



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월22일  
(11) 등록번호 10-2136935  
(24) 등록일자 2020년07월16일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 27/26 (2006.01) H04L 25/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H04L 27/2695 (2013.01)  
H04L 25/022 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0166138
- (22) 출원일자 2018년12월20일  
심사청구일자 2018년12월20일
- (65) 공개번호 10-2020-0077031
- (43) 공개일자 2020년06월30일
- (56) 선행기술조사문헌  
KR100814733 B1\*  
KR1020090057862 A\*  
KR1020120049434 A\*  
KR101789697 B1

- (73) 특허권자  
한국교통대학교산학협력단  
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
- (72) 발명자  
송창익  
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50, 아이티관동 406호  
한승호  
전라북도 정읍시 소성면 신천1길 62-52
- (74) 대리인  
김중선, 이형석

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 7 항

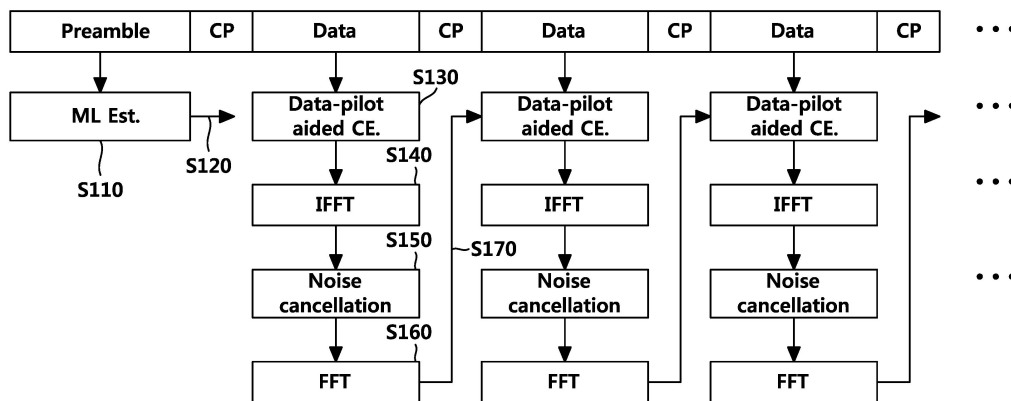
심사관 : 곽현선

(54) 발명의 명칭 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법

(57) 요약

V2X 통신을 위한 채널 추정 방법이 개시된다. 상기 방법은 패킷 내 프리앰블의 OFDM 심볼에서 모든 부 반송파에 대한 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하는 단계와, 추정된 CFR을 상기 패킷 내 데이터 필드의 첫번째 OFDM 심볼로 전달하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 데이터 및 파일럿 영역 CFR과 이전 OFDM 심볼에서 전달된 가드 밴드 및 직류 부반송파 CFR을 조합하여 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파의 CFR을 업데이트 하는 단계와, 업데이트된 CFR을 다음 OFDM 심볼로 전달하는 단계를 포함한다

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04L 25/0224 (2013.01)

H04L 27/2628 (2013.01)

H04L 27/2688 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065568

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보보호핵심원천기술개발(정진)

연구과제명 (창조씨앗-2단계)암호와 물리계층보안을 결합한 IoT 네트워크 보안 기술 개발

기여율 1/2

주관기관 한밭대학교산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345281708

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구(1년~5년)

연구과제명 딥 러닝 기반 V2X 채널추정 기술 개발 및 구현

기여율 1/2

주관기관 한국교통대학교

연구기간 2018.06.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

패킷 내 프리앰블의 OFDM 심볼에서 최대 우도(maximum likelihood(ML)) 기법을 통해 모든 부 반송파에 대한 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하는 단계;

추정된 CFR을 상기 패킷 내 데이터필드의 첫번째 OFDM 심볼로 전달하는 단계;

현재 OFDM 심볼의 데이터 및 파일럿 영역 CFR과 이전 OFDM 심볼에서 전달된 가드 밴드 및 직류 부반송파 CFR을 조합하여 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파의 CFR을 업데이트 하는 단계; 및

업데이트된 CFR을 다음 OFDM 심볼로 전달하는 단계;를 포함하고,

상기 ML기법을 통해 모든 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계는,

하기의 [수학식 1]을 통해 시간 축 CIR을 추정하고, [수학식 2]를 통해 FFT 변환하여 상기 모든 부 반송파에 대한 초기 CFR을 계산하는 단계를 포함하고,

상기 CFR을 업데이트하는 단계는,

현재 OFDM 심볼의 가드밴드 영역에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 가드밴드 영역에 대한 CFR로 대체하고,

현재 OFDM 심볼의 직류 부반송파 영역에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 직류 부반송파에 대한 CFR로 대체하는 단계를 포함하는 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법.

[수학식 1]

$$\hat{h}_0 = (\overline{W}_L^H X_0^H X_0 \overline{W}_L)^{-1} \overline{W}_L^H X_0^H Y_0$$

여기서,  $(\cdot)^H$  는 Hermition 연산자를 의미하고,  $X_0 \in \mathbb{C}^{52 \times 52}$  와  $Y_0 \in \mathbb{C}^{52 \times 1}$ , 그리고  $\hat{h}_0 \in \mathbb{C}^{L \times 1}$  는 각각 수신단에서 알고 있는 긴 훈련 심볼, 수신된 긴 훈련 심볼, 그리고 시간축 CIR을 의미하고,  $\overline{W}_L \in \mathbb{C}^{52 \times L}$  은  $W_L$  행렬의 가드밴드 영역과 직류 부반송파에 해당하는 행을 제외한 행렬을 나타낸다.

[수학식 2]

$$\hat{H}_0 = W_L \hat{h}_0$$

여기서,  $\hat{H}_0 \in \mathbb{C}^{64 \times 1}$  는 모든 부 반송파의 초기 CFR을 의미하고,  $W_L \in \mathbb{C}^{64 \times L}$  은 FFT 행렬  $W \in \mathbb{C}^{64 \times 64}$  의 처음 L열로 구성된 행렬을 나타낸다.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 CFR을 업데이트하는 단계는,

이전 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널 추정값을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계; 및

현재 OFDM 심볼의 파일럿 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계;를 더 포함하는 V2X 통신을 위한 채널 추정 방

법.

**청구항 3**

제2항에 있어서, 상기 CFR을 업데이트하는 단계는,  
 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 CFR을 시간축으로 변환하는 단계; 및  
 시간축으로 변환된 CFR에서 노이즈를 제거한 후 주파수축으로 변환하는 단계;를 더 포함하는 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법.

**청구항 4**

제3항에 있어서,  
 역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform(IFFT))을 이용하여 상기 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 CFR을 시간축으로 변환하는 것을 특징으로 하는 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법.

**청구항 5**

전자 기기를 구현하는 컴퓨터와 결합하여 채널을 추정하는 방법을 실행시키기 위해 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서,

상기 채널을 추정하는 방법은,

패킷 내 프리앰블에서 초기 채널 추정 시, 최대 우도(maximum likelihood(ML)) 기법을 이용하여 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하는 단계; 및

상기 프리앰블의 CFR을 이용하여 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계;를 포함하고,

상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는,

DPA(data pilot aided) 기법을 이용하여, 상기 프리앰블에서 얻어진 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계; 및

현재 OFDM 심볼의 파일럿 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계; 및

역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform(IFFT))을 이용하여 시간축으로 변환된 채널에서 잡음을 제거하는 단계;를 포함하고,

상기 ML 기법을 이용하여 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계는,

하기의 [수학식 1]을 통해 시간 축 CIR을 추정하고, [수학식 2]를 통해 FFT 변환하여 상기 모든 부 반송파에 대한 초기 CFR을 계산하는 단계를 포함하고,

상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는,

현재 OFDM 심볼의 가드밴드 영역에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 가드밴드 영역에 대한 CFR로 대체하고,

현재 OFDM 심볼의 직류 부반송파 영역에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 직류 부반송파에 대한 CFR로 대체하는 단계를 포함하는 컴퓨터 프로그램.

[수학식 1]

$$\hat{h}_0 = (\overline{W}_L^H X_0^H X_0 \overline{W}_L)^{-1} \overline{W}_L^H X_0^H Y_0$$

여기서,  $(\cdot)^H$  는 Hermition 연산자를 의미하고,  $X_0 \in \mathbb{C}^{52 \times 52}$  와  $Y_0 \in \mathbb{C}^{52 \times 1}$ , 그리고  $\hat{h}_0 \in \mathbb{C}^{L \times 1}$

는 각각 수신단에서 알고 있는 긴 훈련 심볼, 수신된 긴 훈련 심볼, 그리고 시간축 CIR을 의미하고,

$\overline{W}_L \in \mathbb{C}^{52 \times L}$  은  $W_L$  행렬의 가드밴드 영역과 직류 부반송파에 해당하는 행을 제외한 행렬을 나타낸다.

[수학식 2]

$$\hat{H}_0 = W_L \hat{h}_0$$

여기서,  $\hat{H}_0 \in \mathbb{C}^{64 \times 1}$  는 모든 부 반송파의 초기 CFR을 의미하고,  $W_L \in \mathbb{C}^{64 \times L}$  은 FFT 행렬  $W \in \mathbb{C}^{64 \times 64}$  의 처음 L열로 구성된 행렬을 나타낸다.

### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는,

잡음이 제거된 채널을 FFT를 통해 주파수 축으로 변환하여 CFR을 업데이트하는 단계; 및

업데이트된 CFR을 다음 OFDM 심볼로 전달하는 단계;를 더 포함하는 컴퓨터 프로그램.

### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는,

이전 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널 추정값을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계; 및

현재 OFDM 심볼의 파일럿 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계;를 더 포함하는 컴퓨터 프로그램.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법에 관한 것으로, 특히 가드밴드 채널과 FFT를 이용하여 채널을 추정하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] V2X(vehicle to everything)는 차량을 중심으로 유무선망을 통해 정보를 제공하는 기술을 의미한다. V2X는 차량과 차량 사이의 무선 통신(V2V: Vehicle to Vehicle), 차량과 인프라 간 무선 통신(V2I: Vehicle to Infrastructure), 차량 내 유무선 네트워킹(INV: In-Vehicle Networking), 차량과 이동 단말 간 통신(V2P: Vehicle to Pedestrian) 등을 총칭한다.

[0003] 차량의 속도는 매우 빠르기 때문에 시간과 주파수 축 채널이 빠르게 변화하는 경우 정확한 채널 추정이 어렵다. V2X 채널 환경에서 시변 채널 극복을 위해, 현재 수신 신호로부터 복원된 데이터를 다시 가상의 파일럿 신호로 활용하여 보다 정확한 채널을 추정하는 DPA(data pilot aided) 채널 추정 기법들이 제안되었다.

[0004] 그러나, 이러한 기법들은 각 OFDM 심볼에서 잡음 제거 과정 없이 직접 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하기 때문에 채널 추정 오차가 발생할 확률이 크다. 이렇게 발생한 오차는 다음 OFDM 심볼로 전달되어 연쇄적으로 오차를 증폭시킨다(에러 전파 효과).

[0005] A. Bourdoux, H. Cappelle, and A. Dejonghe, "Channel tracking for fast time-varying channels in IEEE802.11p systems," in Proc. GLOBECOM' 11, pp. 1-6, Dec. 2011.는 CFR 잡음 제거를 위하여 ML(maximum likelihood) 채널 추정을 통해 채널 임펄스 응답(channel impulse response(CIR))을 얻은 후, FFT를 통해 CFR을 유도하는 방식이 개시되어 있다.

[0006] 그러나, 상기 선행기술문헌은 에러 전파 효과를 감소시킬 수 있지만, 매 OFDM 심볼마다 큰 차원의 행렬 연산을 요구하기 때문에 수신단의 계산 복잡도를 높이고 이로 인한 수신 지연 및 비용 증가를 발생시키는 문제점이 있다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0007] (비특허문헌 0001) A. Bourdoux, H. Cappellet, and A. Dejonghe, "Channel tracking for fast time-varying channels in IEEE802.11p systems," in Proc. GLOBECOM' 11, pp. 1-6, Dec. 2011.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법은 CFR 기반 채널 추정 기법들의 잡음으로 인한 성능 저하와, ML 기반의 CIR 채널 추정 방식의 높은 계산 복잡도 문제를 동시에 해결하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법은 패킷 내 프리앰블의 OFDM 심볼에서 모든 부 반송파에 대한 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하는 단계와, 추정된 CFR을 상기 패킷 내 데이터필드의 첫번째 OFDM 심볼로 전달하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 데이터 및 파일럿 영역 CFR과 이전 OFDM 심볼에서 전달된 가드 밴드 및 직류 부반송파 CFR을 조합하여 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파의 CFR을 업데이트 하는 단계와, 업데이트된 CFR을 다음 OFDM 심볼로 전달하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 CFR을 업데이트하는 단계는, 이전 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널 추정값을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 파일럿 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 가드밴드와 직류 부반송파에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 가드밴드와 직류 부반송파에 대한 CFR로 대체하는 단계를 더 포함한다.

[0011] 상기 CFR을 업데이트하는 단계는, 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 CFR을 시간축으로 변환하는 단계와, 시간축으로 변환된 CFR에서 노이즈를 제거한 후 주파수축으로 변환하는 단계를 더 포함한다.

[0012] 역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform(IFFT))을 이용하여 상기 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 CFR을 시간축으로 변환한다.

[0013] 전자 기기를 구현하는 컴퓨터와 결합하여 채널을 추정하는 방법을 실행시키기 위해 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서, 상기 채널을 추정하는 방법은, 패킷 내 프리앰블에서 초기 채널 추정 시, 최대 우도(maximum likelihood(ML)) 기법을 이용하여 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하는 단계와, 상기 프리앰블의 CFR을 이용하여 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계를 포함하고, 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는, DPA(data pilot aided) 기법을 이용하여, 상기 프리앰블에서 얻어진 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform(IFFT))을 이용하여 시간축으로 변환된 채널에서 잡음을 제거하는 단계를 포함한다.

[0014] 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는, 잡음이 제거된 채널을 FFT를 통해 주파수 축으로 변환하여 CFR을 업데이트하는 단계와, 업데이트된 CFR을 다음 OFDM 심볼로 전달하는 단계를 더 포함한다.

[0015] 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는, 이전 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널 추정값을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 파일럿 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 가드밴드와 직류 부반송파에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 가드밴드와 직류 부반송파에 대한 CFR로 대체하는 단계를 더 포함한다.

**발명의 효과**

[0016] 상기한 바와 같은 본 발명의 V2X 통신을 위한 채널 추정 방법은 단순한 IFFT와 FFT 과정을 통해 추정된 CFR 내의 잡음을 제거하고, 낮은 복잡도로 기존 DPA 채널 추정의 정확도를 비약적으로 향상시키는 효과를 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1은 IEEE 802.11p 표준 패킷 구조를 나타낸다.  
 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 한 패킷 내에서 채널 추정이 이루어지는 순서도를 나타낸다.  
 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 이전 심볼의 가드밴드채널을 활용하는 과정에 대한 사시도 이다.  
 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 추정된 CFR의 잡음 제거 및 주파수 축 변환에 관한 사시도이다.  
 도 5와 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 패킷 에러율에 관한 시뮬레이션 결과 그래프이다.  
 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 기법과 기존 기법의 복잡도 비교 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예 및 도면을 참조하여, 본 발명을 더욱 상술한다.

[0019] 도 1은 IEEE 802.11p 표준 패킷 구조를 나타낸다. 도 1을 참조하면, IEEE 802.11p 패킷은 짧은 훈련 심볼(short training symbols)과 긴 훈련 심볼(long training symbols)로 구성된 프리앰블, 신호 필드, 및 데이터 필드를 포함한다.

[0020] IEEE 802.11p WAVE PHY 규격은 채널 추정을 위해 허용되는 파일럿 수가 현저히 부족하다. 이를 극복하기 위한 다양한 채널 추정 기법들이 제안되었다. 그러나, DPA 채널 추정 기법은 에러 전파 효과를 발생시키고, 상기 오류 전파 효과를 방지하기 위한 ML 채널 추정 기법은 하드웨어 구현 시 복잡도가 증가한다.

[0021] 본 발명은 CFR 기반 채널 추정 기법들의 잡음으로 인한 성능 저하와, ML 기반의 CIR 채널 추정 방식의 높은 계산 복잡도 문제를 동시에 해결하기 위한 것이다.

[0022] 비록 도 1에서는 IEEE 802.11p 표준 패킷 구조가 개시되어 있지만 본 발명은 WLAN, LTE-A 등 보다 일반적인 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 기반 이동통신 환경에서도 적용 가능하다.

[0024] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 한 패킷 내에서 채널 추정이 이루어지는 순서도를 나타낸다. 먼저, 시간 축에서 독립적인 채널 탭의 개수 L을 알고 있다고 가정할 때, 프리앰블의 긴 훈련 심볼을 이용하여 모든 부반송파의 초기 CFR을 추정한다(S110).

[0025] 이 때, 가드밴드 영역과 직류 부 반송파에서는 훈련 심볼이 전송되지 않으므로, 수신된 긴 훈련심볼과 ML 채널 추정 기법을 이용하여 하기의 [수학식 1]과 같이 시간축 CIR을 추정한다.

[0026] [수학식 1]

$$\hat{h}_0 = (\overline{W}_L^H X_0^H X_0 \overline{W}_L)^{-1} \overline{W}_L^H X_0^H Y_0$$

[0028] 여기서,  $(\cdot)^H$  는 Hermition 연산자를 의미하고,  $X_0 \in \mathbb{C}^{52 \times 52}$  와  $Y_0 \in \mathbb{C}^{52 \times 1}$ , 그리고  $\hat{h}_0 \in \mathbb{C}^{L \times 1}$  는 각각 수신단에서 알고 있는 긴 훈련 심볼, 수신된 긴 훈련 심볼, 그리고 시간축 CIR을 의미한다.

[0029] 이 후, 다시 FFT 변환을 통해 하기의 [수학식 2]와 같이 모든 부 반송파의 초기 CFR을 계산한다.

[0030] [수학식 2]

$$\hat{H}_0 = W_L \hat{h}_0$$

[0031]



[0032] 여기서,  $\hat{H}_0 \in \mathbb{C}^{64 \times 1}$  는 모든 부 반송파의 초기 CFR을 의미하고,  $W_L \in \mathbb{C}^{64 \times L}$  은 FFT 행렬  $W \in \mathbb{C}^{64 \times 64}$  의 처음 L열로 구성된 행렬을 나타내고,  $\overline{W}_L \in \mathbb{C}^{52 \times L}$  은  $W_L$  행렬의 가드밴드 영역과 직류 부반송파에 해당하는 행을 제외한 행렬을 나타낸다.

[0033] 이 때, ML 기법은 수백 개의 OFDM 심볼로 구성되는 한 데이터 패킷 내에서 초기 채널 추정에 한하여 한번만 사용되므로 복잡도는 무시할 수 있다.

[0035] 프리앰블에서 얻어진 모든 부반송파의 CFR은 패킷 내 데이터필드의 첫번째 OFDM 심볼로 전달된다(S120). DPA 방식을 이용하여 현재 OFDM 심볼의 데이터 영역 부반송파( $\mathbb{S}_D$ )에 대항하는 CFR 값을 추정함과 동시에 파일럿 부반송파( $\mathbb{S}_P$ )에 대항하는 CFR 값을 추정한다.(S130). DPA 과정에서 가드밴드 및 직류 부 반송파( $\mathbb{S}_V$ )에 대한 채널은 획득할 수 없으므로, 이전 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널 추정값을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널을 추정한다.

[0036] 이 때, 하기의 [수학식 3]의 디매핑(demapping)을 통해 이전 OFDM 심볼 채널을 이용하여 현재 OFDM 심볼의 데이터를 복원한다. 여기서, 디매핑된 신호  $\hat{X}_i(k)$  는 가상의 파일럿 신호로 활용한다.

[0037] [수학식 3]

$$\hat{X}_i(k) = Q \left( \frac{Y_i(k)}{H_{i-1}(k)} \right), \text{ for } k \in \mathbb{S}_D$$

[0038]

[0039] 여기서,  $Y_i(k)$  는 (i번째 수신된 OFDM 심볼을) 의미하고,  $H_{i-1}(k)$  는 이전 i-1번째 OFDM 심볼의 채널을 의미한다.

[0040] 하기의 [수학식 4]를 통해 i번째 데이터 심볼의 채널을 추정한다.

[0041] [수학식 4]

$$\hat{H}_i(k) = \begin{cases} \frac{Y_i(k)}{\hat{X}_i(k)}, & \text{for } k \in \mathbb{S}_D \\ \frac{Y_i(k)}{X_i(k)}, & \text{for } k \in \mathbb{S}_P \end{cases}$$

[0042]

[0043] 여기서,  $X_i(k)$  는 파일럿 부 반송파를 의미한다.

[0045] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 이전 심볼의 가드밴드채널을 활용하는 과정에 대한 사시도 이다. 도 3을 참조하면, DPA 과정에서 가드밴드 및 직류 부 반송파에 대한 채널은 획득할 수 없었으므로, i번째 OFDM 심볼의 가드밴드 영역과 직류 부반송파 영역의 CFR을 i-1번째 채널에서 추정된 채널 값을 이용하여 대체한다. 이 후, 모든 부 반송파로 채워진 주파수 축 채널은 역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform(IFFT))을 통해 시간축으로 변환한다(S140).

[0046] 즉, 하기의 [수학식 5]를 통해 모든 부 반송파로 채워진 주파수 축 채널을 구하고, 하기의 [수학식 6]을 통해 시간축으로 변환한다.

[0047] [수학식 5]

$$\hat{H}_i(k) = \begin{cases} \hat{H}_i(k), & \text{for } k \in \mathbb{S}_D \cup \mathbb{S}_P \\ H_{i-1}(k), & \text{for } k \in \mathbb{S}_V \end{cases}$$

[0048]



[0049] [수학식 6]

$$\hat{h}_i = W_L^H \hat{H}_i$$

[0050]

[0051] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 추정된 CFR의 잡음 제거 및 주파수 축 변환에 관한 사시도이다. 도 4를 참조하면, [수학식 6]을 통해 시간축으로 변환된 채널은 실제 채널 탭을 제외한 나머지 불필요한 잡음들이 제거된다(S150).

[0052] 최종적으로, 잡음이 제거된 채널은 다시 FFT를 통해 주파수 축으로 변환한다(S160). 즉, 하기의 [수학식 7]과 같이 현재 OFDM 심볼의 모든 부 반송파의 CFR을 업데이트한다.

[0054] [수학식 7]

$$H_i = W_L \hat{h}_i$$

[0055]

[0056] 추정된 CFR은 다음 OFDM 심볼로 전달된다(S170).

[0058] 도 5와 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 패킷 에러율에 관한 시뮬레이션 결과 그래프이다. 도 5는 상대속도 126km 환경에서 패킷 에러율에 관한 시뮬레이션 결과 그래프이고, 도 6은 상대속도 252km 환경에서 패킷 에러율에 관한 시뮬레이션 결과 그래프이다.

[0059] 본 발명의 실시 예에 다른 기법은 단순한 IFFT와 FFT 과정을 통해 추정된 CFR 내의 잡음을 제거할 수 있으며, 낮은 복잡도로 기존 DPA 채널 추정의 정확도를 비약적으로 향상시킨다. 이러한 채널 추정의 정확도는 곧 PER 성능이득으로 이어진다. 또한, 본 발명의 실시 예에 다른 기법의 에러 전파 감소 효과로 인하여 채널의 변화가 빠를수록 기존 기법들 대비 성능 이득이 더욱 두드러진다.

[0061] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 기법과 기존 기법의 복잡도 비교 그래프이다. 본 발명의 실시 예에 다른 기법이 기존의 ML 기법에 비해서 복잡도가 감소한 것을 확인할 수 있다.

[0063] 본 발명은 컴퓨터 장치로 구현되는 전자 기기로 구현될 수 있다. 상기 전자 기기는 메모리, 프로세서, 및 통신 모듈을 포함할 수 있다. 상기 메모리는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 상기 프로세서는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 상기 명령은 메모리 또는 통신 모듈에 의해 프로세서로 제공될 수 있다.

[0064] 전자 기기를 구현하는 컴퓨터와 결합하여 채널을 추정하는 방법을 실행시키기 위해 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서, 상기 채널을 추정하는 방법은, 패킷 내 프리앰블에서 초기 채널 추정 시, 최대 우도(maximum likelihood(ML)) 기법을 이용하여 OFDM 심볼의 모든 부 반송파에 대한 채널 주파수 응답(channel frequency response(CFR))을 추정하는 단계와, 상기 프리앰블의 CFR을 이용하여 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계를 포함한다.

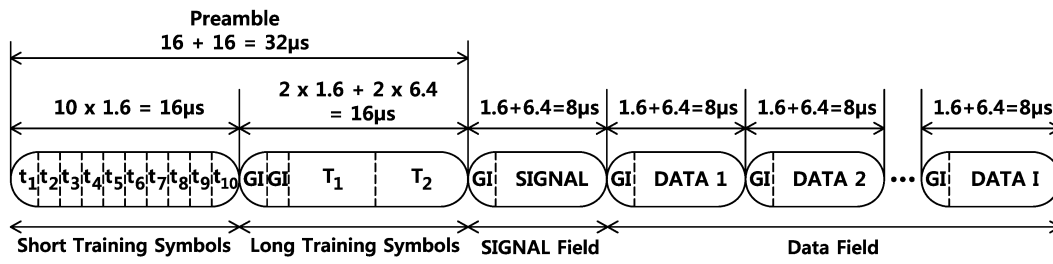
[0065] 상기 패킷 내 데이터필드의 CFR을 추정하는 단계는, DPA(data pilot aided) 기법을 이용하여, 상기 프리앰블에서 얻어진 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform(IFFT))을 이용하여 시간축으로 변환된 채널에서 잡음을 제거하는 단계와, 잡음이 제거된 채널을 FFT를 통해 주파수 축으로 변환하여 CFR을 업데이트하는 단계와, 업데이트된 CFR을 다음 OFDM 심볼로 전달하는 단계를 포함한다.

[0066] 또한, 이전 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 채널 추정값을 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 데이터 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 파일럿 부 반송파에 대한 CFR을 추정하는 단계와, 현재 OFDM 심볼의 가드밴드와 직류 부반송파에 대한 CFR을 이전 OFDM 심볼의 가드밴드와 직류 부반송파에 대한 CFR로 대체하는 단계를 포함한다.

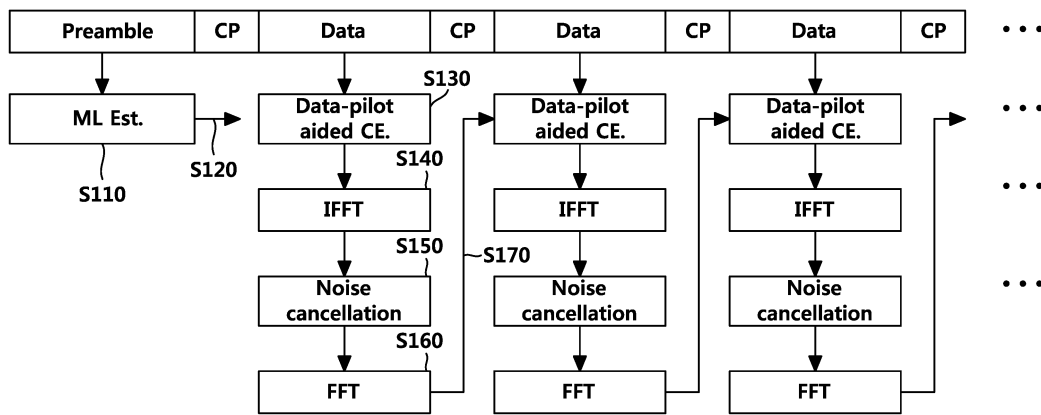
[0068] 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

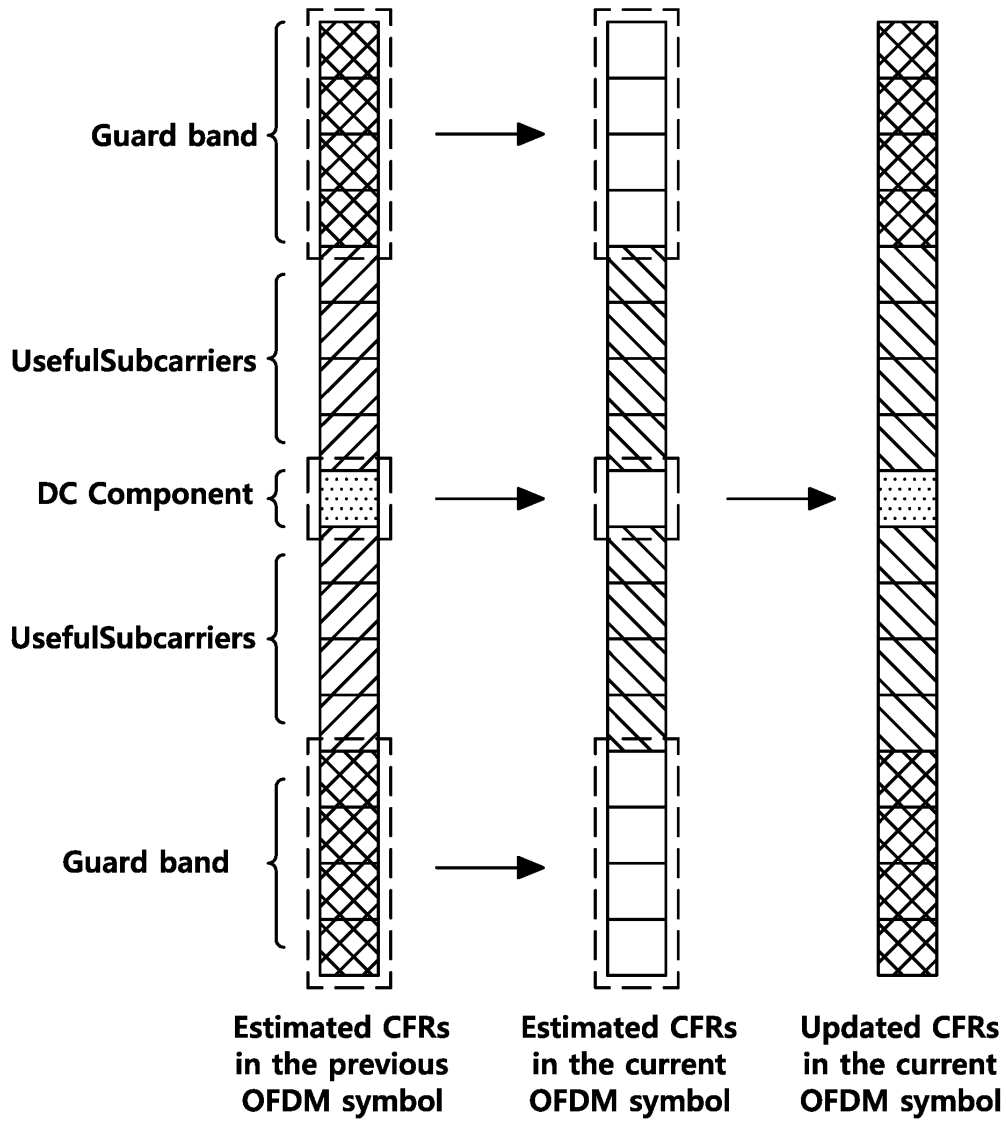
도면1



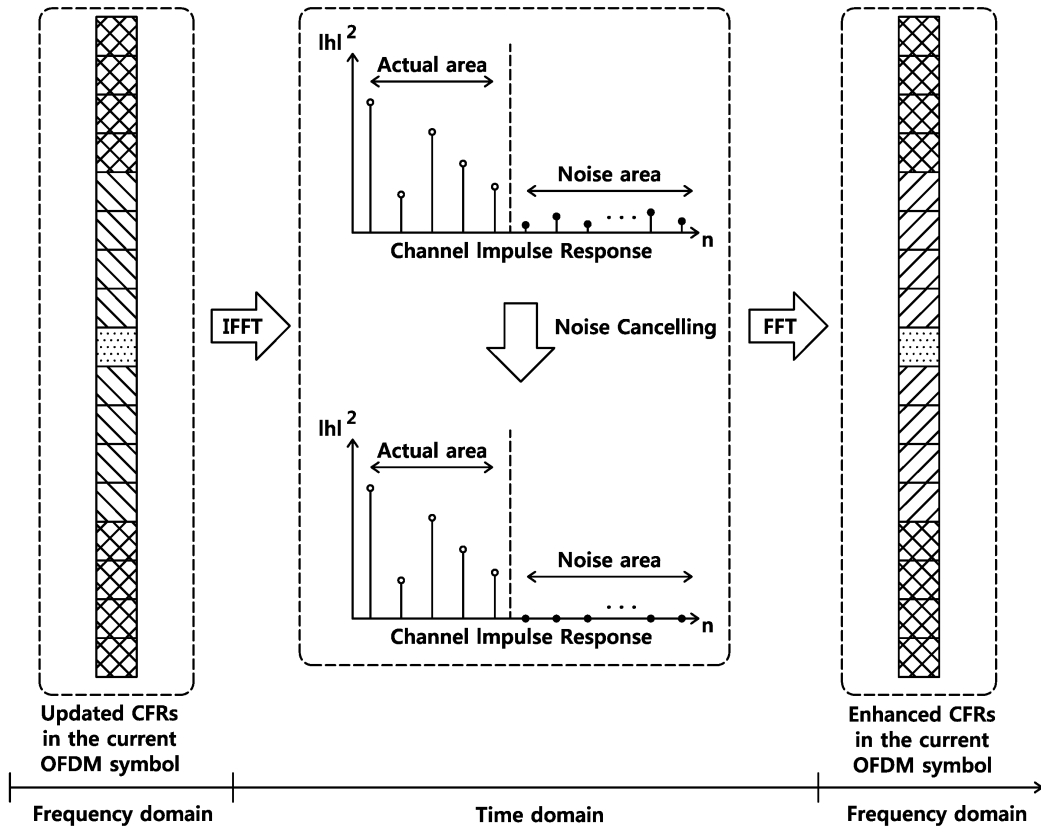
도면2



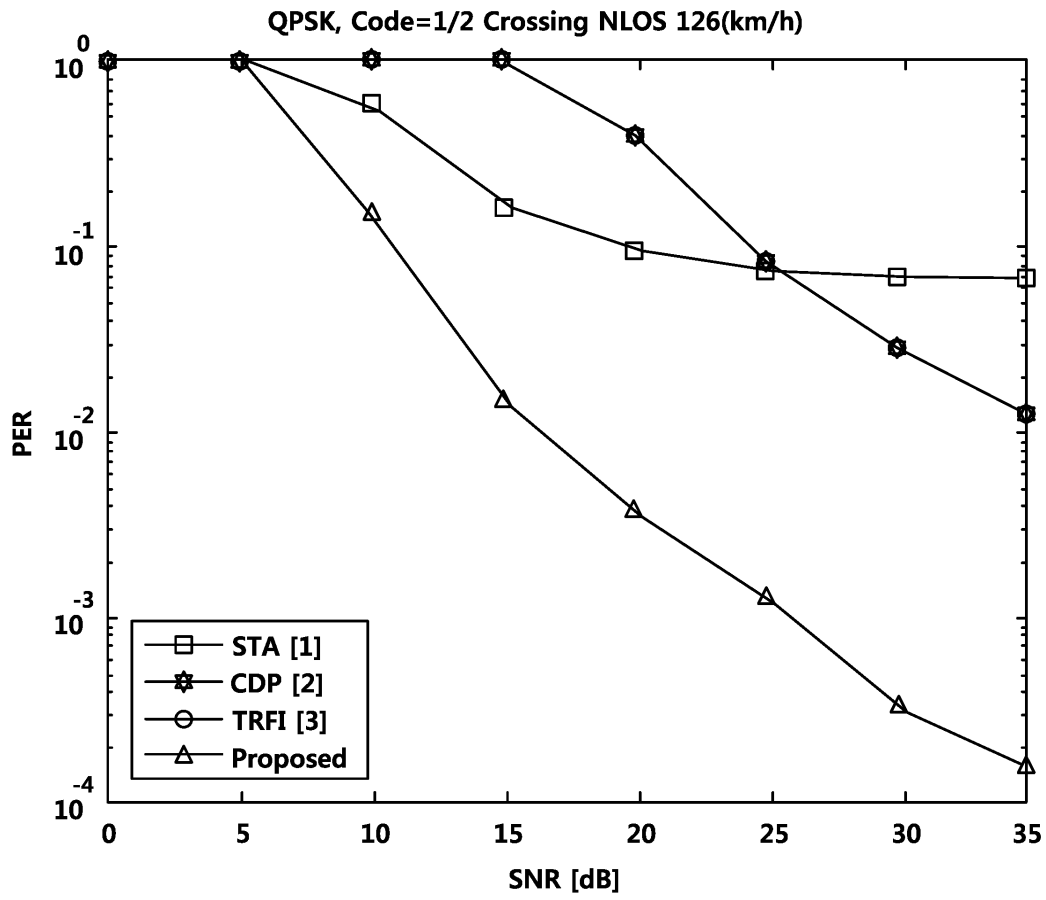
도면3



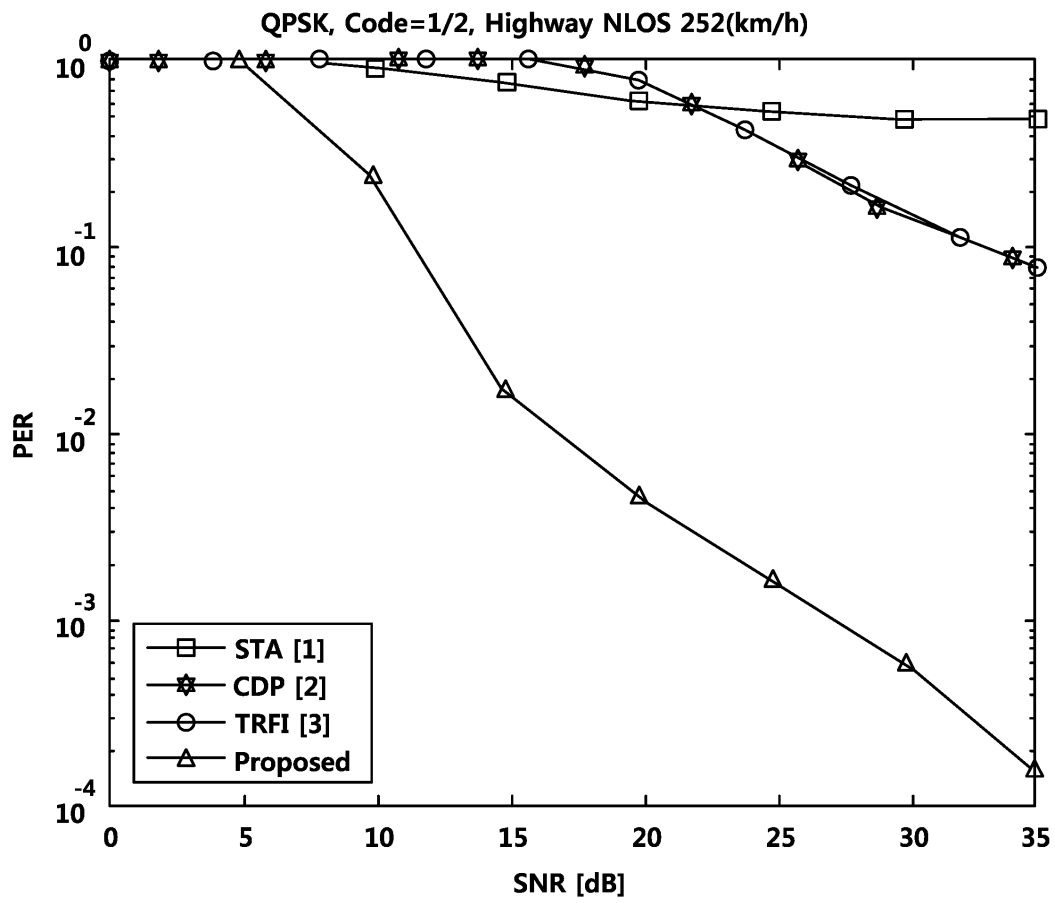
도면4



도면5



도면6



도면7

