 데이터 심벌  $S_i(k)$ 를 사용하여 디맵핑  $D(\cdot)$ 을 통해 i번째 OFDM 심벌과 k번째 부반송파 데이터 심벌에 대한 데이터 파일럿  $\hat{X}_i(k)$ 을 구하는 데이터 파일럿 생성부(Constructing Data Pilot)(130)가 구비된다. 데이터 파일럿 생성부(130)는 하기 수학적 식 8을 이용하여  $\hat{X}_i(k)$ 을 구할 수 있으며, 이때 부반송파의 위치가 파일럿 심벌의 위치일 경우,

[0057] 즉  $k \in S_p$ 이면 송수신 간 약속된 파일럿 심벌  $X_i^P(k)$ 을 할당하게 된다.

수학식 8

$$\hat{X}_i(k) = \begin{cases} X_i^P(k) & , \text{if } k \in S_p \\ D(S_i(k)) & , \text{else} \end{cases}$$

[0058]

[0059] 데이터 파일럿 생성부(130)에는 채널값 추정부(LS Estimation)(140)가 연결된다. 채널값 추정부(140)는 데이터 파일럿  $\hat{X}_i(k)$  와 수신신호  $Y_i(k)$  를 이용하여 하기 수학식 9를 통해 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 를 구한다.

수학식 9

$$\hat{H}_i(k) = \frac{Y_i(k)}{\hat{X}_i(k)} , k \in (S_d \cup S_p)$$

[0060]

[0061] 상기 신뢰도 평가를 위한 데이터 파일럿을 만들기 위하여 현재 채널 추정값에 대한 데이터 심벌  $S'_{i-1}(k)$ 와 이전 채널 추정값에 대한 데이터 심벌  $S''_{i-1}(k)$ 를 만들고,  $S'_{i-1}(k)$  및  $S''_{i-1}(k)$ 를 변조방식에 따라 디맵핑하여  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  및  $\hat{X}''_{i-1}(k)$ 를 구하는 등화부/디맵핑부(Equalization & Demapping)(150)가 구비된다.

[0062] 여기서  $S'_{i-1}(k)$ 는 이전 시간의 수신신호  $Y_{i-1}(k)$ 를 현재 시간의 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 으로 등화하고,  $S''_{i-1}(k)$ 는 이전 시간의 수신신호  $Y_{i-1}(k)$ 를 이전 시간에 대한 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WTM}(k)$ 으로 등화하여 구하는데 식은 하기 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$S'_{i-1}(k) = \frac{Y_{i-1}(k)}{\hat{H}_i(k)} , k \in (S_d \cup S_p)$$

$$S''_{i-1}(k) = \frac{Y_{i-1}(k)}{\hat{H}_{i-1}^{WTM}(k)} , k \in (S_d \cup S_p)$$

[0063]

[0064] 또한, 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  및  $\hat{X}''_{i-1}(k)$ 는 하기 수학식 11을 통해 구할 수 있다. 이들 값은 상술한 바와 같이 상기  $S'_{i-1}(k)$  및  $S''_{i-1}(k)$ 를 변조방식에 따라 디맵핑하여 구한다.

수학식 11

$$\hat{X}'_{i-1}(k) = D(S'_{i-1}(k)) , k \in (S_d \cup S_p)$$

$$\hat{X}''_{i-1}(k) = D(S''_{i-1}(k)) , k \in (S_d \cup S_p)$$

[0065]

[0066] 다음에는 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  및  $\hat{X}''_{i-1}(k)$ 를 비교하는 비교부(Comparison)(160)가 구비된다. 비교부(160)는 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  및  $\hat{X}''_{i-1}(k)$ 의 비교결과에 따라 채널 추정값인  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 을 하기 수학식 12를 통해 구한다.

수학식 12

$$\hat{H}_i^{CDP}(k) = \begin{cases} \hat{H}_i(k) & , \text{if } k \in S_p \text{ or } \hat{X}'_{i-1}(k) == \hat{X}''_{i-1}(k) \\ \hat{H}_{i-1}^{CDP}(k) & , \text{else} \end{cases}$$

[0067]

[0068]

그리고 비교부(160)는 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  와  $\hat{X}''_{i-1}(k)$  가 동일한 경우 현재 시간영역에서의 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 이 정확하게 추정되었을 가능성이 높다고 판단하여 최종 채널 추정값인  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 에 업데이트한다. 또한 송수신 상호간 약속된 파일럿 심벌의 위치일 경우에도 업데이트 한다. 즉  $k \in S_p$ 인 경우에 파일럿 심벌을 사용하여 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 을 추정하였기 때문에, 그 추정된 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 이 정확하다고 판단하고 비교부(160)의 채널 추정값인  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 에 현재 채널 추정값  $\hat{H}_i(k)$ 을 업데이트하는 것이다.

[0069]

반면, 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  와  $\hat{X}''_{i-1}(k)$  가 동일하지 않으면, 이전 채널 추정값인  $\hat{H}_{i-1}^{CDP}(k)$ 가 더 정확하다고 판단하여 최종 채널 추정값인  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$ 에 이전 채널 추정값인  $\hat{H}_{i-1}^{CDP}(k)$ 을 할당한다.

[0070]

한편, 비교부(160)는 상기한 채널 추정값의 업데이트 여부를 업데이트 매트릭스  $M_i^{UP}(k)$ 에 업데이트 하여 제공한다. 업데이트는 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  와  $\hat{X}''_{i-1}(k)$  가 동일하거나 또는 송수신 간 약속된 파일럿 심벌의 위치일 경우 ( $k \in S_p$ )에는 업데이트 매트릭스  $M_i^{UP}(k)$ 를 '1'로 업데이트 하고, 이를 제외한 경우에는 '0'으로 업데이트 한다.

[0071]

상기 채널 추정값인  $\hat{H}_i^{CDP}(k)$  채널의 주파수 영역에서 인접한 부반송파 채널들에 대하여 가중합을 수행하는 가중합 수행부(170)가 구비된다.

[0072]

본 실시 예에 따르면 가중합 수행부(170)는 WSUM 채널 추정 기법을 이용하기 때문에, 가장 좋은 성능을 제공하는 가중합 기준(N=2)과 가중치  $[\omega_{-1}, \omega_0, \omega_1] = [0.5, 1, 0.5]$ 를 고정으로 사용하고 주파수 영역에서 가중합을 취하기 위해 사용되는 인접한 부반송파의 수와 관련된  $\beta=1$ 을 사용한다. 물론 이러한 값들은 실시 예로서, 다른 값들이 얼마든지 적용될 수 있을 것이다.

[0073]

가중합 수행부(170)는 아래 수학식 13을 통해 가중합 이후의 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$ 을 구한다.

수학식 13

$$\hat{H}_i^{WSUM}(k) = \begin{cases} \frac{\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} \hat{H}_i^{CDP}(k+\lambda) M_i^{UP}(k+\lambda) \omega_{\lambda}}{\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \omega_{\lambda}} & , \text{if } \sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N \\ \hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k) & , \text{else} \end{cases}$$

[0074]

[0075]

가중합 수행부(170)는 신뢰도가 높은 채널 추정값을 사용하기 위하여 인접한 부반송파 간의 특정 조건을 만족하면 부반송파 간에 가중치를 취하는 가중합 방식이 수행되는데, 상기 수학식 13을 참고하면, 가중합 수행부(170)는

$\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N$  을 만족할 경우에 가중합 방식을 사용하여 채널을 추정한다. 반면 상기 조건을 만족하

지 못하면 이전 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)$  을 사용하여 가중합 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$  을 구하게 된다.

[0076] 그리고 가중합 수행부(170)에서의 채널 추정값의 업데이트 여부는 업데이트 매트릭스  $M_i^{UP,W}(k)$  에 업데이트 한다. 이는 수학식 14와 같이 상기  $\hat{X}'_{i-1}(k)$  와  $\hat{X}''_{i-1}(k)$  가 동일하거나 또는 송수신 간 약속된 파일럿 심벌의 위치일 경우에는 업데이트 매트릭스  $M_i^{UP,W}(k)$  를 '1'로 업데이트 하고, 이를 제외한 경우에는 '0'으로 업데이트 한다.

**수학식 14**

$$M_i^{UP,W}(k) = \begin{cases} 1 & , \text{if } k \in S_p \text{ or } \hat{X}'_{i-1}(k) == \hat{X}''_{i-1}(k) \\ 0 & , \text{else} \end{cases}$$

[0077]

[0078] 다음에는 TDA 방식에 의해 채널을 추정하는 TDA(Time Domain Average)부(180)가 구비된다. TDA 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$  은 다음 수학식 15와 같다.

**수학식 15**

$$\hat{H}_i^{TDA}(k) = \begin{cases} \frac{\hat{H}_i^{WSUM}(k) + \hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)}{2} & , \text{if } k \in S_p \text{ or } M_i^{UP,W}(k) == 1 \\ \hat{H}_i^{WSUM}(k) & , \text{else} \end{cases}$$

[0079]

[0080] 수학식 15를 보면,  $M_i^{UP,W}(k) == 1$  이거나 송수신 간 약속된 파일럿 심벌의 위치일 경우에 TDA 방식을 사용하여 가중합 이후 생성된 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$  과 이전 시간의 가중합 이후 생성된 채널 추정값  $\hat{H}_{i-1}^{WSUM}(k)$  의 평균을 취하여 채널을 추정한다. 반면 상기 조건(  $k \in S_p \text{ or } M_i^{UP,W}(k) == 1$  )을 만족하지 못하면 현재 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{WSUM}(k)$  을 사용하여 TDA 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$  을 구하게 된다.

[0081] TDA부(180)에는 자기상관 행렬부(auto-covariance matrix)(190)가 연결된다. 상기 자기상관 행렬부(190)는 MMSE 채널 추정기법에서 필요로 하는 행렬이며, i번째 자기상관행렬  $\hat{R}_{HH,i}$  를 수학식 16을 통해 구한다.

**수학식 16**

$$\hat{R}_{HH,i} = \frac{H_i^{TDA} H_i^{TDA} + (\hat{R}_{HH,i-1} \times i)}{i+1}$$

[0082]

[0083] 즉 i번째 자기상관행렬  $\hat{R}_{HH,i}$  은 i번째 채널 추정 벡터  $\hat{H}_i^{TDA}$  와 (i-1)번째 수신신호에서 계산된 자기상관행렬  $\hat{R}_{HH,i-1}$  를 순차적 평균을 사용하여 구할 수 있다. 이때 i가 1이면 자기상관행렬은 초기의 자기상관행렬  $\hat{R}_{HH,0}$  을 사용한다.

[0084] 마지막으로 주파수 영역과 시간영역에서 인접한 채널들의 유사한 특성을 이용하여 채널 추정의 정확도를 향상시키도록 MMSE 추정부(MMSE Estimation)(200)가 구비된다.

[0085] 이를 위해 MMSE 추정부(200)는 먼저 MMSE 가중치  $W_i^{MMSE}$  를 하기 수학적 식 17을 이용하여 구한다. 수학적 식 17에서  $\sigma^2$  는 AWGN의 전력을 의미한다.

**수학적 식 17**

[0086] 
$$W_i^{MMSE} = \hat{R}_{HH,i} (\hat{R}_{HH,i} + \sigma^2 I)^{-1}$$

[0087] 그리고 MMSE 추정부(200)는 상기 MMSE 가중치  $W_i^{MMSE}$  와 상기 TDA 방식에 의한 채널 추정 벡터  $\hat{H}_i^{TDA}$  를 사용하여 하기 수학적 식 18을 이용하여 MMSE 채널 추정 벡터값  $\hat{H}_i^{WTM}$  을 계산한다.

**수학적 식 18**

[0088] 
$$\hat{H}_i^{WTM} = W_i^{MMSE} \hat{H}_i^{TDA}$$

[0089] 이러한 본 발명에 따른 채널추정장치는, 신뢰도가 높은 채널 추정값을 사용하기 위하여, 부반송파 간의  $\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N$  조건을 만족한 경우 부반송파 간에 가중치를 가지는 가중합 방식을 사용하여 채널을 추정하고, 또한 가중합 방식에 따른 업데이트 매트릭스 값  $M_i^{UP,W}(k)$  이 1을 만족하면 시간영역에서 가중합 이후 생성된 채널 추정값과 이전 시간의 가중합 이후 생성된 채널 추정값을 평균하여 채널을 추정함으로써, 노이즈의 영향을 줄이고 있다.

[0090] 여기서 상기  $\sum_{\lambda=-\beta}^{\beta} M_i^{UP}(k+\lambda) \geq N$  을 만족하지 못하면, 이전 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값을 사용하여 가중합 방식에 의한 채널 추정값을 구한다.

[0091] 그리고 상기  $M_i^{UP,W}(k)$  이 1이 아니면 현재 시간의 가중합 방식을 사용한 채널 추정값을 사용하여 TDA 방식에 의한 채널 추정값  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$  을 구하게 된다.

[0092] 또한, 본 발명은  $\hat{H}_i^{TDA}(k)$  와  $\hat{R}_{HH,i-1}$  를 이용하여 자기상관행렬(Auto Covariance Matrix)  $\hat{R}_{HH,i}$  를 구한다.

[0093] 이처럼 본 발명은 신뢰할 수 있는 데이터 파일럿의 채널 추정치들을 업데이트 매트릭스를 이용하여 가중 합을 구하는 기법에 시간영역에서의 평균을 이용하는 기법을 적용하여 향상된 MMSE 채널 추정 기법을 제안하고 있다.

[0094] 다음에는 이러한 본 발명의 채널추정방법과 기존 채널추정방법의 성능에 대해 비교 설명한다. 성능비교는, Cohda channel에서 다양한 LOS 채널 환경 및 변조방식, 차량 속도 등을 다르게 셋팅하면서 수행한 BER 및 PER의 모의실험결과이고, 이러한 성능 결과를 통해 본 발명의 채널추정장치가 기존의 STA, CDP, MMSE, 그리고 WSUM 채널 추정 기법보다 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있을 것이다.

[0095] 도 4는 Rural LOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 144km/h이고, QPSK, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과로서, 본 발명의 채널추정방법이 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 2.5dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있다. 이는 SNR 10dB에 만족할 만한 성능이다.

[0096] 도 5는 Rural LOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 144km/h이고, 16QAM, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과로서, 본 발명의 채널추정방법이 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시

PER 기준으로 약 3.5dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있다. 이는 SNR 17dB에 만족할 만한 성능이다.

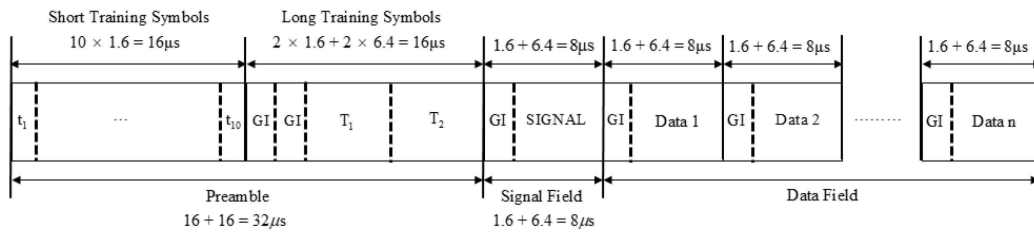
- [0097] 도 6은 Urban Approaching LOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 119km/h이고, QPSK, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과로서, 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 3dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있다. 이는 SNR 15dB에 만족할 만한 성능이다.
- [0098] 도 7은 Urban Approaching LOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 119km/h이고, 16QAM, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과로서, 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 2.5dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있다. 이는 SNR 22.5dB에 만족할 만한 성능이다.
- [0099] 도 8은 Street Crossing NLOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 126km/h이고, QPSK, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과이다. 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 2dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있고, SNR 30dB에서 가장 좋은 성능을 제공한다.
- [0100] 도 9는 Street Crossing NLOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 126km/h이고, 16QAM, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과이다. 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 4dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있고, SNR 30dB에서 가장 좋은 성능을 제공한다.
- [0101] 도 10은 Highway LOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 252km/h이고, QPSK, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과이다. 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 3dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있고, SNR 12.5dB에 만족할 만한 성능을 제공한다.
- [0102] 도 11은 Highway LOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 252km/h이고, 16QAM, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과이다. 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 4dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있고, SNR 20dB에 만족할 만한 성능을 제공한다.
- [0103] 도 12는 Highway NLOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 252km/h이고, QPSK, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과이고, 도 13은 Highway NLOS 채널 환경의 Cohda Wireless 채널에서 252km/h이고, 16QAM, 코드율 1/2일 때 제안 기법의 PER 및 BER 모의실험 결과이다. 이를 보면 가장 최근의 채널추정방법인 WSUM 기법과 비교 시 PER 기준으로 약 2.5dB 정도 성능이 좋아진 것을 확인할 수 있고, SNR 30dB까지에서 가장 좋은 성능을 제공한다.
- [0104] 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**

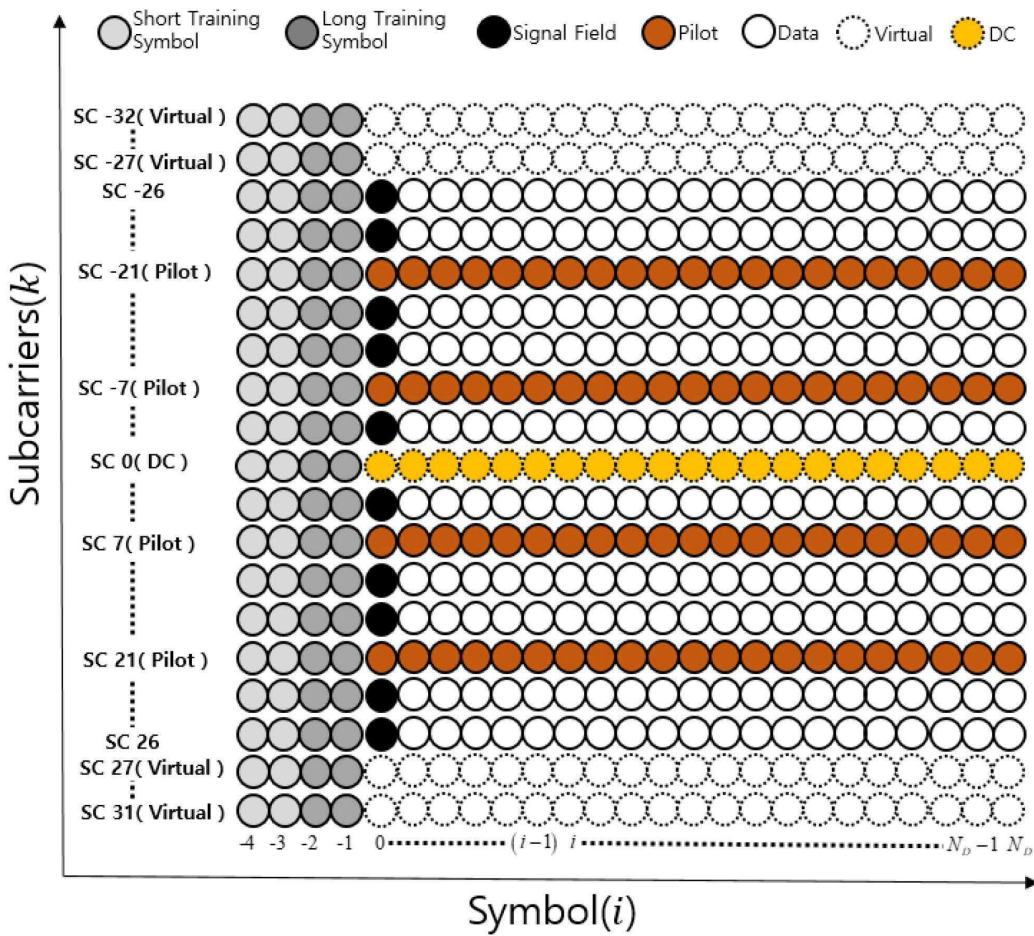
- [0105] 110: 초기 채널 추정부(Initial Channel Estimation)
- 120: MMSE 등화부
- 130: 데이터 파일럿 생성부
- 140: 채널값 추정부(LS Estimation)
- 150: 등화부/디맵핑부(Equalization & Demapping)
- 160: 비교부
- 170: 가중화부
- 180: TDA부
- 190: 자기상관 행렬부(auto-covariance matrix)
- 200: MMSE 추정부

도면

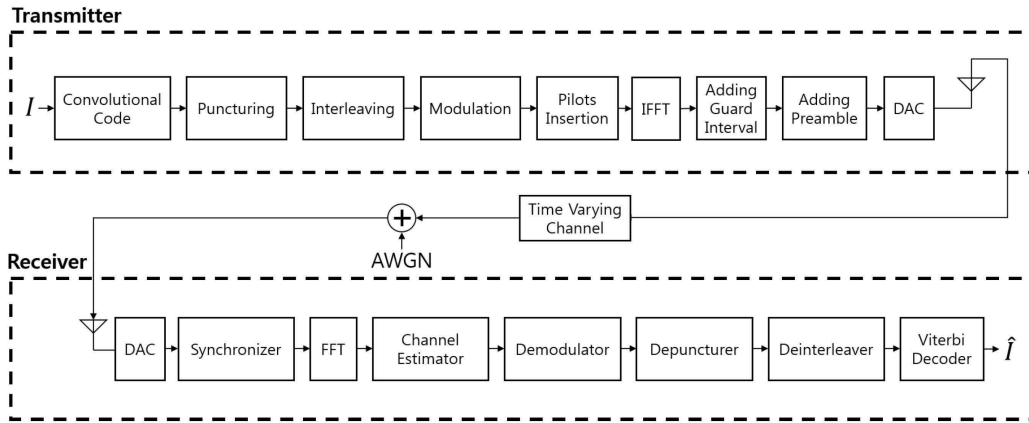
도면1



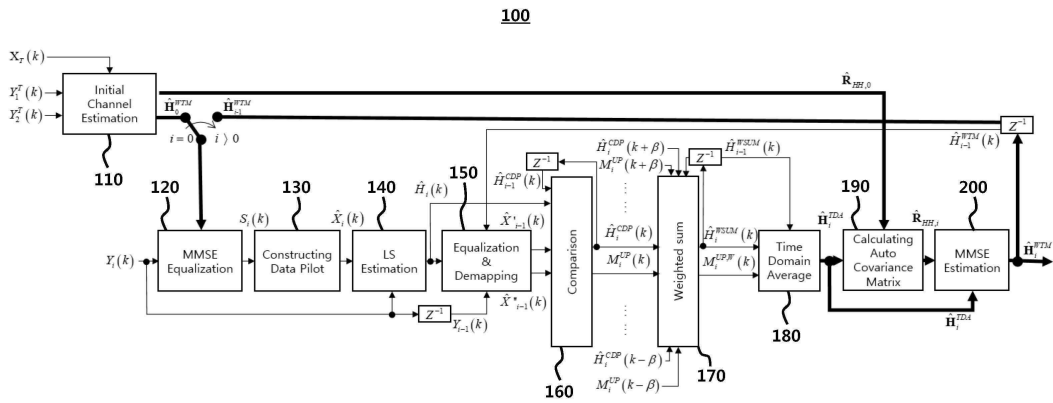
도면2a



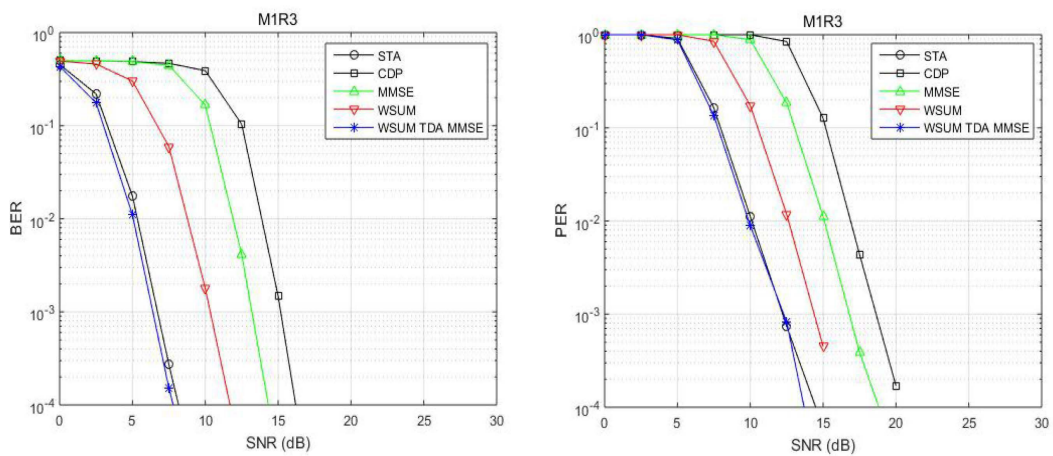
도면2b



도면3

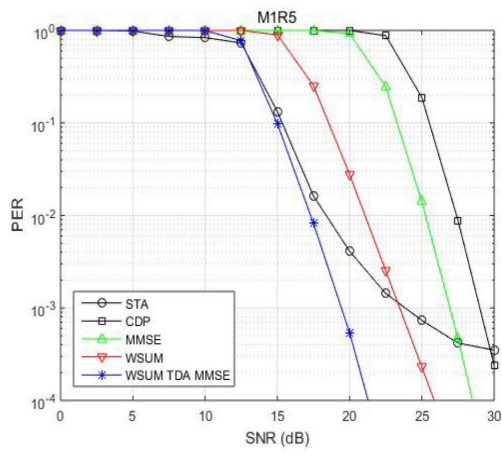
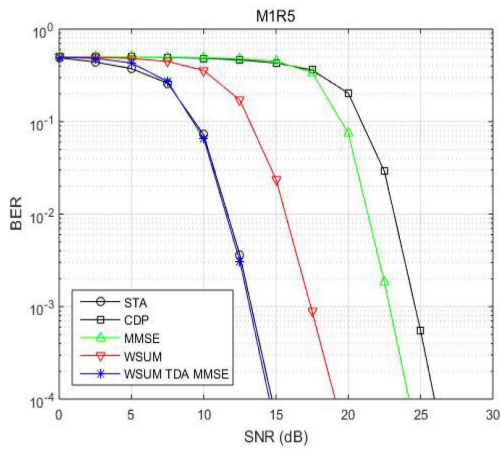


도면4

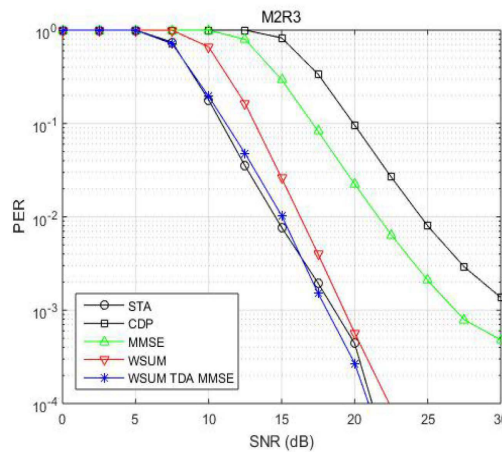
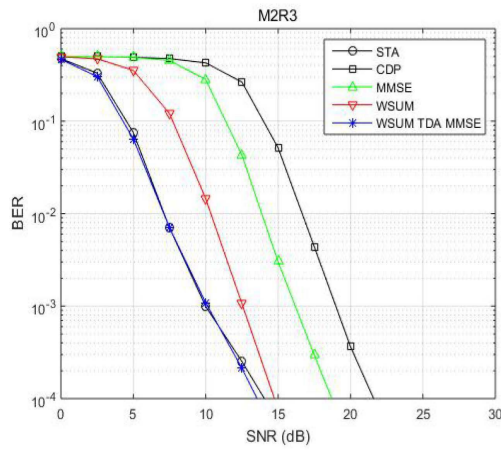




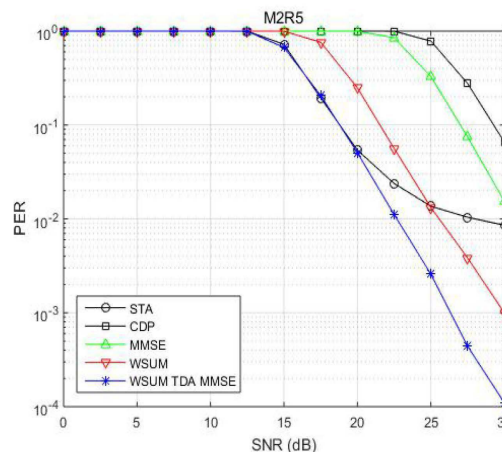
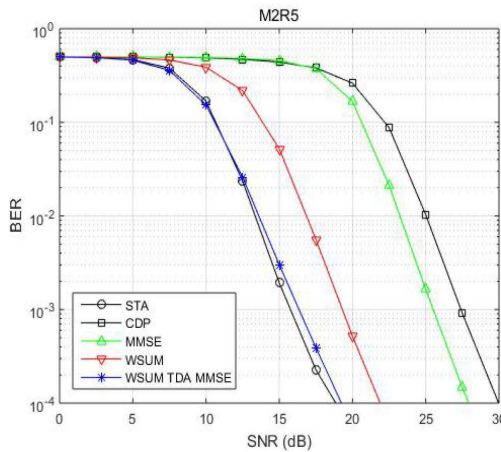
도면5



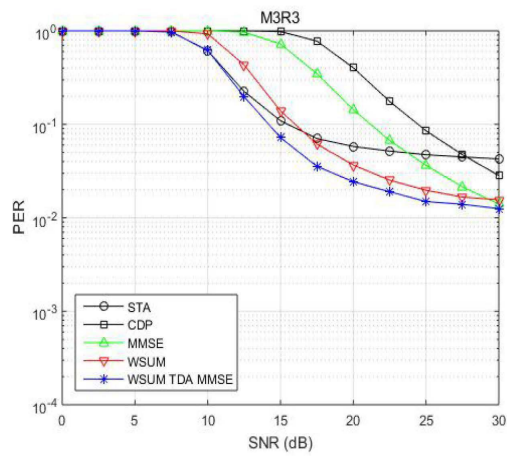
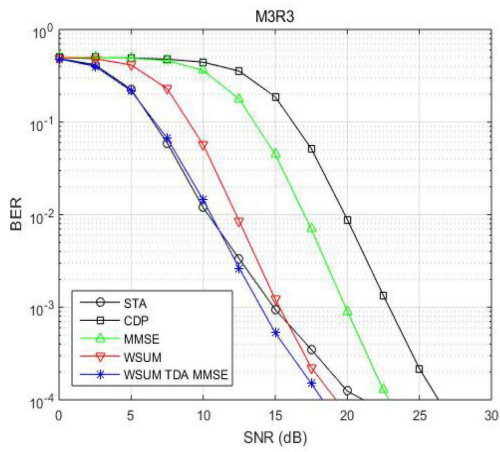
도면6



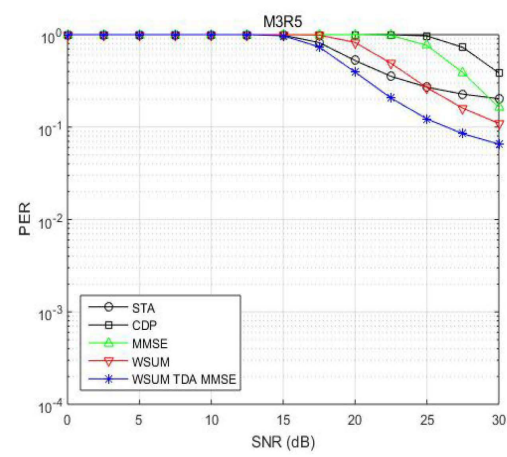
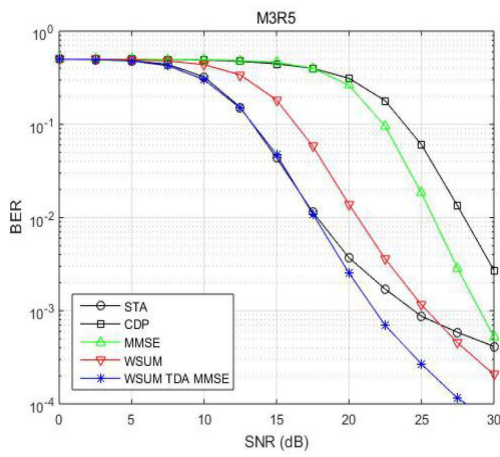
도면7



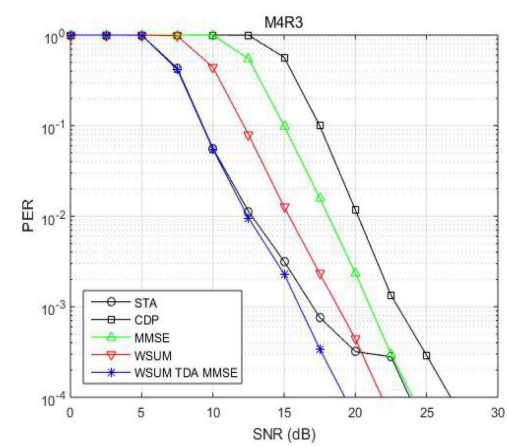
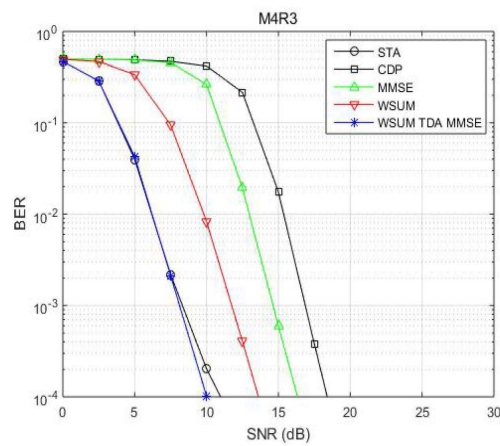
도면8



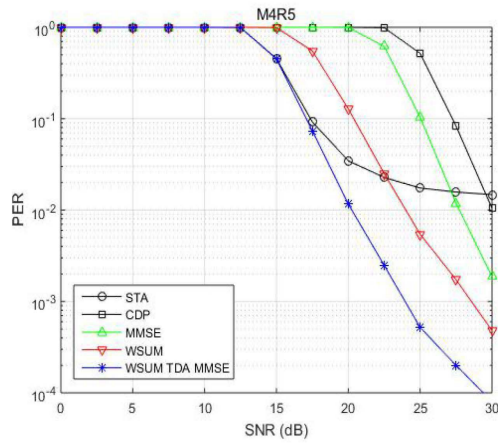
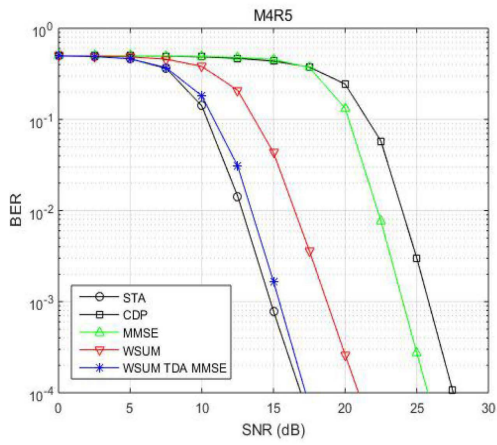
도면9



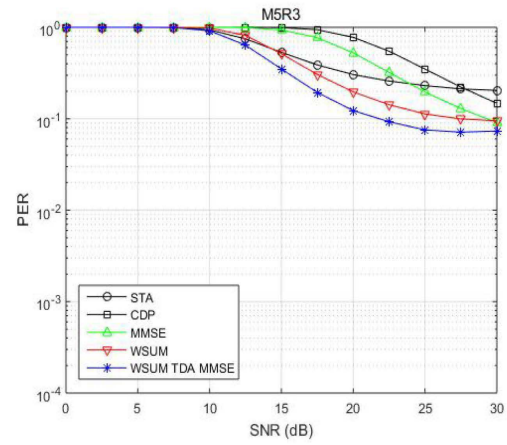
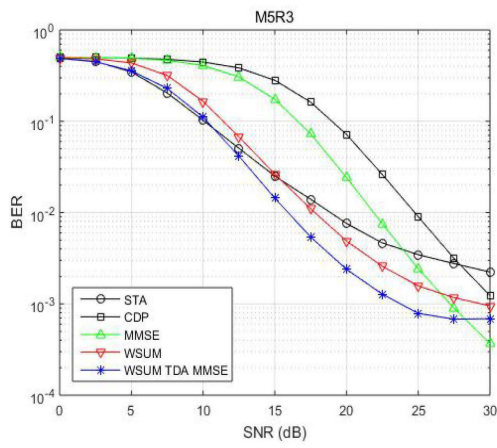
도면10



도면11



도면12



도면13

